

발간등록번호

11-1543000-001952-01

수출용 딸기 및 토마토의 신선도 유지기술 및 현장 적용 모델 개발 최종보고서

2017. 12. 26.

주관연구기관 / 엘림무역 오성진
협동연구기관 / 강원대학교 최기영
상명대학교 김영식
강원대학교 강호민
강원대학교 김경수
FMS 코리아 최동호

농림축산식품부

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "수출용 딸기 및 토마토의 신선도 유지기술 및 현장적용 모델 개발"(개발
기간 : 204.07.29 - 217.07.28)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 09. 11.

주관연구기관명 : 엘림무역 오성진 

협동연구기관명 : 강원대학교 춘천캠퍼스 산학협력단 (인)
(제1협동 최기영, 제3협동 강호민, 제 4협동 김정수)



상명대학교 천안산학협력단 (인)
(제2협동 김영학)



제5협동 FMS Korea 최동호 

참여기관명 : 대흥포장 김영한 

푸르고팜 김종학 

주관연구책임자 : 엘림무역 오성진

협동연구책임자 : 강원대학교 최기영

참여기관책임자 : 푸르고팜 김종학

국가연구개발사업의 권리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의
합니다.

3. 보고서 요약서

과제고유번호	314027-3	해당단계 연구기간	2016.07.29 -2017.07.28	단계구분	3차/ 총3차
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	수출전략기술개발사업			
연구과제명	대과제명	수출용 딸기 및 토마토의 신선도 유지기술 및 현장 적용 모델 개발			
	세부 과제명	수출용 딸기 및 토마토의 신선도 유지기술 및 현장 적용 모델 개발			
연구책임자	오성진	해당단계 참여 연구원 수	총: 44 명 내부: 39 명 외부: 2 명	해당단계 연구개발비	정부: 500,000천원 민간: 183,700천원 계: 683,700천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 83 명 내부: 75 명 외부: 8 명	총 연구개발비	정부:1,500,000천원 민간: 551,100천원 계: 2,051,100천원
연구기관명 및 소속부서명	주관기관 : 엘림무역 오성진 대표 제 1협동: 강원대 최기영 교수 제 2협동: 상명대 김영식 교수 제 3협동: 강원대 강호민 교수 제 4협동: 강원대 김경수 교수 제 5협동: FMS Korea 최동호 대표			참여기업명 대룡포장 푸르고팜	
위탁연구	연구기관명: 제 1협동 위탁 : 서울시립대 제 3협동 위탁 : 연세대			연구책임자: 이용범 교수 (서울시립대) 이윤석 교수 (연세대)	

4. 국문 요약문

		코드번호		D-01	
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수출용 딸기 및 토마토의 생산 수확 후 관리, 유통, 수출까지 단계별 유통기간 연장 기술 확립. ○ 생산부터 수출단계까지 단계별 최적 기술을 패키징하여 보급 확산 모델 개발 ○ 수출 딸기 및 토마토의 최적 유통기간 연장 기술 ○ 선도 유지를 위한 Farm to Market 현장 적용 모델 개발 ○ 딸기와 토마토의 수출 상품 경쟁력 향상 				
연구개발성과	<ol style="list-style-type: none"> 1) 수출용 ‘매향’의 상품성 향상 기술 고도화 <ul style="list-style-type: none"> • 동적 환경요인 Big data 분석을 통한 수출생산단지 환경관리 기준안 마련. • 기능성 물질 LPE와 CO2 시용에 의한 상품성, 경도 및 수량 향상. • 수출 딸기 “매향” 배양액 개발 (NewUOS) 2) 수출용 딸기 선도유지 기술 개발 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 딸기의 선도유지를 위한 기능성 소재연구를 통해 MeSA (methyl salicylate) 기능성 물질 선정. • MeSA 포장 적용 연구를 위해 PVA/IC 필름 제작하여 딸기 품질 평가 진행. • PVA/IC 코팅 패드를 적용한 딸기에서 기존 포장재 적용 딸기에 비해 15일 후 경도 유지와 낮은 부패율을 보여줌. 3) 수출용 토마토 상품성 향상 최적 델타EC(배양액 농도 변화) 구명. <ul style="list-style-type: none"> • 온실 기상환경 계측시스템 개선 및 운영. • 작물생체정보 계측시스템 구축 및 운영. • Data 분석을 통한 육묘방법과 생산성과의 관계 모델 구축. 3) 수출용 토마토 안정성을 위한 포장 개선 연구. <ul style="list-style-type: none"> • 기존 난좌의 문제점을 파악하여 모의 수송 평가 진행. • PSP 난좌에서 낮은 최대 진동가속도와 경도 유지를 보여줌. • 기존 수출용 박스에서 통기구와 압축강도 개선한 박스 개발. • 기농 박스에 비해 통기구 추가로 통기효율성 확보와 압축강도를 유지함. 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 토마토의 연중 안정적인고 높은 생산성 확보를 위한 급배액 EC 관리 기술 개발 및 보급. ○ 수출 딸기 및 토마토의 유통기간 연장에 효과적인 유통관리 시스템 모델 개발 및 생산 농가 보급에 활용. ○ 수출 딸기 및 토마토의 수확 후 품질관리 분야의 연구 기술 축적. ○ 수출 딸기 및 토마토의 선조유지 전용 유통 시스템 정립. ○ 수출용 토마토의 연중 안정생산으로 수출량 및 수출액 향상. 				
중심어 (5개 이내)	딸기	토마토	수출	배양액	유통기간

5. 영문 요약문

		코드번호		D-02	
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○ Establishment of technology to extend the shelf life of strawberries and tomatoes for export after harvesting strawberries and tomatoes for export, each stage(management, distribution, export) ○ Development of spreading model by packaging optimal technology step by step from production to export ○ Optimal shelf life extension technology for export strawberries and tomatoes ○ Development of farm-to-market application model for maintenance of lead ○ Strengthen export competitiveness of strawberries and tomatoes 				
Results	<ol style="list-style-type: none"> 1) Advancement of 'Maehyang' commercialization technology for export <ul style="list-style-type: none"> • Establishment of environmental management standard for export production complex through analysis of dynamic environmental factors. • Improvement of commerciality, hardness and quantity by application of functional substance LPE and CO₂. • Export strawberry "Maehyang" culture liquid (NewUOS) 2) Development of technology for maintaining leading strawberries for export <ul style="list-style-type: none"> • Selection of MeSA (methyl salicylate) functional material through study of functional materials to maintain strawberry. • PVA / IC film for MeSA packaging application study and strawberry quality evaluation progress. • Strawberries with PVA / IC coated pads showed hardness retention and low decay rate after 15 days compared to the conventional strawberries applied to packaging materials. 3) Optimal Delta EC (change in concentration of culture fluid) to improve of tomato productivity for export <ul style="list-style-type: none"> • Improvement and operation of greenhouse weather measurement system. • Establishment and operation of crop biometric information measurement system. • Modeling the relationship between planting methods and productivity through data analysis. 4) Improvement of packaging for tomato stability for export. <ul style="list-style-type: none"> • Identify the problems of existing roads and conduct simulated transportation evaluation. • shows low maximum vibration acceleration and hardness maintenance in PSP. • Developed a box with improved ventilation and compressive strength in existing export boxes. • Ventilation efficiency is secured and compressive strength is maintained by addition of air vents compared to normal box. 				
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ Development and dissemination of EC management technology to ensure stable and high productivity of tomatoes throughout the year. ○ Development of effective distribution management system model to extend the distribution period of strawberries and tomatoes for export and utilization in production farmers' dissemination. ○ Accumulation of research technology in quality control after harvest of export strawberries and tomatoes. ○ Establishment of export distribution system for strawberries and tomatoes. ○ Improvement of export volume and profit by stable production of tomatoes and strawberries 				
Keywords	Strawberry	Tomato	Export	Culture fluid	Shelf Life

< 영 문 목 차 >

1. Outline of Research and Development Project	1
2. Domestic and overseas technology development status	9
3. Research Contents and Results	23
4. Achievement of goal and contribution to related field	567
5. Plan to use research results	577
6. Overseas science and technology information collected during the research process	579
7. Security level of R & D achievement	590
8. Research facilities registered in National Science and Technology Comprehensive Information System.	590
9. Implementation of safety measures in laboratories based on R & D tasks	591
10. Representative Research Results of R & D Project	596
11. Others	597
12. References	597

< 목 차 >

1. 연구개발과제의개요	1
2. 국내외 기술개발 현황	9
3. 연구수행 내용 및 결과	23
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	567
5. 연구결과의 활용계획 등	577
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	579
7. 연구개발결과의 보안등급	590
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	590
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	591
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	596
11. 기타사항	597
12. 참고문헌	597

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

1-1. 연구개발 목적

1) 최종목표

- 수출용 딸기 및 토마토의 생산, 수확 후 관리, 유통, 수출까지 단계별 유통기간 연장 기술 확립
- 생산부터 현지 수출단계까지 단계별 최적기술을 패키징하여 보급 확산 모델 개발
- 수출 딸기 및 토마토의 최적 유통기간 연장 기술
- 선도 유지를 위한 Farm to Market 현장 적용 모델 개발
- 딸기와 토마토의 수출 상품 경쟁력 향상

2) 세부목표

- 생산부터 현지 수출단계까지 단계별 최적기술을 패키징하여 보급 확산 모델 개발
- 수출 딸기 및 토마토의 최적 유통기간 연장 기술
 - 딸기 선도유지 기간: (현 수준) 3~7일 → (목표) 15일
 - 토마토 선도유지 기간: (현 수준: 5~9월 고온) 14일 → (목표) 21일
- 선도 유지를 위한 Farm to Market 현장 적용 모델 개발
 - 딸기 수출 기간 연장 : (현 수준) 12 ~ 2월 → (목표) 12 ~4월
 - 토마토 연중 안정적 수출 : 7 ~ 10월 불안정 → (목표) 연중 안정적
- 딸기와 토마토의 수출 상품 경쟁력 향상
 - 딸기 생산성 증대 : (현 수준) 15 ton/ha → (목표) 20 ton/ha (매향 기준)
 - 토마토 생산성 증대 : (현 수준) 67 ton/ha → (목표) 130 ton/ha (대과 기준)
- 수출용 딸기 상품성과 수량 증대를 위한 생산 기술 개발
 - 고설 딸기 수경재배 기술 확립으로 상품성 향상
 - ▶ 상품성, 경도, 수량에 미치는 동적 환경 인자 구명
 - ▶ 지상부와 지하부 통합 관리 기술 처방
 - 수출 딸기 '매향' 배양액 개발
 - 생산단계 재배 기술 극복을 통한 경도 향상으로 유통 기간 연장

1-2. 연구개발의 필요성

[제1세부 엘리트무역 : 오성진]

- 1) 딸기 수출 클레임 해소 및 수출 경쟁력 향상을 위한 종합처방 확립

[제1협동 강원대 : 최기영/ 제 1협동 위탁 서울시립대]

- 1) 딸기 특유의 수출 문제점
 - 고설식 재배시설 부족 및 농가 고령화로 생산성 증대 어려운 실정임
 - 2012년 딸기 재배 면적은 6,435ha이며 이중 6,290ha(99.8%)가 시설 재배로 생산되고 있음

시설 형태는 단동형 비닐하우스가 대부분이며, 재배 방식은 토경 관비 재배로 시설이 매우 낙후되었으며, 시설 환경 관리가 매우 열악함

- 키가 작은 작물 특성상 정식, 런너, 결눈제거 및 수확 작업에 노동력이 많이 소요되고 있음

2) 수출 주요 품종인 '매향'은 국내 육성 타 품종('설향')에 비해 경도가 높아 수출 주력 품종으로 재배되고 있으나 수확량이 적고 기형과, 과색 변색, 생리장해과 등 상품과율이 낮아 수출 전업 농가에서 소득 향상이 어려움

- 기형과 생리장해과의 발생 요인은 품종 뿐 아니라 재배 관리에 따라 크게 좌우되는데, 초세가 왕성하거나, 질소시비량이 많거나, 일조부족, 개화기 고온, 또는 야간온도 0℃ 이하로 낮거나, 다습, 급액 관리 불량, 양분 흡수 저해 등 다양한 요인에 의해 발생됨

- 특히 1, 2월은 일조 부족, 저온에 노출될 수 있어 재배 환경이 불량하여 기형과 발생이 커지며, 3월은 주간 온도 상승으로 양수분 흡수가 원활하게 공급되지 못함

▶ 선청과, 백랍과 등 착색불량 : 과실비대기 저온, 일조부족, 질소 과다 등

▶ 틱번 발생 요인 : 염류집적, 수분과부족, 근권온도 불량, 낮은 pH, 양이온 길항, 증산 저하 등 다양

3) 딸기 원물 특성상 신선도를 유지하기 위해 항공 운송으로 이루어져 수출 경영비 중 물류비중이 높으며, 운송 후 유통과정에서 품질 저하로 인한 손실율이 높음

- 딸기 수확 후 예냉, 저장 온도, 살균 및 유통 과정 중 포장 방법 등에 따라 선도 유지 기간이 연장될 수 있으나, 생산 과정에서 불량한 재배 환경에서 수확된 원물은 수확 후 저장 기간을 연장하기가 극히 어려움

- 수확 후 주 수출국인 홍콩, 싱가포르 등까지의 도착 시간이 항공 운송일 경우는 1~2일 소요되는 반면, 해상 운송할 경우는 홍콩은 7일 정도, 싱가포르, 말레이시아는 10~15일이 소요됨

4) 동남아 시장에서 국내 수출업체간 과당 경쟁으로 인해 가격 경쟁력을 상실하고 시장 교란하고 있음

- 국내 수출업체(20여개)은 많으나 바이어수는 적으며, 특히 홍수 출하기 업체 간 경쟁 심함

- 수출업체가 영세하고 각 수출업체마다 브랜드를 사용하나 인지도가 낮아 수출 시장에서는 '한국산 딸기'로 인식되고 있어, 시장 점유율을 높이기 위한 체계적인 브랜드 관리가 시급함

- 이는 딸기가 다른 과채류에 비해 선도 유지 저장 기간이 매우 짧아 시장 교란의 큰 문제가 되며, 이를 위해서는 현행 수출 주 품종 '매향' 외에 수출 품종의 개발 뿐 아니라, 생산 단계, 수확 후 관리에서의 기술 개발이 매우 시급함

5) 농산품의 수출 경쟁력은 생산자의 상품경쟁력과 수출업체의 마케팅능력에 의해 좌우됨

- 상품경쟁력 없는 수출 경쟁력은 기대하기 어려우며, 연속성이 취약함

6) 생산자의 문제점

- 농가 고령화 및 후계자 부족으로 생산규모 확대 어려움

- 시설 낙후 및 재배기술 부족으로 생산량 및 가격의 등락폭이 너무 큼

표 1-1. 딸기와 토마토 소득표

(기준: 년 1기작, 10a, 전국)

	수량 (kg)	조수입 (원)	경영비 (원)	소 득 (원)	소득률 (%)
딸기(축성)	3,528	20,245,589	8,964,018	11,281,571	55.7
딸기(반축성)	2,937	19,596,455	7,847,883	11,748,572	60.0
토마토(축성)	8,801	21,683,077	11,939,528	9,743,549	44.9
토마토(반축성)	8,041	17,367,683	7,742,862	9,624,821	55.4
방울토마토	6,689	20,435,067	11,111,509	9,323,558	45.6

(출처: 농촌진흥청 2012년 농축산물 소득자료집)

7) 수출업체의 문제점

- 수출전문 선도조직의 생산 단계 계열화가 미흡하고 규모가 영세하여 수출 기반 역량이 부족함
- 수출업체가 생산, 선별, 포장, 운송을 일관시스템으로 운영하는 경우가 적어 상품 확보능력과 마케팅 능력이 낮음

8) 수출 증대를 위해서는 실용화 연구와 연구결과의 확산을 동시에 만족시켜야 함

- 본 연구 사업은 그 결과가 현장에 바로 적용될 수 있어야 함
- R&D팀과 현장 활용팀(수출농가 및 수출업체)의 유기적 협력이 매우 중요함

9) 생산단계 안정 생산 기술 확보로 생산성 향상

- 딸기 재배 온실은 단동형 비닐하우스가 대부분으로 시설환경이 매우 열악함
- 작업 환경 개선된 고설 수경재배 면적이 최근 증가되고 있어 토경 재배에 비해 노동력이 30% 절감, 수량 43% 증수 효과가 있음(자료: 경남도원, 2005).
 - ▶ 고설 수경재배 면적 : ('11) 244ha → ('12) 317 → ('13) 445
- 작물 생산성은 품종특성, 재배환경, 재배 기술에 따라 크게 좌우되어 토경재배에 비해 수경재배는 완충력이 낮아 재배 환경관리와 재배 기술이 뒷받침되지 않을 때는 초기 투자비에 대한 소득 향상이 낮아질 수 있어 이에 관한 관리 know-how가 요구됨
- 특히 수출 품종 '매향'은 수량성이 국내 육성 '설향'에 비해 낮으므로 고설 수경재배 수출 농가는 환경 관리, 급액관리 기술이 반드시 습득되어야 수량 증수가 가능함

[제2협동 상명대 : 김영식]

- 1) 수출용 토마토는 대부분 수경재배에 의해 생산되는데 배양액관리가 생산성 및 품질에 크게 영향을 미침
- 2) 인간과 마찬가지로 영양관리는 매우 복잡하고 생육상황에 맞춰서 관리해야 하므로 배양액의 동적관리가 필요함
- 3) 많은 연구결과는 공급 배양액의 농도를 일정하게 관리하기 때문에(생육단계별 포함) 생산현장에서 발생하는 문제에 능동적으로 대처하기 어려우므로 상황별 급액관리에 대한 체계적 재배법이 요구됨

- 4) 배양액관리는 독자적으로 행해지는 것이 아니라 온실환경 및 생장에 따라 변동시켜야 할 필요가 있음.

[제3협동 강원대 : 강호민]

- 1) 수출용 토마토의 경도 증진 기술 현장 적용
- 2) 수출용 딸기 토마토의 가스를 이용한 적정 살균 기술 규명
- 3) 수출용 딸기 토마토의 소포장을 위한 OTR 필름 MAP기술 현장 적용
- 4) 수송 중 선도 유지를 위한 환경 모니터링 기술 개발 및 현장 적용

[제4협동 강원대 : 김경수]

- 1) 생산-APC-수송 단계별 주요 병원균의 균학적 특성 조사
 - 각 단계별 수집된 병원균의 집단 분석
- 2) 수출 딸기 선도 유지 저하 원인균 대상 수확 전 살균제 처리 효과 검정
 - 수확 전 처리 기존 살균제의 잔류량 검정
- 3) 수출 딸기의 주요 병원균에 대한 살균제 특성 및 효과 조사
 - 주요 병원균에 대한 치료용 살균제의 효과검정
- 4) 주요 병원균에 대한 길항미생물의 항진균 활성분석
 - 길항미생물의 분리 및 항진균 활성 검정

[제 4협동 위탁 연세대 박인식]

- 1) 딸기, 토마토 현황 및 문제점
 - 국내 토마토 생산량은 2012년 432 만톤 그리고 딸기 생산량은 192 만톤 으로 연중재배가 가능한 고부가가치 수출 가능한 품목으로 수출 품질을 높이기 위한 현재 다양한 연구개발이 필요 되어 지고 있는 상태임
 - 딸기 및 토마토는 유통기간이 짧은 과실로 저장성이 많이 떨어질 뿐만 아니라 포장 및 유통과정에서 열악한 환경 조건에 따라 유해 미생물의 증식에 의한 부패 발생으로 비교적 높은 상품성 손실이 발생됨
 - 특히, 딸기의 경우 표피가 약하여 유통 중 물리적 손상으로 조직이 연화되기 쉽고 수확 후 과실의 성숙을 촉진하는 에틸렌 생성은 유통기간 중 딸기 및 토마토의 품질열화를 가속화하는 원인이 되므로 일시적으로 에틸렌 억제제 처리 및 흡착제를 적용하기도 하나 이를 보강할 수 있는 연구가 절대 필요함
- 2) 수출 현황 및 문제점
 - 2000년대 초반까지 딸기의 주요 수출국은 일본으로 신선딸기보다는 냉동 딸기가 주를 이루었고 최근 딸기 수출단지를 중심으로 육성된 '매향'을 신선딸기 형태로 동남아, 러시아 등 새로운 시장을 개척되고 있는 상황임
 - 정부에서는 딸기 및 토마토의 수출을 위해 차별화된 마케팅 전략, 수출방법의 다양화 및 수출국 맞춤형 정책으로 농식품 수출확대를 위해 적극적인 모습을 보임
 - 딸기 수입국의 소비동향을 보면 소포장 되어 대형 마트나 재래시장에서 구매하며 소비자가 딸기의 품질을 확인하고 구매하는 형태임

- 농식품 수출은 꾸준히 증가하고 있지만, 수출국 실정에 부합하는 농식품의 품질 및 안전성을 유지하기 위한 저장 유통기술이 요구됨
- 딸기를 일본으로 수출할 경우, 수확 후 2일 정도 소요되며 수출과정에서 10~15%의 손실이 나타남

3) 연구개발의 필요성

- 딸기 및 토마토의 수출국이 다양해지고, 수출량이 늘어나는 시점에서 효과적인 수출방법을 위한 연구가 필요함
- 수출 딸기 및 토마토의 수확 후 신선도를 유지할 수 있는 전처리 및 기능성 포장재 적용한다면 품질유지와 유통기간 연장으로 수출시장에서 경쟁력을 갖출 수 있음

[제 5협동 FMS 코리아 : 최동호]

1) 농산물 운송용 컨테이너 최종 시제품 제작

- 한국 → 홍콩으로 운송되는 항공운송물류에 적합한 농산물 컨테이너 시제품 제작
- 온도의 유지성, 제품의 단가, 항공운송이 가능한 제품 고려

2) 냉매 및 냉매용기 최종 시제품 제작

- 최종 설계 도면 작성
- 최종 선정된 냉매 성능 분석 및 안전성 분석

3) 내부 테스트 및 현장 적용 테스트 진행

- 내부 항온챔버를 이용한 온도 검증 테스트 진행
- 대한민국의 외부온도, 항공기 화물칸의 내부온도, 홍콩의 외부온도 조건을 조사하여 외부온도 조건에 대한 부분을 시뮬레이션화하여 테스트를 진행하는데 참고자료로 사용함
- 위에서 조사된 외기조건 상황에 제작된 최종 시제품의 열공학 계산을 진행하여 최적의 냉매 조건을 선정하여 온도 테스트 진행
- 검증된 데이터를 바탕으로 한국 → 홍콩으로 운송되는 수출 테스트 진행 온도 검증

4) 현장 적용 모델 개발 구현

- 현장 테스트를 바탕으로 온도에 대한 성능 검증

1-3. 연구개발 범위

[제1세부 엘립무역 : 오성진]

- 1) 딸기 수출 클레임 해소를 위한 선박 및 항공실험
- 2) 토마토의 수출 상품 경쟁력 향상을 위한 실험 및 방안 모색
- 3) 수출 종합 처방 제시

[제1협동 강원대 : 최기영]

- 1) 수출용 ‘매향’ 상품성 향상을 위한 온실동적환경인자 구명 및 기술 고도화 (경남 진주 수출현장 실증)
 - 수출농가 수경재배방식에서의 지상부환경(광량, 온도, 습도, CO₂농도) 및 지하부(함수량, EC, 온도) 계측
 - 계측 항목의 월별, 주간 분석 자료 산출

- 수출농가 동적 환경요인 big data 분석을 통한 생산성 분석
 - 지정 농가의 기형과율, 비상품과율과 재배 환경 요인
 - 시기별 상품성(상품과율, 정도, 수량 등) 제한 인자 분석
 - 동적환경요인 big data 분석을 통한 수출 생산단지 환경 관리 기준안 제시
 - 수출단지 시설 농가 생산성 분석 (3개년)
 - 수출딸기 딸기 품질과 선도유지; 시기별, 속도별, 재배방식별
 - 재배방식, 속도에 따른 싱가포르 선박수송(10일) 후 품질 조사
- 2) 기능성 물질 탐색과 적용에 따른 상품성, 정도 및 수량 분석
- LPE(LysoPhosphatidylEthanolamine) 처리 후 품질 변화 분석
 - 재배 중 LPE 엽면살포에 따른 저장 중 품질(정도, 당도, 생체중)변화 및 수확기간 조사
 - '매향' 상품 수량에 미치는 CO₂ 시용효과
 - CO₂ 시용에 따른 시기별 정도
- 3) 고설 수경 '매향'최적배양액 개발 (시립대)
- 고설 재배 딸기 '매향' 배양액 선발
 - '매향' 고설 수경 배양액 개발
 - '매향' 고설 수경 배양액

[제1협동 위탁 서울시립대 이용범]

- 1) 고설 수경 딸기 '매향' 배양액 개발(서울시립대학교)
- '매향' 배양액 개발
 - 코이어 유기배지에 적합한 '매향' 배양액 선발
 - 수출용 딸기 '매향' 품종에 적합한 배양액 실증 시험

[제2협동 상명대 : 김영식]

- 1) 연중 안정생산을 위한 수출용 토마토 동적 배양액 관리 모델 개발 (1년차)
- 온실 근권환경 계측시스템 설치 및 운영
 - 생육단계 및 시기별 배양액 농도 및 급액관리법 조사
 - 일중, 생육단계별 델타EC 추이 분석
- 2) 수출용 토마토 상품성 향상 최적 델타EC(배양액 농도 변화) 구명 (2년차)
- 온실 기상환경 계측시스템 개선 및 운영
 - 작물생체정보 계측시스템 구축 및 운영
 - data 분석을 통한 육묘방법과 생산성과의 관계 모델 도출
- 3) 수출용 토마토 상품성 향상 최적 급액관리 모델 체계화 및 확산 (3년차)
- 동적배양액관리 모델 체계화
 - 동적배양액관리에 따른 상품성 향상 작물관리 기술 확산 (수출농가 교육)
 - 대상수출농가: 춘천, 홍성, 논산 등

[제3협동 강원대 : 강호민]

- 1) 수출용 딸기 토마토의 경도 증진을 위한 현장 실증 시험
 - 딸기: 재배중 CO2처리 효과 확인
 - 토마토: 칼륨 엽면살포 효과 구명
- 2) ClO2가스 살균 기술 실증 및 적용, 새로운 가스 살균 신기술 적용 시험
 - 이산화염소가스 이외에 오존가스 처리 효과 구명 및 현장 적용
- 3) 모의유통 기법을 도입한 장거리 MAP 조건의 현장 적용, 4협동 신기능 필름 OTR 기술 적용
 - 4협동의 신기능 필름에 OTR기술 적용하여 딸기 토마토 모의 유통조건에서 저장성 비교
- 4) 수출용 딸기 토마토의 장거리 운송에 적합한 환경(온도, 병발생) 모니터링 탐색 기술의 현장 적용
 - 2년간 모니터링 조건, 특히 현장 도착 후 상온 유통 조건을 감안하여 앞서 개발한 기술의 종합처리 현장 적용(가능한 2~3개 이상 복합처리 유도)

[제4협동 강원대 : 김경수]

- 1) 각 단계별 수집된 병원균의 집단 분석
 - 1, 2차년도 수집된 주요 병원균의 순수분리 및 DNA추출
 - RAPD(random amplified polymorphic DNA)를 이용한 병원균의 집단 분석
- 2) 기존 살균제의 수확 전 처리를 통한 선도 유지 저하 원인균 살균 효과 검정
 - 주요 병원균에 효과를 나타내는 살균제 처리에 의한 발병 억제효과 검정
 - 수확 전 처리를 통한 유통-수출 단계의 살균 효과 검정
- 3) 주요 병원균에 대한 치료용 살균제 효과검정
 - 잣빛곰팡이병(*B. cinerea*)에 대한 발아 억제 효과 검정
 - 탄저병(*C. acutatum* or *C. gloeosporioides*)에 대한 발아 억제 효과 검정
- 4) 주요 병원균에 대한 길항미생물의 항진균 활성분석
 - 주요 병원균에 대한 효과가 우수한 길항 미생물 탐색
 - 분리한 길항미생물의 특성 검정
 - 길항미생물 처리를 통한 병원균 억제효과 검정

[제 4협동 위탁 연세대 박인식]

- 1) 수출용 딸기 및 토마토의 포장 유통 및 판매 시스템 현황분석
 - 수출용 딸기 및 토마토의 포장 유통 및 최근 현황 조사 분석
 - 수출용 딸기 및 토마토의 품질 변화 요인 분석
- 2) 수출용 딸기에 적합한 포장 설계 연구
 - MAP를 고려한 산소흡착제 및 친공 필름 적용 선도유지 평가 연구
 - 살리실산(Salicylic acid)을 적용한 딸기의 선도 유지 평가 연구
- 3) 수출용 토마토에 적합한 포장 설계 연구
 - 기존 난좌 포장의 문제적 분석 연구
 - 모의 유통 진동의 품질 변화 영향 평가

- 4) 수출용 딸기의 선도유지를 위한 기능성 소재 연구
 - MeSA, MeJA 향곰팡이 효과 연구
 - MeSA, MeJA 적용 농도에 따른 딸기의 품질 변화 평가 연구
- 5) 수출용 딸기의 선도유지를 위한 기능성 물질 포장 적용 기술 연구
 - PVA/IC 복합 필름 제조 및 특성 평가
 - 딸기의 선도유지를 위한 PVA/IC 복합 필름 적용 및 품질 평가
 - 딸기의 선도유지를 위한 PVA/IC 코팅 패드 적용 및 품질 평가
- 6) 수출 토마토를 위한 압축 및 통기구 효율성 개선 박스 연구
 - 골판지 박스 압축강도 및 통기구 개선 디자인 설계 분석
 - 골판지 박스 구조 설계 및 시제품 제작
 - 구조 설계 형태별 기계적 특성 및 통기구 효율성 평가

[제 5협동 FMS 코리아 : 최동호]

- 1) 농산물 운송용 컨테이너 최종 시제품 제작
 - 항공 운송용 딸기 컨테이너 용기 제작
 - 항공 운송용 토마토 컨테이너 용기 제작
- 2) 냉매 및 냉매용기 최종 시제품 제작
 - 가) 냉매 용기 최종 시제품 제작
 - 냉매 용기 제작 도면
 - 냉매의 누수, migration 현상이 없는지 검증
 - 나) 냉매 온도 테스트 및 DSC 잠열량 분석
 - 냉매 상변화 온도 Test 및 DSC 분석을 통해 냉매의 내구성, 안정성 검증
- 3) 내부 테스트 및 현장 적용 테스트 진행
 - 자체 테스트 진행 - 성능 검증
 - 실제 현장 테스트 진행 - 현장 적용성 검증
- 4) 현장 적용 모델 개발 구현
 - 가격적 경쟁력 확보
 - 성능 (온도 유지성) 확보
 - 편리성 확보
 - 실용적 관점에서의 제품 구현

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

[제1세부 엘립무역 : 오성진]

○ 우리나라에 딸기가 도입된 이후로 오랫동안 장희(아키히메), 육보(레드 필)와 같은 일본 품종이 재배되어왔는데 최근 10여년 만에 국산 품종의 보급률이 86.1%로 급격하게 증가했다. 딸기에 대한 연구는 오래전부터 시작되었으나 연구자가 많지 않았고 연구성과 또한 많지 않았는데, 새로운 품종육성을 위한 연구는 꾸준히 진행되어왔다. 근년에 딸기 품종의 로얄티에 관한 문제가 제기 되면서 국가적인 차원의 연구지원이 시작되고 딸기에 대한 연구가 활기를 띠기 시작했다고 할 수 있다. 우선 딸기 품종의 육성에 대한 연구가 진행되어 국내 재배면적의 70%를 차지하는 ‘설향’을 비롯하여 ‘금향’, ‘만향’, ‘수홍’, ‘조홍’, ‘다홍’, 수출의 주 품종인 ‘매향’을 비롯하여 고경도 품종의 ‘수경’, 그리고 최근에 경북에서 육성된 ‘싼타’, ‘다운’ 그리고 고령지의 여름딸기용의 ‘고하’, ‘강하’등의 많은 품종이 개발 되는 성과를 이루었다. 그러나, 딸기는 지역 특성에 맞는 다양한 품종의 개발이 시급하고 또 최근에 급격하게 증가하고 있는 딸기 수출에 대응하기 위해서는 저장성이 높고 품질이 좋은 수출전용 품종의 육성이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

○ 딸기 재배기술에 대한 연구가 진행되고 있으나 국내외의 연구를 품종 간에 공통적으로 적용시키는 것은 어렵다. 같은 경북지방이라 하더라도 매향 딸기의 경주지역과 예천지역의 생육반응은 차이가 있었다. 즉 지역별 온도환경이 달라서 저온 감응성도 달라지기 때문이다. 따라서 지역별 품종에 따른 재배기술의 개발이 필요하다. 최근 비중이 증가하는 축성재배에서는 특히 우량묘 생산의 중요성이 크게 인식되면서 육묘와 관련된 육묘 일정, 육묘기의 시비 및 관수법, 방제 기술 등의 다양한 연구가 보고 되고 있다. 딸기에서 육묘는 그 비중이 7-8할을 차지한다고 해도 과언이 아닐 정도로 중요하기 때문에 앞으로도 지속적으로 우량묘 생산을 위한 딸기 육묘기술에 대한 연구가 절실하게 요구된다.

○ 최근에 딸기의 고설수결재배는 재배면적이 매년 급격하게 증가하여 2006년의 52ha에서 2016년에는 1,149ha에 이르렀다. 딸기의 고설수경재배는 지배관리 및 수확 작업 시 작업자의 자세를 편하게 한 것이 가장 큰 장점이며, 토양에 의한 병해충 피해를 최소화할 수 있으며, 계획적 생산조절이 가능하고, 과실이 토양에 닿지 않아 청결한 과실을 생산할 수 있으며, 토양 재배에 비하여 수량 및 품질이 월등하게 높은 결과를 나타내고 있어 시설 딸기농가에게 유용하게 활용될 수 있는 재배기술로 기대된다. 수경재배에서의 근권 온도는 토양재배에 비해서 시설 내의 온도 및 일사의 영향을 받기 쉽고 외부 환경변화에 대한 근권부 환경의 변화가 커서 작물의 생육에 직접적으로 영향을 미치므로 토양재배와는 다른 시설 내의 환경관리에 대한 연구 또한 필요하다. 수경재배에서의 배양액의 농도는 품종별, 생육단계별, 재배시기별로 차이를 보이는 것이므로 이에 대응한 다양한 연구가 필요할 것이다. 그리고 재배시스템의 형태 및 배지의 종류와 관리 방법에 따라서 다양한 변화를 보인다고 하여 기본적인 시설과 관리에 대한 연구도 중요하다고 할 수 있다. 최근 고설재배 면적이 꾸준히 증가하고 있지만 초기 시설비 투자 부담이 크기 때문에 재배 농가에는 큰 부담이 되고 있어 이에 대한 시설자재 및 시스템의 개발도 필요할 것이다.

○ 딸기에 대한 연구는 세계적으로도 국내적으로도 다른 작물에 비하여 상대적으로 연구 역사가 길지 않으며, 연구 결과 또한 많지 않은 실정이다. 우리나라의 딸기 생산액은 1조 3천

역을 상회하고 수출액은 3천3백만 달러를 넘어서면서 가장 중요한 채소로서 자리 매김하고 있다. 그러므로 딸기산업의 발전을 위해서는 딸기에 대한 보다 많은 활발한 연구가 필요하고 그 결과를 조속히 농가에 전파 보급하여 시설원예 딸기농가의 소득증대에 기여해야 할 것으로 생각된다.

[제1협동 강원대학교 : 최기영]

○ 딸기 경도향상을 위한 LPE

- LPE(Lysophosphatidylethanolamine)는 난황에서 추출한 천연 인지질(Satirhos 등, 1986)
- 과실의 저장기간, 색깔, 품질 및 수량이 증가되었다는 보고(Amaro와 Almeida, 2013; Cowan, 2009; Farag와 Palta, 1993a)

- LPE 처리방법에는 엽면살포법, 진공침투법, 침지법, 용액법 등의 방법이 있고 그 효과는 과실의 경도향상, 과실 성숙촉진, 색깔 균일화, 안토시아닌 함량 증가, 에틸렌 생성촉진, 내냉성 증가, 에틸렌생산 감소, 저장기간 연장, 생체중 감소지연, 노화지연, 착과수 증가, 에틸렌생산 저해, 칼슘부족장해 완화, 개화연장, 개화촉진, 생체중 감소지연 등이 보고(Amaro와 Almeida, 2013)됨.

-수확 전과 수확 후 원예작물에 대한 LPE 처리 사례로서 토마토, 바나나, 사과, 크랜베리, 오렌지, 메론 등에 대한 연구결과들은 보고되고 있으나(Cowan, 2009), 딸기에 관한 연구 자료는 찾기가 어려움.

○ 수경재배 급액관리

- 코이어 배지에서 coir dust와 chip의 비율은 수경재배 급액에서 배지 내 액상의 영향을 줄 수 있으며, coir와 peat 혼합배지비율 3:7, 5:5, 7:3, 10:0에서 coir 비율이 증가함에 따라 기상이 증가하고 액상이 감소함에 따라 딸기의 수분 흡수량 감소가 수량저하에 영향을 준다고 보고(Endo et al., 2006)하였으며, 코이어 배지는 70% 이상이 셀룰로스와 리그닌 등 음전하성을 가진 분자(electronegative molecules)들로 구성되어 있어서 양이온이 배지 내 흡착(trap)되는 특성이 있다(Resh, 2016).

- 암면에 비하여 펄라이트 혼합배지, 코이어 등의 배지는 암면재배 보다 오이와 딸기 등 과채류 지상부 생육과 수량이 높았음을 보고하여, 배지 특성별 물리성에 따른 급액관리가 달라져야 한다(Colla et al., 2003; Adak and Gubbuk, 2015).

- 코이어 배지 세척시 증류수로 2회 침출하였을 때 K, Na 농도는 배지 내 함량이 크게 감소하나, Ca는 3회 침출까지 처음 침출한 농도와 비슷하였으며, Mg는 3회 침출부터 농도가 낮아지는 경향을 보였음을 보고(Lee, 2006)함.

. Jun et al.(2006)은 아키히메 품종을 펄라이트, 코이어, 코이어/펄라이트(상/하)의 2층, 버미큘라이트/펄라이트의 2층, 버미큘라이트와 왕겨의 혼합배지에 재배하였을 때 딸기의 과중과 과경은 코이어 배지와 코이어/펄라이트의 2층배지에서 가장 높았으며 수량은 코이어/펄라이트의 2층배지에서 가장 높았고, 그 다음으로 펄라이트와 코이어 단독배지가 높았음을 보고함.

- 딸기는 보수성과 배수성이 양호한 배지에서 잘 자라는 작물로서, 코이어 배지에서 뿌리발생이 양호하였고, 이 등(2017, 게재예정)의 연구에서도 코이어의 비율이 더스트50% : 칩50% 또는 더스트 100% 배지에서 딸기 뿌리의 근계가 가장 양호한 것으로 관찰됨

[제1협동 위탁 서울시립대학교 : 이용범]

○ 딸기 수경재배 현황

2015년 국내 딸기 재배 면적은 6,403ha이며, 생산량은 192,776톤, 생산액은 12,843억으로 대표적인 과채류 작물 중에 하나이다(MAFRA, 2016). 딸기의 시설재배는 98%인데 지역별 분포를 보면 경남 36.2%, 충남 32%, 전남·북 19.4%, 경북 7.8% 등 이들 지역이 95.4%를 차지하고 있다(MAFRA, 2016). 한편 신선 과채류 중에서 딸기 수출은 3,538톤, 수출액은 32,449천\$로 파프리카 다음으로 수출 실적이 높은 품목이지만(aT, 2017), 생산량에 비해 수출 비중은 1.8%로 매우 낮다. 딸기 주요 수출 품종인 ‘매향’의 주요특성은 화방 당 화서가 10~15개 정도이며, 당도가 높고 산도가 낮으며, 경도가 우수하여 저장성이 좋은 특징을 갖고 있다(Kim 등, 2004). 딸기 재배 방식은 기존 토경온실에 비해 고설수경재배에서 노동시간 30% 절감, 생산성 43% 향상 등으로 딸기의 수경재배 면적은 2012년 243ha에서 연평균 1.5배 증가하면서 2016년 1,149ha로 4.7배 늘어났으며, 농림축산식품부는 앞으로 2022년까지 1,930ha까지 확대하겠다고 딸기산업육성계획을 발표한 바 있다(Jun, 2017). 딸기 재배 시 수경재배는 조절된 환경에서 연중 계획적인 관리시스템을 통해 고품질의 생산물을 생산할 수 있는 재배 방법으로 작물에 적합한 배양액 조성을 통한 배양액 관리는 생산과 품질을 결정짓는 주요 소라 할 수 있다.

○ 배양액 개발

작물의 양수분 흡수는 작물적 요인, 환경적 요인, 재배기술 요인에 의해 달라진다. 특히 수경재배는 뿌리를 통한 양수분 흡수가 잘 이루어지도록 근권 환경을 조절하여 재배하는 특성을 갖고 있으며, 재배시기, 생육단계 뿐 아니라 작물의 품종, 배지 및 원수의 특성 등이 작물 생육에 영향을 줄 수 있다. 국내에서는 주요 원예작물을 중심으로 재배 시스템, 배지 특성을 고려하여 과채류 배지경 배양액(Kim, 1998), 토마토(Choi 등, 1998; Yu와 Bae, 2005), 파프리카(Choi 등, 2001), 허브(Yeo and Lee, 2004), 감자(Chang 등, 2000) 등의 배양액이 이미 개발되었다. 그러나 딸기 재배는 ‘설향’을 중심으로 국내 육성 품종이 70% 이상을 차지하고 있으며, ‘매향’도 수출 재배 농가의 90% 이상의 높은 비중으로 재배되고 있으나, 수경재배 배양액은 주로 네덜란드와 일본에서 개발된 배양액을 사용하고 있다. Yamzaki 배양액의 농도에 의한 ‘매향’의 생육과 수량(Jun 등, 2013). ‘설향’의 뿌리활성에 관하여 Jun 등(2011)은 보고하였고, Jang 등(2014)은 비료의 종류와 농도가 ‘매향’ 양분 흡수에 미치는 영향을 보고한 바 있으나, 이들 품종 특성을 고려한 배양액 조성은 보고되지 않았다. 또한 수경재배에서 사용되는 배지도 ‘암면’, ‘펄라이트’ 중심의 무기배지에서 코이어 유기배지를 사용하는 면적이 증가하고 있다. 따라서 수출 딸기 ‘매향’의 양수분 흡수율을 고려한 배양액 개발이 이루어져야 할 것으로 보여진다.

[제2협동 상명대학교 : 김영식]

○ EC가 3까지는 증가함에 따라 생산량은 증대하고 그 이상에서는 감소함. 단, EC 5까지는 농도가 높을수록 가용성분이 증가하여(Bustomi Rosadi 등, 2014) 생산성 및 품질간의 선택이 필요함. 단, 이 경우 환경과의 관계가 중요함.

○ 적과를 하면 source의 여분이 sink 중 과실보다는 잎과 줄기로 많이 배분되므로(Li, Tao 등, 2015) 배양액관리와 더불어 종합적인 초세관리에 유용하게 사용할 수 있음.

- Penman - Monteith model 및 배액 EC를 동시에 이용한 급액관리를 공학적으로 접근했으며(Neto, Antonio José Steidle등, 2014) 이를 작물인자와 연계하면 환경친화적이며 제어수준이 높은 급액관리를 할 수 있을 것으로 예상됨.
- 배양액관리시스템들은 계속 개발 보급되고 있으나 작물 초세 및 환경과 연동된 제어알고리즘이 부족하여 본 연구결과를 시스템 개발업체에 자문하여 개선에 활용하고 있음.
- 수경재배를 포함한 토마토 생산에 관련된 정보를 체계화하여 농가 현장에 활용할 수 있는 책자를 발간(김영식 등, 2016 및 2017).
- 4차산업혁명에 환경관리를 적용한 스마트 팜이 다방면에서 시도되고 있음. 토마토 스마트 팜에 관해서는 본 연구진이 견인하고 있음.

[제3협동 강원대학교 : 강호민]

○ 딸기 국내외 생산 및 수출 현황

딸기 생산량은 2000년 이후 전체 재배면적이 감소 추세를 보였으나, 귀농인구 증가 등의 영향으로 2014년까지 재배면적 및 생산량이 꾸준히 다시 증가하였음. 그러나 2015년 다시 감소하였지만, 올해 2017년 조사된 재배면적과 생산량은 다시 증가하는 수치를 보였음.

겨울철 논산, 밀양, 진주 등에서 재배된 국내 육성 품종인 ‘설향’ 또는 ‘매향’ 등이 동남아 국가들의 바이어들에게 맛과 품질로 뛰어난 인식이 증가하여 홍콩, 싱가포르의 경우 꾸준한 주요 수출국가임. 최근 3년간 지속적인 수출 실적을 보이고 있으며, 이 밖에도 태국, 베트남에서 한국산 딸기의 인지도 상승 및 마케팅 활동 등으로 수출 물량이 대폭 증가하는 추세이나, 말레이시아에서는 여러 요인으로 인해 단가 인하 압력으로 수출 물량 및 금액이 대폭 감소하였음. 주요 수출국인 홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 태국 등은 한국산 딸기가 25-30% 내외의 점유율을 나타냈고, 미국, 호주등과 경쟁 상태임. 추후 러시아 등 여러 다른 나라에도 수출이 가능할 것으로 보임(통계청, KATI: 2017). 그러나 2월 이후 기온 상승과 함께 수량은 많아지나, 기형과 발생, 경도 저하, 잣빛곰팡이병 발생 등으로 인해 상품수량이 낮고, 유통과정 중 클레임 발생이 높아지고 있음. 한편 6~9월의 수출량은 매우 적으며 강원도 사계성 품종을 중심으로 일본에 냉동형태로 수출되고 있음.

세계 신선딸기 생산규모는 약 400만톤 규모로 생산면적이 점차 확대되어 4,068천톤으로, 한국은 이 중 5% 수준인 20만톤을 생산하는 세계 5위의 생산국임. 주 생산국은 ‘08년 기준 미국이 제 1위로 세계 전체 생산량의 28%를 점유하며, 이 밖에 스페인(6.5%), 터키(6.4%), 멕시코(5.1%) 등. 미국에서 생산된 딸기 중 약 75%가 신선시장에서 소비되며, 주요 딸기 생산지는 캘리포니아주 남쪽과 태평양 연안(재배면적 64%, 생산량 86%), 플로리다주, 오리건주임. 플로리다의 생산량은 약 12만톤(2007)으로 생산되는 모든 딸기는 신선이며, 겨울 딸기 대부분을 생산함. 4월과 5월이 딸기 최대 수확시기이지만, 플로리다의 겨울 생산으로 미국 딸기는 연중 내내 판매가 가능함. 중국의 딸기면적은 79.3천ha(중국농업통계, 2006)이며, 산동성, 하북성, 강소성, 요녕성 등에서 많이 재배되고 있으며, 시설재배의 비중이 늘어나면서 지역 및 기후적 제한이 없이 소비가 많은 대도시 인근에서의 생산이 증가하고 있음. 중국의 딸기 수출국은 태국, 러시아 등으로 높은 포장비용, 인건비 등 수출비용, 잔류농약 문제 등의 문제로 인해 수출이 많지 않으나, 1월~6월에 전체 수출량의 90%가 수출됨. 그러나 홍콩, 싱가포르 재래시장에서는 중국산 딸기가 유통되고 있어 앞으로 수출국에서의 경쟁이 불가피할

것으로 예상됨.

국내외 딸기 저장관련 연구에서 이미 적용한 CO₂와 살균가스를 본 연구에서 적용하였으나, 그 접근 방식은 기존에 보고된 바 없는 새로운 것으로 재배중 탄산가스의 처리의 저장성에 관한 효과 구명과 포장내 살균가스 주입 등이 있음. 이중 살균처리에 있어서도 기존의 수확후 처리 방법에서 유통 중 처리 기술을 접목하여 기존의 연구보다 현장 적응성을 높인 연구임.

○ 토마토 국내외 생산 및 수출 현황

수출용 토마토의 생산 면적은 전체 생산면적의 2.4% 내외에 불과하며 이 중, 방울토마토가 42%, 대과가 58% 정도 생산되는 것으로 추정되며, 재배면적은 2000년대 이후 웰빙 열풍으로 인해 급격히 증가하여 현재와 유사한 면적을 유지하고 있음.

토마토 전체 수출 물량의 99%는 일본 수출되고 있으며, 매해 물량 및 금액이 소량 증가하지만 대과토마토의 수출 증가에도 불구하고, 방울토마토 국내 가격 상승에 따른 수출 물량 감소로 이어졌지만 엔화강세로 인한 수출액(단가)은 증가하는 현상을 보였음. 주요 수출국인 일본에서의 한국 토마토의 점유율은 50%에 육박하며 미국 및 캐나다와 경쟁을 하고 있음. 이 외 홍콩과 러시아에 소량 수출하고 있음(통계청, KATI: 2017). 국내 토마토의 수출은 7~10월에 낮아 안정적 수출이 이루어지지 않아 수출시장에서의 상품 경쟁력을 기대하기 어려움 실정임.

'07년 기준 세계 토마토 소비 규모는 약 35.98백만톤 규모 인 것으로 추정되며, 전세계의 웰빙 소비 지향 등의 요인으로 1998년 이후 연평균 3.5%씩 증가하고 있음. 그 중 유럽 지역이 세계 소비량의 약 33.2%, 북미 지역이 약 28.5%를 차지하고 있는데 반해, 아시아 지역은 약 5.1% 차지하는 것으로 추정되고 있음. 토마토는 크게 신선 토마토와 페이스트, 주스, 케첩 등의 가공 토마토 소비로 구분 할 수 있는데, 신선 토마토의 약 94%가 아시아 지역에서 소비되는 것이 특징임.

토마토는 전 세계에서 약 170여개국 4,625ha에서 126백만 톤이 생산되고 있으며(FAO: 2007), 중국, 미국, 터키, 인도, 이집트 등에서 생산을 주도 하고 있으며, 우리나라 토마토 재배면적은 세계 63위, 생산량은 41위를 기록하고 있음. 세계 토마토 교역규모는 매년 증가하고 있는 추세이며, 신선 토마토의 교역규모가 가장 큰 편임. 주요 신선 토마토 수출 국가는 네덜란드이며, 이외에 멕시코, 스페인, 터키, 미국 등이며, 우리나라는 식물 방역법상 신선 토마토 수입이 금지되어 있음.

세계적으로 수확 후 관리 분야에 가장 많은 연구가 진행되는 작물 중 하나인 토마토를 대상으로 연구하였기 때문에, 많은 부분이 이미 보고된 연구의 적용을 달리한 것이 많았으나, 그 적용 방법을 가능한 장기간 수송되는 수출 과채류에 적용할 수 있게 포장내에 처리하여 현장 적응성을 높였음. 그러나 재배방법에 의한 저장성 향상 연구 분야는 새로운 접근 방식이었는데, 저장 유통성에 가장 중요한 인자인 경도 증진을 위해 토마토에는 적용된 바 없는 규소와 붕소처리가 그 예이며, 이들 원소의 경도 증진 효과를 전자현미경조사와 처리 원소의 함량 비교등으로 확인하기도 하였음. 이러한 결과는 국내외 전문학술지에 게재되었고, 현재 일부는 심사 중에 있음

[제4협동 강원대학교 : 김경수]

- 2013년 우리나라 농림축산식품 수출은 전년대비 1.4%가 증가한 총 57.2억불이었으며 이 중 가공식품은 0.5%감소한 것에 반해 신선 농식품은 9.4% 증가함
- 이는 엔저 및 경기침체 영향을 일본 EU등에 대한 수출이 부진한 반면, 아시아 국가들이 새로운 강세시장으로 부상하였으며, 2012년 1억불 이상 수출국이 기존 일본, 홍콩, 러시아, 대만, 인도네시아, 필리핀 등에서 2013년에는 인구 500만명에 불과한 싱가포르가 포함됨

표 . 엔화 환율 동향

단위	'12.12.26	'13.2.1	'13.4.1	'13.5.2	'13.7.1	'13.9.2	'13.11.1	'13.12.2	'13.12.26
원/100¥	1,256.29	1,188.41	1,189.76	1,132.76	1,140.29	1,105.02	1,080.56	1,029.71	1,010.30

표 . 엔저에 따른 주요 對일본 수출 감소 품목 (단위 : 백만\$, %)

품목	'12	'13	증감률	품목	'12	'13	증감률
김치	846	65.9	△22.2	제3맥주	144.0	139.6	△3.1
파프리카	88.8	86.8	△2.2	장미	26.6	14.5	△45.6
막걸리	32.0	13.6	△57.4	백합(화훼)	30.1	19.9	△33.9

- 2013년 국가별 수출은 홍콩 28.7%, ASEAN 19.0% 등 동남아시아가 크게 신장한 것에 반해 일본은 8.6%의 감소를 가져옴.
 - 품목별 신시장 개척을 위한 다변화 시도 진행 중임.
- 특히 최대 수출 호황기를 맞고 있는 홍콩은 모든 식품이 무관세인 특징을 바탕으로 신선 식품과 가공식품 전반에서 활발한 소비가 이루어졌으며 특히 홍삼(89%), 비스킷(40%), 딸기(37%), 김치(9%) 등 웰빙 식품의 수출이 증가함
- 또한, ASEAN은 일본에 이어 두 번째 수출비중(17.2%)을 차지하고 있는데 원인으로서는, ① 한류 붐이 농식품에 대한 관심으로 확대되어 베트남, 필리핀, 태국 등 모든 국가에서 높은 증가율을 기록, ② 방콕·호치민 등에서의 식품박람회·K-Food Fair 등 약 40회에 걸친 매장에서의 홍보·관촉전 등을 개최하여 수출 견인으로 분석

[제4협동 위탁 연세대학교 : 박인식]

1. 딸기의 선도 유지를 위한 관리 기술

가. 예냉 처리

- 수확 후 과실은 생명활동의 대사과정을 지속하므로 이러한 생리적 대사과정은 온도에 큰 영향을 받음
- 예냉은 수확 직후부터 출하 직전까지 농산물의 품온을 가급적 빠르게 강제로 낮추어서 호흡, 증산 및 효소작용 등의 진행을 억제하여 품질 저하를 방지하는 처리 방법
- 예냉 처리는 실내 예냉(room cooling), 냉수 예냉(hydro cooling), 강제통풍 예냉(forced

air cooling), 차압 통풍 예냉(pressure cooling), 진공 예냉(vacuum cooling), 극저온 예냉(cryogenic cooling) 등이 있고 일반적으로 예냉실에서 과일 주위에 냉기를 불어넣어 냉각하는 강제통풍 예냉을 주로 사용

- 4℃에서 3시간 예냉 처리 후 딸기의 품질은 경도가 높고 부패율이 낮은 결과를 보여줌으로써 선도 유지에 효과가 있음
- 예냉은 고온기에 수확하는 과실의 저장기간을 연장시키고, 농가보유 저온저장고나 산지 유통센터에서 사용할 수 있는 효과적인 방법으로 중요한 처리 방법

나. 이산화탄소 처리

- 이산화탄소는 인체와 식물에 무해한 무색의 기체로 과채류에 적용하여, 미생물에 의한 부패와 호흡, 에틸렌 생성을 억제하고 과실의 경도 유지를 목적으로 사용
- 수확 후 처리 방법으로 고농도의 이산화탄소 처리는 딸기 내부의 수용성 펙틴을 감소하고 이온결합성 펙틴을 증가시켜 칼슘이 세포벽으로 이동과 결합을 촉진시켜 질적 변화를 유도하여 딸기의 저장 품질을 개선시킬 수 있다고 보고
- 고농도의 이산화탄소를 단시간 처리하는 방법은 과실의 품질을 저하시키지 않고 경도를 높이는 효과를 보이지만, 부적절한 이산화탄소 처리는 에탄올 축적에 따른 이취발생 및 비타민 C 감소 등의 문제를 가질 수 있다고 보고됨

다. 이산화염소 처리

- 이산화염소는 우수한 산화력을 가지며 자연광에 노출되면 쉽게 분해되는 화학적 특성을 가진 살균 화합물로 이미 식품 산업에 널리 사용
- 특히, 이산화염소는 유기 화합물과의 반응에 따른 부산물이 적게 생성하는 것으로 알려져 있어 염소의 대체제로 최근 사용 용도가 증가되고 있는 추세
- ‘설향’ 딸기의 50ppm의 이산화염소수 처리, ‘매향’ 딸기에 50ppm ClO₂/0.5% fumaric acid/5 kJm⁻² UV-C 처리로 저장 기간 동안 품질유지에 효과적임

라. 오존 및 초음파 처리

- 오존은 산화력이 강하여 살균 및 소독 기능을 가지고 있어 원예산물의 신선도를 유지하고 부패를 방지하는 가능성이 제시
- 특히, 이중결합구조와 벤젠고리를 가지는 화합물에 대하여 뛰어난 제거 효율을 가지고 있어 신선 과채류의 잔존하고 있는 미생물이나 잔류 농약을 제거하는 목적으로 초음파 및 오존수 처리에 대한 연구가 진행되었으며 안전성 확보를 위한 오존의 살균 효과가 있는 연구들이 보고
- 또한 초음파 처리는 액체의 거품 형성, 성장, 붕괴 cavitation 현상을 통해 제품의 미생물 제거 효과를 보임
- 살균효과를 가지는 오존처리, 0.075mg/L O₃+30W의 초음파 처리, 그리고 이산화염소의 조합 처리로 수확 후 딸기의 선도 유지가 증가되었다고 보고됨

마. 포장 처리 기술

○ Modified atmosphere (MA) 포장

- 수확 후 과실의 호흡을 고려하여 포장 내부에 있는 과실의 품질 개선을 위한 최적의 기체 조성을 유지시키는 방법
- 포장내 기체 조성은 과실의 호흡속도를 조절하고 미생물에 의한 부패를 지연시켜 유통기간을 연장시킴
- MA 포장 적용 연구에서 딸기의 포장내 초기 기체조성을 9.5% 산소 농도, 10.9% 이산화탄소 농도로 조합하여 10일간 딸기 품질을 평가한 결과 대기조성, 14.2% 산소농도, 5% 이산화탄소 농도와 비교하여 선도가 유지됨을 확인함
- 일반적으로 MA 포장에 적용하는 포장재는 가스(산소, 이산화탄소 등) 투과율, 수분 투과율, 기계적 특성, 투명도 등을 고려하며, 주로 사용하는 플라스틱은 PET, PP, PE 등이 사용됨
- 최근 미세천공에 MA 포장 기체 환경 조건을 구성하는 연구가 수행 중

○ 고산소 포장

- 대기 산소농도 이상으로 포장 내부의 산소농도를 조절하여 간접적인 호흡률 조절과 혐기적인 발효를 감소시키며, 직접적으로 활성기 산소(ROS, O₂⁻, H₂O₂, OH)에 의한 효소적 변색을 억제하고 미생물 증식을 낮추는 효과를 가진다고 보고됨
- 40% 이상 O₂함량으로 처리된 딸기를 일반 다공 포장으로 구성된 실험군과 비교한 결과, 오히려 곰팡이 발생률이 낮았으며 6일 저장 기간 동안 우수한 외관 상태를 유지

○ 산소 흡착제

- 고산소 가스 처리와는 상반되는 내용으로 적용되는 산소흡착제 적용 처리 방법은 포장용기 내부의 산소 농도를 감소시켜 딸기의 호흡률을 감소시켜 결과적으로 신진대사를 낮춰 미생물의 성장을 억제 시키는 효과를 가짐
- 산소흡착제는 크게 금속류, 비금속류로 나뉘지고 금속류에는 주로 철이 사용되고, 비금속류에는 ascorbic acid, α-tocopherol 등이 있음
- 일반적으로 산소 흡착제 단독으로 적용하기도 하지만, 다른 기체 흡착제(이산화탄소, 에틸렌 등) 또는 MA 포장 방법과 같이 사용하여 효율을 높임
- Aday와 Caner (2013)는 두 가지 산소 흡착제(ATCO-100, ATCO-210)를 사용한 딸기의 저장성 평가에서 일반 대조구과 비교하여 외관 및 경도 품질 유지에 효과가 있었으며 관능평가 또한 우수한 것으로 보고됨

○ 가식성 코팅

- 가식성 코팅은 호흡률과 수분 증발을 낮추고 경도를 유지시키며 미생물 성장을 조절하여 과채류의 유통기간을 늘릴 수 있음
- 가식성 코팅에 주로 사용하는 원료는 다당류, 지질, 단백질 등으로 자연계에서 쉽게 분해되는 능력이 있어 환경보존에 유리함
- 가식성 코팅은 코팅 물질에 다른 기능성 물질을 함침하여 사용하는 방법이 주로 사용되

며 단백질의 일종인 젤라틴에 자몽종자추출물(1%)를 함유한 가식성 코팅액을 딸기에 적용한 연구에서 저장 후 부패 미생물의 성장 억제 효과를 나타냄

- 정유(essential oil)는 딸기에서 발생하는 *B. cinerea*와 *E. coli*에 매우 효과적
- 그러나 정유 적용 및 코팅은 딸기의 선도유지에 효과적인 처리 방법이지만, 정유 특유의 향이 딸기 식감에 직접적인 영향을 미침

2. 딸기 포장 선도유지 기술의 국내·외 현황

가. 국내 연구 현황

- 국내 수출용 딸기의 수확 후 품질 안정성을 위하여 과거 경주농업기술센터에서 세라믹 적용 PE 딸기 포장을 개발하여 상품유지를 6일까지 증가 시키는 연구 보고가 있었음
- 농업기계화 연구소에서 개발한 딸기의 차압통풍 예냉과 저온 수송에 적합한 통기공을 가진 저온 유통형 골판지 포장상자는 기존 포장재에 비하여 수확 후 12일까지 선도유지 개선뿐만 아니라 고습도 조건에서 강도 개선 및 표준화를 통한 기계화 가능으로 유통 효율 증대에 기여한다고 보고됨
- 최근 국내 과채류 수출 사업단에서 개발된 2단 포장 용기 설계 개발을 통하여 딸기의 물리적 손상을 줄여 신선도 유지되는 포장으로 적용된 제품이 국내 백화점에 출시됨
- 수확 후 품질 안정성에 대해 저장 유통 조건에 대한 여러 연구가 수행되고 있으나, 여전히 적용 결과가 수출용 딸기에 현장 적용이 미비하므로 선도 유지에 효과가 높은 기능성 포장기술 개발 및 적용에 대한 연구가 필요
- 선진 외국의 농산물 포장재 생산업체와 비교하면 수출용 농산물 제품의 고부가 가치를 부여하기 위한 국내 포장업체의 경쟁력 있는 기능성 포장 개발이 실질적으로 필요

나. 국외 연구 현황

- 2010년 미국 식품학회지 (*J. Food Science*)에 보고된 신선 딸기의 보존 효과를 증대시키기 위한 나노 소재 포장재 개발 연구에서 nano-Ag, kaolin, anatase TiO₂, rutile TiO₂와 같은 나노소재 합성 포장재 적용은 일반 PE 포장백 소재과 비교하여 개선된 생리학적 품질 및 관능적 효과를 관찰함
- 2011년 미국의 USDA에서 수행한 cinnamon와 chili seed essential oils을 적용한 딸기 연구에서 살모넬라균에 대한 안전성에 효과 입증
- 2014년 최근 발표된 USDA 연구에서 Carvacrol 와 Methyl Cinnamate 포함한 alginate을 딸기에 코팅한 연구에서 항균성과 물리적 특성 강화에 효과가 있음을 증명함
- 최근 기능성 포장재 개발의 선도 주자인 (주)Amcor 에서 영국의 소비자 요구에 따른 재구조 설계로 딸기 포장에 적합한 기존 중량의 87% 정도 감소하고 매년 플라스틱을 300톤을 절감하는 친환경 딸기 포장재를 개발하였으며, 또한 새로운 포장 설계 형태로 딸기의 부패율을 50% 이상 감소시켰다고 보고됨
- 인도 또한 포장 개발 연구 센터를 두어 기능성 농산물 소재 개발을 수행하고 있으며 이 연구소 들은 신선 농산물의 유통기간 증가를 위한 연구뿐만 아니라 포장 개발 및 설계를 위하여 수출상대국 시장은 물론 과채류의 특성을 수집, 분석하고 포장 재질, 형태, 스타일, 규격, 강도 등을 설정하여 시제품을 만들어 장단점을 분석하는 연구를 하고 있음

[제5협동 FMS Korea : 최동호]

1. 국내 기술현황/동향분석

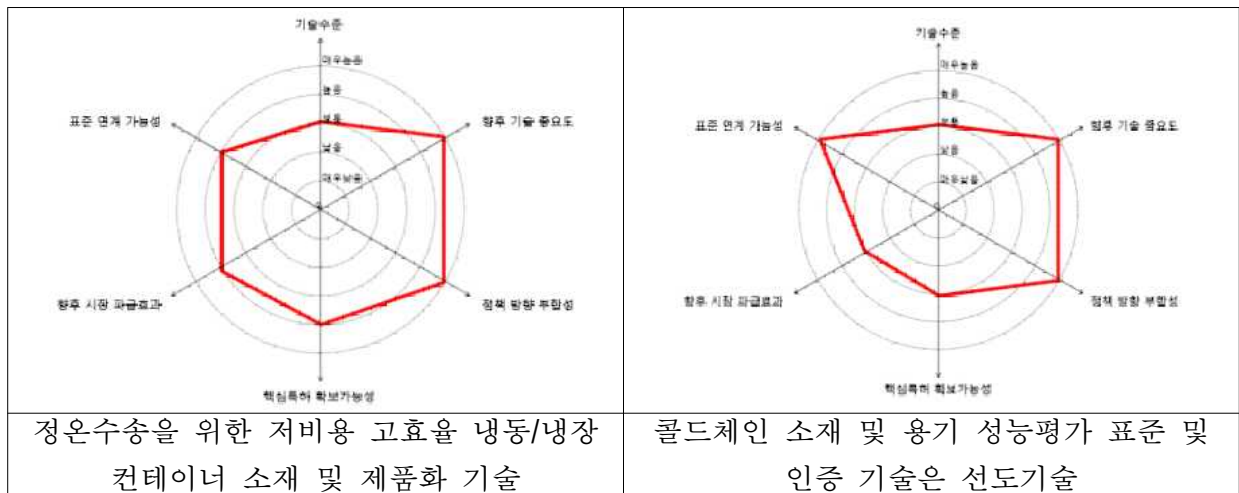
가. 국내 기술현황

○ 국가기술표준원과 한국표준협회에서 발간한 표준기반 R&D 로드맵 스마트 SCM에 따르면 본 과제에서 개발하고자 하는 기술은 신선물류 분야의 콜드체인 소재 및 포장, 콜드체인 ICT 융합 기술로 분류 할 수 있음.

○ 콜드체인 소재 및 포장 기술에는 정온수송을 위한 저비용 고효율 냉동/냉장 컨테이너 소재 및 제품화 기술, 콜드체인 소재 및 용기 성능평가 표준 및 인증, 초저온(-20℃) 등 정온 장기유통(48시간 이상) 가능한 소형 용기(온도별 택배용기 등) 기술이 있으며, 콜드체인 ICT융합 기술에는 센싱, 보안, 전송 관련 기술과 콜드체인용 복합센서 기술이 있음.

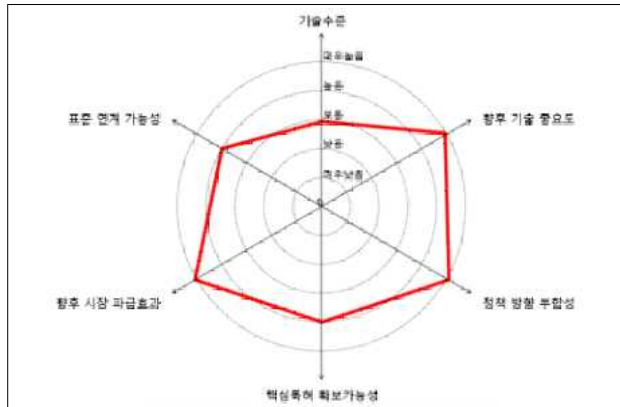
○ 정온수송을 위한 저비용 고효율 냉동/냉장 컨테이너 소재 및 제품화 기술은 선도기술의 50% 수준으로 향후 기술 중요도, 정책 방향 부합성, 핵심특허 확보가능성, 향후 시장 파급효과, 표준 연계 가능성이 전반적으로 높은 수준임.

○ 콜드체인 소재 및 용기 성능평가 표준 및 인증 기술은 선도기술의 60% 수준으로 향후 기술 중요도, 정책 방향 부합성, 표준 연계 가능성이 전반적으로 높은 수준임.

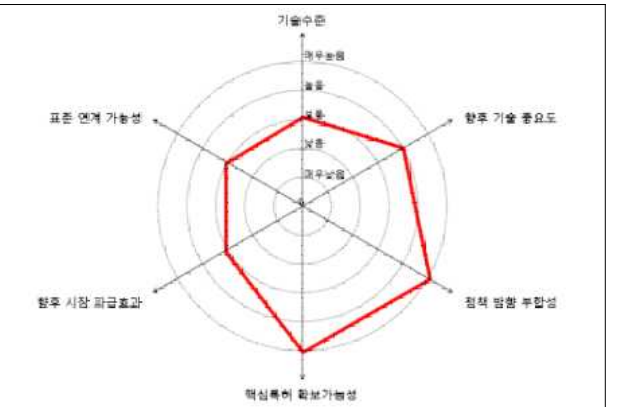


○ 초저온 정온 장기유통이 가능한 소형 용기 기술은 선도기술의 50% 수준으로 향후 기술 중요도, 정책 방향 부합성, 핵심특허 확보가능성, 향후 시장 파급효과, 표준 연계 가능성이 전반적으로 높은 수준임.

○ 콜드체인용 복합센서 개발 기술은 선도기술의 50% 수준으로 향후 기술 중요도, 정책 방향 부합성, 핵심특허 확보가능성이 상당히 높은 수준임.



초저온 정온 장기유통이 가능한 소형 용기 기술



콜드체인용 복합센서 개발 기술

나. 국내 시장 규모 및 수출·입 현황

○ 콜드체인 산업 시장은 신선식품, 의약품 등의 시장과 동반 성장하고 있으며, 국토교통부에 따르면 농·축·수산업, 식품제조산업, 식품유통산업이 신선식품 연관사업으로 식품제조기업은 전체 매출의 38.7%, 식품유통기업은 33.0%를 차지하는 것으로 추산되고 국내 신선식품의 시장규모는 약 159.9조 원, 전체 시장의 48.7%로 추정됨.

<표> 국내 신선식품 시장규모 추정

구분	식품 시장규모(조 원)	신선비중(%)	신선식품 시장규모(조 원)
농·축·수산업	71.1	100.0	71.1
식품제조산업	70.6	38.7	27.3
식품유통산업	186.3	33.0	61.5
계	328.0	48.7	159.9

출처 : 국토교통부, 2014, 해외건설 및 신선식품 물류운영현황 조사 및 지원방안 연구

○ 국내 농산물의 물류 비용은 전체 농산물 소매 매출액의 약 14.9%로 나타나고(한국농수산식품유통공사, 2011), 신선식품 제조기업의 물류비 비중은 매출액 대비 13.8%, 도소매 유통기업은 12.6%로 추정됨(국토교통부, 2014), 이에 따라 국내 신선물류 시장규모는 2012년 22.1조 원, 2020년에는 40.3조 원 규모로 전망됨.

○ 국내 생물의약품 물류 시장은 국내 기업과 의약품 도매상의 미진한 참여로 인하여 FedEx, DHL, Ups, World Courier 등 다국적 물류기업과 국제 특송기업이 적극적으로 활동하고 있으며, 주로 해외 임상시험 기업으로부터 미국, 싱가포르 등 해외로 발송되는 고가의 서비스를 운영, 그 중 냉매, 패키징 용기 공급 및 보관 등 일부 서비스는 국내 기업에 의존하고 있는 실정임.

<표> 국내 신선물류 시장규모 추정

구분	신선식품 시장규모(조 원)		물류비 비중(%)	신선물류 시장규모(조 원)	
	2012년	2020년		2012년	2020년
농·축·수산업	71.1	101.1	14.9	10.6	15.1
식품제조산업	27.3	62.9	13.8	3.8	8.7
식품유통산업	61.5	130.9	12.6	7.7	16.5
계	159.9	294.9	13.7	22.1	40.3

출처 : 국토교통부, 2014, 해외건설 및 신선식품 물류운영현황 조사 및 지원방안 연구

○ 국내 항공화물 시장

- 국제선 항공화물 수송량은 2010년에 미국 중국 경기회복 및 IT제품 수출활성화로 3백만 톤을 돌파하였으며, 최근 항공사의 화물기 운항편 확대 및 선진국 경기회복에 힘입은 수출 및 수입 호조로 직화물 수송량 증가하는 추세임

(단위 : 톤, %)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
국제선 화물량	2,997,367	2,872,466	3,326,884	3,238,105	3,208,781	3,246,253	3,410,742
국제선화물 증감률(%)	-4.5	-4.2	15.8	-2.7	-0.9	1.2	5.1
국내선 화물량	254,239	268,678	261,859	281,133	265,277	252,686	283,119
국내선 화물 증감률(%)	-19.6	5.7	-2.5	7.4	-5.6	-4.7	12

표. 연도별 항공화물 수송실적



그림. 국제선 화물량 동향 (국토교통부, 항공통계)

2. 국내 기술현황/동향분석

가. 국외 기술현황

○ 콜드체인 분야의 기술은 특허출원 수를 기준으로, 미국이 전체 출원의 72%를 차지하며 독보적으로 콜드체인 기술을 선도하고 있으며, 유럽 16%, 일본 9% 수준으로 상대적으로 미약한 수준임.

○ 콜드체인 기술을 선도하는 FedEx, DHL, Ups, World Courier 등의 글로벌 물류 기업은 신선식품 및 생물의약품 등의 온도 관리가 필요한 물품 배송을 위한 각 사의 특별한 솔루션을 개발 및 창안하여 아래와 같이 운영하고

표. 글로벌 생물의약품 기업 및 서비스 내용

업체명	본사	콜드체인 물류 서비스 내용	비고
FedEx	미국	- 특화된 포장재 솔루션으로 특정 온도대 유지 - 특수약품 전문 물류 기업 TNT社를 인수	Healthcare Priority Service
DHL	독일	- 스마트센서 RFID 기술을 활용한 화물의 Life Track 모니터링 - 냉장 및 상온 관리 서비스 제공 - GPS 보안 및 온도 제어 감시 기술	Medical Express Service
Ups	미국	- 특수 포장 및 냉동 트럭 등을 통하여 규정 온도 범위 유지 - 단일 포장물 컨설팅 서비스, 온도 제어 차량 픽업 및 배송	Healthcare, Temperature True Service
World Courier	미국	- 온도조절 솔루션을 기반으로 생물의약품 물류에 특화된 물류기업 - World Courier CORE 실험실 운영	임상시험 및 허가의약품 공급 특화 물류기업

표. 글로벌 신선 식품 배송 기업 및 서비스 내용

업체명	본사	콜드체인 물류 서비스 내용	비고
야마토 운수	일본	- 보냉전용팩과 전용 운송카트 사용 - 일본으로부터의 신선식품을 익일배송하는 '국제 클 택배' 서비스 시행	신선 식품 택배 서비스
아마존 프레스	미국	- 60분내 배달 아마존 프라임 나우 서비스 도입 - 온라인 쇼핑물 신선 냉동식품의 자사 배달 서비스 - 크레이트(Crate) 리사이클링 용기 제작 사용 - QR코드 이용한 배송현황 제공	신선 식품 택배 서비스
구글 익스프레스	미국	- 홀푸드마켓과 도소매 체인인 코스트코, 타겟 등과의 파트너십을 맺고 신선식품부터 생활용품까지 배달하는 시스템을 구축 - 샌프란시스코·로스앤젤레스 등지에서 신선식품을 당일 배달해 주는 서비스 제공	신선 식품 택배 서비스
알리바바	중국	- 250여 개 배달가능 도시와 50여 곳의 익일내 배 송서비스 - 3시간 내 헬스케어 제품을 배달하는 특급배송서비스 제공	신선 식품 택배 서비스 헬스 케어 서비스



그림. 중국 전자상거래 시장 규모 및 B2C 5대 업체 (출처 : 아이리서치, 중화상업정보센터(CNCIC))

나. 국외 시장 현황

○ 콜드체인 산업은 2015년 1,672억 달러에서 2020년 2,345억 달러 규모로 성장 전망되며, 그 중 냉동식품이 가장 큰 비중을 차지하고 신선채소 및 과일은 연평균 7% 상승할 것으로 관측됨(한국식품콜드체인협회, 2016).

○ 현재 세계 식품시장 규모는 6조 773억 달러에 달하며, 이 중 콜드체인 시설부족 및 미비 등으로 인하여 약 12%가 음식쓰레기로 버려지고 있는 실정임(한국식품콜드체인협회, 2016).

○ 또한, 세계 콜드체인 시장은 해운물류업계의 어려운 상황 속에서도 연평균 2.5%의 성장률을 보일 것으로 전망하며(드류리, 2016), 2020년 물동량은 약 1억 2천만 톤에 도달할 것으로 진단함.

○ 한국해양수산개발원은 글로벌 콜드체인 시장 규모가 2013년 978억 달러 수준이나, 2019년에는 2,334억 달러수준으로 성장 전망하였고, 특히 중국과 인도가 각각 23.2%, 21.6%의 높은 성장을 보일 것으로 예측함.

○ 세계 1위 선사 머스크라인은 콜드체인 시장에 대응하기 위하여 2016년 1만 4,800개의 냉동 컨테이너를 추가 발주하여 총 27만 개의 냉동 컨테이너를 확보하는 등 선사들은 냉동 컨테이너 현대화를 통하여 콜드체인에 적극 대응하고 있음.

○ 신선식품 외의 콜드체인산업과 직접적 관련있는 세계 의약품 시장은 2014년 1조 272억 달러로 1조 달러를 돌파하였고(IMS HEALTH Market Prognosis, 2015), 2019년 1조 3,550 달러에 이를 전망함.(IMS Health and Evaluate Pharma, 2014).

○ 그 중 Cold Chain 의약품 시장의 2013년 대비 2019년 시장 규모는 67% 성장할 것으로 전망되며, Non-Cold Chain 의약품 대비 2배 이상 성장률을 보임.

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호

D-05

[제1세부 엘림무역: 오성진]

1. 1차년도 연구 수행 결과

가. 팩킹 시스템을 적용한 선도유지 제한인자 분석

(1) 홍콩 싱가포르 수출에 있어 선도유지 제한 인자 분석을 위한 수출 환경내 온습도 변화

○ 항공수출중 온습도 인자 분석

- 항공 수출 중 온습도 인자 분석 : 냉장 카고를 이용하지는 않았으나, 국내 APC부터 항공 수송기간인 2일동안은 8도 수준을 유지하였으나 싱가포르 현지 도착 후 10시간 이상 상온에 노출되면서 박스포장의 경우 20도까지 상승하였음 이상의 결과로 볼 때 항공수송의 경우 국내 생산현장에서 싱가포르 현지까지 3일만에 수송이 완료되어 선도유지 제한인자인 온도와 습도의 문제점이 없을 것으로 예상한 것과는 달리 온도의 경우 최고 20도까지 상승하는 것으로 분석됨. 딸기의 경우 온도 상승에 의한 호흡률 증가나 품질 저하가 가장 큰 작물로 알려져 있으며, 곰팡이 포자의 경우 온도가 높을수록 발아율이 급격히 높아지는 것으로 알려져 있어 비록 3일의 수송기간이지만 8도에서 20도까지 비교적 높은 온도로 수송되는 항공 수송 조건이 딸기 수송이 적합하지 못한 것을 판단됨.

○ 선박수출 중 온습도 인자 분석

- 냉장 컨테이너를 이용한 선박수출의 경우 11일만에 현지에 도착하였음

습도인자 : 곰팡이 발생과 밀접한 관계가 있는 습도인자는 박스상태가 MAP상태보다 낮았으나, 박스도 4일 이후에는 90%에 육박하였고, 역시 MAP조건에서는 1일만에 99%이상을 나타내며 곰팡이 발생이 매우 용이하였을 것으로 판단됨

온도인자: 냉장 컨테이너를 이용하였기 때문에, 수송 2일 이후 2도수준을 계속 유지하였음 또한 싱가포르 현장에서는 냉장컨테이너 상태로 저장고로 입고되어 온도상승도 이루어지지 않았음. 이상의 결과로 볼 때 냉장 컨테이너를 이용한 싱가포르 수출의 경우 수송기간이 10일 이상 걸리는 문제점이 있었으나, 온도유지가 매우 잘 이루어져 딸기처럼 온도 상승에 의한 호흡률 증가나 품질 저하가 크고, 딸기 표면에 묻어 있을 수 있는 곰팡이 포자의 발아율도 온도가 상승하면서 급격히 상승하기 때문에 저온이 반드시 요구되는 딸기의 경우 선도유지를 위한 다른 제한 인자(저장 기간 경과에 따른 품질저하)를 해결할 경우 선박수송이 딸기 수송이 적합하다고 판단됨

(2) 현장실험

품질 우려가 되는 고온기(3월)에 수확한 딸기를 선박운송(장기, 20피트컨테이너)을 통해 싱가포르로 수출시 선도유지에 제한인자를 분석하기 위해 영국 Sirane사의 기능성 패드를 사용하여 다양한 방식으로 포장 후 딸기품질의 변화 상태를 분석하였다.

(가) 실험방법

- 장소 : 수곡덕천영농협동조합 (경남 진주 소재)
- 기간 : 15년 3월20일 금요일 ~ 3월31일 화요일 & 도착이후 27일간
- 방법 : 6가지의 샘플을 만들어 한국에서의 포장작업부터 선박수출 후
싱가포르 현지에서 도착 결과 확인뿐 아니라 27일간 관찰하여 결과 도출

샘플 번호	실험조건			수량(팩)	비고
	팩	패드	뚜껑		
대조구	구멍팩 (수출용)	기본 (버블)	기본 (종이상자)	4	
1	구멍팩 (수출용)	기본 (버블)	Resolve bag (에틸렌감소)	40	4팩씩 한 봉지에 넣음
2	구멍팩 (수출용)	Soft-Hold AF (곰팡이억제 쿠션패드)	Resolve bag (에틸렌감소)	40	4팩씩 한 봉지에 넣음
3	구멍없음 (유립스타일)	Soft-Hold AF (곰팡이억제 쿠션패드)	기본 (종이상자)	40	
4	구멍없음 (유립스타일)	Resolve EA (에틸렌 흡수패드)	기본 (종이상자)	40	
5	구멍없음 (유립스타일)	Soft-Hold AF (곰팡이억제 쿠션패드 + 에틸렌 흡수스티커)	기본 (종이상자)	40	
6	구멍없음 (유립스타일)	Soft-Hold AF (곰팡이억제 쿠션패드)	Resolve bag (에틸렌감소)	40	4팩씩 한 봉지에 넣음

표1. 실험 조건별 상세내용

* 패드샘플사진

- 에틸렌을 흡수하는 기능이 있는 패드(Resolve EA Pad)
특징: 부드럽고 스펀지 같은 보호를 제공하며, 수분을 줄여주고 과일에 멍이
들지 않도록 보호해준다. 색상 선택이 가능하며, 어떤 사이즈나 모양으로도 가능함
- 곰팡이를 억제하는 쿠션패드(Soft-Hold AF Pad)
특징: 눈물모양 패턴이 공기흐름을 원활히 하는 등 여러 가지 효과가 있음.
높은 흡수성을 가지고 있어서 유통기한을 연장시키고 낭비를 줄여줌.
색상 선택이 가능하며 어떤 사이즈 및 모양으로도 가능함.

(나) 실험 중 온도기록

위 치	시작일/시간	종료일/시간	온 도
수확 후 냉장	3월18일,19일	3월20일/2시	1도
포장작업장	3월20일/2시	3월20일/3시	18도
부산가기 전 냉장	3월20일/3시30분	3월20일/4시30분	18도 / 2도
부산으로 이동	3월20일/5시	3월20일/7시	2도
부산에서 싱가포르	3월23일	3월30일	2도

(다) 실험사진 및 설명

날짜	사 진 및 설 명
D1	 <p>-선박수출당시 수곡덕천영농협동조합</p>
D11	 <p>-싱가폴 Freshmart도착 및 하차후의 사진 -멍이나 곰팡이가 관찰되지 않았으나, 익기 시작함</p>
D12	 <p>-대부분 멍이나 곰팡이가 관찰되지 않았으나 일부 팩의 상층의 하층부</p>

	분에 멍이 발견되었음		
D14			
	-멍이나 곰팡이가 없으며, 팩의 상,하층 부분에서 익기 시작함		
D16			
	-도착 14일 이후부터 16도와 2도로 나누어서 보관 관찰함 (상기는 보관온도 16도) -멍이나 곰팡이는 없으며 모든 샘플에서 숙기가 진행됨 -6번 실험에서 딸기 소량에서 썩은 것이 발견됨		
D16			
	-보관온도 2도 -멍이나 곰팡이는 없으며 모든 샘플에서 숙기가 진행됨		
D18			
	-보관온도 16도 -멍은 없고 숙기가 진행되면서 모든 샘플에서 곰팡이 및 썩는것이 보임		
D18			
	-보관온도 2도		

	-멍이나 곰팡이는 거의 없으며, 모든 샘플에서 숙기가 진행됨
D20	
	-보관온도 16도 -숙기가 진행되는 동안 모든 샘플이 영향을 받아서 썩고 곰팡이가 보임
D20	
	-보관온도 2도 -멍은 없고 숙기가 계속되는 동안 적은양에서 곰팡이가 시작됨
D22	
	-보관온도 2도 -멍은 없고 숙기가 계속되는 동안 일정한량이 썩는것에 영향을 받음
D25	
	-보관온도 2도 -멍은 없고 숙기가 계속되는 동안 다양한 수량이 곰팡이에 영향을 받음
D27	
	-보관온도 2도 -멍은 없으나 숙기가 계속되면서 다양한 수량이 곰팡이나 부패에 영향을 받음

(라) 실험결과

온도	실험번호	실험조건	4월4일	4월6일	4월8일	4월10일	4월13일	4월15일
			16일차	18일차	20일차	22일차	25일차	27일차
2도	1	버블패드 + 4팩씩 봉지			11~22 %	11~27 %	53~73 %	39~10 0%
	2	곰팡이억제패드 + 4팩씩봉지			0~6%	9.5%	26~32 %	39~10 0%
	3	곰팡이억제패드		0~7%	12~22 %	35~73 %	50~55 %	67~10 0%
	4	에틸렌흡수패드			5~39 %	33~41 %	41~60 %	41~10 0%
	5	곰팡이억제패드 + 에틸렌흡수라벨			27~50 %	71~73 %	56~76 %	27~88 %
	6	곰팡이억제패드 + 4팩씩 봉지			22~28 %	13~40 %	7~48 %	55~88 %
16도	1	버블패드 + 4팩씩 봉지		22~90 %	35~72 %			
	2	곰팡이억제패드 + 4팩씩봉지		0~33 %	0~17 %			
	3	곰팡이억제패드	0~17 %	61~10 0%	100%			
	4	에틸렌흡수패드	11%	27~10 0%	100%			
	5	곰팡이억제패드 + 에틸렌흡수라벨	0~39 %	20~10 0%				
	6	곰팡이억제패드 + 4팩씩	20~67 %	33~10 0%				

상기는 기본 수출형태인 대조구와 나머지 6가지 타입의 샘플을 사용하여 20피트 선박수출을 가정으로 실험한 결과이다. 싱가포르 도착 후 2도에서 보관하던 샘플들은 14일째 이후부터는 2도와 16도의 보관온도를 나누어서 실험했다. 예상대로 보관온도 2도에서 저장을 더욱 오래 할 수 있었고, 같은 온도 조건일 때는,팩의 경우는 구멍이 없는 유럽스타일보다 한국에서 수출할 때 사용하는 일반 수출용 구멍이 있는 팩이 선도 유지에 효과적이었다. 패드의 경우 기본적으로 사용하는 버블패드보다 고풍이 억제기능이 있는 Soft-Hold AF패드가 저장기간이 가장 길었다. 또한 기본 수출용상자에 8팩씩 넣었을 때 보다는 같은 상자에 4팩씩 Resolve bag 즉 에틸렌을 감소시킬 수 있는 봉지에 넣어서 수출된 딸기가 가장 좋은 선도를 유지했다.추후의 실험에서는 가장 좋은 선도를 유지했던 경우의 샘플들을 가지고 수량을 늘려서 실험을 해보아, 수출환경에 실질적으로 적용가능 하도록 결과를 도출하고자 한다.



(15년 3월 20일 딸기 신선도 유지기술 현장적용 후 20피트 컨테이너(싱가포르) 상차 기념촬영 : 진주)

나. 선도유지 인자 분석

(1) 실험 1

- 실험목적 : 보관온도(저온, 상온)에 따른 품질변화 비교 확인
- 실험장소 : 수곡덕천영농협동조합 (경남진주소재)
- 실험조건 : 저온밀봉, 상온방치, 상온포장, 상온밀봉(4가지)으로 상태 비교 및 조건에 따른 일자별 품질변화 확인
- 실험기간 : 3월 6일, 7일, 10일, 12일, 14일, 15일, 16일, 17일, 19일, 20일, 21일, 22일, 23일, 24일, 26일, 27일, 28일, 29일, 30일, 4월 2일, 4월 3일까지(29일간)

- 실험결론 : 품질상태는 저온밀봉> 상온방치= 상온포장= 상온밀봉(부패과 발생)순이었으며 상온에서는 어떠한 조건이라도 신선도유지는 급격히 떨어짐을 볼 수 있다. 결론적으로 딸기의 선도유지를 위한 필수조건은 저온 상태임을 알 수 있다.

(2) 실험 2

- 실험목적 : 저온(환경)에 따른 일자별 품질변화 확인
- 실험장소 : 수곡덕천영농협동조합 (경남진주소재)
- 실험조건 : 저온포장, 저온 위생 팩, 저온방치, 저온 박스 랩핑 (4가지) 방법
- 실험기간 : 3월 17일, 19일, 20일, 21일, 22일, 23일, 24일, 26일, 27일, 28일, 29일, 30일, 4월 2일, 4월 3일까지(18일간)
- 실험결론 : 품질상태는 차이가 나지 않음을 볼 수 있었다 결론적으로 저온상태에서의 보관 방법차이는 딸기 선도유지와 별 관계없음을 알 수 있다.

다. 딸기 수출국 시장 마케팅 분석

(1) 수출현황

- 신선농산물중 최고 수출증가율과 다양한 수출시장 보유
 - 수출증가 : ('04)4백만\$ → ('12)24백만 → ('13)30백만 → ('14)33백만
 - 국가별 수출현황

(단위 : 톤, 천불, %)

국가	'12년		'13년		증감율	
	중량	금액	중량	금액	중량	금액
계	2,525	24,269	3,116	29,809	62	68
홍콩	806	8,220	1,097	11,227	36	37
싱가포르	834	7,670	955	9,267	15	21
말레이시아	234	2,111	363	3,230	55	53
태국	140	1,574	241	2,574	73	63
일본	423	3,587	309	1,789	-27	-50
러시아	19	293	35	560	88	91
인도네시아	16	185	29	319	85	72
대만	33	361	15	222	-54	-38
기타	20	267	72	621	253	133

* 동남아국가가 90%차지, 일본은 감소

(2) 수입국 분석

(가) 홍콩

- 홍콩딸기 수입은 꾸준히 증가하여 전세계 딸기 생산국가의 주요시장
 - 홍콩딸기 수입액 : ('11) 30백만불 → ('12) 38백만불 → ('13) 42백만불

- 한국산 딸기 수입시장 점유율 26%이며, 미국산에 이어 2위
 - 미국산 24,267천불(58%), 한국산 11,227천불(26%)
 - 미국산에 비해 맛, 품질에서 뛰어나고 운송거리상의 이점이 높아 수출증대 가능성 높음
 - (나) 싱가포르
 - 연간 24백만불, 3천톤 수준을 수입하고 있음
 - 미국산과 경쟁하고 있으며, '13년 들어 미국산보다 높은 시장점유율
 - 한국산 10,026천불(41%), 미국산 9,720천불(40%)
 - 홍콩시장과 비슷하게 미국산에 비해 맛, 품질에서 뛰어나고 운송거리상의 이점이 높아 수출증대 가능성 높음
 - (다) 말레이시아
 - 연간 2백만불, 1천톤 수준을 수입하고 있음
 - 미국산과 경쟁하고 있으며, 최근 3년간 한국산 시장점유율 1위이며, 점차 미국산보다 시장점유율 격차를 높이고 있음
 - 한국산 1,001천불(42%), 미국산 2,374천불(27%)
 - 미국산에 비해 맛, 품질에서 뛰어나고 운송거리상 이점이 높아 수출증대 가능성 높음
 - (라) 수출 전망
 - '13년은 최대경쟁국 미국의 기상악화에 의한 생산감소로 한국산 수출이 증가하였으나, '14년은 미국의 상황에 따라 달라질 수 있음
 - 주요 시장인 동남아시아(홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 태국)의 경제발전 속도에 따라 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상
- (3) 수출 장애요인
- (가) 고생산성 생력재배를 위한 고설식 재배시설 부족
 - 농가 고령화와 인건비 상승으로 생산성 증대 어려운 실정
 - (나) 수출용 품종(매향)의 한계
 - 경도가 높아 유통기간이 길지만 당도가 낮은 편
 - 10년 이상 재배되어 병충해, 생산성 저하 등 문제로 품종갱신 필요
 - (다) 생산자 단체, 수출조직의 문제
 - 국내 딸기 생산연합회(자조회)와 수출딸기 생산자연연합회가 별도로 운영되어, 자조금 등 정부지원에서 제외
 - 수출선도조직의 생산단계 계열화 미흡과 규모확대 역량부족
 - (라) 과도한 물류비용과 운송저장 기술 문제
 - 유통기한의 문제로 항공운송이 필수인데, 물류비용 과다
 - 해상운송이 가능한 운송저장 기술미흡
 - (마) 동남아 시장에서 국내업체간 과당경쟁 양상
 - 국내 수출업체(20여개)은 많으나 바이어수는 적어 업체간 경쟁 심함
 - 각 수출업체마다 브랜드를 사용하나 인지도는 낮음

※ 한국 VS 미국 경쟁력 분석

구분	한국(a)	미국(b)	비교(a/b)
재배면적(ha)	6,393	23,183	0.28
생산량(천톤)	202	1,367	0.15
단수(kg/10a)	3,165	5,896	0.54
생산비(원/kg)	1,889	1,634	1.16
가격(US\$/kg)	8.48	6.26	1.35
저장성	중	강	열위
맛	상	하	우위

* 면적, 생산량, 단수는 통계청(한국), FAO(미국) '12년 기준

** 생산비는 '12 농진청 발간 'FTA 대응 품목별 경쟁력 제고대책'

*** 가격은 GTA 통계(홍콩 수입가)

(4) 수출 전략

(가) 수출확대를 위한 생산기반 구축

- 고설재배 시설 확대보급으로 생산비용 절감 및 생산성 증대
- 원예전문 수출단지 확대
- 수출에 적합한 품종개발
 - 저장성, 당도, 색, 모양 등 수출국 소비자 니즈에 맞는 다양한 품종개발

(나) 수출 규모화, 조직화를 통한 시장대응력 제고

- 수출선도조직 중장기 발전계획 내용
 - 생산자 지분출자에 의한 생산단계 계열화 촉진
 - 수출업체간 연합법인화로 규모화 촉진, 수출창구 단일화
- 수출협의회 운영활성화를 통한 국내업체간 경쟁 완화
 - 수출기준가격 운영을 통해 저가경쟁 방지
 - 공동마케팅을 통한 한국산 딸기 이미지 제고

(다) 수출 클레임 해소 방안 마련

- 14년에는 특히 3월 중순부터 굵은 날씨가 지속되어 딸기품질의 급속한 저하가 약 한 달간 발생, 딸기생산자 및 수출업체의 금액손실과 수입국에서는 한국산 딸기의 이미지 하락 및 구매를 대체(미국산)하는 분위기가 4월 초순부터 꾸준히 제기되어서 이에 대책이 필요하다

(라) 농산물 안전관리 전담팀 운영

- 엘림무역에서는 클레임 발생 최소화를 위해 자체적으로

‘농산물 안전관리 전담팀’을 운영하고 있음

- GAP 인증 농가 확대에 의한 규격품 물량 증대
- 농약공동구매 및 현장지도에 의한 병해충 사전 예방과 안전성 확보
- 최상의 딸기선별 환경제어를 위해 선별장 및 저온저장고 훈증소독 실시 (총 11회)
- 안전성 및 품질 관련 안내 공지문 실시간 교육(총 7회)

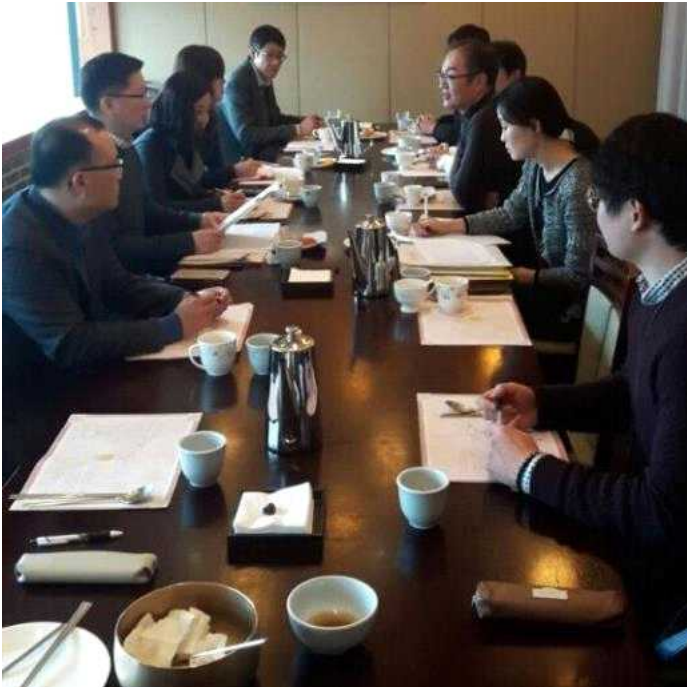
2. [2차년도 연구 수행 결과]

가. 팩킹 시스템을 적용한 선도유지 제한인자 개선안 제시

2차년도 전체 진도 점검회의 및 선도유지 제한인자 분석을 위해 3,4협동과 연구를 협력하여 2차례에 걸친 실험을 수행함.

- 1차 : 딸기 싱가포르 선박 실험
- 2차 : 딸기 말레이시아 항공 실험

* 1차년도 보완실험 : 2015년 6월 21일 방울토마토 싱가포르 항공 실험



(1) 딸기 싱가포르 선박 실험

2차 년도에는 딸기 품질 우려가 되는 고온기(4월)에 수확한 딸기를 선박운송(장기, 20피트컨테이너)을 통해 싱가포르로 수출시 선도유지에 제한인자를 분석, 확인하기 위해 다시 한 번 영국 Sirane사의 기능성 패드를 사용하여 포장 후 딸기품질의 변화 상태를 분석하였다.

(가) 연구방법

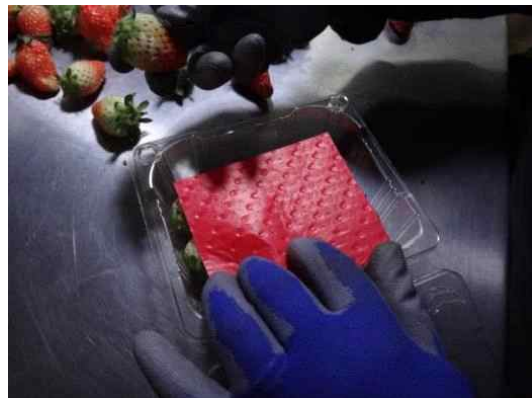
- 장소 : 수곡덕천영농 조합법인 (경남 진주 소재)
- 기간 : 2016년 4월1일 금요일 ~ 4월 11일 월요일
- 방법 : 샘플을 만들어 한국에서의 포장작업부터 선박수출 후 싱가포르 현지 도착 결과 확인, 관찰하여 결과 도출



(나) 실험 중 온도기록

위 치	시작일/시간	종료일/시간	온 도
수확 후 냉장	3월 30일,31일	4월 1일/2시	2~4도
포장작업장	4월 1일/2시	4월 1일/3시30분	18도
부산가기 전 냉장	4월 1일/4시	4월 1일/5시	20도 / 2도
부산으로 이동	4월 1일/5시30분	4월 1일/7시30분	2도
부산에서 싱가포르	4월 3일	4월11일	2도







(다) 연구결과

1차년도 실험 결과를 토대로 이번 2차년도 실험에서는 샘플수량을 늘려 실험을 해보았다. 실험은 곱팡이 억제기능이 있는 Soft-Hold AF 패드 사용군과 일반적으로 사용하는 버블패드를 사용하는 군으로 싱가포르 도착 후 품질을 비교해 보는 실험이다.

결과는 예상 밖의 결과가 도출되었다. 패드를 사용한 딸기는 딸기표면이 Dry(마름) 현상이 나타났고 전체적으로 색상이 어두워져 과숙상태로 보이기도 했다. 오히려 일반 패드를 사용한 실험군의 품질이 속도가 적절했으며 전체적으로 색감이 밝아 더 좋아 보였다. 이는 1차년도 실험결과와는 상반되는 결과이다. 속도가 착색도 기준 약70%된 딸기를 작업했으며 딸기는 수확 후 11일에 싱가포르에 도착해 13일부터 현지에서 유통됐다. 현재까지는 딸기의 수출이 대부분 동남아로 항공으로 수출되고 있다. 이제는 다시 원점에서 딸기 재배에서부터 수확 후 관리를 철저히 한다면 선박수출은 컨테이너 내부 온도를 일정하게 관리해 운송 기간 중 딸기품질을 유지할 수 있고 운송비 절감과 대량수출 또는 다른 신선 농산물과 함께 수출이 가능할 수도 있을 것이다. 한편, 선박수출은 항공수출보다 운송기간이 오래 걸려 현지 딸기 유통 중 품질이 급속도로 낮아 질수 있으므로 신속한 판매가 이루어져야 함도 고려해야 할 것이다. 또한 비용측면에서는 딸기 수출물류비를 감안했을 때 일반적으로 선박수출이 항공수출에 비해 약 3배 정도 물류비용이 적게 들어 물류비용 절감효과가 있다. 국내산 딸기는 홍콩, 싱가포르, 태국, 인도네시아 등으로 수출이 매년 이뤄지고 있고 2014년 3,063톤/ 31,599천불에서 2015년 3,313톤/ 32,954천불로 약 8%증가세를 보이고 있다. 이는 지난해 11월 기온이 다소 높아 항공수출시 저온 수송이 어려워 상온에 노출되는 시간이 길어져 딸기 품질이 나빠져 수출업체에서 수송거리가 비교적 먼 싱가포르 수출을 꺼린 점이 그 원인으로 판단. 현재 주요 수출품종인 “매향” 딸기에 수확 후 관리 및 처리기술을 잘 적용하면 품질유지가 약 15일까지 연장돼 아시아 주요수출국에 선박으로도 수출이 가능해 가격경쟁력을 갖출 수 있을 것이다. 3차년도 연구에는 딸기 생산 전 단계부터 최종 수입국 현지 소비자가 소비할 때 까지 단계별 품질변화에 대한 예리한 점검 및 분석을 통해 최적 기술을 확보토록 노력하겠으며 해외에서 대중화 되고 있는 신선도 유지 패드(Pad) 사용 실험에 대해서는 재검토 예정이다.



(2) 딸기 말레이시아 항공 실험

지난 16년 3월 말에 수확한 딸기를 싱가포르로 선박운송(장기, 20피트컨테이너) 실험 이후 선도유지에 미치는 패드(Pad)의 효능을 재 확인하기 위해 영국 Sirane사의 기능성 패드를 사용하여 포장 한 후 딸기품질의 변화 상태를 분석하였다.

(가) 연구방법

- 장소 : 수곡 덕천 영농조합법인 (경남 진주 소재)
- 기간 : 2016년 5월4일 수요일 ~ 5월 6일 금요일
- 방법 : 샘플을 만들어 한국에서의 포장작업부터 항공수출 후 말레이시아 현지 도착 결과 확인, 관찰하여 결과 도출

(나) 연구결과

실험은 곰팡이 억제기능이 있는 Soft-Hold AF 패드 사용군과 일반적으로 사용하는 버블패드를 사용하는 군으로 나누어 말레이시아 도착 후 품질을 비교해 보았다.

결과는 싱가포르 선박결과와 동일하게 나왔다. 패드를 사용한 딸기는 딸기표면에 Dry(마름) 현상이 나타났고 전체적으로 색상이 어두워져 과숙상태로 보이기도 했다. 오히려 일반 패드를 사용한 실험군 품질의 속도가 적절했으며 전체적으로 색감이 밝아 더 좋아 보였다. 심지어 패드를 사용한 딸기 상태가 더 안 좋아 졌음을 볼 수 있다.

오는 3차년도 연구에는 딸기 생산 전 단계부터 최종 수입국 현지 소비자가 소비할 때 까지 단계별 품질변화에 대한 예리한 점검 및 분석을 통해 최적 기술을 확보토록 노력하겠으며 해외에서 대중화 되고 있는 신선도 유지 패드(Pad) 사용 실험에 대해서는 재검토 예정이다

(3) 방울토마토 싱가포르 항공 실험

이번 실험은 지난 1차년도 연구과제의 보완자료이다

실험은 15년 6월 21일 강원도 춘천에서 “수아르 토마토 연구회” 작업하였으며 결과는 6월 23일 싱가포르 현지에서 확인하였다.

그 결과 신선도에는 이상이 없었으며 이산화염소 스틱을 적용한 실험에는 효과가 있었다.



강력한 살균(탈취)효과로 더욱 깨끗하게

공간 살균제입니다. (상서울대학교 임상병리학과 분자진단연구소 시험)
환이목이 위치한 주변의 살균이 자일로 이뤄집니다.
(이그린 안에 환이목과 함께 놓아두시면, 먼지, 먼도, 살균)
모든 속의 공기가 사라집니다.

친환경 살균제입니다. (간성환경시험연구원 인증)
다 친한 형태로 나쁜 냄새를 가리는 아스칼 제물이 아닙니다.
냄새를 완전히 없애줍니다.

냉장고 안의 과일 야채가 오래도록 신선합니다.
기타 냄새 나고 냄새, 예방효과도 이뤄집니다.

안전합니다.
식품 첨가물로 허용, 수증기를 통한 살균도 가능한 친환경 물질.

(환이목) 《살균 적용 시》

'Pami'은 한번 설치로 2평 공간에 20~30일간 효과가 지속되는 제품입니다.
(냉장고안에서는 30일 이상)

이산화염소 (살균소독제) 적용





실험 결과 사진



나. 수출클레임 해소 및 수출경쟁력 향상을 위한 종합처방 시행

(1) 수출 현황

○ 신선농산물중 최고 수출증가율과 다양한 수출시장 보유

- 수출증가 : ('04)4백만\$ → ('13)30백만 → ('14)32백만 → ('15)33백만\$
- 국가별 수출현황

국가명	2015.5.15. 누적		2016.5.15. 누적		연누계 대비	
	중량(kg)	금액(\$)	중량(kg)	금액(\$)	중량 (kg)	금액 (\$)
총계	2,707,141.4	23,907,294.0	3,015,069.6	24,249,023.0	11.4	1.4
홍콩	1,003,829.1	9,404,778.0	1,056,378.2	9,070,071.0	5.2	-3.6
싱가포르	839,524.8	7,708,618.0	920,020.1	7,742,613.0	9.6	0.4
태국	234,867.3	2,223,986.0	390,688.4	3,256,840.0	66.3	46.4
말레이시아	363,967.2	3,091,623.0	259,216.3	2,183,077.0	-28.8	-29.4
일본	171,369.0	465,081.0	228,949.5	655,480.0	33.6	40.9
인도네시아	23,081.2	259,143.0	51,344.2	382,183.0	122.5	47.5
베트남	575.0	7,316.0	33,907.1	295,154.0	5,796.9	3,934.4
대만	12,390.0	172,618.0	28,434.0	264,265.0	129.5	53.1

(2) 수입국 시장분석

싱가포르 출장 2015년 11월 21일



가격 : (SG\$13.95/454g)

판매소 (고가) : Cold Storage 콜드 스토리지 / 원산지 : 뉴질랜드



가격 : (SG\$9.95/250g)

판매소 (고가) : Cold Storage 콜드 스토리지 / 원산지 : 뉴질랜드



가격 : (SG\$14/250g)

판매소 (고가) : Cold Storage 콜드 스토리지 / 원산지 : 미국



가격 : (SG\$24/454g)

판매소 (고가) : Cold Storage 콜드 스토리지
원산지 : 미국

가격 : (SG\$29.95/454g)

판매소 (고가) : Cold Storage 콜드 스토리지
원산지 : 뉴질랜드

홍콩 출장 (1차) 15년 3월 3일



판매소 : 야마테이 농산물 도매시장

판매소 (고가) : City Super

원산지 : 스페인	원산지 : 일본
	
<p>가격 : 저가 판매소 : 야마테이 농산물 도매시장 원산지 : 중국</p>	<p>가격 : 저가 판매소 : 야마테이 농산물 도매시장 원산지 : 중국</p>
	
<p>가격 : (HK\$248/박스) 판매소 (고가) : City Super 원산지 : 일본</p>	<p>가격 : (HK\$/박스) 판매소 (고가) : City Super 원산지 : 일본</p>
	
<p>가격 : (HK\$298/박스) 판매소 (고가) : City Super 원산지 : 일본</p>	<p>가격 : (HK\$428/박스) 판매소 (고가) : City Super 원산지 : 일본</p>
홍콩 출장 (2차) 15년 3월 14일	
	
Wellcome 슈퍼마켓 신선 물류센터 전경	슈퍼마켓 물류센터 내부(한국산 딸기)



Wellcome슈퍼마켓의 모기업으로
다국적 유통업체 방문



Wellcome슈퍼마켓의
다른 최고급브랜드 Jason매장



가격 : (HK\$34.80/454g)
판매소 (최고가) : Jason
원산지 : 미국



가격 : (HK\$148/박스)
판매소 (최고가) : Jason
원산지 : 일본



가격 : (HK\$168/박스)
판매소 (최고가) : Jason
원산지 : 일본



가격 : (HK\$208/박스)
판매소 (최고가) : Jason
원산지 : 일본

태국 출장 : 15년 3월 4일



TESCO 매장 (중저가 매장)



가격 : (THB 79/250g)
 판매소 (저가) : TESCO / 원산지 : 태국



가격 : (THB 129/250g)
 판매소 (중가) : TESCO/ 원산지 : 한국



시암 파라곤 백화점
 (Siam Paragon Department) 최고급 매장



가격 : (THB 990/g)
 판매소 (저가) : 시암 파라곤 백화점
 원산지 : 일본



가격 : (THB 900/박스)
 판매소 (저가) : 시암 파라곤 백화점/ 원산지 : 일본



뉴질랜드 출장 15년 9월 18일



Countdown 매장
가장 대중적인 대형마트

가격 : (NZ\$7/250g)
판매소 (중가) : Countdown/ 원산지 : 호주



가격 : (NZ\$/250g)
판매소 (중가) : Countdown / 원산지 : 호주

가격 : (NZ\$/250g)
판매소 (중가) : Countdown / 원산지 : 호주

두바이 수출 판매중 16년 1월 9일



가격 : (AED\$19.95/250g)
판매소 (중가) : 룰르(Lulu)/ 원산지 : 한국 (매향)

(3) 수출 마케팅 사례 (태국)

(가) 홍보마케팅

○ 추진목적

- 태국은 현재 Top 4 수출국이며, 수출성장 가능성이 높은 한국딸기의 대 태국시장 수출 확대를 위해 딸기 시즌에 집중 홍보, 광고를 통해 소비자 인지도 확대와 지속적인 수출 증가세 유지를 목적으로 함

① 태국 방콕의 주요 대중교통 수단인 BTS(Bangkok Mass Transit System) 지상철을 활용하여, 한국산 딸기의 소비촉진 도모

② 태국 내 주요매체에 한국산 딸기의 우수성을 에디토리얼 기사 형식으로 게재하여 소비자 대상 홍보 효과 및 한국산 딸기의 인지도 증대 기대

년 도	2012	2013	2014	2015
수입금액 (USD천)	1,574	2,574	2,702	3,095

○ 추진내역

① BTS(Bangkok Mass Transit System) 지상철 광고 추진

- BTS 지상철 및 역사 내 aT 홍보 연예인 포스터 및 홍보자료를 활용하여 딸기를 집중적으로 홍보

- 열차 내외부, 내부 LCD 광고모니터, 역사 내 벽면 및 역내 플랫폼 상단에 하하, 광수와 신선한 딸기의 이미지를 제작하여 포스터 부착, 열차 외부에서 뿐 아니라 탑승 시 내부에서도 딸기 홍보로 시너지 효과 제고

- 태국 내 한국산 딸기를 판매하고 있는 대형유통업체 로고를 삽입하여 딸기의 구매로 연계유도

[추진 광고 사진]



지상철 외벽 광고



지상철 외벽 광고



지상철 외벽 광고



지상철 내부 LCD광고



지상철 내부 배너광고



플랫폼 LCD 광고

② 잡지, 신문 에디토리얼 기사 게재 및 광고

- 사업 홍보대상을 고려하여 아래와 같은 영향력이 높은 미디어 매체 6개 선정
 - ▶ (신문 4개) Bangkok Post, The Nation, Daily News, Krungthep Thurakij
 - ▶ (잡지 2개) 티야우립록(여행월간지), Health & Cuisine(요리월간지)

- 홍보기사 취재 지원

* 기자 팸투어 추진 후 기사화 및 영화에 한국딸기 장면 포함하여 기사화

① 딸기 팸투어

- 대상 : 신문사(4개) 및 잡지(2개)의 식품 및 여행분야 담당 기자

- 기간 : 2015. 12. 7 ~ 12. 11 (5일)

- 내용 : 한국 딸기농장 체험, 딸기 디저트 체험, 딸기 테마파크 등 방문과 취재 지원을 통해 기자들의 현장감 있는 기사 작성 유도

• 팸투어 주요 방문지

12.8	가평 딸기 체험농장, 가평 에텔바이스 마을 전통식생활 체험
12.9	양평 생생농장 딸기체험, 딸기 피자, 딸기 빙수, 생딸기 주스 체험
12.10	영등포 청과시장, 파주 헤이리 딸기가 좋아 테마파크 방문 등

[팸투어 방문 취재 사진]



가평 딸기 체험농장



양평 생생농장 딸기체험



양평 생생농장 딸기체험



영등포 청과시장

[매체 게재 광고 사진]



- Bangkok Post(영문일간지)
- 2016. 1. 29
- Life 섹션 1면



- The Nation (영문일간지)
- 2016. 1. 13
- Explore 섹션 1면



- 꼬롱템투라킷(경제일간지)
- 2015. 12. 19
- a Taste(음식면) 1면



- Daily News(일간지)
- 2015. 1. 22
- 문화면 1/2면



- Health and Cuisine(잡지)
- 2016. 2월
- Special Scoop 5페이지



- 티야우립록(여행월간지)
- 2016. 2월
- 5페이지

2 영화활용홍보

○ 태국 제작의 러브스토리 영화로 제목은 “Micro Love”로 태국과 한국에서 촬영되며 태국

유명배우 James Ma와 한국의 아이돌가수 함은정(티아라소속)이 남녀주연으로 등장하며, 영화 내용에 한국산 딸기에 대한 장면 포함

○ 개봉시기는 '16년 7월로 태국, 중국, 베트남, 대만 등에서 개봉 예정

- 태국 홍보내역

- 태국 장소 및 시기 : '16. 1월 / One Infinite Studio
- 내 용 : 태국 주요 미디어 대상 영화 제작설명회에서 남녀배우를 활용하여 한국딸기 노출 및 기자들 대상으로 딸기 증정
- 한국 홍보내역
 - 촬영장소 및 시기 : 2016. 1월 / 수원 전통식생활 체험관
 - 내 용 : 한국 딸기를 활용한 디저트 제작 장면 포함



남녀 주연 배우와 딸기 촬영 및 사전 미디어 홍보시 미디어 대상 딸기 홍보(태국)



딸기 시루떡 촬영 장면 (한국)

○ 추진결과

- 대 태국 한국산 딸기의 수출 확대로 대 태국 한국산 수출실적 확대
* ('15.3.20) 1,400,551 → ('16.3.20) 1,817,232 (29.8% 증가)

(4)-1 수출 처방 시행 전략

(가) 홍보 마케팅 확대

- 수출 성장 가능성이 높은 한국딸기의 對 아시아 시장 수출확대를 위해 수출시즌에 집중홍보를 통해 소비자 인지도 제고와 지속적인 수출증가세 확대
- 딸기의 성장세가 높아, 현지 유통채널 확대 및 소비확대가 되어야 지속적으로 수출이 확대될 수 있어, 소비자 대상 마케팅 강화 필요로 한국산 딸기 시즌 시작과 연계하여, 프로모션 집중 추진

(나) 사업수행 방법

- 한국산 딸기에 어울리는 건강한 이미지의 연예인 홍보대사 섭외하여, 딸기 판촉전과 연계하여, 딸기 판촉이 진행되는 유통업체의 프로모션 공간에서 홍보대사 사인회, 이벤트 진행
- 딸기 모형인형 제작, 주요 소비층인, 주부층, 어린이용 기념품 제작으로 프로모션 진행 시 이벤트 연계하여 제공으로 소비자 반응 극대화
- 현장 오프라인 이벤트를 SNS게시하는 인증샷 이벤트와 더불어, SNS에 딸기 이벤트 참여 인증샷게시 고객에게 딸기 기념품 증정 등 SNS이벤트 병행
- 특히 SNS에 딸기의 영양 정보, 요리방법 등을 게시하여, 소비자 대상 SNS 홍보병행

(다) 기대효과

- 한국산 딸기의 시즌이 시작됨을 대대적으로 홍보하며, 딸기 판매처인 유통업체와 연계한 릴레이 진행으로, 홍보마케팅이 판매로 연계 기대
- 소비자와 친숙한 SNS를 통한 영양성분, 요리방법에 대한 접근으로 가격보다 품질을 보고 구매하는 충성도 높은 소비층 확보

* 참고 : 뉴질랜드 키위 “시즌스타트” 프로모션 (www.facebook.com/korea.zespri)
https://www.facebook.com/plugins/video.php?href=https%3A%2F%2Fwww.facebook.com%2Fkorea.zespri%2Fvideos%2F501747710009512%2F&show_text=1&width=560

Zespri Korea
 4월 25일 오전 5:21 · 한국

최근 진행된 #KiwifruitSymposium 에서 전문가들이 발표한 #키위의 풍부한 영양소와 놀라운 효능에 대한 최신 정보들을 확인하시고 새롭게 알게 된 키위의 효능을 친구들에게 @태깅하여 알려주세요!
 10분께 영양소 밀도 1위 과일 #제스프리 #번글드키위를 선물로 드립니다.

▶ 참여방법:
 Step 1. 제스프리 공식 페이스북 페이지 '좋아요' 클릭... 더 보기



조회수 1.4만회
 좋아요 댓글 달기 공유하기

493명 인기 댓글

공유 299개 댓글을 입력하세요

이리해 우와 키위가 이렇게 다양한 영양소가 농축되어 있는 과일이였다니 정말 저를 알았어요. 저는 그냥 새콤달콤한 맛이 좋아서 즐겨먹었거든요! (*0*) 곡은 최 Lee SeungJae 진설아 키위는 식이섬유, 비타민, 항산화제, 무기질 등 다양한 영양소가 가장 많이 농축된 과일이라 소화도 잘 되게 해주고 장 건강에도 도움을 주는 키위 나 번비 심한데 앞으로 자주 먹어야겠다~* 특히, 제스프리 번글드 키위와 그런 키위는 다른 과일보다 비타민C 함유량이 높아 면역력 강화에 큰 도움이 된다는 사실! 감기 안 걸리려면 꼭꼭 챙겨먹기♡ 칼로리도 낮아 다이어트에도 도움이 되는 키위, 정말 안 먹으면 너무 섭섭할 것 같아!

좋아요 댓글 달기 5월 4일 오후 2:57

영양면 키위에 풍부한 소화효소와 식이섬유는 소화와 장 건강에 도움을 줍니다. 키위는 비타민C 함유량이 높으며... 더 보기

안녕하세요! 님이 새로운 사진 2장을 추가했습니다.
 5월 8일 오전 11:34 · 서울, South Korea · 한국

#제스프리 모델이 되었어요.
 오늘 IFC를 행사장에서 사진을 찍어 해시태그와 함께 sns에 올리면 추첨을 통해 키위를 드린대요~
 #wonderfull제스프리 #원더풀제스프리 #



1st International Symposium on Kiwifruit and Health
 TAURANGA, NEW ZEALAND / 12-14th April 2016

키위는 영양 밀도가 높은 좋은 과일입니다. 왜냐하면 영양가는 높고 칼로리는 적기 때문이요.

"Kiwifruit is a great nutrient dense food, because it's high in good nutrients and low in calories".

Lynley Drummond
 Drummond 식품영양학 자문 이사 뉴질랜드

ORGANIZED BY: **Riddell Institute**
 SPONSORED BY: **Zespri**

1st International Symposium on Kiwifruit and Health
 TAURANGA, NEW ZEALAND / 12-14th April 2016

키위는 프리바이오틱스가 풍부해 혈당을 조절하는데 잠재적 이득이 있습니다.

"Kiwifruit is a great nutrient dense food, because it's high in good nutrients and low in calories".

Jordi Serra 박사
 Germans i nias i pujo! 대학영양 운동성과 소화관 기능장애 부서 학장.

ORGANIZED BY: **Riddell Institute**
 SPONSORED BY: **Zespri**

(4)-2 수출 처방 시행 전략

○ 수출업체의 수출가이드라인 운영

- 시장여건에 맞추어 수출가격 가이드라인 수시변경 및 수출규격 설정
- 생산자 출하가격, 환율, 운송비 등 변수를 시의 적절하게 반영
- 포장 규격별(4구, 8구), 운송방법별(해상, 항공)로 수출실정에 맞게 가이드라인 운영
- 생산자단체 (한국수출딸기 생산자연협회)와 수출딸기협회간 수매가격 협상을 통해 농가소득 증가 및 안정화에도 기여
- 국내업체간 경쟁이 치열한 주력 수출국가(홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 태국)에서만 가이드라인을 운영하고 신규시장(러시아, 인도네시아, 베트남 등)에서는 시장형성을 위해 적용하지 않음
- 한국 딸기 이미지 제고를 위해 수출품 사이즈(DX, 2L, L, M)를 제한
- 가이드라인 변경 시 즉시 관련기관 (aT Center)에 통보하여 정보공유 및 문제발생 방지
- 수출업체간 과당경쟁 방지 및 다변화 수출시장 구축

3. [3차년도 연구 수행 결과]

가. 신선도 유지제를 적용한 선도유지 제한인자 개선안 제시

3차년도 연구에서는 대중적이며, 사용이 용이한 있는 신선도 유지제 및 완충재를 사용한 실험을 수행하였다.

(1) 딸기 싱가포르 선박 실험

현재까지는 딸기는 대부분은 동남아로 항공 수출되고 있다. 선박으로 운송하게 된다면 운송비 절감과 대량 수출 또는 다른 신선 농산물과 함께 수출할 수 있는 가능성이 있다. 포장 용기 제품의 진,세균 억제 효과를 가진 신선도 유지 저장 필름(황토피름)과 프레센 겔팩을 통해서, 선박 운송의 가능성을 열어보고자함.

(가) 연구방법

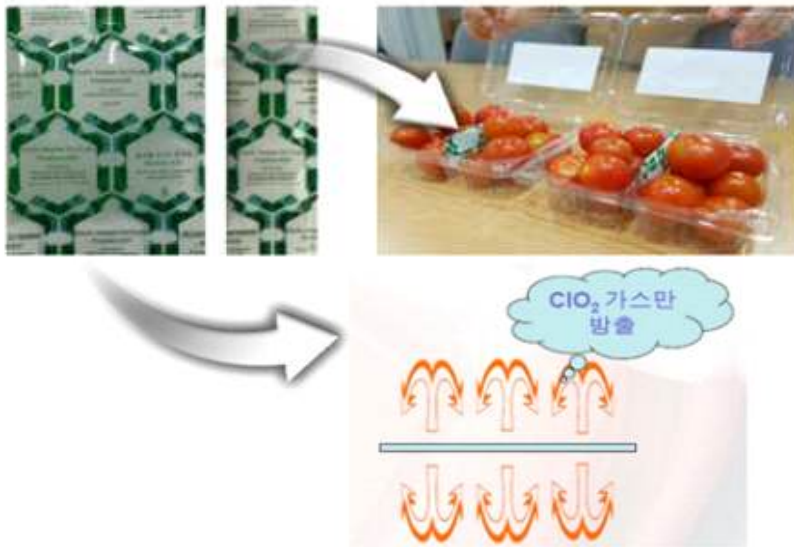
- 장소 : 수곡덕천영농 조합법인 (경남 진주 소재)
- 기간 : 2017년 3월 22일 수요일 ~3월 28일 화요일
- 방법 : 6가지 경우의 수를 적용하여 한국에서 포장 작업하여 선박 수출 후 싱가포르 현지 도착 결과 확인, 육안 및 관능 검사를 통해 결과를 도출.

구 분	기존 방법		Gel-pack 삽입 & 완충재 변경			
	1	2	3	4	5	6
	Control	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5
내부 완충재	기존 완충재 (뽁뽁이)	황토피름	기존완충재 (뽁뽁이)	기존 완충재 (뽁뽁이)	황토피름	황토피름
프레센 겔팩삽입	X	X	4p* 6g	5p*5g	4p* 6g	5p*5g
			O	O	O	O

* 프레첸 켈팩 (Freshen A30)

원산지 : 한국(공급업체 : (주) 세진 이엔피)

특징 : 일정체형의 필름안에서 일정 시간 (상온 10~15일 이상) 일정 농도로 서방출되는 이산화염소를 발생시키는 켈팩으로 농산물의 소포장 용기 제품의 진, 세균을 억제하여 신선도를 유지시킴. ClO₂ 발생 농도 기준에 따라 4 ppm과 5ppm 두종류로, 켈팩 용량에 따라 5grm과 6grm 두종류로 나뉜다.



* 사진 : 미세타공 필름으로 ClO₂가스만 방출.

* 황토틸름(신선도 유지 저장 필름)

원산지 : 한국 (공급업체 : (주) 세진 이엔피)

특징 : 황토와 무기물을 첨가한 완충재로서 육안상으로는 기존의 완충재 (일명 뽕뽕이)와 차이가 없기 때문에 소비자에게 거부감을 주지 않음. 항균 원적외선 방사 등의 기능으로 과일 및 녹색 채소의 저장성을 향상시킴. 미생물의 진, 세균 억제제인 프레첸 켈팩과 같이 사용시 농산물의 신선도를 일정 기간 연장할 수 있는 효과가



* 사진 : 신선도 유지 저장 필름 (황토틸름) 및 특허증(황토함유 농산물 저장 필름 및 이의 제조방법)

(나) 딸기 수출 작업 과정



(다) 육안 및 관능 검사를 통한 결과 평가

A. 육안 및 관능검사		1	2	3	4	5	6
		Control	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
1차 육안 검사	A-1. 1차 육안 검사						
	색	3	3	4	4	4	4
	향	2	2	2	2	2	2
	숙성도	4	3	4	4	4	4
	잎마름 정도	3	4	3	3	4	4
	젓무름 정도	3	3	4	5	4	5
	경도 (단단함)	4	4	5	5	5	5
기타							
2차 관능 검사	A-2 2차 관능 검사						
	맛	4	4	4	4	4	4
	향 여부	2	2	2	2	2	2
	색 변화	3	3	4	4	4	4
	중량 변화						
조직감							
총합 점수		28	28	32	33	33	34

- 기존 완충재(뽁뽁이)를 사용한 Test 1, 3, 4, 를 비교하면, 프레첸 겔팩을 사용한 딸기가 숙성 정도 및 색, 맛, 젓무름, 경도에서 좋은 결과를 얻었다. 황토피를 사용한 Test 2, 5, 6 에서는 젓무름 정도와 경도 및 색변화에서 좋은 결과를 얻었다. 하지만 우리의 예상과는 달리 그 결과가 미비하였고, 특히 농도에 따른 프레첸 겔팩의 효과와 황토피 자체의 효과를 확인하기에는 역부족이었다. 이를 보완하고자, 항공 실험을 한번 더 실시하여 정확한 결과를 도출하고자 한다.



(17년 3월 22일 딸기 신선도 유지기술 현장적용 후 20피트 컨테이너(싱가포르) 상차 기념촬영 : 진주)

(2) 딸기 홍콩 항공 실험

(가) 연구방법

- 장소 : 수곡덕천영농 조합법인 (경남 진주 소재)
- 기간 : 2017년 4월 27일 목요일 ~4월 28일 금요일
- 방법 : 선박 실험을 통해서 확인하지 못했던 농도에 따른 프레센 겔팩의 효과와 황토피름 자체의 효과를 확인하고자함. 4가지 경우의 수를 적용하여 한국에서 포장 작업하여 항공 수출 후 홍콩 현지 도착 결과 확인, 육안 및 관능 검사를 통해 결과를 도출.

구 분	기존 방법		Gel-pack 삼입 & 완충재 변경	
	1	2	3	4
	Control	Test1	Test2	Test3
내부 완충재	기존 완충재 (뽁뽁이)	황토피름	황토피름	황토피름
프레센 겔팩삼입	X	X	4p* 5g	5p*5g
			O	O

(나) 항공 실험을 위한 딸기 수출 작업 과정



(다) 홍콩 현지 딸기 검사 현황



Control : 기존 완충재 + 프레센 겔팩 사용하지 않음



Test 1 : 황토 필름 + 프레센 겔팩 사용하지 않음



Test 2 : 황토 필름 + 프레센 겔팩 (4ppm*5grm)



Test 3 : 황토 필름 + 프레센 겔팩 (5ppm*5grm)

(라) 육안 및 관능 검사를 통한 결과 평가

A. 육안 및 관능검사		1	2	3	4
		Control	Test 1	Test 2	Test 3
1차 육안 검사	A-1. 1차 육안 검사				
	색	3	4	4	5
	향	4	4	3	5
	숙성도	4	4	4	4
	잎마름 정도	5	4	4	5
	깃무름 정도	4	3	4	4
	경도 (단단함)	5	4	4	4
	기타				
2차 관능검 사	A-2 2차 관능 검사				
	맛	3	4	4	4
	향 여부	3	4	5	4
	색 변화	4	4	5	4
	중량 변화	4	3	4	3
	조직감	4	4	4	4
종합 점수		43	42	45	46

- 1차 싱가포르 항공 실험에서의 미비점을 보완하기 위하여, 4가지 경우의 수를 두고 홍콩 항공 실험을 진행하였다. 프레센 껌팩을 사용한 Test 2, 3 그리고 프레센 껌팩을 사용하지 않은 Control, Test 1을 비교하면 프레센 껌팩을 사용한 군에서 색, 잎마름 정도, 맛 부분에 더 좋은 결과를 도출해냈다. 황토 필름의 성능을 확인하기 위해 실시한 Control 과 Test 1을 비교해보면, 그 효과가 미비함을 확인할 수 있다. 딸기의 항공 수출시 냉장 카고를 이용하지는 않지만, 국내 생산 현장에서 싱가포르 현지까지 3일만에 운송이 완료되어 온도와 습도의 문제점이 딸기에 많은 영향을 미치지 않았음을 확인할 수 있었다. 따뜻한 온도 때문에 바이어의 클레임이 가장 많이 들어오는 5월 중반에 실험을 실시한다면 더욱 확연한 성능의 차이를 확인할 수 있을 것이다.

나. 팩킹 시스템을 적용한 선도유지 제한인자 개선안 제시

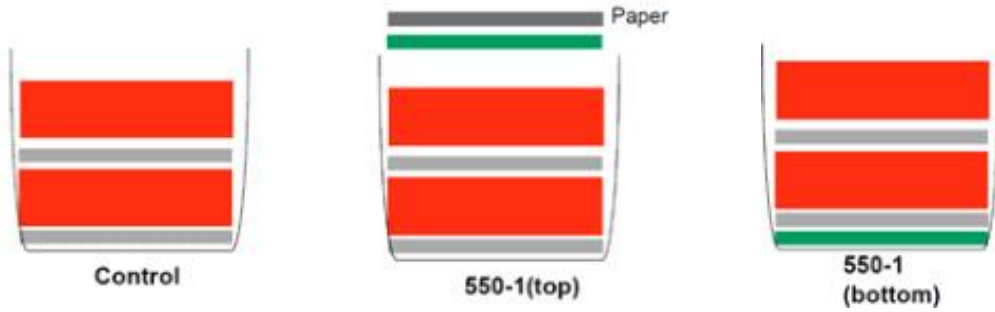
곰팡이 억제 효과를 가진 오일을 함유한 신선도 유지 패드(Pad)인 보타노프레쉬(Botano Fresh) 오일 패드를 사용하여 국내 수출용 딸기의 신선도 유지 효과를 알아보고자 한다.

(1) 딸기 국내 실험

경우의 수를 확정하기 위해, 해외 수출 실험을 진행하기에 앞서 소규모로 국내 실험 진행함.

(가) 연구 방법

- 기간 : 2016년 12월 8일 목요일 ~ 19일 월요일 (2주)
- 장소 : 아그로프레쉬 실내 사무실에 보관
- 온도 : 15°C ~ 19°C (Semi ambient)
- 방법 : 최종 실험을 하기 전, 최적의 경우의 수를 도출하기 위해서 3가지 샘플을 만들어 2주동안 육안 검사를 실시함.



Control :
기존 버블 패드 내장

Test 1 : Control+상단에 Botano
Fresh Pad(550-1)를 덮고 종이
로 마감함.

Test 2 : Control+하단에 Botano
Fresh Pad(550-1) 삽입



* 사진: 보타노프레쉬(Botano Fresh) 오일 패드 사진

곰팡이를 억제하여 딸기의부패를 30~50% 줄여주는 보타노프레쉬(Botano Fresh) 오일 패드
원산지 : 이스라엘

특징 : 향진균성과 한균성을 가진 오일로서, 혼합비에 따라 390-1, 550-1, 750으로 나뉨. 미국 FDA에서 지정한 안전한 물질로 인정된 천연 오일을 주성분으로함. 성분과 배합비는 특허로 인해 공개가 불가하지만 이미 유럽 딸기 시장에서 사용, 검토중인 제품이다.

(나) 날짜별 품질 비교 사진

<p style="text-align: center;"><u>Control</u></p> 	<p style="text-align: center;"><u>550-1 (top)</u></p> 	<p style="text-align: center;"><u>550-1 (under airbubble)</u></p> 
<p>6일 경과</p>		
<p style="text-align: center;"><u>Control</u></p> 	<p style="text-align: center;"><u>550-1 (top)</u></p> 	<p style="text-align: center;"><u>550-1 (under airbubble)</u></p> 
<p>7일 경과</p>		
<p style="text-align: center;"><u>Control</u></p> 	<p style="text-align: center;"><u>550-1 (top)</u></p> 	<p style="text-align: center;"><u>550-1 (under airbubble)</u></p> 
<p>9일 경과</p>		

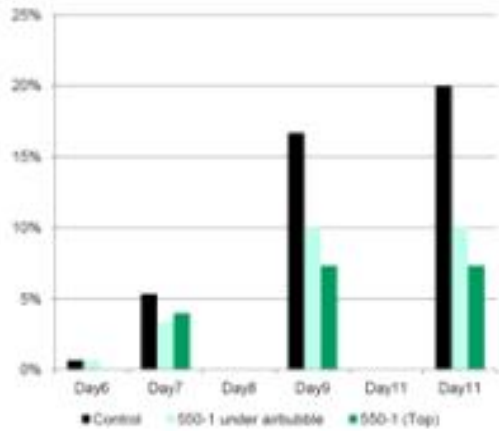


11일 경과



14일 경과

(다) 연구 결과







*표 : 딸기 부패 증가율

상단표를 통해 확인할 수 있듯이, Control이 부패 증가율이 가장 높고 Control+상단에 Botano Fresh Pad(550-1)를 덮고 종이로 마감한 Test 1이 가장 낮았다. 본 실험을 통해 Botano Fresh의 항진균성과 위쪽에 위치했을 때, 그 효과가 극대화된다는 것을 알게 되었다. 항공 실험을 준비하기 위한 예비 실험임에도 불구하고 육안 검사를 통해 기대 이상의 효과를 확인할 수 있었다. 2차로 진행되는 홍콩 항공 실험을 통해서 실제 수출 환경에 적용된 Botano Fresh의 효과를 확인해보자 한다.

(2) 딸기 항공 수출 실험

(가) 연구 방법

- 기간 : 2017년 2월 3일 ~ 2월 20일
- 장소 : SKL (Hong Kong) 냉장 창고
- 방법 : 3가지 샘플을 만들어 한국에서 포장 작업부터 항공 수출 후 현지에서 직접 확인하여 결과 도출함. 국내 실험에서 그 효과가 이미 검증된 550-1과 배합비가 다른 750-1 그리고 구멍팩(수출용), 유럽스타일에 구멍없는 팩으로 조건을 달리함.

 <p>Control</p>	 <p>550-1 only</p>	 <p>550-1 with holes</p>	 <p>750-1 with holes</p>
<p>Control: 구멍이 없는 팩에 기존 버블 패드 내장</p>	<p>Test 1: Control+ 상단에 Botano Fresh(550-1)를 덮고 종이로 마감함,</p>	<p>Test 2: 수출용 구멍팩에 상단에 Botano Fresh(550-1)를 덮고 종이로 마감.</p>	<p>Test 3: 수출용 구멍팩에 상단에 Botano Fresh(750-1)를 덮고 종이로 마감,</p>

(나) 날짜별 품질 비교 사진



Control



Test 1



Test 2

2월 4일



Test 3



Control



Test 1



Test 2
2월 8일



Test 3



Control



Test 1



Test 2
2월 10일



Test 3



Control	Test 1
	
Test 2	Test 3
2월 13일	
	
Control	Test 1
	
Test 2	Test 3
2월 15일	



Control



Test 1



Test 2

2월 17일



Test 3



Control



Test 1



Test 2

2월 20일



Test 3

(다)날짜별 딸기 부패의 정량적 수치

Cold Room 2月10日

	Top layer		Bottom layer		total		
	Rotted level1	Rotted level2	Rotted level1	Rotted level2	Total Rotten	Total strawberry	% of rotten
Control	4	0	2	0	6	512	1.2%
550-1	7	3	4	0	14	512	2.7%
550-1 holes	1	0	0	0	1	512	0.2%
750 holes	3	0	1	0	4	512	0.8%

Cold Room 2月13日

	Top layer		Bottom layer		total		
	Rotted level1	Rotted level2	Rotted level1	Rotted level2	Total Rotten	Total strawberry	% of rotten
Control	6	0	2	0	8	512	1.6%
550-1	9	5	4	0	18	512	3.5%
550-1 holes	6	1	0	0	7	512	1.4%
750 holes	10	1	1	1	13	512	2.5%

Cold Room 2月15日

	Top layer		Bottom layer		total		
	Rotted level1	Rotted level2	Rotted level1	Rotted level2	Total Rotten	Total strawberry	% of rotten
Control	10	2	2	0	14	512	2.7%
550-1	11	9	4	0	24	512	4.7%
550-1 holes	6	3	0	2	11	512	2.1%
750 holes	11	3	0	1	15	512	2.9%

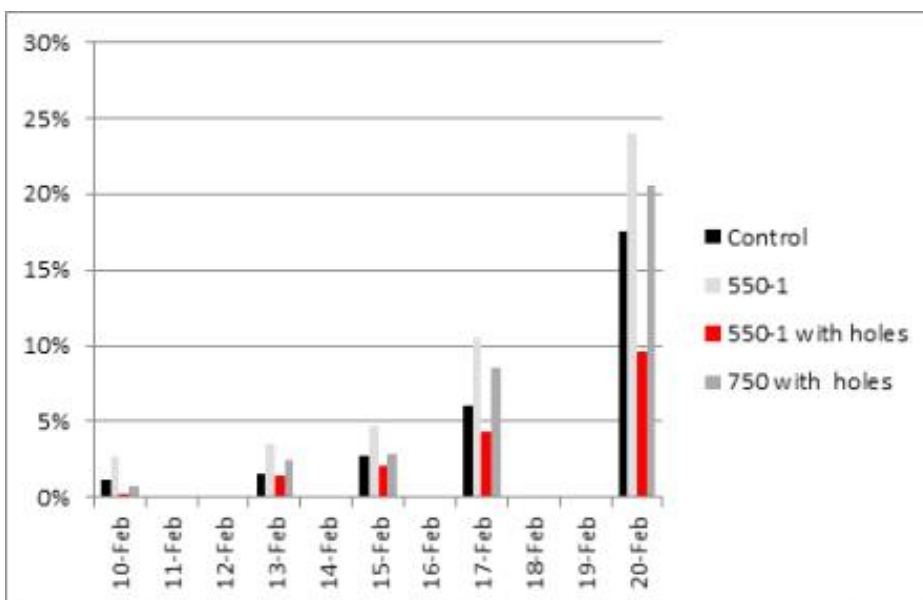
Cold Room 2月17日

	Top layer		Bottom layer		total		
	Rotted level1	Rotted level2	Rotted level1	Rotted level2	Total Rotten	Total strawberry	% of rotten
Control	10	18	2	1	31	512	6.1%
550-1	16	26	4	8	54	512	10.5%
550-1 holes	15	6	0	1	22	512	4.3%
750 holes	25	10	0	9	44	512	8.6%

Cold Room 2月20日

	Top layer		Bottom layer		total		
	Rotted level1	Rotted level2	Rotted level1	Rotted level2	Total Rotten	Total strawberry	% of rotten
Control	26	43	2	19	90	512	17.6%
550-1	23	60	4	36	123	512	24.0%
550-1 holes	10	25	0	14	49	512	9.6%
750 holes	20	41	0	44	105	512	20.5%

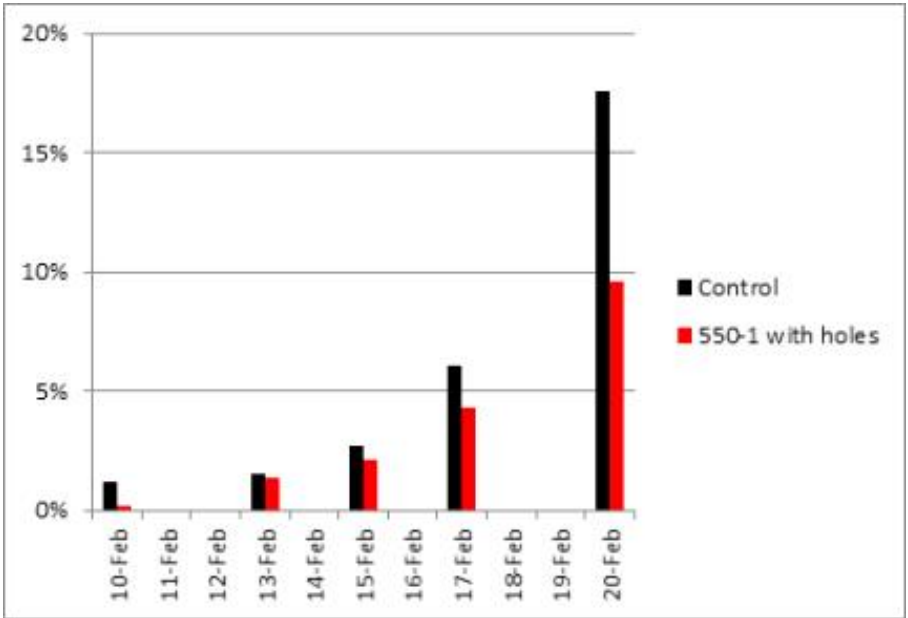
(라) 연구 결과



* 그래프 : 날짜별 딸기의 부패 정도

경우의 수	10-Feb	13-Feb	15-Feb	17-Feb	20-Feb
Control	1%	2%	3%	6%	18%
550-1	3%	4%	5%	11%	24%
550-1 with holes	0%	1%	2%	4%	10%
750with holes	1%	3%	3%	9%	21%

* 표 : 날짜별로 딸기의 부패 정도를 수치화함.



* 그래프 : 날짜별 딸기의 부패 정도

경우의 수	10-Feb	13-Feb	15-Feb	17-Feb	20-Feb
Control	1%	2%	3%	6%	18%
550-1 with holes	0%	1%	2%	4%	10%

* 표 : 날짜별로 딸기의 부패 정도를 수치화함.

본 실험은 기본 수출 형태인 대조구와 3가지 타입의 샘플을 사용하여 항공 수출을 가정하여 실험한 결과이다. 홍콩 도착 후 냉장 창고에서 보관하면서 2~3일 간격으로 부패 정도를 관찰하였다. 시간이 지날수록 Botano fresh 550-1과 Botano fresh 750 & 수출용 구멍팩을 사용한 딸기의 부패 정도가 심하게 나타났다. 특히 Botano fresh 550-1 & 수출용 구멍팩과 비교할 때, 10%가 넘는 큰 차이를 보였다. 팩의 경우 구멍이 없는 유럽스타일보다 한국에서 수출할 때 사용하는 일반 수출용 구멍이 있는 팩이 선도 유지에 효과적임을 알 수 있었다.

3차년고 실험에서는 대중화되고 있는 신선도 유지제와 기존에 사용되고 있는 뽁뽁이에서 개선점을 찾기위해서 노력했다. 프레센 겔팩을 사용한 딸기가 숙성 정도 및 색, 맛, 짓무름, 경도에서 좋은 결과를 얻었다. 황토피름은 우리이의 예상과는 달리 그 결과가 미비하였다. 특히 농도에 따른 프레센 겔팩의 효과와 황토피름 자체의 효과를 확인하기에는 역부족이었다. Botano Fresh 550-1에서는 눈의 띄는 변화를 느낄 수 있었다. 소량으로 실시한 실험인만큼 실제 대량 수출시 사용하여 그 효과를 과학적으로 면밀히 검토하는 것이 필요하다.

다. 딸기 수출국 시장 마케팅 분석

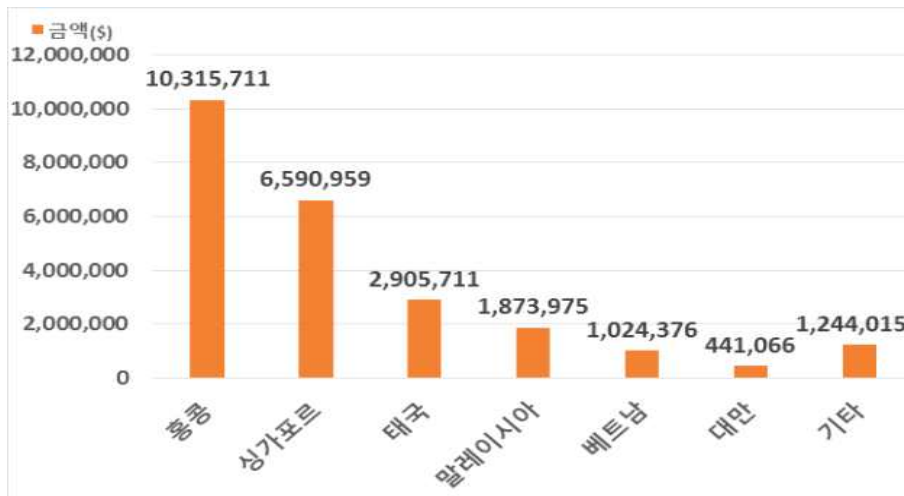
(1) 수출현황

○ 2017년 1분기 국가별 딸기 수출

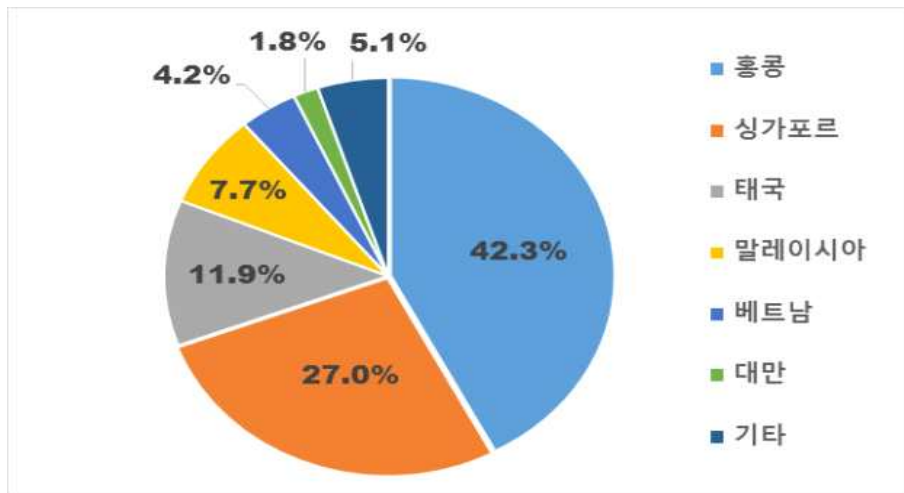
- 2017년 1분기(1~3월) 딸기 수출규모는 총 24,395천\$(한화 약 280억원)로 전년 대비 35% 증가하였으며, 물량은 2,997톤으로 38% 증가하였다. 평균 수출단가는 8.1\$/kg으로 전년대비 2.8% 감소한 것으로 나타났다.

- 국가별로 홍콩 42%로 가장 큰 수출시장이고, 싱가포르 27%, 태국12%로 뒤를 잇고 있다. 전체 비율 중 95% 이상이 주변 아시아 국가로 수출 되어지는 가운데 “수확후 관리기술” 등을 활용한 미미한 비율을 차지하고 있는 딸기 최대수입국인 미국과 캐나다로의 수출 강화 방안을 마련하여 수출금액을 증가시킬 필요가 있다.

< 국가별 딸기 수출액('17 1분기) >



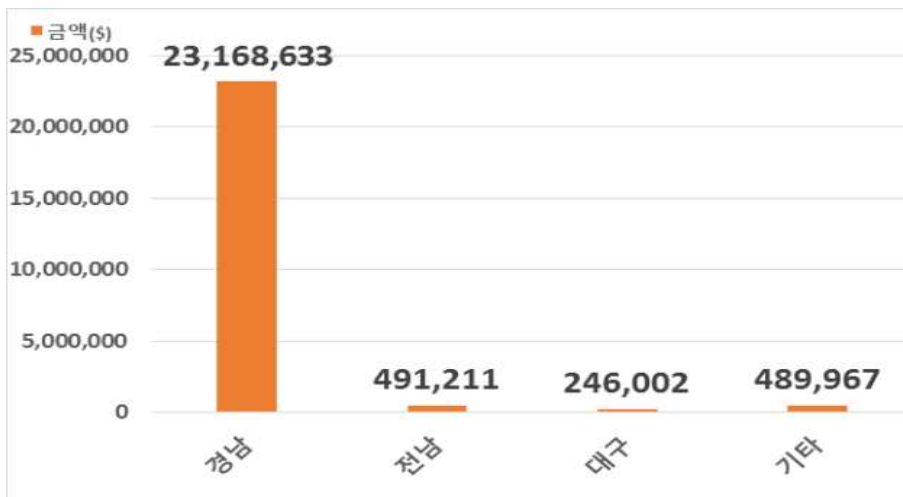
< 국가별 딸기수출비율('17 1분기) >



○ 2017년 1분기 지역별 딸기 수출

- 2017년 1분기(1~3월) 지역별 딸기 수출비율은 경남 95%로 수출시장의 대부분을 차지하고 있으며, 전남 2%로 2위, 대구 1%를 차지하고 있다. 경남은 전년 대비 36% 증가하였으며, 부산 99%, 경북 79%로 큰 폭으로 감소하였다.

< 지역별 딸기 수출액('17 1분기) >



< 지역별 딸기 수출비율('17 1분기) >

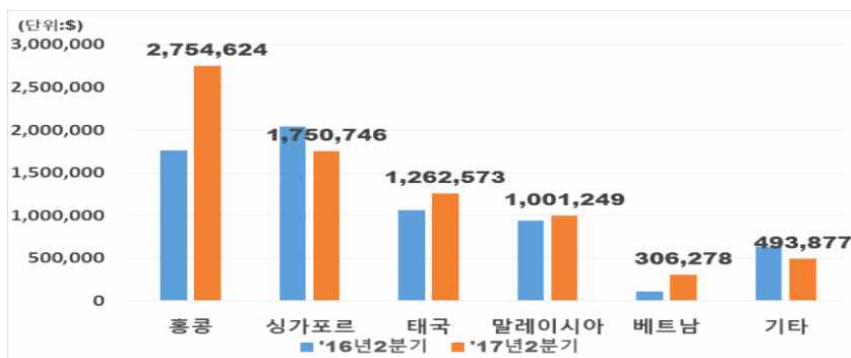
○ 2017년 2분기 국가별 딸기 수출

- 2017년 2분기(4~6월) 딸기 수출액은 7,569천\$(한화 약 86억원)로 전년 동기대비 15.2% 증가하였으며, 수출량은 1,039톤, 평균 수출단가는 7.3\$/kg이다.

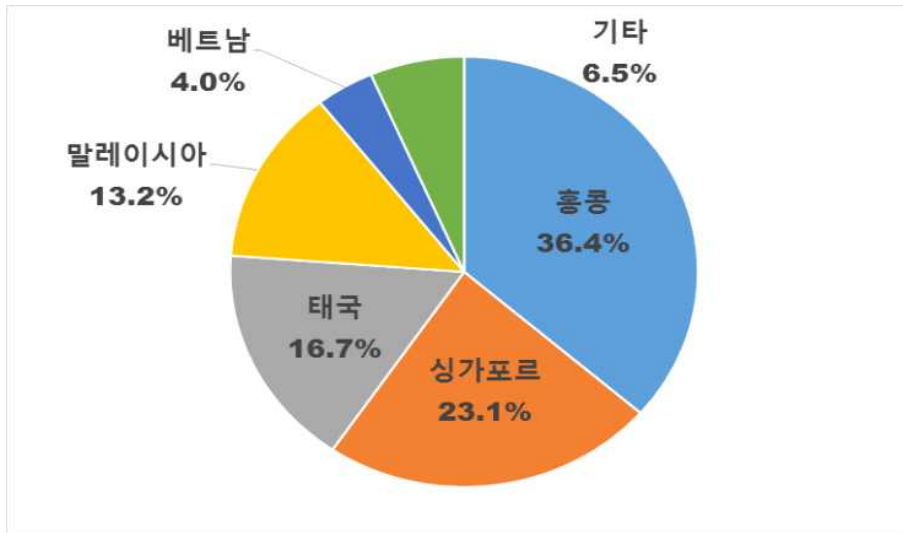
- 주요수출국은 홍콩(36.4%), 싱가포르(23.1%), 태국(16.7%), 말레이시아(13.2%), 베트남(4%)이다.

- 전년대비 홍콩은 56%, 태국은 18.7%, 베트남은 172.6% 증가하였으며, 싱가포르는 14.5%, 일본은 37.3% 감소하였다.

< 국가별 딸기 수출액('17년 2분기) >



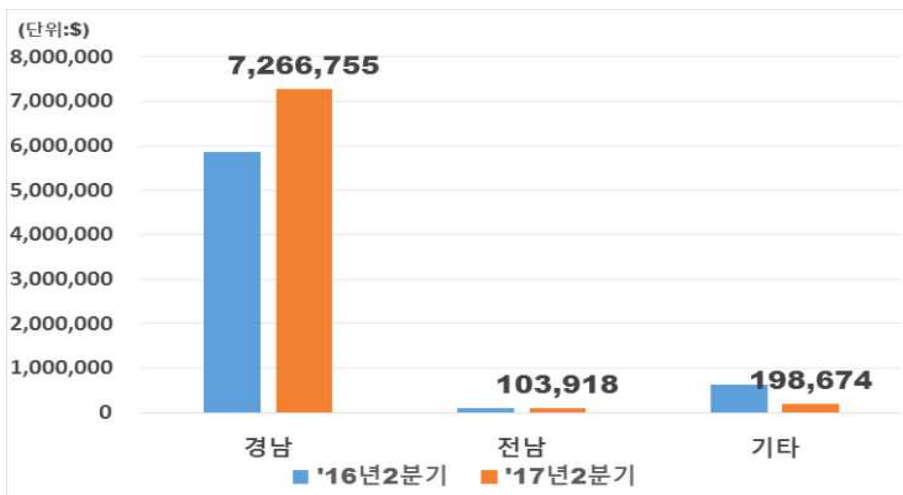
< 국가별 딸기 수출비율('17년 2분기) >



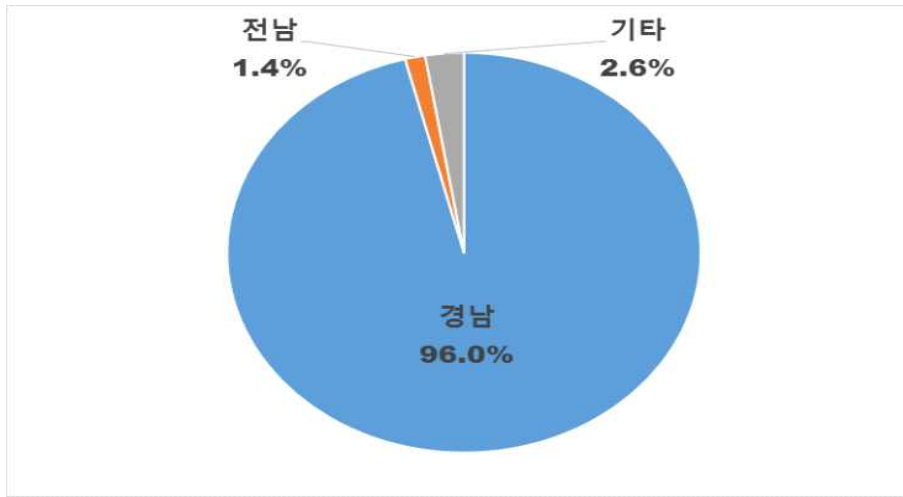
○ 지역별 딸기 수출현황

- 2017년 2분기(4~6월) 딸기는 경남(96%), 전남(1.4%)에서 수출하였으며, 전년 동기대비 경남은 24.1%, 전남 9.7% 증가하였다.

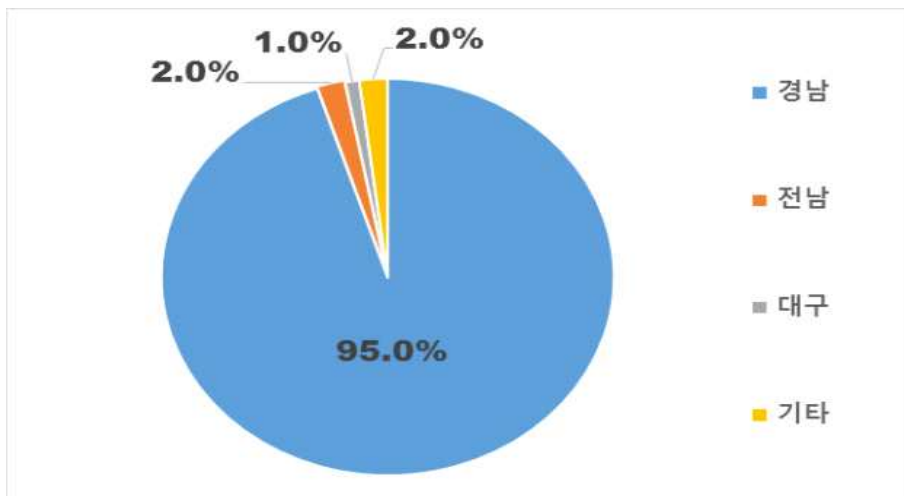
< 지역별 딸기 수출액('17년 2분기) >



< 지역별 딸기 수출비율('17년 2분기) >



*출처 : 한국농수산물유통공사(KATI)



*출처 : 한국농수산물유통공사(KATI)

○ 수출동향

- (기존 수요 시장) 홍콩과 싱가포르의 경우 성숙시장으로 '15년 대비 보험세를 유지하였으나 말레이시아의 경우 지속적 저유가 및 경기하락 등의 단가 인하 압력으로 수출 대폭 감소
- (신규 시장) 태국 내에서 한국산 인지도 상승 및 마케팅 활동 등으로 수출 증가 추세이며 베트남의 경우 '16년 검역 타결 및 마케팅 활동에 의해 수출 대폭 증가

㉠ 수출 실적

(단위 : 톤, 천불, %)

국가	'14	2015(A)		2016(A)		증감률(B/A)	
		물량	금액	물량	금액	물량	금액
홍콩	11,616	1,304	12,774	1,349	12,422	3.5	△2.8
싱가포르	11,075	1,083	10,411	1,136	10,242	5	△1.6
태국	2,701	308	3,088	463	4,150	50.5	34.4
말레이시아	3,629	416	3,649	321	2,808	△22.7	△23.0
베트남	-	1	-	89	1,042	-	-
기타	2,555	181	2,038	177	1,782	-	-
계	31,599	3,293	31,971	3,538	32,449	7.5	1.5

• 자료 : 농수산식품수출지원정보 (HSCODE-081010)

○ 주요 수출시장 규모 및 수출 점유율 (2016년)

구분	국가명	시장규모(톤)		한국산 수출(톤)	
		수입량	수출물량	점유율(%)	경쟁국
주요수출국	홍콩	6,299	1,554	24.67	미국
	싱가포르	3,836	1,179	30.73	미국, 호주
	말레이시아	1,120	359	32.09	미국, 호주
	태국	1,607	467	29.07	미국, 뉴질랜드
수출가능국	러시아	29,297	17	0.06	벨라루스, 터키

• 자료 : Global Trade Atlas (www.gtis.com/gta) HS 081010(2016년기준)

□ 국내 생산 및 수출현황

구분	'12	'13	'14	'15	'16(P)	'17(P)
재배면적(ha)	6,435	6,890	6,875	6,306	6,467	6,559
생산량(톤)	192,140	216,803	209,901	194,513	198,000	200,000

• 자료원 : 국가통계포털(KOSIS), 16-17년도 재배면적 및 생산량은 농업관측본부 추정치 및 예상치

- 2000년 이후 딸기의 전체 재배면적은 감소 추세였으나 최근 귀농인구 증가 등으로 증가하고 있음
- 중장기적으로 농가 고령화 등으로 재배면적은 감소되나 재배기술 발달로 인하여 생산량은 2026년 20만 9천톤 수준까지 증가전망(농업관측본부 예상치)

- 주산지(시즌별)

구분	정식기	수확기	재배지역	품종
겨울딸기	9~10월	12월~익년5월	논산, 밀양, 진주, 담양 등	설향, 매향, 육보, 장희, 담향 등
여름딸기	2~4월	6~11월	평창, 양구 등 고랭지 지역	고하, 사룻데, 플라멩고

□ 소비동향 : 최근 3개년 월별·연도별 도매가격 동향

(단위 :)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
2013	10,300	10,263	8,360	7,600	6,600	-	-	-	-	-	-	13,600	8,671
2014	13,280	10,860	9,386	7,764	7,400	-	-	-	-	-	-	13,900	10,413
2015	12,695	11,776	9,009	8,086	6,677	-	-	-	-	-	-	14,100	10,270
2016	13,430	13,033	9,700	7,950	7,009	-	-	-	-	-	-	12,747	10,792
평균	12,426	11,483	9,114	7,850	6,922	-	-	-	-	-	-	13,587	10,037

* 자료 : 농수산물유통정보 (www.kamis.or.kr) / 1kg당 도매가격(상품)기준

(2) 수입국 분석

(가) 태국

○ 태국으로 수입되는 딸기 중 국산 딸기는 물량을 기준으로 미국산(30%)에 이어 두 번째로 많은 29%를 차지

*'16년 태국 수입딸기(물량) : 미국산(30%), 한국산(29%), 호주(25%), 뉴질랜드(14%), 일본(1%)

*對태국 딸기 수출 실적(백만불) : ('14)2.7 → ('15)3.1 → ('16)4.1 (34.1% 증가)

○ 미국, 호주, 뉴질랜드산 등 수입제품은 과육이 단단해 저장성은 좋지만, 산도가 높고 당도가 떨어지는 단점을 가짐

○ 태국산 또한 저렴하기는 하지만 크기가 작고 신맛이 강함

○ 우리나라 딸기는 높은 수입관세로 높은 가격에 판매되고 있으나 과육이 부드럽고 당도가 높아 인기가 좋음

○ 높은 가격을 보이고 있는 만큼 고급매장을 방문하는 상류층 공략을 위해 꼼꼼한 선별, 포장 고급화 등 품질 가치를 높이는 전략 마련 요구됨

○ 태국 밸런타인데이 한국 딸기 홍보 행사



- 농림축산식품부와 한국농수산식품유통공사는 딸기수출협의회의와의 공동마케팅을 통해 태국 중심가에 위치한 CTW(Central World)에서 2월 14일 한국딸기를 알리는 「I Love K-Strawberry」 행사를 가짐

(나) 대만

‘15년 기준 대만의 신선 딸기 수입 규모는 337만 달러로 34위를 차지

대만의 신선 딸기 수입상대국으로 미국, 일본, 뉴질랜드와 한국 4개 국가만이 확인

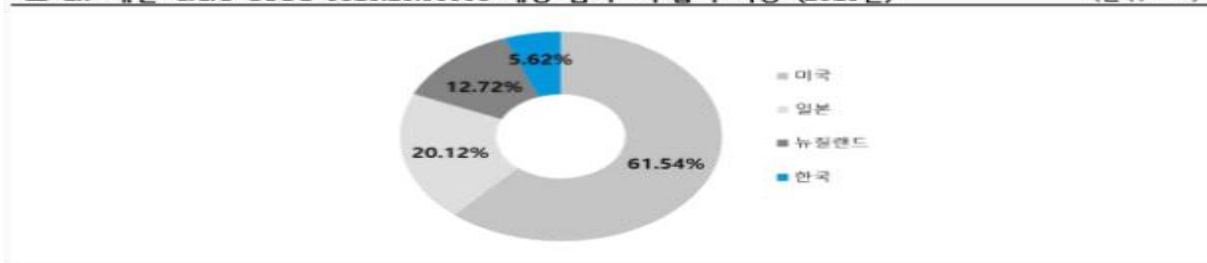
한국산 신선 딸기 수입액은 ‘13년 23만 달러에서 ’14년 5만 달러로 4배가량 감소하였으나 ‘15년 21만 달러로 회복세를 보임

표 1.6 대만 C.C.C CODE 0810.10.00008 해당 품목 수입액 규모 (단위 : US 달러, %)

수입상대국	2013	2014	2015	2015년 시장점유율
글로벌	3,030,846	3,041,688	3,772,598	
1 미국	2,007,686	2,187,026	2,321,796	61.54
2 일본	561,778	490,192	759,052	20.12
3 뉴질랜드	221,918	308,565	480,034	12.72
4 한국	239,465	55,905	211,716	5.62

출처 : Global Trade Atlas(www.gtis.com)

표 1.7 대만 C.C.C CODE 0810.10.00008 해당 품목 수입액 비중 (2015년) (단위 : %)



출처 : Global Trade Atlas(www.gtis.com)

(다) 싱가포르

‘15년 기준 싱가포르 딸기 수입액은 27.4백만 불로 한국산 딸기가 전체 수입액의 약 39.1%(10.7백만 불)를 차지하고 있으며, 미국 10.4백만 불, 호주 3.9백만 불, 뉴질랜드 1.3백만 불 순으로 딸기를 수입하고 있음

한국산 딸기는 미국, 호주, 뉴질랜드산 딸기에 비해 당도가 높고 일본산 딸기보다 가격이 저렴하여 현지 소비자들에게 인기가 있으나

최근 경기 둔화로 인해 소비자들의 지출이 감소하고 있어 유통매장들은 자체브랜드 개발, 할인행사 등으로 소비자들의 소비를 유도하고 있음

<싱가포르 딸기 수입실적>

(단위:천US\$, 톤)

구 분	2013		2014		2015		전년 대비(%)
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	
0 전체	3,231	24,503	3,703	28,706	3,827	27,468	-4.3
1 한국	1,029	10,026	1,163	11,655	1,175	10,730	-7.9
2 미국	1,396	9,720	1,607	11,374	1,586	10,395	-8.6
3 호주	518	2,892	612	3,054	718	3,928	28.6
4 뉴질랜드	151	1,069	187	1,430	178	1,256	-12.2

* 출처 : Global Trade Atlas

○ 2016년 對 싱가포르 딸기 수출동향

영향	2015년 전체		2016년 전체		전년대비 (%)
	중량(톤)	금액(천불)	중량(톤)	금액(천불)	
딸기	1,089	10,466	1,141	10,274	-1.8

* 출처 : KATI 통계 시스템

○ 수입딸기 비교

상품 사진	유통업체	판매가/용량
	수입업체	
	NTUC FairPrice	SGD 3.9 (3,220원) / 250g
	NTUC FairPrice FreshMart BanChoon Hupco Market's Best	
	GIANT	SGD 4.45 (3,675원) / 250g
	-	
	Sheng Siong	SGD 3.99 (3,295원) / 250g
	Hupco / 경남무역	
	Sheng Siong	SGD 3.99 (3,295원) / 250g
	Sheng Siong / 창락농산	

(라) 말레이시아

○ 딸기 수입동향

- 말레이시아 전체 딸기 수입액은 5.6백만 불로 한국산 딸기가 전체 수입액의 약 34.4%(1.9백만 불)를 차지

*호주1.4백만 불, 미국 1.2백만 불, 뉴질랜드 0.6백만 불 순

<말레이시아 딸기 수입실적>

(단위:천US\$, 천)

구분	2013		2014		2015		전년 대비(%)
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	
전체	1,279	2,374	1,366	2,703	1,354	5,692	210.5
한국	427	1,000	482	1,124	471	1,960	174.3
호주	184	237	283	455	275	1,420	312.1
미국	391	647	349	611	324	1,253	205.1
뉴질랜드	92	178	97	188	89	609	323.9
이집트	151	228	153	259	182	411	158.7

* 출처 : Global Trade Atlas

○ 2016년 8월 기준 대 말레이시아 딸기 수출동향

명칭	HS코드	2015년 8월		2016년 8월		전년대비 (%)
		중량(톤)	금액(천불)	중량(톤)	금액(천불)	
딸기	0810100000	368	3,119	281	2,352	-24.6

구분	상품 및 진열 사진	상품명	판매가/용량	특징
		제조사(수입업체)		
한국산		한국산 매향 딸기	RM 13.5 (3,699원) / 250g	당도가 높고 향이 좋으나 유통기한이 짧아 빨리 무르는 경향이 있음
		대곡딸기협동조합		
외국산		Korean Strawberry	RM 14.2 (3,890원) / 250g	
		(Euro-Atlantic)		
외국산		Phil Greig Strawberry	RM 10.50 (2,877원) / 250g	딸기 알이 크고 고르며, 신선도가 오래 지속되나, 한국산에 비해 당도가 떨어지고 신맛이 강함
		뉴질랜드산 Agolink Sdn. Bhd.		
현지산		Country Fresh Strawberry	RM 15.50 (4,247원) / 250g	
		뉴질랜드산 Agolink Sdn. Bhd.		
현지산		카메론 하이랜드	RM 5.99 (1,644원) / 200g	생산지 주변과 재래시장에서 주로 판매되고 있으며 당도가 낮고 신맛이 강함 가격이 저렴하여 일부 현지인들이 주로 구매
		현지산 Teong Brother		

○ 딸기 유통 현황

- 딸기는 점차 말레이시아 소비자들에게 인기를 끌고 있으며, 주로 쿠알라룸푸르, 페낭, 조호바루 등 대도시의 유통매장에서 소비가 이뤄지고 있음
- 일반 소비자들이 수용하기에는 다소 고가이기 때문에 중상류층 중국계, 말레이계 고소득층 소비자들 중심으로 구매가 증가
- 한국산 딸기는 당도가 높고 향이 좋아 소비자들에게 고품질 상품으로 인정받고 있으나 유통기한이 짧아 빨리 무르는 경우가 많음

○ 시장 진입 및 수출 확대방안

- 지속적인 프로모션을 통해 고품질 한국산이라는 이미지 확립이 중요하며, 유통기한이 긴 품종 개발이 필요하고, 고급 마켓 및 중상류층을 타겟으로 한 정기적이고 지속적인 시식, 판촉 등의 홍보가 필요함

(마) 베트남

- 자국 딸기 생산량이 많지 않으며, 생산량의 기후 의존도가 심한 관계로 생산량과 가격 변동폭이 심함
- 2015년 딸기 수입은 전년 대비 증가하였으며, 주요 국가 중 미국 딸기가 94.6%로 대부분을 차지

베트남 딸기 수입액/ 수입량 현황(2014-2015년) (단위: 톤, 천 달러)

구분	2014		2015	
	수입량	수입액	수입량	수입액
전체 수입규모	75	274	76	268
1 미국	64	237	72	254
2 중국	1	5	2	8
3 기타	9	32	2	7

출처: UN Comtrade 홈페이지, 'Trade data'

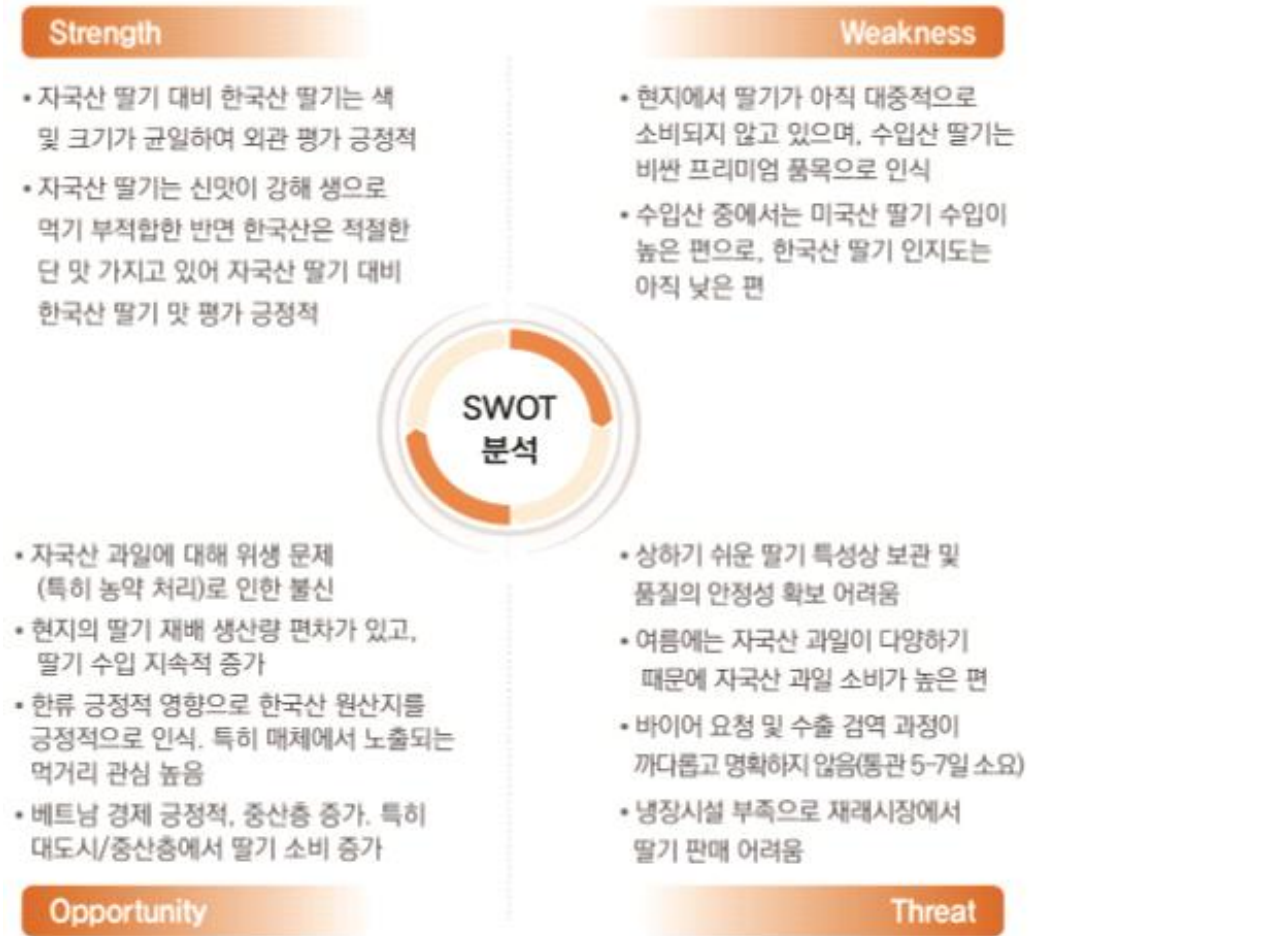
현지에서 판매되는 딸기 (2016년 11월)

사진	내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 원산지: 한국 • 가 격: 300,000-349,000등 (13.50-15.71달러)/500g • 매장명: Klever fruits
	<ul style="list-style-type: none"> • 품 종: 뉴질랜드 품종 • 원산지: 베트남 • 가 격: 130,000-150,000등 (5.85-6.30달러)/500g • 매장명: dalatfoodie
	<ul style="list-style-type: none"> • 원산지: 베트남 • 가 격: 60,000등 (2.70달러)/500g • 매장명: Satra Foods

- 상하기 쉬운 딸기를 취급하는 것을 부담스러워 하는 곳이 많기 때문에, 한국산 딸기에 대한 전반적인 경험이 부족한 상황
- 한국산 딸기가 진출한다면, 경쟁할 수 있는 수입 과일 품목들은 현지에서 가장 소비가 많이 되는 과일 중 하나인 사과 중에서도 프리미엄 품종(엔비(Envy), 암브로시아(Ambrosia), 로킷(Rocket-미니사과)과 프리미엄 과일로 인정받는 체리, 최근 수입이 증가하는 포도 등이 경쟁군이 될 수 있을 것으로 보임

○ 수출 확대 방안

SWOT 분석



- 중/고소득층 타겟으로 프리미엄 제품 포지셔닝, 겨울 시즌 공략이 필요함
 - 자국산 품목에 대한 위생 우려가 높아, 한국 딸기의 뛰어난 안전성 강조를 통해 한국산 딸기에 대한 수용도를 높일 수 있을 것으로 보임
 - 한국산 딸기의 시지 않으며 적당히 단 맛을 지니고 있다는 점, 주스나 잼의 형태가 아니라 생으로도 먹기 좋다는 점 강조
 - 판매 채널은 먼저 고급/수입 과일 전문 매장을 통해 프리미엄 품목으로서 포지셔닝한 다음 점차 확장하는 방식으로 확산하는 것이 적절함
 - 선물패키지 등 고급스러운 패키지 디자인 사용
 - 커뮤니케이션 채널은 일반적인 마케팅 채널 보다 WOM(Word Of Mouth, 구전을 통한 마케팅)/인터넷 게시판 등을 더 신뢰하는 경향이 있으므로 사전 입소문 형성 노력 중요
- 베트남 홍보 활동
- 베트남의 가수 겸 연기자인 '뮤레 (iu Le)'는 한국 영화 <수상한 그녀>의 베트남판인 <엠라 바 노이 꾸어 안(내가 네 할매다)>의 여주인공을 맡음
 - 성공적인 상영 후 뮤레는 현지 국영방송을 통해 2년 동안 한국 딸기를 홍보하는 대표모델



- 농수산식품유통공사는 2017년 동안 베트남 수도 하노이와 최대 도시 호찌민에 있는 택시 300여 대에 한국 딸기 광고물을 부착하여 ‘달리는 광고’ 진행



라. 수출경쟁력 향상을 위한 종합처방

(1) 딸기 수출통합 마케팅 조직 육성

- 딸기 생산자 및 수출업체가 모두 참여하는 수출 통합조직 결성
- 수출창구 단일화, 규모화, 전문화로 대외 경쟁력 확보, 수출 활성화
- 해외 대량 수요처에 표준화된 규모 물량을 연중 안정적으로 공급
- 생산, 상품화, 물류, 수입국 매장단계까지 품질관리
 - 외부전문가 등과 품질관리단 구성, Global GAP 등 국제기준에 적합한 품질관리 매뉴얼 개발 및 교육, 안전성, 품위 등 현장점검
- 지정 농장과 선별장 공동선별(검품형 포함) 물량에 한하여 수출
 - 수출ID를 부여받은 수출농가에서 재배한 딸기를 공동선별한 후 수출, 이외 불허

(2) 저장성 뛰어난 신품종 개발과 수확후 유통관리 필요

- 수출 적합 품종 개발 : 맛, 저장성, 색 등 수출에 한 특화된 품종 필요
- 신흥 수출국 맞춤형 품종 개발 : 수입 상국 재배품종보다 비교우위 품종 육성
- 민간 육종 활성화 : 기관위주에서 민간기업 종자개량 참여 유도
- 장거리 수송 등 유통기간 연장을 위한 수확 후 관리기술 확립과 종자 개량면에서도 저장성이 선발의 우선순위가 되어야 함

(3) 가격과 품질 경쟁력 확보

- 가격경쟁력 : 노동력 절감, 수량성 확보를 위한 토경재배에서 수경재배로의 전환, 시설 현대화, 물류비 절감 방법 등
- 품질경쟁력 : 재배기술 표준화, 작형 분산을 통한 안정적 품질 유지

(4) 신시장 개척

- 현재 수출시장은 홍콩을 포함한 총 18개국에 한국산 딸기 수출중이며 앞으로 필리핀, 호주 등 총 2개국 추가 수출 검역 타결 예상되지만 수출 1억불 목표 달성의 한계
 - ▶ 대안 → 중국시장, 현 시점에서 대중국 수출 딸기 검역협상은 중국 사드 문제로 논의 시점은 아니나 추후 대중국관계 개선시 최우선적으로 검역협상(PRA) 진행 및 조속한 타결로 우수한 한국산 딸기 수출확대의 새로운 전환점 마련

본 보고서는 진주시 딸기 수출량의 43%를 차지하고 있는 홍콩 시장 기준으로 매뉴얼이 작성됨.

1. 수출 기본요건 (홍콩)

- 품질규격포장 등 상품화 관련
 - 딸기의 색택 크기 당도 등 현지에서 규정된 품질기준은 없음
 - 포장이나 용기에 대한 특별한 기준은 없으며 가공품 형태의 식품은 해당 식품정보의 영양소 성분을 확인하기 위한 라벨링이 필요함
 - 신선농산물의 경우 원물 그 자체를 영양성분으로 보기 때문에 라벨링을 할 필요는 없음
 - 신선농산물은 라벨링이 필요 없지만, 한국산 신선제품의 인지도 향상을 위해 스티커 띠지 등 자체적인 포장관리를 할 필요가 있음
- 안전성 확보인증인허가 관련
 - 일반식품법: 홍콩은 일국양제 개념을 제도화하는 기본법을 갖춘 중국의 특별행정구역임 외교국방을 제외하고 중국 본토의 제도 및 규정에서 분리된 별개의 사회, 경제, 사법 및 정치, 제도 등을 가지고 있으며 식품 및 농산물 수입 규정을 보유하고 있음
 - 식품안전조례(Food Safety Ordinance)에 따라 홍콩 당국은 유통되는 식품의 추적을 강화하기 위해 식품 수입업체 및 유통 업체의 등록 프로그램과 무역업체에 대한 기준을 설정한 조례를 제정하였음. 이 조례를 통해 특정 식품유형에 대한 수입규제를 엄격하게 하고 있음. 홍콩 당국은 문제되는 식품에 대해 수입 및 유통금지를 포함하여 필요할 때에는 식품 리콜 명령 권한을 갖고 있음
 - 식품 수입 시 상하기 쉬운 품목 및 질병을 옮길 수 있는 고위험 품목들은 법적행정적인 기준이 존재함

구분	항목
수입 시 법적/행정적인 기준이 있는 품목	야생 동물, 식육 및 가금류(달걀 포함)
	외래 식육
	우유 및 우유를 첨가한 음료
	냉동식품·제과
	수산물
	식물
	살아있는 동물
	열중 위기종
	건강식품
	식용 지방 및 식용유

자료 : 홍콩 농수산부(AFCD), 식품 및 농산물 수입 규정과 표준(2015)

- 수출품인 딸기 및 토마토는 위의 표 중 식물에 해당하며 식물조례에 따라, 홍콩 농수산부가 발행한 식물수입허가서 및 원산지의 (AFCD) 관할 기관이 발행한 유효한 식물증명서가 첨부되어야 함. 하지만 소비용 과일과 야채에 대해서는 식품 및 농산물 수입 규정에 명시되어있음에 따라 식물수입허가서 및 식물검역증명서가 필요없음
- 홍콩의 농식품 잔류농약 규제법규(MRL: Maximum Residue Limits)란 농약의 1일 섭취허용량, 국민의 평균체중 식물성 식품의 1일 섭취량에 근거하여 이론적으로 계산하여 농약의 적정 살포시 수확물중의 최대 잔류량을 설정한 제도임

구분	내용
경위	<ul style="list-style-type: none"> • (2013) 12.6 식품잔류농약규제법규 시행예고(2년 유예기간) • (2014) 8. 1 유예기간 만료에 따른 등 법안 시행 예정 • 시행기관 - 홍콩 식품환경위생부 식품안전센터(CFS)
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> • 등록·고지된 농약의 잔류 허용기준 초과 시 제재 • 대상농약 범위 및 허용기준치는 조정 가능
제재사항	<ul style="list-style-type: none"> • 안전성 위반 적발 시 최고 5만 HKD(약 6,528천원)의 벌금 혹은 6개월 구금형
규제대상	<ul style="list-style-type: none"> • 약 360개 농약(살충제) 성분 및 7천개 식품허용 기준치
검사시점	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 수입통관 외 필요시 실시
검사소요 시간	<ul style="list-style-type: none"> • 24시간(일반식품)-48시간(유제품) 소요 • 샘플을 채취하여 검사기관 의뢰 후 통관처리 • 검사결과 부적합 시 수입상에 통보하여 관련 법규 적용
기타	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 규제대상 외 잔류농약 미설정 농약에 대해서는 검출 시 별도 규제 없음(향후 보완예정)

자료 : 한국농수산물유통공사, 홍콩 수출농산물 농약안전사용 가이드(2014)

- 홍콩은 2014년부터 수입 농산물의 농약잔류허용기준을 마련하고, 기존 수입통관 프로세스 외 필요시 무작위검사 실시하여 잔류 허용기준을 검사하고 있음
- 또한 홍콩 식품안전센터에서는 식품 감시 프로그램의(CFS) 일환으로 다음 품목 부류에 대해 월마다 안전검사를 실시하고 있음. 채소과일 제품, 육류가금류 제품, 수산물 유제품, 냉동 제품, 시리얼곡물 제품 기타 혼합식품 소스류 딤섬, 스낵, 음료, 라면, 초밥류, 간식류 등에 대해 잔류농약 미생물, 방사능 등의 검사를 실시하여 부적합 품목에 대해서는 수입 및 판매 금지 리콜 등을 실시함
- 매월 발표되는 보고서에 따르면 채소과일 제품은 매월 천 개 이상의 샘플을 수집하여 검사하고 있어 수출 제품의 안전관리에 유의해야 함

- 홍콩의 잔류농약허용기준은 국내와 비교했을때 관리수준이 낮은 항목도 있는 반면에 높은 항목이 있어 한국농수산물유통공사에서 발표한 수출농산물 농약안전사용지침에 명시된 안전사용 기준을 준수하여 농약을 사용해야 함

2. 수출절차 및 소요과정

- 수출 이행절차별 흐름도



* 자료 : 농식품 수출실무 종합보고서(2013)

- 홍콩은 검역 통관 절차가 다른 나라에 비해 비교적 간단하며 통관거부 및 수입금지에 대한 위험이 크게 없음
- 수출업무에 있어 산지조직의 참여범위는 넓지 않지만, 수출절차에 대해 산지조직의 이해를 돕고 단계별 관리가 용이하도록 본 절차를 작성하였음

3. 수출 사전 준비과정

- 대상국 소비 동향 : 딸기 및 토마토는 오렌지 사과 배 등과 함께 홍콩 현지인들이 선호하는 과일임. 연중 수입이 이루어지며 겨울철 수요가 높음
- 홍콩은 관세가 없고 검역 통관절차가 간단하여 세계의 다양한 , 상품이 유통되므로 소비자들은 품질 좋고 값싼 물건을 찾기 위해 여러 판매점을 둘러보고 구매의사결정을 함

- 디저트 및 길거리 음식 문화가 발달되어있어 신선농산물을 이용한 디저트문화가 자리잡혀 있음
- 고소득층이나 홍콩에 거주하는 일본인은 백화점이나 대형유통 업체에서 고가의 일본산을 구매하지만 현지인의 경우 중국산, 미국산, 호주산 순서로 구매를 선호하고 있음
- 주요 유통경로: 소비자들은 수입 식품을 홍콩 전역에 걸쳐 운영되고 있는 슈퍼 마켓 체인 재래시장 및 식료품점 백화점 편의점 온라인 채널 등을 이용하여 구매하지만 수입 신선농산물의 경우 유통경로가 슈퍼마켓 체인 재래시장 및 개별 소매점 형태로 나누어짐



* 자료 한국농수산물유통공사, at get 홍콩 과일 채소 시장(수입 신선과일 유통경로)

- 주요 슈퍼마켓 체인은 WELLCOME MART, PARKnSHOP으로 인구 밀집지역에 위치하며 두 업체의 매출액이 전체 슈퍼마켓 매출액의 약80%를 차지하고 있음. 슈퍼마켓 업체들은 비싼 임대료 때문에 매장을 확장하기 보다는 점포수를 증가시켜, 매출증대를 꾀하고 있음. 홍콩의 소비자들이 식품 안전에 관심이 높아지면서 슈퍼마켓내부에 유기농 코너를 신설하여 운영하고 있으며, 웰빙이 테마인 유기농 슈퍼마켓인 City' Super, Three Sixty도 세계 여러 농식품을 취급하고 있음

4. 수출 프로세스별 문제점

가. 생산단계

- 수출 물량의 안정적 공급기반이 취약, 수출품 생산자 조직화 미흡
 - 계약 재배 비율이 낮고, 국내가격 상승시 계약 파기 사례 빈발
- 고품질, 안전 농산물 생산관리 시스템 미정착
- 전문생산단지의 규모화가 미흡
 - 공동선별, 물류, 재배기술 보급 등 효율성 저하
- 수출용 신제품 개발 및 보급체계 미흡
 - 수입종묘 사용시 로얄티 부담 또는 분쟁발생 등

나. 유통단계

- 소량 다품종 수출체제로 물류 비용 과다 발생

- 생산에서 수출까지의 일관된 저온수송체계 구축 미흡 (물류표준화, 규격화 등)
- 수확 후 관리시설(예냉시설, 비파괴당도기 등) 및 관리기술이 미흡하여 고품질 확보 애로
- 포장 상자, 디자인 등이 선진국 수준 미달

다. 수출단계

- 주력 수출 시장의 안전성 관리강화 등 비관세 장벽 증가 (검역 강화, 잔류 농약 검사 등)
- 수출업체가 영세하여 해외시장개척 능력 부족
 - 과당경쟁, 덤핑수출 등으로 수출 질서 문란
- 유망 수출품목이 부족하고, 기존 수출품목도 중국, 동남아등과의 가격경쟁력 지속적 저하
- 식문화 진파, 수출유망품목 개발 및 신규시장 개척을 위한 많은 시간과 예산이 소요

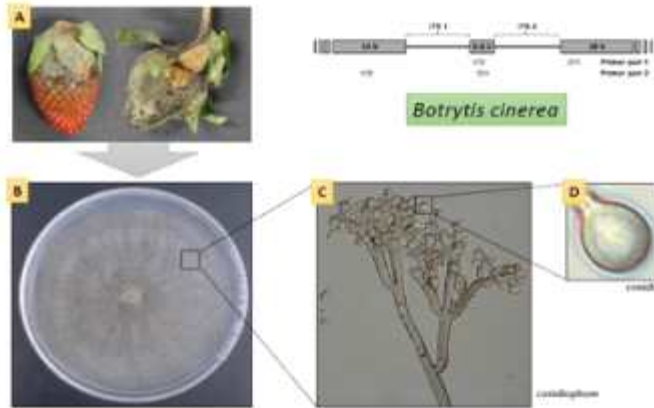
5. 딸기의 수출 과정

- 수확 ▶ 예냉 ▶ 선별장 수송 ▶ 선별 ▶ 저장고 ▶ 수송 ▶ 공항도착 ▶ 검역 및 통관 절차 ▶ 공항 항공기 탑재 ▶ 수송지 도착 ▶ 바이어 인수 ▶ 바이어 냉장 저장고 입고 ▶ 도,소매, 판매대



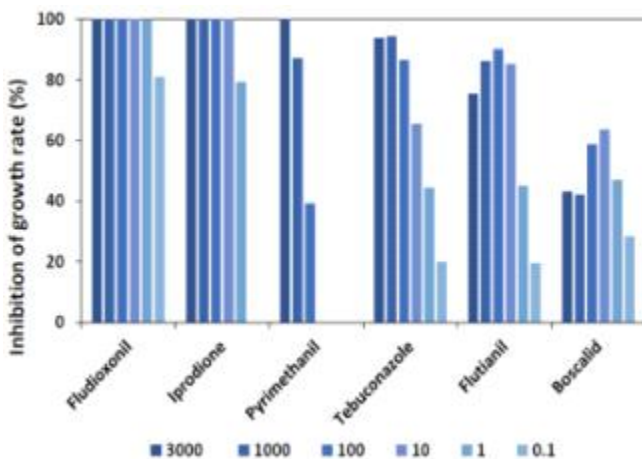
6. 수출 시 발행하는 문제점에 대한 해결점 제시

- 잿빛곰팡이병 방제 방법 : 잿빛곰팡이병은 토마토와 딸기의 생산-유통-수출 모든 단계에서 문제를 일으키는 중요한 식물병임. 본 연구에서는 딸기 생산단계에서 발생한 잿빛곰팡이병 이병체에서 병원균을 순수 분리하고 ITS 염기서열 분석으로 동정하여 잿빛곰팡이병원균(Botrytis cinerea)에 의한 식물병임을 확인하였음.

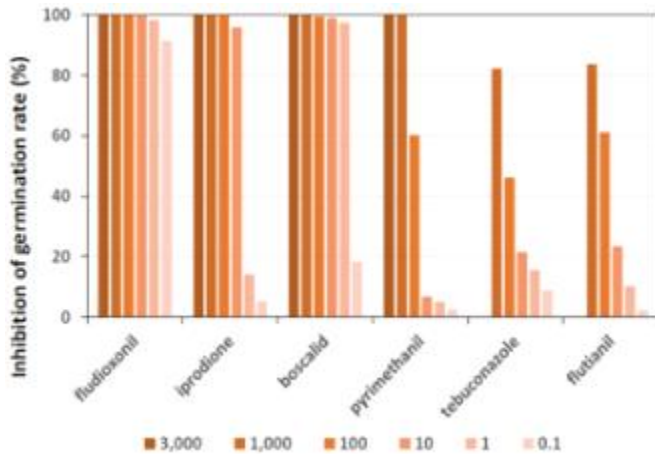


* 그림. 생산-APC-수송 단계별 주요 병원균 잿빛곰팡이병. A. 딸기 잿빛곰팡이병이병체, B, PDA배지 배양, C. conidiophore, D. conidia.

- 잿빛곰팡이병 방제를 위한 살균제를 선별하기 위하여 국내에 잿빛곰팡이병 방제를 위한 등록된 살균제를 모두 조사한 결과 9개의 mode of action에 97개 (2014년기준)의 살균제가 등록되어 있음.
- 국내외 잿빛곰팡이병 방제에 많이 사용되는 살균제 품목 6개(fludioxonil, iprodione, pyrimethanil, tebuconazole, flutianil, boscalid)를 선별하고 균사생장과 포자발아 억제력을 검정하였음. 각 살균제가 농도(0.1, 1, 10, 100, 1,000, 3,000 ppm)별로 희석된 PDA(Potato Dextrose Agar)배지에서 배양하여 억제력을 검정하였음.
- 그 결과fludioxonil과 iprodione이 강력하게 균사생장과 포자발아를 억제하였음.따라서 fludioxonil및 iprodione성분의 살균제를 이용하여 생산-유통-수출 단계에 맞는 적정ppm의 살균제 살포로 잿빛곰팡이병 방제에 활용할 수 있음.



* 그림. 선별 살균제에 대한 잿빛곰팡이병의 균사생장 억제효과검정.



* 그림. 선발 살균제에 대한 잣빛곰팡이병의 포자발아 억제효과검정.

■ 탄산시비 재배 후 이산화탄소가스 전처리 또는 후 살균처리

- 딸기: 탄산시비(1000ppm) 수량 이외에 당도 특히 경도가 25% 증가하였고, 이로 인해 저장기간이 3일 연장됨
- 현재 미국 등지에서 사용하고 있는 이산화탄소가스 처리는 우리 수출 품종인 매향의 경우 15% 가스 주입시 경도유지 효과가 있었으나, 고농도에서는 화탁갈변 등의 이상증상이 발생하여 15% 이하로 처리할 것으로 권장
- 딸기 2-5ppm, 토마토 5ppm 농도의 이산화염소 가스를 포장 전처리와 포장내 주입 처리 하였을때 살균효과가 가장 우수하였음. 현재 이산화염소가스는 농산물 살균 허용제로 사용되고 있으며, 처리 후 잔류되지 않는 특성을 가짐. 본 연구에서도 실험처리 후 검출되지 않았음.

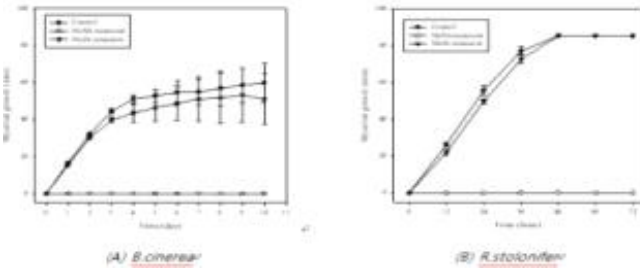
■ 패키징내 저농도의 산소가스와 고농도의 이산화탄소 환경

- 저온유통 중 딸기는 3,000cc/m²· day · atm, 토마토는 20,000cc OTR 필름으로 소포장 하였을때 포장내 가스 조성이 작물별 적정 CA/MA조건(딸기: 5-10% 산소, 15-20% 이산화탄소, 토마토: 3-5%산소&이산화탄소)에 부합하는 수준으로, 현장 적용이 가능하다고 판단됨. 특히 포장내 높은 이산화탄소는 경도유지에 매우 효과적임

■ MAP 기술연구 및 선도유지

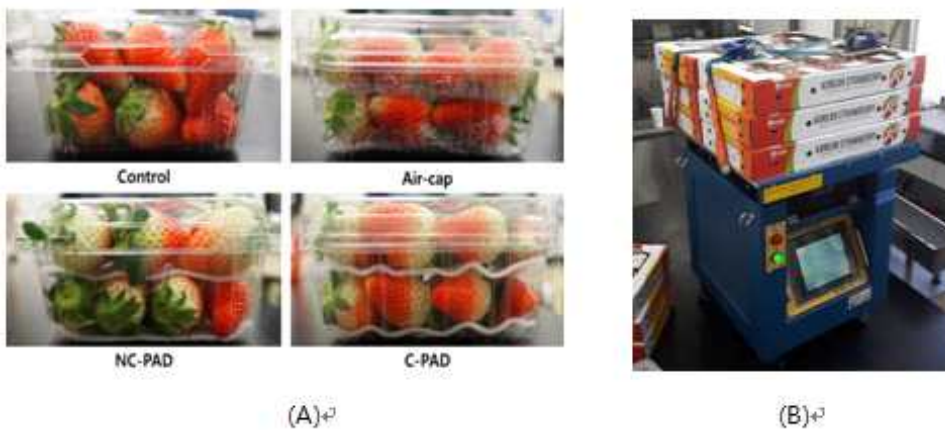
- 현재 토마토와 딸기는 밀폐되지 않은 소포장으로 유통되고 있으나, 선박수출과 같이 온도관리가 산지부터 판매처까지 유지되는 수출조건에서는 MAP 포장이 선도유지에 탁월한 효과를 보임.
- 딸기 선도유지 기술 : 재배 중 탄산시비+이산화염소 살균처리+MAP(3,000cc) + 2°C 저온유통 → 15일 이상 저장가능
- 토마토 : 엽면살포 (칼슘, 붕소, 규소) + 도색기 수확 + 이산화염소살균처리 + MAP(20,000cc) + 5°C 저온 유통 -> 3주 이상 저장 가능.

- MeSA , MeJA 함공광이 효과 변화 평가
 - MeSA (Methyl salicylate)와 MeJA (Methyl jasmonate)는 식물 내생 호르몬으로 무색의 휘발성인 특이향을 갖는 물질로 곰팡이 성장 억제, 호흡 촉진, 에틸렌 생합성 촉진 등 식물의 방어 및 숙성 기작에 영향을 미침
 - MeSA와 MeJA 화합물은 딸기의 전신헌득저항성을 유도하여 부패 발생을 예방하는 특성을 지님
 - MeSA와 MeJA의 항균 특성 연구에서 비접촉상에서의 MeSA 처리군에서 *B.cinerea*와 *R.stolonifer*균 배양 기간 동안 성장을 하지 않아 100%의 성장 억제율을 보임



* 그래프 : 비접촉상에서의 MeSA와 MeJA를 처리한 균사체 성장 억제율

- 딸기 및 토마토의 선도유지를 위한 PVA/IC 필름 적용 및 품질평가
 - 선도유지 필름의 포장 적용을 위해 PVA/IC 30%(w/w)혼합 용액을 패드에 코팅 적용하여 제작
 - 딸기 포장에 적용한 완충재로 기존에 사용된 에어캡과 추가적으로 패드 형태의 부직포를 PVA/IC 용액을 코팅하여 제작한 패드(C-PAD), 코팅처리가 없는 패드(NC-PAD) 그리고 완충재가 없는 샘플을 대조군으로 하여 실험을 진행
 - MeSA의 항곰팡이성과 SA함량 증가로 전신헌득 저항성(SAR)이 발현으로 되어 C-PAD에서 진동전과 진동 후 모두 가장 낮은 부패율을 보임



* 그림 : 완충재 (Air-cap, NC-PAD, C-PAD) 적용 샘플 사진 및 진동 실험 사진

- 수출용 딸기의 선도유지를 위한 보타노프레쉬 오일 패드 적용 및 평가
 - 보타노프레쉬(Botano Fresh) 오일 패드 : 항진균성과 한균성을 가진 오일로서, 혼합비에 따라 390-1, 550-1, 750으로 나뉨. 미국 FDA에서 지정한 안전한 물질로 인정된 천연 오일을 주성분으로함. 성분과 배합비는 특허로 인해 공개가 불가하지만 이미 유럽 딸기 시장에서 사용, 검토중인 제품이다.



* 그림 : 현지 도착 20일 후 딸기 상태 (좌: Control, 우: 보타노프레쉬 오일 패드 삽입)

경우의 수	10-Feb	13-Feb	15-Feb	17-Feb	20-Feb
Control	1%	2%	3%	6%	18%
보타노프레쉬 사용	0%	1%	2%	4%	10%

* 표 : 날짜별로 딸기의 부패 정도를 수치화함.

- 결과 : 홍콩 도착 후 냉장창고에서 보관하면서 2~3일 간격으로 부패 정도를 관찰하였음. 시간이 지날수록 Control과 보타노프레쉬를 사용한 딸기의 부패 정도가 심하게 차이남. 현지 도착 20일 후 약 8%의 차이를 보임. 이를 통해 보타노프레쉬가 선도 유지에 효과적임을 알 수 있었음.

- 수출용 딸기의 선도유지를 위한 프레센 겔팩 및 황토틀름 적용 및 평가
 - 프레센 겔팩 : 일정제형의 필름안에서 일정 시간 (상은 10~15일 이상) 일정 농도로 서방출되는 이산화염소를 발생시키는 겔팩으로 농산물의 소포장 용기 제품의 진, 세균을 억제하여 신선도를 유지시킴. ClO2 발생 농도 기준에 따라 4 ppm과 5ppm 두 종류로, 겔팩 용량에 따라 5grm과 6grm 두 종류로 나뉨.
 - 황토틀름 : 황토와 무기물을 첨가한 완충재로서 육안상으로는 기존의 완충재 (일명 뽕뽕이)와 차이가 없기 때문에 소비자에게 거부감을 주지 않음. 항균 원적외선 방사 등의 기능으로 과일 및 녹색 채소의 저장성을 향상시킴. 미생물의 진, 세균 억제제인 프레센 겔팩과 같이 사용시 농산물의 신선도를 일정 기간 연장할 수 있는 효과가 있음.



* 그림 : 실험 사진 (좌: Control, 우: 황토팩과 프레센 겔팩 삽입)

- 결과 : 프레센 겔팩을 사용하지 않은 Control과 비교하면 프레센 겔팩을 사용한 군에서 색, 잎마름정도, 맛 부분에 더 좋은 결과를 도출해냈다. 황토 필름의 성능을 확인하기 위해 실시한 Control 과 Test 1을 비교해보면, 그 효과가 미비함을 확인함. 딸기의 항공 수출시 냉장 카고를 이용하지는 않지만, 국내 생산 현장에서 싱가포르 현지까지 3일만에 운송이 완료되어 온도와 습도의 문제점이 딸기에 많은 영향을 미치지 않았음을 확인 할 수 있음.

7. 수출 확대 전략

■ 생산자 측면

- 규모화된 수출전문 생산단지를 집중적으로 육성하여 수출 농산물의 안정적 생산 및 공급 기반 조성을 최우선 과제로 설정.
- 현재 전문생산단지가 지정되어 있으나, 대부분 수출보다는 국내 출하비중이 높으며, 일부 생산단지의 경우 시설 노후화, 경영 마인드 부족으로 수출전문단지로서의 면모를 갖추지 못하고 있음.
- 시설 현대화 및 시설관리 자동화 도입을 통해 노동력 절감, 에너지 효율성 증대, 생산 환경을 개선하고 이를 통해 경영비를 절감, 농가수익을 높이고 수출시장에서의 가격 경쟁력을 높임.
- 수출전문 생산단지는 수출계획에 의거하여 생산하고 생산 단계별로 수출시장에서 원하는 품질관리방식을 도입하여 관리
- 규모화 된 수출전문 생산단지를 우선 대상으로 철저한 농약사용 이력관리 프로그램 도입과 전산 시스템 보급
- 안전성에 대해서 책임지고 전문적으로 지도 및 관리하는 안전지킴이 인력 육성 및 수출전문 생산 단지에 배치로 안전성 위반사례 사전 차단.
- 수출국에서 요구하는 품질 및 규격에 맞게 생산 시스템 운용을 위한 맞춤형 컨설팅 전문 인력 육성 및 수출전문 생산단지 컨설팅 지원
- 생산성 및 품질 향상, 선도 유지를 위한 수확 후 관리기술 등 수출전문단지를 우선적으로 한 선진 기술교육 기회 확대

- 수출업체 측면
 - 수출전문생산단지와 선별장, 수출업체를 하나로 구속하는 수출선도조직 육성을 통한 수출업체 규모화 및 전문성 증대
 - 규모화된 수출선도조직을 통해 수출창구를 단일화하여, 해외시장에서의 가격 교섭력 향상 및 환경 변화에 따른 대응능력 향상
 - 수출선도조직을 통한 해외시장 공동마케팅으로 보다 비용 면에서 효율적이고 효과적인 마케팅 활동가능
 - 수출선도조직을 중심으로 수출시장 다변화를 위한 신규 바이어 개척, 규모화된 조직으로 신규시장 개척시 바이어 발굴 가능성이 더욱 높아짐

- 수입업체 측면
 - 해외 aT센터를 통한 기존 바이어의 애로사항 정기적인 정취, 한국산 제품에 대한 품질 피드백, 개선요청 사항을 발굴하고 수출시장의 요구를 종합적으로 관리하고 즉각적으로 대응할 수 있는 시스템 도입
 - 기존 바이어 이외에 외식산업에 뛰어들고 잇는 신규 대기업체, 업무용 수요가 존재할 수 있는 바이어 신규 발굴 및 수출선도조직과 연계활동

- 소비자 측면
 - 소비자의 기호변화와 시장 트렌드 변화를 지속적으로 감지하고 이에 대응한 신규제품 (가공품 또는 신규품종 등)개발로 대체 과실류 다양화에 따른 소비 감소 가능성에 대응

8. 신시장 개척 전략

- 국제식품박람회 해외 종합 마케팅 수단으로 활용
 - 박람회와 연계한 해외 판촉, 광고 및 홍보, 바이어 초청을 연계
 - 종합박람회 중심에서 탈피, 박람회의 다양화 및 규모화 유도, 건강박람회와 같은 전문박람회로 특화
 - 지역별 박람회 참가 지원조건 조정을 통한 수출시장 다변화 유도, 기존시장 박람회는 지원을 줄이고 미개척 신시장은 지원강화
 - 개별참가박람회 지원 확대를 통한 틈새시장 개척에 주력

- 개별참가박람회 지원 확대를 통한 틈새시장 개척에 주력
 - 박람회 개최지역의 수출 유망사품들을 패키지 상품으로 참여할 수 있도록 수출업체 유도
 - 수출유망업체 및 대기업 유치를 통한 신시장 개척 침병으로 활용
 - 품목별 협의회 등을 통하여 개별박람회 사업추진, 품목별 자율적 시장질서 확립 및 품목별 협의회 활성화

- 해외 홍보사업의 효율성 제고를 위한 홍보수단 혁신
 - 전문지 광고보다는 tv, 일간지 중심으로 광고추진 및 지방 자치단체 연계하여 규모있는 홍보행사 개최
 - 재외공관 홈페이지에 우리 농식품 홍보 홈페이지 연계 홍보
- 우리 농식품 현지 주류사회 진출을 위한 현지인 대상 식문화 홍보행사 추진
 - 현지 축제와의 연계 홍보행사 확대
- 해외 정보조사 품질제고를 위해 심층정보조사 Outsourcing 추진
 - 현지 마케팅 전문기관 및 전문인력 활용방안 추진
- 농식품 수출정보망 Kati.net을 농식품 종합 글로벌 포털로 육성
 - 해외 주요 무역사이트와 전략적 제휴 및 프로모션 전개
 - 해외 한인 농식품 네트워크와 연계시스템 구축
 - 주요 수출품목을 별도 메뉴로 관리하여 바이어 알선으로 연계
- 해외 대형유통업체 직관행사 사업성과 제고를 위한 제도 개선
 - 대형유통업체와 MOU 체결, 유통업체 관계자 국내 초청 등
 - 행사 규모화 유도를 위해 ‘행사규모’에 따른 추가 지원 및 대형유통업체 ‘입점’에 따른 인센티브 확대
- 국가별 시장여건에 맞는 종합 판촉행사 확대
 - 일본은 이온 그룹 등 대형유통업체 연계 ‘대규모 판촉행사’ 추진
 - 중화권 및 동남아는 정기 혹은 릴레이식 종합 판촉행사 추진
 - 미주 및 구주지역은 한인회 연계 대형판촉행사 개최
 - 점진적으로 현지 대형유통업체 판촉행사 비율 확대

[제1협동 강원대 : 최기영]

1. 수출용 ‘매향’ 상품성 향상 기술 고도화

가. 딸기 동적환경요인 big data분석을 통한 수출생산단지 환경관리 기준안 제시

(1) 수출농가 수경재배방식에서의 지상부환경 및 지하부 계측

경상남도 진주시 수곡면에 위치한 고설 딸기 ‘매향’ 온실 2개소와 경상남도 사천시 주문리에 위치한 온실 1개소(그림 2-1)를 지정하여 2014년 10월부터 2017년 4월 30일 까지 계측하였다. 계측항목은 지상부 일사량, 온도, 습도, CO₂ 및 지하부 근권내 배지 온도, 함수량 및 EC의 8개 요소를 측정하였다. 계측용 센서로는 (주)미래센서(Korea)의 일사량센서(Pyran-70), 대기온습도 센서(SHT-110), CO₂ 센서(CO₂-530), 배지의 함수량, EC 및 온도 측정은 코코피트 전용센서(CoCo-100B)이다. 배지 내 함수량 변화는 배드 하단부(바닥으로부터 5~7cm)와 상단부(지체부에서 5~7cm)로 나눠 각각 측정하였으며, 모든 항목은 30분 간격으로 계측된 값을 데이터로거(WP-700)에 저장하였다.

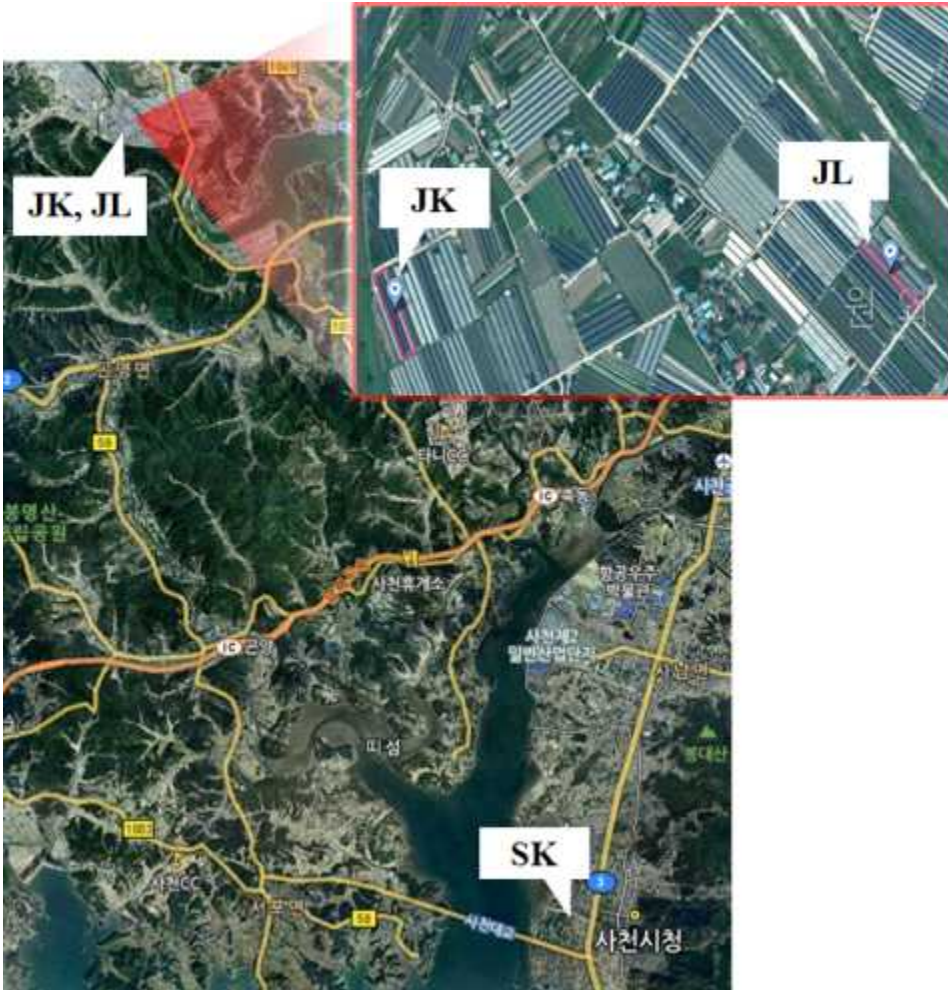


그림 2-1. 경남 진주시 수곡면 원외리, 사천시 용현면 내 위치한 수출 딸기 농가 JK, JL, SK의 온실 위치



그림 2-2. 진주시 수출단지 딸기 재배 현황
(상 2015.11.25.; 중 2016.2.2.; 하 2016.3.2.)

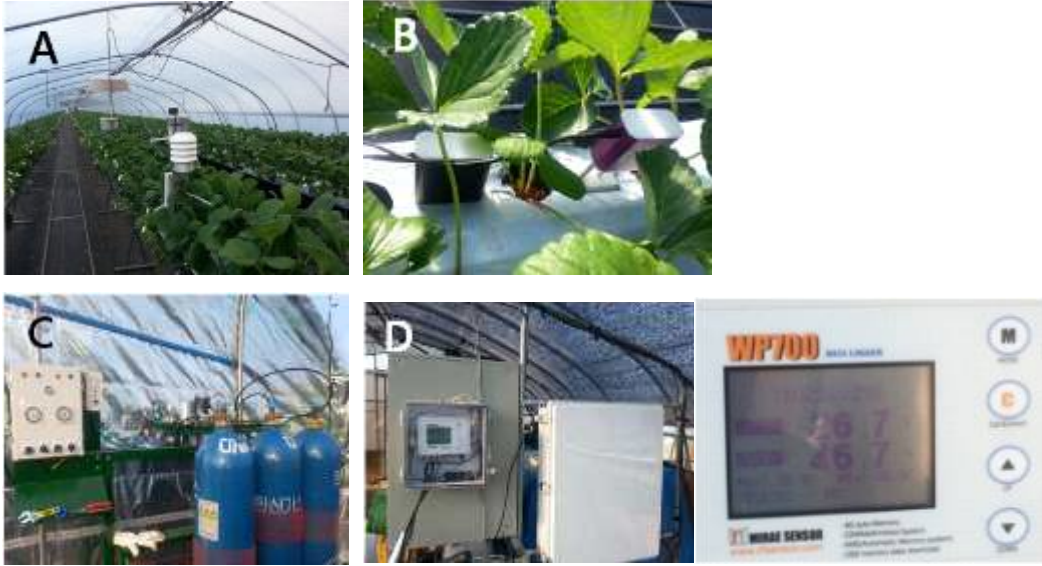


그림 2-3. 지상부 및 지하부 환경 계측 장치와 로거
 (A 지상부 환경 측정(온도, 습도, 광). B 지하부 환경 측정(수분함량, 온도, EC), C 탄산가스 공급 장치, D 데이터 로거)

월별 평균 환경계측 결과 농가 위치에 따른 지상부 환경(광, 온도, 상대습도, CO₂농도 등)이 상이하였다. 11월 중순 47주 일사량의 급격한 감소를 가져왔고, 이는 일평균온도 저하의 요인으로 작용할 수 있다. 11월 중순이후 12월, 1월 중~하순 일사량 저하로 온도 하강되었음으로 보여준다. 농가 위치에 따라 JK1농가의 일사량, 평균온도, 주간상대습도, 및 CO₂농도가 JL, JK2농가에 비해 낮은 경향을 보였다.(표2-1~3)

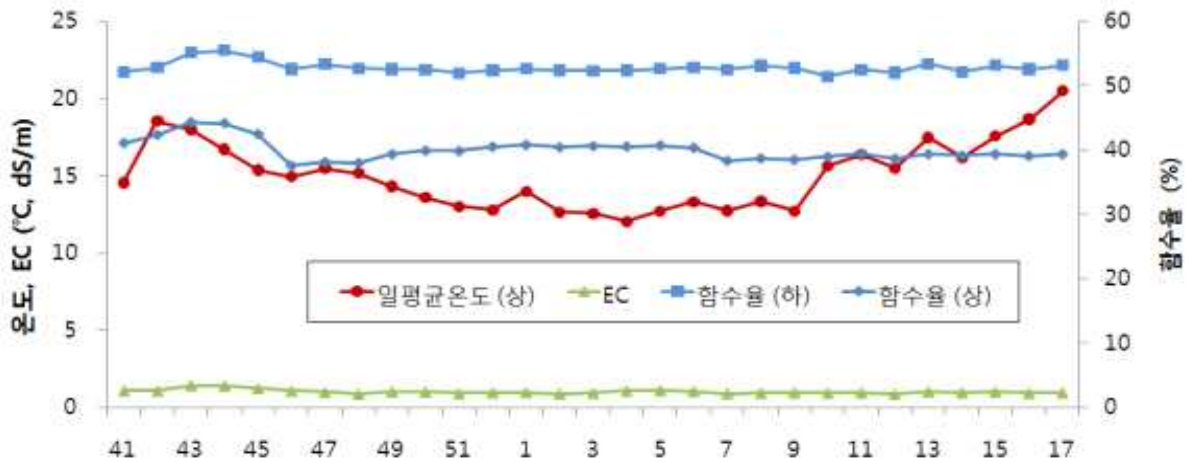
지하부 환경 계측 항목 함수량과 EC는 농가의 양액 관리 양상과 배지 조성에 따라 상이할 수 있으나, 온도의 경우는 온실 환경관리에 영향에 따른다.

2014년 11월 하순 47주의 JK1농가의 경우 누적광량은 27.1MJ/m²로 주간 평균온도도 46주에 비해 2.0℃ 하강하였다. 그러나 야간온도는 난방으로 오히려 45~46주보다 높게 유지되었다. 재배기간 중 온도가 내려간 시기는 11월 하순 47주, 1월 하순 5주차에 주간 및 배지 온도가 하강하는 것을 나타내었다. 주별 평균 온도 분포는 15.1℃(12.8~20.4℃), 주간/야간 온도분포는 20.9℃(16.6~24.8℃)/10.3℃(7.7~15.3℃)였다. 상부와 하부간의 함수량 차이가 평균 13.6%를 보였고, EC는 0.9~1.0mS/m², 배지 온도 또한 상부와 하부 간에 평균 0.2℃ 차이를 보여 주 평균 상부 배지온도는 15℃(12.0~18.5℃), 하부 배지 온도는 14.8℃(11.8~18.2℃)였다(그림 2-4~5).



그

그림 2-4. 재배 기간 중 JL농가의 주별 일사량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화(측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2.)



그

그림 2-5. 재배 기간 중 JL농가의 주별 배지 내 일평균 온도, EC 및 함수량 변화 (측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2.)

표 2-1 .진주시 수곡면 딸기 ‘매향’ JL수출농가 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경계측

		10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균		
지상부	누적광량 MJ/m ² /Month)	172.7	209.5	203.5	205.3	228.4	281.0	255.7	222.3		
	평균온도 (°C)	주간	21.4	21.3	21.1	20.5	19.8	20.8	21.7	20.9	
		야간	12.3	11.3	9.5	8.5	8.5	10.0	12.9	10.4	
		하루	16.5	15.5	14.2	13.4	13.5	15.4	17.5	15.1	
	상대습도 (%)	주간	62.5	66.3	69.2	70.9	66.9	57.6	63.4	65.3	
		야간	92.4	92.4	94.1	93.5	92.0	91.3	90.7	92.3	
		하루	78.7	81.4	84.1	84.3	81.0	74.6	76.3	80.1	
	CO ₂ (ppm)	주간	466.4	548.1	465.4	415.9	392.1	391.7	338.6	431.2	
		야간	625.6	766.7	715.2	619.9	584.7	581.8	484.7	625.5	
		하루	555.8	677.8	614.8	536.7	500.5	488.9	409.7	540.6	
	상부	함수량 (%)	주간	44.4	42.4	40.6	41.8	40.6	39.9	39.8	41.4
			야간	41.3	39.6	38.7	39.8	38.6	38.0	38.5	39.2
하루			42.7	40.8	39.4	40.6	39.5	38.9	39.2	40.2	
배지온도 (°C)	주간	18.7	16.7	14.8	13.9	14.1	16.3	18.7	16.2		
	야간	16.2	15.0	13.1	12.1	12.2	14.6	16.7	14.3		
	하루	17.4	15.7	13.8	12.8	13.0	15.5	17.8	15.1		
지하부	함수량 (%)	주간	1.2	1.2	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	
		야간	55.4	55.9	54.3	54.6	54.8	54.2	54.1	54.8	
		하루	51.7	52.7	51.1	51.0	51.2	50.3	51.2	51.3	
하부	배지온도 (°C)	주간	53.4	54.0	52.4	52.5	52.8	52.2	52.7	52.9	
		야간	17.1	15.4	13.5	12.4	12.8	15.2	17.4	14.8	
		하루	17.2	15.6	13.7	12.9	13.1	15.7	17.7	15.1	
	EC(dS/m ²)	17.1	15.5	13.6	12.7	13.0	15.5	17.6	15.0		
	EC(dS/m ²)	0.7	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8		

측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2, 측정 간격 : 30분 간격으로 계측

JK1농가의 주별 일사량, 온도, 습도 및 배지 내 함수량, EC, 온도 변화는 JL농가가 유사한 경향을 보였으나, 측정 농가 중 가장 낮은 지상부 광량, 온도, 습도 및 CO₂농도를 나타냈다 (표2-2). 재배 기간 중 측정된 평균 주별 일사량은 197.9W/m²으로 11월 하순부터 1월 하순 까지 평균 광량이 낮았으며, 역시 이 시가 온도도 낮았다(그림 4). 주 평균 온도 14.1℃ (12.4~20.4℃), 주간/야간 온도 19.2℃/10.0℃로 주야간 온도차가 9.2℃였다. 배지 함수량은 상부와 하부 간에 평균 11.8% 차이를 보여 상부/하부 함수량은 각각 38.0%/49.8%, 하부의 함수량이 높았으며, 배지 온도는 14.4℃이었으며, 배지 내 EC는 0.9~1.0dS/m²로 차이가 없었다 (그림2-6~7).



그림 2-6. 재배 기간 중 JK1농가의 주별 일사량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화(측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2.)

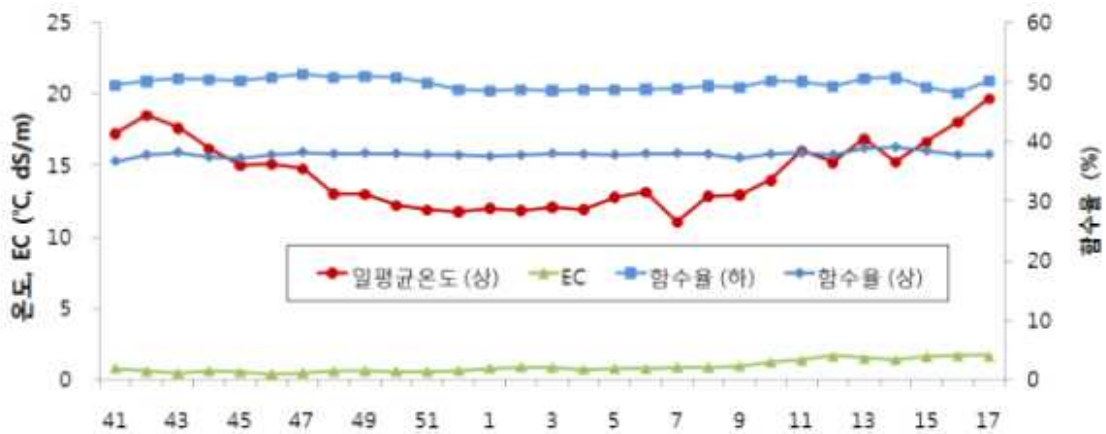


그림 2-7. 재배 기간 중 JK1 농가의 주별 배지 내 일평균 온도, EC 및 함수량 변화 (측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2.)

표 2-2. 진주시 수곡면 딸기‘매향’ JK1수출농가 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경계측

		10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균		
지상부	누적광량 MJ/m ² /Month)	157.0	187.5	166.0	165.8	185.6	326.6	315.5	214.9		
	평균온도 (°C)	주간	21.9	19.9	18.9	18.4	16.8	18.7	20.2	19.3	
		야간	12.3	11.9	8.8	8.3	8.0	9.2	12.5	10.1	
		하루	16.6	15.1	12.9	12.4	11.9	13.9	16.6	14.2	
	상대습도(%)	주간	59.8	62.6	65.8	66.6	68.0	54.7	64.0	63.1	
		야간	88.4	90.8	91.1	90.6	90.0	90.6	90.9	90.3	
		하루	75.7	79.1	81.0	80.8	80.3	72.9	76.6	78.1	
	CO ₂ (ppm)	주간	316.6	349.8	293.6	249.3	286.7	283.0	277.8	293.8	
		야간	348.6	543.5	480.3	416.1	491.6	484.2	481.6	463.7	
		하루	335.0	488.2	405.6	347.5	401.3	386.0	376.1	391.4	
	상부	함수량(%)	주간	38.9	38.8	39.3	39.1	39.3	39.2	39.3	39.1
			야간	36.8	37.1	37.1	36.9	36.9	36.7	37.3	37.0
			하루	37.7	37.8	38.0	37.8	38.0	37.9	38.3	37.9
	상부	배지온도(°C)	주간	19.0	16.1	13.4	13.0	13.5	15.7	17.7	15.5
			야간	16.9	15.5	11.7	11.2	11.6	14.0	16.2	13.9
하루			17.9	15.4	12.4	11.9	12.5	14.8	17.0	14.6	
지하부	함수량(%)	주간	52.1	52.3	52.3	50.6	51.1	52.3	51.1	51.7	
		야간	48.6	49.9	49.1	47.3	47.3	47.3	47.8	48.2	
		하루	50.1	50.8	50.4	48.7	49.0	49.8	49.6	49.8	
하부	배지온도(°C)	주간	18.7	15.6	12.7	12.4	13.0	15.1	17.1	14.9	
		야간	17.9	16.0	12.2	11.7	12.3	14.6	16.6	14.5	
		하루	18.2	15.4	12.4	12.0	12.6	14.8	16.8	14.6	
	EC(dS/m ²)	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.1	1.0		

측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2, 측정 간격 : 30분 간격으로 계측

JK2의 12월 누적광량은 217.2MJ/m²를 보였으며, 주간 평균/주간/야간 온도 15.2°C/20.5°C/11.1°C로 일사량이 낮았던 시기에 평균온도가 비교적 낮은 것을 알 수 있었다(그림2-8). JL농가의 주별 주간 환경이 유사한 경향을 보였다. 배지 내 온도는 평균 15.5~15.8°C 나타냈으며, EC 1.2~1.4dS/m²였으며, 상부와 하부의 함수량은 각각 48.6%, 70.7%로 측정 3 농가 중 가장 높은 함수량을 보였다(그림2-9). 이는 배지가 피트모스 함량이 높은 BC2 배지를 사용하고 있어서 특히 하부의 함수량이 높은 반면, 다른 2농가는 코코배지를 사용하여 차이를 보였다.(그림 2-8,9)

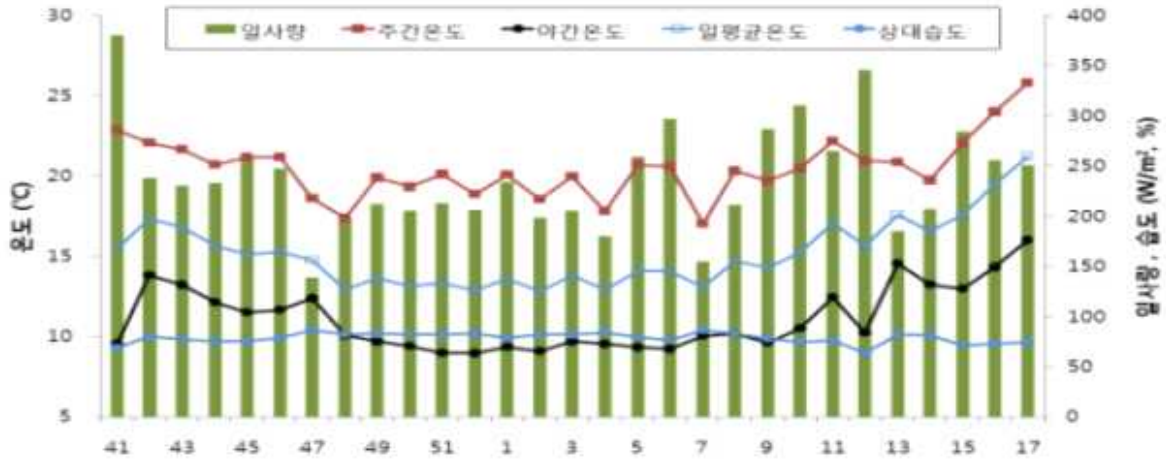


그림 2-8. 재배 기간 중 JK2 농가의 주별 일사량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화(측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2.)

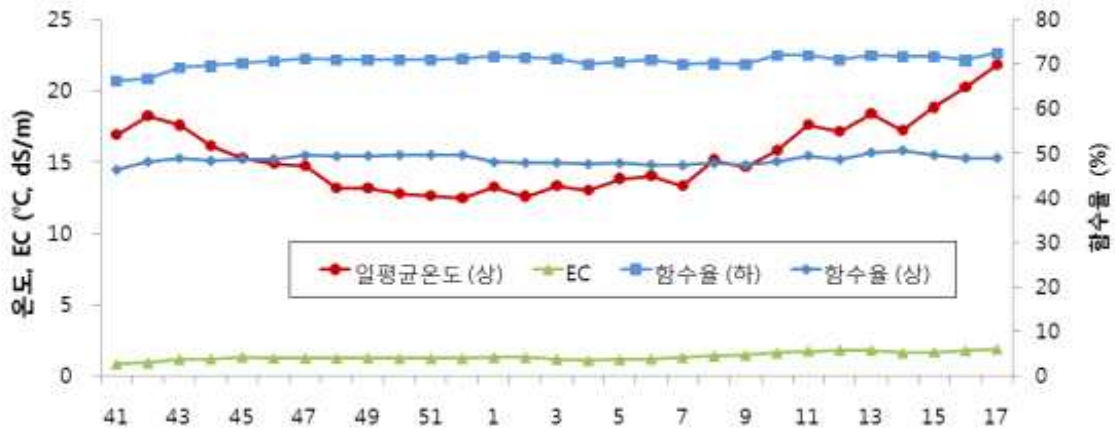


그림 2-9. 재배 기간 중 JK2 농가의 주별 배지 내 일평균 온도, EC 및 함수량 변화 (측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2.)

표 2-3. 진주시 수곡면 딸기‘매향’ JK2수출농가 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경계측

		10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균		
지상부	누적광량 MJ/m ² /Month)	174.6	223.7	217.2	221.9	239.6	368.1	309.2	250.6		
	평균온도 (°C)	주간	22.0	20.3	19.2	19.1	19.7	20.9	22.1	20.5	
		야간	12.4	12.2	9.4	9.3	9.7	11.0	14.1	11.2	
		하루	16.6	15.3	13.2	13.2	14.0	15.8	18.2	15.2	
	상대습도 (%)	주간	59.6	64.2	67.8	67.8	68.1	54.9	63.5	63.7	
		야간	88.3	90.4	91.7	90.7	91.5	90.9	90.5	90.6	
		하루	75.8	79.9	82.4	81.5	81.5	73.8	76.6	78.8	
	CO ₂ (ppm)	주간	399.3	481.7	415.3	405.1	443.6	469.3	422.5	433.8	
		야간	456.1	725.9	629.5	586.1	671.1	765.8	689.0	646.2	
		하루	433.0	662.0	546.4	514.0	573.9	625.3	556.2	558.7	
	상부	함수량 (%)	주간	48.9	49.9	50.8	49.4	48.8	49.7	50.6	49.7
			야간	47.2	48.3	48.7	47.1	46.7	47.4	48.6	47.7
하루			47.9	48.9	49.5	48.0	47.6	48.5	49.6	48.6	
상부	배지온도 (°C)	주간	18.7	16.1	13.7	14.1	15.2	17.8	20.0	16.5	
		야간	16.9	15.4	12.4	12.2	13.3	15.5	18.1	14.8	
		하루	17.7	15.4	12.9	13.0	14.1	16.6	19.0	15.5	
지하부	EC(ds/m)	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.7	1.8	1.4		
	함수량 (%)	주간	69.6	72.0	73.1	73.2	72.3	73.3	73.1	72.4	
		야간	65.9	69.5	69.8	69.8	68.9	69.5	70.1	69.1	
하루		67.5	70.4	71.1	71.1	70.4	71.3	71.6	70.5		
하부	배지온도 (°C)	주간	18.2	16.2	13.6	13.8	14.9	17.2	19.2	16.2	
		야간	18.0	16.6	13.3	13.2	14.3	16.7	18.8	15.8	
		하루	18.1	16.1	13.4	13.4	14.5	16.9	19.0	15.9	
	EC(dS/m ²)	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.3	1.2		

측정 기간:2014. 10.15~2015. 5.2, 측정 간격 : 30분 간격으로 계측

2015년 11월부터 진주시 수곡면에 위치한 JK온실 내 지상부 월평균 누적광량, 평균온도, 상대습도와 지하부 월평균 함수량, 배지온도, EC를 정리한 결과는 표2-4와 같다. 12월, 1월 월평균누적광량은 109~110MJ/m²/Month로 낮았다. 11~1월 평균온도는 13.1℃(12월)~15.0℃(11월) 이였고, 11월과 12월 주간 평균 온도는 18.3℃, 1월 주간평균온도는 23.3℃, 야간평균온도는 11월 13.0℃, 12월 10℃, 1월 7.9℃로 주간과 야간 평균온도 차이가 컸다. 2월은 1월보다 누적광량이 많았으나, 지상부 온도는 낮았다. 주간 CO₂ 평균농도는 242ppm(1월)~367.7ppm(11월)으로 광량 증가에 따라 낮 온도가 올라가면서 온실 내 온도 상승을 막고자 환기의 영향으로 1월 이후 CO₂ 농도는 11월 12월 보다 낮은 것으로 보이며, 야간 CO₂ 농도는 389.8~608.5ppm으로 주간보다 높았다. 지하부 근권 배지 깊이에 따른 함수량, EC 농도는 차이를 보여 상부에 비해 하부의 함수량이 낮고, 배지 내 EC는 높았으며 상부와 하부 간 온도 차이는 크지 않았다. 상부 함수량은 평균 39.2%(1월)~42.8%(11월), 하부 함수량은 62.5%(1월)~68.5%(3월), 상부 EC 0.4~0.9dS/m², 하부 EC 0.7~1.3dS/m² 였다. 1월 광량 증가로 온도가 상승하게 됨에 따라 급액 횟수가 증가하면서 급액 EC를 낮게 공급한 것이 1월 0.5dS/m²로 나타나 하부 EC를 낮춘 것으로 보인다. 그림 4~6은 재배 기간 중 주별 평균 누적광량에 따른 온도(평균, 주간, 야간), 습도 변화 및 근권 내 함수율과 EC 변화이다.

진주시 수곡면에 위치한 JL온실 내 지상부 월평균 누적광량(MJ/m²/Month)은 11월 80, 12월 135, 1월 199, 2월 206, 3월 250.3, 4월 239로 증가하였으며, 지상부 평균온도도 13.0℃(1월)~18.6℃(4월) 나타났다. 이는 JK 온실의 경우 11~1월의 광량, 주야간 온도 차가 JL 온실에 비해 큰 결과로 나타났고, 야간 온도가 1월과 2월에는 8.5℃, 9.0℃로 낮아 2016년 1월과 2월의 온도 하강이 예년에 비해 늦음을 보였다. 지하부 근권내 함수량, 배지 온도, EC의 경우도 상부와 하부 위치에 따른 차이는 있으나, 상부 함수량이 50.5~46.3%, 하부 함수량은 52.8%~61.3%, 상부 EC 1.0~1.3dS/m², 하부 EC 0.8~1.4dS/m² 였다. 이는 JK과 비교하여 급액 EC를 1.0~1.3dS/m² 공급한 것이 큰 차이를 나타냈으며, 12월 이후 온도가 낮아지는 시기야간 배지 온도도 12월 0.7℃, 1월 2.1℃, 2월 1.6℃ 높아 근권 관리에 차이를 보였다. 그림 7~9는 재배 기간 중 주별 평균 누적광량에 따른 온도(평균, 주간, 야간), 습도 변화 및 근권 내 함수율과 EC 변화이다.

3 온실의 환경계측을 종합해 볼 때 월 평균 누적광량에 따른 지상부 온도는 증가하였으나, 2016년 1월과 2월의 온도는 비교적 낮은 특징과 JL, SK 온실에 비해 JK 온실의 지상부 온도가 낮았다. 월평균 누적광량도 JL > SK > JK 순으로 차이를 보였다. 특히 야간 온도는 환경 관리에 따라 농가간 차이를 보였으며 SK온실이 높았다. 급액 EC의 경우 JL 온실은 4월 까지 급액 EC 10dS/m²을 유지한 반면, JK, 온실은 1월부터 급액 상부 급액 EC가 0.5dS/m², SK온실은 재배기간 내내 0.5dS/m² 이하로 유지되는 특징을 나타냈다.

표 2-4. 진주시 수곡면 딸기 ‘매향’ JK수출농가 2년차 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경
계측

측정항목	11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균	
누적광량 (MJ/m ² /Month)	70.1	110.7	109.7	150.9	201.2	263.5	151.0	
평균온도 (°C)	주간	18.3	18.3	16.3	16.6	19.9	22.4	18.6
	야간	13.0	10.0	7.9	8.1	10.8	13.2	10.4
	하루	15.0	13.1	11.2	11.7	15.0	17.8	14.0
상대습도 (%)	주간	73.8	69.1	70.6	60.2	57.0	57.1	64.7
	야간	93.7	92.2	90.0	90.4	90.1	86.9	90.3
	하루	86.1	83.5	82.3	77.5	74.5	71.8	78.9
CO ₂ (ppm)	주간	367.7	354.8	242.1	286.7	326.7	260.1	307.5
	야간	608.5	542.5	391.2	475.8	555.2	388.8	487.7
	하루	516.5	471.8	332.2	395.1	447.9	323.7	410.5
상부 배지온도 (°C)	주간	43.8	42.2	40.4	41.4	39.4	39.0	40.9
	야간	42.8	40.7	39.3	40.3	38.0	37.4	39.6
	하루	43.2	41.3	39.7	40.8	38.6	38.2	40.1
지하부 배지온도 (°C)	주간	15.3	13.2	11.5	13.1	16.7	18.1	14.6
	야간	14.7	12.2	10.3	11.7	15.4	17.1	13.6
	하루	15.0	12.6	10.8	12.3	16.0	17.6	14.0
지하부 함수량 (%)	주간	0.9	0.9	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6
	야간	66.1	66.7	66.8	67.0	70.6	67.9	67.6
	하루	63.4	63.7	63.7	63.4	66.7	64.0	64.2
하부 배지온도 (°C)	주간	64.4	64.8	64.9	64.9	68.5	66.0	65.7
	야간	15.1	12.7	10.8	12.1	15.3	17.0	13.8
	하루	15.2	12.9	10.9	12.5	16.0	17.8	14.2
지하부 EC(dS/m ²)	야간	15.2	12.8	10.9	12.3	15.7	17.4	14.0
	하루	1.2	1.3	0.8	0.7	0.7	0.7	0.9

측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30, 측정 간격: 30분 간격으로 계측



그림 2-10. 재배 기간 중 JK농가의 주별 평균누적광량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화(측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30.)

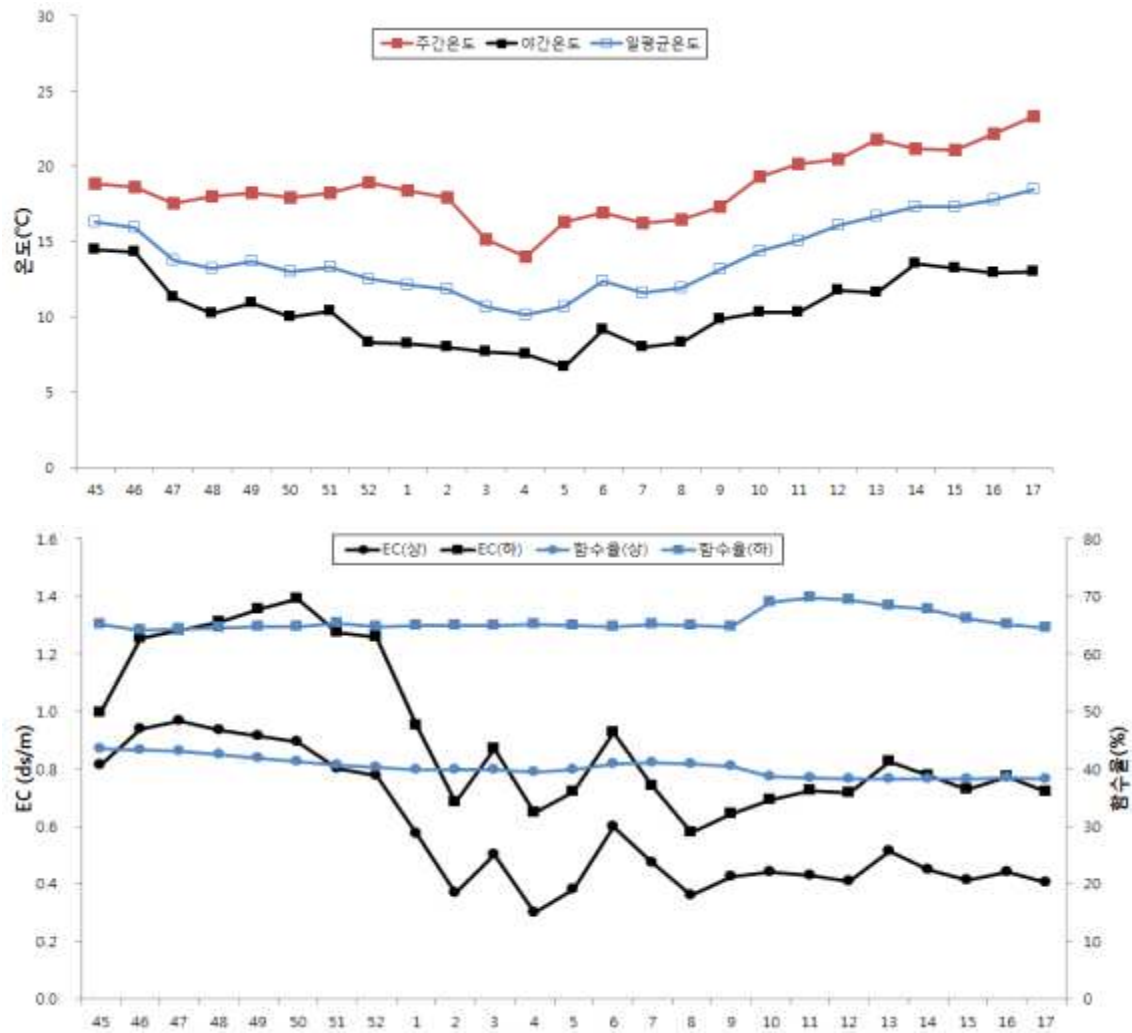


그림 2-11. 재배 기간 중 JK농가의 주별 일평균 온도, 주간온도, 야간온도, 배지 내 EC 및 함수량 변화 (측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30.)

표 2-5. 진주시 수곡면 딸기 ‘매향’ JL수출농가 2년차 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경
계측

측정항목	11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균		
누적광량 (MJ/m ² /Month)	80.5	135.2	199.5	206.7	250.3	239.1	185.2		
지상부 평균온도 (°C)	주간	18.5	19.0	19.4	20.6	19.3	21.4	19.6	
	야간	12.3	9.7	8.5	9.0	12.3	16.0	10.3	
	하루	14.7	13.3	13.0	14.1	15.5	18.6	14.5	
상대습도 (%)	주간	74.3	71.2	71.1	63.2	56.3	58.1	66.0	
	야간	91.3	92.5	90.8	90.0	78.9	72.9	88.7	
	하루	84.5	84.1	82.7	78.4	68.6	65.8	78.7	
CO ₂ (ppm)	주간	309.6	333.9	293.4	300.1	282.6	233.4	295.7	
	야간	477.3	509.9	481.4	503.2	423.4	253.3	453.5	
	하루	410.3	441.0	404.1	414.7	359.4	243.8	386.6	
상부 함수량 (%)	주간	52.5	51.5	54.8	54.8	45.5	45.8	50.8	
	야간	51.5	49.9	52.6	52.5	45.4	46.8	49.0	
	하루	51.9	50.5	53.5	53.5	45.5	46.3	50.0	
배지온도 (°C)	주간	15.0	13.6	13.6	14.7	15.2	18.9	15.1	
	야간	14.5	12.9	12.4	13.4	14.4	18.6	14.1	
	하루	14.7	13.2	12.9	14.0	14.8	18.7	14.6	
지하부 EC(ds/m)	주간	1.1	1.0	1.1	1.0	1.0	1.3	1.1	
	함수량 (%)	주간	62.5	63.1	60.6	59.6	57.1	58.4	60.1
	야간	60.2	60.1	57.0	55.6	49.3	50.6	56.4	
하부 배지온도 (°C)	하루	61.1	61.3	58.5	57.4	52.8	54.3	58.2	
	주간	14.6	12.8	12.7	14.1	14.7	17.5	14.3	
	야간	15.1	13.6	13.1	14.2	14.7	17.9	14.7	
EC(dS/m ²)	하루	14.9	13.3	12.9	14.2	14.7	17.7	14.6	
	주간	0.8	0.8	0.9	0.8	1.2	1.4	0.9	

측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30, 측정 간격: 30분 간격으로 계측



그림 2-12. 재배 기간 중 JL농가의 주별 평균누적광량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화 (측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30.)

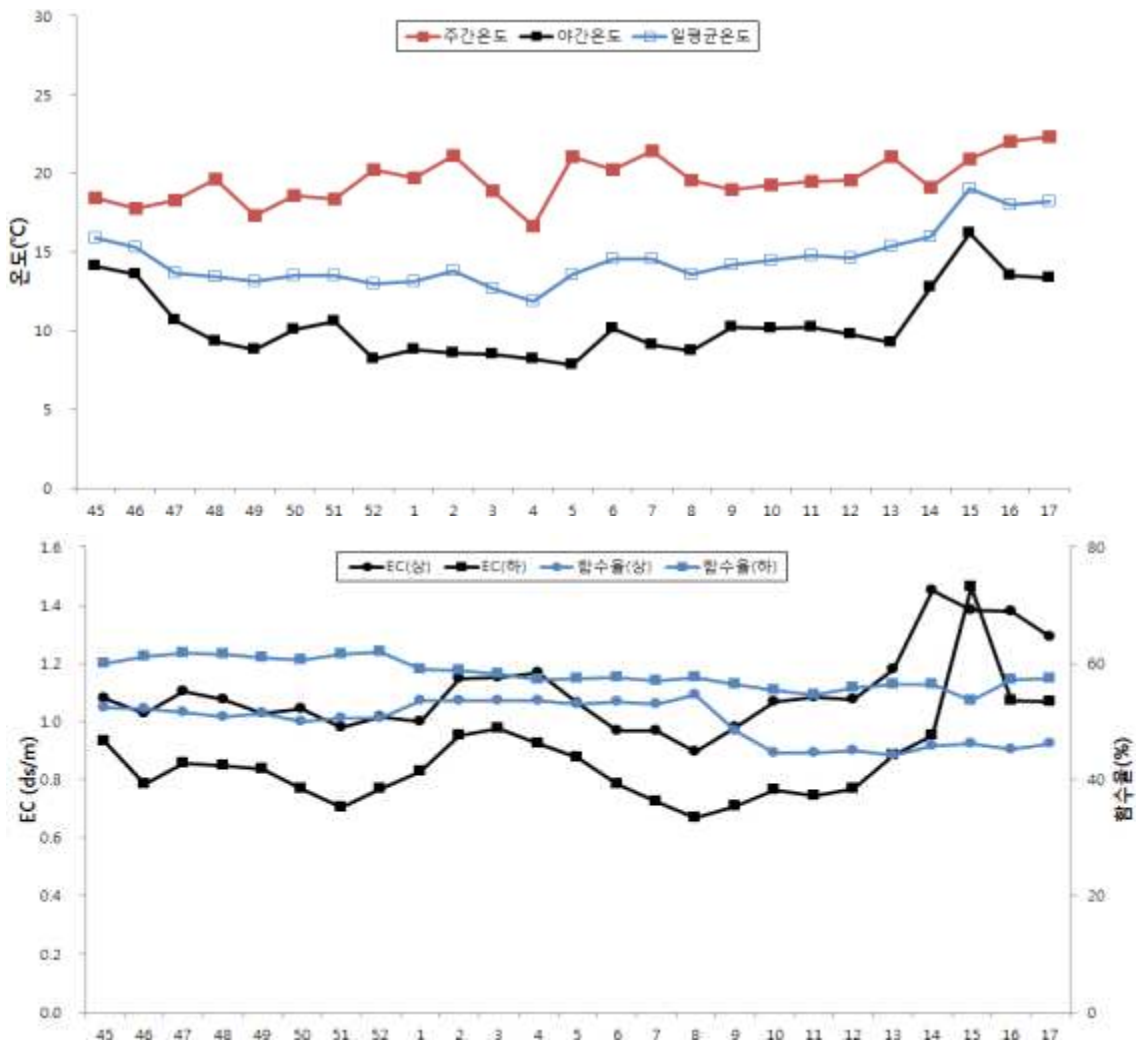


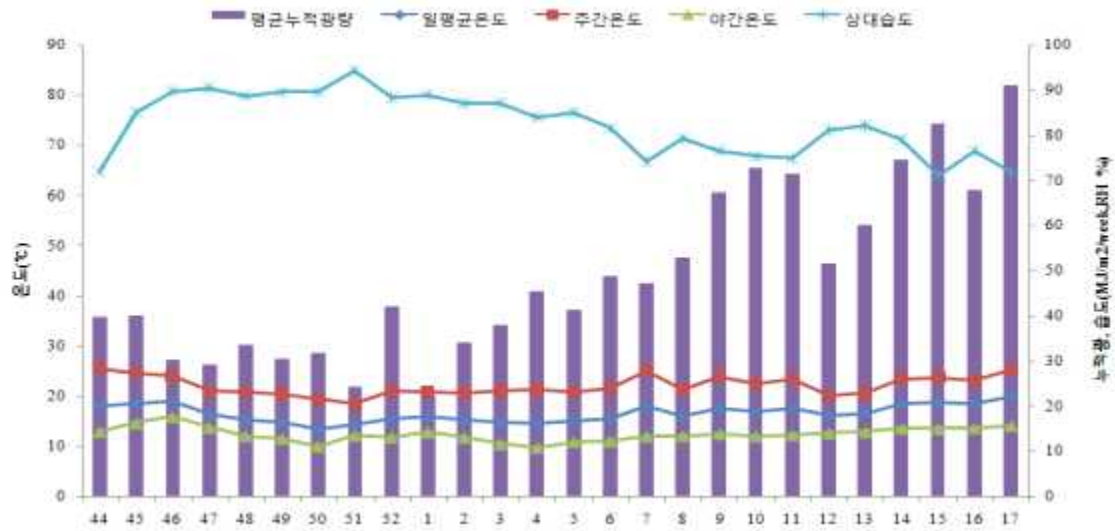
그림 2-13. 재배 기간 중 주별 JL농가의 일평균 온도, 주간온도, 야간온도, 배지 내 EC 및 함수량 변화 (측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30.)

2016년 11월부터 2017년4월까지 사천시에 위치한 SK 온실의 환경계측결과 월평균 누적광량은 172.6MJ/m²/Month, 지상부 평균온도 22℃, 상대습도 57.7%, CO₂ 360ppm, 지하부 배지온도는 16℃, 함수량 53.5%, 배지 EC 0.8dS/m²였다(표2-6). 12월~1월의 평균 누적광량은 119.9~149.1MJ 로 재배기간 중 가장 낮았다. 1월 평균온도는 21.5℃, 주간 CO₂ 평균농도가 12월은 367.3ppm, 1월은 510.6은 높았다. 1월의 평균누적광량은 12월에 비해 높았으나, 지상부 야간온도가 12월에 비해 3℃이상 낮았고, 지하부 배지온도가 낮았다. 이것이 낮 시간 23~25℃이상 상승하면 딸기 적정온도 유지를 위해 환기가 이루어지는 데, 1월은 누적 광량이 높음에도 불구하고 온도상승이 12월보다 낮음으로 CO₂ 농도가 상승하였을 것으로 추정된다.

진주시 수곡면에 위치한 JL온실 내 재배기간 중 월 평균 누적광량은 171.6MJ/m²/Month, 지상부평균온도 19.6℃, 상대습도 66.0%, CO₂ 295.7ppm, 지하부 배지온도 15.1℃, 함수량 50.8%, 배지EC 1.1dS/m²였다(표2-7). SK온실의 환경계측과 비교하면 광량, 상대습도는 차이가 없으나, 지상부 야간온도가 낮고 CO₂농도가 높았으며 배지 함수량과 EC농도가 높은 경향을 나타냈다. 12월 이후 월 누적광량은 계속 증가하였으며, SK온실에서와 같이 12월에 비해 1월은 누적광량이 많았음에도 불구하고 지상부 온도와 배지온도는 낮았다.

표 2-6. 진주시 수곡면 딸기‘매향’수출농가(SK) 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경계측

측정항목	11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균			
지상부	누적광량 (MJ/m ² /month)	99.3	119.9	149.1	198.5	263.0	205.9	172.6		
	평균온도 (C)	주간	23.1	19.7	20.4	22.1	22.4	23.1	21.8	
		야간	14.7	11.5	11.4	11.4	12.3	13.5	12.5	
		하루	18.0	14.4	14.9	16.0	17.0	18.4	16.5	
	상대습도 (%)	주간	64.0	65.5	63.0	53.1	49.3	55.1	58.3	
		야간	90.1	91.4	90.0	86.4	86.4	82.3	87.8	
		하루	79.5	81.5	79.2	72.1	69.2	68.5	75.0	
	CO ₂ (ppm)	주간	354.3	304.8	291.0	332.6	347.0	310.6	323.4	
		야간	502.0	404.5	371.4	390.5	416.7	309.7	399.1	
		하루	442.6	367.3	339.7	366.8	384.6	312.1	368.9	
	지하부 (상부)	함수량 (%)	주간	45.5	46.7	49.0	52.9	53.7	54.7	50.4
			야간	43.7	45.1	47.2	51.3	51.9	52.8	48.7
			하루	44.4	45.7	47.9	51.9	52.7	53.8	49.4
		배지온도 (C)	주간	18.0	14.5	15.3	16.1	17.4	18.9	16.7
			야간	17.8	14.1	14.5	15.3	16.8	18.0	16.1
하루			17.9	14.0	14.8	16.0	17.1	18.4	16.4	
EC(dS/m ²)		0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.6	0.75		
측정기간: 2016.11. 6. ~ 2017. 4. 30.. 측정 간격: 30분 간격으로 계측										



그림

그림 2-14. 채배 기간 중 SK농가의 주별 평균누적광량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도변화(측정기간: 2016.11. 6. ~ 2017. 4. 30.)

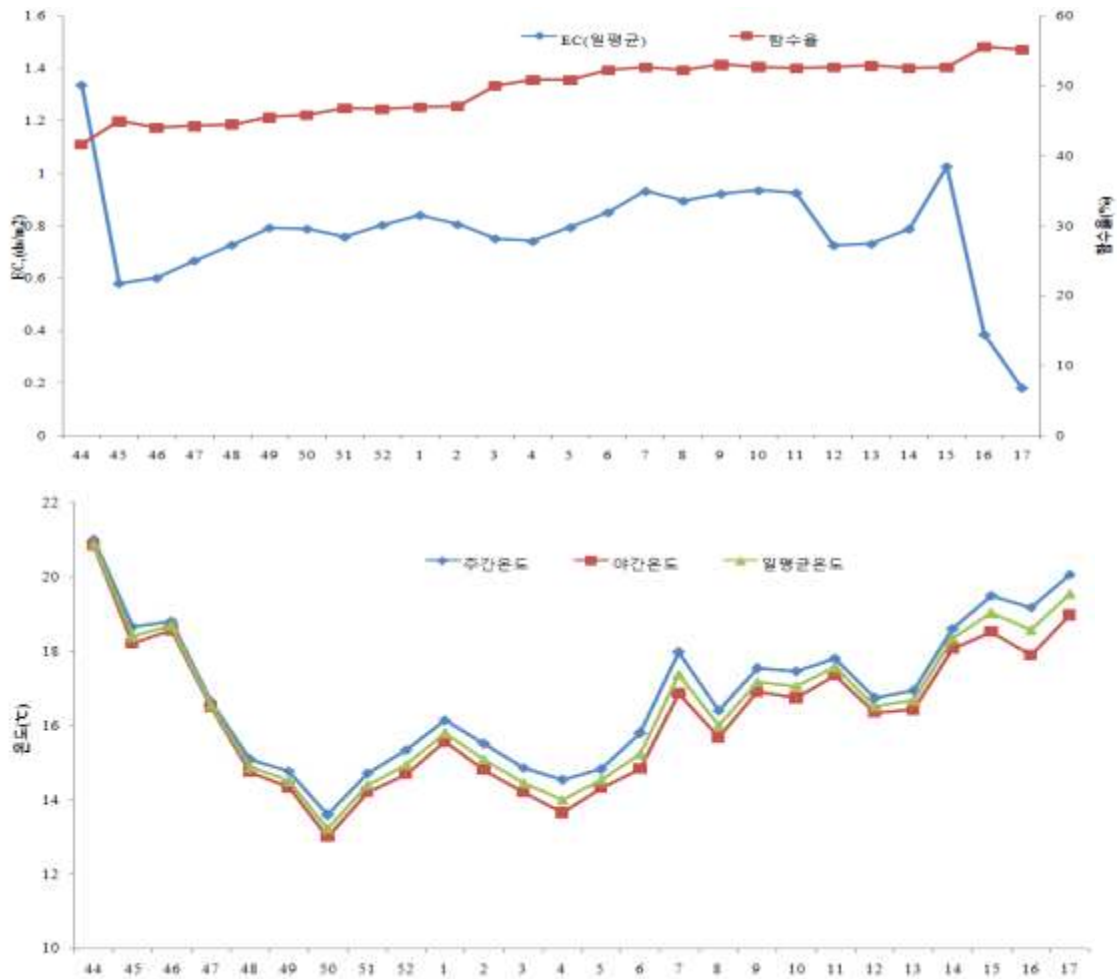


그림 2-15. 채배 기간 중 SK농가의 주별 배지 내 EC 및 함수량, 일평균 온도, 주간온도, 야간온도 변화(측정기간: 2016.11. 6. ~ 2017. 4. 30.)

표 2-7. 진주시 수곡면 딸기‘매향’수출농가(JL) 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경계측

측정항목		11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균		
지상부	누적광량 (MJ/m ² /month)		108.6	132.1	166.6	198.3	217.9	205.9	171.6	
		주간	20.5	21.4	21.5	22.8	22.0	22.3	21.8	
		야간	11.0	10.0	8.5	8.5	9.2	12.3	9.9	
	평균온도(C)	하루	15.0	14.5	13.7	14.9	15.2	17.5	15.1	
		주간	58.6	65.1	59.0	53.9	50.7	52.2	56.6	
		야간	84.1	84.7	83.1	83.8	84.7	81.1	83.6	
	상대습도 (%)	하루	73.4	76.9	73.6	70.6	68.6	66.1	71.5	
		주간	343.5	546.4	510.6	539.8	564.0	488.4	498.8	
		야간	578.4	748.3	644.7	653.8	700.3	499.5	637.5	
	CO ₂ (ppm)	하루	481.3	669.0	591.5	601.7	635.5	497.0	579.3	
		주간	68.4	59.7	73.1	57.4	54.8	57.9	61.9	
		야간	64.4	57.4	71.7	56.4	53.1	56.4	59.9	
	지하부 (상부)	함수량 (%)	하루	66.1	58.3	72.3	56.8	53.9	57.2	60.8
			주간	15.2	14.5	12.9	14.5	14.8	16.9	14.8
			야간	15.4	13.8	13.1	13.1	14.0	16.4	14.3
배지온도(℃)		하루	15.3	14.1	13.0	13.7	14.4	16.7	14.5	
		주간	0.8	0.9	0.9	1.3	1.0	1.1	1.0	
		야간								

측정기간: 2016.11. 6. ~ 2017. 4. 30., 측정 간격 : 30분 간격으로 계측

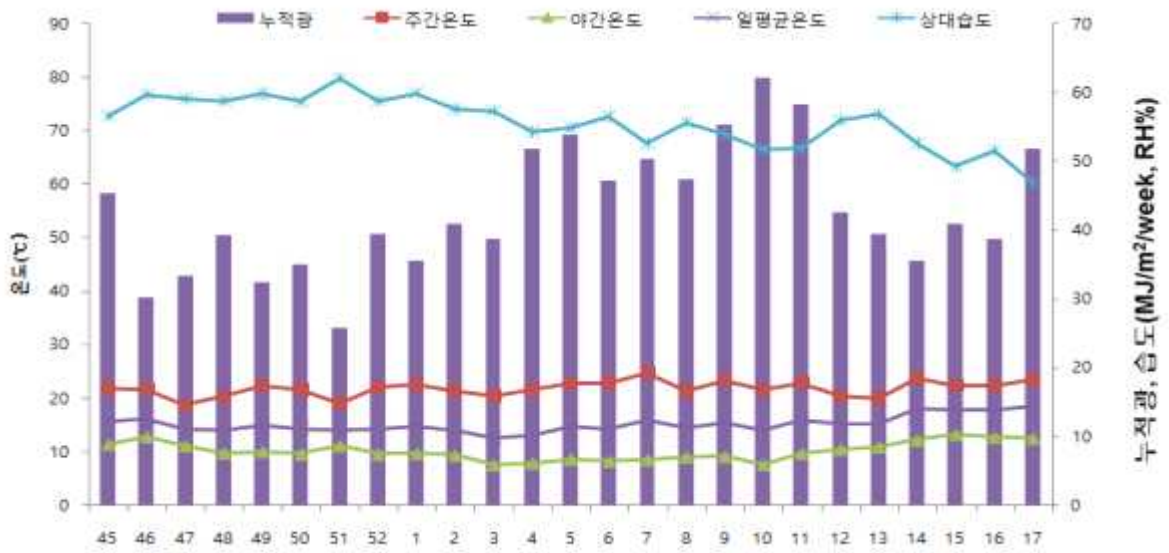


그림 2-16. 재배 기간 중 JL농가의 주별 평균누적광량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화 (측정기간: 2016. 11. 6. ~ 2017. 4. 30.)

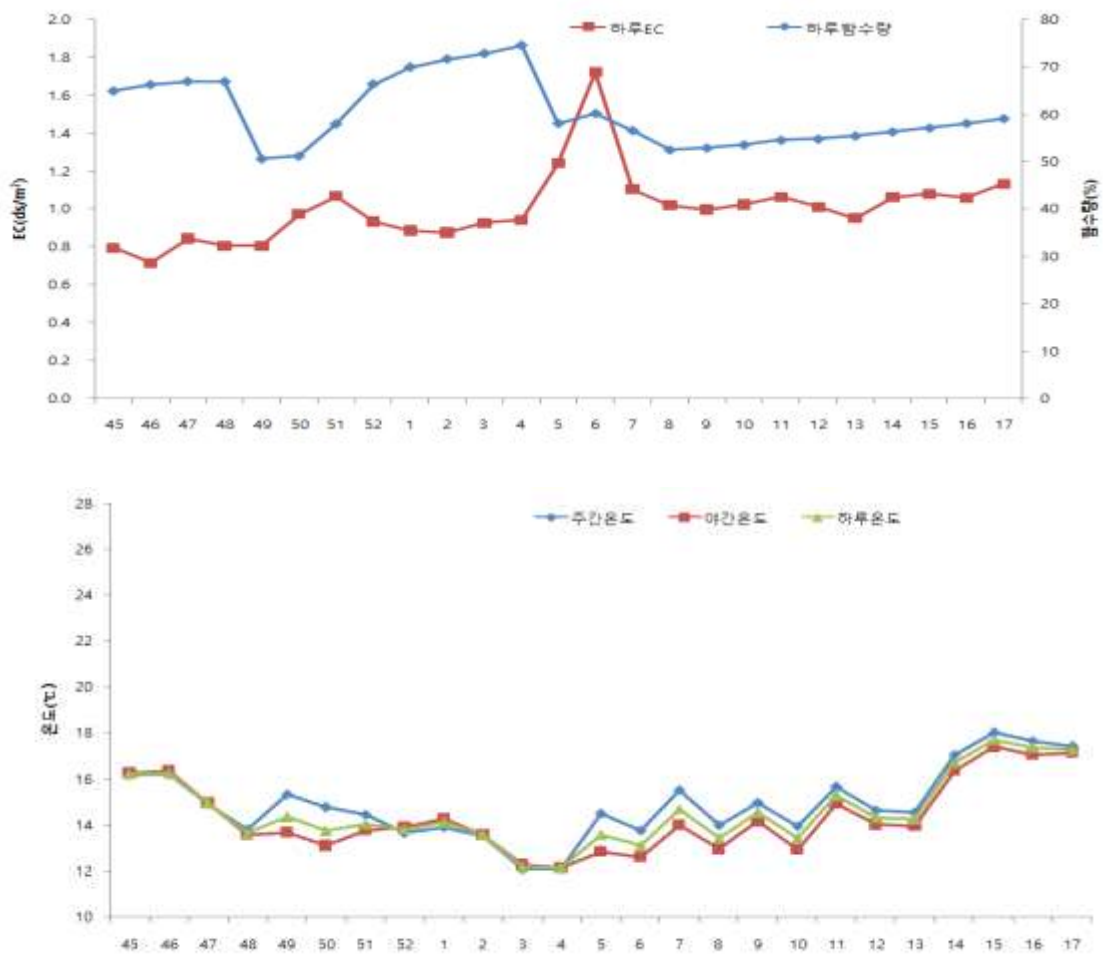
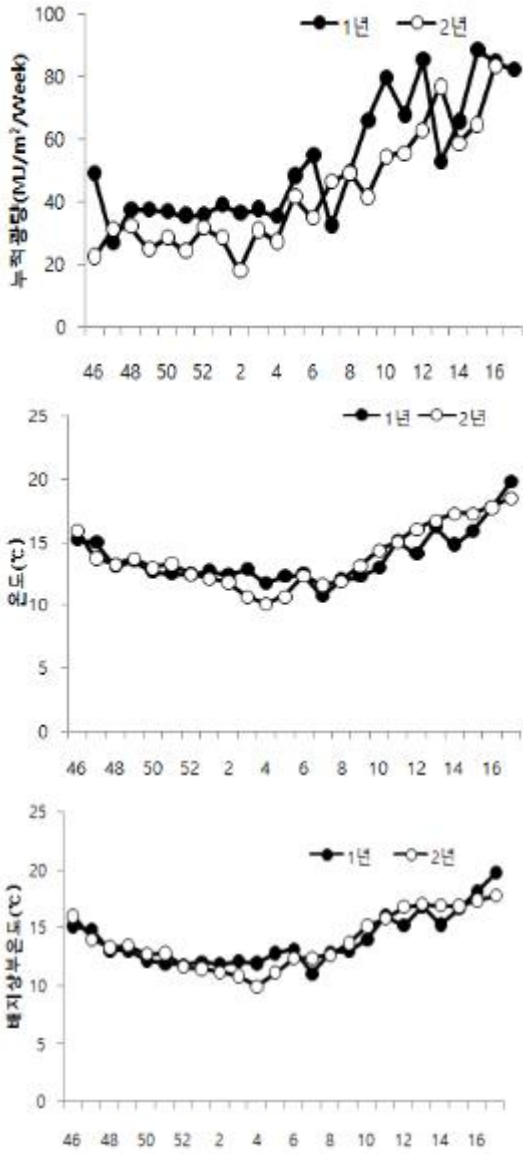


그림 2-17. 재배 기간 중 JL농가의 주별 배지 내 EC 및 함수량, 일평균 온도, 주간온도, 야간온도 변화(측정기간: 2016.11. 6. ~ 2017. 4. 30.)

<JK농가>



<SK 농가>

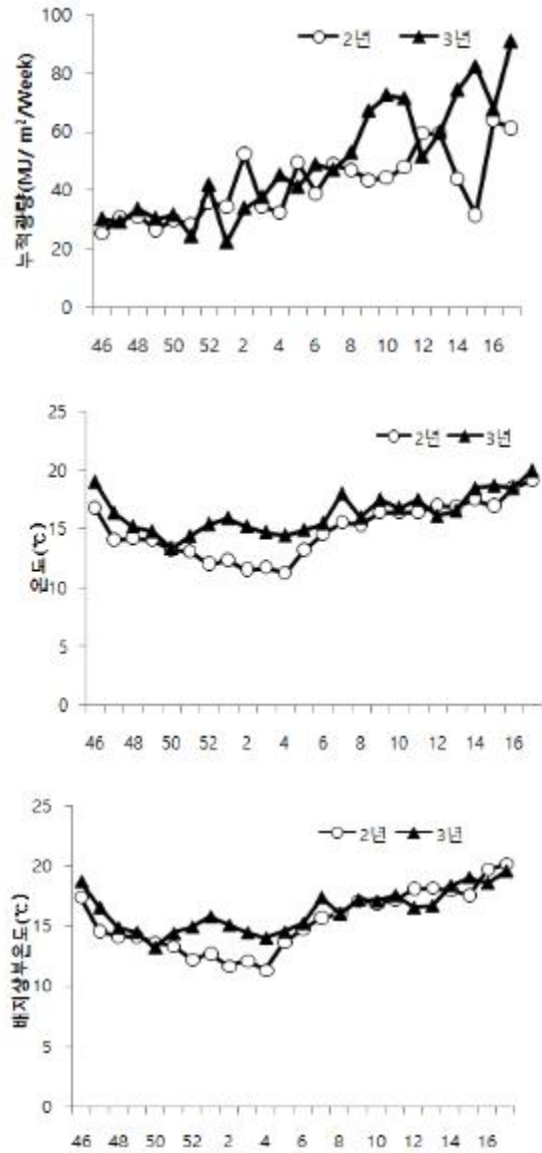


그림 2-18. 진주시 수곡면 재배기간 중 연도별 평균광량, 온도 및 배지 내 온도
 (좌 :1년 2014. 11.~ 2015. 4., 2년: 2015. 11.~2016. 4.)
 (우 :2년: 2015. 11.~2016. 4., 3년: 2016. 11.~2017. 4.)

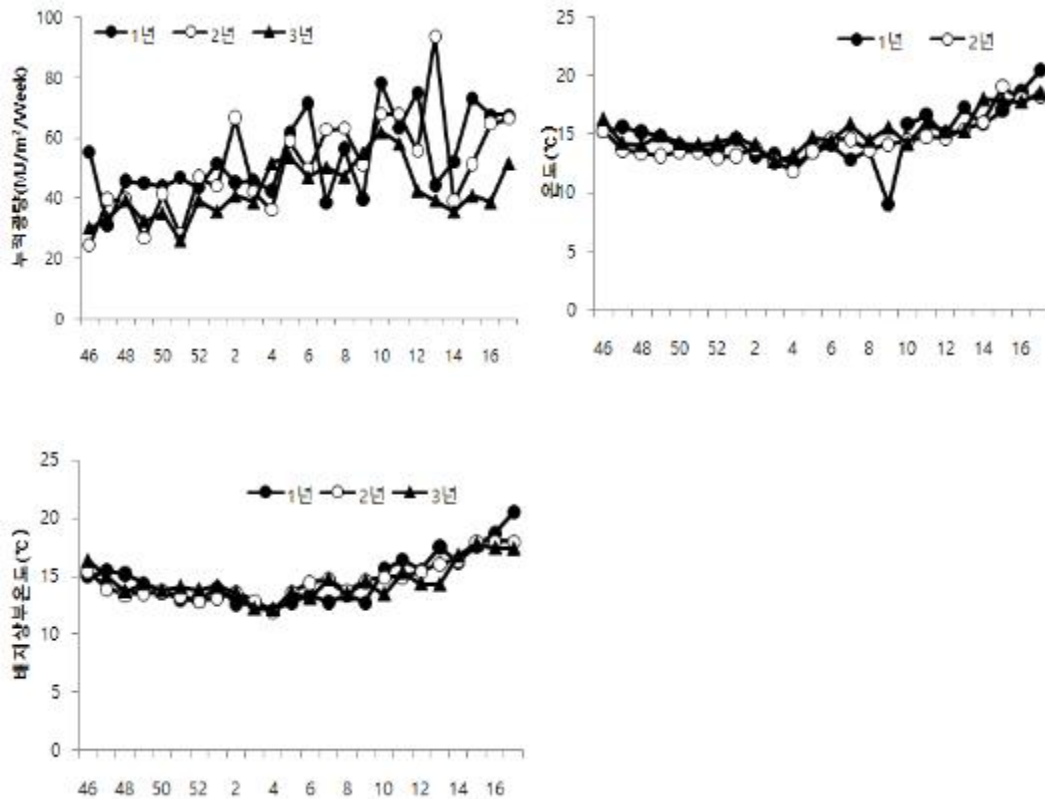


그림 2-19. 전주시 수곡면 JL농가의 재배기간 중 연도별 평균광량, 온도 및 배지 내 온도
(1년: 2014. 11.~ 2015. 4., 2년: 2015. 11.~2016. 4., 3년: 2016. 11.~2017. 4.)

이상으로 3년 동안 지정된 딸기 고설재배 농가의 환경을 계측한 결과 2014년 10월 ~2015년 4월의 월별누적광량이 2015년 11월 ~2017년 4월보다 높은 경향을 보였다. 같은 지역이라도 위치에 따라 차이가 있으며, 12월 ~1월의 낮은 광량과 온도 조건에서의 월별 누적광량, 지상부 온도(주간, 야간 및 일평균), 배지온도 등이, 금액관리에 있어서도 함수량, EC 농도 등이 지역간, 농가간 차이를 주었다.

(2) 수출농가 big data분석을 통한 생산성 관계

2014년 11월부터 2015년 4월까지 3 농가의 4월 30일까지의 수량을 단위 면적(m^2)당 기준으로 한 주별 수량과 누적 수량은 그림2-20와 같다. JL농가는 6주까지 주간 수량이 계속 증가한 이후 13주 이후 즉 4월 초부터 수량이 감소하였으며, 총 수량은 $3.24kg/m^2$ 으로 측정 농가 중 가장 많았다. JK1 농가는 4월 중순까지 주간 수량이 꾸준하였으나, 총 수량은 $2.39kg/m^2$ 였으며, JK2 농가는 12월 중순부터 1월 첫 주까지 수량이 높았으나, 이후 4월 중순까지 꾸준한 주간 수량으로 나타내며, 총 수량은 $2.7kg/m^2$ 를 나타냈다. 종합적으로 볼 때, JK1 농가는 JL, JK2농가의 환경계측 자료에서 비교적 광량, 온도가 낮은 특징을 보이며, 정식 시기가 늦은 점 및 상대적으로는 기형과 발생율도 낮은 특징을 보였다.

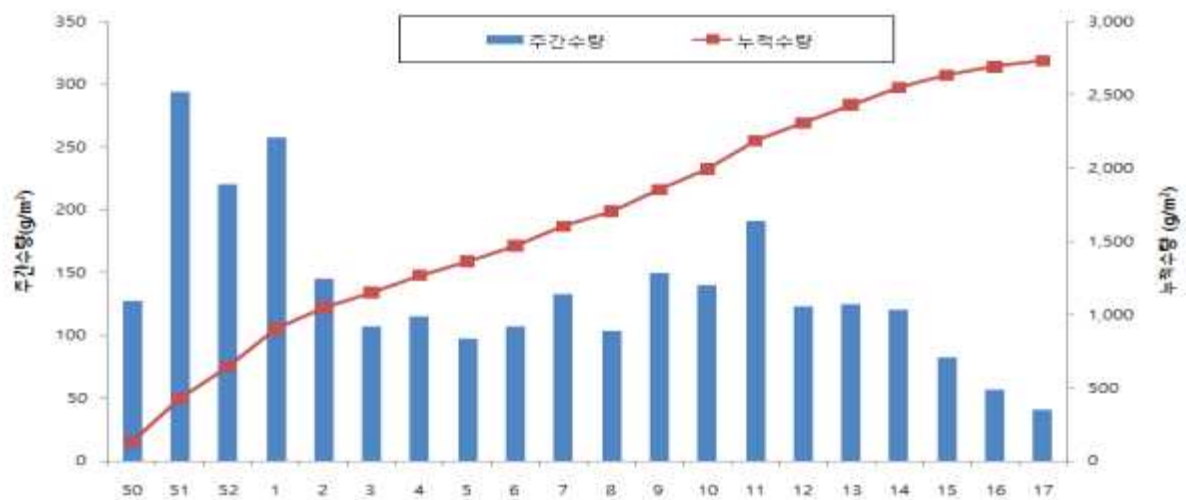
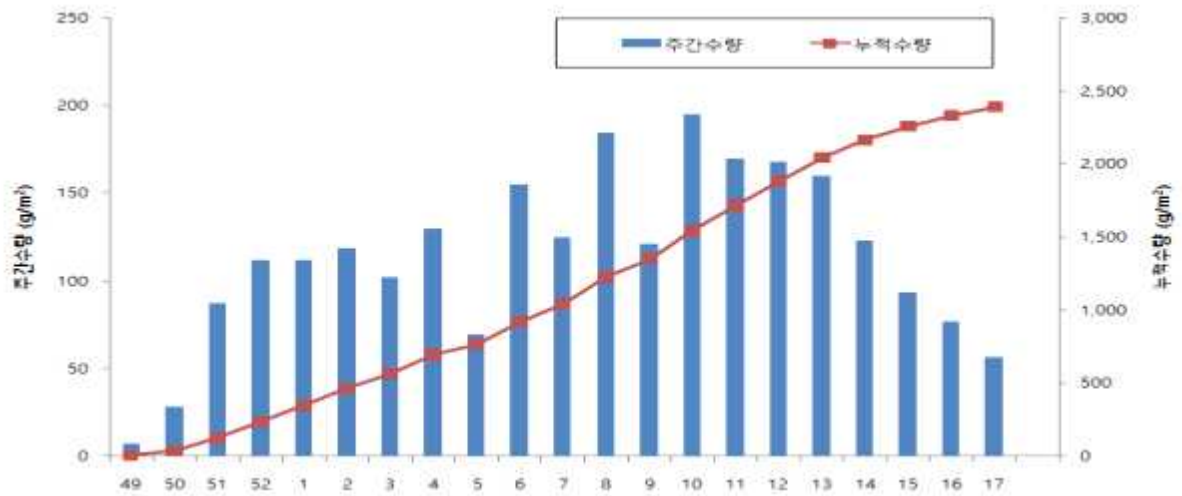
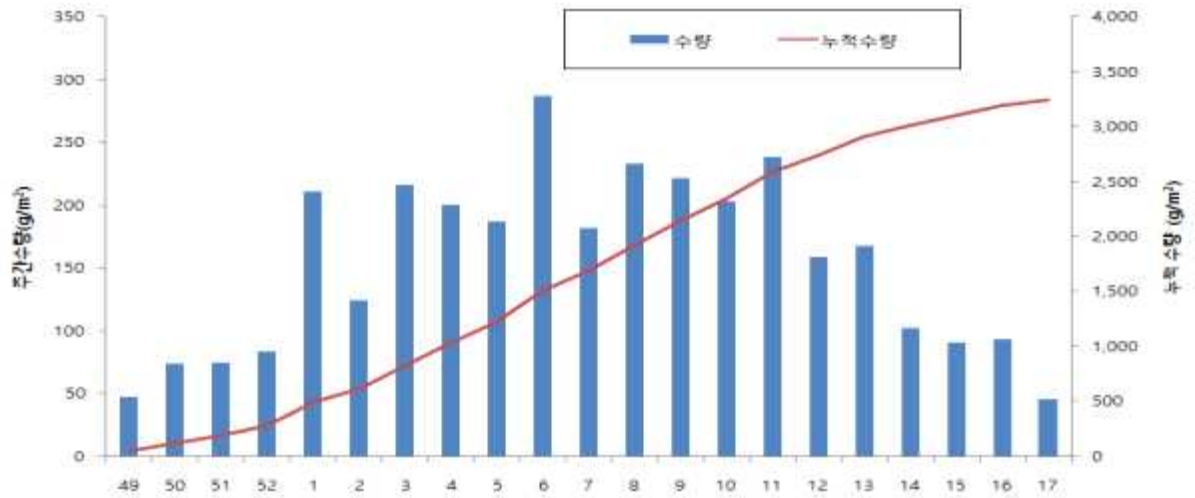
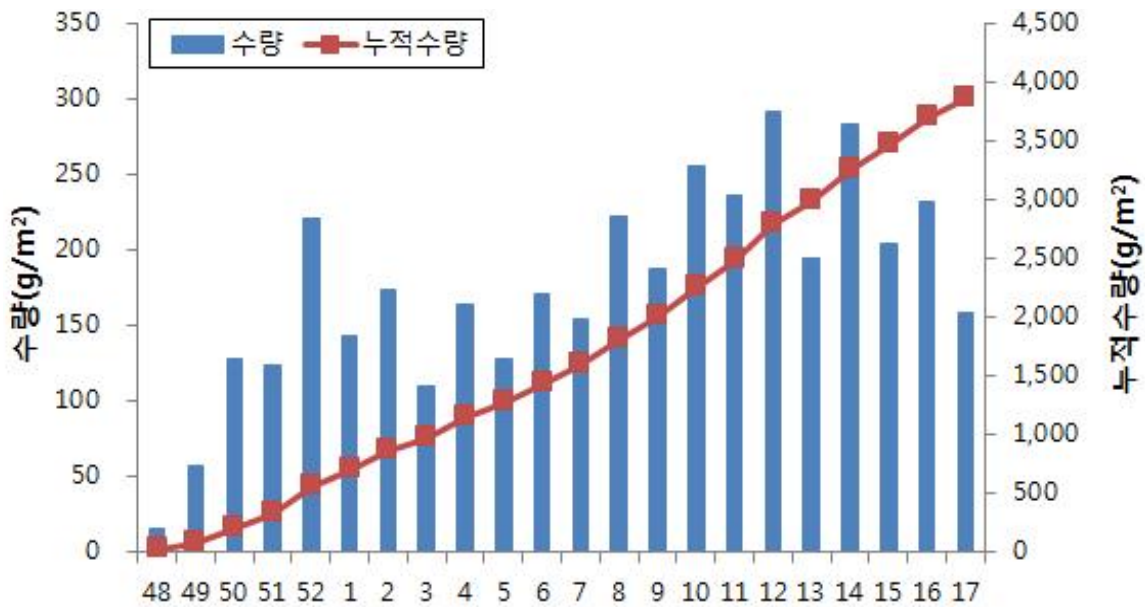


그림 2-20. 주간 수량 및 누적수량(잇줄 JL, JK1, JK2)
 측정기간 : 2014. 11.~2015. 4.

2015년 11월부터 2016년 4월 딸기 수확 주별 수량과 누적수량 결과는 그림 과 같다. JL 농가의 딸기 첫 수확일은 2015년 12월 2일이었으며, 수확초기 48주 15.5g/m², 49주 57.0g/m²의 수량은 적었으나, 50주 ~17주까지 평균 수량이 188.9g/m²으로 재배 기간 중 4월 30일까지의 누적 수량은 4.1kg/m² 을 나타냈다. JK 농가의 딸기 첫 수확일은 2015년 11월 25일로 JL 농가보다 1주 빨리 수확하였다. 초기 수량은 47주 6.6g/m², 48주 26.6g/m², 49주 80.0g/m² 이었고, 50주~17주까지의 평균수량은 143.6g/m², 4월 30일까지의 누적수량은 2.9kg/m² 으로 JL 농가에 비해 적었다.(그림2-21)

농가별 평균 누적광량, 평균 누적온도, 누적 CO₂ 농도, 배지 내 누적온도에 따른 누적 수량이다(그림2-22). 수확초기부터 2016년 1월 20일까지의 누적수량은 JK 농가에서 높음을 결과에서 확인할 수 있었다. 단위 면적 당 총 수량이 JK 온실에서 낮았으나, 환경 요인 (광, 온도, CO₂ 농도, 배지 온도 등)을 보면, 광량에서는 16주, 온도는 12주, CO₂ 농도는 8주, 배지 온도는 10주에 농가 간 수량 역전 현상을 보여, 주간 CO₂ 농도, 배지 온도가 수량 차이에 광, 온도보다 큰 요인으로 작용함을 알 수 있었다. 베드로부터 7cm 위치의 배지 함수량, 배지 내 EC는 낮게 유지 관리했던 JK 온실에서 수량이 높은 것을 알 수 있었다.



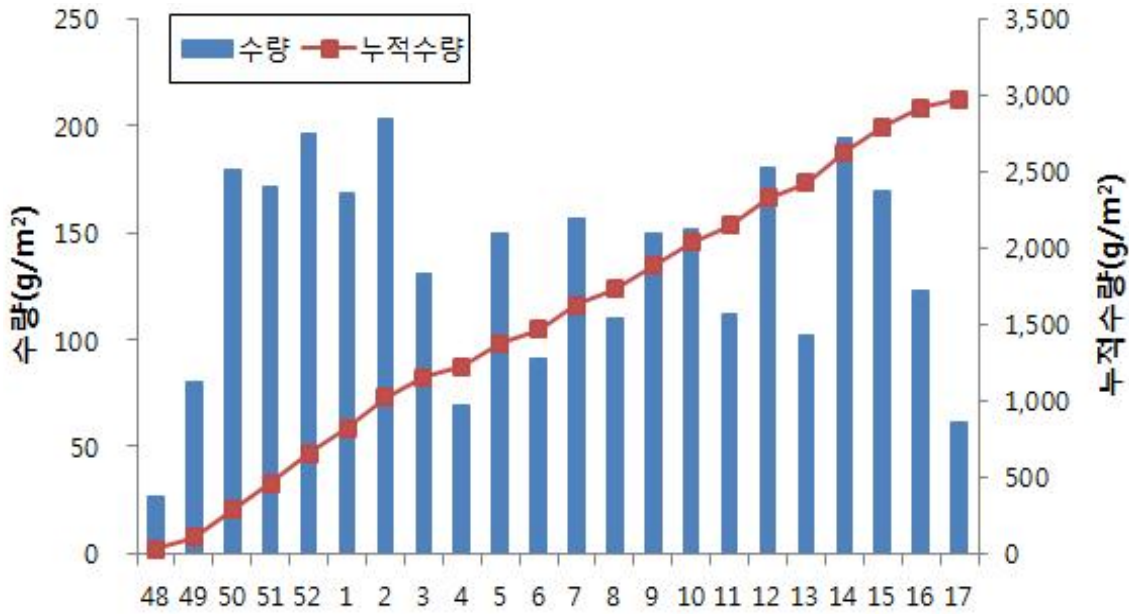
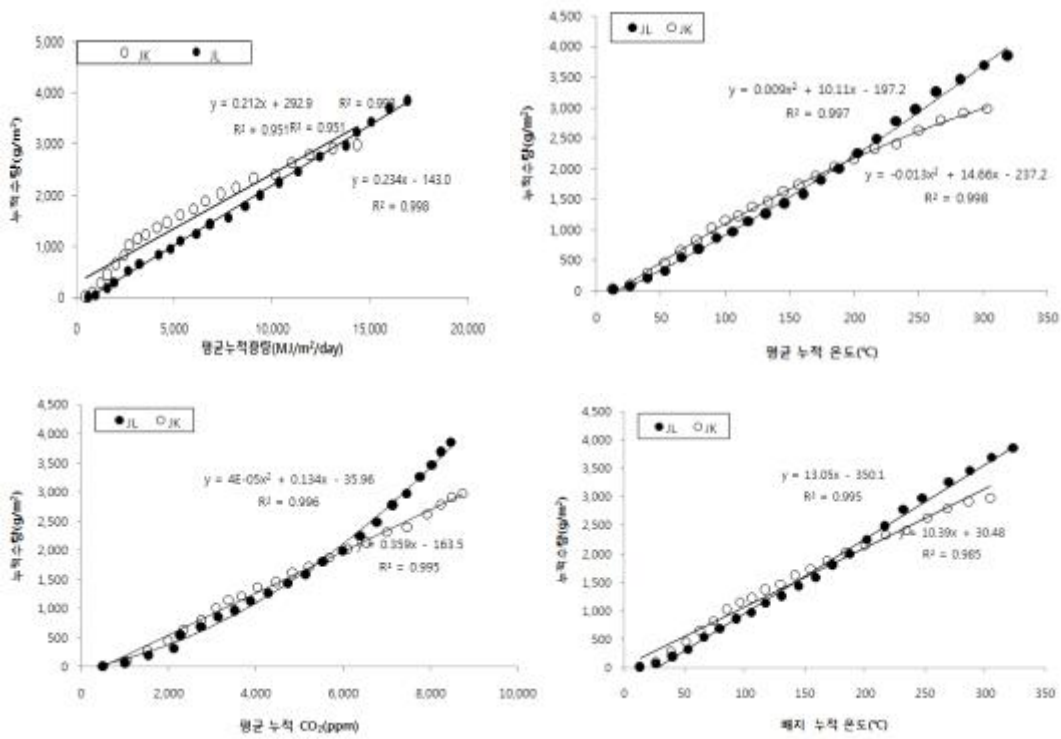


그림 2-21. 딸기 수확 주별 수량 및 누적수량 (상 JL, 하 JK)
 측정기간 : 2015. 11.~2016. 4.



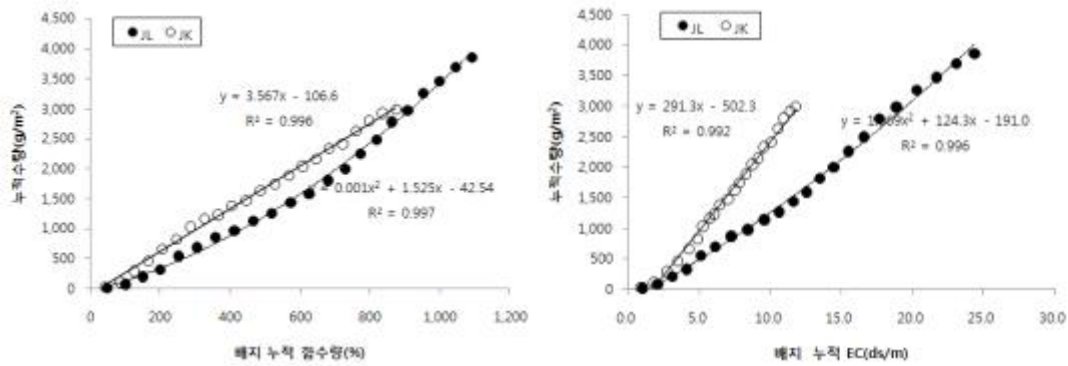


그림 2-22. 환경요인(광, 온도, CO₂, 함수량, EC) 과 수량과의 관계
측정기간 : 2015. 11.~2016. 4.

온실 내 재배환경요인과 수량과의 상관을 주별 또는 누적값으로 구분하여 얻은 결과는 표 2-8,9과 같다. 주별 재배환경 요인과 수량에서 JL 농가는 광, 배지 상·하부 온도는 정의 상관, CO₂ 농도는 부의 상관, JK 농가는 유의성이 없었으나, 누적수량 간에는 두 농가 모두 측정된 각 환경 요인과 정의 상관을 나타냈다. JL 농가는 광 > 지상부와 배지온도 > EC > 함수량 > CO₂ 순으로, JK 농가는 CO₂, 함수량 > EC > 지상부 온도 > 배지온도 > 광 순으로 수량에 미치는 환경 요인 기여도는 상이함을 통해 수량에 영향 인자는 단순 환경인자 뿐 아니라 이들 요인과 작물 관리 등이 복합적으로 작용하면서 나타난 결과라 판단된다.

표 2-8. JL 온실내 재배 환경요인과 수량과의 상관

	광	온도	CO ₂	배지(상)			배지(하)		
				함수량	온도	EC	함수량	온도	EC
수량	.531*	.392	-.543*	-.552*	.521*	.352	-.644**	.454*	.119
누적수량	.999**	.997**	.985**	.989**	.998**	.995**	.991**	.997**	.993**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

표 2-9. JK 온실내 재배 환경요인과 수량과의 상관

	광	온도	CO ₂	배지(상)			배지(하)		
				함수량	온도	EC	함수량	온도	EC
수량	-.153	-.026	.055	-.229	-.050	-.092	.183	-.065	-.032
누적수량	.975**	.994**	.998**	.998**	.993**	.996**	.998**	.993**	.997**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

2016년 11월부터 2017년 4월까지의 딸기 수확 수량과 누적 수량 결과는 JL농가의 딸기 첫 수확일은

2016년 11월 29일이었으며, 수확초기 48주 11g/m², 49주 30g/m²의 수량은 적었으나, 50주 ~17주 까지 평균 수량이 183.5g/m²으로 높아 재배 기간 중 4월 30일까지의 누적 수량은 3.6kg/m²을 나타냈다. SK 농가의 딸기 첫 수확일은 2016년 11월 21일로 JL 농가보다 1주 빨리 수확하였다. 초기 수량은 47주 75g/m²이었고, 재배기간 중의 평균수량은 78g/m², 4월 30일까지의 누적수량은 1.8kg/m²으로 JL 농가에 비해 60%적었다.

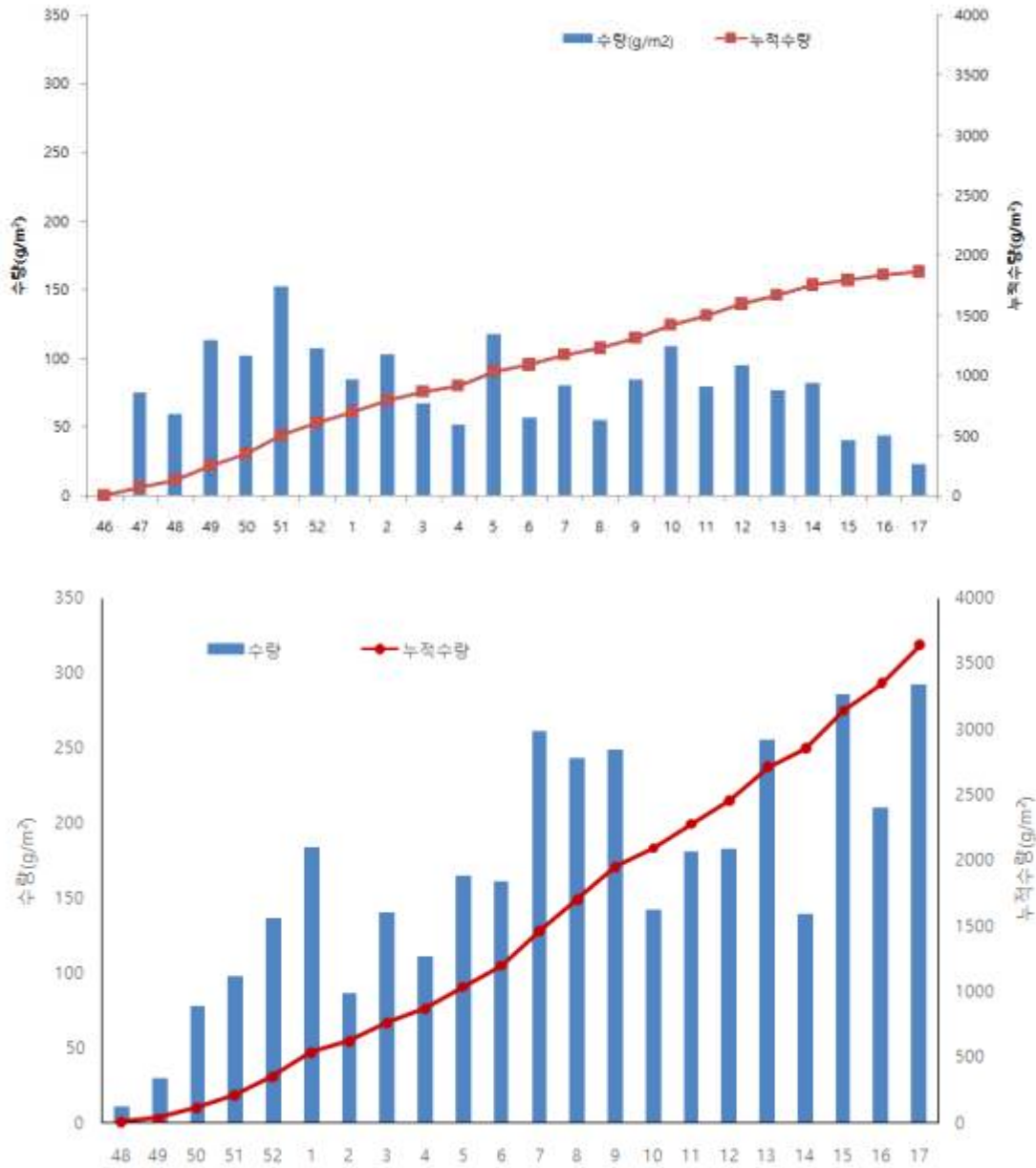


그림 2-23. 딸기 수확 주별 수량 및 누적수량 (상SK, 하JL)
(추정기간 : 2016. 11.~2017.)

2016년 46주에서 2017년 15주까지 평균 누적광은 처음에는 SK가 낮았다가 13주 이후 JL이 낮아졌다.

평균온도, 배지내 온도는 JL이 처음부터 끝까지 낮았고, CO₂, 배지내 함수량, 배지내 EC는 높았다.

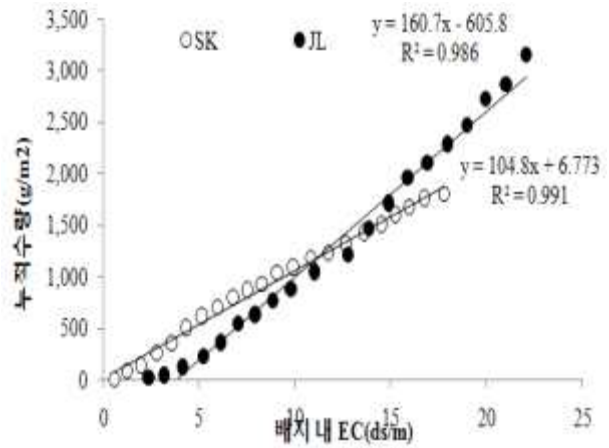
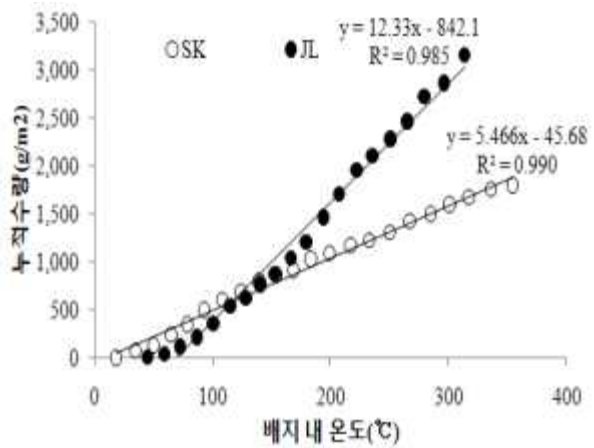
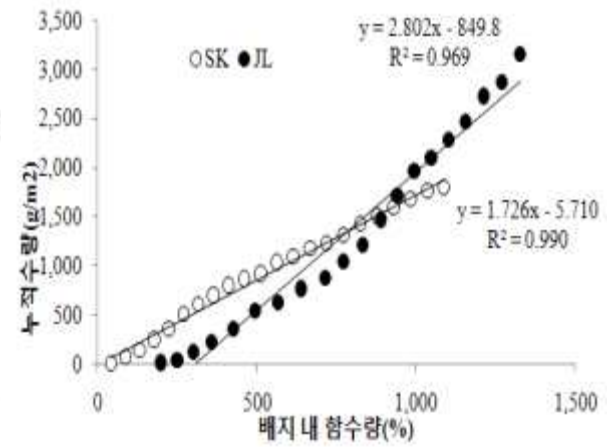
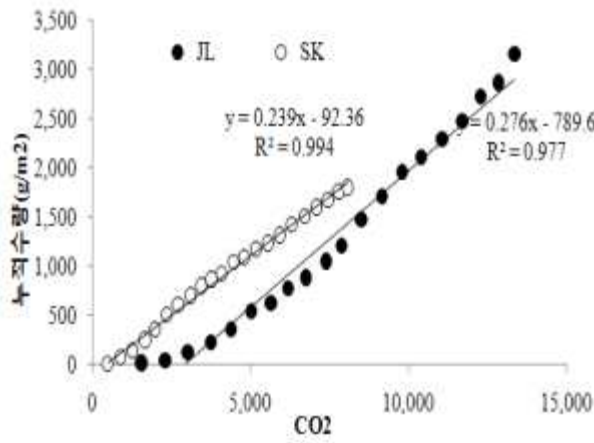
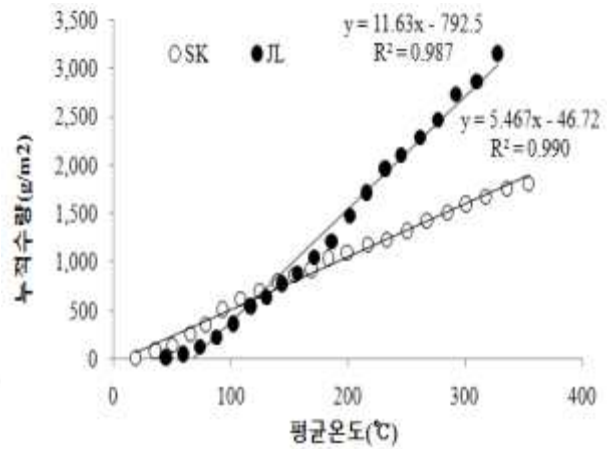
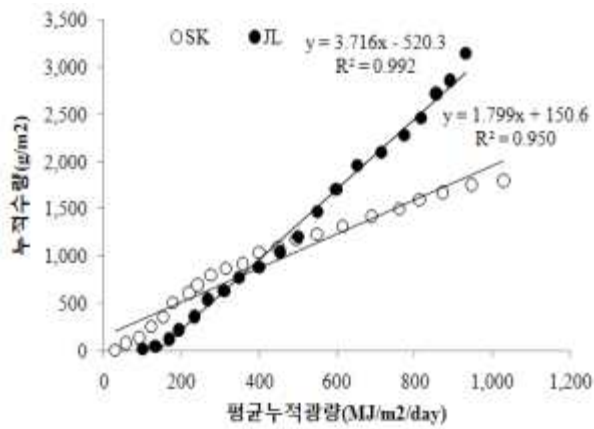


그림 2-24. 환경요인(광, 온도, CO₂, 함수량, EC) 과 수량과의 관계
(측정기간 : 2016. 11.~2017. 4.)

JL온실의 수량과 환경요인과의 상관관계는 온도에서만 0.484의 양의 상관성이 있었고, SK온실의 수량과 환경요인의 상관관계는 온도에서 -0.505의 음의 유의적 상관성이 있었다.

표 2-10. JL 온실내 재배 환경요인과 수량과의 상관

	광	온도	CO ₂	배지(상)		
				함수량	온도	EC
수량	0.379	0.484*	-0.177	-0.283	0.396	0.322
누적수량	0.996**	0.994**	0.989**	0.985**	0.993**	0.993**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

측정기간 : 2016년 11월~2017년 4월

표 2-11. SK 온실내 재배 환경요인과 수량과의 상관

	광	온도	CO ₂	배지(상)		
				함수량	온도	EC
수량	-0.175	-0.505*	-0.125	-0.037	-0.489	0.120
누적수량	0.975**	0.995**	0.997**	0.995**	0.995**	0.996**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

측정기간 : 2016년 11월~2017년 4월

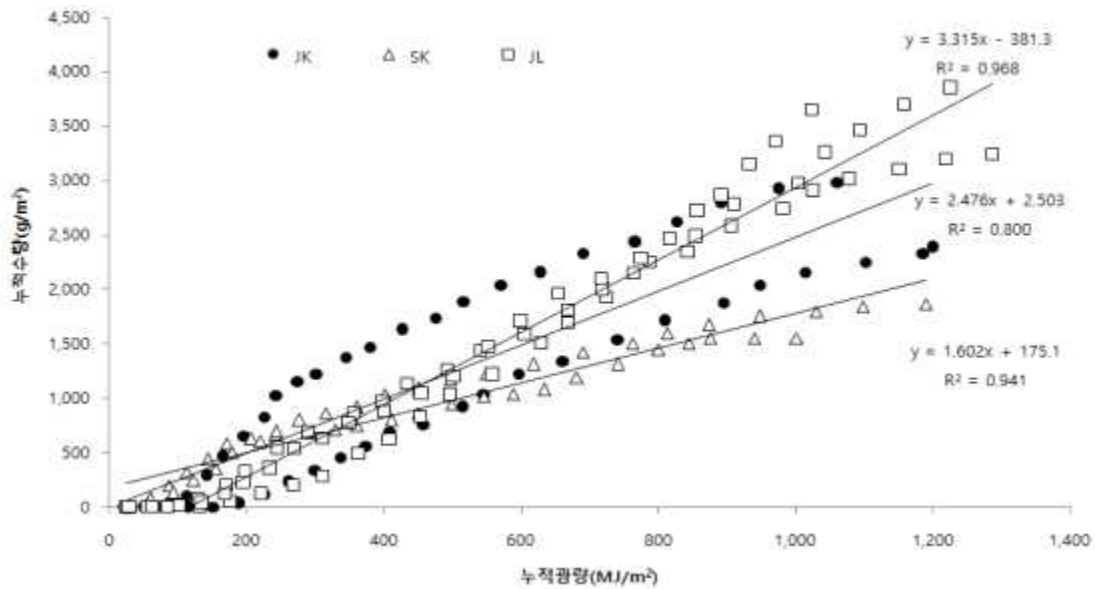


그림 2-25 환경요인(광) 과 수량과의 관계 2014-2017

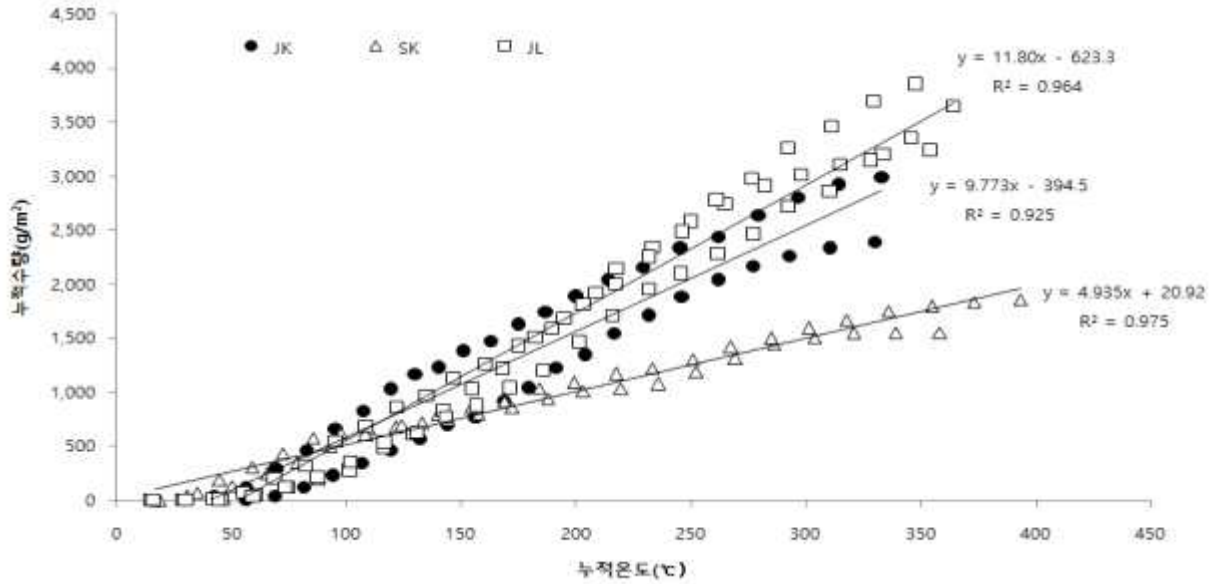


그림 2-26. 환경요인(온도) 과 수량과의 관계 2014-2017

(1년: 2014. 11.~ 2015. 4., 2년: 2015. 11.~2016. 4., 3년: 2016. 11.~2017. 4.)

표 2-12. 수출농가의 최근 3년간 온실 내 재배 환경요인과 수량과의 상관

	광	온도	배지온도	CO ₂	함수율	EC
JK 수량	0.892**	0.961**	0.963**	0.973**	0.978**	0.843**
SK 수량	0.970**	0.987**	0.983**	0.988**	0.990**	0.887**
JL 수량	0.984**	0.982**	0.986**	0.901**	0.912**	0.988**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

측정기간 : JK : 2014년 11월~2016년 4월,

SK : 2015년 11월~2017년 4월,

JL : 2014년 11월~2017년 4월

3년간((11월~4월까지) 조사된 수량을 분석한 결과 JL 농가는 3.24kg~3.85kg/m², JK 농가는 2.39~2.98kg/m², SK 농가는 1.50~1.86kg/m²로 농가간 생산성이 차이를 보였다. 환경 요인과 생산성 간에는 고도의 유의성이 인정되었으며, 수량에 기여하는 환경인자로 배지온도, 지상부 온도가 광보다 높았다.

3. 지정농가의 기형과율 비상품과 재배환경

(가) 기형과율

2015년 2월 5일과 2월 13일 환경계측 농가 3곳 외 무가온으로 재배하고 있는 JK3농가의 기형과 발생율을 조사하였다. 10주의 식물체를 각 화방에 따라 측정당시 과수에 대한 기형과 수를 백분율로 하였다. JK1를 제외한 JL JK2, JK3 농가의 정식 시기는 9월 초순인 5~7일인

반면, JK1농가의 정식 시기는 9월 15일로 10일 정도 늦었다. 1화방에 비해 2화방의 기형과 발생이 높았으며, 특히 JK2의 기형과 발생율이 더 높았으며, 기형과 형태는 수정 불량에 의한 기형과가 대부분 이었다(그림 2-27~29). JK2 농가는 2월 13일 3화방에서의 기형과 발생율도 높았으며, 그 이유 중의 하나는 적과를 거의 하지 않아 과실의 담과 능력도 기형과 발생에 영향요인으로 작용하리라 생각되었다. 무가온 온실 JK3농가의 과실은 측정 온실에 비해 비상품과가 많아 온도에 의한 수량 저하 및 병충해 발생 등으로 수확량이 적었었다. 1화방에 비해 2화방의 기형과 발생율이 상대적으로 높은 요인을 알아보고자 2화방 착과시기로 추정되는 12월 20일부터 1월 16일까지의 환경 계측 결과를 JK1와 JK2농가를 중심으로 일출 2시간 전후 온도, 상대습도, 배지 온도 변화를 측정한 결과는 그림2-30~31과 같다.

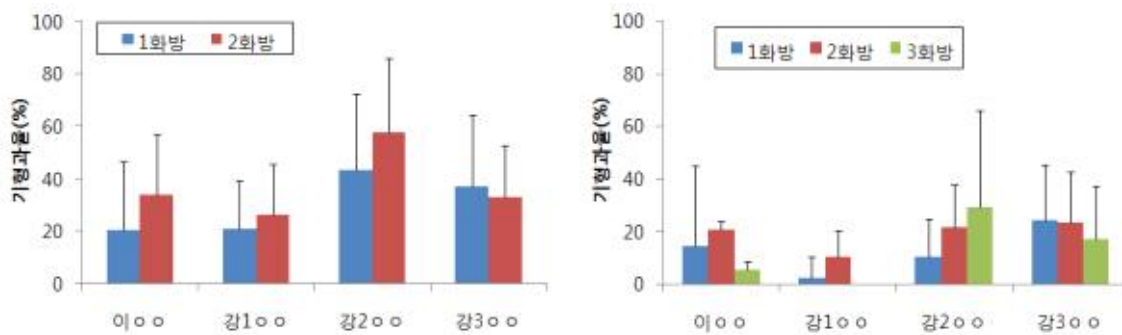


그림 2-27. 기형과 발생율 (좌 2015년 2월 5일, 우 2015 2월 13일 측정)



그림 2-28. 기형과 발생이 적었던 온실(JK1)의 작물 상태



그림 2-29. 기형과 발생이 높았던 온실 (JK2)의 작물 생체 및 기형과 형태(우)

JK1 온실의 12월 21일부터 1월 16일 시기 평균 일사량은 $74.5\text{W}/\text{m}^2$ ($44.9\sim 159\text{W}/\text{m}^2$), 일평균 온도 13.9°C ($11.8\sim 17.4$), 주간/야간온도 19.5°C ($16.5\sim 22.2^\circ\text{C}$)/ 9.9°C ($7.9\sim 13.9^\circ\text{C}$), 상대습도 79.1%

(68.9~86.2%)였으며, 일출시 온도 9.2°C(8.1~12.8°C)로 편차가 4.3°C를, 습도는 86.9(79.0~95.0%)로 편차가 16%를 보였다(그림 2-30). JK2온실의 이 시기 일사량은 92.1W/m²(54.3~170.1W/m²). 일평균온도14.9°C(13.1~18.6°C), 주간/야간온도 20.0(17.4~22.9°C)/10.5°C(9.0~13.8°C) 및 상대습도 80.0%(68.7~86.5%)로 JK1온실에 비해 광량 및 온도가 높았다. 일출시 온도는 9.7°C(8.7~10.5°C)로 편차가 1.8°C를 나타냈으며, 습도는 89.1%(81.4~98.2%)로 편차 16.8%를 나타냈다(그림 2-30). 온실 내 당시 환경의 광량 및 온도, 일출시 온도가 JK2에서 높았으나, 기형과 발생에 큰 영향을 주기는 어려울 것으로 생각된다. 그러나 두 농가 간에는 정식 시기가 JK1농가에서 10일 정도 늦어 수확 시기가 늦었으며, 이는 1화방과 2화방의 함께 착과된 시기에서 벗어나는 시기로 과실수가 비교적 적고 특히 JK2농가는 적과를 거의 실시하지 않고 있어, 착과 과실이 JL의 농가보다도 많은 특징을 보여, 차 년도에는 환경 계측 및 답과 능력의 영향 요인이 기형과 발생에 미치는 영향을 보다 면밀히 연구해야 할 것으로 생각되었다.

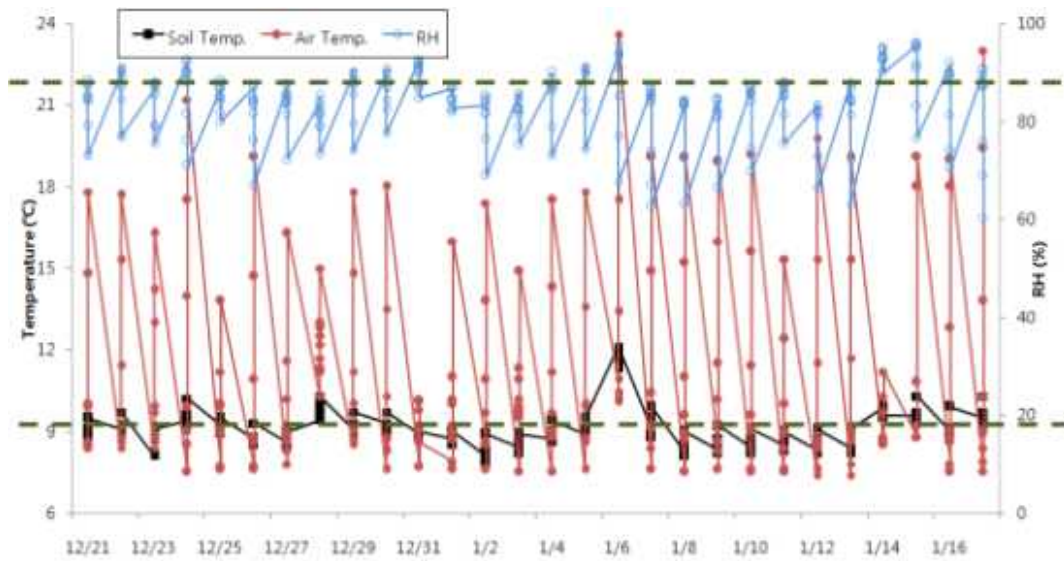


그림 2-30. JK1농가 일출 2시간 전후 온도, 상대 습도 및 배지 온도
(측정기간: 2015.12.21.~2016.1.16.)

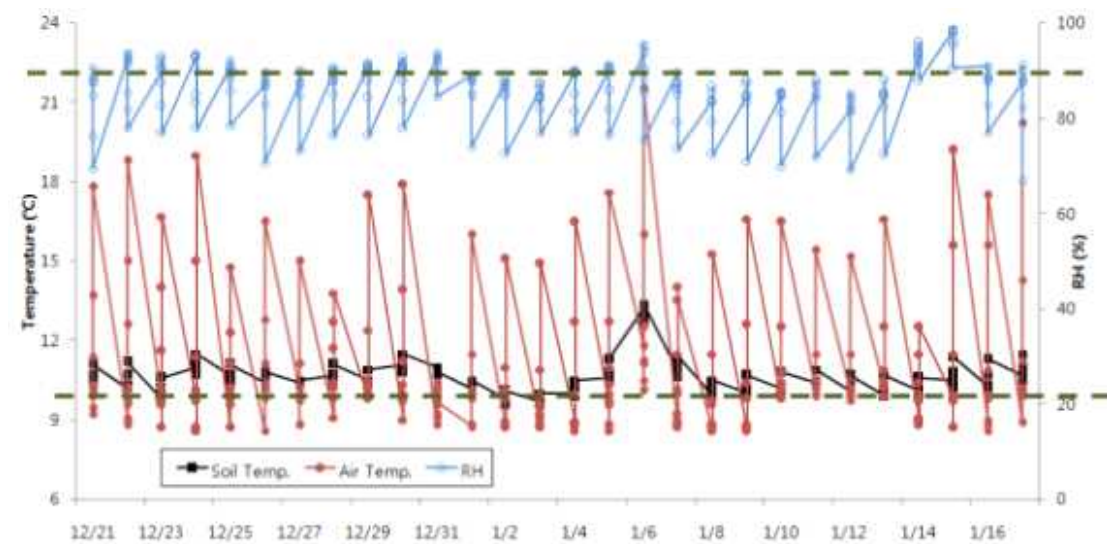


그림 2-31. JK2농가 일출 2시간 전후 온도, 상대 습도 및 배지 온도 변화
(측정기간: 2015.12.21.~2016.1.16.)

매향 딸기 기형과 발생이 많은 것으로 추정되는 시기의 기형과율을 조사하고자 온실 내 25주를 표본 추출하여 과장 0.5cm 이상 과실의 위치별 기형과율을 조사(2016년 2월 2일)하였다. 첫 수확시기 차이에 따라 화방별 위치별 기형과율은 차이를 보였으며, JL농가는 1화방 수확과실 평균 7.4개/주(92%수확주), 2화방 3.5개/주(24%수확주), JK농가는 2화방 수확과실 평균 7.2개/주(100%수확주), 3화방 착과된 상태였다(자료 미첨부). 이들 자료의 현재 착과된 과수로 기형과율을 측정한 결과 표2-14와 같이 JL농가에서는 1화방 3번과와 4번과 착과율이 높으면서 기형과 67.7%, 2화방은 1번과, 2번과 착과율이 높았으며, 기형과 40% 발생하였다. JK농가는 2화방 3번과, 4번과 착과율이 높으며, 기형과 발생을 72%, 3화방은 1번과 착과율이 높았으며, 37% 발생하였다.

표 2-13. 무적과에서 수출용 딸기 '매향'의 시기 별 2화방의 20주의 기형과율(%)

			기형과율 (%)	수확과수 (개/주)	착과수 (개/주)
JL	1/22	1화방	61.0±8.2	5.4±2.2	5.7±0.8
		2화방	50.4±26.3	0.2±0.3	0.8±0.6
	2/2	2화방	55.0±13.5	5.3±3.0	7.6±0.4
		3화방	39.6±6.3	0.3±0.1	3.5±0.7
JK	1/22	1화방	68.5±5.1	5.9±1.0	5.4±1.5
		2화방	54.7±36.9	0.0±0.0	0.5±0.3
	2/2	2화방	70.3±4.3	7.3±0.9	4.2±1.1
		3화방	52.5±32.4	0.0±0.0	2.3±0.8

*20주씩 3반복 (n=60)

표 2-14. 수출용 딸기 '매향'의 화방 위치별 기형과율

		위치별 기형과율(%)					
		1번과	2번과	3번과	4번과	5번과	Total
JL	1화방	30.6±4.8	53.3±31.5	90.5±17.1	83.7±28.6	100±0	67.7±29.5
	2화방	69.0±28.4	66.7±22.4	100.0±0.0			40.0±25.1
	3화방	33.3±0.0	66.7±0		100±0.0		50.0±0.0
JK	2화방		14.3±0.0	81.7±19.8	65.2±35.1	100.0±0.0	72.4±27.0
	3화방	78.8±28.6	50.0±0.0	25.0±0.0			37.0±12.3

*조사일-2016.2.2.

*기형과율 = (위치별 기형과수/착과수) × 100

두 농가는 무적과하며 수확하는 재배로 2016년 1월 22일과 2월 2일 기형과율, 수확과수, 착

과수를 나타낸 결과로, 이기간 기형과율은 40~70%까지 발행되었고, 2월 2일은 2화방과 3화방이 동시에 착과되는 시기로 2화방의 기형과 발생이 더 많았다.

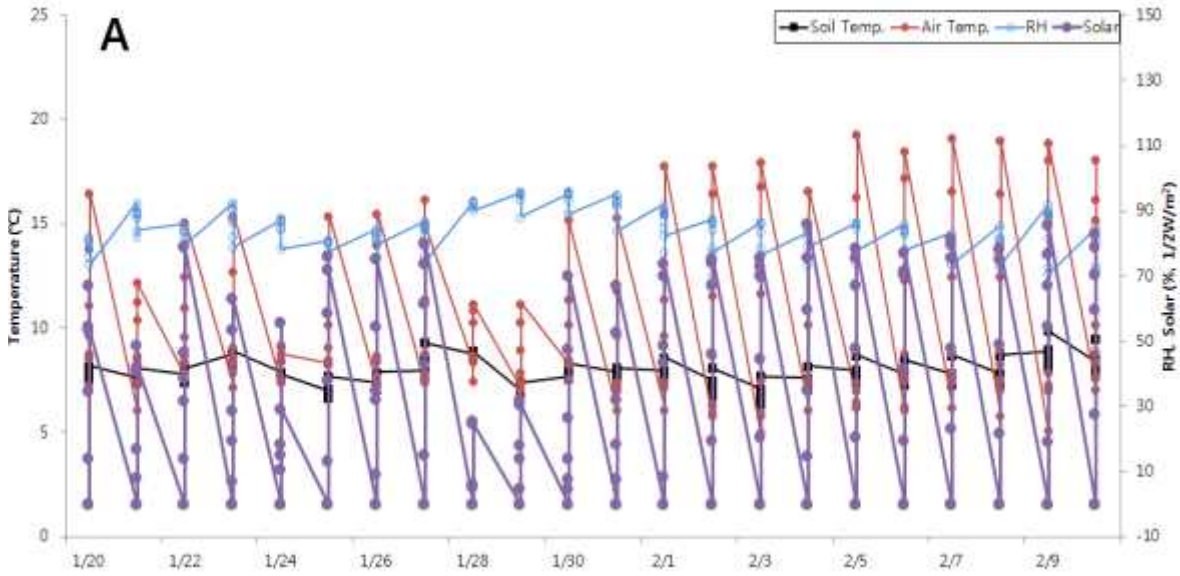


그림 2-32. JK농가의 일출 2시간 전후 환경 요인
(측정기간: 2016.1.20.~2016.2.9.)

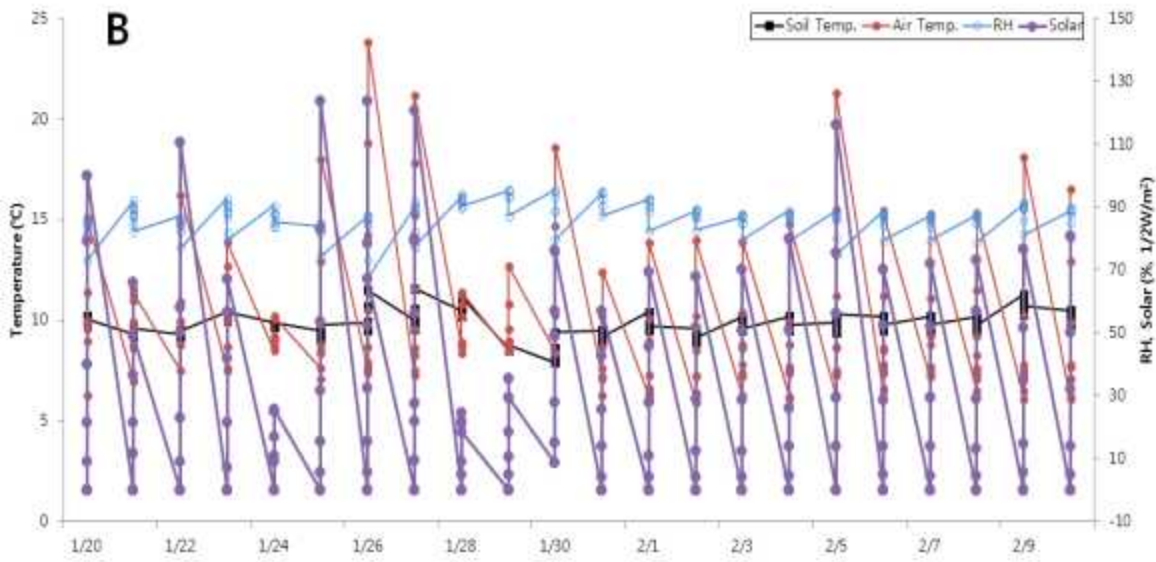


그림 2-33. JL농가의 일출 2시간 전후 환경 요인
(측정기간: 2016.1.20.~2016.2.9.)

1월 20~2월 5일 기간 중 발생된 기형과는 수정 불량에 의한 것으로 추정되며, 착과수 대비 기형과 발생율(1월22일 측정)은 1화방 61~68.5% (착과수 5.4~ 5.7개/주), 2화방 50~54.7%(착과수 0.5~0.8개/주). 2월 2일 2화방 55~70.3%(착과수 4.2~ 7.6개/주), 3화방 39.6~52.5% (착과수 2.3~3.5개/주)였다. 또한 같은 화방이라도 착과 위치에 따라 차이를 보였다.

(나) 비상품과율

2015년 11월부터 2016년 4월까지의 JL 농가의 재배 기간 중 주별 비상품과율은 9.9%~24.3%까지 평균 13.8% 였다. 비상품과율 발생 10%이상을 보인 시기는 2월 15일부터였다. 딸기 수확일 기준 개화 및 착과 일을 역산해보면 12월 하순 1월 상순에 해당하며, 2월 이후 재배 환경 특징은 고온기에 해당하는 시기이다. 12월 하순 1월 상순은 1화방의 착과 및 착화가 진행되는 시기이며, 비상품과 종류로는 기형과 뿐 아니라, 무름과 등이 있다. 현장 실험으로 여러 농가의 수량, 비상품과율 등을 조사하지 못한 한계가 있으나, 조사를 통해 ‘매향’의 경우 비상품과 발생이 많고, 발생 시기를 확인할 수 있었다. 2016년 1월은 예년에 비해 온도가 낮아 1월 수확량이 비교적 적어 딸기 착과 지연에 따른 2월 중순이후 수량이 증가함으로 동화산물의 담과능력도 작물 수량 및 비상품과 발생에 요인으로 작용할 수 있으리라 본다.

주별 비상품과율 결과를 토대로 주별 환경 요인과의 상관성을 분석한 결과, 배지온도, 지상부 온도, 배지 EC, 광량 간에는 정의 상관율, 함수량, CO₂ 농도 간에는 부의 상관성이 인정되어 온도, 배지 내 EC, 광이 증가가 비상품과율에 영향 인자로 작용함을 확인할 수 있었다(표 2-15).

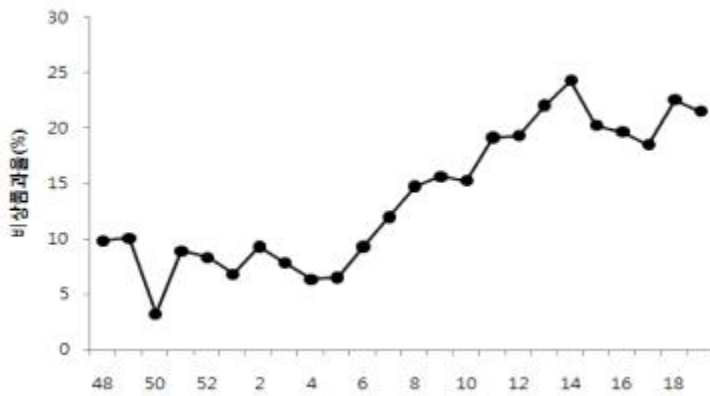


그림 2-34. 수출 딸기 ‘매향’ 농가 JL의 주별 비상품과율 (추정기간: 2015. 11.~2016년. 4.)

표 2-15. JL 온실내 재배 환경요인과 비상품과율과의 상관

	광	온도	CO ₂	배지(상)			배지(하)		
				함수량	온도	EC	함수량	온도	EC
비상품과율	0.988*	0.984*	0.960*	0.966*	0.986*	0.980*	0.971**	0.984**	0.978**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

추정기간 : 2015. 11.~2016. 4.

2016년JL 농가의 재배 기간 중 주별 비상품과율은 4.2%~25.0%까지 평균 15.2% 였다. 비상품과율 발생 10%이상을 보인 시기는 1월 16일부터였다.

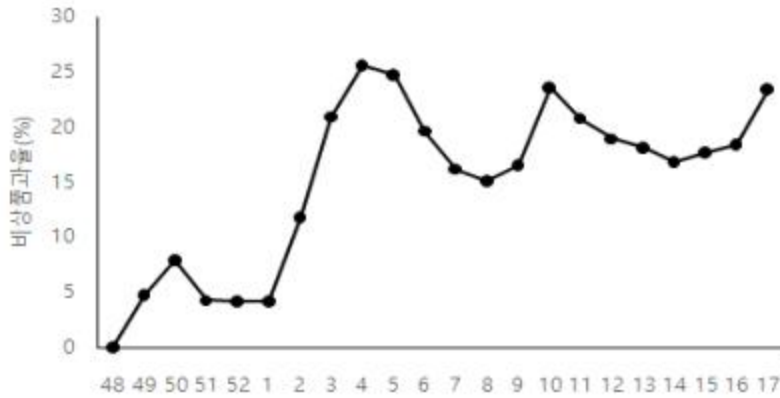


그림 2-35. 수출 딸기 ‘매향’ JL농가의 주별 비상품과율
(측정기간 : 2016. 11.~2017. 4.)

표 2-16. JL 온실내 재배 환경요인과 비상품과의 상관

	광	온도	CO ₂	배지(상)		
				함수량	온도	EC
비상품과	0.997**	0.995**	0.990**	0.989**	0.994**	0.995**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

측정기간 : 2016. 11.~2017. 4.

표 2-17. JL 온실 내 재배 최근 2년간 환경요인과 비상품과의 상관

	광	온도	CO ₂	배지(상)		
				함수량	온도	EC
비상품과	0.941**	0.982**	0.937**	0.974**	0.975**	0.956**

*, **는 Pearson 상관계수 0.05, 0.01 유의성

측정기간 : 2015. 11.~2017. 4.

JL 농가 2년간 비상품과율이 평균 14.5%로 2년차는 주별 9.9%~24.3%, 3년차는 4.2%~25% 발생하였다. 비상품과율에 미치는 환경요인 인자로는 광, 배지내 EC, 지상부 온도, 배지 온도 순으로 정의 상관을 보였다.

(4) 수출단지 고설재배 32농가 생산성 분석

수출단지 내 고설 재배 32농가를 대상으로 생산성 분석결과 (2015~16년) 평균수량은 1.67kg/m², 4.13~ 0.37kg/m²로 농가 간 수량 차이가 컸으며, 평균수량 이하 농가가 40.6% 차지하였다(그림 2-36). 2016년 수량 분석결과(2016. 11.~ 2017. 5.)는 평균수량 2.56kg/m²로 전년 대비 약 50% 수량 증가가 되었으나 농가 간 3.7~1.1kg/m²로 차이를 보였다(그림 2-37). 매향의 경우 아직 적과를 하지 않음에 따른 재배적 차이 뿐 아니라, 수경재배 기술 도입 초기에 따른 관리 기술 부족 및 환경 관리, 작물적 요인 등이 수량에 영향을 주는 것으로 보인다. 이들 단지 내 고설 수경의 년도별 평균 수량을 보면 2014년 1.6kg/m², 2015년 1.6kg/m², 2016년 2.56kg/m²으로

증가하고 있었으며, 시기에 따라서는 1월 이후 수량이 많은 것을 알 수 있었다(그림 2-39). 그러나 일부 농가의 년도별 수량을 보면 농가에 따라 매년 수량 차이가 달라 환경요인에 의한 딸기 생육과 수량이 영향을 많이 받는 것을 알 수 확인할 수 있었다. 한편 재배 방식에 따라서도 수량이 차이를 보였으나, 3개년 평균으로 볼 때 고설 재배에서 약 10%수량이 증가함을 보였다(자료 미제시).

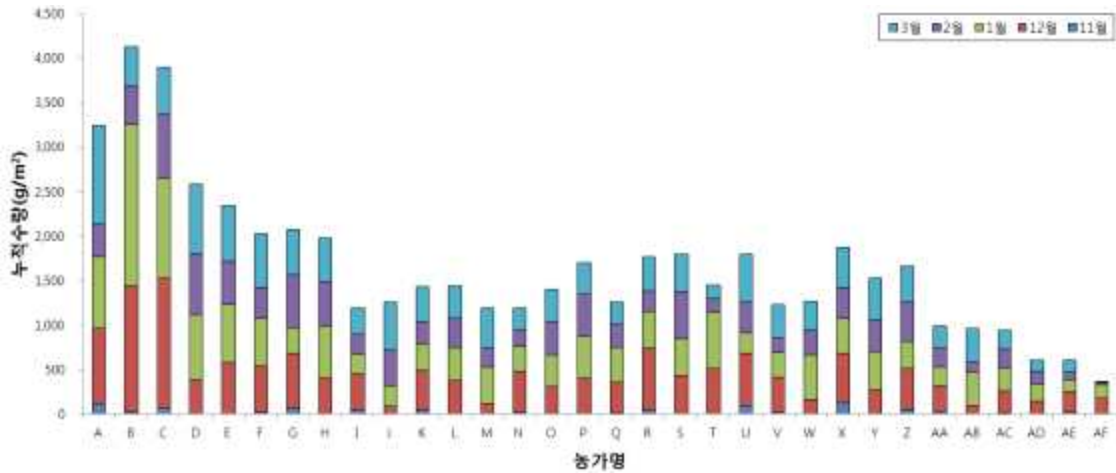


그림 2-36. 수출 딸기 ‘매향’ 농가의 월별 수확량
(추정기간 : 2015. 11.~2016. 3.)

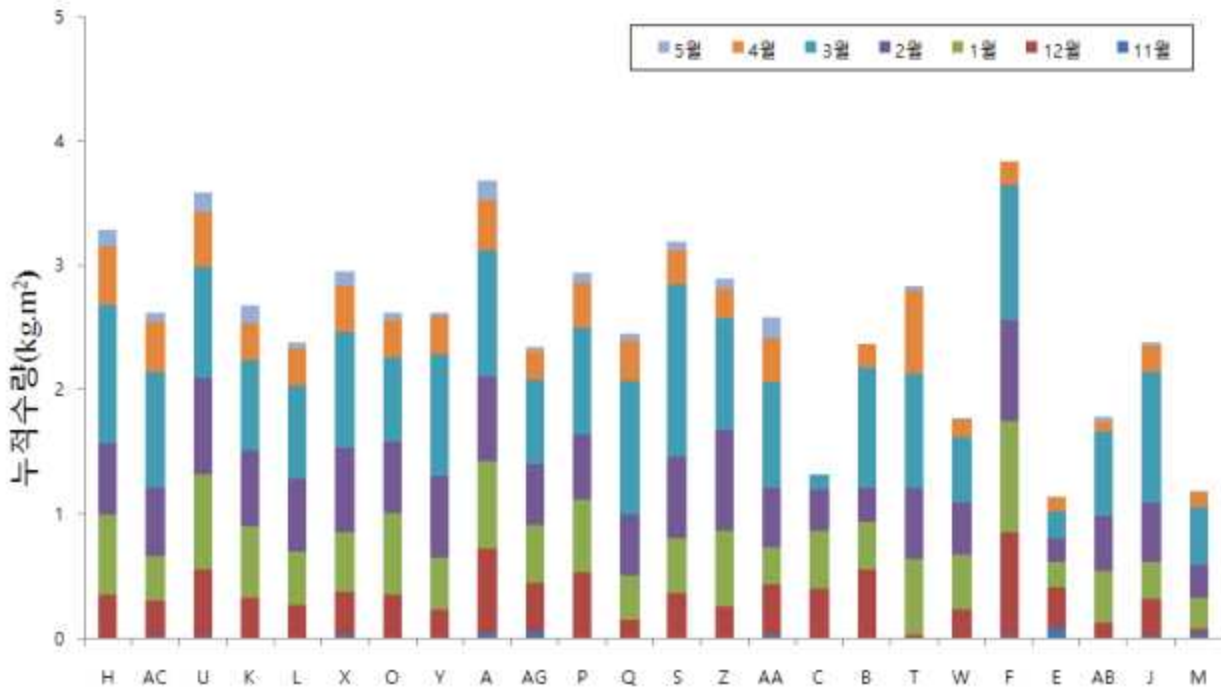


그림 2-37. 수출 딸기 ‘매향’ 고설농가의 월별 누적수확량
(추정기간 : 2016년 11월~2017년 5월)

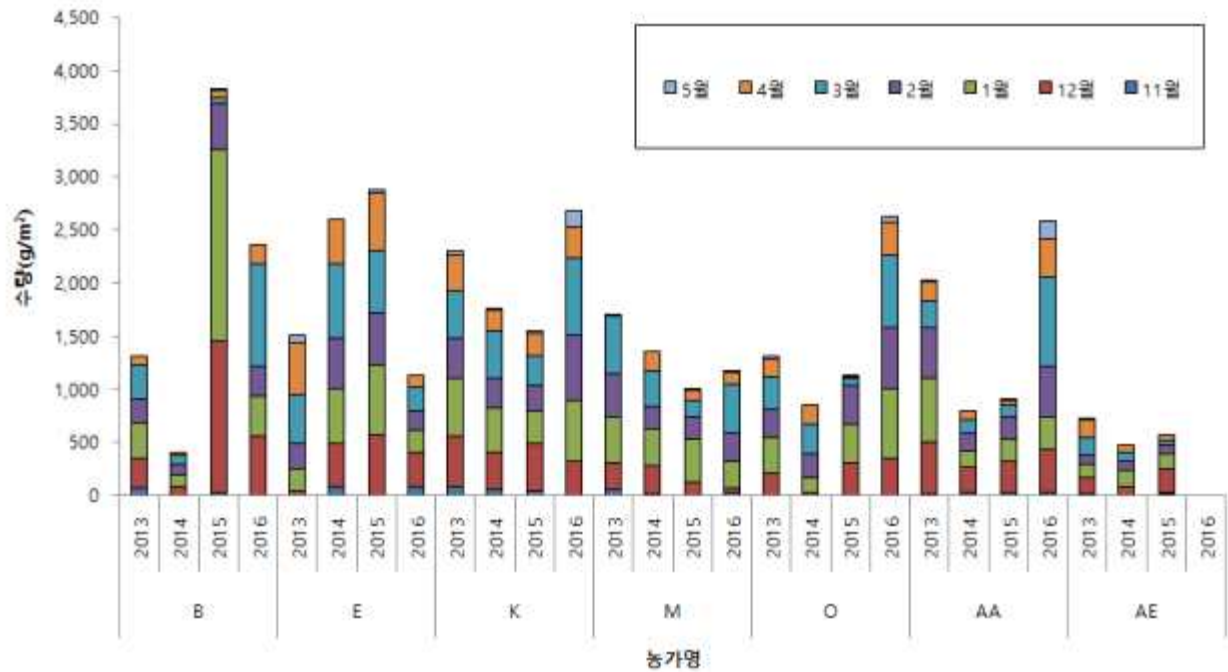


그림 2-38. 수출 딸기 ‘매향’재배 농가의 월별 수확량

(측정기간 2013: 2013. 11.~2014. 5., 2014: 2014. 11.~ 2015. 5., 2015: 2015. 11.~2016. 5., 2016: 2016. 11.~2017. 5.)

나. 수출딸기 딸기 품질과 선도유지

(1) 시기별 속도별 재배 품질

고온에 접어들어 재배된 딸기의 수출 딸기의 품질을 알아보하고자 250g 팩에 선별 포장된 딸기를 3월 28일에는 총 10농가[수곡면(4농가, A, D, I, J), 덕오면(4농가, E~H)], 4월 29일에는 5농가[덕오면(농가, A), 수곡면(4농가, D~F), 사천면(1농가, G)]의 속도, 색도, 당도, 산도, 저장에 따른 변화율 등을 측정 조사하였다. 속도 기준은 그림2-39로 하였다. 3월 선별된 딸기 용기 내 속도는 평균 83.6%, 기형과율 26.7%, 색차 L 54.0, 색차 a 37.2, 경도 23kg/N(중), 257.2kg/N(형), 당도 8.8°Brix, 산도 67.5%였다.(표 2-18). 속도에 따라서도 기형과율이 20~37.9%로 차이를 보였으며, 속도에 따라 색차L 값은 작아지고, 색차 a 값은 높아져 가지적 평가와 측정치간에 유의성이 인정되었다. 경도 또한 속도가 높아짐에 따라 중, 형 모두 감소하였으며, 산도는 감소한 반면 당도는 차이가 없었다 (표 2-19).

조사 항목은 각 농가에서 20반복으로 조사하였으며, 통계처리 방법으로는 IBM SPSS statistics를 이용하여 일원배치 분산 분석 후 Duncan의 방법으로 사후분석을 실시하였다. 4월에 조사된 포장팩의 품질, 속도별 기형과율, 색도, 경도, 당도, 산도는 3월과 같은 경향을 볼 수 있으나, 4월에 조사된 딸기의 평균 속도80.3%는 3월(84.8%)에 비해 낮음에도 불구하고, 경도가 낮았다.

표 2-18. 딸기 ‘매향’의 농가별 3월 품질(2015.)

농가명	숙도 (%)	기형과율 (%)	Hunter (Value)			경도(kg·f)		당도 (°Brix)	산도 (%)	
			L	a	b	종	횡			
DO	A	83.5	20.0	59.7b ^z	30.1c	31.0ab	245.5cd	220.5bcd	7.7g	60.7a
	B	80.0	45.0	65.0a	27.7c	30.0b	284.3ab	246.5ab	8.9cde	66.8bc
	C	92.0	10.0	49.3d	42.3a	32.0ab	235.0d	214.5d	8.3efg	64.2cd
	D	89.5	50.0	50.8cd	39.2ab	30.9ab	256.0cd	241.3abc	8.7cdef	66.9bc
SG	E	84.5	100.0	51.1cd	37.4ab	30.8ab	237.3d	216.3cd	9.1bcd	66.9bc
	F	83.0	30.0	53.7c	37.5ab	32.2ab	254.5cd	220.3bcd	8.2fg	63.6cd
	G	85.5	40.0	51.5cd	37.6ab	32.0ab	254.3cd	230.5abcd	9.3bc	69.7b
	H	78.0	25.0	52.9cd	36.0b	32.8a	298.8a	233.3abcd	8.6def	64.9cd
SC	I	81.5	0.0	52.3cd	42.4a	32.0b	270.5d	247.5abcd	10.0ab	77.6a
	J	78.5	0.0	53.2cd	42.0a	29.9ab	235.5bc	239.5a	9.7a	74.0a
평균	83.6	26.7	54.0	37.2	31.4	231.0	257.2	8.8	67.5	

^zDuncan's multiple range test at $p < 0.05$ *n=20

표 2-19. 딸기 ‘매향’의 숙도별 3월 품질

숙도 (%)	기형과율 (%)	색도			경도(kg·f)		당도 (°Brix)	산도 (%)
		L	a	b	종	횡		
50	20.0	59.80a ^z	26.93c	27.49c	317.00a	276.00a	9.00a	73.85a
60	23.1	59.05a	29.43bc	30.39ab	287.31b	254.62ab	9.18a	72.11ab
70	37.9	58.69a	31.75bc	28.92bc	278.28b	248.10bc	8.87a	67.00b
80	32.6	56.19a	34.38b	31.42ab	270.47bc	238.84bc	8.64a	66.55b
90	30.8	51.92b	40.41a	32.69a	246.03cd	223.78cd	8.73a	66.81b
100	34.4	48.68b	42.98a	31.24ab	225.63d	205.94d	9.21a	68.32ab

^zDuncan's multiple range test at $p < 0.05$

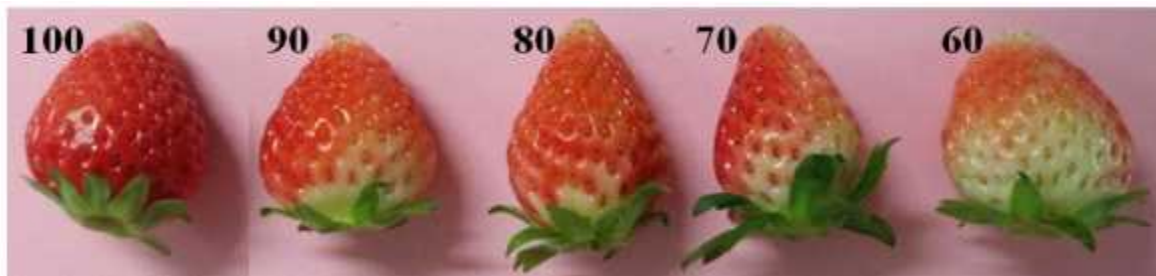


그림 2-39. 3월에 조사한 숙도(%)별 딸기 ‘매향’(2015.)

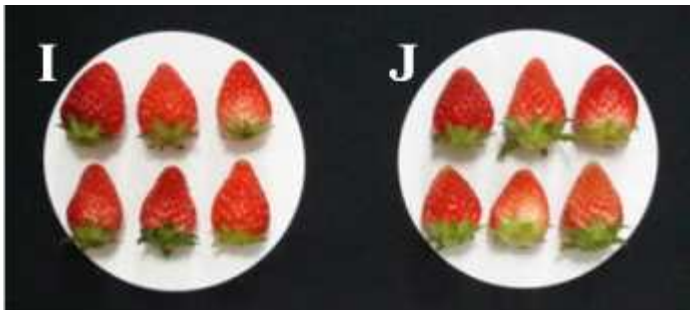


그림 2-40. 3월에 조사한 농가별 딸기‘매향’의 모습(2015.)

표 2-20. 딸기 ‘매향’의 농가별 4월 품질(2015년)

농가명	숙도 (%)	기형과율(%)	색도			경도(kg·f)		당도 (°Brix)	산도 (%)	
			L	a	b	종	횡			
DO	A	70.0	35.0	59.1a ^Z	27.6c	29.4b	305.0a	272.0a	8.6c	68.1ab
	D	79.4	72.2	59.1a	28.5c	34.3a	251.9b	234.2b	9.7a	63.9b
SG	E	85.5	40.0	55.6a	34.7b	32.6a	203.3b	209.0bc	9.3bc	66.7b
	F	93.0	35.0	50.6b	39.9a	32.8a	212.0b	187.8c	9.4bc	67.4b
SC	G	79.5	15.0	55.5a	33.7b	29.2b	233.5bc	210.0bc	9.1b	72.1a
평균		81.5	39.4	56.0	32.9	31.7	241.1	222.6	9.2	67.6

^ZDuncan's multiple range test at $p < 0.05$ *n=20

표 2-21. 딸기 '매향'의 숙도별 4월 품질(2015.)

숙도 (%)	기형과율 (%)	색도			경도(kg·f)		당도 (°Brix)	산도 (%)
		L	a	b	종	횡		
50	40.0	63.6a ^Z	18.2e	26.9b	276.0ab	297.0a	9.1a	62.0b
60	27.3	61.0ab	24.6d	26.4b	286.8a	258.2b	8.4b	63.2b
70	46.7	58.5b	28.7cd	31.5a	251.3ab	237.3bc	9.1a	69.6a
80	64.7	57.1bc	32.8bc	32.9a	265.3ab	225.9bcd	9.1a	65.9ab
90	42.9	53.8cd	36.0ab	32.5a	236.2b	207.4cd	9.4a	69.6a
100	18.5	51.1d	40.6a	33.4a	191.3c	189.3d	9.6a	69.3a

^ZDuncan's multiple range test at $p < 0.05$



그림 2-41. 4월에 조사한 숙도로 분류한 딸기 '매향'(2015.)



그림 2-42. 4월에 조사한 농가에 따른 딸기 '매향'의 모습(2015.)

(나) 재배방식별 품질변화

2016년 12월부터 2017년 4월까지 수출단지 내 농가 11개소(고설 수경 8개소, 토경 3개소)을 선정하여 선별 후 딸기의 시기별 품질을 조사하였다. 고설 농가는 평균 숙도 85.6%, 기형과율 19.5%, 색차L 54.8, 경도 (횡)2.5N, 경도(종)2.3N, 당도 9.5°Bx. 과장 43.3mm, 과폭 26.9mm, 과중 13.8g 이었으며, 토경 농가는 숙도 85.5%, 기형과율 30.8%, 색차L 55.6, 경도 (횡) 2.8N, 경도(종) 2.6N, 당도 9.4°Bx. 과장 43.9mm, 과폭 27.8mm, 과중 14.9g 이었다. 시기 별 차이를 보면, 숙도의 경우 수경 방식은 82~88%, 토경 방식은 82~92%, 기형과율은 수경 방식은 12.5~28.1%, 토경 방식은 4.2~50%, 경도(횡/종)의 경우 수경 방식은 1.9~3.5N/1.3~4.0N, 토경방식은 2.1~3.3N/1.2~4.6N으로 방식에 따른 품질 특성이 차이를 나타냈다(표2-22,23). 수경재배에서 생산된 딸기는 토경재배와 비교했을 때 비교적 균일한 숙도

에서 수확하는 것을 알 수 있으며, 기형과율이 상대적으로 낮은 반면, 경도도 낮은 경향을 보였다. 기형과율의 원인으로서는 온도, 일조부족, 습도 등의 환경 영향으로 보고되고 있으며, 최근 3년간 측정된 환경계측 중 광량이 가장 낮게 측정되었다.번호삭제 이는 환경조절이 용이한 시설 고설 수경재배보다 기형과율 발생이 적은 요인으로 추정할 수 있으며, 또한 양수분 공급이 비교적 많은 수경재배에서의 경도가 낮은 것도 요인으로 작용한 것으로 본다.

표 2-22. 수경재배 재배 방식에 따른 수출용 딸기 '매향'의 월별 농가별 품질 특성

농가명	월별	속도 (%)	기형과 (%)	Hunter			경도(N)		당도 (Brix)	산도 (%)	과장 (mm)	과폭 (mm)	과중 (g)
				L	a	b	(횡)	(종)					
E	12	93.8	0	52.2	42	32.3	3.5	3.3	9.5	1.9	38.1	27.3	12
	1	92.5	12.5	47.7	46.5	32.2	2.4	1.3	10.5	1.4	40.5	28.4	12.9
	2	95	37.5	50	46	33.6	2.2	1.7	9.9	1.7	42.2	28	12.2
	3	83.8	0	57.5	34.6	29.6	2.7	2.9	9.5	1.4	43.1	25.5	12.7
	4	91.3	37.5	47.3	47.1	28.9	2.2	2.2	9.6	1	39.9	28.4	13.9
	평균	91.3	17.5	50.9	43.2	31.3	2.6	2.3	9.8	1.5	40.8	27.5	12.7
J	12												
	1	86.3	0	56.2	33.8	36.7	2.3	1.5	10	1.3	41.3	26.7	12
	2	85	25	57.1	35.1	33.1	2.5	1.9	10.1	1.5	47.2	28.9	16.7
	3	82.5	12.5	55.6	34.3	31.1	3.5	2.6	9.4	1.4	48.5	28.6	16.9
	4	91.3	0	43.7	46.5	25.1	1.3	1.9	9.3	1	41.7	23.8	12.6
	평균	86.3	9.4	53.2	37.4	31.5	2.4	2.0	9.7	1.3	44.7	27.0	14.6
M	12												
	1	75	12.5	57.4	40.4	35.1	2.3	1.3	10.3	1.4	44.9	27.3	12.8
	2	77.5	37.5	62.6	36	31.5	2.5	1.9	9.5	1.5	40.3	27.6	13.1
	3	83.8	37.5	57.3	32.6	32.1	2.8	2.5	9.5	1.2	42.2	27.5	14.9
	4	71.3	37.5	67	22.3	25.9	2.3	2.6	8.3	1	40.7	25	13
	평균	76.9	31.3	61.1	32.8	31.2	2.5	2.1	9.4	1.3	42.0	26.9	13.5
Ak	12	100	0	40.9	45.4	21.2	3.7	4	11.6	1.5	54.3	31.4	20.9
	1	90	0	53.5	40.3	32.8	1.6	1.2	9.5	1.2	43	28.9	14.1
	2	100	25	40.3	45.2	24.1	1.7	1.1	7.5	1.5	40.9	27.1	12.5
	3	90	12.5	58.3	31.6	26.6	2	1.7	10.2	1.4	45.3	26.6	15.3
	4	90	12.5	51.2	44.1	33.3	1.7	1.7	9.5	0.9	45.2	27.3	15.7
	평균	94.0	10.0	48.8	41.3	27.6	2.1	1.9	9.7	1.3	45.7	28.3	15.7
P	12	92.5	0	50.3	43	32.7	2.9	3.4	8	1.7	45.4	28.8	15.5
	1	92.5	12.5	55.1	39.1	36.7	2.1	1.1	9.7	1.3	39.1	27.1	11.5
	2	76.3	25	64.5	25.9	27.2	3.5	2.6	9.2	1.6	42.4	27.4	12.8
	3	88.8	0	54.8	40.5	33.4	2.2	1.9	9.8	1.3	39.5	25.1	12.2
	4	75	25	59.7	27.4	32.5	2.5	2.4	9.2	0.9	45.6	25.1	15.8
	평균	85.0	12.5	56.9	35.2	32.5	2.6	2.3	9.2	1.4	42.4	26.7	13.6
S	12	75	12.5	59.5	31.8	34.7	3.6	4.5	9.4	1.7	44.9	27.7	14.2
	1												
	2	71.3	25	60.9	32.2	32.1	2.8	3	9.7	1.5	43.2	28	13.2
	3	91.3	12.5	51.6	36.7	31.9	2.3	1.4	9.2	1.7	45.7	23.8	12.7
	4	63.8	12.5	67.9	17.8	29	2.2	3.2	7.9	0.8	39.6	24.6	12.4
	평균	75.4	15.6	60.0	29.6	31.9	2.7	3.0	9.1	1.4	43.4	26.0	13.1
AA	12	85	37.5	55.8	37.4	37.1	3.5	4.3	10.9	1.9	45.5	27.4	13.8
	1	87.5	37.5	58.8	32.9	36	2.8	1.4	9	1.2	39	28.4	12.2
	2	83.8	12.5	54.7	36.3	31.6	3.2	3.4	9.5	1.5	42.1	27.1	12.2
	3	90	62.5	53.7	38	30.1	2.4	2.4	10.2	1.8	41.6	26.2	13.8
	4	90	12.5	49.8	42.2	34.2	2.1	2.1	8.3	0.8	44.3	27.4	17.7
	평균	87.3	32.5	54.6	37.4	33.8	2.8	2.7	9.6	1.4	42.5	27.3	13.9
B	12	81.3	25	52.7	32.1	31.1	4	4.3	9.7	1.5	48.8	27.1	15.5
	1	85	25	56.7	34.5	34.8	2.8	1.4	9.6	1.3	41	28	12.3
	2	95	37.5	51.6	42.3	34.4	1.9	1.7	9.4	1.6	48.6	26	13.2
	3	91.3	12.5	51.6	36.7	31.9	2.3	1.4	9.2	1.7	45.7	23.8	12.7
	4	88.8	37.5	50.6	44.8	35.2	1.2	1.5	10.1	0.8	40.8	22.8	13.5
	평균	88.3	27.5	52.6	38.1	33.5	2.4	2.1	9.6	1.4	45.0	25.5	13.4
전체	12월	87.9	12.5	51.9	38.6	31.5	3.5	4.0	9.9	1.7	46.2	28.3	15.3
	1월	87.0	14.3	55.1	38.2	34.9	2.3	1.3	9.8	1.3	41.3	27.8	12.5
	2월	85.5	28.1	55.2	37.4	31.0	2.5	2.2	9.4	1.6	43.4	27.5	13.2
	3월	87.7	18.8	55.1	35.6	30.8	2.5	2.1	9.6	1.5	44.0	25.9	13.9
	4월	82.7	21.9	54.7	36.5	30.5	1.9	2.2	9.0	0.9	42.2	25.6	14.3
	전체	85.6	19.5	54.8	36.9	31.7	2.5	2.3	9.5	1.4	43.3	26.9	13.8

측정기간2016. 12.~2017. 4.

표 2-23. 토경 재배 재배 방식에 따른 수출용 딸기 ‘매향’의 월별 농가별 품질 특성

농가명	월별	속도 (%)	기형과 (%)	Hunter			경도(N)		당도 (Brix)	산도 (%)	과장 (m)	과폭 (mm)	과중 (g)
				L	a	b	(횡)	(중)					
AH	12	83.8	25.0	51.5	40.3	32.5	3.6	4.7	9.2	2.1	44.1	29.7	15.6
	1	83.8	50.0	58.2	32.9	35.2	2.6	1.3	9.3	1.3	42.3	28.3	13.9
	2	92.5	75.0	55.6	40.8	31.4	3.4	3.0	10.0	1.5	47.4	29.8	15.6
	3	81.3	50.0	54.3	33.1	27.8	3.6	2.1	9.7	1.8	47.4	27.8	16.7
	4	73.8	0.0	60.2	29.6	31.9	3.5	3.2	9.3	0.8	41.2	25.4	13.3
	평균	83.0	40.0	56.0	35.3	31.8	3.3	2.9	9.5	1.5	44.5	28.2	15.0
AJ	12	82.5	50.0	54.6	40.3	36.2	2.8	4.1	9.9	1.8	45.1	27.7	15.3
	1	97.5	25.0	50.5	42.4	34.5	2.0	1.3	9.8	1.4	40.1	26.9	11.0
	2	76.3	0.0	61.2	29.9	31.9	2.8	2.4	9.9	1.5	48.5	29.7	17.5
	3	90.0	12.5	57.0	32.9	34.4	2.5	2.1	9.1	1.8	43.9	26.6	16.3
	4	83.8	12.5	56.9	30.3	31.5	2.0	2.8	8.5	0.9	42.8	26.6	16.1
	평균	86.0	20.0	56.0	35.2	33.7	2.4	2.5	9.4	1.5	44.1	27.5	15.2
AI	12	85.0	12.5	55.2	35.9	32.6	3.6	5.1	8.5	1.8	40.3	27.1	12.4
	1	93.8	12.5	50.4	41.8	35.3	1.8	1.1	9.7	1.3	41.7	27.4	12.3
	2	85.0	75.0	59.7	33.5	32.0	3.2	2.0	9.8	1.5	46.2	30.9	17.9
	3	86.3	62.5	56.3	36.7	31.3	2.7	2.4	9.9	1.7	45.4	27.1	17.1
	4	87.5	0.0	52.8	37.0	35.4	1.5	1.9	8.3	0.8	41.3	25.6	13.1
	평균	87.5	32.5	54.9	37.0	33.3	2.6	2.5	9.2	1.4	43.0	27.6	14.6
12월평균	83.8	29.2	53.8	38.8	33.8	3.3	4.6	9.2	1.9	43.2	28.2	14.4	
1월평균	91.7	29.2	53.0	39.0	35.0	2.1	1.2	9.6	1.3	41.4	27.5	12.4	
2월평균	84.6	50.0	58.8	34.7	31.8	3.1	2.5	9.9	1.5	47.4	30.1	17.0	
3월평균	85.9	41.7	55.9	34.2	31.2	2.9	2.2	9.6	1.8	45.6	27.2	16.7	
4월평균	81.7	4.2	56.6	32.3	32.9	2.3	2.6	8.7	0.8	41.8	25.9	14.2	
전체평균	85.5	30.8	55.6	35.8	32.9	2.8	2.6	9.4	1.5	43.9	27.8	14.9	

측정기간2016. 12.~2017. 4.



그림 2-43. 2016년 12월에 조사한 농가에 따른 딸기 ‘매향’의 모습



그림 2-44. 2017년 1월에 조사한 농가에 따른 딸기 ‘매향’의 모습



그림 2-45. 2017년 2월에 조사한 농가에 따른 딸기 ‘매향’의 모습



그림 2-46. 2017년 3월에 조사한 농가에 따른 딸기 ‘매향’의 모습
(좌: 수경재배, 우 토경재배)



그림 2-47. 2017년 4월에 조사한 농가에 따른 딸기 ‘매향’의 모습
(좌: 수경재배, 우 토경재배)

(다) 고온기 수확한 딸기 재배 방식과 속도에 따른 싱가포르 선박 수송 후 품질 변화 분석

수출 농가 중 고설수경 또는 관비 재배 방식과 각각의 속도 60%와 80%에서 수확(2015년 3월 19~20일)한 딸기를 선박 수송 (1~2℃)로 10일간 운송 후 싱가포르에 도착한 딸기의 모습은 각각 그림 2-48과 같다. 본 실험은 고온으로 접어들어 저장 기간이 길어졌을 때 수입국의 품질 저하를 알아보기 위하여 3월 20일 고온기의 딸기로 실험한 결과이다. 본 선박 수송 중에는 컨테이너의 온도가 비교적 1~2℃로 유지될 수 있었는데, 이는 컨테이너에 전량 수출 물량이 탑재되지 않아 컨테이너의 온도 및 습도가 비교적 양호하게 유지된 것도 영향 인자로 추정되었다. 그 결과 재배 방식과 속도에 관계없이 품질이 매우 양호하게 유지(데이터 미제시)되어 추후 재배시스템에 따른 모의 저장 실험을 통해 품질 변화 양상이 검토되어야 할 것으로 판단되었다.



그림 2-48. 싱가포르 선박 수송 전 딸기 숙도별 상태



그림 2-49. 재배 방식과 숙도 차이에 따른 선박수송(1~2℃, 10일 저장) 후 딸기 ‘매향’



그림 2-50. 싱가포르 FreshMart로 도착된 수출딸기 ‘매향’의 선박 수송된 모습
(3월 20일 진주 출발 3월 30일 싱가포르 도착)

(라) 고온기 수출용 딸기 저장에 따른 선도 유지

2016년 4월 29일 수확한 수출 농가 2곳(A: JK, B:덕오면 1개소)의 딸기 ‘매향’을 저장 전과 5일 후 색도, 경도, 당도, 산도를 조사한 결과, 4월 수확된 딸기의 경우 5일 저장 후 색도는 L값이 감소하면서, a값이 증가하여 숙도가 진행됨을 보였으나, 경도 당도, 산도에는 영향을 주지 않은 것으로 보이며, 생체중은 250g 용기당 2~2.0% 감소하였다(자료 미제시). 시기별 조사 분석(1/22, 2/16, 3/30, 4/29)했을 때 딸기 색도, 산도 등은 차이가 없으나, 경도가 감소되는 경향을 보여 고온기 딸기 선도 유지를 위해서는 적정 환경관리가 이루어져야 할 것으로 보인다.

표 2-24. ‘매향’의 저장기간 중 품질변화

	저장 일 (Day)	색도			경도(kg·f)		당도 (°Brix)	산도 (%)
		L	a	b	중	횡		
A	0	54.1±8.5	32.3±9.0	29.6±2.0	200.3±39.0	198.1±28.8	8.9±0.8	63.5±4.4
	5	53.6±6.8	36.4±8.2	31.6±3.8	309.1±52.8	303.0±46.2	8.9±0.8	69.3±4.0
B	0	59.1±5.2	27.6±8.6	29.4±2.8	305.0±34.7	272.0±43.7	8.6±0.9	68.1±5.2
	5	54.7±6.8	37.8±8.1	31.6±3.6	284.9±51.1	255.4±41.7	8.9±0.6	68.1±5.7

*수확기-2016.4.29.,(n=3)



그림 2-51. 저장 초기와 5일 후의 딸기 ‘매향’ (A JK, B 덕오면)

나. 기능성 물질 탐색과 적용에 따른 상품성, 경도 및 수량 분석

(1) LPE 침지 처리농도와 숙도가 경도와 품질에 미치는 영향

LPE(Lysophosphatidylethanolamine)은 난황유에서 추출한 천연인지질로 세포벽에 존재한다. LPE는 일부 원예작물에서 과실의 색도, 당도 및 크기 증가 뿐 아니라 경화 억제 및 병저항성에 효과가 있는 것으로 알려져있어 수출 딸기 경도 향상과 품질에 미치는 영향을 알아보고자 본 실험을 수행하였다.

실험은 딸기 ‘매향’ 품종의 과실을 수확(2014년 2월 13일과 3월 9일 2차례에 걸쳐)한 후

LPE 용액에 침지처리 한 뒤 저장기간 동안 당도, 색도, 경도 및 생체중 변화를 조사하여 적정 LPE 처리 농도 및 적정 속도를 규명하고자 실시하였다. 속도 70%인 과실을 LPE 0(증류수, 대조구), 10, 50, 100mg·L⁻¹ 농도에 1분간 침지하거나, 딸기 꼭지에서부터 익은 비율로 속도 0%, 50%, 70%, 100%로 등급화한 후에 LPE 0(증류수, 대조구), 2.5, 5, 10, 25mg·L⁻¹ 농도에 1분간 침지한 후 실온(20℃±1)에서 40분간 자연건조 한 뒤 4°C 저장고에 12일간 저장하였다. 저장 기간 동안 생체중, 종경도, 횡경도, 색도 및 당도 변화를 조사하였다.

속도 70% 과실을 수확 후 LPE 0, 10, 50, 100mg·L⁻¹ 농도에 침지 후 저장하며 과실의 생체중을 측정하였을 때 처리 농도별 유의차가 없었다. 종경도는 저장 3일째에는 무처리구와 LPE 10mg·L⁻¹ 처리구에서 가장 높고 50과 100mg·L⁻¹에서 가장 낮았다. 저장 6일째부터 12일까지 10mg·L⁻¹ 처리구에서 종경도가 가장 높았다. 횡경도는 저장 9일째 10과 50mg·L⁻¹에서 가장 높게 측정되었으나 12일째에는 10mg·L⁻¹ 처리구는 무처리구와 차이가 없었고 50과 100mg·L⁻¹에서 가장 낮았다. 색차계 L*과 b* 값은 LPE 처리 농도별 저장 기간 별 유의차가 없었고, a* 값은 저장 12일째에 LPE 10mg·L⁻¹ 처리를 포함한 모든 농도에서 무처리구에 비하여 높았다.

속도 0%, 50%, 70%, 100%로 등급화한 후에 LPE 0(증류수, 대조구), 2.5, 5, 10, 25 mg·L⁻¹ 농도에 침지한 후 저장하였을 때 과실 생체중은 저장 기간 중 속도 0, 50, 70, 100% 모두에서 소폭감소하나 LPE 처리농도별 유의차가 없었다. 종경도와 횡경도는 LPE 처리농도와 상관없이 속도 0% > 50% > 70% > 100% 순으로 높았다. LPE 농도 처리에 의한 영향은 종경도는 속도 70% 과실의 경우 저장 3, 6, 12일째 모두 LPE 5mg·L⁻¹에서 가장 높았고 12일째는 LPE 처리구 모두 무처리구에 비해 높았다. 속도 100% 과실의 경우 저장 12일째에 LPE 10mg·L⁻¹에서 종경도가 무처리구에 비해 높았지만 가장 높은 농도인 25mg·L⁻¹에서는 종경도 및 횡경도 모두 가장 낮았다. 위의 결과들에서 속도가 LPE 저장성 효과에 중요한 요인이라는 것과 고농도의 LPE 처리는 저장성에 오히려 역효과를 주는 것을 알 수 있었다.

색차계 L, b 값은 LPE 처리와 관계없이 속도에 따라 유의차가 있었는데 속도 0% > 50% > 70% > 100% 순으로 높았다. 즉, 색차계 L*과 b*가 낮다는 것은 속도가 높음을 의미하며 속도100%에서 가장 낮은 L*과 b*값이 측정된 것을 알 수 있다. 속도 50%와 70% 과실의 경우 저장기간 중 다른 처리구에 비해 5mg·L⁻¹에서 L*, b* 값이 가장 높았다. 속도 100%의 경우 L* 값은 5mg·L⁻¹ 처리구에서 b* 값은 2.5, 5, 10mg·L⁻¹ 모두 무처리구보다 높았던 반면 25mg·L⁻¹에서는 가장 낮은 값을 보여 과숙이 유발된 것으로 판단된다. 색차계 a* 값은 L*과 b*와는 반대로 그 값의 증가는 속도가 높음을 의미하는 것으로 속도 0, 50, 70, 100% 모두에서 LPE 처리 효과를 구분할 수 없었고, 당도는 처리별, 기간별 유의차가 없었다. 결론적으로, LPE는 저장 중인 딸기 과실의 생체중에 영향을 주지 않으면서 경도 및 색도 변화에는 영향을 주는 것을 알 수 있으며 속도 70% 일 때 타 속도에 비해 저장성 증대효과가 크며 속도 70%일 때 처리농도 5mg·L⁻¹이 저장성 증대에 다른 농도보다 효과적임을 알 수 있었다.

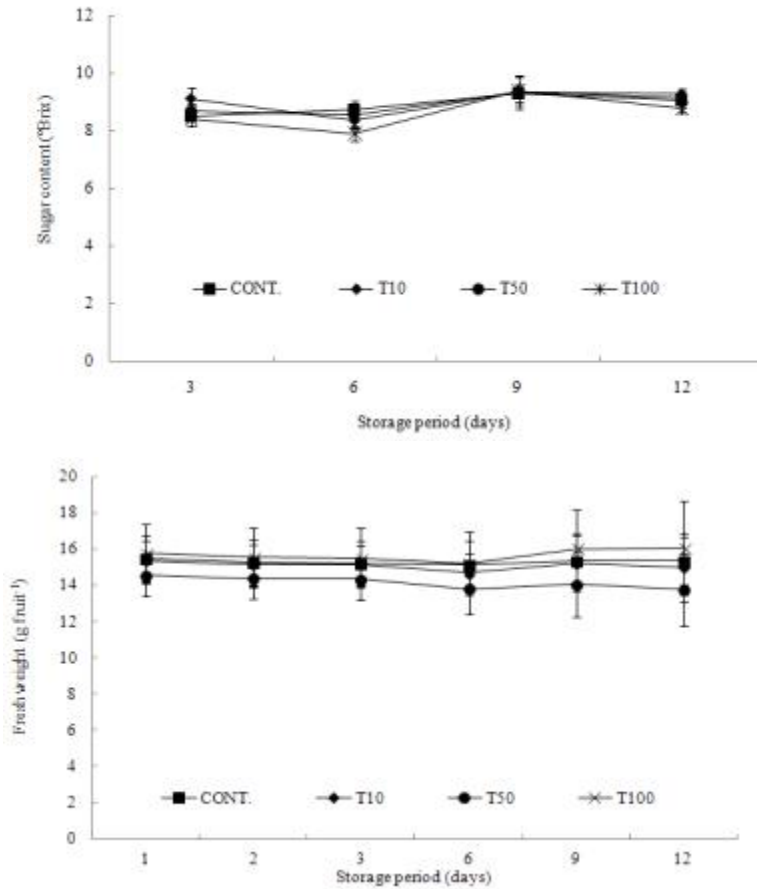


그림 2-52. LPE 침지 처리농도가 저장중 딸기‘매향’ 당도(상)와 생체중(하)에 미치는 영향 (속도 70%, 저장온도 4°C, n=6 (SE (±))

표 2-25. LPE 침지 처리농도가 저장 중 딸기‘매향’ 정도에 미치는 영향

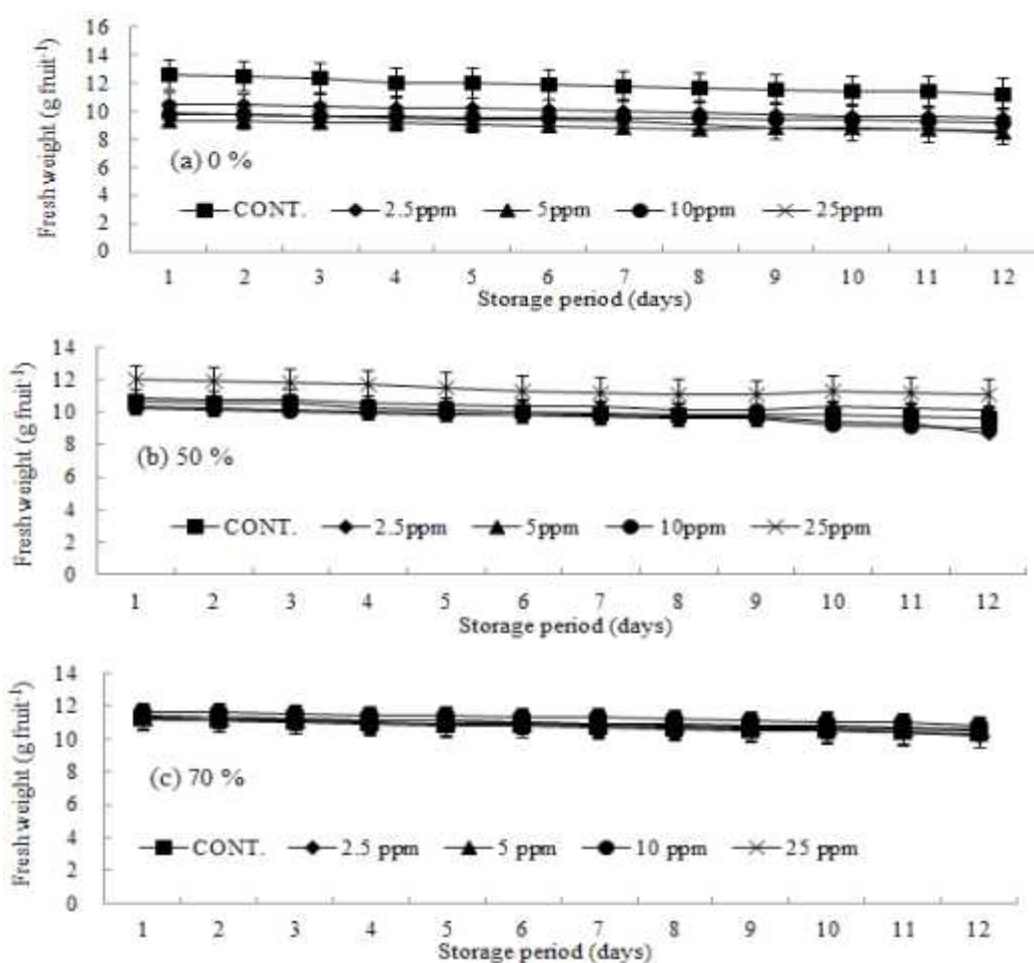
LPE ₁ mg·L ⁻¹	경도 (vertical)				경도 (horizontal)			
	3	6	9	12	3	6	9	12
0	6.65abcd	7.27abc	6.20abcd	5.80bcd	3.32bcd	4.27abc	3.93abcd	3.73abcd
10	5.83abcd	7.87a	7.63ab	6.12abcd	3.00cd	4.33abc	4.73a	3.58abcd
50	5.67bcd	7.10abcd	7.18abc	5.33cd	3.05cd	3.78abcd	4.48ab	2.58d
100	5.07d	6.80abcd	6.08abcd	5.58bcd	3.03cd	3.48abcd	2.83d	2.79d
day×LPE	*				*			

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$. * $P < 0.05$ (속도 70%, 저장온도 4°C, n=6 (SE (±))

표 2-26. LPE 침지 처리농도와 저장기간에 따른 딸기의 색차계 변화

LPE mg·L	색차 L				색차 a				색차 b			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
0	43.07a	44.20a	39.05a	42.08a	18.15b	19.47b	21.97b	20.45b	17.58a	17.23ab	14.15bc	15.85abc
10	40.50a	41.73a	40.00a	39.63a	21.12b	19.15b	22.97b	39.63a	16.82abc	15.77ab _c	14.78ab _c	13.73c
50	39.32a	43.10a	41.57a	38.98a	22.82b	18.90b	22.78b	38.98a	15.72abc	17.12ab	16.08ab _c	14.47abc
100	42.30a	42.03a	39.57a	38.95a	20.17b	21.75b	23.37b	38.95a	17.53a	16.90ab _c	15.13ab _c	14.13bc
day× LPE	<i>ns</i>				<i>**</i>				<i>ns</i>			

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$. $**P < 0.001$, *ns* (non significant)



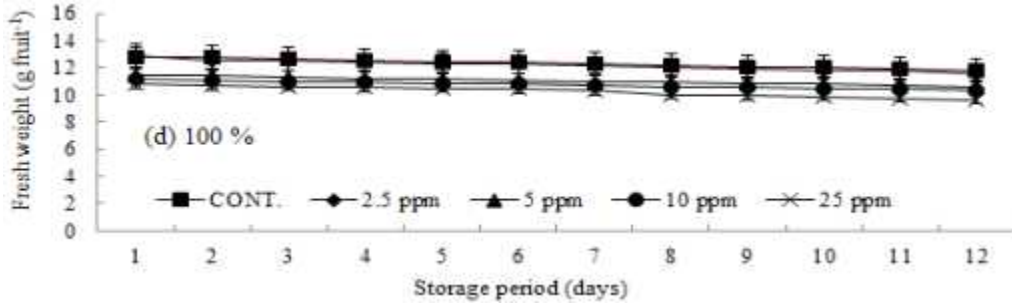


그림 2-53. 딸기 ‘매향’의 숙도에 따른 LPE 침지처리농도가 저장 중 생체중에 미치는 영향

표 2-27. 딸기 ‘매향’의 숙도에 따른 LPE 침지처리농도가 저장 중 경도에 미치는 영향

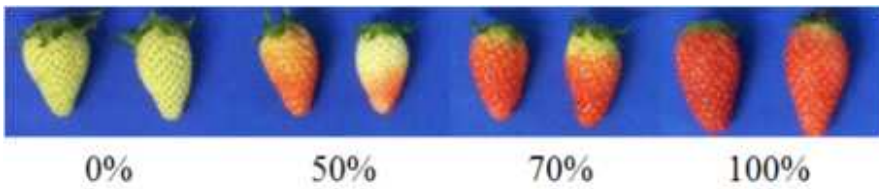
Maturity	LPE mg·L ⁻¹	수직경도				day×LPE	수평경도				day×LPE
		3	6	9	12		3	6	9	12	
0%	0	643ab	657ab	1000a	643ab	ns	750abc	680abc	850abc	487bc	ns
	2.5	983a	863ab	857ab	560b		1153a	800abc	563bc	460c	
	5	723ab	773ab	667ab	693ab		743abc	743abc	613bc	557bc	
	10	830ab	717ab	490b	647ab		827abc	600bc	393c	487bc	
	25	883ab	663ab	583ab	663ab		997ab	590bc	593bc	583bc	
50%	0	487a	390abc	377abc	487a	ns	450ab	460a	347abcd	307cd	*
	2.5	403abc	357bc	393abc	380abc		360abcd	323abcd	313bcd	307cd	
	5	387abc	333c	400abc	403abc		320bcd	277d	320bcd	393abcd	
	10	370abc	360bc	390abc	460ab		443abc	363abcd	440abc	370abcd	
	25	447abc	377abc	407abc	417abc		293d	323abcd	317bcd	413abcd	
70%	0	383abcd	317cde	330bcde	290e	*	340ab	260b	390ab	273b	ns
	2.5	397abc	300de	337bcde	347bcde		400ab	267b	267b	330ab	
	5	437a	407ab	323bcde	393abc		423a	270b	313a	380ab	
	10	330bcde	350bcde	350bcde	377abcde		347ab	287ab	340ab	330ab	
	25	340bcde	353bcde	330bcde	317cde		343ab	270b	267b	313ab	
100%	0	300b	330ab	323ab	330ab	ns	277abcd	223cd	317abc	227bcd	ns
	2.5	303b	310ab	297b	310ab		323abc	257abcd	333a	280abcd	
	5	313ab	300b	340ab	340ab		280abcd	280abcd	327ab	243abcd	
	10	340ab	277b	330ab	390a		320abc	240abcd	310abc	267abcd	
	25	303b	323ab	300b	257b		263abcd	243abcd	303abc	190d	

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$. * $P < 0.05$, ns (non significant). 저장 온도 4°C, n=12



그림 2-54. LPE 침지 처리 농도에 따른 처리 전(좌)과 저장(4°C) 9일 췌(우) 딸기 ‘매향’ 모습

<속도 별 저장 전 상태>



<저장 7일 후 상태>

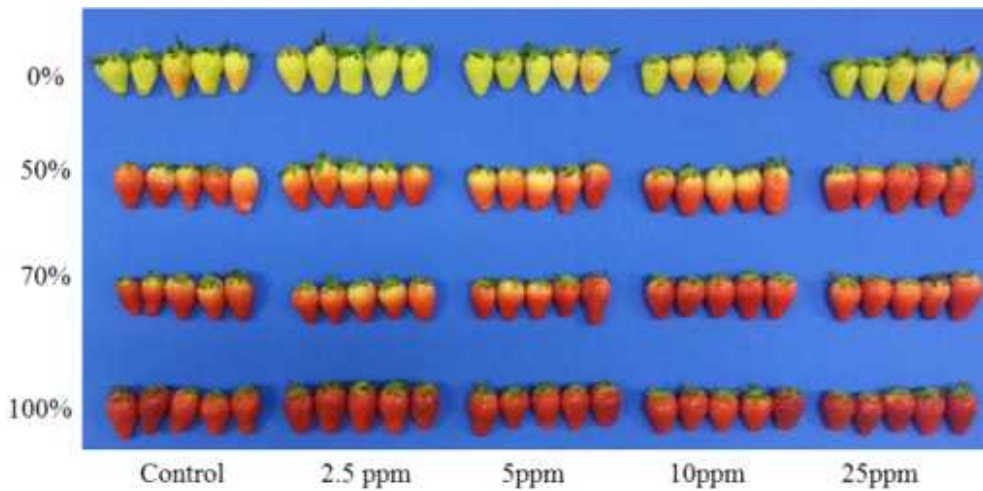


그림 2-55. LPE 농도별 속도에 따른 저장(4°C) 기간 중 딸기 ‘매향’

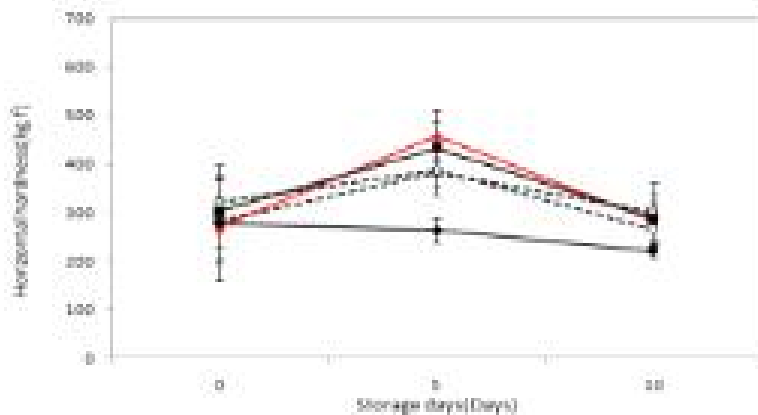
(2) LPE 농도별 엽면살포 처리에 따른 딸기 ‘매향’의 저장 중 품질 변화

LPE 처리 농도 5수준(0(증류수), 10, 25, 50, 100 mg·L⁻¹)으로 하여 2주 간격으로 2014년 12월 30일부터 4월 30일 까지 엽면살포 한 후 3일 간격으로 딸기 ‘매향’을 수확하여 저장 (4℃) 10일 동안 5일 간격으로 품질 변화를 살펴보았다. LPE 50mg·L⁻¹ 처리에서는 저장 5일 째부터 L값과 a 값이 낮아져 숙도가 진행되는 것을 간접적으로 확인함에 따라 LPE 50 mg·L⁻¹ 이상의 농도는 딸기에서 숙도를 촉진하는 효과를 작용할 수 있으리라 본다. 종으로 측정된 경도는 저장 5일 째 대조구에 비해 LPE 처리에서 모두 높았으나, 저장 10일 째 감소하였으며, 황으로 측정된 경도는 저장 5일 째 LPE 100mg·L⁻¹처리에서 가장 낮았고 역시 10 일째 감소하였다(그림 2-56). 생체중 감소율, 당도 및 산도 변화도 LPE 처리에 따른 효과를 찾기는 어려웠다(표 2-27, 그림 2-57). 이는 딸기를 3일 간격으로 수확하는 과정에서 수확된 딸기 시료 간 차이도 영향 요인으로 작용할 수 있으리라 본다. 이는 LPE 처리에 따른 과 직경 0.5cm를 중심으로 70% 수확까지의 기간을 조사한 결과에서도 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다(표 2-28). LPE 침지 처리에 따른 경도 효과를 다소 확인할 수는 있으나, 딸기 수확은 2일 간격으로 연속 수확이 이루어지고 있어 LPE 처리에 의한 상품성 및 품질 향상 효과를 검토하기는 어려울 것으로 판단되었다(그림 2-58).

표 2-28. LPE 엽면시비 처리에 따른 색차계 변화(매향)

	0			5			10		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Control	49.0 a	10.9 a	17.9 a	38.9 a	18.9 a	13.4 a	36.8 a	18.9 a	11.6 a
10	44.8 a	13.8 ab	16.3 a	41.1 a	16.2 a	13.8 a	32.7 bc	16.7 a	7.8 b
25	42.1 a	19.9 b	16.2 a	40.5 a	19.8 a	14.9 a	36.6 a	16.8 a	11.1 a
50	42.6 a	20.7 b	15.7 a	37.9 a	20.1 a	12.6 a	34.8 ab	17.7 a	9.7 ab
100	47.2 a	16.3 ab	17.7 a	37.1 a	20.6 a	13.3 a	30.9 c	16.0 a	8.1 b

(측정시기 : 2015.2.27~4.4, 3일 간격으로 수확하여 저장)



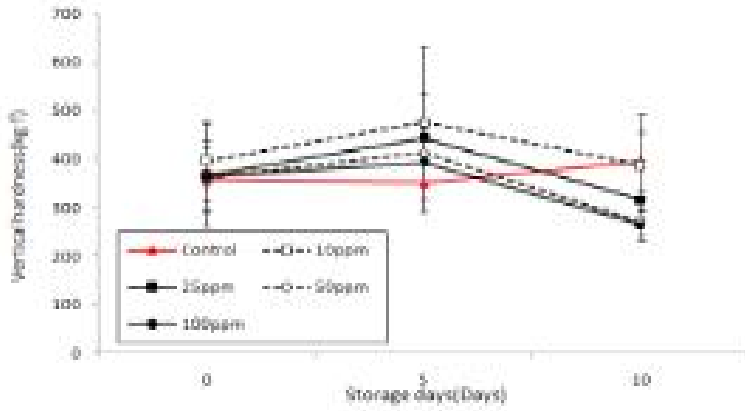
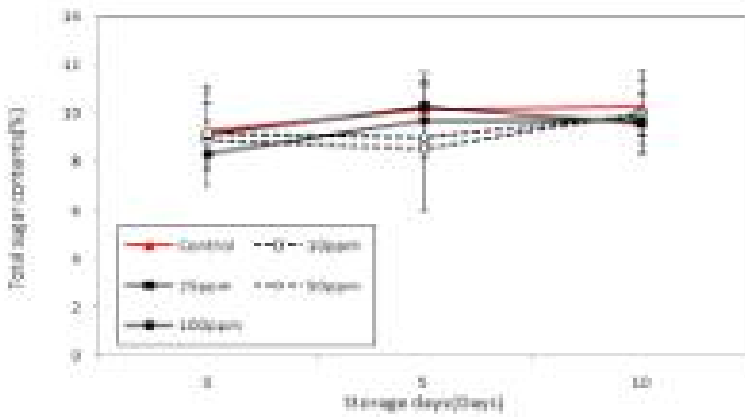
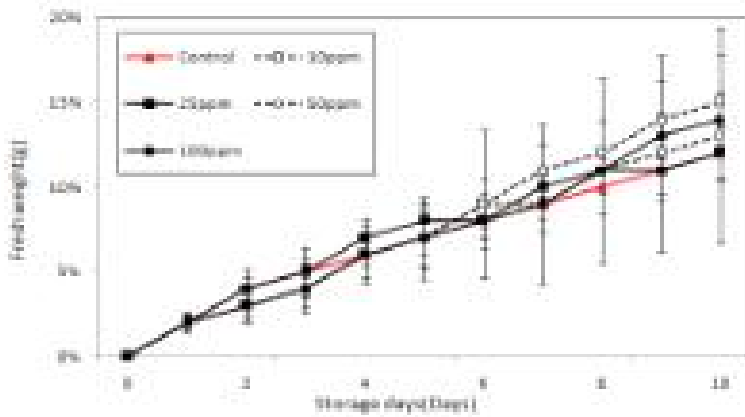


그림 2-56. 딸기 '매향'; LPE 농도별 엽면시비에 따른 저장(4°C) 중 경도 변화(상 중, 하 횡) (측정시기 : 2015.2.27~4.4, 3일 간격으로 수확하여 저장)



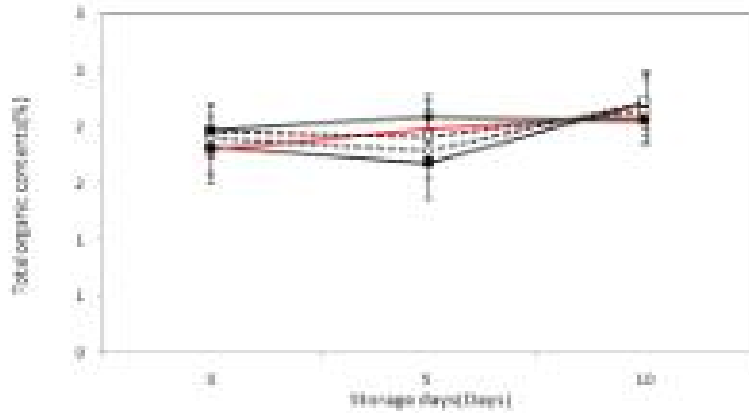


그림 2-57. 딸기‘매향’LPE 농도별 엽면시비에 따른 저장(4℃) 중 생체중 감소율, 당도 및 산도 변화(측정시기 : 2015.2.27~4.4, 3일 간격으로 수확하여 저장)

표 2-29. LPE 엽면시비 처리한 과실의 70% 수확까지의 소요일

LPE (mg·L ⁻¹)	수확 소요 일 ^z (days)
Control	22.5
10	25.2
25	23.6
50	22.6
100	23.4

(^z초기 과장 0.5~1cm 크기 기준으로 산출
측정시기 : 2015.2.27~4.4, 3일 간격으로 수확하여 저장)



그림 2-58. LPE 처리 농도별 엽면살포 처리 및 수확시기 조사를 위한 라벨링 표시

(3) 상품 수량에 미치는 딸기 '매향'의 CO₂ 시용효과

(가)환경계측과 온실 현황

지상부 환경 요인 중 CO₂ 시용에 따른 효과를 알아보기 위하여 2016년 1월 2일 부터 2월 28일 까지 사천시 용현면의 SK 단동온실에서 9시부터 10시까지 3L/분당 CO₂가스를 공급하였다 (그림2-3-C). 1월~2월 기간 중 처리구의 주간 평균 CO₂농도는 523.9ppm(1월), 432.5ppm(2월) 이었고(표2-34), 대조구의 주간평균 CO₂농도는 1월 248.6ppm, 2월 267.6ppm 이었다. 재배 기간 중 환경계측 결과는 (표2-33)과 같이 지상부 월평균 누적광량은 172.9MJ/m²/Monthd였으며 11~1월 중 누적광량을 평균 이하였다. 월평균누적광량이 증가함에 따라 지상부 평균온도는 증가하였다. 지하부 배지 깊이에 따른 함수량, 배지 온도, EC 도 앞서 JK농가 온실과 비슷한 경향을 보였다. 상부 함수량 37.6~39.9%, 하부 함수량 55.6~60.2%, 상부 EC 0.2~0.5dS/m 하부 EC 0.7~0.8dS/m 로 급액 농도는 낮게, 배수는 잘되고 있는 것으로 추정된다.

정식 초기 딸기 생육과 CO₂ 처리 30일이 경과된 딸기 완전 성숙일의 엽록소 함량 값을 측정한 결과 차이가 없었다(표 2-30)

표 2-30. 수출용 딸기 '매향'의 초기 생육

처리	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽병장 (cm)	SPAD ^z (Value)
CO ₂	28.8±0.9	11.4±0.6	6.8±0.6	28.1±0.8	46.6±3.3
Control	32.0±1.0	12.7±0.8	7.8±0.8	30.3±0.7	46.7±4.0

측정일:2015.11.25. n=6, ^zSPAD 측정일 :2016.2.2.

표 2-31. 수출용 딸기 '매향'의 초기 작물 지하부 환경

처리	함수량 (%)	EC (ds·m)	온도 (°C)
CO ₂	53.7±3.1	0.7±0.1	17.5±0.1
Control	52.5±5.8	0.7±0.2	17.4±0.3

측정일:2015.11.25. n=10

표 2-32. 수출용 딸기 '매향'의 초기값

처리	조사 일	숙도 (%)	기형과율 (%)	색도			경도(kg·f)		당도 (°Brix)	산도 (%)
				L	a	b	중	횡		
CO ₂	1/22	70		49.8	24.5	33.9	513.3	308.3	10.2	63.3
	2/16	70		54.9	31.6	36.7	286.0	248.0	8.5	75.5
	3/30	78.5	0.0	53.2	42.0	29.9	239.5	235.5	9.7	74.0
Contrl	1/22	70		57.2	30.3	34.6	365.0	285.0	12.6	72.6
	2/16	70		53.2	34.3	36.2	284.0	260.0	10.6	71.9
	3/30	81.5	0.0	52.3	42.4	32.0	247.5	270.5	10.0	77.6
	4/29	79.5	15.0	55.5	33.7	29.2	233.5	210.0	9.1	72.1

표 2-33. CO₂ 무시용구 SK온실의 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경계측

측정항목		11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균		
지상부	평균누적광량 (MJ/m ² /Month)	113.0	132.7	167.7	192.4	223.7	208.7	172.9		
	평균온도 (°C)	주간	19.1	18.4	18.6	21.5	20.9	21.6	20.8	
		야간	13.5	10.4	8.0	10.4	12.8	14.3	11.6	
		하루	15.7	13.3	11.8	14.8	16.5	18.0	15.6	
	상대습도 (%)	주간	72.9	64.7	56.1	49.2	51.8	57.7	54.1	
		야간	91.9	91.0	88.3	88.0	88.5	87.3	88.0	
		하루	84.3	81.6	76.8	72.5	71.7	72.2	73.1	
	CO ₂ (ppm)	주간	303.1	259.4	248.6	267.6	279.5	263.3	265.2	
		야간	425.7	383.2	365.5	415.2	418.3	336.7	384.5	
		하루	376.4	338.9	323.7	356.2	354.8	299.1	333.5	
	상 부	함수량(%)	주간	40.8	39.3	39.5	38.3	37.9	37.6	38.2
			야간	39.3	37.6	36.6	37.5	36.0	35.6	36.4
			하루	39.9	38.2	37.6	37.8	36.9	36.6	37.2
		배지온도 (°C)	주간	16.7	14.7	13.9	16.7	18.2	19.7	17.3
			야간	15.7	13.0	11.4	14.4	16.5	17.8	15.3
하루			16.1	13.7	12.3	15.3	17.3	18.8	16.2	
지하부	EC(ds/m)	0.5	0.2	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4		
	함수량(%)	주간	62.0	61.3	60.4	58.7	57.8	57.7	58.4	
		야간	59.0	57.7	55.7	54.5	53.7	53.9	54.3	
	하 부	배지온도 (°C)	하루	60.2	59.0	57.4	56.1	55.6	55.8	56.1
			주간	16.0	13.3	11.8	15.2	17.4	19.1	16.1
			야간	16.3	13.7	12.2	15.3	17.4	18.8	16.2
하루	16.2	13.6	12.0	15.3	17.4	18.9	16.2			
EC(dS/m ²)	1.0	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8			

측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30, 측정 간격 : 30분 간격으로 계측

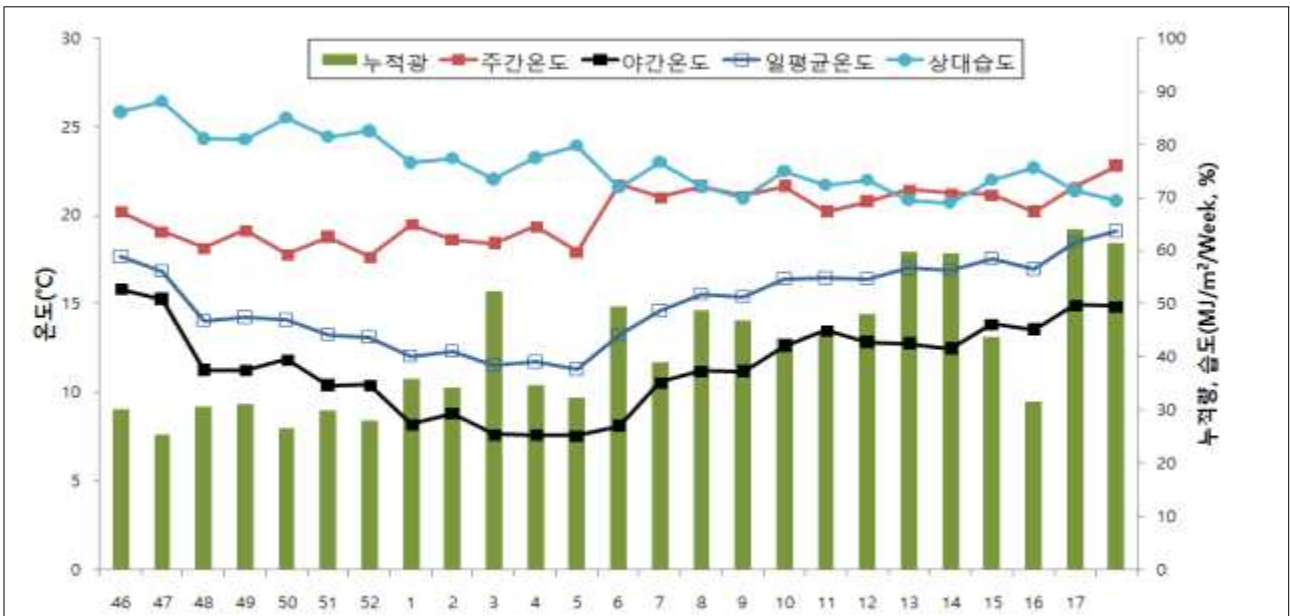


그림 2-59. CO₂ 무시용구 SK온실의 재배 기간 중 주별 평균누적광량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화(2015~2016)

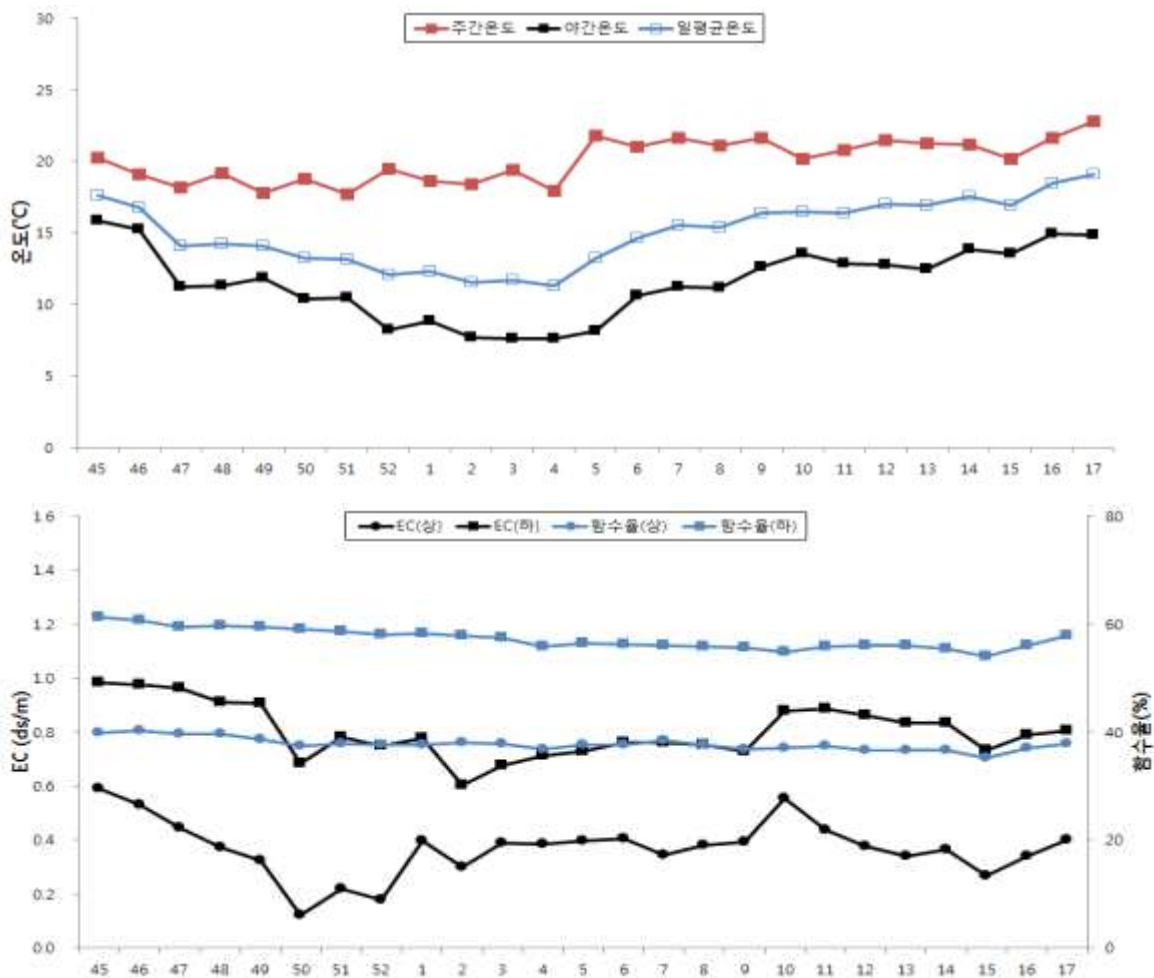


그림 2-60. CO₂ 무시용구 SK온실의 재배 기간 중 주별 일평균 온도, 주간온도, 야간온도 변화, 배지 내 EC 및 함수량 변화(2015~2016)

표 2-34. CO₂ 시용구 SK온실의 재배기간 월별 지상부 및 지하부 환경계측

측정 항목		11월	12월	1월	2월	3월	4월	평균	
지상부	평균누적광량 (MJ/m ² /Month)	105.1	113.6	161.0	202.0	242.9	245.7	178.4	
	평균온도 (°C)	주간	19.6	19.2	19.1	22.8	20.8	23.9	20.9
		야간	13.5	10.7	8.3	10.6	13.0	15.0	11.7
		하루	15.8	13.6	12.1	15.2	16.5	19.4	15.4
	상대습도 (%)	주간	70.2	61.8	54.1	44.7	49.0	51.5	55.0
		야간	90.6	88.1	85.9	85.6	86.8	82.7	86.3
		하루	82.9	79.1	74.8	70.1	69.8	67.3	73.6
	CO ₂ (ppm)	주간	347.7	302.3	523.9	432.5	378.2	350.3	393.0
		야간	448.6	368.6	371.0	465.2	482.5	358.6	412.5
		하루	410.6	345.9	424.4	452.9	435.7	354.5	403.5
	함수량(%)	주간	44.5	40.4	37.6	39.7	40.1	44.1	40.9
		야간	43.0	38.5	35.6	37.7	38.4	42.4	39.1
		하루	43.6	39.2	36.3	38.5	39.2	43.2	39.8
	지하부 상부 배지온도 (°C)	주간	17.0	15.2	14.5	17.7	19.2	22.1	17.5
		야간	15.8	13.1	11.3	14.5	16.7	19.5	15.1
하루		16.2	13.8	12.4	15.7	17.8	20.8	16.1	
EC(dS/m ²)	0.8	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6		

측정 기간 : 2015.11.11. ~ 2016.4.30, 측정 간격 : 30분 간격으로 계측

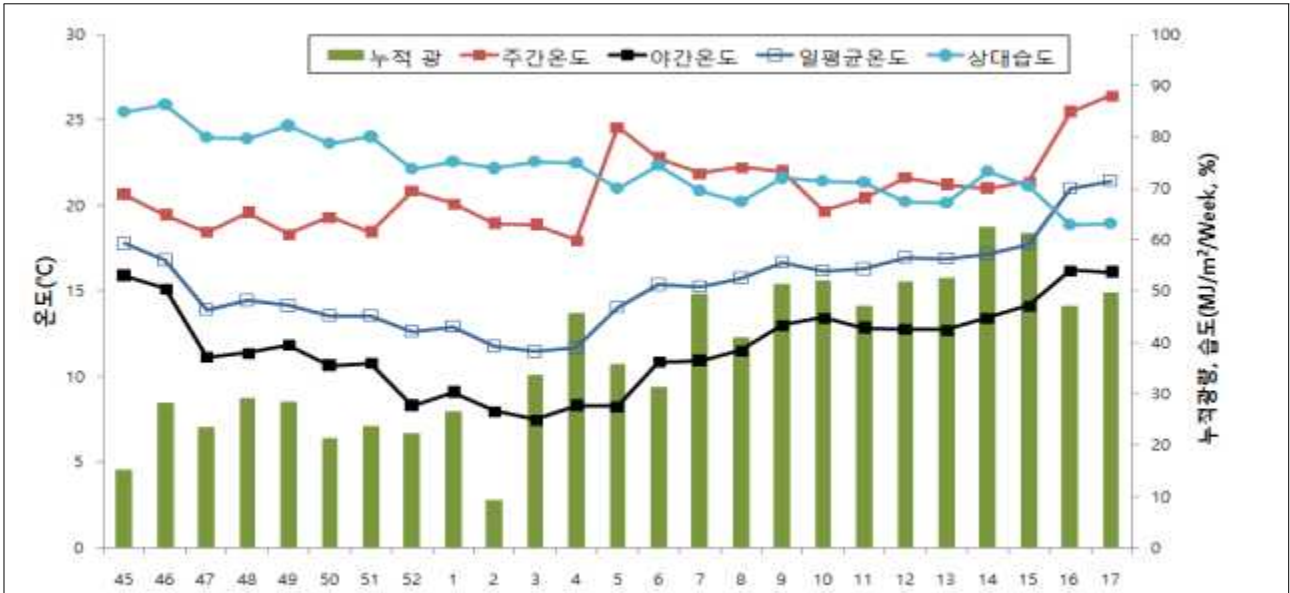


그림 2-61. CO₂ 시용구 SK온실의 재배 기간 중 주별 평균누적광량, 주간 및 야간온도, 일평균온도, 상대 습도 변화(2015~2016)

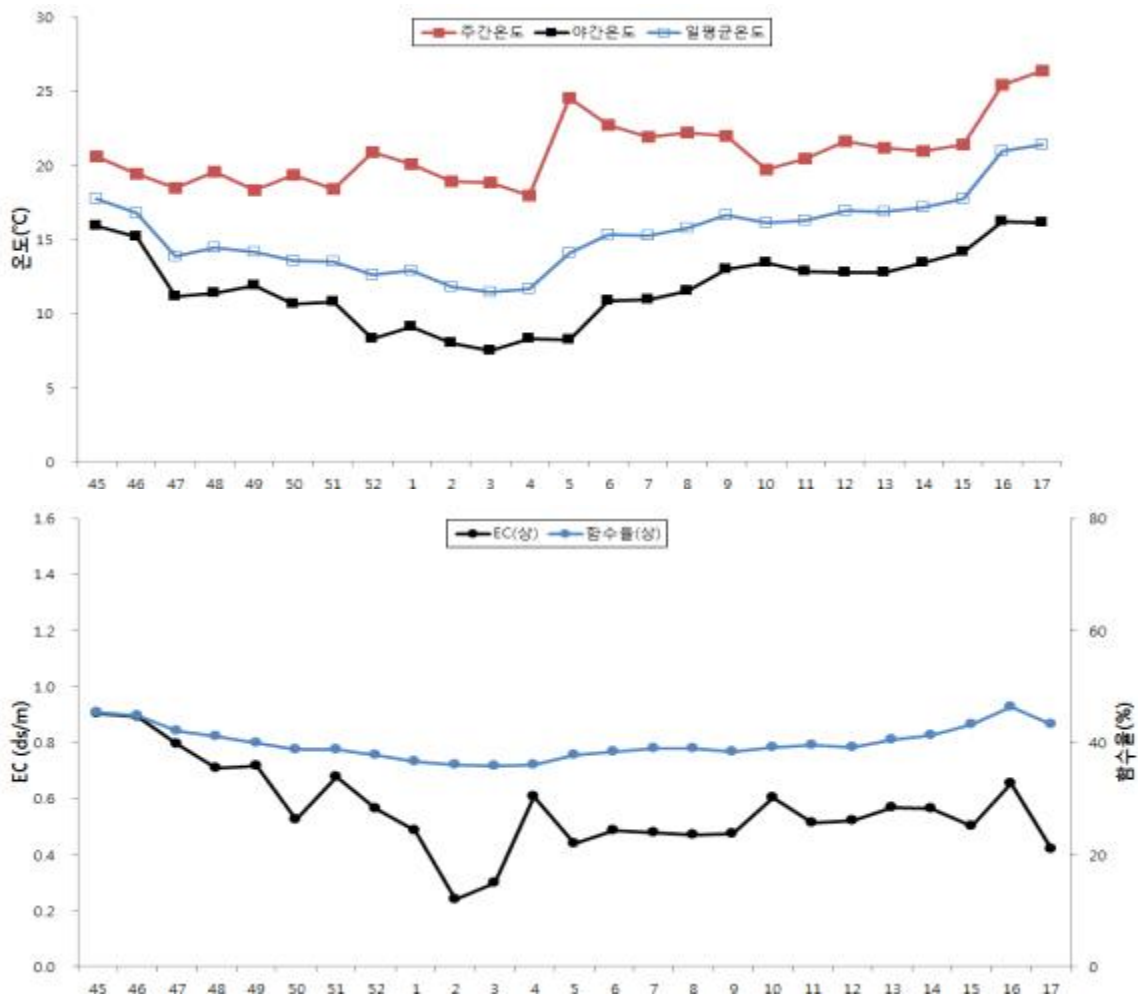


그림 2-62. CO₂ 시용구 SK온실의 재배 기간 중 주별 배지 내 일평균 온도, 주간온도, 야간온도,EC 및 함수량 변화(2015~2016)

2016년 12월 12일부터 CO₂를 600~800ppm 수준으로 공급한 후 12월 31일부터 1월 15일 동안 광합성 특성 및 당 함량을 측정된 결과 CO₂처리구에서 광합성율, 기공전도도는 대조구 보다 유의적으로 낮아 대기의 수증기압 대비 엽의 포화수증기압(LVPD)이 높은 것과 일치되었다. 반면 과경, 과실 건물중 및 과실 내 가용성 탄수화물 함량은 CO₂처리구에서 유의적으로 높았다. 이는 주요 sink 기관으로서 과실이 성장하는 데는 체관으로부터 광합성산물의 전류와 물관으로부터 이동되는 수분이 필요한데 CO₂ 처리구 잎의 광합성율, 기공전도도, 및 증산율이 대조구 잎보다 낮은 것으로 보아 CO₂시비가 잎의 생육을 지연 조절한 것으로 판단된다. 그러나 잎 생육은 지연된 반면 과실 생육, 당도 및 가용성 탄수화물 함량은 대조구 보다 증가하여 CO₂처리가 생식생장을 유도한다는 연구결과들을 뒷받침하고 있으며, 대조구 잎의 경우 광합성율이 높아 엽 생육은 활발하나 기공전도도와 증산률도 높아 충분한 수분이동과 함께 활발한 영양생장이 이루어진 것으로 판단된다.

CO₂ 장기 시용에 따른 시기별 경도, 당도 및 산도를 측정된 결과 대조구에 비해 CO₂ 처리에서 경도가 향상되었음을 확인하였다.

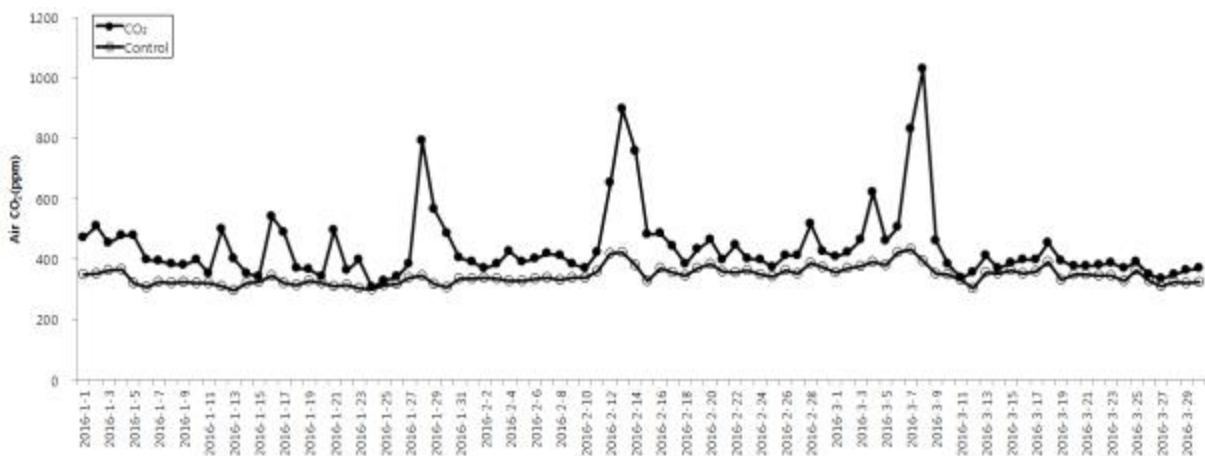


그림 2-63. 딸기 ‘매향’ 농가의 CO₂ 계측 자료(2016.1.1.~2016.3.31.)

(나)CO₂ 시용에 따른 생육과 수량

①2015년~2016년도 CO₂ 시용에 의한 생육과 수량

CO₂ 처리에 따른 잎의 생육 차이를 알아보기 위하여 2016년 2월 2일 사천에서 딸기 ‘매향’의 잎을 채집하였다. 저울(ML104/02, METTLER TOLEDO, Switzerland) 및 엽면적계(LI-3100, LI-COR, USA)를 이용하여 생체중(A), 엽면적(B)을 측정하고, 70℃에서 24시간 동안 건조시킨 시료를 건물중(C)을 측정하였다. 이를 자료를 근거로 비엽중(B/A), 건물율(A/C*100, %)으로 사용하였다. CO₂ 처리에 의한 매향 잎의 엽면적, 생체중, 건물중, 비엽중, 건물율 등이 증가하는 경향을 생육에 긍정적인 영향 인자로 작용하리라 본다.

표 2-35. CO₂사용에 따른 딸기 ‘매향’ 잎 생육

CO ₂ 처리	생체중(g)	엽면적(cm ²)	건물중(g)	비엽중(cm ² /g)	건물율(%)
CO ₂	0.57	10.40	0.20	18.60	35.1
Control	0.54	9.20	0.18	17.03	33.3

*수확기-2016.2.2., 5반복

CO₂ 처리에 따른 chlorophyll 함량 변화를 알아보하고자 2016년 2월 2일 사천에서 딸기 ‘매향’의 잎을 수집하였다. 수집한 잎을 잘게 잘라 0.2g 또는 지름이 2.5cm가 되도록 준비하여 5반복으로 실험을 진행하였다. sample을 test tube에 넣고 80% acetone을 첨가 후 암 처리를 하여 24시간 동안 추출하였고, UV spectrophotometer로 chlorophyll a와 b의 함량을 각각 645nm, 663nm로 측정한 결과 처리에 의한 엽록소 함량은 차이가 없었다(표 2-36).

표 2-36. CO₂처리유무에 따른 딸기 ‘매향’ 엽록소 함량

CO ₂ 처리	Chlorophyll II (mg/g-FW)			Chlorophyll II (mg/cm-FW)		
	a	b	total	a	b	total
CO ₂	130.66	52.08	182.00	74.19	35.59	109.33
Control	138.70	66.10	203.96	82.62	34.16	116.31

*수확기-2016.2.2., 5반복

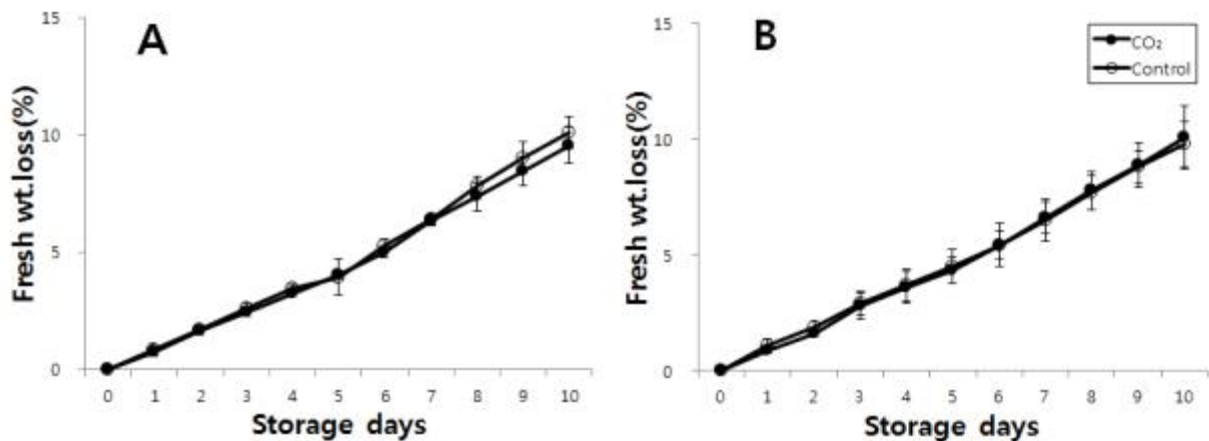


그림 2-64. 딸기 ‘매향’의 CO₂ 처리유무와 속도에 따른 저장 기간(2016.2.17.~2.27) 중 생체중 감소율 변화(A 속도 70%, B 속도 100%, n=6)

CO₂ 처리에 따른 생육 영향을 알아보하고자 광합성, 과실 성장, 당함량 등을 분석 조사하였다. 광합성 특성은 2016년 2월 2일 CO₂ 처리 30일째 성숙 잎을 대상으로 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, Licor, USA)로 측정하였다. 광도 증가에 따른 광합성율은 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR 까지 증가하였으나, 처리에 따른 차이가 없었으며, 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR 측정 조건에서

의 광합성율은 차이가 없으나, 증산율, 기공전도도 및 수분이용효율은 CO₂ 처리구에서 높은 경향을 나타냈다(그림 2-65).

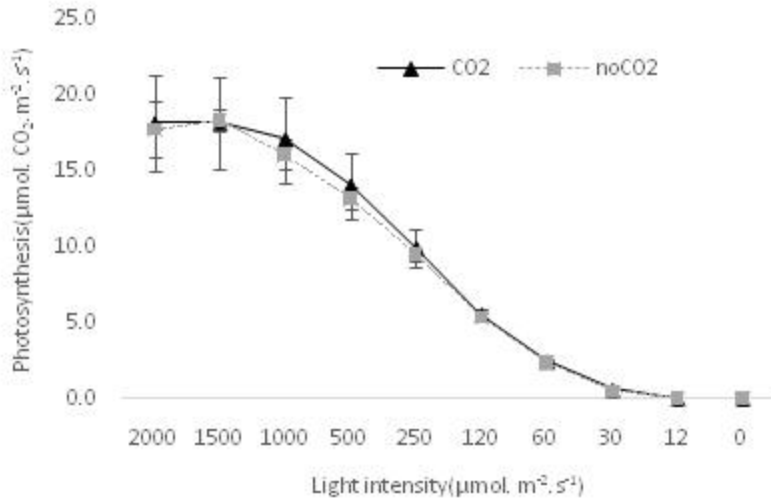


그림 2-65. CO₂ 처리 30일 후 매향의 광도에 따른 광합성 변화에 따른 광합성

표 2-37. CO₂를 처리 30일 후 딸기 매향의 광합성율(Pn), 증산율, 기공전도도 및 수분이용효율

처리	Photosynthesis (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	Transpiration (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	Conductance (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	WUE (mol CO ₂ molH ₂ O ⁻¹)
CO ₂	14.01±3.78	0.47±0.25	0.32±0.43	3.73±2.11
Control	13.20±1.15	0.64±0.21	0.13±1.23	2.19±0.66

*측정 조건 : PAR 500 µmol m⁻² s⁻¹, flow rate 500m/s, 조사일 : 2016.2.2.

CO₂ 처리가 진행되는 시기 과장 2mm 내외의 과실의 과장 크기 변화는 CO₂ 처리에서 높은 경향을 보였으나, 유의성은 없었다. 처리가 이루어진 SK 농가는 딸기 재배 1년차로 1월 이후 급액 관리 실패에 근원 pH가 급격히 낮아져 뿌리 확보가 이루어지지 못함에 따라 수확에 어려움이 있어 처리에 따른 수량, 생육 등에 차이가 없었다. 그러나 2mm 과실에 라벨링한 과실의 처리에 따른 유리당을 측정된 결과 37일째 과실에서는 sucrose 함량이 CO₂ 처리에서 높았다(그림 2-66). 이는 설향 딸기 농가에서의 CO₂ 처리에 따라 건강한 엽의 확보로 인한 동화산물의 전류에 긍정적인 영향으로 수량 증가가 가능함을 보였던 결과(자료 미제시)를 통해 차년도 딸기 재배가 정상적으로 이루어지는 농가에서 반복 실험을 통해 결과를 도출하고자 한다.

표 2-38. 초기 과장 2mm ‘매향’의 과장 변화

농가명	과장(mm)				
	15DAT	26DAT	36DAT	40DAT	43DAT
CO ₂	12.2±2.0	18.2±3.0	40.3±6.2	41±4.6.0	46.0±4.8
Control	11.8±1.7	17.3±3.1	34.2±5.5	39.6±4.0	43.2±3.4

*초기과장 조사일-2016.1.7.

*조사주수-60주

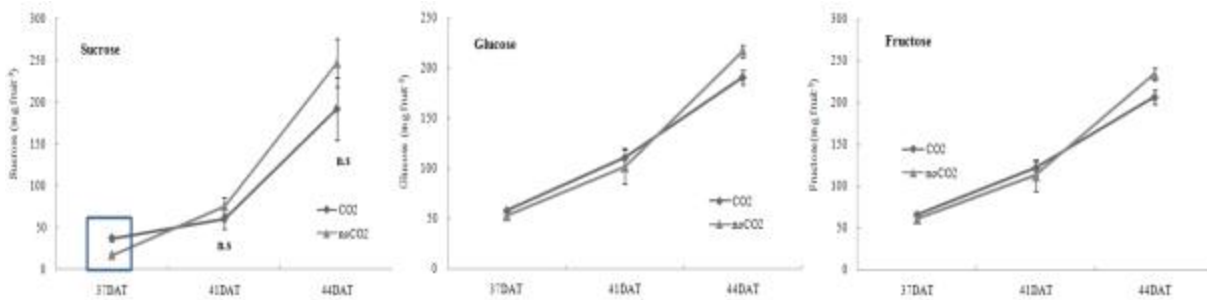


그림 2-66. CO₂ 처리에 따른 매향의 유리당 변화 (과장 2mm 과실)

②2016년11월~2017년 4월 CO₂ 시용에 의한 생육과 수량

이산화탄소(CO₂)시비가 수출 딸기 ‘매향’ (*Fragaria x ananassa* cv. ‘Maehyang’) 품종의 생육특성, 수량 및 과실의 가용성 탄수화물 함량 변화를 구명하고자 실시하였다.

경남 사천시 용현면 주문리에 위치한 아치형 단동 아치형 이중 비닐온실(100m(L) x 10m(W) x 3.3m(H)) 2개동에서 실시하였다. 각 동에 2016년 9월 5일에 딸기 모종 950주를 1m 높이로 설치된 고설 재배조(0.3m(W) x 80m(L) x 0.2m(H))에 채워진 코코피트 배지(dust 100%, ㈜킴스 트레이드, 인도)에 15~16cm 간격으로 2줄로 정식하여 서울시립대에서 개발한 UOS배양액을 EC 1.2, pH 5.8~6.0로 공급하여 수경재배하였다. 급액은 생육 단계와 일사량을 고려하여 타이머 급액 방식으로 1일 3~4회 2분 또는 3분 간격으로 공급하였다. CO₂처리구는 오전 7시부터 15시까지 평균 600~800ppm 수준으로, 대조구는 무시용구로 하였으며, 온실 내 온도가 23도 이상 상승하면 측창을 열어 자연 환기가 이루어졌다. CO₂처리구는 LPG 연료를 사용한 농업용 가스 난방기(KCH-20S, Katsura, Japan)로 시간 당 15분 또는 30분 간격으로 On/Off 제어하며 2016년 12월 12일부터 공급하였다.

이산화탄소 처리구와 대조구에 각각 10개의 식물을 선정하여 전개되지 않은 잎의 엽장과 엽폭 변화를 2월 14일부터 3월 18일까지 측정하였다. 광합성 측정은 개화기부터 성숙기에 걸쳐 완전하게 전개한 잎을 대상으로 광합성유효광량 100~2000 PPF 범위에서 처리별로 4회 반복으로 측정하였다. 수량은 상품성으로 인정되는 과실을 무처리구와 비교하여 총수량을 계산하였고 당도는 완숙과 1화방, 2화방, 3화방 각15과를 착즙하여 당도계로 분석하였다. 과실의 가용성 탄수화물 함량(sucrose, glucose, fructose)은 처리당 15개 식물의 2화방

1번과(평균 과장: 5~7mm, 평균 과경: 11~12 mm)를 선정하여 2016년12월31일부터 2017년1월10일 까지 3일 간격으로 과경과 과폭을 측정 한 후 3회 수확하여 드라이아이스에 저장 후 동결건조 시킨 뒤 건물중을 측정하고 HPLC로 분석하였다.

CO₂처리구에서 CO₂처리구에서 광합성율, 기공전도도는 대조구 보다 유의적으로 낮아 대기의 수증기압 대비 엽의 포화수증기압 (LVPD)이 높은 것과 일치되었다. 반면 과경, 과실 건물중 및 과실 내 가용성 탄수화물 함량은 CO₂처리구에서 유의적으로 높았다. 이는 주요 sink 기관으로서 과실이 성장하는 데는 체관으로부터 광합성산물의 전류와 물관으로부터 이동되는 수분이 필요한데 CO₂ 처리구 잎의 광합성율, 기공전도도, 및 증산률이 대조구 잎보다 낮은 것으로 보아 CO₂ 시비가 잎의 생육을 지연 조절한 것으로 판단된다. 그러나 잎 생육은 지연된 반면 과실 생육, 당도 및 가용성 탄수화물 함량은 대조구 보다 증가하여 CO₂처리가 생식생장을 유도한다는 연구결과들을 뒷받침하고 있으며, 대조구 잎의 경우 광합성율이 높아 엽 생육은 활발하나 기공전도도와 증산률도 높아 충분한 수분이동과 함께 활발한 영양생장이 이루어진 것으로 판단된다.

CO₂ 장기 시용에 따른 시기별 경도, 당도 및 산도를 측정 한 결과 대조구에 비해 CO₂ 처리에서 경도가 향상되었음을 확인하였다.

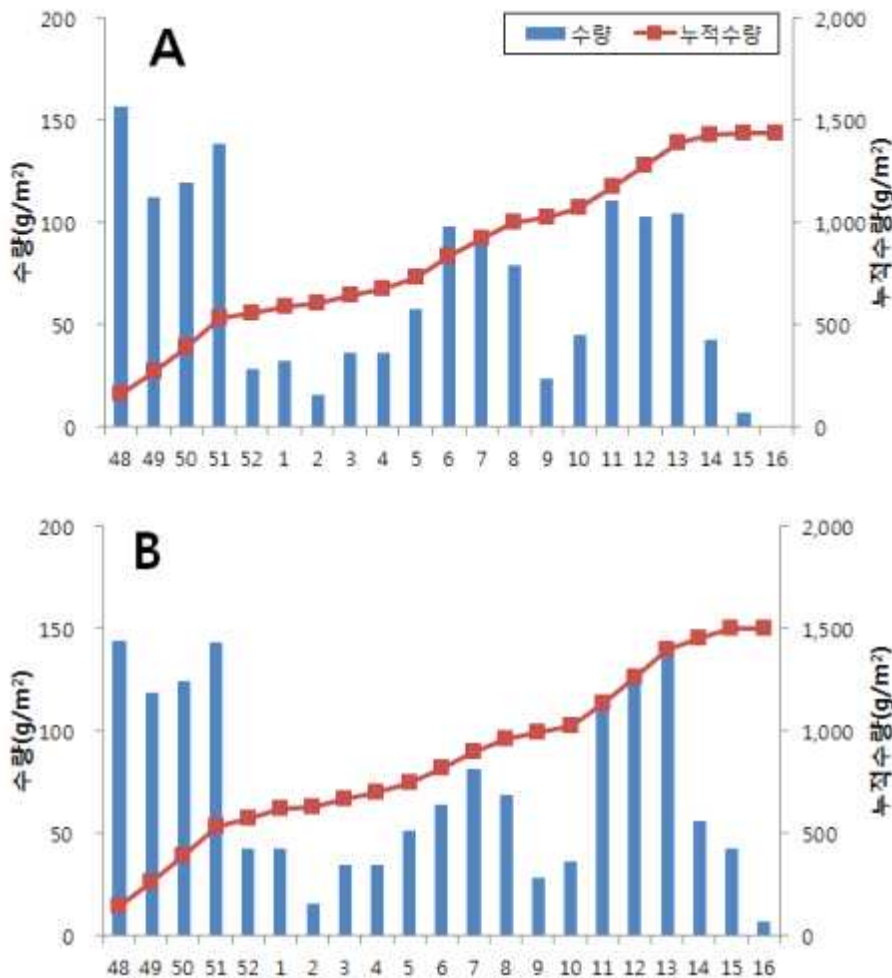


그림 2-67 주간 수량 및 누적수량 (A 처리구, B 대조구)

표 2-39. CO₂시용이 딸기‘매향’ 잎의 광합성특성에 미치는 영향

PAR	Treat-ment	photo-synthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	stomatal conduc-tance ($\text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	internal CO ₂ ($\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{air}$)	transpiration rate ($\text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	leaf to air vapor pressure deficit ($\text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
2000	CO ₂	13.90 ^z	0.320	312	3.08	1.11
	CONT	20.13 ^{*y}	0.410 [*]	274	3.55	0.949
1500	CO ₂	13.95	0.316	307 [*]	2.97	1.07
	CONT	19.00 [*]	0.404 [*]	275	3.33	0.942
1000	CO ₂	12.23	0.305	306	2.80	1.03 [*]
	CONT	17.45 [*]	0.395 [*]	288	3.10	0.894
750	CO ₂	11.24	0.284	304	2.64	1.03 [*]
	CONT	16.20 [*]	0.386	294	2.93	0.865
500	CO ₂	9.82	0.265	305	2.47	1.03 [*]
	CONT	14.26 [*]	0.377	305	2.59	0.834
250	CO ₂	7.16	0.252	319	2.38	1.02 [*]
	CONT	10.13 [*]	0.368	330	2.65	0.813
100	CO ₂	3.18	0.240	345	2.31	1.03 [*]
	CONT	4.60 [*]	0.366	365	2.57	0.797

^yAsterisks indicate significant differences (t-test, *p < 0.05).CO₂처리: 2016. 12월 ~ 2017. 2월, CO₂농도/공급시간: 600~800ppm/09~15시, CO₂공급방식: LPG공업용 가스난방기(KCH-20S, Katsura, Japan)(n=4)

표 2-40. CO₂시용이 딸기‘매향’ 과실생장에 미치는 영향

	과장 (cm)		과경 (cm)	
	CO ₂	Control	CO ₂	Control
31-Dec	2.55 ^z	2.51	4.61	4.25
06-Jan	3.78	3.26	7.17 ^{*y}	6.20
10-Jan	4.10	4.26	8.04	8.24
13-Jan	4.52	4.42	8.70 [*]	8.27

^yAsterisks indicate significant differences (t-test, *p < 0.05).CO₂처리: 2016. 12월 ~ 2017. 2월, CO₂농도/공급시간: 600~800ppm/09~15시, CO₂공급방식: LPG공업용 가스난방기(KCH-20S, Katsura, Japan)(n=5)

표 2-41. CO₂사용이 딸기‘매향’의 당함량에 미치는 영향

	Sucrose		Glucose		Fructose		Total	
	(µg /fruit dwt g)		(µg /fruit dwt g)		(µg /fruit dwt g)		(µg /fruit dwt g)	
	CO ₂	Control	CO ₂	Control	CO ₂	Control	CO ₂	Control
6-Jan	82.02 ^z	115	131	136	163	167	376	418
10-Jan	179	138	156	194 ^{*y}	178	213 [*]	513	545
13-Jan	190	169	196 [*]	182	212 [*]	198	598	549

CO₂처리: 2016. 12월 ~ 2017. 2월, CO₂농도/공급시간: 600~800ppm/09~15시, CO₂공급방식: LPG공업용 가스난방기(KCH-20S, Katsura, Japan)(n=5)

표 2-42. CO₂사용이 딸기‘매향’의 과실당 당함량에 미치는 영향

	Sucrose		Glucose		Fructose		Total	
	(µg /fruit)		(µg /fruit)		(µg /fruit)		(µg /fruit)	
	CO ₂	Control	CO ₂	Control	CO ₂	Control	CO ₂	Control
6-Jan	46.44 ^z	57.01	71.20	66.05	88.20	80.77	206	204
10-Jan	166	136	142	186	161	203	469	525
13-Jan	254 ^{*y}	165	261 [*]	193	283 [*]	210	798	568

^yAsterisks indicate significant differences (t-test, *p < 0.05)CO₂처리: 2016. 12월 ~ 2017. 2월, CO₂농도/공급시간: 600~800ppm/09~15시, CO₂공급방식: LPG공업용 가스난방기(KCH-20S, Katsura, Japan).(n=5)

표 2-43. CO₂사용이 딸기‘매향’의 경도 및 품질의 미치는 영향

Treatment	수직경도		측면경도		당도		산도	
	(N)		(N)		(°Brix.)		(%)	
	CO ₂	Control	CO ₂	Control	CO ₂	Control	CO ₂	Control
Jan.	2.95 ^z	1.92	1.93	1.45	10.86	9.79	81.7 [*]	77.1
Feb.	2.95	2.31	1.93	1.43	10.40	9.48	89.1	77.5
Mar.	2.41	2.67	2.08	1.49	8.88	10.68	97.2	112.3

CO₂처리: 2016. 12월 ~ 2017. 2월, CO₂농도/공급시간: 600~800ppm/09~15시, CO₂공급방식: LPG공업용 가스난방기(KCH-20S, Katsura, Japan) (n=5)

다. CO₂ 처리에 의한 딸기 ‘매향’의 기형과율 및 품질영향

2015년 1월 22일과 2월 2일 CO₂를 처리한 농가와 처리하지 않은 농가의 기형과율을 조사하였다. 적과 하지 않은 60주의 식물체를 2화방 과수에 대한 기형과수를 백분율로 나타냈다. CO₂ 처리에 의한 또는 적과 여부에 따른 기형과율 발생은 대조구와 차이를 발견할 수 없었다. 다만 1월 22일 전후 CO₂ 와 적과 처리된 딸기의 기형과율 발생이 다소 낮은 경향을 보였으나, 10일 후에는 차이가 없었다.

표 2-44. CO₂처리유무에 따른 수출용 딸기 ‘매향’의 2화방 위치별 20주의 기형과율

처리	위치별 기형과율 (%)				
	1	2	3	4	Total
CO ₂	66.7±28.9	80.0±25.8	85.7±24.4	-	21.8±9.7
Control	75.8±36.0	76.9±30.9	67.9±28.9	20.0±0.0	24.7±11.5

*조사일-2016.2.2.

*기형과율 = (위치별 기형과수/총과수) × 100

표 2-45. 무적과에서 수출용 딸기 ‘매향’의 시기 별 2화방의 20주의 기형과율(%)

처리	1/22	2/2
CO ₂	35.4±4.1	63.7±6.7
Control	39.5±10.3	65.3±11.3

표 2-46. CO₂처리유무와 적과유무에 따른 수출용 딸기 ‘매향’의 시기 별 2화방의 20주의 기형과율(%)

처리	적과	기형과율(%)	
		1/22	2/2
CO ₂	유	35.5b ^Z	51.8a
	무	35.4b	63.7a
Control	유	55.3a	68.5a
	무	39.5ab	65.3a

^ZDuncan's multiple range test at $p < 0.05$

*조사지역-사천

*5~6과 남기고 적과

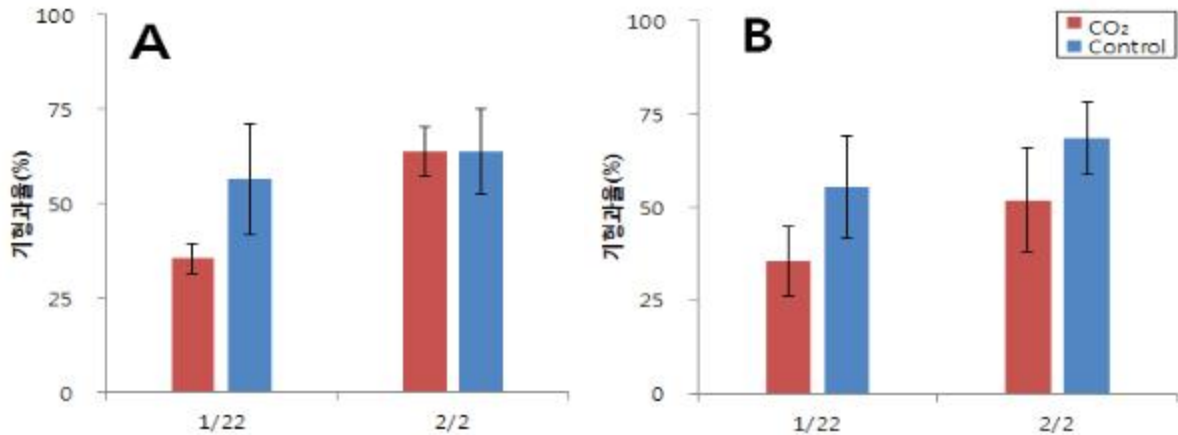


그림 2-68. CO₂처리와 적과유무에 따른 수출용 딸기 ‘매향’의 시기 별 2화방의 20주의 기형과율(A 무적과, B 적과)

2016년 1월 7일부터 CO₂를 시용하고 15일 후와 40일 후 과실의 속도에 따른 당도와 산도를 조사한 결과 속도 70%, 100% 모두 Co₂ 처리구의 당도가 낮았다. 그러나 산도는 차이가 없었다.

표 2-47. CO₂처리 후 ‘매향’의 속도별 당도, 산도 변화

속도 (%)	CO ₂ 처리	당도(°Brix)		산도(%)	
		15DAT	40DAT	15DAT	40DAT
70	CO ₂	10.2c ^Z	8.5c	125.4a	75.5a
	Control	12.6a	10.6a	72.6b	72.6a
100	CO ₂	11.3b	9.7ab	62.1b	80.4a
	Control	10.7bc	9.2bc	67.2b	67.2a

^ZDuncan’s multiple range test at $p < 0.05$

*수확기-2016.1.22., 6반복, 2016.2.16., 5반복

(3) CO₂시용에 따른 경도와 품질 변화

CO₂처리 한 과실과 처리하지 않은 과실을 품질 변화를 알아보려고 2016년 1월 22일과 2월 16일 경남 사천에서 수확한 수출용 딸기 ‘매향’을 저온 운송하였고, 과실의 속도에 따라 70%와 100%로 나눠 다음날인 1월 23일과 2월 17일에 저장을 시작하였다. 9일간 저장하면서 2일간격으로 색도, 당도, 산도, 경도 및 생체중 변화를 측정하였다. 색도 변화는 색차계(Color meter, TES 135A, TAIWAN)를 이용하여 Hunter L, a, b값을 측정하고, 당도와 산도는 각각 당도계(PR-101a, ATAGO, JAPAN)와 산도계(GMK-835F, G-Won Hitech, KOREA)로 측정 하였다. 경도는 수직 및 수평방향을 각각 경도계를 이용하여 측정하고, 생체중의 변화는 저울(PAGA4102C, OHAUS, CHINA)을 사용하였다.

표 2-48. CO₂처리 후 ‘매향’(숙도 70%)의 저장기간 중 경도변화

처리		VH(kg·f)			HH(kg·f)		
CO ₂	수확일	0DAT	3DAT	9DAT	0DAT	3DAT	9DAT
	1/22	513.3a ^Z	420.0a	385.0a	308.3a	386.7a	323.3a
CO ₂	2/16	286.0c	286.0b	268.0b	248.0ab	266.0b	226.0ab
	평균	410.0	359.1	331.8	280.9	331.8	279.1
	1/22	365.0b	405.0a	366.7a	285.0ab	396.7a	313.3b
Control	2/17	284.0c	308.0b	284.0b	260.0b	262.0b	252.0b
	평균	328.2	360.9	329.1	273.6	335.5	285.5

^ZDuncan’s multiple range test at $p < 0.05$

*수확기-2016.1.22., 6반복, 2016.2.16, 5반복

*VH-Vertical Hardness, HH-Horizontal Hardness

표 2-49. CO₂처리 후 ‘매향’(숙도 70%)의 저장기간 중 당도, 산도 변화

처리		당도(°Brix)			산도(%)		
CO ₂	수확일	0DAT	3DAT	9DAT	0DAT	3DAT	9DAT
	1/22	10.2b ^Z	11.1a	11.9a	125.4a	67.2ab	58.1a
CO ₂	2/16	8.5c	9.0b	8.9b	75.5b	74.1a	71.5a
	평균	9.4	10.1	10.5	102.7	70.3	64.2
	1/22	12.6a	12a	12.5a	72.6b	65.1ab	67.2a
Control	2/16	10.6b	8.6b	8.6b	71.9b	63.2b	67.9a
	평균	11.7	10.4	10.7	72.3	64.3	67.5

^ZDuncan’s multiple range test at $p < 0.05$

*수확기-2016.1.22., 6반복, 2016.2.16., 5반복

표 2-50. CO₂처리 후 ‘매향’(숙도 70%)의 저장기간 중 색도 변화

처리		Hunter L			Hunter a		
CO ₂	수확일	0DAT	3DAT	9DAT	0DAT	3DAT	9DAT
	1/22	58.1a ^Z	51.8ab	38.1a	24.5b	36.3a	52.1a
CO ₂	2/16	54.9a	50.3ab	35.6a	31.6ab	38.6a	48.1a
	평균	56.6	51.1	37.0	27.7	37.3	50.1
	1/22	57.2a	54.6a	35.6a	30.3ab	38.3a	51.1a
Control	2/16	53.2a	48.1b	37.0a	34.3a	39.5a	46.1a
	평균	55.3	51.6	36.2	32.1	38.8	49.1

^ZDuncan's multiple range test at $p < 0.05$

*수확기-2016.1.22., 6반복, 2016.2.16., 5반복

표 2-51. CO₂처리 후 '매향'(숙도 100%)의 저장기간 중 경도 변화

처리		VH(kg·f)				
CO ₂	수확일	0DAT	1DAT	3DAT	7DAT	0DAT
CO ₂	1/22	295.0a ^Z	386.7a	430.0a	366.7a	300.0a
	2/16	254.0a	236.7c	235.0c	270.0b	268.0ab
	평균	276.4	311.7	332.5	318.3	285.5
Control	1/22	266.7a	306.7b	368.3b	335.0a	245.0b
	2/16	254.0a	295.0b	258.3c	263.3b	230.0b
	평균	260.9	300.8	313.3	299.2	238.2

^ZDuncan's multiple range test at $p < 0.05$

*수확기-2016.1.22., 6반복, 2016.2.16, 5반복

*VH-Vertical Hardness, HH-Horizontal Hardness

표 2-52. CO₂처리 후 '매향'(숙도 100%)의 저장기간 중 당도, 산도 변화

처리		당도(°Brix)					
CO ₂	수확일	0DAT	1DAT	3DAT	7DAT	0DAT	1D
CO ₂	1/22	11.3a ^Z	11.0ab	12.4a	12.9a	62.1a	73.
	2/16	9.7b	10.0bc	9.5b	9.6b	67.0a	89
	평균	10.6	10.5	10.9	11.3	64.6	81
Control	1/22	10.7a	11.4a	12.6a	12.4a	67.2a	64
	2/16	9.2b	9.0c	8.6b	8.8b	72.9a	78.
	평균	10.0	10.2	10.6	10.6	69.8	71

^ZDuncan's multiple range test at $p < 0.05$

*수확기-2016.1.22., 6반복, 2016.2.16., 5반복

표 2-53 CO₂처리 후 '매향'(숙도 100%)의 저장기간 중 색도 변화

처리		Hunter L				Hunter a		
CO ₂	수확일	0DAT	1DAT	3DAT	7DAT	0DAT	1DAT	3DAT
CO ₂	1/22	46.5a ^z	43.3a	43.8a	42.6a	44.9a	44.6a	48.4a
	2/16	44.6ab	42.6a	43.1a	35.5b	46.9a	49.7a	48.2a
	평균	45.7	42.9	43.4	39.1	45.8	47.1	48.3
Control	1/22	41.5b	42.2a	42.5a	43.2a	48.3a	47.8a	48.8a
	2/16	43.4ab	40.6a	42.6a	33.1b	46.0a	48.0a	48.8a
	평균	42.3	41.4	42.5	38.2	47.3	47.9	48.8

^zDuncan's multiple range test at $p < 0.05$

*수확기-2016.1.22, 6반복

*수확기-2016.2.16., 5반복

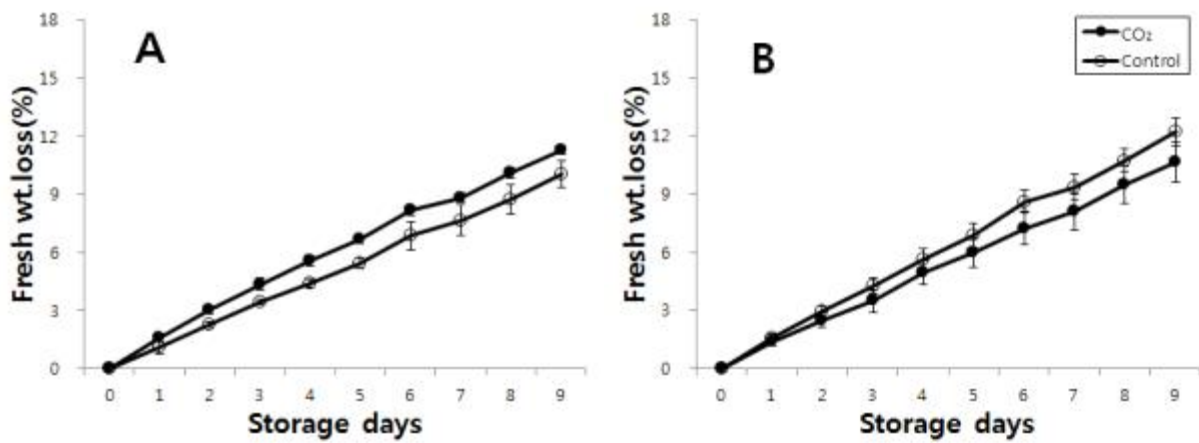


그림 2-69. 딸기 '매향'의 CO₂ 처리유무와 속도에 따른 저장 기간(2016.1.23~2.1) 중 생체중 감소율 변화(A 속도 70%, B 속도 100%, n=6)

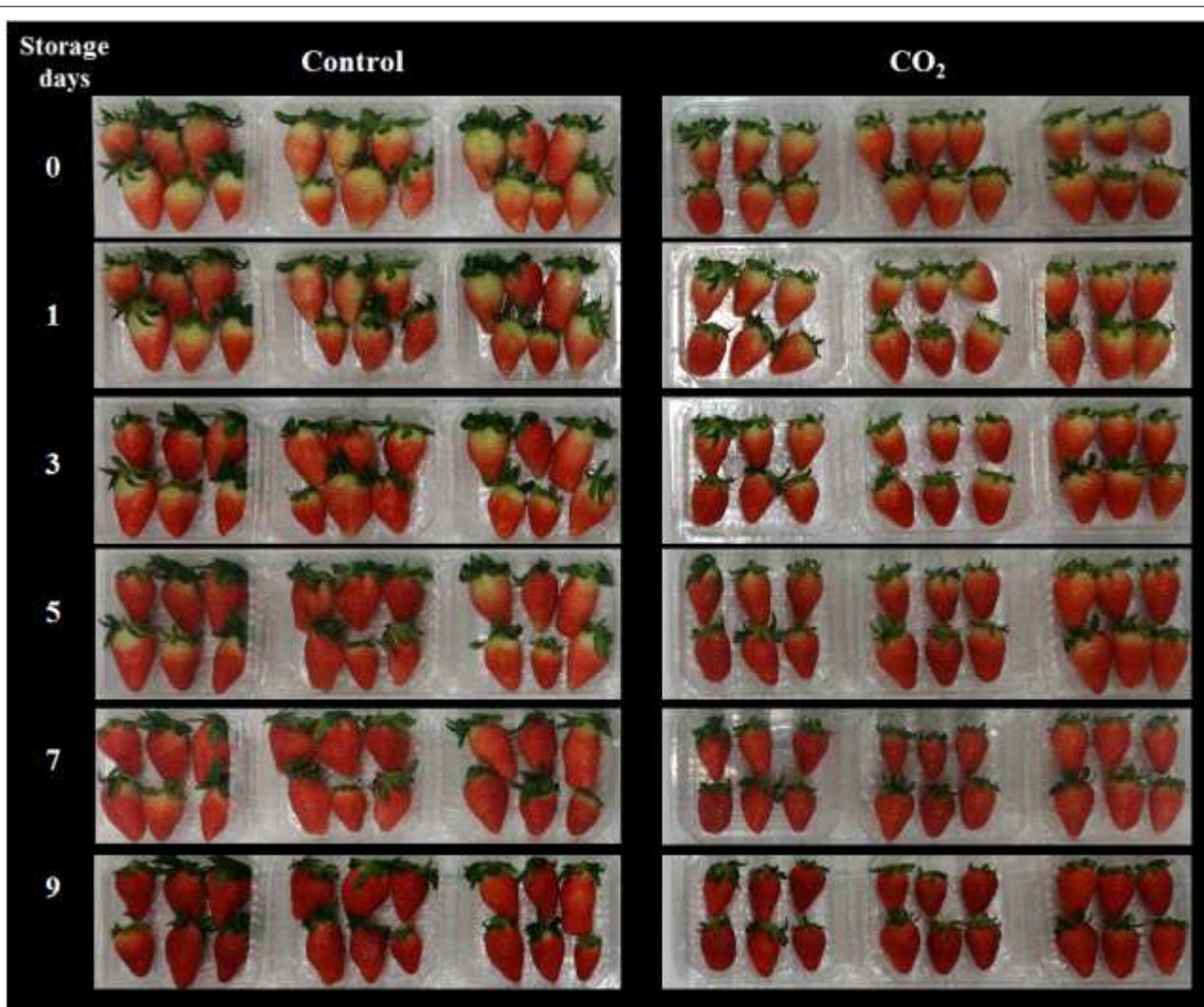


그림 2-70. CO₂ 처리유무와 숙도에 따른 저장 기간 중 숙도 70% 딸기 ‘매향’

*수확기-2016.1.22, pack 당 6반복

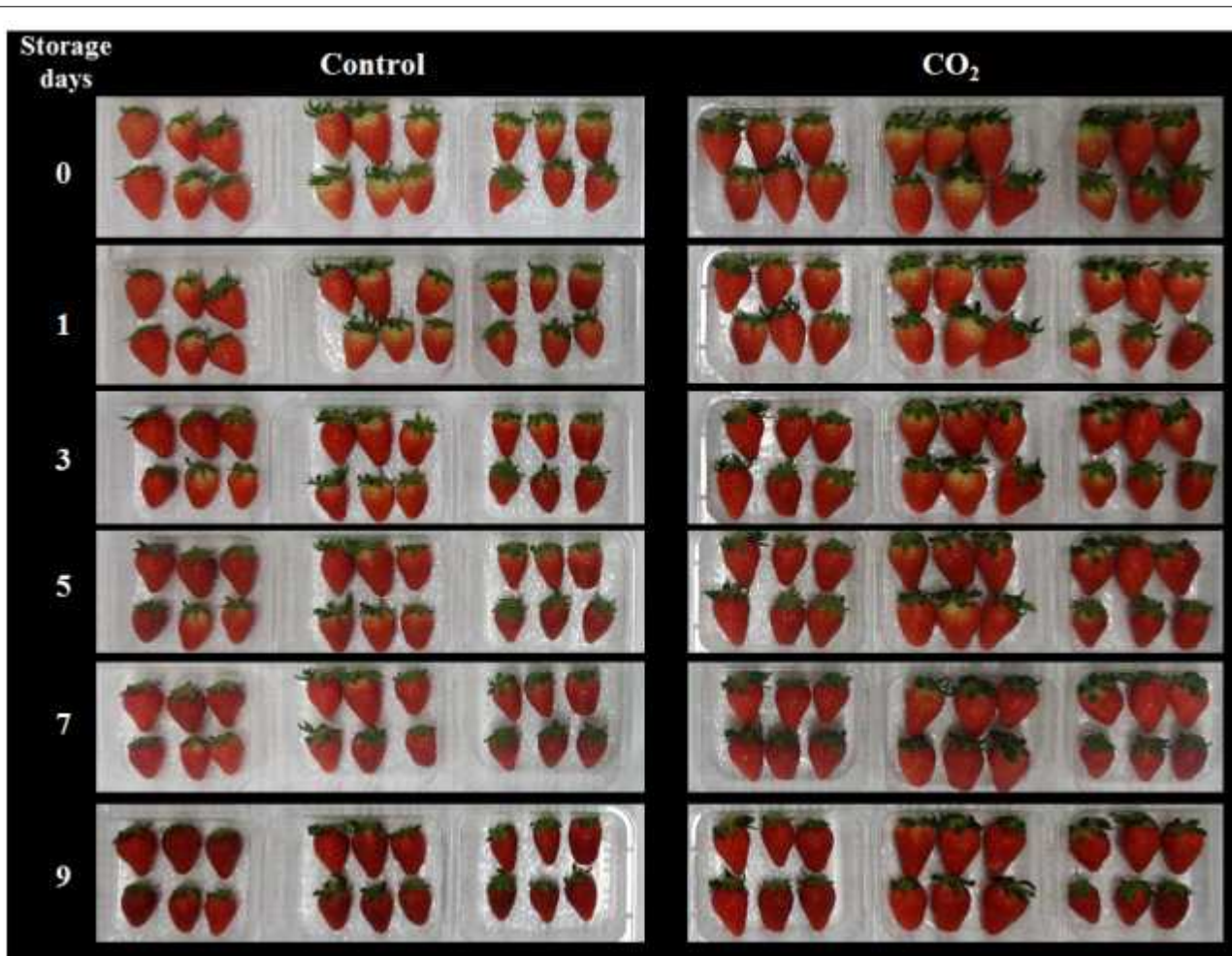


그림 2-71. CO₂ 처리유무와 속도에 따른 저장 기간 중 속도 100% 딸기 ‘매향’

*수확기-2016.1.22, pack 당 6반복

- 연구개발성과
 - 논문개제 및 학술발표
- 논문개제

번호	논문명	학술지명	주저자명 및 교신저자이칭	년도	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)
1	다양한 배양액 조성이 코이어 수경재배 딸기 ‘매향’의 생육과 수량에 미치는 영향	시설원예·식물공장	최기영	2017.07	한국	한국생물환경조절학회	비SCI
2	딸기 수확 후 저장 기간 연장 및 품질 개선을 위한 LPE적정 처리농도 구명	시설원예·식물공장	최기영	2016.09	한국	한국생물환경조절학회	비SCI
3	딸기 수경재배에서 배지 종류별		최기영	2017.10	한국	한국원예	SCIE

배액의 무기이온 변화 및 수량	원예과학기술지	영			학회	
------------------	---------	---	--	--	----	--

○ 국내 및 국제 학술회의 발표

계재 연도	논문명	저자		학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신저자				
2015	수출딸기 '매향' 수경재배에 적합한 배양액 개발	김한솔	이용범	한국생물환경조절학회 춘계학술대회	24권 별호 1호	국내	학술대회 포스터발표
2015	수출딸기 '매향' 수경재배에 적합한 배양액 선발	김한솔	이용범	한국생물환경조절학회 춘계학술대회	24권 별호 1호	국내	학술대회 포스터발표
2016	딸기 '매향'과 '설향'의 생육 후기 양수분 흡수 특성	박주현	이용범	한국생물환경조절학회 춘계학술대회	25권 별호 1호	국내	학술대회 포스터발표
2015	속도와 Lysophosphatidylethanolamine 농도에 따른 저장 중 수출딸기 매향의 품질변화	신향아	최기영	한국생물환경조절학회 추계공동학술대회	24권 2호	국내	학술대회 포스터발표
2015	Lysophosphatidylethanolamine(LPE) 처리가 딸기 '매향' 품질에 미치는 영향	소재우	최기영	2015한국원예학회 정기총회 및 제 102차 춘계학술발표회	33권 별호 1호	국내	학술대회 포스터발표
2017	딸기수경재배에서 이산화탄소 시비에 따른 생육, 광합성 및 과실의 가용성 탄수화물 함량 변화	류혜란	최기영	2017한국원예학회 정기총회	35권 별호 1	국내	학술대회 포스터발표

고설 수경 딸기 ‘매향’배양액 개발

1. 코코넛 코이어 유기배지에 적합한 배양액 선발

2014년 10월 2일 정식하여 1개월 동안의 순화과정을 거쳐 2015년 4월 9일까지 6개월 동안 서울시립대학교 양지붕 온실에서 재배하였다. 원예시험장(RDA) 배양액 (N, P, K, Ca, Mg : 6.43, 2, 3.5, 3, 1), 일본 야마자키 배양액 (N, P, K, Ca, Mg : 5.5, 1.5, 3, 2, 1), 네델란드 PBG 배양액(N, P, K, Ca, Mg : 12.5, 3, 5.5, 6.5, 2.5), 서울시립대(UOS) 배양액 (초기- N, P, K, Ca, Mg : 7.8, 2.3, 2.5, 4.5, 2.5 / 중후기- N, P, K, Ca, Mg : 7.0, 2.1, 4, 3, 1.5) 등 총 4가지의 배양액으로 재배기간 동안 전기전도도 1.1~1.2dS/m, pH 5.8~6.0으로 관리하였다. 배지는 코코넛 코이어(Dust:Chip=7:3)를 사용하였다. 급액시간은 09~17시, 일일 5~8회 타이머를 이용해 관수하였으며, 처리구마다 급액량 모두 200~400mL/plant/day로 동일하게 유지하였다.

정식 후 64일, 84일, 128일, 156일째의 생육특성은 배양액 4처리 모두 유의적 차이가 없었다. 광합성 특성은 정식 후 190일째 서울시립대(UOS) 배양액에서 광합성율, 증산량, 기공전도도에서 유의적으로 높았다(Table 3-1). 과실의 식물체당 개수, 식물체당 수확량, 당도의 측정에서 배양액 4처리 모두 유의적 차이가 없었다(Table.3-3). 정식 후 190일 째 측정된 엽장과 엽폭에서 서울시립대(UOS) 배양액이 유의적으로 높았다. 생체중과 건물중의 경우 서울시립대(UOS) 배양액과 PBG 배양액이 유의적으로 높게 측정되었다(Table.3-2). 배양액 4처리 모두 생육조사와 과실조사를 통해 비슷한 생장을 보여주어 다소 차이가 없으나 서울시립대(UOS) 배양액이 높은 수치를 나타낸 것은 Coir배지에 적합하도록 Ca과 Mg을 보완하였기 때문으로 나타난 결과로 보인다.



Fig. 3-1. Growth of strawberry in coir substrate under different nutrient solutions.

Table 3-1. Photosynthesis rate(Photo), stomatal conductance(Cond), Transpiration rate(Trans) and vapour pressure deficit at leaf surface(VpdL) of the fully expanded third leaves of strawberry at 190 days after transplanting.

Nutrient solution	Photosynthesis rate		Conductance		Transpiration rate		Vapour pressure deficit at leaf surface	
	$(\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$		$(\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$		$(\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$		$(\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	
UOS	17.218	a	0.182	a	4.404	a	2.588	b
Yamazaki	13.738	b	0.126	b	3.338	b	2.762	ab
RDA	11.204	b	0.100	b	2.758	b	2.884	a
PBG	10.420	b	0.132	b	3.382	b	2.728	ab

Table 3-2. Leaf Height, Leaf width and Petiole height of strawberry at 190 days after transplanting.

Nutrient solution	Leaf length		Leaf Width		Petiole length		Fresh weight		Dry weight	
	(cm)		(cm)		(cm)		(g/plant)		(g/plant)	
UOS	11.6	a	10.1	a	13.6	a	156.	a	30.7	a
	4		4		2		85		0	
Yamazaki	9.34	b	7.54	b	13.5	a	104.	ab	19.7	b
					6		30		0	
RDA	9.64	b	8.26	b	14.6	a	79.5	b	15.8	b
					2		5		0	
PBG	9.58	b	7.34	b	13.3	a	148.	a	32.9	a
					2		45		0	

Table 3-3. Fruit No., Fruit weight and Fruit sugar of strawberry from 84 days to 187 days after transplanting.

Nutrient solution	Market. fruit no.		Market. fruit weight		Soluble solid		Fruit firmness	
	(no/plant)		(g/plant)		(brix)		(MPa)	
UOS	8.9	a	147.9	a	10.37	a	4.87	a
Yamazaki	8.4	a	134.7	a	9.79	a	4.75	a
RDA	8.6	a	142.5	a	10.17	a	4.85	a
PBG	8.8	a	142.8	a	9.92	a	4.66	a

2. 양수분 흡수율을 적용한 ‘매향’ 배양액 개발

2014년 10월 31일 정식하여 1개월 동안의 순화과정을 거쳐 2015년 4월 9일까지 5개월 동안 서울시립대학교 양지봉 온실에서 재배하였다. 공시품종은 ‘매향’을 사용하였고 각각의 배양액은 0.25S (N, P, K, Ca, Mg : 4, 1, 2, 2, 1), 0.5S (N, P, K, Ca, Mg : 8, 2, 4, 4, 2), 0.75S (N, P, K, Ca, Mg : 12, 3, 6, 6, 3), 1S (N, P, K, Ca, Mg : 16, 4, 8, 8, 4) 로 나누어 사용하였다. 재배기간 동안 각각의 배양액의 평균 전기전도도는 0.25S : 0.7dS/m, 0.5S : 1.5dS/m, 0.75S : 2.0dS/m, 1S : 2.4dS/m 로 측정되었고 산도는 pH5.8~6.0으로 관리하였다. 실험은 NFT 순환식 시스템을 사용하였고 각 처리구마다 기 명시된 각각의 양액으로 15L를 충전하여 4반복 실험하였다. 급액관리는 일주일에 한번씩 15L로 충전하였다. NFT 순환식 시스템은 08시 15분 ~ 20시 까지 15분 간격으로 15분씩 순환하였고, 야간에는 1시간에 1회 순환 하였다.

정식 후 126일 후 광합성 특성은 배양액 농도(strength) 수준에 따른 차이가 없었으며, 조사 중 측정된 수량 및 생육 조사는 0.5S에서 과수 및 과중이 높았으며, 엽장이 길었다(Table 3-4~6). 일본 원시액 1배액을 기준으로 각각 0.25S, 0.5S, 0.75S, 1S에서의 양수분 흡수율을 Yamazaki 식으로 환산한 결과 생육과 수량이 양호했던 0.5S에서 P, K, Ca, Mg 의 n/w는 각각 1.34, 3.85, 2.38, 1.30 me/L을 보였다(Table 3-7). 이를 근거로 N, P, K, Ca, Mg 의 조성이 각각 8.3, 1.5, 4.5, 2.8, 1.5 me/L 로 신 배양액을 개발하였으며, 이를 차년도에 검증할 계획이다.



Fig. 3-2. Growth of strawberry according nutrient solution concentration

Table 3-4. Photosynthesis rate(Photo), stomatal conductance(Cond), Transpiration rate(Trans) and vapour pressure deficit at leaf surface(VpdL) of the fully expanded third leaves of strawberry at 126 days after transplanting.

Strength (S)	Photosynthesis rate ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)		Conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)		Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)		Vapour pressure deficit at leaf surface ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	
0.25S	24.289	a	0.156	a	1.899	ab	1.289	a
0.5S	23.463	a	0.160	a	1.951	a	1.287	a
0.75S	22.808	a	0.133	a	1.666	b	1.323	a
1S	23.129	a	0.139	a	1.738	ab	1.317	a

Table 3-5. Leaf Height, Leaf width and Petiole height of strawberry at 162 days after transplanting.

Strength (S)	Leaf Length(cm)		Leaf Width (cm)		Petiole Length (cm)	
0.25S	9.78	c	7.44	a	18.62	b
0.5S	12.82	a	8.62	a	22.60	ab
0.75S	10.96	b	8.08	a	23.10	a
1S	10.32	bc	7.38	a	22.48	ab

Table 3-6. Marketable yield of strawberry from 117 days to 158 days after transplanting.

Strength (S)	Marketable fruit no. (no/plant)		Marketable fruit weight (g/plant)		Soluble solid (brix)	
0.25S	5.67	ab	40.37	ab	9.35	a
0.5S	6.00	a	47.00	a	9.80	a
0.75S	5.20	ab	32.33	ab	9.43	a
1S	4.60	b	22.30	b	9.67	a

Table 3-7. Calculated n/wz value of strawberry based on Yamazaki's formula.

Nutrient strength	Items measured	Water (L)	Items measured	PO4-P	K	Ca	Mg
0.25Sy	ax	15.00	yu	0.68	1.40	1.73	0.62
	ww	3.10	y1t	0.65	1.33	1.90	0.62
	a/w	4.84	n/w	0.80	1.65	1.06	0.64
0.5S	a	15.00	y	1.68	3.76	3.58	1.45
	w	4.38	y1	1.82	3.73	4.08	1.50
	a/w	3.42	n/w	1.34	3.85	2.38	1.30
0.75S	a	15.00	y	2.49	5.28	5.15	1.98
	w	4.20	y1	2.84	5.63	5.57	2.12
	a/w	3.57	n/w	1.60	4.37	4.06	1.61
1S	a	15.00	y	3.51	7.45	6.11	2.74
	w	3.55	y1	3.80	7.21	6.47	2.63
	a/w	4.23	n/w	2.59	8.22	4.94	3.08

zn/w : the formula devised by Yamazaki to determine the amount of macronutrients and water uptake at regular intervals during water culture, if $y > y1$, $n/w = a/w(y - yq) + y1$; $y < y1$, $n/w = y1 - a/w(y1 - y)$

yS : the nutrient solution of Horticultural Experiment Station in Japan

xa : initial volume of culture solution in each tray (liter)

ww : the amount of water absorbed by plants (liter)

uy : the initial concentration of macronutrients in nutrient solution (me/L)

ty1 : the final concentration of macronutrients in nutrient solution (me/L)

3. 수출용 딸기 '매향' 품종에 적합한 배양액 검증시험

본 실험은 코이어 유기배지를 사용하는 수출 딸기 '매향'의 양수분 흡수율을 고려하여 개발한 배양액의 검증을 위해 수행하였다. 이를 위해 이온 조성이 상이한 배양액의 3종과 개발 배양액 2종 등 총 5종 배양액을 공시하여 재배한 딸기 '매향'의 생육과 수량에 미치는 영향

을 조사하여 적합한 배양액을 선발하고자 본 실험을 수행하였다.

2015년 9월 22일 딸기 ‘매향’을 코이어 고설베드에 정식하여 1개월 후 5 종류의 배양액으로 2016년 5월 31일까지 8개월 동안 수경재배 하였다. 재배 장소는 서울시립대학교 양지봉 유리 온실(120m²)이며, 재배 베드는 W690× L4150×H800mm로 재식간격을 20cm로 하여 베드 당 9주 씩 식재한 후 흑백 플라스틱 필름으로 베드를 피복하였다. 배양액 종류는 이온 조성이 상이한 5종류로 각 조성은 표 1과 같으며, 재배기간 동안 EC 1.0dS·m⁻¹, pH 6.0 수준으로 조절하여 공급하였다. 처리구는 완전임의 배치법으로 설계하였다. 배지는 코코넛 코이어 (Dust:Chip=7:3)를 사용하였고, 급액시간은 09~17시, 일일 4~6회 타이머를 이용하여 1일 급액량은 150~300mL/plant로 동일하게 점적 관수하였다. UOS와 NewUOS배양액은 정식 후 1 화방 개화 전까지는 초기 배양액을 공급하였으며, 그 이후에는 중·후기 배양액으로 공급하였다.

온실 내 온도, 상대습도(RH) 및 광합성유효광량은 환경계측기 데이터로거(Watch Dog 2450, Spectrum Technologies Inc., Illinois, USA)와 광합성 유효광센서(Quantum light 6 sensor bar, Spectrum Technologies Inc., Illinois, USA)를 사용하여 30분 간격으로 측정하여 딸기 재배 환경을 조성하였다. 온실 내 온도유지는 고정압 덕트형 에어컨(Samsung DVM-S, Samsung, Korea)의 온실바닥에 설치된 폴리에틸렌 필름덕트(지름 20cm)로부터 따뜻한 공기를 송풍하여 평균온도 21℃(17.8~24.4℃)로 유지하였다. 온실 내 평균야간습도는 40±2%였으며, 주간 평균상대습도는 겨울철 최저평균 27.4%, 봄철평균 18.1%로 덕트 공기순환으로 낮은 습도가 유지되었다. 평균 일사량은 겨울철 최고 430W·m⁻²였고, 봄철에는 500W·m⁻²였다.

정식 60일 후 잎 생육 특성, 엽록소함량, 광합성 특성을 측정하였고, 6개월 후 식물체의 생육을 조사하였다. 생육 조사항목은 엽장, 엽폭, 엽병장, 엽수, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중 및 건물율을 농촌진흥청 생육조사 메뉴얼에 준하여 측정하였다(RDA, 2000). 엽록소 함량은 엽록소 측정기(SPAD-502, MINOLTA, Japan)로 완전 전개된 잎을 측정하였다. 광합성특성은 휴대용 광합성측정기(LI-6400XT, Li-COR Inc., USA)를 사용하여 광합성속도, 증산량, 기공전도도를 측정하였다. 측정 조건은 PPFD 1500μmol·m⁻²·s⁻¹, CO₂ 농도 400mol·mol⁻¹, 엽온 25±0.5℃, RH 50±2%, flow rate 500±0.5μmol·s⁻¹ 이었다.

배양액 종류에 따른 과실 특성 및 수확량은 2015년 12월부터 2016년 5월까지 과장, 과폭, 과실 수, 과중, 당도 등을 측정하였다. 화방당 화수는 5~7를 유지하면서 수정별로 착과를 유도하여 70% 이상 착과되었을 때 수확하였고, 기형과가 아닌 10g 이상의 과실을 상품수량으로 조사하였다. 재배 중 당도는 과실의 꽃받침을 제거한 후 과실의 중간부분 3g을 파쇄하여 당도계(PAL-1, Atago, Japan)로 측정하였다.

배액의 전기전도도, pH, 이온 함량 분석을 위해 2015년 11월부터 2017년 1월까지 총 3회 100ml씩 채취하여 42번 여과지로 걸러서 시료로 사용하였다. 전기전도도, pH는 휴대용 EC·pH 측정기(HI9813-6N, HANNA, USA)를 이용하여 측정하였다. 무기이온 양이온 분석은 원자흡광광도계(Analyst 400, Perkin-Elmer Co., USA)를 이용하였으며 음이온은 이온크로마토그래피(ICS-1600, Thermo Fisher, USA)를 이용하여 측정하였다. 통계분석은 통계 SAS Package(Statistical Analysis System, Version 9.9, SAS Institute Inc.) 프로그램을 이용하여 Duncan's Multiple Range test(DMRT)하였다.

5종류의 배양액으로 재배한 ‘매향’ 배액의 pH와 EC 변화를 측정된 결과 정식 후 영양생장기 동안 ‘매향’은 공급 EC $1.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 보다 모든 배양액에서 낮은 EC $0.69\sim 0.81\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위를 나타냈다(Fig. 3-4). Yamazaki 배양액에서 재배된 처리구의 배액은 EC $0.69\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH 6.2로 다른 배양액보다 높은 pH를 나타냈으며, UOS 배양액은 pH 5.2로 낮았다. 이후 개화와 정화방의 수확 시기의 배액은 $0.96\sim 1.15\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이었으나, 배액 pH는 상이하였다. 특히 UOS 배양액과 Yamazaki 배양액은 적정 범위인 pH 5.5~6.5를 상회하였고, PBG 배양액의 EC가 높아지는 경향을 나타냈다.



Fig. 3-3. Verification experiment greenhouse by nutrient solution.

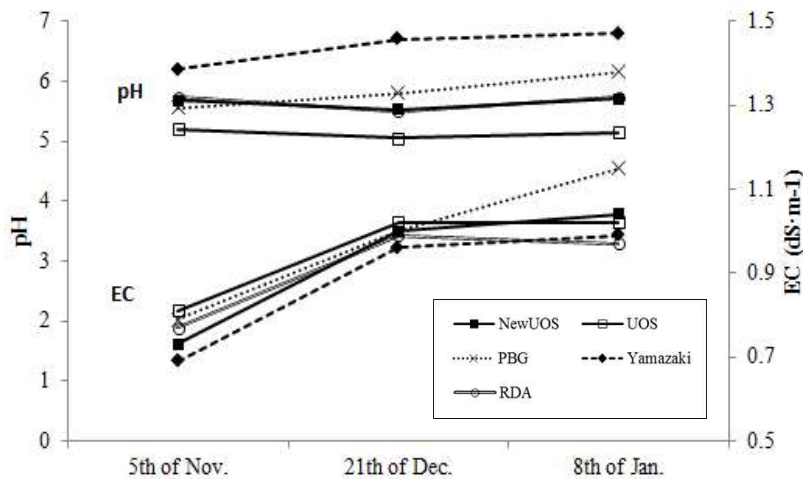


Fig. 3-4. Changes in EC and pH of drained solution analyzed at the 5th of November, 21th of December and 8th of January when plants were grown under five different nutrient solutions.

배액의 무기이온을 분석한 결과 영양생장기에 속하는 시기에는 질산태 질소의 흡수가 가장 활발히 흡수되었으며 인과 칼륨의 흡수 또한 11월~ 1월까지 흡수가 활발히 이루어졌다 (Table 3-8). 특히 화방전개 이후 칼륨 흡수가 NewUOS, UOS 및 Yamazaki 배양액 처리에서 높았다.

Table 3-8. Inorganic mineral contents of drained solution analyzed at the 5th of November, 21th of December and 8th of January when plants were grown under different nutrient solutions.

Nutrient solution	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Na
	----- (ppm) -----					
5th of November, 2016						
RDA	73.24z	11.51	59.66	110.40	16.90	14.16
NewUOS	58.77	7.28	49.44	93.22	21.22	17.09
UOS	73.89	11.28	50.04	234.50	35.35	38.59
PBG	52.03	11.16	58.97	101.30	25.56	27.79
Yamazaki	49.18	9.05	69.98	144.36	29.66	33.98
21th of December, 2016						
RDA	93.24	13.39	54.43	90.86	15.55	14.88
NewUOS	100.31	11.39	37.01	110.93	25.92	19.68
UOS	94.30	12.92	38.16	128.30	27.43	19.22
PBG	105.19	5.17	38.45	116.14	31.54	22.03
Yamazaki	98.12	5.52	35.57	95.90	26.78	24.62
8th of January, 2017						
RDA	96.74	13.27	76.46	96.43	17.23	18.48
NewUOS	95.60	9.63	67.15	111.70	26.11	19.97
UOS	93.89	13.16	46.87	130.82	27.29	15.34
PBG	87.96	5.17	47.81	112.39	33.05	24.62
Yamazaki	78.07	—	49.68	107.28	30.53	25.92

zMeans for 10 replications.

딸기의 코이어 수경재배에서 배양액 종류에 따른 정식 60일 후 딸기 잎 생육을 측정한 결과 엽장, 엽수 및 엽록소 함량값은 차이가 없으나, 엽폭은 UOS 배양액에서, 엽병장은 PBG 배양액에서 길었다(Table 3-9). 처리에 따른 엽장은 11.9~12.7cm, 엽폭 9.0~10.1cm, 엽병장 14.4~16.3cm, 엽수 7.4~8.8개, SPAD 값은 41.7~42.6으로 엽수와 엽병장을 제외한 처리간 통계적 유의차가 없었다. 배양액 종류에 따라 엽폭과 엽병장은 차이가 있으나, 이것이 지상부 생육에 큰 영향을 주지는 못했다.

Table 3-9. Growth characteristics and chlorophyll content (SPAD value) of strawberry leaves grown for 60 days after transplant under different nutrient solutions.

Nutrient solution	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf petiole (cm)	Leaf number (ea/plant)	SPAD (value)
RDA	11.9z ay	9.0 b	14.4 b	7.4 a	42.6 a
NewUOS	12.2 a	9.3 b	15.1 ab	8.8 a	42.0 a
UOS	12.4 a	10.1 a	15.1 ab	7.8 a	42.1 a
PBG	12.7 a	9.6 ab	16.3 a	8.3 a	41.7 a
Yamazaki	12.2 a	9.1 b	14.8 ab	7.8 a	42.6 a

zMeans for 12 replications.

yMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

정식 60일 째 배양액 종류에 따른 딸기 '매향'의 광합성, 기공전도도 및 증산율은 RDA와 NewUOS 배양액 처리에서 높았으며, PBG 배양액 처리에서 낮았다(Table 3-10).

Table 3-10. Photosynthesis ratez (Pr), stomatal conductance (Sc), and transpiration rate (Tr) of strawberry plants grown for 60 days after planting under five different nutrient solutions.

Nutrient solution	P		S		T	
	($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	r	($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	c	($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	r
RDA	20.3	ay	0.175	a	2.21	a
NewUOS	19.8	a	0.169	a	2.27	a
UOS	18.8	b	0.154	b	2.16	a
PBG	16.9	c	0.121	c	1.75	b
Yamazaki	18.5	b	0.150	b	2.15	a

zMeasuring conditions : CO₂ 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, PAR 1500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Air temp. 25 \pm 0.5 $^{\circ}\text{C}$, RH 50 \pm 2% and Flow rate 500 \pm 0.5 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$

yMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

Table 3-11. Fresh and dry weight of strawberry plants grown for 6 month after transplant of under different nutrient solutions.

Nutrient solution	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		Dry matter ratio (%)	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
RDA	98.9 bz	167.9 a	57.0 b	58.8 b	57.6 a	35.0 b
NewUOS	133.0 a	208.9 a	63.9 a	64.0 a	48.0 b	30.6 c
UOS	123.0 a	188.1 a	62.7 a	64.0 a	51.0 ab	34.0 b

PBG	106.1	ab	137.6	b	60.1	ab	64.0	a	56.6	a	46.5	a
Yamazaki	139.2	a	172.0	a	60.5	ab	61.0	ab	43.5	c	35.5	b

yMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at P<0.05.

정식 6개월 후 수확 시 딸기의 생체중과 건물중은 지상부와 지하부 모두 UOS와 NewUOS 배양액에서 높았다(Table 3-11). 그러나 지상부 건물율은 RDA 배양액에서 57.6%로 높았고, Yamazaki 배양액에서 43.5%로 낮았으며, 지하부 건물율은 PBG 배양액에서 46.5%로 높았고, NewUOS배양액에서 30.6%로 낮아 PBG 배양액에서 자란 딸기의 건물율이 높았다.

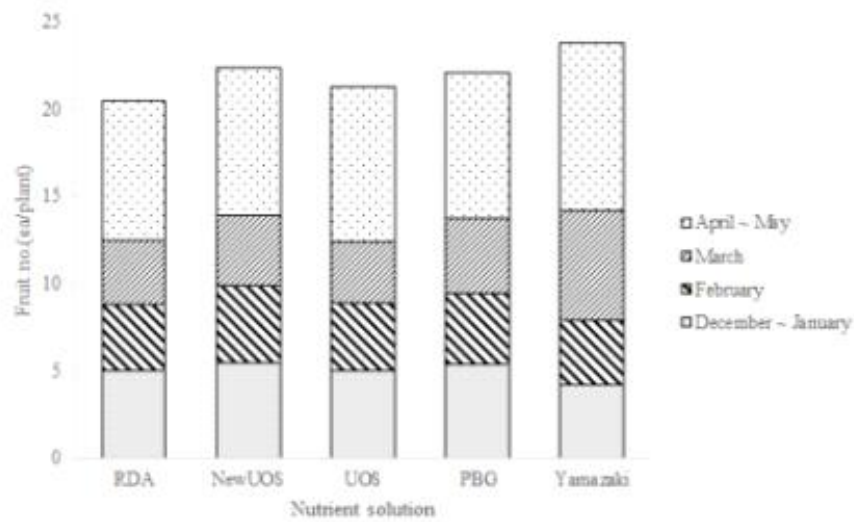


Fig. 3-5. Fruit number of strawberry grown under five different nutrient solutions. Plants were harvested from December 2016 to March, 2017.

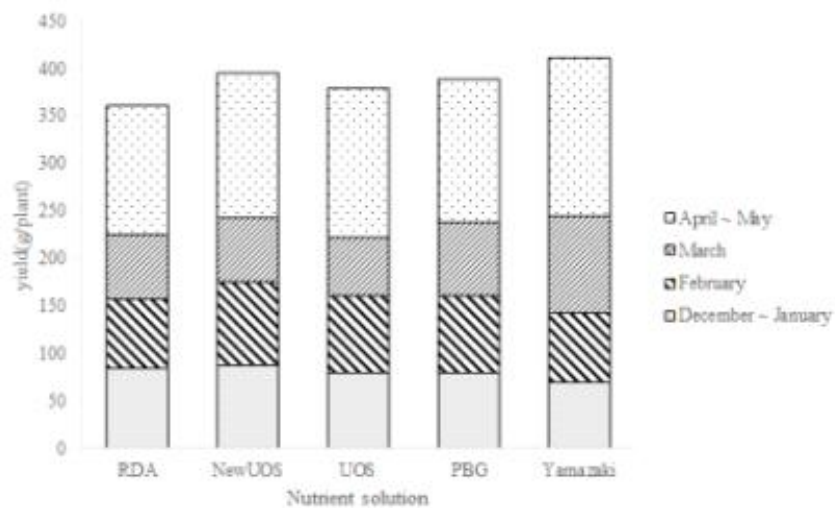


Fig. 3-6. Fruit yield of strawberry grown under five different nutrient solutions. Plants were harvested from December 2016 to March, 2017.

Table 3-12. Fruit characteristics and sugar content of strawberry grown under different nutrient solutions. Plants were harvested from December 2016 to March, 2017.

Harvest (Month)	Nutrient solution	Fruit length (mm)		Fruit diameter (mm)		Fruit weight (g/plant)		Sugar content (°Brix)	
December to January	RDA	47.8	az	28.8	a	18.0	a	10.8	a
	NewUOS	45.8	a	27.6	a	17.1	a	11.2	a
	UOS	44.8	a	26.8	a	16.0	ab	10.7	a
	PBG	43.6	a	26.1	a	14.7	b	10.8	a
	Yamazaki	44.9	a	27.1	a	16.7	a	10.6	a
February	RDA	47.4	a	26.8	a	19.3	a	11.5	a
	NewUOS	47.5	a	27.2	a	20.1	a	11.5	a
	UOS	48.1	a	27.4	a	20.8	a	11.6	a
	PBG	48.4	a	27.2	a	20.1	a	11.7	a
	Yamazaki	47.7	a	26.8	a	19.5	a	11.3	a
March	RDA	41.3	c	26.4	c	18.1	a	13.1	a
	NewUOS	42.8	b	26.9	b	16.8	b	12.7	ab
	UOS	41.6	c	26.4	c	17.1	b	13.5	a
	PBG	43.8	a	24.7	d	18.1	a	12.0	b
	Yamazaki	42.7	b	27.4	a	16.3	b	12.3	b

yMeans with different letters in each columns are significantly different by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

배양액 종류에 따른 과실 특성과 수량을 조사한 결과, 12월부터 2월까지 수확된 딸기의 과장, 과폭, 과중, 당도는 배양액 차이에 의한 유의성은 없으나, NewUOS 배양액에서는 주당 과수와 평균 과중이 높아 이 시기 다른 배양액에서 재배한 처리보다 높은 수량을 나타내었다(Table 3-12, Fig.3-5~6). 그러나 Yamazaki 배양액에서는 12월부터 2월까지의 과수와 생산량은 주당 과수가 적어 낮았으나, 3월부터 5월까지 수확한 과수의 증가로 중·후기 생산량이 높았다.

이상의 결과 무기이온 조성이 다른 5종의 배양액으로 수경재배 하였을 때 '매향'의 생육은 차이를 보이지 않았으며, 양수분 흡수 특성을 고려하여 개발한 NewUOS 배양액은 12월부터 2월 까지의 생산성을 높였으며, 고온과 화방당 착과량이 많아지는 3월 이후에는

Yamazaki 배양액에서 생산량이 높게 나타나 생육 시기에 따른 배양액 조성을 달리하여 수경재배하는 것이 생육과 상품성 향상에 도움이 될 것으로 생각된다.

4. 수출용 딸기 ‘매향’ 품종에 적합한 배양액 농가 실증 시험

1차년도 및 2차년도에 개발과 검증된 ‘매향’ 배양액을 실증하기 위해 진주 실증농가에 2016년 9월 10일 딸기 전용 상토에 7.0주/m² (주간 16cm 간격)정식하여 수경재배 하였다. 급액은 정식 후 한달간 전기전도도 1.0dS·m⁻¹, pH 6.0으로 공급하여 순화시켰으며 이후 전기전도도 1.2dS·m⁻¹, pH 6.0으로 8시부터 14시까지 1시간 30분 간격으로 2분간 점적관수하였다. 처리구는 NewUOS 배양액(N, P, K, Ca, Mg : 7.5, 1.5, 4.5, 3.0, 1.5)으로 관행배양액인 대조구(?????)와 비교하여 생육 및 과실 생산량 등을 비교하였다.



Fig. 3-7 Experimental view according nutrient solution.

정식 후 130일째 엽장, 엽폭 등 식물체 생육 및 광합성속도, 증산량, 기공전도도 등 광합성 특성은 개발된 배양액에서 약간 높은 경향을 보였다(Table 3-13, 14). 그러나 과실의 과장 과폭, 과중, 경도는 배양액에 따른 유의성이 없었으며, 과실 품질을 나타낼 수 있는 당도, 산도, 색차값 또한 배양액에 따른 차이가 없었다(Table 3-15, 16).

Table 3-13. Length and width of leaf, length of petiole, leaf number, and chlorophyll content of leaf grown (18th of Jan.) under different nutrient solutions.

Nutrient solution	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf petiole (cm)	Leaf number (ea/plant)	SPAD (Value)
NewUOS	7.3z a	5.6 a	11.8 a	10 a	46.4 a
Control	5.9 b	4.2 b	11.9 a	7 b	46.6 a

z: means for 5 replications.

Table 3-14. Photosynthesis rate (Photo), stomatal conductance (Cond), intercellular carbohydrate (Ci), transpiration rate (Trmmol), and air vapor pressure difference (VpdL) of strawberry plants grown (18th of Jan.) under different nutrient solutions.

Nutrient solution	Photo		Cond		Ci		Trmmol	
	$\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$		$\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$		$\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{air}$		$\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	
NewUOS	17.84z	a	0.21	a	220.54	a	3.90	a
Control	15.86	b	0.13	b	165.03	b	1.42	b

z: means for 5 replications.

Table 3-15. Fruit length, Fruit diameter, Fruit weight, Hardness for growth under different nutrient solutions (January).

Nutrient solution	Fruit length		Fruit diameter		Fruit weight		hardness length		hardness width	
	(mm)		(mm)		(g)		MPa		MPa	
NewUOS	40.60z	a	26.66	a	11.37	a	2.69	a	1.21	a
Control	40.22	a	27.24	a	11.83	a	2.95	a	1.29	a

z: means for 5 replications.

Table 3-16. Sugar Content, Acidity, Hunter's color values for growth under different nutrient solutions (January).

Nutrient solution	Sugar Content		Acidity		Hunter's color values ^x					
	(oBrix)		(%)		L	a		b		
NewUOS	9.72z	a	1.52	a	53.22	a	40.29	a	33.99	a
Control	9.70	a	1.42	a	62.02	a	27.18	a	33.71	a

x: L value: lightness (100=white, 0=black), a value: redness (-60~+60, -=green, +=redness), b value: yellowness (-60~+60, -=blue, +=yellow).

z: means for 5 replications.



Fig. 3-8. Yield of strawberry after transplant from November to April under different nutrient solutions.

Table 3-17. Total yield of strawberry after transplant from November to April under different nutrient solutions.

Nutrient solution	Total Yield
	(kg)
NewUOS	5490
Control	5585

첫 수출 수확시기인 11월 7일부터 4월 30일까지의 한 주당 과실 생산량은 초기인 11월, 12월은 관행 배양액에서 약간 높은 경향을 보였으며, 후기는 New UOS 배양액에서 높은 경향을 보였지만 실험기간 총 생산량은 큰 차이가 없었다(Fig. 3-8, Table 3-17). 생육 후기인 5월 1일 엽장, 엽폭, 엽병장, 엽수, 엽록소함량, 생체중 및 건물중을 조사한 결과 생육에는 차이가 없었다(Table 3-18, 19).

Table 3-18. Length and width of leaf, length of petiole, leaf number, and chlorophyll content of leaf grown (1th May.) under different nutrient solutions.

Nutrient solution	Leaf length	Leaf width	Leaf petiole	Leaf number	SPAD
	(cm)	(cm)	(cm)	(ea/plant)	
NewUOS	10.93z a	8.10 a	23.48 a	17.25 a	49.38 a
Control	11.23 a	8.18 a	23.74 a	14.06 a	46.70 a

z: means for 4 replications.

Table 3-19. Length and width of leaf, length of petiole, leaf number, and chlorophyll content of leaf grown (1th May.) under different nutrient solutions.

Nutrient solution	Fresh weight		Dry weight		Dry matter ratio	
	Shoot (g)	Root (g)	Shoot (g)	Root (g)	Shoot (%)	Root (%)
NewUOS	77.50 _z a	75.45 a	18.61 a	10.72 a	23.9 ₃ a	14.6 ₁ a
Control	75.75 a	53.79 a	19.27 a	9.56 a	25.3 ₂ a	19.0 ₆ a

z: means for 4 replications.

Table 3-20. Inorganic mineral contents of substrate analyzed at the end study(1th May.) under different nutrient solutions.

Nutrient solution	NO3-N	PO4-P	K	Ca	Mg	Na
	----- (ppm) -----					
NewUOS	6.41	4.09	12.60	4.17	1.95	11.01
Control	36.52	6.04	11.57	8.03	2.59	3.76

- 연구개발성과
 - 논문게제 및 학술발표
 - 논문게제

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)
1	다양한 배양액 조성이 코이어 수경재배 딸기 '매향'의 생육과 수량에 미치는 영향	시설원예·식물공장	이정훈	26(3)	한국	한국생물환경조절학회	비SCI

○ 국내 및 국제 학술회의 발표

게제연도	논문명	저자		학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신저자				
2015	수출딸기 '매향' 수경재배에 적합한 배양액 개발	김한솔	이용범	한국생물환경조절학회 춘계학술대회	24권 별호 1호	국내	학술대회 포스터발표
2015	수출딸기 '매향' 수경재배에 적합한 배양액 선발	김한솔	이용범	한국생물환경조절학회 춘계학술대회	24권 별호 1호	국내	학술대회 포스터발표
2016	딸기 '매향'과 '설향'의 생육 후기 양수분 흡수 특성	박주현	이용범	한국생물환경조절학회 춘계학술대회	25권 별호 1호	국내	학술대회 포스터발표

[제2협동 상명대학교 : 김영식]

1. 연구개발 추진전략 및 방법

연중 안정 생산을 위한 토마토의 동적 배양액 관리 모델 개발 및 확산

- 연중 안정생산을 위한 수출용 토마토 동적 배양액 관리 모델 개발 (1년차)
 - 온실 근권환경 계측시스템 설치 및 운영
 - 생육단계 및 시기별 배양액 농도 및 급액관리법 조사
 - 일중, 생육단계별 델타EC 추이 분석
- 수출용 토마토 상품성 향상 최적 델타EC(배양액 농도 변화) 구명 (2년차)
 - 온실 기상환경 계측시스템 개선 및 운영
 - 작물생체정보 계측시스템 구축 및 운영
 - big data 분석을 통한 델타EC와 생산성과의 관계 모델 도출
- 수출용 토마토 상품성 향상 최적 급액관리 모델 체계화 및 확산 (3년차)
 - 동적배양액관리 모델 체계화
 - 동적배양액관리에 따른 상품성 향상 작물관리 기술 확산 (수출농가 교육)
 - 대상수출농가: 춘천, 홍성, 논산 등

가. 1년차 : 연중 안정생산을 위한 수출용 토마토 동적 배양액 관리 모델 개발

- (1) 온실 근권환경 계측시스템 설치 및 운영
 - 공급배양액, 배액에 pH, EC 센서 설치 및 계측
 - 배액률 조사용 무게 센서 설치 및 계측
- (2) 생육단계 및 시기별 배양액 농도 및 급액관리법 조사
 - 생육단계별 및 시기별 배양액 자료 조사
 - 소장 big data 분석
- (3) 일중, 생육단계별 델타EC 추이 분석
 - 매일 델타EC 조사
 - 매일 환경인자 조사
 - 토마토 재배를 통한 big data 수집 및 델타EC 변화 분석
- (4) 온실 기상환경 계측시스템
 - 온실 외부 온도계, 일사계, 풍속계, 풍향계 설치 및 계측
 - 온실 내부 온도계, 습도계 설치 및 계측

(5) 토마토 재배를 통한 big data 수집 및 이격도 분석

나. 2년차 : 수출용 토마토 상품성 향상 최적 델타EC(배양액 농도 변화) 규명

(1) 온실 근권환경 계측시스템 개선 운영

- 배액의 EC, pH 등의 특성을 자동 측정하는 효율성 및 용이성을 증대시키는 방향으로 설계 및 실행함.
- 공급배양액, 배액에 pH, EC 센서 설치 및 계측 운영
- 배액률 조사용 무게 센서 설치 및 계측 운영

(2) 온실 기상환경 계측시스템 개선 및 운영

- 모니터링 시스템의 버그 수정, 사용 편리성 적용
- 설비와의 부조화 해결
- 온실 외부 온도계, 일사계, 풍속계, 풍향계 설치 및 계측 운영
- 온실 내부 온도계, 습도계 설치 및 계측 운영

(3) 작물생체정보 계측시스템 구축 및 운영

- 측정: 식물생육지표 (줄기직경, 화방거리 등)
 - 계측 식물: 20그루
 - 계측 사항: 성장속도, 성장강도, 성장상, 개화속도, 수확속도, 식물생육지표, 생산만족도
- 적용 성장상 판단 정확도 증진
- 초세 및 성장상 측정법
 - 경경(줄기직경): 구역 당 12그루를 선정하여 7일 전 성장점이 있던 위치의 줄기 직경을 측정함.
 - 성장점~화방까지의 길이: 구역 당 12그루를 선정하여 현재 성장점 위치를 기준으로 만개한 화방까지의 길이를 측정함.

(4) 동적 배양액 관리를 위한 최적 육묘방법 규명 실증 시험(1,500평)

- 정식시 묘소질 향상을 위한 육묘방법 규명 처리
 - 관행 40공 트레이
 - 관행 40공 트레이에서 육묘후 간격별리기를 행하여 20공 트레이
 - 암면셀에 파종한 후 암면큐브(단, 트레이묘와 동시에 어린묘 정식)
 - 암면셀에 파종한 후 암면큐브(2화방 개화시 정식)
- 조사: 생산성, 동적델타EC(최적 성장 및 성장상 균형을 위한 동적 관리)

(5) big data 분석을 통한 육묘방법과 생산성과의 관계 모델 도출

- 분석: 육묘방법별 생산성 모델
- 작업량 분석 등을 통한 선진적 육묘 방법 제시
(정식후 수확시기를 앞당겨 생산자 수익 증대를 기대)

- 토마토 재배를 통한 big data 수집 및 이격도 분석

다. 3년차 : 수출용 토마토 상품성 향상 최적 급액관리 모델 체계화 및 확산

(1) 수출용 토마토 상품성 향상 최적 급액관리 모델 체계화 및 확산

- 동적배양액관리 모델 체계화(배액측정모듈 채용)
- 배액측정모듈의 자동화 (IT업체와의 협력체계 구축)
- 동적배양액관리에 따른 상품성 향상 작물관리 기술 확산 (수출농가 교육)

(2) big data 분석을 통한 델타EC와 생산성과의 관계 모델 개선

- 작물관리와 상품성과의 관계 도출
- 배액 특성과 배양액관리와의 관계 도출

독립변수: 델타EC, 환경자료(온도, 습도, 일사량 등), 급배액량

종속변수: 성장속도, 성장강도, 성장상, 개화속도, 수확속도, 식물생육지표, 생산만족도

(3) 수출농가 현장 적용

- 급액관리 기술의 수출농가 교육을 통한 확산
- 대상수출농가: 춘천, 홍성, 논산 등

라. 연구개발 추진일정

1차년도														연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
일련 번호	연구내용	추진 일정														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	온실 근권환경 계측시스템 개선 운영														100,000	김영식 (상명 대)
2	온실 기상환경 계측시스템 개선 및 운영															
3	작물생체정보 계측시스템 구축 및 운영															
4	육묘 실증시험(1,500 평)															
5	data 분석을 통한 육묘방법과 생산성과의 관계 모델 도출															
2차년도																

일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	온실 근권환경 계측시스템 개선 운영													100,000	김영식 (상명 대)
2	온실 기상환경 계측시스템 개선 및 운영														
3	작물생체정보 계측시스템 구축 및 운영														
4	동적 배양액 관리를 위한 최적 육묘방법 규명 실증시험(1,500 평)														
5	data 분석을 통한 육묘방법과 생산성과의 관계 모델 도출														
3차년도															
일련 번호	연구내용	추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	동적배양액관리 모델 체계화(배액측정 모듈 채용)													70,000	김영식 (상명 대)
2	동적배양액관리 에 따른 상품성 향상 작물관리														

마. 연구개발성과

(1) 1년차

○ 논문게재

계재연 도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국 내 외 구분	SCI구 분
		주저자	교신저 자	공동저 자				
2014	고온기 토마 토 재배시 적 정 측지관리 방법 구명	김성은	김영식	-	Protected Horticulur e and P l a n t Factory	23	국내	비SCI
2014	저온기 토마 토 재배시 적 정 측지관리 방법 구명	김성은	김영식	이재은 김상연 이문행	Protected Horticulur e and P l a n t Factory	23	국내	비SCI

○ 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2014 한국원예학회 추계학술대회	김영식	2014.10.23	창원 컨벤션센터	대한민국

(2) 2년차

○ 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2016 한국생물환경조절학회 춘계학술대회	김영식	2016.05.13	환경조절학 회 경기도원	대한민국

○ 교육 내역

No	교육일자	교육내용	교육장소
1	2016.01.19	토마토 환경관리, 계절별 관리	당진시농업기술센터
2	2016.02.27	토마토 재배 및 영양생리	전남마이스터대학
3	2016.04.28	토마토 재배, 시설, 환경관리	강릉시농업기술센터

(3) 3년차

○ 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	2017 한국생물환경조절학회 춘계학술대회	김영식	2017.05.11	환경조절학 회 경기도원	대한민국

○ 기술이전

사업명	수출용 딸기 및 토마토의 신선도 유지기술 및 현장적용 모델 개발				지원기관	
과제명	연중 안정 생산을 위한 토마토의 동적 배양액 관리 모델 개발 및 확산				농림수산식품기술기획평가원	
이전제목명	토마토 수경재배시 동적배양액관리 방법				유/무상여부	무상
구 분	분 야	채 소	작 목	토마토	색 인 어	배양액
연구개발자	소속기관		성명	전화 및 e-mail주소		
	상명대학교		김영식	041-550-5292	youngskim77@gmail.com	

(가) 목 적

- 수출시 발생하는 클레임을 원천 방지하고 수출경쟁력을 높이는 생산기술 및 온실관리기술을 개발하고자 함.
- 토마토 수경재배(양액재배)시 배양액 관리는 환경인자 및 작물인자 등 다양한 조건에 따라 동적으로 이루어져야 하는데 이에 관한 배양액 관리 방법을 체계화하여 토마토 생산을 향상시키는 기술.

(나) 개발기술

- 토마토 수경재배시 동적배양액관리 방법
 - 배지내 EC의 변화 및 조절
 - 배지내 pH의 변화 및 조절
 - pH 조절액의 조제방법

(다) 기대효과

- 체계적인 배양액 관리로 기본적인 관리기술을 지원함.
- 동적 배양액 관리로 수준 높은 관리기술을 지원함으로써 생산성 향상

(라) 기술이전농가

농가명	주소	이전일시
박중곤	김해시 진례면 초전리 1130-2	2017년 3월 중

바. 연구결과

(1) 1년차

(가) 자동 계측시스템 설치 및 운영-온실 근권환경 계측시스템 설치 및 운영

① 방법

○ 실험기간: 2014.06.23.~2014.10.05.

○ 급액제어: 일사량 제어

- 계측시스템
- 배액률 계측: CR1000X (Campbellsci), Load cell(CAS)
- 근권환경(급배액 EC 및 pH)계측: 동우(MS-2700 V1.1)
- 온실환경 계측: 동우 (D-3700 V 1.1)

○ 처리

· 델타EC: 각 처리구별 배액EC 범위에 맞춰 1회 급액량 조정(실제 조절 배액 EC범위는 기준 농도에서 5% 편차를 줌.)

표 1. ΔEC 처리방법

처리명	급액EC	ΔEC	배액EC	조절 배액EC 범위
2-08	2.0	0.8	2.8	2.7 ~ 2.9
2-16	2.0	1.6	3.6	3.4 ~ 3.8
3-08	3.0	0.8	3.8	3.6 ~ 4.0
3-16	3.0	1.6	4.6	4.3 ~ 4.8

○ 초세 및 성장상 측정법

- 경경(줄기직경): 구역 당 12그룹을 선정하여 7일 전 성장점이 있던 위치의 줄기 직경을 측정함.
- 성장점~화방까지의 길이: 구역 당 12그룹을 선정하여 현재 성장점 위치를 기준으로 만개한 화방까지의 길이를 측정함.

② 결과

- 성장상의 경우: 급액 EC 2.0 > 3.0 / 델타 EC 0.8 > 1.6
- 급액 EC 2.0은 작물의 초세 변화가 비교적 적었음.

○ 델타 EC 0.8은 균형 있는 영양생장과 생식생장을 함.

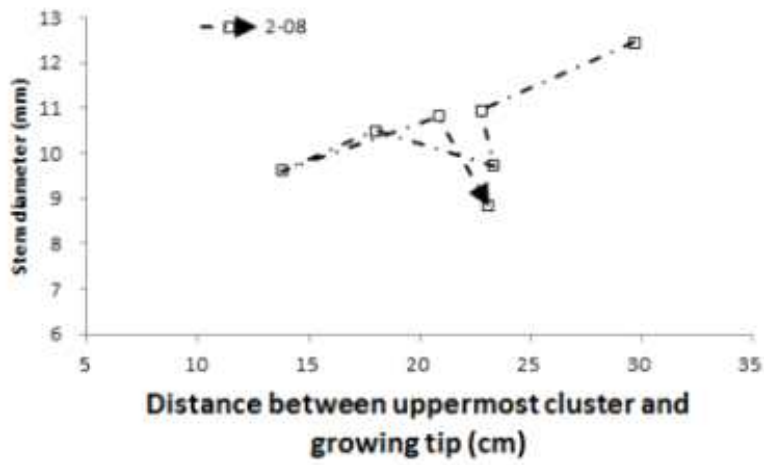


그림 415-1 식물생육지표 (처리: 2-08)

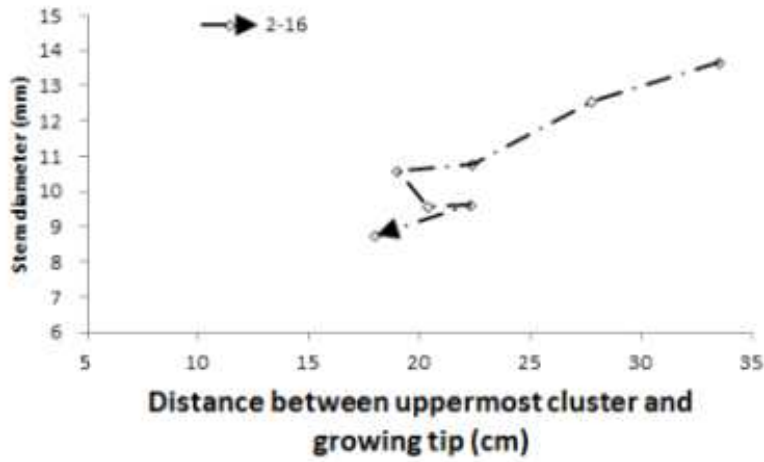


그림 1-2 식물생육지표 (처리: 2-16)

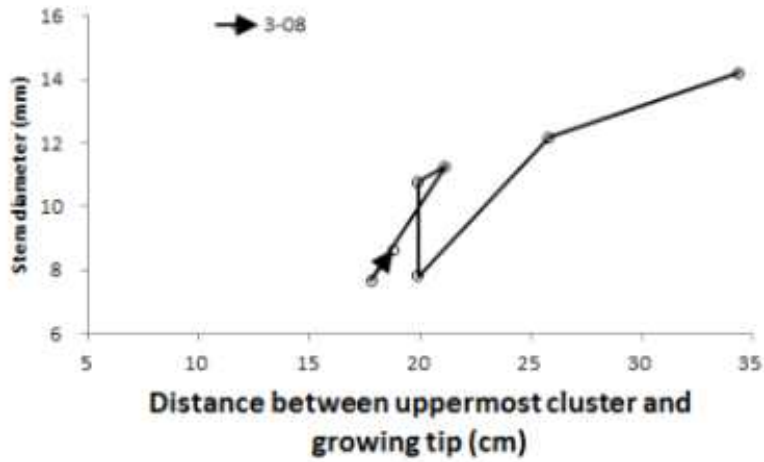


그림 1-417 식물생육지표 (처리: 3-08)

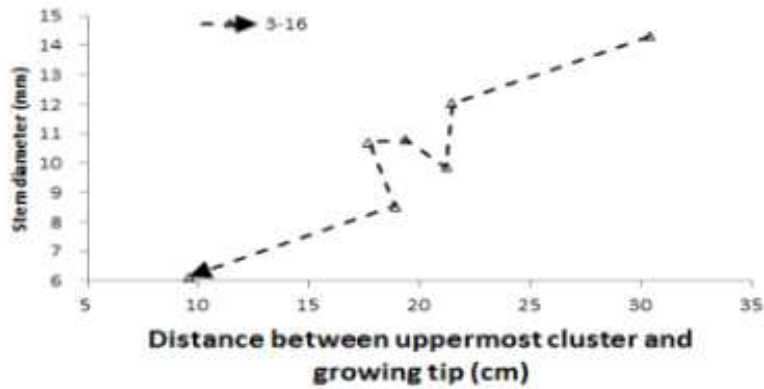


그림 1-418 식물생육지표 (처리: 3-16)

- 당도 및 수확량: 급액 EC 3.0 > 2.0 / 델타 EC 0.8 > 1.6
- 델타 EC 0.8의 총 수확량이 가장 많음.
- 급액 EC 2.0 / 3.0의 차이가 미미함.
- 급액 EC 3.0에서 고당도의 토마토 수확.

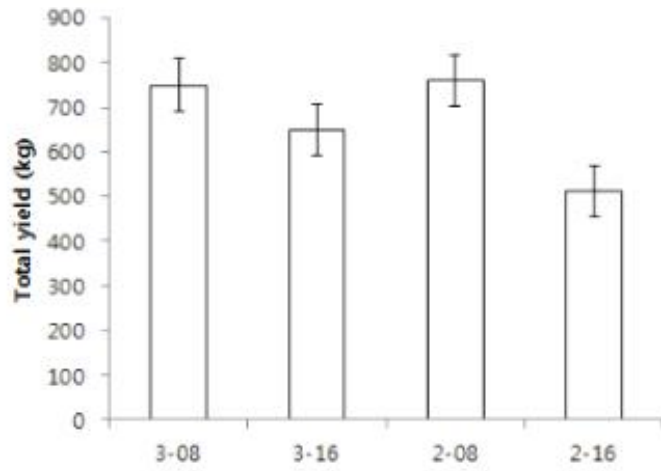


그림 1-419 Δ EC 처리에 따른 수확량

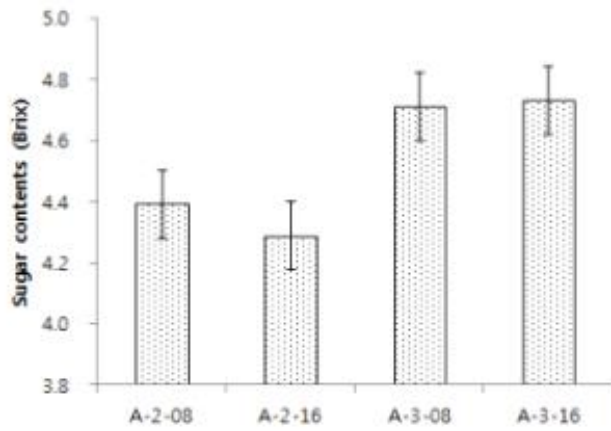


그림 1-420 Δ EC 처리에 따른 당도

○ 배액 무게 측정: 급액 마감 이후 데이터의 이상 값이 발견됨.

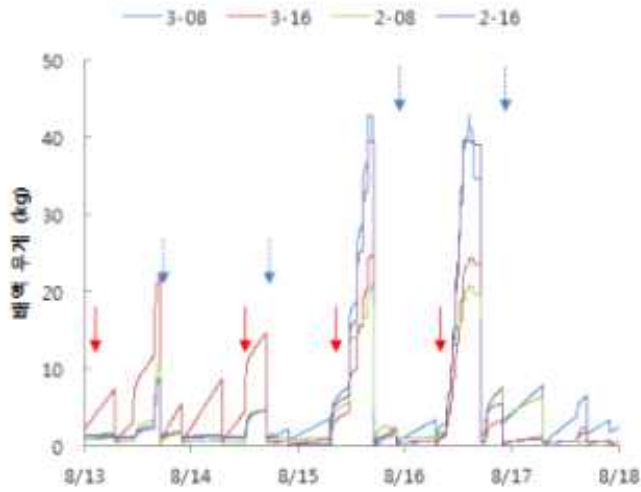
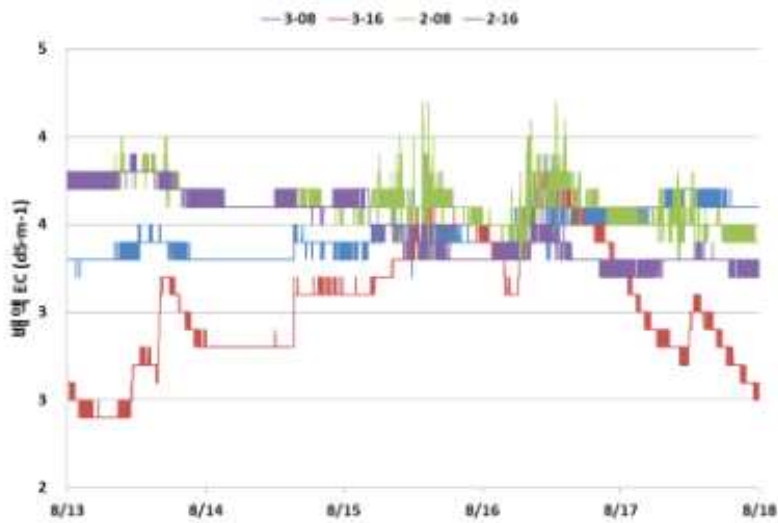


그림 1-421 계측시스템(CR-1000)을 이용한 배액 무게 계측

*급액개시시각: 화살표(실선), 급액마감시각: 화살표(점선)

○ 배액의 EC 및 pH 계측: 일중 데이터 값이 불안정하고 그로 인해 잦은 calibration을 요함.



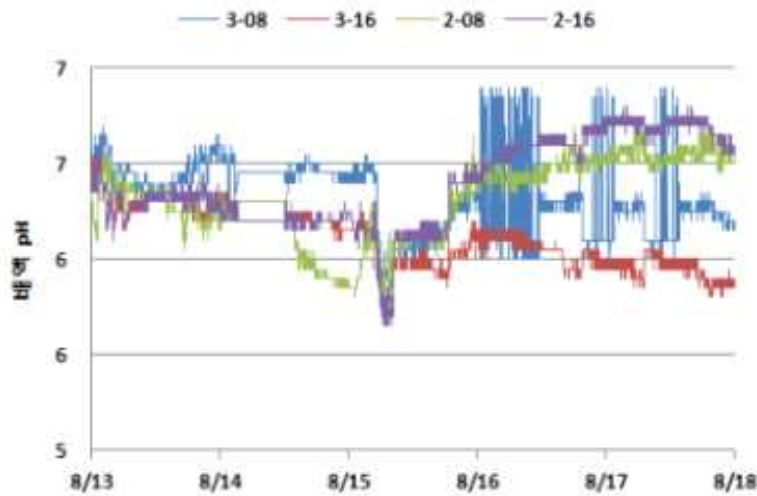


그림 1-8 계측시스템(MS-2700 V1.1)을 이용한 배액의 EC 및 pH 계측

그림 8 계측시스템(MS-2700 V1.1)을 이용한 배액의 EC 및 pH 계측

③ 최종 결과

○ 성장상 및 수확량을 고려할 때 가장 좋은 급액전략은 급액 EC 3.0 / 델타 EC 0.8 로 판단됨.

(나) 자동 계측시스템 설치 및 운영-온실 기상환경 계측시스템 설치 및 운영

① 방법

- 온실 환경 계측 프로그램인 동우(D-3700 V 1.1)를 이용하여 환경 계측
- 온도, 습도: 일평균, 최고값, 최저값

② 결과

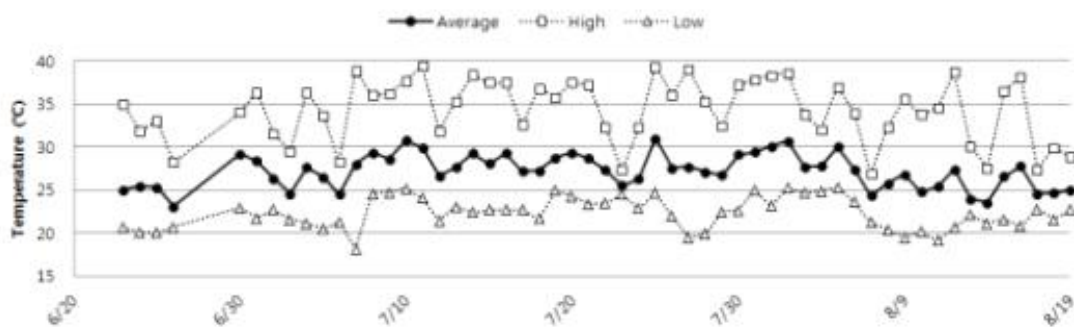


그림 1-9 온실 온도 추이

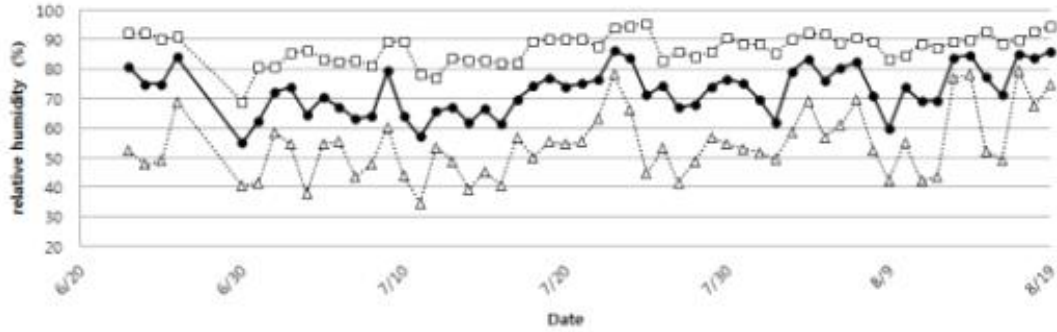


그림 1-10 온실 상대습도(RH) 추이

○ 자동계측시스템을 통해 실시간으로 온실 내·외부 환경조회가 가능함.



그림 1-11 복합환경제어(D-3700 V1.1)를 통한 온실 내·외부 환경 계측

(다) 생육단계 및 시기별 배양액 조사 및 분석

① 토마토 시기별 배양액 EC

품종군	계절별	급액EC(ds·m ⁻¹)	배지 내 EC(ds·m ⁻¹)
일본계	여름	2.0	2.5
	겨울	3.0	3.5
유럽계	여름	2.5	3.0
	겨울	3.5	4.5

② 토마토 품종별 생육단계별 적정 급액EC 관리

품종군	급액EC(ds·m ⁻¹)		
	생육초기	생육최성기	생육후기
모모타 로	0.6~0.7	1.8~2.0	1.4~1.6
서광	0.8~1.0	2.0~2.2	1.6~1.8
유럽계	1.0~1.5	2.0~2.5	1.8~2.2

(라) 일중, 생육 단계별 델타EC 추이 분석

① 방법

- 공시품종: 데프니스 (신젠타코리아)
- 배지: 코이어 (golden grow) (chip 50%)
- 실험기간: 2014. 12. 05 ~ 2015. 3. 8
- 급액제어: 일사량 제어
- 처리
 - 급액 EC: 전처리구 동일. 단, 생육단계(개화속도)별로 EC 조정됨.
 - 델타 EC: 각 처리별 델타 EC 범위에 맞춰 델타EC 조정.
 - 대조구는 델타 EC를 조절하지 않고 급액량은 다른 처리의 평균값을 사용함.

표 2. ΔEC 처리방법

처리명	급액EC	ΔEC	배액EC	편차	범위
0.8	3.0	0.8	3.8	5%	3.6 ~ 3.8
1.2	3.0	1.2	4.2	5%	3.9 ~ 4.1
1.6	3.0	1.6	4.6	5%	4.3 ~ 4.8
Control	3.0		-	-	-

② 결과

- 작물 성장에 따른 차이는 있지만 1화방 개화 시 급격하게 델타 EC값이 떨어짐.
- 1화방~3화방 개화 시 델타 EC가 감소하며 3화방 이후 서서히 증가함.

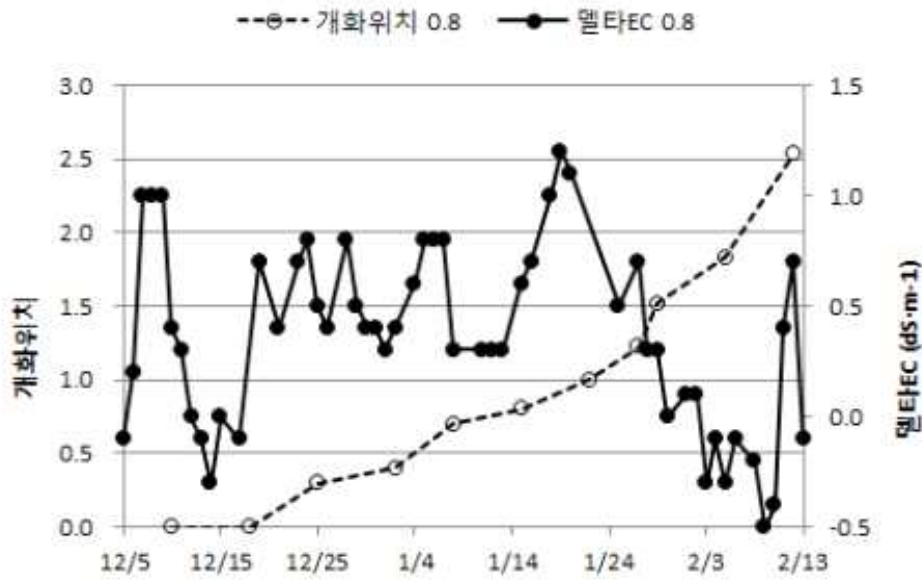


그림 1-12 개화위치에 따른 델타EC변화(델타 0.8)

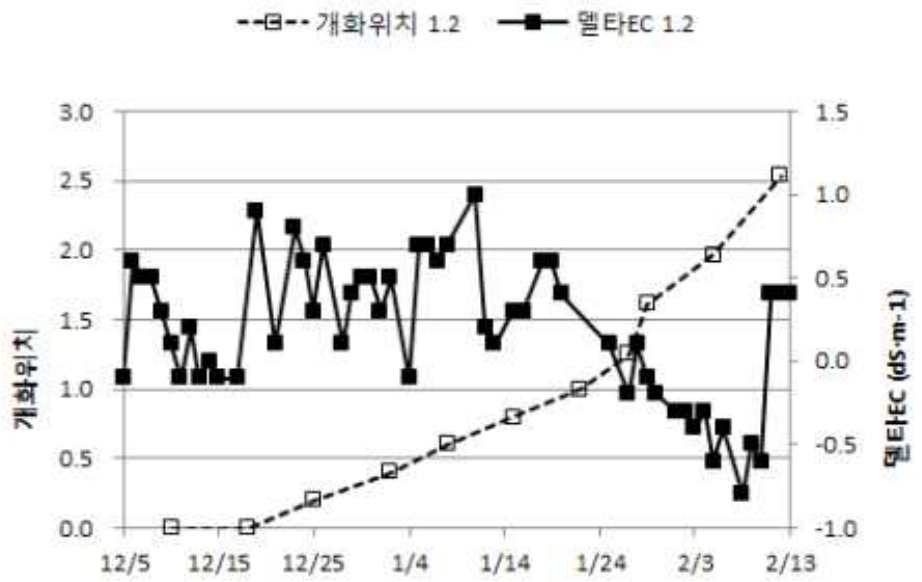


그림 1-13 개화위치에 따른 델타EC변화(델타 1.2)

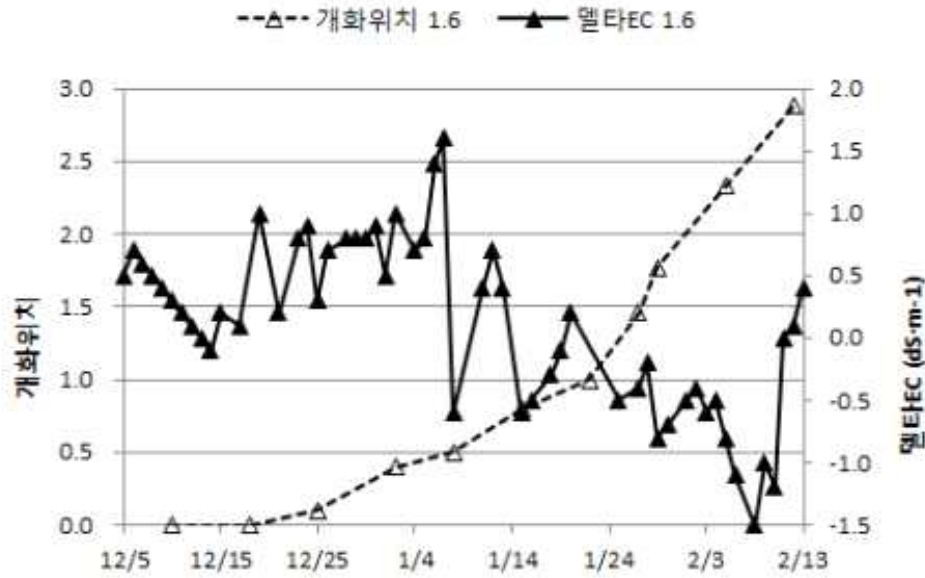


그림 1-14 개화속도에 따른 델타EC변화(델타 1.6)

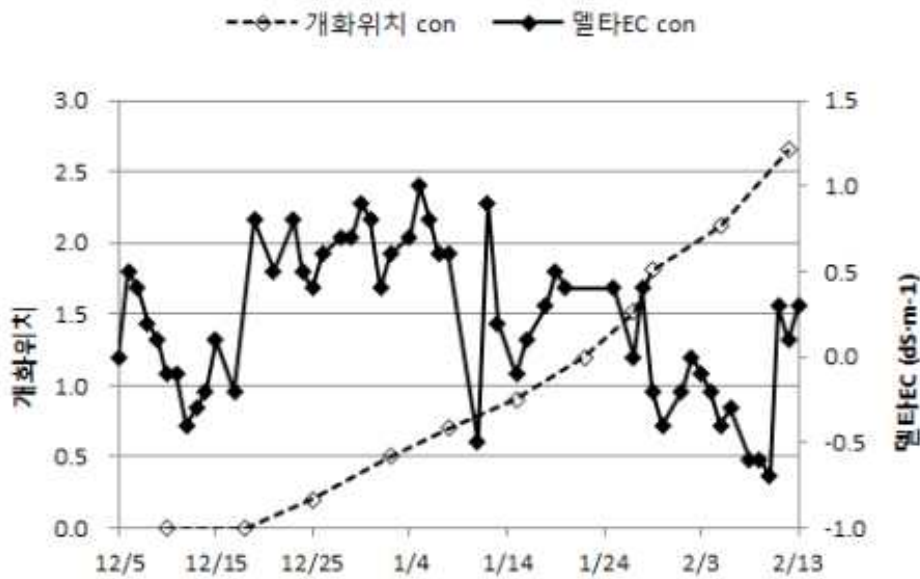


그림 1-15 개화위치에 따른 델타EC변화(Control)

(2) 2년차

(가) 온실 근권환경 및 온실 기상환경 계측시스템 개선 운영

○ 급액제어: 일사량 제어

○ 근권환경 계측시스템: 배지별 배액량 측정에서 발생한 편차를 극복하기 위해 배액 전체를 측정하는 방식으로 개선하여 배양액관리기(동우, MS-2700 V1.2)에 추가하여 유량계 및 센서들을 장착하여 실험에 사용하였다.

○ 온실환경 계측시스템(동우, D-3700 V 1.2): 기존의 유선 센싱시스템을 무선 센싱시스템으로 개선하여 데이터를 획득하도록 하였다. 이로 인해 배선에 유연성을 부여하고 향후 도래할 IoT에 대비하도록 하였다. 또한 난방 및 환기설비와의 부조화를 개선하였다.

(나) 동적 배양액 관리를 위한 최적 육묘방법 규명 실증 시험(1,500평) (작물생체정보 계측시스템 운영을 포함)

○ 실험장소 : 충남 천안시 서북구 성거읍 송남리, 실험용 플라스틱하우스 2개동

○ 공시품종: 예원 육묘장(예산)에서 과중한 데프니스(유럽계 일반토마토)

○ 실험처리: 40공 트레이에서 정식시까지 육묘한 것(T40, 08월), 40공에서 육묘하다가 간격 벌리기 한 것(T20, 09월), 암면큐브에서 육묘한 것으로 다른 처리구와 같은 날 정식한 것(YOU, 10월), 7일 뒤에 정식한 것(OLD, 07월) (각 처리구는 서로 다른 온실 2곳에서 실시되었으며, 온실별 3반복했음. 단, 배액특성은 온실별로 한 곳에서만 조사했음)

○ 조사 및 분석 항목: 식물생육지표(PDI), 경경, 개화화방위치, 개화수준, 개화속도, 신장속도, 기부직경, 화방간격, 화방당 착과 수, 초장, 수확량, 급배액의 양, pH, EC 및 dEC(배액 EC - 급액 EC)

(다) 결과 및 고찰

○ 식물생육지표: 가로축에 생장점에서 개화화방위치, 세로축에 경경을 표시함.

○ 수확량 : 온실의 측고가 4m인 경우 YOU, 6m인 경우 T20가 많았고, 두 온실 모두에서 OLD는 제일 낮았음.

○ 4m 온실의 YOU : 개화수준, 개화속도, 신장속도, 기부직경, 수확량에서 높은 값을 나타냄.

○ 6m 온실의 OLD : 개화화방위치, 개화속도, 경경, 수확량에서 대체로 낮은 값을 나타냄.

○ 공급EC는 아래와 같은 원칙에 의해 환경인자와 함께 동적으로 관리함. 공급EC는 점차 증가시켰으며 중반기 이후에는 일정하게 관리함. 배액 EC는 환경의 영향을 크게 받아서 일정 범위 안에 조절하기가 어려웠음. 초세에 따라 급액관리를 동적으로 변화시켰으나 성장상에는 환경인자가 더 크게 작용하는 것으로 나타났음. 배액 EC와 급액 EC의 차이인 델타 EC가 초세조절에 매우 중요한데, 1.5 ~ 4.5 정도의 범위에서 변화하였음. 급액관리에서 육묘 방법에 의한 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았음.

요인	영양 생장으로	생식 생장으로
광	-	많이
온도편차	작게	크게
공기습도	다습	건조
배양액 농도	낮게	높게
함수량	높게	낮게
1회 관수량	적게	많게
함수편차	작게	크게
급액지속시간	짧게	길게
급액빈도	자주	드문
일중급액개시시각	일찍	늦게
일중급액마감시각	늦게	일찍
측지제거	늦게	일찍
유인	느슨히	자주

- T-40보다는 T-20에서 생산량이 높은 경향을 나타냄. → 육묘 후기에 간격벌리기를 하는 것이 바람직함
- 암면육묘의 경우 OLD보다는 YOU에서 좋은 결과를 보였지만 한 개의 큐브 당 한 그루만을 식재하여 유인작업시 뿌리가 뽑히는 경우가 발생된 이유가 있었기 때문에 단순히 OLD가 나쁘다고 보기 어려움.
- 온실의 높이에 따른 일관된 결과가 나타나지 않는 등 재현실험이 필요한 것으로 사료 됨.
- 초세관리는 양액관리와 더불어 대단히 중요한 재배관리 중 하나인데 적과의 영향을 검토하여 복합적으로 토마토 생장을 분석할 필요가 대두되었음(Li, Tao등, 2015).
- 본 연구결과를 첨가하여 주관책임자인 엘림무역 소속 수출농가를 대상으로 타 연구진과 함께 컨설팅을 수행했으며, 차년도에는 생육지표를 보다 엄밀히 조절하기 위한 동적 급액관리를 하려고 함.

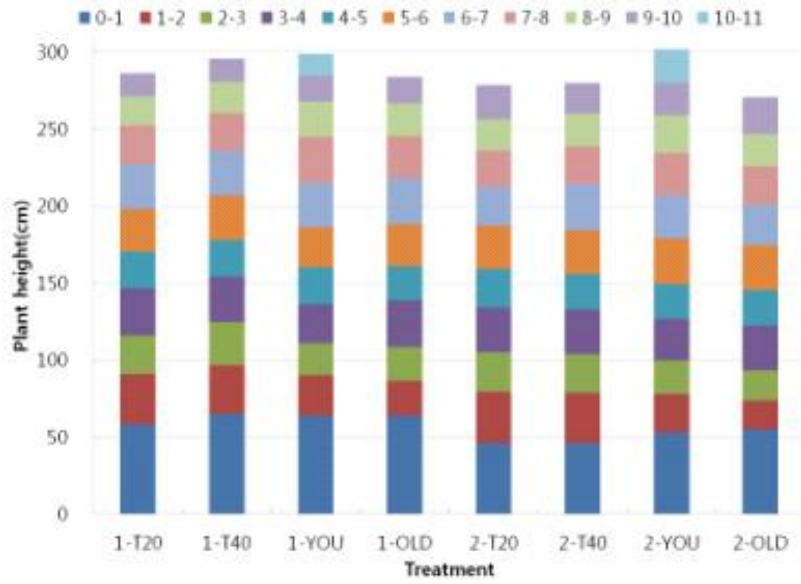


Fig. 2-1. Plant height. 1-2 means the distance between 1st and 2nd cluster.

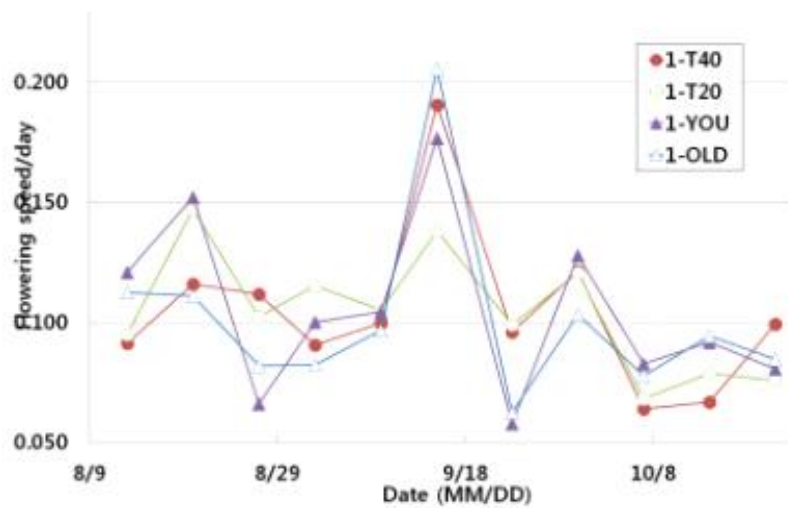


Fig. 2-2. Flowering speed (YOU). 0.1 means 1 out of 5 flowers was bloomed in a day.

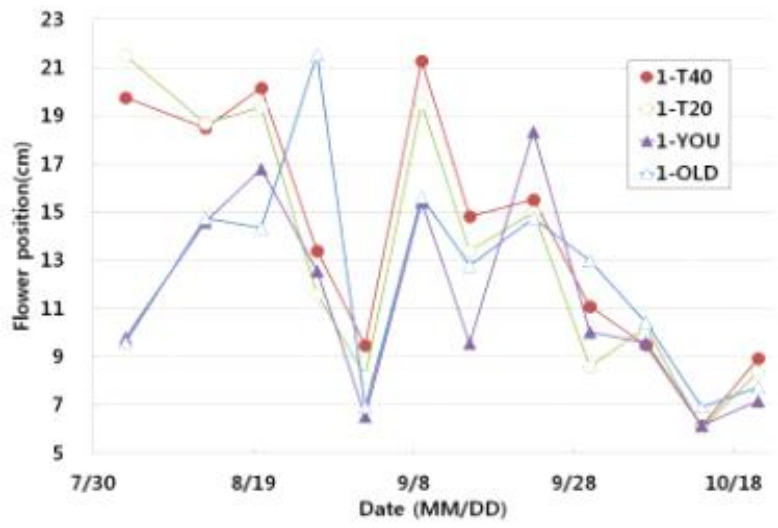


Fig. 2-3. Flowering position which is the distance between growing tip and flowering cluster

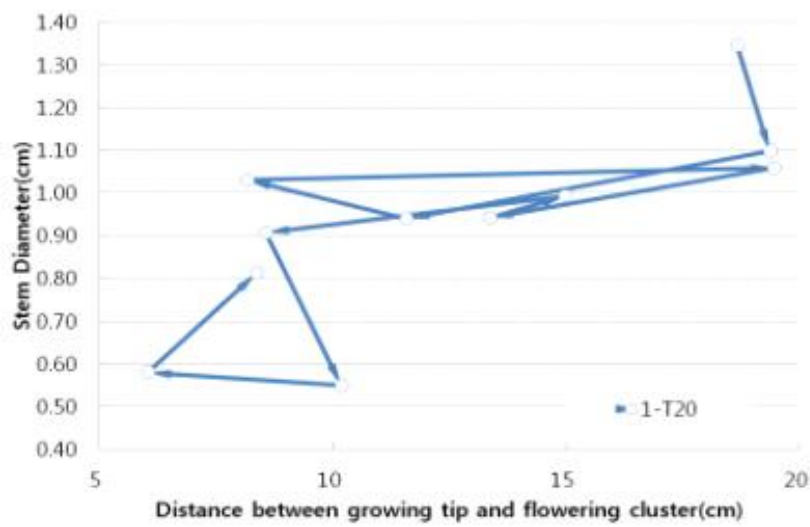


Fig. 2-4. Plant growth index

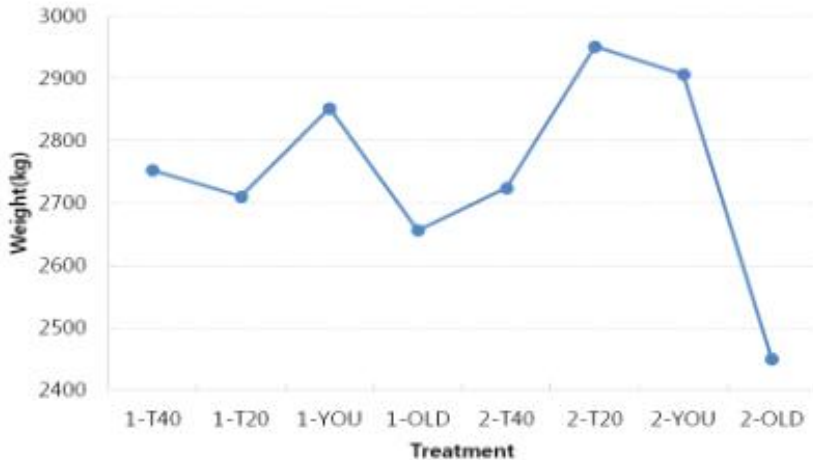


Fig. 2-5. Total production of Tomato fruits

(3) 3년차

(가) 수출용 토마토 상품성 향상 최적 급액관리 모델 체계화 및 확산

① 실험방법

접수로 데프니스, 대목으로 브랑코(육묘장: 예원육묘장)를 공시하여 2016. 8. 15(대목)~16(접수)일에 파종하고, 접목은 2016. 8. 31(162공 트레이)에 실시한 후 2016. 9. 13에 40공 트레이에서 20공 트레이로 간격벌리기를 한 후 2016. 9. 26에 정식하였다. 면적 2,160 m², 측고 6m, 벤로형 PO 온실에서 재배하였고, 일사량제어로 관수하였다. 관수시간대, 일회관수량, 적산일사량 등은 환경 및 생육단계에 따라 계속 변경하였다. 관수관리는 기본적으로 배액률, 배액의 EC 등에 준해서 조절하였다. 공시 배지는 칩과 더스트가 절반씩인 새 것을 사용하였다. 배양액은 PBG배양액을 변형하여 사용했다. 공급배양액의 EC의 영향을 조사하기 위해서 초기에는 2.2에서 시작하여 점차 높여 5.6까지 높였다가 다시 1.6~2.1 정도로 내려서 실험을 수행했다.

생육단계별 배양액조성은 아래와 같다.

생육단계	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
1화방 개화 이전	16.00	1.20	4.50	8.50	11.80	4.80	8.80
1화방 개화 이후	16.00	1.20	4.50	7.50	11.80	4.80	8.80
5화방 개화 이후	16.00	1.20	4.50	10.20	11.80	4.80	8.80
10화방 개화 이후	16.00	0.60	4.50	8.00	11.80	6.00	8.10
적심후	13.00	1.25	4.50	11.00	8.00	4.80	8.10

토마토 재배관리는 일반 상업용 장기재배와 유사하게 행해졌다. 행잉베드에 줄기내림식 방식으로 유인했으며 V자 유인하였다. 착과량은 초세와 성장상에 따라 매주 조절하였으며 하엽 제거는 수확 1~2주 이전에 행해졌다. 적심은 최종 화방 위에 있을 2매 남기고 실시했으며 화

방 위 밑 아래에서 각각 한 개씩 측지를 받고 각 측지에서 잎을 2장씩 키우고 최종 적심하였다.

② 결과 및 고찰

토마토의 성장속도는 공급배양액의 EC에 크게 의존하였다. Cornish(1992)는 영양소의 종류에 관계없이 EC가 높아짐에 따라 생산량이 감소하고 대신에 전가용성분(total soluble solids)이 증가됨을 보고하였고, Bustomi Rosadi등(2014)은 EC가 3까지는 농도가 증가함에 따라 생산량은 증대하고 그 이상에서는 감소하나 단, EC 5까지는 농도가 높을수록 가용성분이 증가하여 생산성 및 품질간의 선택이 필요함을 보고하였는데 본 실험에서도 생산량이 뚜렷하게 감소하였다. 또한 배꼽썩이가 3월 20일부터 발생하였으며 3월 27일경부터는 많이 발생하였다. 공급배양액의 EC를 다시 낮춘 결과 점차 과실의 크기가 커졌다. 배꼽썩이도 감소하여 4월6일경부터는 거의 발생하지 않았다. 본 실험에서는 급액 EC를 높인 후 90일 정도부터 배꼽썩이가 발생하는 것으로 나타났다. 배꼽썩이를 발생시키는 정확한 EC값을 알지는 못했으나, 이의 원인으로서는 뿌리의 수분흡수량 부족을 추측할 수 있다. 급액 EC의 효과는 탄산가스농도와도 관련이 있으므로 (Li 등, 1999) 근권 EC의 영향정도는 다양한 요인과 함께 검토해야 한다. 본 연구에서는 주로 배액 EC를 고려한 일사량제어를 했는데 Penman - Monteith model 및 배액 EC를 동시에 이용한 급액관리(Neto, Antonio José Steidle등, 2014)를 적용하여 광으로 해석하지 못하는 부분까지 적용시키는 연구가 추가되어야 할 것으로 사료됨.

○ 급액EC 변화

동적배양액관리를 위해 급액 EC에 변화를 크게 줘서 토마토가 허용할 수 있는 EC를 검토하고 그에 따른 성장반응을 보고자 하였다.

급액 EC 변화는 다음과 같았다.

- 2.2(10. 24~11. 27, 35일간)

→ 5.6까지 올림(11.28~3.12, 105일간)

→ 2.0(3.13~4.30, 49일간)

○ 급액과 배액의 EC차이(dEC)

동적배양액관리에서는 급액 EC의 변화 및 그에 따른 dEC가 매우 중요하므로 두가지를 모두 변형시키면서 성장반응을 보고자 하였다.

- 0.5(급액EC 2.2)

→ 7까지 증가(급액EC 증가)

→ 1.5 정도로 안정 (급액EC 2.0)

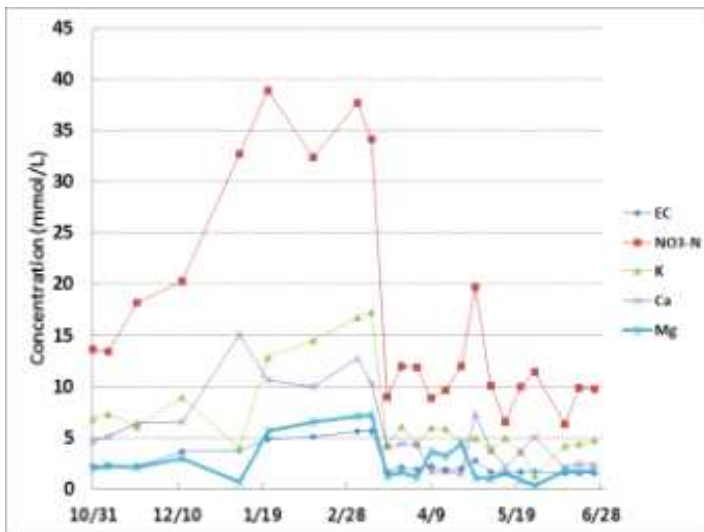


Fig. 3-1. Nutrient solution supplied in the experiment.

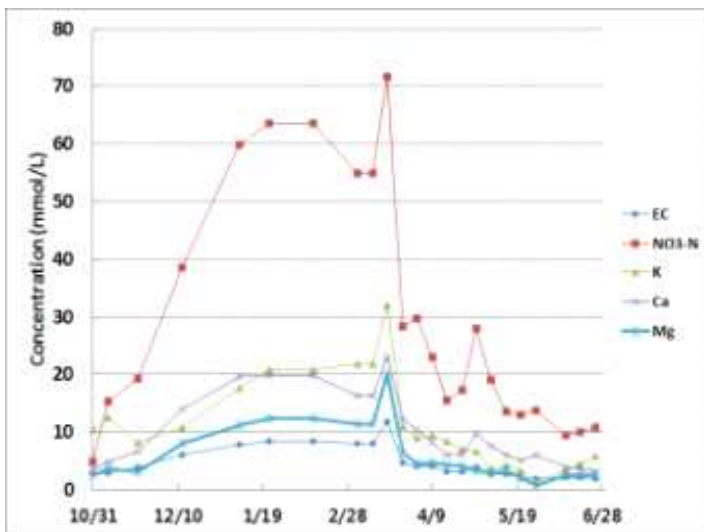


Fig. 3-2. Nutrient solution drained in the experiment.

○ 생육

- 경경, 신장속도

경경은 급액 EC가 증가할 경우 감소하는 경향을 보였으며, 급액 EC를 낮출 경우 초세가 회복되는 경향을 보였다. 급액 EC가 낮을 경우일수록 작물의 수분흡수력이 높아지고 이에 따라 체내 부피생장이 커진 것으로 사료된다. 단, 본 연구에서 설정한 급액 EC는 상당히 높았음에도 불구하고 급액 EC를 낮출 경우 완전히 회복되는 경향을 보임으로써 토마토의 EC 적응성은 대단히 높은 것으로 판단된다. 연구기간의 한정 때문에 다양한 동적 반응을 완전히 해석하기는 어려우나 기본적으로 배지 EC가 7 이하일 경우에는 상황에 따라 다양한 동적

관리가 가능한 것으로 나타났으며 고당도 토마토 혹은 물량 기준의 생산 방식 등 다양한 재배방식을 적용할 수 있는 것으로 나타났다.

- 개화속도

한 화방이 개화하는데 소요되는 일수는 7~15일 정도가 소요됐으며, 개화속도는 배양액과 관계없고 기온과 정비례하는 것으로 나타났다. 성장특성을 일주일에 한 번 측정했기 때문에 날짜에 따른 편차는 존재했으며 가장 일평균온도가 높았던 4월에는 대략 10일 정도 부근에서 개화속도가 일어났다. 본 연구에서는 19~20화방 정도까지 측정했으며 화방간 특이한 차이는 발견되지 않았다.

- 기부직경

기부직경은 꾸준히 증가하다가 정식 35일후 변화를 보이지 않았기 때문에 조사를 중단하였다. 초본성 식물의 특성상 생육초기에만 줄기는 부피생장을 하고 성장점 부근에서만 생장이 일어나는 특성을 보였다.

- 개화화방위치

성장점에서 개화화방까지의 거리를 의미하는 개화화방위치는 생육초기에는 25cm 이상으로 영양생장을 나타냈다. 그 이후 생장을 지속하면서 점차 성장점과 가까워지다가 일정하게 유지되었다. 이는 EC와 온도에 따라 성장상이 영양생장에서 생식생장으로 이행되어 가는 것을 의미한다.

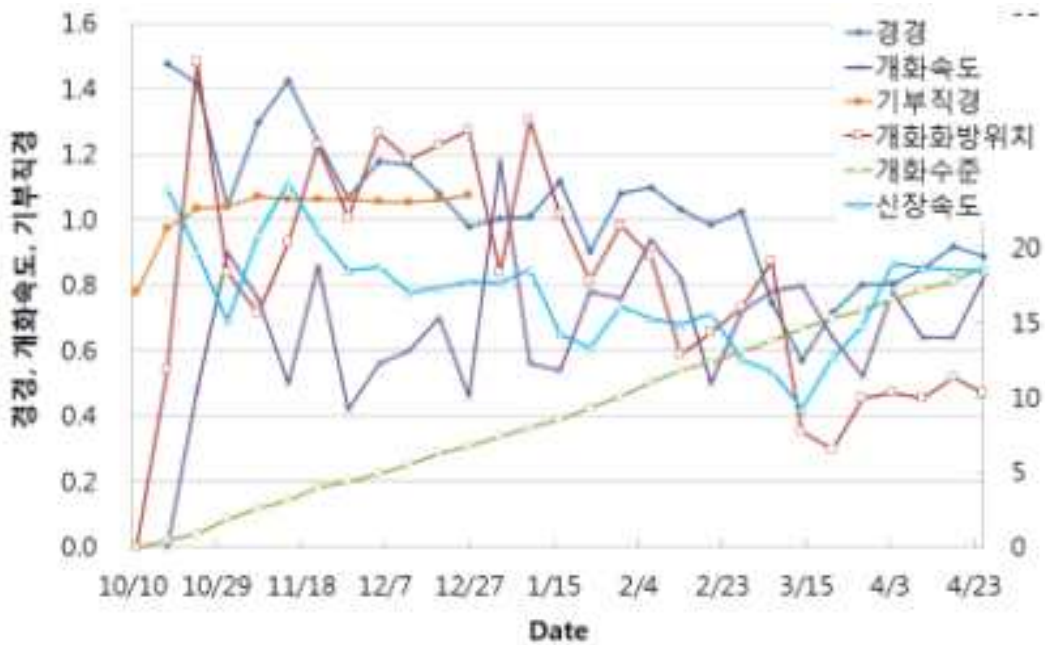


Fig. 3-3. Growth factors in the experiment

○ 식물 생육지표

- 식물생육지표는 성장점에서 개화화방까지의 거리 및 7일전 성장점 위치의 줄기직경을 매트릭스로 표시한 것으로 일반적으로 7일간격으로 조사하여 그 이후의 환경 및 배양액관리를 결정하는데 유용하게 사용하는 지표이다.
- 성장점에서 개화화방까지의 거리 및 7일전 성장점 위치의 줄기직경은 11.9/1.48(2016.10.18)에서 시작하여 20/1.0부근에서 움직이다가 7.7/0.57까지 초세가 약해졌다가 급액EC를 2.0으로 내린 후 점차 초세가 강해지고 성장상 균형으로 이행하였다.
- 식물생육지표는 일반적인 상품과를 생산하고자 할 경우에는 일정 범위 안에서 관리를 하도록 하고 특수한 경우, 즉 고당도 토마토를 생산한다거나 일정 시기의 다수확을 목표로 한다거나 하는 경우에는 인위적으로 일반적인 범위를 벗어나게 관리를 할 수 있는데 본 연구에서와 같은 고농도와 저농도를 번갈아 재배하는 경우에도 식물생육지표를 일정 범위 안에서 관리할 수 있음을 알 수 있다.

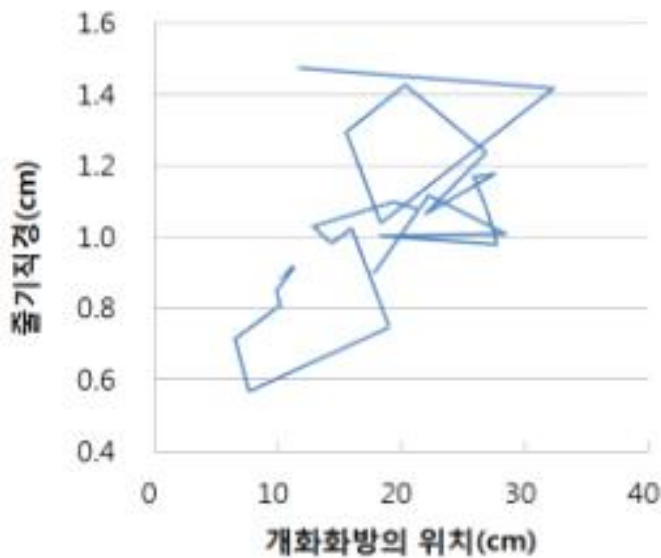


Fig. 3-4. Matrix graph with the distance of flowering cluster from the top and stem diameter in the experiment

○ 생산특성

- 등급기준

생산에 적용한 과실의 등급기준은 다음과 같았다.

1번 ~250, 2번 ~200, 3번 ~150, 4번 ~100g (100g미만 및 250g 이상은 비상품과)

- 생산량

생산량은 근권 EC를 7까지 높였을 경우에는 고농도 장애로 저조하다가 통상관리로 변경할 경우 회복되는 결과를 보였다.

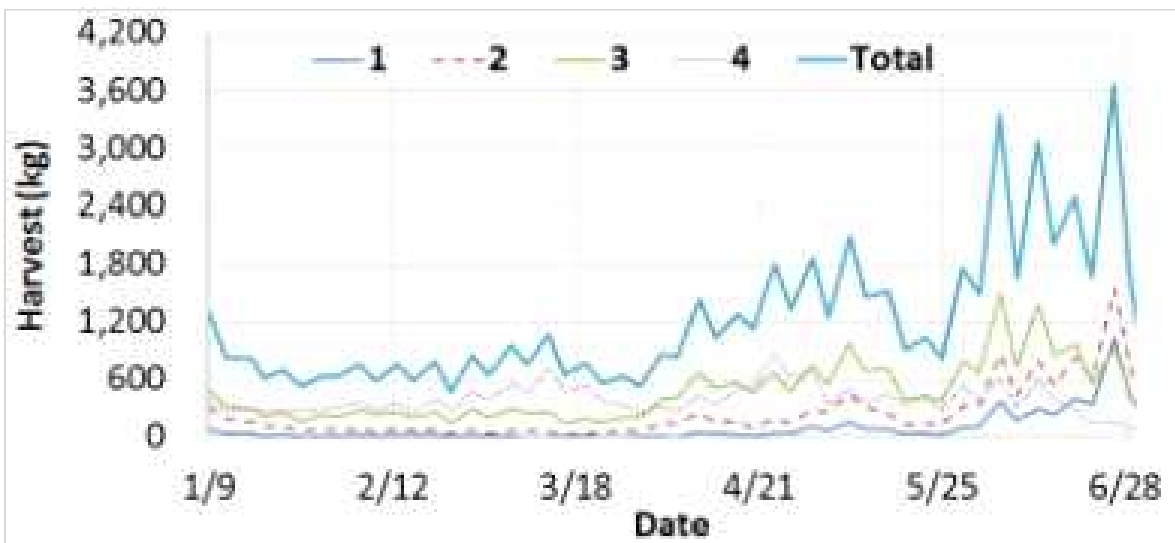


Fig. 3-5. Harvest(kg) with grades in the experiment.

- 등급

생산량 중에서 상품등급은 고농도일 경우 작은 과실의 비율이 높았으나 EC 2.0으로 공급한 후 4번의 비율이 감소하고 큰 과실의 비율이 많아졌다. 즉 근권EC가 높으면 물 흡수가 방해되어 과실이 적으며 근권 EC가 낮아지면 물 흡수가 다시 많아져서 95% 이상이 물로 이루어져있는 과실의 비대가 촉진되어 과실이 커지는 결과로 이어졌다.

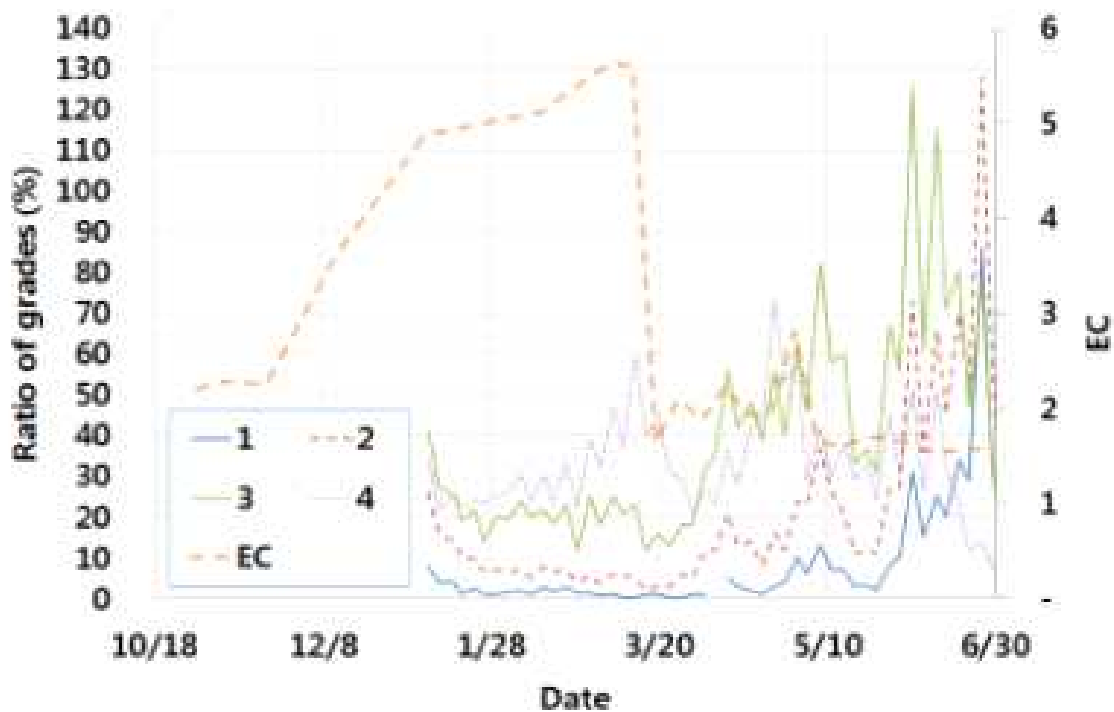


Fig. 3-6. EC supplied and ratio of grades in the experiment

- 생리장애

배꼽썩이가 근권 EC가 높았던 3월 20일부터 발생했다가 다시 근권 EC를 낮춘 4월6일경부터는 거의 발생하지 않았다(Data not shown). 배꼽썩이는 대표적인 수분부족현상인데 근권 EC가 낮으며 수분부족현상과 같은 결과를 초래하는 것을 입증하였다.

③ 수출농가 현장 적용

○ 본 연구결과를 토대로 작성한 종합 금액관리 기술을 수출농가 교육에 반영하여 확산을 꾀했다.

○ 대상수출농가: 춘천(4개소), 홍성(1개소), 논산(2개소) 등

○ 토마토수출선도조직에 대해 생산자 및 수출에 관한 자문을 행했다.

○ 토마토수출은 최초로 2017년도 전반기에 5백만불을 돌파했다. 컨설팅을 행했던 홍성농가(면적: 3ha)의 수출참여가 크게 기여했다.

(단위: 톤, 천달러, %)

구분	2015년(1~6월)		2016년(1~6월)		2017년(1~6월)	
	수출량	수출액	수출량	수출액	수출량	수출액
전체(A)	1,781	4,590	1,685	4,567	1,893	5,016

※ 출처: 농수산물무역정보

※본 매뉴얼은 토마토 수출에 기여하는 수경재배농가를 위해 제작되었으며, 농기평의 지원에 의해 수행되었음.

배지내 EC의 변화 및 조절

■ 재배중 배양액농도의 변화

일반적으로 배지내 EC는 함수율에 따라 변하는데, 즉 양액이 공급되기 직전이 가장 높고, 배액이 시작되면서 서서히 떨어진다.

광량이 많은 날에 급액량이 적으면 EC는 높아지기 쉽고, 건조한 배지는 급액 후 빠르게 EC가 떨어질 수 있다.

일반적으로 EC가 하루에 1.0 이상으로 급변하면 흡수 저해가 발생할 수 있으므로 급액량, 급액주기, 급액시간대 등을 개선해야 한다.

■ 재배중 배양액농도 조절에 대한 기준

배양액농도는 품종, 생육단계, 생육상태, 환경(온도, 광도) 등에 맞추어 조절해야 한다.

배지 내 농도에서 공급 농도를 뺀 차이(델타EC라고 함)를 1~1.5로 한다. 단, 생육초기에는 델타EC가 작으므로 무리하게 델타EC를 1~1.5로 하지 않는다.

※ 공급농도가 2.0이라면

배지 내 농도가 3.0~3.5라야 한다.

배지 내 농도가 2.5라면 급액량이 많거나, 식물이 물보다 양분을 많이 흡수하는 상태이므로 조절해야 한다.

반대로 배지 내 농도가 3.5보다 높으면 급액량이 너무 적거나, 식물이 양분보다 물을 지나치게 많이 흡수하는 상태이므로 조절해야 한다.

■ 성장상태에 따른 배양액 조절의 기본

배양액 농도는 기본적으로 식물상태를 보아가면서 조절한다.

토마토는 아침에 성장점 부위의 작은 잎들이 기부 측에 노란색을 띄어야 하며, 그보다 아래 잎들은 펼쳐져 있어야 한다.

성장점의 세력으로 비료농도가 적절한지를 판단한다. 성장점 부근의 미전개엽의 직립 각도가 45도 정도이며, 옅은 색인 것이 기준이며, 이보다 누웠거나 짙은 색이면 비료과다이므로 농도를 낮춘다.

배지내 EC를 조절하여 작물의 생육을 어느 정도 조절할 수 있다. EC가 높을 경우 작물은 생식 생장으로, 낮을 경우 영양생장으로 유도된다.

작물의 생육이 지나치게 약할 경우
EC를 조금 낮게 관리한다.
수분 흡수량이 많아져서 생육이 회복된다.

작물의 생육이 지나치게 강할 경우
EC를 조금 높게 관리한다.
수분 흡수량이 적어져서 생육이 억제된다.

■ 배양액 조절의 방법

배지내 농도가 목표치보다 낮은 경우
정식후 종종 배지내 EC농도가 공급농도보다 낮아지는 경우가 발생한다.
작물이 물보다 양분을 더 많이 흡수할 경우에 생긴다. 주로 재배 초기에 이런 현상이 발생한다. 이 때 엽색이 옅을 수도 있다.
이때는 공급 EC를 높여서 배지내 EC가 공급농도보다 낮아지지 않도록 한다.
배액량을 줄이는 것이 좋다.

배지내 농도가 목표치보다 높은 경우
배지내 EC가 목표치보다 높을 경우, 이를 낮추기 위해서 맹물 또는 지나치게 낮은 농도의 양액을 공급하지 않도록 한다.
배지내 EC를 낮추기 위해서는 공급 EC를 낮추기보다는 한 낮의 배액량을 늘리는 것이 작물의 생육에 좋다.

■ 배양액 조절시 주의사항

EC를 급격히 변화시키면 장애가 발생하므로 한 번에 0.2 이내에서 조절한다.
양액농도를 급격히 높였을 때에는 급액량도 서서히 줄여 주는 것이 유리하다. 이 경우에는 흡수 스트레스에 의하여 영양성장속도를 상당기간 제한시킬 수 있기 때문에 그에 따른 생리장애 대책(양액을 이용한 엽면시비, 적은 및 적습관리 등)을 강구해야 한다.
EC 농도를 낮출 때에는 급액량도 서서히 늘려주는 것이 바람직하다. 이 경우에는 반대로 양액의 흡수량이 증가하면서 영양성장속도가 빨라질 수 있다.
양액농도의 급변에 따른 급액량의 적정관리, 시설 환경관리, 초세관리의 적정화가 반드시 고려되어야 한다.
양액농도를 급변시킴으로써 흡수 스트레스 또는 축진을 통하여 작물의 엽면적이나 초세조절이 가능하다.

배지내 pH의 변화 및 조절

■ 배양액의 pH 변화

pH는 다양한 원인에 의해 재배기간 중 변화한다.

○ 배양액의 조성 및 농도가 작물이 흡수하는 조성 및 농도와 다를 경우

예를 들어 일본 원시 처방을 배양액으로 할 경우, 토마토, 가지, 피망, 상추 등은 박과 식물인 오이, 멜론, 호박, 수박 등에 비하여 pH가 높아지기 쉽다. 그 이유는 이 배양액이 박과 식물의 흡수 특성과는 일치가 잘 되는 반면, 다른 작물들은 양이온인 Ca이나 Mg보다도 음이온인 질산이나 인산을 K와 함께 많이 흡수하기 때문에 pH가 높아지는 것이다.

질소원으로 질산염대신에 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 와 같은 암모늄염을 다량 사용하면 작물에 따라 다르기는 하지만 암모늄을 다량 흡수하기 때문에 pH가 낮아진다.

○ 용수에 의한 변화

용수의 pH가 높으면 Ca이나 Mg이 많이 존재하는 것을 의미한다.

○ 환경에 의한 변화

각 영양소의 흡수는 적극적 흡수(N, P, K)와 소극적 흡수(Ca, Mg)로 나눌 수 있다.

적극적으로 흡수되는 이온은 고온 고광도 일수록 흡수가 많아서 pH가 높아지기 쉽고, 저온 저광도 일수록 흡수가 적어져서 pH가 낮아진다.

소극적으로 흡수되는 이온은 크게 차이가 없다.

○ 뿌리 분비물에 의한 변화

뿌리에서 배출되는 유기산, 아미노산과 호흡에 의해 방출되는 $\text{CO}_2(\text{H}_2\text{CO}_3^-)$ 가 배양액의 pH를 저하시킨다.

실제로 이 현상은 통기가 나쁠 경우가 아니면 잘 나타나지 않는다.

○ 작물에 따른 변화

작물은 고유의 흡수 특성을 가지는데, 음이온보다 양이온을 많이 흡수하는 작물은 배양액의 pH를 낮춘다.

○ 생육 단계에 따른 변화

영양 생장기에는 질산태 질소의 흡수가 왕성하여 pH가 올라가며, 과실비대기에는 칼륨의 흡수가 왕성하여 pH가 내려간다.

토마토는 제3화방 착과기까지(약 7주간)는 음이온인 질산태 질소나 인산의 흡수가 많아서 배지 내 pH가 높아지기 쉽다.

이 시기에는 암모니아태 질소를 상대적으로 많이 사용한다. 암모니아태 질소의 비율은 배액의 pH를 조사하여 정한다.

급액 pH를 5.2~5.5로 하여 배지내 pH를 5.8~6.0 정도로 관리한다.

제3화방 착과기 이후부터는 pH가 떨어진다.

암모니아태 질소를 줄인다. 단, 이러한 변화는 배액의 pH를 조사하여 결정한다.

급액 pH를 5.8정도로 하여 배지내 pH를 5.8~6.0 정도로 관리한다.

○ 배지에 따른 변화

고형배지경에서는 배지의 성질에 의해 pH가 변화하는데, 암면과 유기배지는 알칼리성이며, 코이어와 PUR은 약산성을 나타내므로 배지에 따라 배양액의 pH를 달리하여 조제해야 한다. 또한, 배지경에서는 pH의 기준을 배지에 맞추어야 한다.

■ 배양액의 pH 조절

○ 배양액 pH 조절의 기본 원리

배양액의 pH 조절은 고형배지경의 경우 배지내의 pH 값을 기준으로 한다. 배지의 pH를 측정하기 곤란할 때에는 배액의 pH를 참고로 한다.

배지내 pH가 적정 수준을 벗어날 경우에는 조정해야 한다. 단, 배양액의 pH가 적정 범위를 벗어나더라도 적정 범위로 유지되기 어려운 상황에서는 무리하게 적정 범위로 조절하면 오히려 작물에 해롭다. 즉, 산도조정액의 과다 공급으로 EC가 높아지거나, 영양소간의 불균형이 발생할 수 있다. 이 경우에는 장기간 유지될 수 있는 정도로만 조절하고, 근본적인 처방을 고려한다.

작물 생육의 균형이 깨질 수 있으므로 물 또는 양액으로 씻어내지 않는다.

○ 배양액 pH 조절 방법의 우선순위

1. 배지내 pH가 낮을 때

암모니아태 질소(NH₄⁺)를 줄이고 질산태를 늘려서 공급한다.

원수의 HCO₃⁻ 함량을 확인한 후 중탄산이온의 함량이 25ppm 이하일 경우에는 중탄산가리(KHCO₃)를 첨가한다.

KOH(수산화칼륨)와 같은 알칼리를 첨가한다.

pH가 계속 낮아지는 경우, 용수로 빗물을 사용한 경우에는 수돗물이나 지하수를 사용하는 방법도 고려한다.

급액 pH가 낮아질 경우에는 양액농도 설정치를 약간 높이면 쉽게 해결되는 경우가 있다.

2. 배지내 pH가 높을 때

양액 조성시 NH₄⁺의 함량을 높인다. 4수염 질산칼슘을 사용하고 있다면 10수염(암모니아태가 있음)으로 바꿔서 공급한다.

pH가 계속 상승하는 경우에는 질소원으로 질산암모늄(NH₄NO₃)을 사용하는 것도 한 방법이 된다.

황산암모늄을 이용하여 pH를 조절할 수 있다. 암모니아를 우선적으로 흡수하는 작물(상추, 딸기 등)에서는 적은 양으로도 pH를 저하시킬 수 있다. 이에 반하여 시금치, 순무와 같이 질산태 질소를 우선적으로 흡수하는 작물에서는 NO₃-N와 NH₄-N의 비율을 8:2~6:4 정도로 높여서 소기의 성과를 얻을 수 있다.

암모니아태 질소가 많으면 장애가 발생하므로 질산태 질소의 10%를 넘지 않도록 주의한다.

산용액(질산, 황산, 인산 등)을 사용한다. 산을 사용해서 pH를 조절하게 되면 질소, 인, 황 등의 양분도 첨가되어 배양액의 조성이 달라지므로 양액 조제시 이를 고려해야 한다. 또한 질

은 황산과 인산은 다른 양분을 불용화 시킬 수 있으므로 주의한다.

○ pH에 따른 질소비료의 선택 방법

pH에 따라 질소비료의 종류를 변화시키는 것이 바람직하다.

근권내의 pH가 7.0 이상인 경우에는 암모니아내 질소(NH₄)를 포함하고 있는 10수염 질산칼슘이나 황산암모늄[(NH₄)₂SO₄]을 사용하고, pH 6.0~7.0에서는 NH₄NO₃을 사용한다. pH가 5.0 이하인 경우에는 NH₄-N의 사용을 줄이고, 4수염(암모니아태가 없음)으로 바뀌어서 공급한다.

○ 배지별 pH의 조절 특성

배양액의 pH를 조절하는 것은 배지 종류별 화학적 특성에 따라 다르다.

암면, 훈탄, 목탄과 같이 알칼리성 배지이면서 공급되는 배양액의 pH에 의해서 배지 내 pH 변화가 큰 경우에는 급액할 때 적정 pH 범위를 5.2~5.7 (최적 수준 pH 5.5)로 하는 것이 배지 내의 pH를 5.5~6.0 수준으로 유지할 수 있어 좋다.

피트모스 및 수피와 같은 강산성이면서 급액되는 배양액의 pH에 의해 배지 내 pH 변화가 적은 경우에는 배지 자체를 석회 등을 이용하여 pH 6.0 수준으로 교정하든지, pH 6.0 수준의 배양액으로 포수시킨 다음, 급액하는 배양액의 pH를 5.8~6.5 (최적 수준 pH 6.0)로 하는 것이 좋다.

펠라이트, 질석, 하이드로볼, 폴리페놀수지와 같은 중성 및 약산성 배지는 공급되는 배양액의 pH에 의해 영향을 받고, 배지 자체가 적정 수준에 가까운 pH를 갖고 있으므로, 배양액의 적정 pH 범위는 5.5~6.0(최적 수준 5.8 정도)으로 하여 급액하는 것이 바람직하다.

○ 산조정액에 의한 pH 조절시 주의사항

pH 조정액이 식물에 해를 입히는 경우가 있으므로 배양액을 조제할 때 조성을 알맞게 하고 조제한 배양액이 원하는 것과 극단적으로 다르지 않을 때에는 교정하지 않는 것이 좋다.

pH를 교정할 경우에 배지나 베드에 필요한 양을 갑자기 섞으면 산도 조정액이 확산되어 가는 과정에서 산알칼리에 의한 피해(침전 등)가 나타나므로, 탱크에 조금씩 섞어서 산도조정액이 직접 식물에 해를 입히지 않도록 해야 한다.

배양액조성의 기준

■ 배양액조성의 조건

배양액 조성이 적절하지 못하면 배양액 관리가 어렵고 생산성과 품질도 나쁘다. 생리적 장애가 나타나고 배양액을 자주 갈아 주어야 하므로 배양액의 소모도 많아진다.

수경재배에서 이용하는 배양액은 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

필수 무기 양분을 함유할 것.

뿌리에서 흡수하기 쉬운 형태로 물에 용해된 이온 상태일 것.
 각각의 이온이 적당한 농도로 용해되어 총이온 농도가 적절할 것.
 작물에 유해한 이온을 함유하지 않을 것.
 용액 pH 범위가 5.5~6.5 범위에 있을 것.
 가격이 경제적인 것.
 재배 기간이 계속되어도 농도, 무기원소간의 비율 및 pH 변화가 적을 것.
 생산량이 많을 것.
 수확물의 품질이 좋을 것.
 비료의 소모량이 적을 것.

■ 배양액조성의 선택

양액의 조성은 작물의 종류, 연구기관, 작물의 생육단계 등에 따라 다르다.
 성공적인 수경재배를 위해서는 재배자가 자신의 작물과 환경에 맞는 양액의 조성을 선택하고 작물의 생육과 양액 분석을 통해 나타난 자신의 작물의 상태에 알맞도록 양액을 제조하여야 한다. 따라서 양액을 재배자 스스로 분석하고 계산하는 것은 중요한 일이다. 그러나 이러한 계산방법이 약간 복잡하기 때문에 대부분의 농가에서는 이를 도외시 하고 재배에 임하는 경우가 많다.

■ 배양액조성에 대한 기본

공급되는 양액 성분의 양이 흡수되는 양보다 높아야 한다. 즉, 배지내 양액의 농도가 공급되는 양액의 농도보다 높아야 한다.
 배지분석후 이를 고려하여 보정하거나, 양분 결핍 등으로 인하여 새로이 조성한 양액은 절대로 2주 이상 사용해서는 안 된다. 새로이 조성된 양액은 배지내 적당하지 못한 양액을 교정하기 위해 사용된 양액이기 때문에 계속 사용할 경우 배지내가 기존의 상태와 반대로 양액을 함유 할 수 있기 때문이다. 따라서 2주후에는 배지내 양액을 다시 분석한 후 이를 고려하여 양액을 제조하거나 분석이 여의치 못하면 표준 양액을 공급하여야 한다.

■ 배양액조성의 기준

다량 양이온 영양소의 농도를 높일 때에는 같은 비율로 높여야 하며, 황산염을 사용한다(황산칼륨, 황산마그네슘 등).

겨울 동안에는 암모니아태 질소를 사용하지 않는 것이 좋다.

겨울이 아닐 때에는 암모니아태 질소를 사용하지만, 전체 질소의 10% 정도 이하로만 사용한다.

다량 원소 간의 성분비(당량수로 표기할 경우)

N는 K 및 Ca의 합과 같다($N\text{농도} = K\text{농도} + Ca\text{농도}$).

K는 Ca와 같다($K\text{농도} = Ca\text{농도}$).

P는 Mg와 같다($P\text{농도} = Mg\text{농도}$).

N은 P보다 3~4배 많다.

다량 원소 간의 무게비(ppm으로 표기할 경우)

K:N 비율 (성분의 무게비): 봄 1.4:1, 여름 1.8:1

Ca:Mg의 비율(성분의 무게비): 3~5:1 범위. 이 범위를 벗어나면 적은 것의 결핍증이 발생할 수 있다.

인산의 인: 40~50ppm 범위.

칼륨과 칼슘이 많으면 저장성이 좋아진다.

■ 양분의 상하한

배양액에서 각 양분의 허용 하한 및 상한은 다음과 같다.

단, 조건에 따라 적정량이 달라진다.

< 다량원소 >

양분	NO ₃ ⁻ N	PO ₄ ⁻ P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻ S
원자량	14	31	39.1	40.1	24.3	32.1
원자가	1	3	1	2	2	2
몰수	15	1.25	8.75	4.25	2	3.75
당량수	15	3.75	8.75	8.5	4	7.5
무게 (mg/L)	210	38.75	342.1	170.4	48.6	120.4
몰비	7.5	0.6	4.4	2.1	1	1.9
당량비	3.8	0.9	2.2	2.1	1	1.9
무게비	4.3	0.8	7	3.5	1	2.5
상한 (mg/L)	350	93	547	561	145	241
하한 (mg/L)	182	15.5	196	200	60.8	112.4

※ 양분비는 Mg을 기준으로 계산함.

< 미량원소 >

양분	원자량	원자가	적정	하한	상한
			mg/L	mg/L	mg/L
Fe	55.9		0.84	0.5	3.0
Mn	54.9		0.55	0.1	1.0
B	10.8		0.32	0.1	0.3
Zn	65.4		0.33	0.01	0.10
Cu	63.50		0.048	0.001	0.010

Mo	95.90	0.048	0.01	0.10
Cl	35.5	30	0	140
Na	23	30	0	50
HCO3	61.0	50	30	70

■ 배지에 따른 배양액조성의 차이

○ 코이어 배지

코이어 배지로부터 K, Na, Cl 등이 많이 나올 염려가 크므로 다른 배지에서 보다 K를 적게 주고, Ca를 많이 준다.

코이어 재배에서는 코이어가 철을 흡착하므로 철이 결핍되기 쉽다. 따라서 암면이나 펄라이트 배지에서보다 철을 더 많이 준다. 2배 정도를 준다.

■ 응급조치

특정 영양소의 결핍증상이 나타났을 경우에는 필요한 비료를 녹인 후 혼합통이나 용수통에 직접 넣어 1회 공급한다.

증상의 변화를 살펴보고 추가 공급 여부를 결정한다.

배양액 조성의 조절 방법

■ 배양액조성의 조절의 중요성

재배가가 수정재배를 할 경우의 배양액 관리로는, EC를 측정해 놓은 농도보다 부족하면 일정치가 되도록 처음에 설정해 놓은 이온간 비율로 부족한 만큼 비료를 보충하는 방법이 있다. 그리고 배양액 중의 NO3-N 농도를 분석하여 부족분만큼 보충하는데 다른 원소들을 같은 비율로 주는 방법 등이 있다. 이 방법들은 모든 작물의 이온 흡수 비율이 재배도중에 변하지 않는다는 가정 아래 행해진다. 그러므로 이온간의 흡수 비율이 배양액 조성 비율과 다를 경우에는 시간이 경과함에 따라 이온간의 균형이 달라진다. 때문에 어떤 식물이라도 재배 중에 몇 번인가는 배양액의 조성을 바꾸는 것이 보통이다.

성공적인 수정재배에 가장 중요한 것은 정기적으로 배지내 양액을 분석하여 양액을 항상 적정한 상태로 유지시키는 것이다.

관리 하고자 하는 한계치를 벗어 날 경우 공급양액의 조성을 교정하여 공급하여야 한다.

■ 배양액 조성을 바꿀 경우 비료 선택 방법

배양액의 조성을 바꿀 경우, 많은 비료 중에서 어떤 비료를 선택하여야 할 것인가는 잘 고려해야 한다.

비료는 한 가지 원소를 변화시키고자 하면 다른 원소도 자연히 변화한다. 즉 개개의 원소는 여러 비료에 포함되어 있어 특정 원소의 농도를 변화시키고자 할 경우에 고려해야 할 비료가 여러 가지 있다는 것이다

■ 배양액조성의 조절 방법 (네덜란드 PBG배양액의 경우)

표 1, 2, 3을 이용하여 배지내 양액을 적절하게 조절할 수 있다.

표 1은 네덜란드 PBG배양액의 표준양액 조성 및 근권의 양분 성분을 나타낸 것이다. 근권 농도는 목표치에 있을 때 가장 좋은 조건이다. 따라서 이 값들을 조절의 목표치로 한다.

< 표 1. 네덜란드 PBG배양액(토마토)의 표준양액 및 근권의 양분 성분 >

(단위: mmol/L)

구 분	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	
공급 양액	1.25	8.75	4.25	2.0	13.75	3.75	1.25	
근	목표치	< 0.5	7.0	7.0	3.5	17.0	5.0	0.7
	상한치	< 2.0	14.0	14.0	6.0	25.0	7.5	3.0
권	하한치	-	5.0	5.0	2.5	13.0	3.5	0.5

표 2는 토마토 근권의 양분 성분을 5단계로 분류한 것이다. 1단계는 양분이 매우 적은 경우이며, 3단계는 적정 단계, 5단계는 매우 많은 경우이다.

< 표 2. 토마토 근권의 양분 농도에 따른 단계 >

(단위: mmol/L)

단계	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
1	< 4.0	< 4.0		< 10.5		
2	4.0~4.9	4.0~4.9	< 2.5	10.6~12.9	< 3.5	< 0.5
3	5.0~8.0	5.0~8.0	2.5~4.5	13.0~21.0	3.5~6.5	0.5~1.5
4	8.1~11.0	8.1~11.0	> 4.5	21.1~23.5	> 6.5	> 1.5
5	> 11.0	> 11.0		> 23.5		

표 3은 토마토의 양액 조정 코드이다. 양분이 표 2의 1단계와 같은 농도를 나타낼 경우에는 표 3의 1단계에서 제시된 양만큼을 첨가해주면 된다.

< 표 3. 토마토의 양액 조정 코드 >

(mmol/L)

단계	가감	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
1	+	3.0	1.5		3.0		
2	+	1.5	0.75	0.5	1.5	0.5	0.25
3	0	0	0	0	0	0	0
4	-	1.5	0.75	0.25	1.5	1.0	0.25
5	-	3.0	1.5		3.0		

○ 사용법

근권의 칼슘농도가 4.2라면 표 2에서 2단계에 있으므로 표 3을 이용하여 0.75를 더 첨가해주면 된다. 원래 공급 양액이 표 1에서와 같이 4.25였으므로 “5.0”만큼의 농도로 공급한다. 근권의 칼슘농도가 6.2라면 표 2에서 3단계에 있으므로 표 3에서 보는 바와 같이 공급양액을 조정할 필요가 없다.

근권의 칼슘농도가 12.4라면 표 2에서 5단계에 있으므로 표 3에서와 같이 1.5를 감소시킨 2.75로 공급양액을 공급해야 한다.

■ 배양액 조성의 조절 (실례)

실례로 토마토의 배지내 양액을 분석한 결과 표 4와 같은 결과를 얻었다고 하자.

< 표 4. 배지내 양액 분석 예 >

(단위: mmol/L)

구 분	NH ₄ ⁺	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
분석치	0.3	9.0	4.5	3.0	12.0	7.0	2.5
단계	3	4	2	3	2	4	4

각 양분의 값은 표 3을 참고하면 단계를 알 수 있다. 3단계가 아닌 양분은 배지 내 관리 한 계치를 벗어났으므로 표 3과 같이 되도록 성분을 교정해야 한다.

< 표 5. 토마토 표준양액 및 교정 후 양액 성분 >

(단위: mmol/L)

구 분	NH ₄ ⁺	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
표준양액	1.25	8.75	4.25	2.0	13.75	3.75	1.25
교정농도	0	-1.5	+0.75	0	+1.5	-1.0	-0.25
교정후 농도	1.25	7.25	5.0	2.0	15.25	2.75	1.0

표 5에서 “표준양액”은 표준공급농도(표 1)이며, “교정농도”는 표 3에서 추천하는 단계별 교정농도이다.

“교정후 농도”는 “표준농도”를 “교정농도”만큼 교정하여 새로이 공급양액을 계산한 결과이

다. 이 처럼 교정된 배양액을 공급하며, 다음에 조사했을 때 농도에 따라 다시 조정을 하게 된다.

일중 급액관리 3단계

■ 일중 급액관리의 기본

일중 급액관리는 3단계로 나누어 조절한다.

1단계: 양액 공급 개시~배액 시작전

2단계: 배액 시작~급액 종료

3단계: 급액종료후~다음날 양액 공급 개시전

각 단계의 시각은 상황에 따라 약간씩 달라진다.

■ 일중 배지내 함수율 3단계

○ 1단계(양액 공급개시~배액 시작)

배지내 함수율 및 EC 변화

양액 공급에 따라 배지내 함수율은 증가하며, EC도 서서히 증가하게 된다(배액은 없고 양분보다 물을 상대적으로 많이 흡수하므로 EC는 높아짐).

배지내 함수율과 EC변화는 배지가 건조할 때보다 수분이 많을 때에 적게 나타난다.

배액이 너무 늦게 시작되면 배지내 EC는 더 증가하게 된다. 특히 일사량이 많으면 상대적으로 증산량도 공급되는 양보다 많아지기 때문에 배지내 EC가 많이 올라간다.

1단계 양액 급액은 배지내 함수율과 EC에 커다란 영향을 미치므로 보다 세심한 관리가 이루어 져야 한다.

2. 급액개시시각 설정

작물이 증산을 시작한 후. 일반적으로 일출 후 2시간 전후이며, 광량을 고려하여 설정한다.

너무 일찍 급액하면 근압은 높아지고 증산은 적어서 배양액이 과실로 많이 가서 열과가 발생한다.

맑은 날에는 일출 1:30(봄, 여름)~2시간(가을, 겨울) 후에 시작하는 것을 기준으로 한다.

광량센서를 사용하는 경우에는 순간광량이 150~200W/m² 혹은 누적광량이 100J/cm²이 될 때부터 급액한다.

일출시각과 일몰시각을 고려하여 급액개시시각을 조절하는데, 일반적으로 주 1회는 5~10분 간격으로 조절한다.

온도가 낮을수록 늦게 급액을 개시한다.

흐린 날은 흐린 정도에 따라 더 늦게 급액을 개시한다.

오후에 다음 날의 일기예보를 고려하여 다음 날 급액관리 계획을 세운다.

3. 다음 관수시각

첫 관수후 배지내 함수율이 1~2% 떨어진 후 (그림의 적색원 참조)

일사제어의 경우 J당 2.5mL 공급을 기준으로 함.

배액 이후보다는 다량소회 관수(배지를 씻기 위해서)

○ 2단계(배액 시작~급액 종료)

1. 배지내 함수율 및 EC 변화

배액이 시작되도 배지 EC는 약간 올라가다가 배액율이 20% 정도가 되면 함수율이 일정 수준으로 유지되는 기간

배지의 EC가 높을 경우에는 낮 동안의 급액에 의해 떨어지고 공급된 양액에 의해서 배지내 양액이 배출되므로 배지에는 공급액만 남게 된다.

하루 중 배액량이 많아지면 공급액도 배출될 뿐만 아니라 약간의 축적된 염류도 배출될 수 있다.

증산량의 약 1.5~2배를 공급한다(배액율 30~50%).

일일 적정 EC 변화 정도: 0.2~0.5dS/m

광량이 많을 때는 작물은 양분보다 수분을 더 많이 흡수하게 된다. 그로 인해 배지에는 염류가 축적된다. 특히 작물이 어린 경우 이러한 현상이 쉽게 나타나며 배액량을 증가시키거나 공급 EC를 낮추어 해결한다.

2. 첫 배액 시각

첫배액은 함수율 및 EC조절에 매우 중요한 요소이다.

1회 관수량과 관수횟수가 첫배액 시각을 결정한다.

관수방법	첫 배액 시기	함수량 및 EC
소량다회	늦어짐	증가함
다량다회	빨라짐	낮아짐

시간적인 면에서는 기본적으로 계절에 따라 차이가 있으나 첫 관수 이후 약 2시간 전후(봄 여름 9:30~ 겨울 11:00)에 배액이 발생하도록 관리하면 배지내 수분의 과부족이 없어진다.

급액량의 면에서는 0.75~1.0L/m² 정도 급액되면 배액이 나오게 한다.

광량의 면에서는 누적광량이 약 350~400J/cm² 또는 순간광도가 500~600W/m² 정도 되면 첫 배액이 시작돼야 함.

3. 배액량 관리

급액량의 20-30%가 배액 되도록 하는 것이 현실이다.

일정 부분의 배액이 필요한 것은 사실이나, 가능한 한 배액율을 줄이는 것은 경제적인 면, 환경적인 면, 식물생장적인 면 등에서 바람직하다.

4. 관수관리

관수 후 배지 내 함수율이 2% 정도 떨어진 후 관수하는 것을 기준으로 한다.

일사제어의 경우 한 낮에는 J당 3.5mL, 늦은 오후에는 2.5mL 공급을 기준으로 함.

배지가 너무 과습한 경우는 1회 관수량은 많게(> 150ml) 하고, 급액간격은 길게 하는 것이 좋다. 이렇게 하면 배액이 많아져 효과적으로 EC를 조절할 수 있고, 배지도 과습하지 않게 된다.

배지가 건조할 경우에는 적은 양의 급액을 자주하여 배지 전체에 고루 확산되게 하는 것이 좋다.

점적관의 크기에 따라 토출량이 작은 것(35ml/분)이 큰 것(75ml/분)보다 양액을 효율적으로 배지내에 확산 시킨다.

가짜 배액에 유의한다. 즉, 공급액이 배지를 씻어 나오는 것이 아니라 배지내 물길을 따라 공급액이 그대로 배출되는 것을 가짜 배액이라 하는데, 가짜 배액이 생기지 않도록 주의한다.

마지막 배액시기: 늦은 오후에는 배지내 과습을 방지하기 위해서 배액시키지 않는 것이 일반적이다.

5. 급액종료시각 설정

배지 수분함량을 기준으로 조절한다.

급액종료 시점은 광량 등 환경을 고려하여 결정한다.

일몰 2(봄, 여름)~5시간(겨울) 전에 종료한다.

맑은 날엔 늦게, 흐리거나 비가 오는 날엔 빨리 종료해서 배지도 과습하지 않고, 다음 날 아침에 습도가 높지 않도록 한다.

급액을 늦게까지 할 경우, 일회급액량을 적게 해야 야간에 배지가 과습해지지 않는다. 급액을 일찍 끝낼 경우, 일회급액량을 많게 해야 야간에 배지가 건조해지지 않는다.

○ 3단계(급액종료~다음날 양액개시)

이 시기에는 양액이 배지내에 확산되어 다음날 공급 양액에 의해 염류가 배출될 수 있도록 할 뿐만 아니라 작물이 신선한 양액을 흡수할 수 있도록 준비해 준다.

급액이 중단되면 배지내 EC는 서서히 증가한다. 만약 급액의 종료시점이 너무 빠르면 작물은 계속해서 증산작용을 하므로 배지내 EC는 급격히 증가하면서 함수량은 감소한다. 또한 급액종료 시간을 늦게 하면 배지가 과습된다.

관수 종료후 함수율이 시간당 3% 이상이면 종료가 빠른 것을 의미한다.

관수 종료후 함수율의 감소: 광량, 습도, 가온, 스크린의 사용 등에 의해 변화 한다.

종료 후 함수량이 지나치게 많이 떨어질 경우 야간 급액을 할 수 있다. 기준은 5~10% 감소이지만 상황에 따라 다르다.

계절별 관수 요령 및 관수방법

급액관리는 기본적으로 작물의 활력에 따라 달리하는데, 이는 생육단계 및 계절에 따라 달리 한다는 의미이다.

여름철에 가장 활발하고 겨울철에 가장 저하되어 있으므로 이에 맞추어 관리한다.

1. 겨울

겨울철 근권관리가 봄철 작물생육에 직접적인 영향을 미친다. 겨울철에 충분한 뿌리와 활력을 가져야 봄철 광량이 증가되어 증산량이 많아질 때 적응이 가능하다.

겨울에는 배지가 과습하기 쉽고 온도편차가 작아서 영양생장이 강한 경향이 크므로, 기본적으로 수분흡수를 제한시켜서 뿌리의 활력을 유지하고, 영양생장으로 치우치는 것을 방지하도록 관리한다.

배지내 함수량을 낮게 관리한다. 일반적으로 겨울에는 배지가 과습해지는 경향이 있는데, 이럴 경우 뿌리발달이 불량해서 봄이 됐을 때 증산량을 받쳐주지 못해서 작물이 시들고 생육이 나빠지는 현상을 보인다. 이런 현상은 특히 보수성이 큰 배지에서 일어나기 쉽다.

배지내 EC를 높게 관리한다.

주야간 함수량 편차를 크게 한다.

가을철에 비해 다량소회 공급한다.

2. 봄

○ 관수요령

겨울철 동안은 비교적 낮은 함수량 및 높은 EC로 배지를 관리하여 왔다.

봄철에 광량이 증가함에 따라 작물이 보다 쉽게 증산을 할 수 있도록 하기 위하여 배지내 함수량을 증가시키는 물론 EC를 서서히 낮춘다.

○ 급액방법의 변화

봄철의 관수는 겨울철에 비하여 비교적 적은 관수량으로 자주 공급한다(겨울철에 비해 일회 급액량을 약 20% 정도 적게).

○ 급액시간의 변화

배지내 함수량을 증가시키기 위해서는 관수시간의 마지막 종료시간을 점진적으로 늦추어간다.

마지막 관수의 종료시간은 일몰 시간을 기준으로 점진적으로 늘려간다(겨울철 일몰 4~5시간 전에서 봄철 2~3시간 전으로).

일출 후 첫 관수는 누적광량에 따라서 1:30~2시간 전후로 실시하면 적정하다(누적광량 약 100~150J).

○ 배양액농도 및 조성

배지내 EC를 낮추기 위해서 공급EC를 급격히 낮추는 것은 작물의 근권에 좋지 않으며, 배양액을 늘려 EC를 낮춘다.

공급 EC는 배지내 EC보다 1.0~1.5 낮도록 관리한다(델타EC=1.0~1.5). 예를 들어, 배지내 EC가 4.0일 경우, 공급 EC는 2.5~3.0 정도가 적당하다.

봄철 착과량이 증가하면서 종종 배지내 pH가 급격히 낮아질 수가 있다. 이러한 경우 공급 pH를 올리는 것 보다는 양액조성에서 암모니아태 질소(NH₄)를 줄여서 공급함으로써 해결할 수 있다. 10수염 질산칼슘을 사용하고 있다면 4수염으로 바꿔서 공급한다.

3. 여름

여름철 광량이 높은 시기에는 작물이 충분히 증산할 수 있도록 관리한다.

소량다회관수

배지내 함수량을 높게 유지 (70~75% 내외)

공급EC(2.5내외) 및 배지내 EC(3.5내외)는 비교적 낮게 유지

주야간 함수량편차: 6~8내외 유지

4. 가을

○ 관수요령

여름철에 소량다회 관수로 배지내 함수량이 높고, EC를 낮게 관리하던 것을 점차 다량소회 관수로 전환해 주어야 한다.

여름철에 비해 광량이 감소함에 따라 작물의 증산량이 감소하므로 배지내 함수량도 점차 감소시키며, EC는 서서히 높여준다.

○ 급액방법의 변화

가을철의 관수는 여름철에 비하여 비교적 많은 관수량으로 소회 공급한다(여름철에 비해 일회 급액량을 약 20% 정도 많게).

○ 급액시간의 변화

배지내 함수량을 감소시키기 위해 관수종료시간을 서서히 빠르게 해준다.

마지막 관수의 종료시간은 일몰 시간을 기준으로 점진적으로 줄여 준다(가을철 일몰 2~3시간 전으로).

○ 배양액농도 및 조성

공급하는 배양액의 EC를 급격히 높이는 것은 작물의 생육에 스트레스로 작용하므로 3주에 0.2씩 서서히 높여주는 것이 좋다.

배지온도 관리

■ 적정 배지온도

적정 배지온도: 18~20℃

16℃ 이하가 되지 않도록 한다.

관수적정온도: 18~22℃

배지온도가 낮으면 뿌리의 흡수능력(물 및 양분)이 현저히 낮아진다. 근온이 12℃이면 20℃에서 보다 2.5배 정도 낮아진다.

배지온도가 낮으면 호르몬(사이토키닌 및 지베렐린)의 생성이 감소한다.

일출 1시간 전부터 배지온도를 올려두는 것이 좋다.

1. 겨울철 배지온도관리

○ 현상

겨울철에는 배지 온도가 낮아서 식물의 활력이 떨어지기 쉽다.

기온에 비해 배지의 온도가 늦게 올라간다.

근권의 온도가 15℃ 이하로 낮아지면 갈색뿌리썩음병 가능성이 증가한다.

○ 관리요령

배지를 난방한다.

공급되는 원수를 가온하여 공급한다.

배양액을 기온과 많이 접하게 한다.

지하수가 바로 식물에 공급되지 않게, 공급량 정도가 시설 안에 머물다가 공급되게 한다.

시설 내부에 있는 자재는 시설 내부 온도를 높일 수 있을 경우에는 적극적으로 실내 공기와 접하도록 한다.

시설내 온도가 낮으면 수온도 낮아지므로 온실내 온도가 지나치게 낮아지지 않도록 관리한다.

시설 내부 온도가 지하수 온도보다 낮을 경우에는 용수나 배양액이 존재하는 모든 곳은 단열(보온)하여 외부의 영향을 적게 받도록 한다.

시설 외부에 있는 자재는 보온 단열한다.

2. 봄철 배지온도관리

○ 현상

점차 배지 온도는 큰 문제가 되지 않는다.

기온에 비해 배지의 온도가 늦게 올라간다.

○ 관리요령

기온에 비해 배지의 온도가 늦게 올라가므로 새벽의 배지온도에 주의한다.

3. 여름철 배지온도관리

○ 현상

급액되는 배양액의 온도가 높다.

여름철에 작물이 어릴 때는 배지가 햇빛을 받아서 온도가 상승한다.

배지 온도가 높으면 식물에 장애가 발생하기 쉽다. 특별한 병증이 없으며, 청고병처럼 포기 전체가 위조한다. 뿌리가 발달되어 있지 않으며 기근이 발생한다. 동서동하우스에서 많이 발생한다. 점적관수의 경우 많이 발생한다.

□ 관리요령

○ 차광

차광정도는 빛의 세기에 따라 달라야 하지만(50%가 가장 기본), 부분차광커튼이 없는 경우에는 보온커튼을 사용한다.

차광하면 작업조건도 쾌적해지기 때문에 일석이조의 효과가 있다.

○ 급액라인의 단열

용수나 배양액이 존재하는 모든 곳은 단열(보온 혹은 차광)한다.

급액관을 바깥쪽이 백색인 것을 사용한다.

○ 급액관 위에 지하수관을 이용

급액관과 붙여서 그 위에 지하수관을 설치하여, 급액되기 일정 시간 전에 지하수를 흘려보내면 급액관의 온도를 낮출 수 있다.

○ 급액방법의 변화

필요에 따라서는 일회 관수량을 늘려서 관수관에 존재하는 배양액 이외에 낮은 온도의 배양액까지 작물에 공급되도록 한다.

○ 관수온도를 더욱 낮추는 방법

원리: 펌프와 급액지관 사이 즉 급액주관의 한 부분을 지하수와 접촉시켜 온도를 낮춘다.

방법: 탱크를 만들고 지하수를 아래쪽으로 넣고 반대편 위쪽으로 배출시키도록 연결하고, 약간씩 흘려보낸다.

4. 가을철 배지온도관리

○ 현상

점차 여름에서 겨울철 관리로 이행한다.

기온에 비해 배지의 온도변화가 적지만, 일교차가 심하여 야간에 배지 온도가 문제가 될 수 있다.

○ 관리요령

일교차가 심하여 야간의 배지온도가 낮아질 수 있으므로 일출 2시간 전의 배지온도에 주의하여 필요하다면 근권온도를 높여주는 것을 고려해야 한다.

[제3협동 강원대학교 : 강호민]

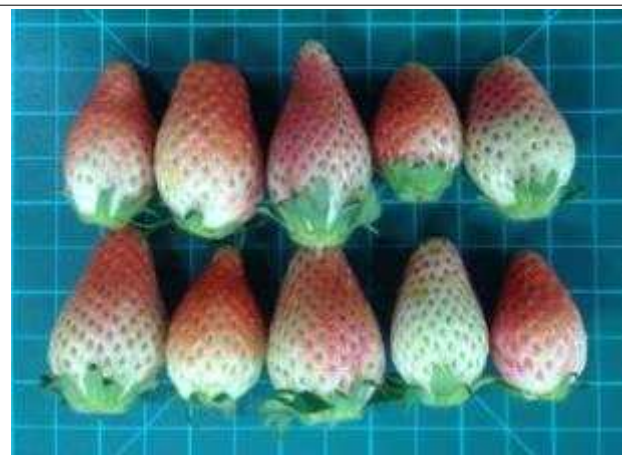
<1차년도>

1. 수출용 딸기 및 토마토의 수출 조건별 수확 적기 제시

가. <딸기>

○ 연구방법

* 숙기별 품질 비교



반숙과



완숙과

공시재료: 매향 (진주 수곡) 숙기별

저장조건: 3,000, 20,000cc/m² · day · atm OTR 필름, 대조구(유공필름), 4℃에서 35일간.

조사내용: 위와 동일

○ 매향의 숙기별 MA저장이 품질에 미치는 영향

본 연구는 매향을 대상으로 숙기별 저온 4℃에서 35일간 저장하였다. 기존 연구에서 MA저장시 적합하다고 판단된 20,000cc와 대조구로 고농도 이산화탄소 농도 효과를 위해 3,000cc 필름과 완숙과의 경우 10,000cc 처리구를 두었다. 저장 중 생체 중 감소율은 반숙과의 경우 대조구인 유공필름 처리구가 저장 15일 경과시 10% 감소하였으며, 종료일에는 65%에 육박하였다. 반숙과 3,000cc 처리구는 저장 최종일에 1.3%의 감소율을 보였고, 나머지 완숙과 MA저장 처리구는 1.0% 이하의 수치를 보였다. 필름 포장내 이산화탄소 농도는 완숙과 3,000cc 처리구가 20%에 육박하는 농도를 보였고, 반숙과 20,000cc, 완숙과 10,000cc, 그리고 20,000cc 처리구가 최대 이산화탄소 농도 허용범위인 15% 이하로 나타났다. 포장내 산소 농도는 반숙과와 완숙과 3,000cc 처리구가 종료 최종일 가장 낮은 5%를 보였고, 에틸렌 농도

는 저장 직후 급격히 증가하였으나 바로 감소하며 저장 15일 경과 후부터 10 μ L/L 이하의 수치를 나타냈다.

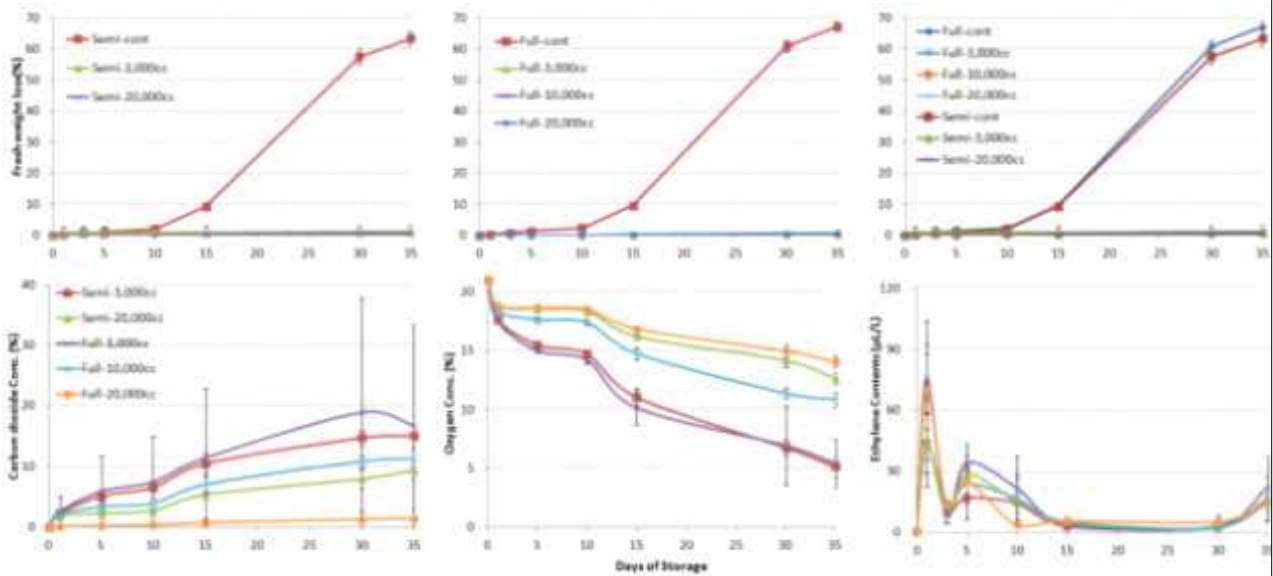


그림1. 매향의 숙기별 MA저장시 생체중 감소율, 필름 포장내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 변화

저장기간 중 패널테스트를 통한 외관상 품질은 반숙과 3,000cc 처리구와 완숙과 20,000cc 처리구가 우수하였으며, 2차례에 걸쳐 진행된 이취의 경우 필름 포장 개봉 직후와 개봉 후 10분 경과하여 조사하였을 때 완숙과 3,000cc 처리구와 10,000cc가 가장 많이 발생하였고, 반숙과 3,000cc 처리구가 적게 발생하였다.

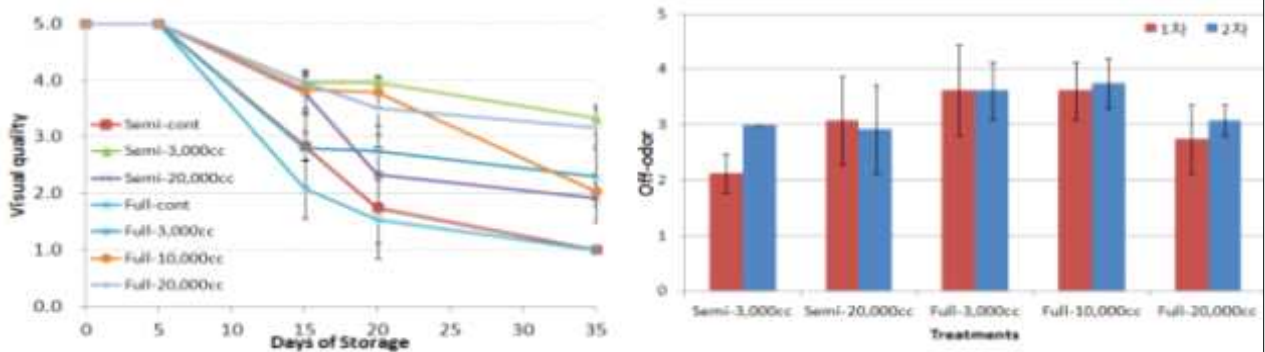


그림2. 매향의 숙기별 MA저장시 외관과 이취 비교

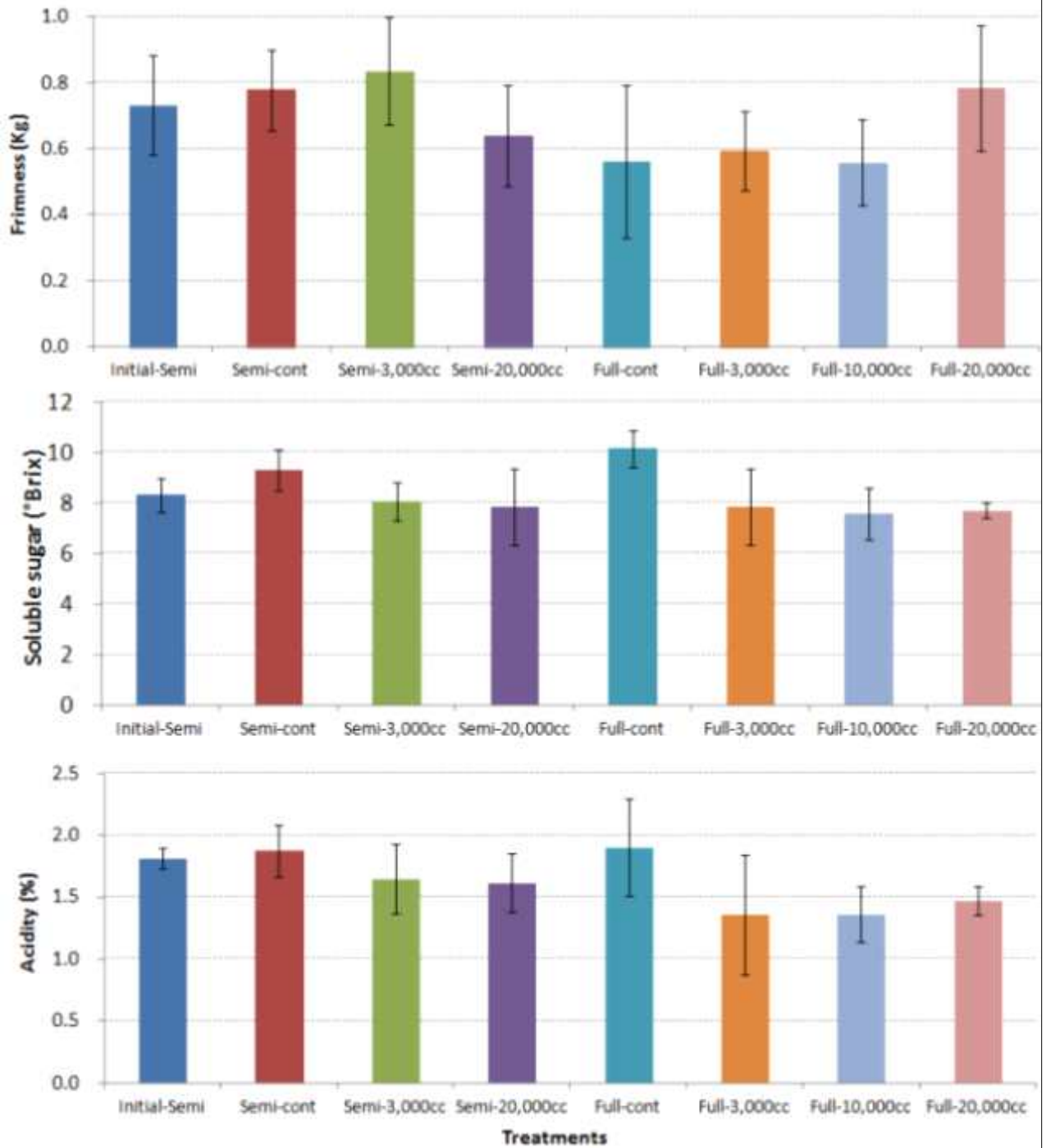


그림3. 매향의 숙기별 MA저장시 저장 종료일의 외관, 당도, 그리고 산도 비교

저장 종료일의 경도는 반숙과 대조구와 3,000cc, 그리고 완숙과 20,000cc가 우수하였으며, 당도와 산도는 생체중 감소율이 가장 높아 수분감소가 가장 많았던 대조구가 가장 높았다. 칼라미터를 통한 과실과 화탁의 색도를 비교해 보면 매향은 숙기가 진행됨에 따라 과실이 검붉게 변화되는 특징 그대로 모든 처리구가 초기값에 비해 명도가 낮아지는 현상을 보였고, 반숙과는 저장중 숙기가 진행됨에 따라 적색을 나타내는 a* 값이 증가하였다. 화탁의 경우 초기값과 크게 다르지 않은 수치를 보였다.

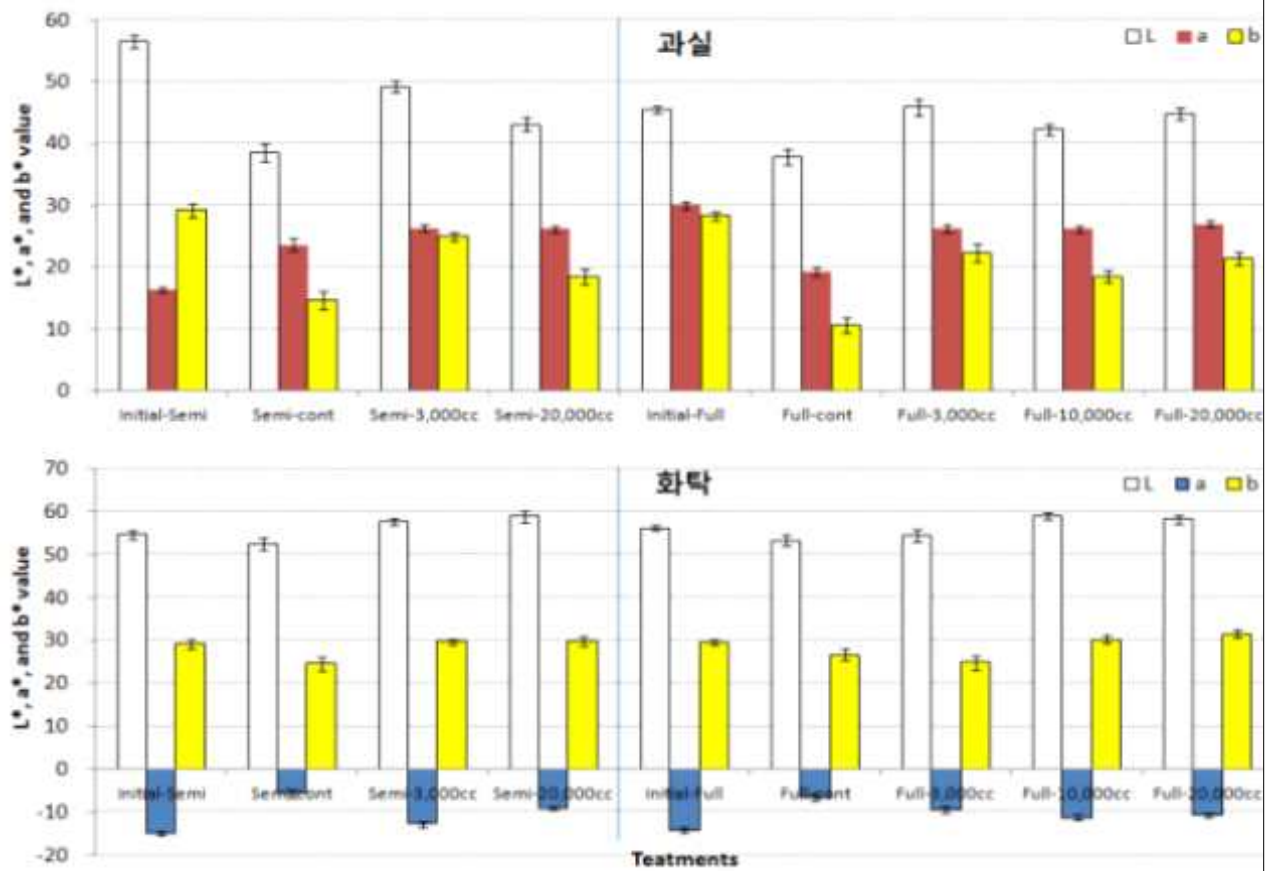


그림4. 매향의 숙기별 MA저장시 저장 종료일 과실과 화탁의 색도 비교

이상의 결과를 종합해볼 때, 외관상 품질과 이취가 적고 경도가 우수하였던 반숙과의 경우 3,000cc, 완숙과의 경우 20,000cc가 가장 적합하다.



그림5. 반숙과 저장 종료일의 외관



그림6. 완숙과 저장 종료일의 외관

나. <토마토>

유니콘 토마토의 숙기별 저장실험

○ 연구방법

방울토마토의 숙도

숙도단계	녹색	변색기	채색기	도색기	담적색기	녹적색기
숙도단계	숙도 단계의 %	저장기간/저장온도 천도의 10% 이하	숙도 단계 10~30% 재배	50% 이상의 재배	70~80% 정도 재배	숙도 단계 90% 이상 재배
수출적용량 (일반)	고온재배	고온재배	고온재배	고온재배 / 저온숙성 11℃	고온재배 11℃	고온재배 11℃
수출적용량 (과숙)	고온재배	고온재배	고온재배	고온재배 11℃	고온재배 11℃	고온재배 11℃
수출적용량 (초숙)	고온재배	고온재배	고온재배	고온재배 / 저온숙성 11℃	고온재배 11℃	고온재배 11℃
저장용 초숙용수	고온재배	고온재배	고온재배	고온재배	고온재배 11℃	고온재배 11℃

그림7. 방울토마토 숙과 기준 차트

공시재료: 유니콘 - 변색기(Breakers), 채색기(Turning), 도색기(Pink), 담적색기(Light Red), 녹적색기(Red)

저장방법: 20,000cc OTR 필름에 포장 후 5℃와 11℃에서 30일 저장 후 20℃에 노출

조사항목: 생체중 감소율, 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도, 산도, 비타민, 이온용출량, 색도, 곰팡이 발생율

○ 연구결과

생체중 감소율은 5℃ 저장 처리구의 경우 저온 저장일인 30일까지 서서히 증가하여 2% 감소하였고, 상온에 노출한 이후에 급격한 증가를 보이며 최종 종료일에 pink 숙기처리구의 경우 7%의 높은 수치를 나타냈다. 11℃ 저장 처리구는 저온 저장 이후 상온 노출을 함에도 불구하고 서서히 증가하여 breakers 숙기처리구가 최대 4%의 생체중 감소율을 보였다. 저장중 색도의 변화는 5℃ 저장처리구의 경우 숙기가 천천히 진행되어 상온 노출 이후에도 breakers 숙기처리구는 착색이 정상으로 이뤄지지 않았으며, 11℃ 저장 처리구의 경우는 저장 30일 이후 모든 숙기 처리구가 red 숙기처리구와 유사한 수치를 보였다.

저장 종료일이 조사된 경도는 모든 처리구가 초기값에 비해 감소하였으며 숙기가 진행됨

에 따른 차이는 나타났으나 통계적 유의성은 없었다. 경도는 초기값에 비해 저장 종료후 50% 이상 감소되었으며, red 숙기보다 breakers 숙기처리구가 높았다. 저온장해 여부를 확인하기 위하여 이온 용출량을 조사한 결과, 초기값에 비해 5°C 저장 처리구가 2배 이상 높은 것으로 보다 저온장해를 받았음을 알 수 있었고, 덜 성숙한 단계보다 완숙된 숙기처리구가 다소 높았다. 비타민C의 경우 저장 처리구는 초기값과 유사한 수치를 보였고, red 숙기처리구가 breakers 숙기처리구보다 다소 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 숙력된 패널등이 조사한 외관상 품질은 3점을 상품성 한계점으로 설정하였을 때, 5°C 저장처리구는 pink 숙기처리구가 가장 짧은 20일, light red 숙기처리구가 26일의 가장 긴 저장일수를 나타냈다. 11°C 저장처리구는 red 저장처리구가 가장 짧은 20일, breakers가 가장 긴 33일의 저장수명을 보였다.

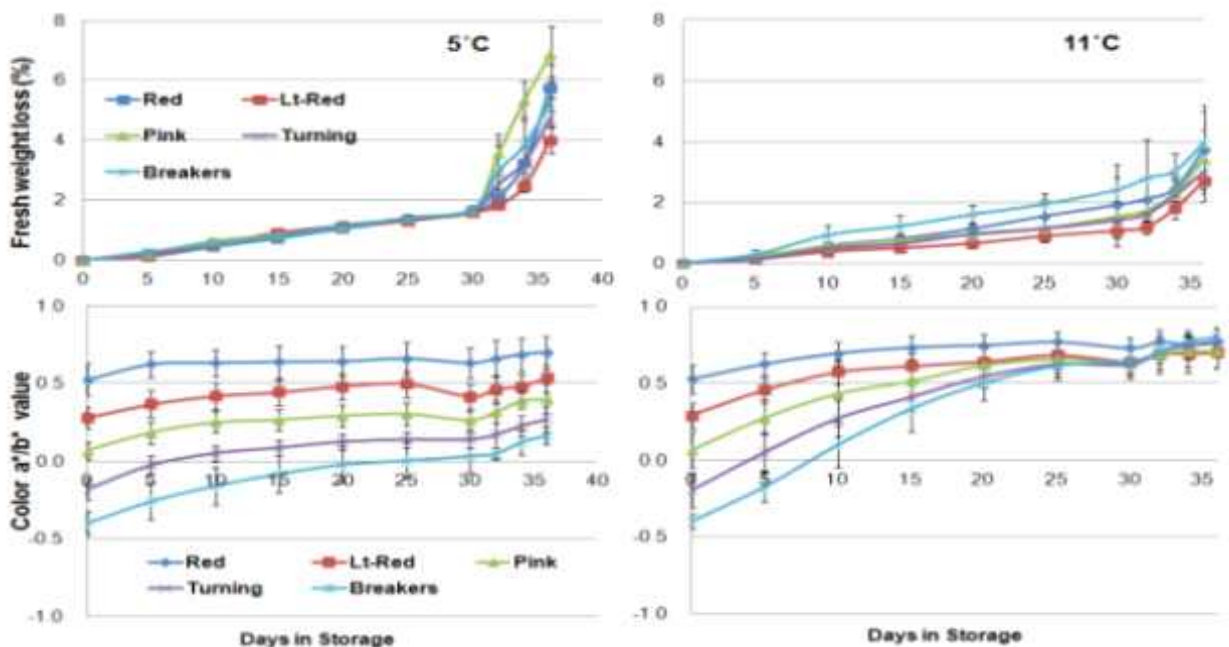


그림8. 저장 기간중 생체중 감소 과피색의 변화

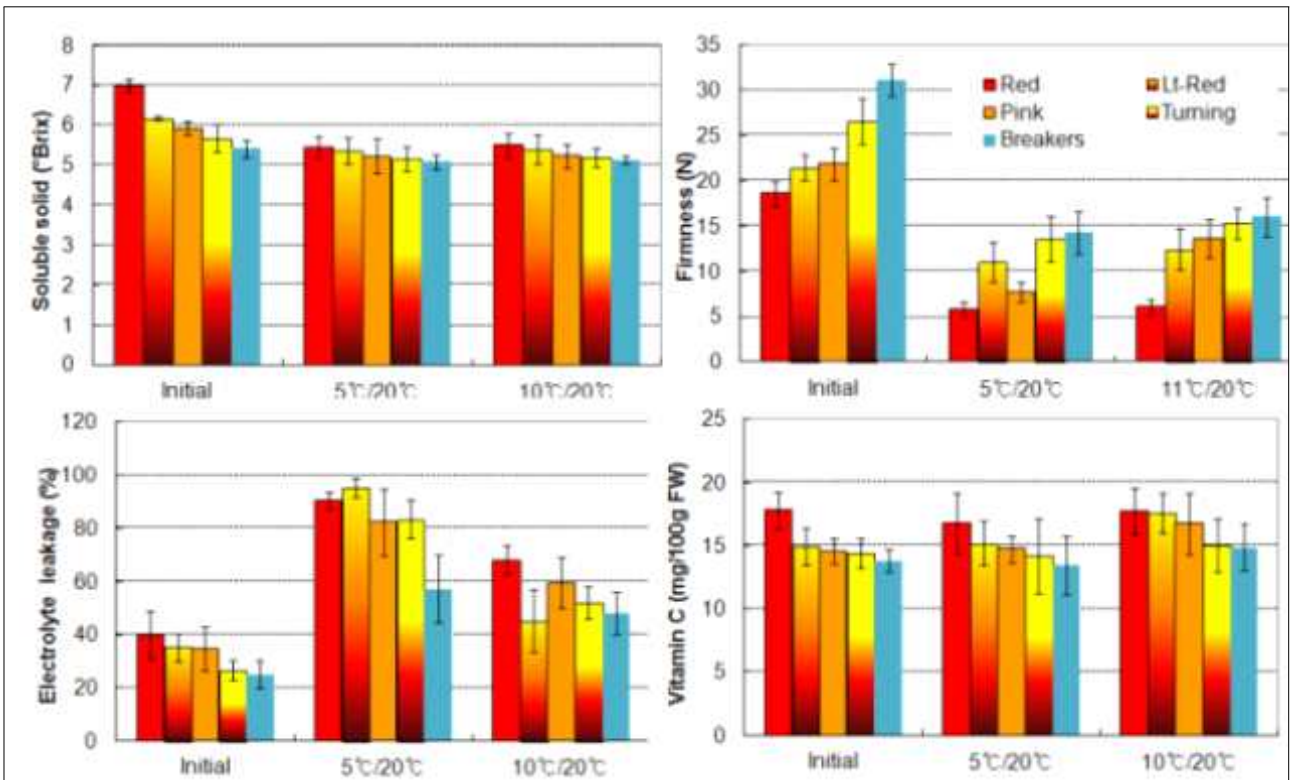


그림9. 저장 종료일의 처리 및 숙기별 당도, 경도, 이온용출량, 그리고 비타민C 비교

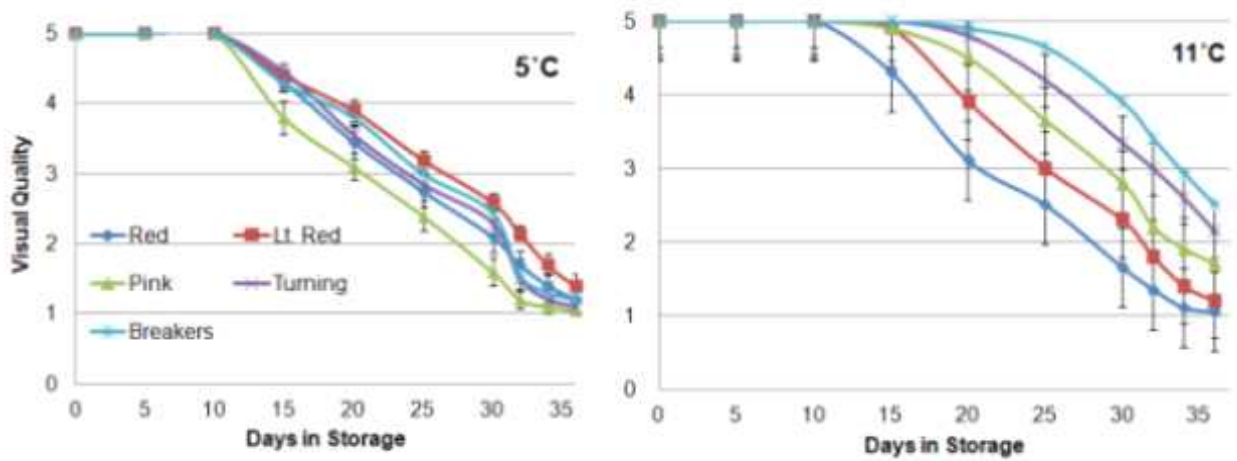


그림10. 저장 기간 중 처리 및 숙기별 외관의 변화

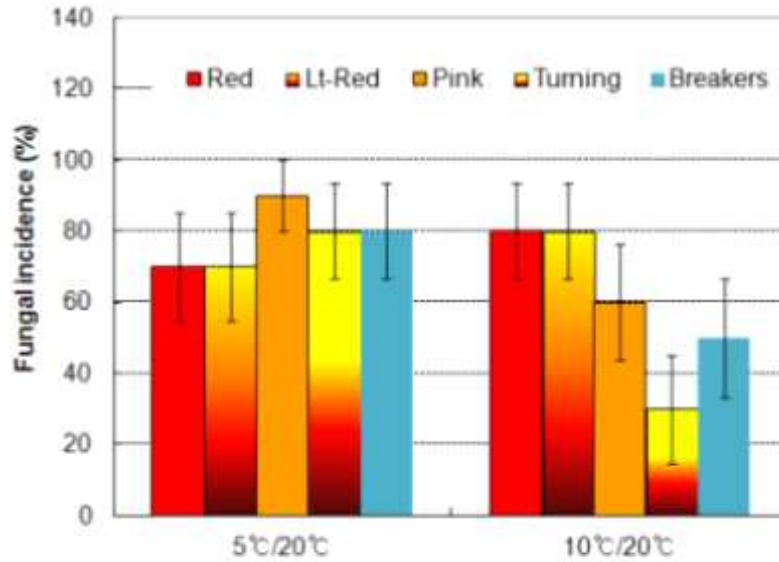


그림11. 저장 종료일의 곰팡이 발생을 비교

저장 종료일에 조사한 곰팡이 발생율은 11°C 저장처리구의 turning 숙기처리구가 30%의 가장 낮은 수치를 보였고 이를 제외한 모든 처리구가 50% 이상의 높은 발생율을 나타냈다. 위의 결과를 종합해보면, 5°C 저장 처리구의 경우 breakers와 turning 같은 덜 성숙한 숙기의 토마토는 저온장해를 받으며, 착색이 원활이 이뤄지지 않았다. 11°C 저장처리구의 경우 breakers 숙기 처리구도 착색이 진행되면서 가장 긴 저장수명을 보여 일본 수출 및 동남아 장기간 수출시 유의하게 작용할 것으로 판단된다.

2. 딸기 토마토 경도 증진 기술 개발

- 딸기 경도 증진을 위한 고농도 CO2 처리
- 토마토 경도 증진을 위한 엽면 살포

가. <딸기>

○ 연구방법

공시재료: 매향(진주 수곡)

처리방법: CO2 30% 농도로 2시간 처리

저장조건: 2시간 처리 후 20,000cc 필름포장, Box 저장, 1,300cc 필름 포장후 CO2 30% 주입. 8°C 저장.

조사내용: 위와 동일

○ 연구결과

각각의 CO₂ 처리 후 8°C 저장중 생체중 감소율은 유공 처리구는 저장 최종일인 7일째 7%의 감소를 보였고, 주입 처리구와 처리후 MA저장구는 0.5% 미만의 수치를 보였다. 필름 포장내 이산화탄소 농도는 주입 처리구는 저장 3일 이후부터 20% 이상의 수치를 유지하였고, 처리 저장구의 경우 10% 내외의 농도를 보였다. 에틸렌 농도는 주입의 경우 저장 직후 급격한 증가를 보였으나 바로 감소하였다.

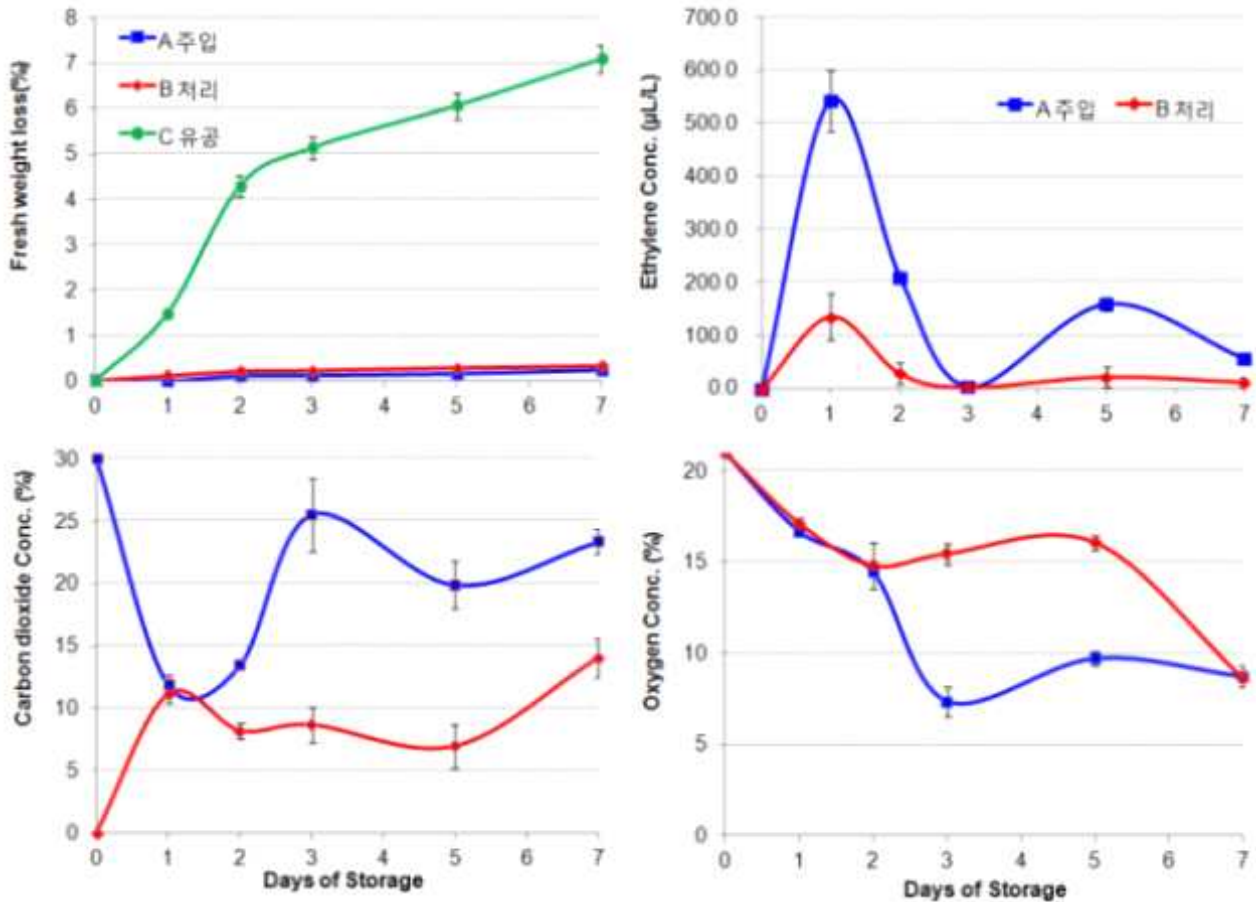


그림 12. CO₂ 처리별 저장중 생체중 감소율, 포장내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도

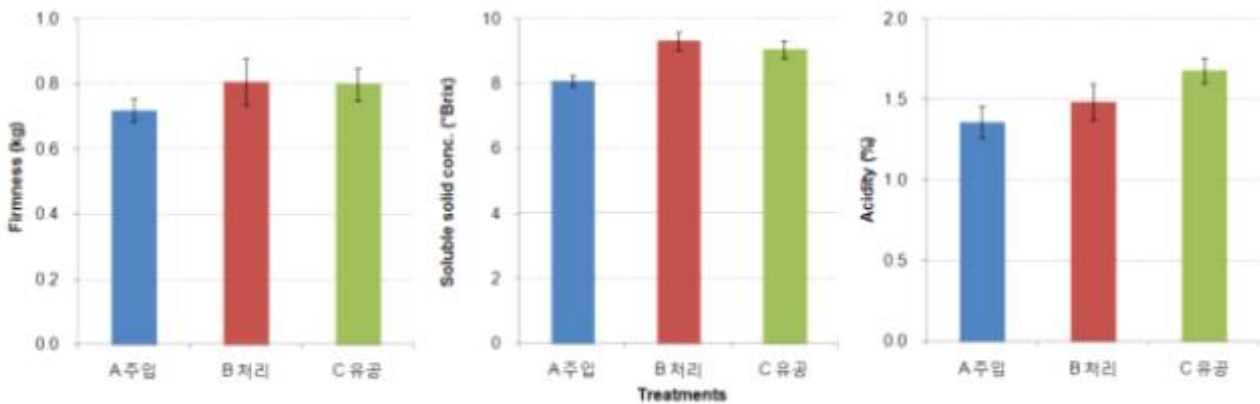


그림 13. CO₂ 처리별 저장 종료일의 경도, 당도, 그리고 산도 비교

저장 종료일의 경도와 당도는 주입 처리구에 비해 처리 저장구와 유공의 경도가 다소 높았으며, 산도의 경우 유공 처리구가 가장 높았다. 패널테스트를 통한 외관상 품질은 3점을 상품성의 한계로 보았을 때 주입 처리구가 가장 긴 6.2일의 저장기간을 보였다. 이취의 경우 주입 처리구가 가장 높았으며, 유공 처리구가 가장 낮았다. 고농도 이산화탄소 처리의 경우 화탁이 검게 변하거나 이취를 많이 발생하는 현상이 발생하여 더욱 세밀한 연구가 필요하며 농도에 대한 추가연구가 필요하다.

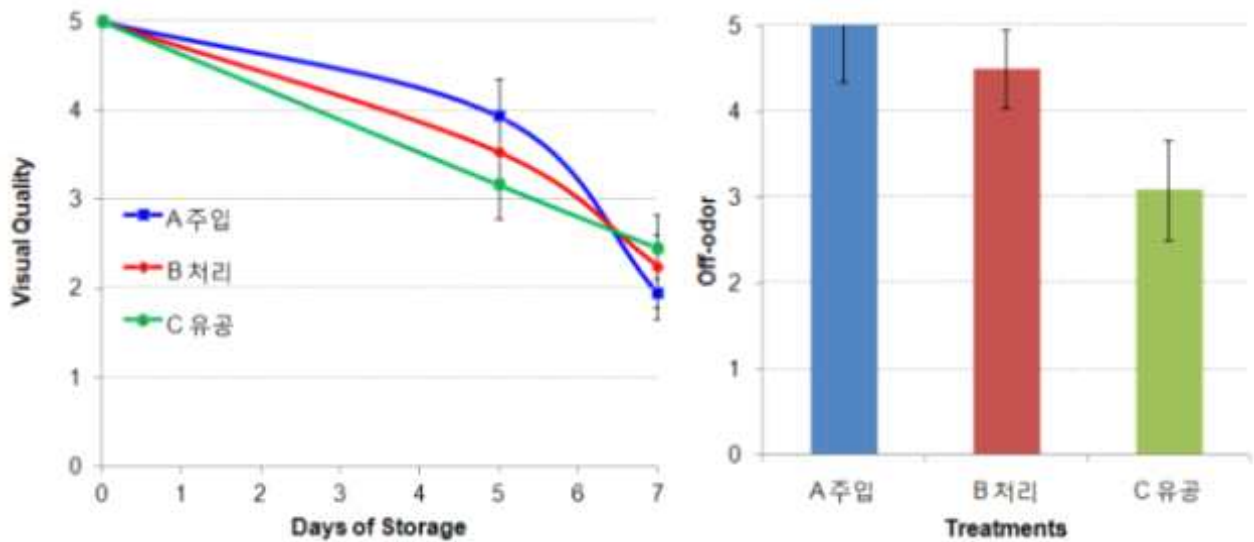


그림 14. CO2 처리별 저장중 외관의 변화와 저장 종료일의 이취 정도



그림 17. 저장 종료일의 외관 비교

○ 연구방법

공시재료: 매향 (진주 수곡), 설향 (충남 논산)
 처리방법: CO2 10%, 20%, 30% 농도로 3시간 처리
 저장조건: CO2 처리 후 Box로 13℃ 85% RH 에서 10일간 저장
 조사내용: 위와 동일

○ 연구결과

설향과 매향을 상대로 이산화탄소 10%, 20%, 그리고 30%의 농도로 3시간 처리하여 Box에 저장하였다. 저장중 생체중 감소율은 모든 처리구가 저장 종료일에 1.5-2.5%의 수치를 보였다. 설향의 경우 패널테스트로 진행된 저장 최종일의 외관상 품질은 모든 처리구가 2이하로 상품성이 없었고, 매향은 20%와 30% 처리구가 3점 이상의 외관을 보였다.

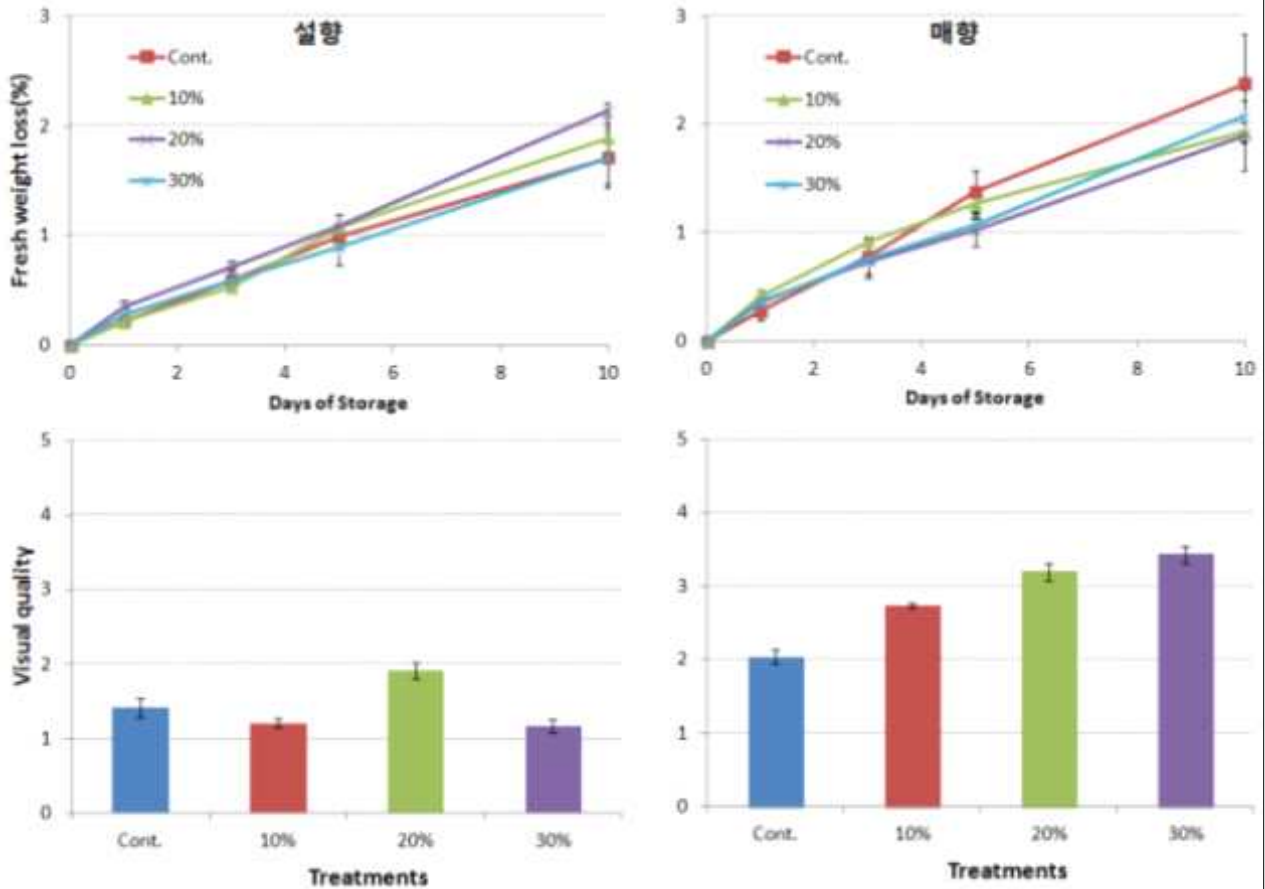


그림 15. 저장중 생체중 감소율과 저장 종료일의 외관 비교

설향의 경도는 초기값과 유사하였고, 매향의 경우 이산화탄소 처리구가 초기값에 비해 증가하였다. 당도는 설향의 경우 초기값과 비슷한 경향을 보였고, 매향은 대조구가 초기값에 비해 다소 증가하였고, 이산화탄소 처리구는 감소하였다. 산도는 두 품종 모두 초기값과 유사하였다. 위의 결과를 종합해보면 이산화탄소 처리로 인해 기대하였던 경도 증진 효과는 설향에 비해 매향에 효과가 있는 듯 보였다.

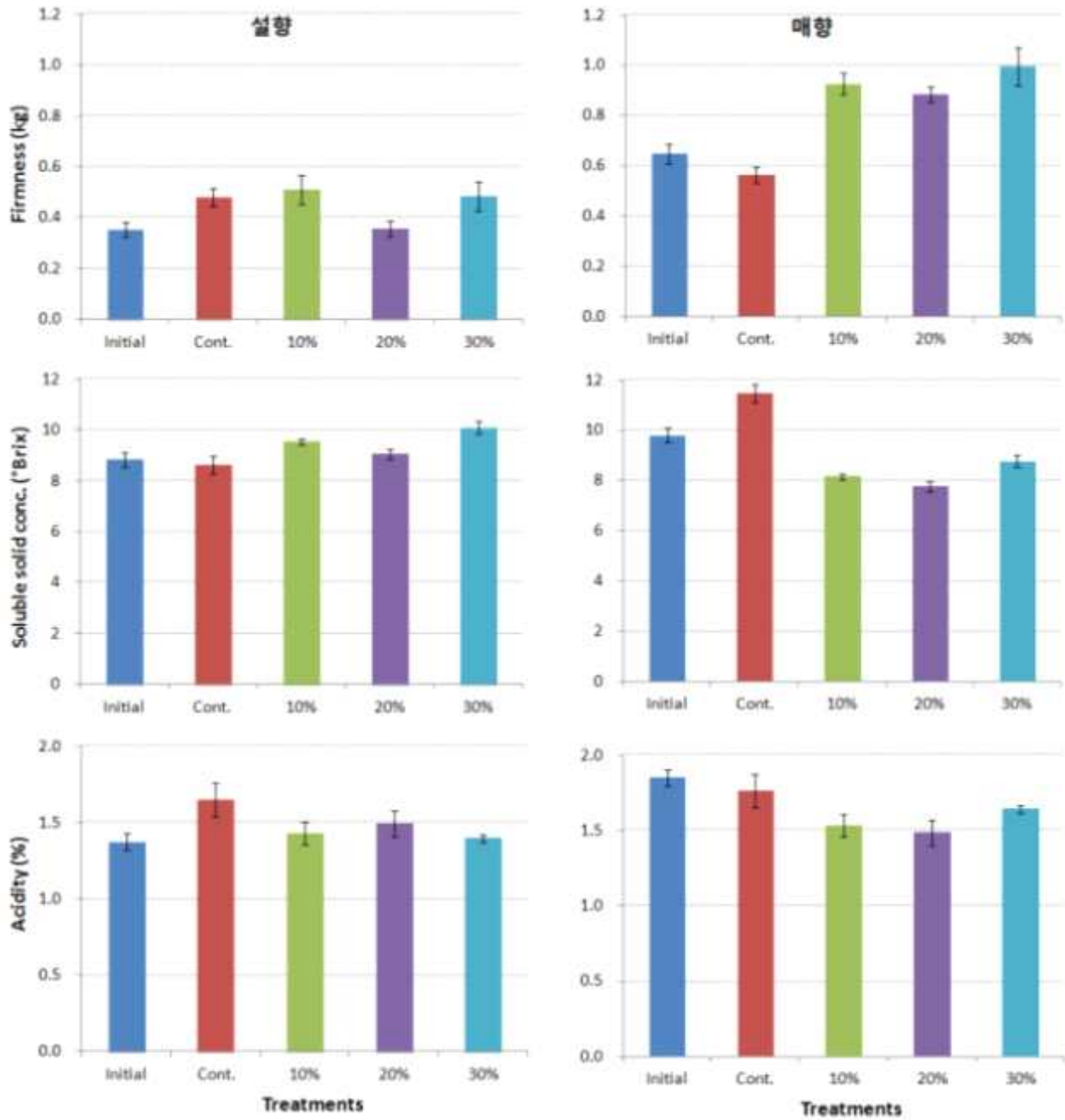


그림 16. 저장 종료일의 경도, 당도, 그리고 산도 비교

나. <토마토>

○ 연구방법

공시재료: 유니콘 - 담적색기(Light Red)

처리방법: B, Ca, Si, B+Ca+Si, B+Si 재배시 엽면살포

저장방법: 20,000cc OTR 필름 포장/ 대조구-박스포장 - 5°C 저장

조사항목: 생체중 감소율, 포장내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도, 외관, 이취, 경도, 당도, 산

도, 색도

○ 연구결과

저장중 생체중 감소율은 필름포장 처리구는 0.2-0.3%의 낮은 수치를 보였으나 기존의 박스 포장 처리구는 4% 이상의 높은 감소율을 나타냈다. 외관상 품질은 필름 포장 처리구가 박스 포장 처리구에 비해 5일 정도의 긴 저장수명을 보였다. 필름 처리구와 박스 포장 처리구 모두 Ca 처리구가 각각 25일과 21일의 가장 긴 저장수명을 유지하였다.

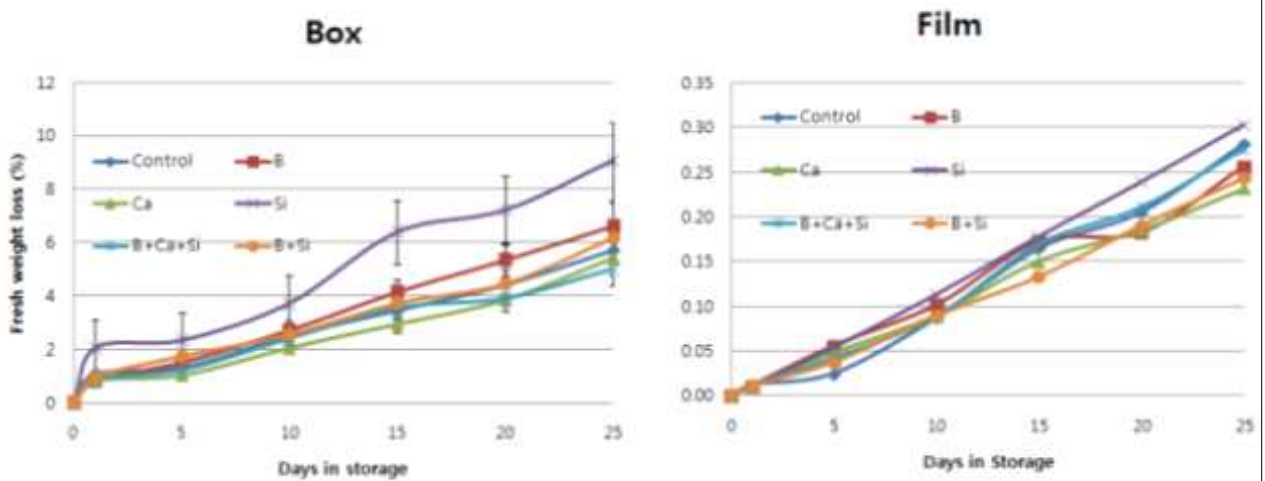


그림17. 저장방법과 처리별 저장중 생체중 감소율 변화

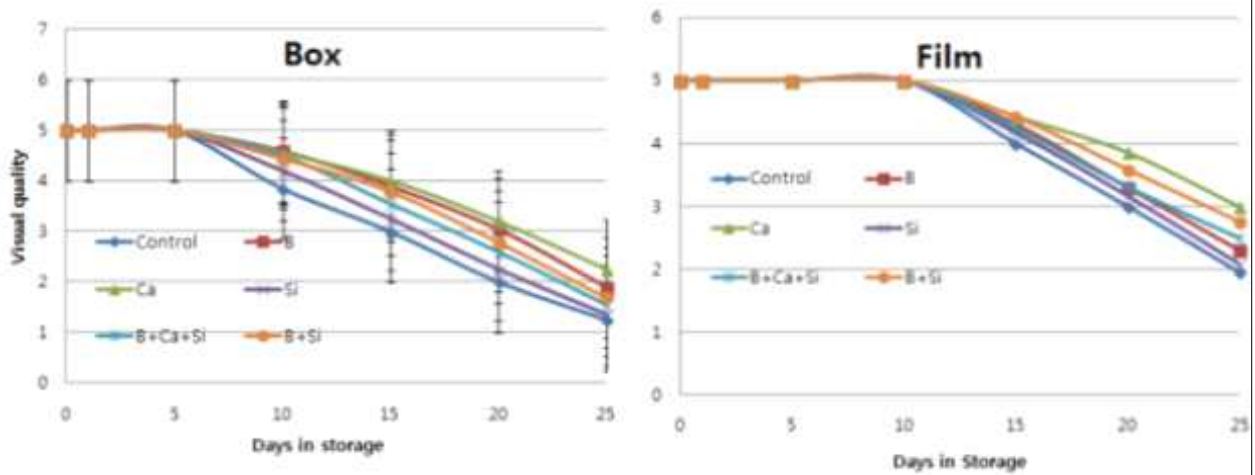


그림18. 저장방법과 처리별 저장중 외관상 품질의 변화

필름 포장내 이산화탄소 농도는 8% 내외, 산소 농도는 15% 내외를 유지되었다. 포장내 에틸렌 농도는 저장 1일 경과 후 급격히 증가하였으나 서서히 감소하여 10일 경과후 1 μ L/L 내외를 유지하였다.

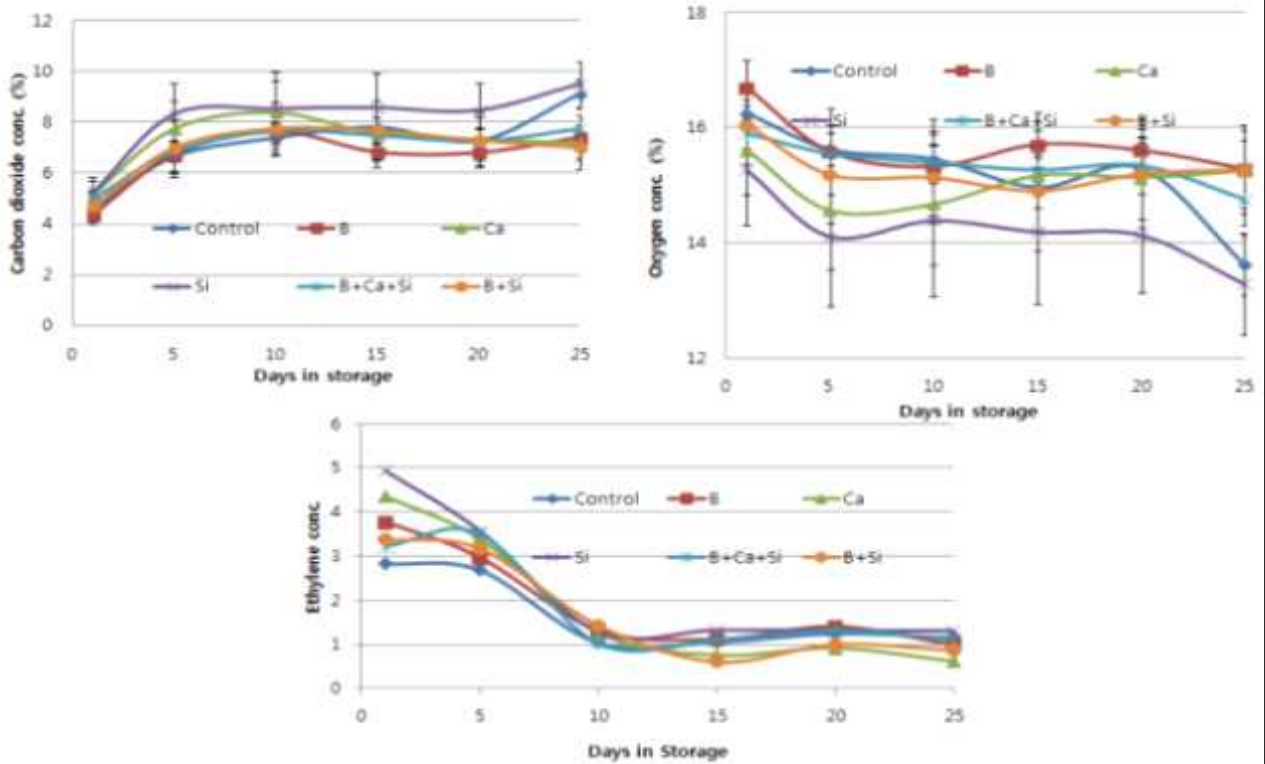


그림19. 필름 포장 처리구의 저장중 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 변화

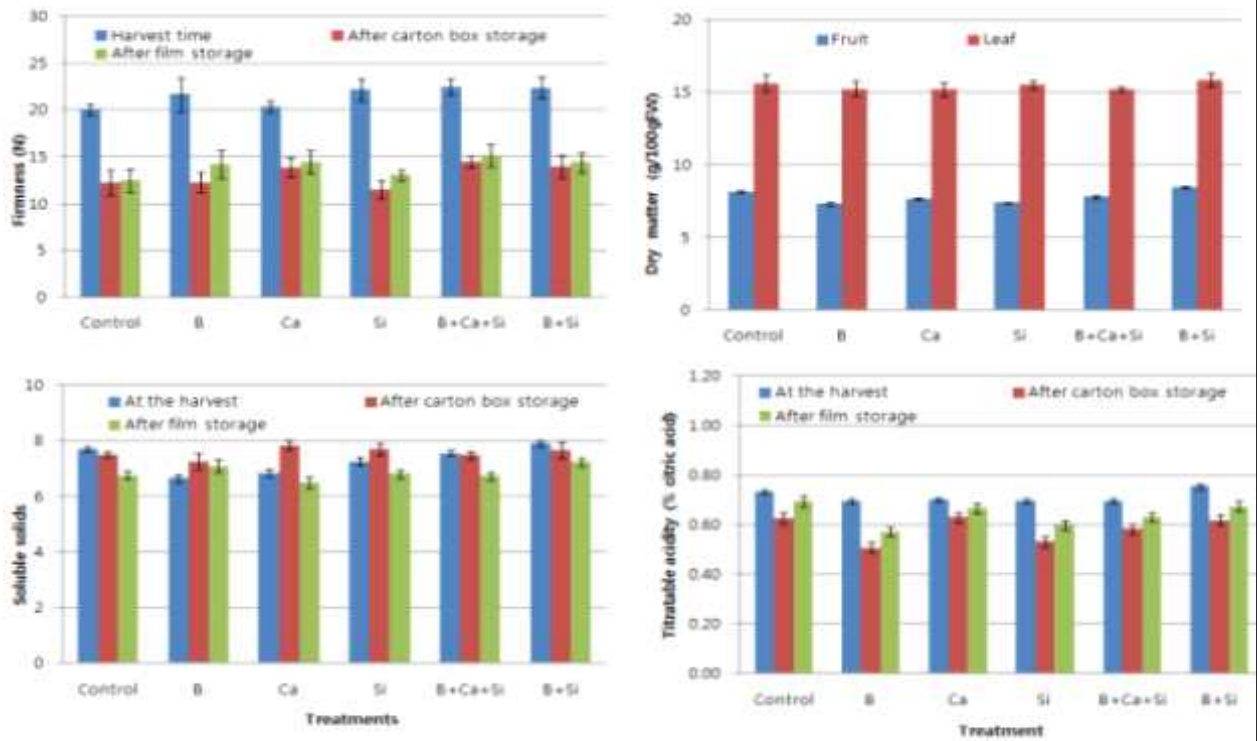


그림20. 저장 종료일의 경도, 건물중, 당도, 그리고 산도 비교

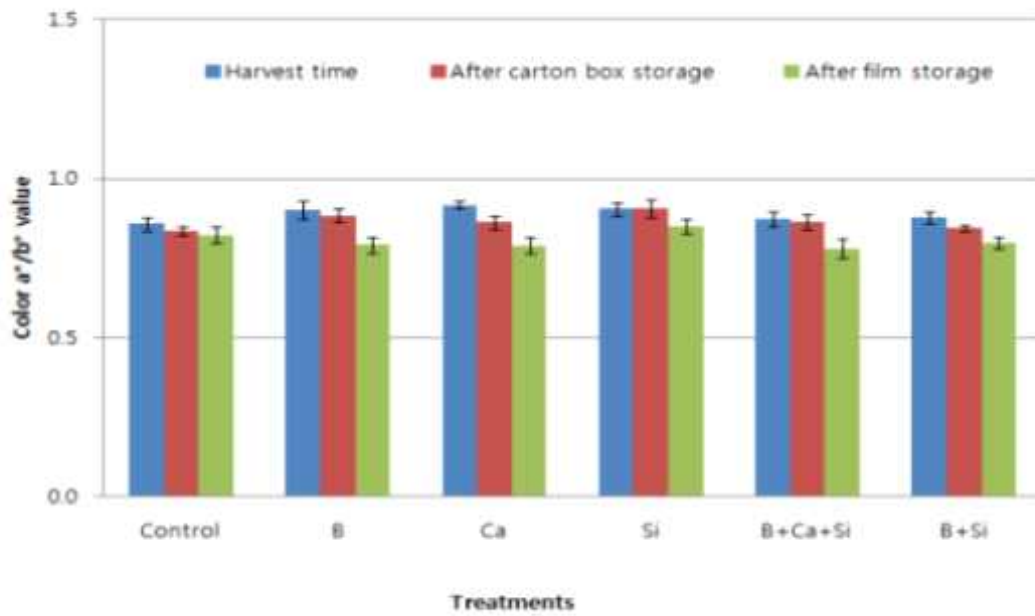


그림21. 저장 종료일의 색도 비교

저장 종료일의 경도는 모든 저장 처리구가 초기값에 비해 30% 가량 감소하였고, 박스포장에 비해 필름 포장 처리구가 다소 높았는데 박스, 필름 포장 처리구중 B+Ca+Si 처리구가 가장 높은 수치를 보였다. 건물중의 경우 과실과 잎 모두 처리구간의 차이가 나타나지 않았다. 당도는 박스 포장처리구중 Ca 처리구, 필름 포장 처리구는 B+Si 처리구가 가장 높았다. 산도는 처리방법에 상관없이 박스 포장 처리구에 비해 필름 포장 처리구가 높았는데 박스, 필름 포장 처리구 중 Ca 처리구가 가장 높았다. 칼라미터를 이용한 색도는 필름 포장 처리구에 비해 박스 포장 처리구가 다소 높았으며, 처리구간의 차이는 나타나지 않았다. 결과를 종합해보면, 경도가 처리구중 다소 높으며 외관상 품질이 좋았던 Ca 처리와 B+Ca+Si 복합 처리가 적합하다고 판단되며, 보다 정밀한 추가 실험이 요구된다.

3. 수출용 딸기 예냉 기술 개선

○ 현재 딸기 예냉 시설 및 조건 문제점 파악, 개선 방법 모색 및 제시

○ 연구방법

조사장소: 진주 수곡의 수출 딸기 선별장

조사기간: 2015년 2월 26일 오전8시부터 오후 5시

조사방법: 열화상 카메라



그림22. 현재 진주 수곡의 한 딸기 저온창고 외부 모습

○ 연구결과

오전 8시에 선별장에 도착하여 예냉시설에 입고된 딸기의 품온은 13도수준이었음
 오후 1시에 측정된 예냉시설안 딸기의 품온은 1도로 나타남.

예냉방법이 예냉의 half-cooling까지 20시간까지 걸리는 room cooling이었으나, 딸기가 수확용 용기에 담아 공기중 노출되었기 때문에 예냉시설에 입고된지 5시간만에 목표온도까지 신속히 예냉되었음

그러나 선별장에서 1~2시간 정도 노출된 후 다시 저장고에 입고된 딸기 상자의 표면온도가 5도까지 상승하였음.

현재 수출 딸기 선별장의 경우 예냉시설과 저장창고의 온도관리는 만족스러웠으나, 선별장의 온도관리가 미흡하여 예냉 효과가 반감되고 있었음
 선별장의 온도에 대한 현장 조사가 요구됨

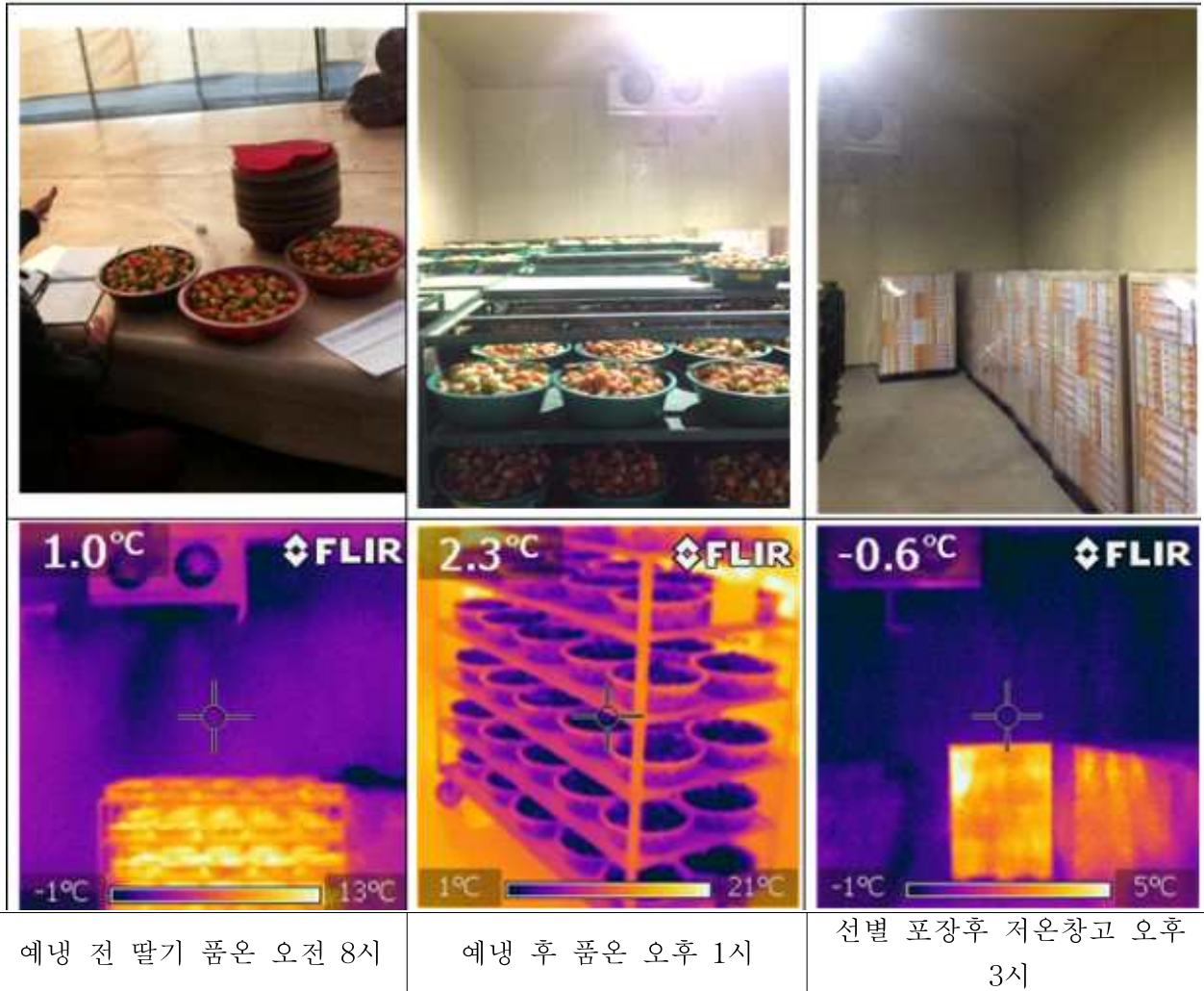


그림23. 딸기 예냉시설의 열화상기를 통한 온도 조사

4. 수출용 딸기 토마토의 가스를 이용한 적정 살균 기술 규명

- 기존의 ClO₂ 가스 살균 기술 개선안 (수송 단계까지 포함) 도출
- ClO₂ 살균 기술 개발 탐색 및 적정 농도 규명

가. <딸기>

○ 연구방법

공시재료: 매향 (진주 수곡) 60%. 80% 숙기

처리방법: ClO₂ 5ppm, CO₂ 15%, ClO₂ 5ppm + CO₂ 15% 주입

저장방법: 주입 후 20,000cc 필름 포장, 대조구-유통필름

조사내용: 위와 동일

○ 연구결과

매향의 60%, 80% 숙기를 대상으로 ClO₂ 살균처리와 CO₂ 경도 증진 효과를 위한 처리, 그리고 복합처리를 진행하였다. 저장중 생체중 감소율은 대조구의 저장 종료일인 30일째 15%에 육박하는 높은 감소를 보였고, 이외 나머지 처리구는 1% 내외의 수치를 나타냈다. 필름 포장내 이산화탄소 농도는 두 숙기의 처리구 모두 저장 21일째까지 딸기의 이산화탄소 최대 허용범위인 15%와 비슷한 수치를 유지하였으나, 이후 급격한 증가를 보이며 50%에 달하는 높은 농도를 나타냈다.

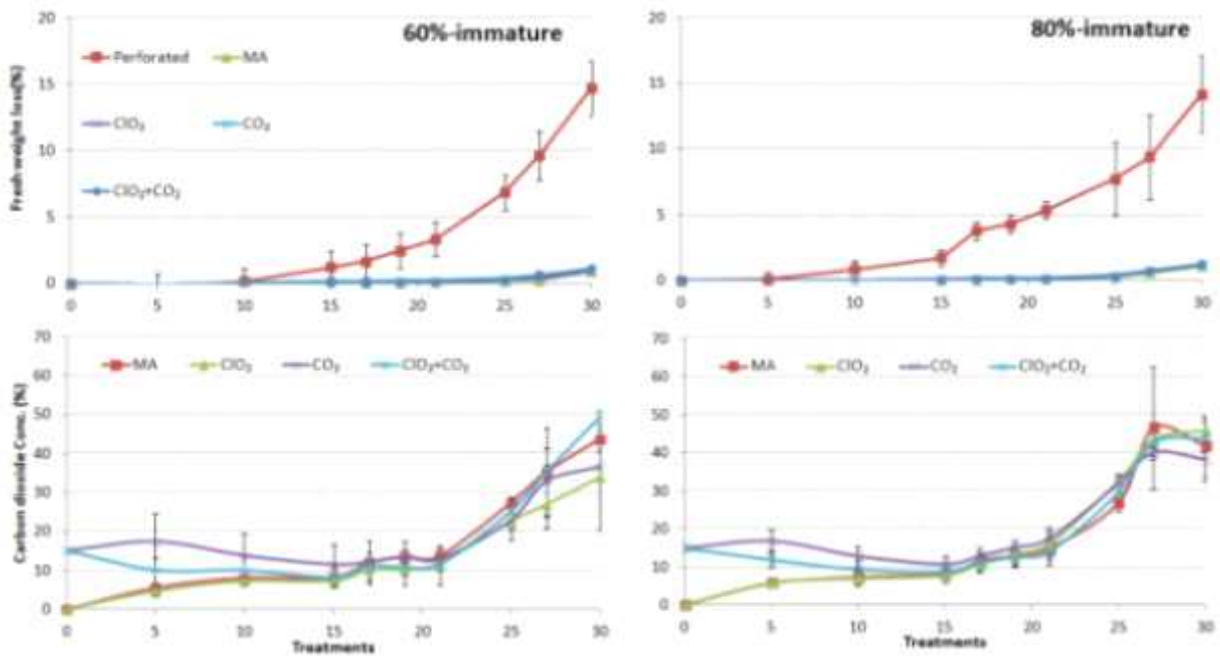


그림24. 저장중 생체중 감소율과 필름 포장내 이산화탄소 농도 변화

필름 포장내 산소 농도는 계속 감소하며 저장 25일째는 0%에 도달하였고, 에틸렌 농도는 저장 17일 이후 급격히 증가하였다가 감소하는 모습을 보였고 처리간의 차이는 나타나지 않았다.

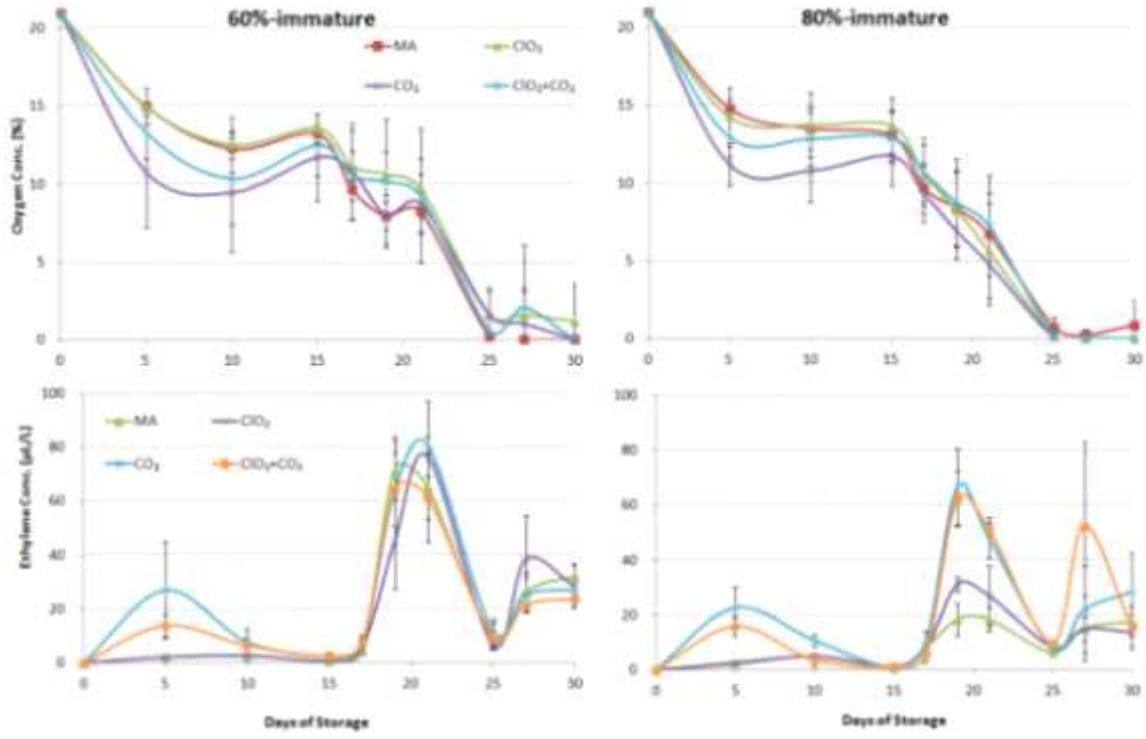


그림25. 저장중 필름포장내 산소와 에틸렌 농도 변화

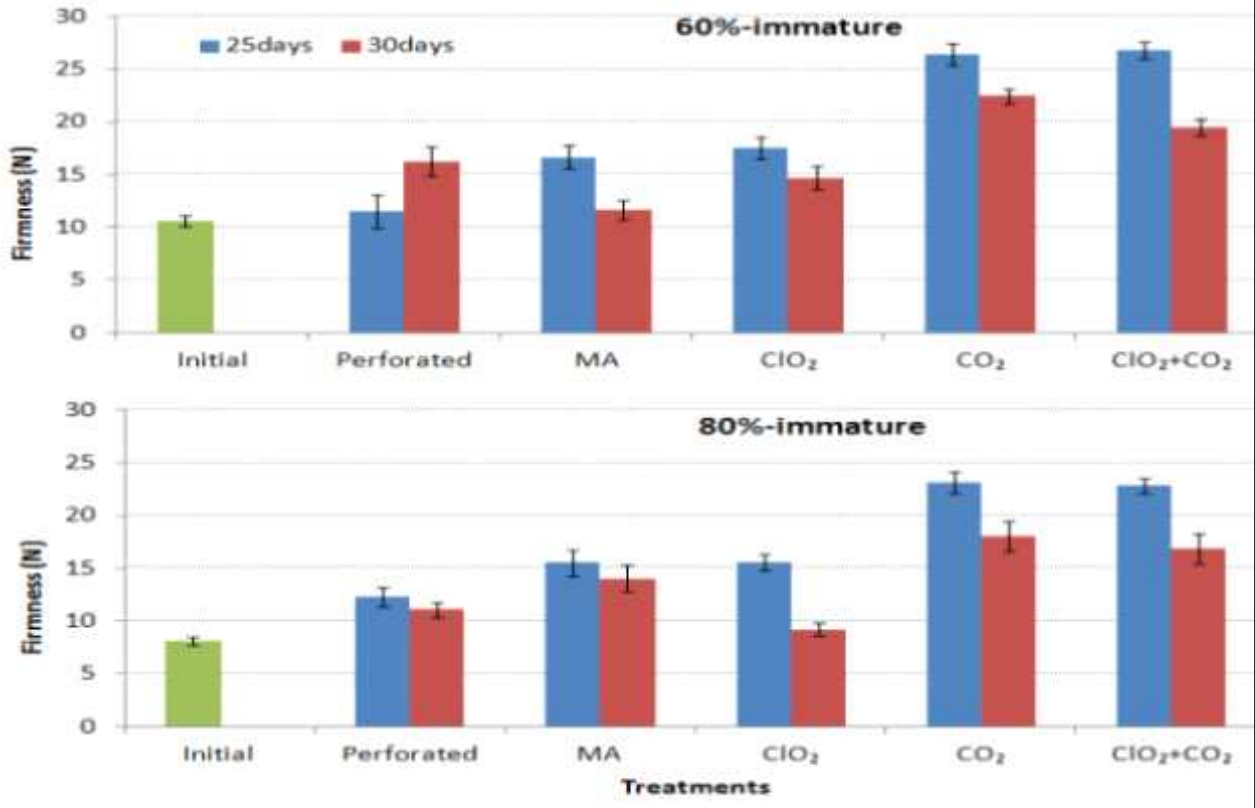


그림26. 저장 종료일의 경도 비교

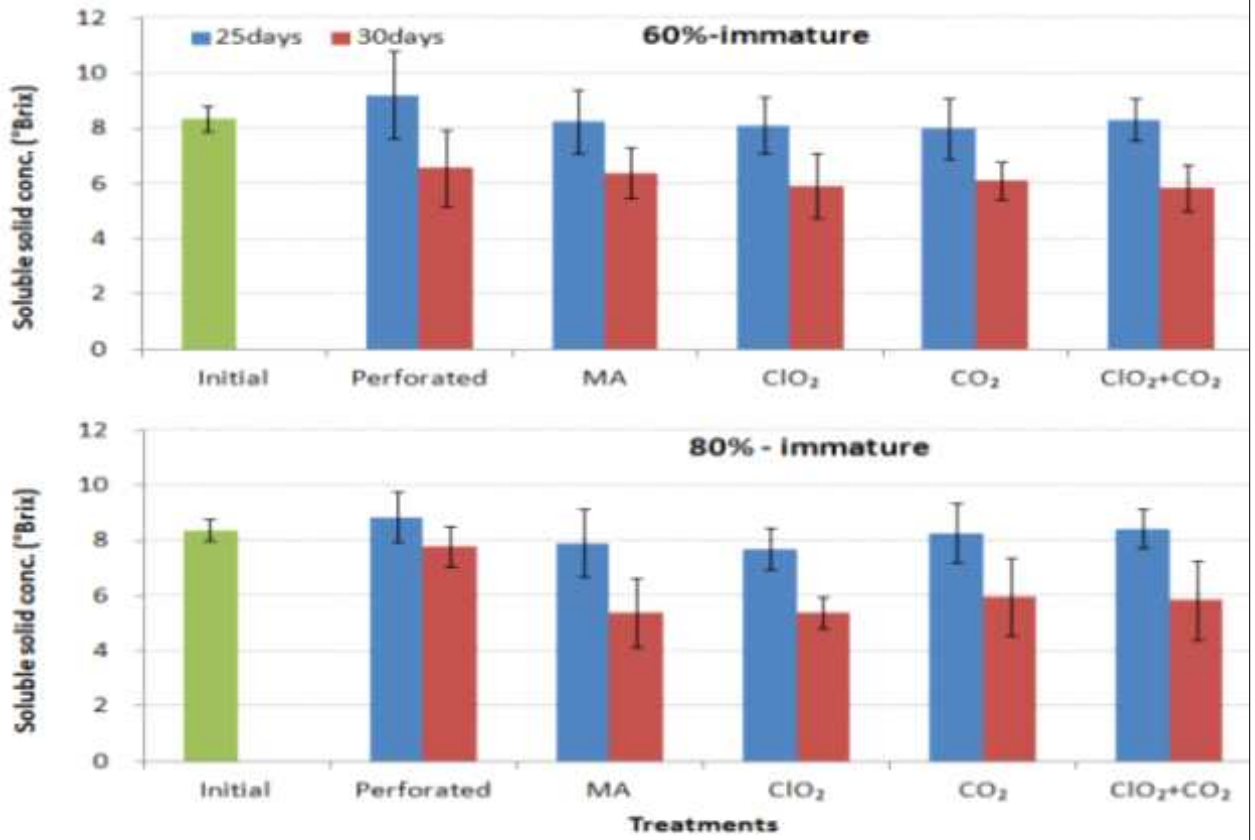


그림27. 저장종료일 당도 비교

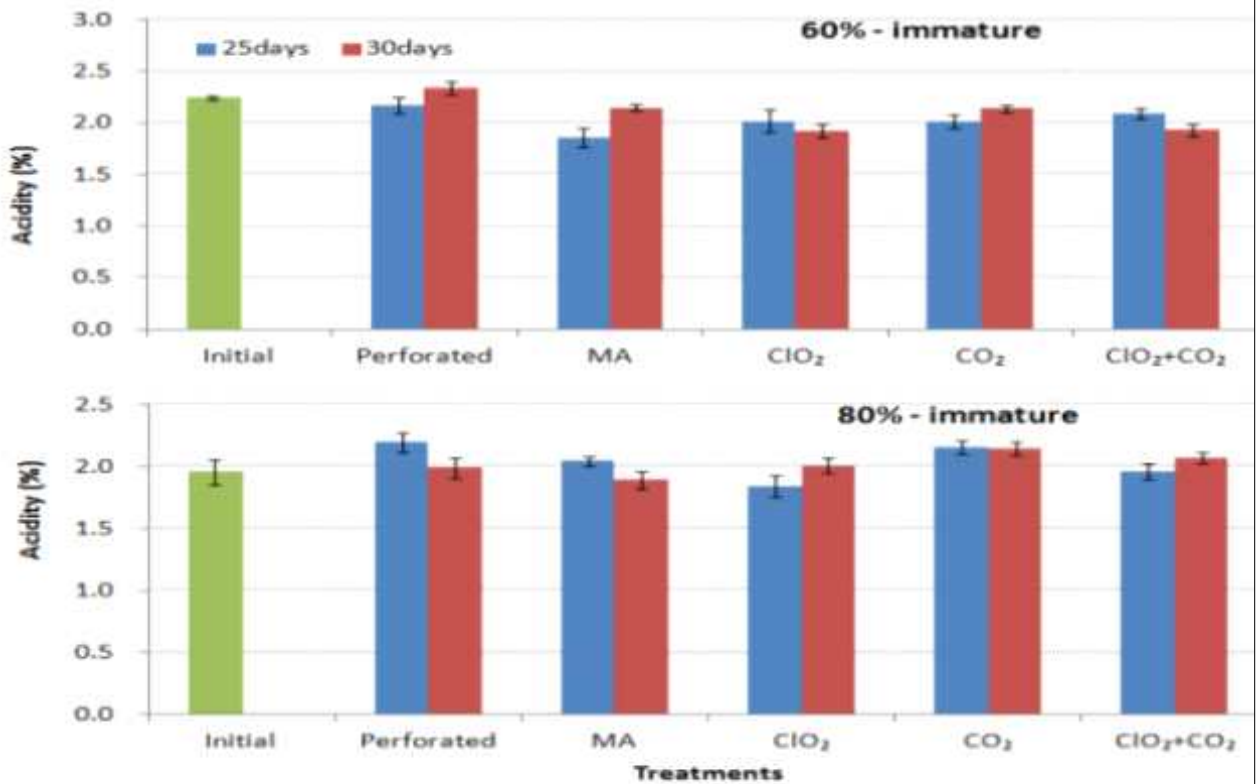


그림28. 저장종료일 산도 비교

저장 종료일에 조사한 경도는 초기값에 비해 대조구와 MA저장 처리구, ClO₂ 처리구는 유사하였으나, CO₂ 처리와 ClO₂+CO₂ 복합 처리는 다소 증가하였다. 당도는 두 숙기의 모든 처리구가 초기값에 비해 저장이 진행됨에 따라 당도가 감소하는 수치를 보였다. 산도의 경우 모든 처리구가 초기값과 유사한 결과를 보였다. 저장 종료일에 조사한 곰팡이 발생율은 두 숙기 모두 대조구인 유공필름이 가장 높았으며, 60% 숙기처리구중 ClO₂+CO₂ 처리구가 가장 낮았다. 80% 숙기 처리구는 CO₂ 처리구와 ClO₂+CO₂ 처리구가 발생하지 않았다. ClO₂의 살균 효과와 고농도 CO₂가 곰팡이가 생육하기 위한 환경을 저해한 것으로 판단된다.

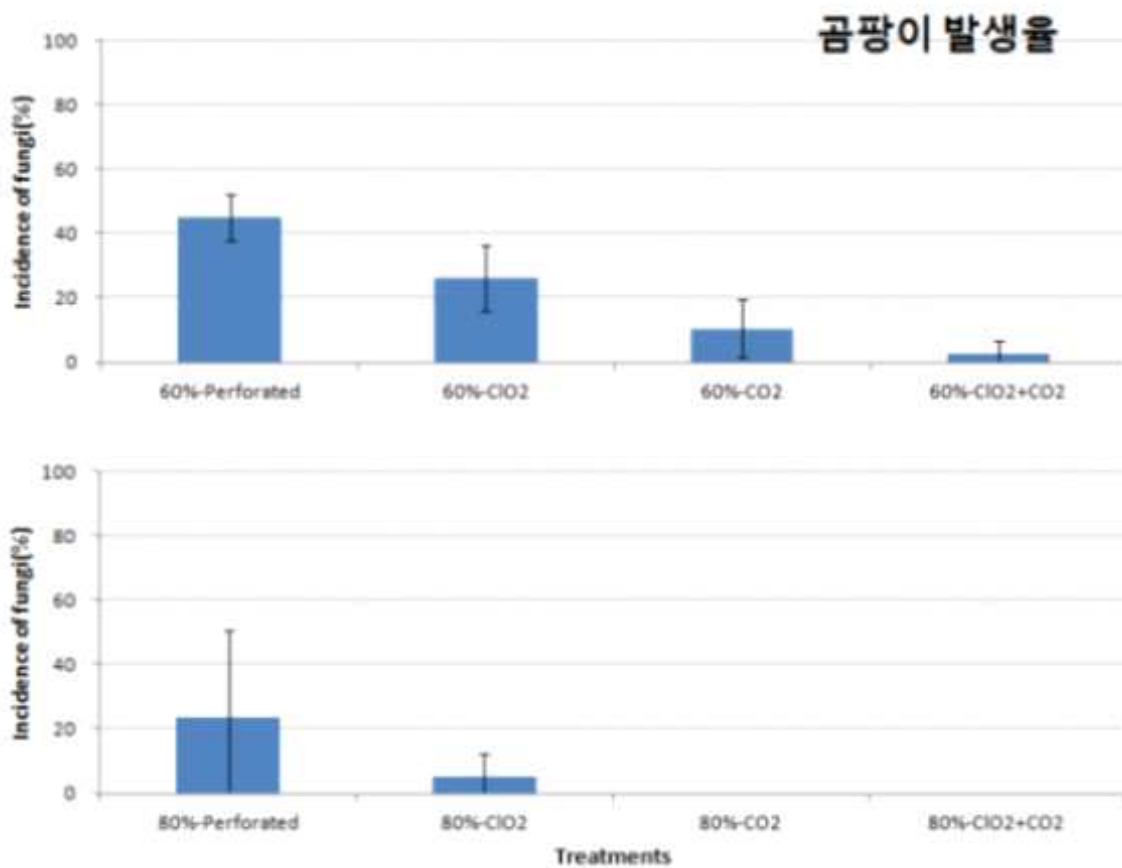


그림29. 저장 종료일의 처리구별 곰팡이 발생율

나. <토마토>

○ 연구방법

공시재료: 유니콘 - 담적색기(Light Red)

처리방법:	Control (box)
	150ppm NaOCl (box)

150ppm NaOCl+20,000cc
5ppm ClO ₂ 12 hr (box)
5ppm ClO ₂ 12hr+20,000cc
5ppm ClO ₂ inject+20,000cc
5ppm ClO ₂ stick (box)

저장방법: 20,000cc OTR 필름 / 대조구- 박스포장

조사항목: 생체중 감소율, 필름내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도, 외관, 경도, 당도, 산도, 비타민, 색도

○ 연구결과

저장중 생체중 감소율은 ClO₂ 스틱을 제외한 박스 포장 처리구는 모두 5% 이상의 감소를 보였고, 20,000cc 포장된 처리구는 0.5% 미만의 수치를 나타냈다. 포장내 이산화탄소 농도는 1.2% 미만은 낮은 수치를 보였고, 에틸렌 농도는 0.6μL/L 내외를 유지하였다.

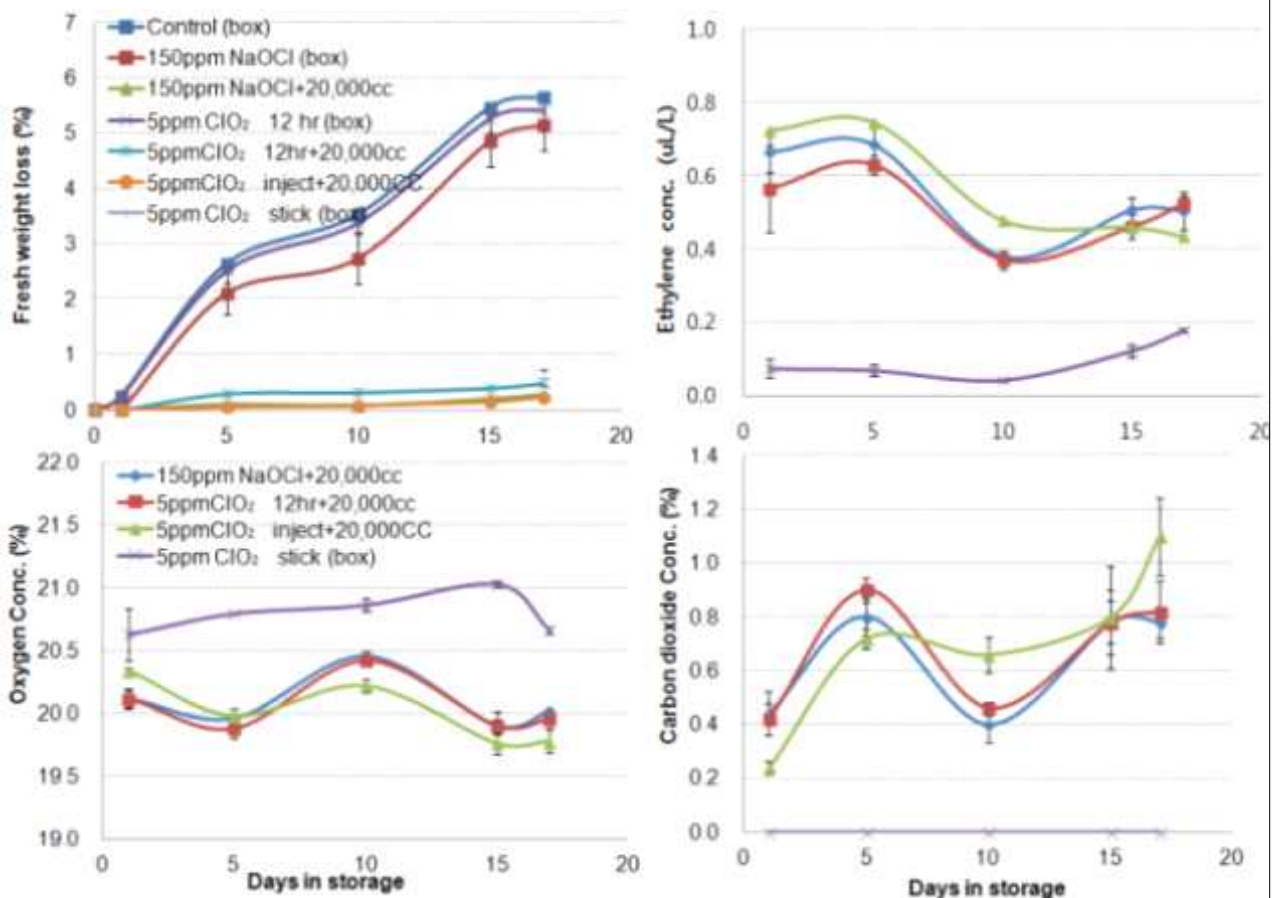


그림30. 저장중 생체중 감소율과 포장내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 변화

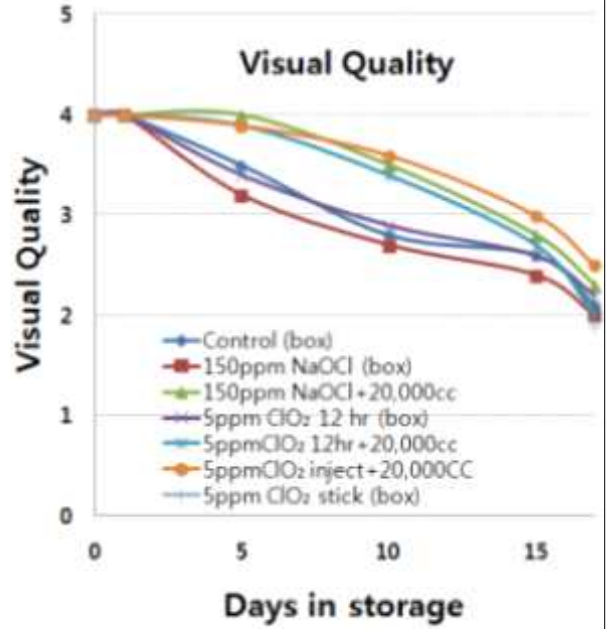
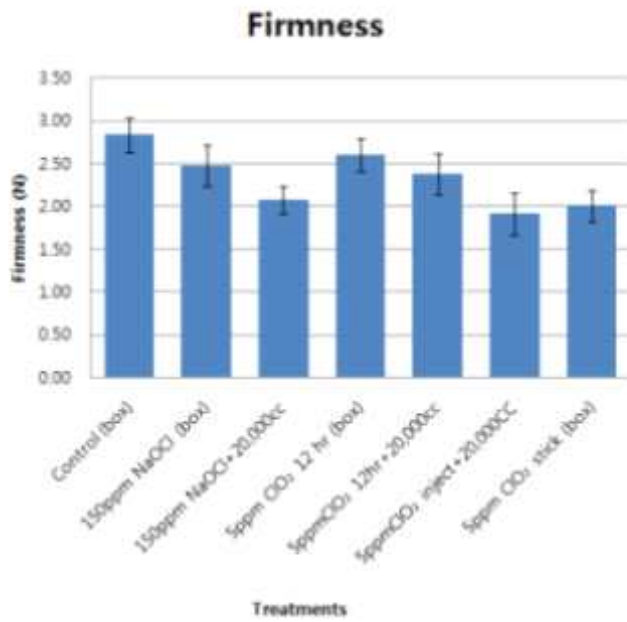


그림31. 저장중 외관 변화와 저장종료일의 경도 비교

저장중 외관상 품질의 변화는 ClO₂ 5ppm 농도로 필름내 주입한 처리구가 가장 우수하였으며, 경도는 ClO₂ 5ppm의 농도로 12시간 처리하여 박스 포장 저장한 처리구가 대조구와 유사한 수치를 나타냈다. 당도는 ClO₂ 스틱 처리구가 가장 높았으나 처리간의 통계적 유의성은 없었고, 산도는 ClO₂ 5ppm의 농도로 12시간 처리하여 박스 포장 저장한 처리구가 가장 높았다.

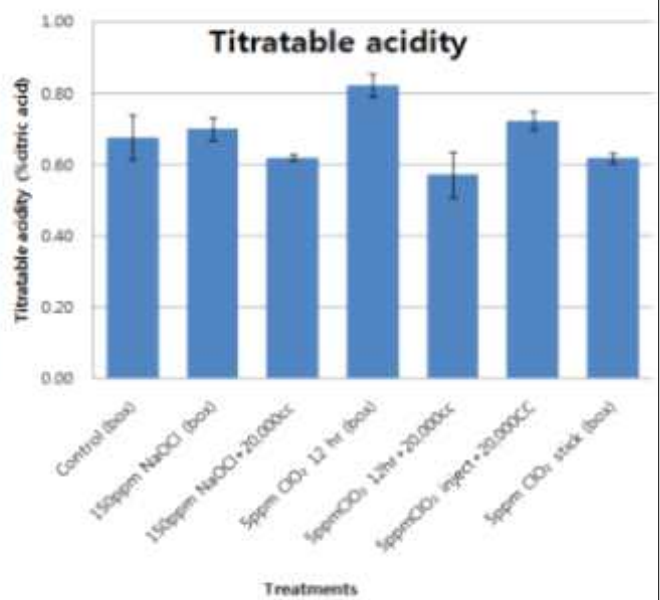
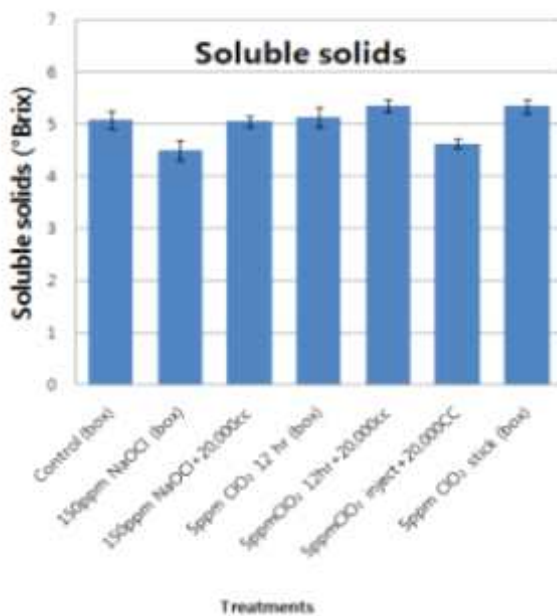


그림32. 저장 종료일의 당도와 산도 비교

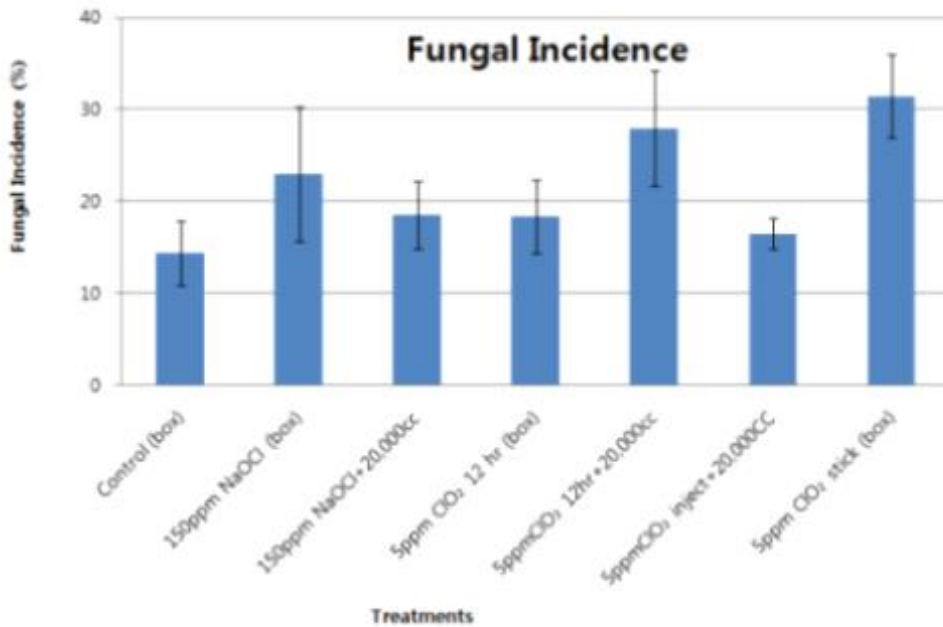


그림33. 저장 종료일의 곰팡이 발생을 비교

저장 종료일의 곰팡이 발생율은 ClO₂ 스틱 처리구가 가장 높았으며, ClO₂ 주입처리구가 가장 낮았다. 토마토 살균을 위해 진행된 본 연구는 대조구에 비해 곰팡이 발생율이 다소 높은 것으로 보다 세밀한 추가 연구가 필요하다고 판단된다.



그림34. 저장종료일의 외관 비교

5. 수출용 딸기 토마토의 소포장을 위한 OTR 필름 적용 MAP 조건 규명
 - 수출용 장거리 수송을 위한 MAP조건 규명 (처리: 산소투과도, 숙기별)

가. <딸기>

○ 연구방법

공시재료: 매향 (진주 수곡)

저장방법: 저온 3℃/13℃에서 20일간, 1,300cc, 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, OTR 필름, 대조구-유공

○ 연구결과

(1) 저온 3℃ 저장

저장기간중 생체중 감소율은 대조구를 제외한 모든 MA저장 처리구는 저장 종료일인 20일까지 1% 미만의 수치를 보였다. 필름 포장내 이산화탄소는 1,300cc 처리구가 저장 15일째 급격한 증가를 보이며 저장 종료일에 30%의 높은 농도를 나타냈고, 나머지 처리구는 10% 미만의 수치를 보이며 딸기의 이산화탄소 최대 허용 범위인 15%를 넘지 않았다. 필름 내 산소 농도는 1,300cc 처리구가 종료일에 0%에 달하였고, 에틸렌 농도는 저장 5일까지 급격히 증가하다 이후 감소하였다.

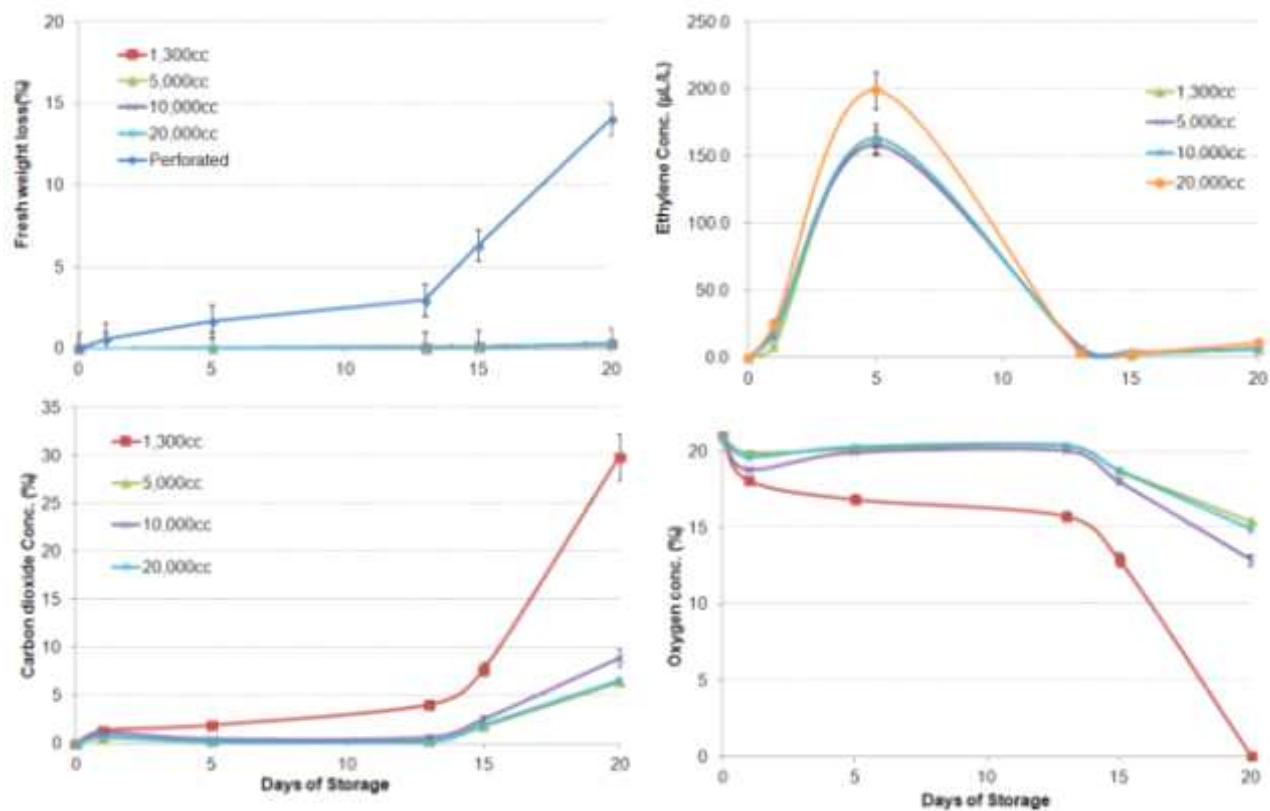


그림35. 저장중 생체중 감소율, 필름 포장내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 변화

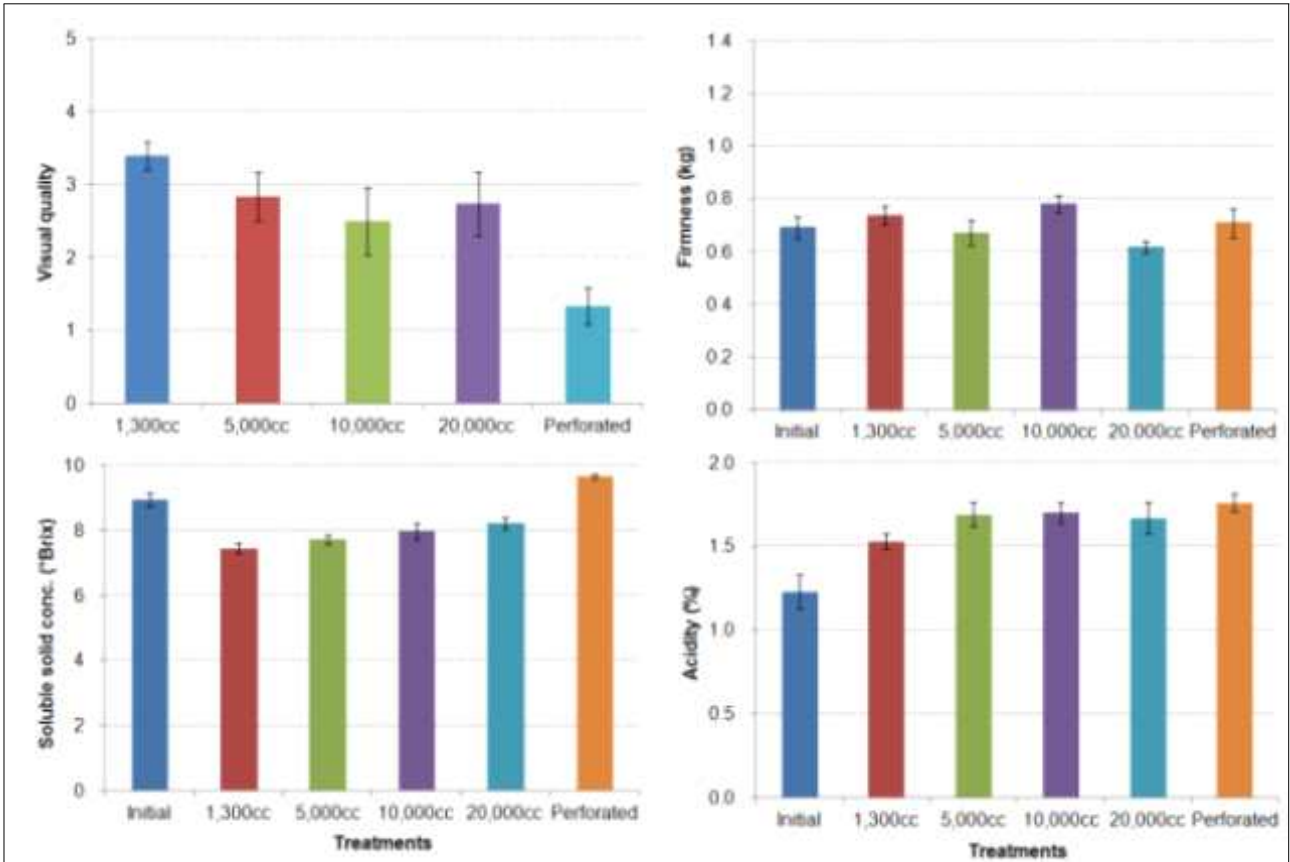
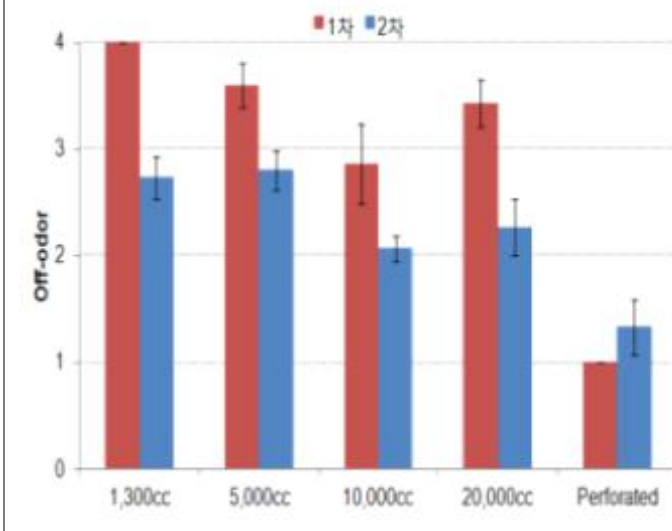


그림36. 저장종료일의 외관, 경도, 당도, 그리고 산도 비교

저장 종료일이 조사한 외관은 1,300cc 처리구가 유일하게 3점 이상으로 상품성을 유지하였으며, 경도는 모든 처리구가 초기값과 유사하였다. 당도는 유공필름 처리구가 수분 손실로 인해 당이 가장 높았으며, 산도는 모든 처리구가 초기값에 비해 증가하였다.



1차 점수: 개봉직후
1: 없음
2: 약간 있음
3: 나쁨
4: 아주 나쁨
2차 점수: 개봉 10분 후
1: 개봉 직후 이취가 전혀 없음.
2: 개봉시 약한 이취가 있으나 개봉 10분 후 사라짐
3: 개봉시 강한 이취가 있으나 10분 후 약하게 남음
4: 개봉시 강한 이취가 있으며 10분경과 시에도 강하게 존재

그림37. 저장 종료일의 이취 비교

저장 종료일에 두 번의 패널테스트에 걸쳐 진행 된 이취는 유공이 가장 낮았으며, 10,000cc 와 20,000cc 처리구가 개봉 10분 후 MA 처리구 중 적었다.

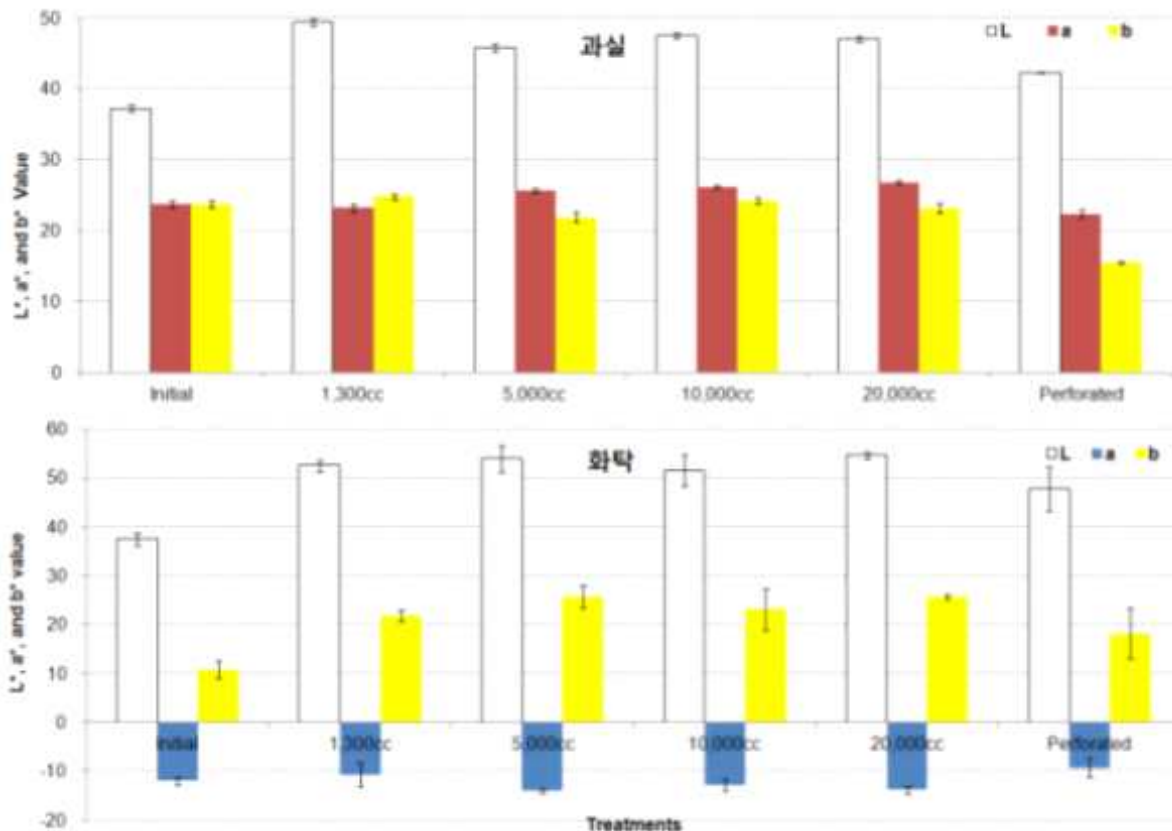


그림38. 저장 종료일의 과실과 화탁의 색도 비교

과실의 명도를 나타내는 L* 값이 초기값에 비해 증가하였으며, a*값과 b*값은 모든 처리구가 비슷하였다. 화탁의 경우 초기값에 비해 b*값이 증가하며 저장일수가 지나면서 황화현상

이 이뤄진 것으로 보인다. 위의 결과를 토대로 매향 딸기의 저온 3°C에서 OTR 필름을 이용한 MAP 저장시 외관이 우수하고, 낮은 이취를 발생하였던 20,000cc 필름이 적합하다고 판단된다.

(2) 저온 13°C 저장

저장중 생체중 감소율은 MAP 저장 처리구는 1% 미만이었으며, 대조구인 유공필름은 25%로 높은 감소를 보였다. 필름포장내 이산화탄소 농도는 1,300cc 처리구가 가장 높은 40%의 농도를 저장 최종일에 나타냈고, 나머지 처리구는 10% 미만을 나타냈다. 포장내 산소 농도는 1,300cc 처리구가 저장 종료일에 0%의 농도를 나타냈으며, 에틸렌 농도는 저장 직후 모든 처리구가 급격히 증가하다가 저장 3일후 감소하여 저장 종료일까지 7-8μL/L 내외를 유지하였다.

저장 종료일에 측정된 외관은 1,300cc가 가장 우수한 외관상 품질을 나타냈고, 경도는 모든 처리구가 초기값과 유사하였으며 당도와 산도는 처리구간의 차이가 나타나지 않았다. 두 번의 패널테스트로 이뤄진 이취 발생 정도를 측정된 결과 대조구인 유공필름이 가장 낮았고 MAP저장 처리구중 1,300cc 처리구가 개봉 10분 후 가장 낮은 이취를 발생하였다. 과실의 색도는 대조구를 제외한 MAP저장 처리구중 처리구간의 차이가 나타나지 않았으며, 화탁의 경우 b*값이 증가하며 다소 황화되었다는 것을 알 수 있었다. 이에 매향 딸기의 13°C 저장시 1,300cc OTR 필름에 저장하는 것이 적합하다.

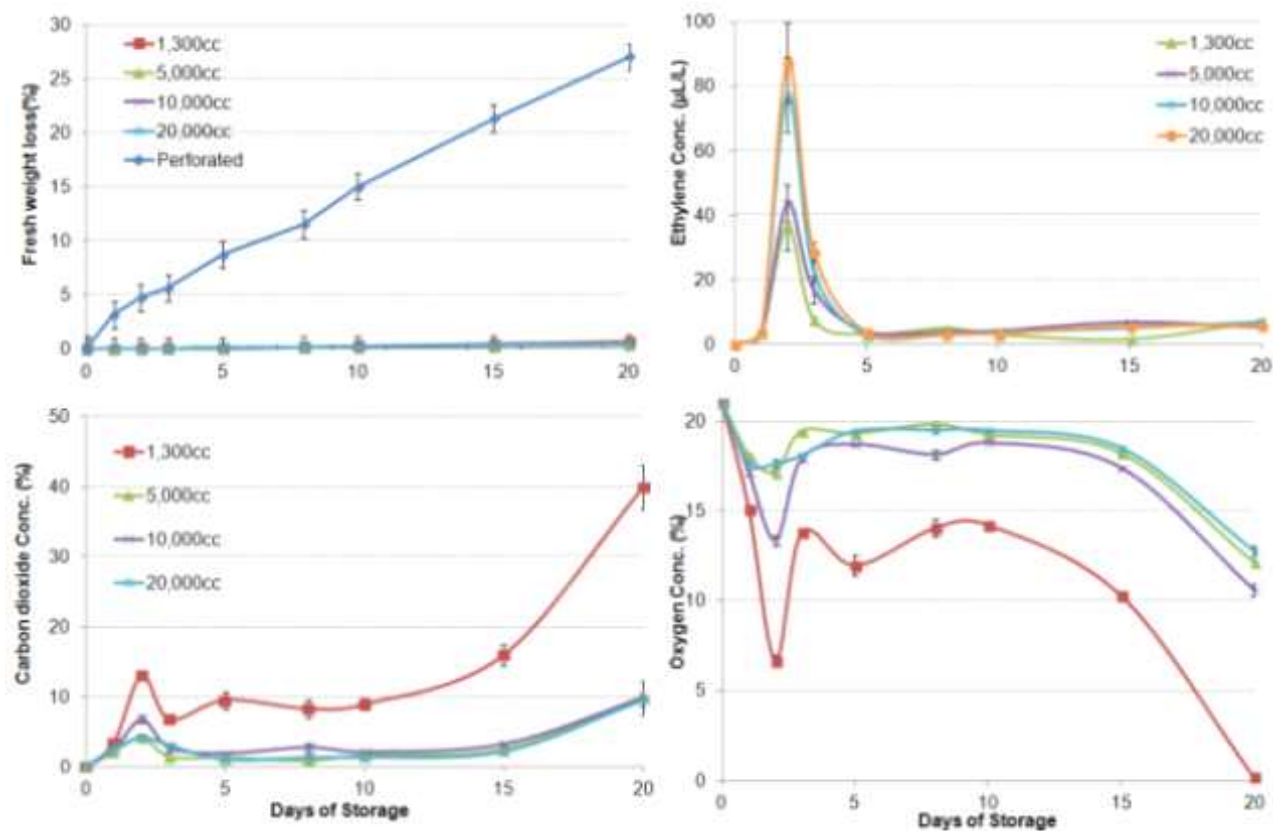


그림39. 저장중 생체중 감소율, 필름내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 변화

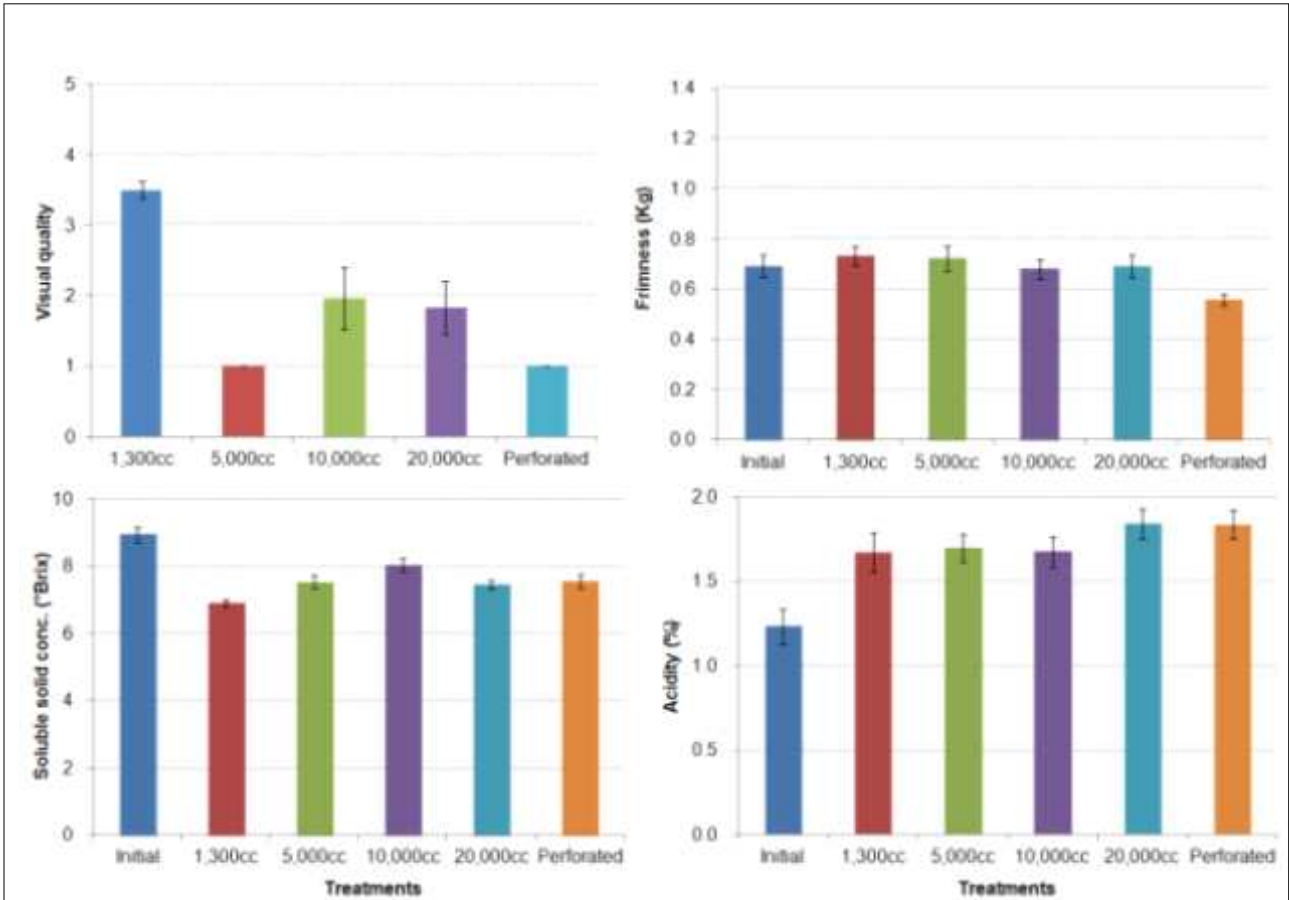
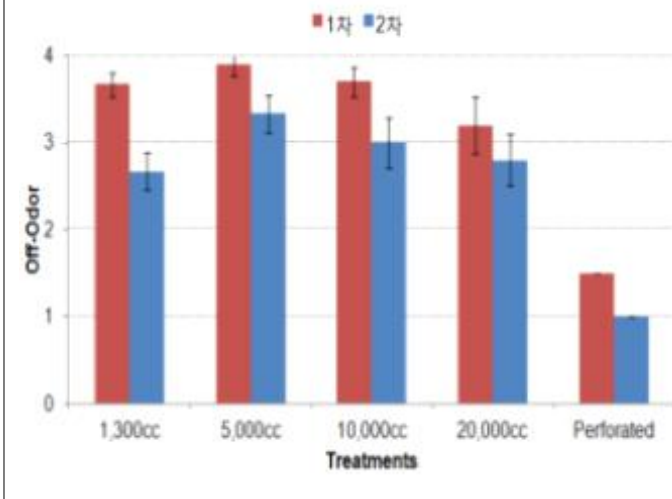


그림40. 저장 종료일의 외관, 경도, 당도, 그리고 산도 비교



1차 점수: 개봉직후
1: 없음
2: 약간 있음
3: 나쁨
4: 아주 나쁨
2차 점수: 개봉 10분후
1: 개봉 직후 이취가 전혀 없음.
2: 개봉시 약한 이취가 있으나 개봉 10분 후 사라짐
3: 개봉시 강한 이취가 있으나 10분후 약하게 남음
4: 개봉시 강한 이취가 있으며 10분경과 시에도 강하게 존재

그림41. 저장 종료일의 이취 발생 정도 비교

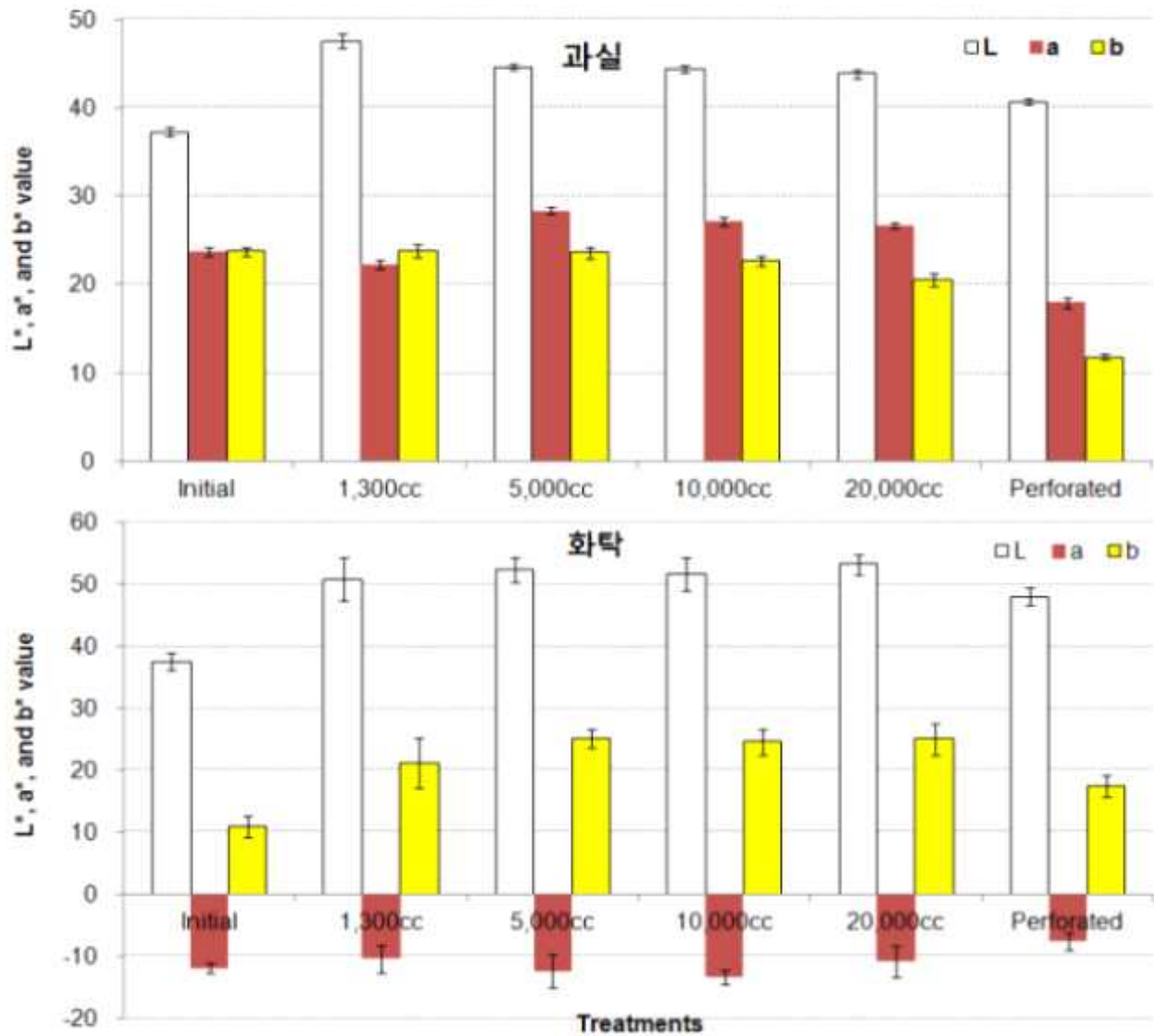


그림42. 저장 종료일의 과실과 화탁의 색도 비교

나. <토마토>

○ 연구방법

공시재료: 유니콘 - 담적색기(Light Red)

저장조건: 5℃/ 11℃

필름종류: 10,000cc, 20,000cc, 40,000cc, 60,000cc, 80,000cc, 100,000cc, 대조구-유공

조사항목: 생체중 감소율, 필름내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도, 외관, 이취 정도, 당도, 산도, 곰팡이 발생율

○ 연구결과

저장중 생체중 감소율은 OTR 필름으로 저장한 MAP처리구 모두 0.5% 미만의 감소를 보였고, 대조구인 유공필름의 경우 5℃는 3%, 11℃는 13%의 높은 수치를 나타냈다. 포장내 산소 농도는 10,000cc 처리구의 경우 5℃는 5% 내외, 11℃는 3% 내외의 낮은 수치를 나타냈고, 이산화탄소 농도는 10,000cc 처리구는 제외한 나머지 모든 처리구가 딸기의 이산화탄소 허용 범위인 15% 미만이었다. 에틸렌 농도는 5℃ 저장 처리구의 경우 20 μ L/L 이하의 농도를 유지하였고, 11℃ 저장 처리구는 저장 직후 급격히 증가하였다가 다시 감소하여 저장 5일 이후부터 낮은 수치를 보였다.

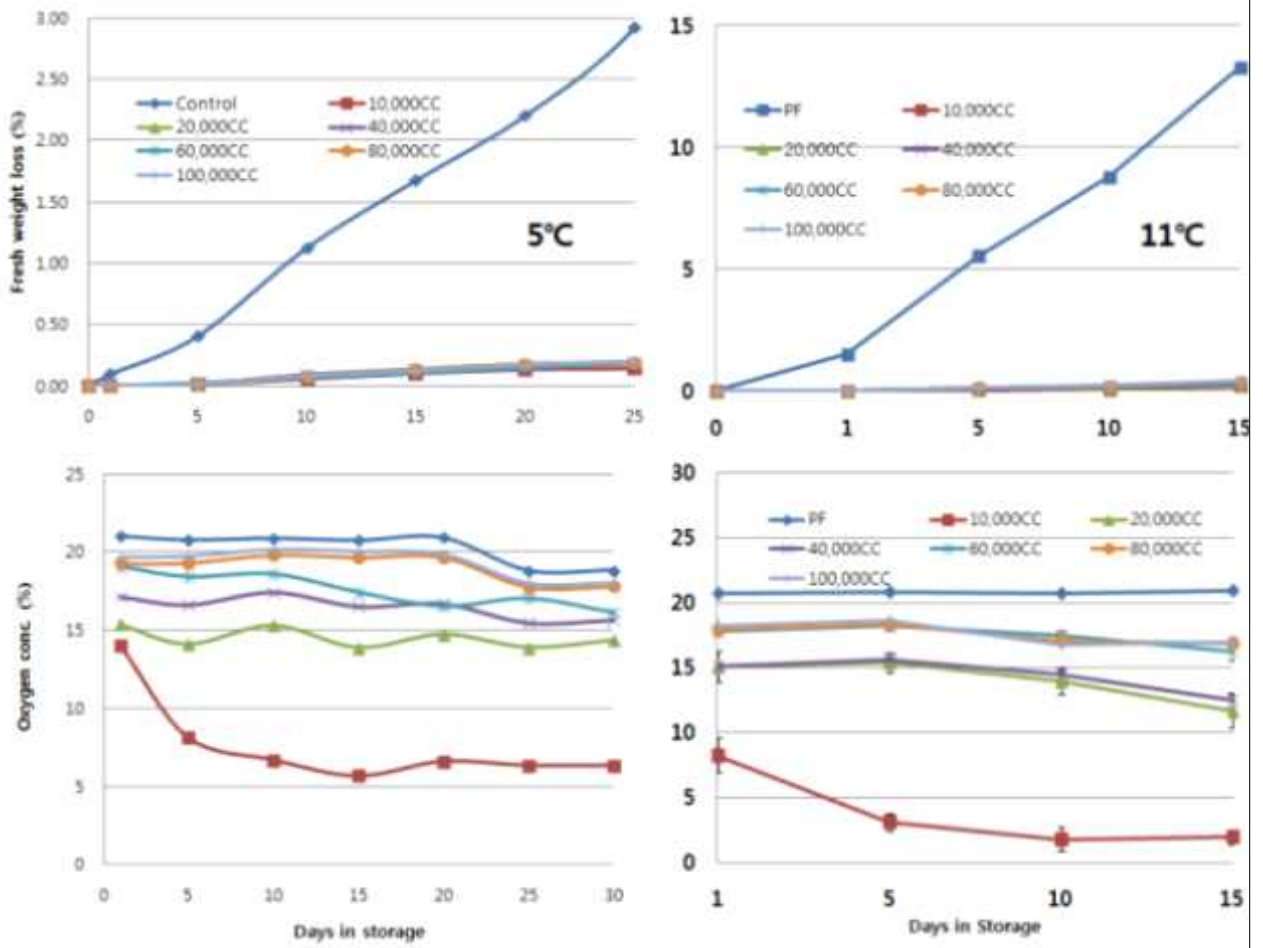


그림43. 저장중 생체중 감소율과 포장내 산소 농도 변화

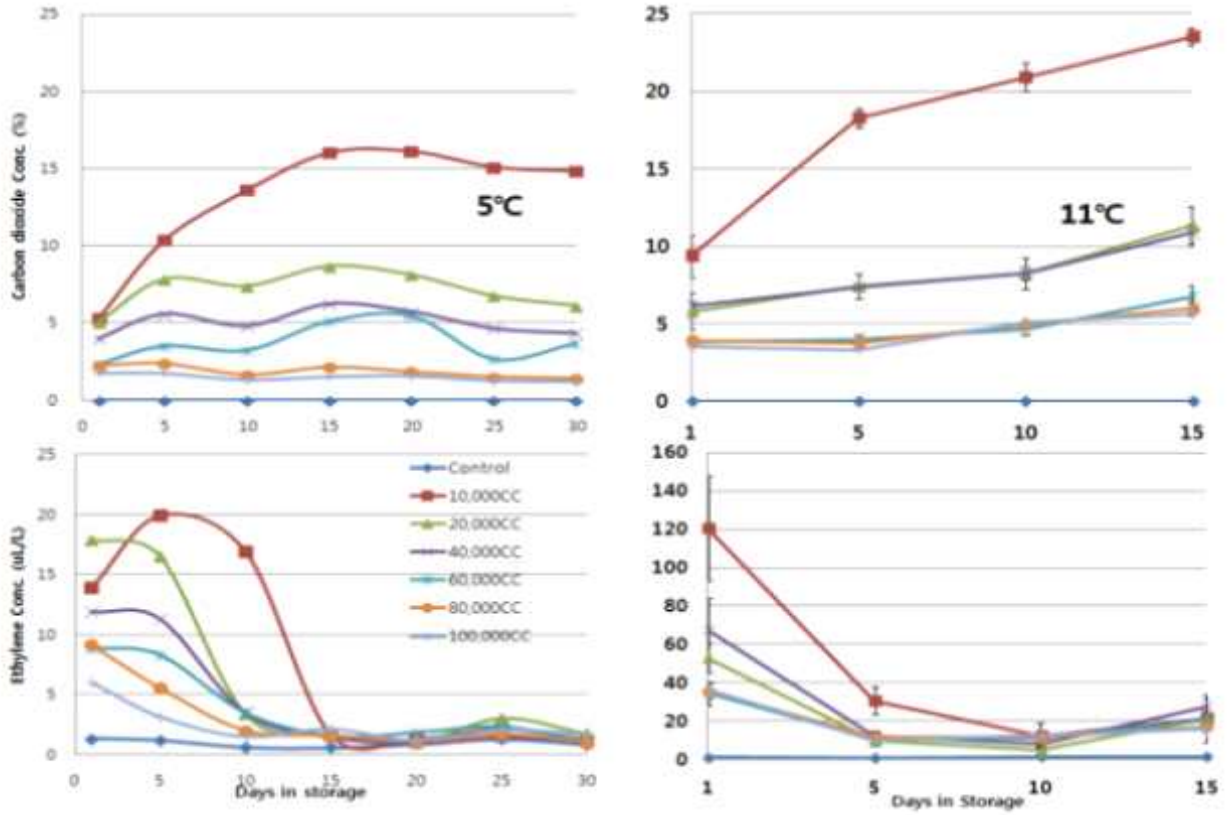


그림44. 저장중 포장내 산소와 에틸렌 농도 변화

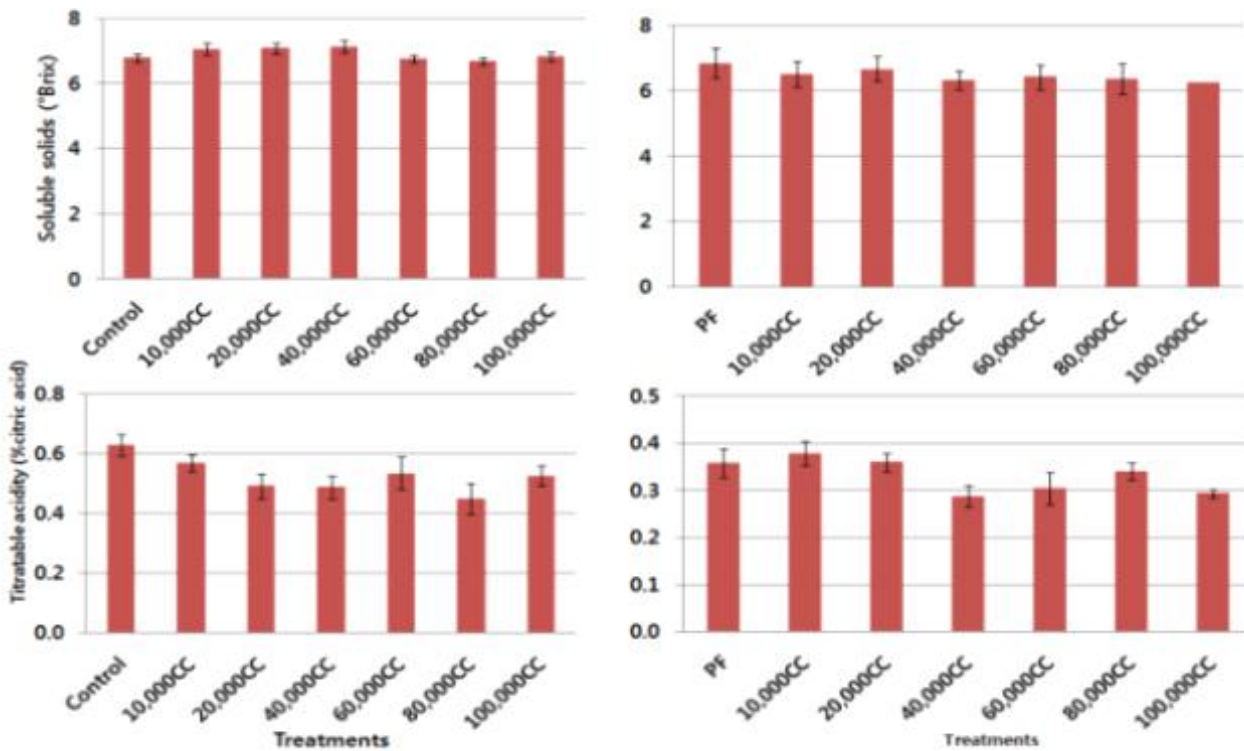


그림45. 저장종료일의 당도와 산도 비교

저장 종료일의 당도는 저장온도와 저장필름에 따른 차이가 나타나지 않았고, 산도는 5°C 저장 처리구중 대조구와 10,000cc 필름, 11°C 저장 처리구에서는 10,000cc와 20,000cc 필름이 높았다. 경도는 5°C와 11°C 저장 처리구에서 20,000cc 필름이 가장 높았으며, 곰팡이 발생율은 두 온도 모두 80,000cc 필름이 가장 낮았다.

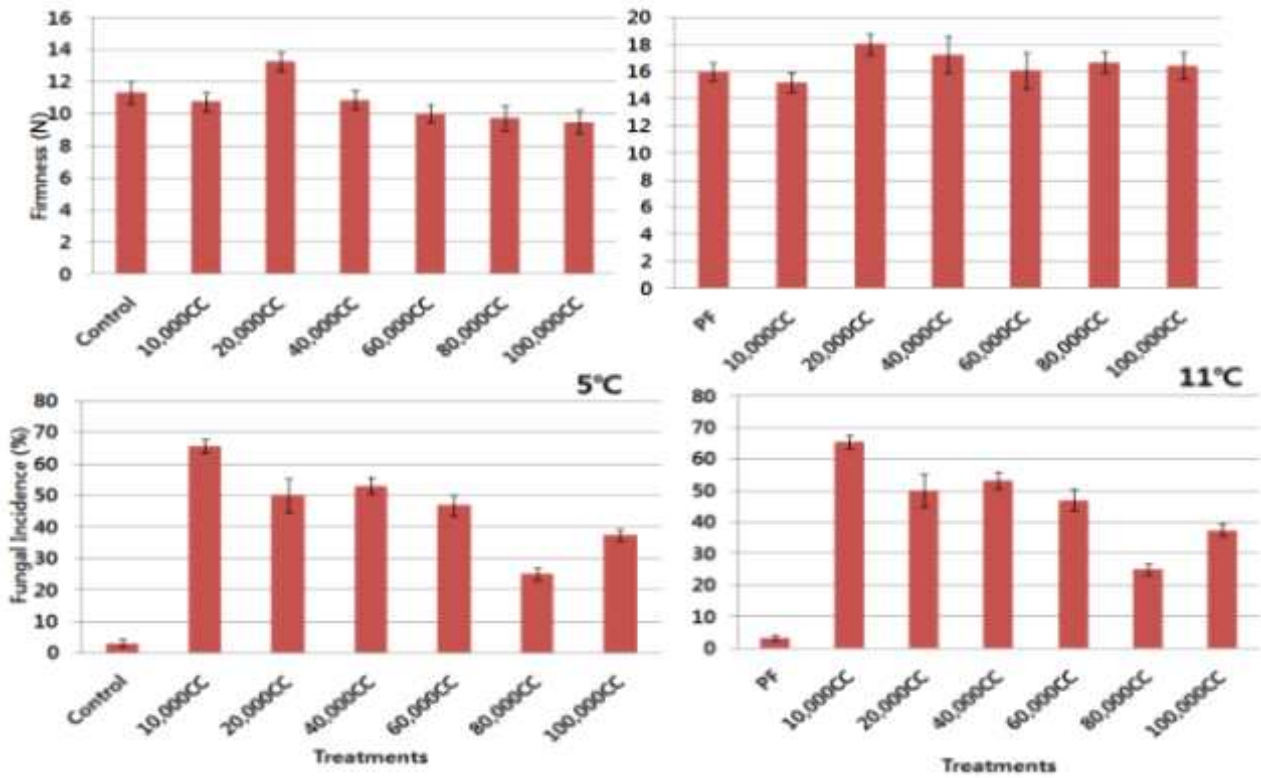


그림46. 저장 종료일의 경도 그리고 곰팡이 발생을 비교

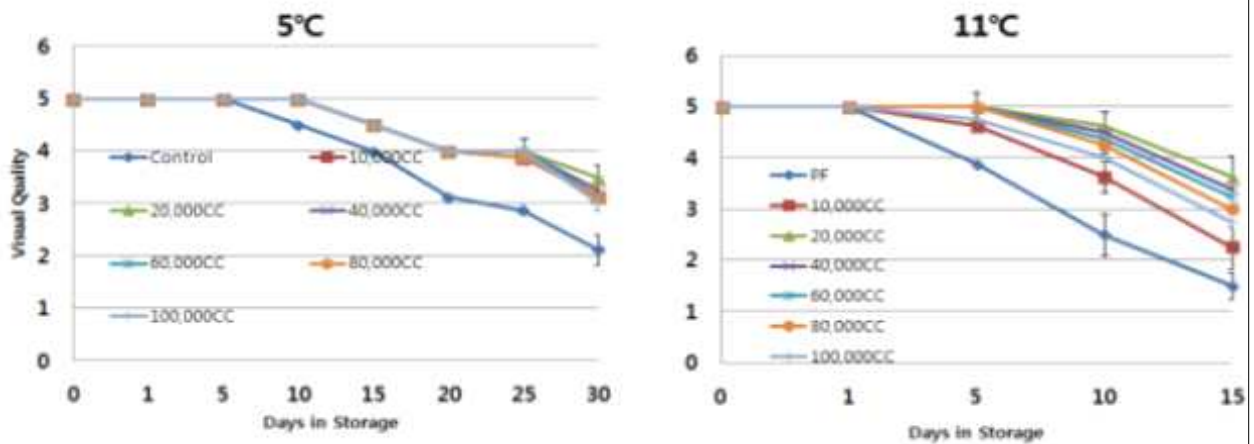


그림47. 저장중 패널테스트를 통한 외광상 품질 비교

패널테스트를 통한 외관상 품질은 두 온도 모두 20,000cc가 가장 우수하였다. 위의 결과를 종합해보면, 경도와 외관이 우수한 20,000cc 필름이 저장 온도와 상관없이 유니콘 토마토의 MAP 저장에 적합하다고 판단된다.

6. 수출용 딸기 토마토 수송 중 환경모니터링

- 수확 후 전처리 기술에 대한 로드맵을 작성: 예냉 환경 조사에서 문제점이 확인되어 선별장의 온도실태 조사를 실시함. 딸기의 품종별 저장성 비교 실험을 추가 실시함
- 기존 살균 방법의 분석을 통한 수송과정 적용 방법 도출 : 실제 싱가포르 수출과정에서 살균처리 효과 조사함
- 기존 수송 중 환경모니터링 기술 중 semi-real time 모니터링 기술 조사 : semi-real time 모니터링에 문제가 발생하여 딸기 유통 조건에서 모의 저장 유통 실험을 실시함
- 토마토 수출 클레임 해소-박스 통기성 및 ‘란’ 구조 개선: 제4협동의 연세대 연구팀에서 연구하였음

<선별장의 온도실태 조사>

○ 조사방법

- 조사장소: 진주 수곡의 수출 딸기 선별장
- 조사기간: 2015년 2월 26일 오전8시부터 오후 5시
- 조사방법: 열화상 카메라



○ 조사결과

선별장 전체 온도 분포를 보면 11도에서 33도까지 분포하였는데, 11도는 예냉실, 저장실의 출입문 온도였고, 33도는 선별장 작업자 신체 온도였음. 선별장에 딸기가 놓이는 선별대의 온도분포는 17.5도 내외를 나타내었음

선별장 내부 온도는 24도 수준으로 측정되었으며, 선별대에 올라온 딸기는 2도수준이었음

- 문제점

세부실험 3의 수출용 딸기 예냉 기술 개선 에서 언급한 바와 같이 1도수준까지 예냉된 딸기가 높은 온도인 선별장에 노출되는 동안 품온이 상승하여 예냉효과가 반감되는 문제점이 파악되었음



그림48. 열화상기로 조사한 선별장의 전체온도와 선별대 온도 분포

<실제 싱가포르 수출과정에서 살균처리 효과 조사>

○ 연구방법 : 실제 싱가포르 수출과정에서 다양한 살균처리 기술 접목

처리장소: 진주 수곡의 수출 딸기 선별장 처리 후 선박수출, 싱가포르 현지에서 조사

연구기간: 2015년 3월 20일 ~ 2015년 3월 31일

조사항목: 곰팡이발생율, 외관상 품질변화, 당도, 경도 변화 조사



○ 조사결과

두 숙기를 대상으로 진행된 싱가포르 현지 조사 결과는 생체중의 경우 선박 수출 운송이 진행된 10일동안 60% 숙기와 80% 숙기 모두 기존 박스 포장하였을 때 1.5%와 1.8%의 감소를 보였다. MA 저장 처리구와 ClO2 주입 처리구는 0.3%미만의 생체중 감소율을 나타냈다.

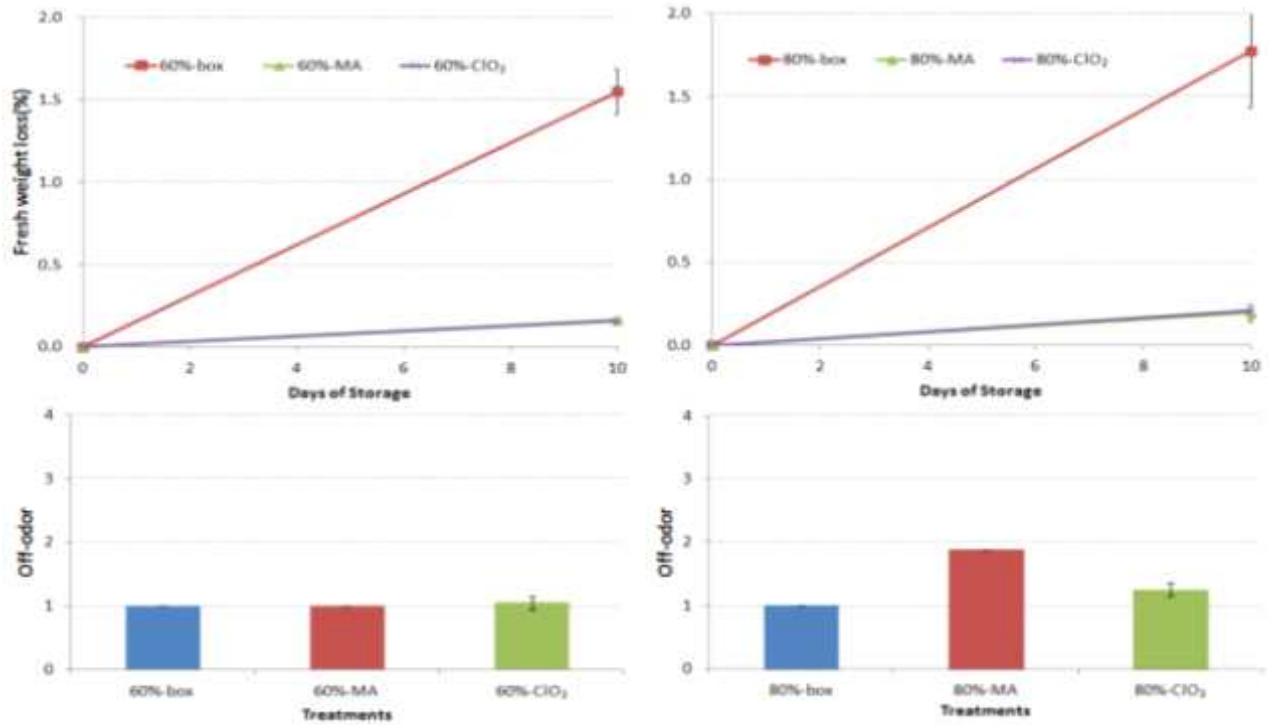


그림49. 살균 처리된 쌀기의 싱가폴 수출 운송 과정중 생체중 감소율과 이취 발생 정도 비교

패널테스트로 진행된 이취는 80% 숙기 MA 저장처리구가 다소 발생되었고, 나머지 처리구는 거의 발생되지 않았다. 경도는 초기값에 비해 숙기가 진행됨에 따라 경도가 증가하였고, 처리간의 차이는 나타나지 않았다. 당도는 모든 숙기의 처리구가 초기값과 유사한 결과를 보였다.

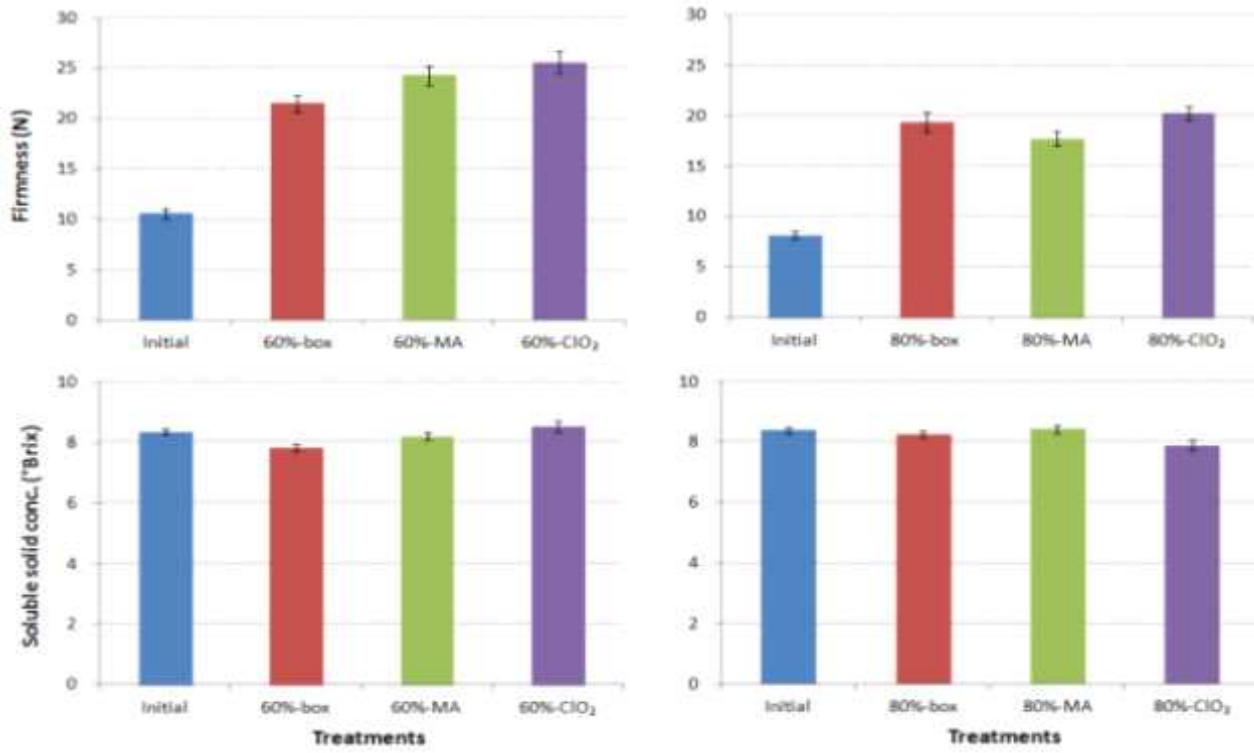


그림50. 살균 처리된 딸기의 싱가포르 수출 운송 과정 종료시 경도와 당도 비교

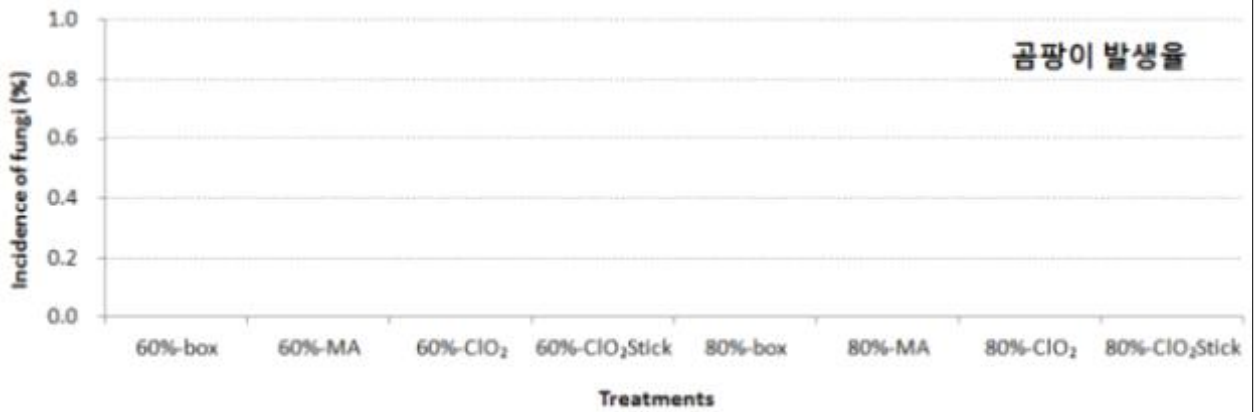


그림51. 살균 처리된 딸기의 싱가포르 수출 운송 과정 종료시 곰팡이 발생을 비교

운송 종료시 조사한 곰팡이 발생율은 모든 처리구에서 곰팡이가 발생하지 않았다. 선박 운송시 1-2°C 내외의 저온으로 꾸준히 운송되어 곰팡이가 발생하지 않은 것으로 판단되며, 추후 운송과정 중 여러 상황이 발생할 수 있기 때문에 추가 연구가 요구된다.



그림52. 살균 처리된 딸기의 싱가포르 수출 운송 과정 종료시 외관 비교

7. 딸기 품종별 품질 비교 실험

○ 연구방법

공시재료: 매향, 설향, 장희, RC1, RC2, RC3, DS5 (진주 수곡)

저장방법: 3℃에서 20일간 저장

조사항목: 경도, 당도, 산도, 호흡률, 에틸렌 발생률

○ 연구결과

품종별 호흡률은 대체로 12mgCO₂/kg/hr 수준을 보였는데, 품종별로는 설향, RC3이 낮았으며, 장희가 가장 높은 호흡률을 보였다. 에틸렌 발생률은 호흡률에 비해 품종간 차이가 컸는데, 매향, RC2에서 높았으며, 설향, RC1, DS5에서 낮았다. 호흡률과 에틸렌 발생률에 품종별로 일정한 경향을 보이지 않았다. 이러한 결과에는 딸기의 숙기가 영향을 미쳤던 것으로 보이는데, 재배 농가에서 수확한 관계로 수확시 숙기가 매향은 70%내외, 나머지 품종은 80% 수준으로 상이하였다.

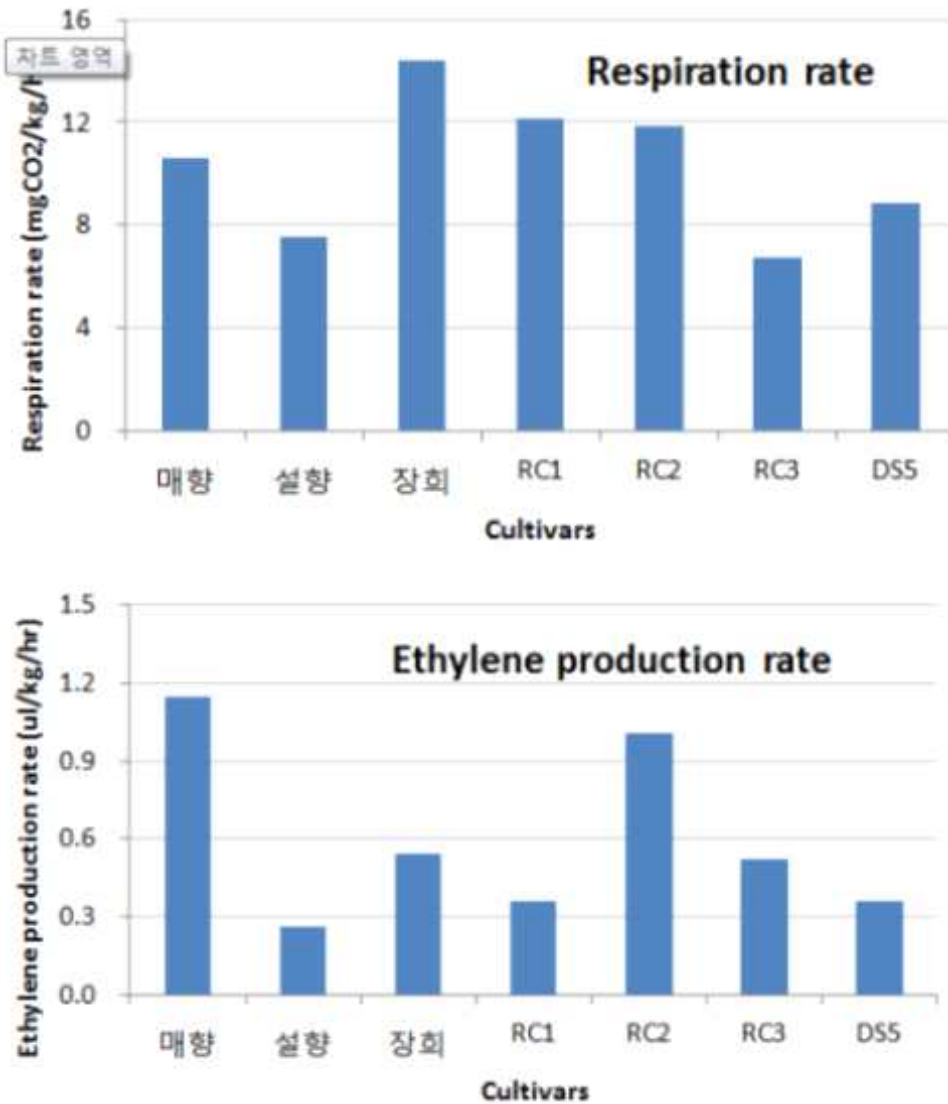


그림53. 딸기의 품종별 호흡률, 에틸렌 발생률 비교

경도와 산도는 매항이 가장 높았고, DS5 품종도 다른 품종에 비해 다소 높은 수치를 보였다. 당도는 장희가 가장 우수하였으며, 매항 품종과 DS5 품종도 8°birx 이상이었다.

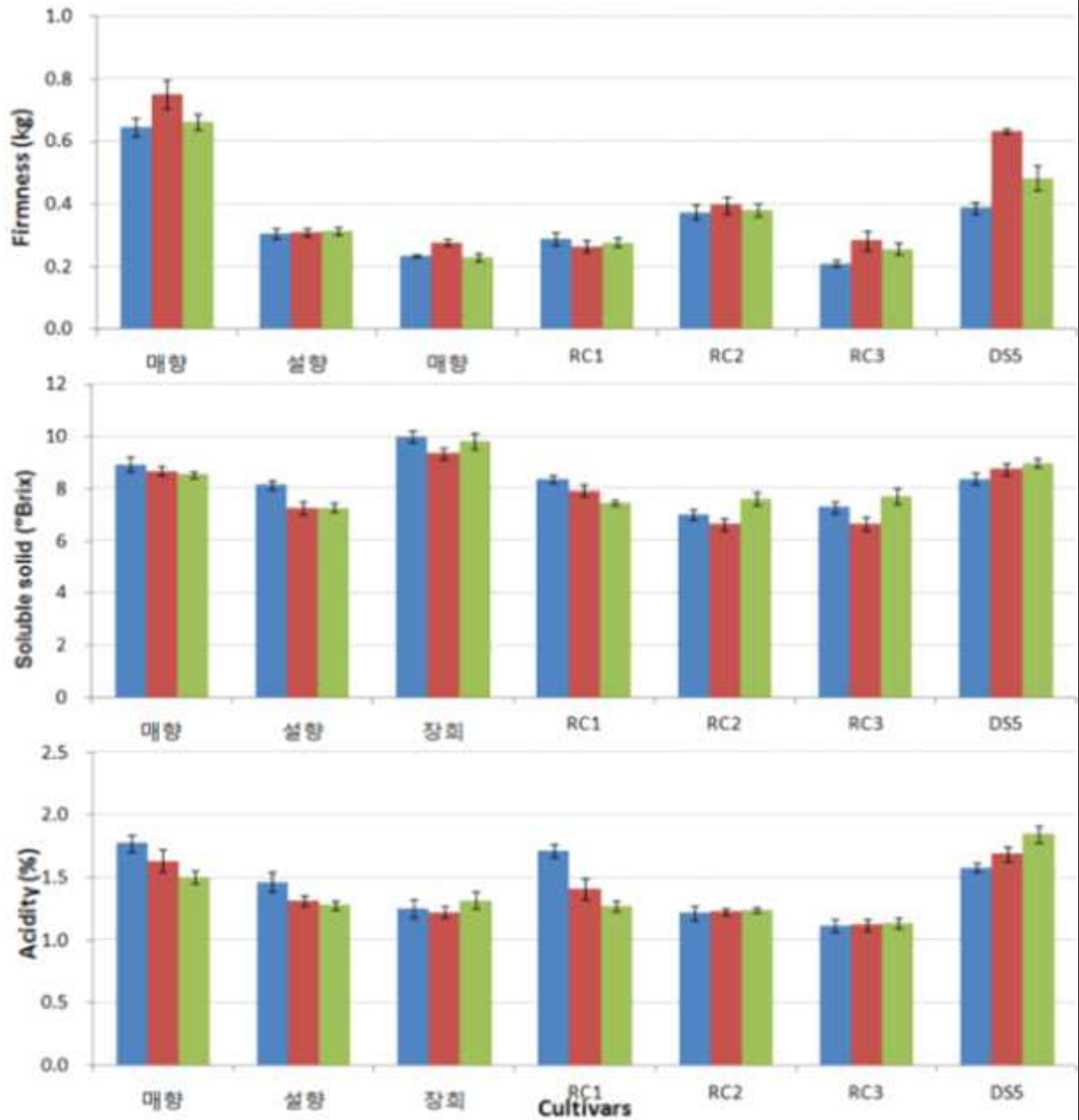


그림54. 딸기의 품종별 경도, 당도, 산도 비교 (재배 베드 반복별)

8. 딸기 유통 조건별 모의 저장 유통 실험

가. <딸기>

○ 연구방법

* 싱가포르의 항공 및 선박 수출시 조건

	처리,포장,적재	운송	현지도착	저장고&매대
항공	24시간- 13℃		10시간- 28℃	8℃
선박	13일- 3℃		1시간- 10℃	8℃

위의 조건별로 OTR 필름 포장하여 비교실험.

공시재료: 매향 (진주 수곡)

저장조건: 1,300, 20,000, 40,000, 80,000, 100,000cc/m² · day · atm OTR 필름, 대조구(유공 필름)

조사내용: 저장중-생체중감소율, 필름내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도, 외관(패널테스트)
저장종료일- 이취(패널테스트), 경도, 당도, 산도

○ 연구결과

(1) 항공 수출조건에 따른 MA저장성 비교 및 OTR 필름 구명

본 연구는 동남아 싱가포르와 홍콩의 항공 컨테이너 수출시 조사된 온도의 변화를 시뮬레이션하였다. 산소투과도가 조절되는 OTR 필름을 적용하여 수출시 최적의 투과도 구명하기 위해 연구를 진행하였다. 7일간 저장중 생체중 감소율은 대조구인 유공필름을 제외하고 모든 OTR 필름 처리구는 1%미만이었고, 이산화탄소는 산소투과도가 1,300cc인 처리구가 20%의 고농도를 보였고, 나머지 필름 처리구는 5% 미만의 보이며 딸기의 이산화탄소 최대 허용 농도 15%보다 낮았다. 포장내 산소농도는 1,300cc 처리구가 5% 미만을 보였고, 에틸렌 농도는 저장 1일째 급격히 증가한 후 1일 이후 감소하여 저장 종료일까지 3μL/L 내외의 농도를 유지하였다.

숙달된 패널들에 의해 진행된 품질의 외관과 이취 정도는 3점을 기준으로 상품성을 판단하게 되는데, 외관의 경우 저장 4일 이후 대조구인 유공필름의 외관상 품질이 가장 빠르게 저하되었다. OTR 필름 처리구중 1,300cc 처리구가 5일 이후 상품성을 상실하였고, 그 이외 나머지 처리구들은 저장 종료일인 7일까지 상품성을 유지하였다. 이취는 유공필름과 100,000cc 필름이 가장 적게 발생하였으며, 산소투과도가 적을수록 이취가 많이 발생하였다.

경도는 초기값에 비해 모든 처리구가 낮아졌는데, 그중 1,300cc, 20,000cc, 그리고 100,000cc 처리구가 양호하였고, 당도는 1,300cc, 20,000cc, 그리고 유공필름이 높았다. 산도는 20,000cc, 80,000cc 그리고 100,000cc 처리구가 초기값과 유사한 결과를 보였다. 위의 결과를 종합해보면 저장 중 외관상 품질이 우수하였고, 경도, 당도 및 산도가 양호하였던 20,000cc 필름이 싱가포르와 홍콩의 항공 수출시 적합한 것으로 판단된다.

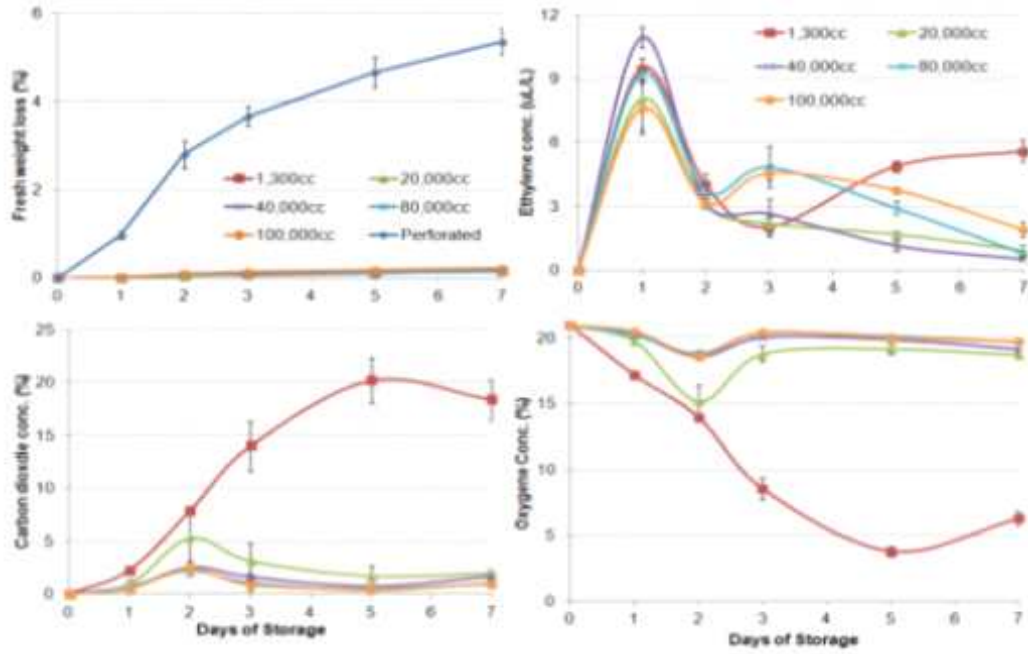


그림55. 싱가포르와 홍콩의 항공 수출조건에 따른 OTR 필름을 이용한 MA 저장시 생체중 감소율, 포장내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 변화

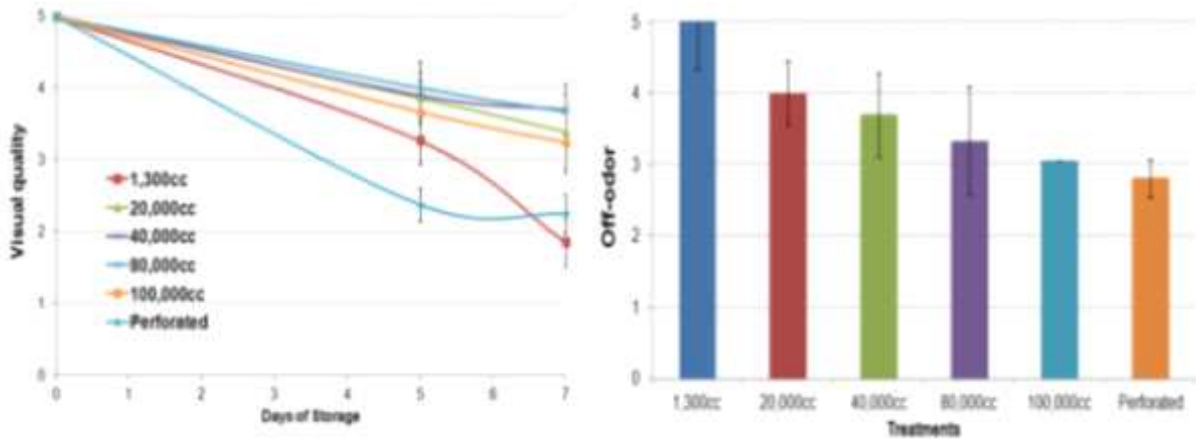


그림56. 싱가포르와 홍콩의 항공 수출조건에 따른 OTR 필름을 이용한 MA 저장시 외관상 품질변화와 저장 종료일의 이취 발생 정도

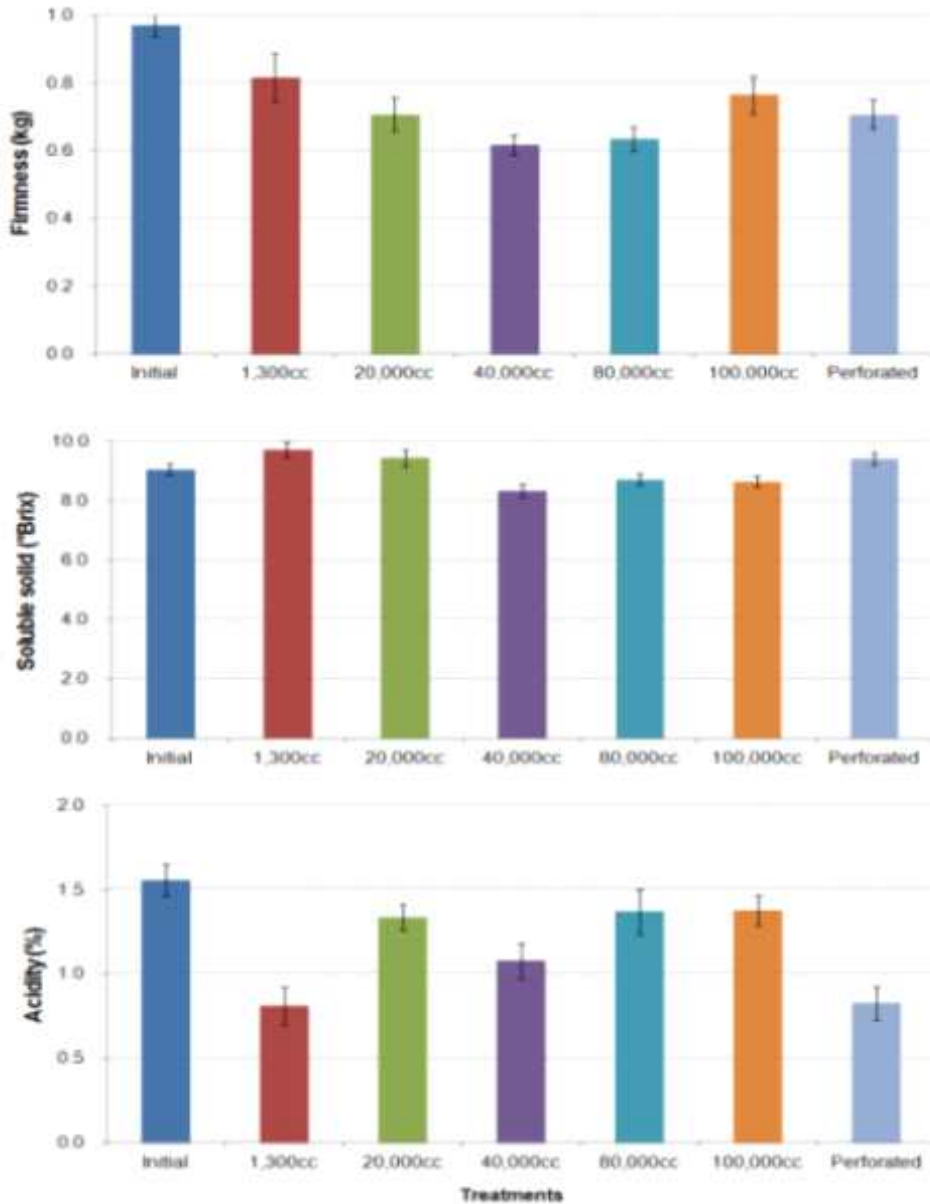


그림57. 싱가포르와 홍콩의 항공 수출조건에 따른 OTR 필름을 이용한 MA 저장시 저장 종료일의 경도, 당도, 그리고 산도 비교



그림 4. 저장 종료일의 외관 비교

(2) 선박 수출조건에 따른 MA저장성 비교 및 OTR 필름 구멍

싱가포르와 홍콩의 선박 컨테이너 수출시 조사된 온도의 변화를 바탕으로 OTR 필름으로

MA 저장하여 시뮬레이션 한 연구이다. 선박 수출시 적합한 OTR 필름을 규명하는 것을 목적으로 이뤄졌다. 저장중 생체중 감소율은 저장 종료일인 경과 20일까지 대조구인 유공필름 처리구는 3% 이상의 수치를 보였다. 필름내 이산화탄소는 1,300cc 필름이 15%에 육박하는 농도를 보였고, 산소 농도는 10% 미만으로 감소하였다. 에틸렌 농도는 15%에서 내외에서 증감하였다.

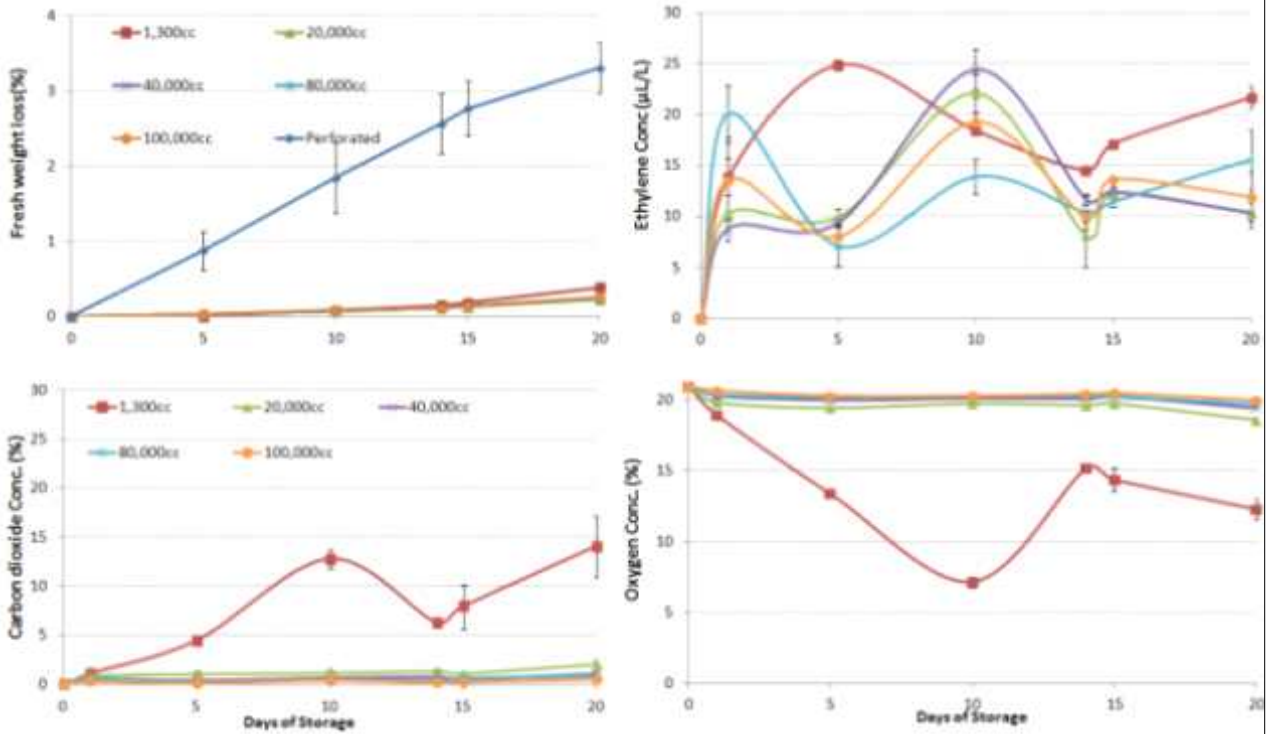


그림58. 싱가포르와 홍콩의 선박 수출조건에 따른 OTR 필름을 이용한 MA저장시 생체중 감소율, 필름 포장내 이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌 농도 변화

저장중 패널테스트를 통한 외관상 품질 변화는 유공필름과 1,300cc 필름이 가장 낮았으며, 20,000cc 필름이 가장 높은 외관을 보였다. 이치는 20,000cc와 유공필름이 적게 발생하였다.

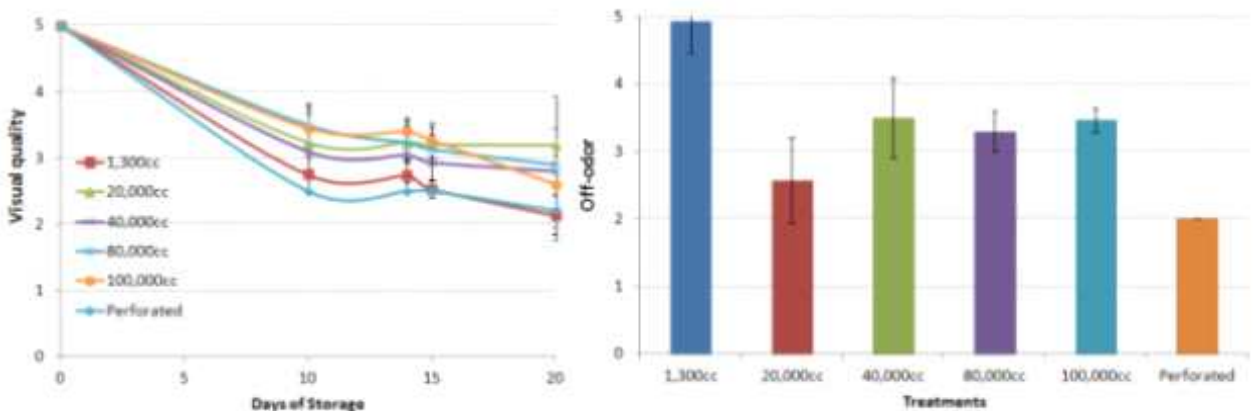


그림59.. 싱가포르와 홍콩의 선박 수출조건에 따른 OTR 필름을 이용한 MA저장시 외관 그리고

고 이취 비교

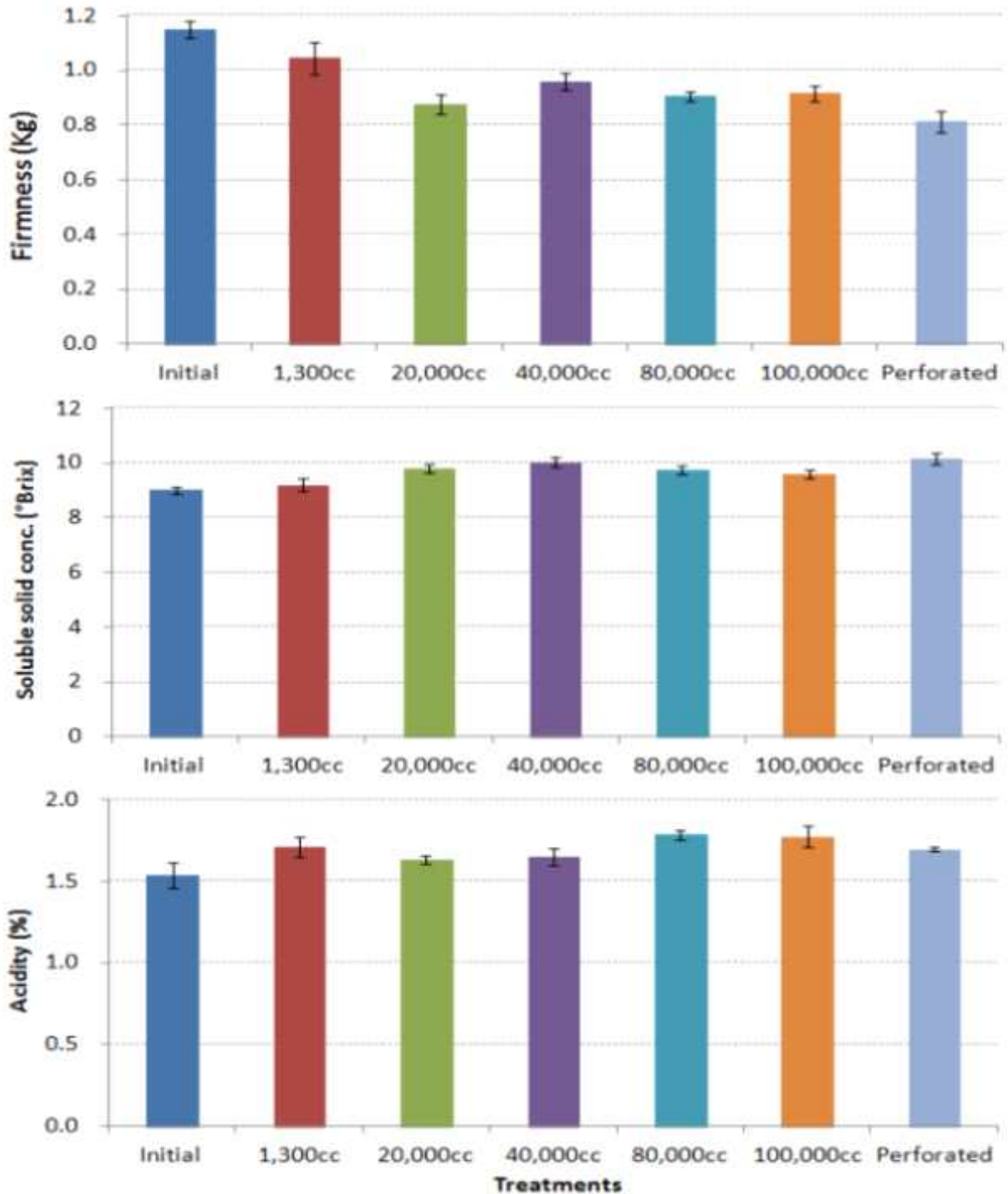


그림60. 싱가포르와 홍콩의 선박 수출조건에 따른 OTR 필름을 이용한 MA저장시 저장 종료일의 경도, 당도, 그리고 산도 비교

저장 종료일의 경도는 1,300cc 처리구가 초기값과 가장 유사하였고, 당도와 산도는 모든 처리구가 초기값과 유사한 결과를 보였다. 이상의 결과를 토대로 싱가포르와 홍콩의 선박 수출시

외관상 품질이 가장 우수하고, 이취가 적게 발생한 20,000cc 필름이 적합하다고 판단된다.



그림61. 선박 수출조건에 따른 OTR 필름 적용 저장실험의 저장종료일 외관

<2차년도>

1. 수출용 딸기 및 토마토의 수출 조건별 수확 적기 제시

가. <딸기>

딸기는 저장 기간이 짧고 수송 중 과실이 외상이 쉽게 발생하여 수출과 같은 장기 수송을 위해 현재는 70%미만인 숙기에서 수확하여 수출되고 있다. 미숙과의 경우 당도, 색깔 등 품질이 완숙과에 비해 떨어지고, 크기(무게) 또한 적어 생산자 입장에서는 완숙과의 수출을 희망하는 경우도 많다. 숙기별 저장성에 대해서는 기존의 보고도 있었고, 본 연구과제에서도 1년차에 결과를 보고한바 있다.

(1) 고농도 이산화탄소 전처리 및 숙기별 저장 중 품질 비교

2년차 연구에서는 미국 등 선진국에 딸기의 저장성 향상을 위해 처리하고 있는 고 이산화탄소 처리가 딸기의 숙기별로 어떠한 영향을 미치는지를 조사하고자 하였다.

○ 연구 방법



그림 511. 숙기별 반숙과 60%, 완숙과 80% 사진

공시재료: 수출용 딸기 ‘매향’을 숙기별로 반숙과(60%), 완숙과(80%)로 분류

저장 전처리: 밀폐용기에 이산화탄소 35%, 50%에 각각 숙기별로 담아 2시간 동안 전처리 하여 유공필름으로 포장, 대조구로 무처리로 분류

조사내용: 생체중 감소율, 당도, 산도, 경도, 곰팡이 발생률, 과육 및 화탁 색변화 관능평가로 외관, 이취를 조사

○ 연구 결과

본 실험은 수출용 딸기 ‘매향’을 숙기별로 반숙과(60%), 완숙과(80%)로 나누어 숙기별 저장 비교 실험 및 고농도 이산화탄소 전처리 효과를 알아보기 위해 실시하였다.

저장 중 생체중 감소율의 변화는 저장 10일차까지는 비슷하게 유지하였으나, 저장 최종일인 17일차에 60%-CO₂ 35% 처리에서 10%이상 감소하여 가장 높았으며, 80%-무처리에서 가장 낮게 감소하였다. 이산화탄소 전처리가 무처리구보다 높은 생체중 감소의 경향을 보였다. 처리 간 숙기의 차이는 표준편차를 고려하였을 때 차이가 없었다.

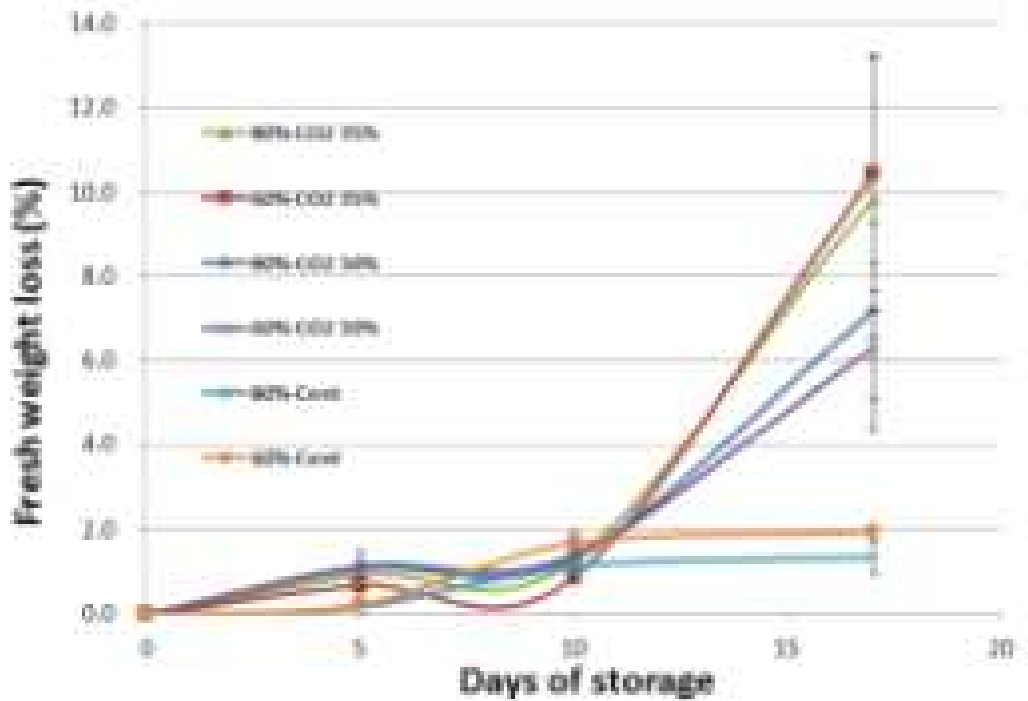


그림 512. 숙기별 이산화탄소 전처리에 따른 저장 중 생체중 감소율 변화
Vertical bars represent \pm SD (n=4)

저장 종료일의 측정된 당도의 경우 모든 처리가 초기값보다 감소하였다. 통계적 유의성은 없었으나 60%-CO₂ 35%, 60%-무처리에서 다소 높았고, 60%-CO₂ 50%에서 가장 낮았다. 특히 60%-CO₂ 35%의 경우, 생체중감소가 매우 높게 나타났었는데 수분감소에 따른 당분의 농축현상이라 판단된다. 산도는 초기값과 비교 할 때 완숙(80%) 처리가 감소폭이 더 높았으며, 반숙(60%) 처리는 비슷한 경향을 나타내었다. 완숙처리는 80%-무처리가 초기값과 유사하였고, 반숙처리는 모든 처리가 초기값과 유사하였다.

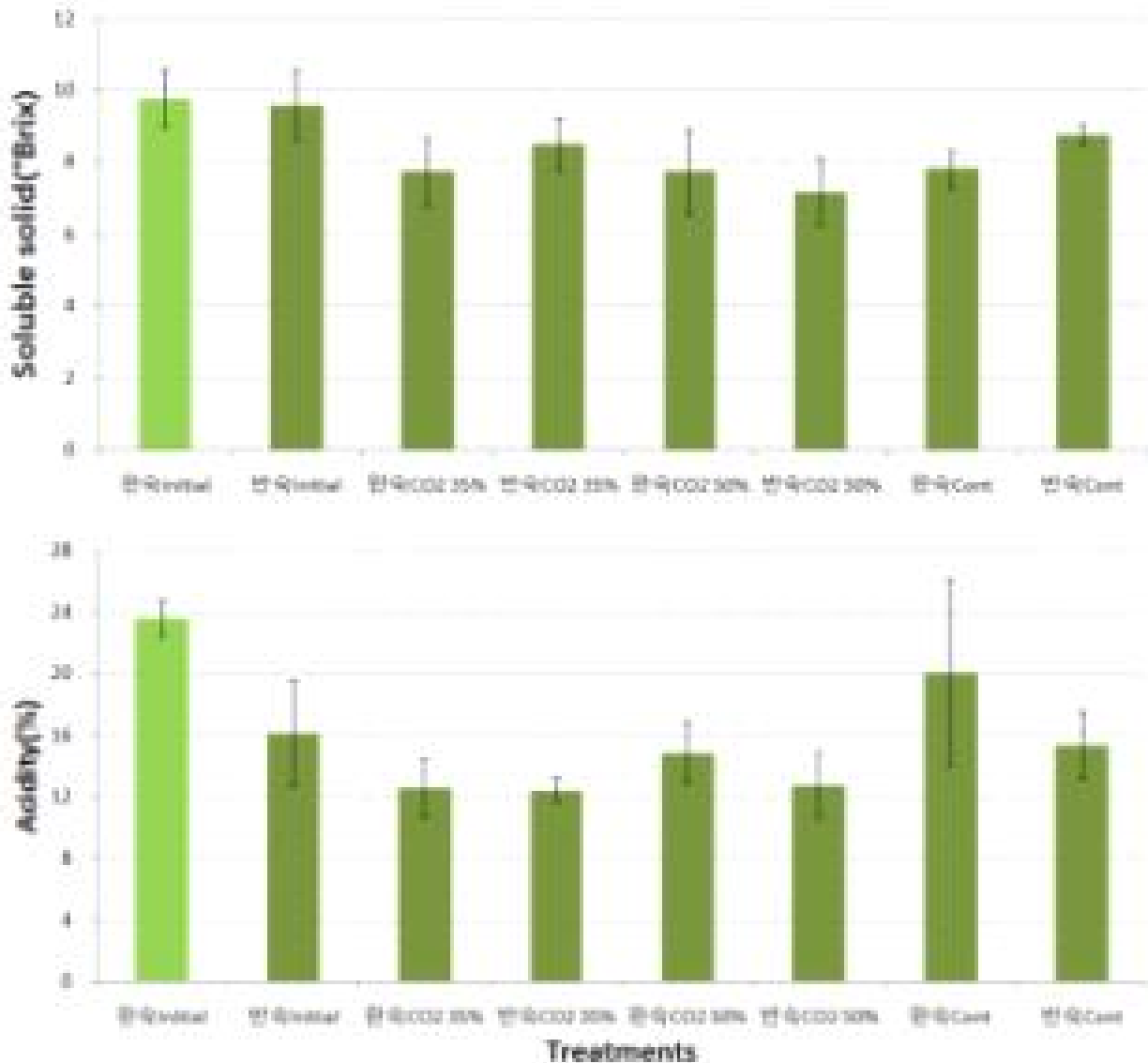


그림 513. 숙기별 이산화탄소 전처리에 따른 저장 종료일의 당도 및 산도 Vertical bar represent \pm SD (n=4)

저장 종료일에 측정된 경도는 완숙은 80%-무처리, CO2 35%에서 증가하였으나 80%-CO2 50%에서는 감소하였다. 반숙은 모든 처리가 증가하였으며, 고농도의 이산화탄소에서 전처리한 60%-CO2 50%에서 가장 많이 증가하였다. 경도의 경우 딸기에서 이산화탄소 처리에 따른 경도 증진효과가 있다고 보고되었는데, 80%-CO2 50%를 제외하고 이산화탄소 처리 농도에 따라 경도가 증가하는 것을 관찰 할 수 있었으며, 숙기별로는 반숙처리가 더 효과 있었다. 곰팡이 발생률에서 완숙은 80%-무처리, CO2 35%에서 80%내외의 발생률을 나타내었으며, 반숙은 모든 처리가 40-50%의 발생률을 나타내었다.

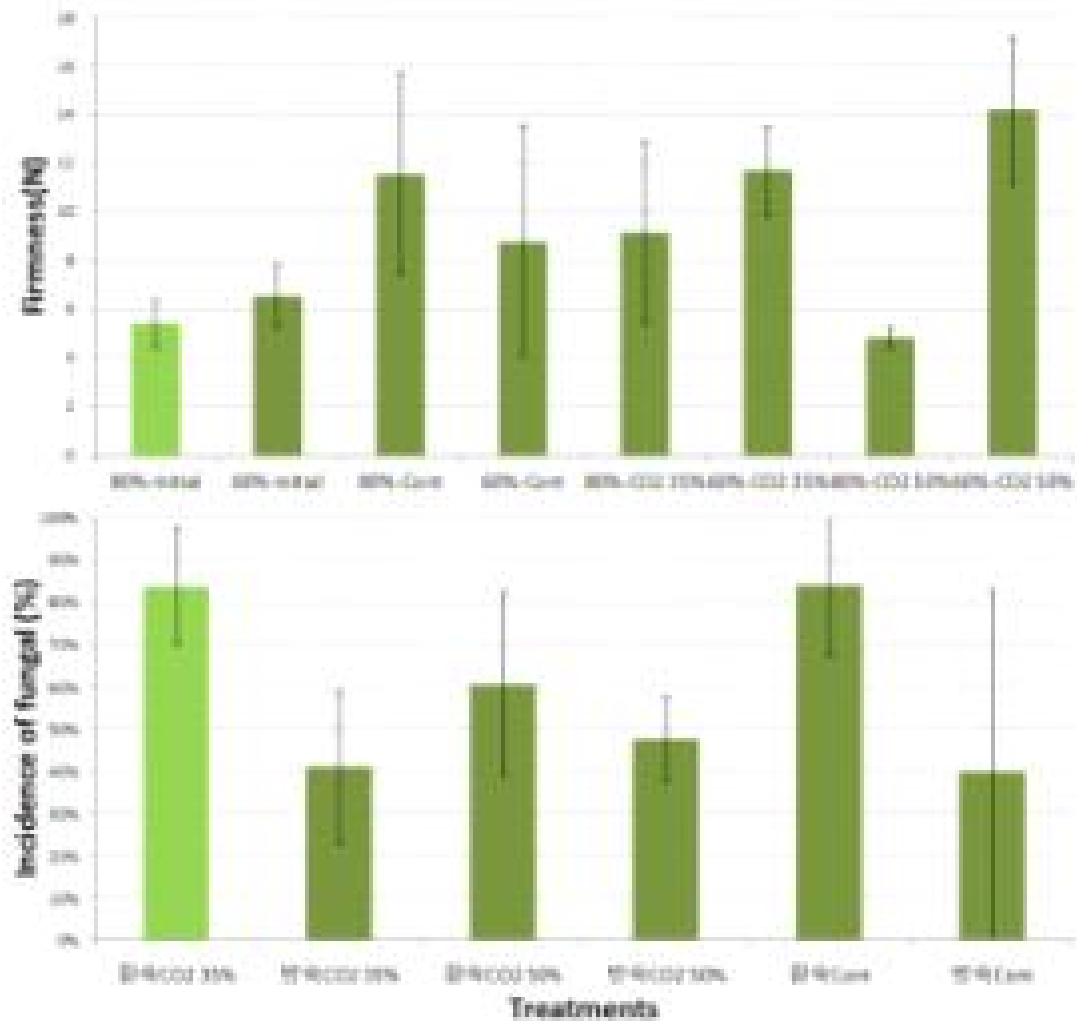


그림 514. 숙기별 이산화탄소 전처리에 따른 저장 종료일의 경도 및 곰팡이 발생률 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

외관상 품질의 등급은 저장전 가장 좋은 상태를 5점, 상품성이 유지된 상태를 3점, 그리고 완전폐기 상태를 1점으로 하였다. 외관상 품질은 모든 처리가 1점 이하로 외관상 품질이 매우 떨어진 상태였다. 이는 곰팡이 발생, 수분 손실, 무름 등의 원인으로 다음의 결과를 나타내었다고 판단된다.

이취의 평가 등급은 이취를 느끼지 못하는 수준을 0점, 이취가 매우 강한 수준을 4점으로 하였다. 이취는 80%-무처리에서 가장 높았고 나머지 처리 또한 3.5이상으로 이취가 많이 발생한 상태였다.

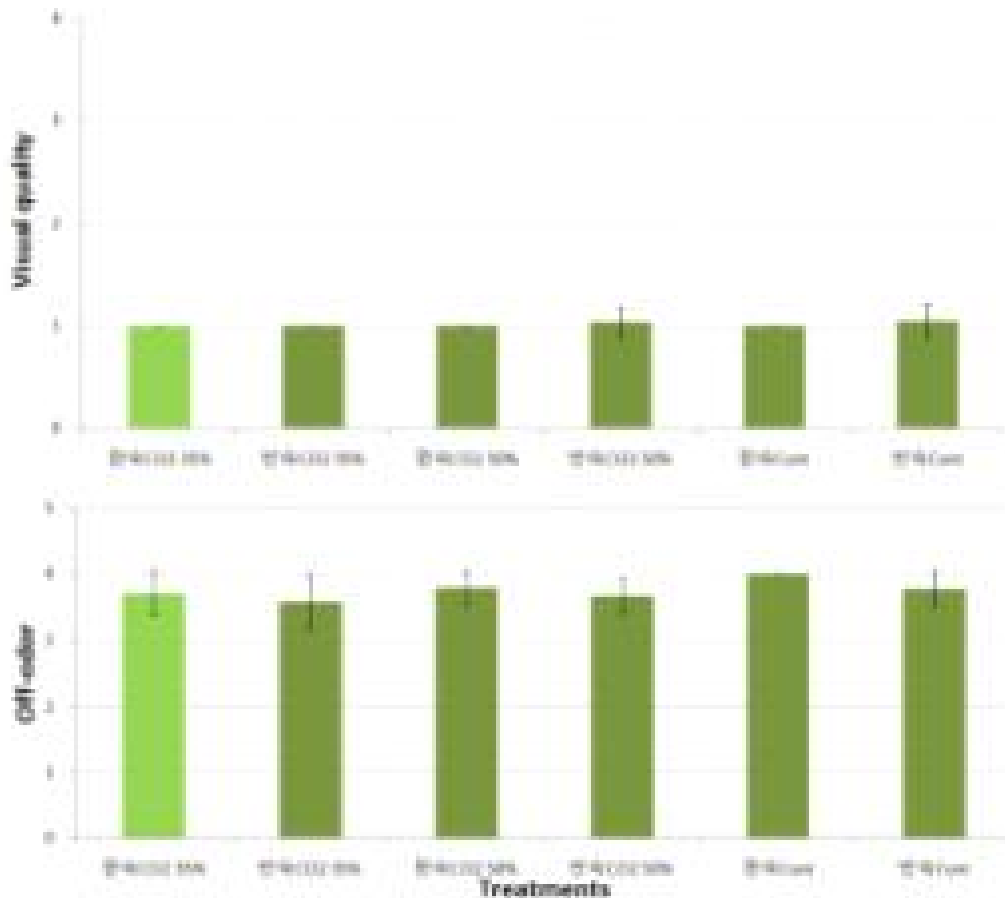


그림 515. 숙기별 이산화탄소 전처리에 따른 저장 종료일의 외관 및 이취
Vertical bars represent \pm SD (n=4)

색차계로 측정된 과육과 화탁의 색변화의 경우, 과육은 완숙에서 초기값과 비교할 때 80%-무처리에서 가장 많이 감소하였고, 나머지 처리는 비슷한 수치를 유지하였다. 반숙은 60%-무처리, CO2 35%에서 초기값과 비슷하였고 60%-CO2 50%에서 증가하였다. 화탁의 경우 숙기에 상관없이 모든 처리가 초기값보다 감소하였으며, 통계적 유의성은 없었으나 60%-CO2 35%가 가장 높았고 80%-무처리에서 가장 많이 감소하였다.

이상의 결과를 종합해보면, 완숙은 산도, 경도에서 좋았던 80%-무처리, 반숙은 당도, 산도 60%-무처리 좋은 결과를 나타냈고 완숙과 반숙을 비교할 때 반숙에서 곰팡이 발생이 낮아 장기저장에 적합 할 것이라 판단된다. 또한 이산화탄소 전처리에 따른 품질은 경도의 증가를 제외하고 다른 큰 차이가 없어 추가 실험이 요구된다.

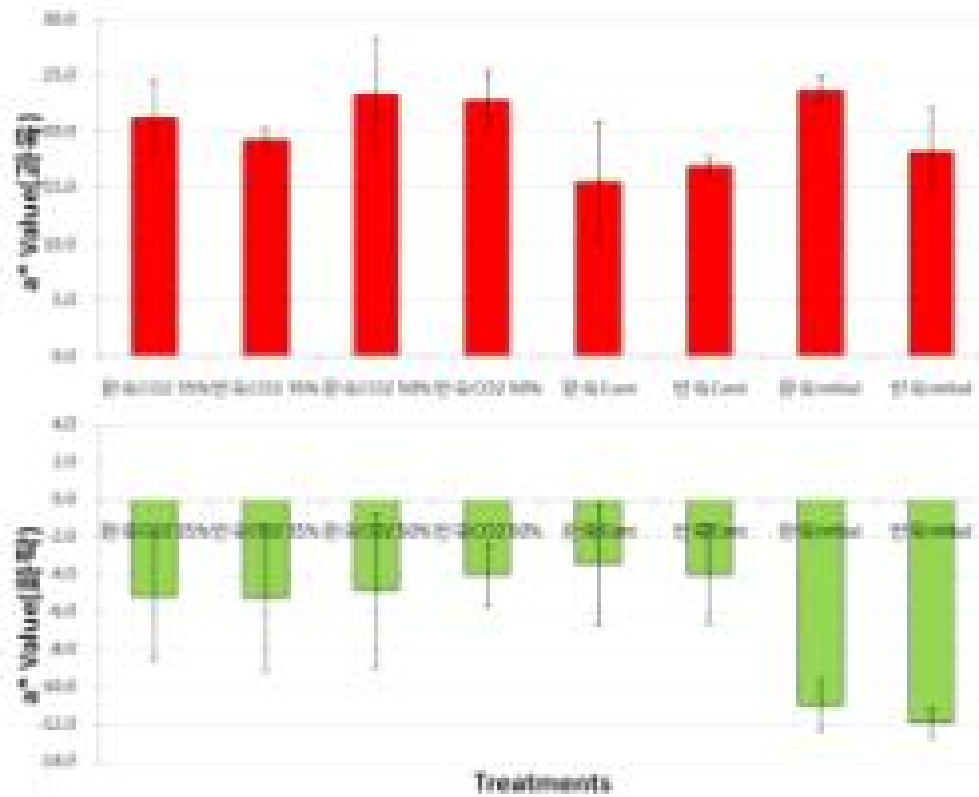


그림 516. 숙기별 이산화탄소 전처리에 따른 저장 종료일의 과육 및 화탁 색변화 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

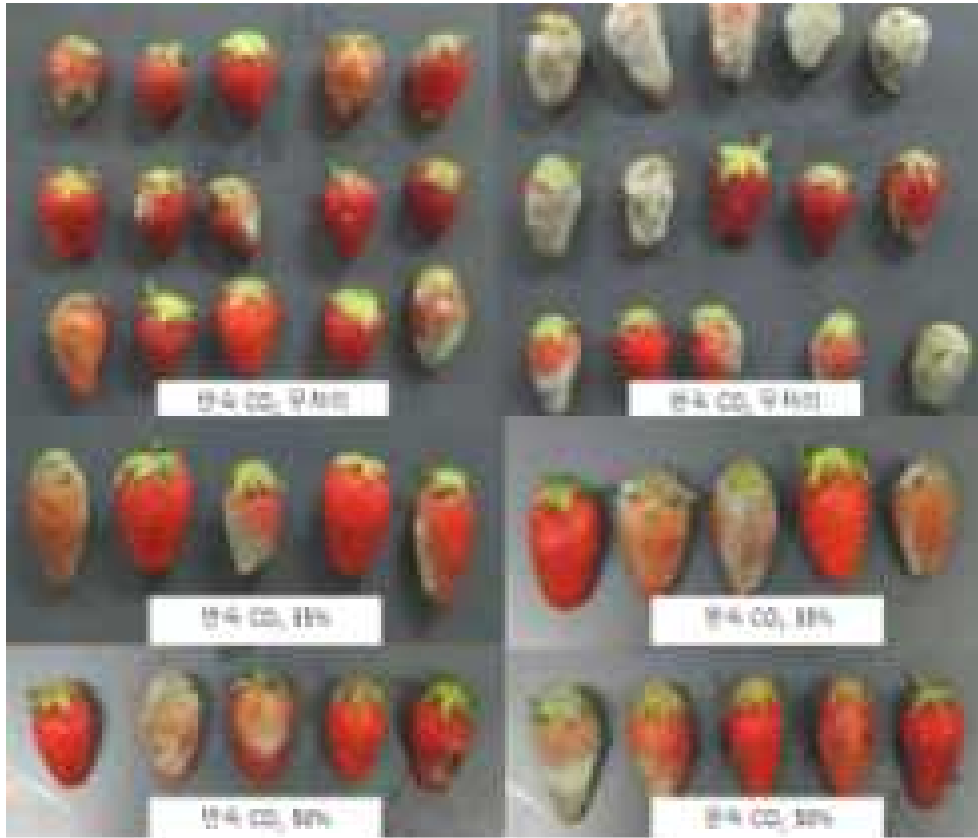


그림 517. 숙기별 이산화탄소 전처리에 따른 저장 종료일의 사진

2. 숙기별 품질 비교

딸기의 숙기별 저장성을 대한 기존의 보고는 현재 주로 적용되고 있는 유공포장 상태의 결과가 대부분이다. 이에 본 연구는 MA조건에서의 숙기별 저장성을 비교하고자 하였다.

○ 연구 방법

공시재료: 매향 (진주 수곡) 숙기별 (반숙과 60%, 완숙과 80%) 선별

저장조건: 1. MAP 포장재로는 PP (Polypropylene) 필름을 레이저로 가공하여 OTR (Oxygen Transmission Rate) 필름(대룡포장산업(주)), 1,300, 10,000, 20,000, 40,000cc/m² · day · atm 필름으로 포장

2. 대조구(유공필름)으로 포장하여 4℃에서 실험 진행

조사내용: 위와 동일하나 MA저장 실험으로 필름 포장내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 측정 항목을 더하여 실험 진행 중.

○ 연구 결과

본 실험은 반숙과 60%, 완숙과 80%를 선별하여 숙기별 적정 MAP조건 구명과 품질 조사

를 위해 진행되고 있으며, 2016.04.29.에 시작하여 진행 중인 실험이다.



그림 518. 실험 진행 오른쪽(전체), 중간(완숙), 왼쪽(반숙) 사진

나. <토마토>

토마토는 클라이맥터릭 과실로 수확 후 후숙이 진행되기 때문에 국내 유통에서 예전부터 미숙과 상태로 수확 유통되곤 하였다. 그러나 미숙과를 후숙시킨 경우 완숙과에서 수확한 과실에 비해 당도, 산도 등의 품질이 낮아 최근에는 완숙과 상태에서 수확 유통되고 있다.

기존의 미숙과 상태로 수확 유통되는 품종은 대과종 품종이었는데, 현재 대일본 수출인 대부분 방울토마토를 대상으로 수확 후 숙기 진행에 대한 보고가 없어, 본 실험에서는 방울토마토를 녹숙기부터 6단계로 수확하여 상온에서의 수확후 저장중 숙기변화 및 저장성을 비교하였다. 방울토마토의 수출 중 온도관리는 선적 후 선박수송기간에는 저온으로 유지되나, 현지 판매 장소에서는 저온(8도내외) 뿐만 아니라 상온에서도 판매되고 있다. 또한 국내 수출 조건을 조사해 본 결과 땀흘림 현상을 막기 위해 수확후 예냉이나 저온관리 없이 상온으로 수출항까지 수송되는 경우도 많다. 이에 수출조건 중 가장 열악한 온도조건이 되는 상온에서의 숙기변화를 관찰하였다.

○ 연구 방법

공시재료: 유니콘 - 녹숙기(Maturegreen), 변색기(Breakers), 채색기(Turning), 도색기(Pink), 담적색기(Light Red), 농적색기(Red)

포장처리: 20,000cc OTR 필름에 포장 후 24℃ 조건에서 12일간 진행

조사내용: 생체중 감소율, 색변화, 당도, 경도

○ 연구 결과

본 연구는 유니콘 토마토의 숙기별 품질 변화를 위해 진행하였으며, 1년차 과제에서 5℃, 11℃ 온도조건에서 실험을 진행한바 있다. 그러나 국내에서 토마토 농가의 환경이 상온 유통 조건이기 때문에 상온 조건 24℃의 온도 조건에서의 숙기별 품질 변화를 알아보기 위해 실험을 진행 하였다. 생체중 감소는 저장 종료일에 녹숙기(Maturegreen), 변색기(Breakers)에서 6% 미만으로 가장 높은 감소율을 보였고, 농적색기(Red)에서 3% 미만으로 가장 낮았다. 이는 상대적으로 어린 조식을 가지고 있는 녹숙기, 변색기의 토마토의 호흡이 농적색기보다 높기 때문에 증산이 빠르다고 판단된다. 토마토의 생체중 감소 최대 허용 수치는 7%로 모든 처리가 생체중 감소에 따른 외관상 품질 저하는 나타나지 않았다. 색변화의 경우 모든 처리가 빨간색을 나타내는 a*값이 증가하였으며 그 중 가장 낮은 숙기인 녹숙기(Maturegreen)에서 색변화가 가장 크게 나타났다. 저장 종료일에 측정된 당도는 담적색기에서 가장 높았으며 나머지 처리는 초기값과 거의 비슷한 경향을 나타냈다. 경도는 초기값과 비교 할 때 모든 숙기에서 경도가 감소하였으며, 녹숙기에서 가장 많이 감소했다.

이상의 결과를 종합해볼 때 24℃ 조건에서 숙기별 품질은 적은 생체중 감소, 색변화가 크지 않고, 당도, 경도에서 가장 우수했던 농적색기(Red)에서 가장 좋았다고 판단된다.

2. 딸기 토마토 경도 증진 기술 개발 실증

가. <딸기>

(1) 딸기의 재배 중 탄산시비가 경도 증진에 미치는 영향

이산화탄소 처리를 통한 딸기의 경도 증진에 대해서는 기존의 많은 연구자의 보고가 있었으나, 이는 모두 수확 후 처리에 대한 결과였다. 최근 국내 수출 딸기 재배 농가에서는 생산성 및 품질 향상을 위해 재배 중 탄산 시비를 실시하고 있는데, 본 연구는 수확 전 재배 중 탄산시비(이산화탄소처리)가 딸기 경도 등 품질과 저장성에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행하였다.

○ 연구 방법

공시재료: 매향(진주 수곡),

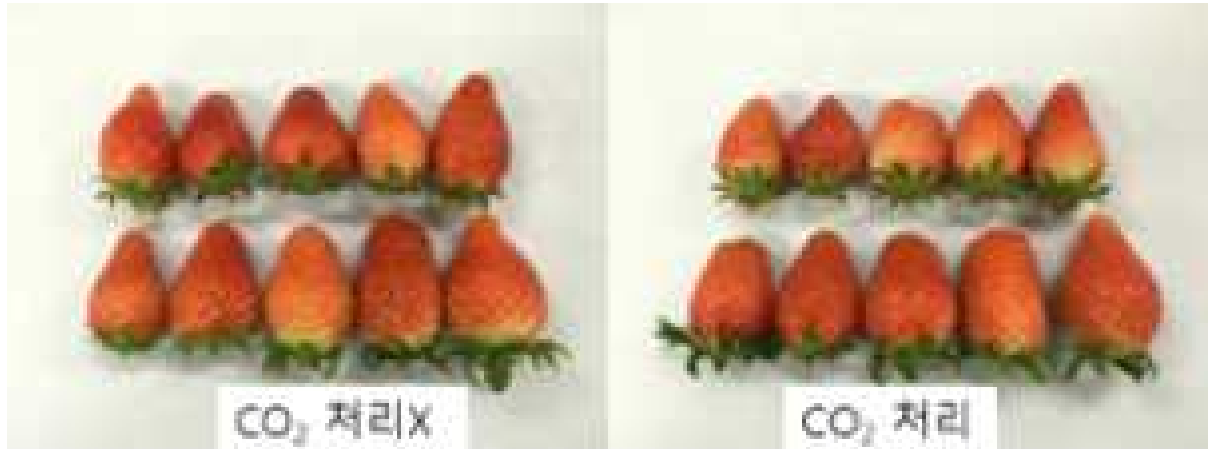


그림 519. 탄산시비 처리 저장 실험 초기 사진

탄산시비 조건: 1-2월 (9시-10시까지 3L/분당) 공급: 온실내 1,000ppm 미만
온도 조건: 8℃ MA처리 20일간 저장, 유공처리 10일간 저장

저장조건: 5반복 실험

1. 탄산시비 처리	2. 탄산시비 처리x
Cont	Cont
MA(20,000cc)	MA(20,000cc)

조사내용: 생체중 감소율, 포장 내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도, 당도, 산도, 경도, 색변화, 관능평가에 의한 외관 이취 조사

○ 연구 결과

본 실험은 딸기 매향의 재배 중 탄산시비처리가 수확 후 경도 증진에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행하였다.

저장 중 생체중 감소율은 통계적 유의성은 없었으나 탄산시비처리 유공에서 12%내외로 무처리 유공보다 다소 높았으며 MA저장 처리는 탄산시비에 상관없이 1%미만의 낮은 감소율을 보였다. 필름 포장내 에틸렌, 이산화탄소, 산소농도는 MA저장 처리에서만 측정하였는데, 에틸렌 농도는 저장 1일차 탄산시비 처리가 3.5ul/L까지 증가 하였으나 이내 감소하여 무처리와 비슷한 농도를 유지하였다. 이산화탄소 농도는 탄산시비 처리에서 저장 7일 25%까지 증가하였다가 감소하여 저장 최종일에는 15%를 유지하였으며, 적정 MA 조건인 이산화탄소 15-20%와 비슷한 수치를 유지하였다. 산소 농도는 저장 7일차 탄산시비처리에서 2%의 산소 농도를 보였으나 다시 증가하여 7-8%의 농도를 유지하였다. 탄산시비에 따른 처리 간 차이는 나타나지 않았다.

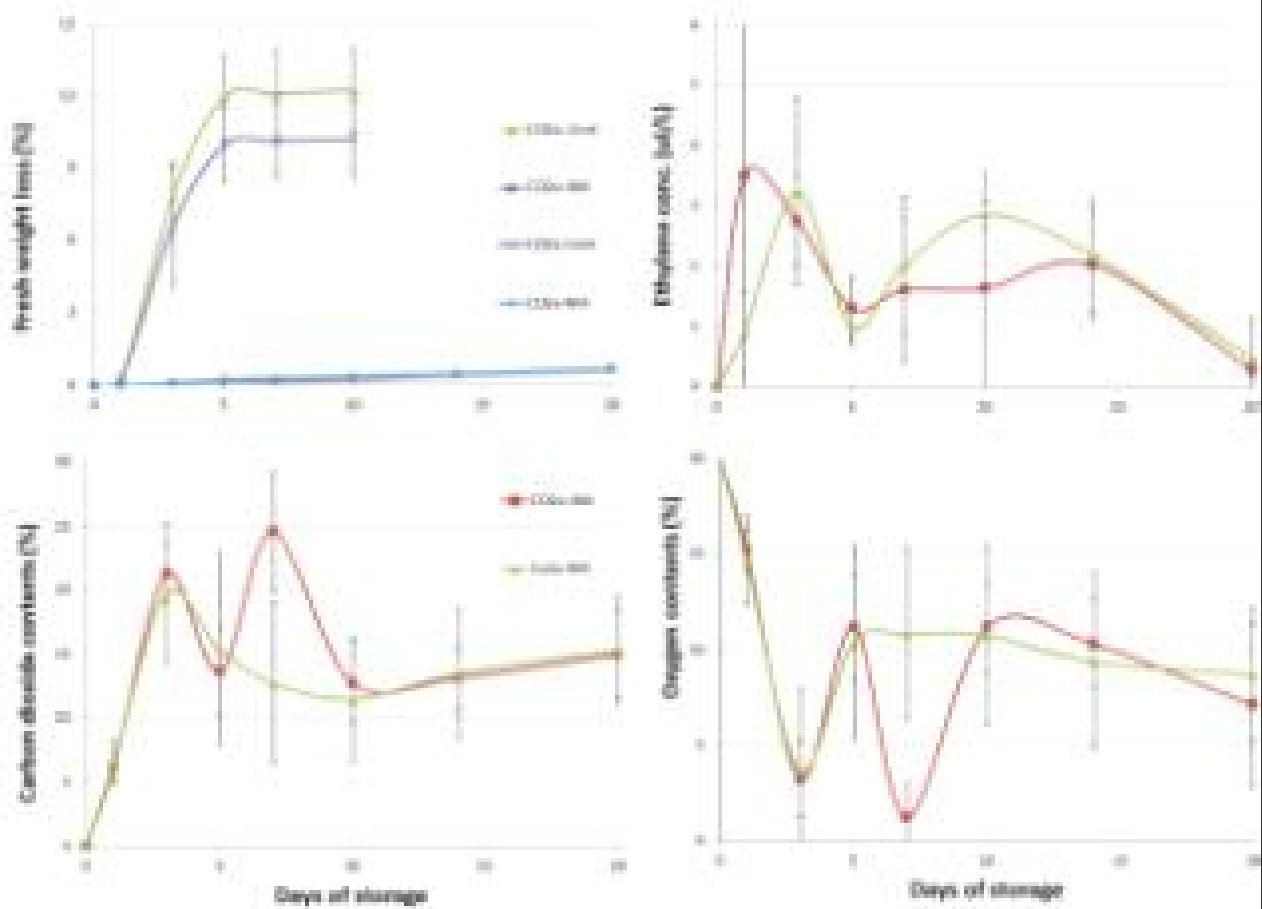


그림 520. 저장 중 생체중 감소율, 필름 포장 내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

저장 종료일에 측정된 당도는 탄산 시비에 상관없이 유공처리가 MA저장 처리보다 높았는데 이는 생체중 감소가 10-12% 발생하여 수분감소에 따른 당분의 농축현상이라 생각된다. 당도의 결과가 MA저장 처리가 다소 낮았는데 포장 내 산소 농도의 감소가 매우 빨리 진행되어 호흡에 따른 당분 소모로 판단된다. 산도는 모든 처리가 초기값 보다 감소하였으며, 처리간 차이는 없었으나 무처리에서 다소 높았다. 외관상 품질의 등급은 저장전 가장 좋은 상태를 5점, 상품성이 유지된 상태를 3점, 그리고 완전폐기 상태를 1점으로 하였다. 외관은 탄산시비 MA저장 처리가 가장 좋게 유지 되었으며 무처리 유공과 MA저장 처리가 낮았다. 외관상 품질은 유공처리에서 낮은 것을 조사 할 수 있었는데, 이는 유공처리의 높은 수분 감소에 따른 외형 손실이라 판단된다. 이취의 평가 등급은 이취를 느끼지 못하는 수준을 0점, 이취가 매우 강한 수준을 4점으로 하였다. 이취는 무처리 유공과 MA저장 처리에서 높았으며 탄산시비 유공에서 가장 낮았다.

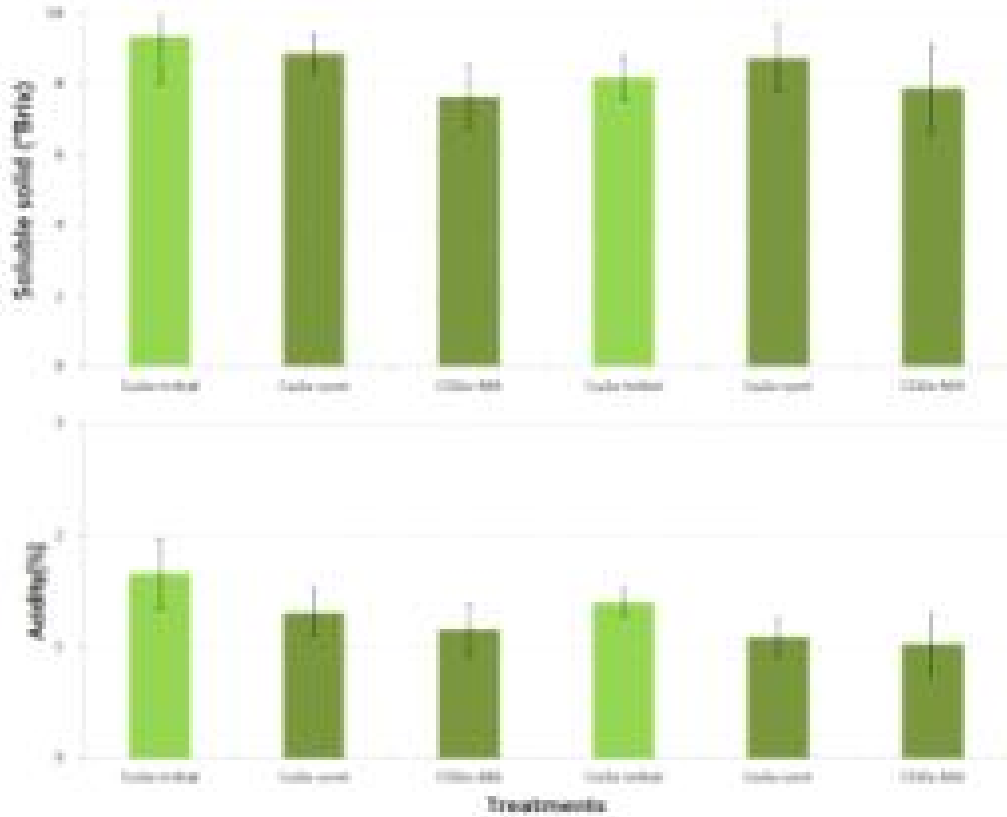


그림 521. 저장 종료일의 당도 및 산도 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

색변화의 경우 색차계로 측정하였는데, 빨간색을 나타내는 a*값은 모든 처리가 초기값과 비슷하였다.

노란색을 나타내는 b*값은 탄산시비 유공과 MA저장 처리 모두 감소하였고, 무처리 유공과 MA는 비슷한 결과를 나타내었다. 경도의 경우 초기값과 비교할 때 탄산시비 유공처리에서 증가 하였으며, 무처리 유공, 탄산시비 MA저장 처리가 초기값과 비슷한 수치를 나타냈고, 무처리 MA에서 가장 낮았다. 경도의 결과로 재배 중 탄산시비는 경도 증진에 효과가 있다고 판단된다. 유공 처리에 경우 높은 생체중 감소에 따른 조직이 질겨 졌다고 판단되나, 적정 MA조건 필름 포장 내 이산화탄소(15-20%)을 만족했던 처리에서 경도가 무처리보다 높게 나와 경도 증진에 대한 효과가 있다고 판단된다.

이상의 결과를 종합해보면, 생체중 감소, 외관상 품질, 이취, 경도에서 좋은 결과를 나타냈던 탄산시비 MA저장 처리가 좋다고 사료되며, 저장 20일에 2.5점의 외관상을 품질을 보인 것으로 보아 12~15일까지 저장 유통이 가능하다고 판단된다. 특히 경도 증진 효과가 있을 것이라 판단된다.

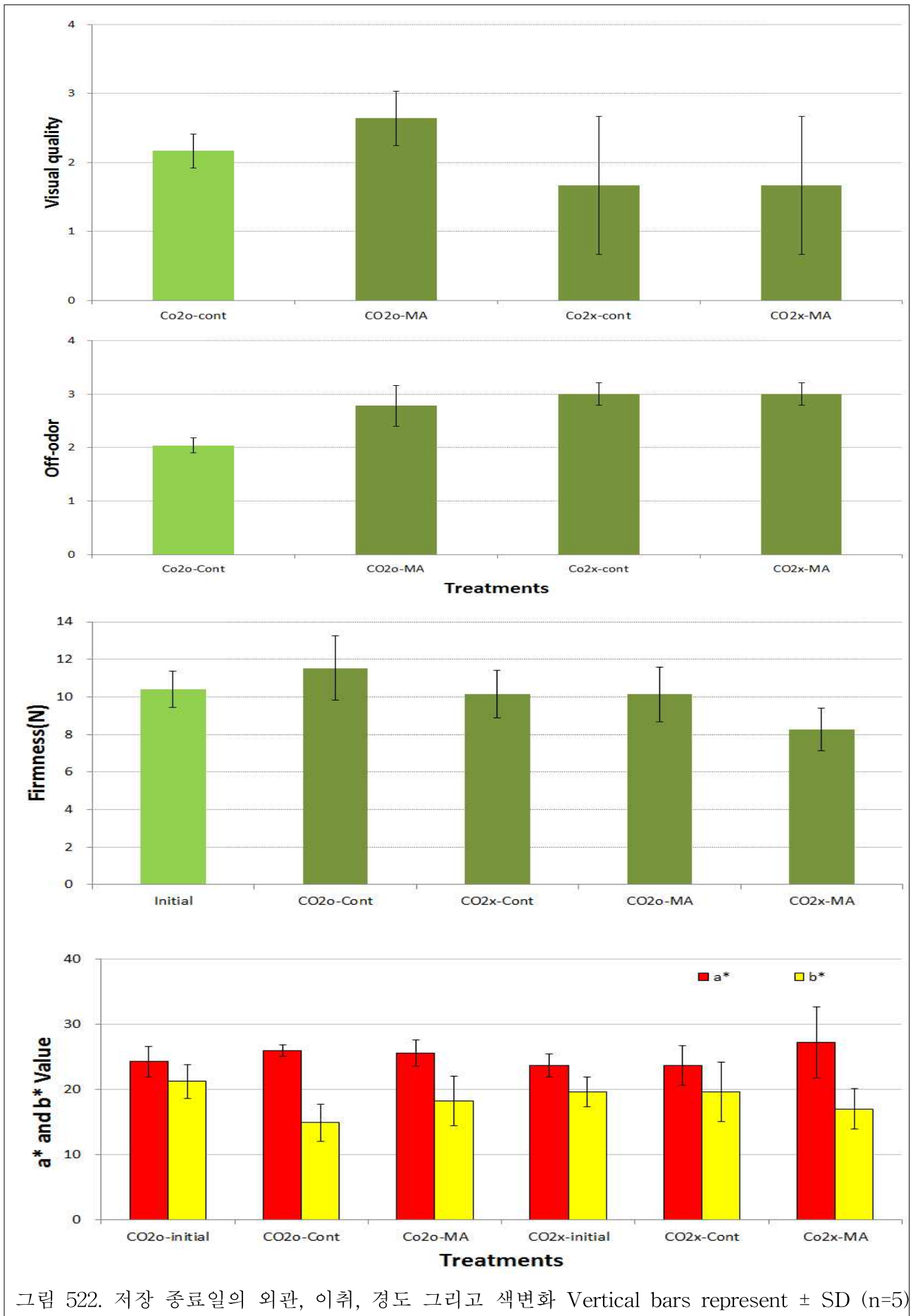


그림 522. 저장 종료일의 외관, 이취, 경도 그리고 색변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

나. <토마토>

토마토는 경도는 저장기간을 결정하는데 중요한 요소 중 하나로 연화하게 되면 유통 및 저장중 부패에 대한 저항력의 감소와 식미의 저하 등을 가져와 품질에 큰 영향을 미친다. 기존에 과채류를 대상으로 칼슘의 경도 증진 효과가 보고된 바 있고, 일부 식물에 대해 붕소의 세포벽 강화 기능이 보고된 바 있다. 또한 규소는 단위면적당 생산되는 식물의 건물중을 증가시키고, 식물의 세포내, 세포벽, 세포 간극 및 외층에 축적되어 생물적 및 비생물적 스트레스에 대한 저항성을 향상시키는 역할을 한다고 알려져 있다. 따라서 본 실험은 재배 중 규소 엽면 살포가 토마토 과실의 경도 증진에 효과가 있는지 알아보기 위해 실행 하였다.

(1) 토마토의 경도 증진을 위한 재배 중 엽면 살포

공시재료: 유니콘 - 담적색기(Light Red)

처리방법: B, Ca, Si, B+Ca+Si, B+Si 재배시 엽면살포

저장방법: 20,000cc OTR 필름 / 대조구- 박스포장

조사항목: 에틸렌 발생량, 호흡률, 세포벽 두께, 수확 후 B, Ca농도, 세포벽 현미경 사진

○ 연구결과

수확 직후 측정된 에틸렌 발생량의 경우, 무처리에서 가장 많이 발생하였고 Ca처리에서 가장 낮았다, 수확 직후 엽면 시비한 처리 대부분이 에틸렌 발생량이 무처리와 비교했을 때 많이 차이 나는 것을 알 수 있었다. 저장 이후의 측정 하였을 때, 처리간 통계적 유의성은 없었으나, Ca처리에서 다소 낮은 경향을 나타냈다. 호흡률의 경우 수확 직후 B+Si처리에서 다소 높았으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 저장 이후의 측정 하였을 때 Si 처리에서 가장 높았고 나머지 처리 간 차이가 없었다. 엽면 살포의 경우 호흡률에는 비슷한 경향을 보였으나 에틸렌 발생량 같은 경우 수확 직후 억제 되어 효과가 나타나는 것으로 판단된다.

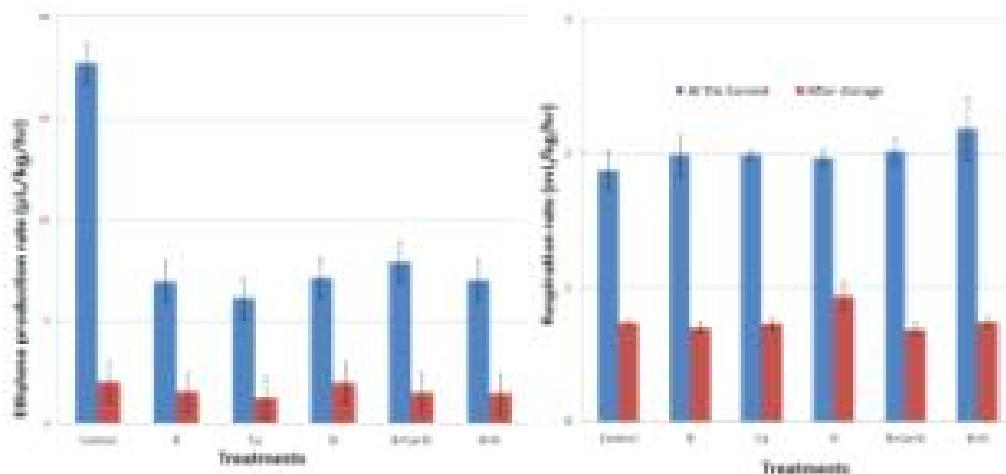


그림 523. 수확 직후, 저장 이후의 에틸렌 발생량 및 호흡률

Treatment	Cell wall thickness (μm)
Control	26.16b ^z
Boron (B)	28.15ab
Calcium (Ca)	27.84ab
B + Ca	29.84a
P value	***

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test (DMRT) (n = 10).

***: significant at $p \leq 0.001$.

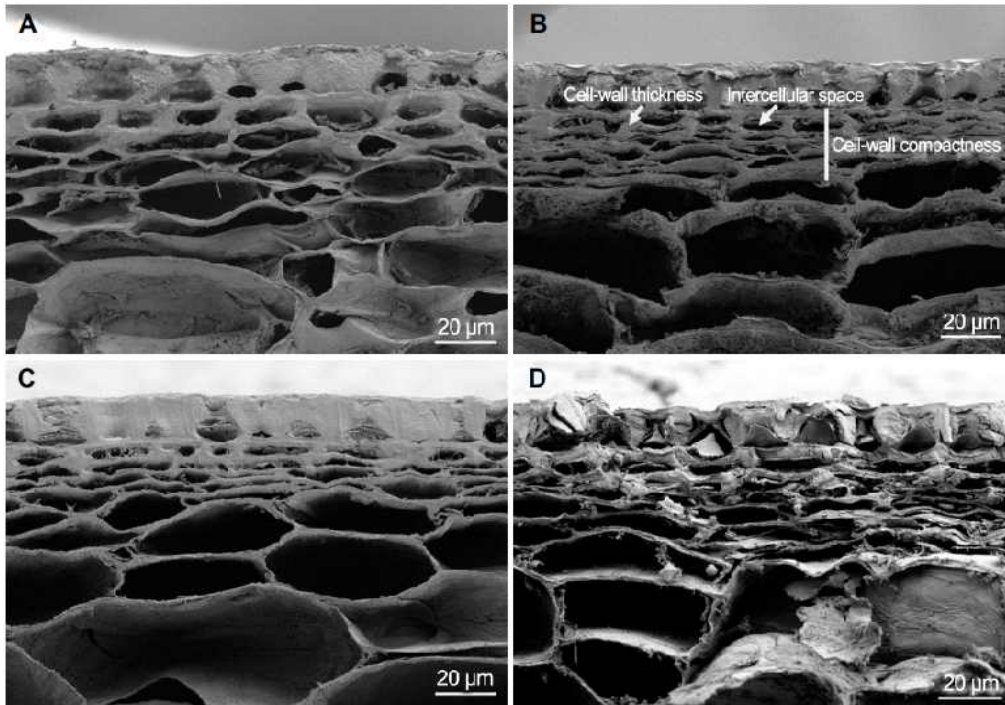


그림 524. Light-red숙기 토마토의 세포벽 두께 및 현미경 관찰 사진사진 (A: 무처리 B: B처리 C: Ca처리, D: B+Ca 처리)

B, Ca, B+Ca의 엽면 살포의 경우 세포벽 두께가 증가하였고, B+Ca에서 가장 높았다. 수확 후 과실과 잎에 남아있는 B, Ca 농도의 경우 B은 잎과 과실에서 B처리한 처리와 B+Ca에서 높았다. Ca는 과실과 잎에서 B, Ca, B+Ca가 높았으며, 무처리에서 가장 낮았다. 이러한 결과로 B+Ca처리는 세포벽을 증진 시키는 효과가 있다 판단된다.

표 1. 수확 후 과실과 잎에 B, Ca 농도

Treatment	B (mg kg ⁻¹ DM)		Ca (mg kg ⁻¹ DM)	
	Fruit	Leaf	Fruit	Leaf
Control	5.82b ¹	73.34b	1.024b	18.300b
Boron (B)	5.84a	80.05a	1.082a	20.403ab
Calcium (Ca)	5.57b	65.44b	1.107a	22.740a
B + Ca	6.15ab	68.13a	1.081a	21.511a
P values	---	---	*	---

¹Mean separation within columns by Duncan's multiple range test (DMRT); (a = b) significant at $p < 0.05$, and 0.001, respectively.

(2) 토마토의 경도 증진을 위한 규소 엽면 살포

본 실험은 송이토마토를 대상으로 방울토마토에서의 효과적이었던 규소의 엽면살포 실험을 수행하였다. 송이토마토는 러시아 등지로 수출했던 품종으로 현재 국내 재배농가의 재배 기술은 우수하다. 또한 홍콩, 싱가포르의 고가 매장에서 현재 일본산이 방울토마토의 수배의 가격으로 유통되고 있다. 이에 방울토마토 외에 대과토마토와 함께 수출 토마토의 다양화를 꾀할 품종이라 판단된다.

규소는 단위면적당 생산되는 식물의 건물중을 증가시키고, 식물의 세포내, 세포벽, 세포 간극 및 외층에 축적되어 생물적 및 비생물적 스트레스에 대한 저항성을 향상시키는 역할을 한다고 알려져 있다. 따라서 본 실험은 재배 중 규소 엽면 살포가 토마토 과실의 경도 증진에 효과가 있는지 알아보기 위해 실행 하였다.

○ 연구 방법

공시재료: Campari, Temptation tomato(Light-red 단계에서 수확)

온도 조건: 8℃

저장조건: 20,000cc 포장하여 30일간 80% 상대습도에서 저장

재배 중 처리 조건: 규소 엽면 살포 17 mM, 전체 식물체 살포 17mM, 무처리

조사항목: 생체중 감소율 포장내 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도, 외관, 곰팡이 발생, 경도, 비타민C, 당도 조사

○ 연구 결과

본 실험은 재배 중 규소 엽면 살포가 토마토 과실의 경도 증진에 효과가 있는지 알아보기 위해 실행 하였다.

저장 중 생체중 감소는 저장 최종일 Campari에서 0.22% 미만 이고, Temptation에서 0.20% 미만의 감소율을 보였다. 토마토의 생체중 감소 최대 허용 범위인 7%보다 낮아 생체중 감소에 따른 품질 변화는 나타나지 않았다고 판단된다. 필름 포장 내 가스 조성은 Campari에서 산소농도는 5.94-12.28%, 이산화탄소는 6.72-7.94%, 에틸렌 농도는 0.43-1.67 uL/L를 유지하였다. Temptation에서 산소는 3.82-10.84%, 이산화탄소는 7.40-10.20% 그리고 에틸렌은

0.69-1.75ul/L를 유지하였다. 곰팡이 발생 또한 식물 전체에 엽면 살포한 처리가 가장 억제되었다. 게다가 전체 엽면 살포 처리가 경도가 다른처리와 비교하였을 때 증진효과가 가장 컸다. 당도는 Campari에서는 처리간 차이가 나타나지 않았으나, Temptation에서 잎과 전체의 엽면시비에 따른 당도 농도가 높았다.

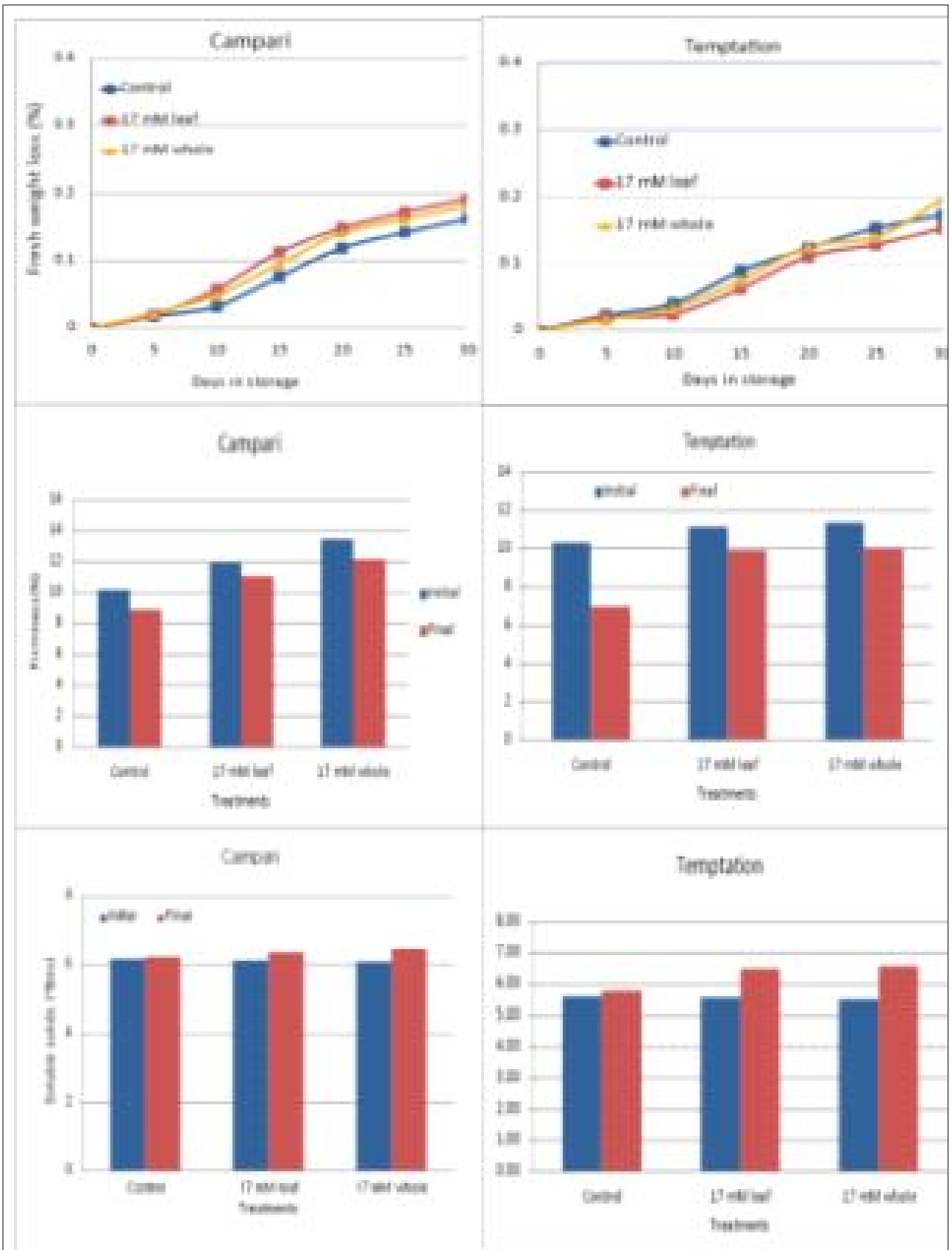


그림 16. 저장 중 생체중 감소, 경도, 당도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

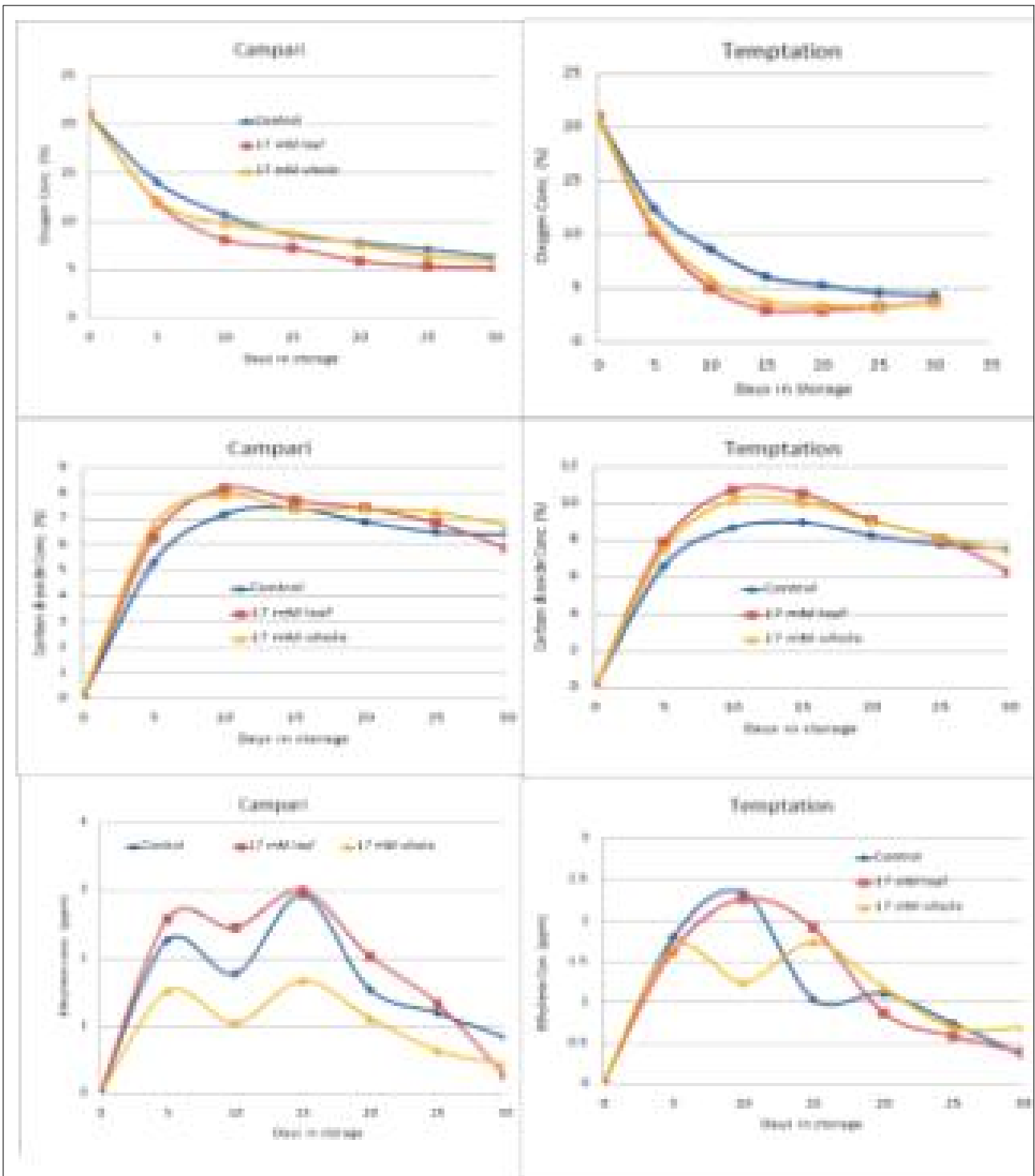


그림 17. 저장 중 생체중 감소율, 필름 포장 내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

저장 종료일에 측정된 비타민C의 경우 Campari에서 잎과 전체에 살포한 처리가 가장 높았고, Temptation에서 처리간 차이가 나타나지 않았다. 외관상 품질의 경우 식물 전체에 규소 엽면 살포한 처리가 다른 처리 보다 외관상 품질이 높게 유지 되었다.

이러한 결과를 종합해 보면 규소 살포는 식물체 전체적으로 살포하는 것이 곰팡이 감소, 비

타민C, 당도 그리고 경도 증진에 효과를 나타냈다. 재배 중 규소 엽면 살포의 경우 Campari와 Temptation 모두 경도 증진 효과가 두드러지게 있고, 엽면 살포 보다 전체 시비가 더욱 효과가 더 두드러졌다. 따라서 규소의 엽면시비에 따른 경도 증진 효과는 인정되었다.

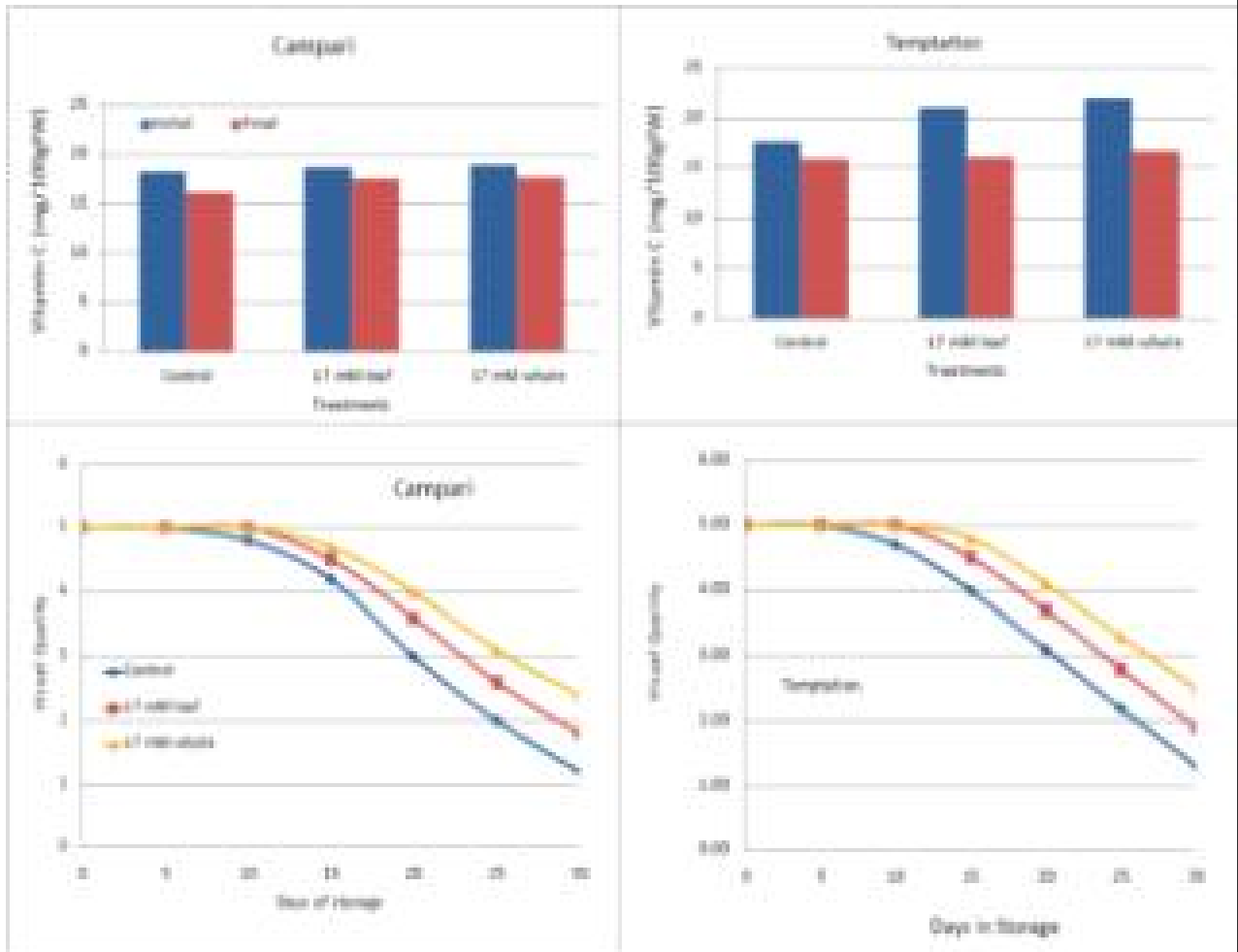


그림 18. 저장 종료일의 비타민 C 및 저장 중 외관상 품질 변화 Vertical bars represent \pm SE (n=5)

3. 수출용 딸기 토마토의 가스를 이용한 적정 살균 기술 규명

가. <딸기>

딸기는 과실과 화탁에 발생하는 잿빛곰팡이병은 *Botrytis cinerea* Pers.:Fr에 의해 발생하는 수확기 및 유통과정의 주요 병해이다. 딸기 잿빛곰팡이병의 1차 전염원은 재배포장에서 감염하며, 이들 포자가 과실과 화탁 부분에서 병징을 일으키며 심하면 무르는 증상이 나타난다. 이러한 원인으로 딸기 잿빛곰팡이병 방제는 꼭 필요하다. 살균 및 소독 기술의 하나인 오존(O₃) 가스 방법으로 강한 살균력으로 곰팡이 증식등을 억제할 수 있으며, 해충도 구제할 수

있다. 또한 노화호르몬인 에틸렌 가스도 화학적으로 제거하므로 사용범위가 상당히 광범위하다. 또한 오존은 단순한 산소로 변하기 때문에 오존 처리한 식품에 남아 있는 오존의 섭취 및 위험성에 관한 염려가 없다. 따라서 본 연구는 항공과 선박 수출조건에서 MA 저장 조건하에 O3 처리 효과를 구명하기 위해 실시하였다.

(1) O3 가스 유통 방법(항공, 선박)별 살균 기술 제시 및 적정 농도 규명

공시재료: 매향 (진주 수곡)

온도조건: 싱가포르 항공 및 선박 수출시 조건과 동일하게 적용

	처리,포장,적재	운송	현지도착	저장고&매대
항공	24시간- 13℃		10시간- 28℃	8℃
선박	13일- 3℃		1시간- 10℃	8℃

살균 전처리 방법: O3 1.5ppm 전처리, O3 5ppm 전처리, O3 1.5ppm 주입, O3 3ppm 주입, O3, 5ppm 주입, 대조구 무처리

저장방법: 주입 후 10,000cc 필름 포장 5반복 실행

조사내용: 생체중 감소율, 필름 포장 내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도, 관능평가에 의한 이취와 외관, 당도, 산도, 경도, 색변화, 곰팡이 발생률 조사

○ 연구 결과

항공과 선박 수출조건에 따른 MA 저장 및 O3 살균 처리 효과

생체중 감소율의 경우 항공은 O3 주입 5ppm에서 0.9%의 감소율을 보여 가장 높았고, 통계적 유의성은 없었으나 O3 전처리 1.5ppm에서 0.4%의 감소율로 가장 낮았다. 선박은 무처리와 O3 주입 1.5ppm에서 약 0.5%의 감소율을 보여 높았고, O3 주입 5ppm에서 약 0.2%의 감소율로 가장 낮았다. 필름 포장내 이산화탄소 농도는 항공에서 저장 5일차 까지 적정 MA 조건인 15-20%와 비슷한 수치를 유지 하였지만, 이후 서서히 증가하여 저장 최종일인 19일차에 30-40%사이에 달하는 높은 농도를 나타냈다. 선박에서는 저장 16일차에 적정 MA 조건인 15-20%와 비슷한 수치를 유지 하였지만, 이후 서서히 증가하여 저장 최종일인 19일차에 30-40%사이에 달하는 높은 농도를 나타냈다.

필름 포장내 산소 농도는 항공에서 저장 이후 계속 감소하여 0-3%에 달하였으며, 처리간 차이는 나타나지 않았다. 선박 또한 저장 이후 계속 감소하여 저장 15일 이후 5% 이하의 농

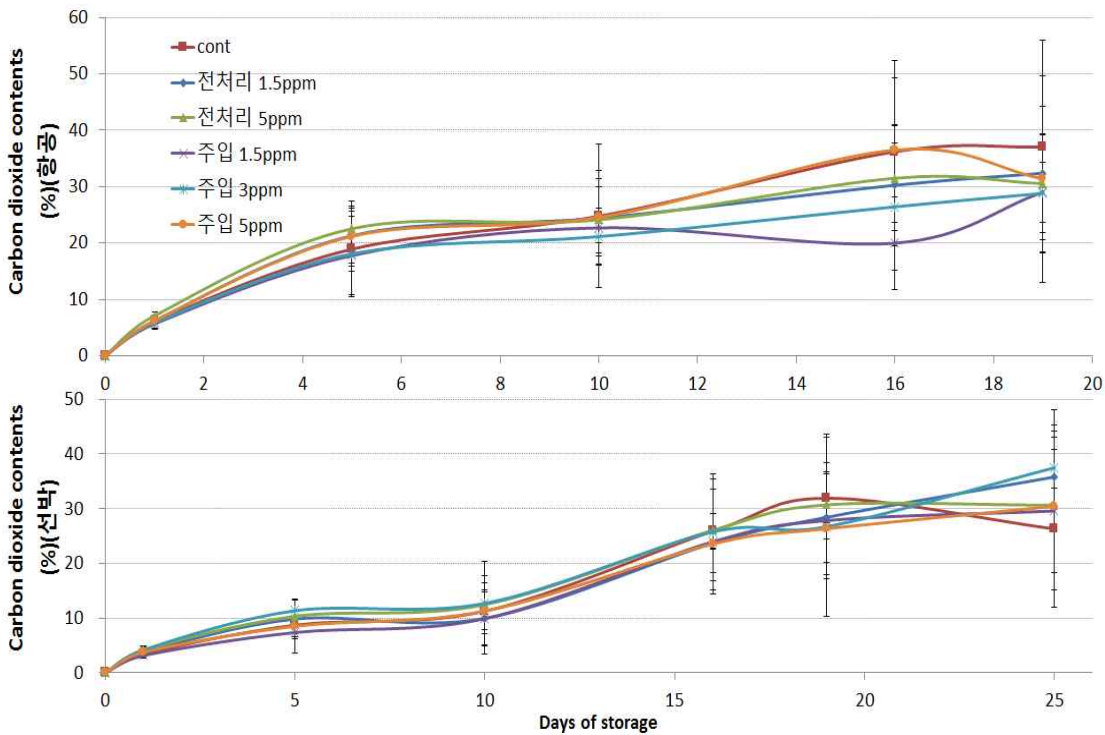
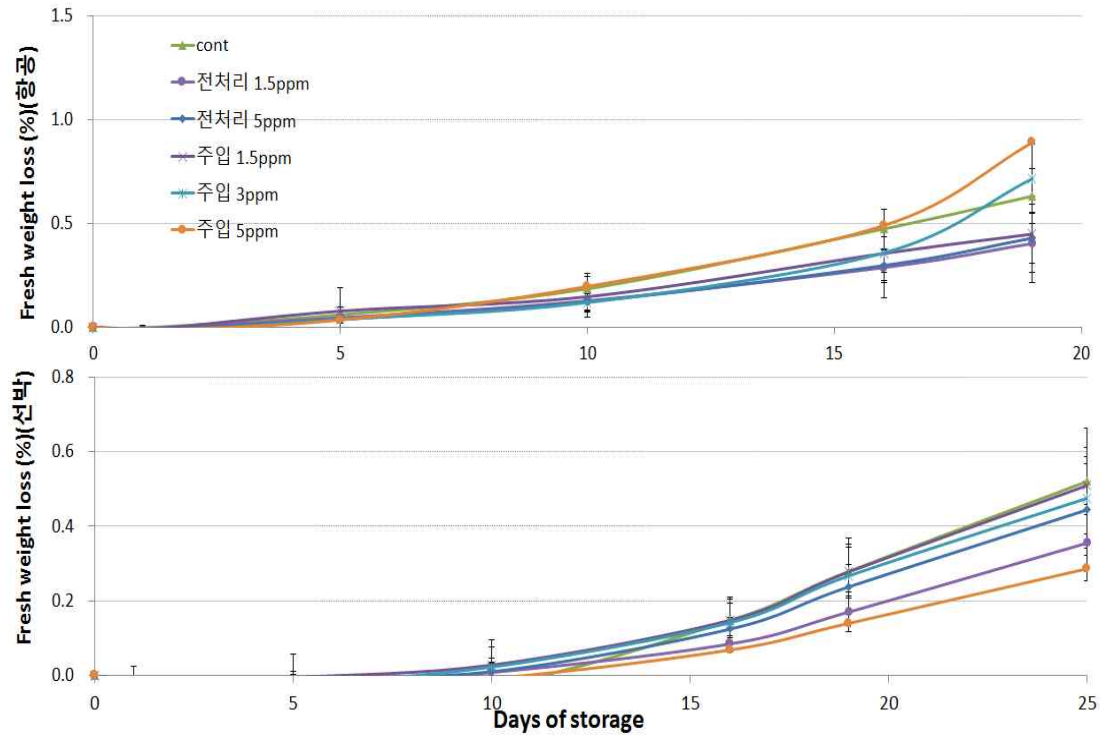


그림 19. 항공, 선박의 저장중 생체중 감소율 및 이산화탄소 농도 변화 Vertical

bars represent \pm SD (n=5)

도를 유지 하였다. 딸기의 적정 산소농도는 5-10%인데 항공의 경우 약 저장 4일 이후에 5% 이하로 떨어졌으며, 선박은 약 15일 이후에 떨어졌는데, 상대적으로 높은 온도에서 유통되는 항공에서 호흡이 빨리 진행되기 때문에 필름 포장내 산소농도가 빨리 떨어졌다. 또한 낮은 산소농도로 인하여 무기호흡이 진행되어 이취가 발생 되었다고 판단된다.

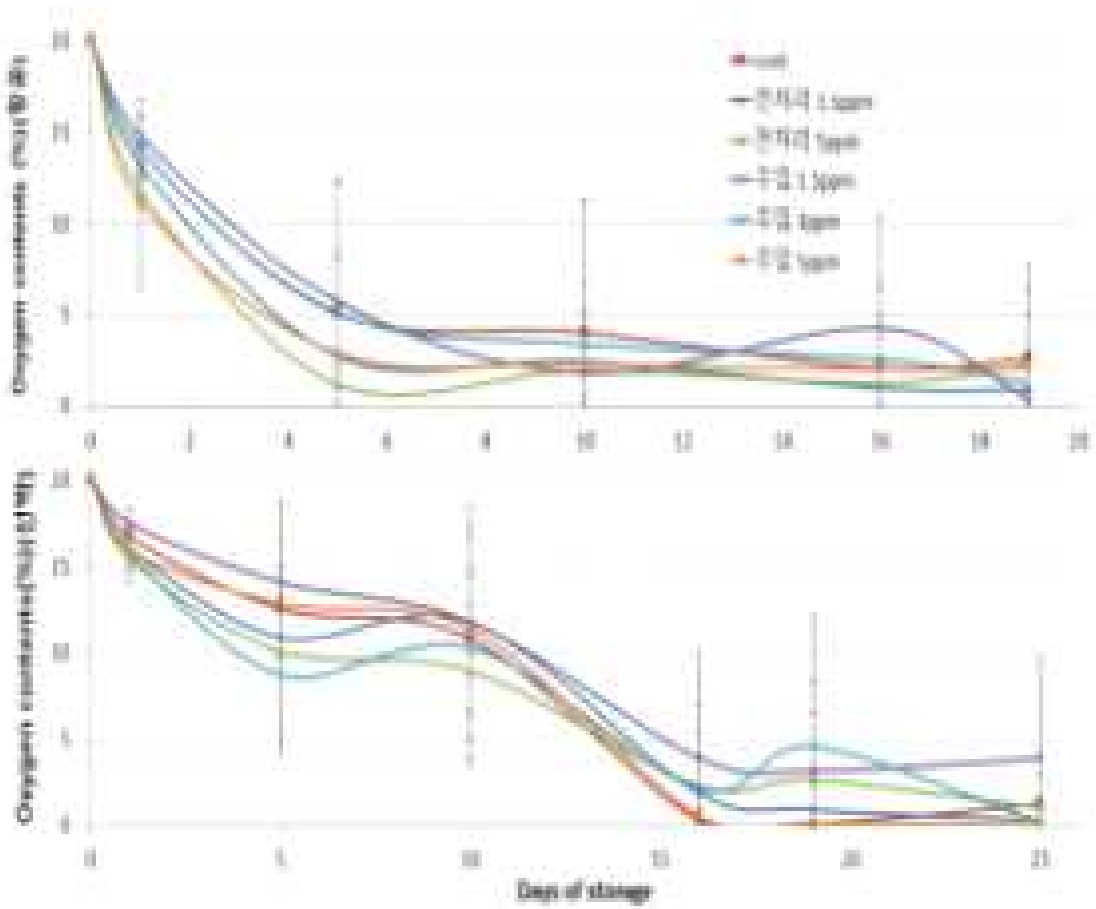


그림 20. 항공, 선박의 저장 중 산소 농도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

저장 중 필름 포장내 에틸렌 변화는 항공은 저장 16일차 까지 2uL/L 내외의 농도를 유지하고 저장 최종일인 19일차에는 전처리 5ppm과 주입 3ppm에서 4uL/L 이상의 농도를 유지하였으며 나머지 처리는 3uL/L 내외의 농도를 유지 하였으며 처리간 차이는 나타나지 않았다. 선박은 저장 종료일까지 2uL/L 내외의 농도를 유지하였으며, 저장 최종일 주입 3ppm의 경우 약 4uL/L 까지 증가하였으며, 선박도 처리간 차이는 없었다. 대체적으로 에틸렌 농도는 항공,선박 모두 살균처리에 상관없이 비슷한 경향을 나타내었다.

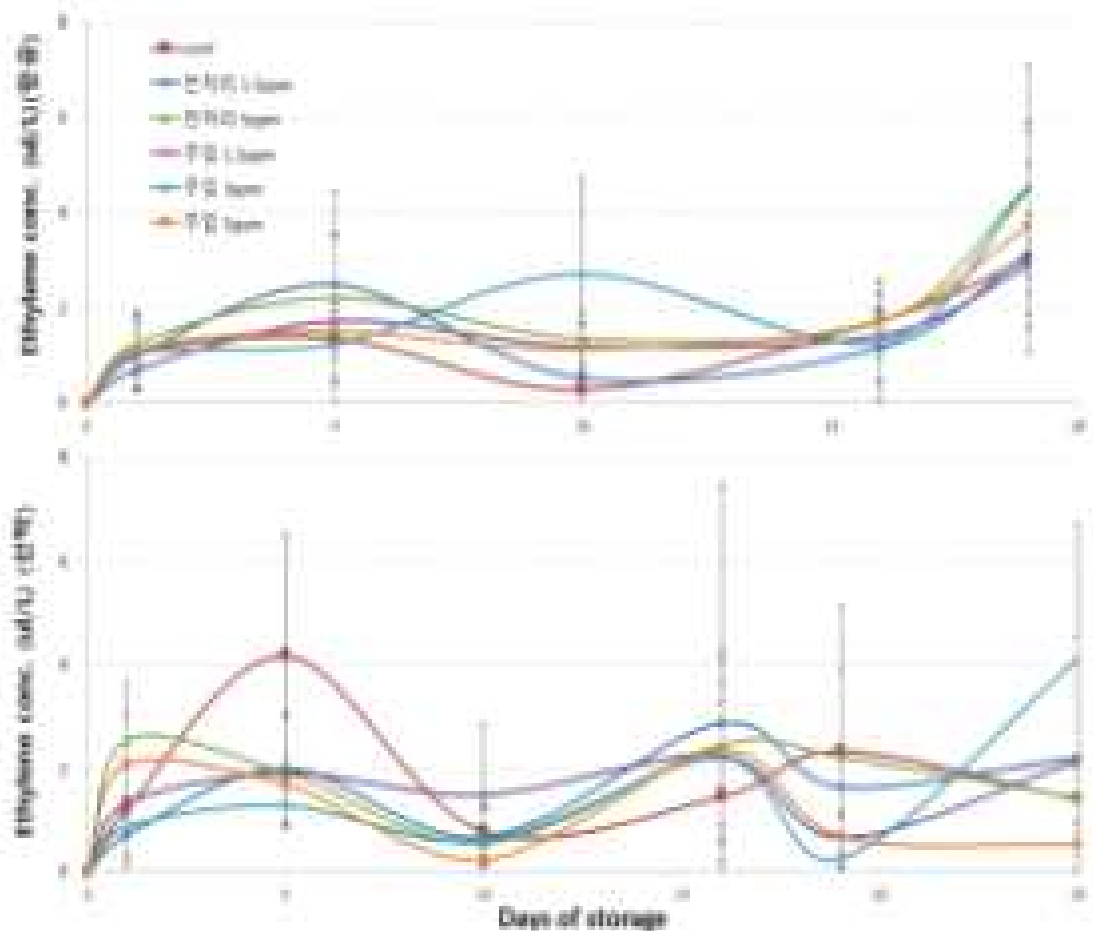
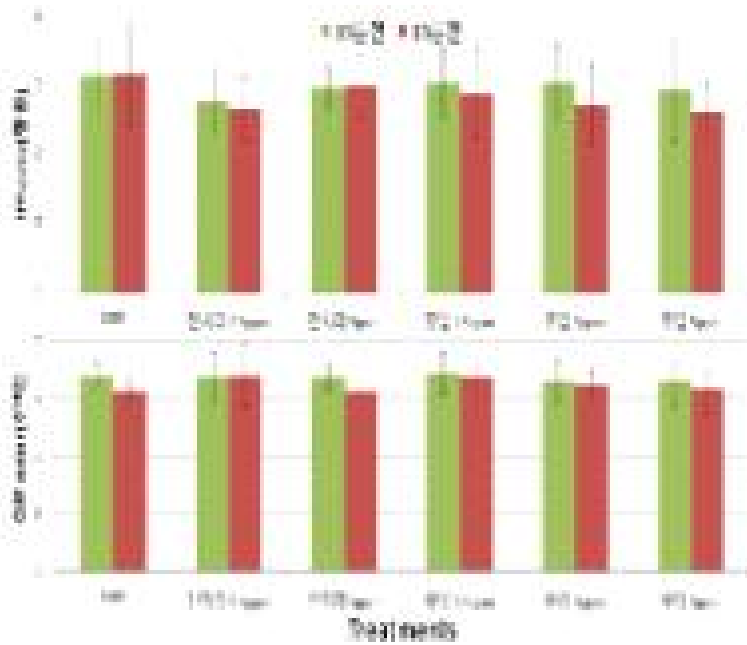


그림 21. 항공, 선박의 필름 포장내 에틸렌 농도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

저장 종료일에 두 번의 패널테스트에 걸쳐 진행 된 이취는 항공과 선박 모두 개봉 직후 처리간 차이가 없었으며, 개봉 10분 이 후 대부분의 처리가 개봉시 강한 이취가 있었으나, 10분후 약하게 남는 3점대의 점수를 유지 하였다. 저장 종료일에 측정 한 당도는 항공에서는 처리간 차이가 나타나지 않았다. 선박의 경우 처리간 통계적 유의성은 나타나지 않았으나 O3 전처리 1.5ppm에서 가장 낮았다. 항공과 선박 저장조건 모두 살균 전처리에 따른 당도의 큰 차이를 나타내지 않았었는데 이는 필름 포장내 고이산화탄소 농도가 딸기의 호흡을 억제 하여 호흡으로 인한 당소모를 억제 하였다고 판단된다. 산도의 경우 항공은 O3 주입은 1.5ppm, 3ppm에서 다소 높았으며 무처리와 전처리 5ppm에서 낮았다. 선박은 O3 전처리 1.5ppm, 주입 5ppm에서 통계적 유의성은 없었으나 다소 높았으며 무처리구, O3 전처리 5ppm, 주입 3ppm에서 비슷한 경향을 보였다. 저장 종료일의 경도는 항공에서 처리간의 차이는 없었으나 O3 주입 1.5ppm에서 다소 높았다. 선박은 O3 전처리 1.5ppm과 주입 5ppm에서 높았으며, 무처리와 O3 전처리 5ppm에서 낮았다.



1차 점수: 개봉 직후
1: 없음
2: 약간 있음
3: 나쁨
4: 아주 나쁨
2차 점수: 개봉 10분 후
1: 개봉 직후 이취가 전혀 없음.
2: 개봉시 약한 이취가 있으나 개봉 10분 후 사라짐
3: 개봉시 강한 이취가 있으나 10분 후 약하게 남음
4: 개봉시 강한 이취가 있으며 10분 경과 시에도 강하게 존재

그림 22. 항공, 선박의 저장 종료일에 조사한 이취 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

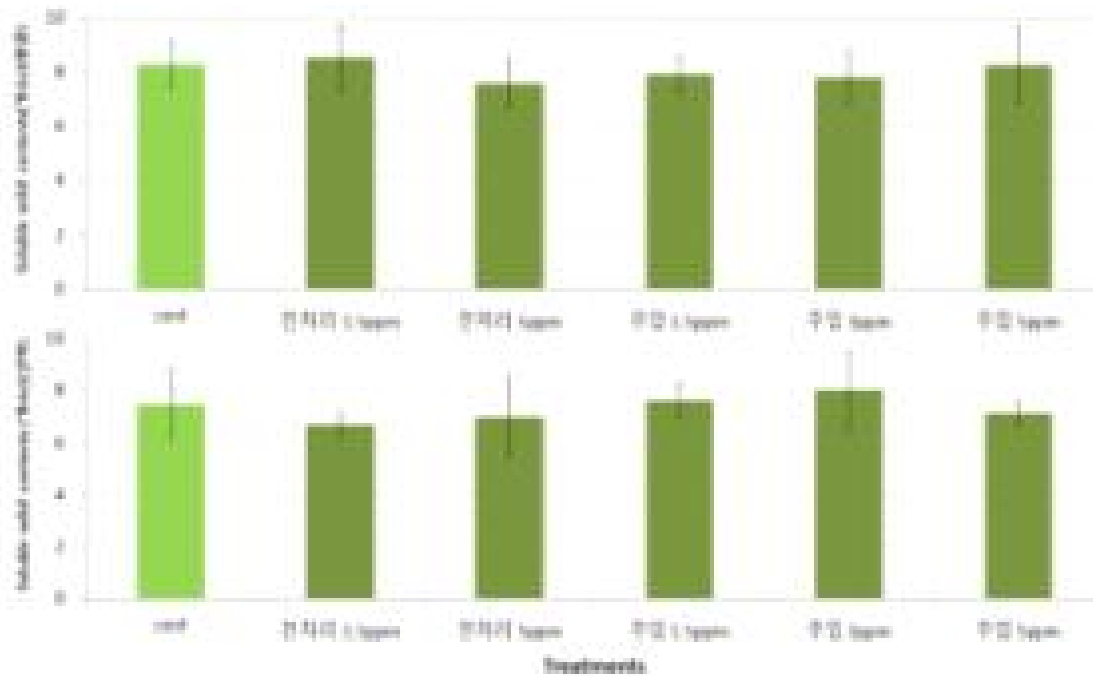


그림 23. 항공, 선박의 저장 종료일에 측정된 당도 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

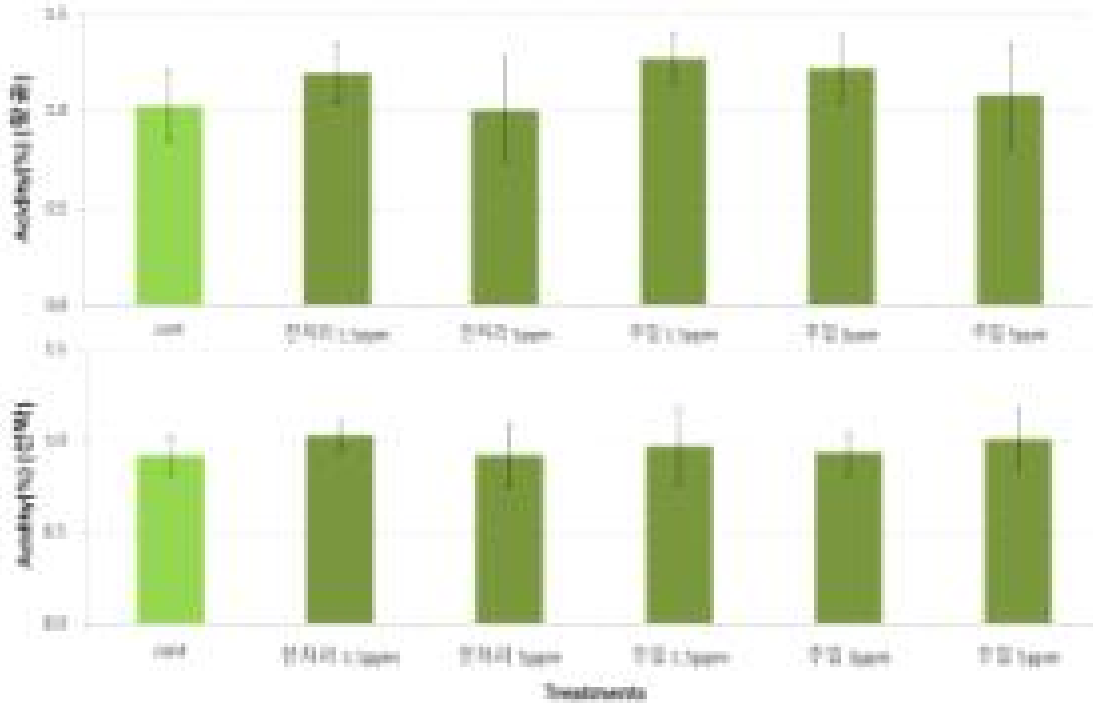


그림 24. 항공, 선박의 저장 종료일에 측정된 산도 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

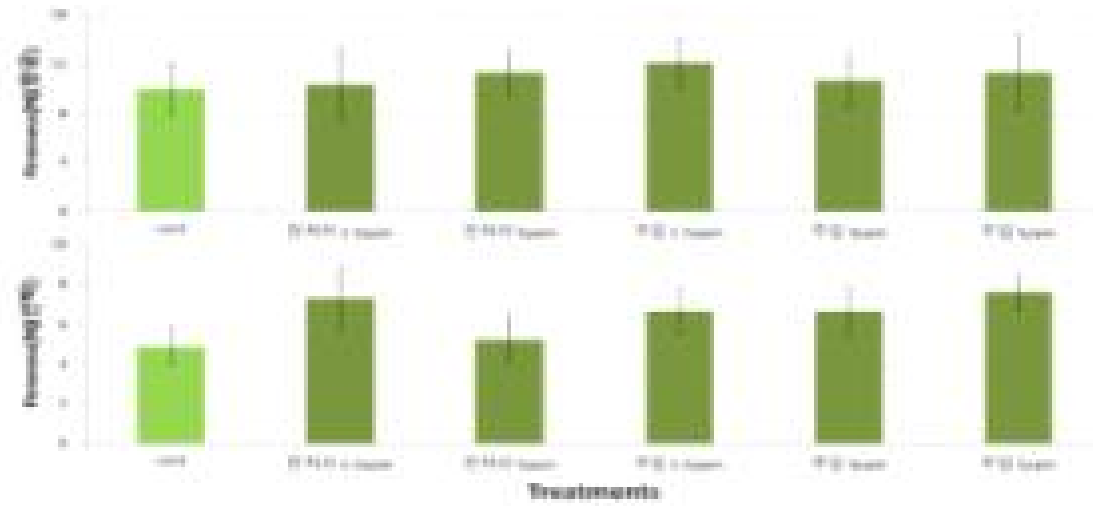


그림 25. 항공, 선박의 저장 종료일에 측정된 곰팡이 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

항공 선박의 저장 종료일에 조사한 곰팡이 발생의 경우, 상대적으로 높은 온도에서 유통되는 항공이 선박보다 곰팡이 발생이 높았다. 항공에서 처리구간 O3 주입 1.5ppm 과 주입 3ppm에서 많이 발생하였으며 O3 전처리 1.5ppm, 전처리 5ppm, O3 주입 5ppm에서 낮았다. 선박은 무처리와 O3 주입 3ppm에서 20%정도 발생했고, 나머지 처리에서 발생하지 않아 O3 살균효과가 있었다고 판단된다.

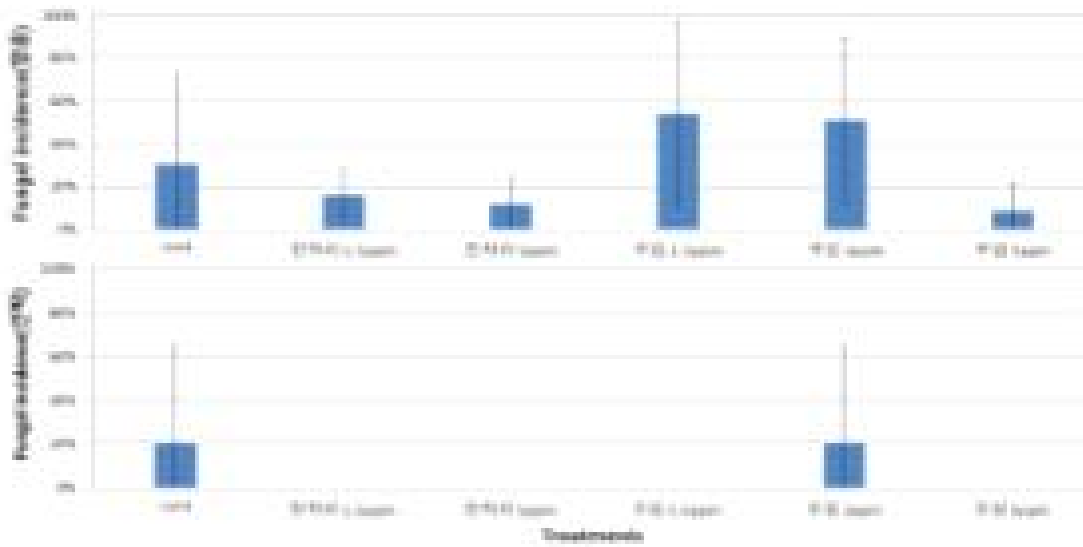


그림 26. 항공, 선박의 저장 종료일에 조사한 곰팡이 발생률 \pm SD (n=5)

외관상 품질의 경우 항공은 저장 종료일에 측정을 하였는데 O3 전처리 1.5ppm, 5ppm에서 높았으며 O3 주입 1.5ppm, 3ppm에서 낮았다. 선박의 경우 무처리, O3 주입 1.5ppm, 3ppm처리에서 다소 높았으나 처리간 차이는 나타나지 않았다. 색변화의 경우 과육부위에서 항공은 과실의 명도를 나타내는 L* 값이 초기값보다 비슷하거나 감소하였으며, a*값의 경우 O3 주입 5ppm이 가장 많이 감소하였고, 나머지는 비슷한 경향을 나타냈다. b*값은 모든 처리구가 감소하였는데, O3 전처리 5ppm처리에서 가장 많이 감소하였다. 선박의 경우 L*값은 초기값과 비슷하거나 다소 감소하는 경향이 있었다. a*값과 b*값의 경우 모든 처리구가 초기값보다 감소하였다. 화탁부위에서 항공은 L*값은 초기값보다 비슷하게 유지하였으며, a*값의 경우 모든 처리구가 감소하였고, b*값은 초기값과 유사하였고 O3 전처리 5ppm에서 가장 낮았다. 선박은 L*값은 초기값보다 비슷하거나 감소하였으며, a*값과 b*값의 경우 모든 처리구가 감소하였다.

다음의 결과를 종합해보면, 항공의 경우 O3 전처리의 경우 주입처리보다 살균효과가 있었다고 판단되며, 선박의 경우 전처리 1.5ppm, 5ppm, 주입 1.5ppm, 5ppm에서 살균효과를 보여 O3 처리에 따른 살균효과가 되었다고 판단된다.

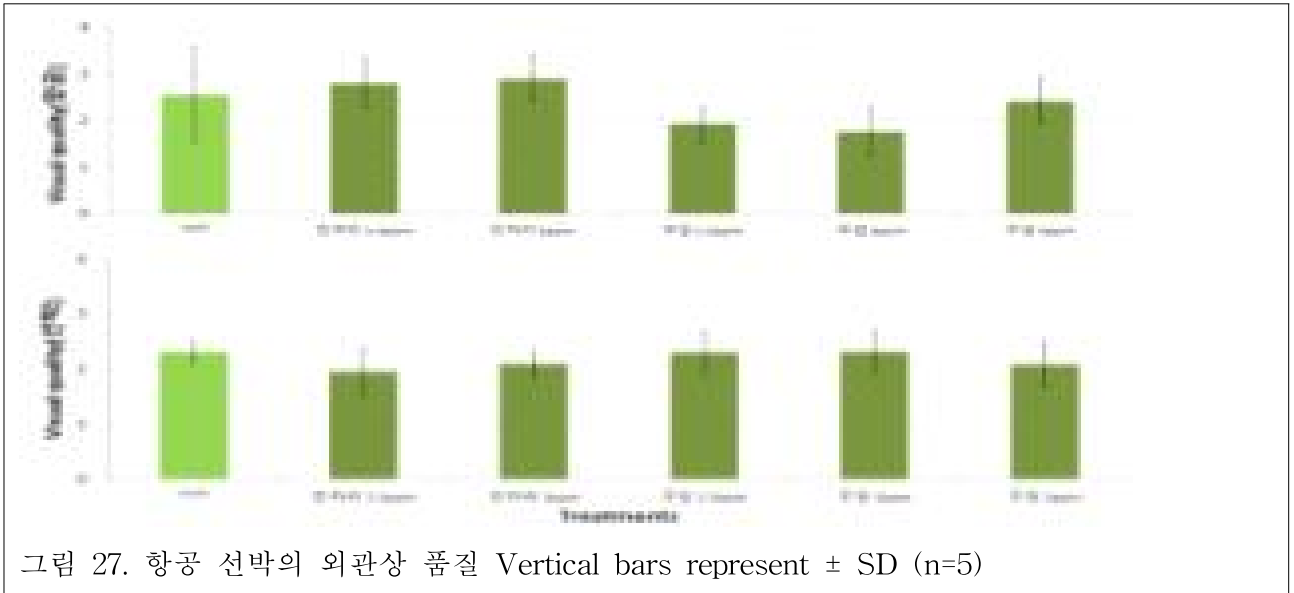


그림 27. 항공 선박의 외관상 품질 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

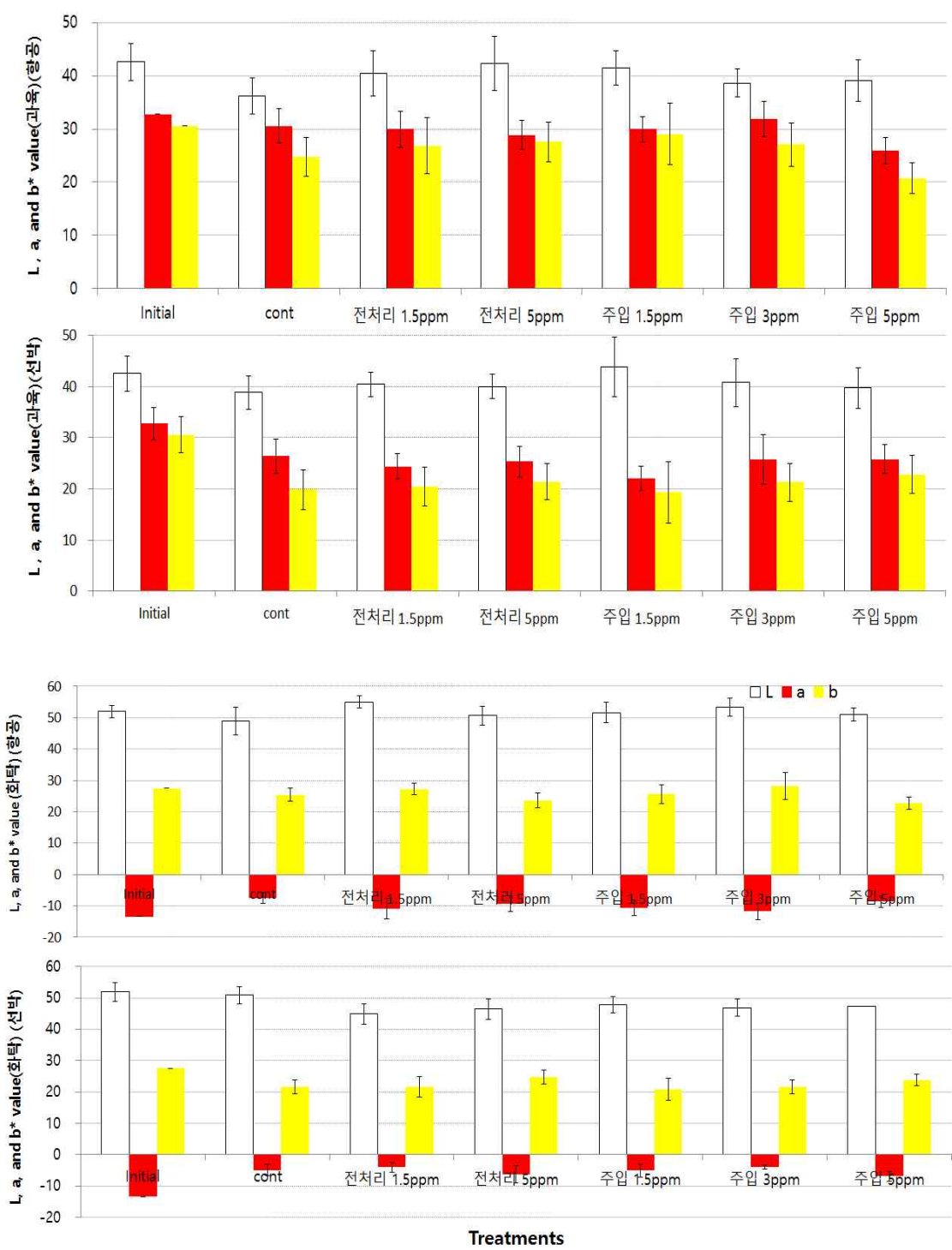


그림 28. 항공, 선박의 저장 종료일의 과실 및 화탁의 색도 비교 Vertical bars represent \pm SD (n=5)



그림 29. 항공 저장 종료일 사진



그림 30. 선박 저장 종료일 사진

(2) O3 가스 살균 기술 제시

본 실험에서 수확 전 재배 중 탄산시비(이산화탄소처리)가 딸기의 저장 중 품질 비교와 추가로 1차 O3 가스 주입 살균 실험을 통해 살균효과가 인정되어 탄산시비 처리별 O3 살균 효과에 대해 알아보하고자 실행하였다.

○ 연구 방법

* 딸기의 O₃ 가스 살균 기술 제시

공시재료: 매향(진주 수곡), 재배하면서 탄산시비 한 처리와 대조구인 무처리 선별
 탄산시비 조건: 1-2월 (9시-10시까지 3L/분당) 공급
 저장조건:

1. 탄산시비 처리	2. 탄산시비 처리x
Cont	Cont
MA(20,000cc)	MA(20,000cc)
O ₃ (20,000cc 포장 후 1.5ppm 주입)	O ₃ (20,000cc 포장 후 1.5ppm 주입)

조사내용: 생체중 감소율, 포장 내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도, 당도, 산도, 경도, 색변화, 관능평가에 의한 외관 이취 조사

○ 연구 결과

본 실험은 수출용 딸기 ‘매향’을 숙기별로 반숙과(60%), 완숙과(80%)로 나누어 숙기별 저장 비교 실험 및 O₃ 가스 전처리 살균 효과를 알아보기 위해 실시하였다.

저장 중 생체중 감소율은 통계적 유의성은 없었으나 탄산시비처리 유공에서 12%내외로 무처리 유공보다 다소 높았으며 MA저장 및 O₃ 가스 주입 처리는 탄산시비에 상관없이 1%미만의 낮은 감소율을 보였다. 필름 포장내 에틸렌, 이산화탄소, 산소농도는 MA저장 처리에서만 측정하였는데, 에틸렌 농도는 저장 1일차 탄산시비 모든 처리가 3.5ul/L까지 증가 하였으나 이내 감소하여 무처리와 비슷한 농도를 유지하였다. 이산화탄소 농도는 탄산시비 처리에서 저장 7일 25%까지 증가하였다가 감소하여 저장 최종일에는 15%를 유지하였으며, 적정 MA 조건인 이산화탄소 15-20%와 비슷한 수치를 유지하였다. 산소 농도는 저장 7일차 탄산시비처리에서 2%의 산소 농도를 보였으나 다시 증가하여 7-8%의 농도를 유지하였다. 탄산시비 처리에는 O₃ 가스 주입과 비슷한 경향을 보였으며, 무처리와 탄산시비에 따른 처리 간 차이는 나타나지 않았다.

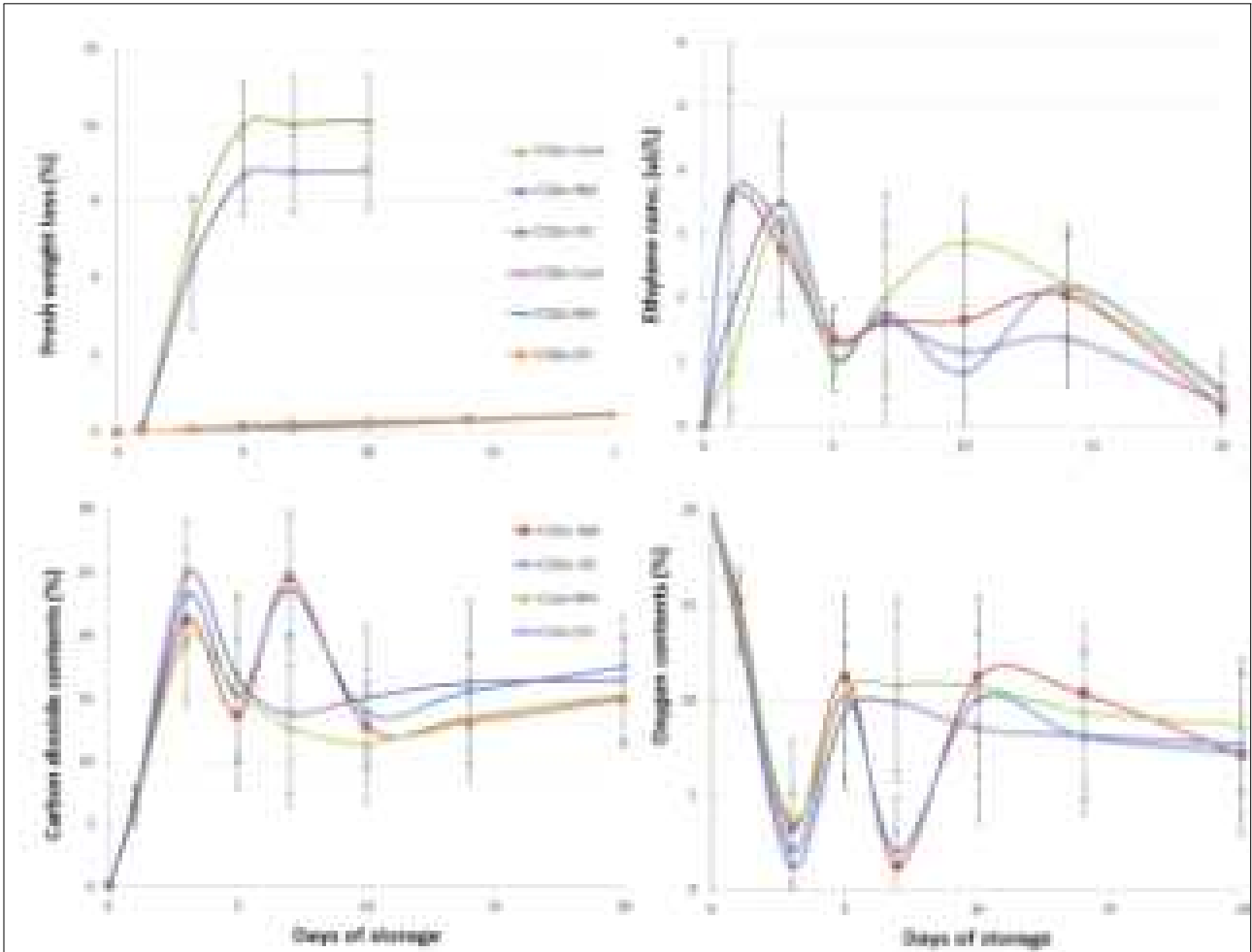


그림 31. 저장 중 생체중 감소율, 필름 포장 내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

저장 종료일에 측정된 경도의 결과로 재배 중 탄산시비는 경도 증진에 효과가 있다고 판단된다. 유공 처리에 경우 높은 생체중 감소에 따른 조직이 질겨 졌다고 판단되나, 적정 MA조건 필름 포장 내 이산화탄소(15-20%)을 만족했던 MA처리(무처리, O3 주입처리)에서 경도가 무처리보다 높게 나와 경도 증진에 대한 효과가 있다고 판단된다. 당도는 탄산 시비에 상관없이 유공처리가 MA저장, 살균 처리보다 높았는데 이는 생체중 감소가 10-12% 발생하여 수분감소에 따른 당분의 농축현상이라 생각된다. 당도의 결과가 MA저장, 살균 처리가 다소 낮았는데 포장 내 산소 농도의 감소가 매우 빨리 진행 되어 호흡에 따른 당분 소모로 판단된다. 산도는 모든 처리가 초기값 보다 감소하였으며, 처리간 차이는 없었으나 무처리에서 다소 높았다.

외관상 품질의 등급은 저장전 가장 좋은 상태를 5점, 상품성이 유지된 상태를 3점, 그리고 완전폐기 상태를 1점으로 하였다. 외관은 탄산시비 MA저장, 살균 처리가 가장 좋게 유지 되었으며 무처리 유공과 MA저장 처리가 낮았고, 살균 처리에서 다소 높았다. 외관상 품질은 유공처리에서 낮은 것을 조사 할 수 있었는데, 이는 유공처리의 높은 수분 감소에 따른 외형

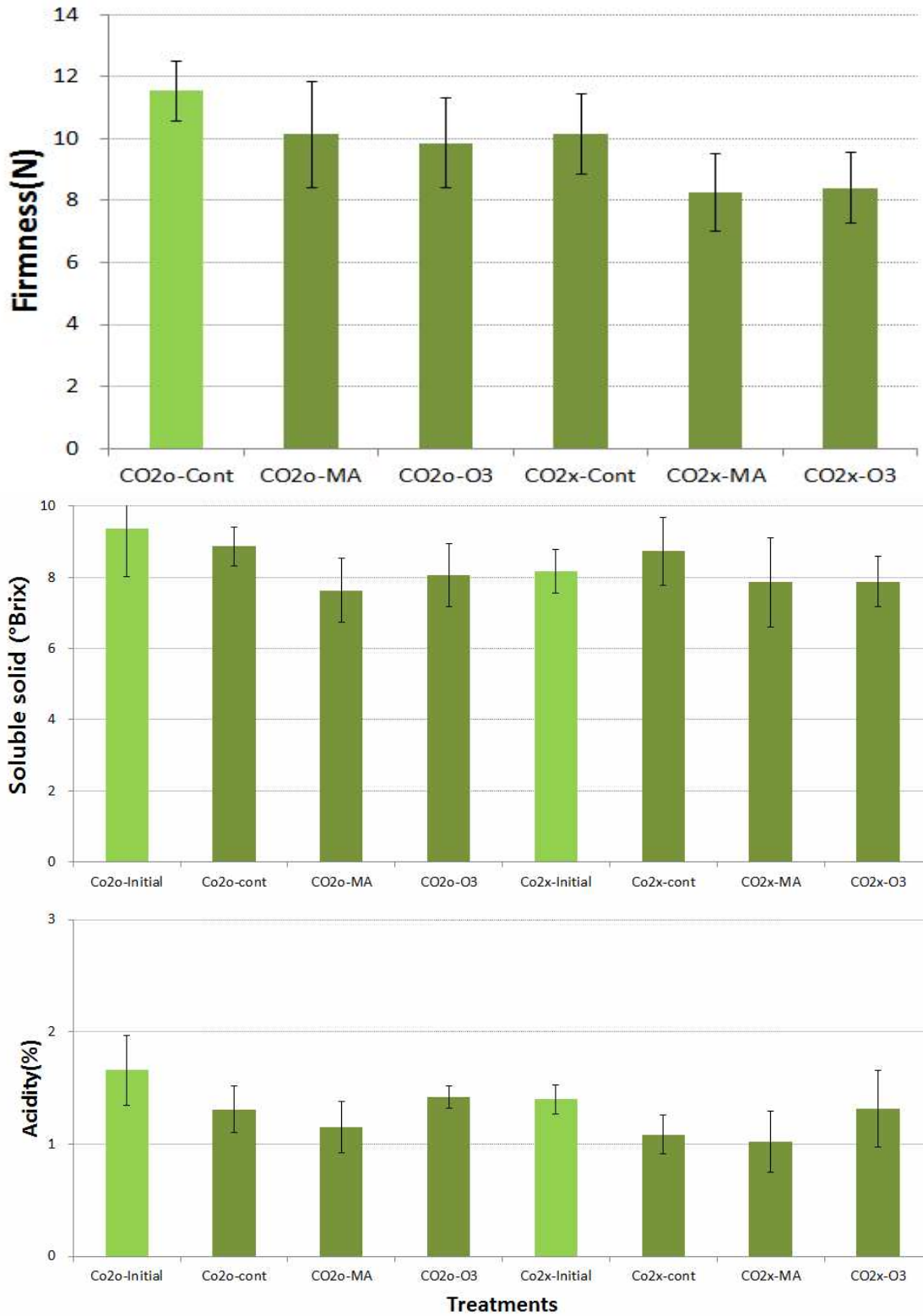


그림 32. 저장 종료일의 경도, 당도 그리고 산도 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

손실이라 판단된다. 이취의 평가 등급은 이취를 느끼지 못하는 수준을 0점, 이취가 매우 강한 수준을 4점으로 하였다. 이취는 무처리 유공과 MA저장 처리에서 높았으며 탄산시비 유

공에서 가장 낮았다. 저장 종료일에 색차계로 측정된 색변화의 경우 명도를 나타내는 L*은 초기값 보다 감소하였고, 빨간색을 나타내는 a*값은 모든 처리가 초기값과 비슷하였다. 노란색을 나타내는 b*값은 탄산시비 유공과 MA저장 처리 모두 감소하였고, 무처리 유공과 MA, 살균처리는 비슷한 결과를 나타내었다. 곰팡이 발생은 탄산시비 처리에 상관없이 유공 처리에서 높았고 탄산시비 처리가 무처리보다 다소 낮은 것을 볼수 있었다. 또한 O3 주입처리에서 탄산시비 처리 상관없이 낮은 발생을 보였다. 이는 O3 주입에 따른 살균효과를 볼 수있었다고 할수 있겠다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 탄산시비는 앞서 언급된 경도 증진에 관한 효과를 나타내었다. 또한 유공 처리에 경우 높은 생체중 감소에 따른 조직이 질겨 졌다고 판단되나, 적정 MA조건 필름 포장 내 이산화탄소(15-20%)을 만족했던 처리에서 경도가 무처리보다 높게 나와 경도 증진에 대한 효과가 있다고 판단된다. O3 주입은 탄산시비처리에 상관없이 살균 효과를 나타내는 것을 알 수 있었다.

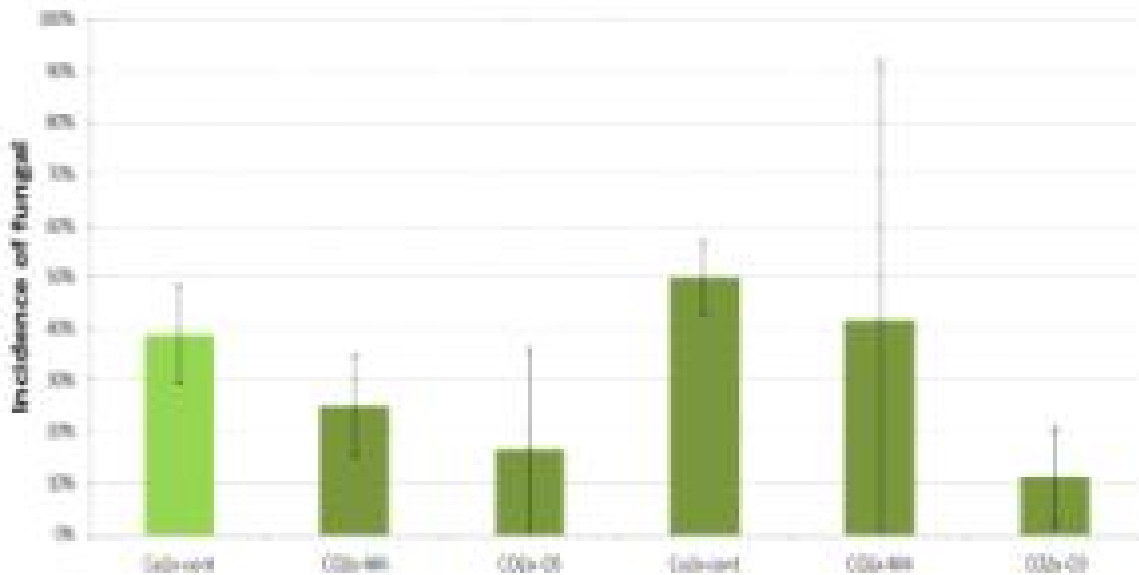


그림 33. 저장 종료일의 곰팡이 발생 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

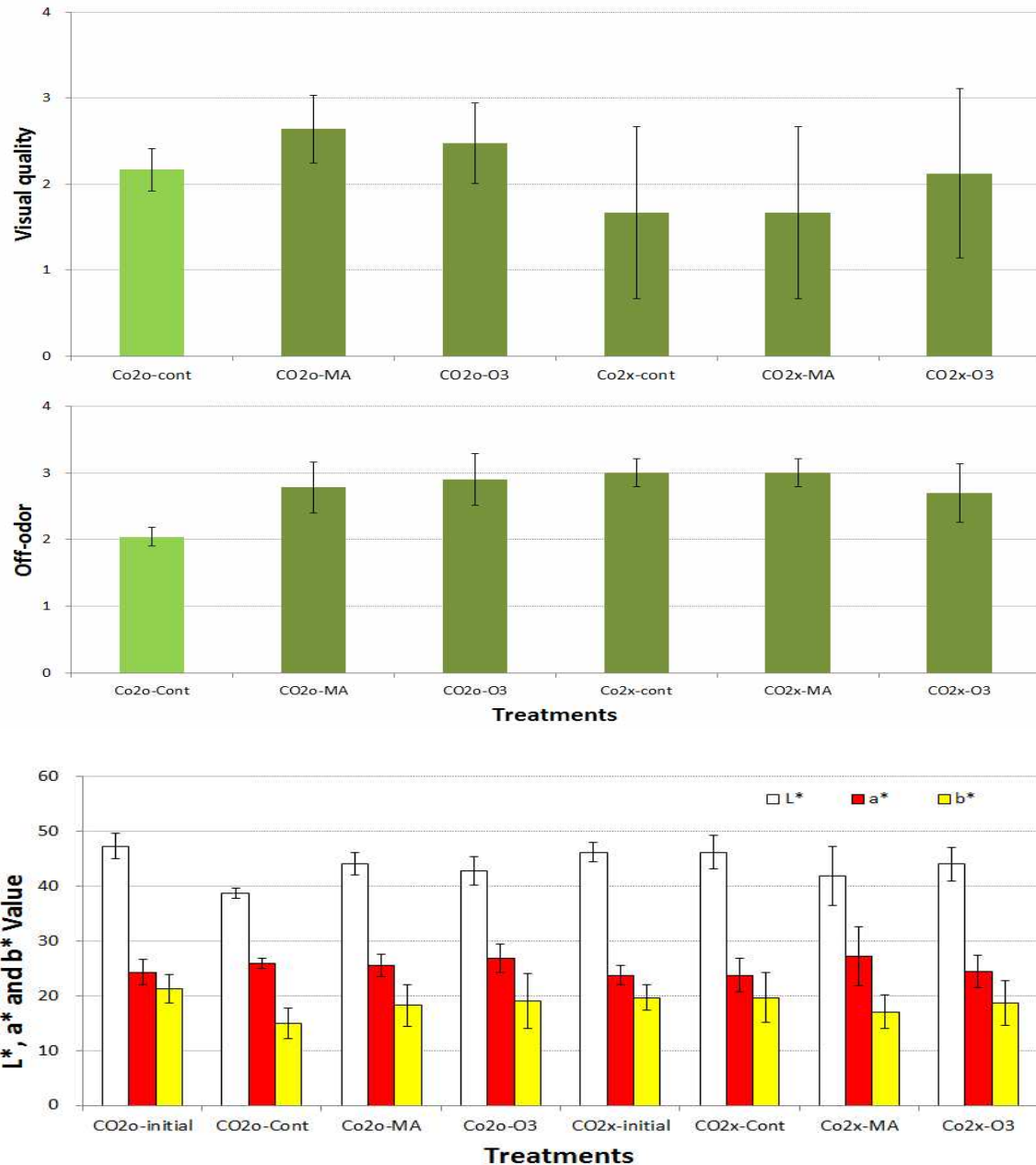


그림 34. 저장 종료일의 외관, 이취 그리고 과육의 색도 비교 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

나. <토마토>

토마토에는 32종의 병이 보고되어 있으며, 이 중 잿빛곰팡이병 등이 토마토 생산량 및 저장 중 손실에 큰 영향을 미치는 주요 병으로 알려져 있다. 따라서 이러한 곰팡이의 제거가 필요한데, 자외선(UV-C(100-280nm)) 조사로 미생물의 DNA base에 손상을 일으켜 미생물을 사멸시키는 비열처리 기술이다. 일반적으로 고온 다습한 환경에서 수확되는 토마토는 재배에서 유통과정 까지 초기에 오염된 미생물, 곰팡이 포자에 의해 미생물 증식이 빠르게 진행된다. 즉 토마토의 부패는 과실 표면에 부착된 곰팡이와 세균이 과실의 흠집이나 연한 부분을 통

하여 발생한다. 이에 본 실험은 토마토에 UV-C 적용 가능성을 확인하기 위하여 진행 하였다.

(1) 토마토의 UV-C 적정 조사 및 살균 효과 규명

○ 연구 방법

* 토마토의 UV-C 적정 조사 강도 및 살균 효과 규명

공시재료: 유니콘 토마토(숙기: Light-red)

온도조건: 5℃

살균 전처리 방법 및 저장방법: 20,000cc 필름으로 포장하여 4반복 실행

Cont
7 kJ/m ²
14 kJ/m ²
21 kJ/m ²
28 kJ/m ²

조사내용: 생체중 감소율, 필름 포장 내 산소 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도, 외관상 품질, 경도, 당도, 산도, 곰팡이 발생률 조사

○ 연구 결과

저장 중 생체중 감소는 꾸준히 감소하였으며, UV-C 강도가 강해짐에 따라 생체중 감소가 더 많이 하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 OTR필름으로 포장한 MA 저장 처리는 수분 증산을 억제하여 가장 많은 감소율을 보인 28kJ이 0.2%내외로 감소하였고, 토마토 최대 생체중 감소 허용범위인 7%보다 낮아 수분 감소에 따른 외관상 품질 저하는 나타나지 않았다. 외관은 저장 종료일 7kJ, 무처리에서 가장 낮았다. 필름 포장내 산소 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도는 28kJ에서 산소 16.08-17.50%, 이산화탄소 3.33-6.60%의 농도를 보였고 이는 최적 이산화탄소 적정 농도인 산소 3-5%, 이산화탄소 3-5%에 근접하였다. 에틸렌 농도는 모든 처리가 1일차 증가하였다가 감소하여 0.26-1.11 $\mu\text{L/L}$ 의 농도를 나타 내었다.

저장 종료일에 측정된 경도는 무처리보다 UV-C처리에서 증가 하였으며, 28kJ에서 가장 높았다. 경도는 토마토의 저장기간에 미치는 매우 중요한 요소이며, UV-C처리 강도가 높아짐에 따라 증가하는 것을 관찰 할 수 있었다. 산도는 UV-C 28kJ에서 0.41%의 농도를 유지하며 가장 높았고 무처리에서 0.27%로 가장 낮았다. UV-C처리가 강해짐에 따라 산도가 높았던 기준에 보고와 일치 하였다. 당도는 무처리에서 가장 높았으며 UV-C 처리 간 차이는 나타나지 않았다. 곰팡이 발생의 경우 28kJ에서 가장 낮은 발생을 보였으며, 무처리구에서 65% 내외의 발생을 나타내어 가장 많이 발생했다. UV-C처리에 따른 살균효과가 있었다고 판단된다.

이상의 결과를 종합해보면 UV-C조사는 토마토의 외관, 낮은 곰팡이 발생률, 경도 증진, 당 감소 억제, 높은 산도를 유지하기에 효과적인 처리라 생각된다.

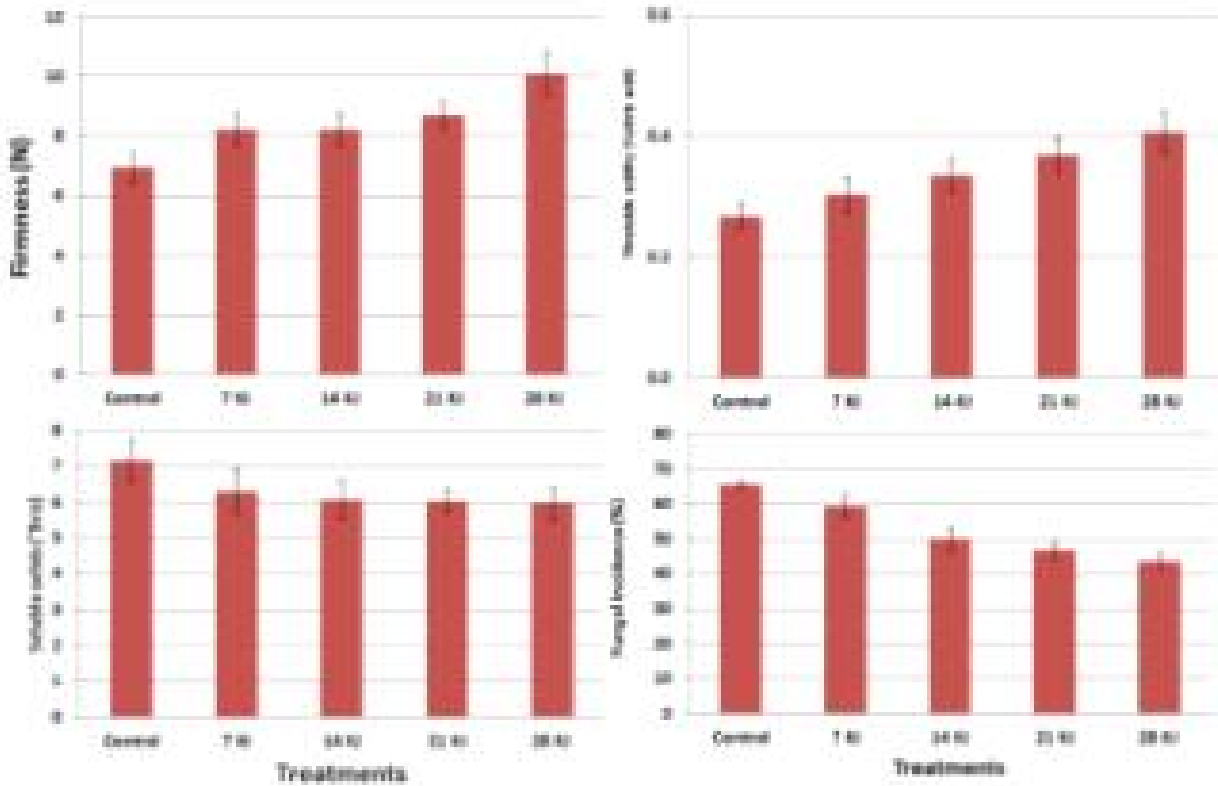


그림 36. 저장 중 생체중 감소율, 외관상 품질, 필름 포장 내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

(2) 꼭지 유무에 따른 토마토의 H₂O₂ 농도별 살균 효과 규명

국내에서는 방울토마토는 모두 꼭지가 붙은 상태로 유통되고 있으나, 홍콩, 싱가포르 등에서는 꼭지 없는 상태로 상당량이 유통되고 있으며, 현재 싱가포르에 수출중인 국내산 방울토마토 중에서도 바이어의 요청으로 꼭지를 제거한 상태로 수출되고 있다. 이에 꼭지 유무에 따른 저장성 비교를 위해 먼저 살균효과 실험을 수행하였다.

과산화수소(H₂O₂)는 강한 산화성 물질로 뛰어난 살균력을 지니고 있어 식물은 이 물질을 통해 병 방어의 생화학적 수단으로 이용한다. 실제로 병원균에 대해 강한 살균력을 가지는 과산화수소는 잿빛곰팡이 병의 발생을 억제한다고 보고되어있다. 또한 식물조직에 흡수 되더라도 catalase와 같은 항산화 효소의 작용에 의해 빠르게 분해되어 토마토 전처리에 사용하더라도 잔류하지 않는 장점이 있다. 따라서 본 실험은 꼭지 유무에 따른 적정 과산화수소 적정 농도를 규명하기 위해 실시하였다.

○ 연구 방법

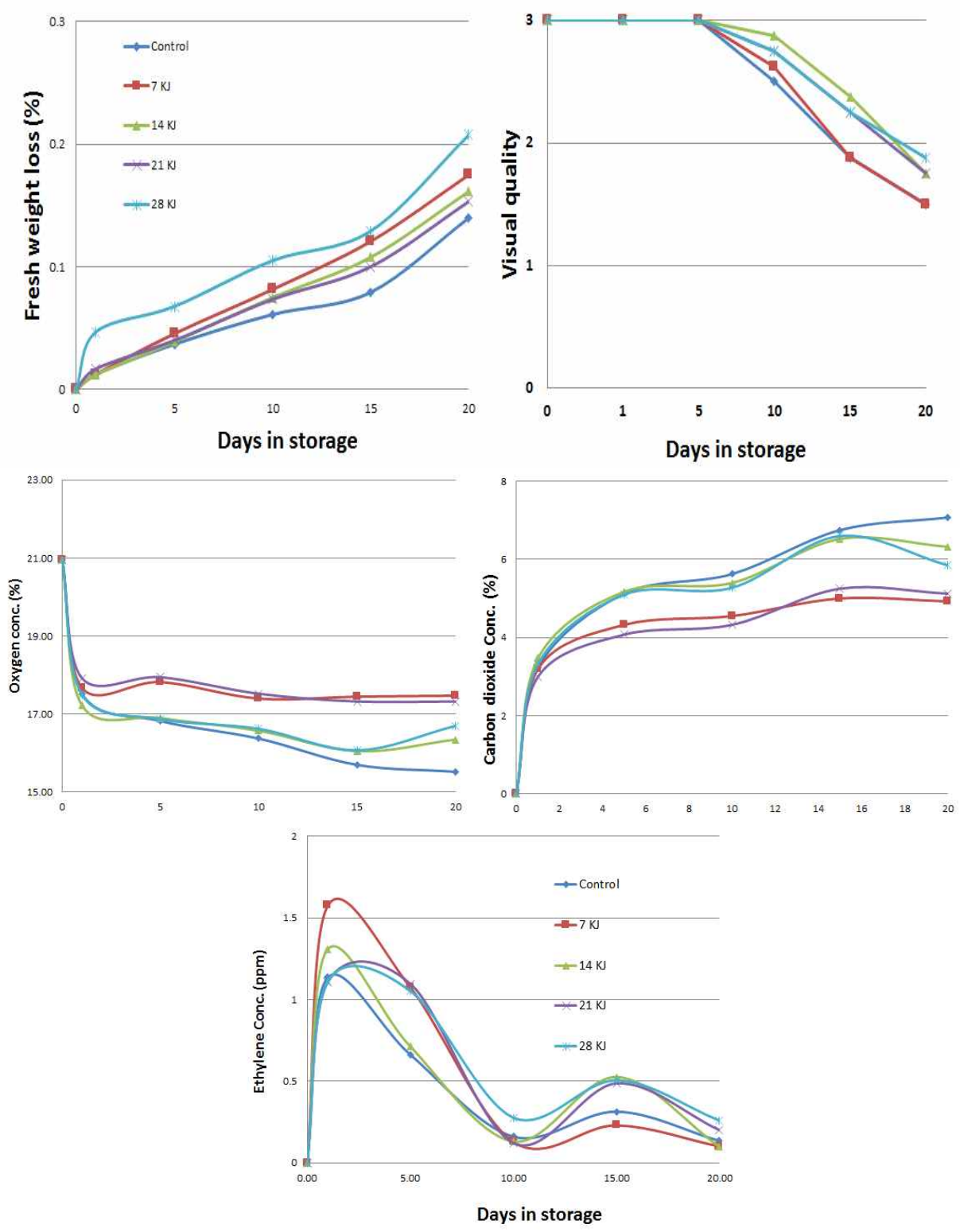


그림 35. 저장 중 생체중 감소율, 외관상 품질, 필름 포장 내 이산화탄소, 산소, 에틸렌 농도 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

* 꼭지 유무에 따른 H2O2 농도별 살균 효과 규명

온도조건: 25℃

살균 전처리 방법 및 저장방법:

꼭지 _o -cont	꼭지 _x -cont
꼭지 _o -H ₂ O ₂ 2%	꼭지 _x -NaOCl
꼭지 _o -H ₂ O ₂ 15%	꼭지 _x -H ₂ O ₂ 0.4%
	꼭지 _x -H ₂ O ₂ 2%
	꼭지 _x -H ₂ O ₂ 15%

처리방법: 꼭지를 유무에 따라 선별하여 NaOCl, H₂O₂ 농도 별로 침지하여 OTR필름 (20,000cc) 포장 하여 25℃ 조건에서 꼭지 있는 것은 5일, 꼭지를 제거한 것은 9일간 저장 하였다. NaOCl의 경우 꼭지를 제거한 처리에만 추가 함

조사내용: 생체중 감소율, 산소 와 이산화탄소 농도 외관, 이취, 곰팡이 발생률, 색변화, 경도

○ 연구 결과

꼭지 유무에 따른 H₂O₂ 농도별 살균 효과 규명

본 연구는 H₂O₂ 농도별로 처리 MA저장 조건의 따른 살균효과와 품질 변화를 조사하기 위해 실시하였다. 저장중 생체중 감소율은 꼭지를 제거한 NaOCl 처리가 가장 높았으며, 꼭지를 제거하지 않은 무처리에서 0.6%의 감소를 보여 가장 낮았으며 꼭지 유무에 따른 처리간 차이를 나타나지 않았다. 본 실험에서 토마토의 생체중 감소 최대 허용범위는 7.0% 인데, 1.0% 미만으로 생체중 감소에 따른 품질저하는 나타나지 않았다고 판단된다.

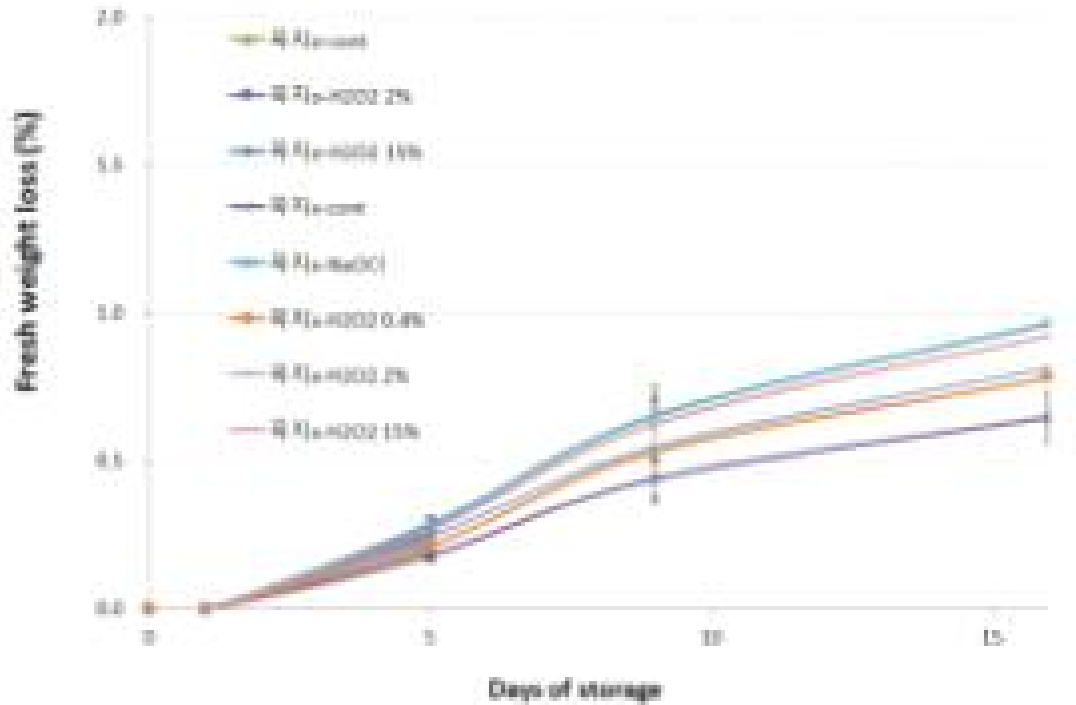


그림 37. 꼭지 유무에 따른 생체중 감소율 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

포장내 이산화탄소 농도의 경우 저장 초반 7%까지 증가하다 이내 감소하여 2-5%의 농도를 유지하였다. 꼭지를 제거한 무처리에서 가장 높은 농도를 유지 하였으며, 나머지 처리는 처리간 차이는 나타나지 않았다. 산소농도의 경우 이산화탄소 농도와 유사한 경향을 보였으며, 꼭지를 제거한 무처리에서 가장 낮은 농도를 유지하였다. 토마토의 적정 CA 및 MA 조건이 이산화탄소 3-5%인데 비록 저장 1일차에 7%까지 증가하였지만 감소하여 적정 범위에서 유지되었다. 산소 농도 또한 1% 이하일 때 이취가 발생 된다고 보고되었는데 14-19%의 농도를 유지하여 저산소에 의한 피해는 없었다고 판단된다.

저장 종료일에 패널테스트로 조사한 외관상 품질의 경우 5점 매우 좋음 3점 보통 1점 매우 나쁨으로 등급을 나누어 측정하였는데, 꼭지를 제거한 H2O2 15%와 꼭지를 제거하지 않은 H2O2 15%에서 좋았다. 이취의 경우 개봉 직 후 1점 없음, 2점 약간 있음, 3점 나쁨, 4점 아주 나쁨으로 구분하였고, 다른 처리와 통계적 유의성은 없었으나 꼭지를 제거한 H2O2 0.4%에서 다소 높은 이취를 보였다. 에틸렌 농도의 경우 저장 1일차에 꼭지를 제거한 무처리에서 가장 높았으며, 꼭지 제거하지 않은 무처리에서 가장 낮았으며, 저장 최종일에는 꼭지를 제거한 H2O2 2%를 제외하고 3-7 μ l/L의 비슷한 농도를 나타내었다. 빨간색을 나타내는 a*값의 경우는 모든처리간 차이가 없었다.

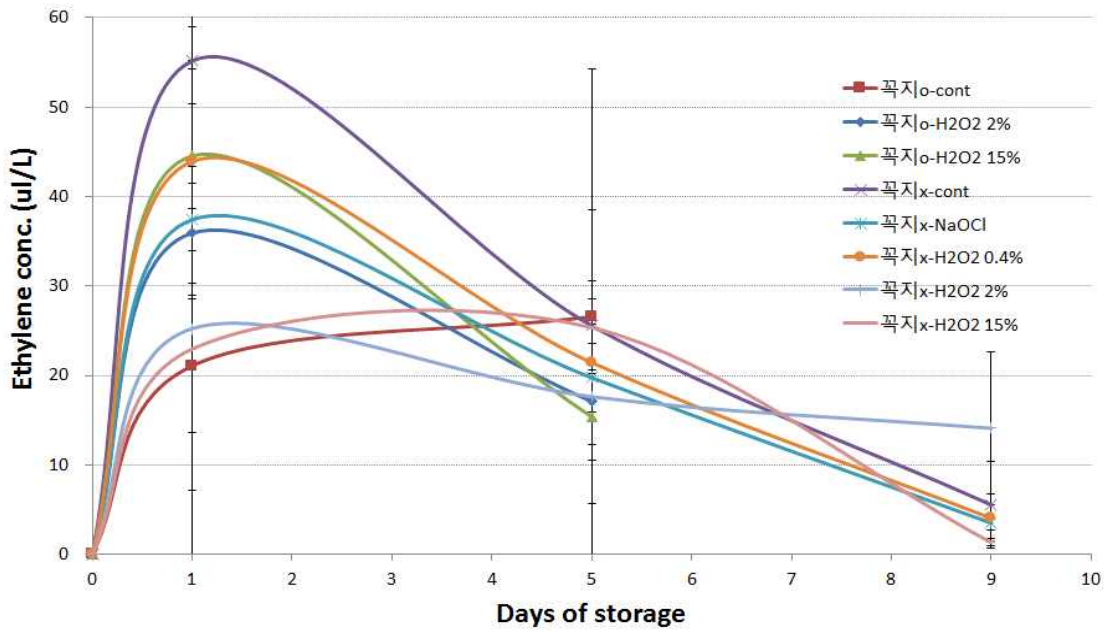
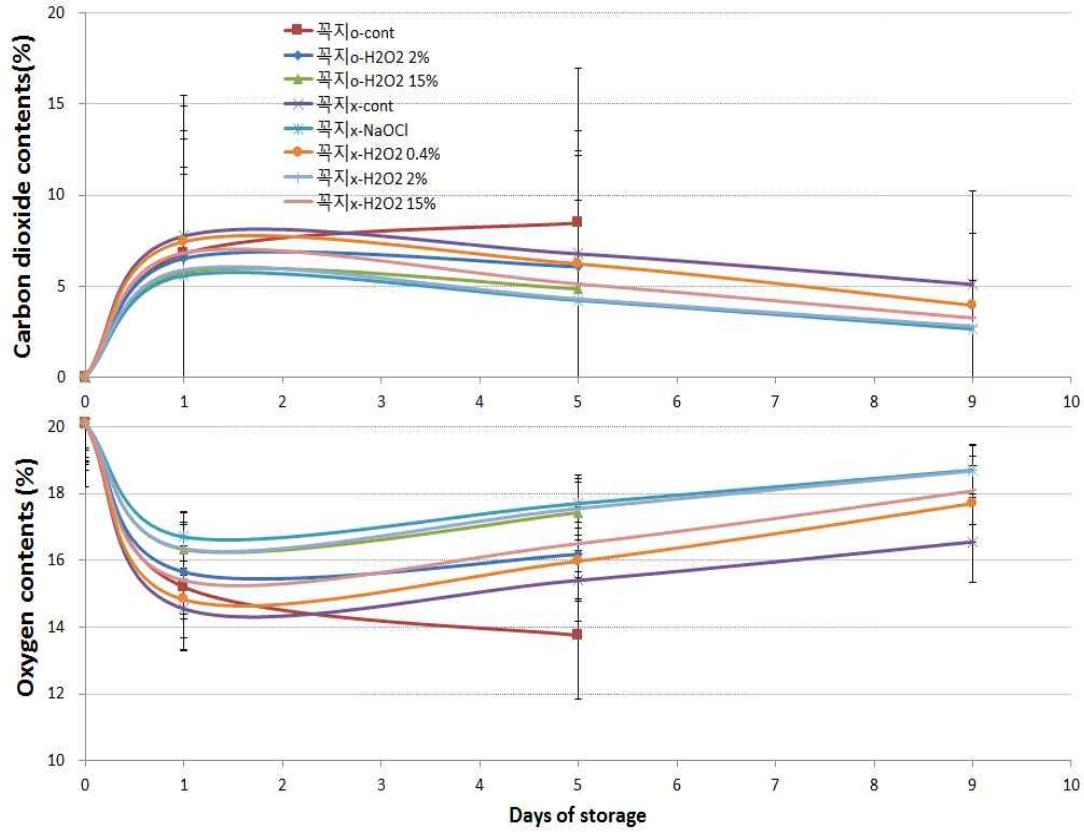


그림 38. 필름 포장내 이산화탄소 산소 그리고 에틸렌 농도 변화 Vertical bars \pm SD (n=4)

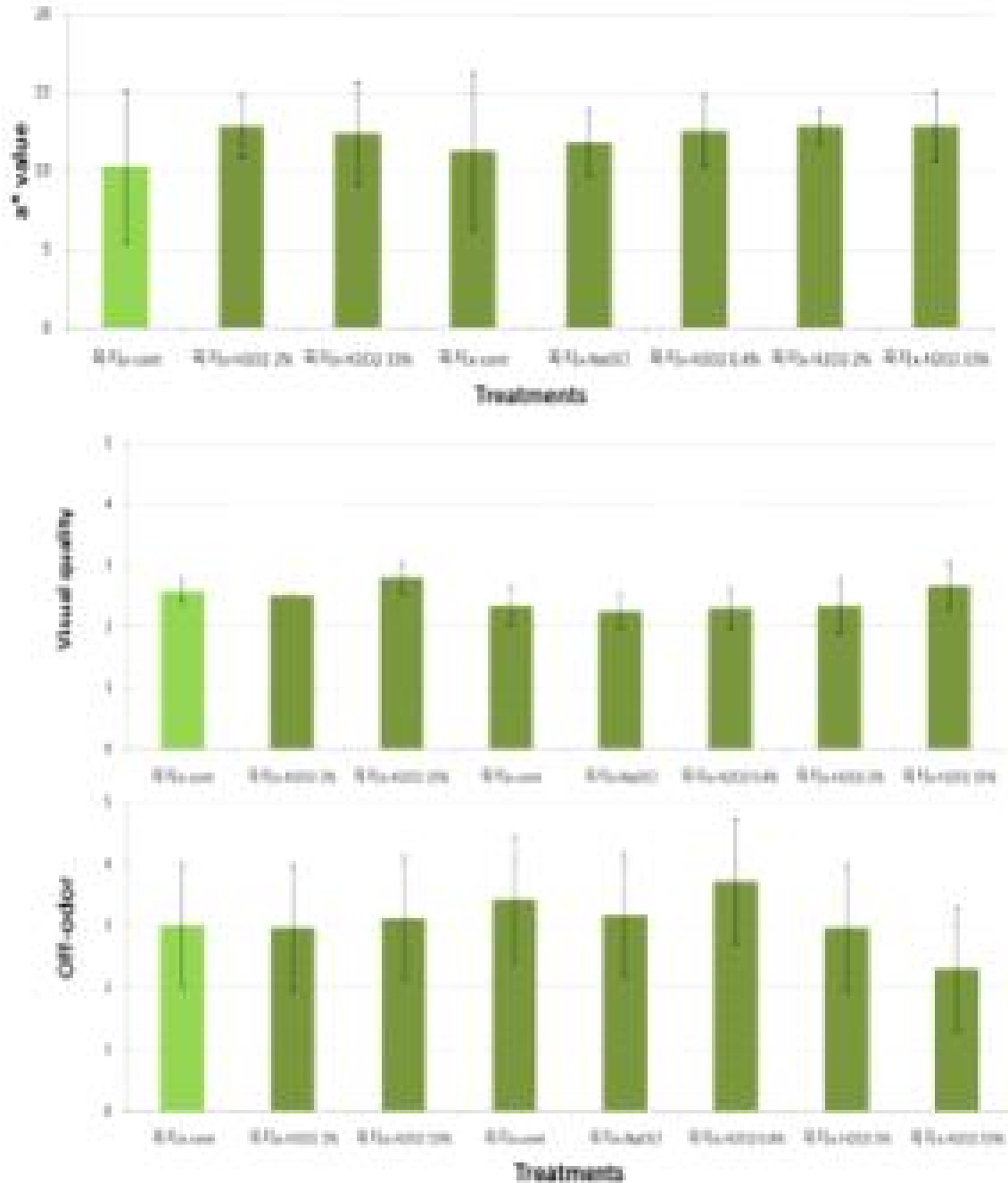


그림 39. 저장 종료일에 조사한 색변화, 외관상 품질 및 이취 ± SD (n=4)

저장 종료일에 조사한 곰팡이 발생율은 꼭지가 있는 처리에서 H₂O₂ 15%에서 가장 낮았으며, 꼭지가 없는 처리의 경우 무처리에서 80%의 높은 발생율을 보였고, H₂O₂ 2%에서 가장 낮았다. 꼭지의 유무에 따라 곰팡이 발생 차이가 매우 크게 낮았는데, 이는 꼭지를 제거한 토마토의 경우 과육부분의 큐티클층으로 덮여있어 곰팡이의 발생이 낮게 발생하였다. 꼭지를 제거 하지 않은 토마토의 경우 꼭지에서 먼저 발생하는 것을 조사 할 수 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 꼭지유무에 따른 살균 전처리는 꼭지가 있는 처리의 경우 외관상 품질이 우수하고 곰팡이 발생이 가장 적었던 H₂O₂ 15%가 우수하였고, 꼭지를 제거한 처리의 경우 곰팡이 발생이 가장 낮았던 H₂O₂ 2%에서 가장 우수한 것으로 판단된다. 살균 처

리 방법 별로 NaOCl 처리는 38% 발생률을 보였으나 H₂O₂ 2%에서 31%로 발생률이 가장 낮아 가장 효과적인 살균처리라고 판단된다.

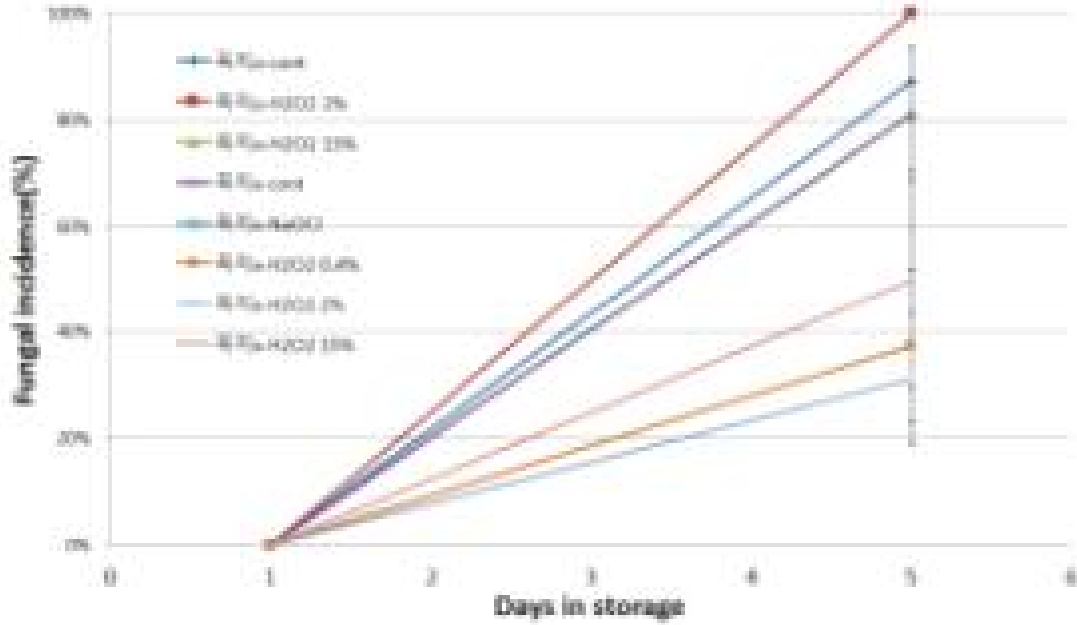


그림 40. 저장종료일의 곰팡이 발생율 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

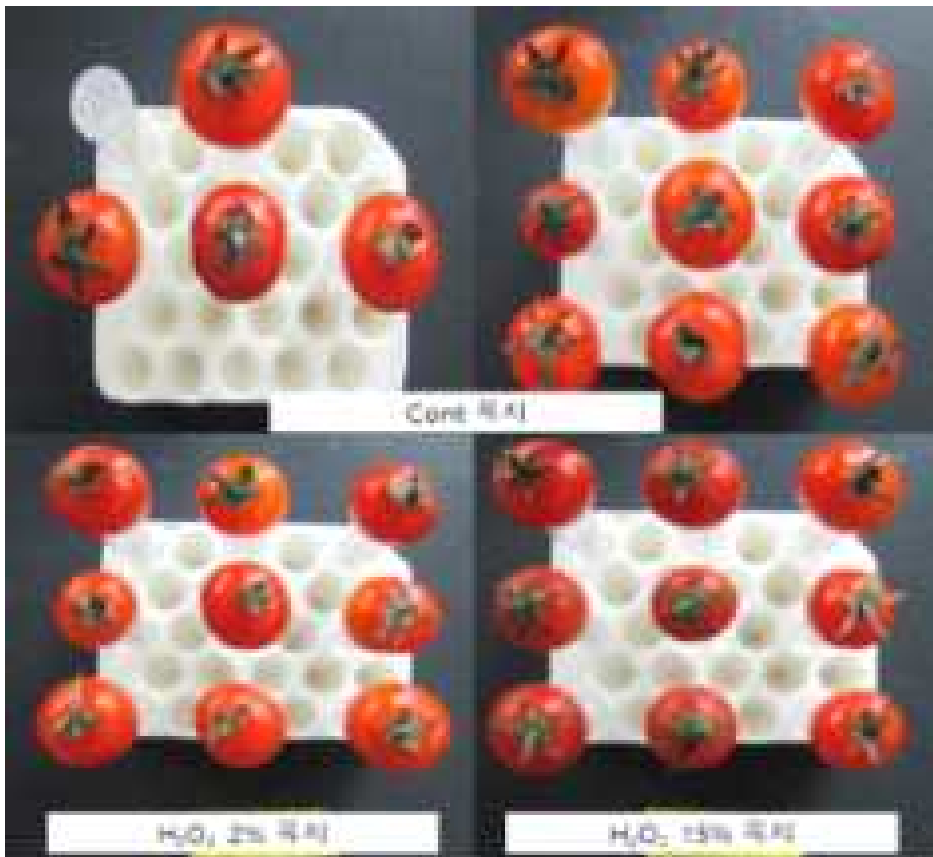


그림 41. 저장종료일의 꼭지 있는 토마토 사진

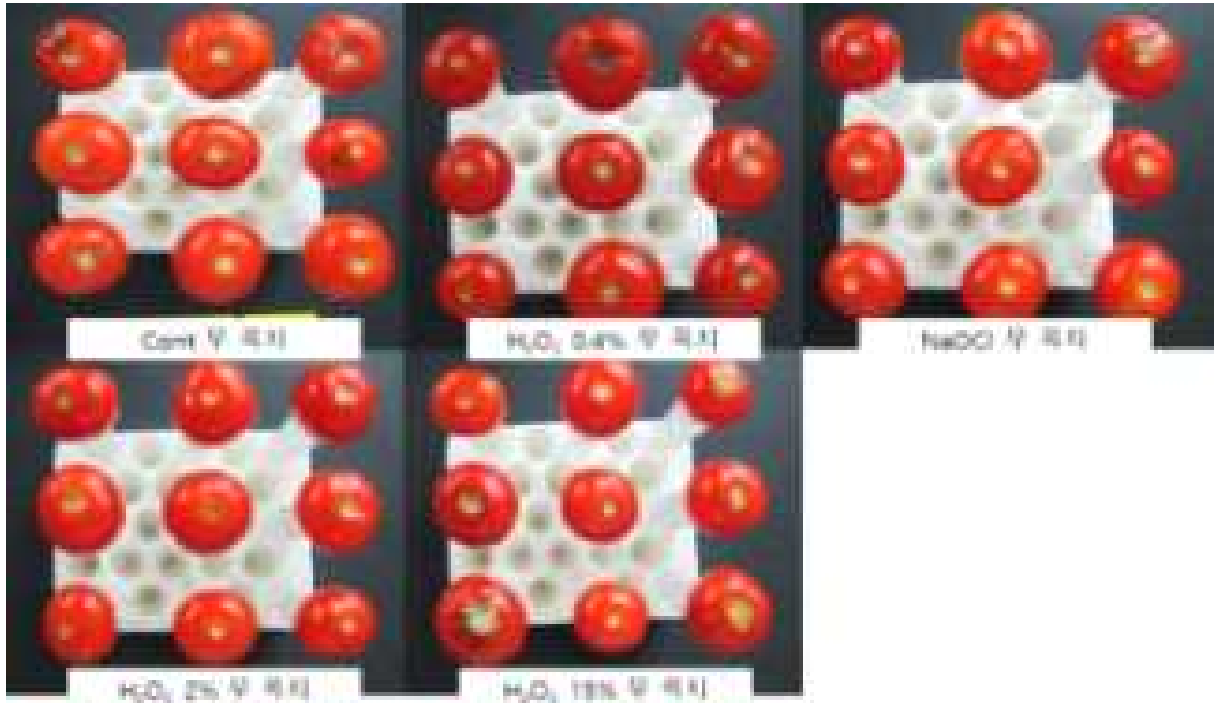


그림 42. 저장종료일의 꼭지 없는 토마토 사진

(3) 토마토의 몇가지 전처리 살균 효과 규명

실험 1,2 실험을 진행하면서 살균 효과를 봤던 과산화수소(H₂O₂), UV-C조사 전처리를 비교하기 위해서 다음의 실험을 진행하였고 추가로 과산화수소(H₂O₂) + UV-C조사 복합 실험도 추가하여 진행하였다.

○ 연구 방법

* 꼭지 유무에 따른 H₂O₂ 농도별 살균 효과 규명

온도조건: 25℃

살균 전처리 방법 및 저장방법: 20,000cc 필름으로 포장하여 4반복 실험

Cont
NaOCl
H ₂ O ₂ 2%
UVC 3.7kJ
H ₂ O ₂ +UVC

조사내용: 생체중 감소율, 산소 와 이산화탄소 농도 외관, 이취, 곰팡이 발생률, 색변화, 경도

○ 연구 결과

저장 중 생체중 감소는 꾸준히 감소하였으며, 무처리에서 가장 낮은 감소율을 나타내어 약 0.18% 수치를 나타냈으며, 나머지 처리도 0.2-0.25%사이의 감소를 보였다. 토마토 최대 생체중 감소 허용범위인 7%보다 낮아 수분 감소에 따른 외관상 품질 저하는 나타나지 않았다. 필름 포장내 산소 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도는 저장 직후 증가하였으며 과산화수소 (H₂O₂) 처리의 경우 6일차 가장 많이 증가하였다가 감소하였고 무처리에서 저장 최종일인 8일차에 가장 높았다. 이산화탄소 농도는 무처리에서 저장 1일차 가장 낮았었는데 이내 증가하여 저장 최종일인 8일차에 14%의 농도를 나타내어 가장 높았으며, 나머지 처리는 저장 최종일까지 11-13%농도를 유지했다. 산소는 저장 직후 감소하여 10-14%의 농도를 유지 하였다

저장종료일에 색차계로 측정한 색변화는 빨간색을 나타내는 a*값의 경우, H₂O₂ 와 H₂O₂+UV-C에서 다소 높았으며, 나머지처리는 초기값과 유사하였다. 경도는 H₂O₂+UV-C 처리가 가장 낮았고, 나머지처리는 처리간 차이를 나타내지 않았다. 당도의 경우에도 모든 처리가 통계적 유의성을 나타내지 않았으며, 전처리에 따른 큰차이를 알 수 없었다.

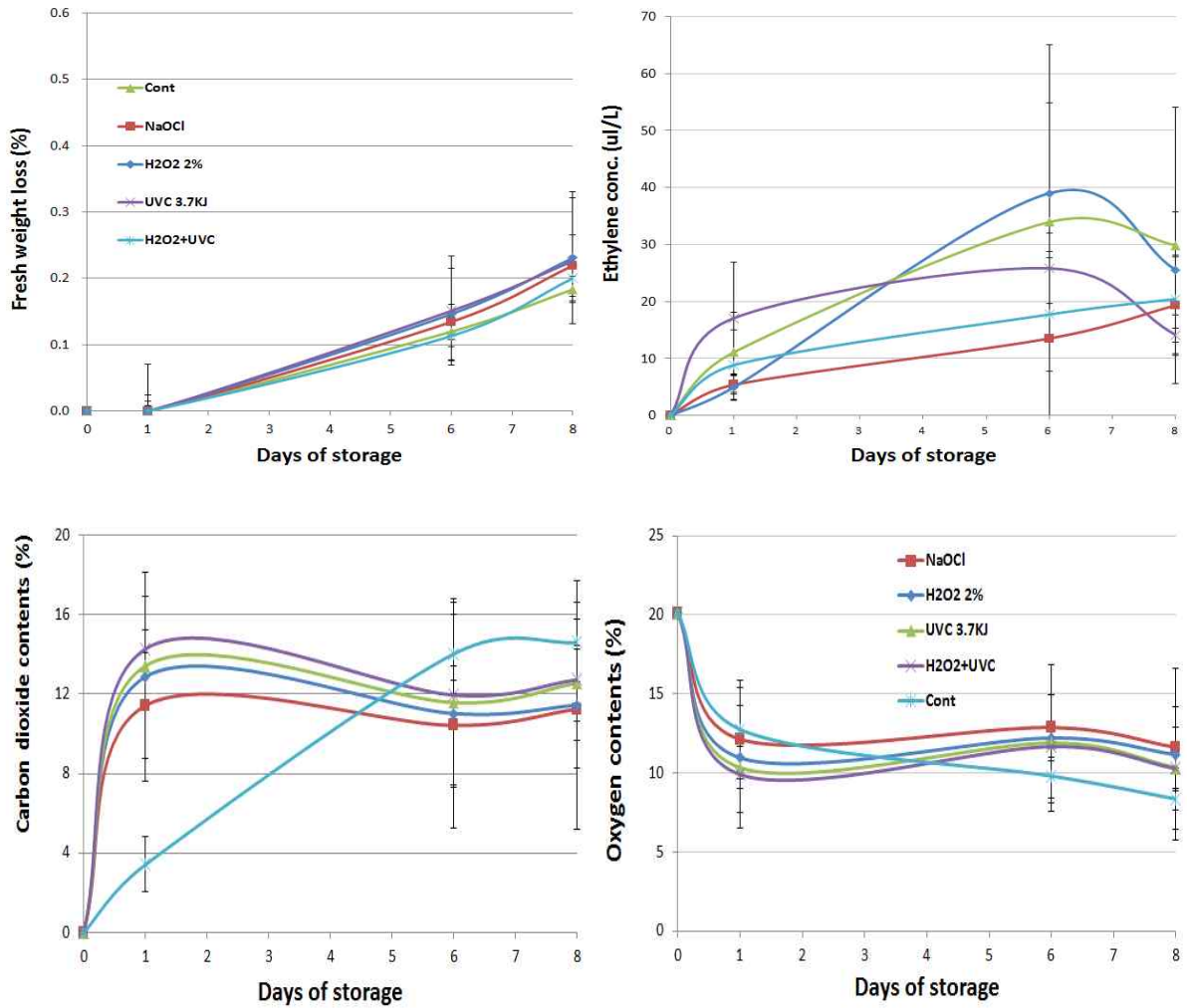


그림 43. 저장중 생체중 감소율과 포장내 에틸렌, 이산화탄소 그리고 산소 농도 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

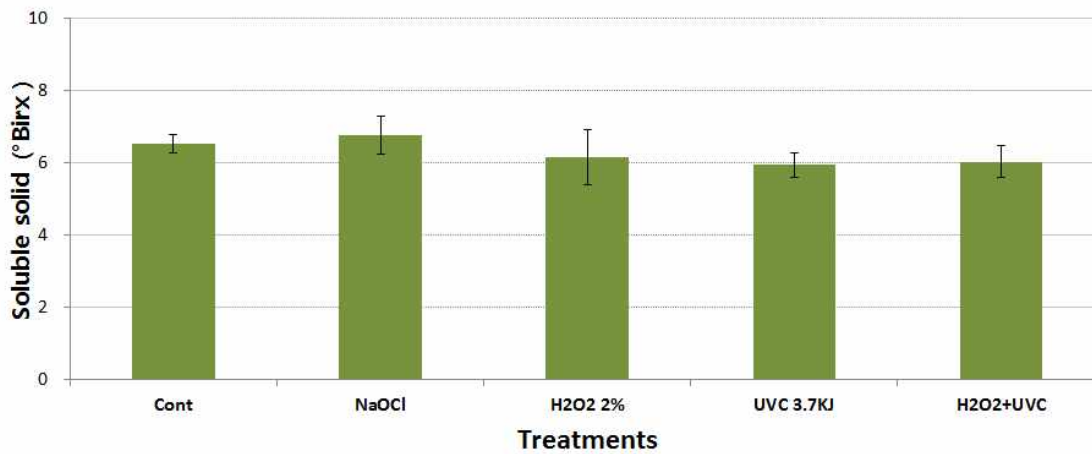
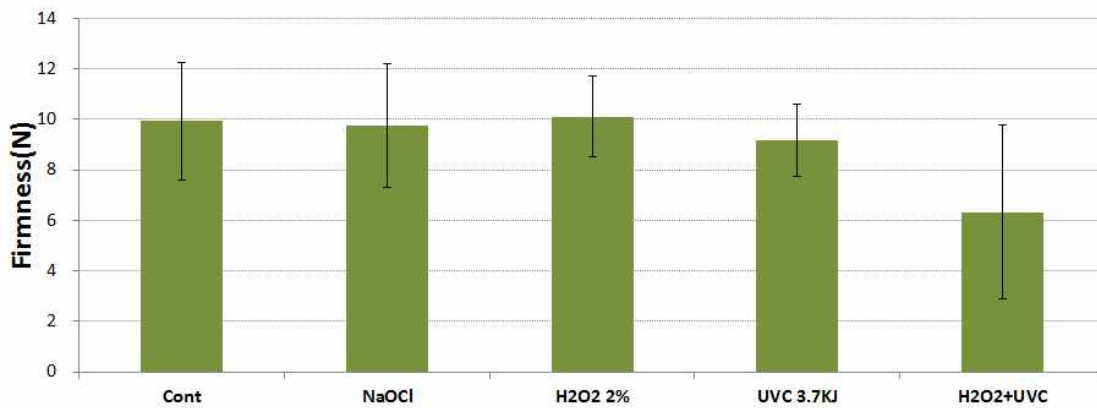
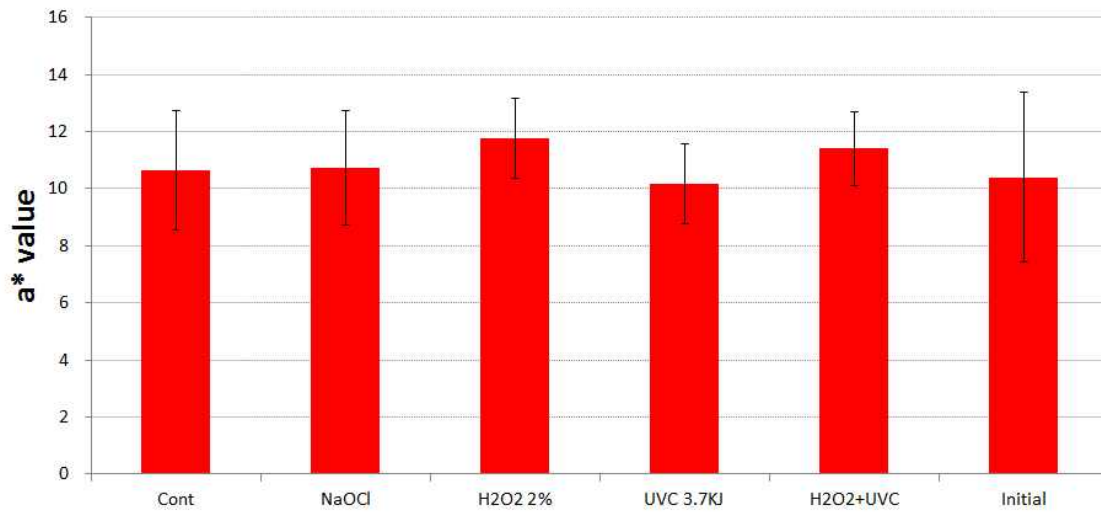


그림 44. 저장 종료일에 측정된 색변화, 경도 그리고 당도 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

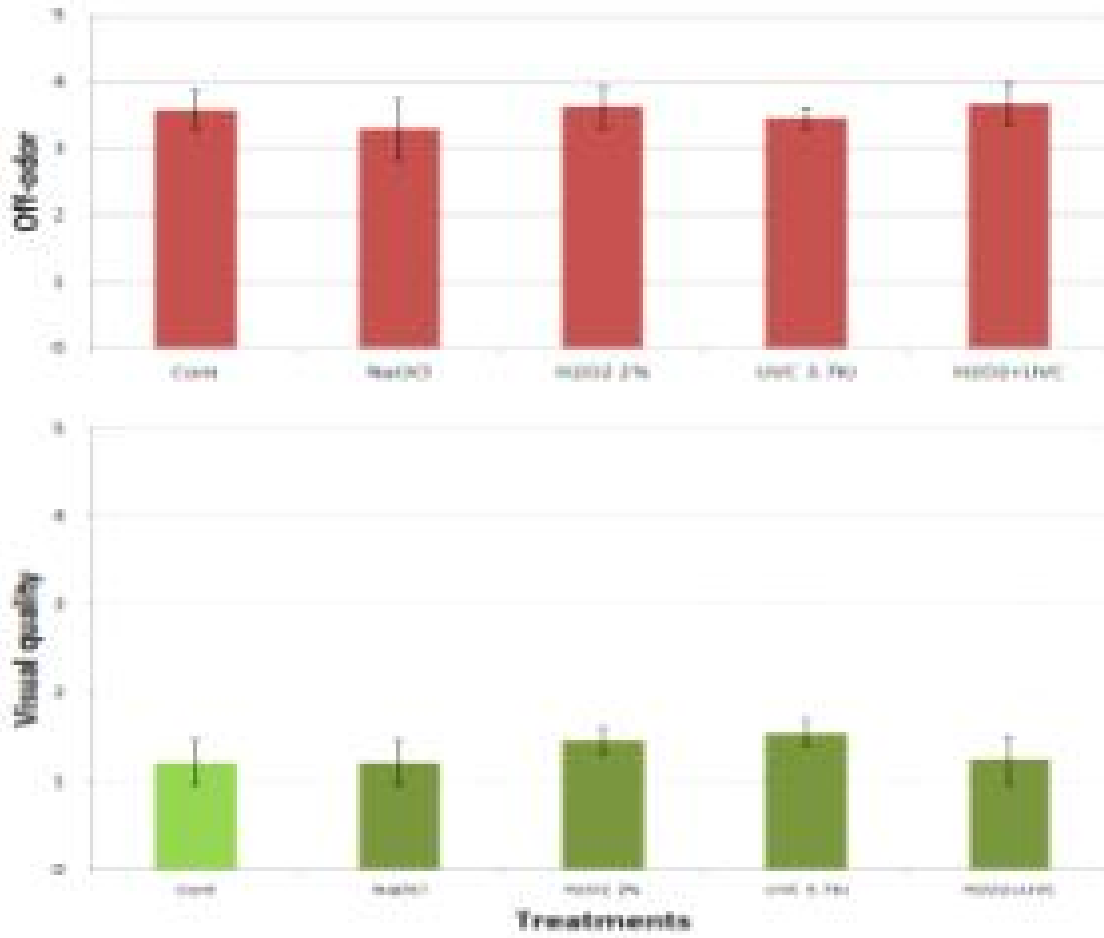


그림 45. 저장 종료일에 측정된 이취 그리고 외관 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

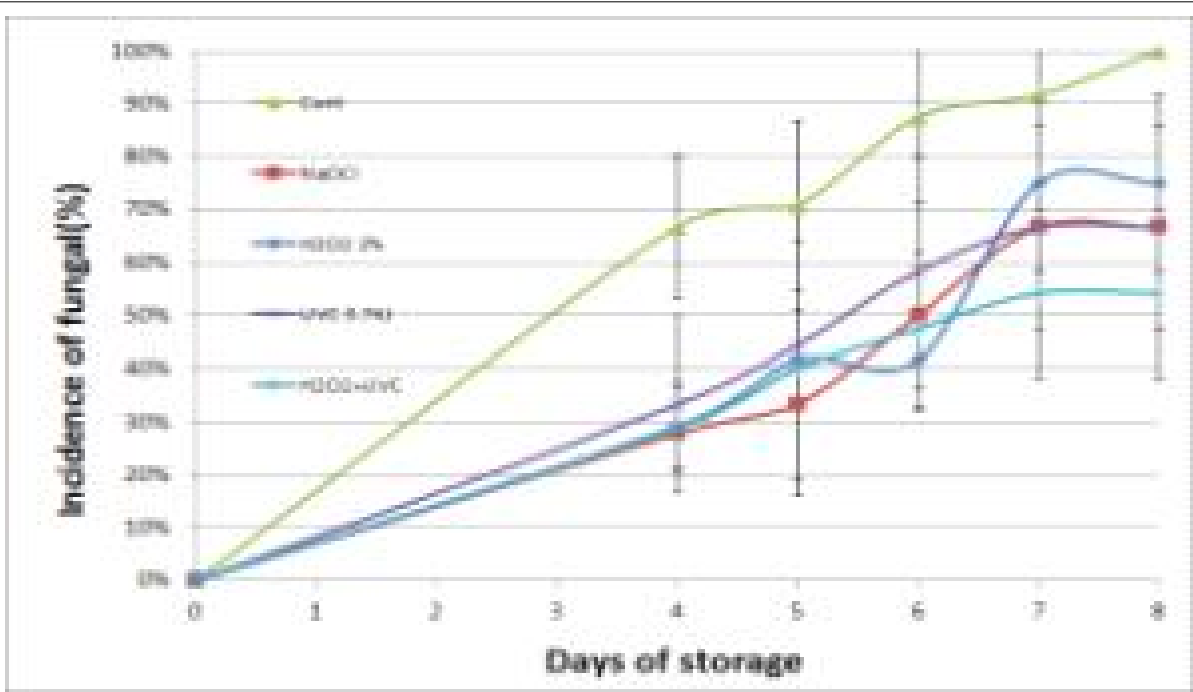


그림 46. 저장 중 곰팡이 발생 변화 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

저장 종료일에 측정된 이취는 무처리, H₂O₂ 그리고 H₂O₂+UV-C에서 다소 높은 것을 알 수 있었다. 외관상 품질의 경우 H₂O₂ 와 UV-C에서 높은 것을 볼 수있었고, 무처리, NaOCl에서 낮았다. 저장 중 조사한 곰팡이 발생의 경우, 무처리에서 저장 4일차 60%이상의 발생을 보였으며, 저장 종료일인 8일차에 100% 발생했고, 다른 살균 처리는 저장 4일차 30%내외로 무처리 보다 낮았으며, 특히 H₂O₂+UV-C에서 저장 종료일 8일차에 50%의 발생을 보여 가장 낮았고 나머지 처리는 70%내외의 발생을 나타냈다.

이 모든 결과를 종합해보면 살균 전처리가 다른 품질에 큰영향을 미치지 않는으나, 곰팡이 억제 효과는 인정되며, H₂O₂+UV-C 복합처리에서 가장 살균 효과가 좋다고 판단된다.

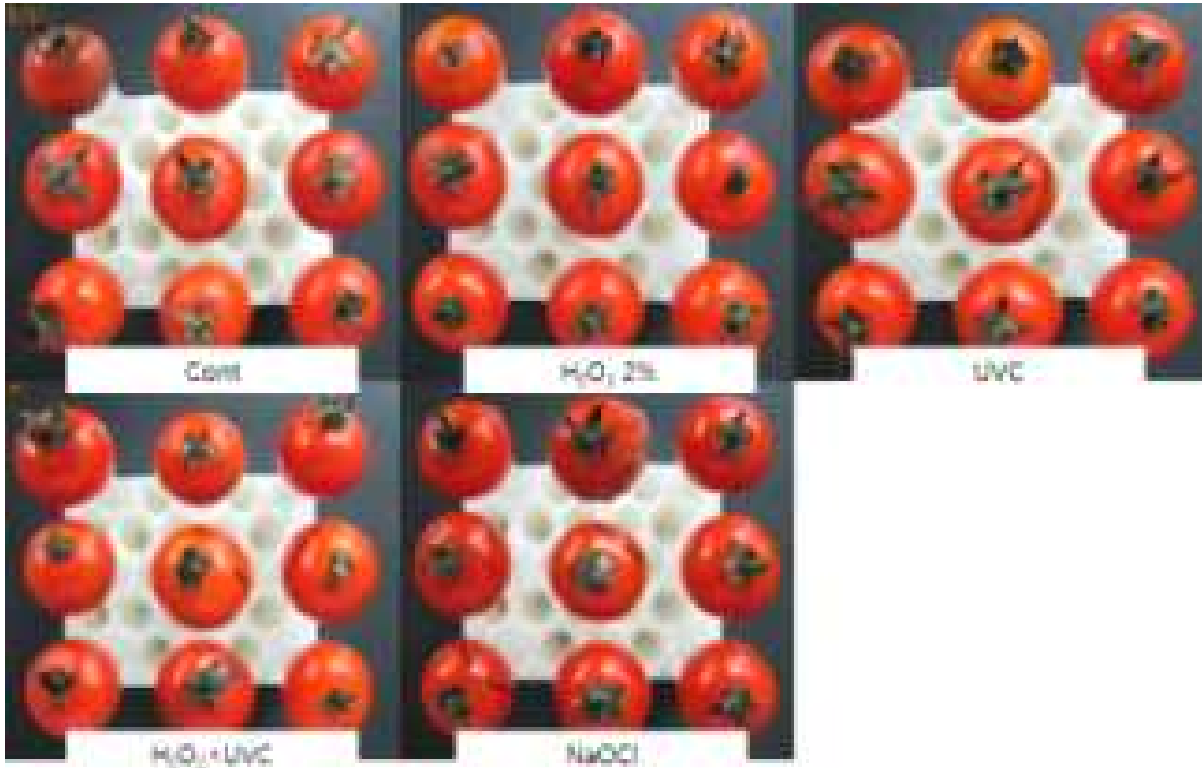


그림 47. 저장 종료일에 촬영한 사진

4. 수출용 딸기 토마토의 소포장을 위한 OTR 필름 적용 MAP 조건 규명

가. <딸기>

딸기는 호흡과 증산작용이 활발할 뿐 아니라 과육이 연약하여 다른 원예 산물에 비해 원거리 수송이나 장기 저장이 어려운 실정이다. 이러한 과채류의 저장성을 높이기 위한 방법으로 다양한 저장 기술이 있으며, 대표적으로 CA저장과 MA저장이다. 다음의 온도 조건은 싱가포르 항공 수송 모의 조건으로서 두가지 조건으로 실험을 진행했는데 첫 번째는 24시간 비행기로 수송되어, 유통 업체부터 마트까지 8℃로 운반하는 저온 유통 조건과 두 번째는 24시간 비행기로 수송되어, 유통 업체에 8℃로 10시간 동안 보관했다가 바로 상온(25℃)에 저장하는 하는 조건으로 진행하였다.

따라서 본 실험은 모의 항공 조건에서 딸기의 적정 MAP조건 규명을 위해 실시하였다.

(1) 모의 유통 조건(항공) 조건에서 딸기의 OTR필름을 적용한 적정 MAP조건 규명

○ 연구 방법

* 유통 방법(항공)의 MAP 조건 규명

공시재료: 딸기 '매향'

온도조건:

항 공	24시간- 13℃	종료일 까지 8℃ 저장	
	24시간- 13℃	10시간- 8℃	25℃

저장처리: 6반복 실행

13℃→8℃	13℃→8℃→25℃
C o n t r o l (Perforated film)	C o n t r o l (Perforated film)
1,300cc	20,000cc
10,000cc	
20,000cc	30,000cc
30,000cc	

조사내용: 생체중 감소율, 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도, 외관상 품질, 이취, 경도, 당도, 산도 조사

○ 연구 결과

저장 중 생체중 감소는 꾸준히 감소하였으며, 13℃→8℃는 유공에서 가장 높은 감소율을 나타내어 약 4%의 수치를 나타냈으며, 나머지 MA처리는 0.5%사이의 감소를 보였다. 13℃→8℃→25℃역시 유공에서 가장 높은 감소율을 보였고, 나머지 MA처리는 0.5%내외의 감소를 보였다. 두 온도 조건별 감소는 비슷한 경향을 나타냈다. 필름 포장내 이산화탄소 농도는 13℃→8℃에서 가장 투과도가 낮았던 1,300cc에서 60%까지 증가하였고, 20,000cc에서 저장 최종일 20%의 농도를 나타내며 가장 낮았으며, 13℃→8℃→25℃에서는 15%의 농도를 보였다. 산소 농도의 경우 13℃→8℃에서 저장 직 후 급격히 감소하여, 거의 0%의 육박하였으며 13℃→8℃→25℃는 10%내외를 꾸준히 유지하였다. 에틸렌 농도는 13℃→8℃에서 항공 30,000cc가 저장 3-5일차에 많이 증가하였지만 이내 감소하여 5ul/L의 농도를 유지하였으며, 나머지 처리는 저장 기간 중 5ul/L 정도 농도를 유지하였고, 13℃→8℃→25℃는 꾸준히 증가하며 15-30ul/L의 농도를 유지했다.

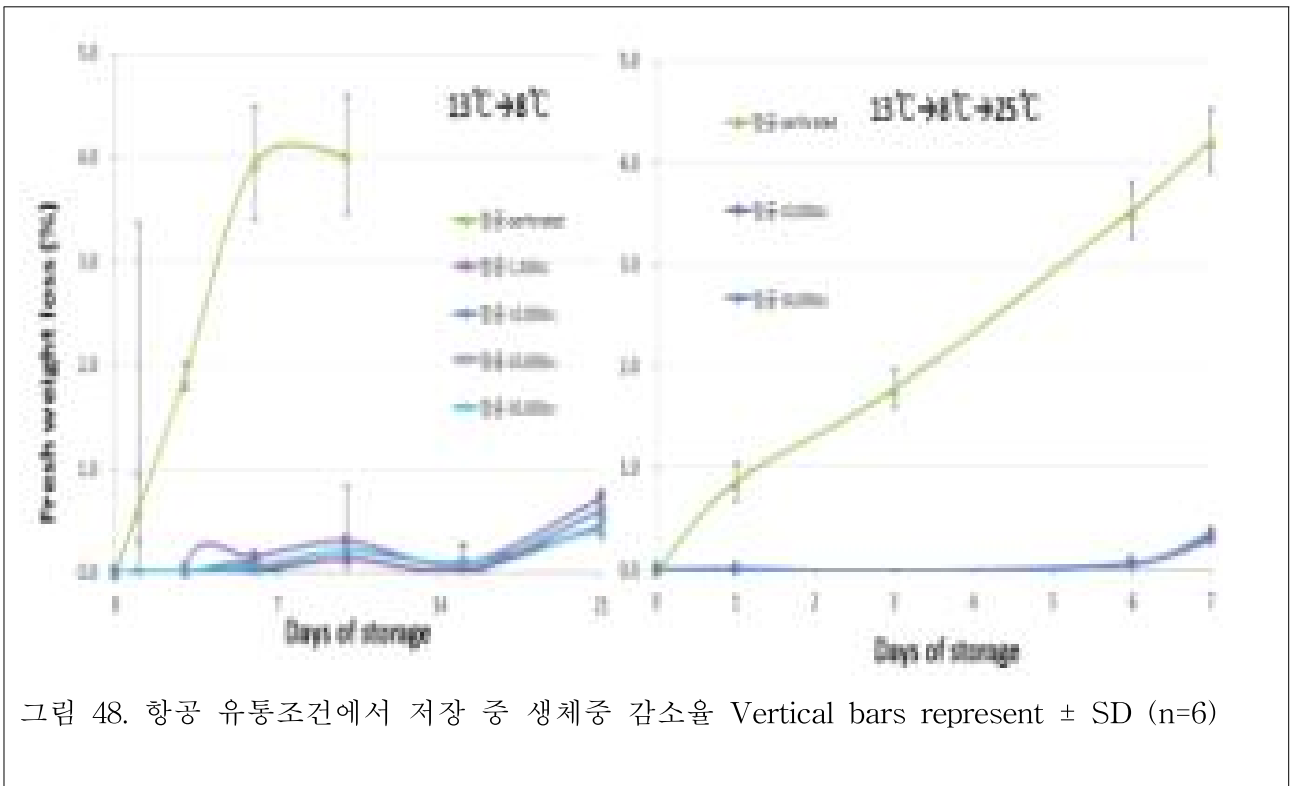


그림 48. 항공 유통조건에서 저장 중 생체중 감소율 Vertical bars represent \pm SD (n=6)

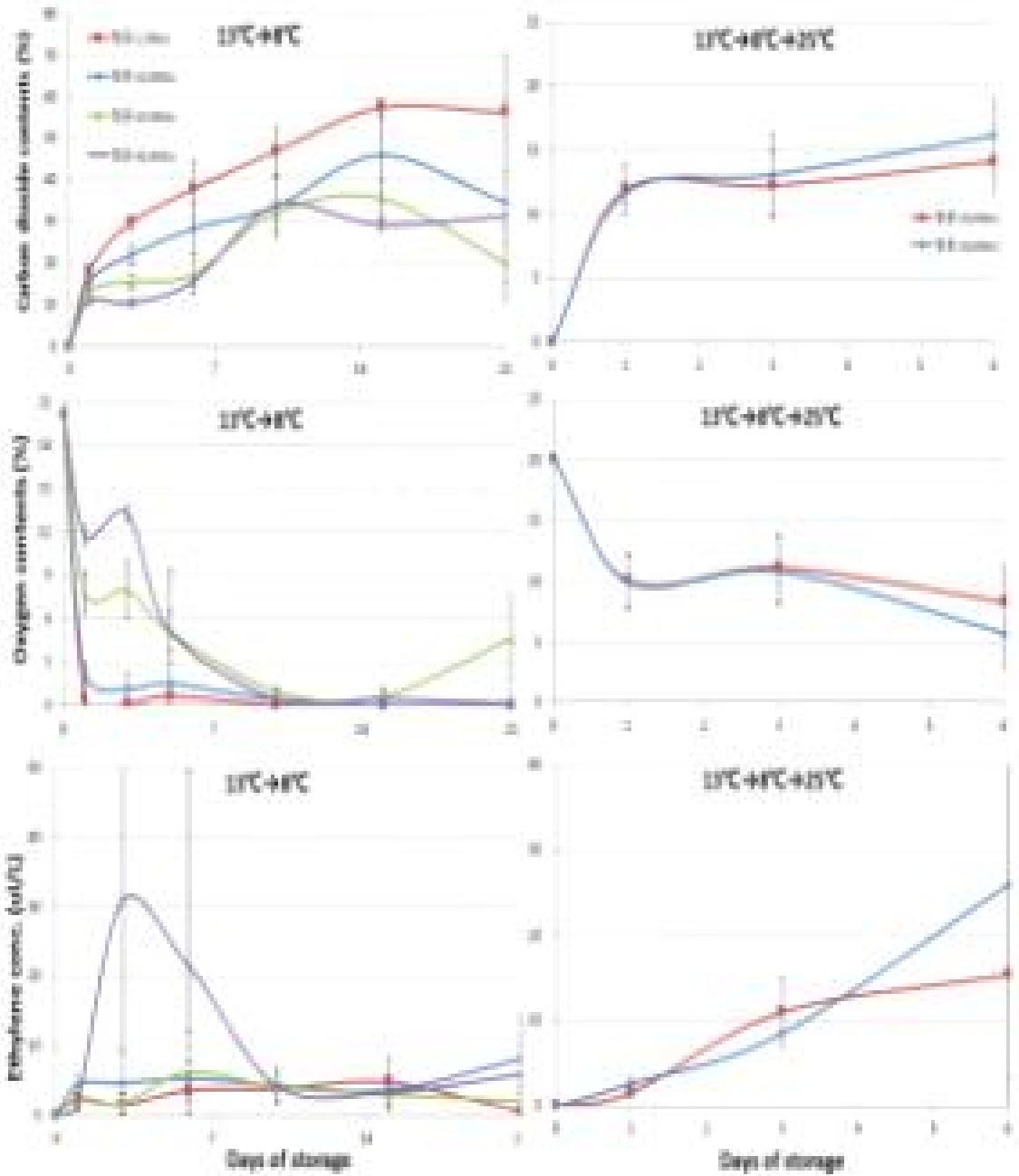


그림 49. 항공 유통조건에서 필름포장내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도
Vertical bars represent \pm SD (n=6)

저장 종료일에 측정된 경도의 경우 13°C→8°C에서 유공에서 가장 높았고, 1,300cc에서 가장 낮았다. 13°C→8°C→25°C 역시 유공이 가장 높았다. 이는 유공처리에서 생체중 감소가 매우 많이 발생하여 수분 손실로 인한 조직이 질겨졌다고 판단되며, 고이산화탄소 환경이었던, 1,300cc에서 경도 감소가 발생했는데 이는 적절하지 못한 고이산화탄소의 장애라 판단된다. 당도의 경우 온도 조건에 상관없이 모든 처리가 초기값보다 감소하였고, 이는 호흡으로 인해 과실 내부의 당분을 소모했기 때문이라 판단된다. 산도도 초기값보다 감소하였고, 특히 13°C→8°C에서 MA저장 처리가 많이 감소하였다. 저장 종료일에 조사한 외관상 품질의 경우 1

3°C→8°C 10,000cc와 항공 유공에서 좋았고, 13°C→8°C→25°C에서는 30,000cc가 가장 좋았다. 이취는 13°C→8°C에서 투과도가 가장 높은 유공에서 이취가 낮았고, 나머지 처리는 3점대로 비슷하였고, 13°C→8°C→25°C에서 모든 처리가 비슷한 것을 알 수 있었다.

이상의 결과를 종합해보면 13°C→8°C, MA저장 처리가 생체중 감소억제에는 효과는 인정되었으나, 다른 품질에서 좋지 않은 결과를 나타내어 추가 실험이 요구되며, 13°C→8°C→25°C에서 유공은 생체중 감소가 매우 높게 일어나 수분 손실로 인한 외관상 품질이 저하가 우려되며, MA저장은 경도에서 초기값과 유사하였고, 외관상 품질이 우수하였던 30,000cc에서 적합하다고 판단된다.

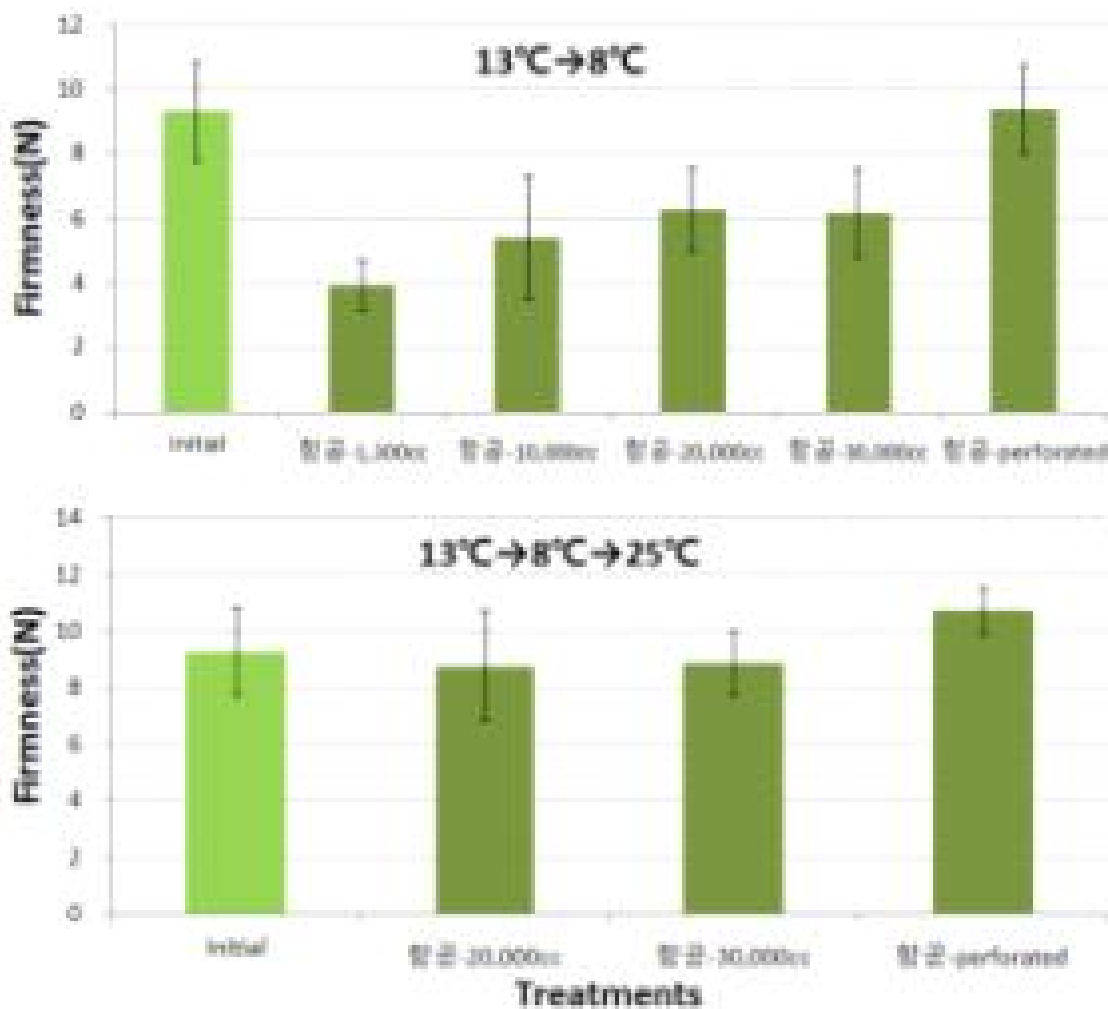


그림 50. 항공 유통조건에서 저장 종료일에 경도Vertical bars represent ± SD (n=6)

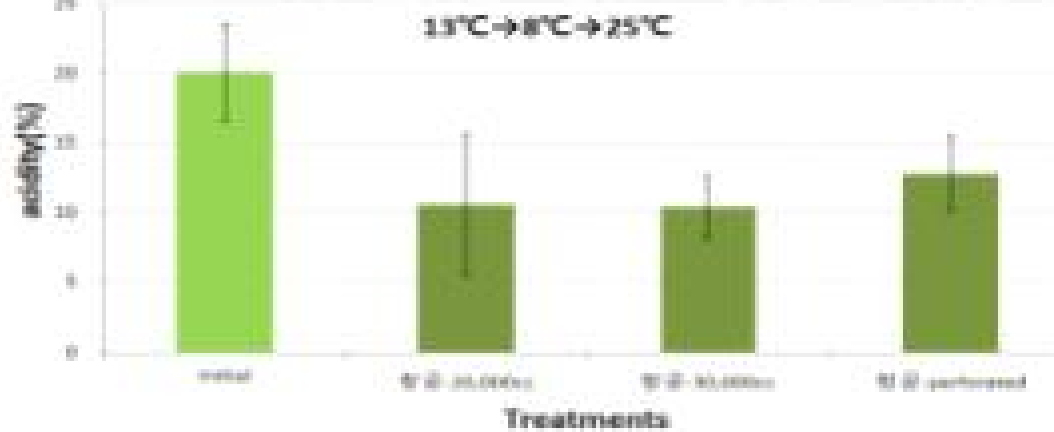
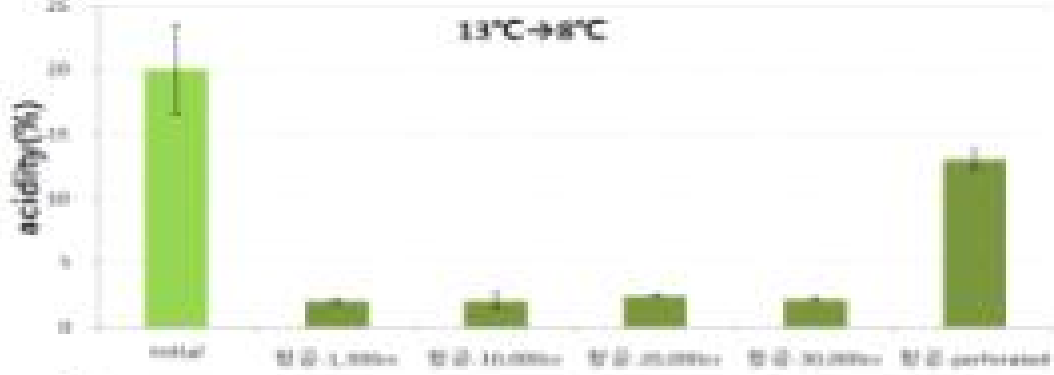
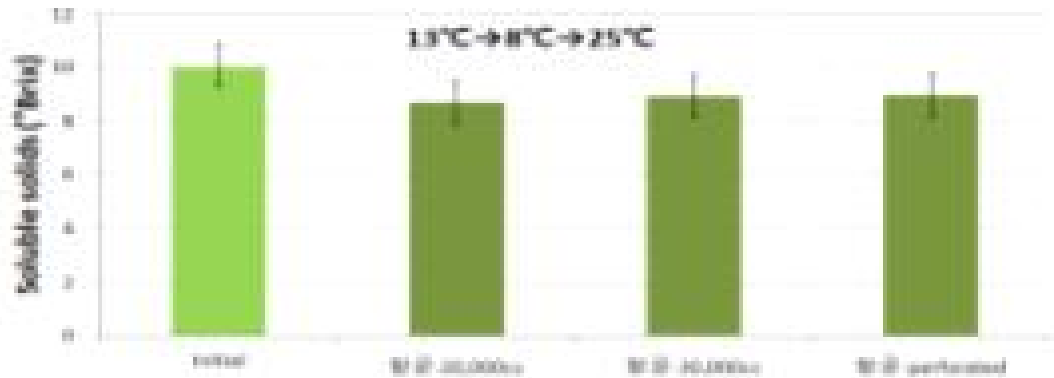
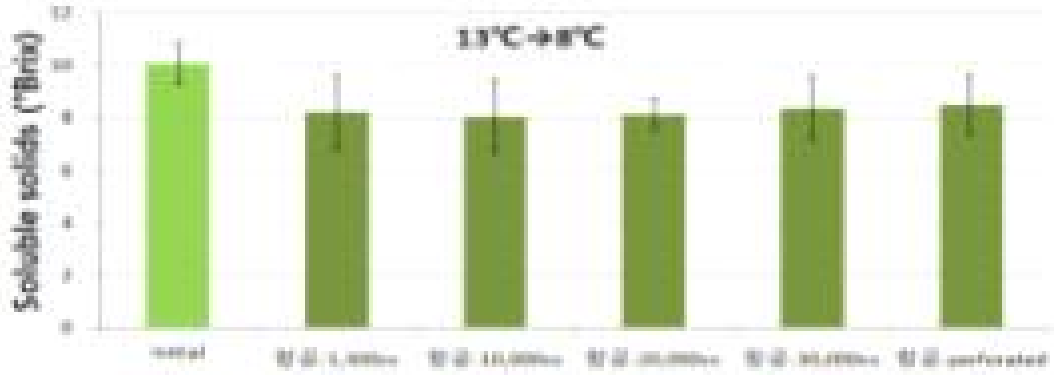


그림 51. 항공 유통조건에서 저장 종료일에 당도 및 산도 Vertical bars represent \pm SD (n=6)

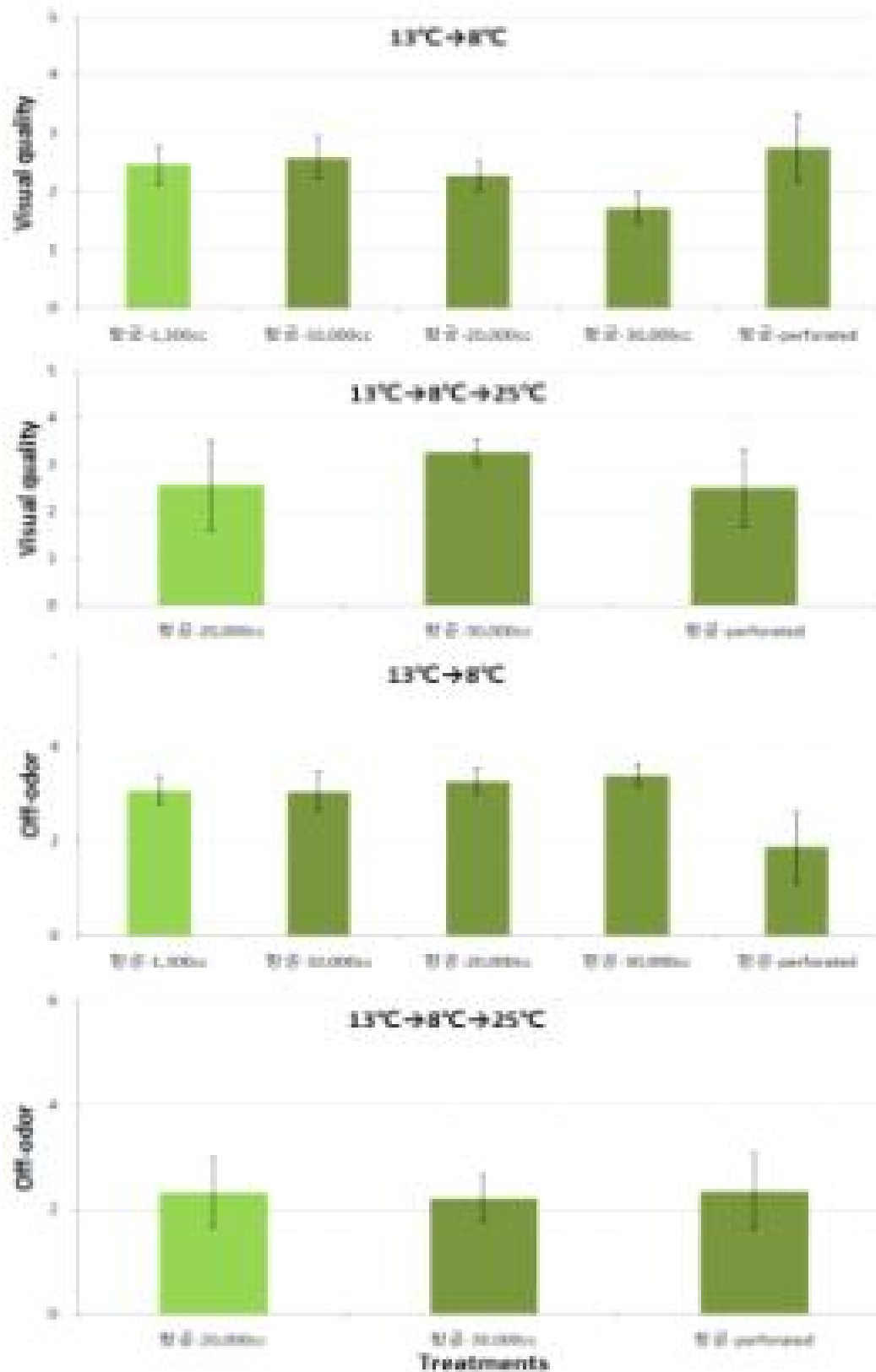


그림 52. 항공 유통조건에서 저장 종료일에 외관 및 이취 Vertical bars represent \pm SD (n=6)

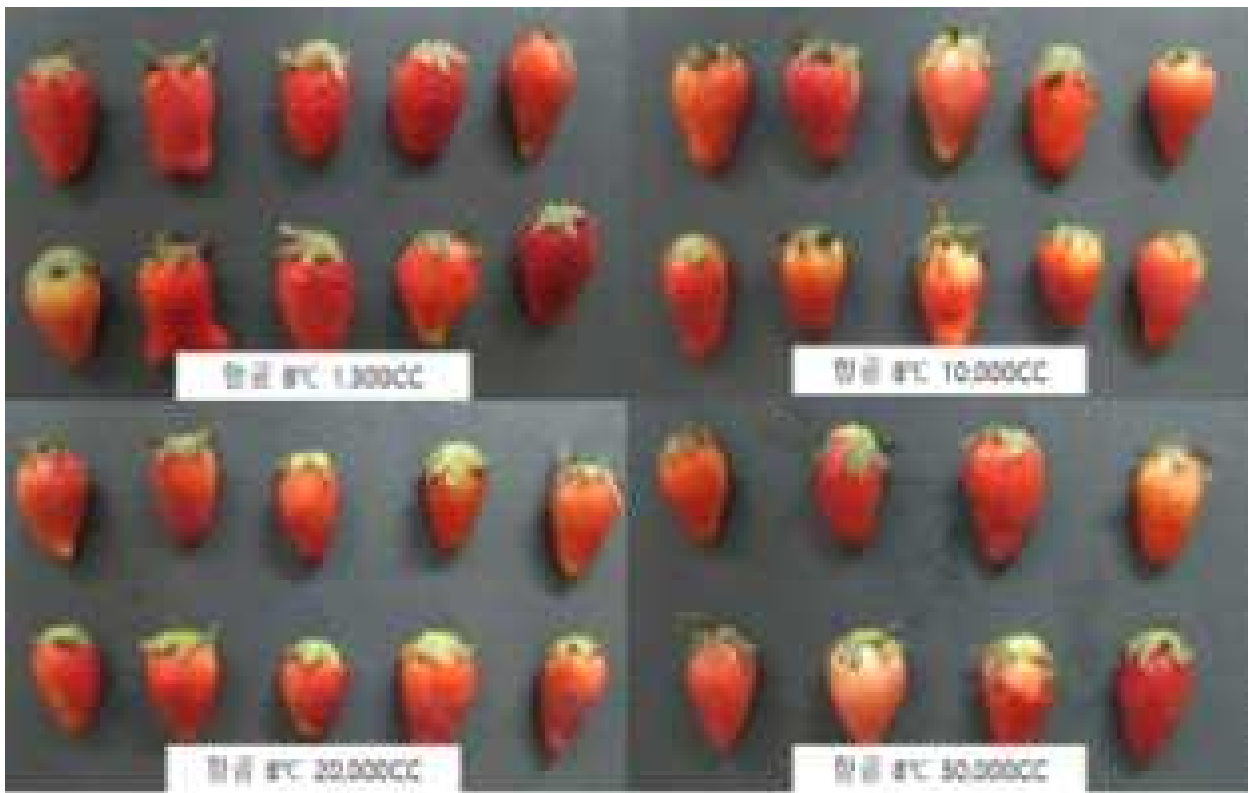


그림 53. 항공 저장 종료일 사진

(2) 모의 유통 조건(선박) 조건에서 딸기의 OTR필름을 적용한 적정 MAP조건 규명

다음의 온도 조건은 싱가포르 선박 수송 모의 조건으로서 두가지 조건으로 실험을 진행했는데 첫 번째는 10일간 2℃ 선박으로 수송되어, 유통 업체부터 마트까지 8℃로 운반하는 저온 유통 조건과 두 번째는 10일간 선박으로 수송되어, 유통 업체에 8℃로 5일 동안 보관했다가 바로 상온(25℃)에 저장하는 하는 조건으로 진행하였다.

따라서 본 실험은 모의 선박 조건에서 딸기의 적정 MAP조건 규명을 위해 실시하였다.

○연구 방법

* 유통 방법(선박)의 MAP 조건 규명

공시재료: 딸기 ‘매향’

온도조건:

선박	10일 - 2℃	10일 - 8℃	
	10일 - 2℃	5일 - 8℃	25℃

저장처리: 6반복 실행

2℃→8℃	2℃→8℃→25℃
C o n t r o l (Perforated film)	C o n t r o l (Perforated film)
1,300cc	20,000cc
10,000cc	
20,000cc	30,000cc
30,000cc	

조사내용: 항공 실험과 동일

○ 연구 결과

저장 중 생체중 감소는 꾸준히 감소하였으며, 2℃→8℃는 유공에서 가장 높은 감소율을 나타내어 약 3%의 수치를 나타냈으며, 나머지 MA처리는 0.5%미만의 감소를 보였다. 2℃→8℃→25℃역시 유공에서 가장 높은 감소율을 보였고, 나머지 MA처리는 11일차 25℃에 옮긴 후 감소가 많이 진행되어 2%미만의 감소를 보였다. 두 온도 조건별 감소는 비슷한 경향을 나타냈다. 필름 포장 내 이산화탄소 농도는 2℃→8℃에서 가장 투과도가 낮았던 1,300cc에서 50%까지 증가하였고, 필름 투과도가 가장 높았던 30,000cc에서 저장 최종일 20% 내외의 농도를 나타내며 가장 낮았으며, 2℃→8℃→25℃에서는 20,000cc에서 50%의 농도를 보였고 30,000cc에서 30% 중반의 수치를 나타냈다. 산소 농도의 경우 2℃→8℃에서 저장 직 후 급격히 감소하여, 거의 0%의 육박하였으며 2℃→8℃→25℃에서도 마찬가지로 저장 최종일에 0%까지 감소하였다. 에틸렌 농도는 2℃→8℃에서 1,300cc가 최종일에 가장 높았으며, 2℃→8℃→25℃는 5ul/L 내외의 농도를 유지했다.

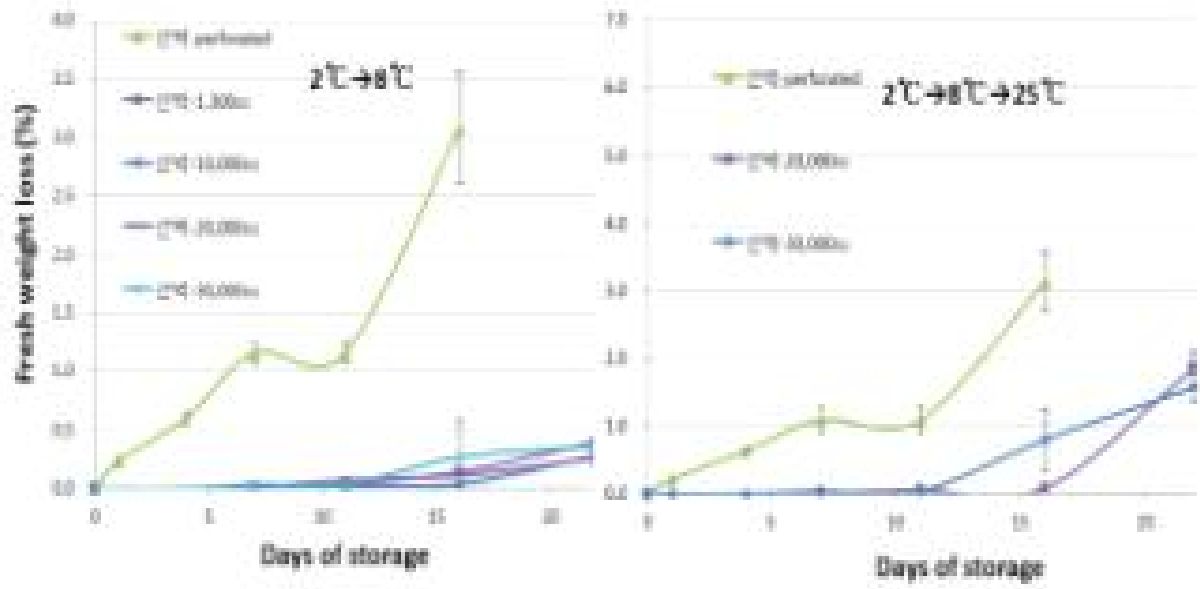


그림 54. 선박 유통조건에서 저장 중 생체중 감소율 Vertical bars represent \pm SD (n=6)

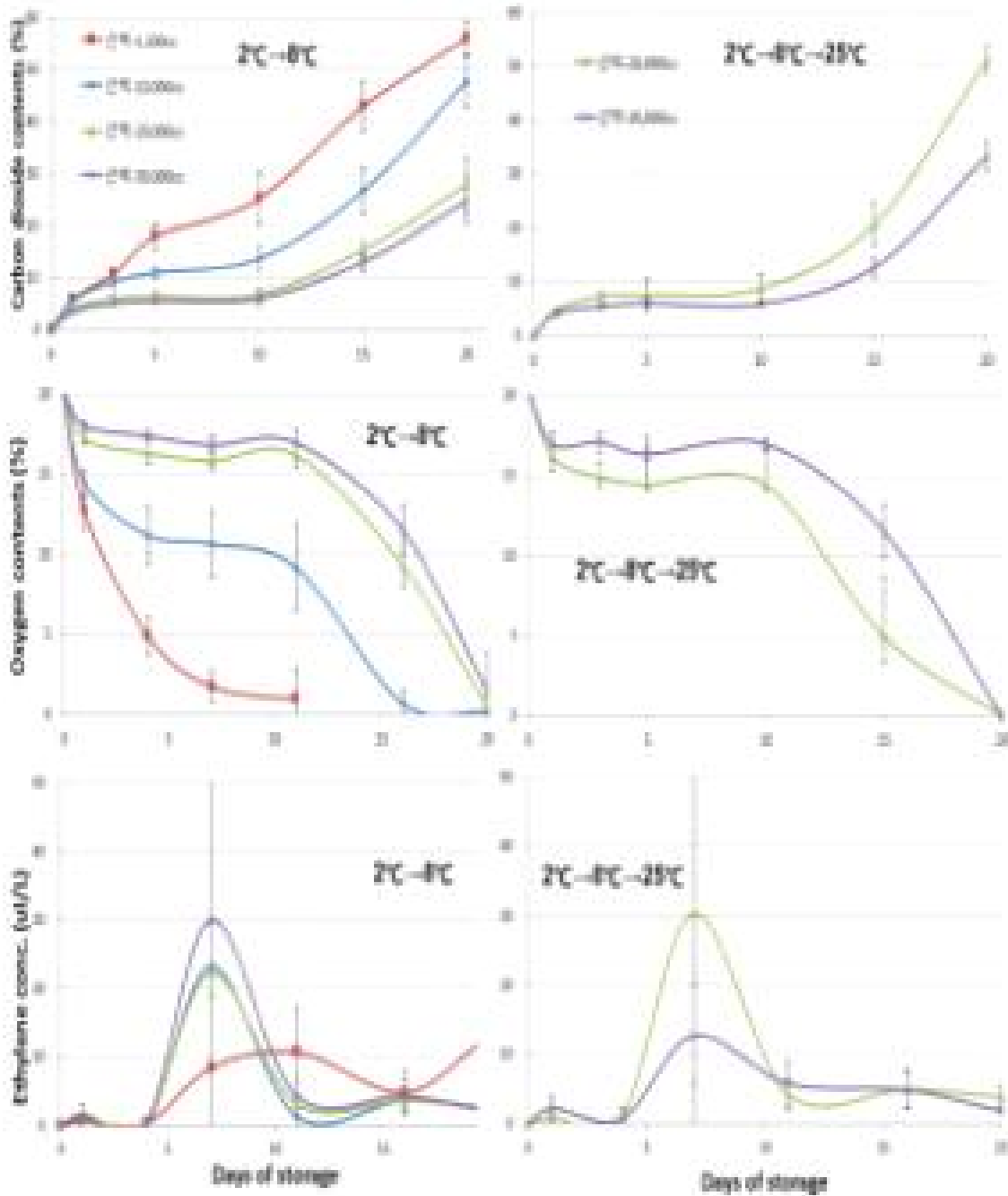


그림 55. 선박 유통조건에서 필름포장내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도
Vertical bars represent \pm SD (n=6)

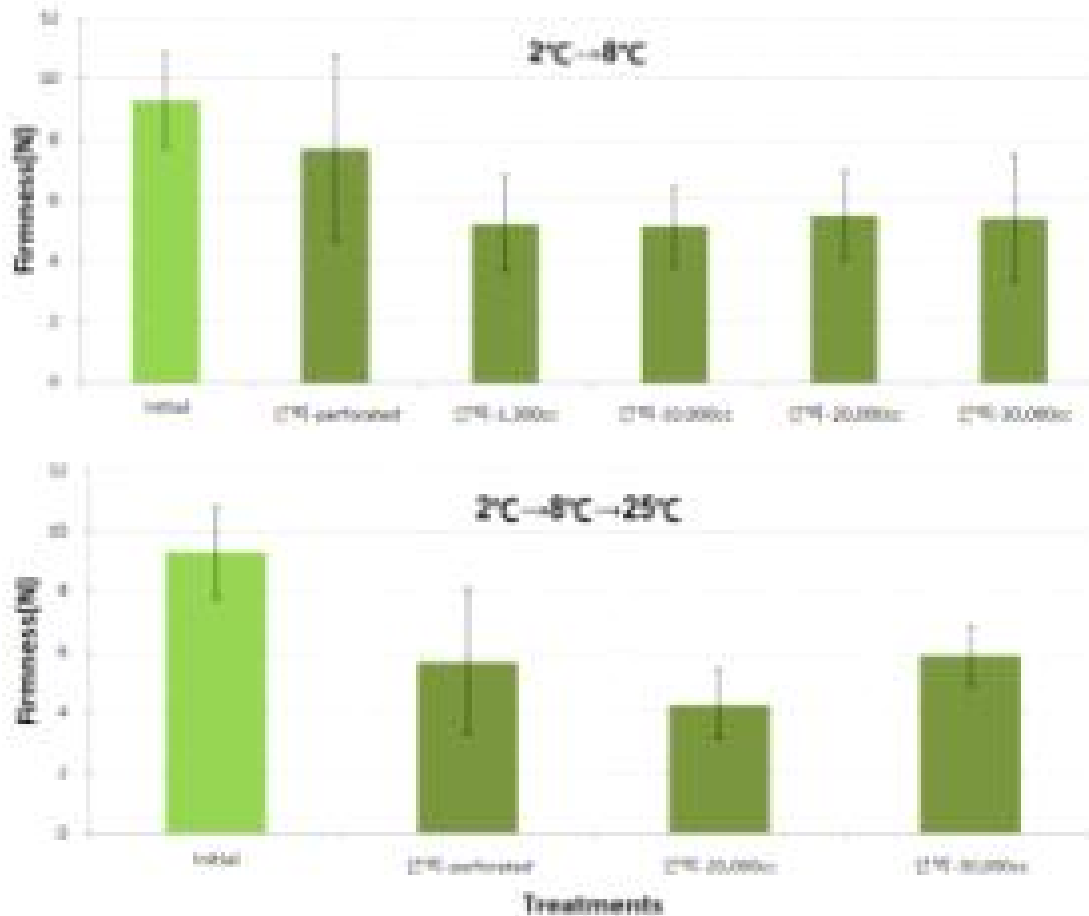


그림 56. 선박 유통조건에서 저장 종료일에 경도 Vertical bars represent \pm SD (n=6)

저장 종료일에 측정한 경도의 경우 2°C→8°C에서 유공에서 가장 높았고 나머지 처리 간 차이는 나타나지 않았다. 2°C→8°C→25°C은 유공과 30,000cc가 높았다. 이는 유공처리에서 생체중 감소가 매우 많이 발생하여 수분 손실로 인한 조직이 질겨졌다고 판단된다. 당도의 경우 온도 조건에 상관없이 모든 처리가 초기값보다 감소하였고, 이는 호흡으로 인해 과실 내부의 당분을 소모했기 때문이라 판단된다. 산도는 2°C→8°C에서 유공과 30,000cc 처리가 많이 감소하였고 1,300, 20,000cc가 초기값과 유사하였다. 2°C→8°C→25°C에서는 유공처리가 가장 많이 감소했으며, 20,000cc가 가장 좋았다. 저장 종료일에 조사한 외관상 품질의 경우 2°C→8°C 10,000cc와 10,000cc가 가장 좋았고, 2°C→8°C→25°C에서는 20,000cc과 30,000cc가 가장 좋았다. 이취는 2°C→8°C에서 투과도가 가장 높은 유공에서 이취가 낮았고, 30,000cc에서 가장 많이 발생하였고, 2°C→8°C→25°C에서 유공에서 가장 낮았다.

이상의 결과를 종합해보면 2°C→8°C, MA저장 처리가 생체중 감소억제 효과, 산도 유지, 외관상 품질이 가장 우수했던 10,000cc, 2°C→8°C→25°C에서 유공은 생체중 감소가 매우 높게 일어나 수분 손실로 인한 외관상 품질이 저하가 우려되며, MA저장은 생체중 감소, 산도 유지, 외관상 품질이 우수하였던 20,000cc에서 적합하다고 판단된다.

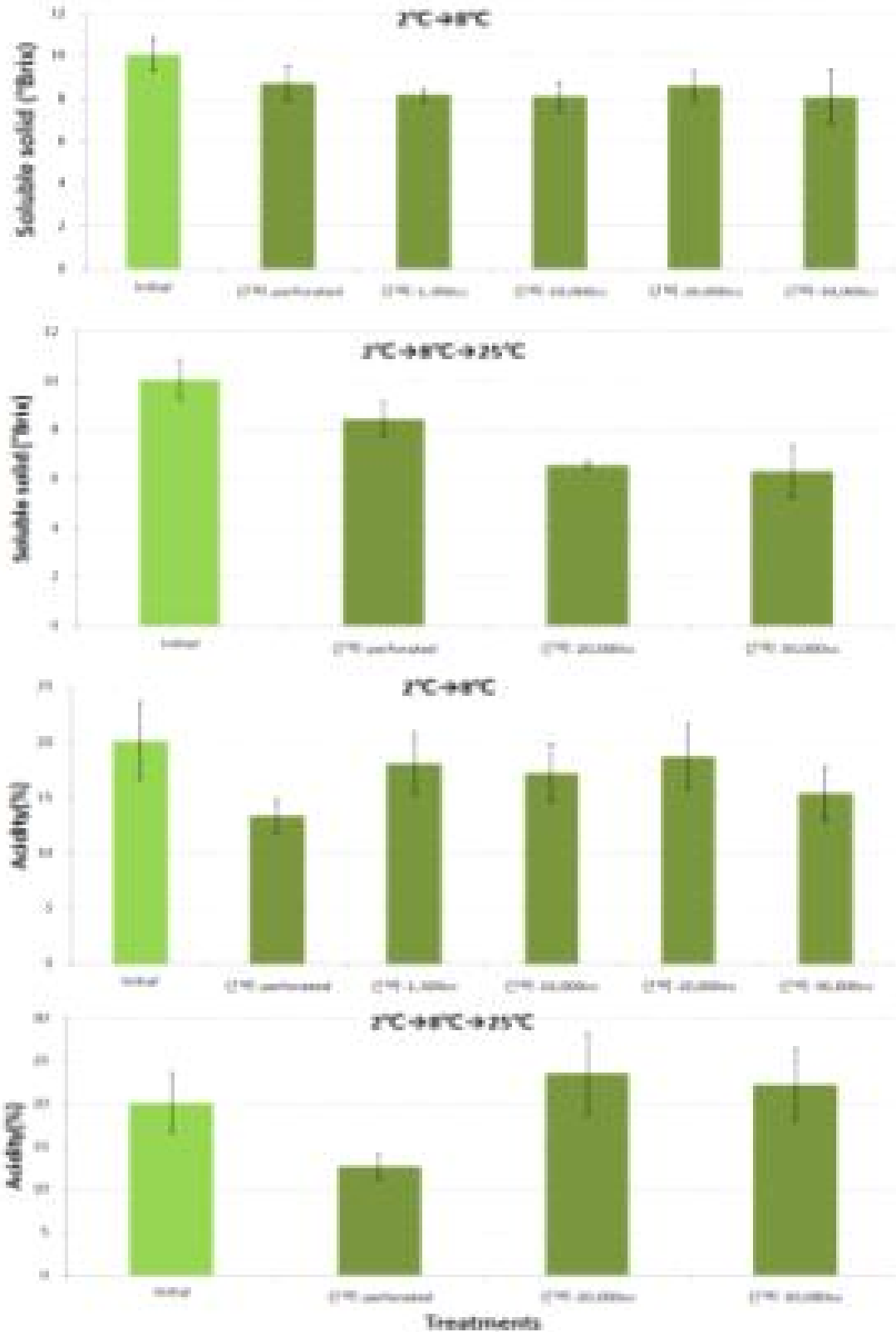


그림 57. 선박 유통조건에서 저장 종료일에 당도 및 산도 Vertical bars represent \pm SD (n=6)

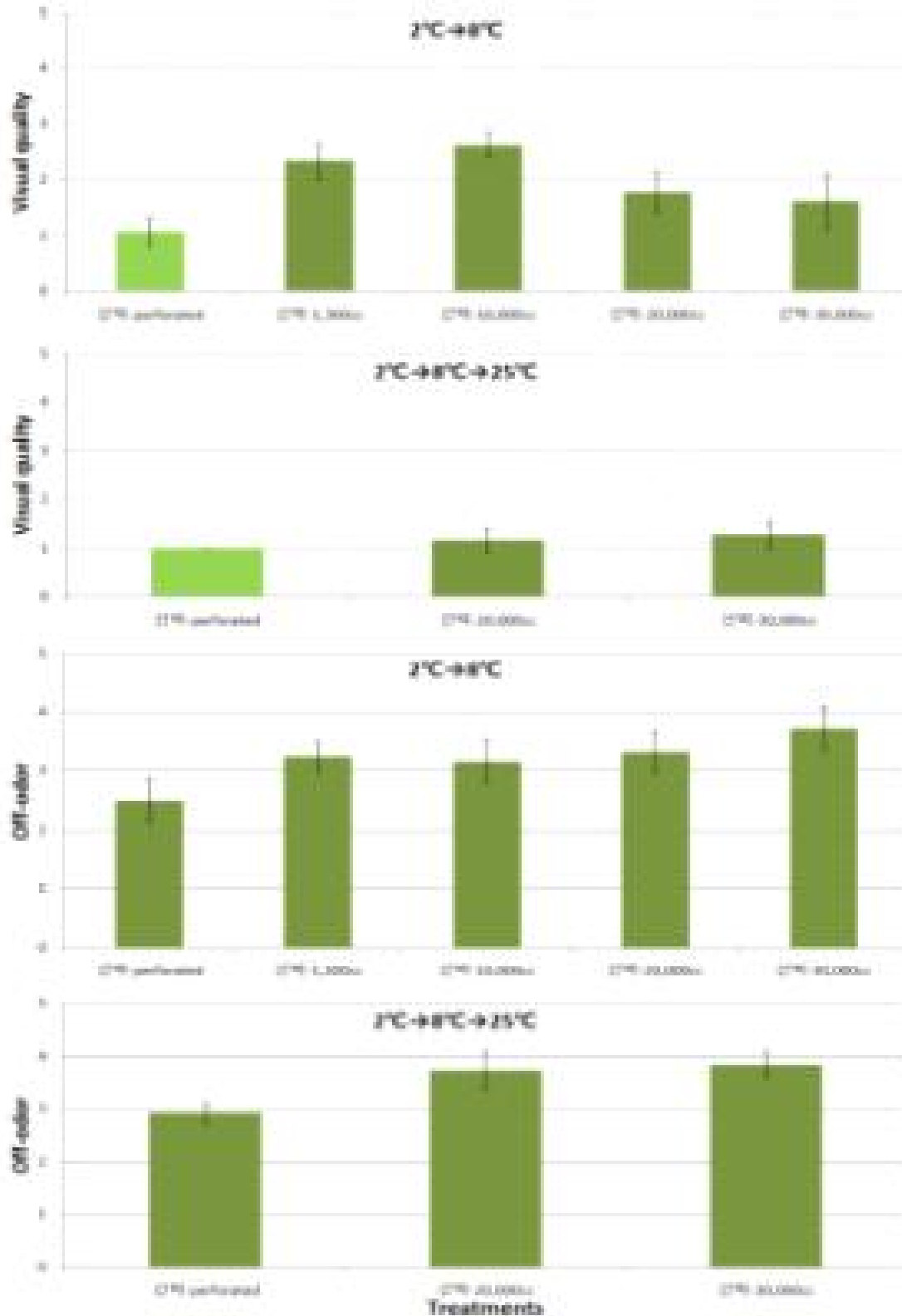


그림 58. 선박 유통조건에서 저장 종료일에 외관 및 이취 Vertical bars represent \pm SD (n=6)



그림 59. 저장종료일 사진

나. <토마토>

토마토는 호흡급등형 과실로서 저장 중 호흡 억제가 요구되는 작물이기 때문에 저온 저장 및 MA 저장을 통한 호흡 억제가 필요하다. 따라서 본 연구는 온도 조건별(5℃, 15℃), 꼭지 유무별 OTR필름을 적용한 적정 MA조건을 구명하기 위해 실시하였다.

○ 연구 방법

(1) 토마토의 꼭지 유무에 따른 OTR 필름 적용 MAP 조건 규명

○ 연구 방법

공시재료: 유니콘

온도조건: 5℃, 15℃

저장처리: 5반복 실행

Control (Perforated film)
1,300cc
20,000cc
40,000cc
80,000cc

조사내용: 생체중 감소율, 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도, 외관상 품질, 경도, 당도, 산도, 곰팡이 발생율

○ 연구 결과

저장 중 생체중 감소는 꾸준히 감소하였으며, 5℃는 유공에서 가장 높은 감소율을 나타내어 약 1.2%의 수치를 나타냈으며, 나머지 MA처리는 0.2%미만의 감소를 보였다. 15℃는 유공에서 가장 높은 감소율을 보였고, 나머지 MA처리는 0.5%미만의 감소를 보였다. 두 온도 조건 별 감소는 비슷한 경향을 나타냈고, 꼭지 유무에 따른 생체중 감소차이는 나타나지 않았다. 필름 포장 내 이산화탄소 농도는 5℃에서 가장 투과도가 낮았던 1,300cc에서 20% 내외로 유지하였고, 필름 투과도가 가장 높았던 80,000cc에서 저장 최종일 5% 내외의 농도를 나타내며 가장 낮았으며, 15℃에서는 꼭지가 있는 1,300cc에서 약40%의 농도를 보여 가장 높았다. 산소 농도의 경우 5℃에서 1,300cc가 저장 직 후 급격히 감소하여, 거의 0%의 육박하였고, 15℃에서 꼭지 없는 1,300cc 가장 많이 감소하였다. 에틸렌 농도는 5℃ 꼭지 없는 1,300cc가 가장 높게 유지되었고, 15℃는 처리간 차이는 나타나지 않았으나 모든 처리가 저장 4일차까지 증가하다 감소했다. 관능 평가로 조사한 이취의 경우 5℃는 꼭지 유무에 상관없이 유공에서 가장 낮았고, MA처리는 처리간 차이가 나타나지 않았다. 15℃는 꼭지 있는 40,000cc에서 가장 낮았고 꼭지 없는 1,300cc에서 가장 높았다. 당도는 5℃ 모든 처리에서 초기값보다 다소 떨어졌으나 비슷하였고, 15℃는 통계적 유의성은 없었으나 꼭지 있는 1,300, 40,000cc에서 다소 낮았다.

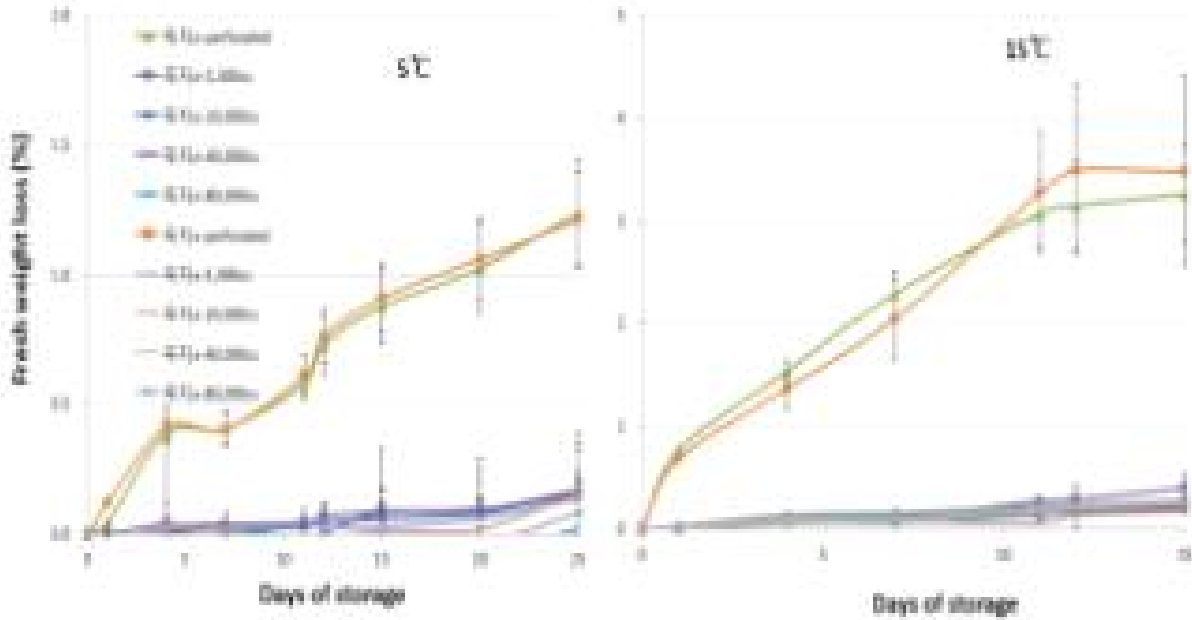


그림 60. 저장 중 생체중 감소 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

곰팡이 발생의 경우 5°C는 꼭지 있는 유공 처리에서 가장 높아 60%의 수치였고, 꼭지 제거한 1,300cc에서 0%로 발견되지 않았다. 15°C에서는 꼭지 있는 유공에서 90%이상의 높은 발생율을 보였으며, 꼭지 유무에 따라 곰팡이 발생이 다른 것을 볼 수 있었는데, 꼭지를 제거한 처리에서 10%이하의 낮은 곰팡이 발생을 보여 차이가 났다. 경도는 5°C에서 유공, 꼭지 있는 20,000, 80,000cc 꼭지 없는 유공, 40,000cc에서 높았다. 15°C는 꼭지 있는 유공, 20,000, 40,000, 80,000cc가 꼭지 없는 것은 40,000cc가 가장 높았다. 유공처리의 경우 생체중 감소가 5°C 약 1.2%, 15°C 3%중반의 감소를 보여 MA저장과 비교할 때 상대적으로 많은 감소를 보였는데 이러한 수분 손실에 따른 조직이 질겨짐 때문에 경도가 증가되었다고 판단된다. 다음은 색차계로 측정된 색변화의 경우 빨간색을 나타내는 a*값에서 5°C꼭지 있는 것은 유공에서 가장 높고 80,000cc에서 가장 낮았고, 꼭지 없는 처리도 동일하였다, 15°C는 꼭지 있는 것은 80,000cc에서 가장 높았고 꼭지 없는 것 또한 80,000cc가 다소 높았다. 저장 종료일에 패널테스트를 통한 외관상 품질은 5°C에서 꼭지 있는 1,300, 20,000cc가 좋았고, 15°C는 꼭지 있는 유공과 꼭지를 제거한 유공 20,000, 80,000cc에서 좋았다.

이상의 결과를 종합해보면 5°C에서 경도가 우수하고 외관상 품질이 가장 우수하였던 20,000cc가 가장 좋았고, 15°C는 외관상 품질과 곰팡이 발생이 적었던 80,000cc에서 적합하다 판단된다, 꼭지 유무에 따른 저장성은 꼭지에 유무 따라 품질에는 큰 차이가 나타나지 않았으나, 15°C에서 곰팡이가 많이 발생하지 않았는데, 이는 꼭지에서 옮겨지는 젓빛곰팡이 포자가 토마토의 큐티클층에 발아하지 못해 곰팡이 발생이 늦었다고 판단된다. 따라서 꼭지를 제거한 15°C의 경우 곰팡이 발생이 늦춰지는 것을 알 수 있었다. 5°C 저장의 경우 저장 가장 품질이 우수하였던 1,300, 20,000cc 처리구가 저장 25일째 2.0 수준의 외관상품질을 나타낸 것으로 보아 18~20일까지 상품성을 유지하였던 것으로 판단된다.

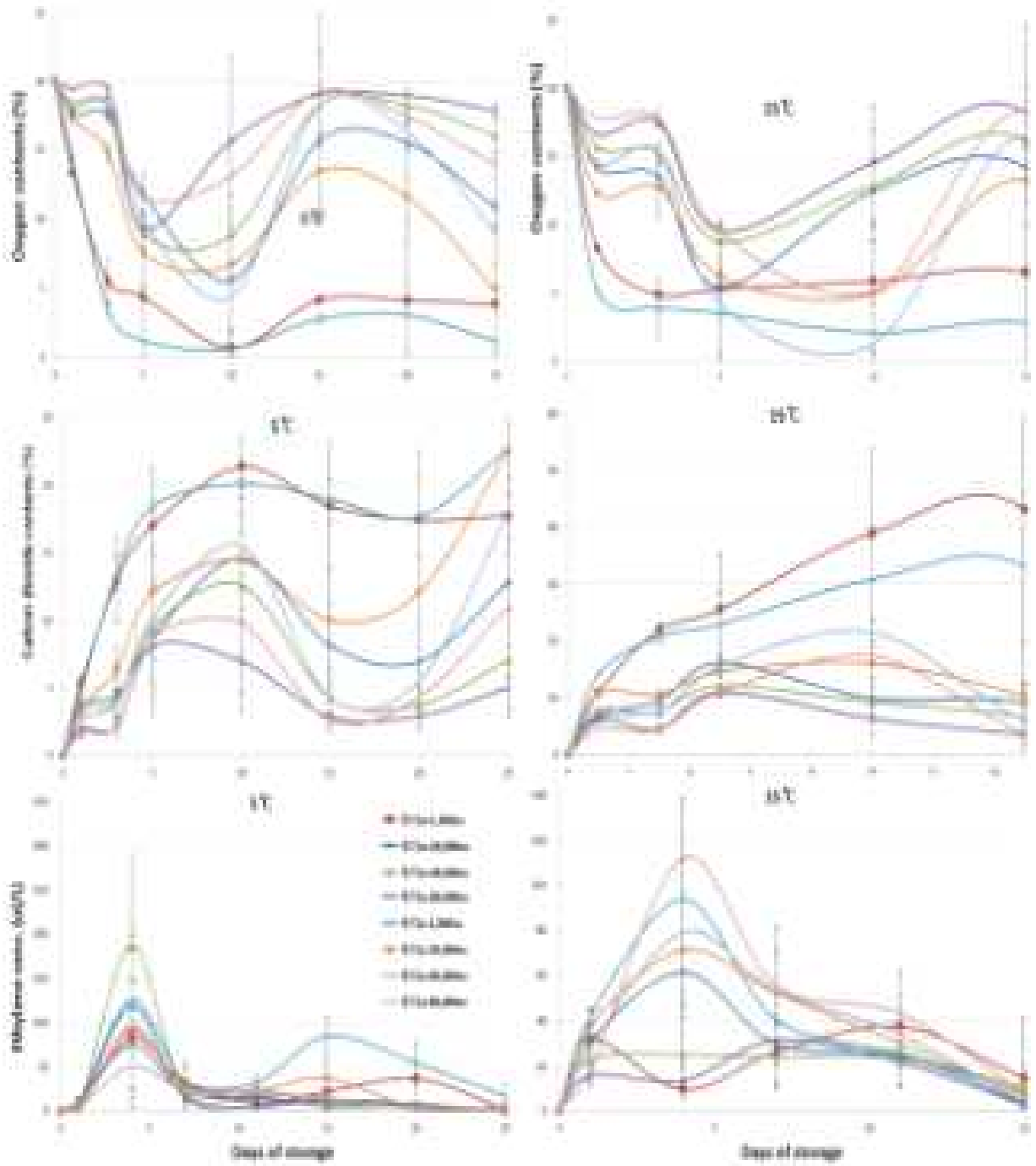


그림 61. 선박 유통조건에서 필름포장내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

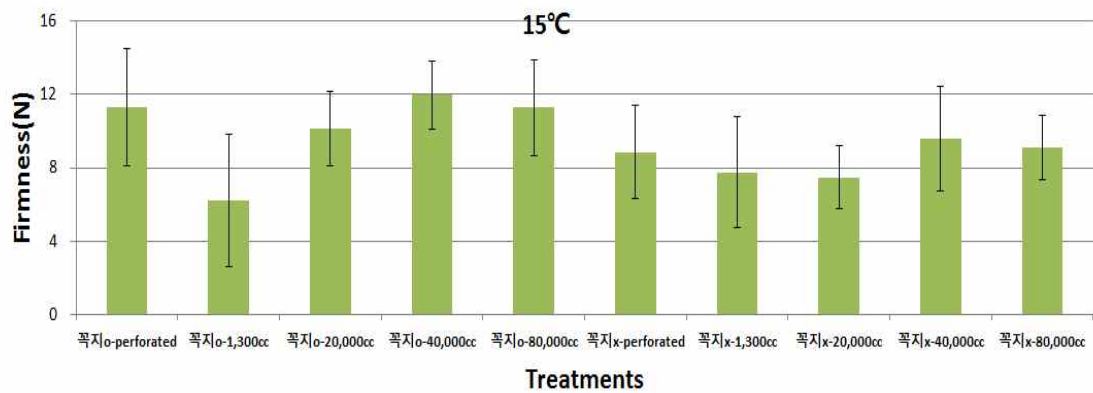
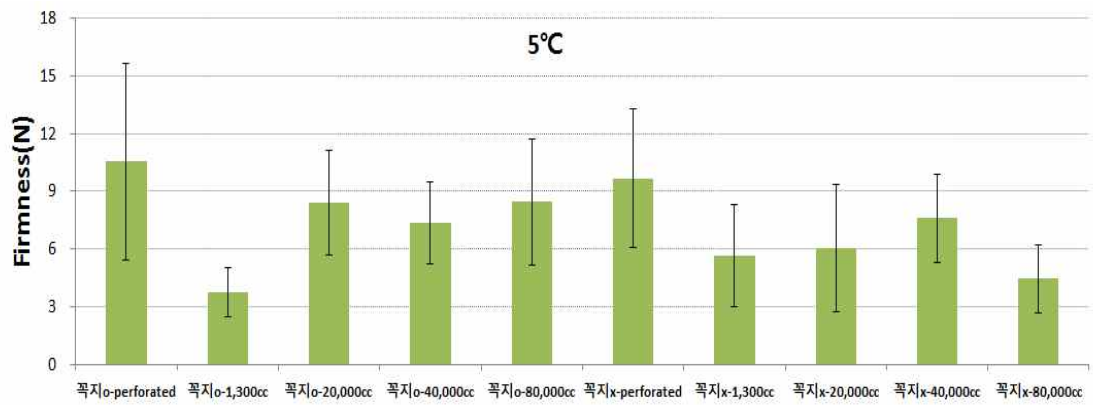
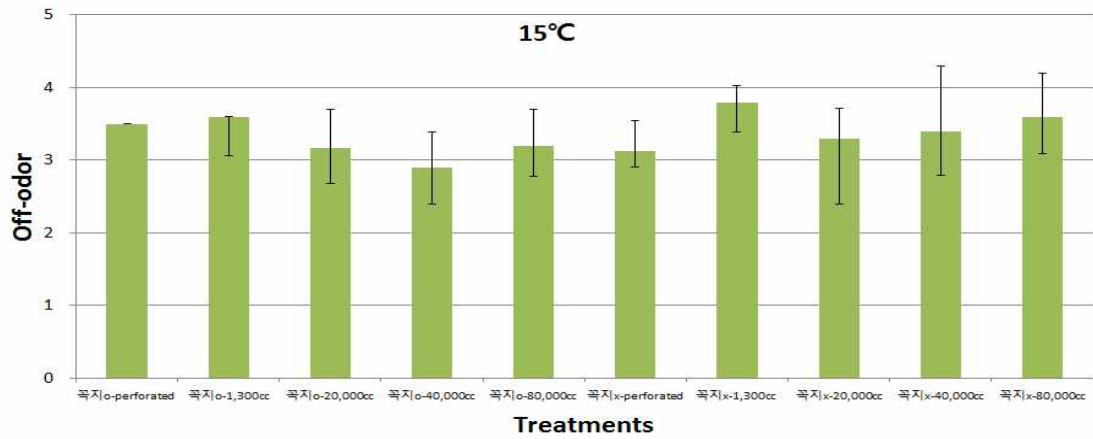
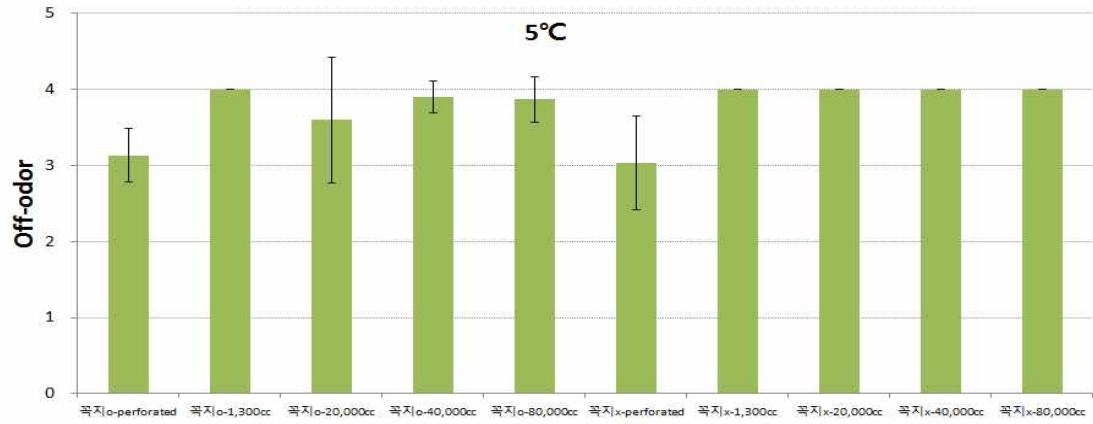


그림 62. 저장 종료일에 이취 및 경도 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

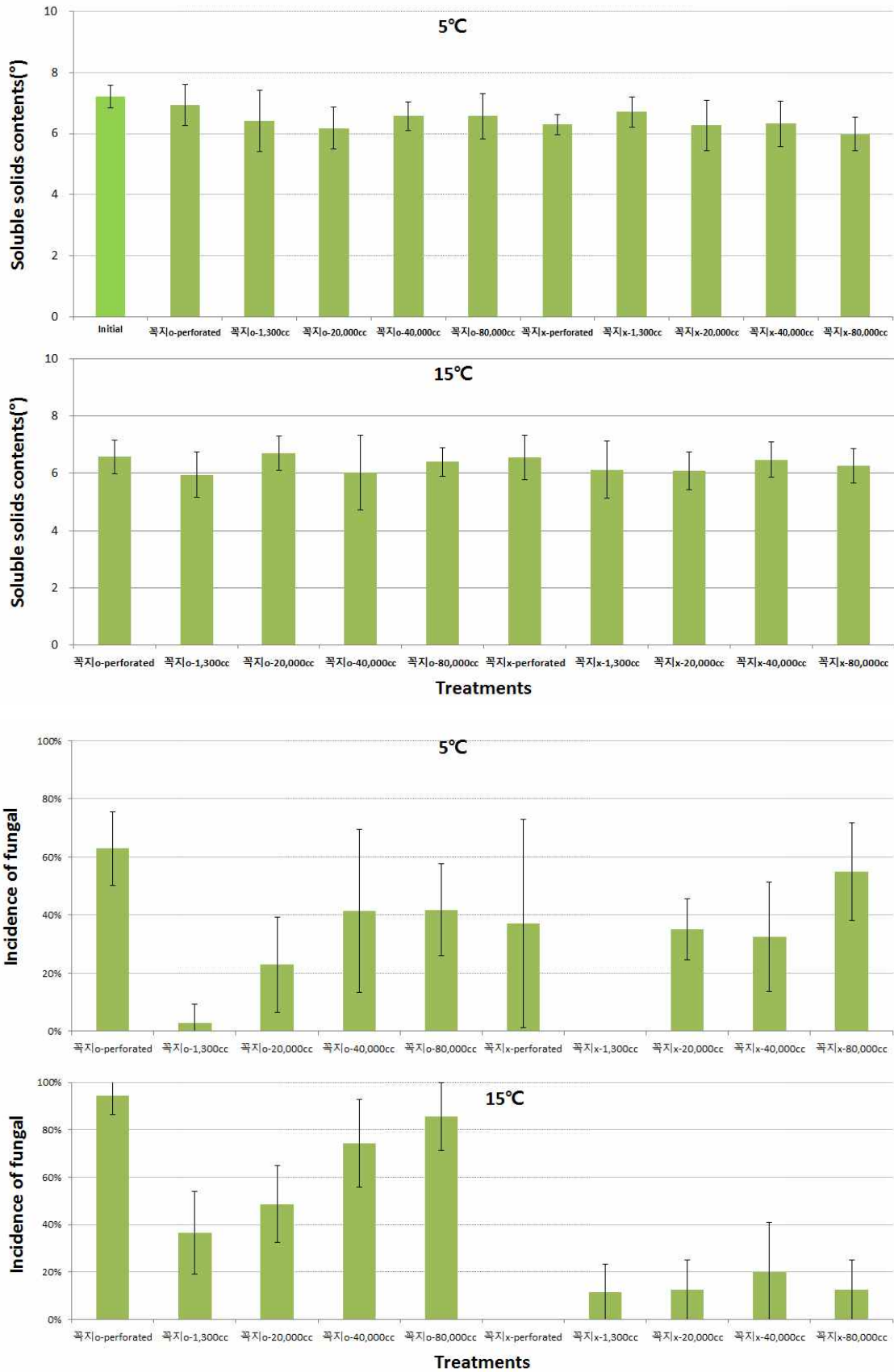


그림 63. 저장 종료일에 당도 및 곰팡이 발생률 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

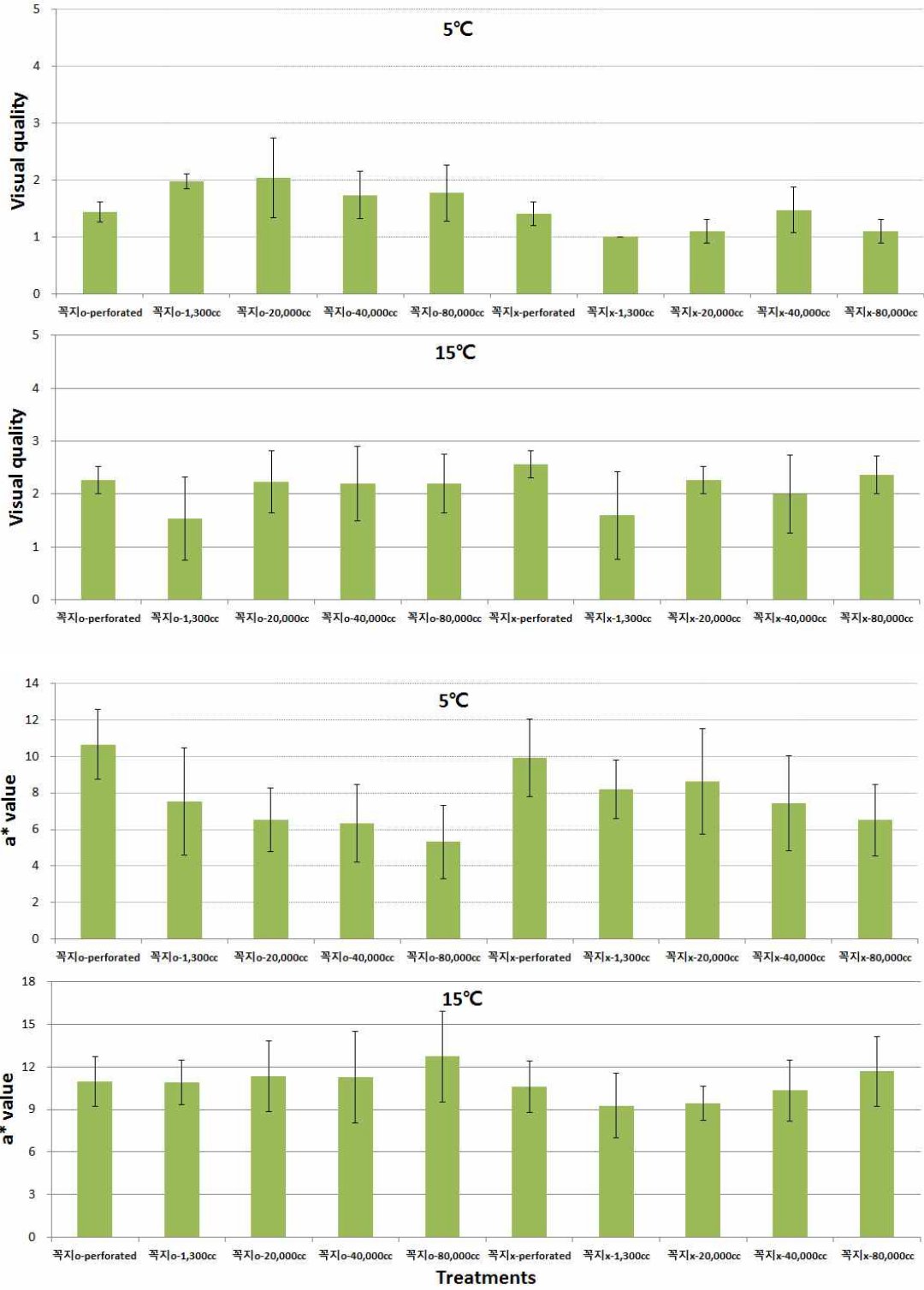
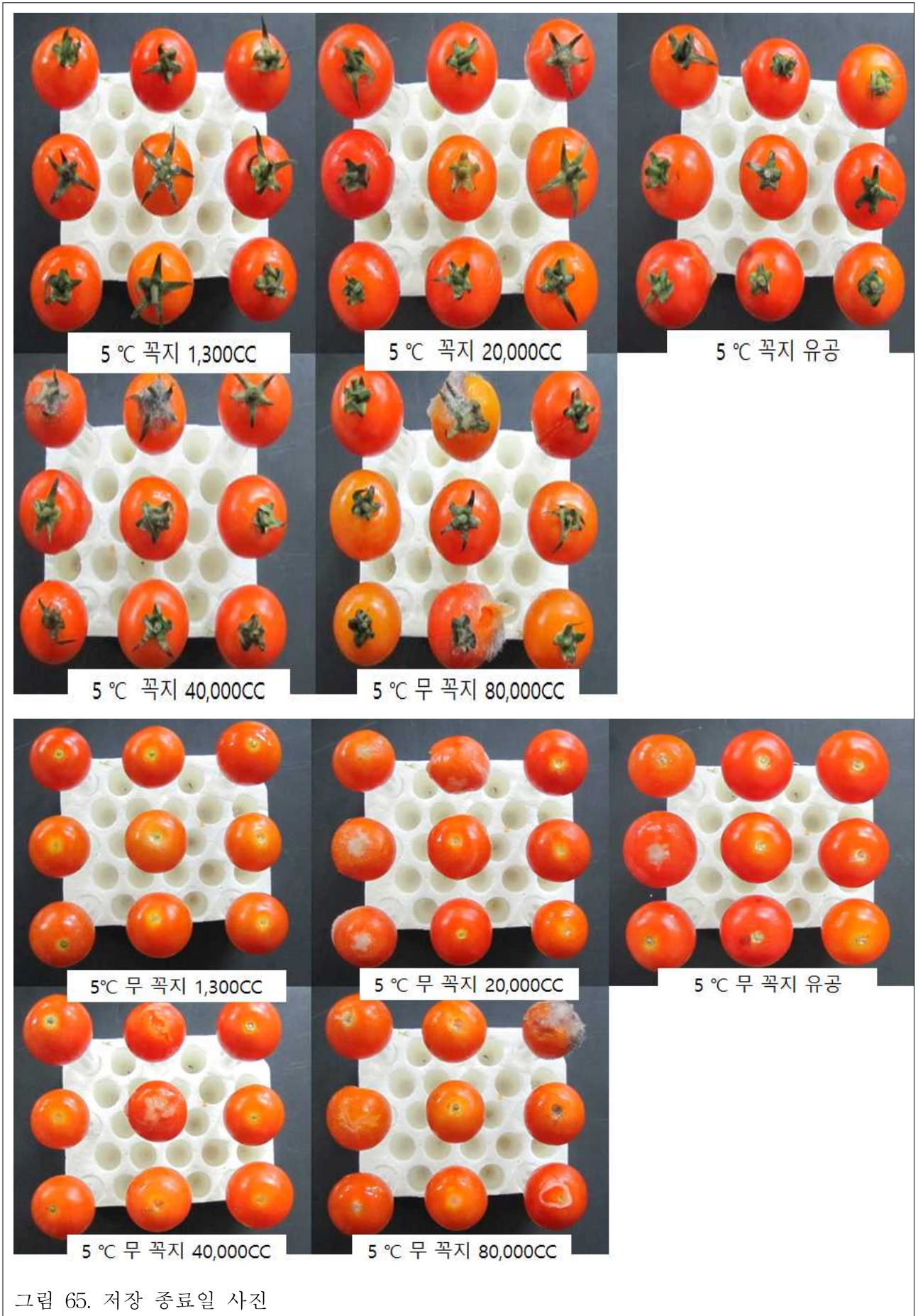


그림 64. 저장 종료일에 외관 및 색변화 Vertical bars represent \pm SD (n=5)



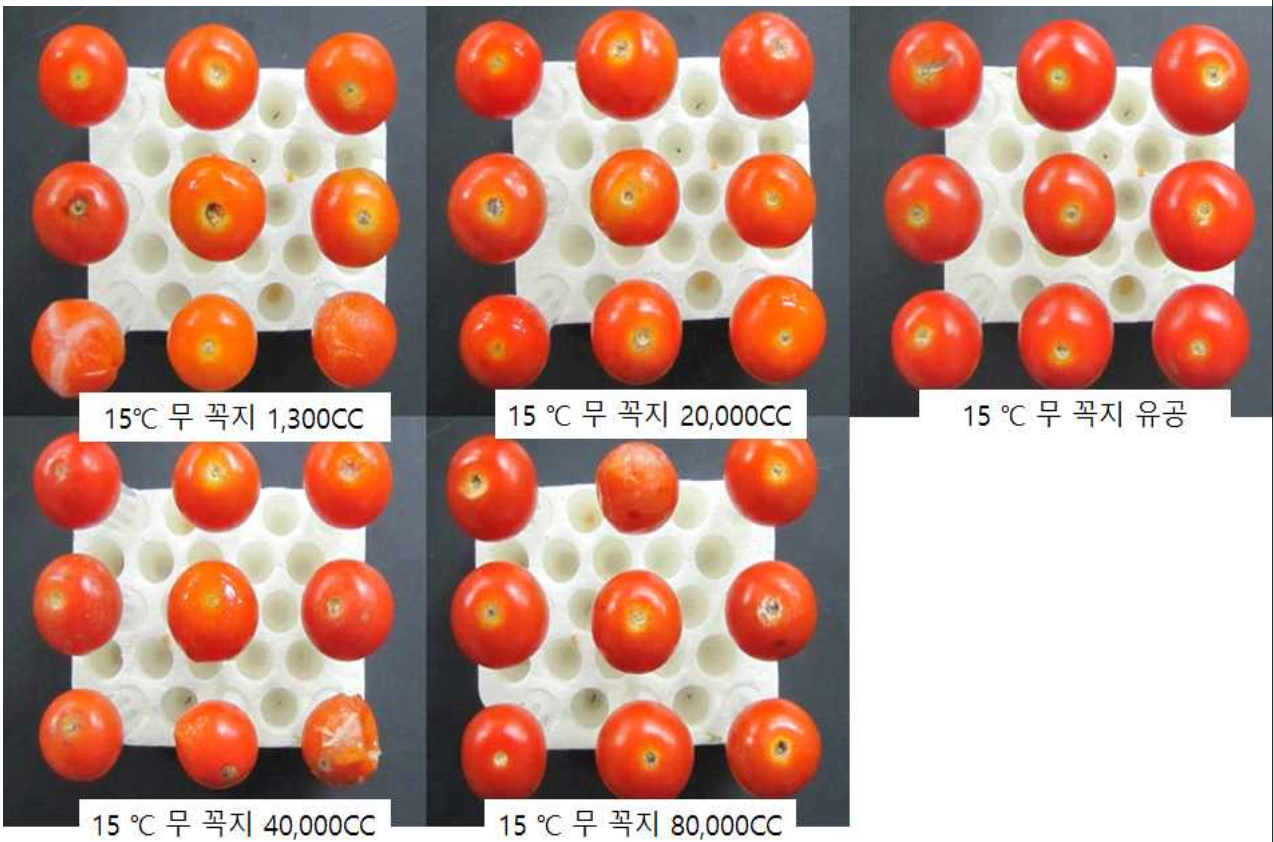
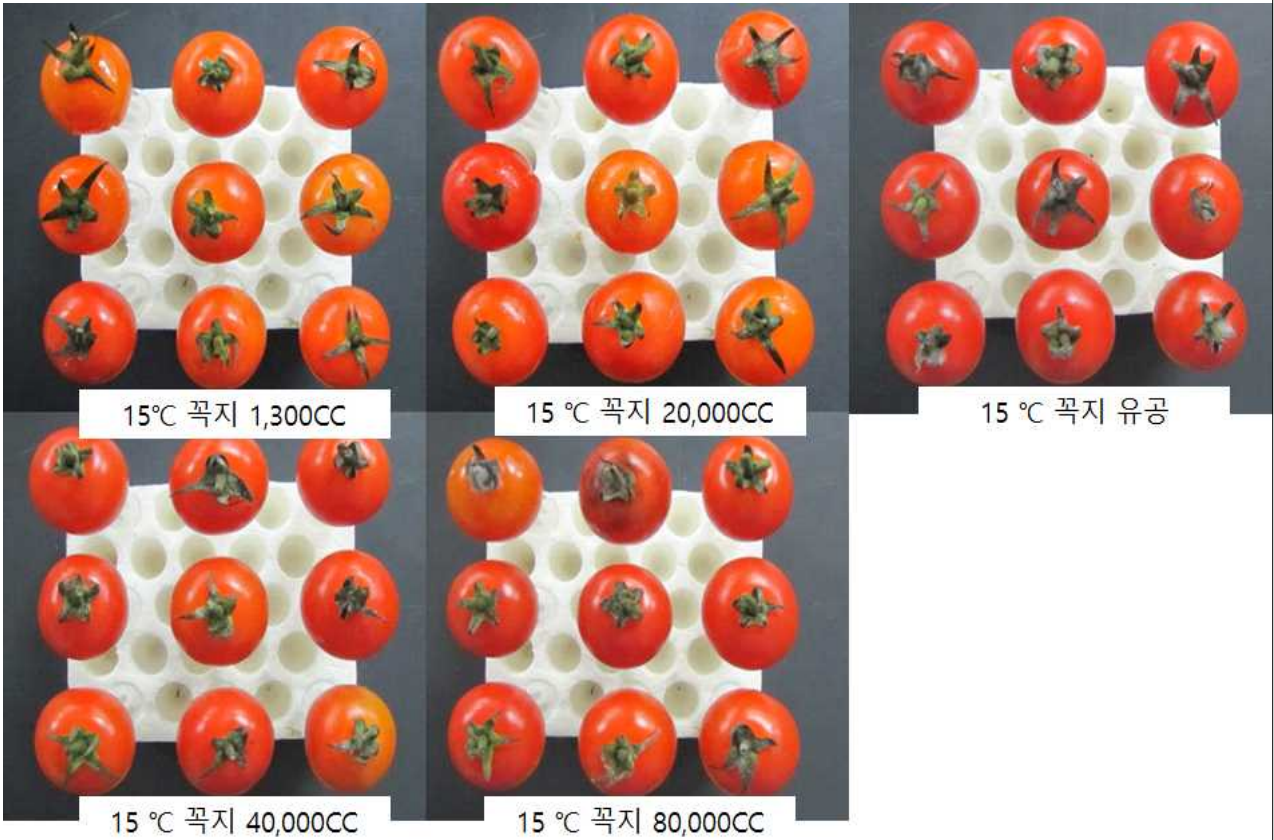


그림 66. 저장 종료일 사진

5. 수출용 딸기 토마토의 수송 중 환경모니터링 살균 기술 개발

가. <딸기>

수출용 딸기 매향의 싱가포르 항공 수출시 환경 모니터링 및 살균 기술을 개발하기 위해 온습도기록계를 진주 수곡에서 수출할 때 같이 넣어서 8일 동안의 온습도 변화를 측정 했으며, 다양한 살균 전처리를 실시하여 싱가포르 현지에서 수령 받아 품질조사를 같이 수행 하였다.

(1) 수출용 딸기 항공 수송 환경 모니터링 및 살균 기술 개발

○연구 방법

* 수출용 딸기 항공 수송 환경 모니터링 및 살균 기술 개발

공시재료: 매향

온도조건: 항공 수출 온도 조건

저장처리 및 살균 전처리: 4반복 실행

유통 과정 온도 (온습도기록계 측정)	저장 처리	살균 처리
1. 항공 수송 온도(15±5℃) (2일간)	1. 대조구 (wrap 포장)	1. 대조구(무처리)
2. 싱가포르 도착 후 (3±1℃) (4일간)	2. OTR(Oxygen transmission rate)필름(50μm PP film) - 10,000, 40,000cc/m ² •day•atm	2. 10,000cc필름 포장하여 2-1. O3 주입 (1.5ppm) 2-2. ClO2 주입 (2.0ppm)
3. 상온 (25℃) (2일)		
전체 유통기간 8일		

조사항목: 생체중 감소율, 경도, 외관상품질, 이취, 곰팡이 발생률, 당도, 산도



그림 67. 진주 수곡의 저온 창고와 수출용 딸기 상자 사진



그림 68. 진주 수곡의 딸기 예냉시설의 열화상기로 측정한 온도 현황



그림 69. 진주 수곡의 작업장 온도 현황

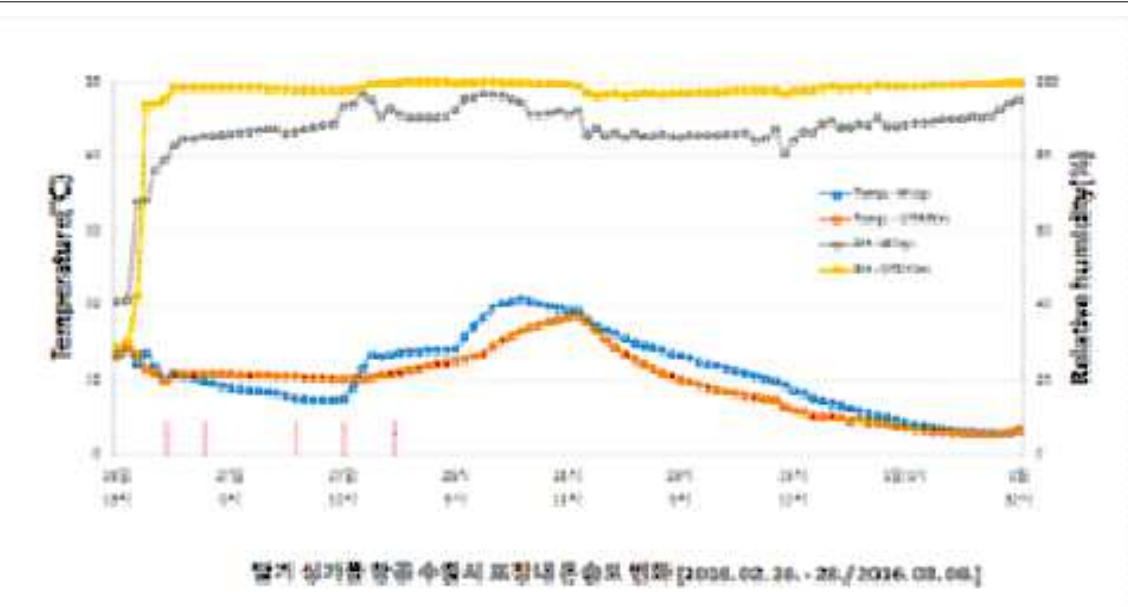


그림 70. 딸기 싱가포르 항공 수출시 포장내 온습도 변화

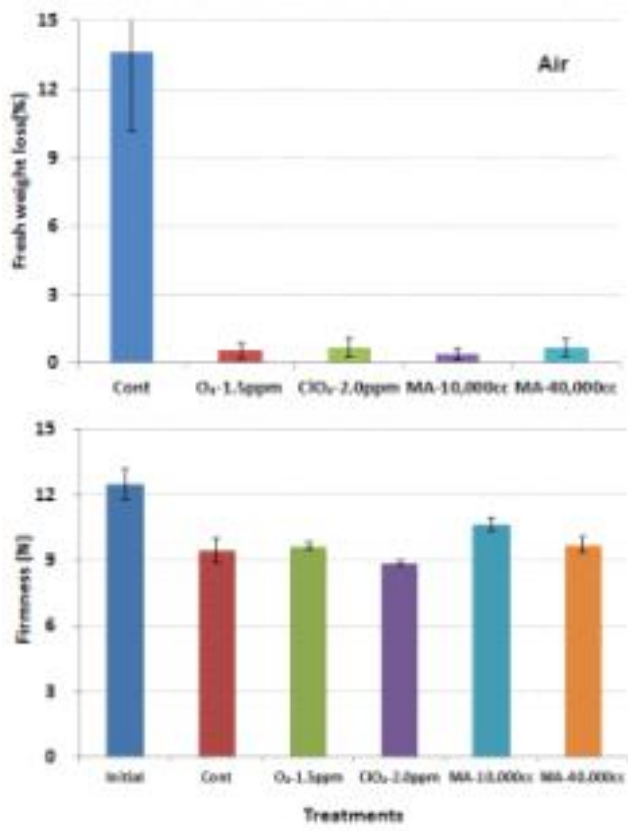


그림 71. 딸기 싱가포르 항공 수출시 생체중 감소율 및 경도 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

싱가포르 현지에서 측정된 생체중 감소의 경우 Wrap포장한 유공 처리에서 13%의 높은 생체중 감소를 보였고 나머지 처리는 MAP처리 및 살균처리는 0.5%미만의 낮은 감소를 보였다. 경도는 초기값보다 모든 처리가 감소하는 것을 관찰 할수 있었으며, 무처리 10,000cc에서 가장 높은 경도를 유지 하였다. 외관상 품질의 경우 오존 전처리, 10,000, 40,000cc에서 높았고, 유공 처리에서 가장 낮았다. 이취는 투과도가 낮은 필름으로 포장했던 오존 전처리와 10,000cc 필름에서 높았고 유공에서 낮았다. 곰팡이 발생은 유공에서 100%의 높은 발생을 보였으며 CIO2 주입 처리가 50%의 높은 곰팡이 발생을 볼 수 있었으며, 나머지 처리에선 발생하지 않았다.

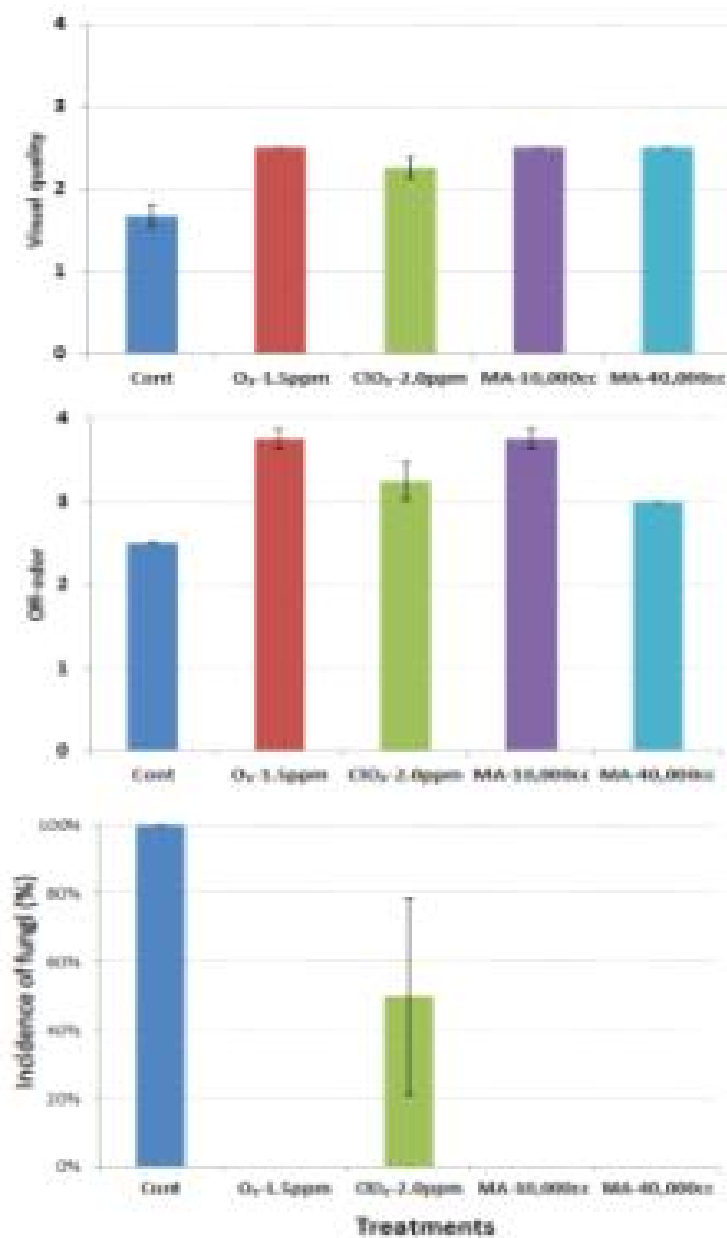


그림 72. 딸기 싱가포르 항공 수출시 외관, 이취 그리고 곰팡이 발생률 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

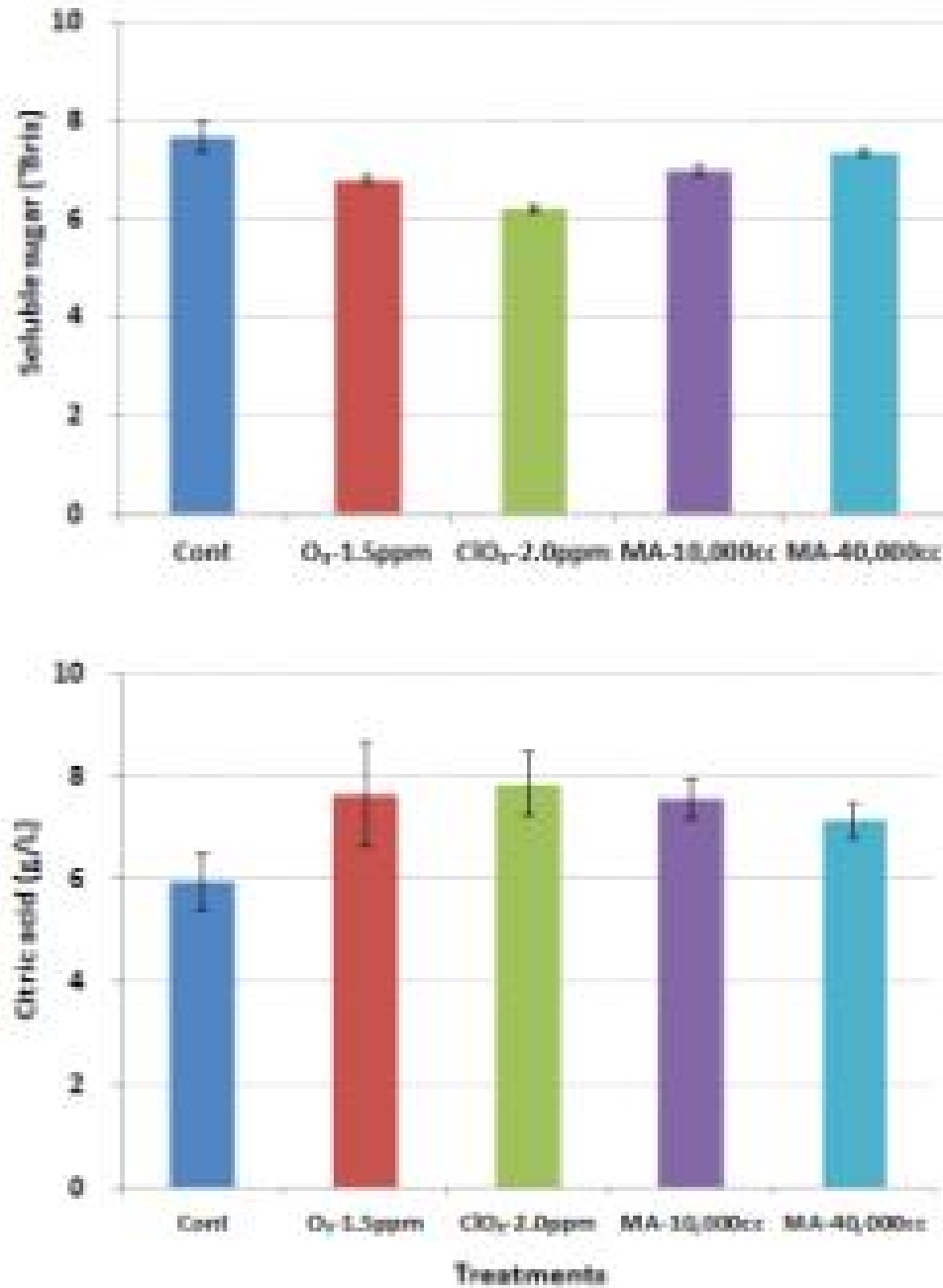


그림 73. 딸기 싱가포르 항공 수출시 당도 및 산도 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

당도는 유공에서 가장 높았고 ClO₂에서 가장 낮았다. 유공처리의 경우 13%의 매우 높은 생체중 감소로 인해 수분손실에 따른 당분의 농축현상과 산도가 낮아 산성분의 가용성 당 성분으로 변했다고 판단된다. 산도는 유공에서 가장 낮고 나머지 처리는 비슷한 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합해 보면, 곰팡이 발생이 없고, 경도, 당도, 산도가 유지되었던 무처리 10,000cc에서 가장 우수하였고, ClO₂의 경우 살균 효과가 미비하였기 때문에 추후의 연구가 요구된다.



그림 74. 싱가포르 현지에서 촬영한 저장최종일 사진

(2) 수출용 딸기 선박 수송 환경 모니터링 및 살균 기술 개발

수출용 딸기 매향의 싱가포르 선박 수출시 환경 모니터링 및 살균 기술을 개발하기 위해 온습도기록계를 진주 수곡에서 수출할 때 같이 넣어서 13일 동안의 온습도 변화를 측정 했으며, 다양한 살균 전처리를 실시하여 싱가포르 현지에서 수령 받아 품질조사를 같이 수행 하였다.

○연구 방법

* 수출용 딸기 선박 수송 환경 모니터링 및 살균 기술 개발

공시재료: 매향

온도조건: 선박 수출 온도 조건

저장처리 및 살균 전처리: 4반복 실행

유통 과정 온도 (온습도기록계 측정)	저장 처리	살균 처리
1. 선박 수송 온도($2\pm 1^{\circ}\text{C}$) (10일간)	1. 대조구 (wrap 포장)	1. 대조구(무처리)
2. 싱가포르 도착 후 ($13\pm 1^{\circ}\text{C}$) (3일간)	2. OTR(Oxygen transmission rate)필름($50\mu\text{m}$ PP film) - 10,000, 40,000cc/m ² •day•atm	2. 10,000cc필름 포장하여 2-1. O ₃ 주입 (1.5ppm) 2-2. ClO ₂ 주입 (2.0ppm)
전체 유통기간 8일		

조사항목: 생체중 감소율, 경도, 외관상품질, 이취, 곰팡이 발생률, 당도, 산도

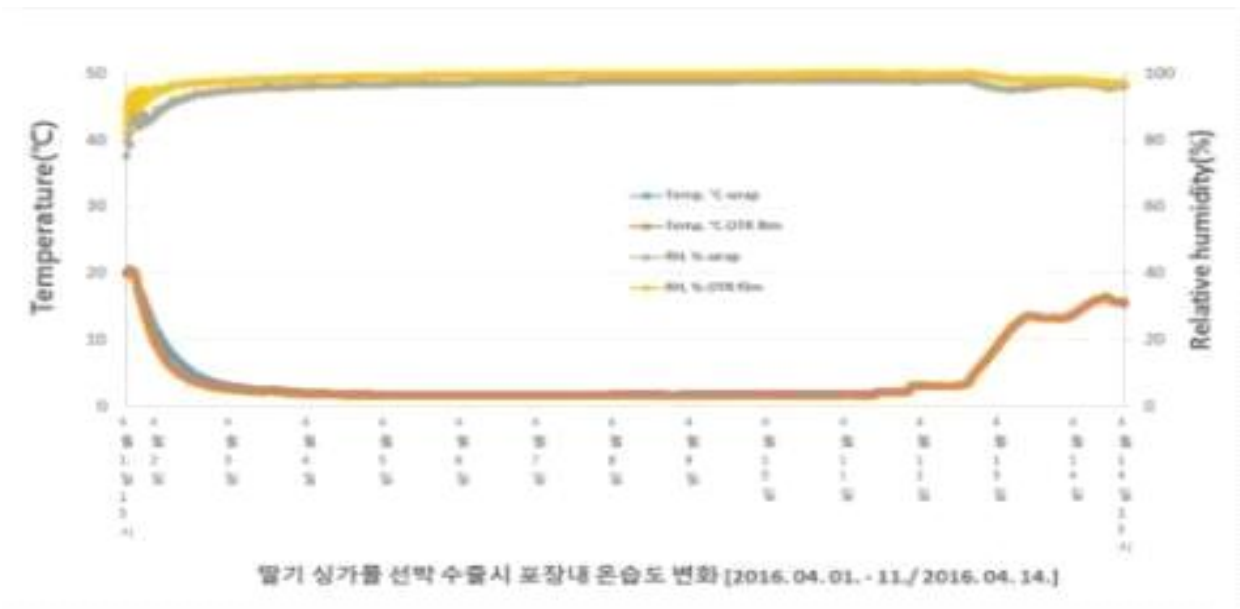


그림 75. 딸기 싱가포르 선박 수출시 포장내 온습도 변화

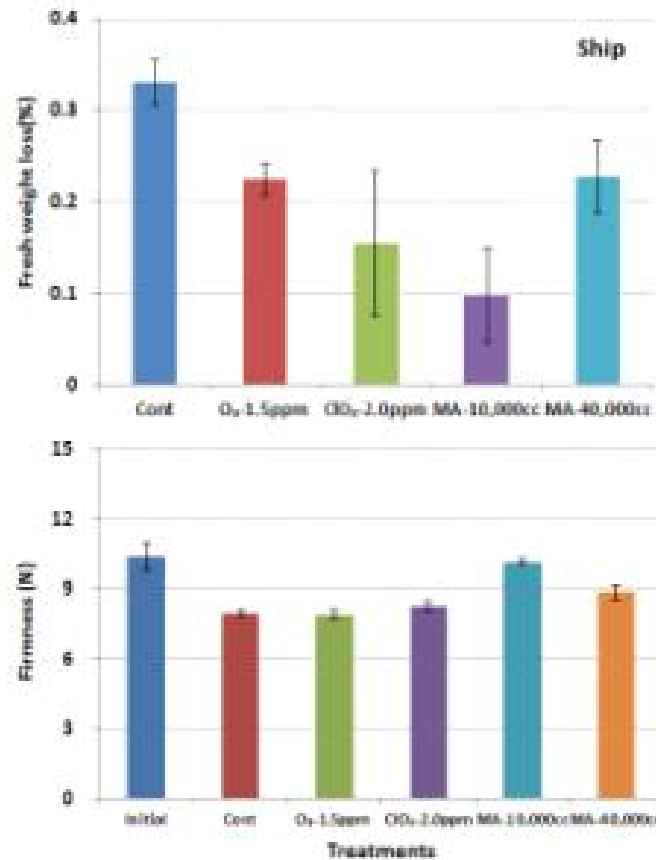


그림 76. 딸기 싱가포르 선박 수출시 생체중 감소
율 및 경도 Vertical bars represent \pm SD
(n=4)

○ 연구 결과

싱가포르 현지에서 측정한 생체중 감소의 경우 Wrap포장한 유공 처리에서 0.33%의 생체중 감소를 보였고 MAP처리 10,000cc에서 0.1%내외로 가장 낮은 감소를 보였다. 경도는 초기값보다 10,000cc를 제외하고 모든 처리가 감소하는 것을 관찰 할수 있었다. 외관상 품질의 경우 10,000cc에서 가장 높았고, 유공에서 가장 낮았다. 이취는 투과도가 낮은 필름으로 포장했던 오존 전처리와 10,000cc 필름에서 높았고 ClO₂ 주입 과 40,000cc에서 낮았다. 곰팡이 발생은 유공에서 30% 내외로 발생을 했고, ClO₂ 주입 처리가 5%의 곰팡이 발생을 했으며, 나머지 처리에선 발생하지 않았다.

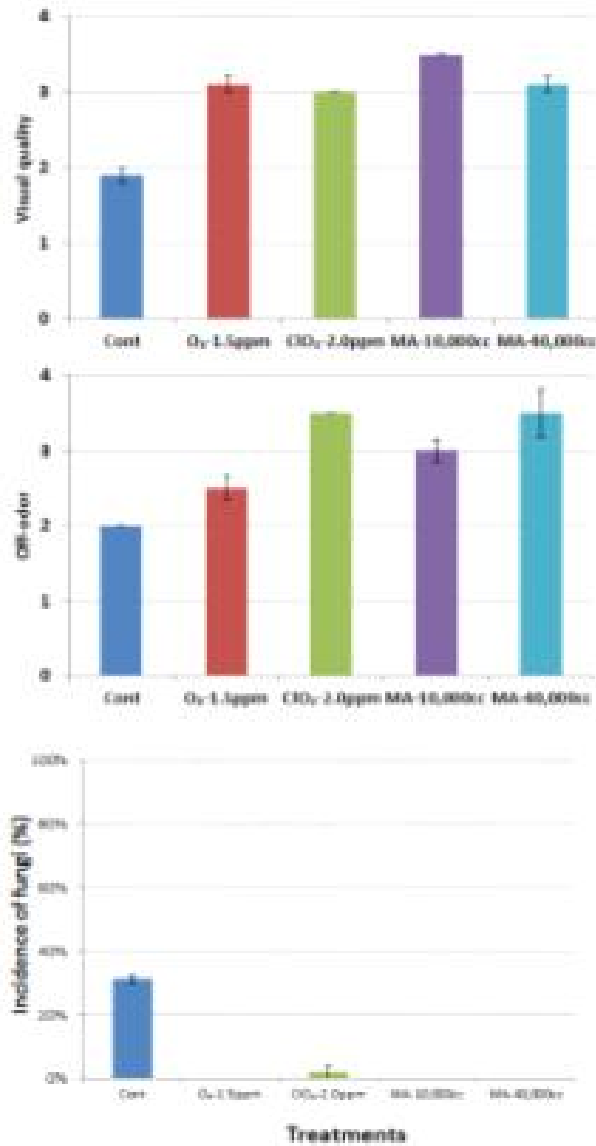


그림 77. 딸기 싱가포르 선박 수출시 외관, 이취 그리고 곰팡이 발생률 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

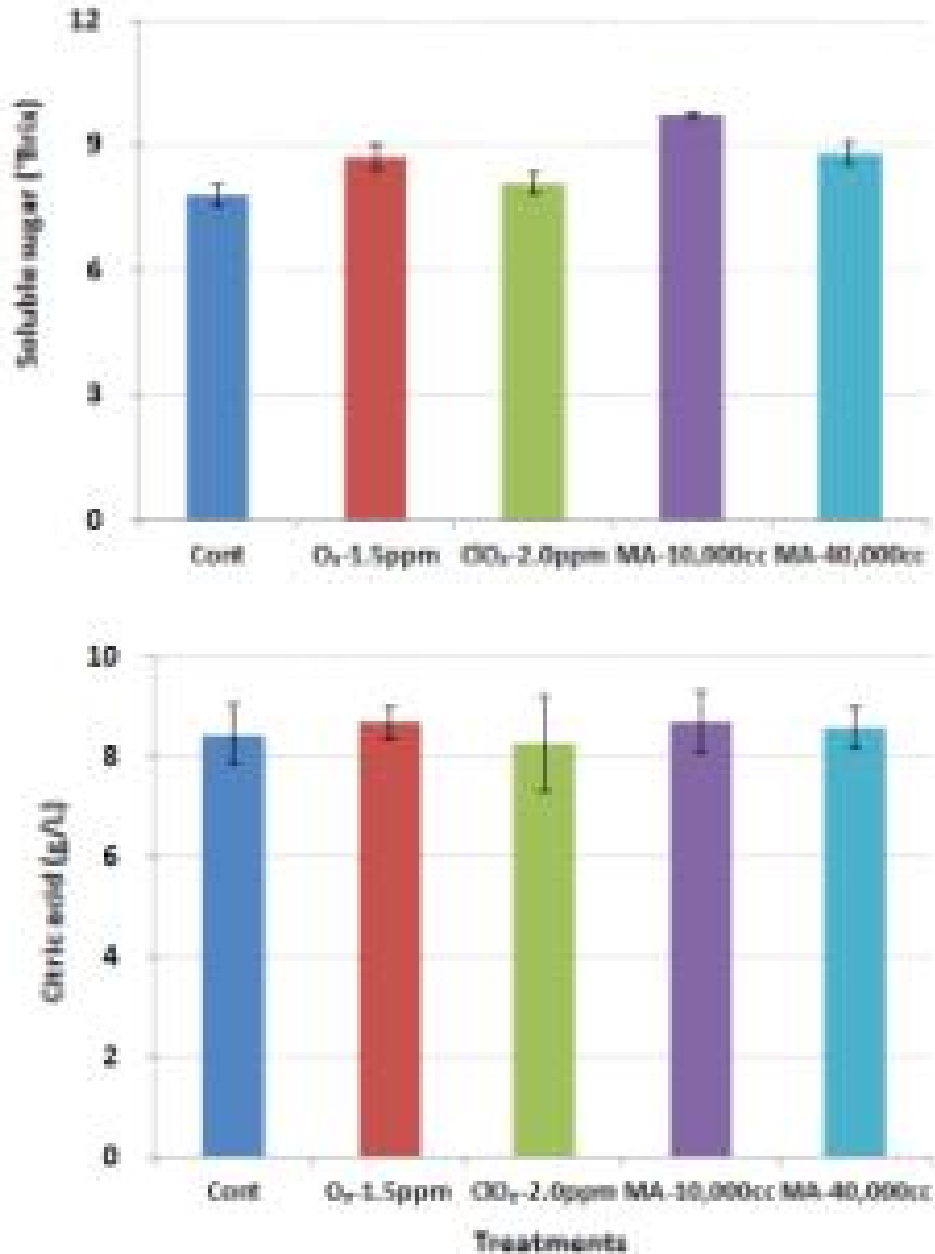


그림 78. 딸기 싱가포르 선박 수출시 당도 및 산도 Vertical bars represent \pm SD (n=4)

당도는 10,000cc에서 가장 높았고, 유공에서 가장 낮았다. 유공처리의 경우 투과도가 높기 때문에 호흡에 의해 당소모 되었다고 판단된다. 산도는 처리간 통계적 유의성이 없었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 곰팡이 발생이 없고, 경도, 당도, 산도가 유지되었던 무처리 10,000cc에서 가장 우수 하였다. 또한 상대적으로 낮은 온도로 유통되는 선박의 경우 항공보다 외관상 품질, 곰팡이 발생이 매우 적은 것을 관찰 할 수 있었다.



그림 79. 싱가포르 현지에서 촬영한 저장최종일 사진

(3) 딸기 품종별 품질 비교 실험 (추가 실험)

본 연구계획에서는 딸기 품종별 저장성 비교 연구는 없었으나, 현재 매향으로 국한되어 있는 수출용 딸기 품종의 다양화를 위해 매향이외의 국내 육성 품종을 대상으로 저장성 비교 실험을 수행하였다.

일반적으로 원예 산물은 품질에 따라 저장성 및 품질이 다르다. 따라서 국내에서 육성된 딸기 품종을 대상으로 품질변화를 알아보기 위해 실험을 진행하였다.

○ 연구방법

공시재료: 매향, 설향, 장희, RC1, RC2, RC3, DS5 (진주 수곡)

저장방법: 유공, 20,000cc 필름 포장 후 3°C에서 20일간 저장

조사항목: 생체중 감소, 외관, 필름 포장내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도, 경도, 당도, 산도, 이취

○ 연구 결과

싱가포르 현지에서 측정한 생체중 감소의 경우 유공은 모든 처리가 저장 직 후 감소하였고, 저장 최종일에 장희가 1.5%감소로 가장 낮았으며 다른 처리는 2-2.5% 범위에 감소율을 보

였다. MA저장에서는 처리간 큰 차이는 나타나지 않았고 0.1-0.25% 범위의 감소율을 보여 유공 처리보다 낮은 감소를 보였다. 품종에 따른 생체중 감소의 차이는 나타나지 않았다. 외관상 품질은 유공은 매향과 DS5가 좋았고 RC1까지 3점 이상으로 품질을 유지하였고 RC2에서 가장 낮은 외관 점수를 나타냈다. MA저장은 매향에서 가장 높은 외관상 품질을 유지하였고 RC2에서 외관상 품질이 가장 떨어졌다. 저장 중 필름 포장내 가스농도를 측정하였는데 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도를 측정하였고, MA저장 처리만 측정 했다. 이산화탄소 농도는 매향에서 2%내외의 농도를 유지하였고 RC3, 장희에서 5.5%의 농도까지 증가했다. 산소의 경우 RC3에서 가장 낮은 수치인 16%내외를 유지하였다. 에틸렌 농도는 저장 직 후 3일차 까지 증가 하였다가 감소하였으며, 품종간 차이는 없었다. 품종간 호흡 속도를 비교하면 RC3에서 가장 빠르다고 판단된다. 저장 최종일에 조사한 이취는 유공은 장희에서 가장 많이 발생 하였고 매향에서 가장 적었다. MA저장에서는 장희, RC3에서 가장 많이 증가하였고 매향, 설향 에서 가장 낮았다.

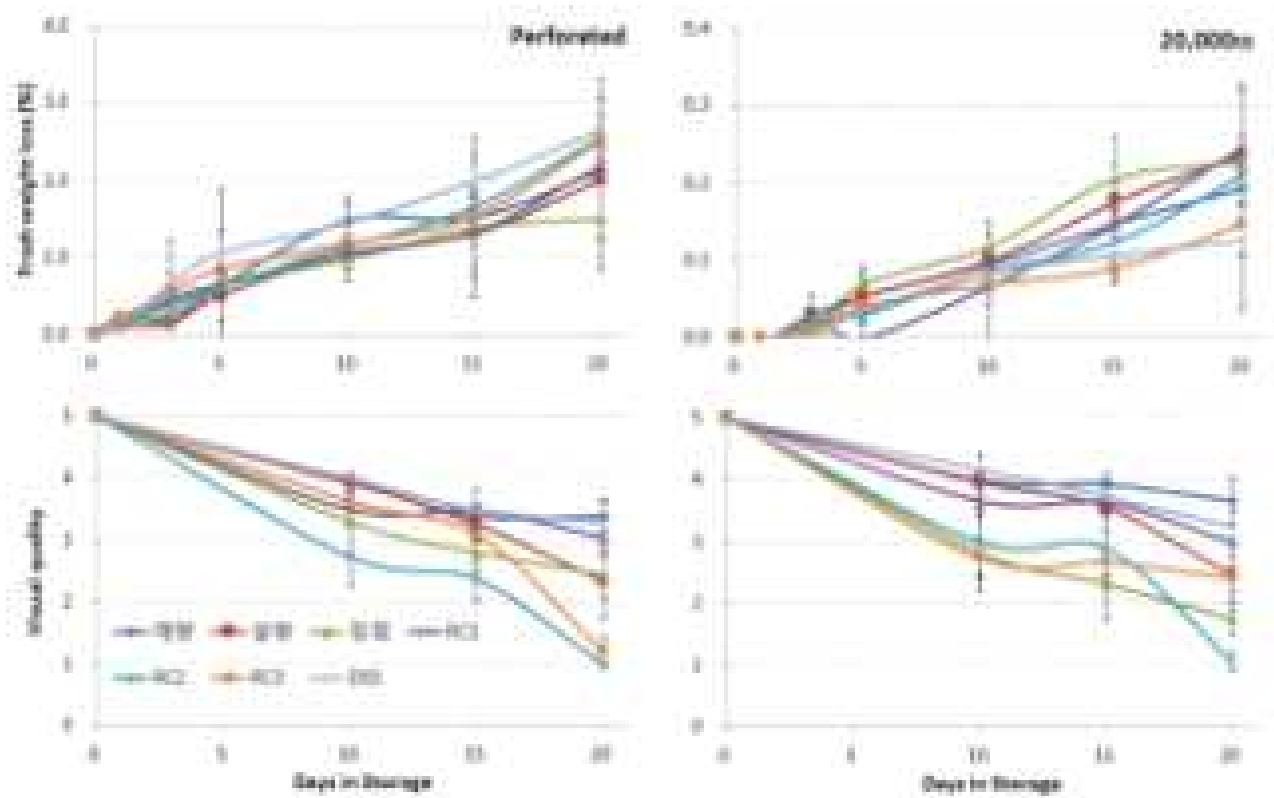


그림 80. 저장 중 생체중 감소율 및 외관 Vertical bars represent \pm SD (n=5)

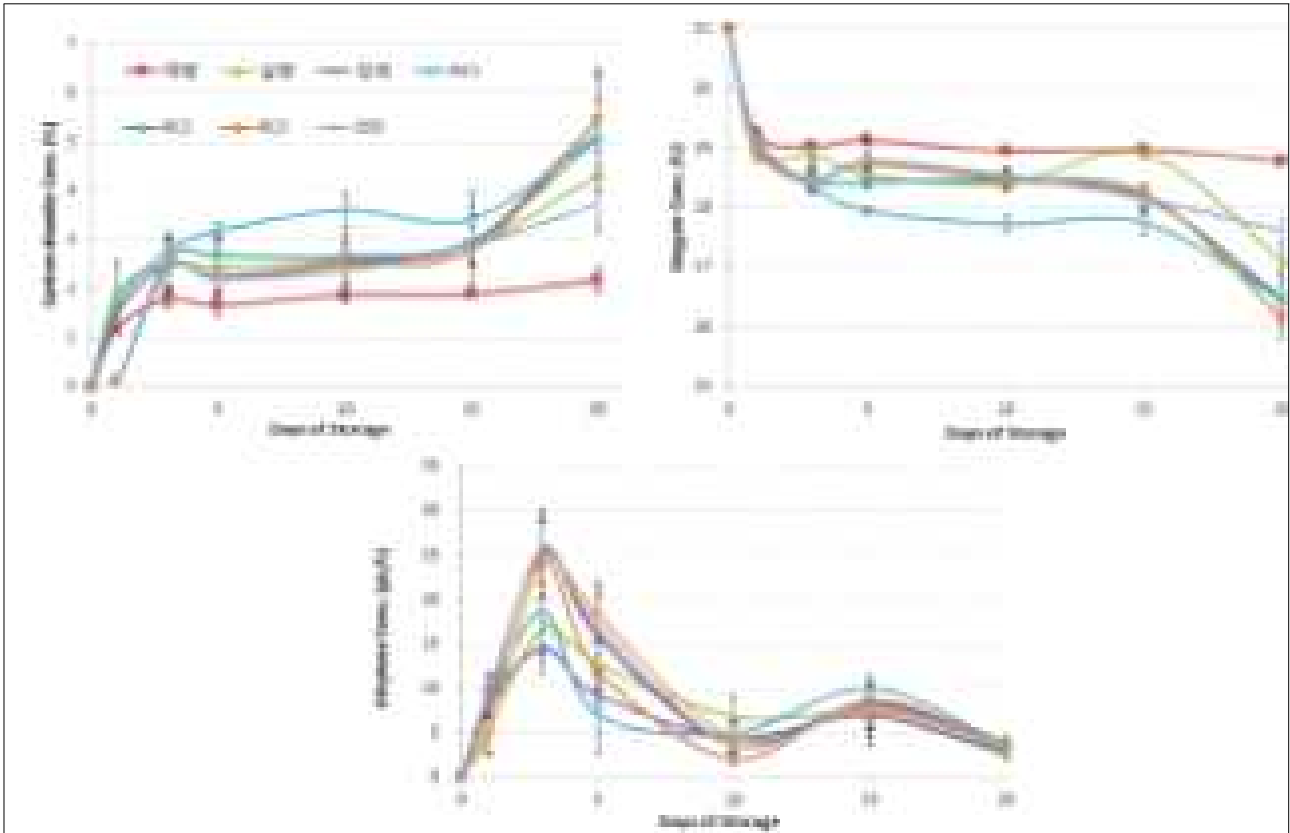


그림 81. 저장 중 필름 포장 내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도
Vertical bars represent SD (n=5)

경도는 저장 방법별로 유공은 매향이 가장 높고 설향, 장희가 RC1이 낮았으며, MA저장에서 매향이 가장 높고 장희가 가장 낮았다. 품종별 경도 데이터는 매향 처리가 가장 높았고 장희와 RC3이 낮았다. 당도는 유공과 MA저장 상관없이 장희가 가장 높았다. 산도는 유공에서 매향과 DS5가 높았고, MA저장에서는 DS5가 가장 높았다.

이상의 결과를 종합해보면, 품종별 실험은 이취, 경도 그리고 산도에서 가장 우수하였던 매향이 저장성이 좋다고 판단된다.

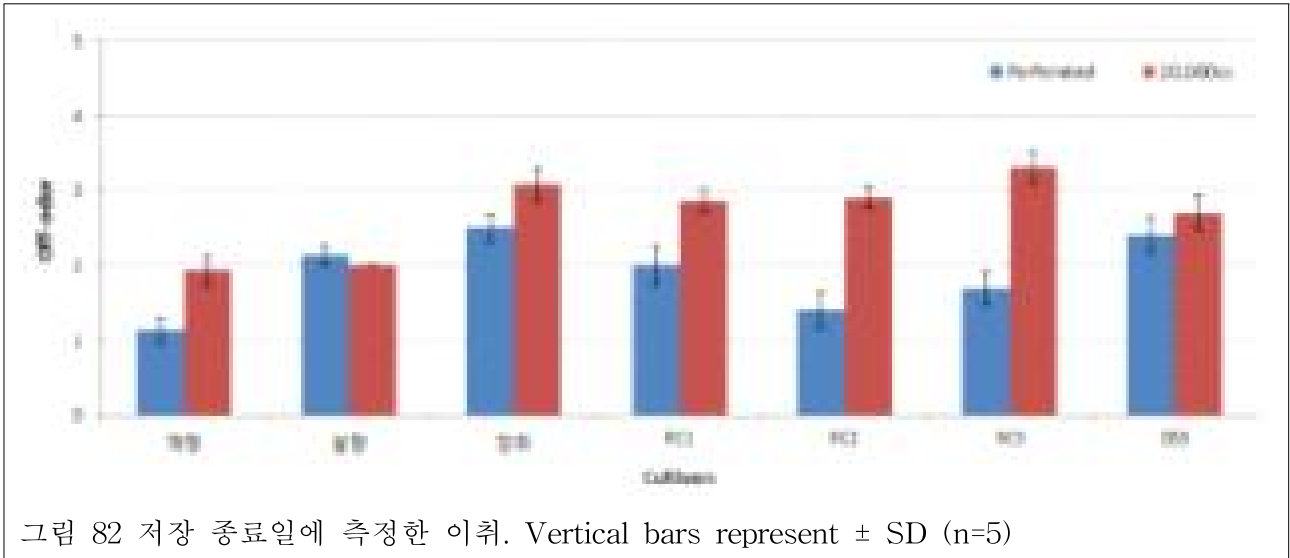


그림 82 저장 종료일에 측정한 이취. Vertical bars represent \pm SD (n=5)

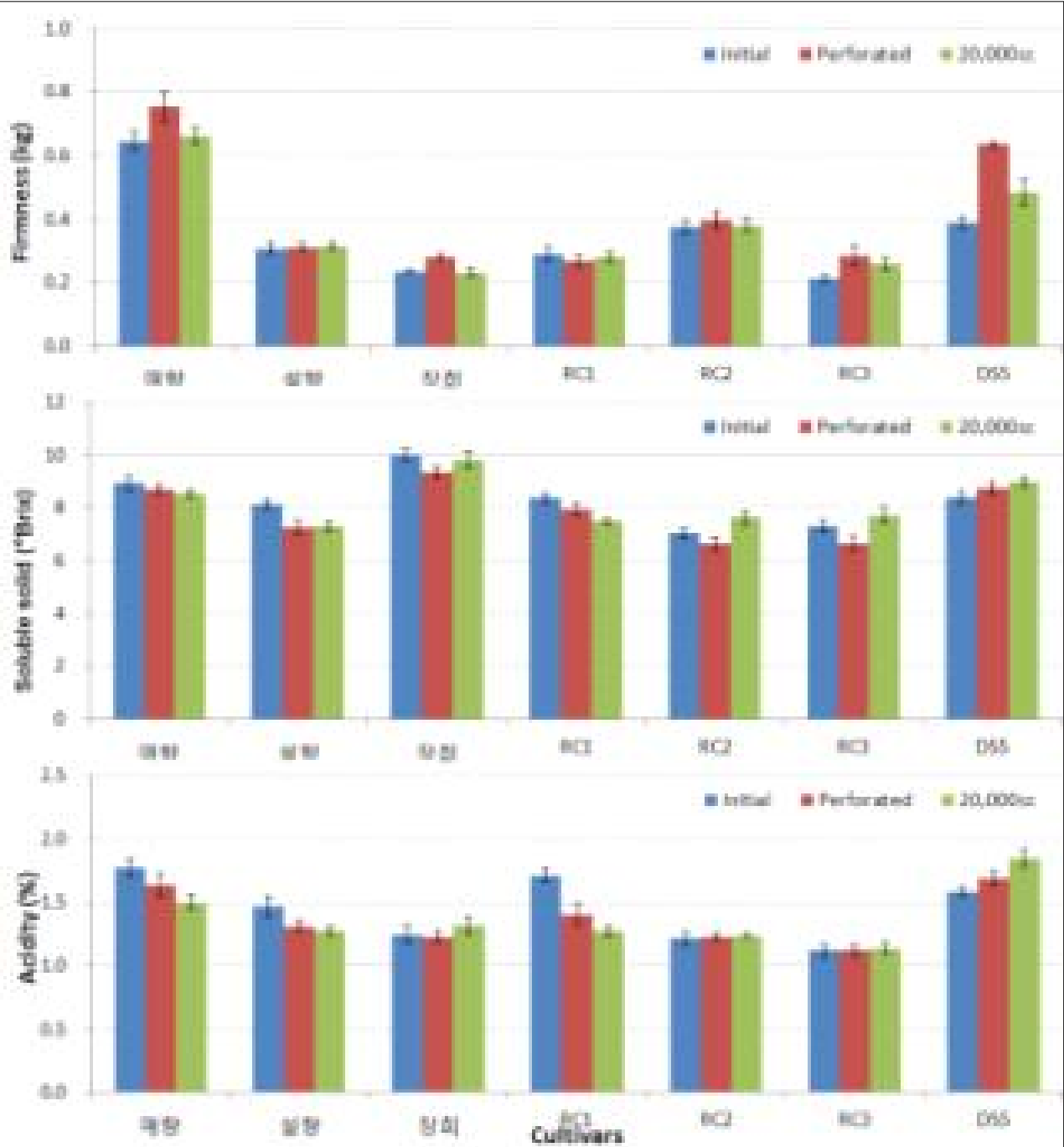


그림 83. 저장 종료일에 측정된 경도, 당도 그리고 산도. Vertical bars represent \pm SD (n=5)

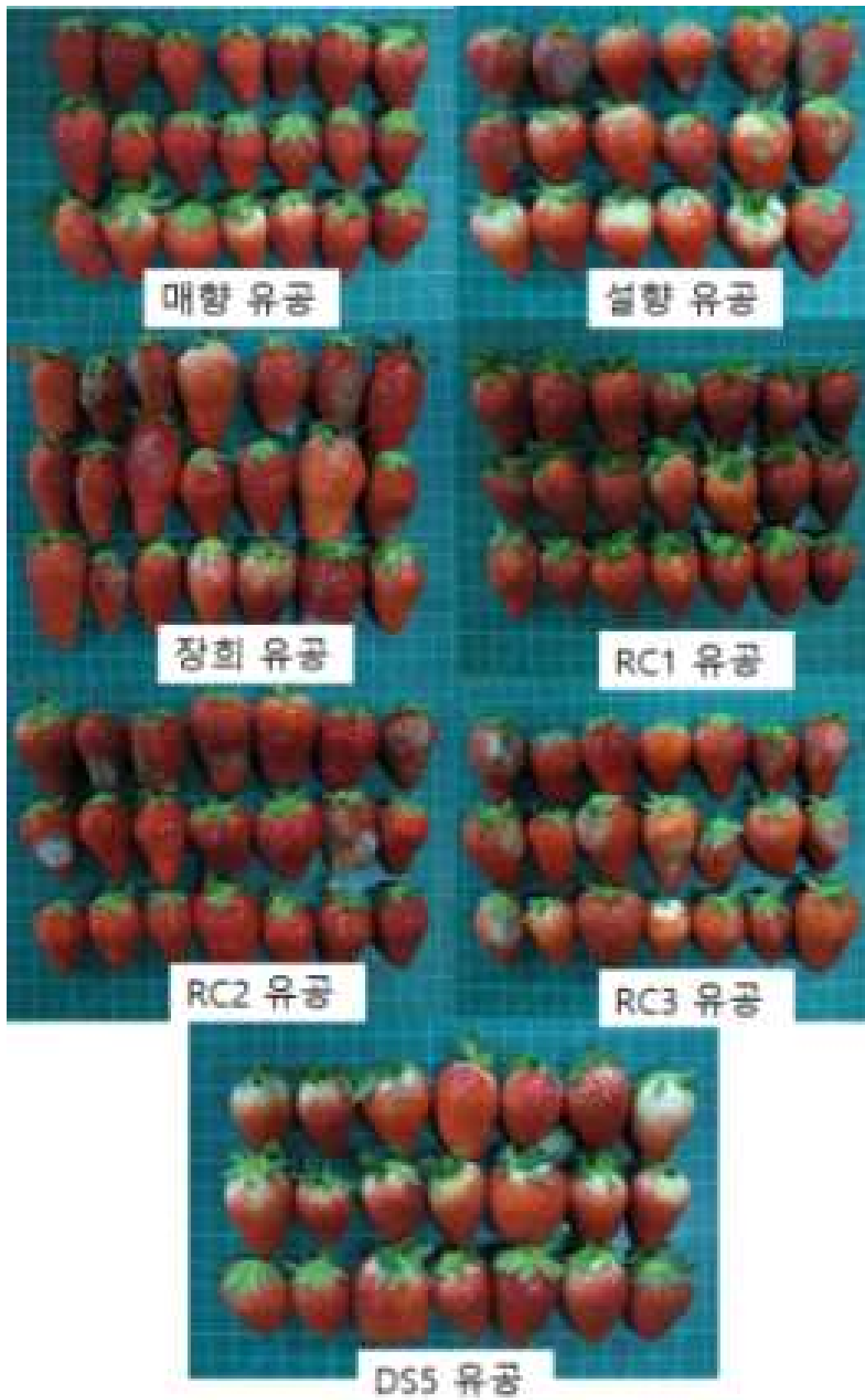


그림 84. 저장 종료일에 촬영한 품종별 유공사진

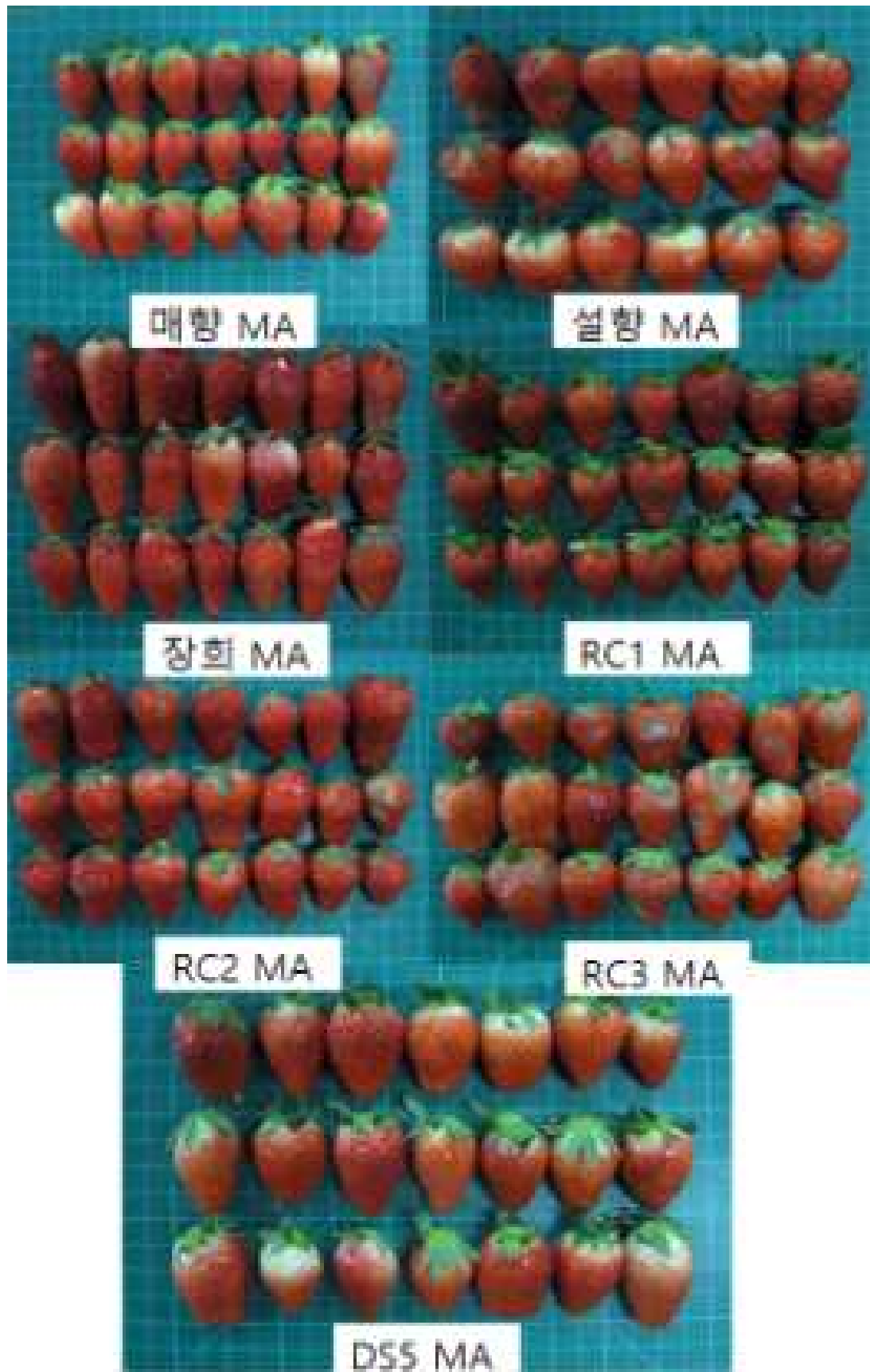


그림 85. 저장 종료일에 촬영한 품종별 MA저장 사진

나. <토마토>

국내 토마토 수출은 99%가 일본에 치중되어 있어 일본의 경제 사정이나 한일 관계에 의해 수출 시장이 불안정하였다. 최근 들어 토마토 수출의 다변화를 위해 싱가포르, 홍콩, 러시아(블라디보스톡)으로 수출시장을 넓히고 있다. 본 과제의 참여기업인 엘림무역이 최근 2-3년간 겨울철 딸기를 수출하던 바이어를 통해 방울토마토를 싱가포르로 수출하고 있다. 방울토마토는 딸기에 비해 수송 저장성이 우수하지만, 선박을 이용한 장기 수송 실적이 없어 아직까지 항공수송으로만 수출이 진행되고 있는 실정이다.

○ 방울토마토 항공수송(싱가포르 대상) 중 온습도 변화 조사

토마토의 싱가포르 항공 수출시 환경 모니터링 위해 온습도기록계를 생산지(강원도 춘천)에서 수출용 방울토마토 상자에 토마토와 함께 넣어 현장 도착 때 까지 온습도 변화를 측정하였다. 본 조사에서 포장방법은 PET박스(유공상태)에 250g단위로 소포장하였으며, 2015년 8월21일~ 27일까지 수행하였다.

(1) 08.21.9:00 : 상차 후 공항으로 이동

○ 저온 탑차로 이동한 관계로 포장내 온도가 13℃에까지 저하되었으며, 습도는 55±5%에서 점차 증가하였다. 춘천 선별장 온도가 8월말인 관계로 25℃ 수준이었음. 21일 21시 이후 온도상승이 보이는데, 이는 공항 냉장창고에서 항공기 탑재를 위해 준비한 기간으로 판단됨

(2) 08.22.12:00 : 항공수송

○ 냉장 카고를 사용하지 않아 항공 수송중 토마토 상자내 온도는 상승하여 18±1℃, 습도 77±5%수준으로 이동하여 08.24.00.00 싱가포르 수출업체 도착

3. 08.24.00:00-08.27 15:00 : 싱가포르 수출업체 온도 15±2℃ 습도 80±5% 수준으로 보관 보관하고 온습도 기록계회수

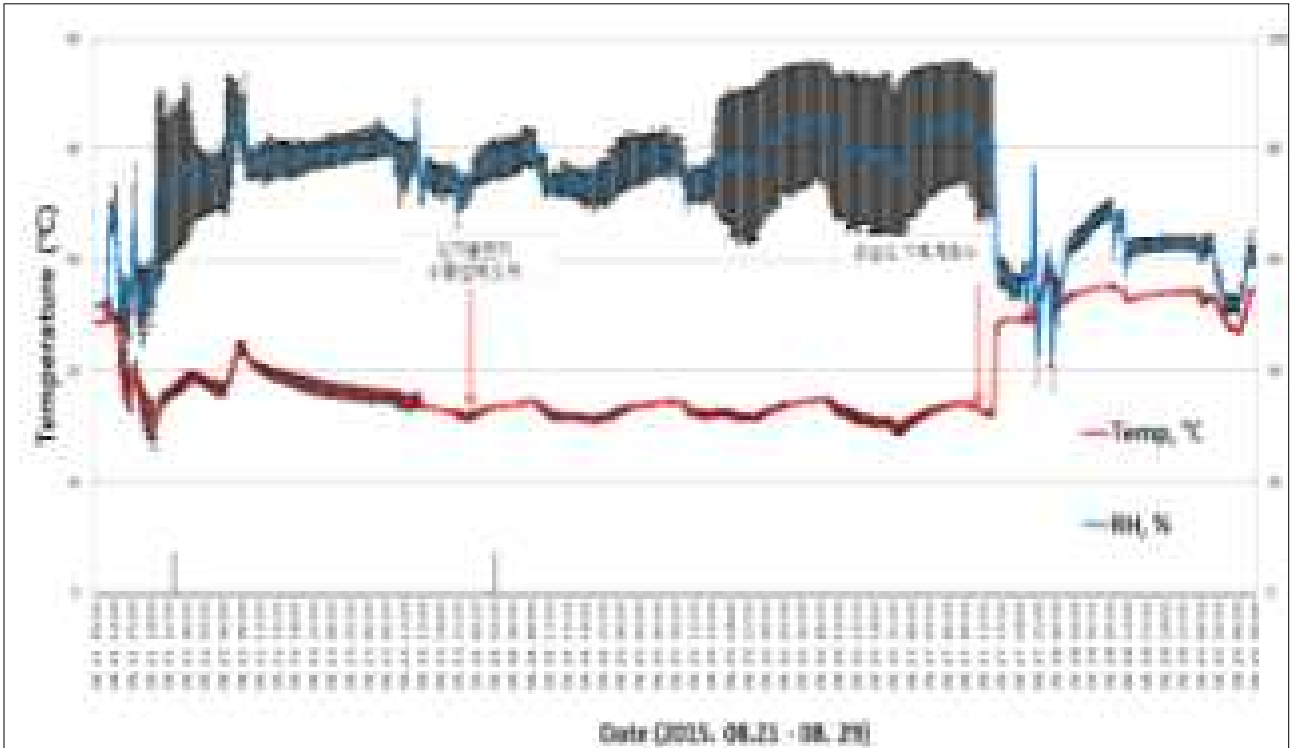


그림 86. 싱가포르 토마토 항공 운송시 유통 중 온습도 변화 <3차년도>

1. 수출용 딸기 토마토의 경도 증진 기술 현장 적용

가. <딸기>

(1) ‘매향’ 딸기 재배중 탄산시비가 MA저장에 미치는 영향

: 수출용 딸기 ‘매향’을 대상으로 경도 증진 효과를 기대하며 재배중 탄산시비 처리한 공시 재료를 대상으로 무처리 재배구와 MA저장하며 저장성 비교하였다.

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 ‘매향’ 딸기

처리방법: 1-2월 (9시-10시까지 3L/분당) 공급: 온실내 1,000ppm 미만 탄산가스 시비

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름, 20,000cc OTR 필름으로 MA 저장, 8°C에서 16일간

조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

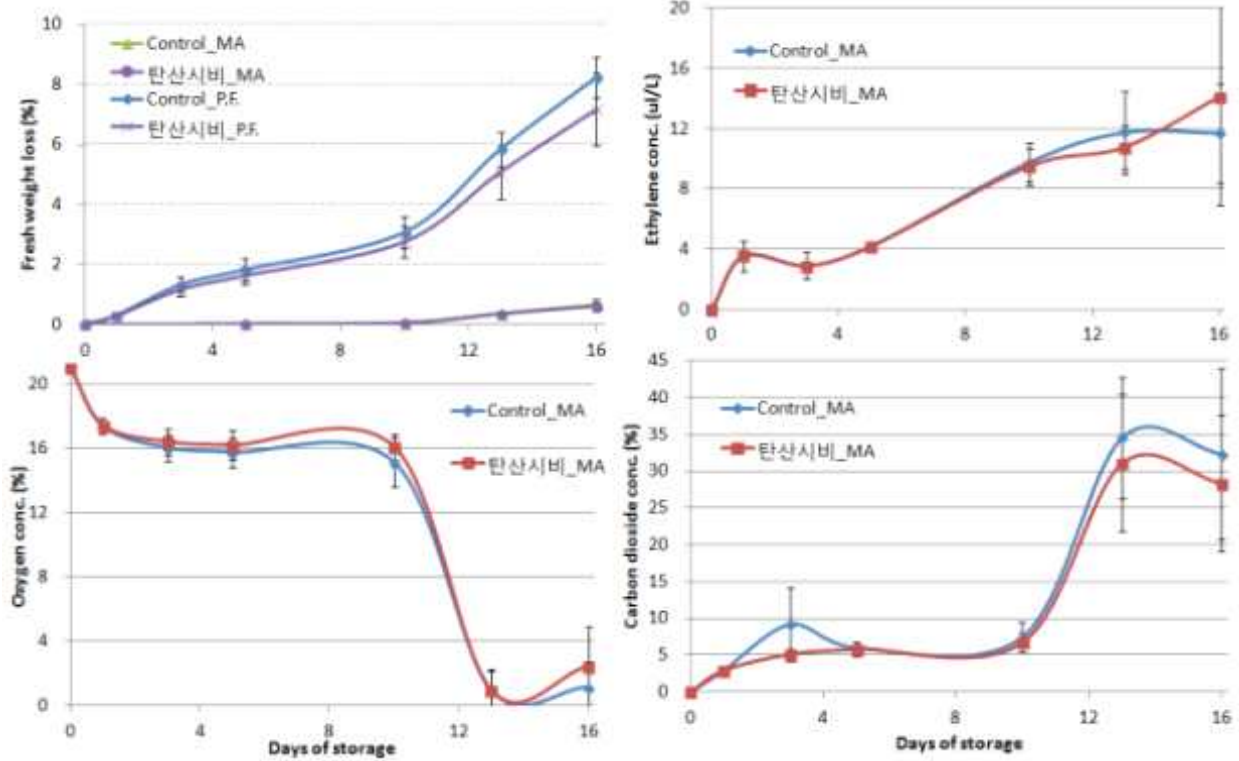


Fig. . 재배중 탄산시비 처리구의 저장중 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소 그리고 에틸렌 농도 변화

저장기간 중 생체중은 기존 포장 방법인 유공필름 처리구(perforated film)가 저장 시작 후 꾸준한 감소율을 보이며 저장 종료일에 7% 이상의 수치를 보였다. 탄산시비 처리구가 대조구에 비해 1% 가량 낮았지만 통계적 유의성은 없다. MA저장 처리구는 저장 종료일인 16일째에도 1% 미만의 생체중 감소율을 보이며 생체중 감소에 따른 수분 손실로 인한 외관상 품질 저하는 나타나지 않았다. 저장 중 MA저장 처리구의 필름내 산소 농도는 저장 10일째 급격히 감소하였으며, 이산화탄소 농도고 10일 이후 급격히 증가하여 저장 종료시점에 25% 이상의 높은 수치를 보였다. 에틸렌은 저장 시작 후 꾸준히 증가하여 저장 종료일에 두 MA저장 처리구 모두 12ul/L 내외의 수준을 보였다. MA저장 처리구의 포장내 가스 농도는 탄산시비처리에 따른 대조구와의 차이는 나타나지 않았다.

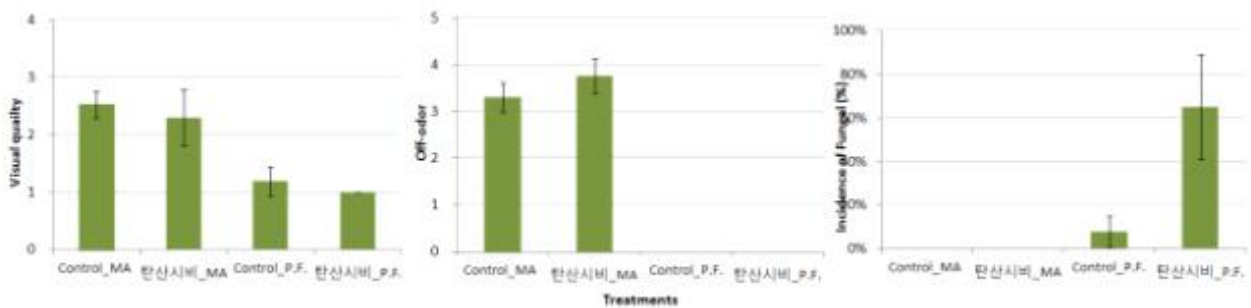


Fig. . 재배중 탄산시비 처리구의 저장 종료일의 외관, 이취, 그리고 곰팡이 발생률

저장 종료일에 패널테스트를 통한 외관상 품질은 MA저장 처리구 모두 유공필름 처리구에 비해 양호한 수치를 보였고, 이취는 MA저장 처리구가 유공필름 처리구에 비해 높은 이취 발생 정도를 나타냈으나 탄산시비 처리에 따른 대조구와의 차이는 나타나지 않았다. 곰팡이 발생율은 MA저장 처리구에 비해 유공필름 처리구에서만 나타났는데, 탄산시비 처리구가 높은 수치를 보였다.

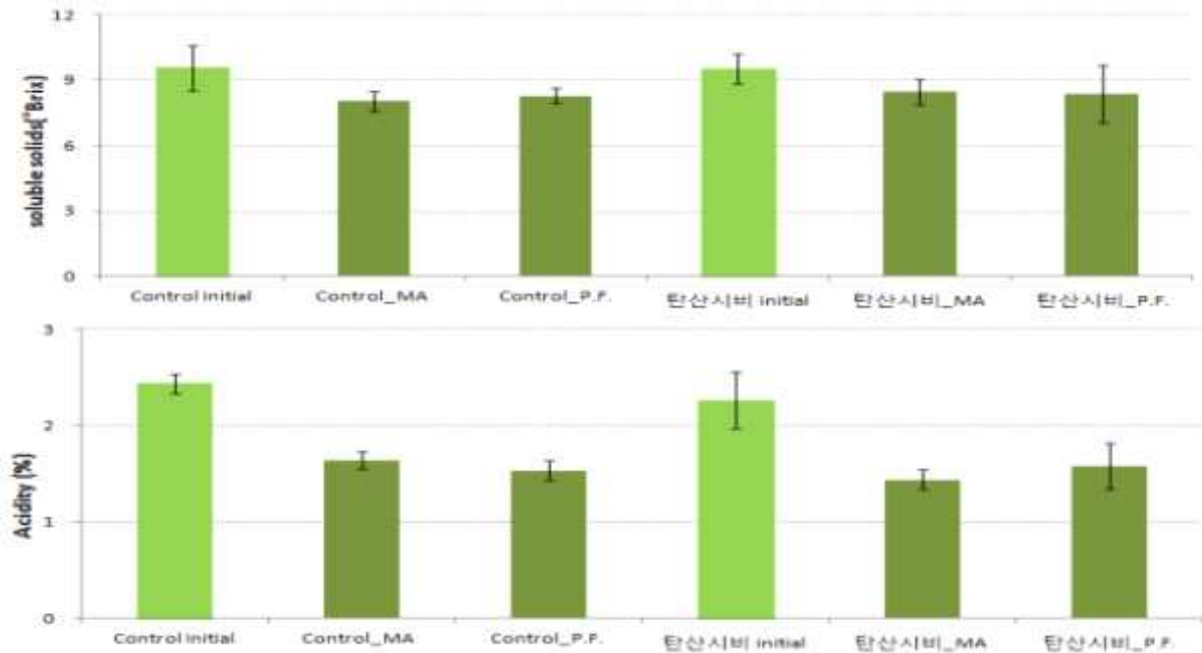


Fig. . 재배중 탄산시비 처리구의 저장 종료일의 당도와 산도

저장 종료일의 당도와 산도는 무처리구와 탄산시비 처리구 초기값에 비해 모든 처리구가 낮아졌으나 처리와 저장방법에 따른 차이는 나타나지 않았다. 저장 종료일의 경도는 모든 처리구가 초기값에 비해 감소하였고, MA저장 처리구 중 탄산시비 처리구가 모든 처리구 중 다소 높았으나 통계적 유의성은 없었다.

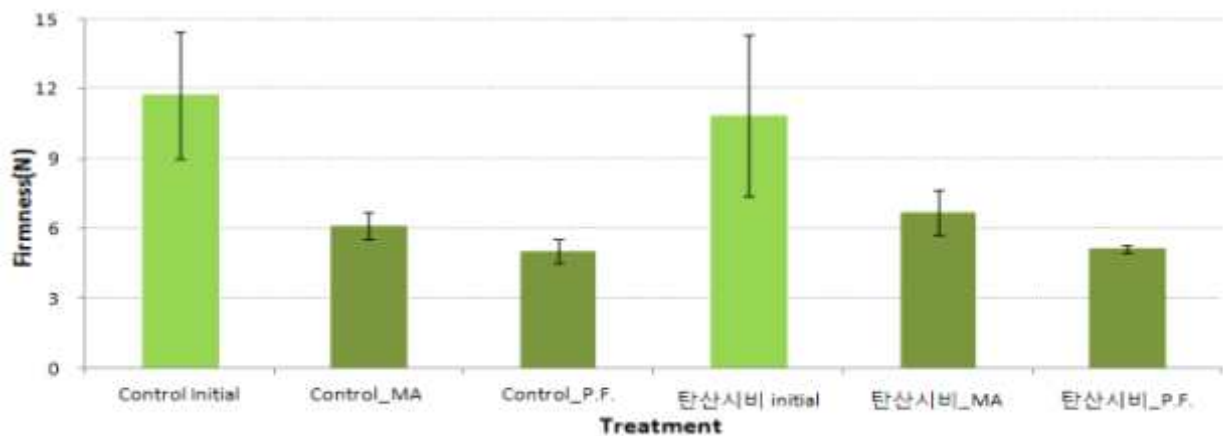


Fig. . 재배중 탄산시비 처리구의 저장 종료일의 경도

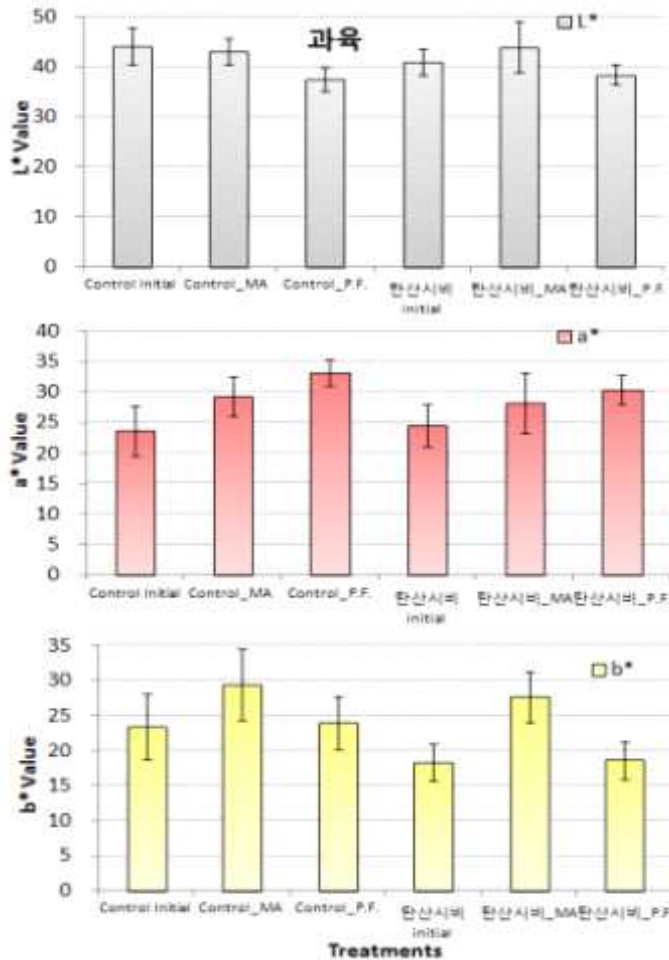


Fig. . 재배중 탄산시비 처리구의 저장 종료일의 색도

저장 종료일의 색도는 숙기가 진행될수록 검은빛이 도는 ‘매향’ 품종의 특성이 나타나 초기값에 비해 명도값인 L* 수치는 낮아지고, 빨간색을 나타내는 a*값은 증가하였으며, 노란색을 나타내는 b*값의 경우는 MA저장 처리구는 초기값에 높아졌으나 유공필름 처리구는 낮아졌다. 유공에 비해 MA저장이 숙기 진행을 더디게 만드는 것으로 판단된다.

이와 같은 결과를 종합해 보면, 외관상 품질이 양호하며 곰팡이가 발생하지 않은 MA저장이 기존 포장방법인 유공필름 처리에 비해 저장성이 우수하였고, 탄산시비가 딸기 ‘매향’에 저장 종료일의 경도가 무처리구에 비해 다소 높아 딸기 저장성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

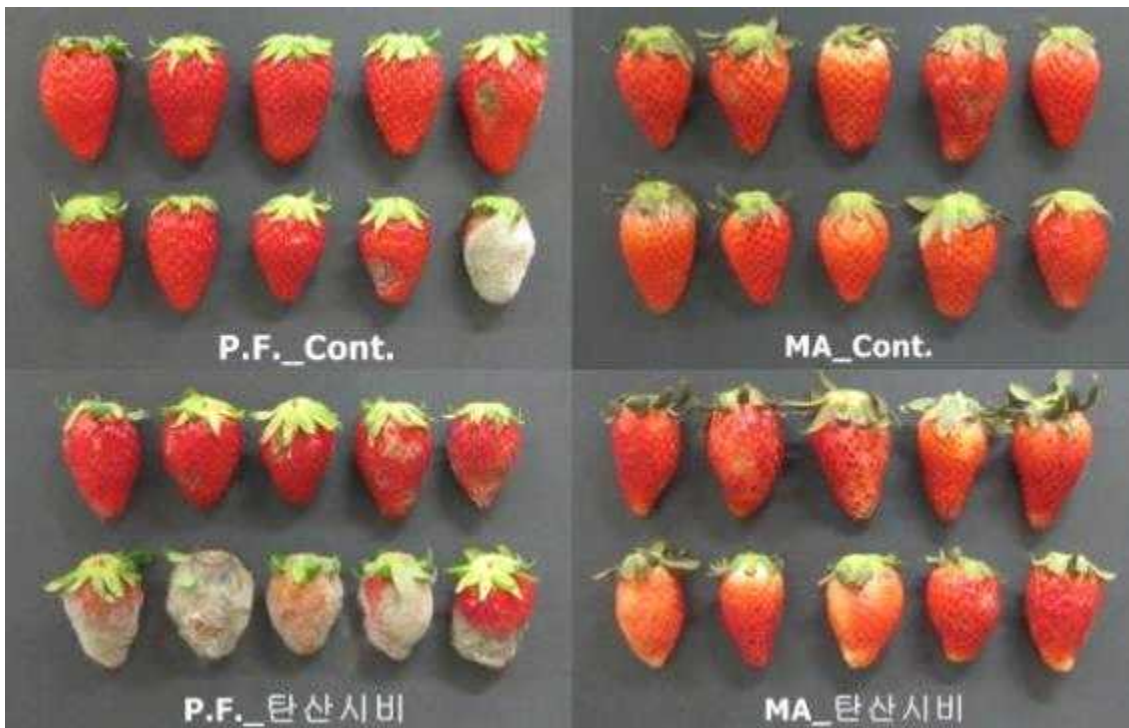


Fig. . 재배중 탄산시비 처리구의 저장 종료일의 외관

(2) ‘매향’ 딸기 재배중 탄산시비와 저장전 CO2 전처리가 저장성에 미치는 영향

: 재배중 탄산시비와 CO2 전처리 및 복합처리가 딸기 경도 증진 효과를 판단하기 위하여 비교 저장하였음

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 ‘매향’ 딸기

처리방법: 1-2월 (9시-10시까지 3L/분당) 공급: 온실내 1,000ppm 미만 탄산가스 시비

포장 전 30% 이산화탄소 가스로 1시간 전처리

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름, 8℃에서 21일

조사항목: 생체중 감소율, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

재배중 탄산시비 처리한 ‘매향’ 딸기를 대상으로 저장 전 CO2 전처리를 하여 기존 유통방법인 유공필름으로 저장하며 저장성을 비교하였다. 저장중 생체중 감소율은 모든 처리구가 저장 종료일인 21일째 5% 이상의 수치를 보였다. 저장 종료일의 패널테스트를 통한 외관상 품질은 CO2전처리가 다소 우수하였고 처리구간의 통계적 유의성은 없었다.

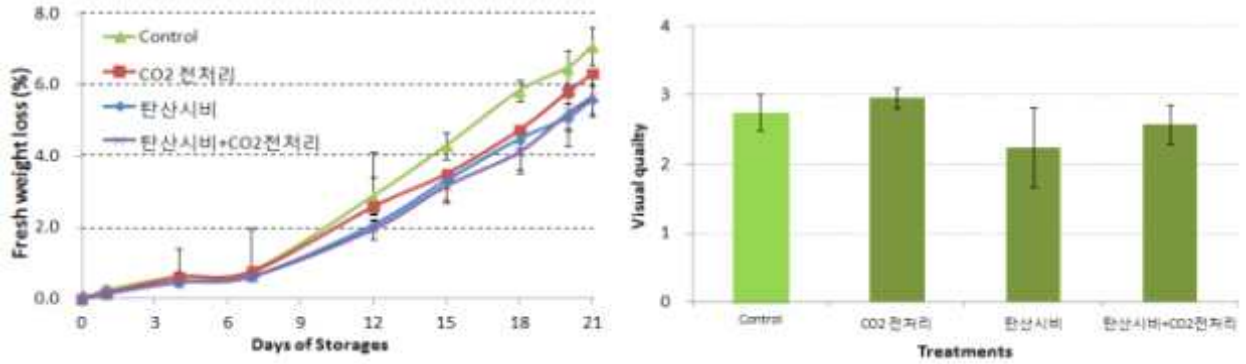


Fig. . 재배중 탄산시비 처리 및 저장전 CO2 전처리 처리구의 저장중 생체중 감소율과 저장 종료일의 외관 비교

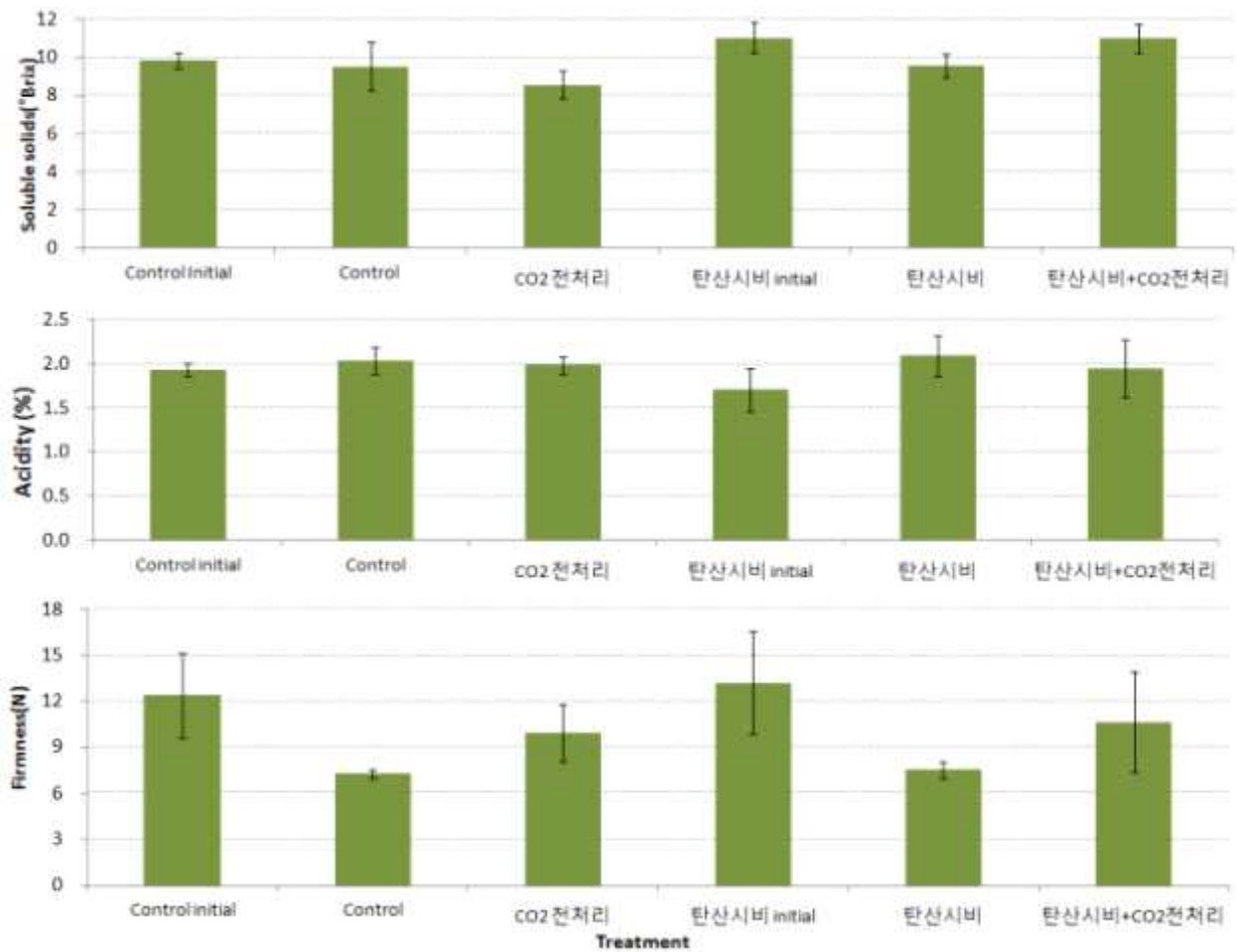


Fig. . 재배중 탄산시비 처리 및 저장전 CO2 전처리 처리구의 저장 종료일의 당도, 산도, 그리고 경도

저장 종료일의 당도는 탄산시비+CO2전처리 처리구가 가장 높았으며, 산도는 모든 처리구 유사한 수치를 보였다. 경도는 모든 처리구가 초기값에 비해 감소된 가운데 CO2전처리 처리구와 탄산시비+CO2전처리 처리구가 높았다.

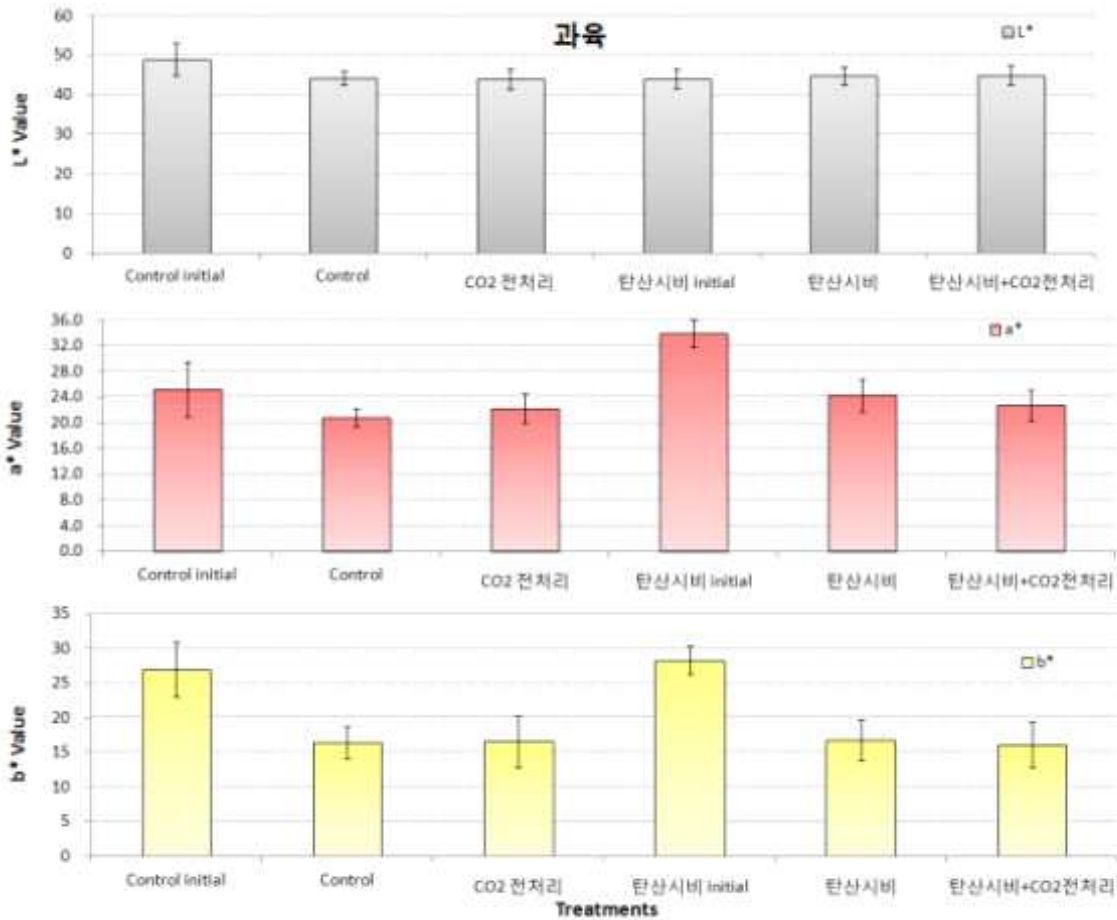


Fig. . 재배중 탄산시비 처리 및 저장전 CO2 전처리 처리구의 저장 종료일의 색도

저장 종료일의 과육의 색도는 모든 처리구가 유사한 수치를 나타내며 처리구간의 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 결과를 종합해보면, 재배중 탄산시비는 ‘매향’ 딸기의 경도 및 당도를 다소 증가시키는 효과를 보이며, 무처리구에 저장성이 우수하였다. 또한 CO2 전처리도 탄산시비와 복합처리시 경도 및 당도가 양호한 것으로 보아 저장성 증가에 효과가 있는 것으로 판단된다.

나. <토마토>

(1) 토마토 칼륨 엽면살포 효과 구명

: 다량원소인 칼륨(K)는 양이온으로 방울토마토의 품질을 향상시킬 수 있는데, 이러한 효과는 식물의 효소 활성, 광합성 증가에 의한다(Kanai et al. 2007). 칼륨은 식물체내 이동이 용이하여, 도관을 통해 세포간, 조직간, 또한 원거리를 이동한다(Marschner, 2012). Cantaloupes (Lester, 2005)와 토마토(Auerswald et al. 1999)에서, 칼륨은 당도, 산도, 관능평가 품질을 향상시켰고 muskmelon에서 당 함성과 이동에서 필수 원소였다(Jifon and Lester, 2009). 반대로 칼륨이 결핍되면 광합성 동화산물이 종자나 과실로의 이동이 저하되어, 품질과 수량이 감소한다 (Lester, 2005). 칼륨의 적절한 시비는 암모늄, 질산염, 인산염 등의 음이온 흡수와 균형을 이루어 칼슘 동화를 최적화한다 (Rees et al. 2012). 또한 칼륨은 작물의 당과 전분의 분배에 관여하며 (Armstrong et al. 1998), muskmelon 의 정도 증가에도 효과적이라고 하였다 (Lester et al. 2006).

○ 연구방법

공시 재료: 방울토마토(cv.“Unicorn”) light red maturity-stage

재배 방법: 수경재배(EC 2.5 dS m⁻¹and pH 5.8 - 6.2 (Sato et al. 2006).

칼륨 처리: 10.23 mM KCl (Lester et al. 2006), 10.23 mM potash of KNO₃, 36.74 mM KH₂PO₄(Kang et al. 2007)의 엽면살포. 대조구는 증류수

저장 조건: 5 °C, 85% RH, boxes (commercial size) and in 20,000 cc/m²day atm oxygen transmission rate film (MAP)

조사항목: 수확 후 호흡률(PBI Dansensor Checkmate 9900), 에틸렌 발생량 측정,

무기물 함량 분석(Simsek and Aykut, 2007) - coupled plasma spectrophotometer (GBC Integra, Victoria, Australia).

산소/이산화탄소 농도 - PBI Dansensor Checkmate 9900.

에틸렌 농도 - GC 2010 Shimadzu wax column and 0.67mL/s N₂ gas run rate(Park et al.2000).

생체중 함량 변화, 경도 rheometer (Sun Scientific Co. Ltd., Japan),

과피색 - a*/b* value was determined by a CR 400 chromameter (Konica Minolta Sensing, Inc., Japan).

Lycopene 함량 - UV spectrophotometer (Shimadzu Corporation, Tokyo, Japan) (Fish et al.2002)

외관상 품질 - 1 to 5 (1 = very bad, 2 = bad, 3 = good, marketable, 4 = very good, and 5 = excellent) of assessed the tomatoes' visual quality (Islam et al. 2016).

포도당 함량(Radi et al., 2003) - HPLC system (Waters Associates, Milford, MA, USA) of analytical column XDB-C18 ZORBAX Eclipse (5µm, 250 mm × 4.6 mm, Agilent, USA) at 265 nm and the mobile phase flow rates at 0.50 mL/min with 50 mg/L Ca-EDTA (calcium disodium ethylene diamine tetra-acetate).

적정산도(DL 22 Food & Beverage Analyzer (Mettler Toledo Ltd., Korea), 가용성 고형물

(soluble solids)(Islam et al., 2016).

통계처리 - one-way ANOVA of Duncan's multiple range tests in SPSS V. 16 (SPSS Inc., Chicago, USA).

○ 연구결과

무기물 함량 - 칼륨 처리구는 모두 대조구에 비해 CaO, K₂O, P₂O₅, Cu의 함량이 높았다(Table1). 칼륨은 칼슘의 체관내 이동을 돕기 때문에(Jifon and Lester, 2009), 토마토 체내 칼슘 함량 증가와 품질 증가, 그리고 저장수명 연장을 가져왔을 것으로 보인다. 더욱이 KH₂PO₄처리구는 토마토 과실내 인산 함량 증가를 가져왔는데, citrus 과실에서도 유사한 결과가 보고되었다 (Thao and Yamakawa, 2009).

수확 후 생리적 특징 - KH₂PO₄ 처리한 토마토는 상자저장에서 가장 낮은 호흡률과 에틸렌 발생율을 보여 저장수명이 가장 길었다(Fig.1). 칼륨 시비는 과실의 호흡과 에너지 손실을 억제한다고 하였다(Armstrong et al. 1998). 또한 MAP저장 중 KNO₃와 KCl처리구는 대조구에 비해 역시 호흡이 억제되었고, KH₂PO₄처리구는 에틸렌 발생이 억제되어 저장수명이 연장되었다. 토마토 절편에 인산염을 처리할 경우 에틸렌 합성이 억제된다고 하였다 (Chalutzetal.1980).

Table 1. Mineral content of cherry tomato fruits which treated by different types of potassium as a foliar spray

Treats	CaO (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	NaO (%)	P ₂ O ₅ (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Control	0.170b	2.690b	0.230a	0.290a	0.600ab	0.190ab	0.050a	0.030b	0.093a
KNO ₃	0.197a	2.807ab	0.210ab	0.223ab	0.567b	0.153c	0.050a	0.033ab	0.083a
KCl	0.183ab	2.823ab	0.203ab	0.247ab	0.643ab	0.200a	0.037a	0.037ab	0.080a
KH ₂ PO ₄	0.200a	2.980a	0.190b	0.213b	0.730a	0.163bc	0.037a	0.040a	0.080a
P values	*	*	**	***	***	*	NS	*	NS

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=5).

NS, *, **, ***: not significant, and significant at p ≤ 0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

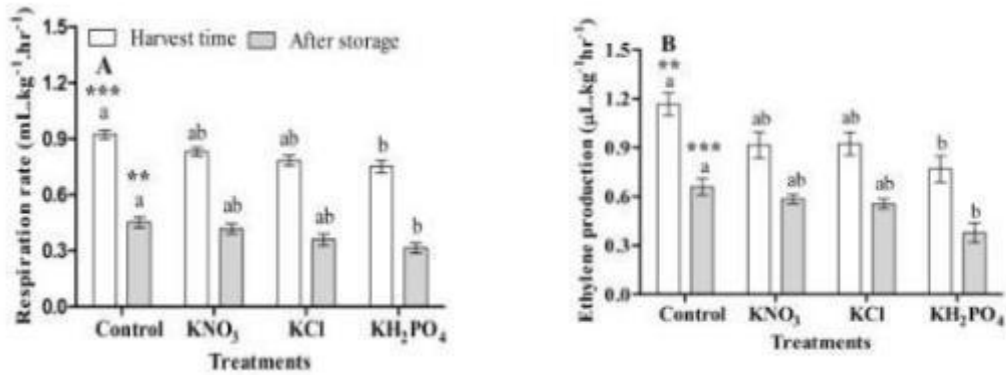


Fig. . Changes of respiration (A) and ethylene production rate (B) of cherry tomatoes at harvest time (0 day at 20°C) and after storage time (25thdayat5°C). Each data point is the mean ± standard error (n = 5). **, ***; significant at p≤0.01 and 0.001, respectively of Duncan's multiple range tests (DMRT).

칼슘처리구의 대체로 MAP포장내 3% 이산화탄소 농도를 보였는데, KH₂PO₄-처리구에서 가장 낮은 농도를 보였다(Fig.2). 토마토의 적정 controlled atmosphere 조건은 0% - 3% CO₂ (Cantwell and Suslow, 2002)로 알려져 있어 KH₂PO₄- 엽면시비에서 저장수명 효과가 가장 뚜렷하였다.

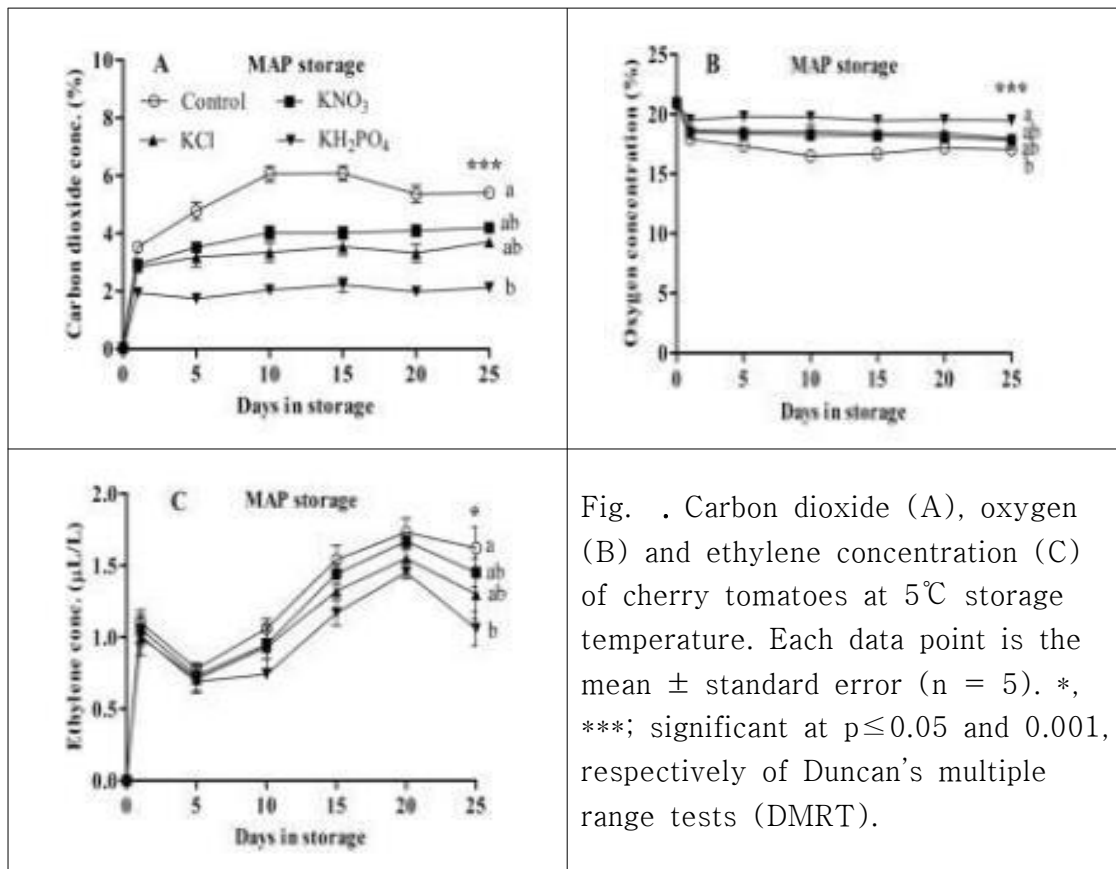


Fig. . Carbon dioxide (A), oxygen (B) and ethylene concentration (C) of cherry tomatoes at 5°C storage temperature. Each data point is the mean ± standard error (n = 5). *, ***; significant at p≤0.05 and 0.001, respectively of Duncan's multiple range tests (DMRT).

과실 품질 - KH₂PO₄ 엽면 살포한 토마토는 저장 방법에 관계없이 수분 손실이 억제되어 가장 낮은 생체중 감소율과 저장 수명 연장 효과를 보였다(Fig.3). KH₂PO₄ 엽면 살포한 토마토의 상자 저장 중 생체중 감소는 5% 미만이었는데, 칼륨 엽면 살포는 세포의 팽압을 유지시킨다고 하였다(Armstrong et al., 1998). 비록 토마토의 생체중 감소 최대 허용율은 6.2% 이지만 5.0%에서도 약간의 주름(shriveling) 현상이 나타난다(Kays and Paull, 2004).

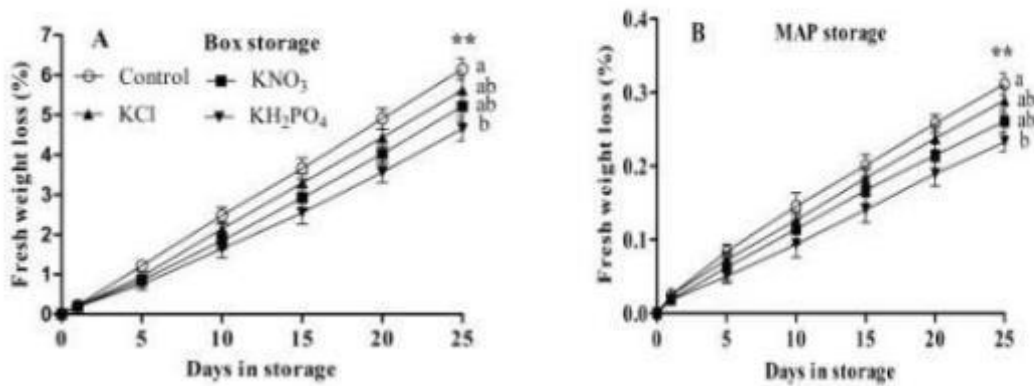


Fig. . Fresh weight loss (A and B) of tomatoes at 5°C storage temperature. Each data point is the mean \pm standard error (n = 10). **: significant at $p \leq 0.01$ of Duncan's multiple range tests (DMRT).

칼륨 엽면시비는 토마토의 저장수명을 연장하였는데, KH₂PO₄-처리는 저장수명이 20days인 반면, 대조구는 15일이었다(Fig. 4). 작물의 외관성 품질, 병저항성, 그리고 저장성은 칼륨 함량이 증가함에 따라 향상된다고 하였다 (Armstrong et al. 1998). KH₂PO₄-처리한 토마토도 품질, 저장수명이 증가하였다.

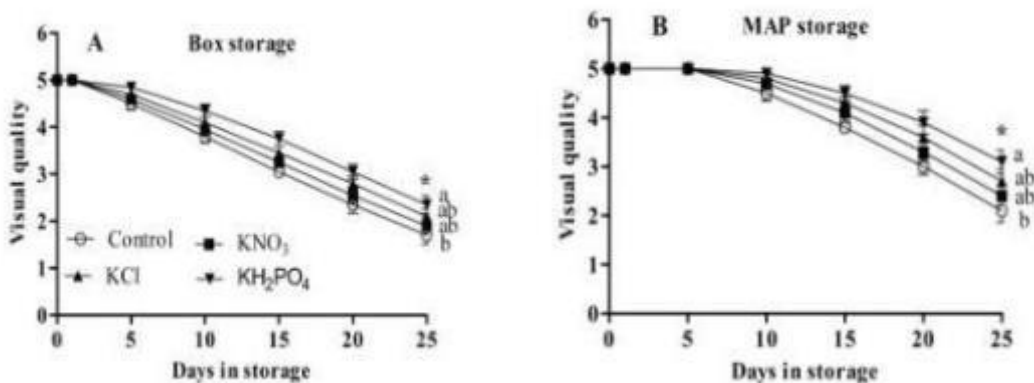


Fig. . Visual quality (A and B) of tomatoes at 5°C storage temperature. The visual quality was observed on the scale 1-5 (5: excellent, 4: very good, 3: good, marketable, 2: bad and 1: waste) during at 5°C storage. Each data point is the mean \pm standard error

(n = 10). *; significant at $p \leq 0.05$ of Duncan's multiple range tests (DMRT).

모든 처리를 같은 시기에 수확하였기 때문에 색, lycopene 함량, 적정산도는 저장 전 수확 시기에는 처리간 차이에 유의성은 없었다. 그러나 저장 후에는 KH_2PO_4 -treated 과실에서 2가지 저장방법 모두에서 가장 높은 a^*/b^* 값을 보였다(Table 2). KH_2PO_4 -treated muskmelons 도 색발달이 향상 되었다고 한다(Jifon and Lester, 2009). 더욱이 적정한 수준의 칼륨 시비는 토마토 색변화 이상을 줄어준다고 한다(Hartz et al. 1999).

토마토 과실의 경도는 숙기에 영향을 받으며, 저장 수명과 밀접한 관계에 있다. 인산은 복숭아의 경도를 증가시킨다고 하였는데 (Olivos et al. 2012), 본 실험에서 수확시 KH_2PO_4 -treated 토마토의 경도가 대조구에 비해 높았는데(Table 2), 모든 칼슘 처리구에서는 경도에 영향을 주는 칼슘함량이 높기도 하였다. 수확 후 lycopene 함량은 content was shown in KH_2PO_4 처리구에서 가장 높았다(Table 2). Bidari and Hebsur(2011)는 칼륨이 색소체 합성에 영향을 주어 토마토의 lycopene 함량을 증기시킨다고 하였다. KNO_3 와 KCl 처리구도 저장 후 색, 경도, lycopene 함량이 대조구보다 높았다.

Table 2. Color, firmness, and lycopene of cherry tomato which treated by potassium of storage methods (20,000 cc OTR packaging film) at 5°C storage temperature.

Treats	Color (a^*/b^*)			Firmness (N)			Lycopene (mg/kg FW)			
	cond.	Harvest	Box	MAP	Harvest	Box	MAP	Harvest	Box	MAP
Control		0.78a ^z	1.12b	0.90b	18.00b	11.67b	13.62b	99.85a	139.52b	123.01b
KNO_3		0.77a	1.14ab	0.93ab	20.88ab	13.35ab	15.16ab	99.21a	146.17ab	130.34ab
KCl		0.78a	1.15ab	0.95ab	21.36ab	13.71ab	16.00ab	98.13a	150.02ab	133.52ab
KH_2PO_4		0.77a	1.18a	0.99a	23.96a	15.78a	17.03a	98.25a	161.02a	140.61a
P values	NS	*	*	***	***	***	NS	**	*	

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=5). NS, *, **, ***: not significant, and significant at $p \leq 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively.

칼륨처리 토마토는 저장 전 glucose 함량과 수용성 고형물(soluble solids) 함량이 대조구보다 높았으며(Table 3), 처리 중 The KH_2PO_4 -treated 토마토가 가장 높았다. Caretto 등 (2008) 도 토마토의 glucose 함량, soluble solids, 그리고 적정산도가 칼륨의 영향으로 증가한다고 하였다.

메스크멜론도 KH_2PO_4 처리로 soluble solids 와 당함량이 증가하였다(Jifon and Lester, 2009). 이러한 당과 적정 산도 증가 효과는 인에서도 보고된 바 있다 (Olivos et al. 2012). KNO_3 과 KCl 처리도 대조구에 비해 당과 산 농도가 증가하였는데, Marschner(2012)는 KCl 처리로 당농도가 증가하는 것은 K^+ 와 Cl^- 에 의한 osmotic potentiality 증가가 원인이라고 하였다.

Table 3. Glucose, soluble solids, and titratable acidity of cherry tomato which treated by potassium of storage methods (20,000 cc OTR packaging film) at 5°C storage temperature.

Treats	Glucose (g/100g FW)			Soluble solids (°Brix)			Titratable acidity (% citric acid)			
	condition	Harvest	Box	MAP	Harvest	Box	MAP	Harvest	Box	MAP
Control		1.36b ^z	3.14b	2.04b	5.23b	5.67b	5.47b	0.62a	0.49b	0.45b
KNO ₃		1.43ab	3.66ab	2.25ab	5.34ab	5.83ab	5.54ab	0.62a	0.51ab	0.49ab
KCl		1.68ab	3.70ab	2.31ab	5.44ab	5.84ab	5.61ab	0.61a	0.53ab	0.51ab
KH ₂ PO ₄		1.80a	4.04a	2.60a	5.65a	6.07a	5.82a	0.60a	0.59a	0.57a
P values		*	*	*	*	*	*	NS	**	***

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=5). NS, *, **, ***: not significant, and significant at $p \leq 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively.

(2) 토마토 규소와 붕소 엽면살포 효과 구명

붕소는 필수 원소이며, 토마토에서는 결핍시 수량 및 품질 감소를 초래하기도 한다(Davis et al., 2003). 토마토에 있어 심각한 수량감소를 야기하지는 않지만, 불량 착색(Adams, 1978)의 원인이고 하고, 과실 성장을 저하시킨다(Ekinci et al., 2015). 규소는 생물적, 비생물적 stress에 대한 내성을 높여 작물의 생육, 발육, 수량을 증진시킨다고 한다(Epstein, 1999). 또한 규소는 토마토에서 다량의 붕소에 의한 부작용을 완화시킬 수 있다고 하였다. 그밖에도 규소와 붕소를 처리하면 세포벽의 충실도가 높아지는데, 이는 작물의 경도를 높이고 저장수명을 연장시킬 수 있는 요인이 된다.

이에 규소와 붕소의 단독 및 복합처리를 통한 토마토의 품질 및 저장성 변화에 대해 연구하였다.

○ 연구방법

공시 재료: 방울토마토(cv.“Unicorn”) light red maturity-stage

재배 방법: 수경재배(EC 2.5 dS m⁻¹and pH 5.8 - 6.2 (Sato et al. 2006).

엽면살포처리: 20 mM Si alone from silicon dioxide, 20 mM Si from silicon dioxide with 4.85 mM B from boric acid, and distilled water as a control. 일회 50 mL의 수용액을 5주에 걸쳐 주당 1회 처리

저장 조건: 5 °C, 85% RH, boxes (commercial size) and in 20,000 cc/m²day atm oxygen transmission rate film (MAP)

조사항목: 수확 후 호흡, 에틸렌 발생량,

무기물 함량 분석, 포장내 산소/이산화탄소/에틸렌 농도

생체중 함량 외관상 품질 변화, 경도, 과피색, Lycopene 함량

포도당 함량, 적정산도, 가용성 고형물

전자 현미경 관찰 SEM(Scanning electron microscopy) - 조직을 4% glutaraldehyde solution and in 0.1 M cacodylate buffer (pH 7.4)에서 3-4 처리한 후 critical point drier (HCP-2, Hitachi, Japan)로 건조시켜, VP-FE-SEM (Supra 55VP, Carl Zeiss, Germany)를 통해 관찰하였다. 2~3층의 세포벽 두께를 측정하기 위해 NIH Image software (<http://rsb.info.nih.gov/nih-image/>)를 사용
통계처리

○ 연구결과

과실의 수확 후 생리현상 - 수확하면서부터 진행되는 과실의 품질 저하와 호흡과 밀접한 관계를 가진다. 처리를 통해 호흡이 억제된다면 저장성 향상을 기대할 수 있을 것이다. Si + B 처리구는 수확 직 후 통계적으로 유의적인 호흡률 억제효과를 보였으며 5 °C와 11 °C 저장 후에도 낮은 호흡률을 나타내었다. Kaluwa 등 (2010)도 규소가 아보카도의 호흡을 억제한다고 하였으며, 붕소 역시 배에서 세포막의 구조를 강하게 하여 호흡을 억제한다고 하였다 (Xuan et al., 2005).

에틸렌은 토마토 과실의 후숙을 촉진하므로, 에틸렌 발생을 억제한다면, 노화를 지연시켜 저장 수명을 연장할 수 있을 것이다. Si + B 처리구는 저장 전과 저장 후 에틸렌 발생이 억제되었는데, 규소는 아보카도(Kaluwa et al., 2010)에서 붕소는 배(Xuan et al., 2005) 에틸렌 발생을 억제하였다. Si + B에서 저장수명이 연장된 것이 이와 같은 에틸렌 발생 억제 효과인 것으로 판단된다.

Table 1. The respiration and ethylene production rate of cherry tomato at harvest time (20°C), on the 25th storage day at 5°C and on the 10th storage day at 11°C that sprayed Si and Si + B solution.

Treatments	Respiration (CO ₂ ml.kg ⁻¹ .hr ⁻¹)			Ethylene production rate (μL.kg ⁻¹ .hr ⁻¹)		
	Harvest	5°C	11°C	Harvest	5°C	11°C
Control	2.58a	0.75a	0.91a	4.17a	3.27a	2.05a
Si	2.14ab	0.65a	0.84ab	3.41ab	2.63ab	1.98a
Si + B	2.02b	0.41b	0.75b	3.17b	2.51b	1.46b
P values	*	***	*	*	*	*

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=5).

*, ***, significant at p≤0.05, and 0.001, respectively.

과실 품질 - 토마토 과실의 저장수명과 관련이 깊은 정도 역시 Si + B 처리구에서 저장 후 모두 가장 높은 값을 보였는데(Table 2), 이는 규소와 붕소가 cross-link the pectin molecules 이며 이들이 세포벽의 pectin network에서 metal bindings을 통해 경도를 높였기 때문이다. 대과종 토마토에 이러한 규소의 효과는 보고된 바 있으며(Stamatakis et al., 2003;

Weerahewa and David, 2015) 붕소를 처리한 딸기에서도 경도증가가 보고된 바 있다(Wojcik and Lewandowski, 2003). Xuan 등(2005)은 붕소처리를 통한 과실의 품질향상과 저장 장애의 대한 저항성을 높인다고 하였다. 그러나 Si + B 처리구에서 당도는 가장 낮았는데, 이는 호흡과 에틸렌 발생 억제가 원인으로 보인다(Table 2). 저장 중 당과 산의 함량 변화는 대사 활동에 의한 것인데, 딸기에 있어 대사 활동 변화가 적을수록 당도가 낮았다고 한다(Wang and Galletta, 1998). 또한 Weerahewa and David(2015)는 규소처리시 토마토의 당도가 낮아진다고 하였다..

Si + B 처리구에서 저장 전후 모두 가장 높은 적정산도를 보였는데, 이 또한 대사활동이 억제되었기 때문이라 판단된다(Table 2). 비타민 C 함량은 저장 전 후 모두 Si + B 처리에서 가장 높았는데(Table 2). 붕소처리한 배에서 비타민 C 함량이 증가하였으며, 외부 스트레스에 대한 방어기작도 증가하였다고 한다(Xuan et al., 2001). 규소처리한 토마토의 비타민 C 증가도 보고된 바 있다(Stamatakis et al., 2003).

Table 2. The firmness, soluble solids, titratable acidity and vitamin C of cherry tomato at harvest time (20°C), 25th storage day at 5°C and 10th storage day at 11°C that sprayed Si and Si + B solution.

Treatments	Firmness (N)			Soluble solids (°Brix)			Titratable acidity (% citric acid)			Vitamin C (mg/100gFW)		
	Harvest	5°C	11°C	Harvest	5°C	11°C	Harvest	5°C	11°C	Harvest	5°C	11°C
Control	18.18b ^z	9.01b	11.70b	7.61a	7.63a	7.81a	0.58b	0.53b	0.51b	12.94b	10.24b	10.04b
Si	20.73ab	10.64ab	14.02ab	7.27a	7.50a b	7.46ab	0.69ab	0.55b	0.55ab	15.07ab	13.01a b	11.71ab
Si + B	22.78a	13.96a	16.57a	6.66b	7.17b	7.21b	0.75a	0.70a	0.65a	18.19a	14.02a	13.06a
P values	***	*	**	***	*	*	**	*	*	***	**	*

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=10). *, **, ***; significant at p≤0.05, 0.01 and 0.001, respectively.

생체중 감소 - Singh 등(2007)은 수확 전 엽면살포가 저장 중 농산물의 생체중 감소에 영향을 주지 않는다고 하였으나 와 붕소의 엽면시비 효과는 뚜렷하지 않았으나, Si 단독 처리와 Si + B 처리 모두 생체중 감소 억제효과가 있었다(Fig. 1). 또한 저장 온도별로는 5°C 저장에서 11°C 저장 보다 낮은 생체중 감소를 보였는데, 이로 볼 때 생체중감소가 작물의 호흡률에 영향이 큰 것을 알 수 있었다.

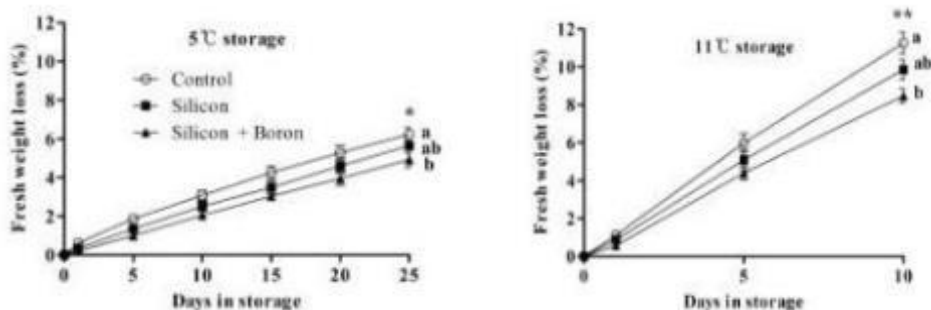


Fig.1.The fresh weight loss of cherry tomato that sprayed Silicon and Silicon + Boron solution. Each data point is the mean \pm standard error (n = 10). *, **; significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 , respectively of Duncan's multiple range tests (DMRT).

외관상 품질 - Si + B 처리구에서 5°C 와 11°C 저장 조건 모두에서 가장 우수한 외관상 품질을 보였다. 외관상 품질 3점이상이 유지된 날짜로 환산한 저장 수명은 5°C저장에서 대조구가 14일인데 반해 Si 단독처리구는 16일, Si + B 처리구는 19일 보였으며, 11°C 저장에서 (Fig. 2). 이러한 결과는 규소와 붕소 처리로 인한 호흡, 에틸렌 발생 등의 대사 활동 억제에 의한 것으로 보이는데 Islam 등(2012)도 호흡과 에틸렌 억제가 토마토의 외관상 품질과 저장 수명에 도움이 된다고 하였다.

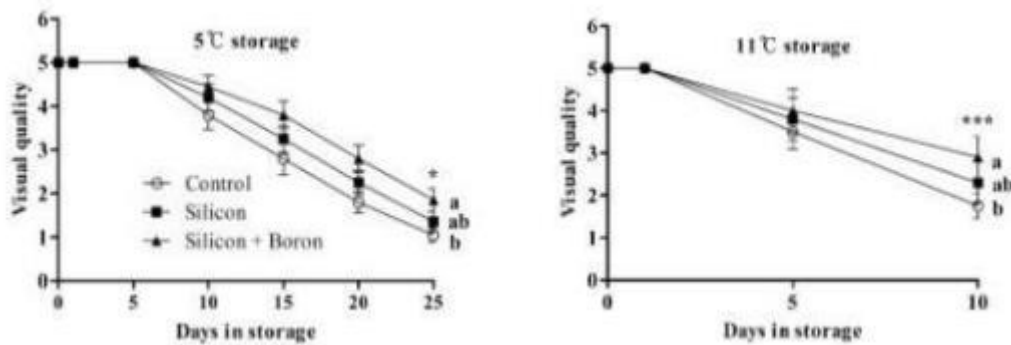


Fig.2.The visual quality of cherry tomato that sprayed Silicon and Silicon + Boron solution. The visual quality was observed on the scale 1-5 (5: excellent, 4: very good, 3: good, marketable, 2: bad and 1: waste) during at both 5°C and 11°C storage. Each data point is the mean \pm standard error (n = 10). *, and ***; significant at $p \leq 0.05$ and 0.001 , respectively of Duncan's multiple range tests (DMRT).

Scanning Electron Microscopy - 전자현미경으로 관찰한 결과 Si + B 엽면시비 처리구의 토마토 과실 조직은 대조구에 치밀하였는데, 이는 규소와 붕소가 과실의 세포벽 구조에 사용되었기 때문이다. 또한 세포벽 두께는 Si + B 처리구에서 가장 두꺼웠으며, 다음으로 Si 단독, 그리고 대조구가 가장 얇았다(Fig. 3). 규소의 이러한 효과는 Bae 등(2010)이 붕소는 Xuan 등(2001)이 보고한 바 있다.

과실과 잎의 규소 붕소 함량 - 규소와 붕소의 함량은 모두 각 원소의 엽면살포처리구에서 높게 나타났는데, 규소는 직접 처리된 잎에 비해 과실의 함량에 70% 수준으로 큰 차이가 없었던 반면, 붕소의 경우 잎에 비해 과실의 함량이 10%미만으로 매우 적었다. 이는 식물체나 이동이 매우 어려운 붕소의 특성때문인 것으로 판단된다.

Table 3. The silicon (Si) and boron (B) content in fruit and leaf of cherry tomato that sprayed Si and Si + B solution.

Treatments	Si (mg/kg DW)		B (mg/kg DW)	
	Fruit	Leaf	Fruit	Leaf
Control	267.09b	332.90b	5.71b ^z	70.52b
Si	284.55a	339.52ab	6.21ab	72.94b
Si + B	289.84a	347.74a	7.11a	97.53a
P values	*	*	***	**

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=5).

*, **, ***; significant at $p \leq 0.05$, 0.01 and 0.001, respectively.

(3) 토마토 미량원소(철, 요드, 셀레늄) 엽면살포 효과 구명

: 철, 요드, 셀레늄은 미량원소이지만 소량으로 과실의 품질, 저장수명, 그리고 미생물 오염에 영향을 미칠 것이라 생각되어 본 실험을 수행하게 되었다. 철은 식물체 잎에 80% 존재하며, 작물의 광합성에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며(Broadley, et al., 2012), 요오드는 생리학, 생화학적인 기능이 알려져 있는데(Kabata-Pendias, 2011), thyroid hormones 생합성에 관여하는 것으로 보고되고 있다 (Smolen, et al., 2015). 전세계 인구의 2/3은 요오드와 셀레늄 부족으로 인한 질병에 고통받고 있기도 하다(Kabata-Pendias, 2011). 셀레늄은 oxygen-sulfur-tellurium group을 형성하는데 토양에서 흡수하고 다시 생태계를 통해 순환하지만 식물의 필수 원소로 인정되지 못하고 있다(Edelstein, et al., 2016). 그러나 셀레늄은 antioxidants와 reactive oxygen species (ROS)를 조절하여 식물의 광합성과 antioxidative systems, ion balance에도 관여하며 세포 구조를 안정화한다(Feng, et al., 2013). 복숭아, 배, 방울토마토에서 셀레늄처리로 식물체내 셀레늄 함량이 증가된다고 하였다(Pezzarossa, et al., 2012; Pezzarossa, et al., 2014).

○ 연구방법

공시 재료: 방울토마토(cv.“Unicorn”) light red maturity-stage

재배 방법: 수경재배(EC 2.5 dS m⁻¹and pH 5.8 - 6.2 (Sato et al. 2006).

엽면살포처리: (1) control (non-treatment); (2) 1 mg.L⁻¹ iron(Fe) from Fe-EDTA (C₁₀H₁₃FeN₂O₈) (Smolen, et al., 2014); (3) 1 mg.L⁻¹ iodine(I) from potassiumiodide (KI)(Li,et al., 2017); and (4) 1 mg.L⁻¹ selenium (Se) from sodiumselenate(Na₂SeO₃) (Pezzarossa, et al., 2014). 일회 50 mL의 수용액을 5주에 걸쳐 주당 1회 처리

저장 조건: 5 °C, 85% RH, boxes (commercial size) and in 20,000 cc/m²day atm oxygen transmission rate film (MAP)

조사항목: 수확 후 호흡, 에틸렌 발생량,

무기물 함량 분석, 포장내 산소/이산화탄소/에틸렌 농도

생체중 함량 외관상 품질 변화, 경도, 과피색, Lycopene 함량

적정산도, 가용성 고형물

세균 및 곰팡이 수 - Nutrient agar (NA) 와 potato dextrose agar (PDA)를 사용하여 세균은 2일간 37 °C, 곰팡이는 5일간 25 °C에서 배양 후 colony characterization와 microscopic 방법으로 측정
통계처리

○ 연구결과

무기물 함량 - CaO, K₂O, MgO, P₂O₅ 함량은 selenium-처리구에서 가장 높았다(Table1). Selenium 은 arabidopsis 의 칼슘 함량을 증가시켰고(Pilon-Smits and Quinn,2010), and 가지고 식물의 배축과 뿌리의 Ca, K, Mg, Na, P 함량을 증가시켰다고 한다(Colak, et al., 2014).

Table 1. Mineral content of cherry tomato fruits which treated by iron, iodine and selenium.

	Macro minerals (%)					Micro minerals (ppm)			
	CaO	K ₂ O	MgO	NaO	P ₂ O ₅	Fe	Mn	Cu	Zn
Control	0.107b ^z	2.103b	0.130b	0.133b	0.447b	0.127b	0.040a	0.037a	0.097a
Iron	0.123ab	2.367ab	0.140ab	0.150ab	0.513ab	0.163a	0.043a	0.067a	0.093a
Iodine	0.113ab	2.303ab	0.150ab	0.137b	0.540ab	0.150ab	0.047a	0.030a	0.100a
Selenium	0.130a	2.540a	0.153a	0.163a	0.653a	0.157ab	0.050a	0.033a	0.103a
P value	*	*	*	**	**	**	NS	NS	NS

Note: ^zMean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT)(n=10). NS,*,**; not significant, or significant at p<0.05, and 0.01, respectively.

과실의 생리 현상 - selenium처리에서 가장 낮은 호흡률과 에틸렌 발생을 보였으며, 다음으로 iodine, iron 그리고 대조구 순으로 높았다 (Fig. 1). Selenium은 수확 후와 저장 중 호흡과 에틸렌 발생을 억제하여 방울토마토, 상추, 치커리의 품질 유지에 효과적이었다고 한다 (Malorgio, et al., 2009; Pezzarossa, et al., 2014; Zhu, et al., 2017).

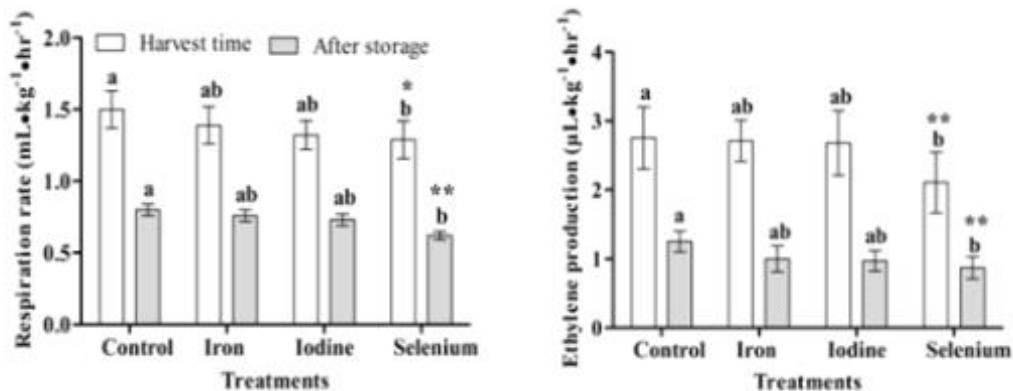


Fig. 1. Respiration and ethylene production rate of cherry tomatoes at harvest time (0 day at 20°C) and after storage (25thdayat5°C). *, **; significant at p< 0.05 and 0.01 of Duncan's multiple range tests (DMRT). Each data point is the mean of five double fruit replicates ± standard error.

과실의 품질- Selenium 처리구에서 가장 낮은 생체중 감소를 보였는데, 이는 Zhu, 등 (2017)의 연구결과와 일치하였다. 생체중 감소는 호흡, 증산 등 수분손실에 의한 것이다 (Islam, et al., 2016). 외관상 품질과 외관상 품질 3점 이상이 유지된 날짜로 계산한 저장수명도 selenium 처리구에서 가장 우수하였으며, 상추와 치커리에서도 셀레늄 처리는 에틸렌 발생 억제로 저장 수명을 연장시켰다고 하였다(Malorgio, et al., 2009). 곰팡이 발생도 selenium 처리에서 가장 낮았는데(Table 2), 저장수명 연장에 영향을 주었다. Selenium 은 세포간 ROS와 plasma membrane of pathogens에 영향 주어 방울토마토의 저장 수명을 연장시켰다고 하였다(Wu, et al., 2016).

	Fresh weight loss (%)	Visual quality	Shelf life (days)	Fungal incidence (%)
Control	3.90b ^z	2.20b	17b	26.50a
Iron	3.55ab	2.50ab	20ab	24.00ab
Iodine	3.20ab	2.35ab	18ab	21.50ab
Selenium	2.81b	2.70a	22a	18.00b
P value	**	**	**	*

Note: ^zMean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT)(n=10). *, **, significant at p<0.05 and 0.01, respectively.

셀레늄처리는 경도 증가에도 효과를 보였는데(Table 3). 복숭아, 배, 방울토마토에서도 같은 결과가 보고된 바 있다(Pezzarossa, et al., 2012; Zhu, et al., 2016). 이는 셀레늄 처리에 의한 에틸렌 발생 억제가 원인으로 보인다(Malorgio, et al., 2009). 과피색, 적정산도, lycopene 과 vitamin C 함량, 당도는 저장전에는 처리간 차이가 없었다. 그러나 색변화와 lycopene 함량은 selenium 처리구에서 가장 낮았는데(Table 3), Selenium이 ROS level and oxidative damage를 조절하여 작물의 후숙을 억제하기 때문이다(Pezzarossa, et al., 2012; Zhu, et al., 2017).

	Firmness (N)		Color (a*/b*)		Lycopene (mg/kgFW)	
	Harvest	Storage	Harvest	Storage	Harvest	Storage
Control	14.10b ^z	10.27b	0.65a	0.97a	90.62a	106.09a
Iron	15.09ab	10.88ab	0.66a	0.93ab	90.09a	102.70ab
Iodine	15.86ab	11.03ab	0.65a	0.92ab	90.27a	102.39ab

Selenium	16.82a	12.70a	0.66a	0.91b	90.52a	98.87b
P value	*	**	NS	*	NS	*

Note: ^zMean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT)(n=10).
*, **, significant at p<0.05 and 0.01, respectively.

적정산도, vitamin C 함량도 저장 후에는 selenium 처리구에서 가장 높았는데 (Table 4), Zhu, 등 (2016) 보고와 일치하였다. 당도 또한 selenium 처리구에서 가장 높았는데 봉숭아, 배, 방울토마토에서도 같은 결과가 보고된 바 있다 (Pezzarossa, et al., 2012; Zhu, et al., 2016).

Table 4. Fruit titratable acidity, vitamin C and soluble solids of cherry tomato at harvest time (0 day at 20°C) and after storage (25th day at 5°C)

	Titratable acidity (% citric acid)		Vitamin C (mg/100gFW)		Soluble solids (°Brix)	
	Harvest	Storage	Harvest	Storage	Harvest	Storage
Control	1.04a ^z	0.80b	17.56a	10.09b	6.68a	8.27b
Iron	1.04a	0.81ab	17.70a	11.86ab	6.69a	8.42ab
Iodine	1.03a	0.84ab	17.52a	12.47ab	6.67a	8.35ab
Selenium	1.04a	0.89a	17.94a	14.37a	6.69a	8.57a
P value	NS	*	NS	***	NS	*

Note: ^zMean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT)(n=10).
*, **, significant at p<0.05 and 0.01, respectively.

세균 및 곰팡이 수 - 모든 처리구가 저장전 후 모두 대조구에 비해 낮은 미생물 수를 보였다. 이중 가장 낮은 미생물 수를 보인 처리는 selenium 엽면살포 처리였다 (Table 5). Wu, 등 (2016)는 selenium 처리가 Botrytis cinerea and 억제하는 효과가 있다고 하였다.

Table 5. Count of the microbial activity associated with tomato fruits at different treatments of cherry tomato at harvest time (0 day at 20°C) and after storage (25th day at 5°C)

	Bacteria (x 10 spores/ml)		Fungi (x 10 spores/ml)	
	Harvest	Storage	Harvest	Storage
Control	200.00a ^z	206.67a	6.00a	8.00a
Iron	196.67ab	201.67ab	4.67ab	6.33ab
Iodine	195.00ab	199.33ab	4.33ab	5.67ab
Selenium	188.33b	193.33b	3.33b	4.33b
P value	*	*	*	*

Note: ^zMean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT)(n=10).
*, **, significant at p<0.05 and 0.01, respectively.

2. 수출용 딸기 토마토의 가스를 이용한 적정 살균 기술 규명

가. <딸기>

(1) ClO₂ 가스 처리 시간에 따른 MA저장에 미치는 영향

: 살균 기술 현장 적용하기 위한 ClO₂ 가스 처리 시간 및 포장 방법을 다르게 하여 저장 비교하였음

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 ‘매향’ 딸기

처리방법: 2.0ppm 농도의 ClO₂ 가스를 각각 3시간, 24시간 처리

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름, 20,000cc OTR 필름을 이용한 MA저장, 8℃에서 15일간

조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소 가스 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

저장 중 생체중은 유공저장 처리구가 저장 종료일이 15일째 5% 내외의 감소율을 보였으며, MA저장 처리구는 0.5%이하의 낮은 수치를 보였다. 포장내 산소 농도는 서서히 감소하다 저장 10일째 급격히 감소하였으며, 이산화탄소는 저장 10일째 13%내외까지 증가하였으며 이후 저장 종료일에 40% 내외의 높은 농도를 나타내었다.

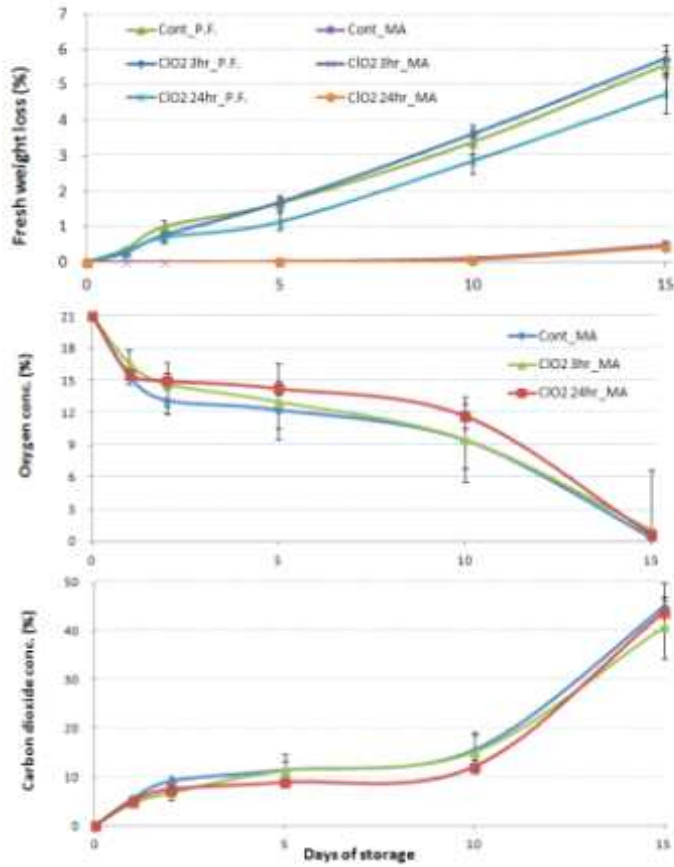


Fig. . ClO2 처리 시간에 따른 저장 중 생체중 감소율, 포장내 산소 및 이산화탄소 농도

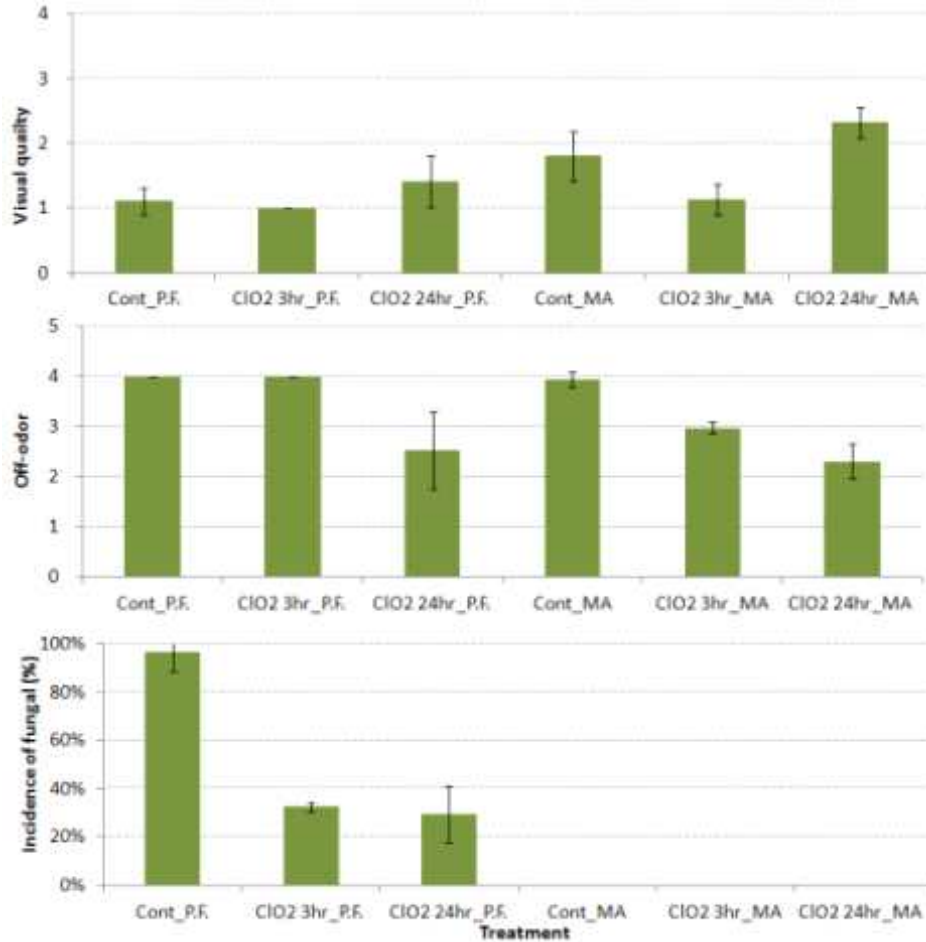


Fig. . ClO2 처리 시간에 따른 저장 종료일의 외관

저장 종료일 ClO2 24hr_MA 처리구가 패넬테스트를 통한 외관과 이취에서 가장 양호하였으며, 곰팡이는 MA저장 처리구는 나타나지 않았으며, 유공 처리구의 경우 대조구가 100%에 육박하였다. 당도는 모든 처리구가 초기값과 유사한 수치를 보였고, 산도는 초기값에 비해 clo2 24hr_P.F 처리구와 clo2 3hr_MA 처리구가 유사하였다. 경도는 clo2 3hr_MA가 가장 우수하였다. 저장 종료일의 화탁의 색도 중 황색을 나타내는 b*값이 처리구 중 낮은 것으로 보아 clo2 장시간 처리로 인한 화탁의 갈변현상은 나타나지 않은 것으로 판단된다. 이상의 결과를 종합해보면, 외관상 품질이 양호하고 이취가 낮으며 곰팡이가 발생하지 않았던 clo2 24hr_MA 처리구가 ‘매향’ 쌀기의 살균 및 저장성이 우수하였다.

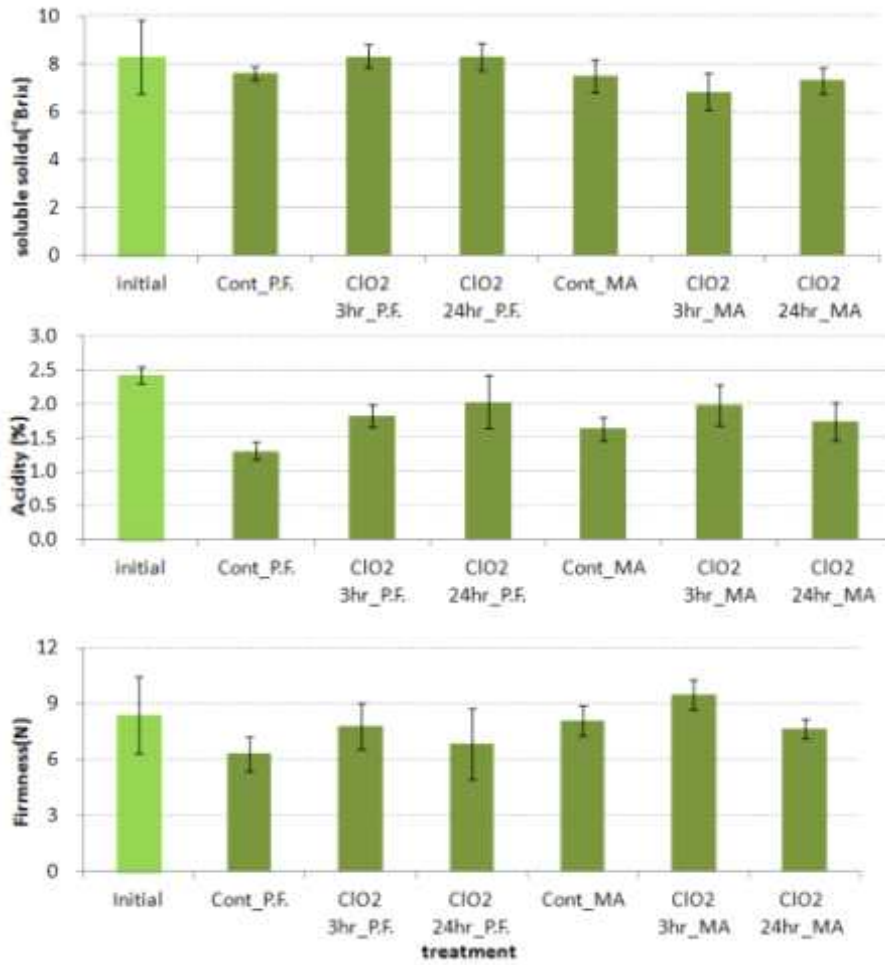


Fig. . ClO2 처리 시간에 따른 저장 종료일의 당도, 산도, 경도

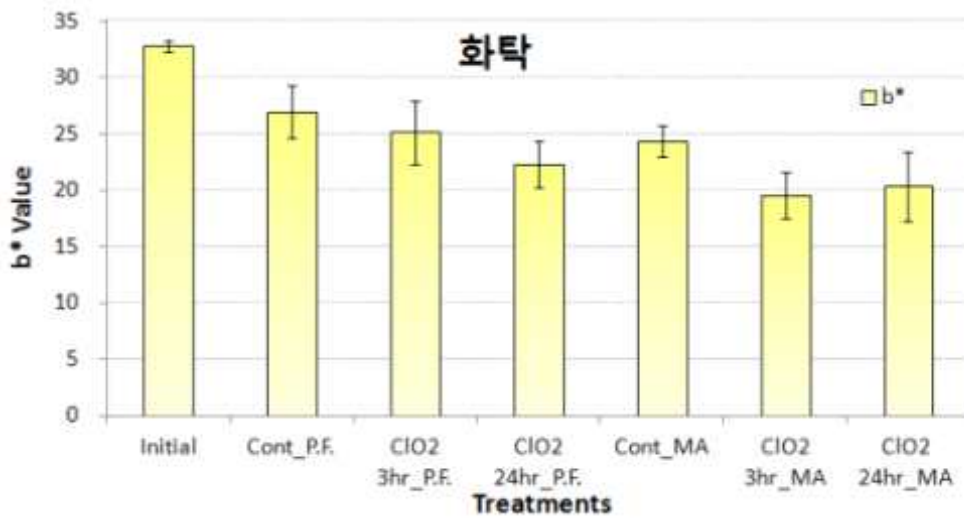


Fig. . ClO2 처리 시간에 따른 저장 종료일의 색도(L*)



Fig. . ClO2 처리 시간에 따른 저장 종료일의 외관

(2) UVc 조사가 딸기 살균에 미치는 영향

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 ‘매향’ 딸기

처리방법: UVc 1KJ, 2KJ, 4KJ

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름, 20,000cc OTR 필름을 이용한 MA저장, 8℃에서 15일간

조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

저장 중 생체중 감소율은 유공 저장구가 저장 10일째 이후 급격히 증가하여 저장 종료일인 15일째 25% 이상의 수치를 보였고, MA저장 처리구는 2% 이하였으며 처리에 따른 차이

는 나타나지 않았다. MA저장 포장내 산소 농도는 저장 10일 이후 급격히 감소하였으며, 이산화탄소 농도는 10일 이후 급격히 증가하여 저장 종료일에 모든 처리구가 30% 이상의 높은 수치를 보였다.

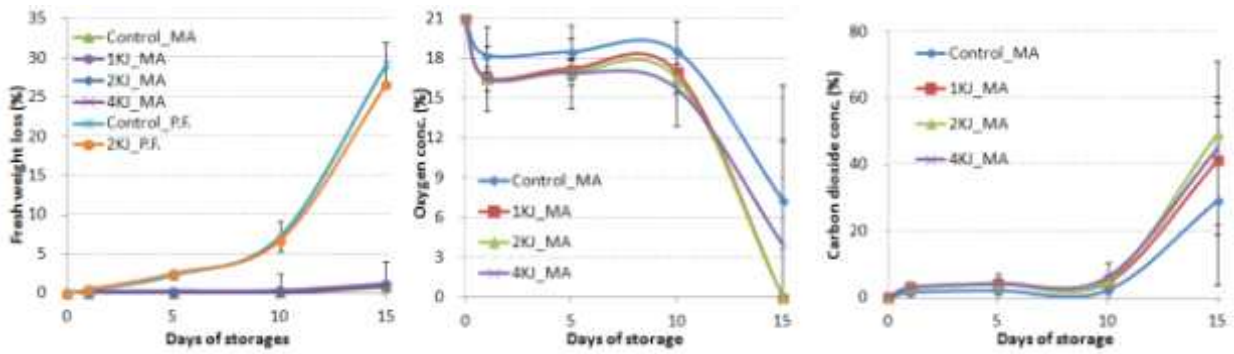


Fig. . UVc 조사에 따른 저장 중 생체중 감소율, 포장내 산소 및 이산화탄소 농도 변화

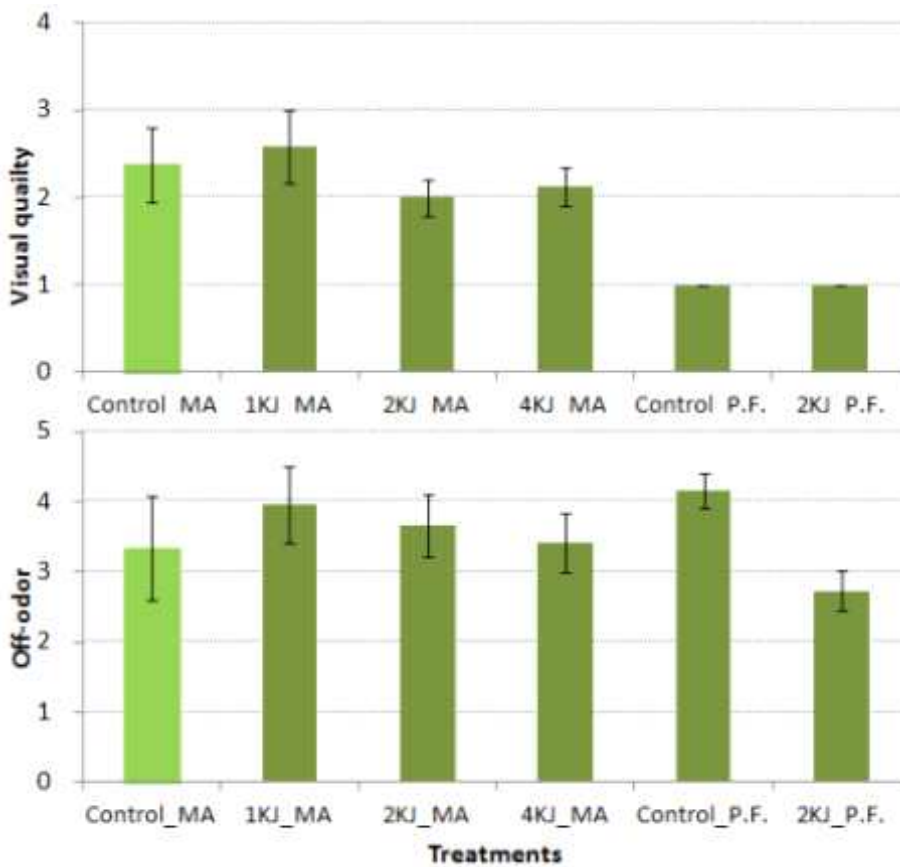


Fig. . UVc 조사에 따른 저장 종료일의 외관과 이취 정도

저장 종료일의 외관은 1KJ_MA 처리구가 우수하였으며, 이취는 2KJ_P.F. 처리구가 가장 낮았으며 이외의 처리구는 유사하게 이취가 발생하였다. 당도는 두 유공 처리구가 높았는데 수분 손실로 인한 생체중 감소로 인해 당 집적 효과로 판단된다. 산도는 모든 처리 유사하였

으며, 경도는 모든 처리구가 초기값에 비해 감소하였는데 처리구간의 차이는 나타나지 않았다. 곰팡이 발생율은 1KJ_MA, 2KJ_MA, 그리고 2KJ_P.F. 처리구에서 나타나지 않았다. 색도를 비교하였을 때 모든 처리구가 유사한 수치를 나타내어 UVc 조사로 인한 과육 색도의 변화는 없는 것으로 판단된다. 이상의 결과를 종합해보면, 외관상 양호하며 곰팡이가 발생하지 않았던 1-2KJ로 UVc를 조사하는 것이 살균에 효과가 있는 것으로 보였다.

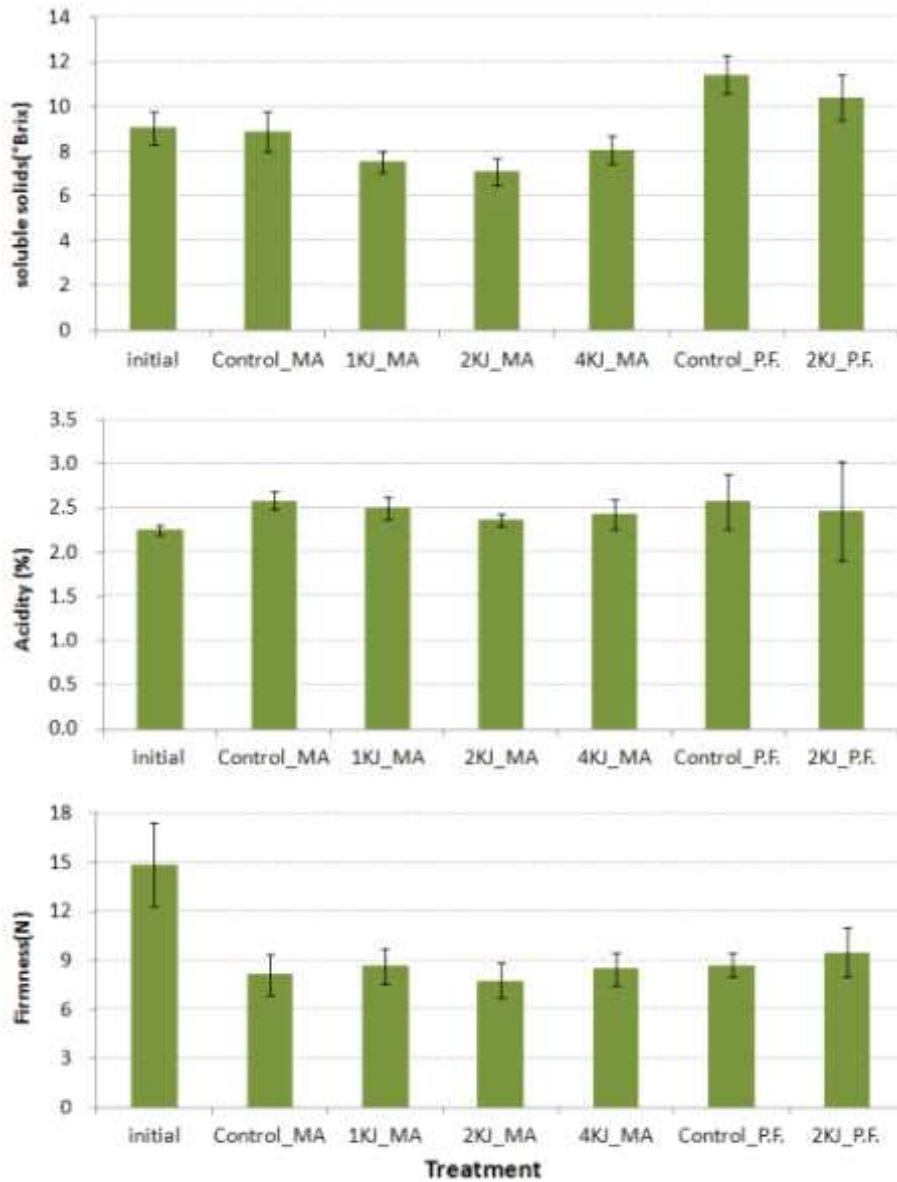


Fig. . UVc 조사에 따른 저장 종료일의 당도, 산도, 그리고 경도

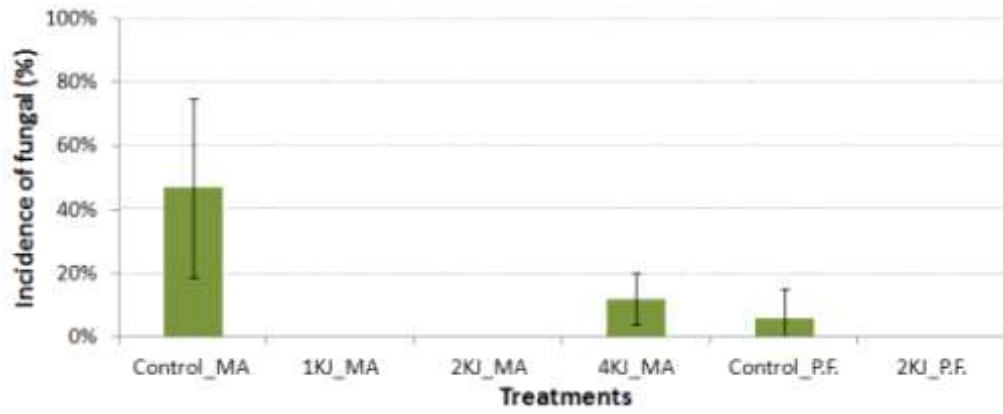


Fig. . UVc 조사에 따른 저장 종료일의 곰팡이 발생율

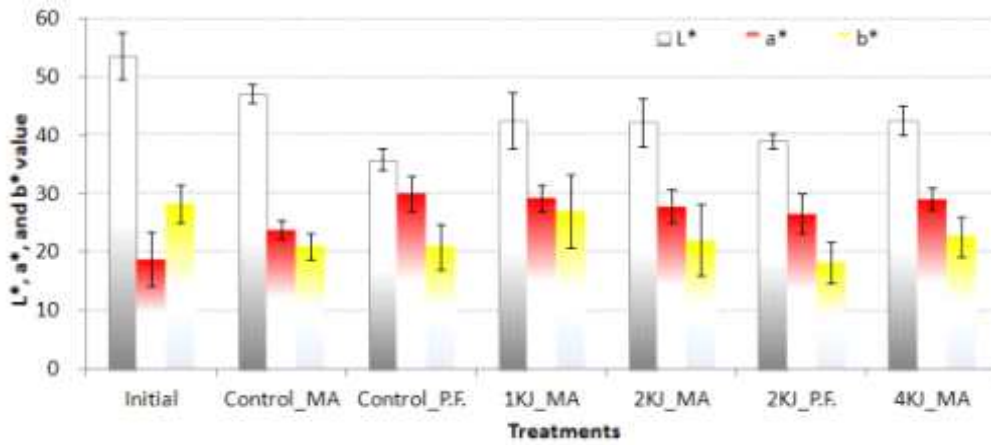


Fig. . UVc 조사에 따른 저장 종료일의 과육의 색도

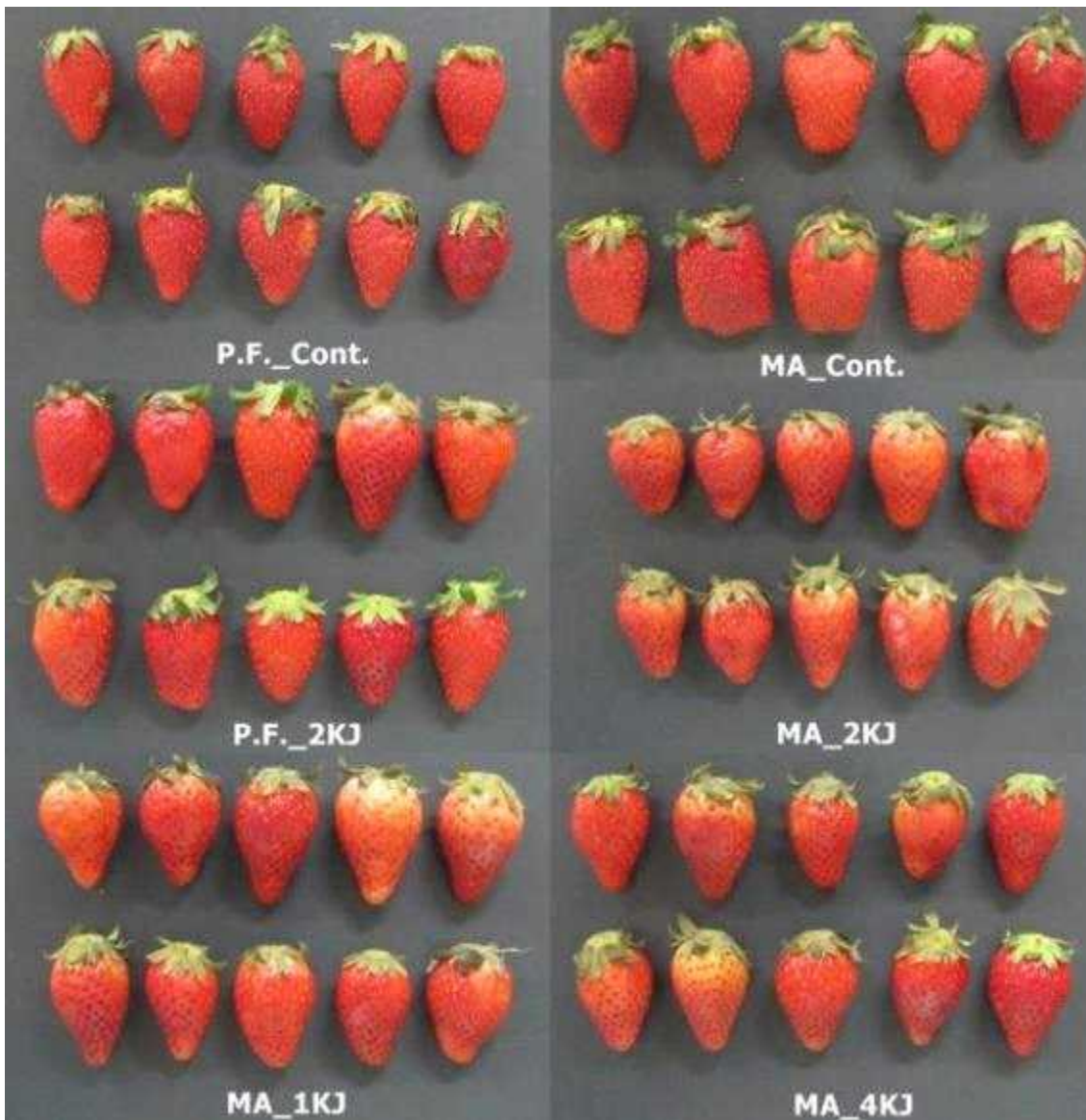


Fig. . UVc 조사에 따른 저장 종료일의 외관

나. <토마토>

(1) 다양한 농도와 노출시간의 ClO₂ 가스가 대과종 토마토의 저장 중 살균 및 품질에 미치는 영향

: 염소가스 처리는 1차년도에 방울토마토를 대상으로 수행한 바 있으나, 보다 다양한 농도 처리 효과를 대과종 토마토를 대상으로 알아보기 위해 저농도인 1ppm처리를 추가하여 실험하였다. ClO₂ 가스는 염소에 비해 산화능력이 우수하고 화학적 잔류가 나타나지 않는다(Chen and Zhu, 2011). 그래서 ClO₂ 가스는 신선농산물의 세균성 부패를 억제하는 비가열 방법으로 이용될 수 있다(Mahmoudetal.,2007). Mahovic 등 (2007)은 ClO₂ 가스 토마토의 저장 중 부패를 조절할 수 있다고 하였다. 100 ppm NaClO는 양배추(Rahman et al., 2010) 등에서 살균효과가 인정되었으며, 일부 pathogens에 제한적으로 발암성 물질을 형성한다고 한

다(Gomez-Lopez et al., 2014).

○ 연구방법

공시 재료: 대과종 토마토(cv. Dafnis) light red maturity-stage

곰팡이 접종 방법: *Botrytis cinerea* 균주를 방울토마토에서 분리하여 potato dextrose agar 에서 2주간 24°C에서 배양 후, Conidia를 colony surface에서 채취하여 0.05% (W/V) Triton X-100 가 첨가된 증류수에 담아, cheesecloth로 여과한 후 0.25 absorbance at 425 nm spectrophotometer에서 측정한 후 conidia 밀도를 $1 \times 10^6/\text{mL}$ 로 희석한 수용액에 토마토를 10 분간 침지함

살균 처리: 150 ppm sodium hypochlorite (NaOCl), 1ppm ClO₂ gas 6h, 1ppm ClO₂ gas 12hr, 1ppm ClO₂ gas 24hr, 5ppm ClO₂ gas 6hr, and 5ppm ClO₂ gas 12hr. and MAP (20,000cc oxygen transmission rate film)

저장 조건: 5 °C, 85% RH, boxes (commercial size) and in 20,000 cc/m²day atm oxygen transmission rate film (MAP)

조사항목: 생체중 함량 외관상 품질 변화, 포장내 산소/이산화탄소/에틸렌 농도
경도, 과피색, 비타민 C (RQflex plus, Merck, Germany), 적정산도,
가용성 고형물, 곰팡이 발생율(전체 과실수 중 발생수의 %)
통계처리

○ 연구결과

5 ppm ClO₂ gas 12hr 처리구에서 이산화탄소와 에틸렌 농도가 가장 낮았고, 산소농도가 가장 높았는데, 5°C 저장 중 평균 산소, 이산화탄소, 에틸렌 농도가 각각 20.31%, 0.89%, 2.47 μL/L이었다(Fig. 1). Zhong 등 (2006)도 살구에서 ClO₂ gas 처리로 에틸렌 발생 억제가 관찰되었다고 하였다.

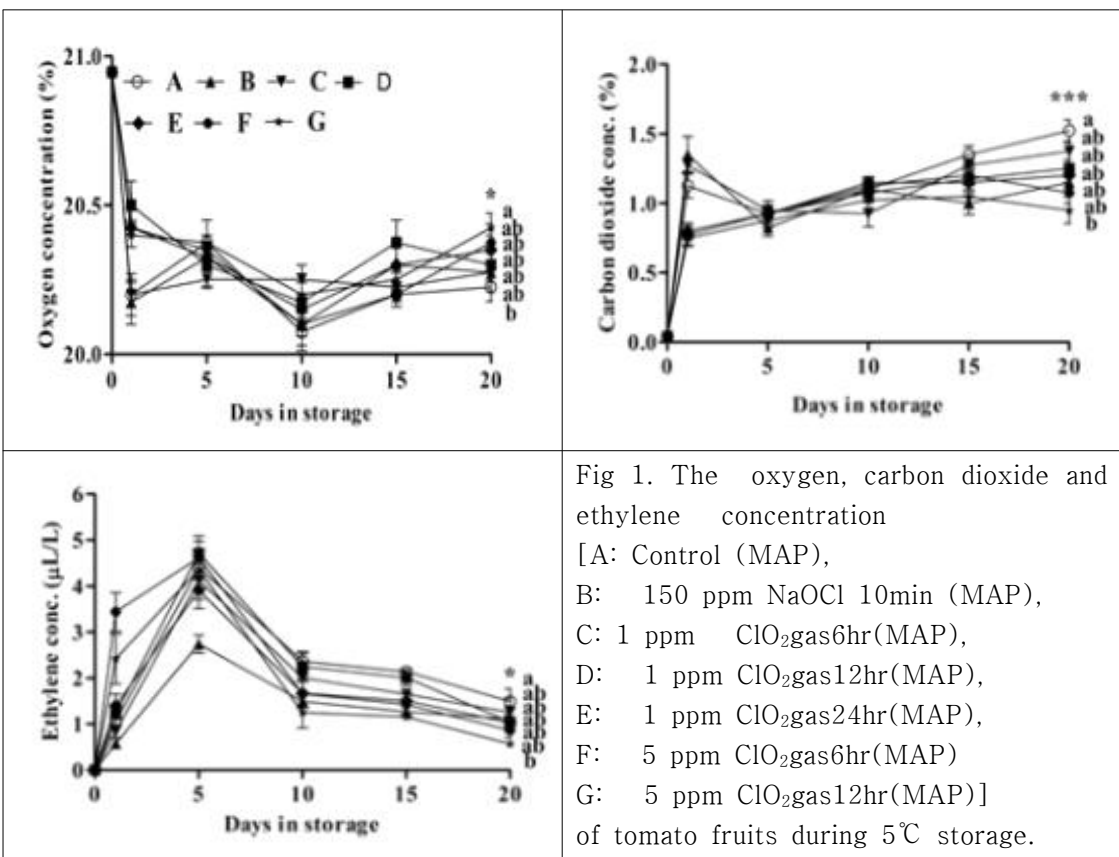


Fig 1. The oxygen, carbon dioxide and ethylene concentration [A: Control (MAP), B: 150 ppm NaOCl 10min (MAP), C: 1 ppm ClO₂ gas 6hr (MAP), D: 1 ppm ClO₂ gas 12hr (MAP), E: 1 ppm ClO₂ gas 24hr (MAP), F: 5 ppm ClO₂ gas 6hr (MAP), G: 5 ppm ClO₂ gas 12hr (MAP)] of tomato fruits during 5°C storage.

생체중 감소는 5ppm ClO₂ gas 12hr 처리에서 가장 낮았는데(Fig.2), green bell peppers에서도 ClO₂ gas 처리로 세균성 부패 감소와 조직 강화를 통해 생체중 감소가 감소되었다고 하였다(Du et al., 2007). 모든 처리구의 생체중 감소는 MAP 처리에 의해 0.2%를 넘지 않았다. 외관상 품질과 저장수명도 역시 5ppm ClO₂ gas 12hr 처리에서 가장 우수하였고, 대조구에서 가장 낮았는데, 감소된 호흡과 에틸렌에 의한 것으로 보인다. Han 등(2004)에 의하면 딸기도 ClO₂ gas 처리로 부패가 억제되어 저장 수명이 연장되었다고 한다. 5ppm ClO₂ gas 12hr 처리는 가장 낮은 곰팡이 발생율을 보였는데, 딸기 (Mahmoud et. al., 2007)와 토마토 (Trinetta et al., 2010)의 연구결과와 일치하였다. 또한 5ppm ClO₂ gas 12hr 처리는 토마토의 성숙 지연으로 가장 높은 정도를 나타내었다. 당도는 모든 처리구에서 저장전에 비해 저장 후 증가하였는데 green bell pepper에서는 ClO₂ gas 처리에 의한 당도나 적정산도의 영향이 없었다고 하였으나, 5ppm ClO₂ gas 12hr 처리에서 가장 낮았다(Table 1). 이에 반해 5ppm ClO₂ gas 12hr 처리로 비타민 C와 적정산도는 높게 유지되었는데, 살구(Zhong et al., 2006)와 배(Chen and Zhu, 2011)에서는 ClO₂ gas 처리로 비타민 C와 적정산도가 높았다고 하였다.

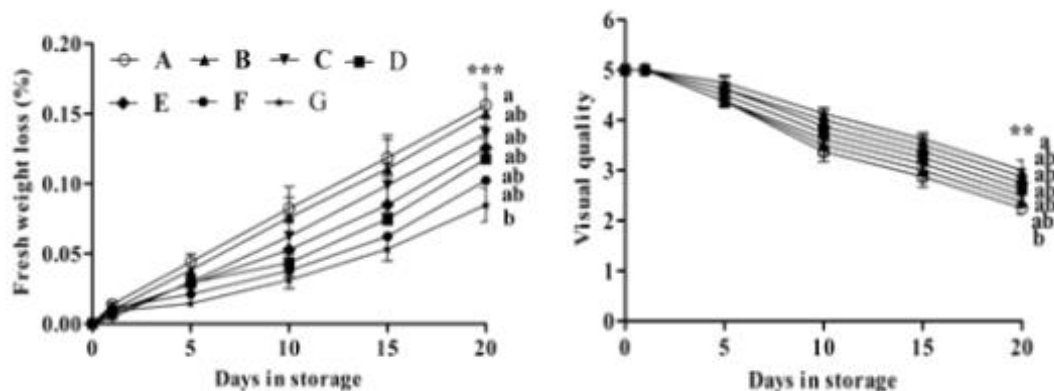


Fig. . The fresh weight loss and visual quality [A: Control (MAP), B: 150 ppm NaOCl 10min (MAP), C: 1 ppm ClO₂gas 6hr(MAP),D: 1 ppm ClO₂gas 12hr(MAP),E: 1 ppm ClO₂ gas 24hr(MAP), F: 5 ppm ClO₂gas 6hr(MAP) and G: 5 ppm ClO₂gas 12hr (MAP)] of tomato fruits during 5°C storage. The visual quality observed on the scale 1-5 (5: excellent, 4: very good, 3: good, marketable, 2: bad and 1: waste) during at 5°C storage.

Table 1. The fungus, firmness, soluble solids, titratable acidity and vitamin C of tomato fruits at harvest time and at 5°C on the final storage day (20th storage day).

	Fungus (%)	Firmness (N)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (% citric acid)	Vitamin C (mg/100gFW)
Harvest time	00 ± 00	13.54 ± 0.55	3.15 ± 0.49	0.51 ± 0.17	18.02 ± 0.48
Control	87.50a	5.71b	4.46a	0.29b	6.88b
150ppm NaOCl 10min	25.00b	7.16ab	4.25ab	0.35ab	9.20ab
1ppm ClO ₂ gas 6hr	62.50ab	7.63ab	4.20ab	0.32ab	7.70ab
1ppm ClO ₂ gas 12hr	50.00ab	7.68ab	4.05ab	0.36ab	7.60ab
1ppm ClO ₂ gas 24hr	37.50ab	8.09ab	3.93ab	0.38ab	8.20ab
5ppm ClO ₂ gas 6hr	25.00b	8.44a	4.08ab	0.37ab	8.35ab
5ppm ClO ₂ gas 12hr	18.75b	9.32a	3.84b	0.41a	9.82b
P value	**	***	*	*	**

^zMean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=10). *, **, ***; significant at p ≤ 0.05, 0.01 and 0.001, respectively of Duncan's multiple range tests (DMRT).

(2) 전해수, H₂O₂, 그리고 O₃ 가 방울토마토의 살균과 품질에 미치는 영향

: 전해수(AcEW), 과산화수소(H₂O₂), 오존수 (O₃), 차아염소산 나트륨(NaClO) 은 수십년간 농산물의 살균에 적용되어 왔다. 그밖에도 열처리, 진동자기장, 이산화염소, 염소 ultraviolet radiation 등의 살균효과가 인정되고 있다(Gil et al., 2011). 그러나 많은 처리들이 인체의 유해한 것으로 보고되고 있어(Bilek and Turanta, 2013). 신선 농산물(Bilek and Turanta, 2013)과 식품 공정(Lopez-Gomez et al., 2009).에 보다 안전한 살균처리제의 개발이 필요하다고 하였다. 전해수는 다양한 농산물에서 세균과 바이러스 살균 효과가 보고되었으며 이로 인

한 저장중 품질유지와 저장수명 연장이 기대된다고 하였다(Rahman et al., 2016). H₂O₂는 신호전달 물질로 산화적 스트레스에 대한 reactive oxygen species(ROS)를 만들어 낸다고 하였다(Bayoumi,2008). H₂O₂의 살균효과는 방출되는 hydrogen atoms과 hydroxyl radicals에 의한 것이라고 한다(Lee and Feng,2011), O₃-처리한 농산물은 antimicrobial 과 antioxidant activities 는 물론 vitamin C과 phenolic contents도 증가한다고 한다. 그러나 이런 효과는 작물마다 적절한 농도와 기간의 처리가 필요하다 (Tzortzakis and Chrysargyris, 2017). 비록 NaClO 은 가장 널리 사용되는 살균제이지만 pathogens에 대한 제한이 있으며, 발암성 물질이 생성되기도 한다(Gomez-Lopez et al., 2014). 이에 현재 유럽에서는 hypochlorite-based systems은 발암성 때문에 신선 농산물에 사용이 제한되고 있다 (Selma et al., 2008). 본 실험은 가장 널리 쓰이는 NaClO를 positive 대조구로 하여 전해수, 오존수, 과산화수소수의 방울토마토 살균효과와 저장 중 품질 유지 효과를 비교해 보고자 한다.

○ 연구방법

공시 재료: 방울토마토(cv.“Unicorn”) light red maturity-stage

재배 방법: 수경재배(EC 2.5 dS m⁻¹and pH 5.8 - 6.2 일본 원시표준액 (Sato et al. 2006). 3 화방까지 재배

살균 처리: (1) water (distilled water as a control, pH 7.0); (2) acidic electrolyzed water (AcEW 32 ppm, pH 2.6); (3) hydrogen peroxide (10000 ppm H₂O₂,pH4.5); (4) ozone water (5 ppm O₃,pH6.4); and (5) sodium hypochlorite (150 ppm NaClO, pH 9.3).

저장 조건: 5 °C, 85% RH, boxes (commercial size)

조사항목: 수확 후 호흡률, 에틸렌 발생량, 규소 함량

포장재 산소/이산화탄소 농도, 에틸렌 농도

생체중 함량 및 외관상 품질 변화, 경도, 과피색, Lycopene 함량

비타민 C - HPLC system, 적정산도, 가용성 고형물,

안전성 검사(NA, MacConkey agar, and PDA 이용, aerobic plate counts, bacteria and coliforms counts, and mold counts)

통계처리

○ 연구결과

토마토 생리적 특성 - O₃-처리구에서 가장 낮은 호흡과 에틸렌 발생률을 보였는데, 오존의 이러한 효과는 이미 보고된 바 있다(Dilmacunal et al.,2014; Tzortzakis and Chrysargyris, 2017). 전해수의 경우도 대사활동의 여러 효소의 활성을 최소화하여 호흡과 에틸렌 발생을 억제한다고 하며, 이로 인해 외관상 품질이 유지된다고 한다(Cui et al.,2009). 본실에서 호흡과 에틸렌 발생 억제 효과는 O₃- 처리가 가장 컸으며, 다음으로 H₂O₂, 전해수, NaOCl, 그리고 대조구 순이었다(Fig.1).

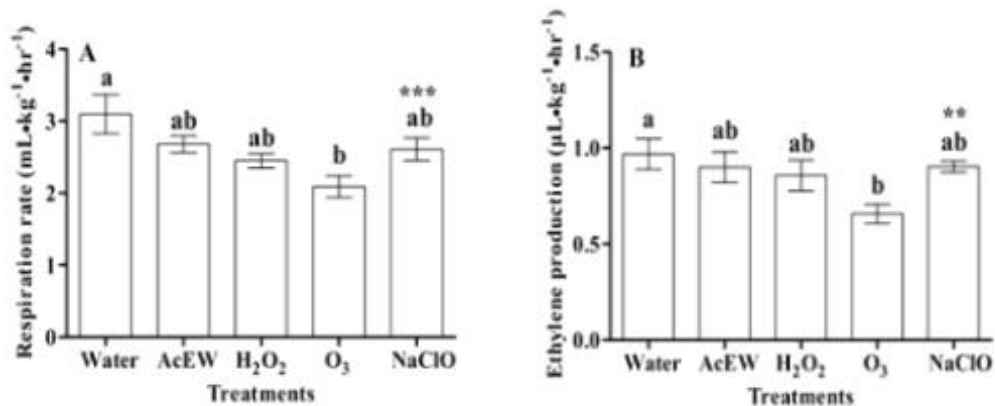


Fig. . Respiration (A) and ethylene production rate (B) of cherry tomatoes on the final storage day at 5°C storage temperature. Each data point is the mean of five single fruit replicates \pm standard error. **, ***; significant at $p \leq 0.01$ and 0.001 of Duncan's multiple range tests (DMRT). Respiration and ethylene production rate were 3.25 ± 0.16 and 1.87 ± 0.19 at harvest time, accordingly. Harvest time value indicated mean \pm SE ($n = 5$).

토마토 품질 평가 - O₃ 처리구에서 가장 낮은 생체중 감소를 보였는데, Bayoumi (2008) 는 O₃와 H₂O₂-treated 고추에서 기공폐쇄 유도로 생체중 감소가 억제되었다고 하였다. 이러한 O₃ 처리는 딸기와 토마토에서 저장기간 연장효과가 보고되었다(Venta et al., 2010; Aday et al., 2014). 또한 O₃ 처리는 가장 낮은 곰팡이 발생율을 보였다(Table1).

Table 1. Fruit fresh weight loss, shelf life and fungal incidence of cherry tomato after storage (20th day at 5°C)

	Fresh weight loss (%)	Shelf life (days)	Fungal incidence (%)
Water	5.32a ^z	15b	68.50a
AcEW	4.99ab	16ab	51.40b
H ₂ O ₂	4.72ab	18ab	45.50b
O ₃	3.82b	20a	30.50c
NaClO	4.30ab	19a	42.50b
P value	***	*	***

^z Mean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) ($n=10$). *, ***, significant at $p \leq 0.05$, and 0.001 , respectively of Duncan's multiple range tests (DMRT).

O₃ 처리구는 경도 유지 효과가 가장 우수하였는데, 메론에서도 호흡 및 에틸렌 발생 억제로 경도 유지에 효과적이었다고 하였다(Selma et al.,2008; Dilmacunal et al.,2014). 이에 반

해 색변화는 O3 처리구에서 가장 적었는데(Table 2). Tzortzakis and Chrysargyris (2017)는 O3 처리로 억제된 호흡과 에틸렌 발생이 과실의 성숙을 지연시켰다고 하였다. 또한 적정 산도와 비타민 C 함량도 O3 처리구에서 가장 높았는데(Table 2, 3), Horvitz 등 (2014)은 O3 처리한 딸기는 antioxidative mechanism의 활성화와 vitamin C biosynthesis 증진으로 비타민 C가 증가된다고 하였고, H2O2도 고추과실의 비타민 C 함량을 향상시킨다고 하였다 (Bayoumi, 2008).

Table 2. Fruit firmness, color, lycopene and titratable acidity of cherry tomato after storage (20th day at 5°C)

	Firmness (N)	Color (a*/b*)	Lycopene (mg/kgFW)	Titratable acidity (% citric acid)
Harvest time	14.55±0.23	0.55±0.01	209.04±0.61	0.69±0.01
Water	10.69b ^Z	0.76a	219.37ab	0.53b
AcEW	11.72ab	0.70ab	220.54ab	0.59ab
H ₂ O ₂	12.36ab	0.73a	231.71a	0.58ab
O ₃	13.36a	0.63b	217.99b	0.63a
NaClO	12.24ab	0.68ab	229.91ab	0.61a
P value	**	*	*	*

^Z Mean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=10).*, **: significant at p≤0.05, and 0.01, respectively of DMRT. Harvest time value indicated mean ± SE (n = 10)

당도(가용성 고형물)와 fructose, and glucose 함량은 O3-처리에서 가장 낮았는데(Table 3). cantaloupe fruits에서 O3와 NaClO-처리로 당도와 당함량 감소가 관찰되었다고 한다 (Beaulieu et al.,2011; Dilmacunal et al.,2014).

토마토 미생물 분석 - Bacteria, coliforms, yeast, 그리고 fungi 수는 O3-처리구에서 저장 후 가장 낮았는데(Table 4). 시금치와 아티초크에서도 보고된 바 있다(Rahman et al.,2010; Lombardo et al.,2015). 나머지 살균처리에서도 저장전에는 대조구보다는 낮은 미생물수를 보였으나, 저장후에는 살균효과가 인정되지 않았다. 살균제의 효과는 상황에 따라 많이 달라지는데, 농산물의 미생물 부착 부위에 따라 달라질 수 있다고 한다 (Tzortzakis and Chrysargyris, 2017).

Table 3. Fruit vitamin C, soluble solids, fructose and glucose of cherry tomato after storage (20thdayat5°C)

	Vitamin C (mg/100gFW)	Soluble solids (°Brix)	Fructose (g/100g FW)	Glucose (g/100g FW)
Harvest time	16.84±0.13	5.62±0.01	1.46±0.06	1.01±0.06
Water	10.34ab ^z	7.02a	2.46a	2.24b
AcEW	8.14b	6.85ab	2.31ab	1.98ab
H ₂ O ₂	10.07ab	6.88ab	2.22ab	2.09ab
O ₃	11.92a	6.55b	2.08b	1.75b
NaClO	8.12b	6.80ab	2.24ab	1.94ab
P value	**	*	*	*

^z Mean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=10).*, **; significant at p≤0.05, and 0.01, respectively of DMRT. Harvest time value indicated mean ± SE (n = 10)

Table 4. Count of the microbial activity associated with tomato fruits at different treatments of cherry tomato at harvest time (0 day at 20°C) and after storage (20thdayat5 ° C)

	Harvest time(x 10 spores/ml)				Storage (x 10 spores/ml)			
	Bacteria	Coliforms	Fungi	Yeast	Bacteria	Coliforms	Fungi	Yeast
Water	209.0a ^z	32.00b	25.50a	2.00	236.00b	71.50a	41.50a	2.00ab
AcEW	121.5d	11.50c	24.50ab	0.00	304.00a	14.50b	31.00ab	0.50b
H ₂ O ₂	183.0b	26.50b	24.50ab	0.00	252.50b	62.50a	27.50b	1.00b
O ₃	90.5e	3.00c	12.00b	0.00	205.00c	7.00b	15.00c	0.75ab
NaClO	148.5c	48.00b	18.00ab	0.00	282.50a	56.00a	22.50bc	3.50a
P value	***	***	**	Unanalyzed	***	***	***	**

^z Mean separation of columns by Duncan's multiple range tests (DMRT) (n=10). **, ***; significant at p≤0.01 and 0.001, respectively of Duncan's multiple range tests (DMRT).

(3) 방울토마토에서 분리한 몇가지 미생물에 대한 항생제와 neem oil의 살균 효과
: 방울 토마토(*Solanum lycopersicum* cv. Unicorn)에서 분류한 세균과 곰팡이 포자에 대한 항생제와 neem oil 처리 효과를 알아보려고 하였다. 강원도 지역에서 여름에 재배한 방울 토마토를 light red maturity stage에서 수확하였다. 방울토마토에서 분리한 곰팡이 포자와 세균 균주(*Rahnella aquatilis*, *Microbacterium oxydans*, *Pseudomonas panacis*, *Gordonia sputa*, and *Escherichia coli*)에 대한 생화학적 반응을 측정하였다. 더욱이 항생제 작용에 대한 세균 반응과 neem (*Azadirachta indica*) 에센셜 오일의 곰팡이 발생 억제 효과도 in vitro 에서 분석되었다.

○ 연구방법

공시 재료: 방울토마토(cv.“Unicorn”) light red maturity-stage

세균 및 곰팡이 포자 갯수: Nutrient agar (NA)와 potato dextrose agar (PDA) 배지를 이용하여 세균은 37 °C에서 2일, 곰팡이는 25 °C에서 5일간 배양 후 microscopic method를 이용하였다.

생화학 활성 : β-galactosidase, H₂S production, urease, indole production을 test kit API 20E strip (BioMérieux Inc., Durham, N.C.)을 이용하였다.

항생제 감수성: 분리한 세균 균주에 Neomycin (30 µg), Octafloxin (5 µg), Ciprofloxacin (5 µg), Ceftazidime (30 µg), Vancomycin (30 µg), Amikacin (30 µg), Gentamicin (10 µg) 의 항생제를 처리하였고, Antibiotic discs (BD BBLTM Sensi-Disc™ Sparks, MD 21152 USA) 에서 37 °C, 24시간동안 반응 후 sensitive 와 resistant로 구별하였다.

Neem 항곰팡이 활성: 100 % neem (Azadirachta indica) essential oil (EOs) 2.5% , 5% 농도를 5mm diameter mycelial disc of pathogen에 처리한 후 27 °C 10일간 배양하였다. Neem oil의 antimicrobial 활성은 다음 계산식으로 측정하였다(Edington. 1971):

Inhibition percentage (%) = $A1 - [A2/A1] \times 100$ (A1 is the colony area of uninhibited fungus in the control, and A2 is the colony area of fungus in dual culture)

○ 연구결과

세균과 곰팡이 포자 수 - 세균은 208.40(x 10 spores/ml), 곰팡이 포자는 6.40 (x 10 spores/ml) 였다(Table 1). Wogu 와 Ofuase (2014) 는 평균 미생물 수는 New Benin 시장의 농산물은 평균 2.0 x 10⁴ ~ 35.0x10⁴, 채소 시장의 평균은 1.0x10⁴ ~ 25x10⁴, Oba 시장의 농산물은 2.0x10⁴ ~ 23.0x10⁴, Santana 시장의 농산물은 1.1x10⁴ ~ 9.3x10⁴이었다고 한다.

Bacteria (x 10 spores/ml)	Fungi (x 10 spores/ml)
208.40 ± 3.67	6.40 ± 0.51
Each data point is the mean of five replicates ± standard error.	

생화학 활성 - 분리한 세균 균주는 Na thiosulfate, tryptophan, Na pyruvate, inositol, rhamnose, sucrose 및 melibiose의 기질에서 β-galactosidase, arginine dihydrolase, lysine decarboxylase, ornithine decarboxylase, urea hydrolysis 및 gelatinase에 대해 양성을 보였다. H₂S 생산, deaminas, indole 생산, acetoin 생산 및 발효 / 산화 생화학 반응은 Nathiosulfate, tryptophan, Napyruvate, inositol, rhamnose, sucrose 및 melibiose의 기질에 부정적 결과를 보였다

Biochemical reaction	Substrate	<i>Rahnella aquatilis</i>	<i>Microbacterium oxydans</i>	<i>Pseudomonas panacis</i>	<i>Gordonia sputi</i>	<i>Escherichia coli</i>
Beta-galactosidase	ONPG	+	+	+	+	+

Arginine dihydrolase	arginine	+	+	+	+	+
Lysine decarboxylase	lysine	+	+	+	+	+
Ornithine decarboxylase	ornithine	+	+	+	+	+
Citrate utilization	citrate	+	-	+	+	+
H ₂ S production	Na thiosulfate	-	-	-	-	-
Urea hydrolysis	urea	+	+	+	+	+
Deaminase	tryptophane	-	-	-	-	-
Indole production	tryptophane	-	-	-	-	-
Acetoin production	Na pyruvate	-	-	-	-	-
Gelatinase	Charcoal gelatin	+	+	+	+	+
Fermentation/oxidation	glucose	+	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	manitol	+	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	inositol	-	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	sorbitol	+	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	rhamnose	-	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	sucrose	-	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	melibiose	-	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	amygdalin	+	-	-	-	-
Fermentation/oxidation	arabinose	+	-	-	-	-

항생제 반응 - Cefazidime (30 µg), Ciprofloxacin (CIP, 5 µg) 및 octafloxin (OFX, 5 µg) 항생제에서 박테리아 균주에 대한 가장 높은 민감도가 나타났습니다. 또한 모든 박테리아 균주에 대한 최대 내성 능력은 *Gordonia sputa*를 제외하고 Vancomycin (30 µg)에서 나타났습니다.

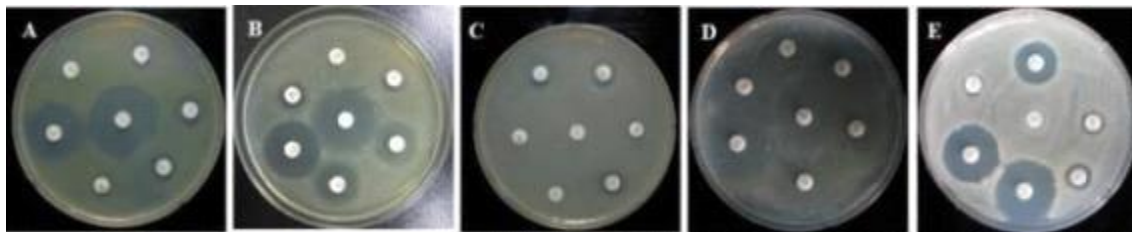


Fig. 1. The effect of different antibiotics and their dose per disk on the growth of five bacterial strains (A) *Rahnella aquatilis*; B) *Microbacterium oxydans*; C) *Pseudomonas panacis*; D) *Gordonia sputi*; E) *Escherichia coli* for the tested antibiotics (neomycin 30 µg (N), octafloxin 30 µg (OFX), ciprofloxacin 5 µg (CIP), cefatazidime 30 µg (CAZ), vancomycin 30 µg (VA), amikacin 30 µg (AN) and gentamicin 10 µg (GM).

Bacterial strains	Amikacin (30 µg)	Cefatazidime (30 µg)	Ciprofloxacin (5 µg)	Gentamicin (10 µg)	Neomycin (30 µg)	Ofloxacin (5 µg)	Vancomycin (30 µg)
<i>R.aquatilis</i>	S	S	S	R	R	S	R
<i>M.oxydans</i>	R	S	S	I	S	S	R
<i>P. panacis</i>	R	S	R	S	R	S	R
<i>G.sputi</i>	I	I	S	S	S	R	S
<i>E.coli</i>	I	S	S	R	R	S	R

S= sensitivity, R= resistant, I: indifferent

Neem oil 항균성 - Neem oil은 *Aspergillus niger*에 대해 가장 높은 항진균 활성을 나타내었고 *Penicillium* sp에서 가장 낮았다(표 4). 중간정도의 항진균 활성은 *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Botrytis cinerea*에 대하여 나타내었다. Mondal 등 (2009)은 neem 추출물이 곰팡이 침입으로부터 작물을 보호한다고 하였다.

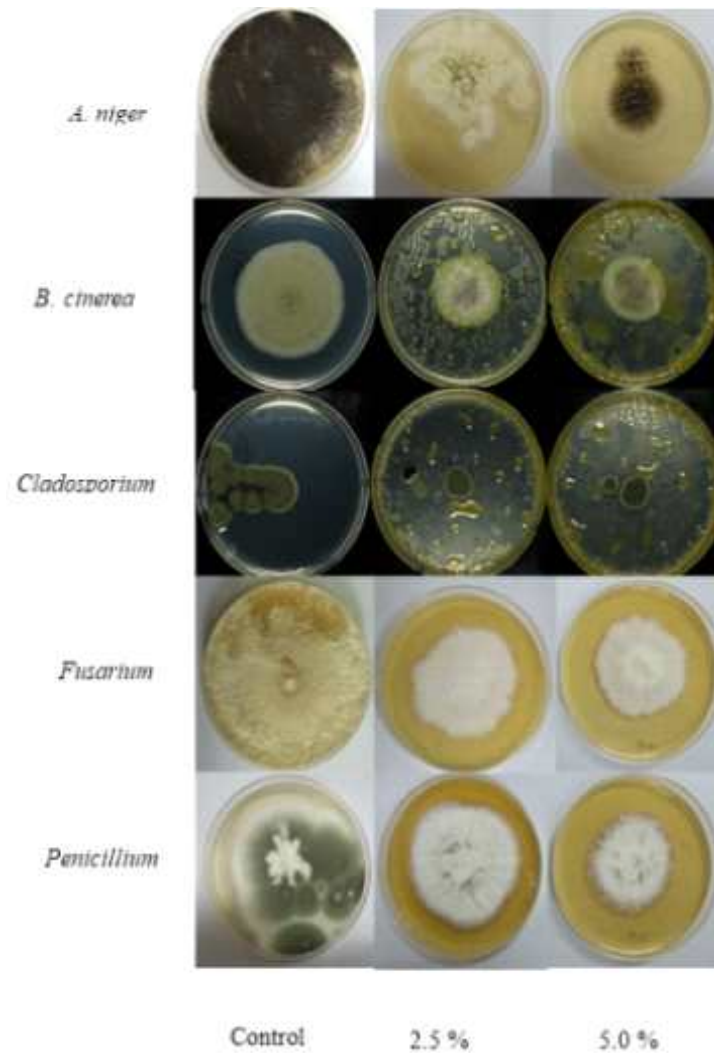


Fig. 2. The effect of antifungal indices of neem (*Azadirachta indica*) essential oil on the growth of five fungi (A) *Aspergillus niger*; B) *Botrytis cineria*; C) *Cladosporium* sp.; D) *Fusarium* sp.; E) *Penicillium* sp. for the tested with different dose per disk (control, 2.5%, 5.0%).

(4) 꼭지 유무에 따른 복합 살균처리가 저장성에 미치는 영향

○ 연구방법

공시재료: 강원대학교 플라스틱하우스에서 재배된 방울토마토 ‘미니찰’

처리방법: 꼭지 유무, UVc 2KJ조사, O3 1.5ppm 30min 전처리,

UVc+O3 복합처리, NaOCl 5ppm 담수(Possitive control)

저장방법: 20,000cc OTR 필름을 이용한 MA 저장, 8°C에서 20일간

조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

저장 중 생체중 감소율은 꼭지 유무에 따른 차이 없이 모든 처리구가 저장 종료일인 20일째 0.3% 이하의 낮은 수치를 보였다. 포장내 에틸렌 농도는 꼭지가 있는 처리구는 모든 처리구와 꼭지가 없는 처리구 중 대조구, UVc, O3 처리구는 저장 1일차, 5일째 높은 수치를 보였으나 10일 이후 낮아졌으며, 꼭지가 없는 처리구 중 UVc+O3 처리구와 NaOCl 처리구가 저장 기간내 30ul/L의 가장 낮은 농도를 유지하였다.

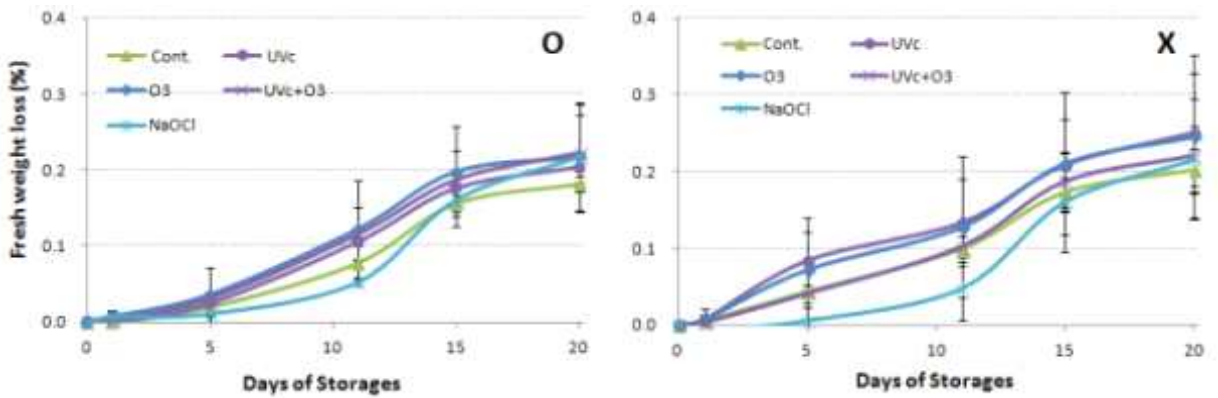


Fig. . 꼭지 유무에 따른 몇가지 살균처리 후 저장 중 생체중 감소율

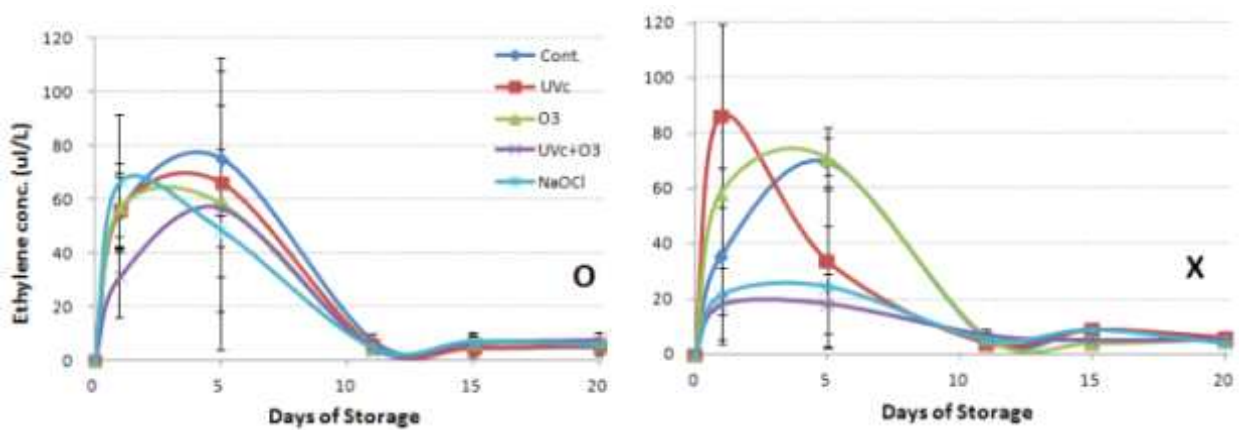


Fig. . 꼭지 유무에 따른 몇가지 살균처리 후 저장 중 포장내 에틸렌 농도 변화

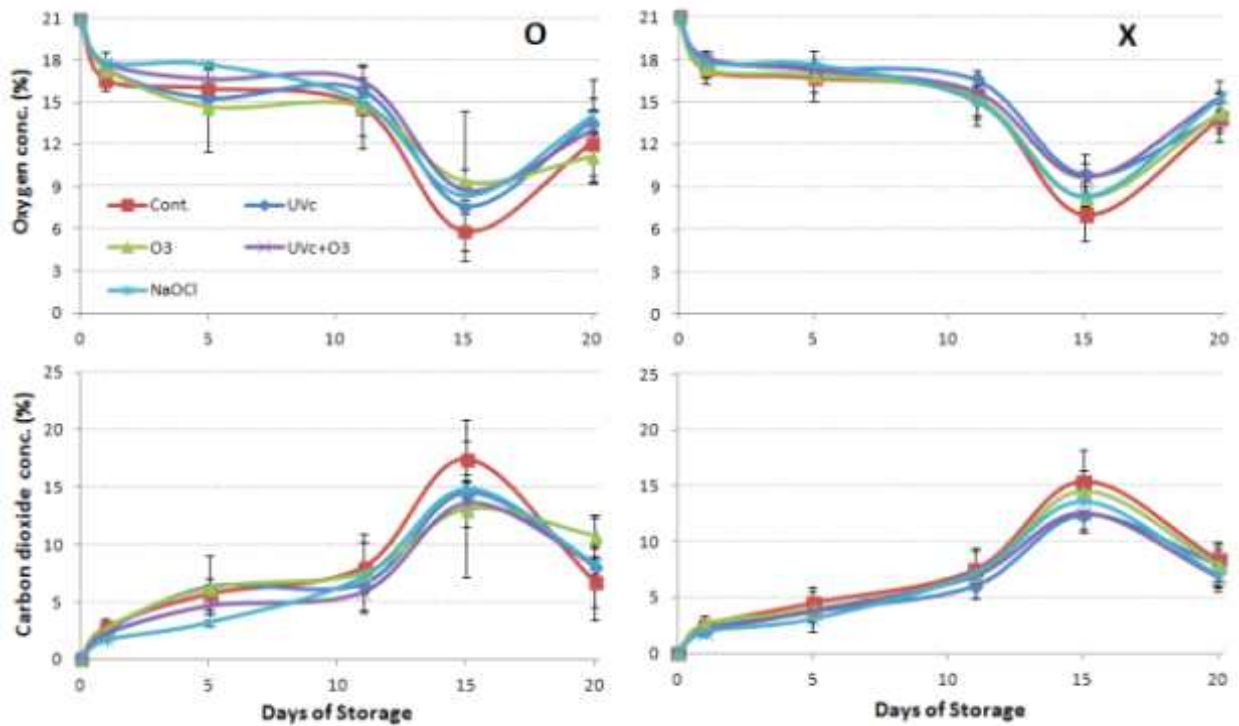


Fig. . 쪽지 유무에 따른 몇가지 살균처리 후 저장 중 포장내 산소 및 이산화탄소 농도 변화

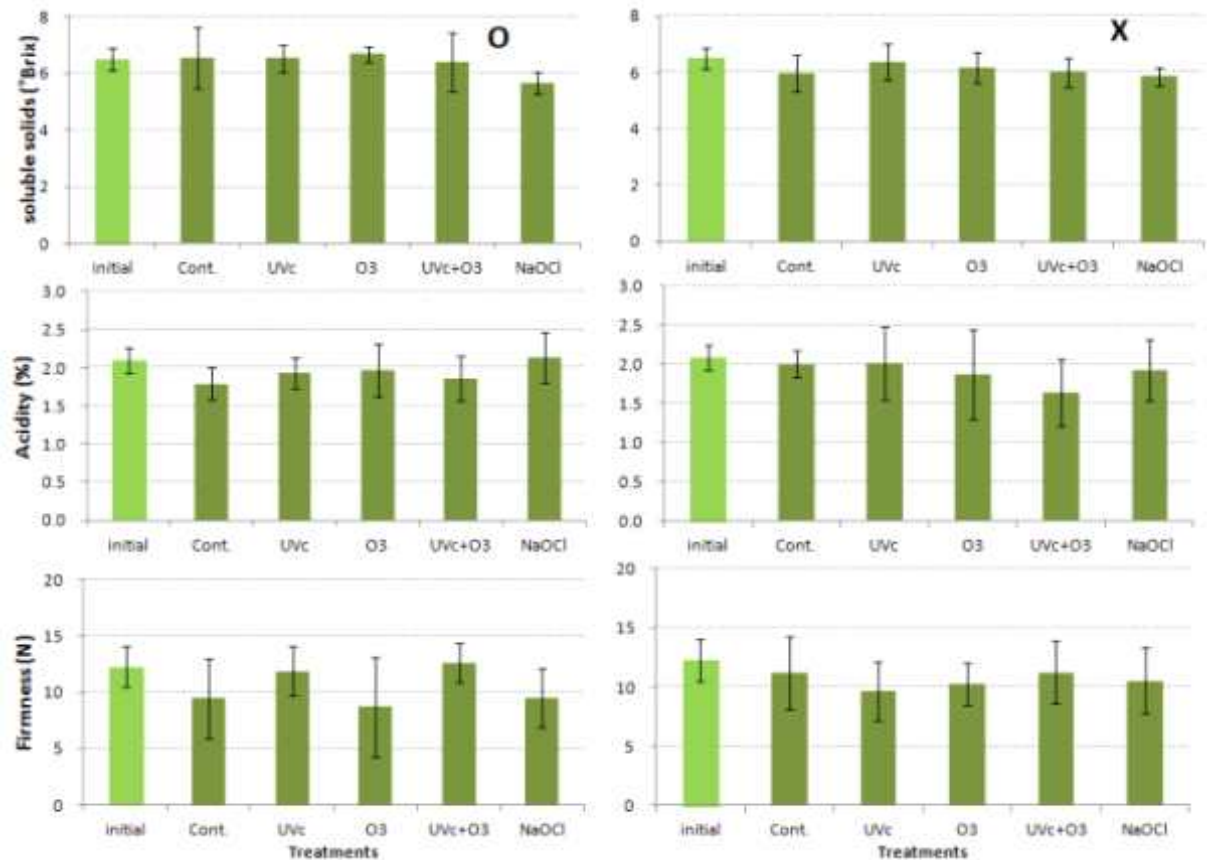


Fig. . 쪽지 유무에 따른 몇가지 살균처리 후 저장 종료일의 당도, 산도, 그리고 경도

저장 중 포장내 산소 농도와 이산화탄소 농도는 대조구가 다소 낮은 산소 수치와 높은 이산화탄소를 나타내는 것으로 보이나, 처리구간의 차이와 꼭지 유무에 따른 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 저장 종료일의 당도, 산도, 그리고 경도의 경우도 초기값과 유사하거나 처리구간의 차이가 보이지 않았다. 패널테스트를 통한 외관은 꼭지 유무에 상관없이 Positive control로 처리한 NaOCl 처리구가 가장 우수하였으며, 이를 제외하면 UVc+O3 처리구가 양호하였다. 이취도 NaOCl이 적게 발생하였다.

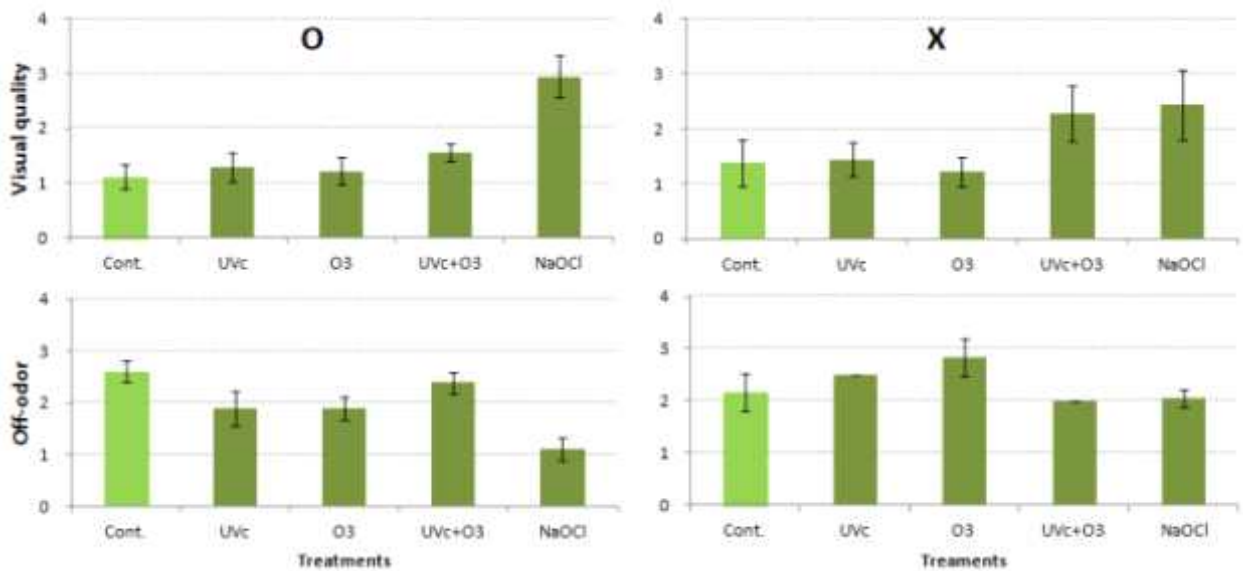


Fig. . 꼭지 유무에 따른 몇가지 살균처리 후 저장 종료일의 외관 및 이취

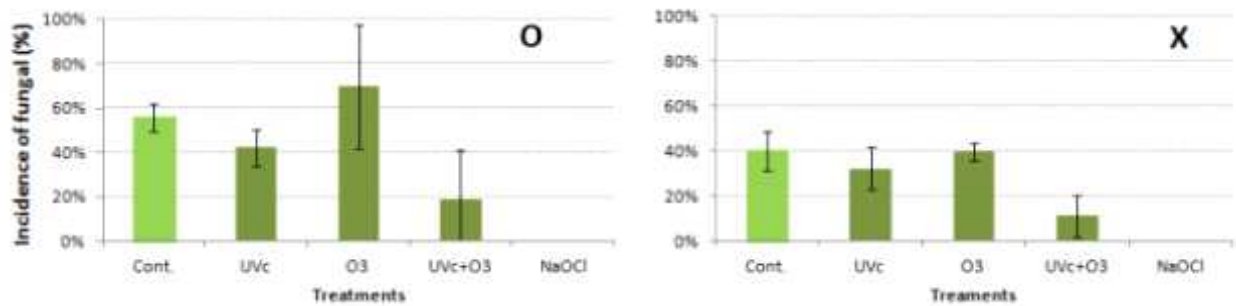


Fig. . 꼭지 유무에 따른 몇가지 살균처리 후 저장 종료일 곰팡이 발생율

저장 종료일의 곰팡이 발생율은 NaOCl이 가장 낮은 0%의 수치를 보였으며 UVc+O3 처리구도 20% 이하의 수치를 나타냈다. 대체적으로 꼭지가 있는 처리구들의 곰팡이 발생율이 높았다. 결과를 종합해보면, 꼭지는 없는 것이 곰팡이 발생이 적게 나타났으며 NaOCl 처리를 제외한 나머지 처리구 중 UVc+O3 처리구가 가장 살균에 효과적인 것으로 판단된다.

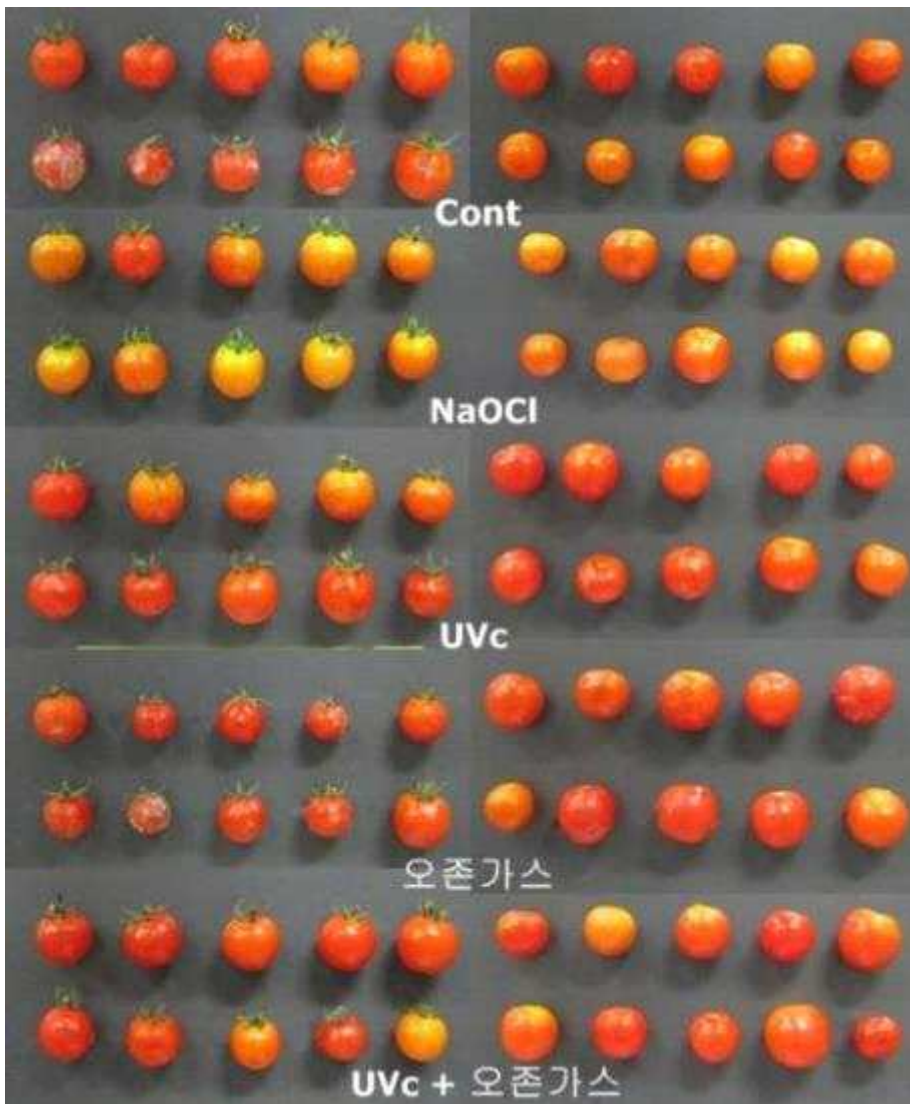


Fig. . 쪽지 유무에 따른 몇가지 살균처리 후 저장 종료일의 외관

▶ 딸기 토마토 살균 기술 현장 적용 매뉴얼

- 딸기, 토마토 수출 시 여러 살균 연구 후 도출된 결과가 양호한 세가지 살균기술 <ClO2 전처리, UVc 조사, O3 주입>을 현장 적용하기 위하여 매뉴얼 작성

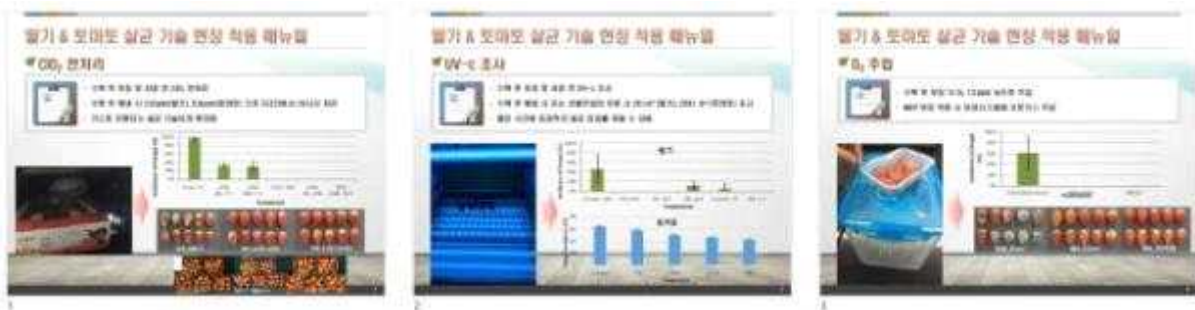


그림. 딸기 토마토 살균 기술 현장 적용 매뉴얼

3. 수출용 딸기 토마토의 소포장을 위한 OTR 필름 MAP 기술 현장 적용

가. <딸기>

(1) 몇 가지 처리가 딸기 MAP 저장성에 미치는 영향

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 ‘매향’ 딸기

처리방법: 탄산시비, CO₂ 30% 1시간 전처리, CO₂ 15% 주입, 및 복합처리

저장방법: 20,000cc OTR 필름을 이용한 MA 저장, 8°C에서 25일간

조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취

○ 연구결과

저장 중 생체중은 MA저장 모든 처리구가 저장 종료일인 25일까지 0.8% 미만의 낮은 감소율을 보였으며, 유공저장 대조구는 11% 이상 감소되었다(데이터 표기안함). MAP 포장내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도는 처리구간의 차이 없이 증감을 반복 하였다.

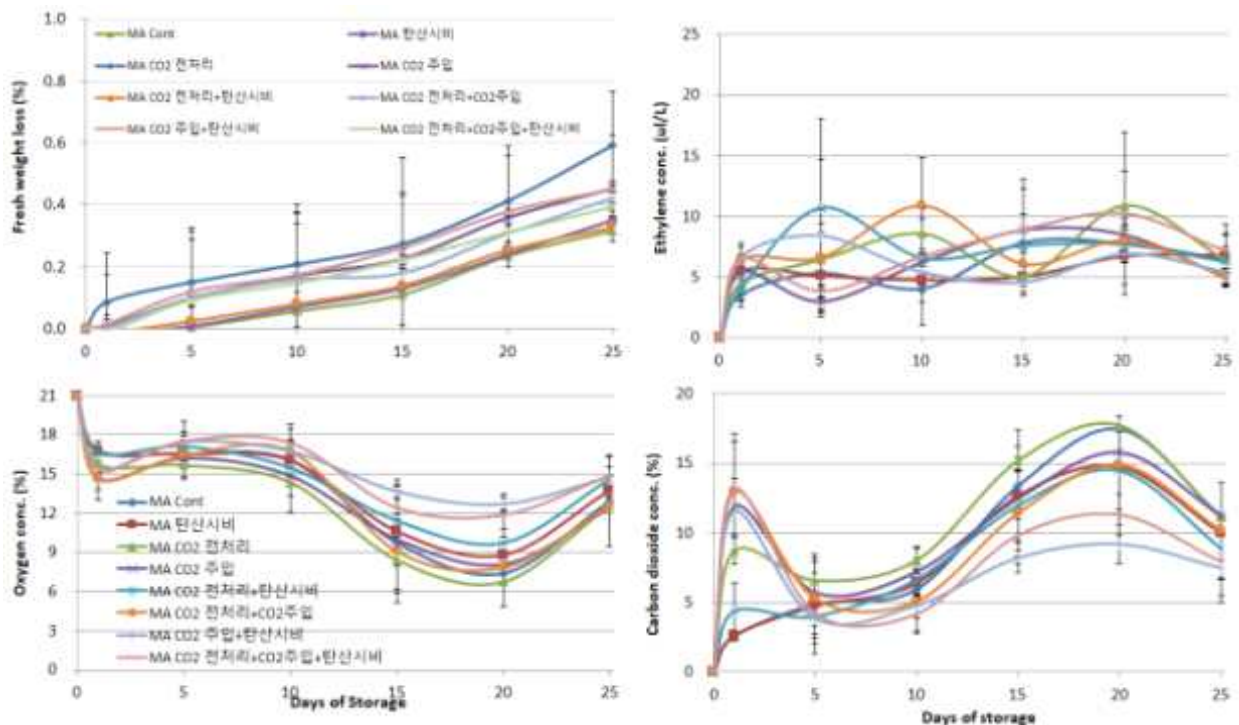


Fig. . MAP 저장 중 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도 변화

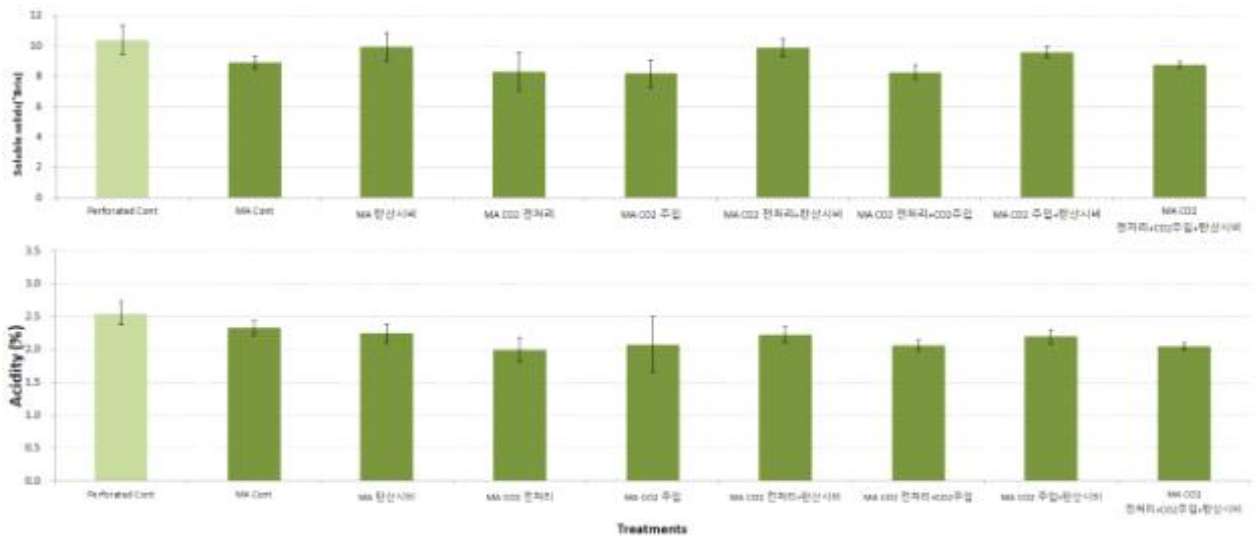


Fig. . MAP 저장 종료일의 당도와 산도

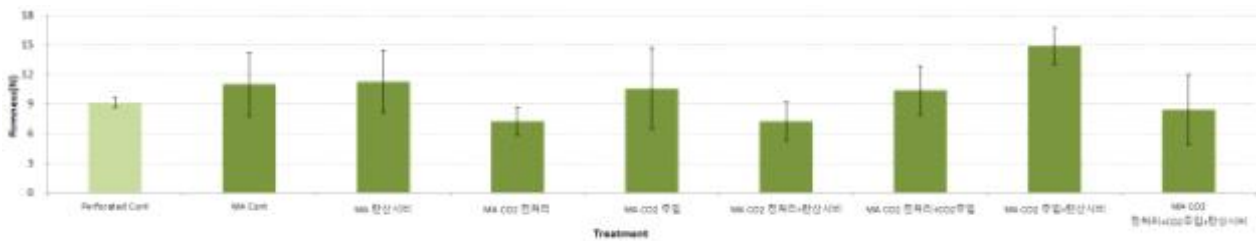


Fig. . MAP 저장 종료일의 경도

저장 종료일의 당도는 MA 탄산시비 처리구와 MA CO2전처리+탄산시비, MA CO2주입+탄산시비 처리구가 높은 수치를 나타내었고, 산도는 모든 처리구 유사한 값을 보였다. 경도는 MA CO2주입+탄산시비 처리구가 가장 높은 수치를 나타냈다.

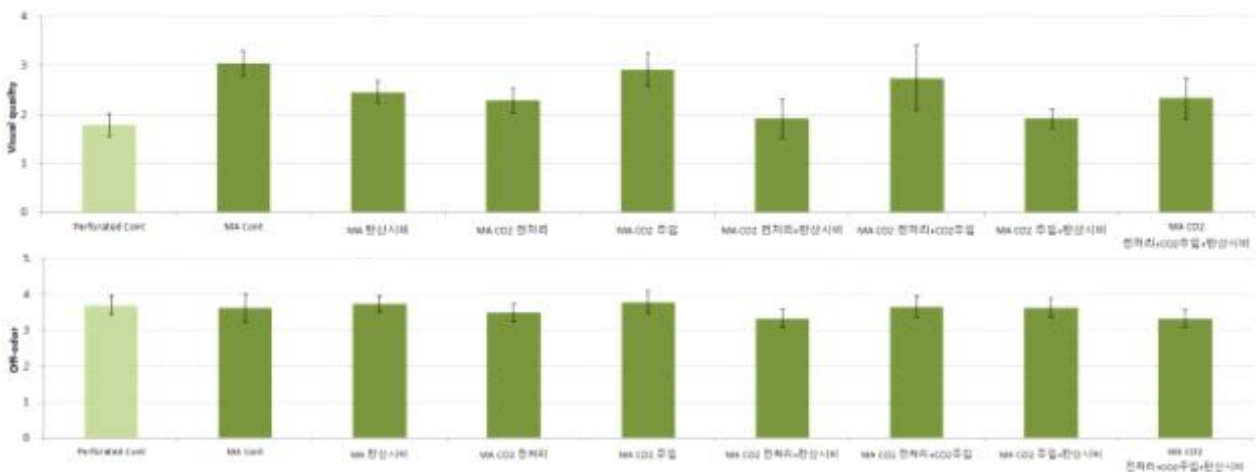


Fig. . MAP 저장 종료일의 외관과 이취

패널테스트를 통한 종료일의 외관은 MA 대조구를 포함해 MA CO2주입 처리구와 MA

CO2전처리+CO2주입 처리구가 외관상 품질이 양호하였으며, 이취는 모든 처리구에서 유사 정도의 이취를 발생하였다. 저장일의 색도는 초기값에 비해 저장이 진행되며 빨간색을 나타내는 b*값이 증가하였으며, 처리구간의 차이는 나타나지 않았다. 이와 같은 결과를 종합해보면, 유공저장에 비해 MA저장 처리가 저장기간이 길며, 탄산시비처리가 딸기의 당도 및 경도를 증가시키는 요인으로 작용하는 것으로 판단되며, CO2 처리는 처리 시기에 준하지 않고 저장성을 향상시키는 것으로 생각된다.

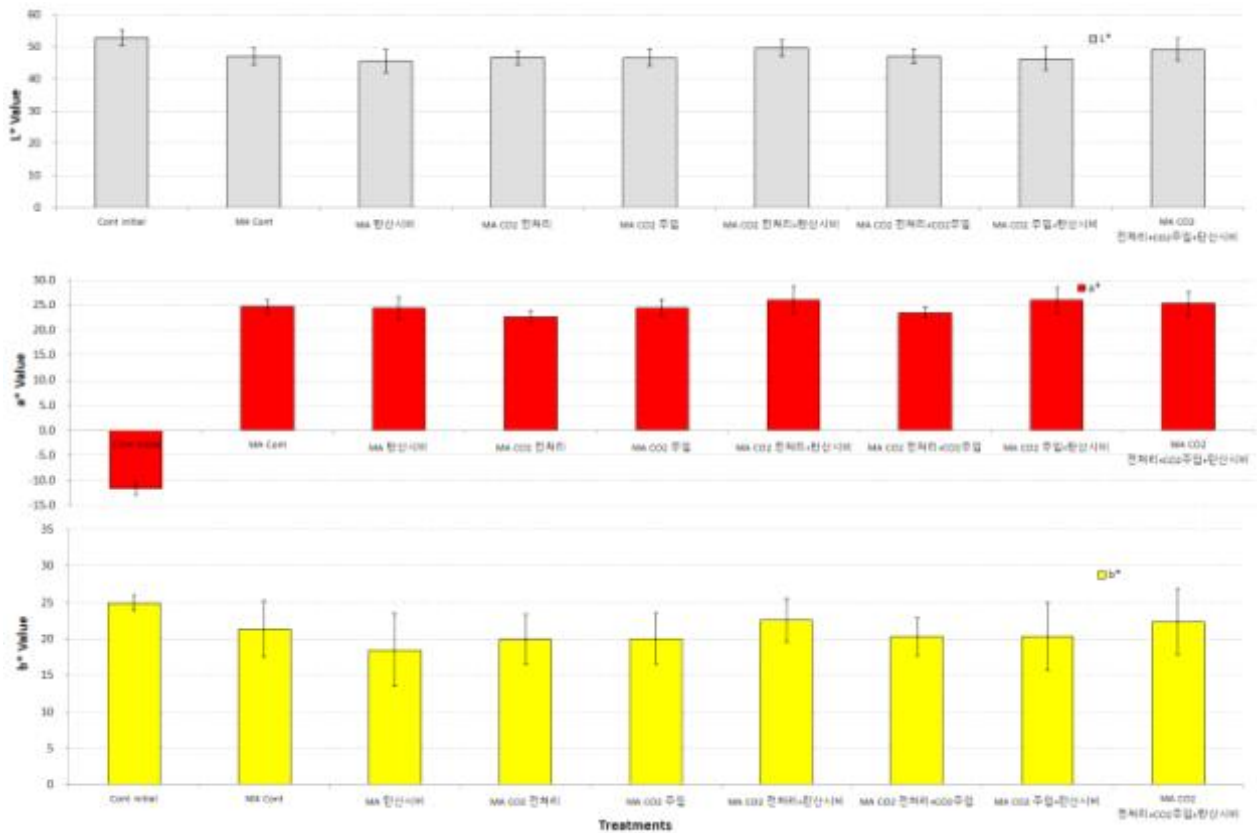


Fig. . MAP 저장 종료일의 색도

나. <토마토>

(1) 꼭지유무에 따른 상온 및 저온에서의 MAP 저장성 비교

○ 연구방법

- 공시재료: 강원대학교 플라스틱하우스에서 재배된 방울토마토 ‘미니찰’
- 처리방법: 꼭지 유무, 5℃, 20℃에서 각각 19일, 5일 저장
- 저장방법: 1,300cc, 20,000cc OTR 필름을 이용한 MA 저장
- 조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

저장 중 생체중 감소율은 모든 MAP 처리구는 저장 종료일에 0.5% 미만의 수치를 보였고, 유공저장 처리구는 5℃의 경우 저장 종료일에 꼭지 있는 처리구가 5% 내외, 꼭지 없는 처리구가 4% 내외, 20℃는 두 처리구 모두 2%의 감소를 나타냈다. 포장내 산소 농도와 이산화탄소 농도는 OTR 필름의 산소투과도와 일치하게 1,300cc 처리구는 5% 이하의 낮은 산소 농도와 15%이상의 높은 이산화탄소 농도를 나타내었다. 20,000cc 처리구는 산도 농도는 5℃의 경우 저장 종료일까지 약 17% 내외의 산소 농도를, 20℃는 10% 이하의 농도를 유지하였다. 20,000cc의 이산화탄소 농도는 5℃의 경우 5%이하에서 유지되었고, 20℃는 10-15% 정도를 나타냈다. 포장내 에틸렌 농도는 모든 처리구에서 1,300cc 처리구가 20,000cc 처리구에 비해 높은 농도를 나타냈으나 처리구간의 차이는 나타나지 않았다. 포장내 산소, 이산화탄소, 그리고 에틸렌 농도는 꼭지 유무에 따른 차이는 나타나지 않았다.

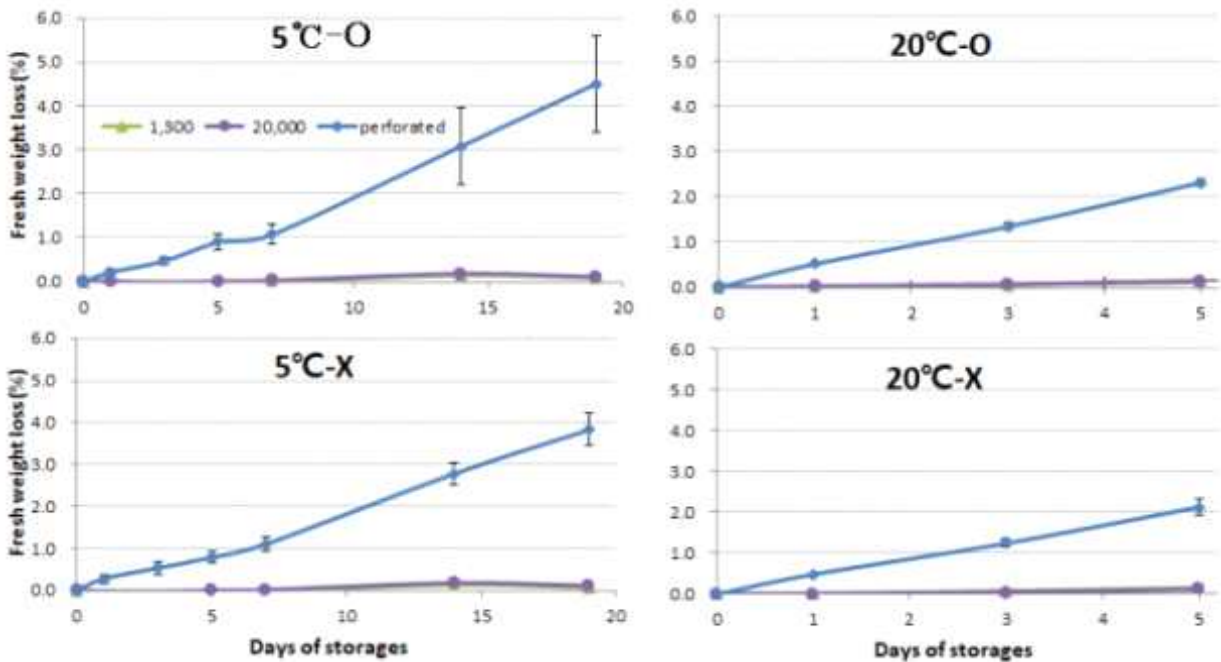
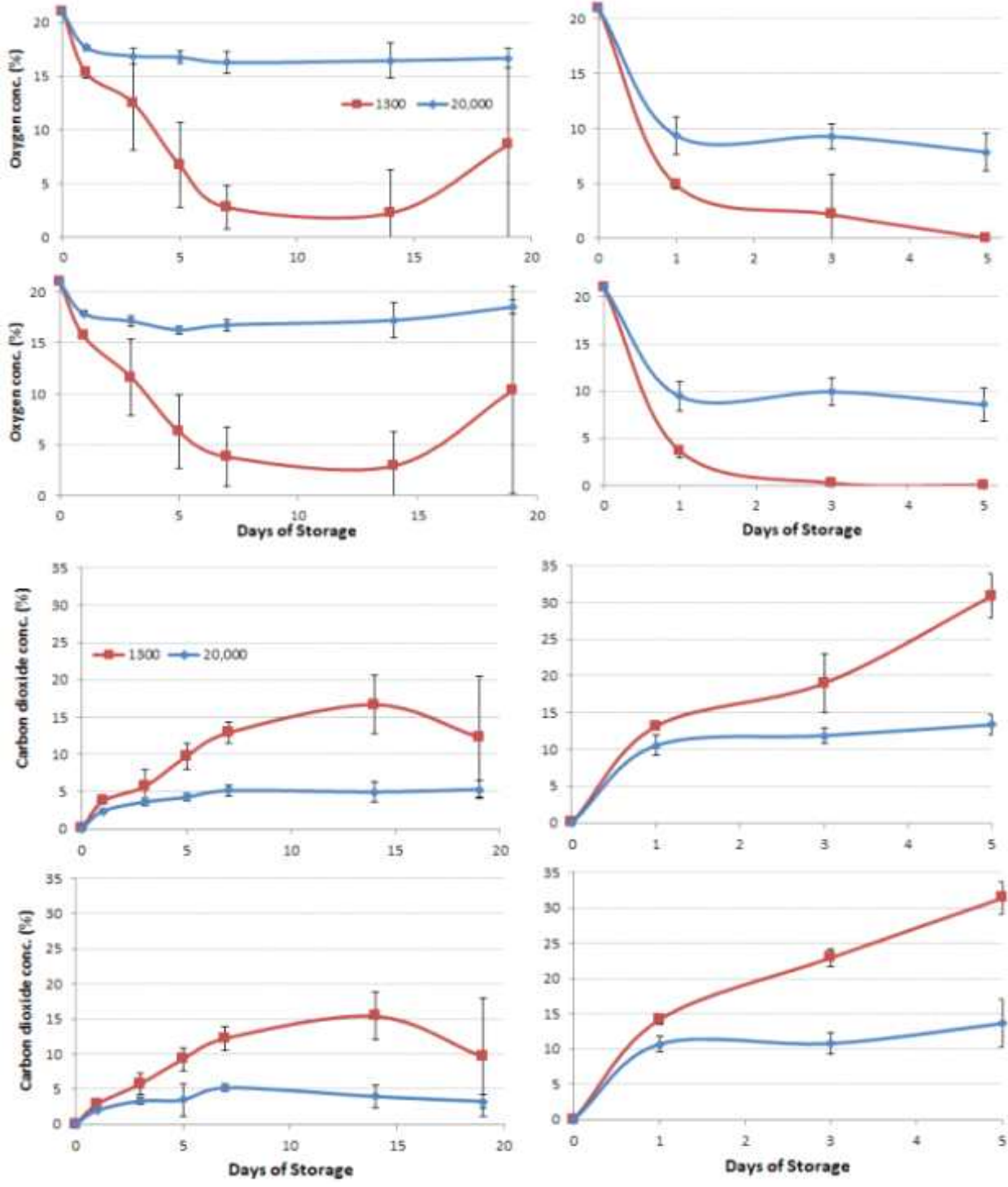


Fig. . 꼭지 유무에 따른 상온 및 저온의 MAP 저장 중 생체중 감소율

Fig. . 꼭지 유무에 따른 상온 및 저온의 MAP 저장 중 포장내 산소 농도 변화

Fig. . 꼭지 유무에 따른 상온 및 저온의 MAP 저장 중 포장내 이산화탄소 농도 변화

Fig. . 꼭지 유무에 따른 상온 및 저온의 MAP 저장 중 포장내 에틸렌 농도 변화



저장 종료일의 당도와 산도는 모든 처리구 유사한 값을 나타냈으며, 경도는 MAP 처리구 중 20,000cc의 20℃ 처리구가 높았고, 유공저장 처리구가 높았으나 유공 처리구의 경우 높은 수분 감소로 인한 과육 껍표면이 질겨져 경도 수치가 높아진 것으로 판단된다.

Fig. . 쪽지 유무에 따른 상온 및 저온의 MAP 저장 종료일 당도, 산도, 경도

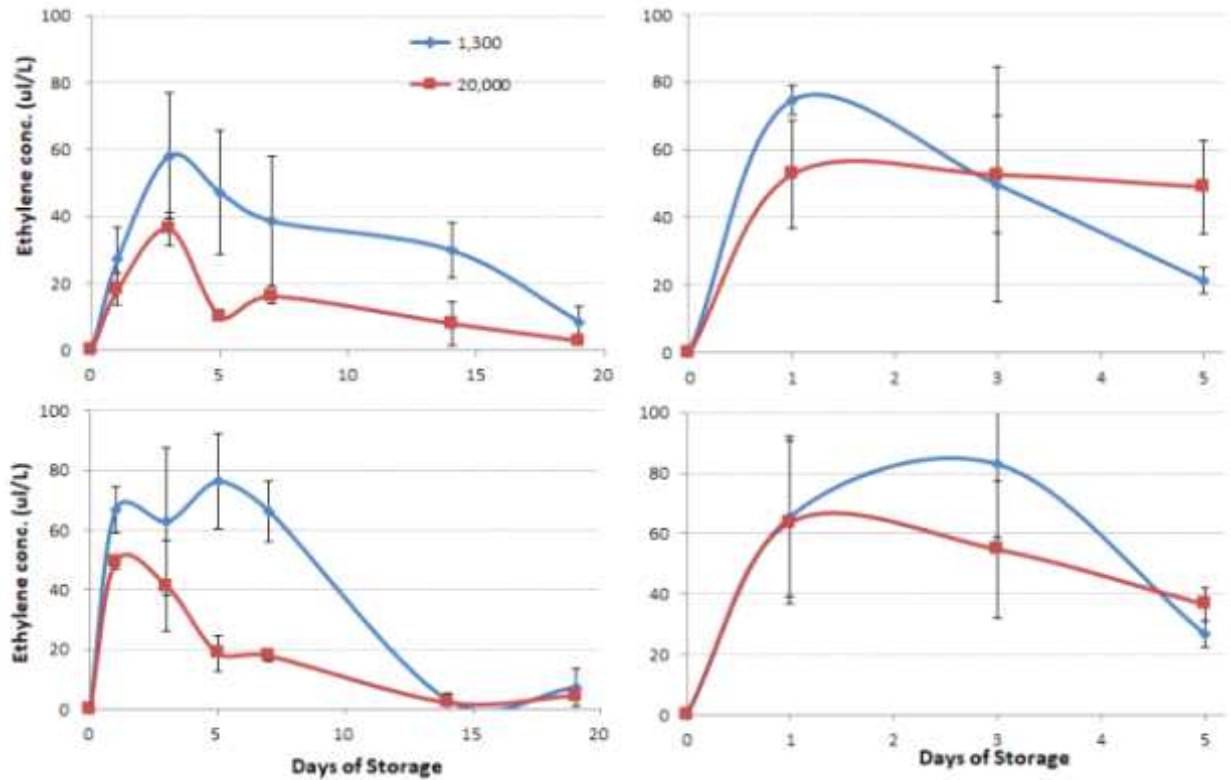


Fig. . 꼭지 유무에 따른 상온 및 저온의 MAP 저장 종료일 외관

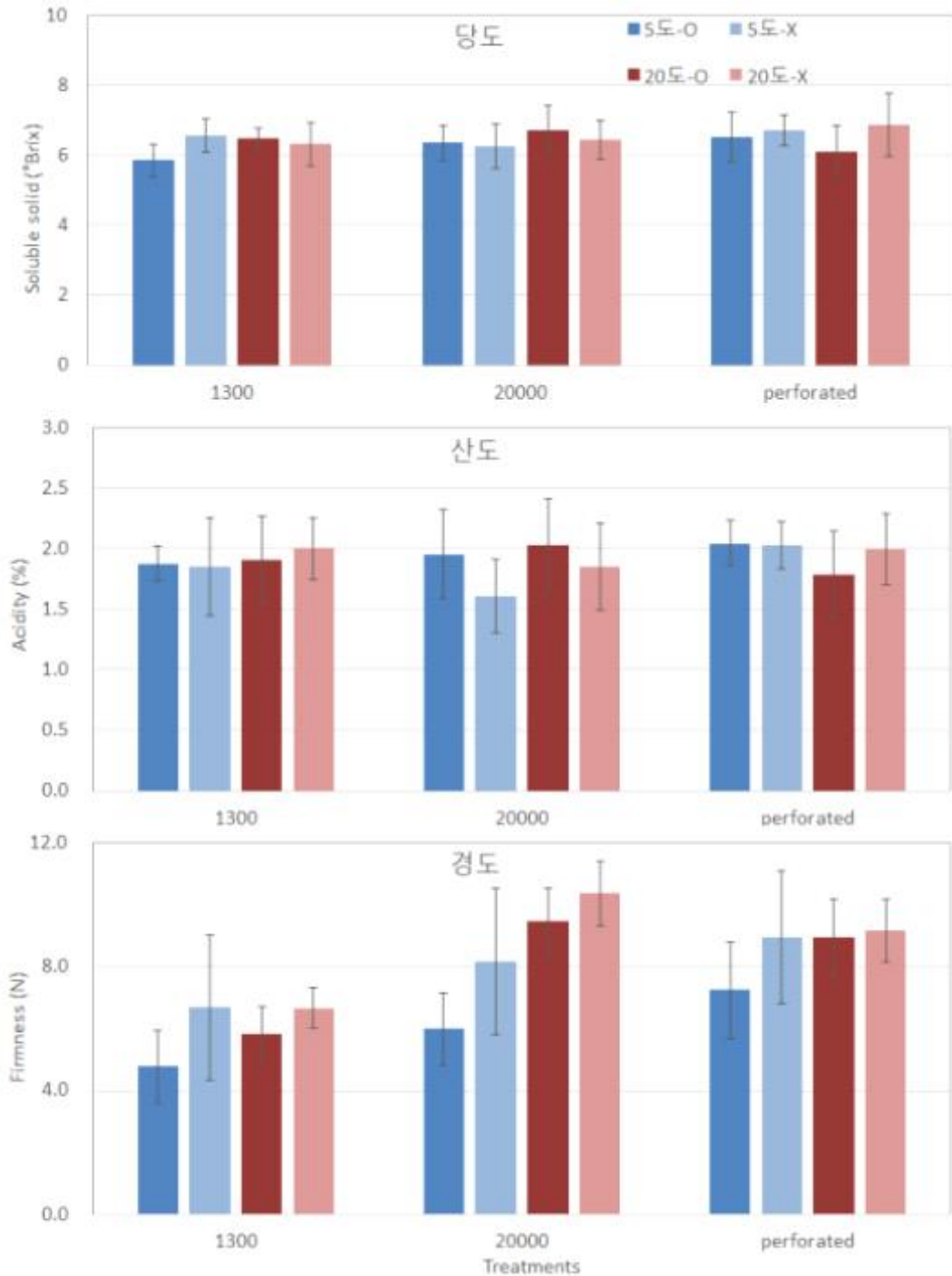
Fig. . 꼭지 유무에 따른 상온 및 저온의 MAP 저장 종료일 이취

저장 종료일의 패널테스트를 통한 외관과 이취 정도는 외관의 경우 1,300cc 처리구가 높았고, 이취의 경우는 유공 처리구를 제외한 MA저장 처리구에서 다소 발생하였다. 꼭지 있는 처리구에 비해 꼭지 없는 처리구가 외관상 품질이 양호하였으며 이취도 적게 발생하였다. 이상의 결과를 종합해보면 토마토는 20℃ 보다는 5℃에서 저장 및 유통되는 것이 저장수명이 길며, 경도를 통해서 1,300cc 보다는 20,000cc 필름으로 MAP 하는 것이 적합하며, 꼭지는 때어내는 것이 외관 및 이취 발생에 효과적인 것으로 판단된다.

(2) 숙기에 따른 상온에서의 MAP 저장성 비교

○ 연구방법

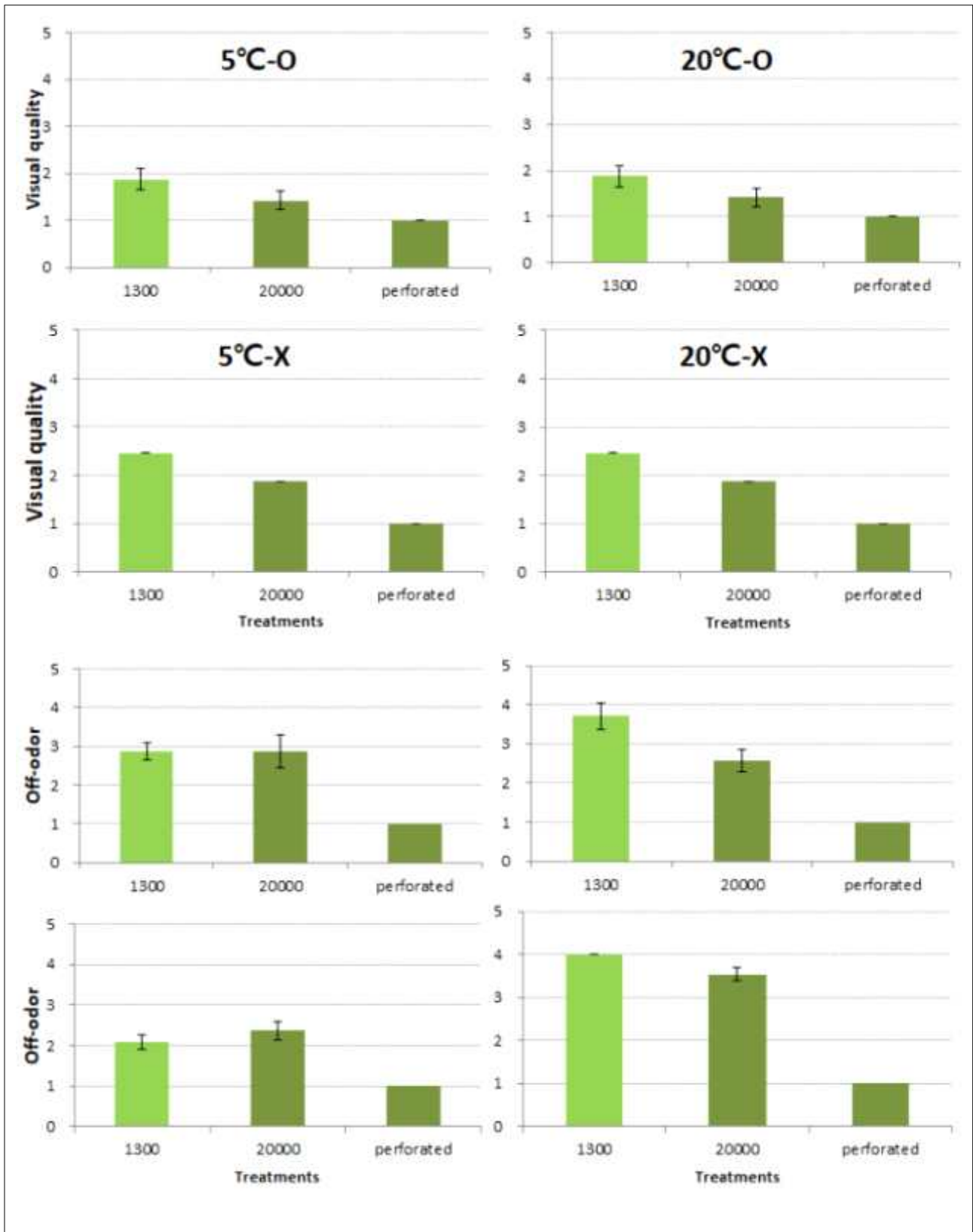
공시재료: 강원대학교 플라스틱하우스에서 재배된 방울토마토 ‘미니찰’



처리방법: 채색기(Turning), 도색기(Pink), 적색기(Light red), 20℃에서 5일 저장
 저장방법: 1,300cc, 20,000cc OTR 필름을 이용한 MA 저장
 조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

저장 중 생체중 감소율은 유공 처리구를 제외한 MAP 처리구는 저장 종료일인 5일까지 0.5% 미만의 감소를 보였으며, 포장내 산소와 이산화탄소 농도는 OTR 필름 산소투과도에 따라 1,300cc는 낮은 산소 농도와 높은 이산화탄소 농도를 나타내었다.



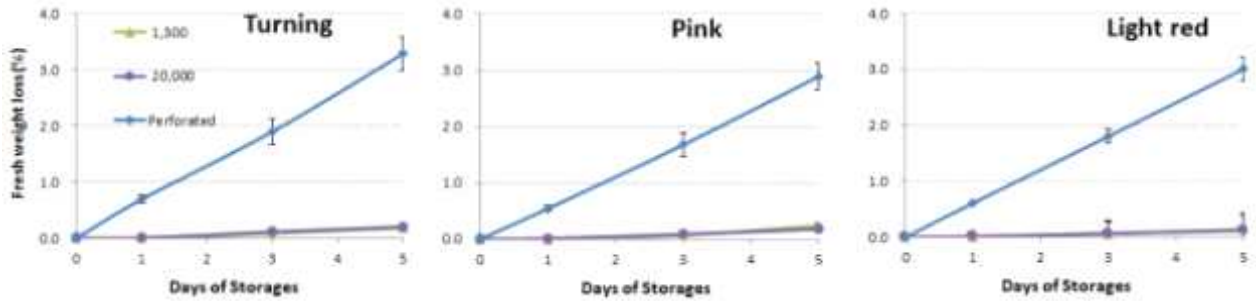


Fig. . 숙기에 따른 상온에서의 MAP 저장 중 생체중 감소율

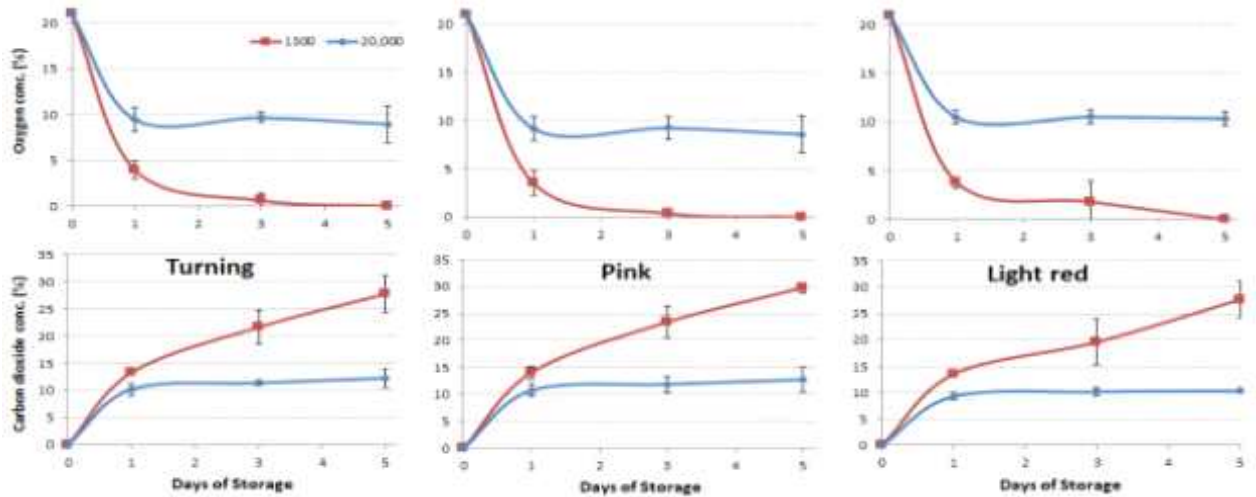


Fig. . 숙기에 따른 상온에서의 MAP 저장 중 포장내 산소 및 이산화탄소 농도

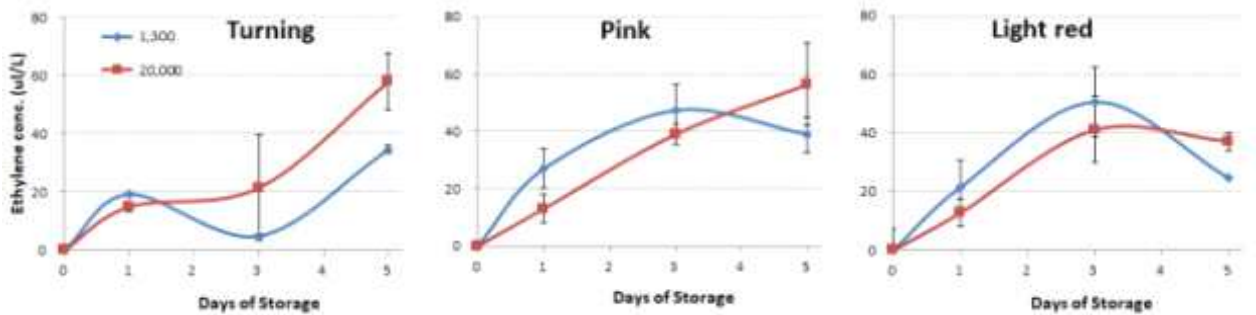


Fig. . 숙기에 따른 상온에서의 MAP 저장 중 포장내 에틸렌 농도

포장내 에틸렌 농도는 채색기의 경우 20,000cc, 도색기와 적색기의 경우 1,300cc가 다소 높은 수치를 나타내었으나 통계적 유의성은 없었다.

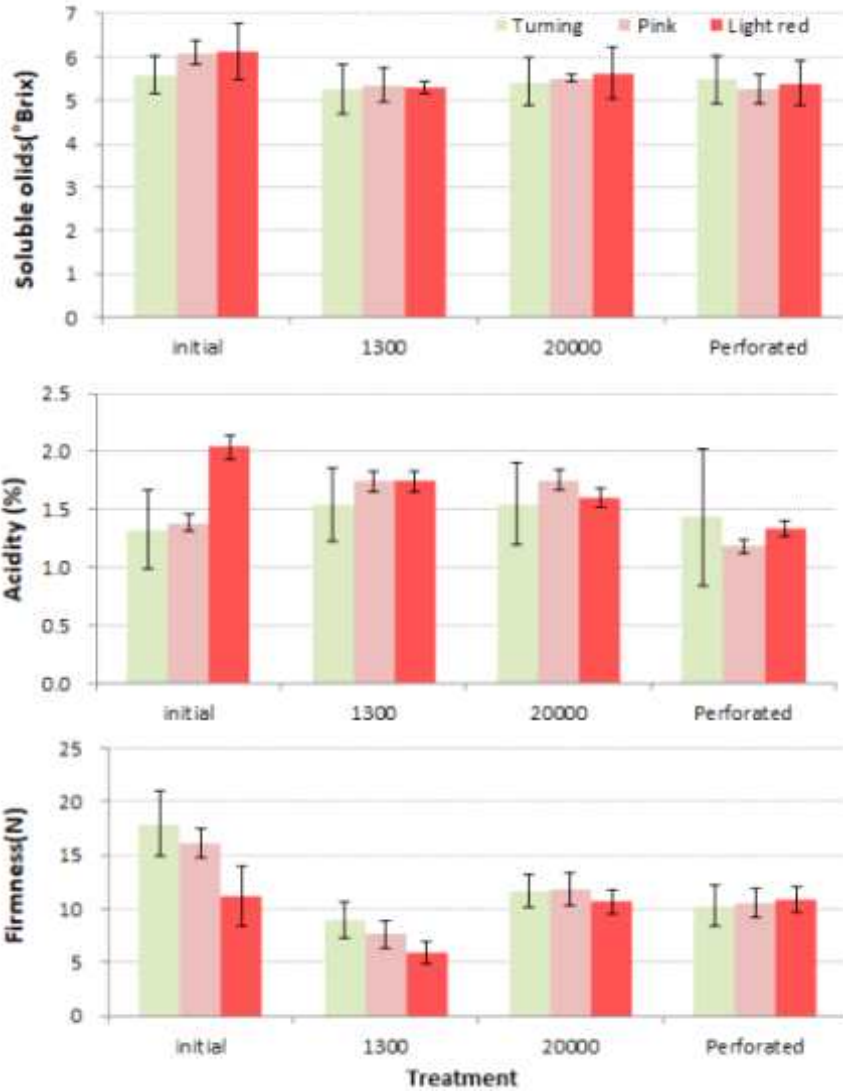
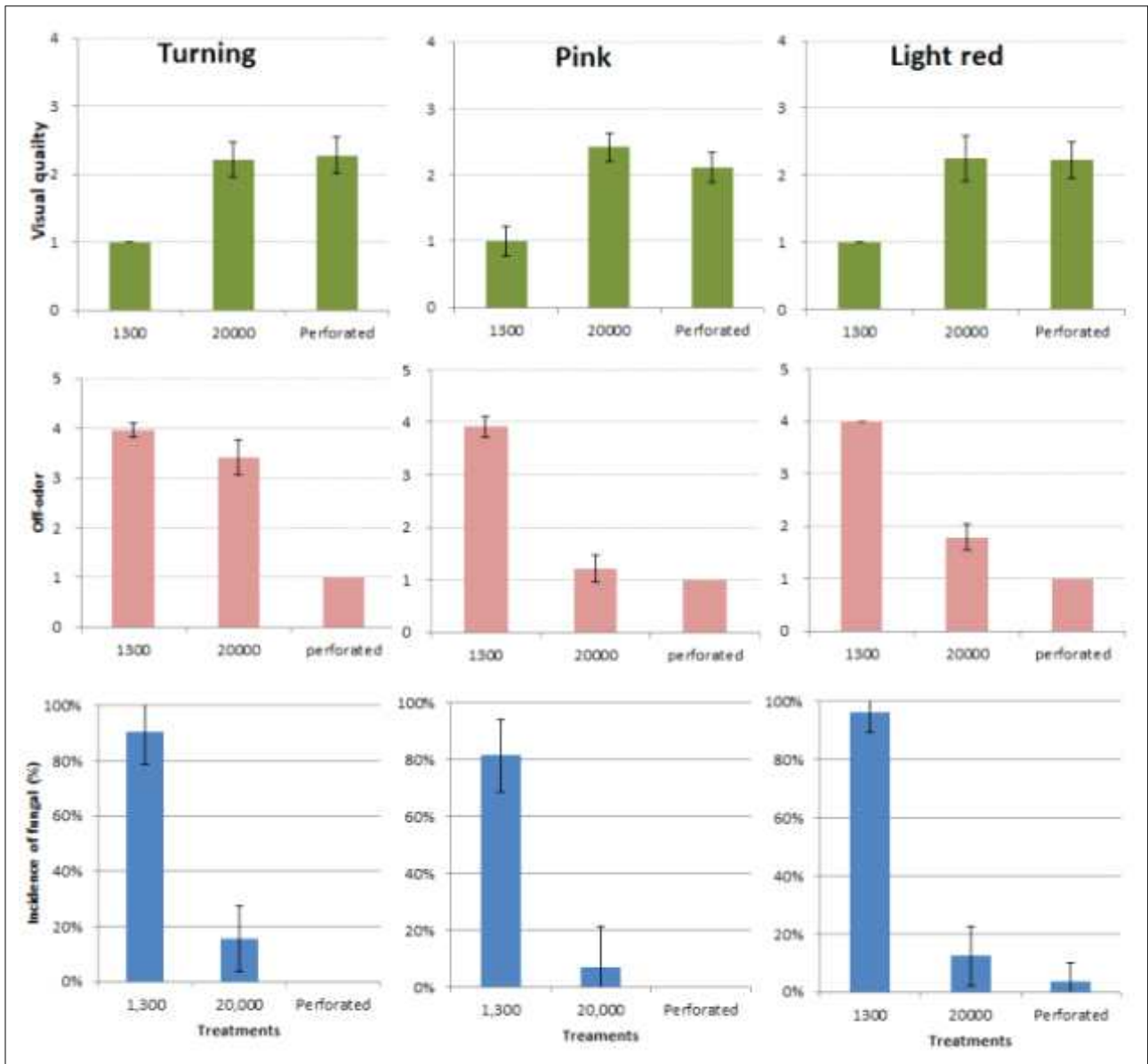


Fig. . 숙기에 따른 상온에서의 MAP 저장 종료일의 당도, 산도, 경도

저장 종료일의 당도와 산도는 모든 처리구 유사한 값을 나타냈고, 경도의 경우 20,000cc에서 양호하였으며 숙도에 따른 차이는 없었다.

Fig. . 숙기에 따른 상온에서의 MAP 저장 종료일의 외관, 이취, 곰팡이 발생률

저장 종료일의 외관은 세 숙기 모두 20,000cc가 양호 하였으며, 이취는 유공을 제외한 20,000cc가 1,300cc에 비해 낮게 나타났다. 곰팡이 발생률은 1,300cc의 경우 80%이상이 발생을 하였고, 20,000cc와 유공 처리구는 20% 미만이었다.



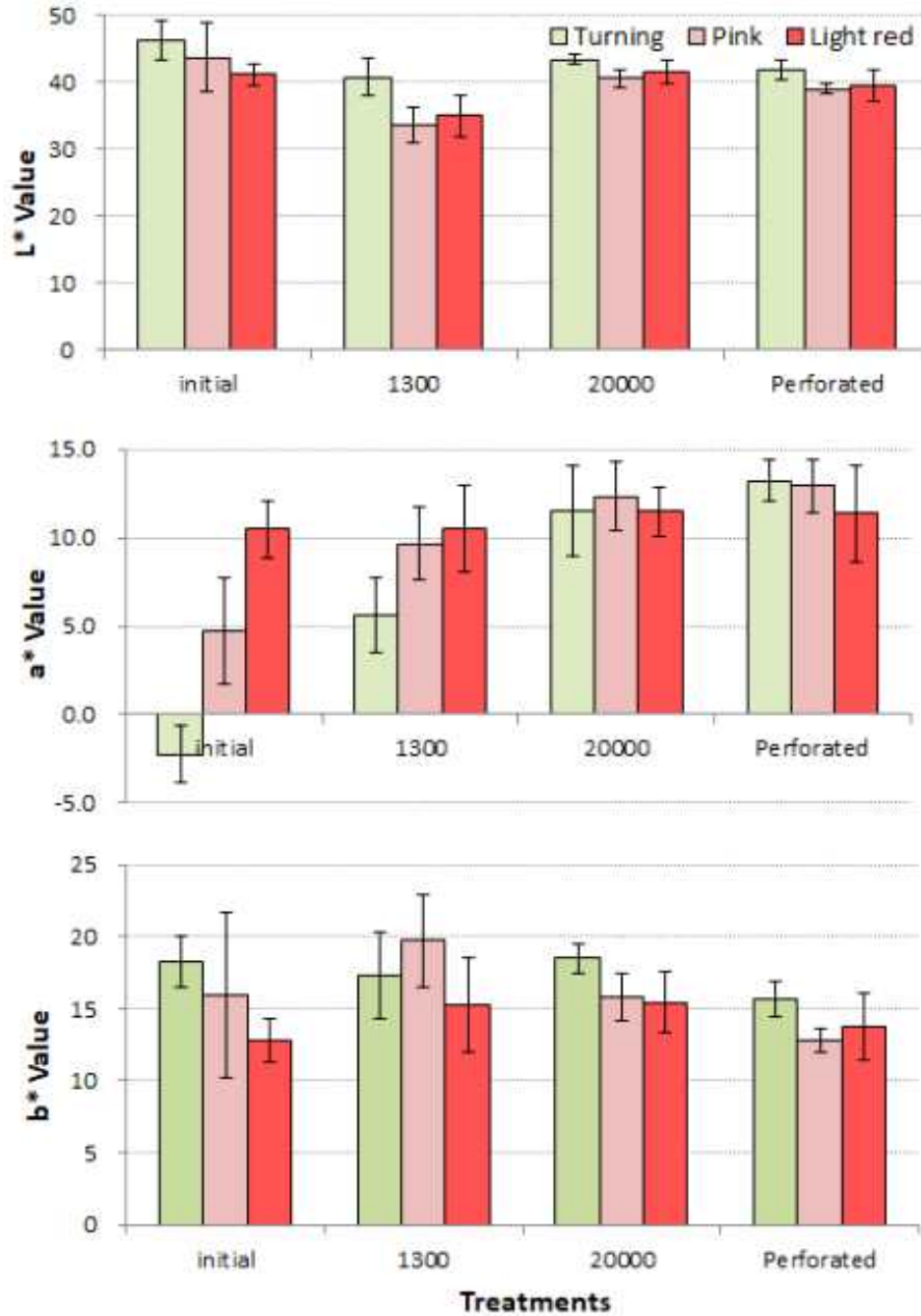


Fig. . 숙기에 따른 상온에서의 MAP 저장 종료일의 색도

저장 종료일의 색도는 빨간색을 나타내는 a* 값을 보면 숙기의 차이에 따라 숙기가 진행이 되어 차이가 나타났으며 명도나 노란색을 나타내는 b*의 차이는 나타나지 않았다. 이상의 결과를 종합해 보면, 외관상 양호하며 이취가 적게 발생되고 곰팡이 발생율이 낮은 도색기의 토마토를 수확하여 20,000cc 필름으로 MAP 하는 것이 적합하다고 판단된다.

4. 수송 중 선도 유지를 위한 환경 모니터링 기술 개발 및 현장 적용

가. <딸기>

(1) 모의유통 조건에서의 몇가지 처리가 MA저장에 미치는 영향

: 모의유통 조건에서 4협동의 신기능 필름에 도포된 jasmonic acid 를 OTR 필름에 적용하여 MA저장하였으며, 오존(O₃)가스를 주입하여 복합처리하여 저장성을 비교하였음

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 '매향' 딸기

처리방법: 4협동 신기능 필름_Jasmonic acid 필름, O₃ 주입 및 복합처리

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름 및 20,000cc OTR 필름에 Jasmonic acid 코팅, 5°C /20일

조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취, 곰팡이



Fig. . OTR 필름에 Jasmonic acid 도포

○ 연구결과

저장 중 생체중 감소율은 기존 포장 방법인 유공저장 처리구가 저장 종료일인 20일에 5%

내외의 수치를 보였으며, MA저장 처리구 모두 1%이하의 낮은 감소를 나타냈다. MA저장 포장내 산소와 이산화탄소 농도는 저장 10일 이후 급격한 변화하며 이산화탄소의 경우 저장 종료일에 30%내외의 높은 농도를 보였다. 저장 종료일의 당도는 모든 처리구가 초기값과 유사한 수치를 나타내었고, 산도와 경도의 경우 모든 처리구가 초기값보다 감소하였으나 처리구간의 차이는 나타나지 않았다.

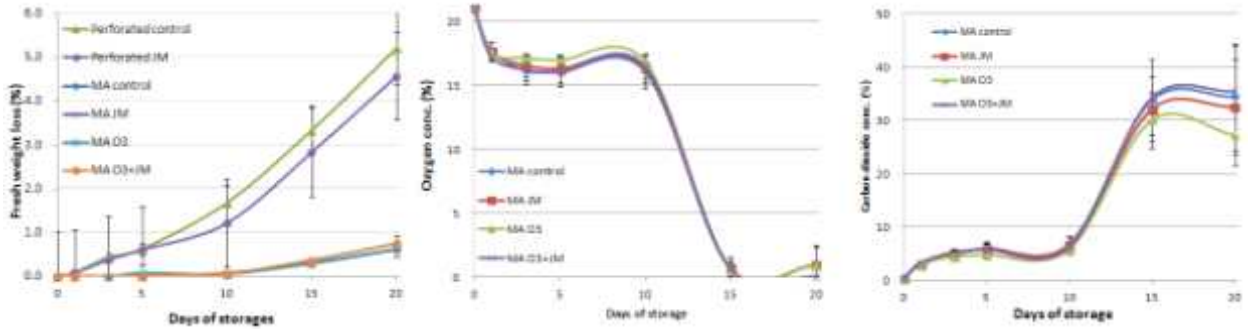


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 중 생체중 감소율, 포장내 산소 및 이산화탄소 농도

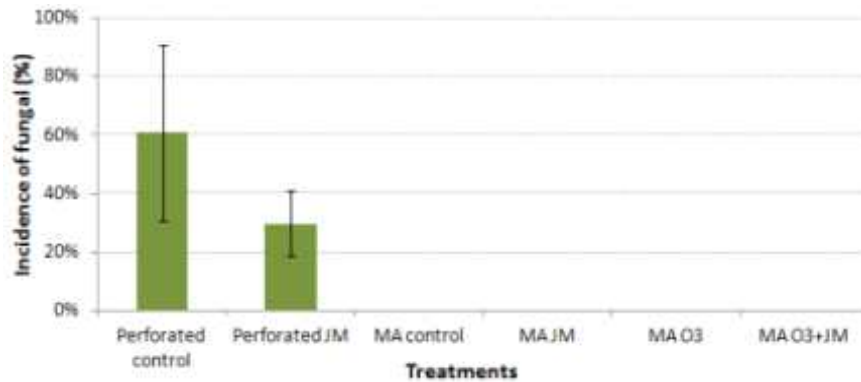


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 곰팡이 발생을

저장 종료일의 곰팡이는 유공 처리구에서만 나타났는데, 대조구에 비해 JM처리 처리구가 50%가량 낮았다. MA저장 처리구에서는 곰팡이가 나타나지 않았다.

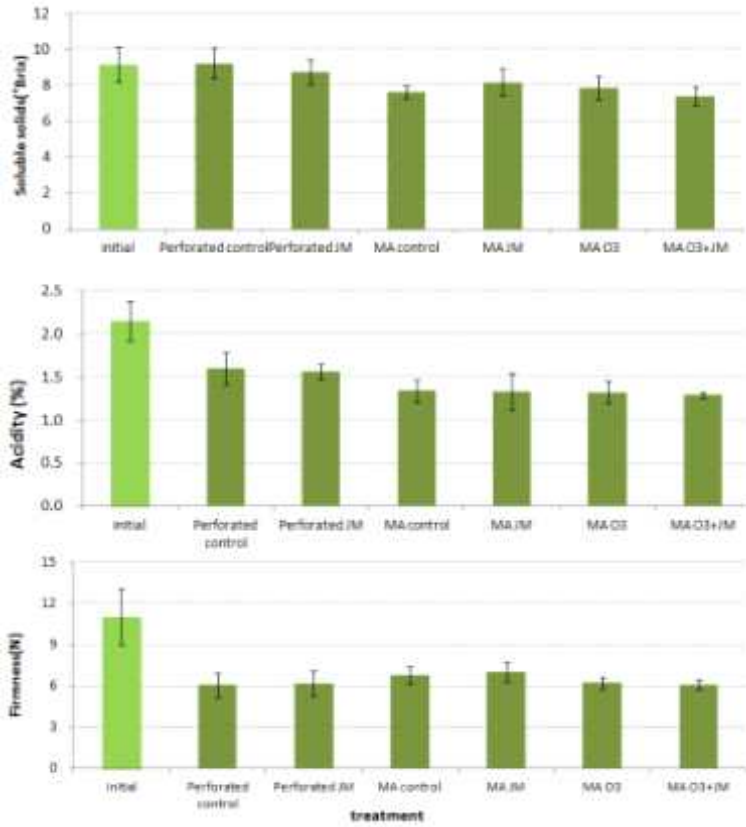


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 당도, 산소, 그리고 경도

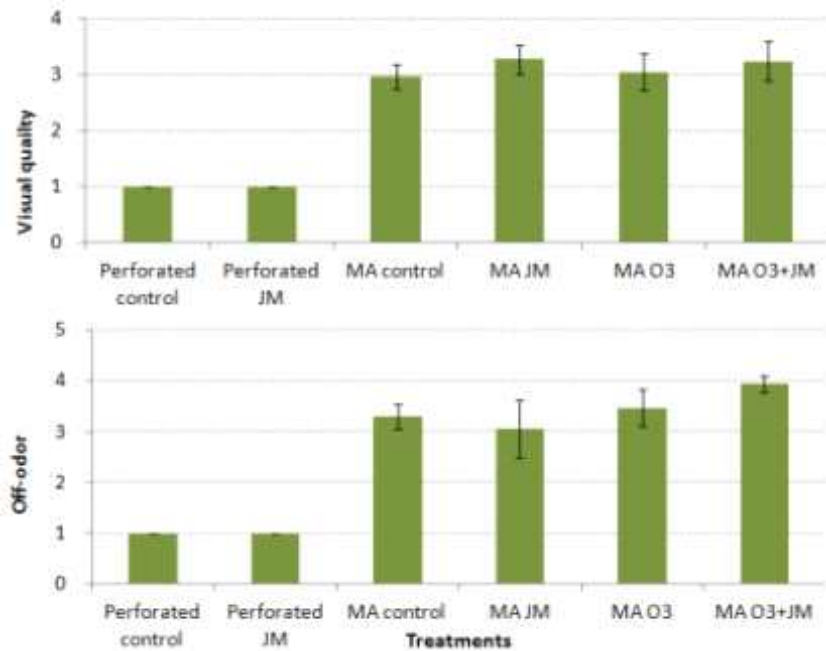


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 외관과 이취

저장 종료일의 패널테스트를 통한 외관상 품질은 MA저장 처리구 모두 양호 하였으나, 이취를 다소 발생하였다. 과육의 색도는 모든 처리구 유사한 수치를 나타내었다. 이상의 결과

를 종합해보면, OTR필름에 도포된 Jasmonic aci와 오존가스 주입은 곰팡이 발생을 억제 하는 효과를 지닌 것으로 판단된다.

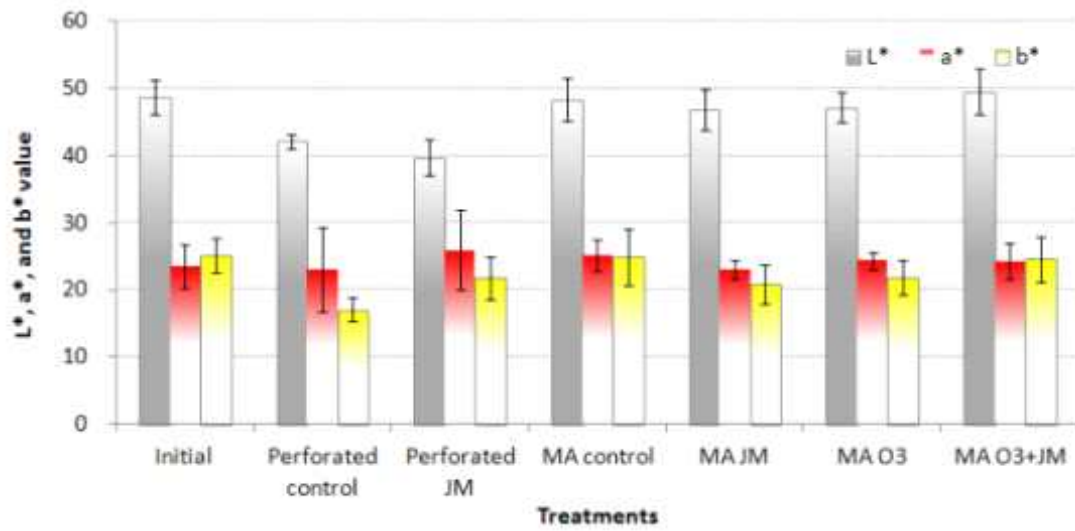


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 색도

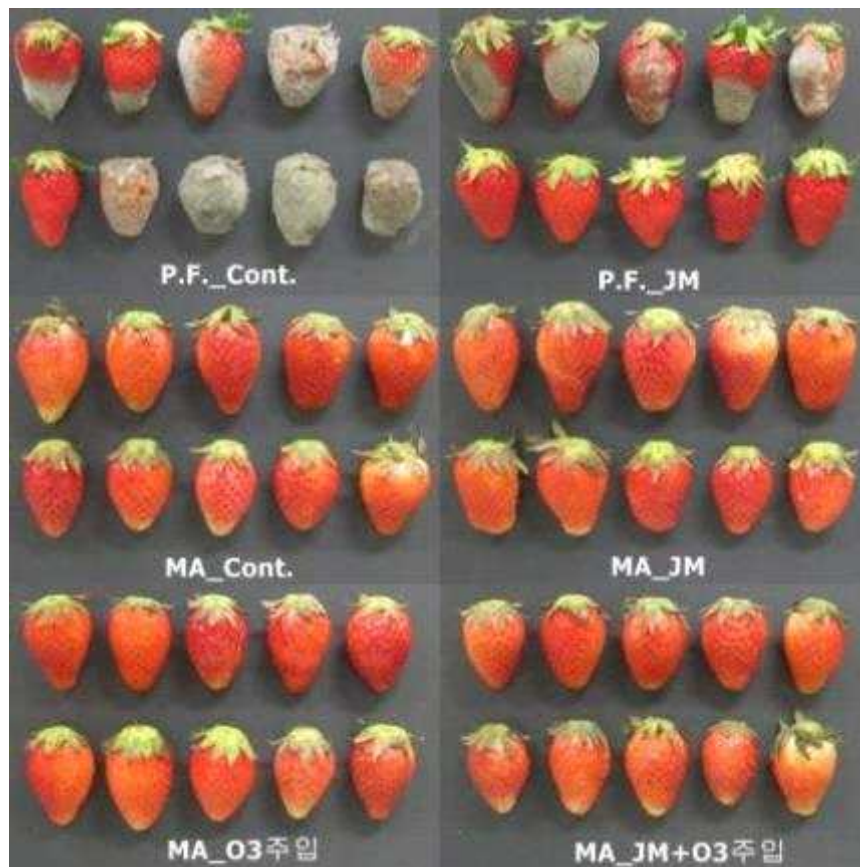


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 외관

(2) 싱가포르 수출시 몇가지 처리가 MA저장에 미치는 영향(현장 적용)

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 ‘매향’ 딸기

처리방법: 4협동 신기능 필름_Jasmonic acid 필름, O3 주입 및 복합처리하여 싱가포르 수출 현장적용

경남 진주에서 처리하여 선박 컨테이너로 싱가포르까지 선적 후 상온에서 2일간 저장

(총15일)

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름 및 20,000cc OTR 필름에 Jasmonic acid 코팅

조사항목: 생체중 감소율, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

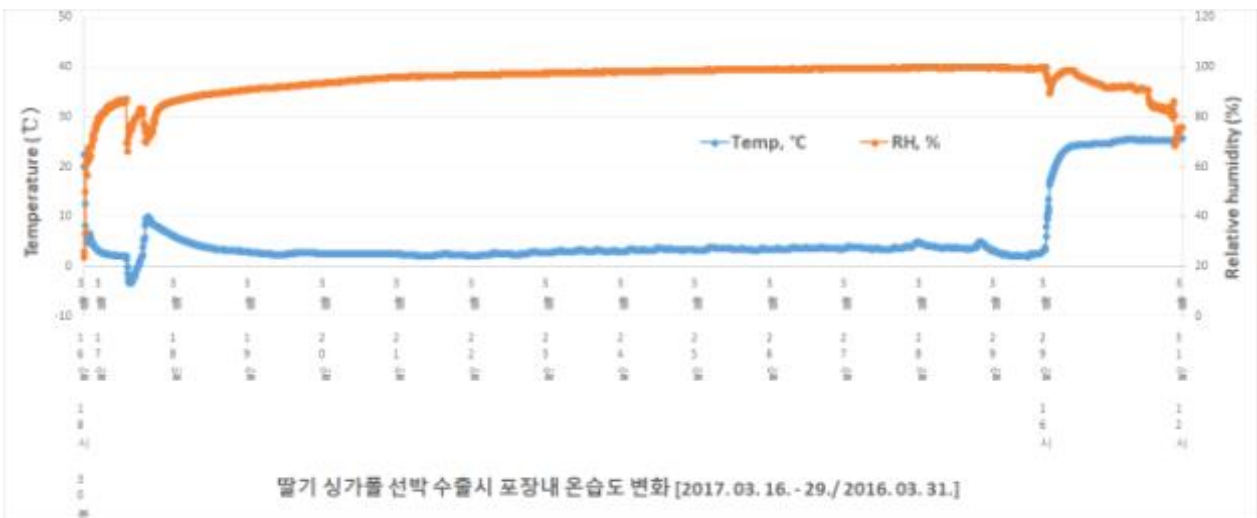


Fig. . 딸기, 토마토 싱가포르 선박 수출시 포장내 온습도 변화

싱가포르 수출 현장 적용 처리구의 저장 종료일의 생체중 감소율은 유공저장 처리구의 경우 1% 이상의 수치를 보였고, MA저장 처리구의 경우 0.5% 이하를 나타냈다. 유공포장 하였음에도 불구하고 약 보름간의 저장 기간동안 1%의 낮은 감소율을 나타낸 것은 수출 컨테이너내 습도가 거의 100%를 유지하였기 때문에 수분손실로 인한 생체중 감소율은 낮았다고 판단된다.

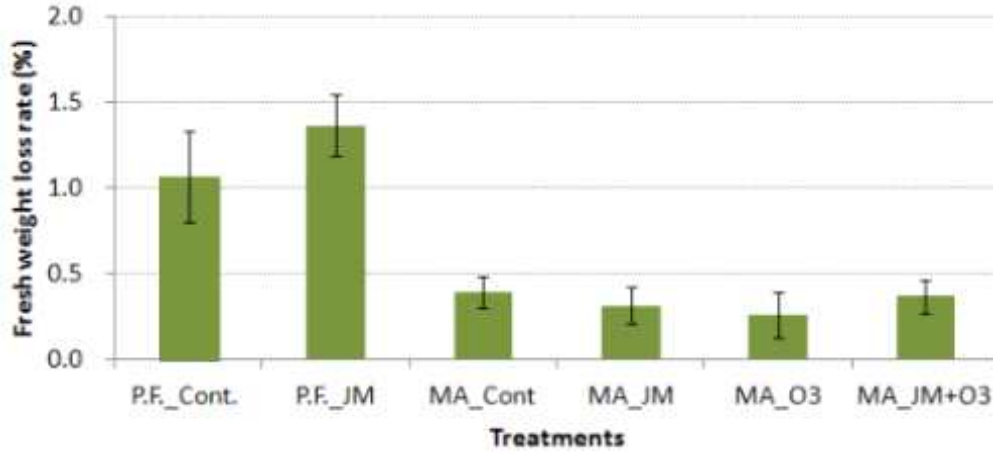


Fig. . 딸기 수출 현장 적용 처리구의 저장 종료일의 생체중 감소율

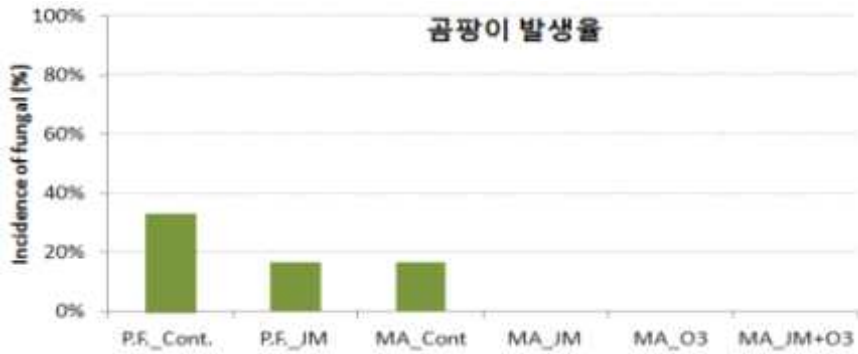


Fig. . 딸기 수출 현장 적용 처리구의 저장 종료일의 곰팡이 발생율

저장 종료일의 곰팡이 발생율은 유공 대조구, 유공_JM, 그리고 MA저장 대조구에서 나타났으며 나머지 처리구에서는 발생하지 않았다. 당도는 모든 처리구에서 초기값과 유사한 값을 나타내었고, 산도는 MA저장 처리구에 비해 유공 처리구가 다소 낮았지만 통계적 유의성은 없었다. 경도는 MA_JM 처리구가 가장 높은 수치를 나타냈다.

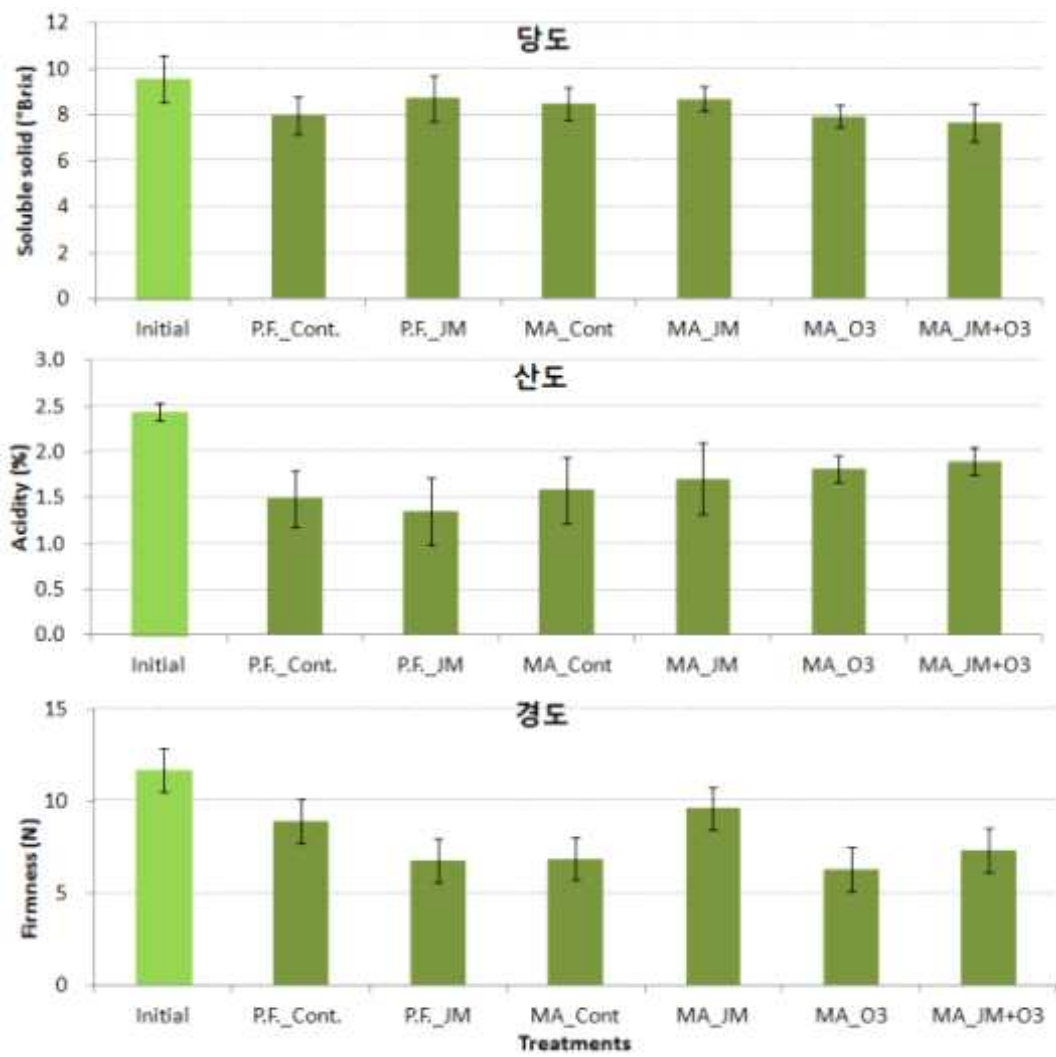


Fig. . 딸기 수출 현장 적용 처리구의 저장 종료일의 당도, 산도, 경도



Fig. . 딸기 수출 현장 적용 처리구의 저장 종료일 외관

나. <토마토>

(1) 모의유통 조건에서의 몇가지 처리가 MA저장에 미치는 영향

○ 연구방법

공시재료: 경남 밀양에서 재배된 소과종 ‘베타티니’
 처리방법: 4협동 신기능 필름, O3 주입 및 복합처리

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름 및 20,000cc OTR 필름에 Jasmonic acid 코팅
 조사항목: 생체중 감소율, 포장내 산소, 이산화탄소, 에틸렌 가스 농도 변화, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취, 곰팡이



Fig. . OTR필름에 Jasmonic acid 도포

○ 연구결과

저장 중 생체중 감소율은 유공저장 처리구의 경우 저장 종료일에 5%에 수치를 보였고, MA저장 처리구는 0.5% 미만의 낮은 감소를 나타냈다. 포장내 산소 농도는 저장 후 계속 감소하였으며, 이산화탄소 농도는 꾸준히 증가하여 저장 종료일인 20일에 20%내외의 높은 수치를 나타내었다.

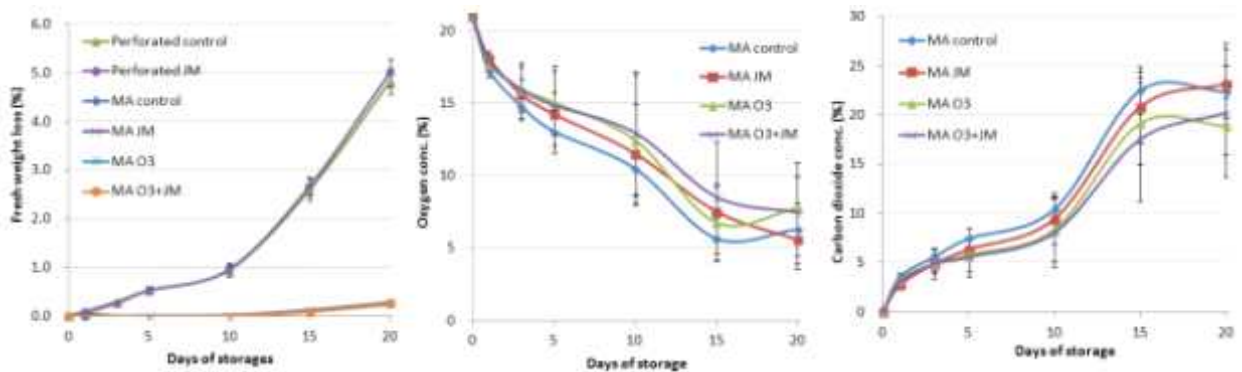


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 중 생체중 감소율, 포장내 산소 및 이산화탄소 농도

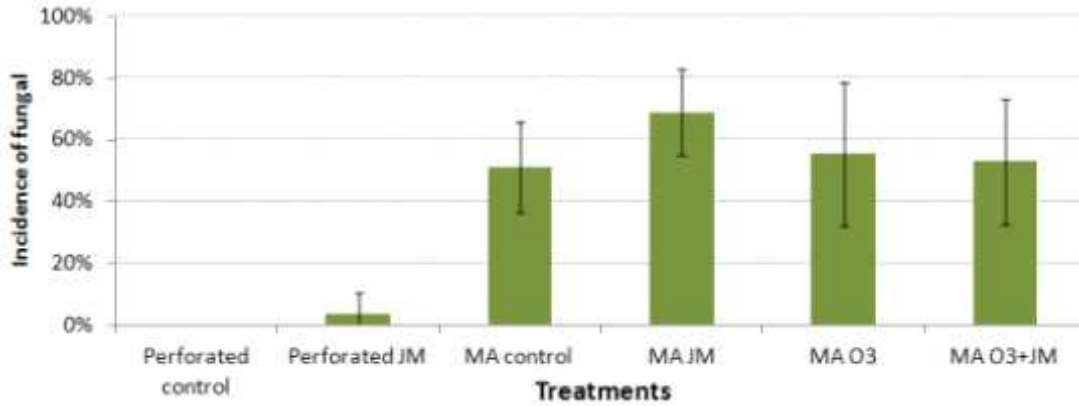


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 곰팡이 발생율

저장 종료일의 곰팡이 발생율은 유공저장 처리구에서 거의 발생하지 않는데 반해 MA저장 모든 처리구에서 50% 이상의 수치를 보였다. 패널테스트를 통한 외관상 품질도 유공저장 처리구가 우수하였으며, 곰팡이를 발생한 MA저장 처리구에서 이취도 상당량 발생하였다. 색도, 당도와 산도는 모든 처리구가 초기값과 유사한 값을 나타냈고, 경도는 유공저장 대조구와 MA저장 오존처리구가 높았다.

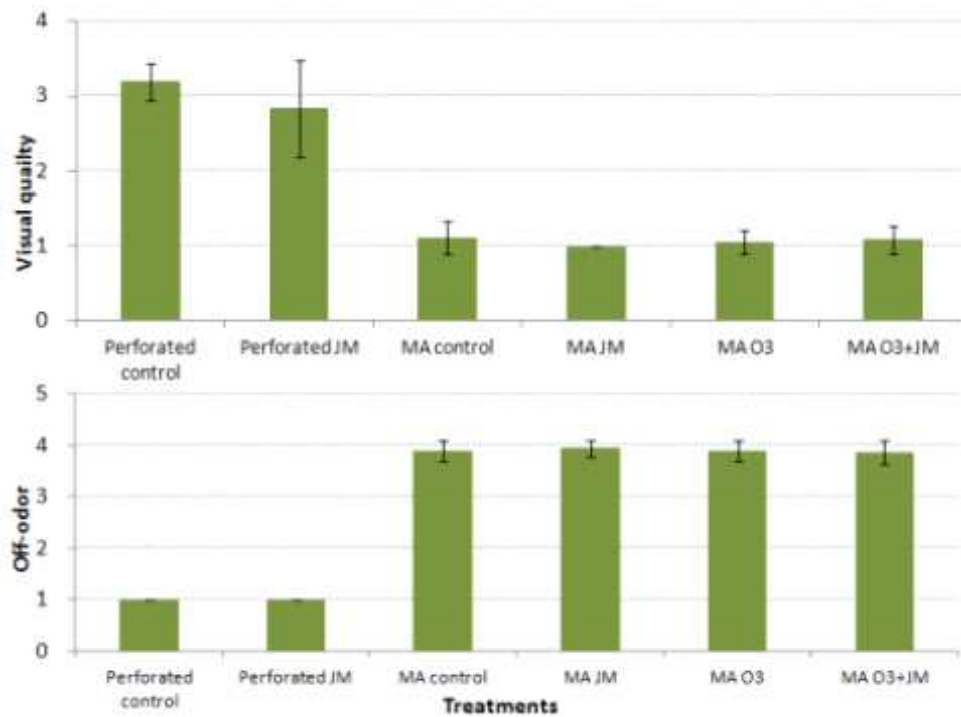


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 외관과 이취

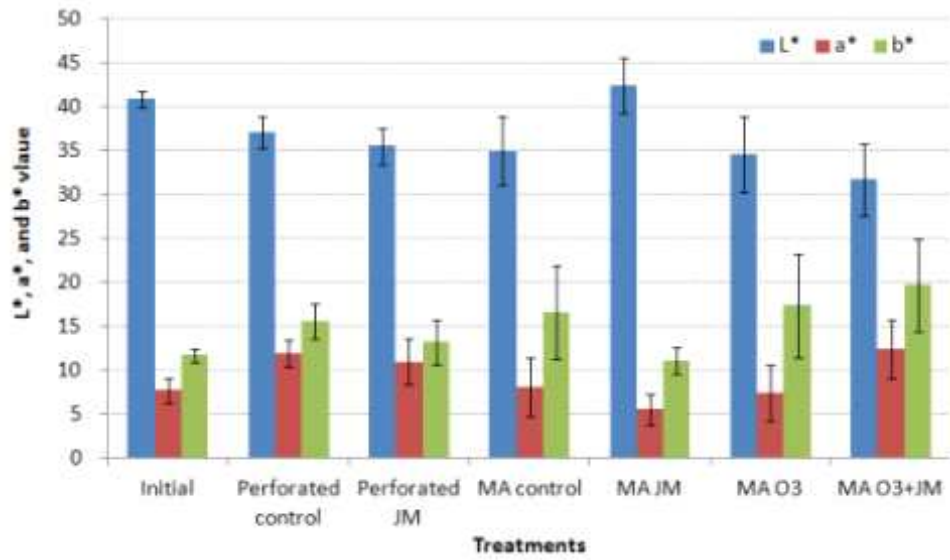


Fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 색도

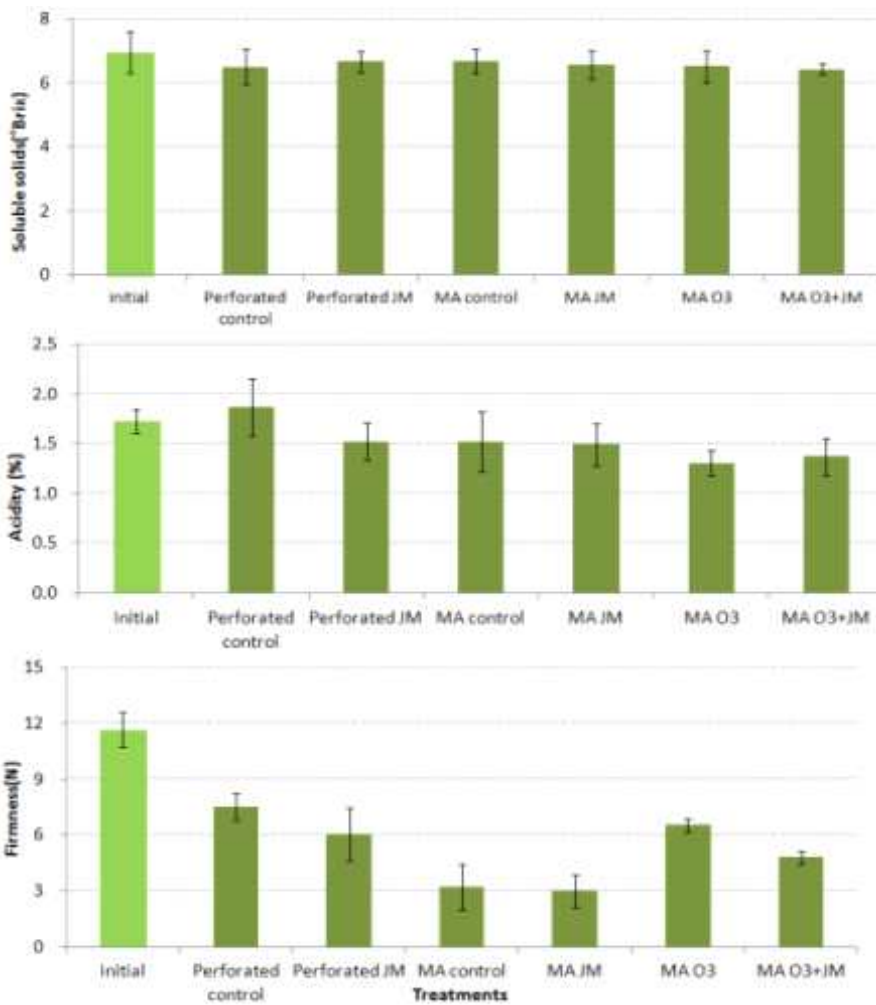


fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 당도, 산도, 경도



fig. . 모의유통 조건에서 몇가지 처리 후 저장 종료일의 외관

(2) 싱가포르 수출시 몇가지 처리가 MA저장에 미치는 영향(현장 적용)

○ 연구방법

공시재료: 경남 진주시에서 재배된 ‘매향’ 딸기

처리방법: 4협동 신기능 필름_Jasmonic acid 필름, O3 주입 및 복합처리하여 싱가포르 수출 현장적용경남 진주에서 처리하여 선박 컨테이너로 싱가포르까지 선적 후 상온에서 2일간 저장(총15일)

저장방법: 기존 포장 방법인 유공필름 및 20,000cc OTR 필름에 Jasmonic acid 코팅

조사항목: 생체중 감소율, 당도, 산도, 경도, 색도, 외관, 이취, 곰팡이

○ 연구결과

싱가폴 수출 현장 적용된 처리구의 저장 종료일의 생체중 감소율은 유공저장 처리구의 경우 1.5%내외, MA저장 처리구는 0.5% 내외의 수치를 보이며 수분 손실로 인한 외관상 품질 저하는 나타나지 않았다. 당도와 산도는 초기값과 유사한 값을 나타내었으며, 경도는 모든 처리구가 초기값과 유사하거나 높은 수치를 나타내었다.

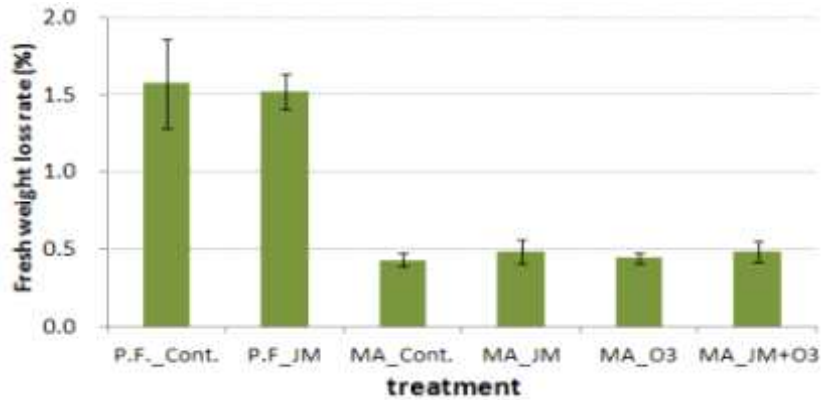


Fig. . 토마토 수출 현장 적용 처리구의 생체중 감소율

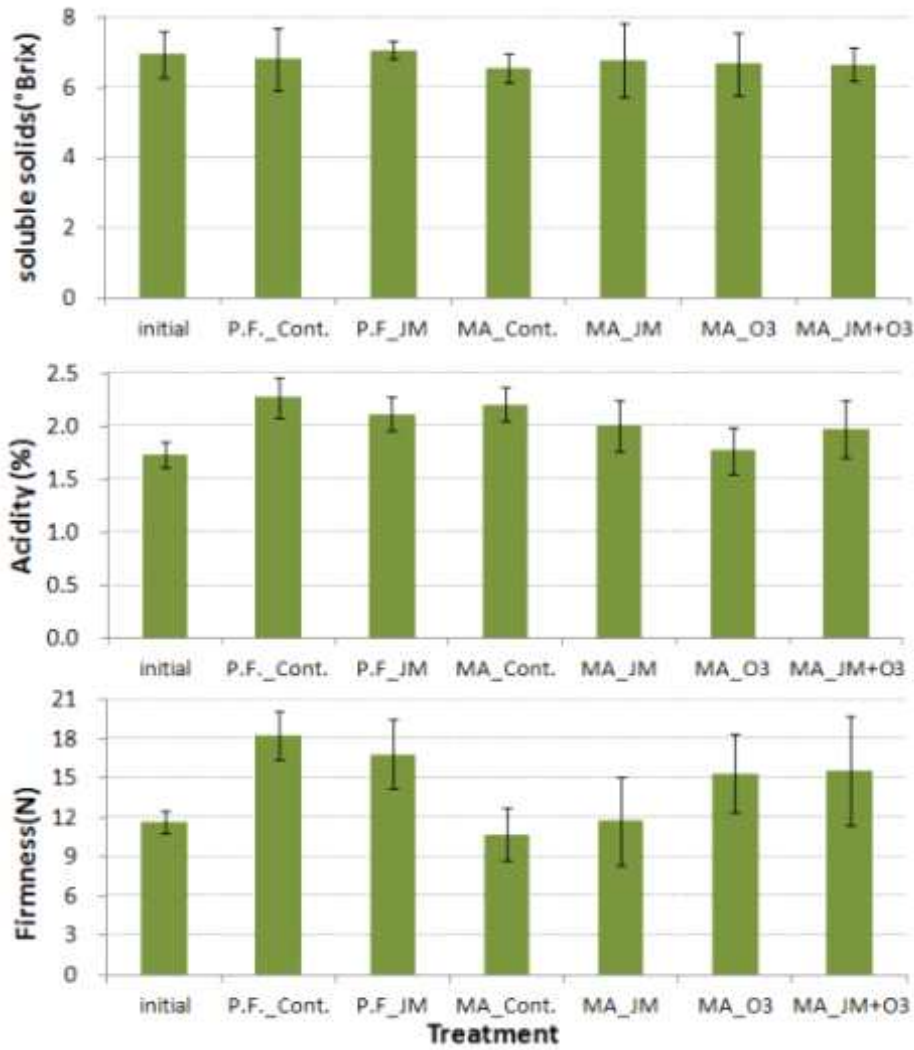


Fig. . 토마토 수출 현장 적용 처리구의 당도, 산도, 경도



Fig. . 토마토 수출 현장 적용 처리구의 외관

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	Ultraviolet light (UVc) irradiation reduced postharvest fungal incidence of Cherry Tomato	강원 농업생명 환경연구	Mohammad Zahirul Islam	27(2): 33-37	대한민국	강원대학교	비SCI	2015.07.24	
2	Cherry Tomato Qualities Affected by Foliar Spraying with Boron and Calcium	Hortic. Environ. Biotechnol	Mohammad Zahirul Islam	57(1): 46-52	대한민국	한국원예학회	SCIE	2016.01.28	ISSN : 2211-3452
3	Chlorine Dioxide Gas Retain Postharvest Quality and Shelf Life of Tomato during Modified Atmosphere Packaging Storage	AGRIVITA	Mohammad Zahirul Islam	39(3): 233-238	인도네시아	Indonesian Agromoni Association	비SCI	2017.07.03	ISSN : 2302-6766
4	재배 시 탄산시비가 딸기 '매향'의 품질과 저장성에 미치는 영향	시설원예·식물공장	최인이	26(2): 140-145	대한민국	한국생물환경조절학회	비SCI	2017.04.30	ISSN : 2288-0992
5	산소투과도를 달리한 MA 필름으로 포장한 딸기 '매향'의 모의 수출 조건에서 품질 고찰	한국포장학회	윤혁성	23(2): 1-5	대한민국	한국포장학회	비SCI	2017.08.30	ISSN : 1226-0207

[제4협동 강원대학교 : 김경수]

<1차년도>

1. 각 단계별 발병 실태 및 생태 조사

○ 생산 단계 모니터링

2014년 8월부터 생산단계의 발병 실태 및 생태를 조사하기 위하여 남부에 위치한 경남 진주시 수곡면 시설채소단지(그림 1)와 중북부에 위치한 강원도 춘천시 우두동 딸기농장(그림 2)에서 발병 모니터링 및 딸기 이병체를 수집하였다. 그 결과 지역에 따른 차이보다 시기에 의한 차이가 있음을 알 수 있었다. 딸기 생육초기(9~10월)에는 적은 양의 탄저병, 흰가루병 그리고 뱀눈무늬병이 발생하였으며, 수확 및 수출시기(11~2월)에 접어들면서 잿빛곰팡이병에 의한 피해가 많은 것을 알 수 있었다(그림 3, 4). 따라서 저장 및 수출 단계에서 잿빛곰팡이병을 방제하는 것이 중요하다는 것을 예측할 수 있었다.



그림 1. 경남 진주시 수곡면 소재 시설채소단지.



그림 2. 강원도 춘천시 우두동 소재 딸기농장.



그림 3. 시기 별 딸기 주요 진균 병해.



흰가루병

잎모무늬병

잿빛곰팡이병

그림 4. 딸기 생산단지에서 발생한 주요 병해.

○ 유통 단계 모니터링

유통 단계에서 발생하는 주요 병해를 알아보기 위하여 시중에 유통중인 딸기들을 구입하였다. 그리고 밀봉하여 상온에 보관함으로써 발병을 유도하였다. 그 결과 배양 5일차에서 확연히 발병이 확인되었고, 12일이 지나자 용기 내 모든 과실에 잿빛곰팡이병이 심각하게 발생하는 것을 확인하였다 (그림 5). 딸기 재배 후기의 수확 및 저장단계에서 문제시 되었던 잿빛곰팡이병이 유통단계에서도 발병조건이 조성되면 충분히 발병을 일으킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

2. 생산-APC-수송 단계별 주요 병원균의 균학적 특성 조사

생산과 유통단계에서 발생하는 주요 병원균 잿빛 곰팡이병을 순수분리하고 ITS region을 분석한 결과, *Botrytis cinerea*로 동정되었다(표 1). 그리고, 현미경으로 포자를 관찰한 결과 빗자루 모양의 conidiophore와 동그란 계란모양으로 약간 돌출된 특징이 관찰되어 Gray mold를 일으키는 잿빛곰팡이병(*B. cinerea*)임을 다시 한 번 확인하였다 (그림 6). 현재에 잿빛



그림 5. 유통단계에서 구입한 딸기의 발병유도를 통한 주요 병해 모니터링. 곰팡이병원균의 균주 수집을 수행하고 있으며, 일정 수가 모이면 균학적 특성을 조사할 예정이다.

표 1. 딸기 주요 병원균의 ITS region의 분석을 통한 동정

ITS sequence		
AATCGAGCTCTGCCCGAAGGGTAGACCTCCCACCCTTGTGTATTATTACTTTGTTGCTTTGGCGAGCTGCCT TCGGGCCTTGTATGCTCGCCAGAGAATACCAAAACTCTTTTATTAATGTCGCTGAGTACTATATAATAG TTAAAACTTTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAAATGCGATAAGTAATG TGAATTGCAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATTGCGCCCTTGGTATTCCGGGGGGCATG CCTGTTTCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCTTAGCTTGGTATTGAGTCTATGTCAGTAATGGCAGGCTCTAA AATCAGTGGCGCGCCGCTGGGTCCTGAACGTAGTAATATCTCTCGTTACAGGTTCTCGGTGTGCTTCTGCC AAAACCCAAATTTTTCTATGGTTGACCTCGGATCAGGTAGGGATACCCGCTGAACTTAAGCATATCAAAGG CCCGGAGGACGAATCATTACAGAGTTCATGCCCGAAAGGGTAGACCTCCCACCCTTGTGTATTATTACTTTGT TGCTTTGGCGAGCTGCCTTCGGGCCTTGTATGCTCGCCAGAGAATACCAAAACTCTTTTATTAATGTCGTC TGAGTACTATATAATAGTTAAAAGTTCACCAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAAACGCAGCGC AATGCGATAGTAATGTGAATTGCAAAATTCATGAAATCATCGAATCTTGAACGCACATTCGCTCCTTGGTAT TCGGGGGGGCATGCCTGTTTCGAGCGTCATTCACCTAGCTTAGCCTGGGTATTGAGTCTATGTCAGTAATGGC AGGCTCTAAATCAGTGGCGGCCCTTGGGTTCTGAACGTAGTAATATCTCTCGTTACAGGTTCTCGGTGTG CTTCTGCCAAACCAATTTTTCTATGTTGACTCGGATCAGTTGGATTACCCGCTGACCTAAGCATATCATA ATCGGAAGAAATTT		
Description	Accession	Identity
Botrytis cinerea	KP151609.1	99%

3. 수출 딸기 선도 유지 저하 원인균 대상 수확 전 살균제 처리 효과 검증

병원균 분리 및 보관

딸기 저장 및 수송과정에서 문제를 일으키는 잣빛곰팡이병원균에 대한 살균제의 효과를 검증하고자 하였다. 잣빛곰팡이병이 발생한 딸기 열매에서 병원균인 *Botrytis cinerea*를 단포자 분리하여 실험에 사용하였다. 채집한 시료에서 건전 부위와 발병 부위를 적당한 크기로 잘라 ampicillin이 들어간 PDA배지에 치상 후 25°C 배양기에서 3일간 키운 후 순수한 잣빛곰팡이병원균을 얻기 균사 끝부분을 새로운 PDA배지에 치상하였다. 이를 3번 반복하였다. 오염되지 않은 잣빛곰팡이를 얻은 후 단포자 분리를 위해 4일간 키운 잣빛곰팡이를 4일간 광처리를 하여 포자를 발생시켰다. 단포자 분리를 위해 병징 표면에 형성된 포자를 현미경으로 관찰하며 단포자 분리를 하였다. 분리한 단포자를 PDA배지에 이식하고 25°C 배양기에서 포자생성을 유도 후 (균사 생장 4일 + 광조건 3일), -72°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

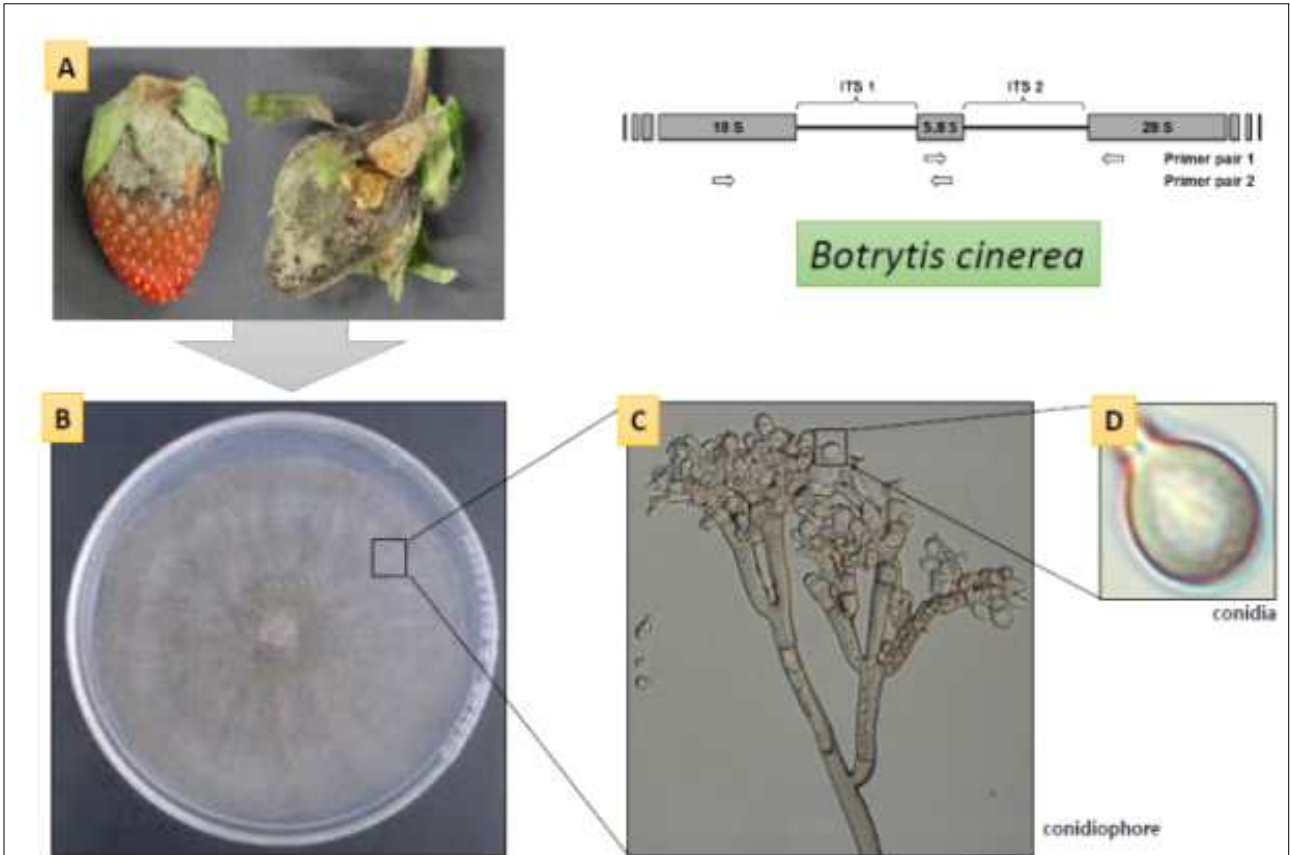


그림 6. 생산-APC-수송 단계별 주요 병원균 잿빛곰팡이병. A. 딸기 잿빛곰팡이병 이병체, B. PDA배지 배양, C. 잿빛곰팡이병 conidiophore, D. 잿빛곰팡이병 conidia.

살균제 선별

국내에서 시판중인 살균제들 중 잿빛곰팡이병이 등록된 약제들의 작용기작을 알아보았다. 그 결과 스테롤 합성저해를 일으키는 기작이 24개로 가장 많았으며, 신호전달을 억제하는 기작이 17개, 세포분열과정을 억제하는 기작이 16개, 그리고 호흡과 관련된 기작의 살균제가 14개가 있었다. 그 외에 세포벽 합성 억제, 단백질 합성 억제, 복합적인 기능의 작용기작을 갖는 살균제들이 시판되고 있었다 (표 2).

표 2. 국내 등록된 잿빛곰팡이병 살균제의 작용기작

Mode of action ^a	ea
Mitosis and Cell Division	16
Respiration	14
Amino Acid and Protein Synthesis	8
Signal Transduction	17
Lipid Synthesis and Membrane Integrity	1
Sterol Biosynthesis in membranes	24
Cell Wall Biosynthesis	5
Multi Site Action	11
Unknown Mode of Action	1

aThe reference data from KCPA,2014 & FRAC

조사한 97개의 살균제 중 잣빛곰팡이병 방제에 많이 사용되고 있는 품목 6개를 선발하였다. 신호전달의 작용기작을 갖는 fludioxonil, iprodione과 단백질 합성저해를 하는 pyrimethanil, 스테롤 생합성 저해를 일으키는 tebuconazole, 기능이 밝혀지지 않은 flutianil, 그리고 호흡을 저해하는 boscalid를 선발하였다 (표 2). 그리고 살균제 Phenylpyrrole계의 fludioxonil(a.i. 20%, SC), Dicarboximide계의 iprodione(a.i. 50%, WP), Anilinopyrimidine계의 pyrimethanil(a.i. 37%, SC), Triazole계의 tebuconazole(a.i. 20%, SC), Thiazolidine계의 flutianil(a.i. 30%, SC), Anilide계의 boscalid(a.i. 49.3%, SL)를 사용하여 잣빛곰팡이병균의 살균제에 대한 감수성 정도를 조사하였다.

표 3. 시험에 사용된 살균제 목록

Name	Class	Percent t (a.i.)	Formulationa	Mode of action
fludioxonil	Phenylpyrrole	20	SC	signal transduction
iprodione	dicarboximide	50	WP	signal transduction
pyrimethanil	Anilinopyrimidine	37	SC	Amino acid and protein synthesis
tebuconazole	Triazole	20	SC	sterol biosynthesis in membranes
flutianil	Thiazolidine	30	SC	Unknown mode of action
boscalid	Anilide	49.3	SL	Respiration

살균제 균사생장 억제 효과검정

병원균에 대한 살균제의 효과를 검정하기 위해서 PDA배지에서 한천희석법으로 병원균의 균사생장 억제효과를 조사하였다. 각 살균제를 PDA배지에 0.1, 1, 10, 100, 1,000, 3,000 ug/mL-1의 농도가 되도록 첨가하였다. PDA배지에 세균의 오염을 방지하기 위해 Ampicillin을 첨가하였다. 분리한 *B. cinerea* 균주를 PDA 배지에 접종한 후 25°C에서 4일간 배양한 후 균총의 직경을 측정하고, 아래 식에 의해서 균사생장 억제율(%)을 계산하였다.

$$\text{균사생장 억제율(\%)} = \{1 - (\text{살균제 첨가 배지에서 균총의 직경} / \text{무처리 배지에서 균총의 직경})\} \times 100$$

*B. cinerea*을 살균제 fludioxonil, iprodione, pyrimethanil, tebuconazole, flutianil, boscalid의 농도를 0.1, 1, 10, 100, 1,000, 3,000ppm의 농도로 맞춰진 PDA배지에 접종하여, 균사생장억제 효과를 확인하였다. 그 결과 fludioxonil과 iprodione의 균사생장 억제율은 0.1ppm을 제외하고는 높았으나, pyrimethanil은 0.1, 1, 10ppm에서는 균사생장억제를 하지 못하였다. 뿐만아니

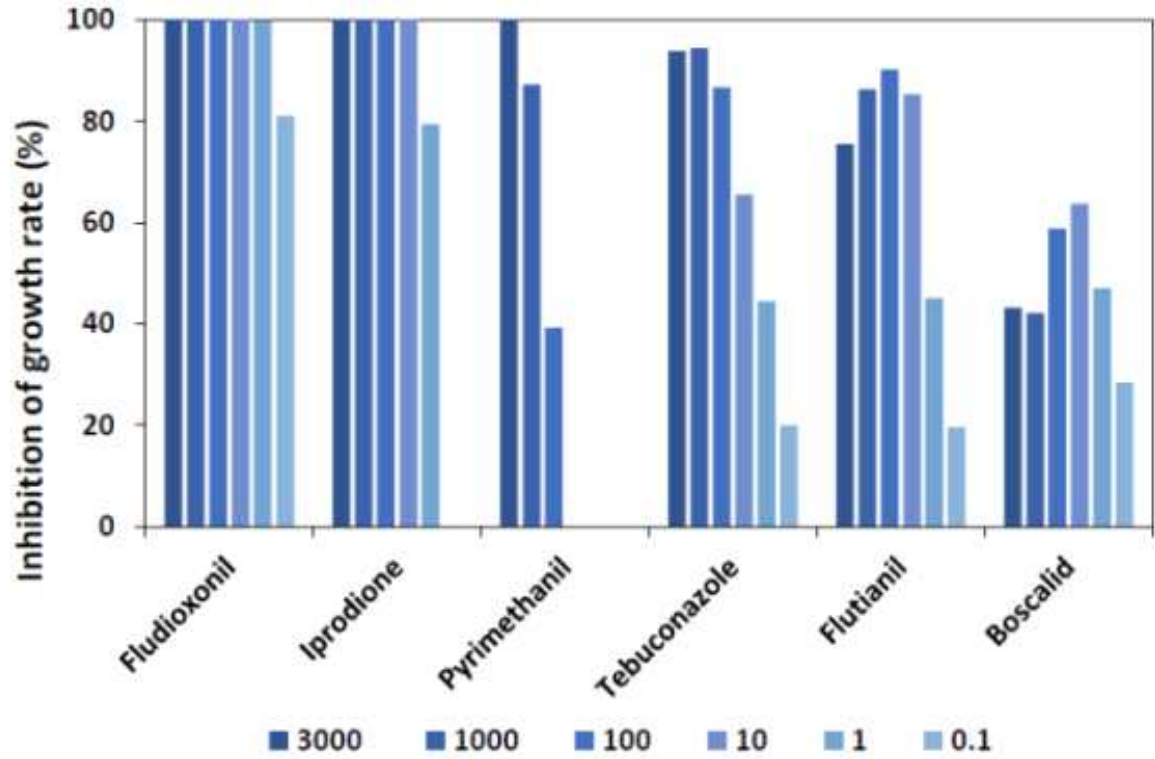


그림 7. 각 살균제에 대한 잣빛곰팡이병의 균사생장 억제효과검정.

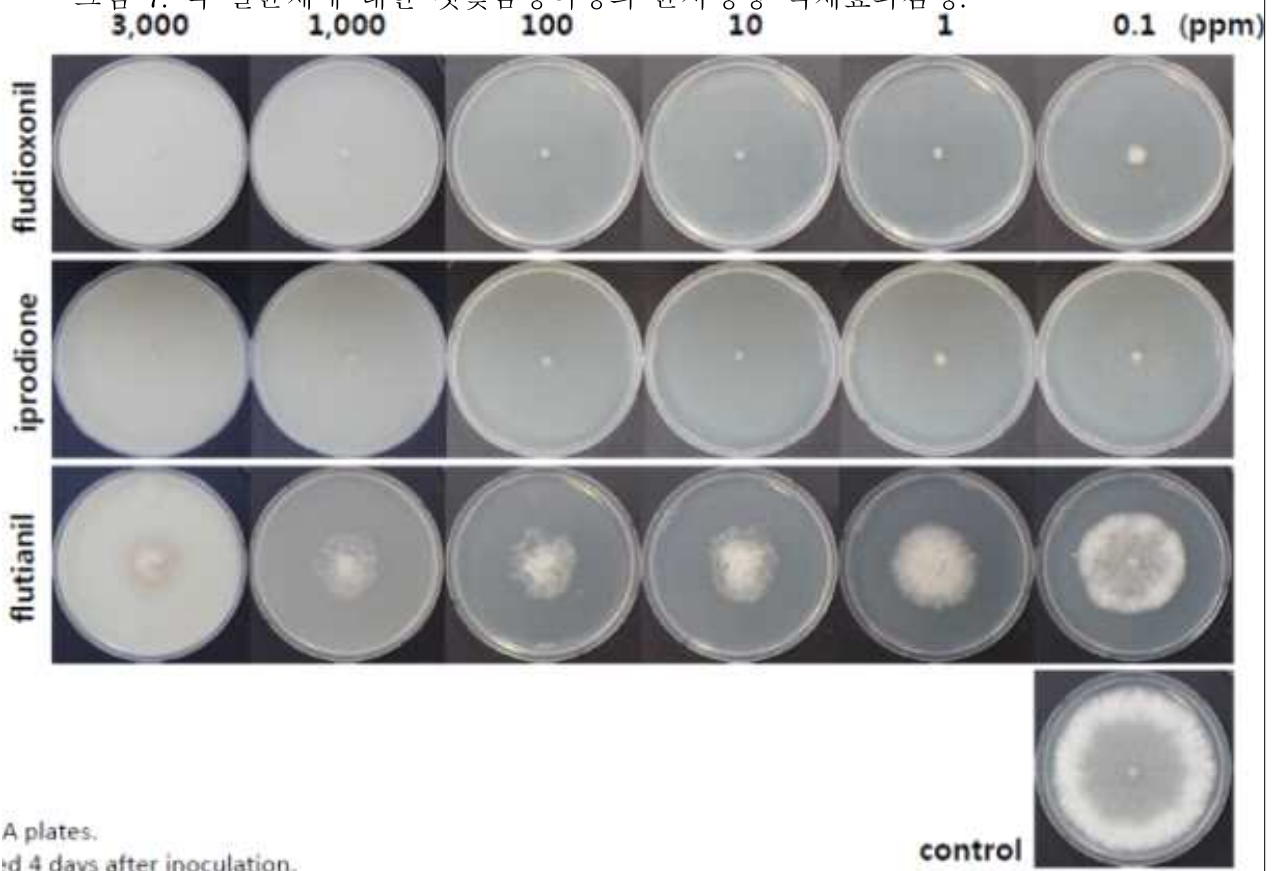


그림 8. 효과가 우수한 살균제 및 효과가 낮은 살균제에 대한 잣빛곰팡이병의 균사생장 억제효과사진.

라 boscalid는 70%의 억제율을 모든 농도(ppm)에서 넘지 못하였다 (그림 7, 8)

살균제 포자발아 억제 효과검정

포자 생성을 위해 PDA에 병원균 균사를 접종하고 25°C에서 4일간 배양 후 광조건에서 4일간 배양하여 형성시켰다. 포자현탁액은 포자가 형성된 배지에 멸균수를 붓고 멸균된 1.5ml tube로 포자를 수확하여 3겹의 멸균된 거즈로 걸러 2.5 x 10⁴ conidia/ml 농도를 만들었다. 이 후에 살균제 fludioxonil, iprodione, pyrimethanil, tebuconazole, flutianil, boscalid를 각각 0.1, 1, 10, 1,000, 3,000배의 농도가 되도록 멸균수를 이용하여 살균제 현탁액을 만들어, 소수성 표면의 slide glass 위에 각 살균제 현탁액 20ul와 포자현탁액 20ul를 섞은 후 습실처리하여 24시간 후 광학현미경 100배 시야에서 발아된 포자수를 측정하였다. B.cinerea 포자현탁액을 살균제를 포함하고 있는 현탁액과 혼합하여 24시간 후 발아율을 조사하였는데, fludioxonil는 포자발아 억제율이 높아 가장 낮은 농도인 0.1ppm에서도 17%의 포자만 발아하였고, iprodione 또한 높은 포자발아 억제율을 보이며 10ppm의 이상의 농도부터는 포자가 거의 발아하지 못하였다. 반면 tebuconazole과 flutianil은 100ppm에서도 39%의 포자발아율을 보여주며 다른 살균제에 비해 상대적으로 낮은 포자발아 억제율을 보여주었다 (그림 9, 10).

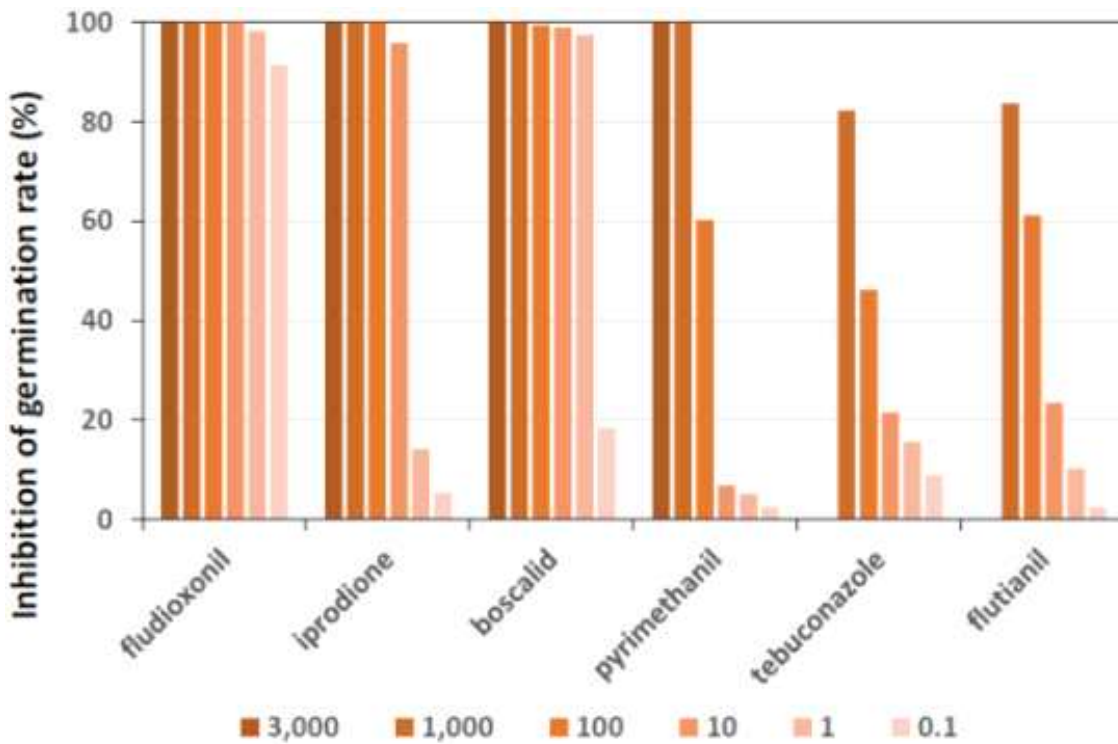


그림 9. 각 살균제에 대한 잣빛곰팡이병의 포자발아 억제효과검정.

<2차년도>

1. 생산-APC-수송 단계의 발병 모니터링 및 생태 분석

딸기의 생육 단계 별로 발생하는 병해를 조사하였다. 가장 큰 피해를 주는 주요병해에는 탄저병 및 흰가루병, 그리고 잣빛곰팡이병이었다. 유포기와 정식초기에 탄저병 발병이 빈번하게 발생하였으나 미세한 점형태의 병징을 보여 발견에는 어려움이 있었다. 그리고 흰가루병은 앞에서 대부분 발견되지만, 주 생산단지에는 주로 꽃과 어린 열매에 이병된 것이 자주 발

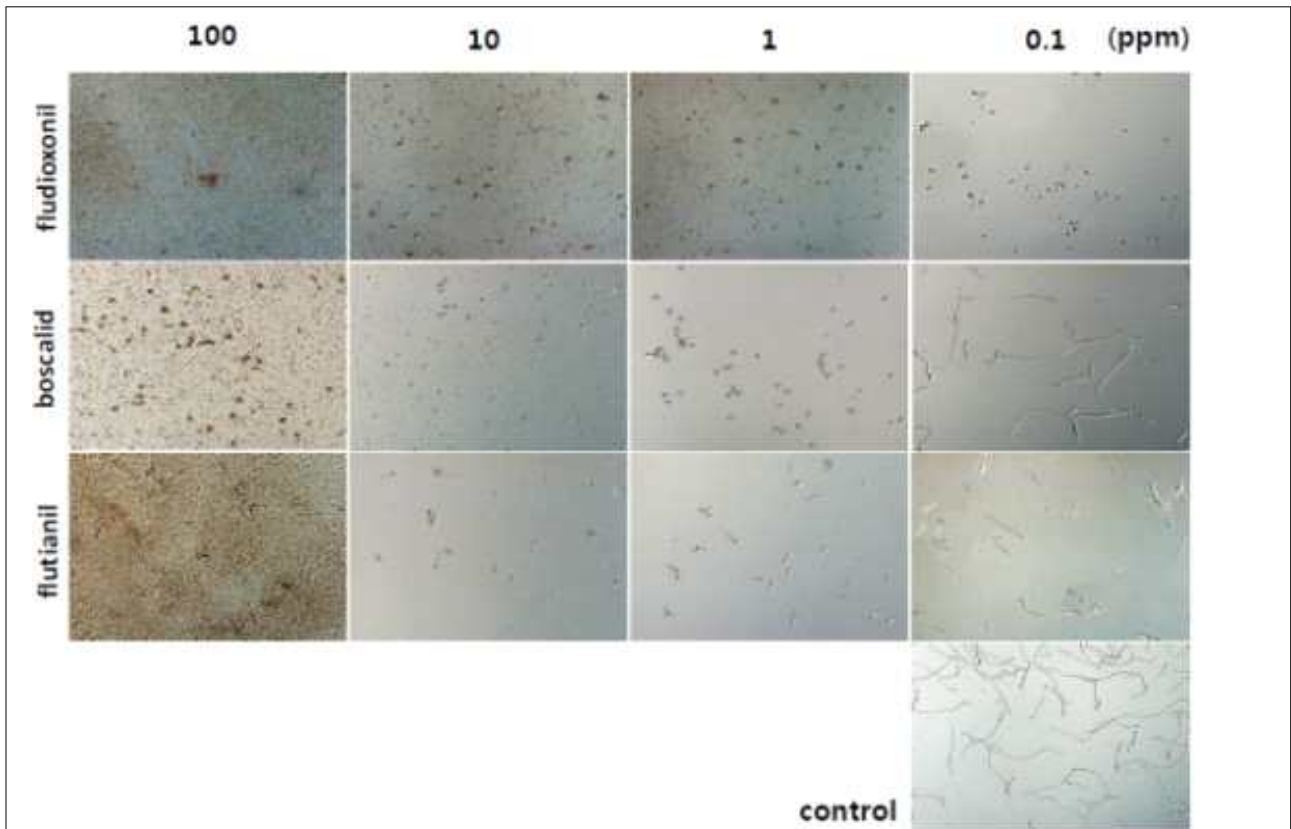


그림 10. 효과가 우수한 살균제 및 효과가 낮은 살균제에 대한 잣빛곰팡이병의 포자 발아 억제효과사진.

건되었다 (그림 11A and 11B). 잣빛곰팡이병은 수송단계 및 보관 시 문제가 되는 심각한 병이다. 그러나 재배 중에 저온 및 다습한 환경이 조성될 경우 생육과정 및 수확 시기에도 발생을 하기 때문에 방제에 주의해야 한다.

2. 생산-APC-수송 단계별 주요 병원균의 균학적 특성 조사

딸기 탄저병의 분리 및 포자 관찰

2년차 연구에는 딸기에 발생하는 주요 병해인 탄저병 집단을 분리하고 균학적 특성을 조사하였다. 탄저병을 분리하기 위하여 채집한 시료에서 건전 부위와 발병 부위를 적당한 크기로 잘라 ampicillin이 들어간 PDA배지에 치상 후 25°C 배양기에서 3일간 키운 후 순수한 탄저병원균을 얻기 위해 균사 끝부분을 새로운 PDA배지에 치상하였다. 이를 3번 반복하고 오염되지 않은 탄저병을 얻은 후 단포자 분리를 위해 키운 탄저병을 광처리하여 포자를 발생시켰다. 단포자 분리를 위해 병징 표면에 형성된 포자를 현미경으로 관찰하며 단포자 분리를 하였다. 분리한 단포자를 PDA배지에 이식하고 25°C 배양기에서 포자생성을 유도 후 (균사 성장 4일 + 광조건 3일), -72°C에서 보관하며 실험에 사용하였다. 이 결과 분리된 탄저병원균은 *Colletotrichum acutatum*과 *C. gloeosporioides* 2종이었다. 이들을 분리하기 위하여 *C. acutatum*의 분생포자는 방추형으로 8~18 × 3~5µm의 크기를 가지며, 부착기는 6~12 × 5~8µm의 크기였다. *C. gloeosporioides*는 분생포자 모양이 주로 원통형으로 14~24 × 4~6 µm로 부착기는 곤봉형 내지 난형의 모양으로 6~20 × 4~12 µm로 *C. acutatum* 보다 비교적 큰 특징을



그림 11. 딸기 생산단지에서 발생한 주요 병해. A, B: 흰가루병, C: 잿빛곰팡이병. 나타내었다 (표 1).

표 1. *C. acutatum*과 *C. gloeosporioides*의 분생포자 및 부착기의 모양과 크기

종	분생포자		부착기	
	모양	크기(μm)	모양	크기(μm)
<i>C. acutatum</i>	방추형	8~18×3~5	곤봉형 내지 도란형	6~12×5~8
<i>C. gloeosporioides</i>	원통형	14~24×4~6	곤봉형 내지 난형	6~20×4~12

AFLP를 이용한 탄저병 집단의 분석

AFLP(Amplified Fragment Length Polymorphism)는 유전체내 제한효소 부위의 변이를 탐지하여 고감도로 유전적 특성 분석이 가능한 장점이 있다. 따라서 본 연구 과제를 통해 수집된 탄저병원균들의 유전적 특성을 분석하기 위하여 AFLP 방법을 적용하여 분석하였다. AFLP를 수행하기 위하여 64개의 병원균들의 genomic DNA를 추출하였다. PDA에서 자란 균의 균사를 멸균 이쑤시개를 이용하여 긁어내어 튜브에 넣었고, phenol-chloroform extraction 방법을 통해 DNA를 추출하였다. 추출한 gDNA에서 EcoRI부위와 MseI부위로 AFLP 실험을 수행하기 위하여 프라이머 및 adaptor 프라이머를 제작하였다. Adaptor를 제작하기 위하여 EcoRI-A1과 EcoRI-A2를 pcr tube(5pmol/ul)에 넣고 MseI-A1과 MseI-A2를 또 다른 pcr tube에 넣는다. 피페팅을 통해 잘 섞어준 후 PCR 기계를 이용하여 95°C

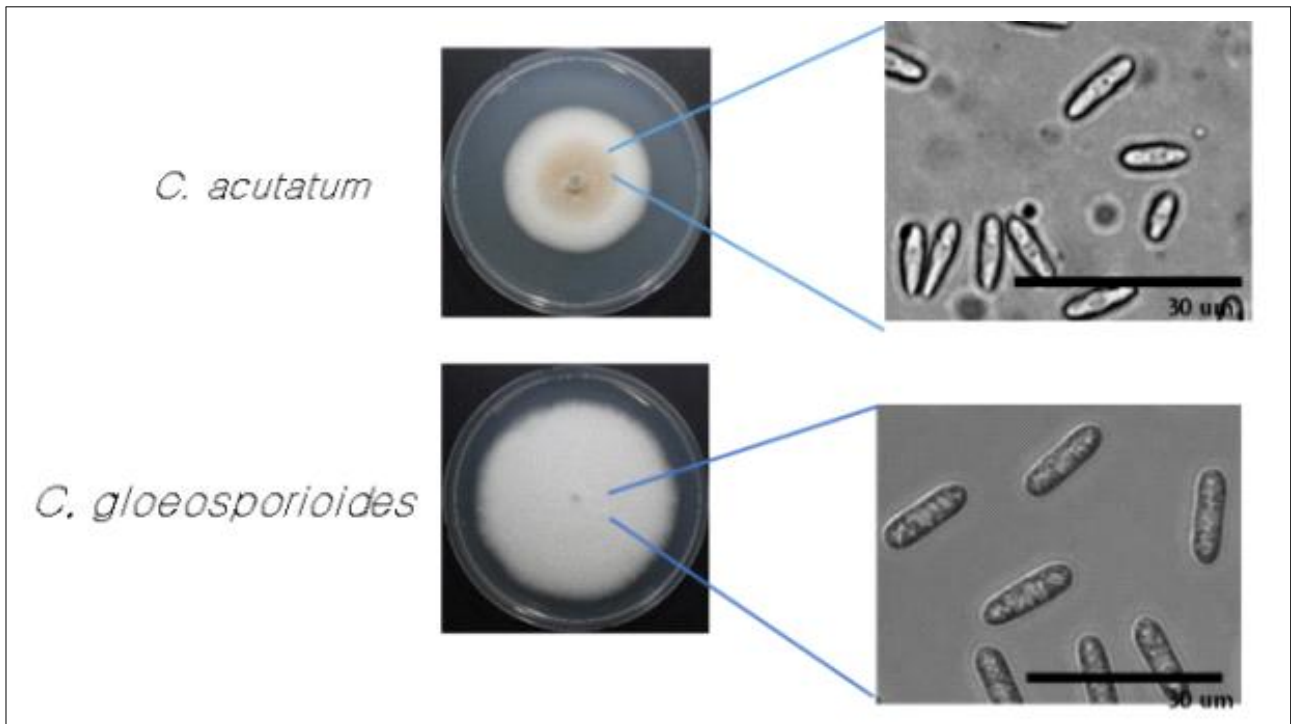


그림 12. *C. acutatum*과 *C. gloeosporioides*의 분생포자 크기 및 모양.
2min, 95°C-25°C (-1°C, each for 1 min) 조건을 맞춰주어 adaptor를 제작하였다.

AFLP 실험

① Restriction / ligation

5.5 ul DNA (100ng/ul) + 5.5 ul mixture (MseI 1U, EcoRI 5U, T4 DNA ligase 70U, MseI adaptor 5 pmol/ul, EcoRI adaptor 0.5 pmol/ul, BSA 0.05 mg/ml, NaCl 0.05M, T4 DNA ligase buffer X1), H₂O up to 11 ul

->mixture를 PCR tube에 만든 뒤 16시간 동안 37도 조건하에 둔다.

② Inactivation

65도에서 20분 동안 반응시켜 inactivation 시킨다.

③ Dilution

11ul의 restriction/ligation mixture (inactivation 까지 다 시킨)에 33 ul의 H₂O를 넣어 4배 희석시킨다.

④ Pre-amplification

EcoRI+0 1 ul, MseI+0 1 ul, Ex taq polymerase 0.1 ul, 10x Taq buffer 2 ul, dNTP 2ul, 4배 희석액 1ul, H₂O up to 10 ul

-> 94도 2m, 94도 20s, 55도 20s, 72도 1m, 72도 5m : 30 cycle로 PCR

⑤ Amplification

Pre-amplification 액을 100배 희석 시킨 뒤,

+3F 1 ul, +3R 1 ul, Ex taq polymerase 0.25 ul, 10x Taq buffer 5 ul, dNTP 4 ul, 4배 희석액 3 ul, H2O up to 50 ul

> 94도 2m 하고,

> 94도 20s, 66-56도 20s, 72도 1m으로 10cycle 한 뒤,

> 94도 20초, 56도 20초 , 72도 1m 으로 25cycle더 하고

> 마지막으로 72도 7분.

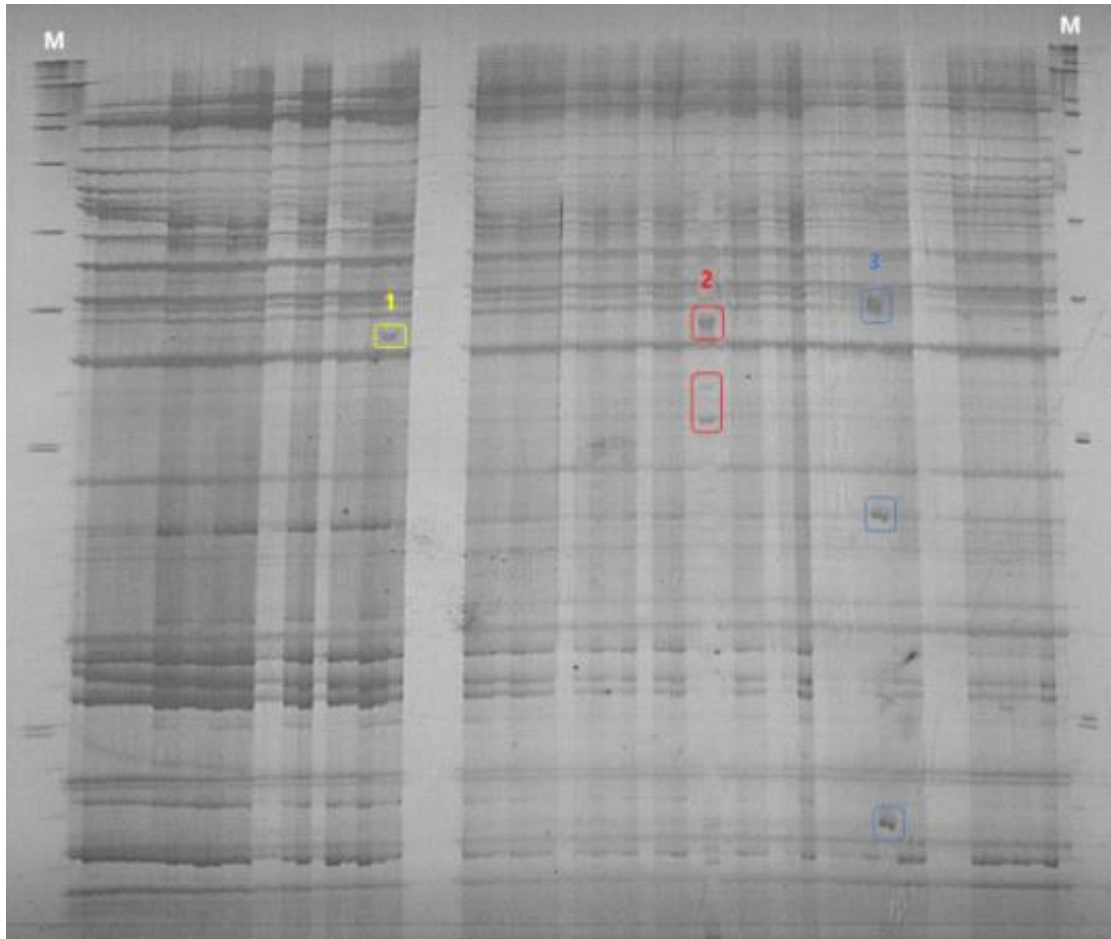


그림 13. 탄저병원균 집단의 AFLP 분석. M: 1 kb marker, 1~3: polymorphic band.

EcoRI-ACC, MseI-CTG 조합으로 수행한 AFLP 결과, 64개의 탄저병원균 중 다형성 (polymorphism)을 보이는 3균주를 찾아내었다. 국내에 존재하는 탄저병에도 유전적 다양성은 존재하는 것으로 보여진다. 64개의 균주에서 공통적으로 지니고 있는 밴드를 분석하여 분자마커로 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 수출 딸기 선도 유지 저하 원인균 대상 수확 전 살균제 처리 효과 검정

살균제 선발

국내에서 시판중인 살균제들 중 잿빛곰팡이병이 등록된 약제들의 작용기작을 알아보았다.

그 결과 다양한 곳에 활성을 나타내는 멀티 사이트 활성을 보이는 살균제가 69개로 가장 많았으며, 스테롤 합성저해를 일으키는 기작이 59개로 많았다. 그리고 호흡과 관련한 기작으로 작용하는 살균제가 31개, 세포분열과정을 억제하는 기작이 24개, 신호전달을 억제하는 기작이 17개, 그리고 세포벽 합성에 관여하는 살균제 13개가 있었다. 그리고 이 외에 단백질 및 핵산 합성, 신호 전달, 기주 식물 방어 유도, 지질 합성과 멤브레인 온전성, 세포벽 멜라닌 합성 등의 기능으로 작용기작을 갖는 살균제들이 시판되고 있었다 (표 2).

표 2. 국내 등록된 잣빛곰팡이병 살균제의 작용기작

Mode of action ^a	ea
A: Nucleic Acid Synthesis	5
B: Mitosis and Cell Division	24
C: Respiration	31
D: Amino Acid and Protein Synthesis	7
E: Signal Transduction	6
F: Lipid Synthesis and Membrane Integrity	2
G: Sterol Biosynthesis in membranes	59
H: Cell Wall Biosynthesis	13
I: Melanin Synthesis in Cell Wall	1
M: Multi Site Action	69
P: Host Plant Defence Induction	3
Unknown Mode of Action	8

^aThe reference data from KCPA,2014 & FRAC

조사한 국내 등록된 살균제 중 탄저병 방제에 많이 사용되고 있는 품목 9개를 선발하였다. 그 종류에는 스테롤 생합성을 저해하는 작용기작을 갖는 살균제 2종 propiconazole(EC, a.i. 25%)와 difenoconazole(WP, a.i. 10%), 멀티 사이트 활성 기작 2종 iminoctadine tris(SC, a.i. 30%)와 mancozeb(WP, a.i. 75%), 신호 전달과 관련한 기작 fludioxonil(SC, a.i. 20%), 호흡 관련 기작 2종 pyraclostrobin(SC, a.i. 11%)과 azoxystrobin(SC, a.i. 21.7%), 세포 분열과 관련한 기작을 갖는 2종 benomyl(WP, a.i. 50%)과 thiophanate-methyl(WP, a.i. 70%) 총 9가지 살균제로 탄저병 2종(*C. acutatum*, *C. gloeosporioides*)에 대한 살균제 감수성 시험을 수

행하였다.

표 3. 탄저병 약제 시험에 사용된 살균제 목록

Name	Formulation Type	대상 작물명	물 20ℓ 당 사용약량	유효성분	Mode of action
배너 (propiconazole)	Emulsifiable concentrate (유제)	잔디	6.7ml	25%	Sterol Biosynthesis in membranes
푸르겐 (difenoconazole)	Wettable Powder (수화제)	감	10g	10%	Sterol Biosynthesis in membranes
부티나 (iminocadinetrin)	Suspension Concentrate (액상수화제)	딸기	20ml(1ℓ/m ²)	30%	Multi Site Action
사과이어 (fludioxonil)	Suspension Concentrate (액상수화제)	포도	10ml	20%	signal transduction
카브리오에이 (pyraclostrobin)	Suspension Concentrate (액상수화제)	딸기	10ml	11%	Respiration
동부 베노밀 (benomyl)	Wettable Powder (수화제)	사과	13g	50%	Mitosis and Cell Division
톱신엠 (thiophanate-methyl)	Wettable Powder (수화제)	사과	20g	70%	Mitosis and Cell Division
다이센엠-45 (mancozeb)	Wettable Powder (수화제)	사과	33g	75%	Multi Site Action
오티바 (azoxystrobin)	Suspension Concentrate (액상수화제)	딸기	10ml	21.7%	Respiration

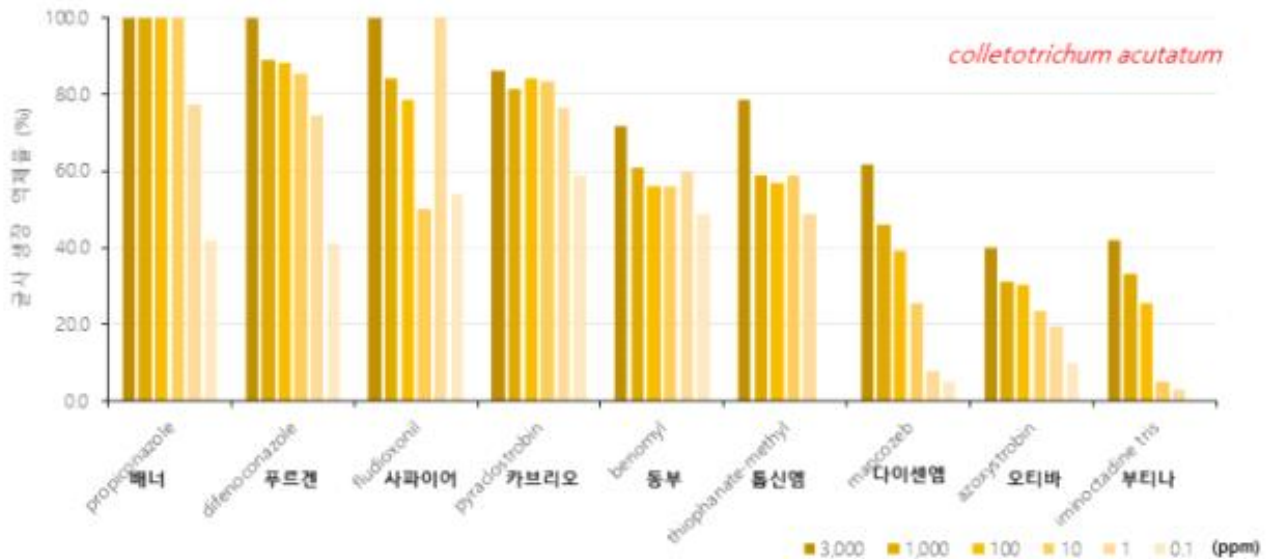


그림 14. 선발 살균제의 *C. acutatum*에 대한 균사생장 억제효과검정.

살균제의 탄저병원균 2종에 대한 균사생장 억제 효과검정

탄저병원균 2종에 대한 살균제의 균사생장 억제 효과를 검정하기 위해서 PDA배지에서 한천

희석법으로 병원균의 군사생장 억제효과를 조사하였다. 각 살균제를 PDA배지에 0.1, 1, 10, 100, 1,000, 3,000 ug/mL-1의 농도가 되도록 첨가하였다. PDA배지에 세균의 오염을 방지하기 위해 ampicillin 항생제를 첨가하였다. 탄저병원균 2종 균주를 PDA 배지에 접종한 후 25°C에서 5일간 배양한 후 균총의 직경을 측정하고, 아래 식에 의해서 군사생장 억제율(%)을 계산하였다.

$$\text{군사생장 억제율(\%)} = \{1 - (\text{살균제 첨가 배지에서 균총의 직경} / \text{무처리 배지에서 균총의 직경})\} \times 100$$

선발한 살균제 9종에 대하여 *C. acutatum*에 대한 군사생장억제를 검정한 결과 propiconazole이 EC90값이 9 ppm으로 가장 우수한 것으로 나타났다. 그러나 EC50 값은 pyraclostrobin이 0.1 ppm 이하로

나타나 EC50값과 90값이 일치하지는 않았다. 하지만 비교적 *C. acutatum*에 대한 EC50값이 1ppm 미만으로 나타난 살균제는 propiconazole, difenoconazole, pyraclostrobin, benomyl로 나타나 비교적 우수한 효과를 갖는다고 판단하였다. 이와 반면에 azoxystrobin과 iminoctadinetris, 그리고 mancozeb은 수치가 낮아 비교적 효과가 적은 것으로 나타났다.

위와 같은 방법으로 *C. gloeosporioides*에 대한 군사생장 억제 효과를 검정하였다. 9개의 살균제를 PDA배지에 0.1, 1, 10, 100, 1,000, 3,000 ug/mL-1의 농도가 되도록 첨가하였다. PDA 배지에 세균의 오염을 방지하기 위해 ampicillin 항생제를 첨가하였다. 탄저병원균 2종 균주를 PDA 배지에 접종한 후 25°C에서 5일간 배양한 후 균총의 직경을 측정하고, 군사생장 억제율(%)을 계산하였다.

표 4. 선발 살균제의 *C. acutatum*에 대한 EC50/EC90 값

<i>Colletotrichum acutatum</i>		
Active ingredient	EC50(ug/ml)	EC90(ug/ml)
propiconazole	0.5	9
difenoconazole	0.2	1,000
fludioxonil	10	2,000
pyraclostrobin	<0.1	>3,000
benomyl	0.1	>3,000
thiophanate-methyl	1	>3,000
mancozeb	1,200	>3,000
azoxystrobin	>3,000	>3,000
iminoctadine tris	>3,000	>3,000

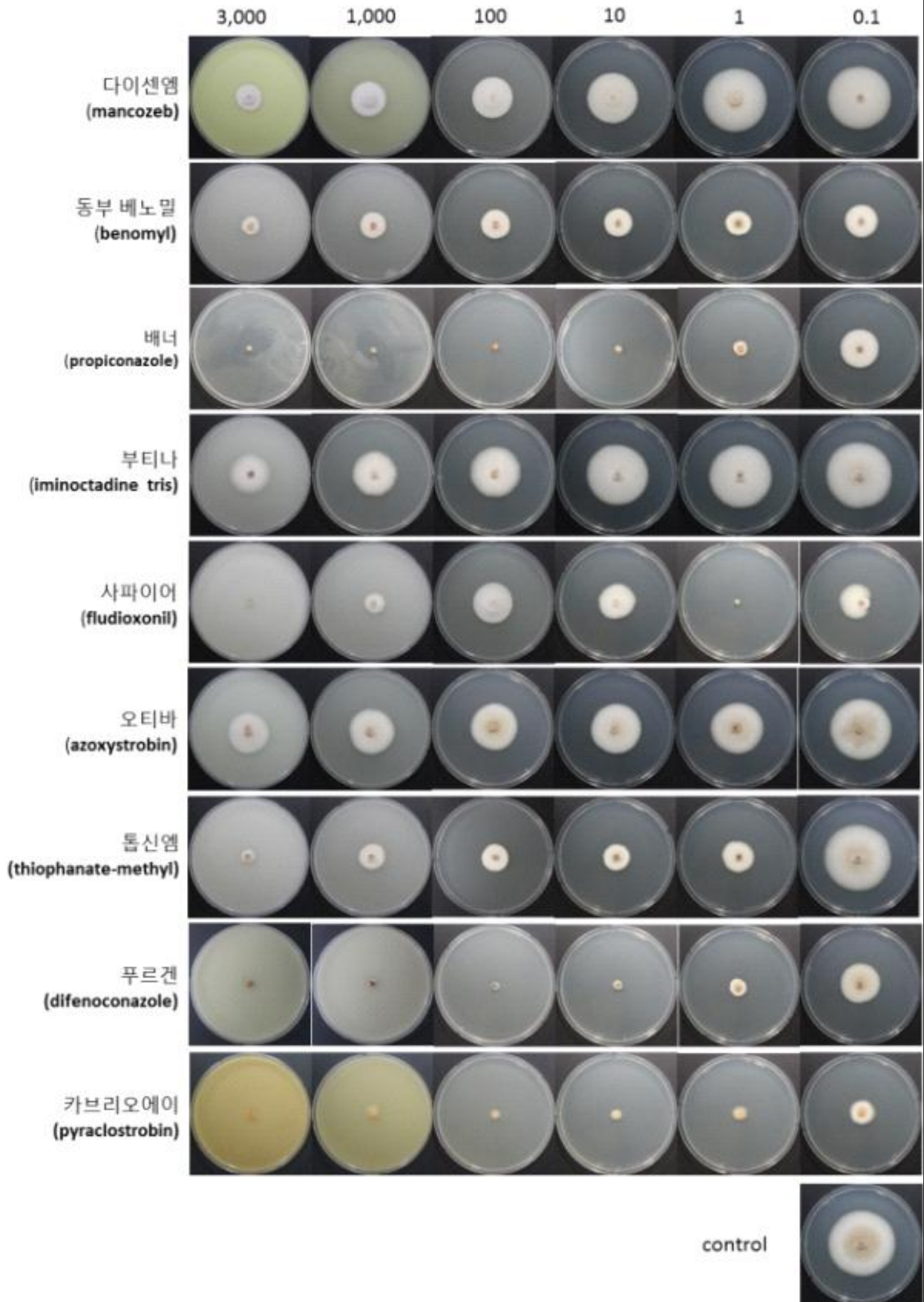


그림 15. 선발 살균제의 *C. acutatum*에 대한 균사생장 억제효과검정.

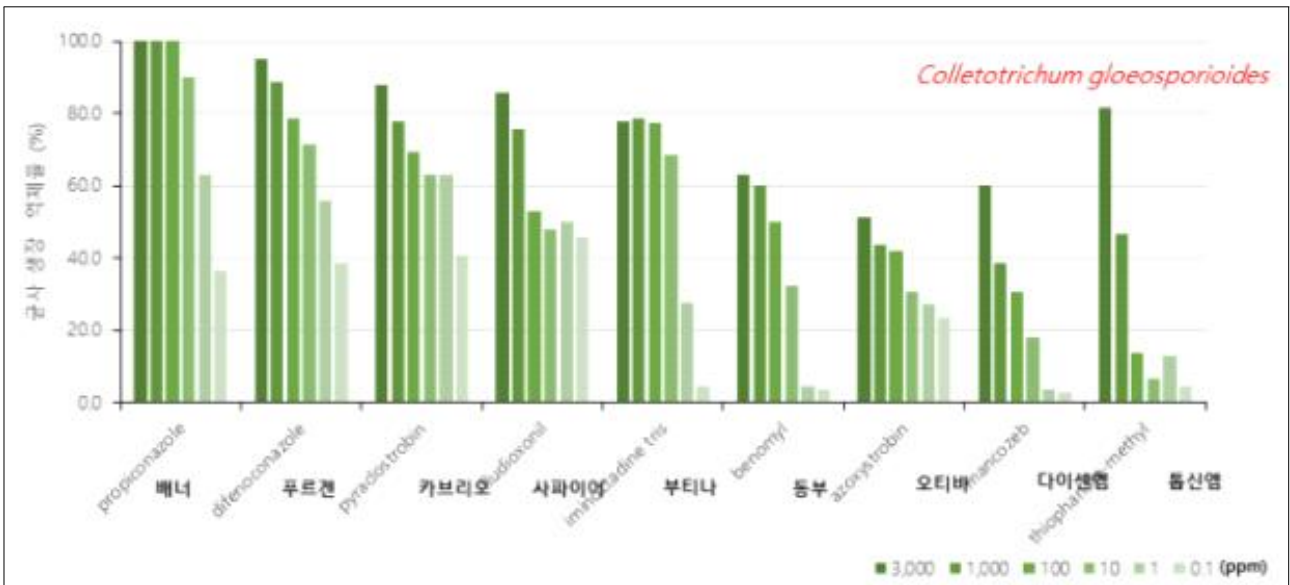


그림 16. 선발 살균제의 *C. gloeosporioides*에 대한 균사생장 억제효과검정.

표 5. 선발 살균제의 *C. gloeosporioides*에 대한 EC50/EC90 값

<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>		
Active ingredient	EC50(ug/ml)	EC90(ug/ml)
propiconazole	0.6	10
difenoconazole	0.3	1,000
fludioxonil	1	>3,000
pyraclostrobin	0.9	>3,000
benomyl	100	>3,000
thiophanate-methyl	1,050	>3,000
mancozeb	1,800	>3,000
azoxystrobin	3,000	>3,000
iminocadine tris	6	>3,000

그 결과, *C. gloeosporioides*에서 propiconazole이 EC90 값 10 ppm으로 가장 우수한 것으로 나타났다. difenoconazole은 EC50값이 0.3 ppm으로 가장 우수하였다. 이와 같은 결과는 *C. acutatum*과 유사하였다. 가장 큰 차이점은 iminoctadine tris EC50값이 6 ppm으로 *C. gloeosporioides*에서는 저항성을 보였다. 그리고 thiophanate-methyl의 경우 *C. gloeosporioides*는 *C. acutatum*에 비교하여 잘자라는 것으로 보아 감수성인 것으로 보였다. 이 결과로 탄저병원균 2종에 대하여 propiconazole과 difenoconazole이 균사생장억제에 우수한 것으로 나타났다.

수출 전 살균제 처리에 의한 잣빛곰팡이병에 대한 효과검정

APC 또는 수출과정 중에 딸기에 발생하는 잣빛곰팡이병을 억제하기 위하여 기내시험으로 선발한 살균제를 이용하여 시험하였다. 이전 시험을 통해 살균제별 잣빛곰팡이의 억제율을 각기 다른 class인 fludioxonil, tebuconazole, iprodione, pyrimethanil, boscalid, fentyrzamine 살균제를 농도별로 살균제 배지를 만들어 실험한 결과 가장 효과가 좋았던 fludioxonil는 1ppm에 100%, 0.1ppm에서는 93.7%의 균사 억제율을 보여주었고, iprodione는 1ppm에서 77.2%, 0.1ppm에서는 16.5%의 균사억제율을 나타내었다. 반면, 효과가 가장 낮았던 boscalid는 1ppm에서 53.7%, 0.1ppm에서는 28.5%의 억제율을 나타냈다. 이러한 결과를 바탕으로 효



그림 18. 수출 전 살균제 처리 효과검정 progress. 효과가 좋았던 fludioxonil, iprodione과 효과가 낮았던 boscalid를 negative control로 하여 이번 실험에 선발하였다.

실험 방법은 싱가포르로 수출되는 딸기에 잣빛곰팡이 및 살균제를 처리하여 방제효과를 검정하였다. 잣빛곰팡이 병원균의 처리방법은 PDA에서 5일간 키워낸 후 포자를 수확하여 2x10⁴의 농도로 맞추어 포자현탁액을 만든 후, 작은 box에 포장된 딸기가 흠뻑 젖을 정도로 살포하였다. 그 후 살균제 fludioxonil, iprodione, boscalid을 각각 농도를 1ppm, 0.1ppm, 0.01ppm으로 하여 살포하였습니다. 이때, 큰 box에 작은 box가 8개 들어가는데, 그 중 작은

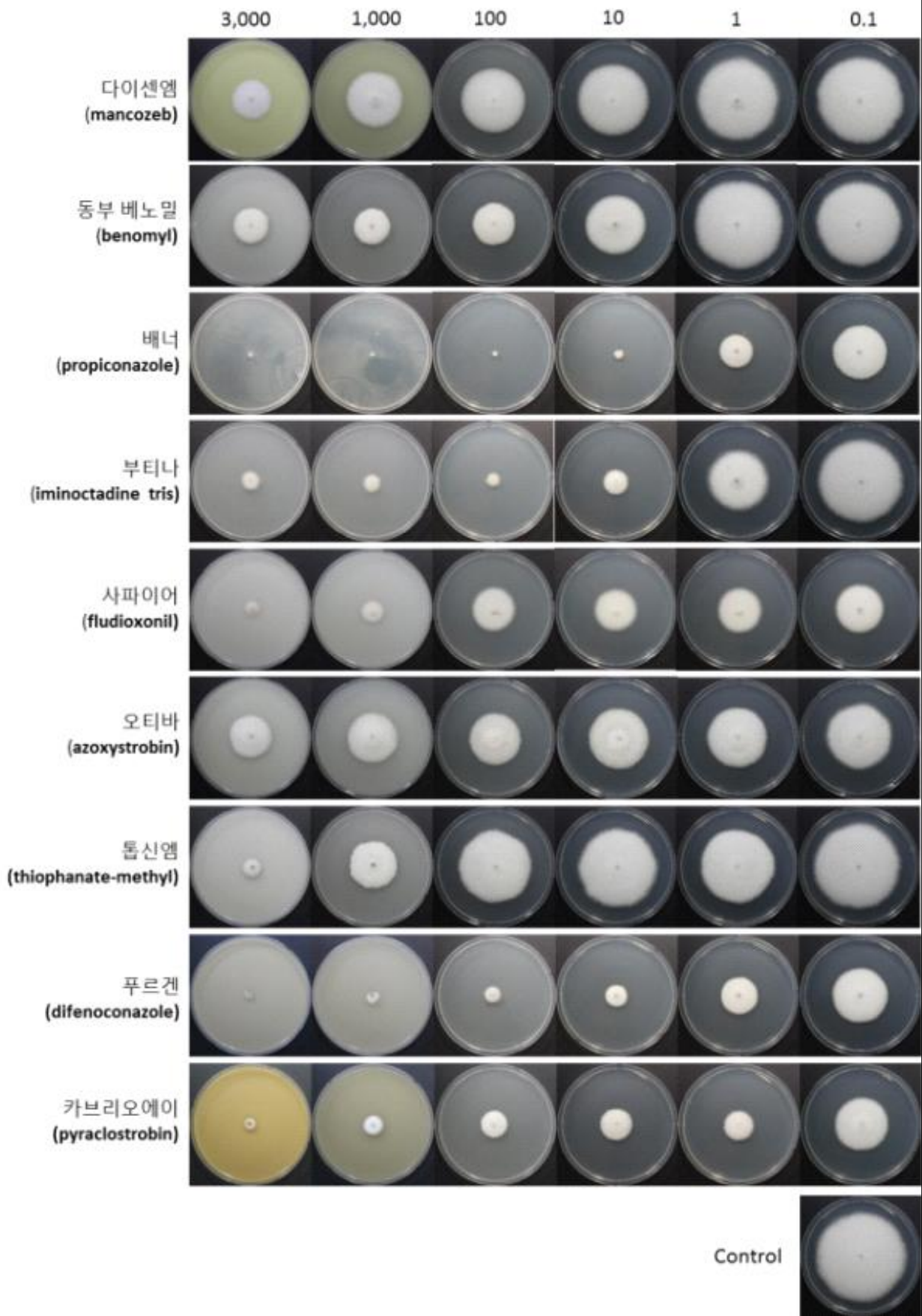


그림 17. 선발 살균제의 *C. gloeosporioides*에 대한 균사생장 억제효과검정.

4box에 잿빛곰팡이 포자현탁액이 살포 후 작은 box 3개에 살균제를 1ppm, 0.1ppm, 0.01ppm을 살포 후 나머지 작은 1개의 box는 control로 하였다. 그리고 나머지 작은 4개의 box에는 잿빛곰팡이 포자현탁액을 살포하지 않고, 이 작은 4개의 box중 3개의 box에는 같은 방법으로 살균제만 살포하였다. 그리고 남은 작은 1box는 control로 남겨두었다. 이와 같은 방법으로 각 큰 1box에 살균제 fludioxonil, iprodione, boscalid를 처리하고, 2반복 실험하였다. 살균제 이외에도 잿빛곰팡이 억제 효과를 보였던 chromobacterium, bacillus, pseudomonas의 농도를 OD값 1로 맞추어 각각 작은 box에 살포하였다. 이때, 잿빛곰팡이를 살포한 작은 4개의 box와 살포하지 않은 작은 4box를 구분하였고, 세균을 살포하지 않은 작은 box 1개는 control로 사용하였다.

그 결과, 수출과정에서 6°C의 냉장시설 운반과 냉장창고 보관으로 인한 잿빛곰팡이병원균이 발생하지 않았으며, 포자를 처리하고 살균제를 처리하지 않은 positive control에서도 병이 발생하지 않았다. 따라서 이번 시험으로 결과를 알 수는 없었다. 기내에서 유사한 환경을 조성하여 시험을 수행해야 할 필요성이 요구된다.



그림 19. 수출 전 딸기 살균제 처리구.

4. 수출용 딸기 토마토의 주요 병원균에 대한 살균제 특성 및 효과 조사

주요 병원균에 대한 살균제 특성과 효과를 알아보았다. 살균제는 일반적으로 예방과 치료용으로 사용된다. 앞에서 균사생장효과 시험에 사용된 9종의 살균제를 조사하였다.



그림 20. 수출 전 딸기 살균제 처리결과.

propiconazole은 트리아졸계 살균제로 침투이행성 약제로 예방 및 치료효과가 있다. 그리고 기존의 약제 저항성균에 대하여 우수한 살균력을 갖는다. 따라서, 배지 상에서 실험으로 비교적 우수한 효과를 보인 것을 알 수 있다. difenoconazole은 트리아졸계의 침투이행성 살균제로서 예방 및 치료 효과가 좋고, 살균범위가 넓다. 그리고 내우성이 강하여 약효가 오래 지속된다. iminoctadine tris는 지질의 생합성을 막는 지질생합성저해제로 병원균의 노포자발아, 발아관 신장, 부착기 형성, 침입균사 형성 등을 동시에 억제하므로써 예방효과가 우수하다. 그러나 본 균사생장 실험결과에서는 좋지않은 결과를 보여 추후에 발아관이나 부착기 시험에 적용할 필요성을 나타내었다. fludioxonil은 시아노피롤계 계통의 살균제로 균사 및 분생포자의 성장 및 발아를 억제한다. 그리고 다른 계통에 내성이 생긴 병원균에도 효과가 있다고 알려져 있다. pyraclostrobin은 스트로빌루린계 살균제로 예방 및 치료효과를 나타내며 식물병원균의 포자발아억제, 균사생육저지의 예방효과가 좋으며 포자형성 저해효과로 2차감염을 막는 치료효과가 있다. 살포와 동시에 작물체내로 흡수되기 시작하고, 일부는 작물체 표피층에 부착되어 지속적으로 흡수되며 침달성 및 내우성이 우수한 살균제이다. benomyl은 벤지미다졸계 살균제로 병원균의 tubulin 형성을 저해하는 것으로 알려져 있다. thiophanate-methyl은 카바메이트계 살균제로 굳어진 후에는 보호막으로 되어 병원균의 침입을 오랫동안 막아주는 것으로 알려져 있다. mancozeb는 유기유황계 살균제이며, azoxystrobin은 스트로빌루린 계통의 살균제로서 침투이행성이 있으며 예방과 치료효과를 나타낸다. 이 농약은 포자발아 억제, 균사생육 저지, 포자형성 저해작용으로 예방효과와 치료효과를 나타낸다. 그리고 이 농약은 천연생리 활성물질에서 유래된 화합물로 인축 및 환경에 안전하다. 본 연구로 propiconazole과 difenoconazole의 트리아졸계열이 탄저병의 균사생장의 억제에 우수한 것으로 나타내었다. 스테롤 생합성과 관련된 기작으로 작용기작에 대한 연구는 깊이 수행할 필요가 사료된다.

<3차년도>

1. 생산-APC-수송 단계별 주요 병원균의 균학적 특성 조사

유전적 변이를 모니터링 하는 방법으로는 restriction fragment length polymorphisms (RFLPs), random amplified polymorphic DNAs (RAPDs), amplified fragment length polymorphisms (AFLPs), direct sequences 등의 방법들이 있다. 이 중 AFLP 분석 방법은 제한효소와 polymerase chain reaction (PCR) 을 이용하여 DNA의 mutation을 찾아내는 방법으로 결과를 빠르게 볼 수 있고, 재현성이 좋으며, 타겟 균주의 DNA 염기서열 정보 없이 사용할 수 있어 많이 이용되고 있다. 실험에 사용한 균주는 총 59개로 충북대학교 김홍태 교수 연구실에서 분양받아 사용하였으며, Table 1에 나타내었다. 균사 직경을 측정하기 위하여 5 mm의 cork-borer로 자른 균주의 agar plug를 V8 배지에 접종하고, 25℃에서 3일, 6일간 배양한 뒤 각각 균사의 직경을 측정하였다.

3일간 배양한 균주들의 평균 균사 직경은 경상북도, 충청북도, 강원도 순으로 각각 2.14 cm, 2.04 cm, 2.16 cm로 큰 차이가 없었으며, 6일간 배양한 균주들의 평균 균사 직경 역시 순서대로 4.36 cm, 4.24 cm, 4.38 cm로 큰 차이가 없었다. 측정결과들은 Table 7와 8에 나타내었다.

표 6. Strains used in this study

Strain	Region of isolation
KUCA-1 to 14	Cheongsong-gun, Gyeongsangbuk-do
KUCA-15 to 20	Cheongju-si, Chungcheongbuk-do
KUCA-21 to 32	Cheongsong-gun, Gyeongsangbuk-do
KUCA-33 to 36	Uiseong-gun, Gyeongsangbuk-do
KUCA-37	Yeongyang-gun, Gyeongsangbuk-do
KUCA-38 to 40	Andong-si, Gyeongsangbuk-do
KUCA-41 to 42	Chungju-si, Chungcheongbuk-do
KUCA-43 to 44	Jecheon-si, Chungcheongbuk-do
KUCA-45 to 46	Jincheon-gun, Chungcheongbuk-do
KUCA-47 to 48	Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do
KUCA-49	Jeungpyeong-gun, Chungcheongbuk-do
KUCA-50	Cheongju-si, Chungcheongbuk-do
KUCA-51	Boeun-gun, Chungcheongbuk-do
KUCA-52 to 54	Chuncheon-si, Gangwon-do
KUCA-55 to 57	Hoengseong-gun, Gangwon-do
KUCA-58	Hongcheon-gun, Gangwon-do
KUCA-59	Yeongwol-gun, Gangwon-do

표 7. Measurement of mycelium growth of *C. acutatum* isolates

Strains	Growth (cm)
KUCA-1	4.14 ± 0.04
KUCA-2	4.38 ± 0.09

KUCA-3	4.20 ± 0.00
KUCA-4	4.73 ± 0.17
KUCA-5	4.31 ± 0.01
KUCA-6	4.37 ± 0.02
KUCA-7	4.31 ± 0.01
KUCA-8	4.49 ± 0.01
KUCA-9	4.19 ± 0.01
KUCA-10	4.34 ± 0.04
KUCA-11	4.53 ± 0.21
KUCA-12	4.49 ± 0.01
KUCA-13	4.56 ± 0.20
KUCA-14	3.99 ± 0.01
KUCA-15	4.47 ± 0.03
KUCA-16	4.22 ± 0.08
KUCA-17	4.33 ± 0.03
KUCA-18	4.51 ± 0.04
KUCA-19	4.31 ± 0.01
KUCA-20	4.19 ± 0.00
KUCA-21	4.41 ± 0.01
KUCA-22	4.25 ± 0.06
KUCA-23	4.04 ± 0.05
KUCA-24	4.28 ± 0.09
KUCA-25	4.46 ± 0.04
KUCA-26	4.51 ± 0.13
KUCA-27	4.74 ± 0.17
KUCA-28	4.53 ± 0.03
KUCA-29	4.08 ± 0.09
KUCA-30	4.32 ± 0.02
KUCA-31	4.29 ± 0.04
KUCA-32	4.52 ± 0.08
KUCA-33	4.65 ± 0.10
KUCA-34	4.32 ± 0.02
KUCA-35	4.59 ± 0.01
KUCA-36	4.51 ± 0.01
KUCA-37	4.32 ± 0.05
KUCA-38	4.45 ± 0.19
KUCA-39	4.43 ± 0.00
KUCA-40	4.06 ± 0.07
KUCA-41	3.11 ± 0.13
KUCA-42	4.31 ± 0.10
KUCA-43	4.31 ± 0.01
KUCA-44	4.28 ± 0.04
KUCA-45	4.33 ± 0.04
KUCA-46	4.44 ± 0.04
KUCA-47	4.71 ± 0.09
KUCA-48	4.08 ± 0.01
KUCA-49	3.93 ± 0.08
KUCA-50	4.44 ± 0.06
KUCA-51	4.40 ± 0.10
KUCA-52	4.71 ± 0.10
KUCA-53	4.96 ± 0.46
KUCA-54	4.43 ± 0.08
KUCA-55	4.33 ± 0.03

KUCA-56	4.04 ± 0.04
KUCA-57	4.31 ± 0.01
KUCA-58	4.42 ± 0.02
KUCA-59	4.09 ± 0.08

표 8. Regional comparison of mycelial growth of *C. acutatum* isolates

Phenotypic variable	Mean*	Maximum	Minimum
Growth (cm)			
Total	4.33	4.96	3.11
Gyeongsangbuk-do	4.36 a	4.74	3.99
Chungcheongbuk-do	4.24 a	4.71	3.11
Gangwon-do	4.38 a	4.96	4.04

*Values labeled with the same letters represent no significant difference in Duncan multiple range test at P = 0.05. Experiments were conducted in triplicate and repeated three times.

AFLP 분석에 사용한 primer의 목록은 Table 9에 나타내었다. MseI 어댑터 primer와 EcoRI 어댑터 primer는 PCR thermocycler에서 95°C에서 2분간 반응시킨 뒤, 95°C에서 25°C까지 1분에 1°C씩 온도를 내리며 반응시켜 준비하였다. Restriction/ligation mixture는 각각의 균주의 genomic DNA 5.5 µl (100 ng), MseI 1U, EcoRI 5U, T4 DNA ligase 70U, MseI adaptor 5 pmol/µl, EcoRI adaptor 0.5 pmol/µl, BSA 0.05 mg/ml, NaCl 0.05M, 10X T4 DNA ligase buffer 1.1 µl, H2O up to 11 µl 를 섞어 준비 하였다. 준비한 mixture 들은 37°C에서 16시간 동안 반응시켜 Restriction/ligation를 진행하고, 65°C에서 20분동안 반응시켜 Restriction/ligation을 inactivation 하였다. Preselective PCR은 restriction/ligation products 를 3차 증류수에 1:4로 희석시킨 뒤, 10pM of EcoRI primer, 10pM of MseI primer, TaKaRa Ex Taq polymerase 0.5U, 1X PCR buffer, 1 µl of the diluted restriction ligation, 1 µl of 10mM dNTPs, and H2O up to 10 µl 로 PCR mixture를 만들고, 94°C에서 2분간 initial denaturation, 94°C에서 20초, 55°C에서 20초, 72°C에서 1분으로 30회 반응 후, 72°C에서 5분간 반응시켜 진행 하였다. Selective PCR은 3가지 primer 조합을 이용하여 진행 하였고 (Table 4) 94°C에서 2 분간 initial denaturation 하고 94°C에서 20초, 66°C에서 56°C까지 20초에 1도씩 온도를 내리며 반응시킨 뒤, 72°C에서 1분간 반응시키고, 94°C 에서 20초, 56°C에서 20초, 72°C에서 1분으로 25 회 반응시키고, 최종 72°C에서 1분간 반응시켜 준비하였다. 결과물 들은 silver staining 방법을 통해 확인 하였다.

3가지 primer 조합으로 진행한 AFLP 실험에서 총 61개의 band가 나타났고 그 중 5개는 polymorphic band 였고 56개는 monomorphic band 였다. E-ACC/M-CTT primer 조합으로 진행한 실험에서는 18개의 monomorphic band와 2개의 polymorphic band가 확인되었고 (145 bp and 210 bp), E-ACG/M-CTG primer 조합으로 진행한 실험에서는 22개의 monomorphic band와 1개의 polymorphic band (130 bp)가 확인되었으며, E-ACG/M-CTT

표 9. Primers used in this study

Step	Primer	Sequence (5' →3')
Pre-amplification	EcoRI+0	GACTGCGTACCAATTC
	MseI+0	GATGAGTCCTGAGTAA
Amplification	EcoRI+ACG	GACTGCGTACCAATTCACG
	EcoRI+ACC	GACTGCGTACCAATTCACC
	MseI+CTT	GACGATGAGTCCTGAGTAACTT
	MseI+CTG	GACGATGAGTCCTGAGTAACTG
Adaptor ligation	EcoRI-A1	CTCGTAGACTGCGTACC
	EcoRI-A2	AATTGGTACGCAGTC
	MseI-A1	GACGATGAGTCCTGAG
	MseI-A2	TACTCAGGACTCAT

primer 조합에서는 16개의 monomorphic band와 2개의 polymorphic band가 확인되었다 (190 bp and 230bp).

2. 수출 딸기의 주요 병원균에 대한 살균제 특성 및 효과 조사

길항미생물의 분리 및 대치배양 검정

생물농약을 이용한 생물학적 방제는 현재까지 확일적으로 사용하는 합성농약에 의한 화학적 방제법에서 벗어나 좀 더 친환경적인 방제 전략을 도입하고자 하는 사회적 인식과 노력에서 최근에 세계적으로 급부상하고 있는 분야이다. 국내 생산 농산물의 수출 시 수출대상국에 따른 농약잔류에 대한 기준이 다르고 엄격하기 때문에 앞으로도 수출 전 처리과정에서의 생물농약의 사용은 크게 증가할 것으로 예상되어진다. 큰 생물농약은 크게 미생물, 식물, 생화학 농약 등이 있다. 미가장 시장성이 생물 농약은 세균, 곰팡이, 바이러스, 그리고 조류 등을 포함한 미생물을 유효성분으로 사용된다. 따라서, 본 연구에서 수출 및 유통 단계 모니터링 단계에서 가장 많이 발병한 잣빛곰팡이병에 대한 생물농약을 이용한 방제연구를 수행하였다. 길항미생물을 분리 및 선별하기 위하여 강원도 춘천시에 위치한 건전한 딸기 양액재배 단지의 양액을 수집하고 연구실에 가져와 미생물을 분리하였다. 채취한 시료로부터 유용미생물을 분리하기 위하여 양액시료 1 ml을 생리식염수(NaCl 0.85%) 9 ml에 현탁하고 test tube에 10⁻⁵의 농도로 희석하여 NA[Nutrient agar; beef extract 0.3%(w/v), peptone 0.5%(w/v), agar 1.5%(w/v), Difco, USA], LB[Luria Bertani Agar; tryptone 1%(w/v), yeast extract 0.5%(w/v), NaCl 0.5%(w/v), Difco, USA]배지에 도말하여 28℃에서 2일간 배양하였다. 배양 후 다시 2~3회 정도 계대 배양을 통해 순수 분리하였다. 순수분리 된 균주는 20% glycerol에 현탁하여 deep-freezer(-70℃)에 보관하며 연구를 진행하였다.

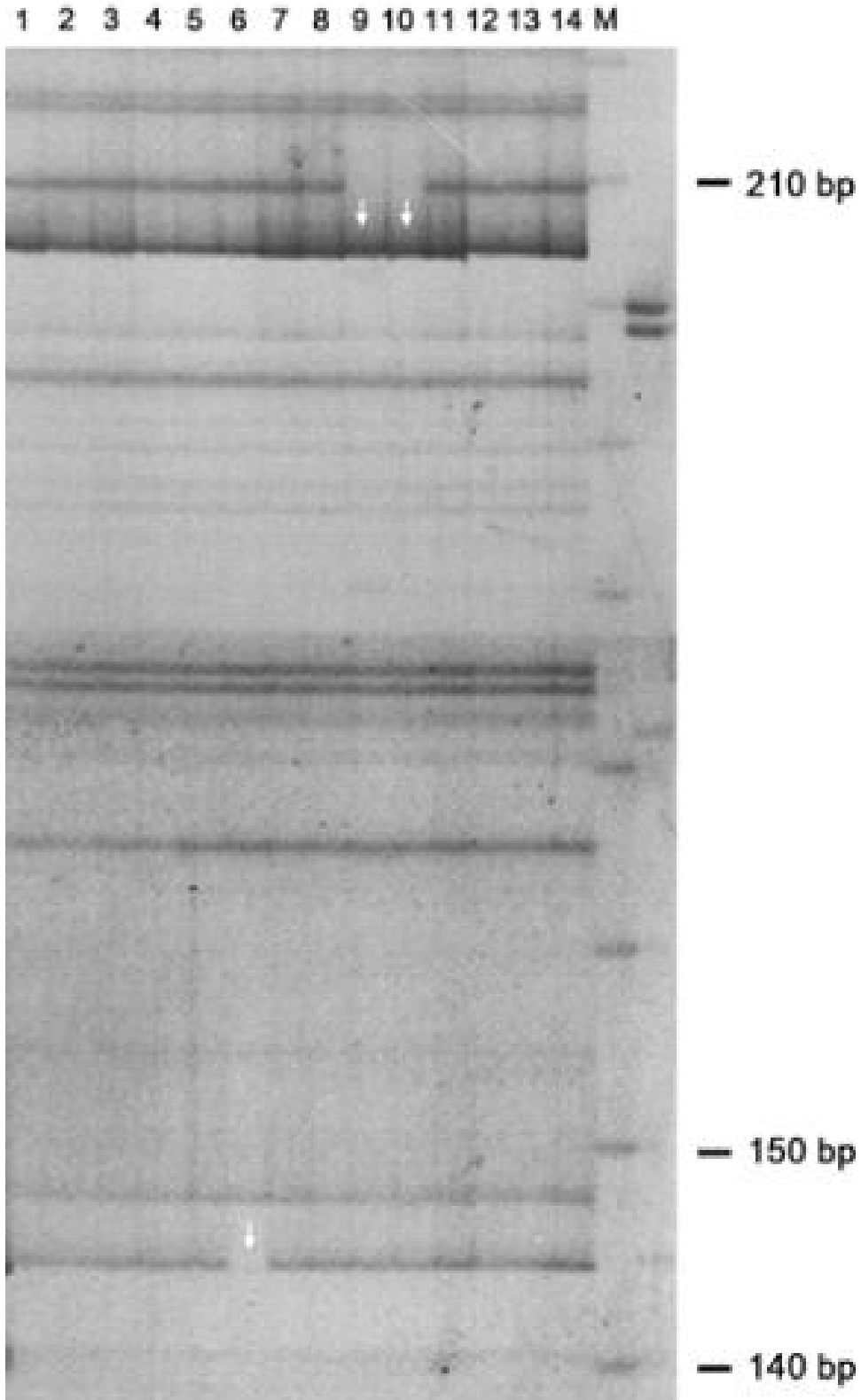


그림 21. A representative AFLP profile obtained using E-ACC/M-CTT primers. Lanes (1 to 14) correspond to KUCA-48, KUCA-23, KUCA-3, KUCA-46, KUCA-38, KUCA-31, KUCA-27, KUCA-35, KUCA-44, KUCA-59, KUCA-36, KUCA-45, KUCA-43, KUCA-51, respectively. Lane M is a 100 bp ladder. White arrows indicate the absence (0) of bands in each isolate.

그 결과 서로 다른 콜로니의 색깔과 모양 등 형태학적 특징을 기준으로 분리하여 약 100여 개의 콜로니가 분리되었다. 각각의 콜로니들로 잿빛곰팡이병원균과 대치배양하여 길항성을 검정하였다. 대치배양은 항진균력을 검정하기 위하여 항생제가 포함되지 않은 PDA+LB배지를 사용하였다. 그 결과 2개의 균주 Jo7, Jo15가 길항효과가 있는 것으로 확인되었다.

길항미생물의 동정

잿빛곰팡이병원균에 대하여 효과가 우수한 길항미생물 2종의 동정을 위하여 16s rRNA분석을 이용하여 동정하였다. 선발균주를 LB broth 배지에 접종하여 shaking incubator에 28°C, 200 rpm으로 배양하였다. DNA를 추출하기 위해서 Wizard Genomic DNA Purification Kit(Promega, USA)에 기술된 방법에 따라 DNA를 추출하였다. 추출된 genomic DNA에서 16S rDNA 부분을 증폭하기 위하여 universal 518F(CCA GCA GCC GCG GTA ATA CG), 800R(TAC CAG GGT ATC TAA TCC) 프라이머를 사용하여 PCR증폭하였으며 PCR 산물의 확인을 위하여 1% agarose gel에 전기영동하여 EtBr solution에 넣어 염색한 후 UV에서 확인하고 Fragment DNA Purification Kit(Intron, Korea)에 기술된 방법에 따라 gel elution을 수행하였다. DNA sequence는 Solgent Co. Ltd에 동정을 의뢰하였으며, 염기서열 분석 결과는 미국 국립생물공학정보센터[National Center for Biotechnology Information(NCBI)]의 BLASTN으로 Genbank에 등록된 염기서열과 상동성을 비교하여 선발균주를 동정하였다. 그 결과 길항미생물의 동정결과 길항능력이 가장 우수한 Jo7은 *Chromobacterium* sp., Jo15는 *Bacillus* sp.로 동정되었다.

잿빛곰팡이병원균의 발아억제를 검정

일반적으로 식물병원성 곰팡이는 포자에서 발아를 통하여 병을 일으키기 위한 준비과정을 거친다. 따라서 곰팡이의 발아를 억제시켜 병을 방제할 수 있다. 대치배양을 통해 군사생장 억제능력을 가진 2종의 길항미생물을 포자현탁액에 넣고 포자발아를 유도하여 발아를 억제할 수 있는지 여부를 검정하였다. 포자는 PDA배지에서 배양하여 포자를 유도한 후에 hemocytometer를 이용하여 잿빛곰팡이병원균의 포자현탁액을 1×10^4 으로 맞추어 주었다. 그 후에 2종의 길항미생물을 배양하여 O.D 값을 1.0으로 조정하여 각각 포자현탁액과 길항미생물의 비율을 1/1, 1/10, 1/100으로 희석하여 처리해주었다. 그리고 소수성 표면의 cover glass 위에 포자현탁액+길항미생물을 40ul 떨어뜨리고 습식처리하여 발아를 유도하였다. 그 결과 Jo7과 Jo15를 농도를 높게 처리할수록 무처리와 비교하여 발아율이 저하되는 것을 볼 수 있었다. 특히 Jo7은 포자현탁액과 1:1비율로 처리하면 거의 발아하지 못하는 것을 알 수 있었다. 길항미생물의 농도에 따른 포자발아율이 감소는 직접적으로 길항미생물이 포자발아를 억제하는 것을 증명하였다.

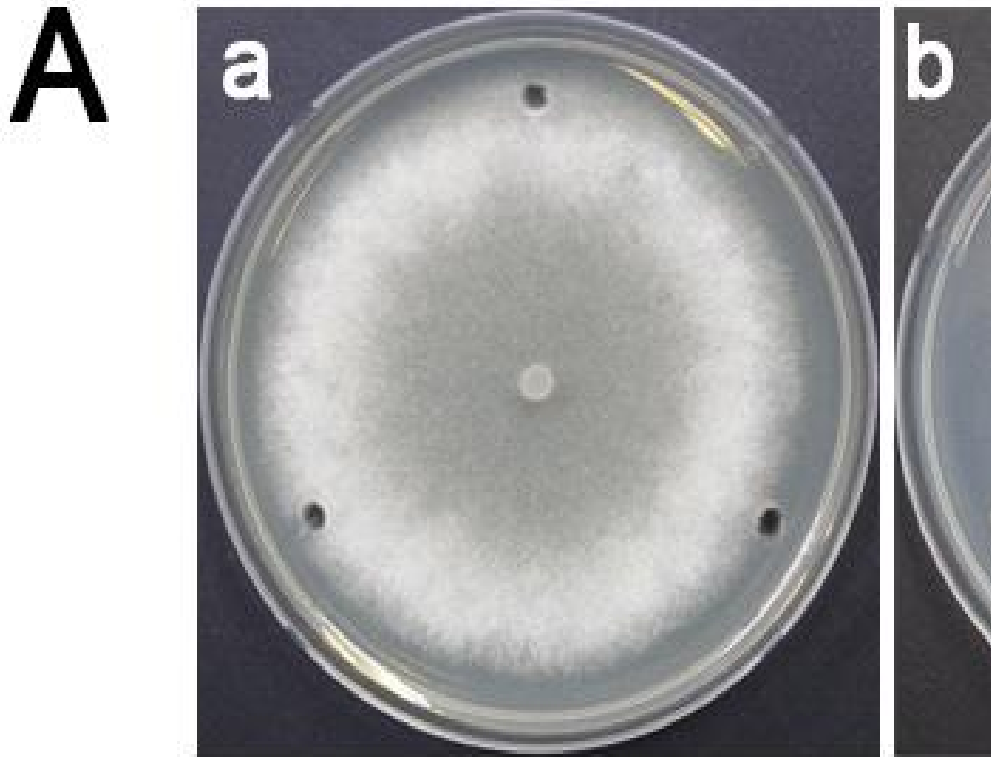


그림 22. 잿빛곰팡이병원균에 효과가 우수한 길항미생물 대치배양 및 균사억제 효과 검정

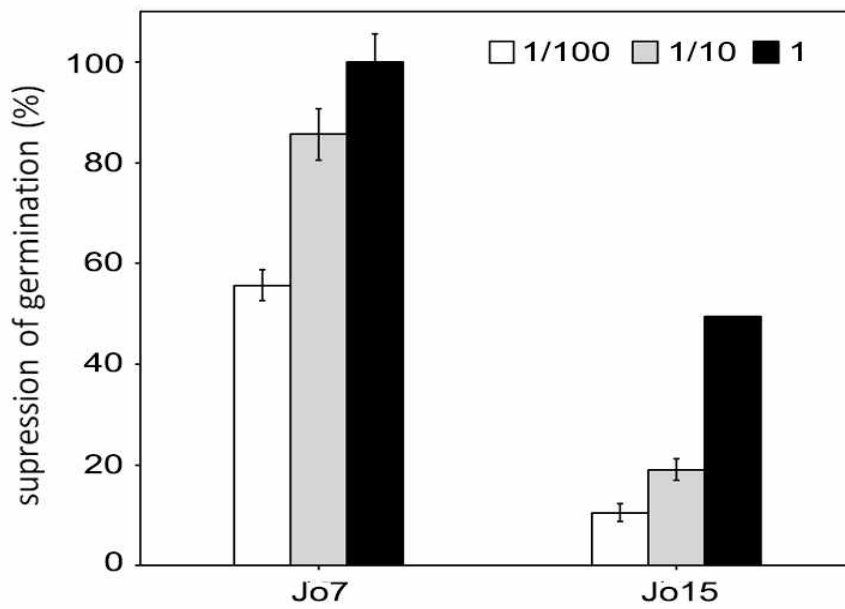


그림 24. 길항미생물의 잿빛곰팡이균에 대한 발아 억제율 검정

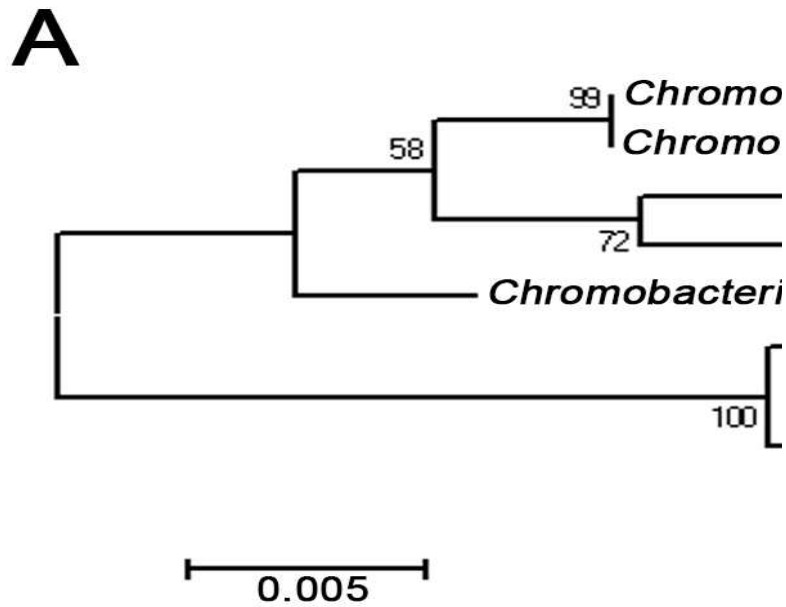


그림 23. 16s rRNA를 이용한 길항미생물의 동정.

3. 수출 딸기 선도 유지 저하 원인균 대상 수확 전 살균제 처리 효과 검정

수출 딸기 선도 유지를 저하시키는 잣빛곰팡이병원균의 군사생장과 발아 억제력을 가진 Jo7과 Jo15가 길항미생물로 선발되었다. 따라서 딸기에 길항미생물을 처리하여 병 발생 및 방제를 할 수 있는지 알아보는 병원성 테스트가 수행되었다. 딸기는 표면살균 처리하여 준비하였으며, 잣빛곰팡이병원균은 PDA배지에서 배양 후 포자를 얻어 접종농도 5×10^4 으로 맞춘 후에 스프레이로 딸기에 골고루 접종하였다. 그리고 길항미생물 Jo7과 Jo15를 LB broth에 배양하여 O.D 1.0으로 조정하여 각각 처리구에 스프레이 처리해주었다. 그리고 positive control로 잣빛곰팡이병에 효과가 우수하였던 fludioxonil 유기합성농약을 처리해주었다. 그리고 길항미생물에 의한 딸기의 변화도 알아보기 위하여 미생물만 처리한 처리구도 준비하였다. 그 후에 습실처리하고 약 5일간 배양하고 그 병 발생을 측정하였다.

그 결과, Jo7과 Jo15 길항미생물 처리에 의해 딸기 잣빛곰팡이병원균에 대한 억제효과가 확인되었다. 각각의 처리구를 병 심각도를 측정하여 확인한 결과, Jo7은 무처리와 비교하여 약 77.34%의 방제효과를 보였으며, Jo15는 67.73%의 방제효과를 나타내었다. Positive control로 사용한 fludioxonil을 처리한 것은 95.39%로 높은 방제가를 나타내었다. 이 결과는 군사생장과 포자발아 억제력 검정 결과와 같이 Jo7이 비교적 높은 방제가를 나타낸 것을 알 수 있었다.

Table 10. Control efficiency of bacterial isolates against *Botrytis cinerea* on strawberry fruit

Treatment	<i>B. cinerea</i>	
	Disease severity	Control efficiency(%) _c
Jo7	1.22±1.28	77.34±9.95
Jo15	1.67±0.98	67.73±6.67
fludioxonil	0.22±0.83	95.39±6.11
Control	4.67±0.88	-

[제4협동 위탁 연세대학교 : 박인식]

제 1장. 수출용 딸기/토마토의 유통 및 포장 현황

1. 수출용 딸기의 유통 및 현황

가. 국내 딸기 현황

○ 딸기는 비타민 C 이외에도 quercetin, caffeic acid, ferulic acid, flavonol류 등의 다양한 항산화 물질이 함유 되어 있어 국내 뿐 아니라 해외에서 생산과 소비가 증가되고 있는 유망 작물이다.

○ 국내 딸기는 경상남도 충청남도 지역이 전체 재배지역의 70%를 차지하고 있으며, 논산과 밀양지역은 700ha 이상이 재배되는 주산지이다.

○ 국내 딸기 총 생산량은 13년도 기준 대비 12.8%와 딸기 재배 면적은 13년도 기준 대비 7.1%로 증가하였다. 12년 부터 수출 등재에 힘입어 소폭 증가하는 추세를 보이고 있다.(표1)

표 1. 딸기의 재배 면적 및 생산량

(단위 : ha, ton)

생산현황	2009	2010	2011	2012	2013
재배면적	6,324	7,049	5,816	6,435	6,890
생산량	203,772	231,803	171,519	192,140	216,803

출처 : FAOSTAT, 2014

○ 딸기는 국내에서 재배되고 있는 과채류 중 생육 적온이 가장 낮아 저온기에도 난방비의 부담이 적어 시설재배가 유리하다. 국내의 딸기 재배역사는 비교적 짧지만, 다양한 재배작형의 확립 등으로 고품질의 신선한 딸기가 생산되고 있고, 가격도 안정되어 시설재배 농가의 주요 소득 작물로 자리 잡고 있다.

○ 국내는 매향, "설향", 장희 등 다양한 딸기 품종이 재배되고 있지만, 동남아시아 현지인들의 입맛과 수출 기간 동안의 저장성을 만족시킬 수 있는 품종인 '매향' 딸기가 주로 경상남도 지역에서 95% 이상의 비율로 생산되어 수출되고 있다.

나. 딸기 수출 현황

(1) 국산 딸기 수출 현황

○ 신선 딸기의 수출규모는 13년 기준 29.8백만 달러로 12년 대비 22.8%로 신장되는 등 꾸준한 수출 증가세를 보이고 있다. 한국산 딸기는 과채류 중 가장 많은 국가(20여개국)로 수출되고 있으며, 주요 수출국으로는 홍콩, 싱가포르, 말레이시아로 총 수출액의 80%를 차지하고 있다. 최근에는 태국으로의 수출도 점차 증가되고 있는 추세이다.

○ 2009년부터 2013년까지 최근 5년간 연평균 성장률은 수출금액으로는 11.6%, 수출량(냉동 포함)으로는 2.1%의 성장세를 보이고 있다.

표 2. 국내 딸기의 수출 규모

		2009	2010	2011	2012	2013
수출금액 (천 달러)		19,190	26,125	20,606	24,270	29,808
수출량 (톤)	냉동	467	347	323	267	301
	신선	2,380	2,952	2,047	2,152	2,815
	전체	2,872	3,303	2,425	2,525	3,117

※총 수출량은 냉동, 신선, 기타(나무딸기 등)의 합이나, 기타는 표시하지 않음
출처 : 한국농촌경제연구원. 2013

(2) 수출국별 유통 현황

○ 국산 딸기는 싱가포르, 홍콩, 일본 및 말레이시아 지역으로 수출이 활성화 되고 있는데, 13년 국내 총 생산량 216,803톤 중 3,117톤이 해외로 수출되고 있다.

○ 최근 동남아시아 지역으로 딸기 수출이 크게 늘면서, 정부는 2022년까지 딸기 수출 1억 달러를 달성 하고자 수출 지원을 강화하기로 하고, 8년간 총 8,381억 원의 사업비를 투입하기로 하였다.

○ 국산 여름딸기는 일본에서 베이커리 장식용으로 주로 소비되고 있으며, 현지산, 미국산 대비 가격 경쟁력이 높으므로 거리상 인접성으로 인한 높은 신선도 등의 품질 경쟁력으로 안정적 공급이 가능 하다면 수출 확장 가능성이 예상된다.

○ 홍콩은 수입규제가 없고 절차가 까다롭지 않은 탓에 다양한 제품들이 시장에서 경쟁하기 때문에 가격 경쟁이 매우 치열하며, 주요 경쟁국가인 미국산의 경우 생산량이 많지만 단 맛이 적고, 일본산은 한국산과 품질이 유사하나 가격이 비싼 단점이 있다.

○ 싱가포르는 수입상을 통한 수입 형태가 가장 일반적이지만 최근 대형 유통매장에서 취급하는 물량이 증가하면서 실수요자인 유통업체에서 직수입하는 비중이 늘고 있으며, 신선 딸기를 전량 수입에 의존하고 있기 때문에 미국, 호주, 뉴질랜드, 일본 등 다양한 지역의 딸기가 수입되고 있으므로 가격과 딸기 품질이 중요한 경쟁 요소이다.

다. 딸기 수출 과정

○ 딸기 수출 운송수단은 주로 항공을 이용하며, 거리가 가까운 경우 선박을 이용하여 수출하기도 한다. 상품성 하락과 제품의 손실율을 최소화하기 위해 대부분이 항공수송 방법으로 수출하고 있다.

○ 수확 후 예냉고, 선별장, 저장고를 거쳐 컨테이너를 이용하여 항공과 선박을 이용한 운송방법으로 수출이 진행되고 있으며 저장고 및 수출 컨테이너 내부온도와 상대습도가 현지의 기상에 따라 급격히 변하게 되는데 이러한 수출환경과 수출기간을 고려하여 수확 시 속도를 결정해야 한다.

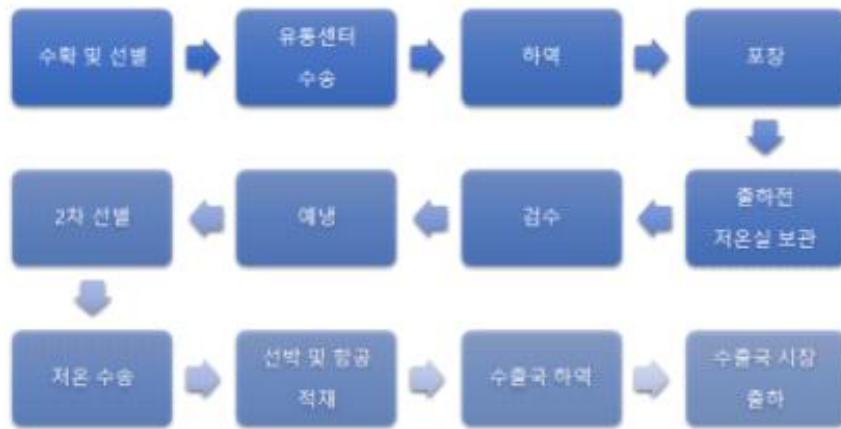


그림 1. 딸기의 수출 과정

2. 수출용 딸기의 품질 변화 요인

가. 물리적 요인

○ 딸기는 과육이 연약하고 호흡률이 비교적 높은 과일로 수확 후 품질연화와 미생물에 의한 부패가 빠르게 진행 되고 수확, 선별 및 유통과정에서는 물리적인 손상이 빈번히 발생하여 유통기간이 짧은 편이다.

○ 해외 수출 시에 딸기는 2단 적재되어서 판매되기 때문에, 밑에 층의 딸기는 위에 층의 딸기에 비해 보다 많은 압력을 받아 품질 연화가 보다 빠르게 진행된다.

나. 생화학적 요인

○ 연화는 효소적 연화와 비효소적 연화로 구분되며, 효소적 연화는 세포벽 분해효소에 의해 발생하며 세포벽 분해효소는 과실의 종류나 품종에 따라 화설 변화에 차이가 있다.

○ 과실의 연화는 성숙, 저장 및 유통 중에 일어나는 생리화학적 변화로 향, 맛, 색 등을 변화시켜 기호성 상품성에 영향을 미친다.

다. 생물학적 요인

○ 얇은 표피와 연약한 과육을 가진 딸기의 경우에는 외압에 의해 생긴 상처, 유통 과정 중에 발생 하는 불규칙한 온도, 습도로 인해 다음과 같은 질병이 발생할 수 있다.

○ 현재 국내에 보고되어 있는 딸기 병해충으로는 병해 24종, 해충 50여종으로 그 중 큰 피해를 주는 주요병해는 탄저병, 흰가루병, 잿빛곰팡이병이고 충해는 점박이응애, 진딧물, 총재벌레, 나방류 등이다.

3. 수출용 딸기의 포장 형태 및 규격

가. 국내

○ 국내 수출용 딸기 포장재는 골판지 상자와 PET용기를 주로 이용하고 골판지 상자는

1차 포장인 PET용기를 담은 길포장용으로 사용한다.

○ 유통 중 발생하는 물리적 손상을 줄이기 위해 바닥과 단 사이에 에어캡을 사용하여 PET용기 용량에 맞춰 딸기를 보통 2단 적재를 한다.

○ PET용기는 딸기 적용 용량에 따라 골판지 상자에 4개 또는 8개 수량으로 담겨 유통하기 때문에 골판지 상자 형태 그대로 판매되거나, 판매 시장 형태에 따라 PET용기 날개 형태로 판매되기도 한다.

○ 국내 수출용 딸기 포장재는 크게 250g과 330g의 PET용기를 이용하여 수출을 하고 있다.

표 220. 국내 수출용 딸기 포장(1차 포장)

재질	포장 무게(g)	딸기 무게(g)	치수(mm)	형태	비고
PET 용기	22	250	상단:135*115 하단:110*90 높이:55		2단적재 (완충재 포함)
	11	330	상단:115*105 하단:120*70 높이:45		2단적재 (완충재 포함)
	31	500	상단:185*140 하단:135*100 높이:70		2단적재 (완충재 포함)



	29	350	상단:220*115 하단:195*95 높이:50		1단적재 (완충재 포함)
에어캡 (완충재)	0.4	X	130*90		2단적재 시 완충효 과

표 221. 국내 수출용 딸기 포장(2차 포장)

명칭	포장 무게(g)	딸기 무게(g)	치수(mm)	형태	비고
골판지 박스	360	250g 8개 적재	335*248*75		E골
	235	330g 4개 적재	515*270*70		E골
EPS 박스	120	500g 4개 적재	435*315*115		박스 내 보냉재 첨가

나. 국외

○ 국외 수출용 딸기 포장재는 국내 수출용과 동일한 PET용기를 주로 이용하고, 국내용보다 좀 더 가벼운 경향을 보인다.

○ 또한 국내 PET용기에 비해 많은 통기구로 설계되어 있으며, 딸기 호흡에 의한 증산작용과, 온도 차이에 따른 결로현상을 방지하고 호흡률을 조절한다.

○ 국내 수출 딸기 포장의 경우 물리적 충격으로 보호하기 위한 완충재를 단 사이에 삽입하는 반면, 국외 포장(미국, 일본) 모두 완충재 없이 딸기를 무작위로 쌓아서 포장한다.

표 222. 해외 수출용 딸기 포장(1차 포장)

국가 및 재질	포장 무게(g)	딸기 무게(g)	치수(mm)	형태	비고
미국/ PET 용기	24	454	상단:185*125 하단:155*95 높이:50		2단적재 (완충재X)
	30	454	상단:185*125 하단:155*95 높이:50		2단적재 (완충재X)
	18	250	상단:125*120 하단:100*95 높이:65		2단적재 (완충재X)
일본/ PET 용기	8	250	상단:165*105 하단:130*80 높이:30		1단적재 (완충재X)

4. 수출용 토마토의 유통 및 현황

가. 국내 토마토 현황

- 국내 토마토는 충남, 전남지역이 전체의 43%이며, 충남지역은 2011년 이후로 시설작물 재배면적이 1,431ha에서 1,191ha로 감소하였으며, 전남지역은 835ha에서 1,054ha로 증가했다.
- 국내 토마토 생산량은 2013년 39 만톤 으로 고부가가치 수출 가능한 품목으로 수출 품질을 높이기 위한 현재 다양한 연구개발이 진행되고 있다.

표 223. 국내 토마토 재배면적

충청남도	전라남도	강원도	경상남도	경상북도	경기도	전라북도	충청북도	제주도
1,553	1,037	860	589	606	759	471	247	44

자료: 통계청, 농업면적조사 (2014)

나. 토마토 수출현황

(1) 국내 토마토 수출 현황

- 국내에서 수출하는 토마토는 유럽종인 대프니스(Dafnis) 품종(국립종자원, 제 02-0005-496호)으로 토마토 황화잎말림 바이러스 내병계로 생육과 생산이 안정적이고 저장성이 뛰어나서 보관 및 판매에 유리함. 또한 절단 가공 편리성이 높아 요식 가공업체의 선호도가 높다.
- 국내 토마토 수출량은 2008년부터 꾸준히 증가하여 2014년 12월 기준 3,288 톤으로 집계되지만 수출비중은 0.5%로 타 신선농산물 대비 매우 낮은 편이다.

표 224. 국내 토마토 연도별 수출량

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
643	928	1,071	1,659	2,437	3,248	3,288

자료: 농수산식품수출지원정보, “토마토의 수출입실적”. 수출입실적통계

- 2013년 까지 총 수출량의 99%가 일본으로 수출되었고, 2014년 12월 기준 총 물량의 97%가 일본으로 수출되어 일본으로의 수출 비율이 감소하였으나, 그 중량은 증가하였으며 일본뿐만 아니라 홍콩, 몽골과 러시아로의 수출량도 증가하고 있다.

표 225. 토마토의 국가별 수출량

단위: ton

	일본	홍콩	몽골	러시아	총 수출량
2012년	2,323	9	1	2	2,437
2013년	3,226	13	1	3	3,248
2014년	3,210	35	25	3	3,288

자료: 농수산식품수출지원정보, “토마토의 국가별 수출입 실적”. 수출입실적통계

(2) 수출국별 유통 현황

- 일본에서도 토마토 생산을 하고 있으며, 그 생산량은 매년 증가하고 있다. 주요 산지는 홋카이도, 쿠마모토, 이바라기이며 연중 출하되고 있지만 5~10월에 출하량이 가장 많다.
- 일본에서 토마토는 주로 생식용으로 사용되고 있으며, 한국산 토마토의 경우 미국, 캐나다, 멕시코, 뉴질랜드 등 보다 품질이 좋으나 유통기한이 짧고 한국 국내가격 상승으로 인하여 한국산 수출이 감소하고 있다.
- 홍콩은 토마토 전체 수요량의 0.4%만이 자국산이며 대부분을 수입에 의존하고 있다. 주요 수입국은 중국, 이스라엘, 네덜란드로 전체 76.0%를 차지하며, 한국은 0.5% 수준으로 적은 수입량을 보이고 있다.
- 러시아에서는 대과 토마토를 생식용보다 주로 요리용으로 소비되며 요리용 토마토는 당도, 크기 등 품질적인 면보다 가격적인 측면을 우선적으로 고려한다.
- 러시아의 토마토 생산량 및 수입량은 모두 증가하고 있으며, 모스크바 지역은 주로 유럽 권에서 블라디보스톡은 중국에서 수입을 하고 있다.

다. 토마토 수출과정

- 농가에서 수확된 토마토는 도매시장과 소매상을 거쳐 최종 소비자에게 소비되기까지 2일 이상의 유통기간이 소요된다.
- 토마토를 일본으로 수출시 운송은 선박으로 이루어지며, 선박으로의 이동시간은 1일 정도가 소요되며 물류비용도 저렴한 편이다. 하지만 경남지역의 항구까지 육로로의 이동으로 유통과정 중에 받는 진동 및 충격에 의한 기계적 손상으로 인한 제품의 손실이 발생한다.

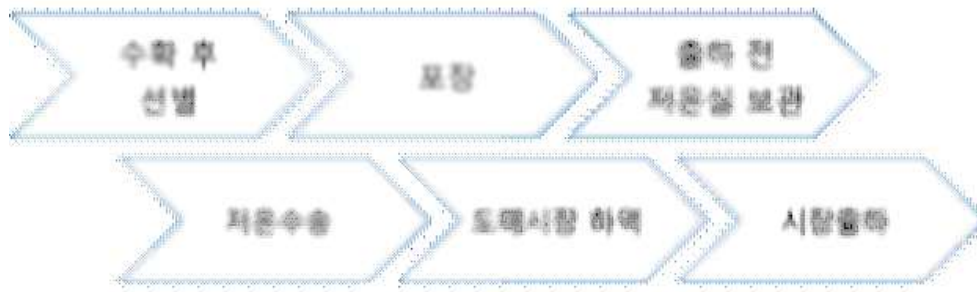


그림 715. 국내 토마토의 수출 과정

5. 수출용 토마토의 품질 변화 요인

가. 물리적 요인

- 수확, 선과, 적재 중 취급 부주의에 의한 과실의 압상은 외관으로 과실이 연화되거나 터짐으로 쉽게 확인할 수 있다.
- 과실의 터짐으로 인하여 포장용기 내에 과즙이 축적되어 미생물 생육으로 인한 부패가 촉진된다.
- 기계적 손상은 주로 진동과 충격에 의한 요인이지만 최근 과실의 유통체계가 기계화됨에 따라 주로 진동에 의한 손상이 대부분을 차지하고 충격에 의한 손상은 점차 감소되고 있다.
- 과실의 연화는 성숙, 저장 및 유통 중에 일어나는 생리화학적 변화로 향, 맛, 색 등을 변화시켜 기호성, 상품성에 영향을 미친다.
- 연화된 토마토는 유통 시 물리적 장애가 쉽게 발생되며, 신선편이 가공 시 절단 단계에서 형태유지가 어렵다.

나. 화학적 요인

- 작물의 종류에 따라 빙점 이상의 온도에서도 저온에 의한 생리적 장애를 입는 경우가 있다. 저온에 민감한 작물이 한계온도 이하의 저온에 노출될 때 나타나는 영구적인 생리적 장애를 저온장애(chilling injury)라 하며, 토마토의 경우 저온장애를 받으면 외관적으로는 과피색이 변하고 자연 숙성이 되지 않는다.
- 토마토는 climacteric 과실로서 과도한 호흡과 증산작용은 포장재 내부에 결로현상 및 가스 조성에 변화를 주고 세균번식에 의한 부패, 곰팡이 발생 등의 원인이 된다.

다. 생물학적 요인

- 과일 및 채소와 같은 신선 농산물은 수확 후 소비되는 과정의 여러 단계에서 병원성 미생물을 포함한 다양한 미생물에 오염될 수 있다.

6. 수출용 토마토의 유통 포장 분석 및 적용 연구

가. 수출 토마토의 포장 형태 및 규격

(1)국내

○ 현재 수출용 토마토를 포장하는 데 사용되는 포장재는 골판지 상자가 사용되며 유통 시 충격을 완화하기 위하여 따로 개별 포장은 사용되지 않으나 난좌를 이용하여 제품의 안전성을 높이고 있다.

○ 골판지 상자의 규격은 수출국 소비자에 따라 다르지만 일본의 경우 보통 일본에서 요구한 460(±20)×325(±5)×85(±5)mm 규격을 사용하고 있다.

○ 수출용 골판지 박스의 형태는 접는 형에 통기구를 생성하여 이용하고 있다.

표 226. 국내 수출용 토마토 포장(골판지 박스)

	형태	규격(mm)	적재
대산농협		473*327*85	
			
생림농협		448*323*90	
			

○ 유통 중 토마토의 위치를 고정시키고 과실끼리 부딪혀 스크래치가 발생하는 것을 방지하기 위해 골판지 박스 내부에 난좌를 사용하여 제품의 손상을 막고있다.

○ 난좌는 pulp mold, PSP(polystyrene paper) 등이 사용되고 있으며, 그 규격은 사용되는 골판지 박스의 규격에 따라 조금씩 다르다.

표 227. 국내 수출용 토마토 포장(난좌)

구분	형태	용량	배열	규격(mm)	재질
A		20과	별집	423*295*30	pulp mold
B		24과	바둑판식	447*312*25	PSP
C		28과	별집	447*312*25	PSP

(2)국외

- 국외 수출용 토마토 포장재는 국내 수출용과 다르게 파우치나 플라스틱 용기 형태로 주로 수출 되고 있다.
- 특히, 플라스틱 용기 형태 경우 통기 구멍이 없어 포장내의 결로 현상이 발생되고, 용기의 실링을 테이프로 마감된 형태가 주를 이루고 있다.

표 228. 해외 수출용 토마토 포장

국가 (형태)	형태	국가 (형태)	형태
일본 (용기)		태국 (파우치)	
뉴질랜드 (용기 + 랩핑)		네덜란드 (용기 + 랩핑)	
말레이시아 (용기)		말레이시아 (파우치)	
인도네시아 (파우치)			

제 2장. 수출용 딸기 유통 및 포장 현황

1. 딸기의 선도유지를 위한 기능성 소재 연구

가. 딸기의 선도유지를 위한 산소흡착제 및 미세천공필름 적용 연구

(1) 연구 목적

- 농산물에서 호흡은 품질 열화의 가장 중요한 요소로서 품목별 호흡특성과 저장온도에 따라 영향을 받으며 호흡을 억제하여 품질열화를 줄이기 위해 예냉을 실시하거나 공기의 조성(산소, 질소, 이산화탄소의 비율)을 조절하여 CA저장 및 MA포장을 적용하는 경우가 있다.
- 특히, MA포장은 공기의 조성을 조절하여 신선 과채류의 호흡율을 조절하는데 많이 이

용되고 있다. MA포장으로 최적 기체 조건을 맞추기 위해 진공포장이나 기능성 흡착제를 이용하여 되는데 산소흡착제나 이산화탄소 흡착제 등을 많이 이용하고 있다.

- 본 연구는 산소흡착제와 미세천공필름을 적용하여 포장내 최적 기체농도 조절을 통한 딸기의 호흡억제 및 품질열화를 줄여 유통기한의 연장 효과를 확인하는 것을 목적으로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 본 실험에 사용된 딸기는 경상남도 산청에서 재배된 "설향" 품종의 딸기를 조이팜에서 구매 하였다.

- 딸기는 조이팜에서 받은 수출용 PET용기에 담겨온 딸기 250g을 실험실로 옮기는 즉시 실험에 사용하였다.

- 실험에 사용한 포장재는 평균 22 μ m 두께의 CPP필름과 약 1mm의 미세천공이 적용된 천공CPP 필름을 (주)보스팩(Seoul, Korea)에서 제공 받아 사용하였다.

- 산소흡착제는 (주)티피지에서 제공 받은 '오투-제로' 300cc용량을 사용하여 적용하였다.

- 딸기 포장 용기는 조이팜에서 바로 받은 PET포장용기를 바로 사용하였다. 미세천공 필름에 산소 흡착제를 부착하여 적용한 후 용기내 기체조성 측정과 딸기의 품질변화를 보기 위한 저장실험을 진행했다.

- 저장조건은 온도 23 \pm °C와 상대습도 30 \pm 5%조건에서 진행하였다.



(A)



(B)



(C)



(D)

그림 717. CPP필름 적용 포장 (A), CPP필름 + 산소흡착제 적용 포장 (B), 미세천공필름 적용 포장 (C), 미세천공필름 + 산소흡착제 적용 포장(D)

표 229. 실험샘플 구성

	구성
CPP	CPP필름 + 딸기
CPP+OA	CPP필름 + 산소흡착제 + 딸기
MA	미세천공필름 + 딸기
MA+OA	미세천공필름 + 산소흡착제 + 딸기

○ 필름의 표면 상태 및 산소투과도 평가

- 미세천공 필름의 천공 크기와 형태를 300배율의 광학 측정 렌즈를 가진 영상현미경 (Xi-cam, Bestec Vision Co., Korea)을 사용하여 천공 크기 및 형태를 관찰하였다.

- CPP필름, 천공CPP필름 시편을 8001 Oxygen permeation analyzer(Oxygen OTR series 8001, Illinois Instruments Inc., Johnsburg, USA)을 이용하여 산소 투과도를 측정하였다. 시편은 23℃ 온도 조건하에서 3회 측정하였다.

○ 용기 내 기체조성 측정

- 산소흡착제 적용에 따른 용기 내의 산소(O₂)와 이산화탄소(CO₂) 조성은 용기뚜껑에 설치한 septa를 통해 Headspace oxygen / carbon dioxide analyzer (CheckmateII, PBI-Dansensor America Inc., USA)를 이용하여 시간에 따른 산소와 이산화탄소의 변화량을 관찰하였다.

- 실험은 3회 반복 측정하였다.

○ 품질변화 측정

- 품질변화 항목으로는 중량감소율, 경도, 당성분, 산도, 부패율을 측정하였다.

- 중량감소율은 디지털 전자 밸런스(MW-II series, CAS, Fullerton, USA)를 사용하여 딸기의 저장 초기의 중량에서 측정시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율(%)로 나타내었다.

- 과육경도는 직경 3mm의 probe를 장착한 Fruit Hardness tester(FR-5105, Lutron, Taiwan)를 이용하여 분석하였으며, 한 과실 당 적도부분으로부터 1cm 떨어진 지점에서 일정한 속도와 압력으로 측정하여 나타나는 저항값의 최대값을 N으로 나타내었으며, 처리구당 3회 반복 실험하여 평균값을 구하였다.

- 당성분은 딸기를 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater0M, Atago Co., Japan)로 처리구당 3회 반복 측정하여 Brix로 나타내었다.

- 산도(pH)는 딸기 착즙액 20ml를 취하여 pH meter(AB15pH meter, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험하였다.

- 딸기의 부패율 측정은 딸기의 수침증상 또는 즙이 새어나오거나 곰팡이가 조금이라도 발생되면 부패과로 보았으며, 조사된 과실에 대하여 부패과를 전체 과실에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

(3) 결과 및 고찰

○ 필름의 표면 상태 및 산소투과도

- 본 실험에 사용한 미세 천공필름의 미세구멍은 약 1mm의 크기로 확인하였으며, 약 6mm간격으로 형성되어 있음을 확인했다.

- 일반 CPP 필름의 산소 투과도 값은 $4216\text{cc}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$, 미세천공 필름의 산소투과도 값은 $129366\text{cc}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ 로 CPP필름에 비해 3배정도 큰 산소투과율을 보였다.

표 230. CPP필름과 미세 천공필름의 산소투과율

(단위:cc/m ² /day)		
	CPP필름	미세 천공필름
산소투과율	4216	129366

○ 용기 내 기체조성

- CPP필름에 산소흡착제를 적용한 시료에서 가장 낮은 산소 농도를 확인되었고, 미세천공필름에서 가장 높은 산소농도를 확인 할 수 있다. 이는 미세천공필름의 높은 투과율로 용기 내 산소농도가 적은 감소율을 보인 것으로 판단된다.

- 이산화탄소의 농도 변화를 보면 CPP필름의 시료에서 가장 높은 이산화탄소 농도를 확인 할 수 있고, 미세천공필름에 산소흡착제를 적용한 시료에서 가장 낮은 이산화탄소 농도를 보이고 있다. 이는 미세천공필름의 높은 투과도로 이산화탄소 농도가 낮게 유지된 것으로 판단된다.

- 또한, 산소흡착제 적용 시료에서 적용하지 않은 시료에 비해 더 낮은 이산화탄소 농도를 보이는데, 이는 산소흡착제로 인한 급격한 용기 내 산소저하로 딸기의 호흡률이 저하되어 이산화탄소의 발생이 감소되었다고 판단된다.

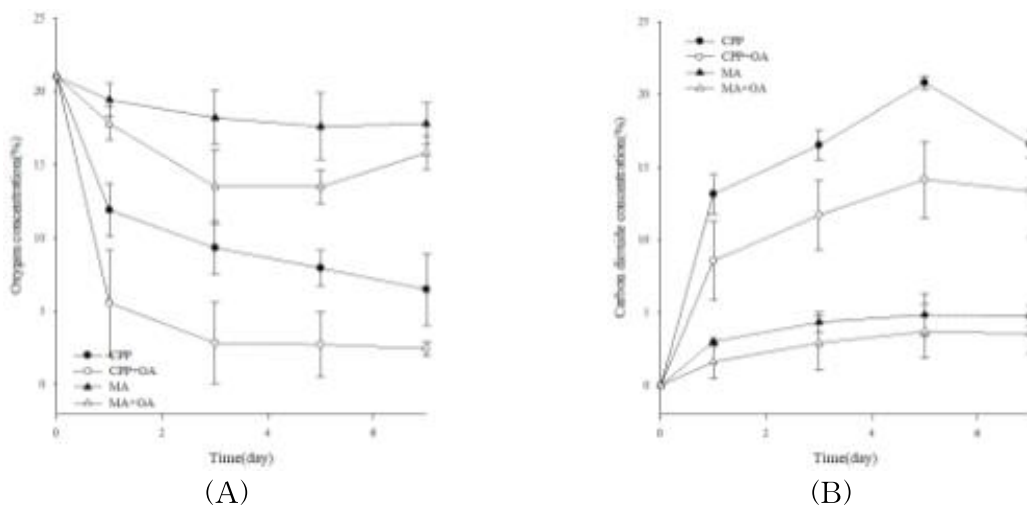


그림 718. 저장중 딸기 포장 용기내 산소 농도(A) 및 이산화탄소 농도(B) 변화

○ 중량감소율 및 정도

- 중량 감소율은 저장 7일 차까지 2% 이내로 낮은 중량 감소율을 보였다.

- 저장기간 동안 미세천공필름에 저장된 딸기의 무게감소율이 CPP필름에 있는 딸기보다 무게 감소율이 더 빠른 것을 확인 할 수 있다.

- 각 시료에 따른 경도 측정 결과 1일차에는 미세천공필름을 적용한 시료에서 높은 경도 3.4N, 3.1N를 보이지만 3일차부터는 급격한 감소로 CPP필름의 시료보다 낮은 경도를 보인다.

○ 산도 및 당성분

- 딸기의 pH값의 변화를 측정한 결과 2일차부터 미세천공필름보다 CPP필름의 시료에서 높은 산도가 측정 되었다.

- 당성분의 변화에서는 모든 처리구에서 유의적 차이를 확인할 수 없었다.

○ 부패율

- 저장 후 딸기의 부패율은 그림 11과 같다. 미세천공필름과 미세천공필름에 산소 흡착제를 적용한 시료에서 가장 빠른 부패율을 보였다.

- 또한, CPP필름에 산소흡착제를 적용한 처리군에서 5일차까지 곰팡이가 발생하지 않아 가장 낮은 부패율을 보였다.



CPP필름



CPP필름 + 산소흡착제



미세 천공 필름



미세 천공필름 + 산소흡착제

그림 721. 저장 5일차 딸기 부패율 형태

(4) 결론

○ 용기 내 기체조성은 미세 천공필름과 미세 천공필름+산소흡착제 시료에서 높은 산소 농도와 낮은 이산화탄소 농도를 보여주었다. 또한, 산소흡착제 적용 시료에서 적용하지 않은 시료에 비해 더 낮은 이산화탄소 농도를 보이는데, 이는 산소흡착제로 인한 급격한 용기 내 산소저하로 딸기의 호흡률이 저하되어 이산화탄소의 발생이 감소되었다고 판단된다.

- 중량 감소율은 저장 7일 차까지 2% 이내로 낮은 중량 감소율을 보이는데 저장기간 동안 미세천공필름에 저장된 딸기의 무게감소율이 CPP필름에 있는 딸기보다 무게 감소율이 더 빠른 것을 확인 했다.
- 경도 측정은 미세천공필름을 적용한 시료에서 높은 경도 3.4N, 3.1N를 보이지만 3일차부터는 급격한 감소로 CPP필름의 시료보다 낮은 경도를 보인다.
- 부패율 측정에서는 CPP필름에 산소흡착제를 적용한 처리군에서 5일차까지 곰팡이가 발생하지 않아 가장 낮은 부패율을 보였다.
- 이러한 결과를 토대로 미세천공의 기공 사이즈와 개수 조절 또는 필름의 투과율을 조절하여 산소흡착제 적용시 호흡을 억제할 수 있는 최적 기체 조건을 맞추는 필름 개발 연구가 필요하다.

나. 살리실산(Salicylic acid) 적용 딸기의 선도유지 평가

(1) 연구 목적

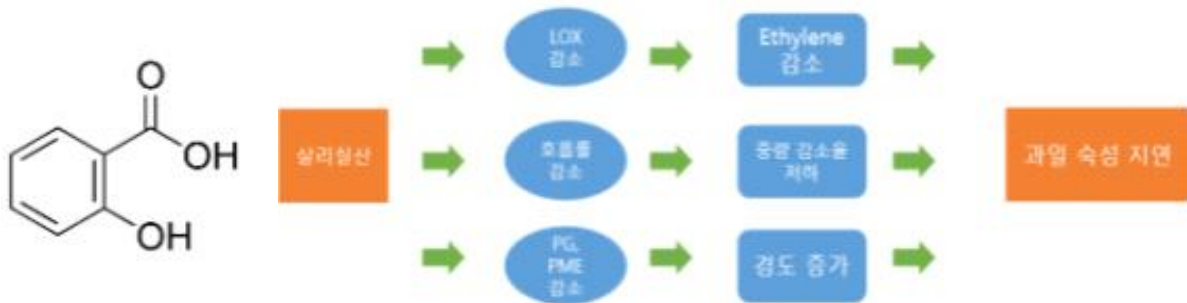


그림 722. 살리실산의 화학구조 및 특성

- 살리실산은 GHS의 규제대상 되어있지 않고, 미국 Food and Drug Administration(FDA)의 Food Additive Status List에 등재되어 식품 첨가물로 이용이 허가되었다.
- 본 연구는 산소흡착제와 미세천공필름을 적용하여 포장내 최적 기체농도 조절을 통한 딸기의 호흡억제 및 품질열화를 줄여 유통기한의 연장 효과를 확인하는 것을 목적으로 한다.
- 본 연구는 살리실산의 특성을 이용하여 딸기의 선두 유지효과를 확인하는 것을 목적으로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 실험에 사용된 딸기는 경상남도 산청에서 재배된 "설향" 품종의 딸기를 조이팜에서 구매하였다.
- 딸기를 실험실로 옮기는 즉시 일정한 크기와 균일한 속도의 딸기를 선별하여 각 처리군 당 약 250g의 딸기를 실험에 사용하였다.
- 실험에 사용한 살리실산은 덕산종합과학(Seoul, Korea)에서 99.5%의 Extra pure를 구매

하고, 에어캡은 신한시스템(Gyeonggido, Korea)에서 구매하여 사용하였다.

- 딸기 포장 용기는 조이팜에서 바로 받은 PET포장용기를 바로 사용하였다. 살리실산 dipping 처리와 coating 처리한 완충재를 이용하여 딸기를 재포장 후 저장실험을 진행했다.

- 저장조건은 온도 $23\pm^{\circ}\text{C}$ 와 상대습도 $30\pm 5\%$ 조건에서 진행하였다.

○ 전처리 방법(직접처리 - dipping처리방법)

- 3L 비커에 2mM, 4mM 살리실산 용액을 제조한다.
- 용액이 든 3L비커에 딸기를 15분간 dipping한 후 paper towel을 이용하여 수분이 묻어 나오지 않을 정도로 건조 후 재포장 하였다.

○ 전처리 방법(간접처리 - 완충재 coating처리방법)

- 증류수 1L에 PVA를 1시간 가열하여 녹인 후, 살리실산을 추가적으로 넣어 5%, 10%의 PVA+살리실산 용액을 제조한다.

- 제조된 용액을 이용하여 완충재(에어캡)을 15분간 dipping하여 코팅 한 후, 드라이오븐을 이용하여 50°C 에서 2시간 건조하여 재포장 하였다.

표 231. 실험샘플 구성

	구성
Control	무처리
SA2mM (dipping)	살리실산 2mM에 딸기 dipping 처리
SA4mM (dipping)	살리실산 4mM에 딸기 dipping 처리
SA5% (coating)	살리실산 5% 코팅된 완충재 적용 딸기
SA10% (coating)	살리실산 10% 코팅된 완충재 적용 딸기

○ 품질변화 측정

- 품질변화 항목으로는 중량감소율, 경도, 당성분, 산도, 부패율을 측정하였다.
- 중량감소율은 디지털 전자 밸런스(MW-II series, CAS, Fullerton, USA)를 사용하여 딸기의 저장 초기의 중량에서 측정시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율(%)로 나타내었다.

- 과육경도는 직경 3mm의 probe를 장착한 Fruit Hardness tester(FR-5105, Lutron, Taiwan)를 이용하여 분석하였으며, 한 과실 당 적도부분으로부터 1cm 떨어진 지점에서 일정한 속도와 압력으로 측정하여 나타나는 저항값의 최대값을 N으로 나타내었으며, 처리구당 3회 반복 실험하여 평균값을 구하였다.

- 당성분은 딸기를 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater0M, Atago Co., Japan)로 처리구당 3회 반복 측정하여 Brix로 나타내었다.

- 산도(pH)는 딸기 착즙액 20ml를 취하여 pH meter(AB15pH meter, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험하였다..

- 딸기의 부패율 측정은 딸기의 수침증상 또는 즙이 새어나오거나 곰팡이가 조금이라도 발생되면 부패과로 보았으며, 조사된 과실에 대하여 부패과를 전체 과실에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

(3) 결과 및 고찰

○ 중량 감소율 및 정도

- 중량 감소율은 Control > SA4mM > SA5% > SA10% > SA2mM 순으로 살리실산 2mM dipping처리한 딸기의 중량 감소율이 가장 적었지만 5%, 10% 살리실산 코팅필름 적용한 딸기와 큰 차이를 보이지 않았다.

- 정도 측정 결과 3일차에서 살리실산 2mM dipping처리한 딸기가 가장 좋은 정도를 보였으며, 다음으로 살리실산 10% 코팅필름 적용한 딸기가 좋은 정도 유지효과를 보였다.

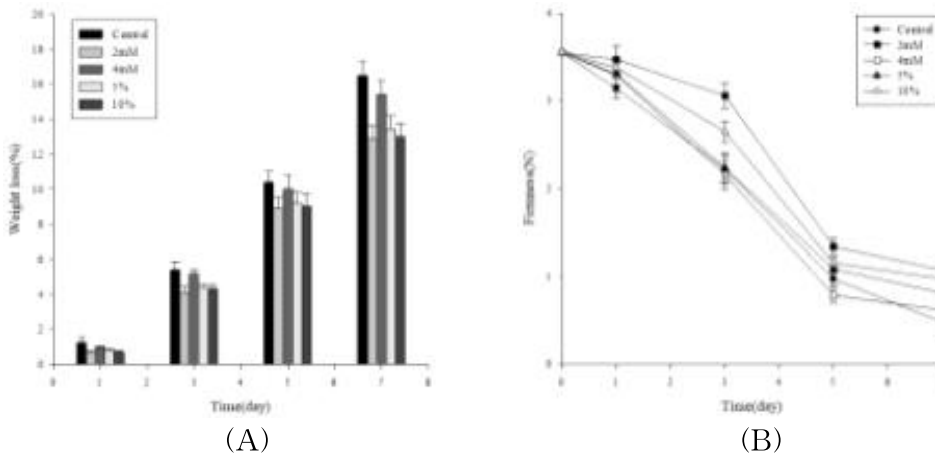


그림 73. 저장중 딸기의 중량감소율(A) 및 정도(B) 변화

○ 부패율

- 저장 후 딸기의 부패율은 전반적으로 저장기간 동안 부패율은 급격히 증가하였다.
 - 대조군이 가장 빠른 부패율을 보였고, 살리실산 2mM dipping처리한 시료가 가장 낮은 부패율을 보였다. 또한, 그 다음으로 낮은 부패율을 보인 시료는 살리실산 10%코팅필름 적용한 시료로서 포장재의 적용한 살리실산이 항공광이성의 효과를 보여주었다.



(4) 결론

- 중량감소율은 살리실산을 2mM dipping처리한 딸기와 살리실산 10%코팅필름을 적용한 딸기에서 가장 적은 중량감소율을 확인하였다.
- 경도 측정결과 또한 살리실산을 2mM dipping처리한 딸기가 저장기간 동안 높은 경도를 보여주었고, 그 다음으로 살리실산 10%코팅필름을 적용한 딸기에서 가장 높은 경도를 보여주었다.
- 부패율 결과에서도 살리실산을 2mM dipping처리한 딸기가 저장기간 동안 가장 낮은 부패율을 보였고, 그 다음으로 살리실산 10%코팅필름을 적용한 딸기가 낮은 부패율을 보였다.
- 살리실산의 경우 접촉하였을 경우에 효과가 있어 딸기 포장 적용에 어려움이 있다. 이를 개선할 만한 추가 연구가 필요하고 판단된다.

다. Methyl salicylate, Methyl jasmonate 향공팡이 효과 평가

(1) 연구배경

- MeSA는 Salicylic acid(SA)의 에스테르화된 형태이며 천연 물질로 식물의 신호전달물질로서 식물의 생장 조절을 하며 식물의 전신획득 저항성(SAR)을 유도하여 균에 대한 저항성을 높여준다. 최근 수확 후 과실에 저온장해 방지와 품질유지를 위해 MeSA를 처리한 연구가 많이 이루어지고 있다.

- MeJA는 MeSA와 마찬가지로 식물의 신호전달물질로 식물의 호흡 촉진, 에틸렌 생합성

축진 과실의 곰팡이 생장 억제, 저온 장해 방지 등 식물의 방어 및 숙성 기작에 관여한다.

- 본 연구는 딸기에서 주로 발생하는 *B.cinerea*와 *R.stolonifer*의 억제 효과를 보기위한 저항성 유도물질인 MeSA와 MeJA의 항곰팡이 효과 평가를 목표로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 본 실험에서 사용된 Methyl salicylate (MeSA, CAS 119-36-8)와 Methyl jasmonate (MeJA, CAS 39924-52-2)는 각각 JUNSEI와 SIGMA-ALDRICH에서 공급받아 사용하였다.

- 항균성 평가를 위한 균사체로는 딸기의 주요 곰팡이균인 *B.cinerea* (KCCM 60337), *R.stolonifer* (KCCM 35486)를 한국미생물보존센터 (KCCM, Seoul, Korea)에서 분양받아 사용하였다.

○ 실험방법

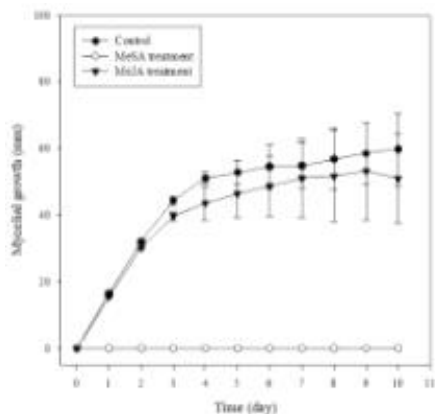
- MeSA와 MeJA의 균사체 성장 억제 평가는 Soyly (2006)의 연구방법을 토대로 비접촉상 (Volatile phase)에서의 균사체 성장 억제율을 평가하였다.

- 비접촉상에서 균사체 성장 억제 평가는 코크볼러 (cork boler)를 이용하여 7일간 배지에 배양된 *B. cinerea*와 *R. stolonifer*를 7 mm로 조각낸 배지 조각을 PDA 중앙에 놓고 500ppm 농도의 MeJA를 첨가한 filter paper를 Petri dish 덮개 중앙에 붙인 후 휘발된 MeJA가 새어나오지 않도록 Petri dish를 Para film으로 밀봉하여 26 °C에서 배양되었다.

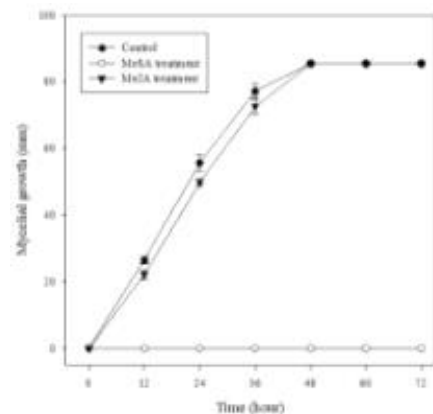
(3) 결과 및 고찰

- 비접촉상에서의 MeSA 처리군에서 *B.cinerea*와 *R.stolonifer* 균 배양 기간 동안 성장을 하지 않아 100%의 성장 억제율을 보여주었다.

- 그러나 비접촉상에서의 MeJA 처리군은 *B.cinerea*에서 균 성장억제 효과를 미미하게 보였으나 *R.stolonifer*에서 균 성장 억제 효과와 마찬가지로 큰 억제율을 보여주지 않았다.



(A) *B.cinerea*



(B) *R.stolonifer*

그림 233. 비접촉상에서의 MeSA와 MeJA를 처리한 균사체 성장 억제율

라. Methyl salicylate, Methyl jasmonate 적용 농도에 따른 딸기의 품질 변화 평가

(1) 연구목적

- 딸기의 선도유지를 위한 저항성 유도 물질인 Methyl salicylate와 Methyl jasmonate를 농도별로 적용하여 딸기의 선도 개선 품질 평가를 목표로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 실험에서 사용된 딸기는 (주)조이팜 (Gyeongsangnam-do, Korea)에서 공급받은 샤롯데 품종의 여름딸기를 이용하여 실험하였다.

- 딸기는 외관 부패와 물리적 손상이 없는 상품을 선별하여 250g PET tray 담아서 실험하였다.

○ 실험방법

- MeSA와 MeJA를 농도별(20, 60, 100 ppm)로 Filter paper에 처리하여 Air hole(6mm) 8개가 있는 CPP pouch(300*250mm)에 딸기가 담긴 250g PET tray와 함께 동봉하여 접착하였다.

- 저장 환경은 온도 10±2℃, RH 90±5% 조건에서 8일간 품질변화를 측정하였다.

- 품질변화 항목으로는 중량감소율, 경도, 당도, 산도, 색도, 부패율을 측정하였다.

- 저장기간에 따른 딸기의 중량 감소율은 디지털 전자 밸런스(MW-II series, CAS, Fullerton, CA, USA)을 이용하여 측정하고 저장초기의 중량에서 측정시 중량을 뺀 저장 중의 감량을 백분율(%)로 나타내며 5회 반복 실험 하였다.

- 저장기간에 따른 딸기의 경도 변화 측정은 과일 경도 시험기(FR-5105, Lutron, Taiwan)을 이용하여 측정 하였다. 직경 3 mm의 probe를 장착하여 과피 내부로 20 mm를 삽입할 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 N으로 나타내었으며 5회 반복 실험하였다.

- 당성분은 딸기를 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater0M, Atago Co., Japan)로 처리구당 3회 반복 측정하여 Brix로 나타내었다.

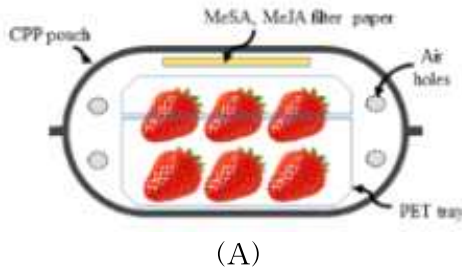
- 산도(pH)는 딸기 착즙액 20ml를 취하여 pH meter(AB15pH meter, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험하였다.

- 색도 변화는 표시한 부위를 색차계 (Model CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 hunter L, a 그리고 b 값을 측정하였다. 색도는 표준 white plate(L*=96.49, a*=-0.26, b*=1.92)를 기준으로 측정하였다. 측정 후 아래 식을 적용하여 채도(Chroma value)와 색조(Hue angle)를 계산하였다. 색도 변화는 명도(L)와 채도(Chroma value), 색조(Hue angle)로 비교하였다.

$$\begin{aligned} \text{Chroma value} &= \sqrt{(a^*^2 + b^*^2)} & \text{Hue angle} &= \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \end{aligned}$$

- 저장 기간 동안 딸기의 외관 부패율은 포장된 PET tray에서 곰팡이 및 다른 미생물에

의해 딸기에 갈색 반점, 곰팡이, 상처를 육안으로 확인하였다. 외관 부패율은 부패된 딸기의 수를 계산하여 백분율(%)로 나타내었다.



Storage condition	• Temp : 10±2℃
	• Humidity : 90±5 %RH
	• Storage period : 5days (0, 2, 4, 6, 8 days)
Samples	• Control : Filter paper
	• MeSA/MeJA20 : Filter paper + MeSA/MeJA 20μL
	• MeSA/MeJA60 : Filter paper + MeSA/MeJA 60μL
	• MeSA/MeJA100 : Filter paper + MeSA/MeJA 100μL

(A)

(B)

그림 235. MeSA, MeJA 처리 모식도(A) 및 샘플 처리 조건(B)

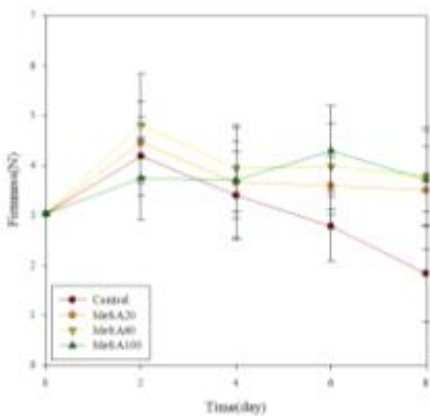
(3) 결과 및 고찰

○ 중량감소율

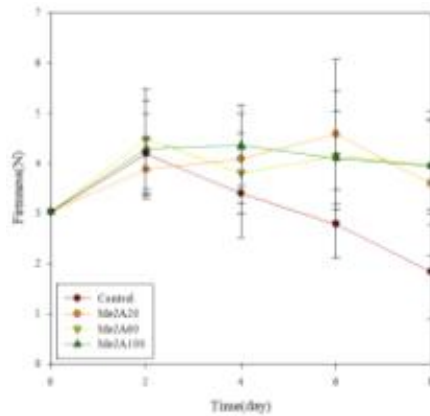
- 중량감소율은 저장기간 동안 모든 MeSA와 MeJA 처리구에서 증가하였으나 1% 내외로 낮은 값을 보였다. 이는 높은 상대습도 (RH 90±5%)에서의 저장 조건 때문으로 판단된다.
- 특히, MeSA 처리구 control에 비해 낮은 중량 감소율을 보여준다. 이는 MeSA의 처리가 과실의 호흡률을 낮춰 증산작용이 줄어든 것으로 판단된다.

○ 경도

- MeSA와 MeJA 처리구는 control에 비해 높은 경도 유지를 보여주었다.
- MeSA 60ppm 처리구에서는 2-3일 동안 가장 높은 경도를 보여주고 8일까지 약 4N의 경도를 유지하였다.
- MeJA 처리구는 모든 농도에서 저장기간 동안 3.5N이상의 높은 경도를 유지하였다.
- 이는 MeSA와 MeJA처리가 과실에서 발생하는 에틸렌 발생을 감소시켜 연화현상을 줄인 것으로 판단된다.



(A)



(B)

그림 236. 저장 중 딸기의 경도 변화 (A: MeSA 처리구; B: MeJA 처리구)

○ 색도

- MeSA와 MeJA처리구 control에 비해 높은 L* value와 chroma value를 보여주었다. control은 8일차에서 약 20정도의 L* value를 보여주었고 MeSA와 MeJA 처리구에서 약 23 정도의 L*value를 보여주어 저장 기간 동안 더 선명하고 밝은 색을 유지한 것으로 보여진다.

- Hue angle의 경우 모든 샘플에서 35~45°의 값을 유지하여 붉은 색조를 보여주지만 큰 유의적 차이를 찾을 수 없다.

○ 산도(pH)

- MeSA 처리구는 control에 비해 저장기간 동안 높은 산도를 보였으며 특히, MeSA 20ppm 처리구는 6일동안 가장 높은 산도를 보여주었다.

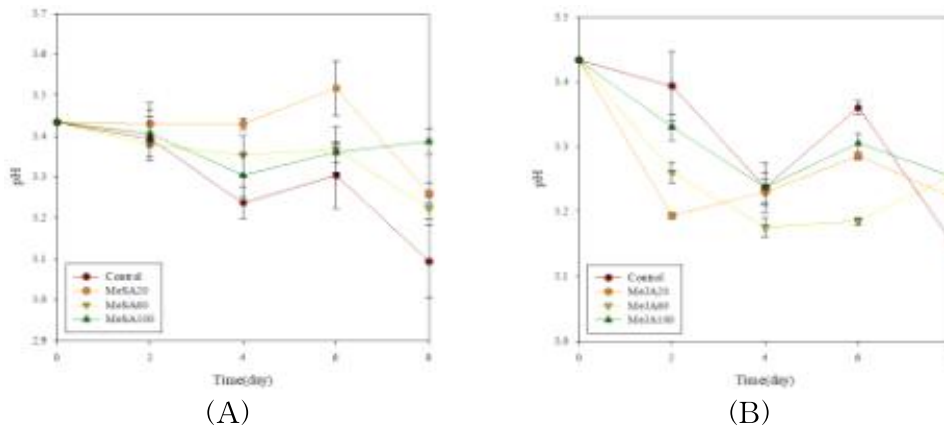


그림 237. 저장 중 딸기의 산도 변화 (A: MeSA 처리구; B: MeJA 처리구)

○ 당도

- MeSA 처리구는 대조군에 비해 비슷하거나 낮은 당도값을 보여주는데 이는 MeSA 처리가 딸기의 호흡률을 저하시켜 과일의 숙성을 억제하고, 이로 인해 관실 내 전분의 분해 정도가 낮아 당도가 낮게 나온 것으로 판단된다.

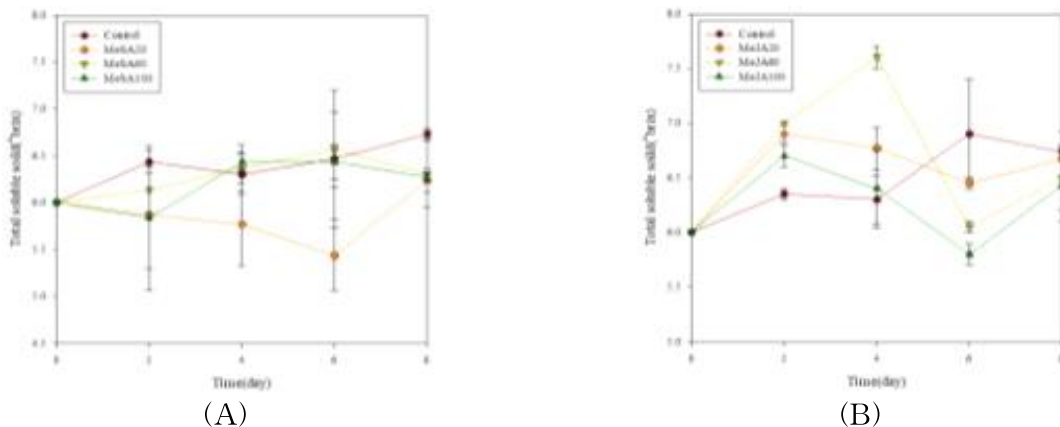


그림 238. 저장 중 딸기의 당도 변화 (A: MeSA 처리구; B: MeJA 처리구)

○ 부패율

- MeSA와 MeJA 처리구가 control에 비해 부패도가 낮게 발생하였다.
- 특히, MeSA 60ppm과 MeJA 100ppm은 가장 낮은 부패율을 보여주었다.
- 이는 MeSA와 MeJA의 처리로 인한 저항성 유도를 통해 부패율이 감소한 것으로 판단된다.

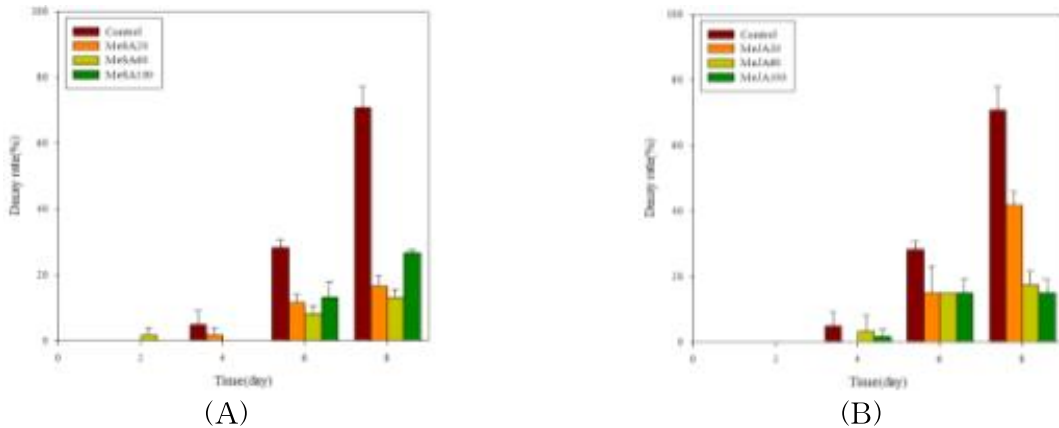


그림 239. 저장 중 딸기의 부패율 (A: MeSA 처리구; B: MeJA 처리구)

(4) 결론

○ MeSA와 MeJA를 처리한 비접촉상 항곰팡이 실험에서 MeSA의 경우 *B.cinerea*와 *R.stolonifer* 균 배양 기간 동안 성장을 하지 않아 100%의 성장 억제율을 보여주었으나 MeJA의 경우 대조군과 큰 차이가 없었다.

○ MeSA와 MeJA를 처리한 딸기의 품질평가에서 MeSA와 MeJA 모두 대조군에 비해 높은 경도 유지를 보여주었다.

○ 부패율 평가에서 8일차에서 MeJA20가 약 40%로 높게 나오고 MeSA는 20과 60ppm에서 20% 이하의 부패율을 보여주었다.

2. 딸기의 선도유지를 위한 기능성 물질 포장 적용 기술 연구

가. β -cyclodextrin/Methyl salicylate와 β -cyclodextrin/Methyl jasmonate를 농도별로 적용한 딸기 품질 변화 평가 (싱가포르 현장 모델 평가)

(1) 연구목적

- 저항성 유도 물질인 MeSA와 MeJA의 방출 조절을 위해 β -cyclodextrin을 이용한 Methyl salicylate와 Methyl jasmonate의 IC (inclusion complex; 포접화합물) 을 농도별 적용한 딸기 품질 변화 평가를 목표로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 실험에서 사용된 딸기는 대곡덕천영농조합 (Gyeongsangnam-do, Korea)에서 공급받은 매향 품종의 딸기를 이용하여 실험하였다.

- 딸기는 외관 부패와 물리적 손상이 없는 상품을 선별하여 250g PET tray 담아 실험하였다.

- Encapsulation 제조방법으로 β -cyclodextrin와 Methyl salicylate (1:2)로 제조된 B-CD/MeSA와 β -cyclodextrin와 Methyl jasmonate (1:2)로 제조된 B-CD/MeJA를 적용하여 실험하였다.

○ 실험방법

- PET tray에 B-CD/MeSA와 B-CD/MeJA를 각각 0.4%, 0.8% 넣어 적용하여 실험하였고, B-CD/MeSA와 B-CD/MeJA 혼합하였을 때 효과를 확인하기 위하여 혼합하여 0.4%, 0.8% 넣어 적용하였다.

- 싱가포르 수출 현장에 적용하여 실험하였다. 저장 환경은 컨테이너 내부 온도 1-2°C, RH 85-95% 조건에서 10 일간 운송하였고 측정은 운송 전(0day)과 운송 후 측정(10day), 운송 후 상온 방치 2일 후(12day) 측정하였다.

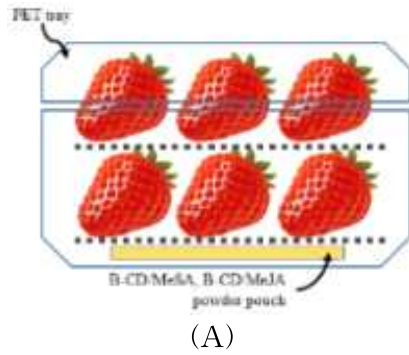
- 품질변화 항목으로는 경도, 당도, 산도, 색도를 측정하였다.

- 저장기간에 따른 딸기의 경도 변화 측정은 과일 경도 시험기(FR-5105, Lutron, Taiwan)을 이용하여 측정 하였다. 직경 3 mm의 probe를 장착하여 과피 내부로 20 mm를 삽입할 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 N으로 나타내었으며 5회 반복 실험하였다.

- 당성분은 딸기를 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater0M, Atago Co., Japan)로 처리구당 3회 반복 측정하여 Brix로 나타내었다.

- 산도(pH)는 딸기 착즙액 20ml를 취하여 pH meter(HI 98107, HANNA instrument, Romania)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험하였다.

- 색도 변화는 표시한 부위를 색차계 (Model CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 hunter L, a 그리고 b 값을 측정하였다. 색도는 표준 white plate(L*=96.49, a*=-0.26, b*=1.92)를 기준으로 측정하였다. 측정 후 아래 식을 적용하여 채도(Chroma value)와 색조(Hue angle)를 계산하였다. 색도 변화는 명도(L)와 채도(Chroma value), 색조(Hue angle)로 비교하였다.



Storage condition	• Container Temp : 1-2°C
	• Humidity : 85-95 %RH
	• Storage period : 12days (0, 10, 12 days)
	• 10-12day (room temperature)
Samples	• Control : no B-CD/MeJA, B-CD/MeSA
	• MJ 0.4 : B-CD/MeJA 1g
	• MJ 0.8 : B-CD/MeJA 2g
	• MS 0.4 : B-CD/MeSA 1g
	• MS 0.8 : B-CD/MeSA 2g
	• MJMS 0.4 : B-CD/MeJA 0.5g + B-CD/MeSA 0.5g
	• MJMS 0.8 : B-CD/MeJA 1g + B-CD/MeSA 1g

(A)

(B)

그림 240. B-CD/MeSA, B-CD/MeJA 처리 모식도(A) 및 샘플 처리 조건(B); B-CD/MeSA,

(3) 결과 및 고찰

○ 온습도

- 해양 운송 중 수출 컨테이너 내부 온습도는 평균 1.6°C, RH 88%를 보여주었다.
- 컨테이너 오픈 당시 온습도는 26°C, RH 51.6%를 유지하였고, 상온 저장 시 온습도 평균은 24.5°C, RH 51.6%를 보여주었다.

○ 경도

- 실험 결과 12일 이후에 MJ처리구가 MS처리구에 비해 낮은 경도값을 보여주었다.
- 10일차에서 MJ/MS0.8 처리구가 5N으로 가장 높은 경도를 보여주었으며 그 다음으로 MS0.8과 MS0.4 처리구가 높은 경도를 보여주었으며 12일차에서 MS0.4 처리구가 4.6N으로 가장 높은 경도를 유지하였다.

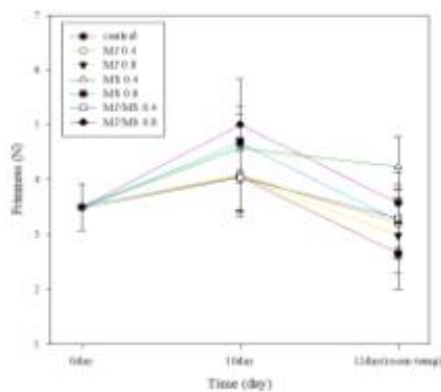


그림 241. B-CD/MeSA, B-CD/MeJA 농도별 처리에 따른 저장 중 딸기의 경도 변화

○ 색도

- B-CD/MeSA, B-CD/MeJA 농도별 처리에 따른 색도 변화에서는 유의적 차이를 확인할 수 없다.
- 모든 처리구에서 L* value 값이 감소하는 경향을 관찰하였다.

- Chroma value는 MJ/MS0.4 처리구를 제외하고 값이 증가하는데 과일이 숙성됨에 따라 과실의 색이 선명해 진 것으로 판단된다.

- Hue angle은 모든 처리구에서 감소하는 경향을 보이는데 이는 과실이 숙성되면서 붉어졌기 때문으로 판단된다.

○ 당도 및 산도(pH)

- 당도 실험 결과 control의 당도가 다른 실험 처리구에 비해 12일 차까지 높게 유지되는 것을 확인 하였다. 이는 선행 연구 결과에서 보여 주었듯이 숙성이 가장 많이 이루어진 control에서 전분의 분해정도가 높아 당도가 높게 나온 것으로 판단된다.

- MS0.4와 MS0.8, MJ/MS0.4, MJ/MS0.8은 유통기간 동안 당도가 감소하였는데 이는 MeSA처리가 과실의 에틸렌 발생을 낮춰 숙성정도를 늦춘 것으로 판단된다.

- 산도 실험 결과 10일 차에는 MJ0.4에서 가장 낮은 pH 3.61를 관찰하였지만 12일차에 control과 MJ0.8에서 pH 3.48로 낮은 산도 값을 확인하였다.

- MS처리군과 MJ/MS처리군은 control과 MJ처리군보다 높은 산도를 관찰하였다. 이는 위에 당도와 같이 MS처리군이 과실의 숙성을 늦춰서 높은 산도가 관찰된 것으로 판단된다.

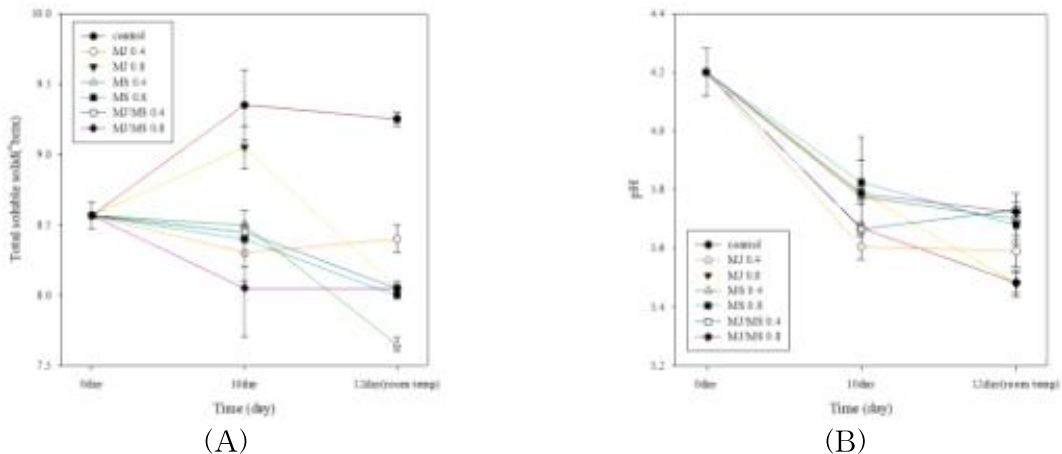


그림 242. B-CD/MeSA, B-CD/MeJA 농도별 처리에 따른 저장 중 딸기의 당도(A) 및 산도(B) 변화

(4) 결론

○ 실험 결과 MeSA와 MeJA 처리한 딸기에서 저장기간 동안 대조군에 비해 높은 경도유지를 보여주었다.

○ 또한, 8일 동안 대조군에서 70.8%의 부패율이 발생하였지만 MeSA60처리구와 MeJA100에서 각각 13.3% 17.5%로 상당히 낮은 부패 발생율을 보여주었다.

○ 본 실험에서는 10℃에서 8일간의 딸기 품질변화를 관찰하였으나, 현장모델 적용을 위한 해양 운송 중 수출 컨테이너 내부 평균 온도 1.6℃, RH 88%와 비슷한 환경에서 연구 목표인 15일간 딸기의 품질변화 평가가 필요하다.

나. PVA/IC 필름 제작 및 특성 분석

(1) 연구목적

○ 휘발성 물질인 MeSA의 포장적용을 위해 B-CD를 이용하여 제작한 포접화합물을 PVA 필름으로 제작하였다.

○ 본 연구는 포장 적용을 위한 제작된 PVA/IC 필름의 특성 분석을 통하여 포장 적용 시 효과성 검토를 목적으로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 필름 제작

- PVA 필름을 제조하기 위해 캐스팅 방법을 이용하여 제작하였다.

- 10% PVA (w/w) 수용액을 제조하여 포접 효율성이 가장 좋은 1:1 B-CD/MeSA 포접 화합물 (IC)을 아래 표와 같이 일정한 양을 PVA 수용액에 혼합하여 Square dish (124.6*124.6 mm)에 20g을 건조하여 필름 형태로 제작하였다.

표 243. PVA/IC 필름 제작 함량 구성표

Samples	PVA (g)	IC (g)
Pure PVA	20	-
PVA/IC 10%	20	2
PVA/IC 20%	20	4
PVA/IC 30%	20	6

○ 필름의 화학적 구조 분석

- IC의 함량에 따라 제조한 PVA 기능성 필름의 화학적 구조를 알아보기 위해 FT-IR을 사용하였다. ATR mode로 측정하였으며 4000-400 cm⁻¹ 범위에서 16회 스캔 후 평균치를 택하여 그 결과 값을 Transmittance (%)로 나타내었다.

○ 필름의 열적 특성 분석

- PVA/IC 필름의 열적 특성을 분석하기 위해 TGA를 사용하여 온도에 따른 중량변화 (% weight)를 측정하였다. TGA 분석을 위하여 10-15 mg의 시편을 준비하고 질소 조건에서 10°C/min 속도로 온도를 상승시키며 온도 증가에 따른 중량 변화를 관찰하였다.

○ 상대습도에 따른 방출량 평가

- 제조된 PVA/IC 필름을 약 50mg으로 시편을 만든 후 Petri dish에 놓고 상대습도 27, 57, 95 %RH 조건을 가진 Desiccator에 두어 7±2°C와 24±2°C에서 8일 동안 2일 간격으로 관찰하였다.

- 방출량 평가는 50mg의 시편을 10ml의 water:ethanol (1:2, v/v) 용액에 넣어 용해 시킨 후 UV/VIS spetrometer를 이용하여 MeSA 잔여량을 측정한 후 아래 식을 사용하여 MeSA 방출량 (%)으로 나타내었다.

$$\text{MeSA Release rate (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Residual MeSA amount of ICs}}{\text{Initial MeSA amount of ICs}}\right) \times 100$$

(3) 결과 및 고찰

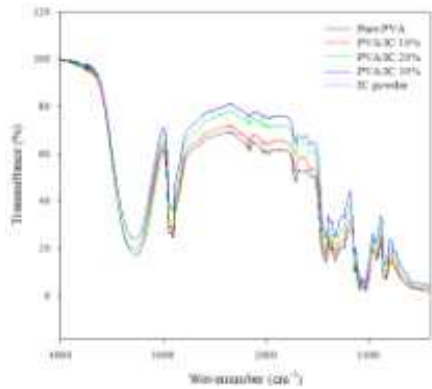
○ 필름의 화학적 구조 분석

- Pure PVA의 경우 3272cm⁻¹에서 Hydroxyl group (-OH) 피크, 2907cm⁻¹, 1171cm⁻¹ 피크가 발견되었다.

- PVA/IC 필름에서도 Pure PVA와 동일한 피크를 보여주었으며, IC의 고유 피크도 발견되지 않았다.

- 그러나 PVA/IC 필름에서 IC 함량에 따라 Hydroxyl group 피크인 3272cm⁻¹이 3575cm⁻¹로 약간의 이동이 발생하였고, 3300~3000cm⁻¹ 피크가 넓어진 것을 확인하였다.

- 이는 PVA의 IC간의 수소결합에 의한 상호작용이 발생하여 변화한 것으로 판단된다.



(A)

Sample	Wavenumber (cm ⁻¹)	Assignments
Pure PVA	3,272	Hydroxyl group (-OH)
	2,907	-CH ₂ - stretching vibration
	1171	C=O
PVA/IC	3275	Hydroxyl group (-OH)
	2915	-CH ₂ - stretching vibration
	1710	C=O

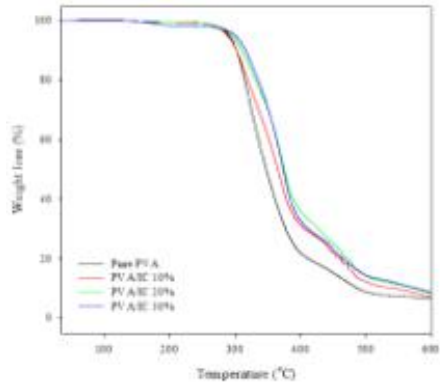
(B)

그림 746.PVA/IC 필름의 (A) FTIR 곡선; (B) 피크 특성

○ 필름의 열적 특성 분석

- IC 함량이 증가함에 따라 PVA의 열안정성이 높아지는데, 10% 중량감소가 일어나는 온도는 pure PVA에서 302.17°C, PVA/IC10%는 302.00°C, PVA/IC20%는 310.17°C, PVA/IC30%는 315.67°C로 측정되었다.

- 이는 FTIR 분석에서 PVA와 IC간 발생하는 수소결합에 의해서 필름의 열안정성이 높아진 것으로 판단된다.



(A)

Sample	Thermal properties			
	T _{10%} (°C)	T _{20%} (°C)	T _{50%} (°C)	T _{80%} (°C)
Pure PVA	302.17	314.50	347.83	487.67
PVA/IC 10%	302.00	319.33	385.50	546.67
PVA/IC 20%	310.17	331.17	375.50	573.67
PVA/IC 30%	315.67	335.00	373.67	577.83

(B)

그림 747. PVA/IC 필름의 (A)TGA 곡선; (B)열적 특성

○ 상대습도에 따른 방출량 평가

- 각각 다른 IC 함량을 가진 PVA 필름 시편들에서는 온습도 조건 상관없이 방출량의 유의적 차이를 확인할 수 없었지만 온도 조건과 상대습도에 따라 방출되는 속도의 변화는 확인 하였다.
- 상대습도가 27%인 환경에서는 8일차 약 40%의 방출량을 보여주었지만 95%RH에서는 8일차에서 약 80%의 방출량을 보여주었다. 또한 저온 상태에 비해 고온에서 평형상태 빨리 되는 것을 확인하였다.

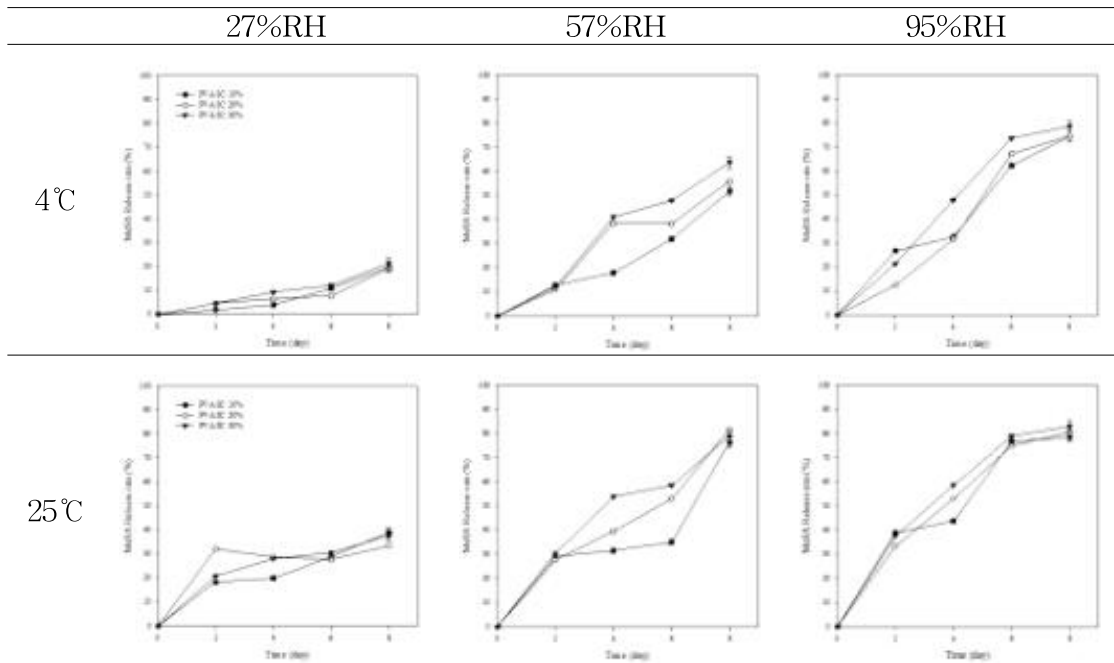


그림 748. 온습도에 따른 PVA/IC 필름의 MeSA 방출량 평가

다. 딸기의 선도유지를 위한 PVA/IC 복합 필름 적용 및 품질 평가

(1) 연구목적

○ 본 연구는 포장 적용을 위한 제작된 PVA/IC 필름을 적용한 저장 중 딸기의 품질 변화 특성 검토를 목적으로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 딸기의 품질 변화 측정을 위해 경상남도 산청군에서 수확된 ‘매향’ 품종의 약 70% 착색 과를 조이팜에서 실험 당일 택배로 받아 사용하였다.

- PVA/IC 필름은 IC 30% 함량된 필름을 사용하였다.

○ 품질평가

- 1L 용량에 PET tray에 시료를 담은 후 6mm 공기구멍이 존재하는 CPP pouch에 PVA/IC 복합 필름 시편을 같이 동봉하였다. 저장 조건은 온도 $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ 와 상대습도 $60\pm 5\%$ 조건에서 10일 동안 관찰하였다.

- 품질변화 항목으로는 경도, 당도, 산도, 색도, 부패율을 측정하였다.

- 저장기간에 따른 딸기의 경도 변화 측정은 과일 경도 시험기(FR-5105, Lutron, Taiwan)을 이용하여 측정 하였다. 직경 3 mm의 probe를 장착하여 과피 내부로 20 mm를 삽입할 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 N으로 나타내었으며 5회 반복 실험하였다.

- 당성분은 딸기를 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater0M, Atago Co., Japan)로 처리구당 3회 반복 측정하여 Brix로 나타내었다.

- 산도(pH)는 딸기 착즙액 20ml를 취하여 pH meter(AB15pH, Fisher Scientific Co., USA))를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험하였다.

- 색도 변화는 표시한 부위를 색차계 (Model CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 hunter L 값을 측정하였다. 색도는 표준 white plate($L^*=96.49$, $a^*=-0.26$, $b^*=1.92$)를 기준으로 측정하였다.

- 저장 기간 동안 딸기의 외관 부패율은 포장된 PET tray에서 곰팡이 및 다른 미생물에 의해 딸기에 갈색 반점, 곰팡이, 상처를 육안으로 확인하였다. 외관 부패율은 부패된 딸기의 수를 계산하여 백분율(%)로 나타내었다.

○ SA (Salicylic acid) 함량 평가

- 딸기 추출을 위해 딸기 시료 5g을 30ml의 80% methanol에 투입하여 균질화한 후 4°C에서 24시간 동안 추출하였다.

- 추출물을 원심분리 후 상층액을 SPE cartridge로 정제하여 HPLC를 이용하여 SA를 정량분석 하였다.

(3) 결과 및 고찰

○ SA 함량 및 경도 평가

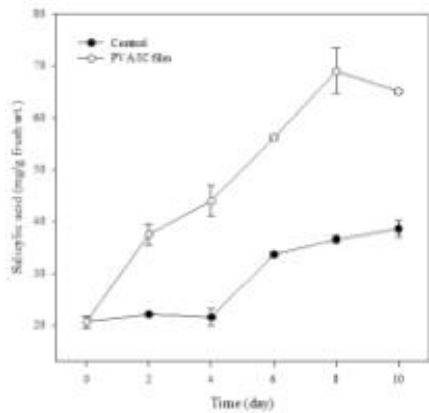
- PVA/IC 필름에서 방출된 MeSA가 과실 내부로 흡수되어 SA로 전환되는 것을 확인하기 위하여 저장 기간 동안 PVA/IC 필름을 적용한 딸기 과실의 SA함량을 정량분석하였다.

- PVA/IC 필름을 적용하지 않은 대조군과 필름을 적용한 모든 실험군에서 저장기간 동안 SA함량이 증가하는 모습을 확인하였다.

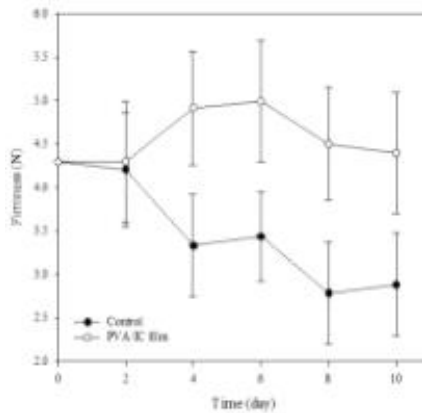
- 특히 PVA/IC 필름을 적용한 실험군은 10일차에서 65.02mg/g 을 보여주었고 대조군에서는 38.58 mg/g로 매우 높은 함량을 보여주었다.

- 또한 PVA/IC를 적용한 딸기의 경우 10일 이후 에도 4.7N의 경도를 유지한 반면 대조군에서는 2.8N의 경도를 보여주었다.

- 이는 딸기 내 SA함량 증가가 세포벽 분해 효소를 억제하여 경도를 유지한 것으로 판단된다.



(A)



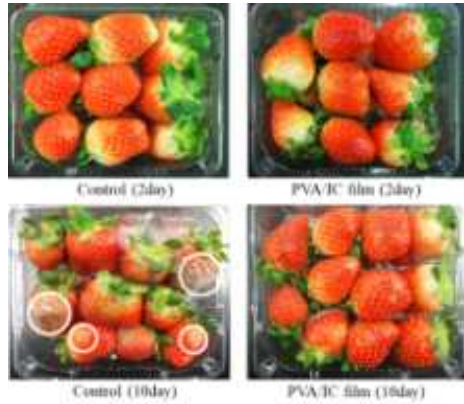
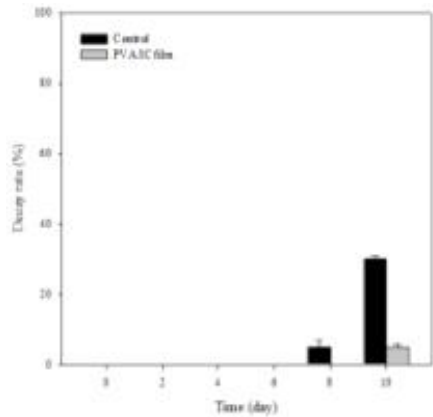
(B)

그림 749. 저장 중 딸기의 (A) SA함량 곡선; (B) 경도 변화 곡선

○ 부패율 평가

- 대조군과 PVA/IC 필름 적용한 실험군 모두 6일 차까지 부패과가 발생하지 않았으나 8일차부터 대조군에서 부패과가 발생하여 10일차에서 30% 이상의 부패과 발생율을 보여주었다.

- 이는 MeSA 자체 항곰팡이 효과와 딸기 내 SA 함량을 축적 시켜 전신획득 저항성 (SAR)을 유도하여 딸기의 부패균 발생 억제를 유도한 것으로 판단된다.



(A)

(B)

그림 750. 저장 중 딸기의 (A)부패과 발생율; (B) 기간별 사진

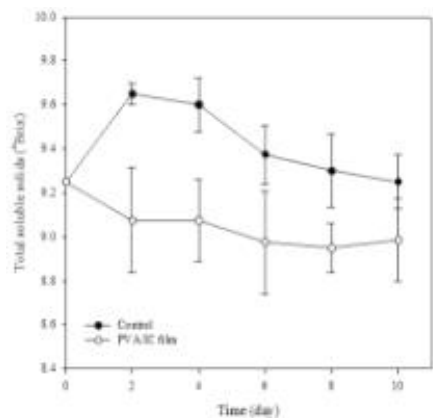
○ 당도 및 산도 평가

- 당도는 PVA/IC 필름을 적용한 실험군에서 저장기간 동안 대조군에 비해 낮은 값을 보여주었다.

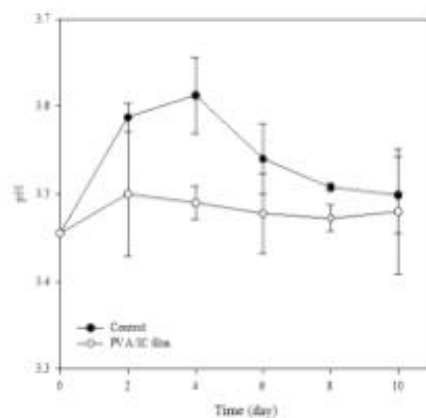
- 대조군의 경우 2일차에서 약 9.6 °Brix로 증가 후 감소하는 경향을 보여주었으며 실험군에서는 2일차부터 약 9.0°Brix를 유지하는 경향을 보여주었다.

- pH는 실험군과 대조군에서 4일차 까지 증가하다가 그 이후부터 감소하는 경향을 보여주었다. 그러나 실험군이 대조군에 비해 낮은 pH값이 측정되었다.

- 이는 필름에서 방출되는 MeSA가 딸기 과실내 세포벽 분해효소 억제와 대사작용 억제로 인해 실험군에서 낮은 당도와 pH를 유지한 것으로 판단된다.



(A)



(B)

그림 751. 저장 중 딸기의 (A)당도; (B) pH 곡선

○ 색도

- 대조군에서 L* (명도) 값은 약 24를 유지하면서 실험군에 비해 저장기간 동안 낮은 명도값을 보여주었다.

- Hue angle (색조)값은 실험군에서 약 55°를 보여주어 숙성이 덜된 노란 빛을 보여주었으며 대조군에서는 저장기간에 따라 색조 값이 점점 낮아지는 경향을 보여주어 숙성에 의해

붉게 착색되어 지는 것을 보여주었다.

- 이는 PVA/IC 필름에서 방출된 MeSA에 의해 호흡률이 감소하여 숙성되는 시간이 지연되어 색조값이 높에 유지한 것으로 판단된다.

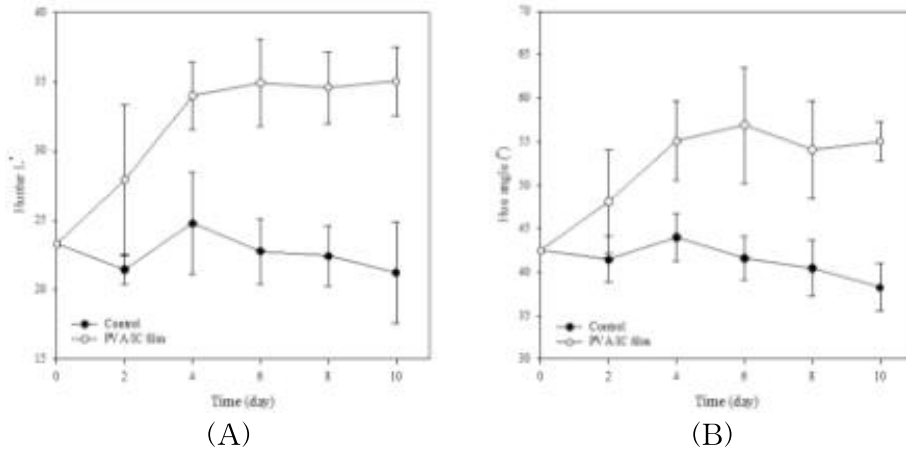


그림 752. 저장 중 딸기의

(4) 결론

○ PVA/IC 필름을 적용한 딸기의 품질변화 평가에서 높은 경도 유지와 SA 함량 증가에 따른 부패과 발생을 억제효과를 보여주었다.

○ 상대습도에 따른 선도유지 물질인 MeSA 방출이 조절되는 필름으로 신선 식품 포장에 적용되면 큰 효과를 가져 올 것으로 예상 된다.

○ 하지만 PVA 필름은 수분에 의해 물성 약해지는 단점이 다른 소재의 고분자와 복합적으로 사용하여 이를 개선하는 추가적인 검토가 필요하다고 사료된다.

라. 딸기의 선도유지를 위한 PVA/IC 코팅 패드 적용 및 품질 평가

(1) 연구목적

○ PVA/IC 필름의 포장 적용을 위해 PVA/IC 용액을 패드에 코팅 적용하여 제작하였다.

○ 본 실험은 제작된 PVA/IC 코팅 패드 및 기존 사용되는 포장 형태를 적용한 딸기의 진동 후 품질평가를 진행하여 최적 포장형태 선정을 목적으로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 딸기의 품질 변화 측정을 위해 경상남도 산청군에서 수확된 ‘매향’ 품종의 약 70% 착색과를 조이팜에서 실험 당일 택배로 받아 사용하였다.

- 딸기 포장에 적용한 완충재로 기존에 사용된 Air-cap과 추가적으로 Pad 형태 부직포를 PVA/IC 용액을 코팅하여 제작한 C-PAD, 코팅처리가 없는 NC-PAD 그리고 완충재가 없는 샘플을 대조군으로 하여 실험을 진행하였다.

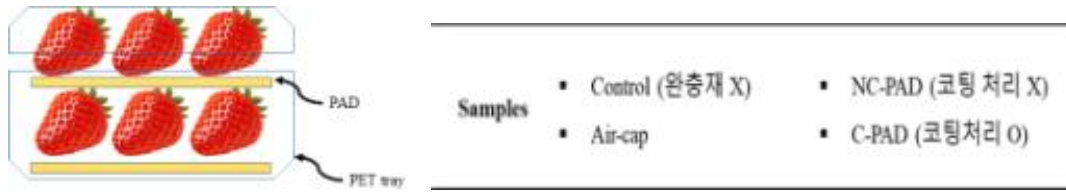


그림 753. 샘플 처리 모식도 및 구성 조건

○ 모의 수송 평가

- 진동시험은 KS T ISO 8318 (가변주파수를 이용한 수송 포장 화물 및 단위 적재 화물의 정현파 진동 시험 방법)에 의거하여 가변진동 시험기 Transportation tester (BF-50UT, IDEX. Co. LTD., Korea)를 이용하여 진행하였다.
- 진동시험은 1시간동안 10-55 Hz 진동수로 1사이클 조건으로 진행하였다.

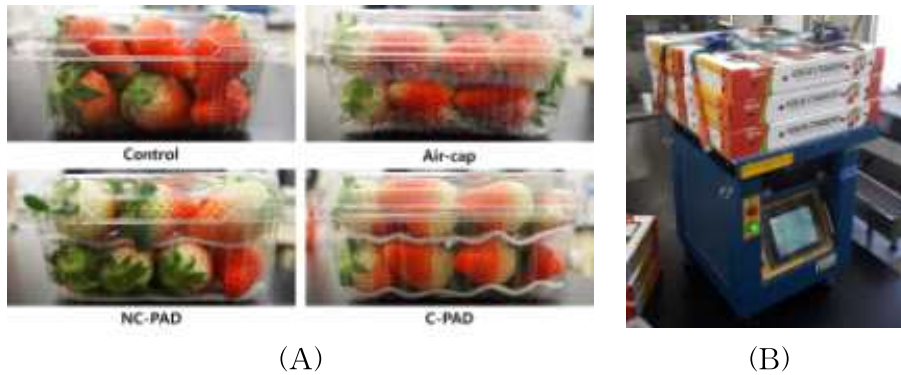


그림 754. 딸기 샘플 및 진동 실험 사진

○ 품질평가

- 완충재 개선 및 MeSA 코팅을 통한 진동후 효과를 보기위해 진동 전 샘플과 진동 후 샘플 동시에 품질평가를 진행하였다.
- 1L 용량에 PET tray에 딸기와 각각의 샘플 완충재를 담은 후 저장 챔버에 보관하여 실험을 진행하였다. 저장 조건은 온도 $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 와 상대습도 $60\pm 5\%$ 조건에서 15일 동안 3일 간격으로 관찰하였다.
- 품질변화 항목으로는 중량 감소율, 경도, 당도, 산도, 색도, 부패율을 측정하였다.
- 저장기간에 따른 딸기의 경도 변화 측정은 과일 경도 시험기(FR-5105, Lutron, Taiwan)을 이용하여 측정 하였다. 직경 3 mm의 probe를 장착하여 과피 내부로 20 mm를 삽입할 때 나타나는 저항 값의 최댓값을 N으로 나타내었으며 5회 반복 실험하였다.
- 당성분은 딸기를 마쇄기로 마쇄한 후 마쇄액의 일부를 굴절 당도계(Mater0M, Atago Co., Japan)로 처리구당 3회 반복 측정하여 Brix로 나타내었다.
- 산도(pH)는 딸기 착즙액 20ml를 취하여 pH meter(AB15pH, Fisher Scientific Co., USA))를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험하였다.
- 색도 변화는 표시한 부위를 색차계 (Model CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여

hunter L 값을 측정하였다. 색도는 표준 white plate(L*=96.49, a*=-0.26, b*=1.92)를 기준으로 측정하였다.

- 저장 기간 동안 딸기의 외관 부패율은 포장된 PET tray에서 곰팡이 및 다른 미생물에 의해 딸기에 갈색 반점, 곰팡이, 상처를 육안으로 확인하였다. 외관 부패율은 부패된 딸기의 수를 계산하여 백분율(%)로 나타내었다.

○ SA (Salicylic acid) 함량 평가

- 딸기 추출을 위해 딸기 시료 5g을 30ml의 80% methanol에 투입하여 균질화한 후 4℃에서 24시간 동안 추출하였다.

- 추출물을 원심분리 후 상층액을 SPE cartridge로 정제하여 HPLC를 이용하여 SA를 정량분석 하였다.

(3) 결과 및 고찰

○ 중량 감소율 평가

- 진동전과 진동후의 모든 샘플에서 중량은 모두 감소하는 경향을 보여주었다.
- 진동전의 중량감소율은 control에서 약 9% 감소율을 보여주었으며, air-cap과 NC-PAD, C-PAD 각각 약 5% 정도의 감소율을 보여주었다.
- 진동후의 중량감소율은 control에서 약 10% 감소율을 보여주었으며, air-cap에서는 8%, NC-PAD와 C-PAD는 각각 약 6% 정도의 감소율을 보여주었다.
- 진동 후 딸기에서 완충제가 없는 control과 air-cap은 진동에 의한 과피 손상으로 수분 감소가 증가하여 중량 감소가 증가한 것으로 판단된다.

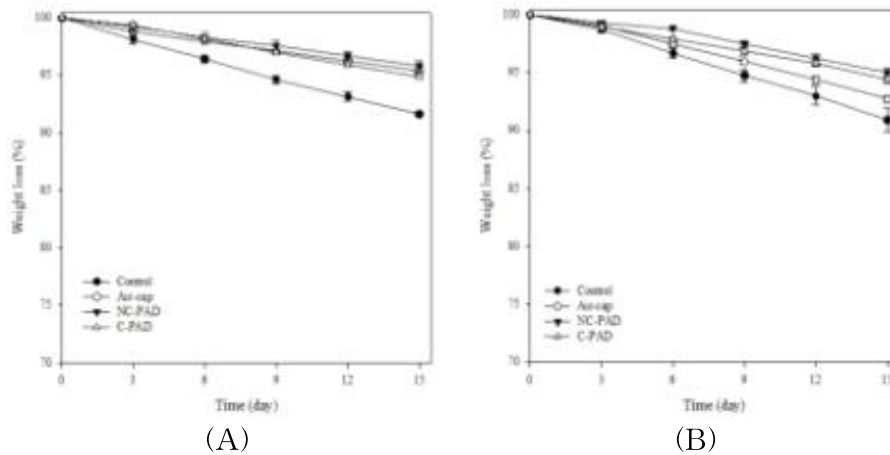


그림 755. 저장중 딸기의 (A)진동 전 중량감소율; (B)진동 후 중량 감소율

○ 경도 평가

- 진동전 C-PAD 샘플을 제외하고는 모든 샘플에서 경도가 감소하는 경향을 보여주었다.
- 진동전 C-PAD는 15일차에서 3.85N으로 높은 경도 유지를 보여주었으며 NC-PAD와

air-cap은 둘다 3.22N 대조군은 2.7N으로 가장 낮은 경도를 보여주었다.

- 진동후 C-PAD는 3.49N으로 높은 정도 유지를 보여주었고, NC-PAD에서 3.30N air-cap에서 3.01N, 대조군 2.55N으로 가장 낮은 경도를 보여주었다.

- 진동전에 비해 진동후 샘플에서 좀 더 낮은 경도를 보여주는데 이는 진동 후 과피의 손상으로 인해 발생한 것으로 판단되며, C-PAD에서 방출된 MeSA로 SA함량이 증가하여 C-PAD 샘플의 경도가 높은 유지를 한 것으로 판단된다.

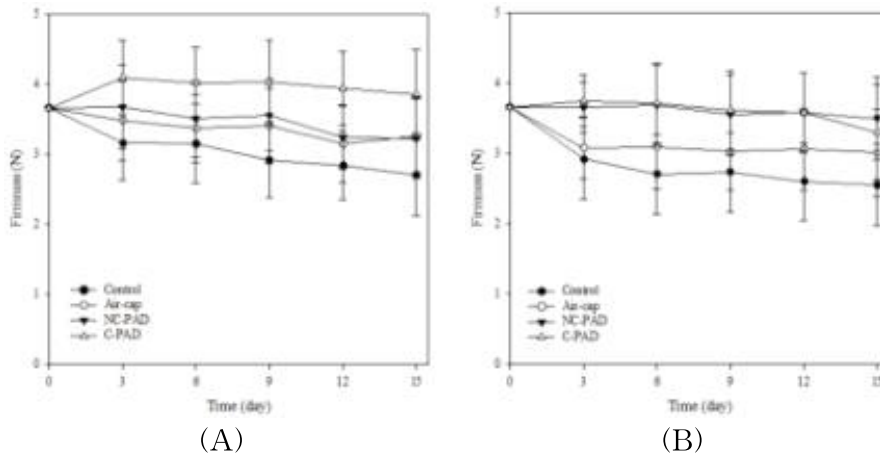


그림 756. 저장중 딸기의 (A)진동 전 경도변화; (B)진동 후 경도변화

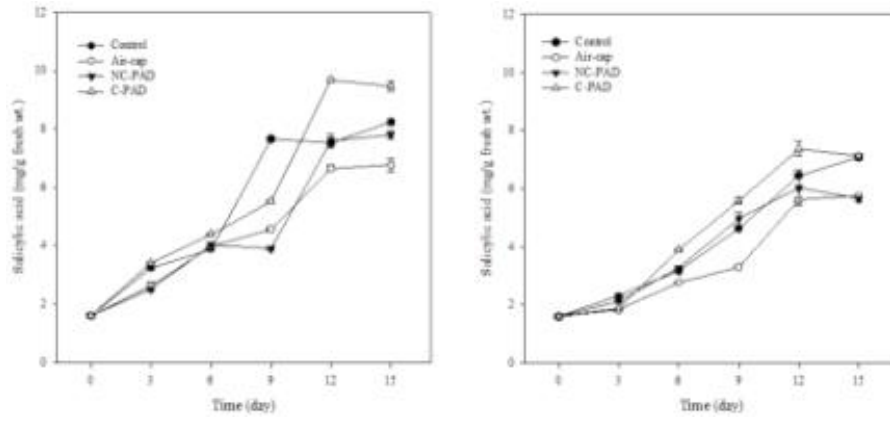
○ SA 함량 평가

- 진동전 C-PAD의 SA 함량은 15일차에서 9.48 mg/g으로 가장 높으며 그 뒤로 control이 8.25 mg/g, NC-PAD 7.81 mg/g, air-cap 6.76 mg/g 순으로 관찰되었다.

- 진동후 SA 함량은 15일차에서 C-PAD 7.12 mg/g, control 7.10 mg/g, air-cap 5.75 mg/g, NC-PAD 5.65 mg/g 순으로 관찰되었다.

- 진동전 control에서 가장 높은 SA함량을 보이는데 이는 곰팡이 발생으로 인한 방어기작으로 SA함량이 증가한 것으로 판단된다.

- 진동전 C-PAD에서 보여준 높은 SA함량은 경도유지와 부패율 저하의 효과에 영향을 미친 것으로 판단된다.



(A) (B)

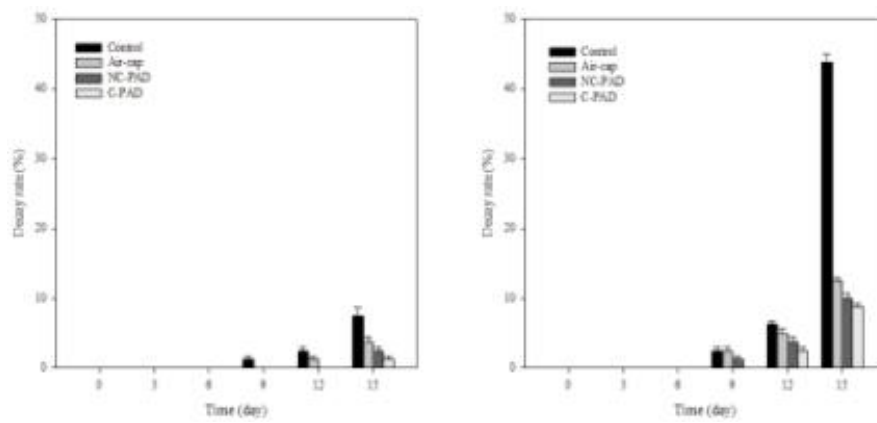
그림 757. 저장중 딸기의 (A)진동전 SA 함량; (B)진동후 SA 함량

○ 부패율

- 진동전 부패율은 15일차에서 control 7.5%, air-cap 3.8%, NC-PAD 2.5%, C-PAD 1.3% 을 보여주었고 진동후에서 control 43.8%, air-cap 12.5%, NC-PAD 10.0%, C-PAD 8.8%를 보여주었다.

- 진동후의 부패율이 높는데 이는 진동 중 발생한 과피의 손상으로 인해 부패발생이 높아진 것으로 판단된다.

- C-PAD는 진동전과 진동 후 모두 가장 낮은 부패율을 보여주었는데 이는 MeSA의 항곰팡이성과 SA함량 증가로 전신획득 저항성(SAR)이 발현되어 발생한 것으로 판단된다.



(A) (B)

그림 760. 저장중 딸기의 (A)진동전 부패율; (B)진동후 부패율

○ 당도 및 산도

- 진동전 딸기의 당도는 저장 기간 동안 약간의 증가를 보여주었고 진동후에서는 감소하는 경향을 보여주었다.

- 진동전 딸기의 control은 15일차에 10.6°Brix로 저장기간 동안 가장 높은 당도를 유지하였다. 이는 완충제가 없는 control에서 대사작용이 증가하여 발생한 것으로 판단되며, 다른 control을 제외한 나머지 실험군에서는 유의적 차이는 없었다.

- 진동후 control을 제외하고 pH 변화는 모두 감소하는 경향을 보여주었다.
- 진동후 control은 9일차부터 pH가 3.67로 급격히 증가하는 경향을 보여주었는데 이는 곰팡이 발생으로 대사작용이 증가하여 딸기내 유기산을 이산화탄소로 산화시켜 pH가 증가한 것으로 판단된다.

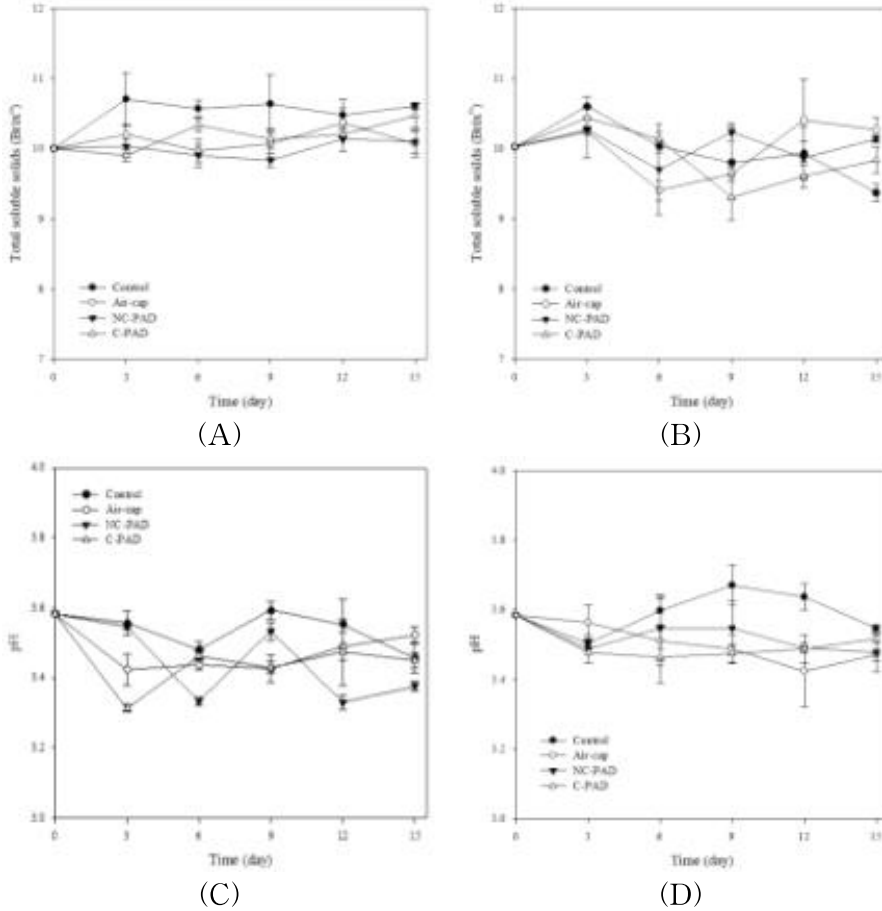


그림 763. 저장중 딸기의 (A)진동전 당도 변화; (B)진동후 당도 변화; (C)진동전 pH 변화; (D)진동후 pH 변화

○ 색도

- 진동전 15일차 실험군의 명도 (L* value)는 control에서 17.45, air-cap 16.79, NC-PAD 17.89, C-PAD 18.42로 C-PAD의 명도가 가장 높게 유지되었다.
- 진동전 색조 (Hue angle)는 control에서 53.69°, air-cap 54.07°, NC-PAD 54.03°, C-PAD 52.05°로 C-PAD에서 가장 붉은 색조를 유지하였다.
- 진동후 15일차 실험군의 명도는 control에서 16.77, air-cap 17.45, NC-PAD 16.89, C-PAD 18.24로 명도가 가장 높게 유지되었다.
- 진동전 색조는 control에서 51.56°, air-cap 52.55°, NC-PAD 51.65°, C-PAD 49.28°로 0일차의 색조값 47.38°에 비해 C-PAD에서 가장 적은 변화율로 유지하였다.

표 244. 저장중 딸기의 색도변화

Sample		Days							
		0	3	6	9	12	15		
진 동 전	control	L* Value	23.29±3	19.43±2	19.08±1	18.13±2	18.01±1	17.45±3	
		Hue angle	45.73±4	49.88±3	50.15±2	52.10±3	52.64±2	53.69±3	
	air-cap	L* Value	23.29±3	18.25±3	16.65±1	17.50±2	16.30±1	16.79±1	
		Hue angle	45.73±4	51.99±3	48.92±4	53.11±3	53.34±2	54.07±2	
	NC-PAD	L* Value	23.29±3	19.31±2	18.67±2	18.08±1	17.57±2	17.89±3	
		Hue angle	45.73±4	50.08±3	50.23±3	51.54±2	52.97±3	54.03±5	
	C-PAD	L* Value	23.29±3	23.63±3	20.56±3	19.09±2	18.20±1	18.42±2	
		Hue angle	45.73±4	44.63±4	47.51±3	50.45±4	51.02±3	52.05±2	
	진 동 후	control	L* Value	22.01±3	19.42±3	16.49±2	18.38±3	16.24±1	16.77±1
			Hue angle	47.38±4	51.33±3	51.32±3	49.57±5	51.33±3	51.56±4
air-cap		L* Value	22.01±3	22.27±4	18.76±2	18.40±2	17.35±2	17.45±5	
		Hue angle	47.38±4	45.52±7	48.89±3	47.80±5	50.53±4	52.55±8	
NC-PAD		L* Value	22.01±3	19.82±3	19.27±3	17.88±2	17.37±1	16.89±2	
		Hue angle	47.38±4	47.69±6	48.22±4	49.73±3	50.53±2	51.65±5	
C-PAD		L* Value	22.01±3	24.08±5	22.59±4	21.52±3	19.6±2	18.24±2	
		Hue angle	47.38±4	44.71±6	47.59±2	42.78±6	47.24±5	49.28±2	

(4) 결론

- 당도와 pH에서 C-PAD를 적용한 딸기의 선도유지 특성을 보여주지 않았지만, 부패율과 경도유지에서 높은 효율을 보여주었다.
- 또한 패드를 적용한 딸기가 air-cap과 대조군에 비해 진동 후 높은 경도 값을 보여주어 완충재로 우수한 능력을 보여주었다.
- 연구결과를 토대로 MeSA가 코팅된 C-PAD는 딸기의 선도유지에 경도와 부패율에서 높은 효과를 보여주었다. 그러나 코팅 처리후 포장재로부터 코팅층 박리 현상이 발생하여 포장 적용을 위한 추가 연구가 필요하다.

1. 수출 토마토 유통 중 난좌의 개선 연구

가. 수출용 토마토 난좌의 문제점 분석(수송 진동을 고려한 관점)

(1) 연구배경

- 토마토는 과피가 얇고, 과육의 자체적 경도가 낮기 때문에 저장·유통 중 과육연화로 인한 상품성 저하 가능성이 크다. 또한 다량의 수분 함유로 인해, 적은 기계적 충격으로 인한 과즙 유실과 그로인한 미생물의 발생률이 증가 될 수 있다.
- 본 연구에서는 수출용 토마토 난좌에 진동을 주어 모의 수송환경에서 발생 될 수 있는 수출용 토마토 난좌의 문제점 분석을 목적으로 한다.

(2) 재료 및 실험방법

- 실험재료

- 본 실험은 신설 토마토 과실(Medison)을 대형마트에서 구매하였다.
- 토마토를 실험실로 옮기는 즉시 일정한 크기와 균일한 속도의 토마토를 선별하여 5℃, 80% RH 내외의 환경에서 24시간 동안 예냉 처리를 실시하였다.
- 실험에 사용된 수출용 골판지 상자와 난좌는 대곡농협과 생림농협에서 제공받아 사용하였다.

○ 모의수송 환경 진동평가 및 진동에 의한 난좌의 외관 품질변화

- 수출 경로 거리 및 시간값을 토대로 Transportation tester (IDEX. co. LTD., KOREA)를 이용하여 1시간에 10~55Hz의 진동주기를 주었으며, 각 처리구의 실험은 23℃, 70%RH 내외 저장 환경에서 진행하였다.

- 토마토의 모의수송 환경을 설정하기 위하여 수출 유통 중 사용되는 동일한 상자에 난좌를 포함하여, 난좌 당 20개, 24개, 28개의 과실을 임의적으로 취하여 포장하고 대조군으로 난좌를 적용하지 않는 처리군을 추가하여 실험을 진행하였다.

- 진동후 난좌의 외관 품질변화는 광학 측정 렌즈를 가진 영상현미경(Xi-cam, Bestec Vision Co., Korea)을 사용하여 50배 확대율로 외관을 관찰하였다.

○ 품질변화 측정

- 품질변화 항목으로는 진동후 토마토의 과피 표면 변화, 경도, 색도, 과피손실 발생율을 측정하였다.

- 진동후 토마토의 과피 표면 변화는 광학 측정 렌즈를 가진 영상현미경(Xi-cam, Bestec Vision Co., Korea)을 사용하여 50배, 300배, 500배 확대율로 외관 형태를 관찰하였다.

- 과육경도는 직경 3mm의 probe를 장착한 Fruit Hardness tester(FR-5105, Lutron, Taiwan)를 이용하여 분석하였으며, 한 과실 당 적도부분으로부터 1cm 떨어진 지점에서 일정한 속도와 압력으로 측정하여 나타나는 저항값의 최대값을 N으로 나타내었으며, 처리구당 3회 반복 실험하여 평균값을 구하였다.

- 색도 변화는 표시한 부위를 색차계 (Model CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 hunter L, a 그리고 b 값을 측정하였다. 색도는 표준 white plate(L*=96.49, a*=-0.26, b*=1.92)를 기준으로 측정하였다. 측정후 식(1)을 적용하여 색차(color difference, ΔE)를 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad (1)$$

- 과피손실 발생을 측정은 토마토의 즙이 새어나오거나 가시적으로 터짐을 확인 할 수 있는 경우 과피손실로 보았으며, 조사된 과실에 대하여 과피손실 과실을 전체 과실에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

(3) 결과 및 고찰

○ 모의수송 환경 중 진동에 의한 상자 및 난좌의 외관 품질변화

- 진동으로 인한 토마토와 난좌의 마찰로 인하여 난좌의 변형이 일어나고 과실의 터짐으로 새어나온 즙으로 pulp mold의 물성 감소로 찢겨짐이 발생하였으며, PSP 난좌의 경우에는

꺾어짐이 발생하였다.

표 245. 진동후 박스 및 난좌의 외관 품질변화(전체)

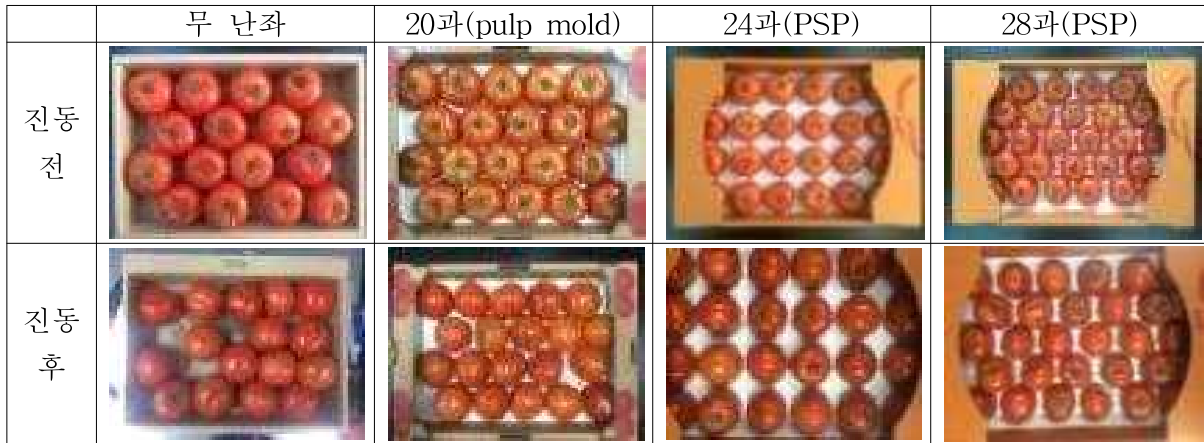
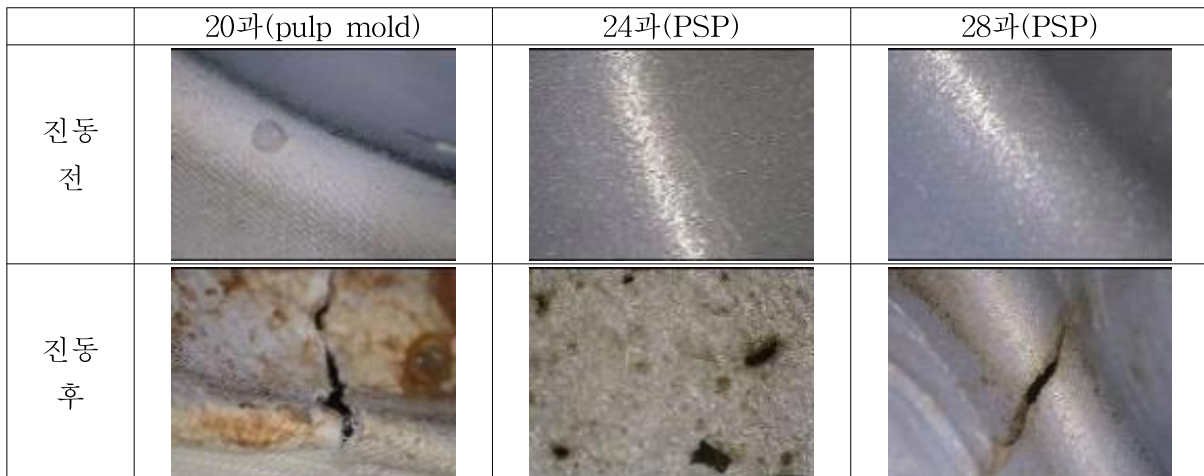


표 246. 진동후 난좌의 외관 품질변화(확대)



○ 진동후 토마토의 과피 표면 변화

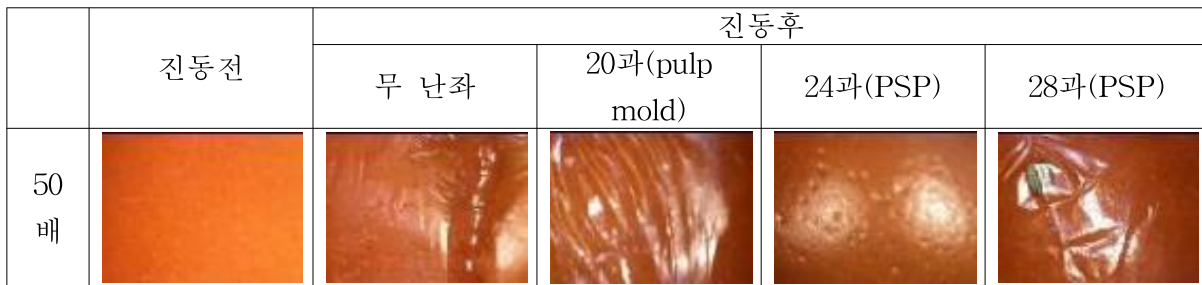
- 진동 전에는 매끈한 표면을 가지고 있었으나 진동 후 토마토의 표면에는 요철이 생기거나 밀리거나 터짐이 발생한 것을 확인 하였다.

- pulp mold의 경우 진동 후 표면에 밀림현상과 과피가 벗겨지는 것을 확인 할 수 있었으며 PSP 난좌의 경우 밀림현상보다는 요철이 발생하였다.

- 대체적으로 과실의 하단부에서 과피가 벗겨지고 터지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 지속적인 진동으로 인한 난좌와의 마찰로 인하여 정도가 약해져 발생된 것으로 판단된다.

- 각 과피 손상부분의 300배, 500배 형태에서는 큰 유의적 차이를 확인할 수 없었다.

표 247. 진동후 토마토의 과피 표면 변화



○ 경도감소율

- 진동실험 결과 토마토의 경도 감소율은 평균적으로 65.15%를 보였다. 특히, 난좌를 사용하지 않았을 때 난좌를 사용한 것 보다 20% 가량 더 높은 경도 감소율을 확인하였다.

- 난좌를 사용한 실험군의 경우 pulp mold를 사용한 실험군의 하단 경도 감소율이 가장 높았으며 대부분 측면보다 하단의 경도 감소가 큰 것을 볼 수 있다.

표 248. 진동후 토마토의 경도 감소율

	진동전			진동후											
				무 난좌			20과			24과			28과		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
측면	12.22	12.31	10.87	4.9	2.12	2.68	5.23	4.36	5.48	5.34	5.24	3.72	6.15	3.71	2.85
	-			66.95%			57.43%			59.60%			64.10%		
하단	9.17	10.21	13.19	1.48	1.28	2.82	2.95	2.91	2.90	4.04	3.60	4.95	5.41	4.65	4.34
	-			82.87%			73.10%			61.34%			55.79%		

○ 색도변화율

- 과피색의 변화는 색차계(Minolta Colorimeter, CR-10)를 이용하여 L*, a*, b*값을 측정하였다.

- 진동후 모든 처리구에서 L*, a*, b* 값은 모두 감소하였으며, 가시적으로 확인하였을 때 진동에 의한 과실 멍(Bruise)이 발생하여 검붉어진 것을 확인 할 수 있었다.

○ 과피손실 발생율

- 난좌를 사용하지 않는 경우 과피손실 발생율은 50%로 가장 높았으며, PSP 난좌 24과용의 경우 과피 손실 발생율이 29.2%로 가장 낮았다.

- 28과의 과피 손실 발생율이 높은 것은 난좌의 토마토간 간격이 좁아 서로의 마찰로 인해 과피가 손상되어 터짐발생이 높아진 것으로 판단된다.

표 249. 진동후 토마토의 과피손실 발생율

	무 난좌	20과(pulp mold)	24과(PSP)	28과(PSP)
개수	8/16	6/20	7/24	11/28
비율	50.0%	30.0%	29.2%	39.3%

(4) 결론

○ 모의수송 환경실험을 통해 토마토의 저장실험을 한 결과, 진동으로 인한 토마토의 과피손실이 발생하고, 경도 감소율이 65.15%로 매우 높아진다.

○ 현재 사용되는 pulp 난좌의 경우 표면 거친 정도가 상당하여 토마토의 과피손실 및 경도저하의 큰 영향을 미친다.

○ 본 실험 결과 난좌와 토마토간 접촉 면적이 낮아 진동으로 인한 경도 저하가 발생한다. 이러한 내용을 통하여 토마토에 전달되는 진동 및 충격을 최소화 하는 연구와 수출 운송중 토마토의 표면 발생 피해로 인한 제품의 손상을 방지하기 위해 새로운 난좌 개발연구가 필요하다.

○ 또한 토마토의 호흡을 고려한 통기구 설계와 난좌뿐만 아니라 기존 수출 토마토 박스의 문제점을 파악하여 토마토 선도유지 유통 박스의 물성 평가 및 개선방안 연구가 필요하다.

나. 수출용 난좌 및 완충재를 적용한 모의 수송 평가

(1) 연구목적

- 본 연구에서는 수출 토마토의 유통 안전성 향상을 위한 난좌 분석평가를 위해 국내 유통 중 사용되는 난좌와 완충재를 이용하여 모의 수송 평가를 통해 완충효과를 확인하였다.

- 1차년도 연구에서 진행하였던 PSP 난좌의 모의 수송 진동 실험에 추가적으로 다른 과실들의 포장에 사용되어 지는 완충재들을 토마토에 적용시켜 모의 수송 진동 실험을 진행하였다.

(2) 재료 및 방법

○ 실험재료

- 실험에서 사용된 국내 유통용 토마토는 마트에서 구매한 메디슨 품종의 토마토를 이용하여 실험하였다.

- 실험에 이용된 난좌 및 완충재는 총 4가지로 EPS난좌와 과일 망, 과일 패드, 에어캡을 토마토에 적용시켜 모의 수송 진동 실험을 진행하였다.

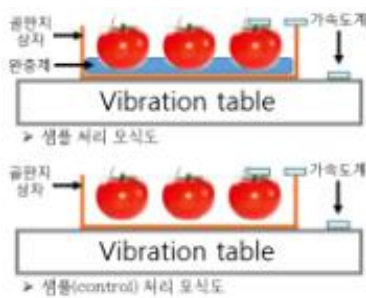
○ 실험방법

- 토마토는 실험하기 전 10℃, RH 80±5% 환경에서 24시간 동안 예냉 처리 후 사용하였다.

- 진동시험은 KS T ISO 8318 (가변주파수를 이용한 수송 포장 화물 및 단위 적재 화물의 정현파 진동 시험 방법)에 의거하여 가변진동 시험기 Transportation tester (BF-50UT, IDEX. Co. LTD., Korea)를 이용하여 진행하였다.

- 가속도계(3-Dimensional Wireless Vibration Recorder, MicroStone IDEX Co. LTD., Japan)는 각 샘플마다 골판지 상자 상부와 상자 내 임의로 선정된 토마토에 부착해 가속도를 측정하였다.

- 과육경도는 직경 3mm의 probe를 장착한 Fruit Hardness tester (FR-5105, Lutron, Taiwan)를 이용하여 분석하였으며, 한 과일 당 적도부분으로부터 1cm 떨어진 지점에서 일정한 속도와 압력으로 측정하여 나타나는 저항값의 최대값을 N으로 나타내었으며, 처리구당 3회 반복 실험하여 평균값을 구하였다.



(A)

Vibration Condition	• Time : 1hour
	• Frequency : 10-55 Hz
Samples	• Sweep : 1cycle
	• Control : 완충재X
Samples	• 난좌 (PSP mold)
	• 망 (EPS cover)
	• 에어캡 (Air cap)
	• 패드 (EPS pad)

(B)

그림 250. 샘플 처리 모식도(A) 및 모의수송 진동 조건(B)

(3) 결과 및 고찰

○ 모의수송 진동 평가 (진동 가속도 분석)

- 진동판에서 측정된 진동 가속도와 골판지 상자에서 측정된 진동 가속도의 그래프는 비슷한 경향을 보이므로 골판지 상자 자체로는 완충 효과를 볼 수 없는 것으로 판단된다.

- Control 샘플이 x, y, z축에 대하여 가장 높은 진동 가속도를 보였다. 다음으로는 에어캡 샘플이 높은 진동 가속도 변화율을 보였다.

- 과일망과 난좌가 가장 낮은 진동 가속도를 보여주었고 x, y축에 대하여 가장 낮은 진동 가속도를 나타내었으나 과일 망의 경우 z축에 대해서 다른 샘플들과 유사하게 높은 진동 가속도를 나타내었다.

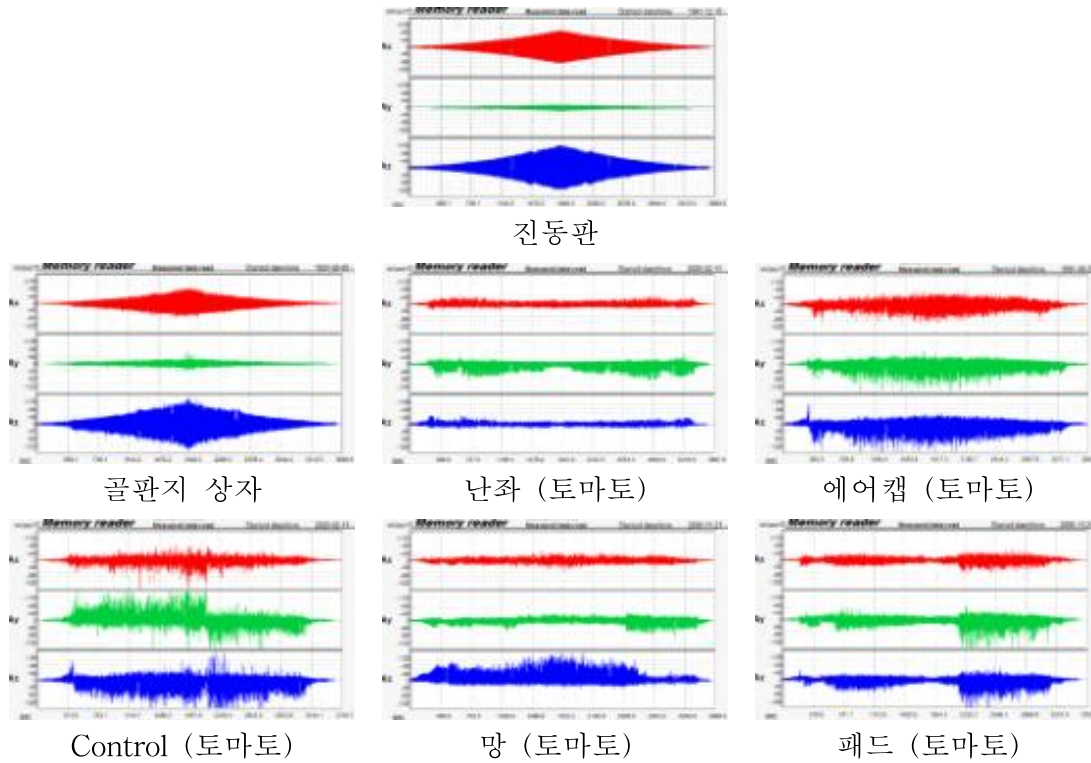


그림 251. 토마토를 포함한 완충재별 진동 가속도

- 모의수송 진동 평가 (최대 진동 가속도 분석 및 진동 후 경도 평가)
 - 실험 결과 난좌를 이용한 샘플에서 각 축의 최대 가속도 값이 가장 낮게 나타났다.
 - 최대 진동 가속도는 평균적으로 난좌, 망, 패드, 에어캡, control 순으로 낮게 나타났다.
 - 진동 후 경도 측정에서도 최대 진동 가속도와 같은 순으로 경도 감소율을 보여주었다.
- 난좌를 이용한 처리구에서 진동 후 $7.17 \pm 2.79\text{N}$ 으로 가장 높은 경도를 보여주었다.
 - 최대 진동 가속도를 낮게 할수록 진동 후 경도가 높게 유지 되는 것으로 보여진다.

표 252. 샘플별 최대 가속도 (m/sec²)

	control	PSP mold	EPS cover	Air cap	EPS pad
x	151.19	59.77	59.77	104.31	75.01
y	151.19	92.59	92.59	151.19	151.19
z	151.19	44.54	145.33	153.53	153.53

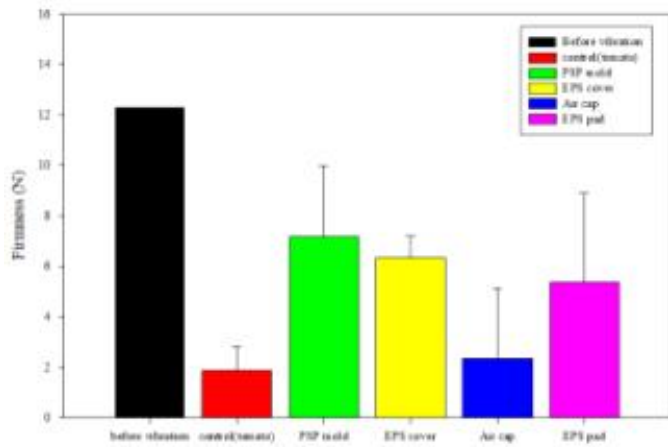


그림 253. 샘플별 진동 후 경도 변화

(4) 결론

- 실험 결과 최대 진동 가속도를 낮추고 진동 후 경도유지에 가장 효과를 보인 PSP난좌가 수출용 완충재로 가장 적합하다고 판단된다.
- PSP난좌와 접목 가능한 수출 유통 중 품질 유지 토마토 박스 개발 필요하다.

2. 수출 토마토를 위한 압축 및 통기구 효율성 개선 박스 연구

가. 수출 토마토 유통 박스 개선 연구

(1) 농산물 골판지 상자의 강도 열화 요인

- 농산물은 수확 후에도 지속적인 대사 작용으로 수분을 발생시키고 골판지 원지의 흡습으로 골판지 상자의 강도가 저하되어 상자의 찌그러짐 현상이 발생한다.
- 농산물은 공산품과는 달리 비교적 수분이 많은 유통환경을 접하게 되므로 골판지 상자의 내수성 및 습윤강도가 요구된다.
- 그밖에 농산물 골판지 상자는 골판지의 특성, 상자의 설계 사양, 물류환경 조건, 제조 공정 등이 압축강도 열화의 특성 요인이 된다.
- 특히, 적재된 제일 하단의 상자에 하중이 제일 많이 걸리게 되어 찌그러지지 않기 위해 걸리는 힘의 몇 배의 압축강도가 있는 상자를 선택하여야 한다.
- 이러한 골판지의 강도를 높이기 위해서 골판지의 품질(라이너와 골심지의 압축강도, 골형태), 상자의 설계방법에 대한 연구가 필요하다.

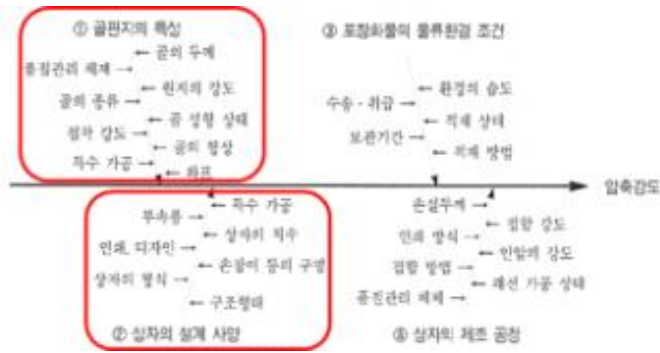


Fig 778. 골판지 상자의 압축강도와 열화의 특성 요인도

(2) 골판지 상자의 압축강도 보강 방법

○ 골판지 상자 압축강도

- 골판지는 종이로 만들어지고 있으며, 과도모양으로 성형된 골심지와 라이너로 구성되는 역학적인 구조체이다.

- 따라서 환경조건, 특히 수분에 의한 영향을 받기 쉽고, 하중이 걸린 채 보관되면, 클립에 의한 피로열화가 생기며, 또 적재방법에 따라서도 약해진다.

- 또 골판지 제조시의 골의 늘림, 수송 및 취급시의 진동, 낙하 충격에 의한 대미지도 받는다. 이런 열화 요인을 충분히 고려한 후 골판지 상자의 설계를 하지 않으면 문제가 생기게 된다.

○ 통기구멍, 손잡이 구멍의 영향

- 통기구는 신선 농산물의 호흡에 의하여 생성되는 열을 배출시키는 역할을 한다.

- 그러나 상자에 통기구가 존재하게 되면 상자의 기계적 강도가 저하된다.

- 통기구를 생성 후에도 상자가 충분한 기계적 강도를 유지할 수 있도록 ‘골판지 상자 압축 하중의 최적화를 위한 통기구의 설계기준(KS T 1020)’을 따라 설계해야 한다.

- 대부분의 농산물은 구형상이므로 통기구의 막힘을 고려할 때 원형의 통기구보다는 장타원형의 통기구멍의 경우가 통기성이 양호하다.

- 또한 통기구의 위치도 골판지 상자 압축강도 변화에 큰 영향을 미친다.

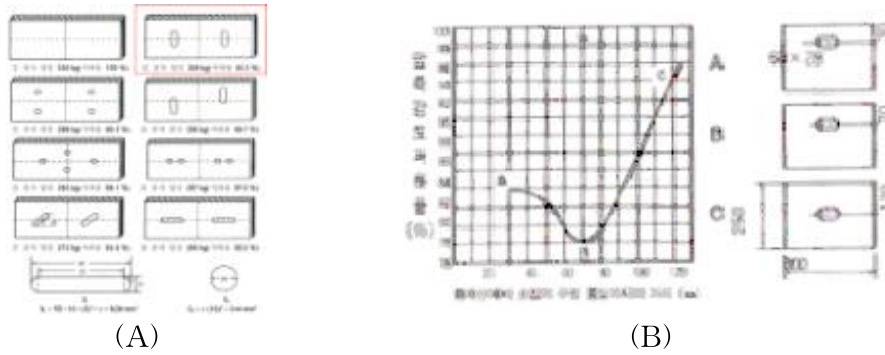


Fig 779. 통기구와 상자 압축강도의 관계(A: 통기구의 형태 영향; B: 통기구 위치 영향)

(3) 기존 박스 개선 토마토 수출용 박스 분석

- 상자의 크기는 473*327*85mm로 T11 파렛트에 특화된 사이즈를 이루고 있다.
- 상자 내부는 4각을 이루고 있으며, 장측 사이드를 골판지 두 번 접히는 구조여서 옆면이 총 4장의 골판지로 이루어진다.
- 골판지는 E골을 이용하고 있으며, 두께는 2mm로 접착식이 아닌 손으로 조립하여 제작이 가능하다.
- 통기구는 장측 사이드에 3개씩 총 6개로 이루어져 있으며, 2층 적재 후 커버를 씌워 유통되고 있다



그림 780. 수출 토마토 상자 전개도 및 입체도

(4) 결론

- 통기구가 장측 사이드 3개씩 총 6개 존재하여 예냉 처리 및 저장 기간 동안 포장 내 공기 순환이 잘 이루어지지 않아 과실의 연화가 빨리 발생하는 문제가 발생
- 통기구 추가를 통한 공기 순환과 압축강도 저하 발생을 줄이는 연구가 필요하다.

나. 기존 박스 개선 토마토 수출용 박스 설계 및 제작

(1) 연구목적

- 본 연구는 수출용 토마토의 선도유지 및 유통 중 토마토 상자의 안전성 보장 및 통기구

효율성 확대를 위한 상자의 공학적 설계 및 강도 분석을 목표로 한다.

(2) 재료 및 방법

○ 골판지 상자 설계 및 제작

- 골판지 설계는 3D Package Design Program(M Box, moden box, Gyung gi-do)를 구매하여 이용하였다.
- 기존 국내 수출용 토마토 박스의 전개도를 이용하여 규격 473*327*85mm로 통일하여 제작하였다.
- 박스의 시제품 제작을 위한 골판지는 기존 E골과 추가적으로 B골로 제작하여 총 4가지 샘플로 제작하였다.
- 설계된 박스는 (주)모든 박스에서 mock-up용으로 제작하였다.

표 254. 골판지 상자 설계 및 제작 샘플

	E 골	B 골
Sample	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control ▪ 개선 박스 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control ▪ 개선 박스

(3) 결과 및 고찰

○ 골판지 상자 설계 및 제작

- 기존 골판지 상자에서 가로로 타원형태인 통기구를 세로 형태의 타원으로 변경하여 설계하였다.
- 장측 사이트에만 통기구만 있던 기존박스를 단측 사이트에도 2개씩 총 4개의 통기구를 추가하여 설계하였다.
- 통기구는 아래 그림처럼 적재시 통기구가 서로 연결되어 최대한 통기 효율을 높인 구조로 설계하였다. 기존 박스의 경우 단측의 통기구가 없어 통기구 효율이 없지만 개선한 박스에서는 안쪽 동그라미 4부분을 제외한 모든 통기구가 서로 연결된 위치로 설계하였다.
- 단측에 적재시 고정을 위해 적재 고정 틀을 설계하여 제작하였다.

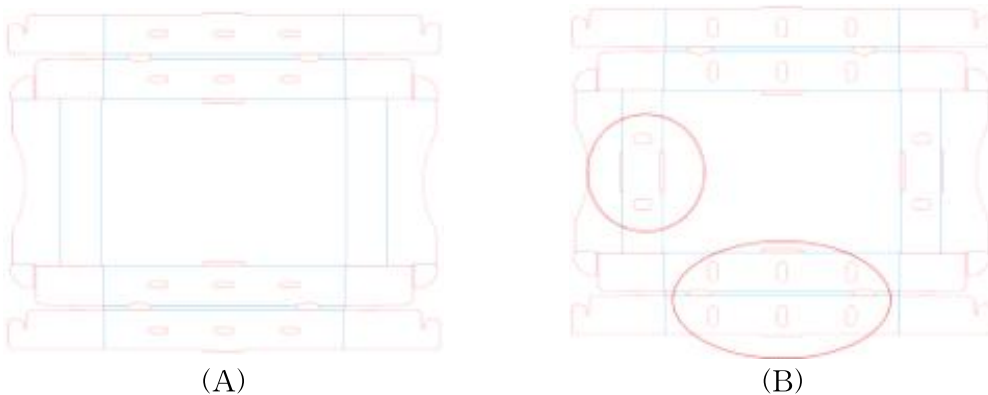


그림 781 (A)기존 골판지 상자 전개도; (B)개선 골판지 상자 전개도

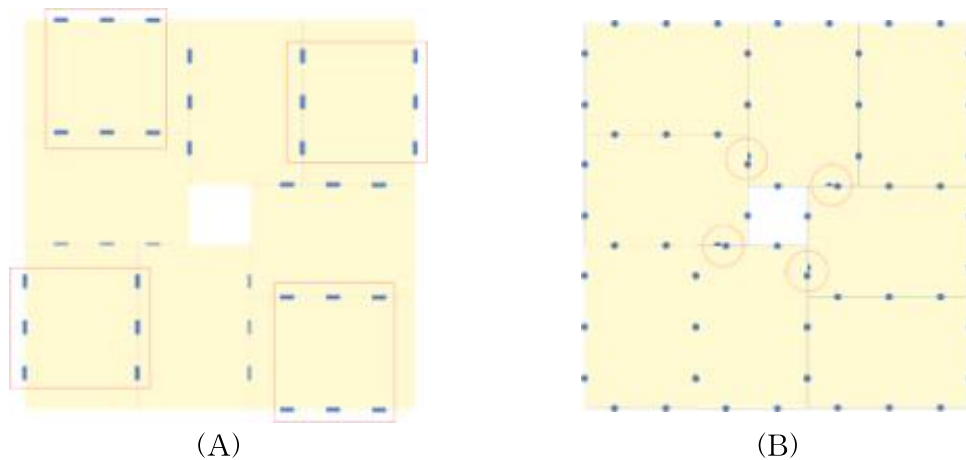


그림 782. (A)기존 골판지 상자의 통기구 위치; (B)개선 골판지 상자의 통기구 위치

다. 기존 박스 개선 토마토 수출 박스 평가

(1) 연구목적

○ 본 연구는 수출용 토마토의 선도유지 및 유통 중 토마토 상자의 안전성 보장 및 통기구 효율성 확대를 위한 상자의 공학적 설계 및 강도 분석을 목표로 한다.

(2) 실험방법

○ 골판지 상자의 압축강도 시험(KS T ISO 12048:2013)

- 골판지 상자의 압축강도는 KS T ISO 12048(압축 시험기를 이용한 수송 포장화물의 압축 시험과 적재 시험방법)을 참고하여 측정하였다.

- 골판지 상자의 압축강도는 UTM(DTU801, DT&T, Korea)을 이용하여 압축속도 10 ± 3 mm/min로 3반복 측정하였다.

- 측정 전 골판지 상자는 $30 \pm 2^\circ\text{C}$, $35 \pm 2\% \text{RH}$ 에서 24시간 전처리 후 사용하였다.

○ 골판지 통기구를 통한 통풍 효율 평가

- 기존 T11 파렛트 적재 방법을 약간 수정하여 상자를 적재한 후 아래 그림처럼 에어컨 방향으로부터 A,B,C,D 로 구역을 나누어 온도 변화를 측정하였다.

- 온도 측정 전 골판지 박스는 $30 \pm 2^\circ\text{C}$, $35 \pm 2\% \text{RH}$ 에서 24시간 전처리 후 사용하였다.

- 온도 측정은 시작시간으로부터 90분 동안 진행하였다.

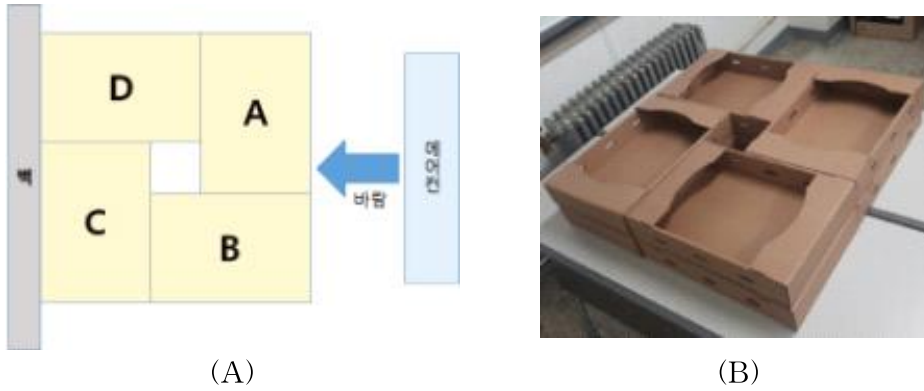


그림 783. (A)골판지 통기구를 통한 통풍 효율 평가 모식도 및 (B)사진

(3) 결과 및 고찰

○ 골판지 상자의 압축강도 시험

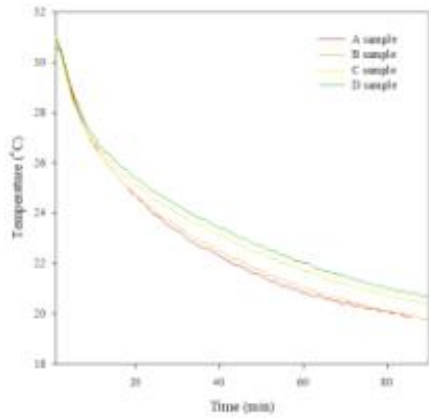
- B골이 E골에 비해 약 300 kgf 높은 압축강도를 보여주었다.
- B골 control은 평균 737.89 kgf를 보여주었고, 개선 골판지 상자는 698.87 kgf 를 보여주었다.
- E골 control은 평균 415.34 kgf를 보여주었고, 개선 골판지 상자는 396.10 kgf 를 보여주었다.
- Control이 개선 골판지 상자에 비해 높은 압축강도를 보여주었지만 차이는 크지 않다.

(단위: kgf)					
E골	1	2	3	평균	표준편차
control	419.27	419.18	407.56	415.34	5.50
개선상자	376.99	404.08	407.24	396.10	13.58

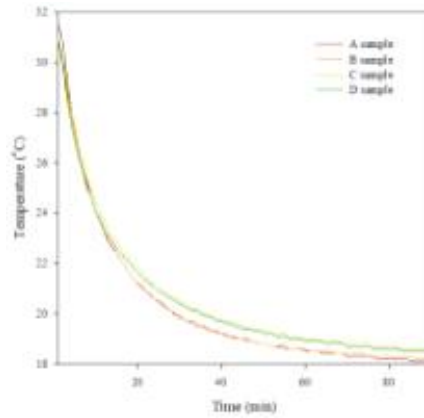
(단위: kgf)					
B골	1	2	3	평균	표준편차
control	779.18	699.22	735.26	737.89	32.70
개선상자	706.17	667.18	723.25	698.87	23.47

○ 골판지 통기구를 통한 통풍 효율 평가

- 기존 토마토 상자의 경우 90분 동안 A, B 구역에서 둘다 19.8℃의 온도 저하를 보여주었고 C, D 구역에서 각각 20.4℃, 20.7℃의 온도 저하를 보여주었다.
- 개선 토마토 상자의 경우 90분 동안 A, B 구역에서 18.1℃, 18.2℃로 비슷한 온도 저하를 보여주었고 C, D 구역에서 각각 18.6℃, 18.5℃의 온도 저하를 보여주었다.
- 기존 토마토 상자에 비해 개선 토마토 상자에서 훨씬 빠른 온도저하를 관찰하였고 C, D 구역에서는 개선 상자에서 2℃ 씩 더 낮은 온도를 보여주었다.
- 이는 통기구로 인해 냉풍이 더 빨리 순환되어 온도 저하를 훨씬 빨리 유도한 것으로 판단된다.



(A)



(B)

그림 784. (A)기존 토마토 상자의 온도 변화; (B)개선 토마토 상자의 온도 변화

(4) 결론

- 기존 토마토 박스에서 통기구를 추가하여 통기구의 효율성을 높였다.
- 통기구 효율성 평가에서 기존 박스에 비해 개선 박스에서 온도의 빠른 저하와 구역별 온도차이 간격을 줄여짐을 관찰하였다.
- 통기구 추가로 인한 압축강도의 저하가 발생하였지만 기존상자의 경우 415.34 kgf 개선상자의 경우 396.10 kgf로 큰 저하는 발생하지 않았다
- 개선된 박스를 통해 통기효율을 높여 수출 토마토의 선도유지에 기여할 것으로 판단된다.

[제5협동 FMS Korea : 최동호]

1. 핵심개발기술 최종설계

가. 최종 설계 및 시제품 제작

(1) 구조구성

- 구조구성의 경우, 전용 파렛트 위에 딸기 적재 후, 냉매(PCM sheet)가 장착되며 그 위에 외 Cover가 장착됨.

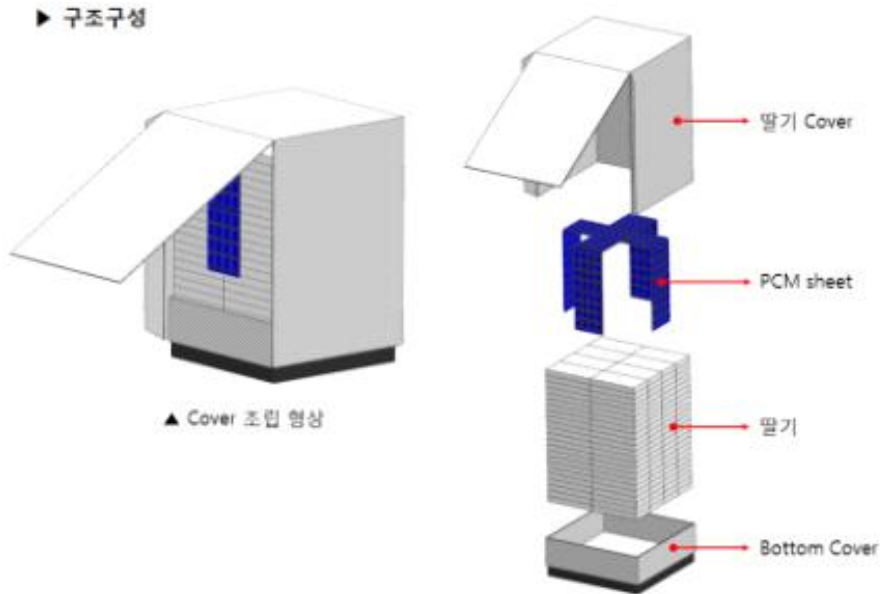


그림. 전체 구조

(2) 농산물 운송 컨테이너 (외부 Cover)

- 안쪽에서부터 PE form, 5도 PCM 캡슐 원단, 가교 PE 10T, Al 필름지로 구성되어 있으며, 앞쪽에 Door로 구성되어 있어 파렛트 위에 적재된 제품에 적용 시, 편리하게 덮을 수 있는 구조임.

- Door 양 사이드에는 지퍼와 벨크로가 적용 되어 편리하게 열고 닫을 수 있으며 외부 열로부터 차단 될 수 있도록 구성 함.

- 상단부에 PCM pocket을 통해 PCM 삽입이 가능 한 구조 임.

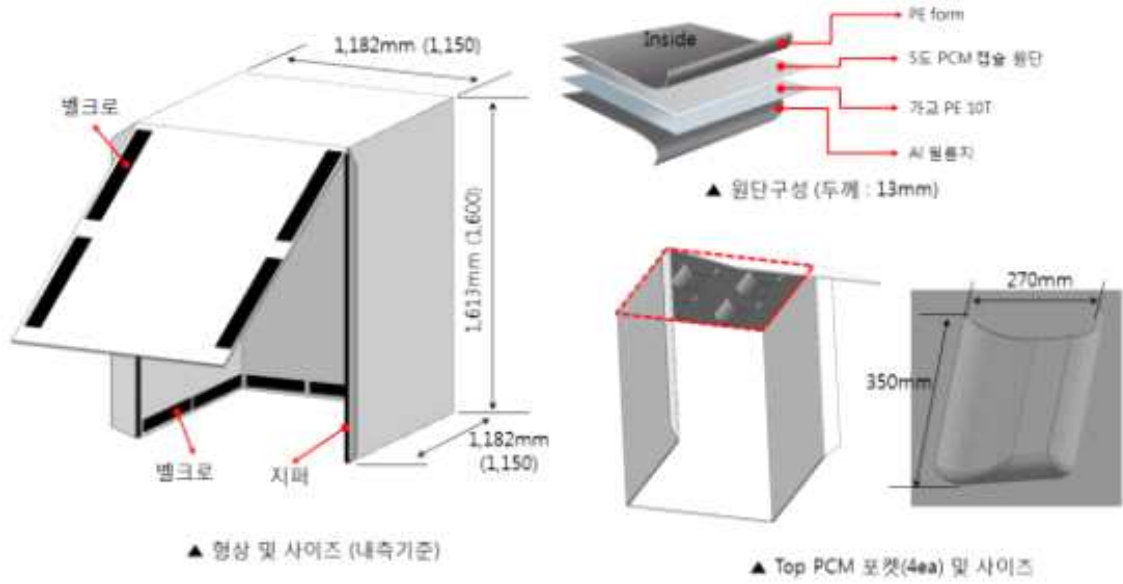


그림 농산물 운송 컨테이너 외부 Cover Spec.

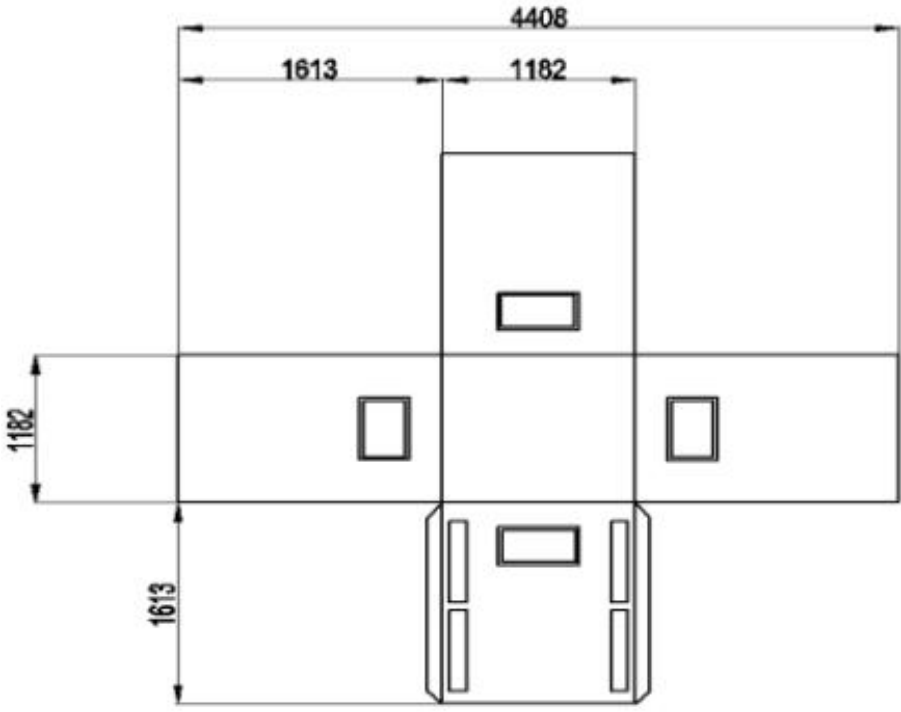


그림 농산물 운송 컨테이너 외부 Cover 도면

(3) 농산물 운송 컨테이너 (Bottom)

- Bottom의 경우, 외부 Cover와 마찬가지로 안쪽에서부터 PE form, 5도 PCM 캡슐 원단, 가교 PE 10T, Al 필름지로 구성되었음.
- 좌우 측면 및 뒷면의 경우, 벨크로가 장착되어 있어 외부와 결합될 수 있는 구조이며 외부 Cover와 Bottom 사이로 냉기가 빠져나가지 않도록 구성 함.

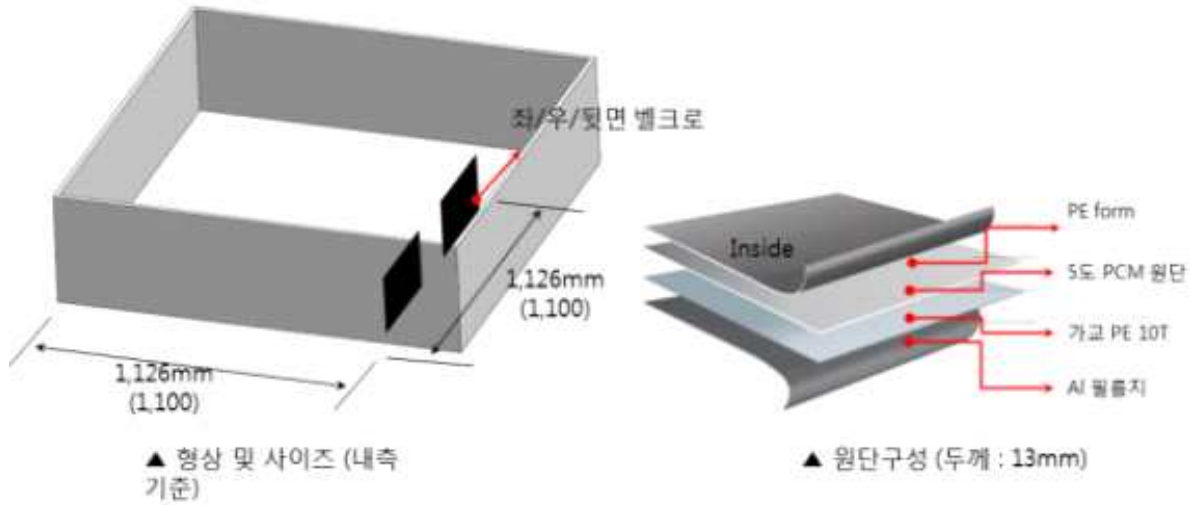


그림 농산물 운반 컨테이너 Bottom Cover 최종 Spec.

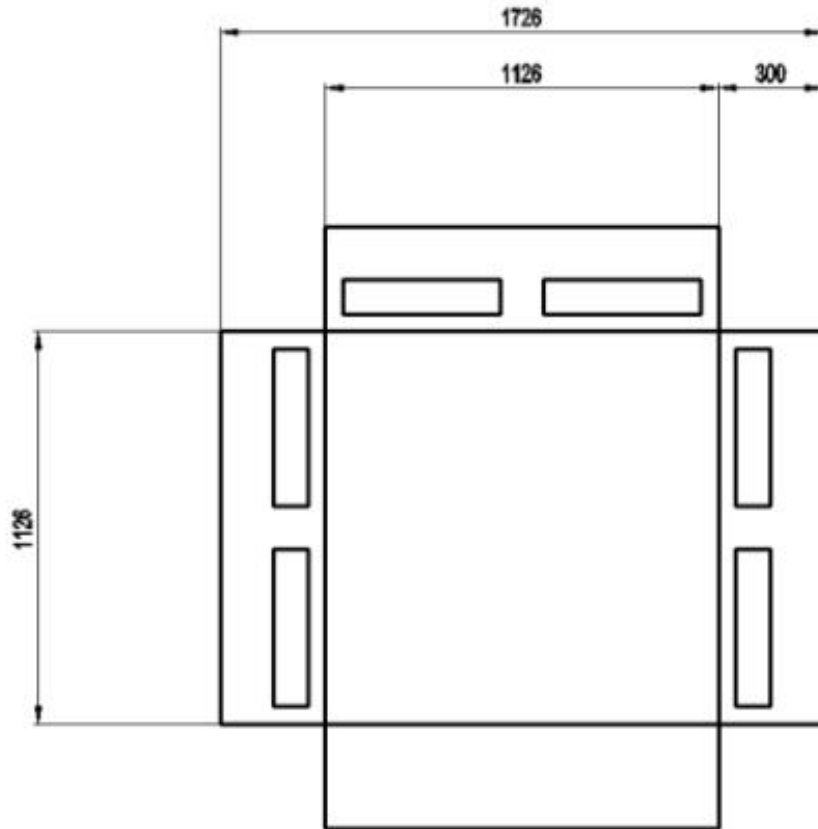


그림 농산물 운반 컨테이너 Bottom Cover 최종 도면

(4) 냉매 Pouch

- 외부 Cover 상단부에 삽입되는 냉매를 Packing 할 수 있는 Pouch 임.
- 내부에 Barrier가 있어서 Dry Ice와 0도 PCM Sheet(냉매)을 삽입 할 수 있도록 구성되었음.

- 원단구성의 경우, 안쪽부터 알루미늄 PE폼, 0도 PCM 캡슐 원단, 가교PE 4T, Al 필름지로 구성되어 있음.

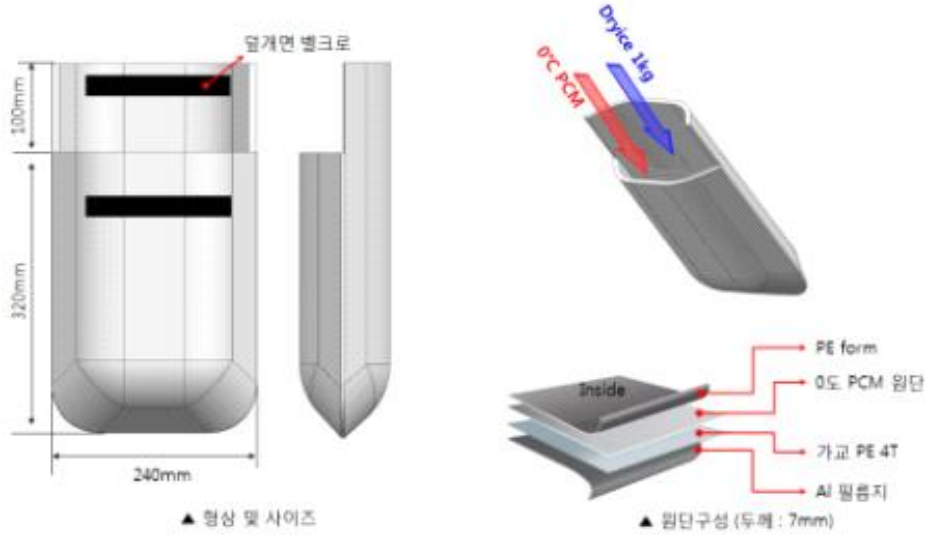


그림. PCM Pouch Specification

(5) 냉매 및 냉매 용기(PCM Sheet)

(가) 냉매

- 냉매는 해외(홍콩) 수출 기간 동안 딸기(농산물) 운송 시 보관온도 유지에 적합한 0°C PCM 사용.

- 0°C PCM은 예냉이 편리하며 가격이 저렴하여 현장적용에 적합하며, 무독·무취로 안전성이 확보됨.

- 다른 온도 영역보다 잠열량이 높아 보관온도 유지기간이 길어 수출용으로 적합하다고 판단됨.

(나) 냉매 DSC(Differential Scanning Calorimetry) 분석

- 냉매 잠열량 측정을 위해 DSC 분석을 진행

- 증류수의 잠열량 기준치 334J/g 보다 0.95% 높게 측정됨.

- 시험결과 적합.

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비고
DSC분석(잠열량)	J/g	KS M ISO 11357-3:2013	349.9	(23 ± 2)°C, (50 ± 20)% RH

표. DSC분석 결과

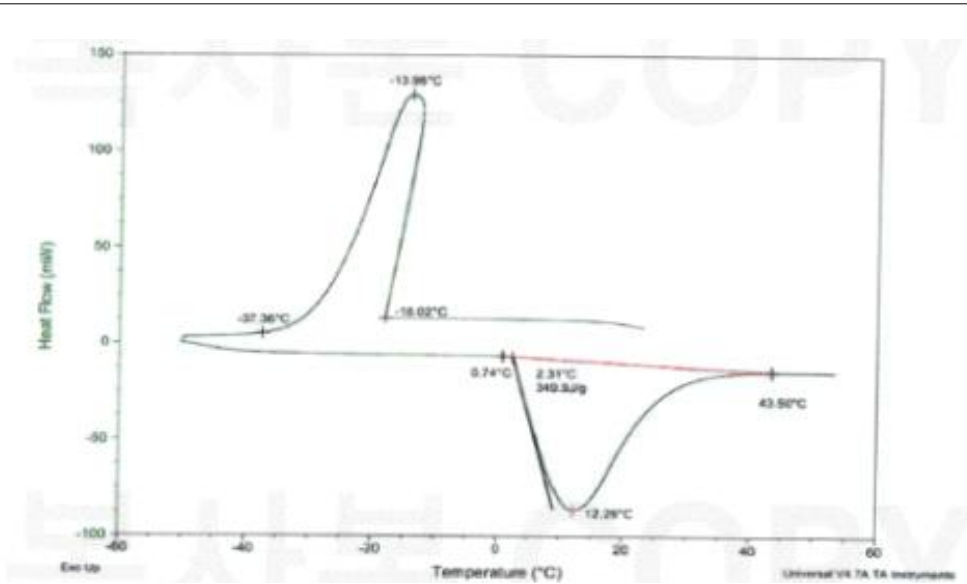


그림. PCM DSC분석 그래프

(다) 냉매용기 (PCM Sheet)

- 당사에서서는 냉매 0°C PCM 1,000±200g을 냉매 용기로 제작하여 사용함.
- 내부의 온도가 일정 시간 유지 될 수 있도록 아래와 같은 형상의 PCM Sheet 여러장을 열융착 하여 제작 함.
- 표면은 우레탄 소재로 구성되어 있어 내구성이 우수하며 반복 사용 시에도 찢어짐이 없음.
- 반복 하여 동결 및 해동 시, leakage 및 찢어짐 유무를 확인하기 위해 자체 신뢰성 테스트를 진행 함.
- 냉동 시 -20도 5시간, 해동 시 섭씨 30도 5시간 총 10시간을 1cycle로 하여 100cycle 진행함.
- Test 결과 leakage 및 찢어짐 없음을 확인 함.

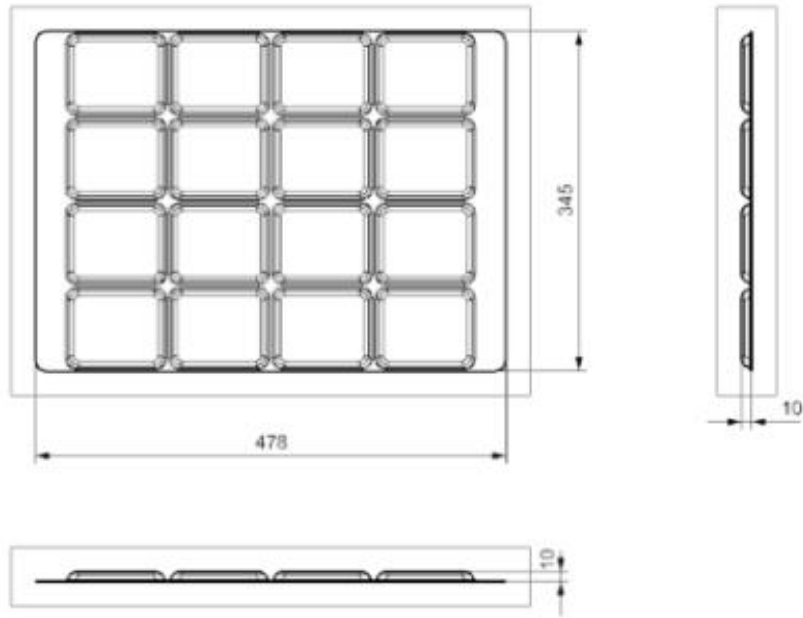


그림. PCM Sheet 설계 도면

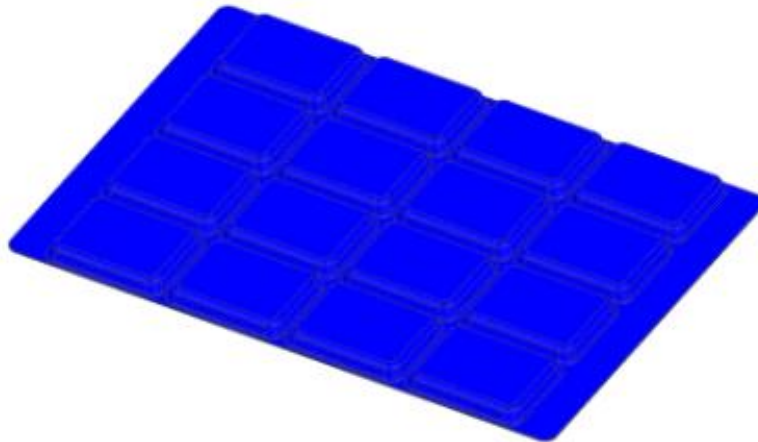


그림. PCM Sheet 형상





그림. PCM Sheet 신뢰성 테스트 사진

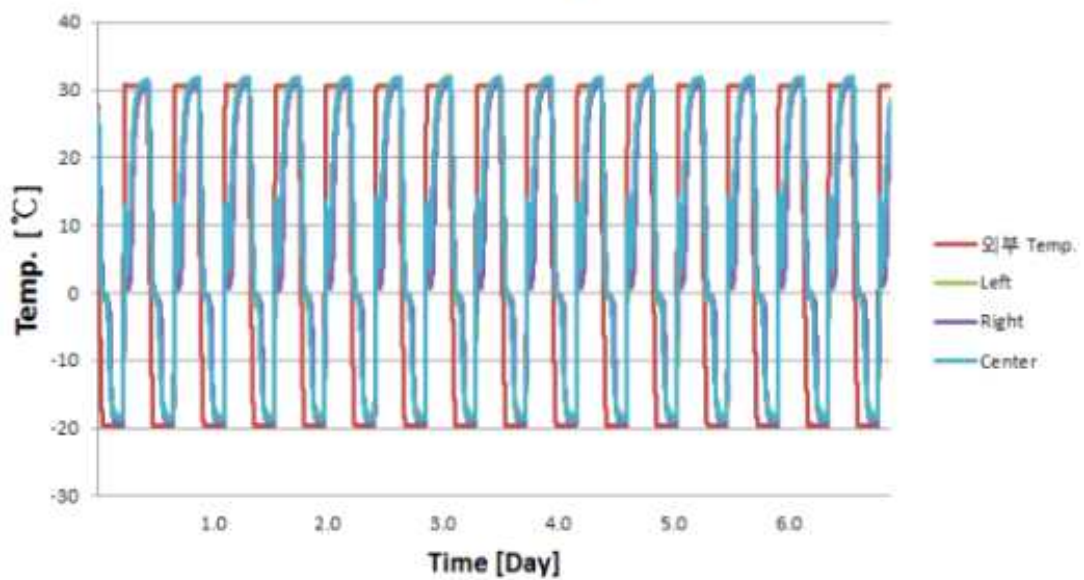


그림. PCM Sheet 신뢰성 테스트 온도 그래프

2. 열/유동 해석

가. 열 /유동 simulation 목적

- 열/유동 simulation은 유체 및 열의 흐름을 분석하는 용도로 많이 사용되며, 유체 및 열의 흐름에 따른 온도를 비롯한 여러 물성치의 변화를 확인하기 위해 사용하는 방법 임.
- 열/유동 simulation을 진행함으로써 실험에 소요되는 시간과 비용을 줄일 수 있으며 전체적인 경향을 파악 할 수 있음.
- 본 과제의 경우, 정지해 있는 유체를 다루기 때문에 유동해석 보다는 외부의 온도 조건 및 내부의 조건에 따른 열 해석에 초점을 맞추어 진행하였음.
- 현재 딸기 운송 수단인 해상과 항공 배송 시, 목적 온도 및 유지시간 확보를 위한 Cover 및 PCM Spec.을 설정하여 방향성을 확립하고자 함

나. 1차 Simulation

- 기준점 설정을 위해 기본 배송용 Cover 및 PCM을 Modeling 하여 Simulation 진행 후, 목적 온도 및 내부 온도의 시간에 따른 변화량 확인
- 목적 온도 및 유지시간을 만족시키지 못할 경우, Cover 구성 및 PCM 종류와 적용 양 재설정을 통해 Simulation 추가 진행.
- 실제 배송 조건을 기준으로 열량 계산을 통해 필요한 PCM 양을 계산하고 Simulation 결과와 비교하여 방향성 설정 예정
- 기본 Cover 및 PCM 구성을 통한 Simulation

(1) Modeling

	기본 Cover 구성	Modeling
구성요소	PE form2T + 가교PE 4T + AI 필름지	PE 7T
커버 두께[mm]	7mm	7mm
Size[mm]	1,100×1,100×1,400(H)	1,100×1,100×1,400(H)

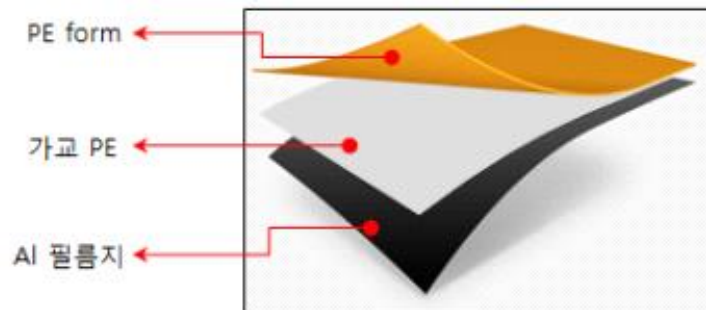


그림. 기본 Cover 구성 및 Modeling

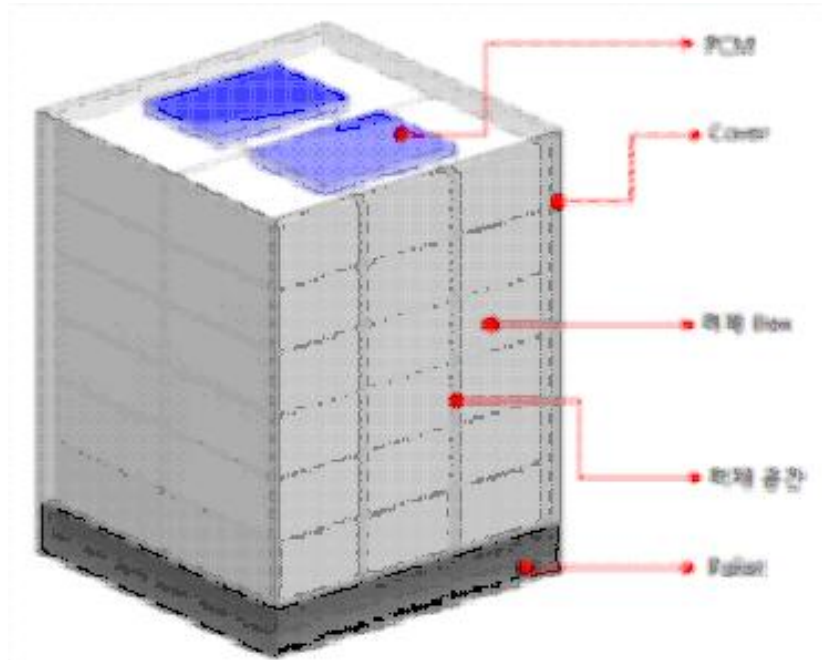


그림. Modeling: 기본 Cover 구성 및 구조

- 기본 Cover 및 PCM을 이용하여 Modeling 진행 함.
- 본 과제의 경우, 해석을 진행하기 위해 필요 없는 부분을 제외하고 단순화 작업을 진행 후 해석을 진행하였음.
- 실제 박스 적재 되는 공간 온도에 포커스를 맞추어 진행하였음.
- 실제 커버 구성은 아래와 같으나, 해석상 큰 문제가 없다는 가정하에 아래와 같이 단순화 하여 진행하였음.
- 커버의 경우, 내측으로부터 PE폼, 가교PE 4T, Al 필름지로 구성이 되어 있으며 단열성이 우수한 PE form(Polyethylene)을 주 재료로 사용 됨.
- PE form 및 가교PE 모두 PE form으로 구성되어 있어서 modeling시 PE 7T로 단순화 하여 해석을 진행 함.

(2) Meshing

- Mesh 형상의 경우, Tetrahedral mesh를 사용하였음.
- Tetrahedral mesh의 경우, 비정렬 격자로써 복잡한 형상의 Geometry에서도 격자 형성이 가능하며 boundary layer등 좁은 영역에 격자를 생성 할 수 있는 장점이 있음.
- 본 과제의 난류 모델로 사용한 k-epsilon 모델의 경우, Tetrahedral mesh를 사용 할 경우 좀더 높은 정확성을 보이기에 Tetrahedral mesh를 적용하였음.

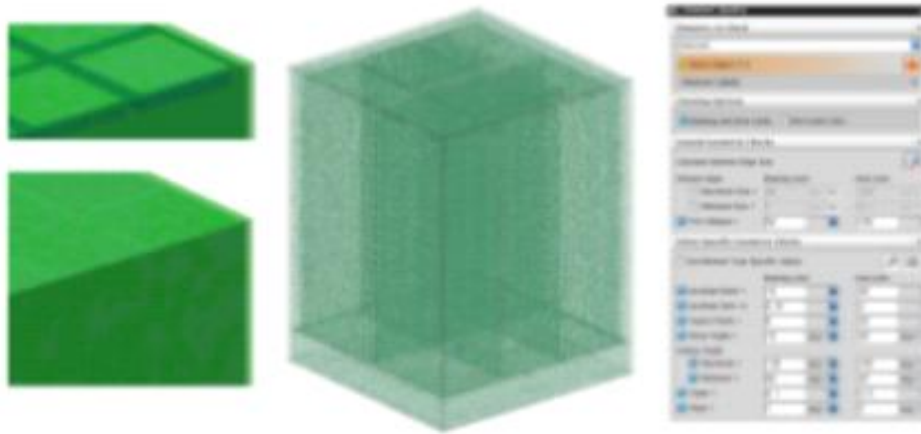


그림. Mesh 형상

3) Boundary Condition (경계조건)

	구성	Remark
냉매(PCM)	0°C PCM	2kg/ea, Total 4kg
냉매 수량	Total 2ea	Cover 상단부 2ea
내부 초기 온도	4°C	농장 참고 온도
외기 조건	20°C	배출 시 외부 외기 온도

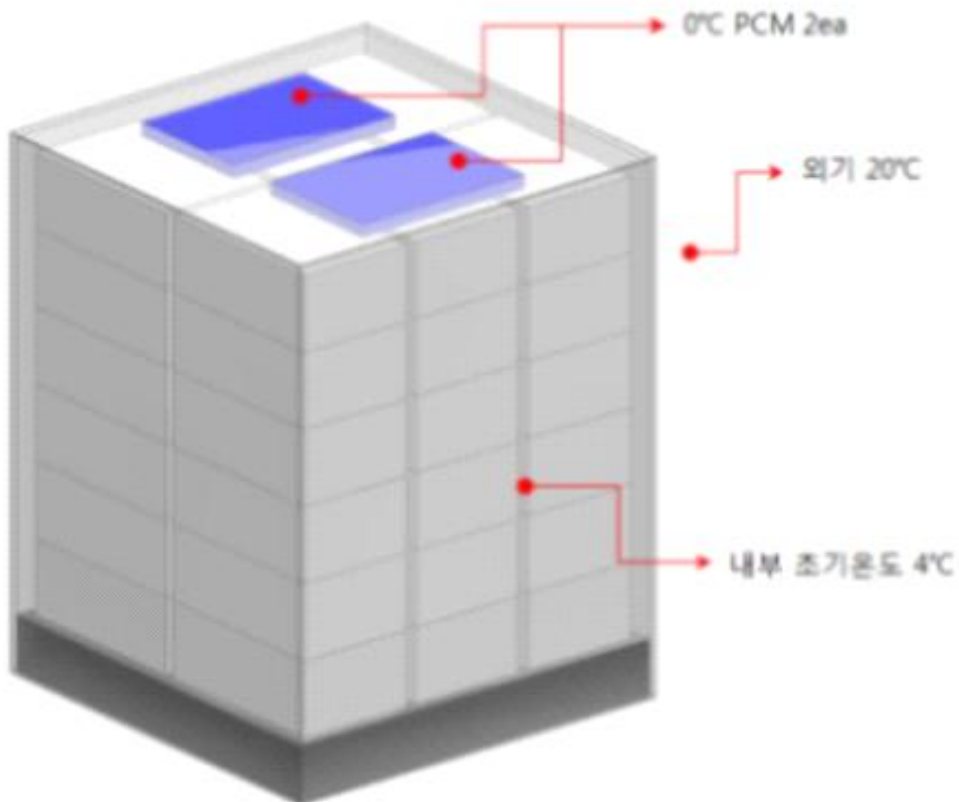
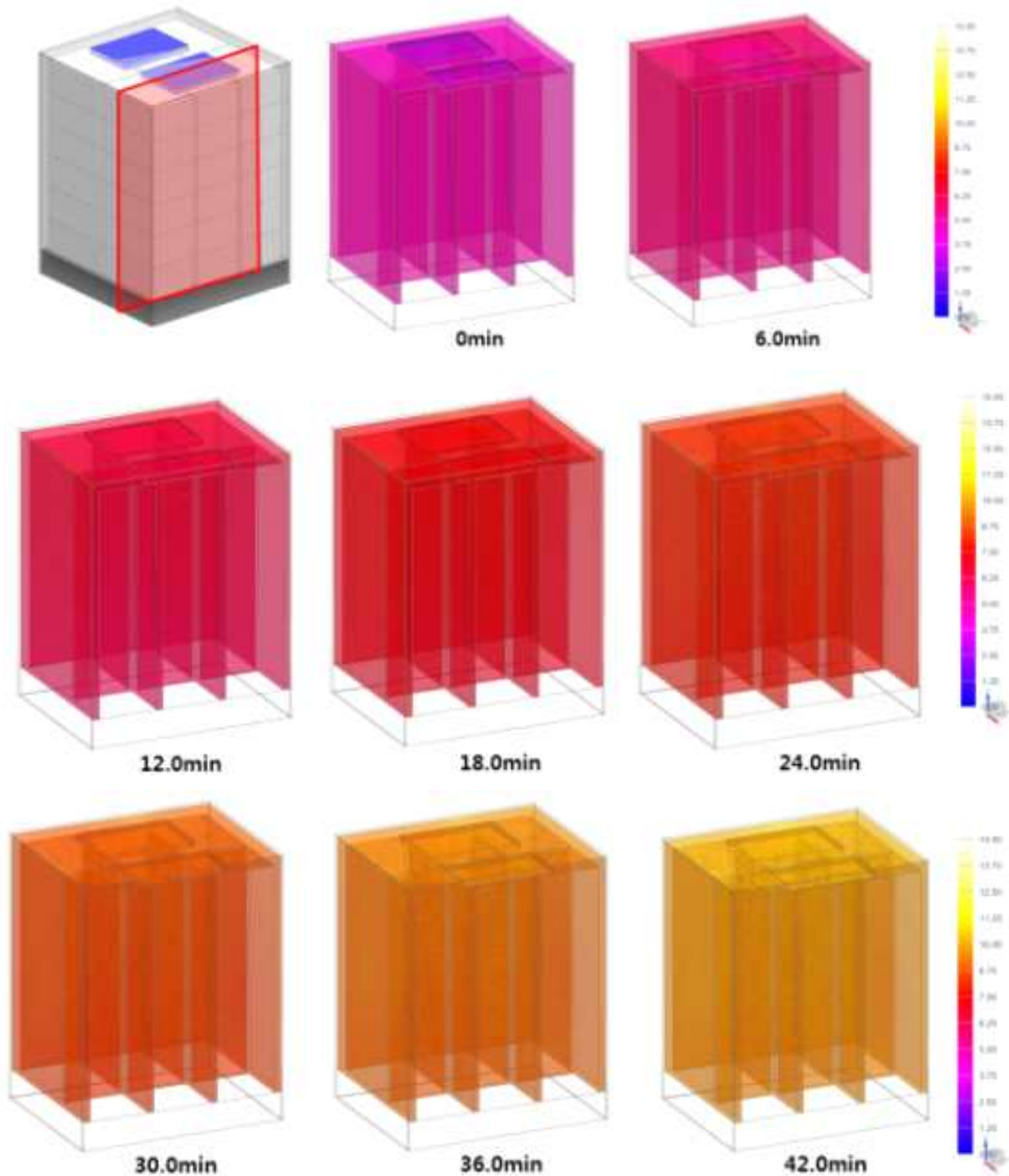


그림. Boundary Condition

- 기본 커버 상단에 0도 PCM 4Kg (2Kg/ea, total 2ea) 장착 하여 Simulation 진행 함.
- 실제 농장에서 영상 4℃ 냉장 창고에서 작업이 이루어지고 있으므로, 내부 공간온도 초기값을 영상 4℃로 설정했으며, 시간에 따른 내부 온도 변화 확인 예정임.
- 주요 운송 수단인 해상 및 항공배송의 경우, 배송 수단과 업체에 따라 창고 온도가 상이하나, 대체로 영상 15℃ ~ 20℃에서 운용 중인 점을 감안하여 20℃로 설정하여 simulation 진행 함.

(4) Result



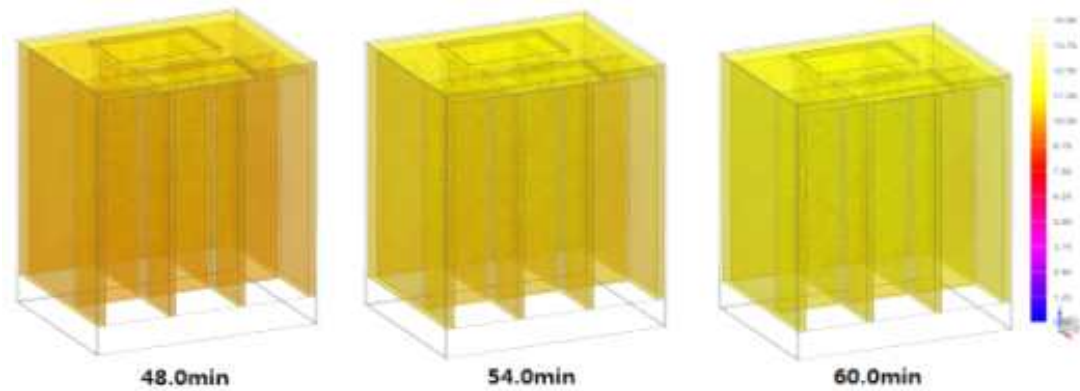


그림. 시간에 따른 내부 온도 변화

- 상자가 적재된 공간 온도를 확인 하기 위해 상단 그림과 같이 단면(Cutting plane)을 설정하여 시간 경과에 따른 온도 변화를 확인 함.
- 6분 단위로 총 60분 simulation 진행 함.
- 초기온도 4°C에서 시작하여 60분 후, 내부 공간온도가 약 12°C 정도까지 상승 하였으며 6분 간격으로 약 0.8°C 상승되는 경향이 있음

(5) 결론

- 커버 구성 PE 폼 두께 7mm, 커버 상단부 PCM 2ea 삽입(0°C, 각2kg 총 4kg) 시, 60분 경과 후 내부 공간온도 약 12°C까지 상승했으며, 목표한 온도 유지 성능 만족을 위해서 Cover 구성 요소, PCM 종류 및 사용량을 증가 시킬 필요가 있을 것으로 사료 됨.
- 특히 측면부의 경우, 두께 7mm의 단열재로만 구성되어 있어 외부 열의 차단효과를 높이기 위해서는 단열재 보강 및 PCM 추가 구성이 필요할 것으로 사료 됨.

다. 2차 Simulation

(1) Modeling

	실제 Cover 구성	Modeling
구성요소	PE form + 가교PE 10T + AI 필름지	PE 12T
커버 두께[mm]	12mm	12mm
Size[mm]	1,100×1,100×1,400(H)	1,100×1,100×1,400(H)

표. 추가 Cover 구성 및 Modeling

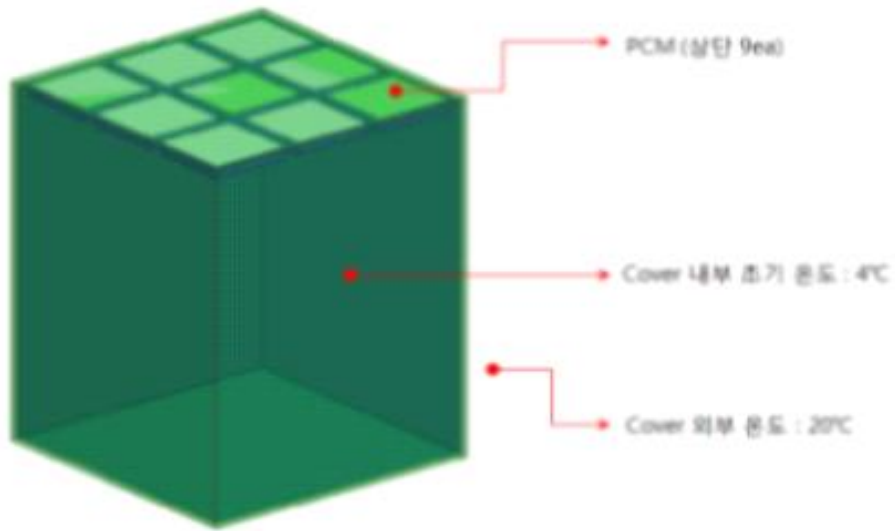


그림. 조건1 : Boundary Condition

· 조건 1

- 상단에 냉매 9ea(1kg/ea)를 삽입한 구조이며 냉매 온도의 경우, 총 3종류(-10도, -15도, -25도)를 적용하여 시간에 따른 내부 온도 변화를 계산 함.

- 실제 농장에서 영상 4°C 냉장 창고에서 작업이 이루어지고 있으므로, 내부 공간온도 초기값을 영상 4°C로 설정 함

- 주요 운송 수단인 배와 항공기의 경우, 배송 수단과 업체에 따라 창고 온도가 상이하나, 대체로 영상 15°C ~ 20°C에서 운용 중인 점을 감안하여 20°C로 설정하여 simulation 진행 함.

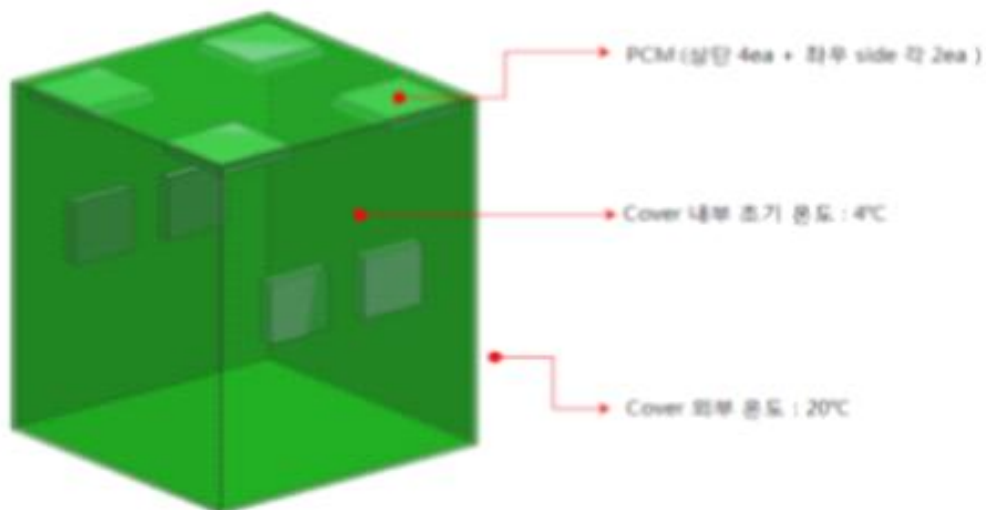


그림. 조건 2 : Boundary Condition

- 조건 2
 - 상단에 냉매 4ea 및 좌우 사이트에 각각 2ea씩 총 8ea를 삽입한 구조이며, 냉매 온도의 경우 -10°C 만 적용 함.
 - 외기조건 및 초기온도 조건은 조건 1과 동일하게 진행 함

(3) 결과

- 조건 1 (PCM -10°)

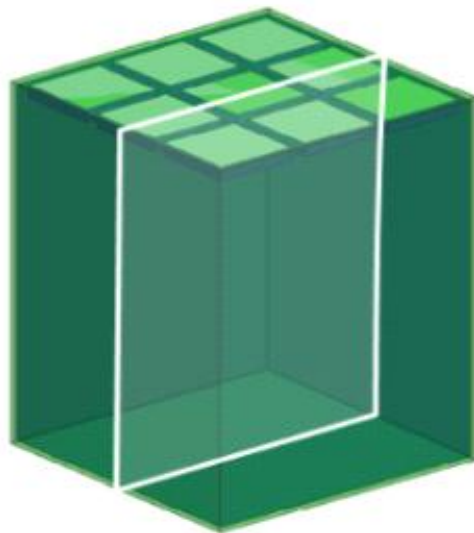


그림. 조건 1 단면

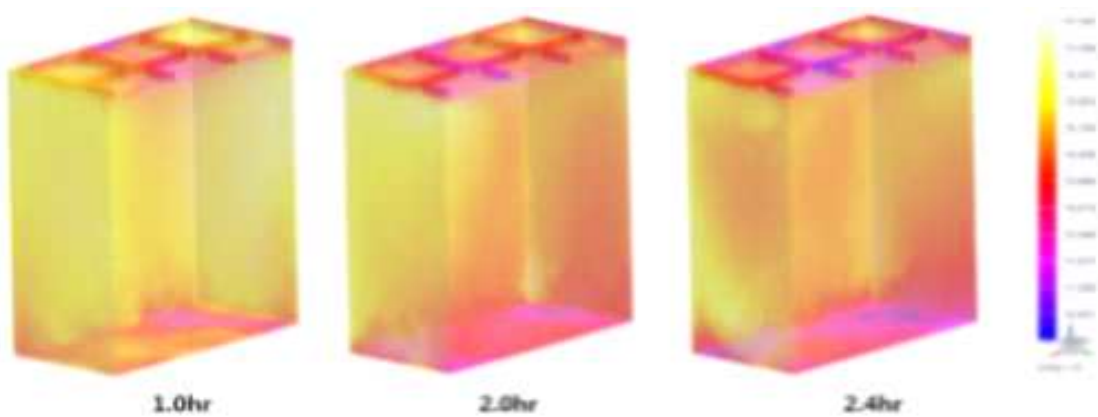


그림. 조건 1 : PCM -10°

- 실제 딸기 적재 공간인 중앙부 공기 온도를 시간 경과에 따라 변화되는 수치를 확인.
- 초기 내부 온도 4°C 에서 1시간 후 내부 온도가 15°C 이상으로 상승 된 후, 상단의 PCM의 영향으로 다시 온도가 낮아지는 경향을 보임.

· 조건 1 (PCM -15도)

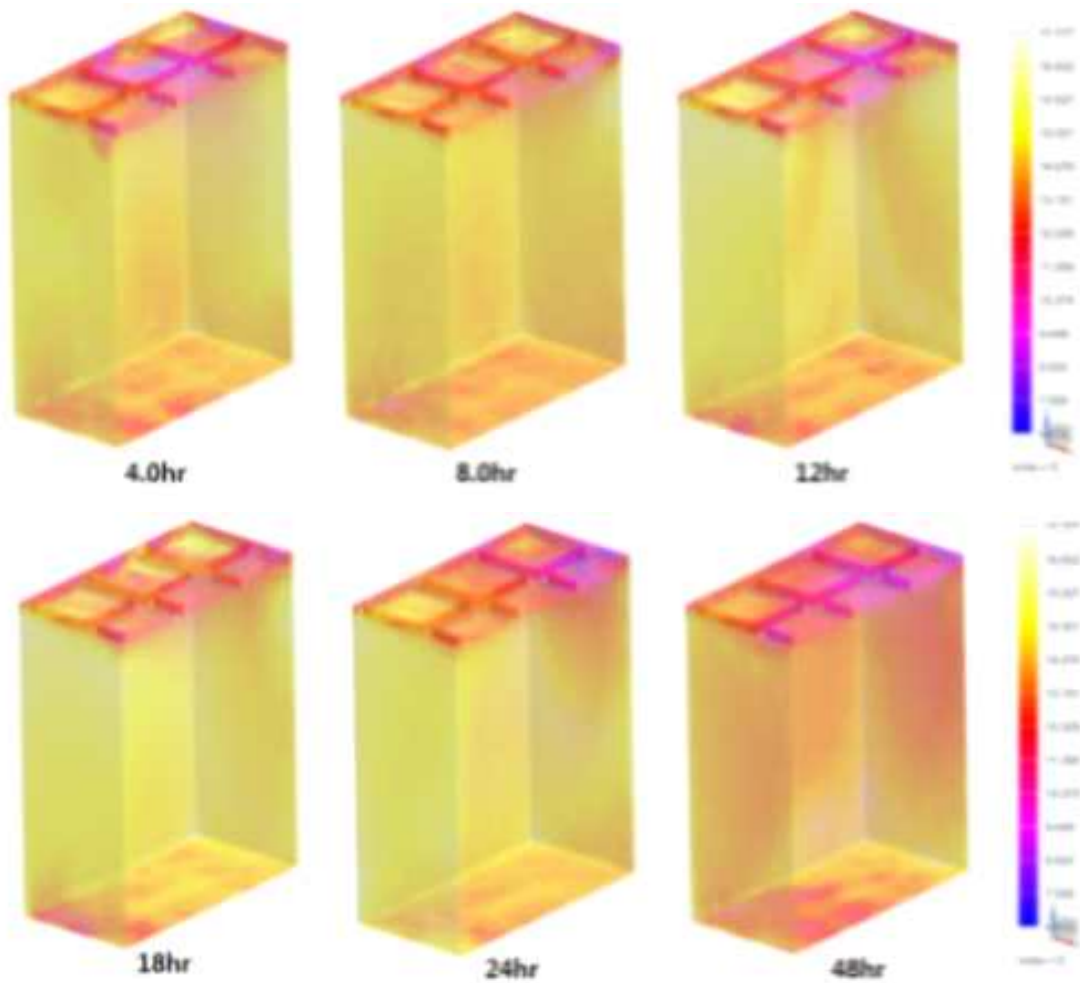


그림. 조건 1 : PCM -15도

- 초기 내부 온도 4°C에서 약 4시간 후 내부 온도가 15도 이상으로 상승 된 후, 상단의 PCM의 영향으로 다시 온도가 낮아지는 경향이 있음.
- PCM -10°C에 비교하여, 내부 온도 상승 속도가 감소하는 경향이 있음.

· 조건 1 (PCM -25도)

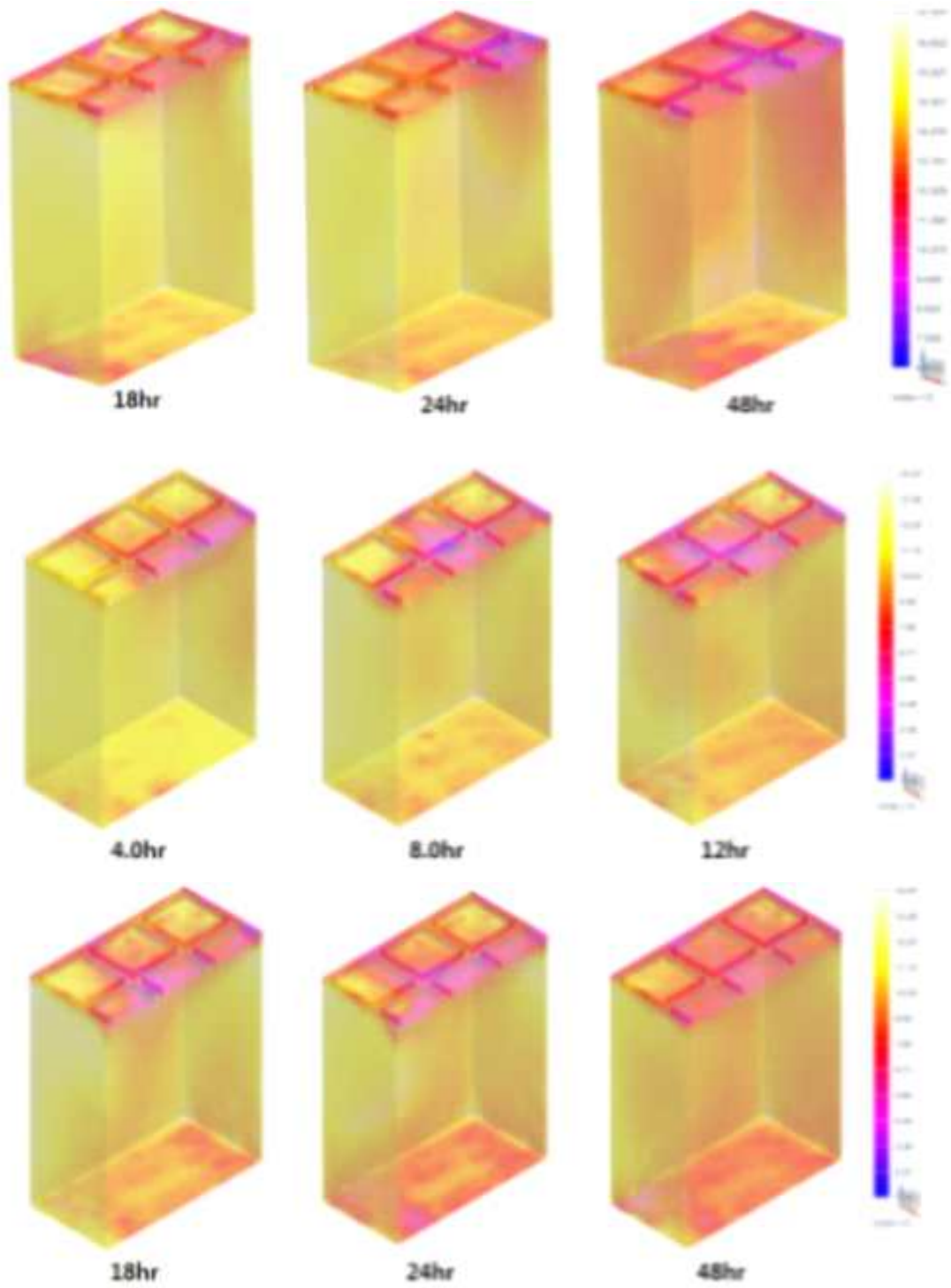


그림. 조건 1 : PCM -25도

- 초기 내부 온도 4℃에서 약 4시간 후 내부 온도가 11℃ 이상으로 상승 된 후, 상단의

PCM의 영향으로 다시 온도가 낮아지는 경향이 있음.

- 앞서 진행한 PCM -10℃, -15℃ 결과와 비교하여, 내부 온도 상승속도가 감소하는 경향이 있으며 상승 온도 최고점이 낮아진 경향이 있음. 냉매 위치를 상단부에만 위치 할 경우, 측면부가 외부 열에 취약하므로 PCM 위치를 조절 할 필요가 있을 것으로 사료 됨.

· 조건 2(PCM -10도)

- 초기 내부 온도 4℃에서 약 3시간 경과 후 내부 온도가 13℃ 이상으로 상승 됨. 이후 상단 및 측면 PCM의 영향으로 다시 온도가 낮아지는 경향이 있음.

- 조건 1과 비교하여 측면 PCM 영향으로 인해 내부 온도 분포가 상대적으로 균일한 상태임을 알 수 있음.

- 실제 딸기 배송 시, PCM을 상단에만 적재하는 것 보다 측면부에 함께 위치하는 것이 온도 관리 측면에서 효과가 있을 것으로 사료 됨.

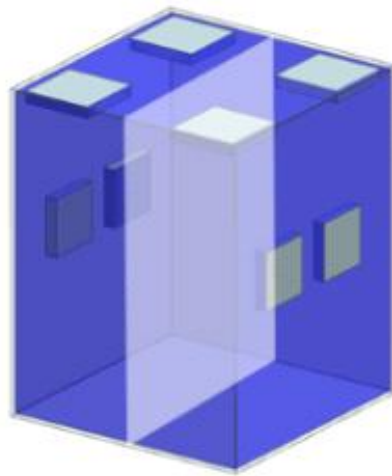


그림. 조건 2 단면

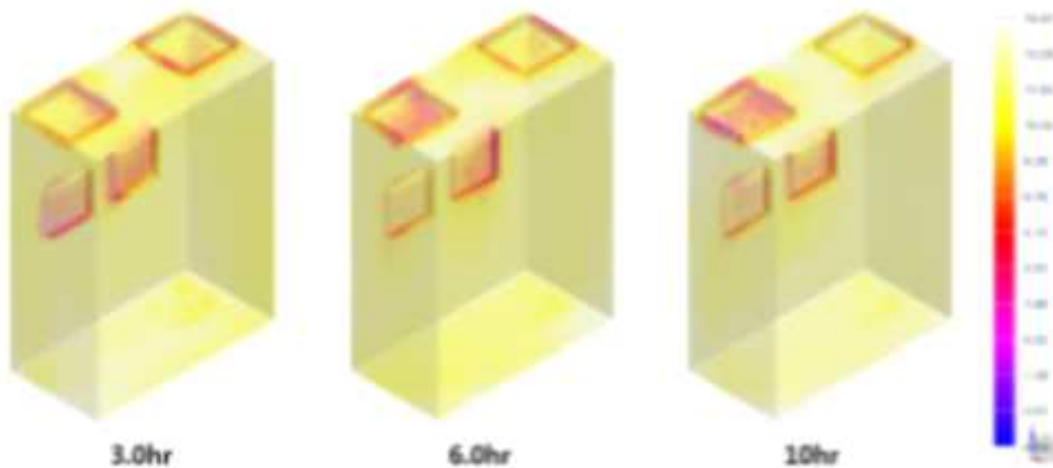


그림. 조건 2 : PCM -10도

(4) 필요 냉매량 산출을 위한 열량계산

PE폼 열전달률		0.03 W/m.K			
두께		12.00 mm			
Side 면적	폭	1,100 mm			
	높이	1,400 mm			
	개수	4 ea			
	면적	6 m ²			
Top 면적	가로	1,100 mm			
	세로	1,100 mm			
	개수	1 ea			
	면적	1 m ²			
Bottom 면적	가로	1,100 mm			
	세로	1,100 mm			
	개수	1 ea			
	면적	1 m ²			
Q1 (공항창고 보관)	외기온도	10 °C		3.5 hr	total 시간동안 외부 → 내부 열전달량 6,564 KJ
	내부온도	5 °C			
	열량	107 W			
Q2 (활주로 이동)	외기온도	20 °C		0.5 hr	
	내부온도	5 °C			
	열량	122 W			
Q3 (비행시간)	외기온도	15 °C		5.5 hr	
	내부온도	5 °C			
	열량	215 W			
Q4 (현지창고)	외기온도	25 °C		0.25 hr	
	내부온도	5 °C			
	열량	429 W			

중류수질열량	320 J/g
드라이아이스 기화열	571 J/g

1. 중류수만 사용시 필요 냉매량
20.5 kg
2. 드라이아이스만 사용시 필요 냉매량
11.5 kg

표. 필요 냉매량 산출

- 항공운송 기준으로 산출 된 냉매량으로, 공항창고 보관, 활주로 이동, 비행시간 및 현지 창고 보관 시간을 토대로 계산 함.
- 냉매량 산출 결과, 배송 시간 동안 외부에서 내부로 전달되는 열량은 총 6,564 KJ 며 중류수로만 냉매를 구성 할 경우, 약 20.5kg의 냉매가 필요 할 것으로 사료 됨.
- Simulation 진행 시 냉매 량의 경우, 커버 상단부 4kg, 측면부 4kg로 구성하여 진행 하였기에 목표했던 온도 성능이 나오지 않은 것으로 사료 됨.

(5) 결론

- 커버 구성 PE 폼 12mm, 커버 상단부 PCM 9ea 삽입 시, PCM 온도에 따라 커버 내부

온도가 상승되는 시간의 차이는 있으나, 목표한 온도 유지 성능을 위해서는 PCM 양을 증가시킬 필요가 있음.

- 커버 구성 PE 폼 12mm, 커버 상단부 PCM 4ea 삽입 및 커버 측면부에 4ea 삽입 시, 목표한 온도 유지 성능을 위해서는 PCM 양을 증가시킬 필요가 있음.

- PCM을 상단부에만 위치시킬 경우, 측면부를 통해 유입되는 열을 defense 하기에는 한계가 있으며 측면부와 병행하여 위치하는 것이 유리 할 것으로 사료 됨.

- 이론 냉매량 산출 결과, 커버구성 PE폼 12mm, 총 10시간동안 외부에서 커버 내부로 전달되는 열량은 6,564KJ이며, 증류수 만으로 냉매를 구성 시 약 20kg의 냉매 량이 필요 함. 실제 Simulation 진행 시, 8kg의 냉매량 만을 적용하였으므로 목표했던 온도 성능이 나오지 않았으며, 실제 배송 시, 냉매량을 증가시킬 필요가 있음.

- 커버의 재질이 PE폼이기 때문에 Cover에 장착 할 수 있는 냉매량이 한계가 있을 것으로 사료 되며, 커버 내부 온도유지를 위해서 Cover를 제외한 내부에 냉매를 장착 할 수 있는 구조가 필요 할 것으로 사료 됨.

- 해상 운송 수단의 경우 일주일 이상 온도 유지가 필요하기 때문에 현재의 커버 및 PCM을 이용한 운송 수단으로 적절하지 않을 것으로 사료됨. 항공운송 적용 시, 커버 및 PCM 양 및 위치 조절, 내부 PCM 장착을 통해 온도 관리가 가능 할 것으로 사료 됨.

3. 시제품 제작 및 성능 검증

가. 1차 시제품 제작 및 성능 검증

(1) 목적

- 자체 제작한 Cover 및 PCM을 이용, 당사 대형 챔버에서 실제 항공을 이용한 배송 조건을 적용하여, 현 수준 및 문제점 파악을 위해 실시 함.

(2) 실험조건

- 외부 Cover의 경우, 외부로부터 Al 필름지, PE폼 5T, PE폼, 가교PE 10T, 5도 PCM 캡슐원단, Al 필름지를 적용 하였음.

- 딸기 상자 적재 후, PCM 5도 캡슐원단으로 딸기상자를 감싼 후 테스트 함.

- 냉매의 경우, 상단부 4곳과 좌우 측면 각각 2곳 총 8곳에 냉매를 장착하였음. 냉매는 Dry Ice 1kg+Ice Pack 1kg로 구성되어있음.

- 외부 온도 조건의 경우, 주 배송항공사인 케세이퍼시픽 항공의 온도 조건을 적용 함.

실제운영시간	시간(hr)	온도(°C)	내용
19:00~08:30	13.5	5	농장(진주) → 인천공항 / 냉장차 이동
08:30~12:00	3.5	10	공항창고 보관
12:00~12:30	0.5	20	할주로 이동
12:30~15:00	2.5	15	비행기 창고 보관
15:00~18:00	3	15	비행기 이동(인천 → 홍콩현지)
18:00~18:15	0.25	25	홍콩현지 → 창고 이동
total 시간	23.25		

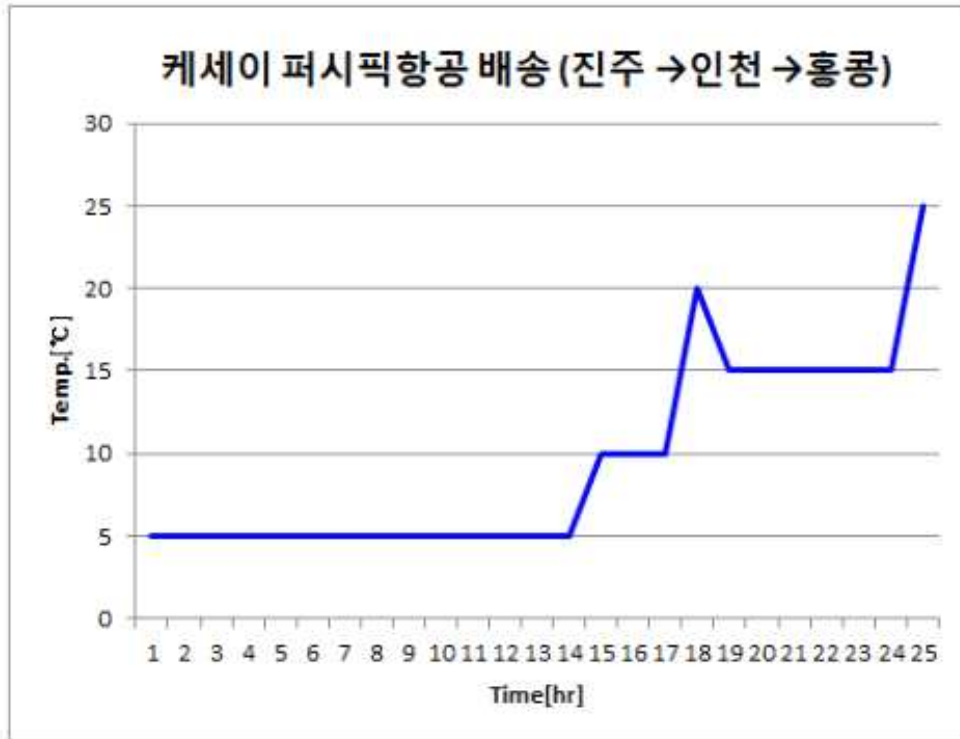


그림. 1차 자체 테스트 : 농산물 운송 컨테이너 셋팅
 표. 딸기 배송 조건 : 케세이 퍼시픽 항공





(3) 실험결과

- 딸기 상태의 경우, 육안으로 판단하였을 때, 양호한 상태였으며 실제 적외선 온도 측정기로 딸기의 온도를 측정한 결과 섭씨 2.5도에서 5도 사이의 온도가 측정되었음.
- 딸기온도의 경우, 예냉이 제대로 이루어지지 않아 초기 온도 13도에서부터 시작 하여 외기온도의 영향에 따라 온도 하강 후, 5도에서 7도 사이 온도 유지 됨.
- 상단부 및 뒷면의 경우, Cover 바로 아래 부분에 센서가 위치한 관계로 외부 온도의 영향을 많이 받았음.
- 중앙부 온도의 경우, 측면에 위치한 Dry Ice와 Ice Pack의 영향으로 온도가 0도 이하로 하락한 것으로 사료 됨.
- 내부의 딸기온도는 적절하나, 딸기의 예냉 및 측면부 냉매량 및 위치 조정이 있어야 할 것으로 사료 됨. 또한 외기 온도의 영향을 적게 받을 수 있도록 Cover 구성요소의 보강이 필요 함.



그림. 1차 자체 테스트 : 딸기 온도 측정



그림. 1차 자체 테스트 : 실험 전후 딸기 상태

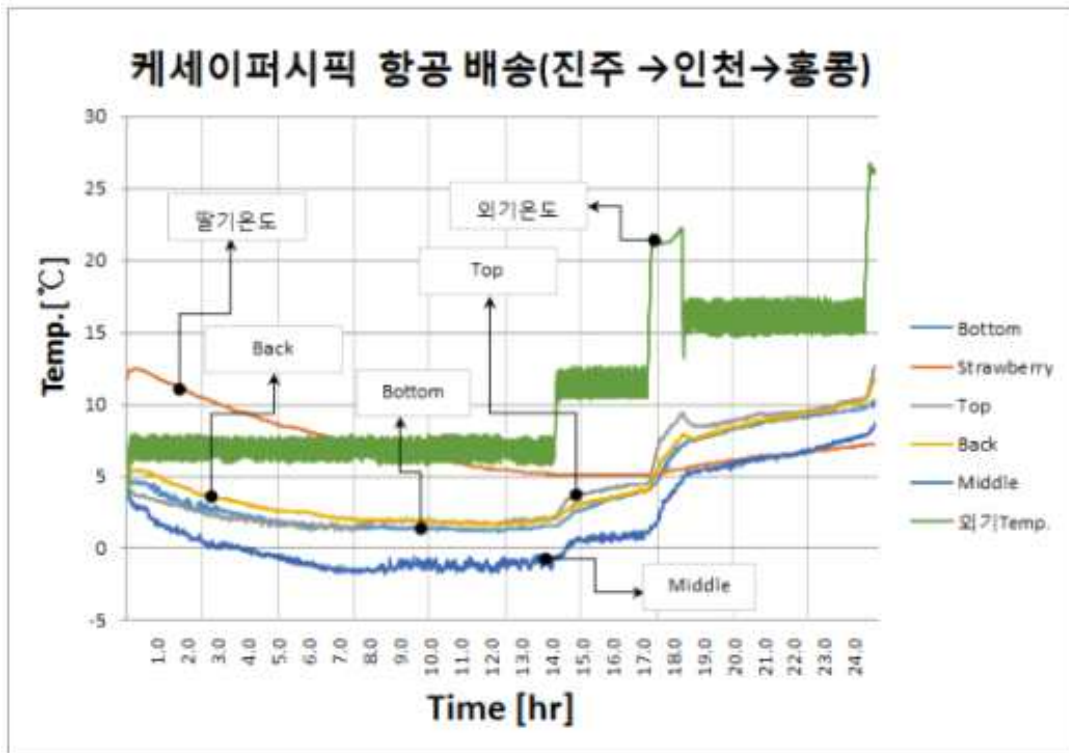


그림. 1차 자체 테스트 : 온도 그래프

나. 2차 시제품 제작 및 성능 검증

(1) 실험 조건

- 외부 Cover의 경우, 1차 자체 테스트와 동일하게 외부로부터 AI 필름지, PE폼 5T, 알루미늄필름지, 가교PE 10T, 5도 PCM 캡슐원단, AI 필름지를 적용 하였음.
- 냉매의 경우, 1차 자체 테스트 시 측면의 냉매 영향으로 인해 측면 중앙부 딸기의 온도가 0도 이하로 하락하여, 2차 자체 테스트에서는 측면부 냉매를 제외하고 상단부에만 적용 함. 상단부 총 4곳에 적용 하였으며 Dry Ice 1kg+Ice Pack 1kg으로 구성 되었음.
- 전체적인 냉매량이 부족 할 것으로 사료 되어, 1차 자체 테스트와 마찬가지로 딸기 상자 적재 후, PCM5도 캡슐 원단으로 덮은 후 Ice Pack 7.5kg를 PCM 원단 위에 위치 시켰음.
- 외부온도조건의 경우, 1차 자체 테스트와 동일하게 적용되었으며, 현지 도착 후 창고 보관 시간을 추가 하여 총 38시간으로 구성하여 적용 함.

실제운영시간	시간(hr)	온도(°C)	내용
19:00-08:30	13.5	5	농장(진주) → 인천공항 / 냉장차 이동
08:30-12:00	3.5	10	공항창고 보관
12:00-12:30	0.5	20	할주로 이동
12:30-15:00	2.5	15	비행기 창고 보관
15:00-18:00	3	15	비행기 이동(인천 → 동문현지)
18:00-18:15	0.25	25	동문현지 → 창고 이동
18:15-09:00	14.75	4.5	창고보관
total 시간	38		

표. 딸기 배송 조건 : 케세이 퍼시픽 항공





그림. 2차 자체 테스트 : 딸기 Cover 셋팅

(2) 실험 결과

- 상단, 중간, 하단부 딸기 온도의 경우, 총 38시간 동안 2도에서 7도 사이가 유지됨.
- 적외선 온도 측정기를 통해 실제 딸기 온도를 측정한 결과 1도에서 4도 사이가 측정되었으며 전반적인 딸기 상태는 양호함.
- 딸기 온도를 제외한 Cover 아래 위치한 센서 온도의 경우, 외부 온도에 민감하게 반응하여 온도가 변화되는 경향이 있음.



그림. 2차 자체 테스트 : 딸기 온도 측정

4. 현장 적용성 검증 (테스트 베드 구축 및 결과분석)

가. 1차 현장 적용성 검증

(1) 테스트 목적

- 개발된 Cover 및 PCM을 이용하여 농장에서 현재 수출 중인 홍콩까지 항공을 통해 배송 시, 성능확인 및 문제점 파악을 위해 진행 함.



2차 자체 테스트 : 실험 전후 딸기/토마토 상태

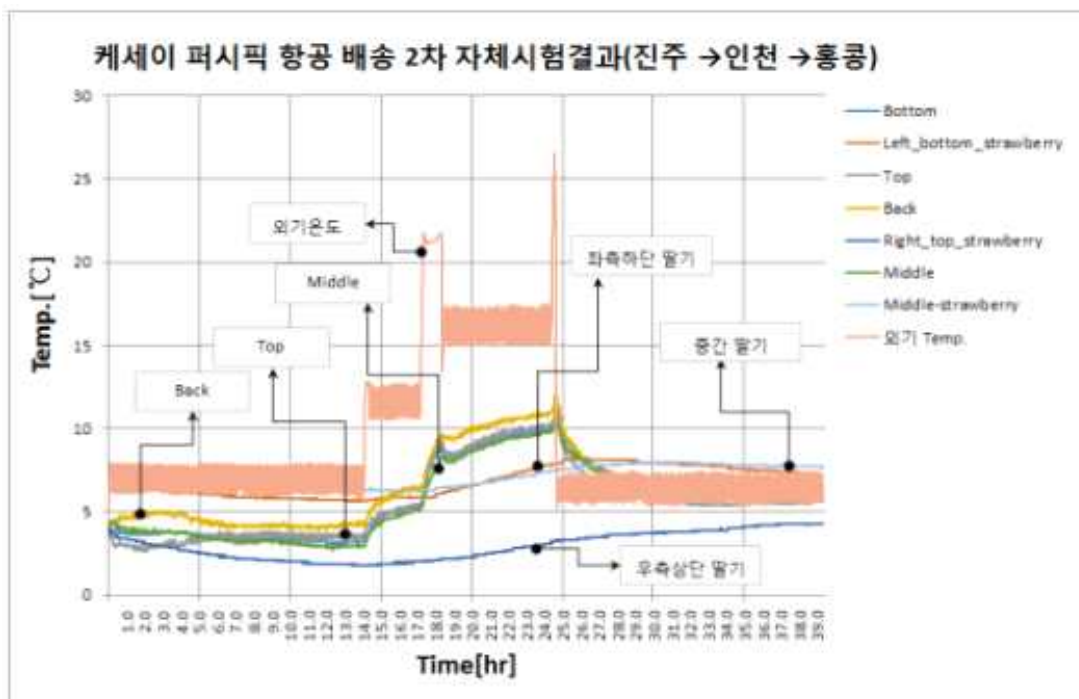


그림. 2차 자체 테스트 온도 그래프

(2) 테스트 베드 장소 및 일정

- 현재 딸기 생산 업체인 엘림무역(소재지 : 진주)에서 홍콩 현지 창고(소재지 : 홍콩 구룡시)까지 항공을 통해 배송 함.
- 목요일 오후 16:00 포장 및 파렛트 적재 후, 금요일 아침 인천공항으로 배송, 항공을 통해 홍콩에 19:00 도착, 23:00 홍콩 현지 창고 도착하여 딸기 상태 확인 함.

4/20 (목)	4/21 (금)
16:00 진주소재	07:30 인천공항 냉매 추가
엘림 농장 도착	10:05 홍콩이동
17:00 딸기 커버 셋팅	13:45 홍콩도착
	19:00 딸기 도착
	22:00 바이어 미팅
	23:00 딸기 상태 확인

표 1차 테스트베드 일정

(3) Cover 및 PCM 셋팅

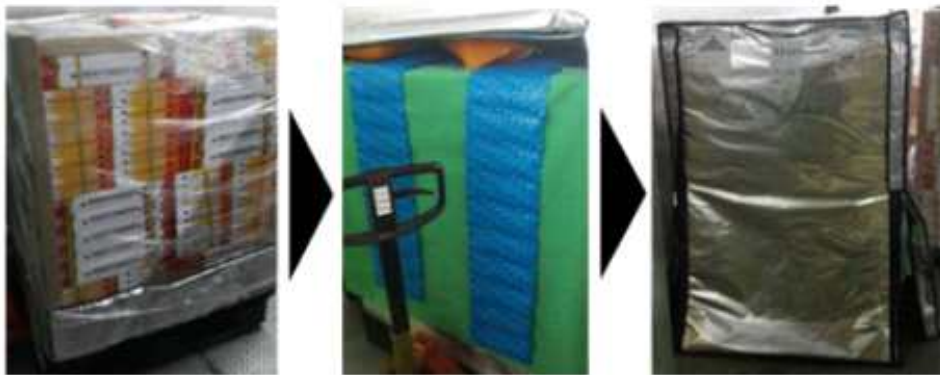
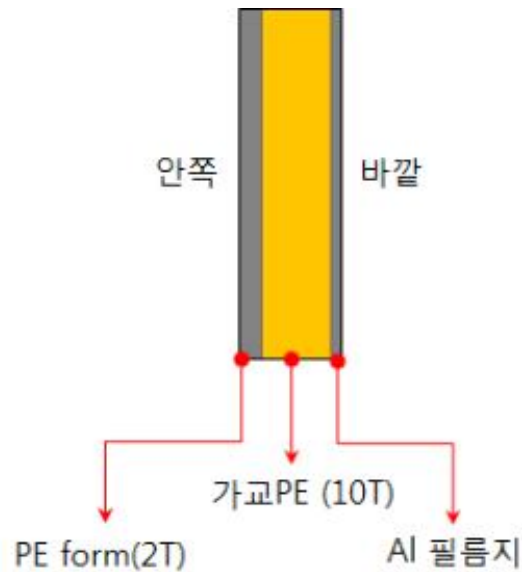


그림. 외부 Cover 및 PCM 셋팅 과정

- 외부 Cover의 경우, 바깥쪽부터 Al 필름지, 가교PE, PE form로 제작되었고 딸기의 경

우 농장에서 수확 후, 바로 파렛트에 적재되어 예냉이 되지 않은 상태에서 Cover가 장착 되었음.

- 파렛트에 딸기 적재 후, 5도 PCM 캡슐 원단으로 딸기를 덮은 후, PCM Sheet 5kg 4개를 장착 하였음. Cover 상단에는 드라이아이스(1.5kg, 4개)와 Ice Pack(1kg, 4개)을 장착하였음.

(4) 온도센서 셋팅

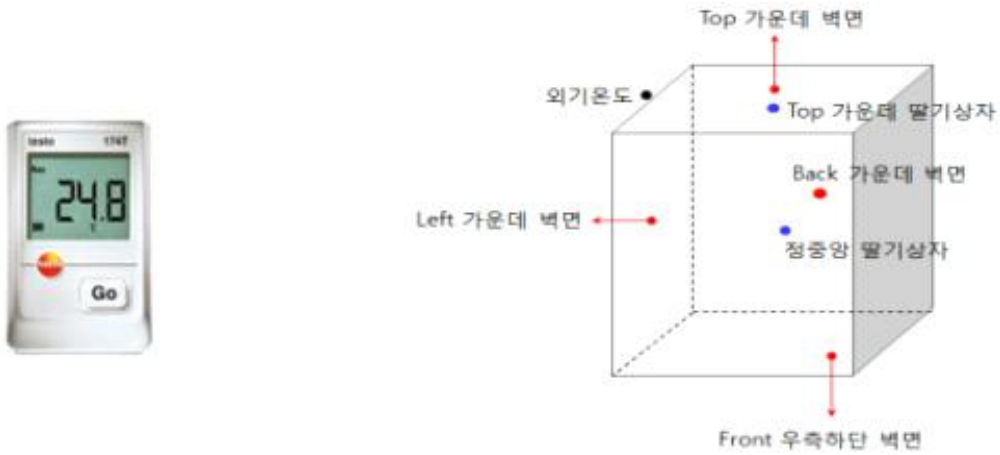


그림. 온도 센서 및 온도센서 위치

- 온도센서의 경우, Testo 174T를 사용 함. 이동식 온도 기록계로서 최장 500시간까지 온도를 측정하여 저장 가능 함.

- 총 7곳의 온도를 측정 함. 외기 온도, 좌측 가운데 벽면, Top 가운데 벽면, Top 가운데 딸기상자, 뒷면 가운데 벽면, 정중앙 딸기상자, 앞쪽 우측 하단 벽면 총 7곳에 온도센서 장착 함.

(5) 결과

- 딸기 상태는 현지 바이어와 함께 확인하였으며, 관찰 결과 전반적으로 양호한 상태로 써 현지에서 판매되는데 전혀 문제없는 것으로 피드백 받음.



그림. 위치별 딸기상태

- 온도 결과

- 딸기는 생산 농가 현지에서 예냉이 되지 않은 상태로 포장되어 전반적으로 모든 영역에서 높은 온도가 유지되었음.
- 정중앙 딸기 상자의 경우, 외기 온도 변화에 상관없이 현지 창고 도착 시까지 상온 12도를 유지하였으며, 딸기 상자를 덮고 있던 PCM 캡슐 원단과 PCM Sheet가 온도 유지될 수 있도록 적절한 역할을 한 것으로 사료 됨.
- 상단부 딸기상자의 경우, Cover 상단부에 위치한 Ice Pack과 Dry Ice 영향으로 0도 이하로 온도가 떨어지는 문제가 있음.

항공 수출용 딸기 Field Test

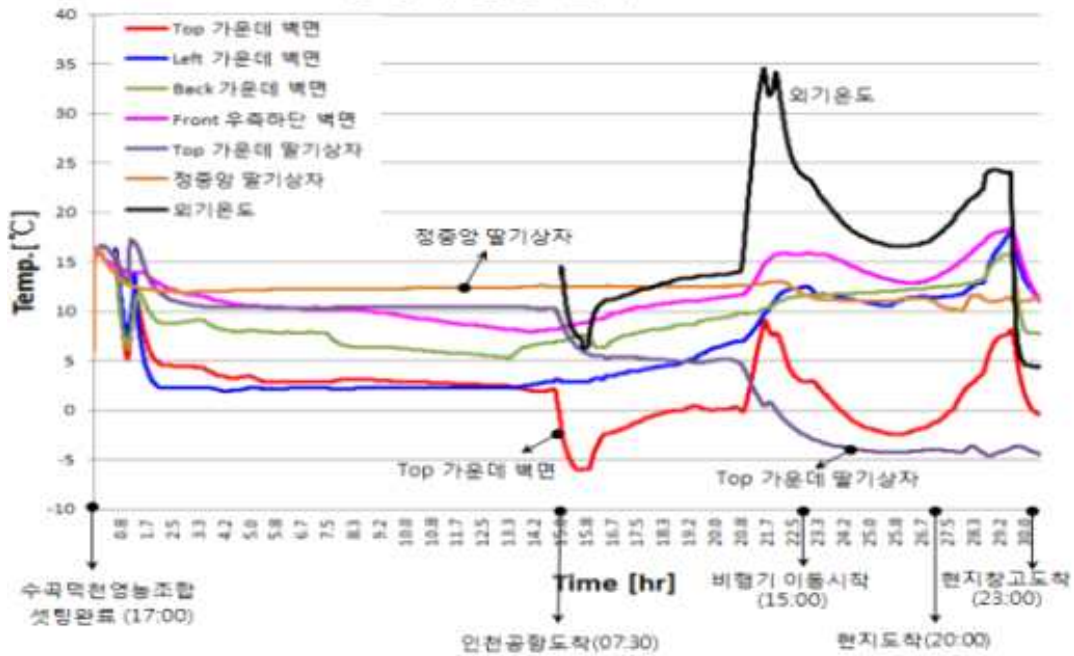


그림. 1차 테스트베드 온도 그래프

나. 2차 현장 적용성 검증(테스트베드 구축 및 결과분석)

(1) 1차 테스트베드 문제점 및 보완 사항

- 1차 테스트베드 문제점 파악

· 1차 테스트베드 시, 딸기 농가에서 충분히 예냉 된 상태에서 포장이 되어 배송이 이루어져야 했으나, 예냉이 진행 되지 않은 상태로 배송이 이루어져 정확한 온도데이터를 확보할 수가 없었음.

- 배송 시 딸기 온도 데이터가 가장 중요하나, 1차 테스트베드 시, 온도 센서 위치가 딸기 상자 측면 위주로 장착되어 중요한 딸기온도의 경우 정확한 온도데이터를 확보할 수 없었음.

- 1차 테스트베드 시, 상단부에 위치한 Dry Ice 및 Ice Pack의 영향으로 딸기온도가 0도 이하로 떨어진 것을 볼 수 있음.

(2) 2차 테스트베드 시 보완사항

- 농가에서 파렛트 위에 딸기 상자 적재 시, 냉장창고에서 작업 하여 충분히 예냉된 상태에서 포장 및 배송이 이루어지도록 보완 함.

- 배송 시, 실제 딸기 온도의 모니터링을 위하여 중심부의 딸기상자 위주로 센서를 위치 시킴.

- 상단부에 위치하는 Dry Ice와 Ice Pack의 영향으로 상단부 딸기의 온도가 0도 이하로 떨어지는 위험이 있어 Dry Ice와 Ice Pack Pocket을 재설계 하여 상단부 딸기온도 하락을 방지 함.

- 외부 온도의 영향을 덜 받고 내부 온도 유지를 위해, 외부 Cover에 PCM 캡슐 원단을

보강 하여 Cover 제작 함.

- 수출용 딸기 수요처의 경우, 홍콩과 싱가포르가 있으며 싱가포르의 경우 홍콩보다 배송시간이 더 소요 됨. 딸기용 Cover의 효용성과 효과의 입증을 위해 배송 시간이 짧은 홍콩보다 싱가포르 배송을 통해 확인 하는 것이 더 적절하다고 판단되어 싱가포르로 적용 함.

- 2차 테스트베드의 경우, 온도관리용 Cover와 저가의 보급형 Cover로 나누어 테스트베드를 진행 함. 상용화 검토 시, 온도관리가 중요한 제품의 경우 온도관리용 Cover로 적용 예정이며, 온도 관리 측면 보다 제품의 오염 방지가 필요한 경우 저가의 보급형 Cover로 적용 될 예정임.

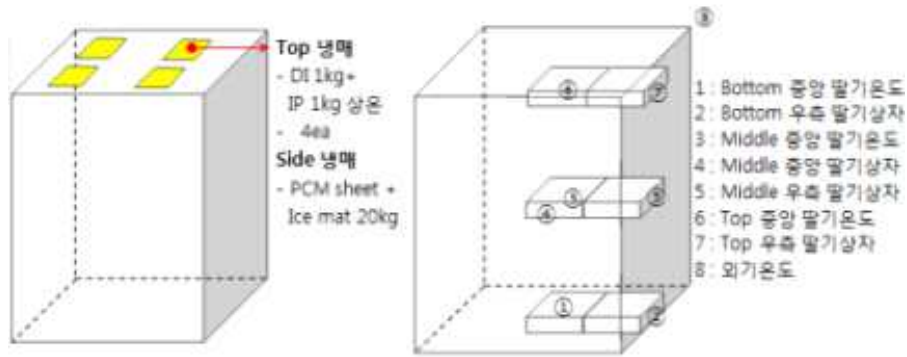
(3) Cover 및 PCM 셋팅

- 농산물 운송용 농산물 운송 컨테이너를 고급형과 보급형 두 가지 type으로 나누어서 아래와 같이 셋팅 함.

		Type 1 (고급형)	Type 2 (보급형)
Cover 구성		PE form+PCM5도 원단+ 가교PE 10T+필름지	tyvek + 상단 가교PE 8T
냉매 구성	Top	(DI 1.0kg+IP 1kg_상온)×4ea	(DI 500g+IP 1kg_상온)×4ea
	Side	없음.	없음.
	딸기 주위	PCM5도 원단 + Ice mat(냉동) 20kg	없음.
PCM원단 방향		SI 방향이 바깥으로 셋팅	없음.
딸기에냉		4도 예냉	4도 예냉
냉매삽입시간		모든 냉매 초반 삽입	모든 냉매 초반 삽입

표. Cover 및 PCM 셋팅

(4) 온도센서 셋팅



- 딸기 온도 센서 (Total 3ea)



딸기온도 센서 위치
- 5단/10단/17단 센터
상자 내부에 위치

- 딸기상자 온도 센서 (Total 4ea)



→ 17단 우측

→ 10단 우측

→ 5단 우측



→ 10단 중앙

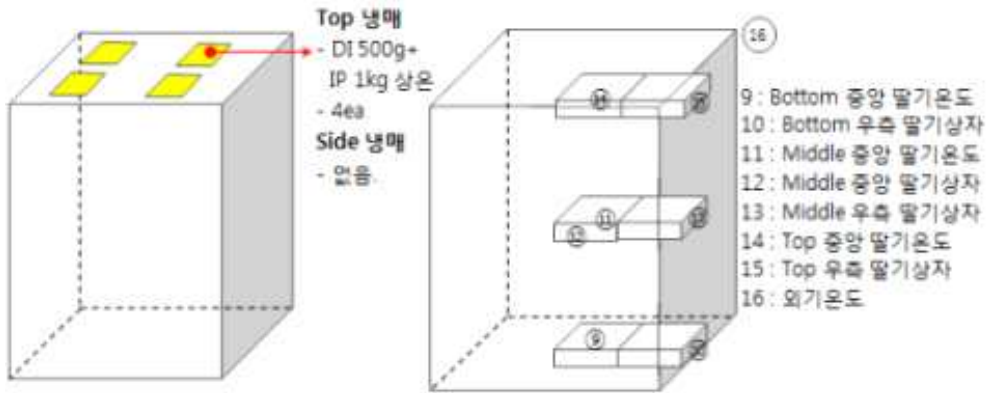
- 외부온도 센서 (Total 1ea)



온도관리용 커버(고급형)

그림. Type1(고급형) Cover 냉매 구성 및 온도센서 위치

- 온도센서의 경우, 1차 테스트베드와 마찬가지로 Testo 174T를 사용 하였으며, 딸기상자의 측면 보다는 내부 딸기온도에 중점을 두고 셋팅 하였음.



- 딸기 온도 센서 (Total 3ea)



딸기온도 센서 위치
 - 5단/10단/17단 센터
 상자 내부에 위치

- 딸기상자 온도 센서 (Total 4ea)



→ 17단 우측

→ 10단 우측

→ 5단 우측



→ 10단 중앙

- 외부온도 센서 (Total 1ea)



보급형 커버 완성 사진

그림. Type2(보급형) Cover 냉매 구성 및 온도센서 위치

(5) Cover 구성

- 고급형 Cover

- 고급형 Cover의 경우, 파렛트 위에 딸기상자 적재 후, 모서리 4곳에 지지대 고정, 상자가 쓰러지지 않도록 랩핑 작업을 함.
- PCM 캡슐 원단으로 덮은 후, PCM Sheet 5kg 4개를 적용 함.
- 외부 Cover 장착 후, 상단부 4곳에 냉매 적용함.



그림. 온도관리용 Cover(고급형) 구성

- 보급형 Cover

- 보급형 Cover의 경우, 파렛트 위에 딸기상자 적재 후, 모서리 4곳에 지지대로 고정, 상자가 쓰러지지 않도록 랩핑 작업을 함.
- Tyvek 원단으로 구성된 Cover 장착 후, 상단부 4곳에 냉매 위치 시킴.



그림. 온도관리용 Cover(보급형) 구성

(6) 결과

- 고급형 Cover 딸기 상태

- 딸기 상태의 경우, 현지 바이어의 검수를 통한 평가로 이루어 짐.
- 온도관리용 Cover의 경우, 전반적으로 숙성 지연 상태로 배송 됨. 일반적인 딸기의 경우, 상온에 보관 시 숙성이 진행 되는데, 온도가 낮을 경우(약 섭씨4도 근방) 딸기의 호흡량이 감소하면서 숙성이 지연되고 보관 기간이 길어지는 경향이 있음.
- 색상은 숙성 지연으로 인해 흰색에 가까웠으며, 맛은 약간 시큼한 맛, 경도 및 질감은 양호한 상태로 배송 됨.



	결과	Remark
색상	White	숙성 지연 상태로 배송
맛	약간 신맛	
경도 및 질감	Good	

그림. 고급형 Cover 딸기상태

- 보급형 Cover 딸기 상태

- 보급형 Cover에 적용된 Tyvek 특성상 통기성으로 인해 딸기의 숙성이 진행되면서 농장에서 포장 시 흰색에 가깝던 색상이 빨간색으로 숙성이 진행 되었으며, 맛은 온도관리용 Cover에 비해 신맛이 덜하고 상대적으로 단맛이 증가된 경향이 있었음. 경도 및 질감도 양호한 상태로 배송 되었음.



	결과	Remark
색상	Red	숙성 진행 상태로 배송
맛	온도관리용 에 비해 신 맛 덜함	
경도 및 질감	Good	

그림. 보급형 농산물 운송 컨테이너 딸기상태

(7) 고급형 농산물 운송 컨테이너 온도성능

- 수곡덕천영농조합(진주소재)에서 싱가포르 현지창고까지 총 43시간 동안 배송되었으며, 외기온도의 경우 비행 전 대기 시 최고 섭씨 44도, 비행 중 창고온도는 섭씨 20도였음.
- 내부의 딸기온도의 경우, 섭씨 3도에서 7도 사이를 43시간동안 유지했으며, 낮은 온도로 인해 숙성이 지연되는 효과가 있었음.
- 딸기상자 측면부 온도의 경우, 43시간의 배송 시간동안, 섭씨 3도에서 13도 사이를 외기 온도의 변동에 따라 함께 변화 되는 경향이 있었음. 1차 테스트베드에 비해

전반적으로 낮은 온도를 유지하면서 0도 이하로 떨어지는 부분은 없었음. 딸기 상자 적재 시, 충분히 예냉 된 상태에서 적재가 이루어 졌으며 상단부 냉매 투입 시, 딸기와 가까운 쪽을 Ice Pack으로 위치시킨 것이 적절하였던 것으로 사료 됨.

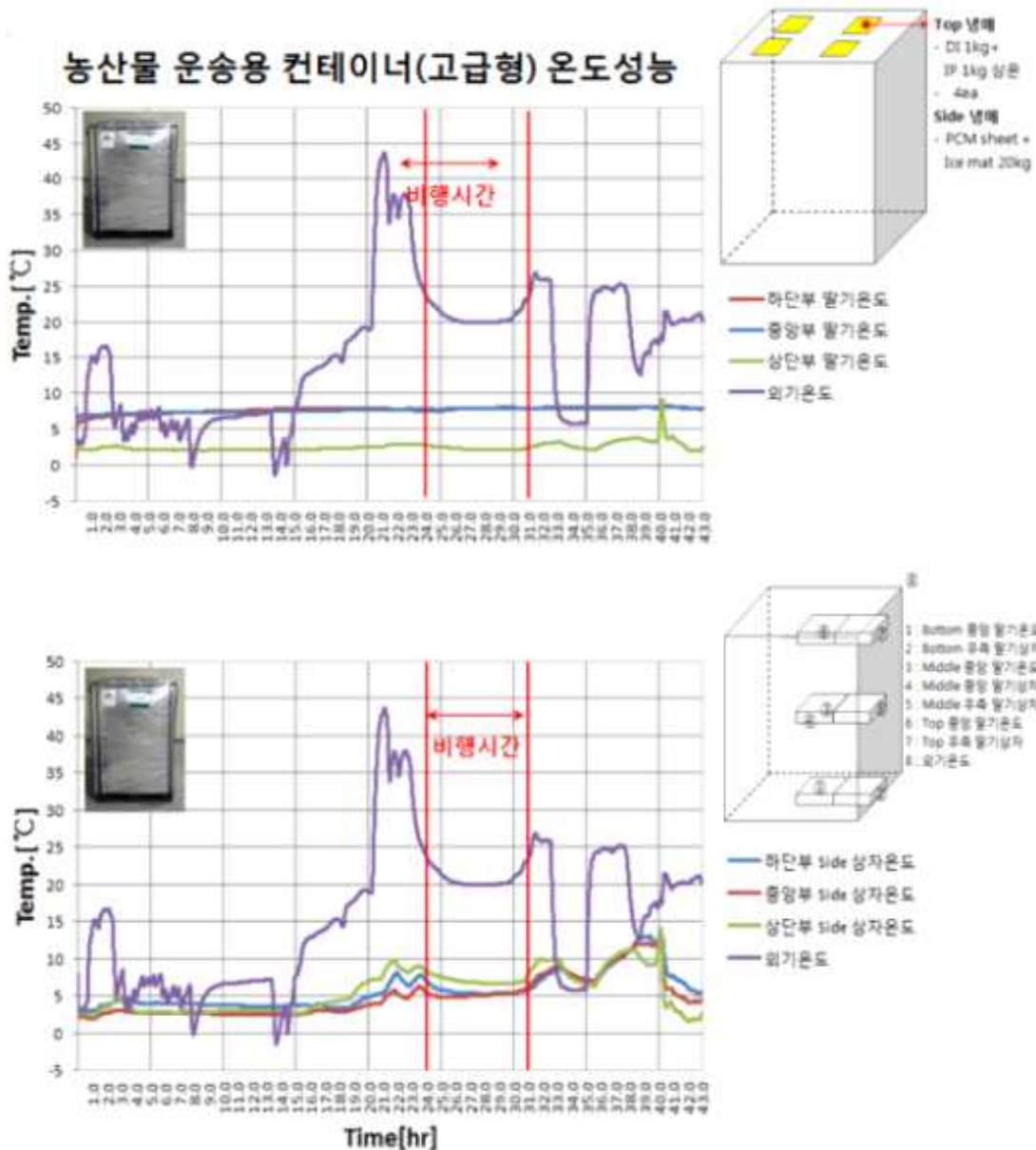


그림. 고급형 농산물 운송 컨테이너 온도 그래프

(8) 보급용 농산물 운송 컨테이너 온도성능

- 내부 딸기 온도의 경우, 섭씨 10도에서 13도 사이를 43시간동안 유지하였음. 내부 온도가 딸기 숙성에 적합한 온도로 유지되었으며, Tyvek 원단의 통기성으로 인해 배송 중 딸기가 천천히 숙성되는 효과가 있었음.
- 딸기상자 측면부 온도의 경우, 온도관리용 농산물 운송 컨테이너에 비해 외부온도의 영향을 크게 받는 경향이 있으며 장시간 배송 시 제품에 문제가 발생 할 수 있을 것으로 사료 됨.

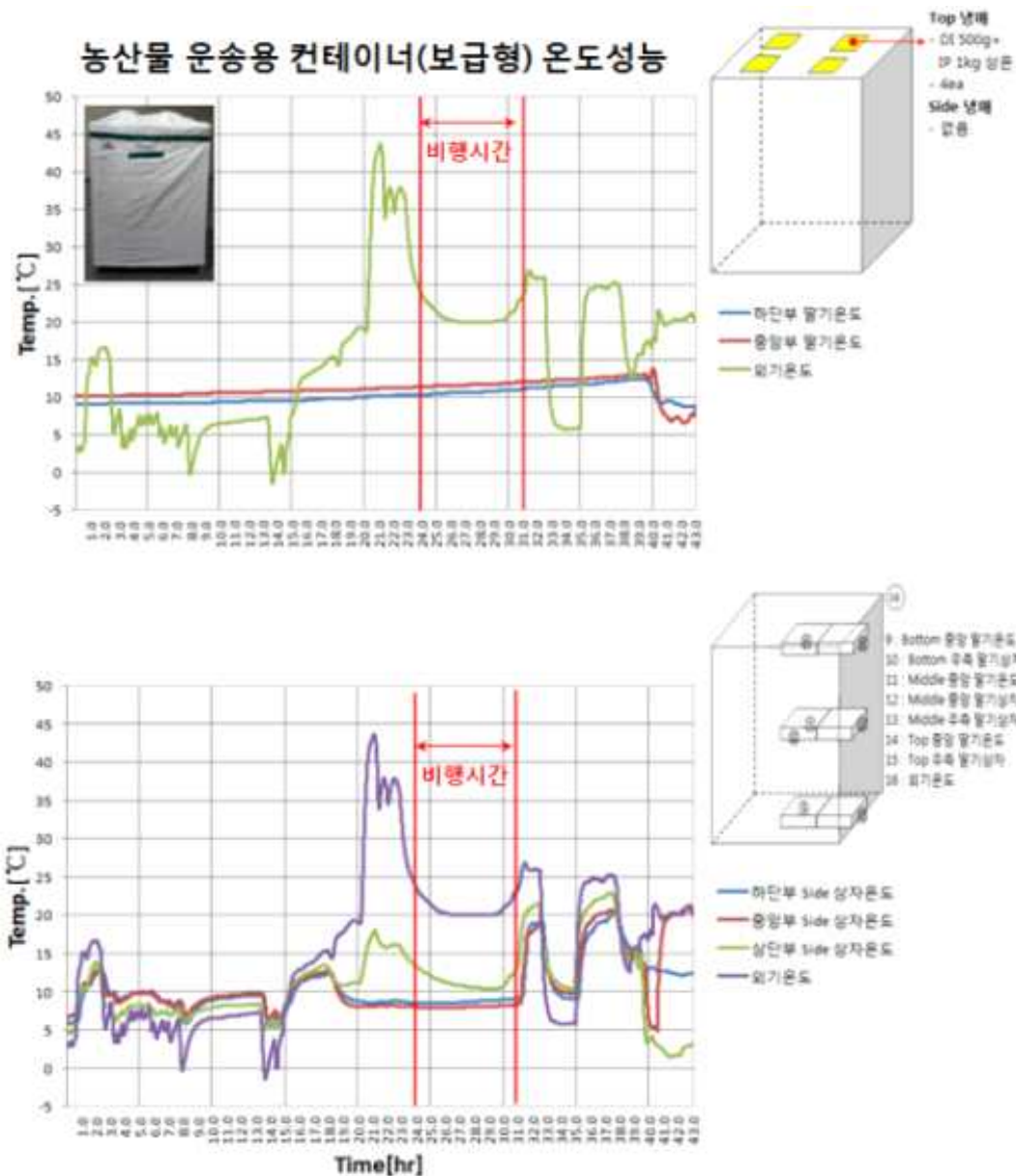


그림. 보급형 농산물 운송 컨테이너 온도 그래프

(9) 결론

- 딸기 수출의 기간을 기존 2월에서 4월까지 가능하도록 온도관리용 커버를 개발 완료하여 과제의 최종 목표를 달성함
- 상용화 관점에서도 수요자들이 사용되는 환경에 따라 선택할 수 있도록 고급형과 보급형 2가지로 개발을 하였음
- 고급형의 경우, 내부 온도가 43시간 이상 섭씨 3도에서 7도 사이의 관리가 가능하며 농산물(딸기)의 상태를 산지에서 채배한 상태를 거의 유지하는 효과가 있음. 따라서, 동남아시아 및 유럽, 미주까지 온도유지가 필요한 수출용 농산물에 적합할 것으로 기대
- 보급형의 경우, 내부 온도가 43시간 이상 섭씨 10도에서 13도 사이의 관리가 가능함. 따라서, 고급형에 비해 비행시간이 짧은 동북아시아, 중국에 수출하는 농산물과, 국내에

(산지에서 유통망까지)도 사용가능할 것으로 기대 됨

- 농산물에 적용 시, 배송 기간 및 숙성여부, 관리되어야 할 내부 온도에 따라 적절한 농산물 운송 컨테이너를 선택하여 사용 필요 함.

5. 현장 적용 모델

가. 농산물 운송 컨테이너 현장 적용 모델

	고급형	보급형
성능	<ul style="list-style-type: none"> · 온도 3~7℃, 40hr 이상 · 방수, 내오염성, 온도 관리 능력 우수 	<ul style="list-style-type: none"> · 온도 10~13℃, 40hr 이상 · 방수, 향균성, 통기성 우수
편리성 및 실용성	<ul style="list-style-type: none"> · 전면 Open 가능한 Door 적용으로 탈부착 쉬움 · PCM 캡슐 적용된 원단소재로 장시간 냉장 온도 유지 가능 · 상단부 냉매 포켓 적용으로 냉매 삽입이 용이함 · 40시간 이상 3~7℃ 온도 유지 성능으로 동남아시아를 넘어 유럽/미주까지도 농산물 수출이 기대됨 · 설치 및 탈부착이 용이하여 재사용이 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> · 하단부 고무를 삽입하는 구조 · 농산물 적재 후 탈부착 용이 · 농산물 운송 컨테이너 무게 경량화로 작업성 향상 · 상단부 냉매 포켓 적용으로 냉매 삽입이 용이함 · 숙성용 농산물 배송에 적합 · 수출용 뿐만 아니라 국내에서 농산물 생산 산지에서 유통망까지의 배송에도 적용 가능 함

사진



6. 고급형의 사용 방법

- 파렛트 위에 하부 커버를 올려 놓는다.
- 하부 커버에 제품을 적재 한다.
- 제품 상단부에 냉매 시트를 그림과 같이 위치 시킨다.
- 상부 커버의 상단부 냉매 포켓에 냉매를 삽입 후 제품을 덮어 완성 한다.
- 냉매 파우치 사용 방법 : 냉매 파우치 안쪽에 칸막이를 중심으로 드라이 아이스 1kg과 아이스팩 1kg을 삽입한다. 냉매 삽입한 총 4개의 냉매 파우치를 상부 커버 상단부 냉매 포켓에 삽입한다.

7. 보급형의 사용 방법

- 파렛트 위에 제품 적재 한다.
- 제품 상단부에 냉매 시트를 삽입 한다.
- 상부 커버의 상단부 냉매 포켓에 냉매 파우치를 삽입 후 제품을 덮어 완성 한다.
- 냉매 파우치 사용법은 고급형과 같음.

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호 D-06

[제1세부 엘림무역 : 오성진]

4-1. 목표달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2015)	제1세부 주관기업 (엘림무역: 오성진)	패킹시스템을 적용한 선도유지 제한인자 분석	100%	제한인자 : 온습도(정온, 변온), 조사 : 선도유지 장해요인 분석
		수출 클레임 해소 및 경쟁력 향 상을 위한 종합처방 분석	80%	수입업체의 애로 사항 수집 및 분석 수입국(싱가포르, 홍콩, 말레이시아 등) 분석 및 수출 증대 마케팅 기법 분석
		선도유지 장해요인 분석	100%	품질우려가 되는 고온기(3월)에 수확한 딸기싱가포르(장기운송)을 통한 선도유 지 분석 - 기능성패드를 사용, 다양한 방식으로 포장하여 딸기 품질의 변화상태(최대 27일간)를 분석 - 보관온도(저온, 상온)에 따른 품질변 화 비교 확인 - 저온(환경)에 따른 일자별 품질변화 확인
		수출시장 마케팅 분석	100%	- 싱가포르 수입국 바이어 및 유통업 체 구매이사 딸기 생산 현장 방문 - 수입업체의 애로사항 수집 및 분석
2차 년도 (2016)	제1세부 주관기업 (엘림무역: 오성진)	패킹 시스템을 적용한 선도유지 제한인자 개선안 제시	100%	- 딸기수출시 선도 유지 방안 실행 - 토마토 선도유지 장해요인분석 - 선도유지 제한인자 분석(3,4협동과 연구협력)
		수출클레임 해소 및 수출 경쟁 력 향상을 위한 종합 처방 시행	100%	- 수입업체의 애로사항 수집 및 분석 토마토(뉴질랜드)현장분석 - 수출증대 마케팅 기법 적용 및 증대 방안 모색 - 딸기 선도 유지제 접목 수출시행
3차 년도 (2017)	제1세부 주관기업 (엘림무역: 오성진)	선도 유지 장애 요인 분석 및 해법 제시	100%	- Botano Fresh oil Pad를 이용한 향 공 및 선박 실험에서 좋은 결과를 얻 음. 향후 대량 수출시 적용해볼 가치가 있음.
		수출 시장 마케팅 분석	100%	- 높은 가격에 따른 고급화 전략이 요 구됨. - 새로운 시장에서 한국산 딸기를 흥 보하기 위해서 다양한 홍보 매체의 활 용이 절실함.

4-2 관련 분야 기여도

- 선도유지의 장애 요인 분석하여 수출용 딸기에 적합한 선도유지제 발굴
- 선도유지제의 올바른 사용을 통한 안정적 활용 및 수출 증대에 기여
- 수출 증대 마케팅 기법 적용 및 개선 방안 마련
- 딸기뿐만 아니라 국산 농산물의 연계 마케팅 방안 확립

[제1협동 강원대 : 최기영, 위탁 시립대 : 이용범]

4-1. 목표달성도

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도
1차년도	2014	제1협동 (위탁) (서울시립대) - 고설 재배 딸기 ‘매향’ 배양액 선발 - 양수분 흡수율을 적용한 ‘매향’ 배양액 개발	- 배양액 이온 구성에 따른 생육, 상품성, 경도 및 근권변화 분석	100%
2차년도	2015	제1협동 (위탁) (서울시립대) - ‘매향’ 고설 수경에 적합한 배양액 검증	- 1차년도에 개발된 배양액 검증	100%
3차년도	2016	제1협동 (위탁) (서울시립대) ‘매향’ 고설 수경배양액 실증	- 농가 현장 실증	100%

4-2. 관련분야 기여도

가. 기술적 측면

- 환경친화형 유기배지를 이용한 수출딸기 ‘매향’의 최적 배양액 개발
- 매향 고설수경재배 운영에 안정적 활용 및 수출 증대에 기여 할 것임
- 수출딸기 ‘매향’ 수경재배 농가에서 활용
- ‘매향’ 품종의 양수분 흡수율을 고려하여 개발된 배양액으로 식물영양학적 재배 안정성 및 품질을 향상

나. 경제적·사회적 측면

- 양수분 흡수율을 고려하여 개발된 ‘매향’ 배양액 사용은 효율적인 비료의 사용과 고품질의 딸기 생산이 가능할 것이라 기대됨

[제2협동 상명대학교 : 김영식]

4-1. 목표달성도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2014)	연중 안정 생산을 위한 토마토의 동적 배양액 관리 모델 개발 및 확산	온실 근권환경 계측시스템 설치 및 운영	100	- 공급배양액, 배액에 pH, EC 센서 설치 및 계측 - 배액률 조사용 무게 센서 설치 및 계측
		온실 기상환경 계측시스템	100	- 온실 외부 온도계, 일사계, 풍속계, 풍향계 설치 및 계측 - 온실 내부 온도계, 습도계 설치 및 계측
		생육단계 및 시기별 배양액 농도 및 조성 조사	100	- 생육단계별 및 시기별 배양액 자료 조사 - 소장 big data 분석
		생육단계 및 시기별 급액관리법 조사 및 분석	100	- 생육단계별 및 시기별 급액관리법 자료 조사 - 소장 big data 분석
		일중, 생육단계별 델타EC 추이 분석	100	- 매일 델타EC 조사 - 매일 환경인자 조사 - 토마토 재배를 통한 big data 수집 및 델타EC 변화 분석
2차 년도 (2015)		토마토 재배를 통한 big data 수집 및 이격도 분석	100	- 토마토 재배를 통한 big data 수집 및 이격도 분석
		온실 근권환경 계측시스템 개선 운영	100	- 배액의 EC, pH 등의 특성을 자동 측정하는 효율성 및 용이성을 증대시키는 방향으로 설계 및 실행함.
		온실 기상환경 계측시스템 개선 및 운영	100	- 모니터링 시스템의 버그 수정, 사용 편리성 적용 - 설비와의 부조화 해결
		작물생체정보 계측시스템 구축 및 운영	100	- 측정: 식물생육지표 (줄기직경, 화방거리 등) - 적용 성장상 판단 정확도 증진
		동적 배양액 관리를 위한 최적 육묘방법 규명 실증시험 (1,500평)	100	- 정식시 묘소질 향상을 위한 육묘방법 규명 처리 - 조사: 생산성, 동적델타EC (최적 성장 및 성장상 균형을 위한 동적 관리)

3차 년도 (2016)	data 분석을 통한 육묘방법 과 생산성과의 관계 모델 도 출	100	- 분석:육묘방법별 생산성 모 델 - 작업량 분석 등을 통한 선진 적 육묘 방법 제시
	수출용 토마토 상품성 향상 최적 급액관리 모델 체계화 및 확산	100	- 동적배양액관리 모델 체계화 (배액추정모듈 채용) - 배액추정모듈의 자동화 (IT 업체와의 협력체계 구축) - 동적배양액관리에 따른 상품 성 향상 작물관리 기술 확산 (수출농가 교육)
	big data 분석을 통한 델타 EC와 생산성과의 관계 모델 개선	100	- 작물관리와 상품성과의 관계 도출 - 배액 특성과 배양액관리와의 관계 도출
	수출농가 현장 적용	100	- 급액관리 기술의 수출농가 교육을 통한 확산 - 대상수출농가: 춘천, 홍성, 논산 등

4-2. 관련분야 기여도

- 배양액관리와 생육과의 관련성 해석으로 수경재배 기술 향상에 기여함으로써 수경재배산물
이 주된 토마토수출에서 경쟁력 증대
- 수경재배시 육묘방법의 체계화 정도를 향상시킴으로써 수경재배 일관체계에 기여
- 수출농가에의 지식 확산으로 국내 산업 및 수출 산업 향상에 기여

[제3협동 강원대학교 : 강호민]

4-1. 목표달성도

구 분	연구개발의 목표		가중치	평가의 착안점 및 기준	달성도	연구개발 수행내용	
유통 단계 연구	제3 협동 (강원 대:강 호민)	1차 년도	수출용 딸기 및 토마토 의 수출 조건별 수확 적 기 제시	3	수출국별 (2개국 이 상) 숙기 제시	100	-딸기:60%숙기에서 3,000cc OTR필름 적합 -토마토:5도(싱가폴,홍콩)는 담적색기, 11도(일본)은 변색 기가 적정 숙기
		딸기 토마토 경도 증진 기술 개발	3	처리 기술별 (2개 이 상) 적정 농도, 처리횟 수 제시	100	-몇가지 이산화탄소 농도 및 처리방법 중 최적 방법 제시 -토마토 재배시 엽면살포시 저장성 우수	
		수출용 딸기 예냉 기술 개선	3	문제점 파악 및 개선 안 제시	100	-현재 딸기 저온저장내 열화 상기를 통한 시설내 장단점 조사 및 개선안 제시	

		수출용 딸기 토마토의 ClO ₂ 가스를 이용한 적정 살균 기술 규명	3	적정 ClO ₂ 처리 기준 제시	100	-기존 NaOCl 단점을 보완하여 ClO ₂ 가스를 이용한 여러 가지 처리 방법 진행 및 최적 기술 규명
		수출용 딸기 토마토의 소포장을 위한 OTR 필름 적용 MAP 조건 규명	4	적정 OTR 필름 (5개 이상 비교) 조건 제시	100	-여러 산소투과도를 지닌 필름을 적용하여 최적 투과도 규명
		수출용 딸기 토마토의 수송 중 환경모니터링	4	수송중 적용 가능한 살균 기술 탐색 여부 환경 모니터링 (2개인자) 기술 탐색 여부	100	-선별장 실태 조사 -매향이외의 신상품 조사 -싱가폴, 홍콩, 그리고 일본의 항공과 선박 수출시 온습도 변화를 조사하여 시뮬레이션 진행 -곰팡이가 문제인 3월 중하순 선박 수송하였으나, 모든 처리에서 곰팡이 발생 없었음
	2차 년도	수출용 딸기 토마토의 수출 조건별 수확 적기 제시	4	수출 조건별 (2개국) 적정 수확시기 제시 및 수확 차트의 개발	100	-이산화탄소 주입 ,숙기별 적정 MAP조건 확인 -24도에서 농적색기 적합
		딸기 토마토 경도 증진 기술 개발 실증	4	처리 기술별 적정 농도, 처리횟수 제시 (1년 차 결과 적용)	100	-탄산시비 효과 확인 -토마토 엽면시비 조건 확인
		수출용 딸기 토마토의 ClO ₂ 가스를 이용한 적정 살균 기술 규명	4	ClO ₂ 가스의 살균 효과 수치 제시	100	-오존가스 효과 확인 -ClO ₂ 가스 살균효과 확인
		수출용 딸기 토마토의 소포장을 위한 OTR 필름 적용 MAP 조건 규명	4	모의 유통 조건 (2건) 하에서의 평가	100	-토마토와 딸기의 항공 및 선박 조건에서 적정 MAP 조건 확인
		수출용 딸기 토마토의 수송 중 환경모니터링 살균 기술 개발	4	환경 모니터링 기술의 적용성	100	-딸기-항공, 선박 / 토마토-항공 실제 환경 모니터링 실시
		3차 년도	수출용 토마토의 경도 증진 기술 현장 적용	4	처리 기술별 (2건) 적용 여부	100
	수출용 딸기 토마토의 ClO ₂ 가스를 이용한 적정 살균 기술 현장 적용		4	살균 기술 현장 적용성 및 매뉴얼 작성 (1건)	100	-딸기: ClO ₂ 이외 UVc, O ₃ 주입 및 복합처리의 살균 확인 -토마토: ClO ₂ 이외 neem oil의 살균효과 확인, 또한 꼭지 제거가 살균에 미치는 영향 확인
	수출용 딸기 토마토의 소포장을 위한 OTR 필름 MAP 기술 현장 적용		4	OTR필름의 MAP 현장 적용 (1회 이상)	100	- 딸기: 탄산시비+CO ₂ 전처리+CO ₂ 주입의 복합처리하여 MAP 시 저장성 증가 - 토마토: 도색기 과실의 꼭지제거하여 저온에서 20,000cc

						OTR 필름으로 MAP하는 것이 적합
		수송 중 선도 유지를 위한 환경 모니터링 기술 개발 및 현장 적용	4	모니터링 기술의 현장 적용 (1회 이상)	100	- 딸기&토마토: 모의유통 및 수출 현장에서 기존 OTR 필름에 4협동 신기술 필름 코팅을 적용하여 적용시 살균 및 저장성 향상에 효과 확인

[제4협동 강원대학교 : 김경수]

4-1. 목표달성도

세부연구목표		가중치 (%)	달성도 (%)	개발내용 및 개발 범위
1차년도 (2014)	생산-APC-수송 단계의 발병 모니터링 및 생태 분석	35	100	- 2014년 8월부터 생산단계의 발병 실태 및 생태를 조사하기 위하여 남부에 위치한 경남 진주시 수곡면 시설채소단지과 중북부에 위치한 강원도 춘천시 우두동 딸기농장에서 발병 모니터링 및 딸기 이병체를 수집 - 생육초기(9~10월)에는 적은 양의 탄저병, 흰가루병 그리고 뱀눈무늬병이 발생하였으며, 수확 및 수출시기(11~2월)에 접어들면서 잿빛곰팡이병에 의한 피해가 늘어남 - 재배 후기의 수확 및 저장단계에서 문제시 되었던 잿빛곰팡이병이 유통단계에서도 발병조건이 조성되면 충분히 발병을 일으킴
	생산-APC-수송 단계별 주요 병원균의 균학적 특성 조사	35	100	주요 병원균 잿빛 곰팡이병을 순수분리하고 ITS region을 분석 및 현미경적 관찰을 한 결과, <i>Botrytis cinerea</i> 로 동정
	수출 딸기 선도 유지 저하 원인균 대상 수확 전 살균제 처리 효과 검증	30	100	- 국내 시판중인 97개 살균제를 조사하였으며, 농가에서 사용중인 6개의 살균제를 선발 - fludioxonil과 iprodione의 균사생장 억제율에 효과가 좋았음 - fludioxonil과 iprodione, 그리고 boscalid가 포자발아 억제에서 좋은 효과를 나타냄.
2차년도 (2015)	생산-APC-수송 단계의 발병 모니터링 및 생태 분석	25	100	- 주요 병해에는 생육단계별 탄저병 및 흰가루병, 그리고 잿빛곰팡이병으로 확인- 탄저병은 유묘기와 정식초기에 발병하는 경우가 빈번함. 초기 발병은 미세한 점형태의 병징을 보여 초기 발견의 어려움이 있음. - 흰가루병은 일반적으로 잎에서 대부분발견되지만, 주 생산단지에는 주로 꽃과 어린 열매에 이병된 것이 자주 발견됨. - 잿빛곰팡이병은 수송단계 및 현지에서 문제시 됨, 하지만 재배 조건에서 저온 및 다습의 장기간 노출은 생육에서 수확 시기에도 발생. 특히 저온에 의한 과실 피해시 증가된 심각도를 보임.
	생산-APC-수송 단계별 주요 병원균의 균학적 특성 조사	25	100	- 딸기에 발생하는 주요 병해 중 탄저병집단을 분리하고 현미경적 관찰을 통해 2종으로 분리 - <i>C. acutatum</i> 의 분생포자는 방추형으로 8~18 × 3~5µm의

				크기를 가지며, 부착기는 6~12 × 5~8 μ m의 크기 - <i>C. gloeosporioides</i> 는 분생포자 모양이 주로 원통형으로 14~24 × 4~6 μ m로 부착기는 곤봉형 내지 난형의 모양으로 6~20 × 4~12 μ m로 <i>C. acutatum</i> 보다 비교적 큰 특징 - AFLP를 통해 총 64개의 균주 중 polymorphic band를 보이는 3균주를 찾아냄
	수출 딸기 선도 유지 지하 원인균 대상 수확 전 살균제 처리 효과 검증	25	100	- 국내 등록된 살균제 중 탄저병 방제에 많이 사용되고 있으며 작용기작 별로 선발함 - 스테롤 생합성을 저해하는 작용기작을 갖는 살균제 2종 propiconazole와 difenoconazole, 멀티 사이트 활성기작 2종 iminoctadine tris와 mancozeb, 신호 전달과 관련한 기작 fludioxonil, 호흡관련 기작 2종 pyraclostrobin과 azoxystrobin, 세포 분열과 관련한 기작을 갖는 2종 benomyl과 thiophanate-methyl 9개를 선발 - <i>C. acutatum</i> 에 대한 균사생장억제를 검증한 결과 propiconazole이 EC90값이 9 ppm으로 가장 우수 - <i>C. gloeosporioides</i> 에서 propiconazole이 EC90 값 10 ppm으로 가장 우수
	수출용 딸기 토마토의 주요 병원균에 대한 살균제 특성 및 효과 조사	25	100	- propiconazole과 difenoconazole의 트리아졸계열이 탄저병의 균사생장의 억제에 우수 - 트리아졸계 살균제는 침투이행성 약제로 예방 및 치료효과를 맞춤
3차년도 (2016)	생산-APC-수송 단계별 주요 병원균의 균학적 특성 조사	30	100	- 경상북도, 충청북도, 강원도 등지에서 분리된 <i>C. acutatum</i> 균주들의 균사 생장율과 분생포자 형성율을 조사 - AFLP 분석을 통해 균주들의 genetic variation을 분석
	수출 딸기 선도 유지 지하 원인균 대상 수확 전 살균제 처리 효과 검증	30	100	- 딸기 잿빛곰팡이병에 대한 선발 길항미생물 처리에 의한 방제력 점검 - 길항미생물 Jo7은 무처리와 비교하여 약 77.34%의 방제효과를 보였으며, Jo15는 67.73%의 방제효과를 보임
	수출 딸기의 주요 병원균에 대한 살균제 특성 및 효과 조사	40	100	- 딸기 잿빛곰팡이병 생물학적 방제를 위한 길항미생물 찾기 위하여 약 100여개의 콜로니 중 2개(Jo7, Jo15)의 strain을 선발함 - 선발된 길항미생물의 16s rRNA 동정 결과 Jo7은 <i>Chromobacterium</i> sp., Jo15는 <i>Bacillus</i> sp.로 동정됨 - 두 선발 길항미생물은 잿빛곰팡이병에 대하여 균사생장억제효과와 포자발아억제능력을 갖는 것으로 확인됨
합계	100	100		

4-2. 관련분야 기여도

- 본 연구에서 국내의 딸기 주요산지의 생산-APC-수송 단계에서 발병하는 병을 모니터링하고 원인균을 분리하였다. 지금까지는 딸기의 생산과정에서 발생한 병해충이 알려져 있었으나 APC, 수송과 수출단계를 모니터링하고 수집된 병원균을 동정하는 등 발병 특성을 조사한

결과는 이루어지지 않았다. 따라서 향후 딸기의 생산부터 수출까지 각 단계에서 대상 병원균을 방제하는데 있어서 중요한 기초자료를 제공할 것이다.

- 딸기 생산과정에서 큰 문제를 일으킨 탄저병과 수출 및 유통과정에서 가장 큰 문제가 되는 잣빛곰팡이병원균의 국내 등록된 살균제의 종류와 작용기작을 국내 최초로 분류별로 조사하고 그 특성을 조사하였다. 그리고 작용기작에 의거한 살균제를 선발하고 그 효과를 균학적 특성에 따라 살균제 효과를 검증하였다. 본 결과로 국내 딸기에 발생하는 주요 병원균 두 종 (*Colletotrichum* sp, *Botrytis cinerea*)을 방제하기 위한 적합한 살균제를 적용하고 새로운 살균제를 개발하는데 중요한 연구 결과로 사용될 수 있을 것으로 보여진다.
- 국내 분포하는 전국의 탄저병원균을 수집하여 유전적 다양성을 알아보기 위하여 AFLP연구를 수행하였다. 그 결과 polymorphic에 차이를 보이는 균주들을 발견하였으며, 이들 균주에 대한 각각의 균학적 특성을 분석하여 국내에 분포하는 탄저병의 지역에 따른 특성을 유전학적으로 분석하였다. 이 결과는 국내 분포하는 탄저병균 간의 유전적 차이를 보여주며 병 방제의 다양성 및 국내 병원균의 종내 변이 등의 연구의 필요성을 제시하였다.
- 딸기 생산, 수출과정에서 발생하는 잣빛곰팡이병원균에 대한 생물학적 방제에 대한 가능성을 제시하였다. 본 연구에서 분리된 *Chromobacterium* sp. Jo7은 길항미생물로서 거의 연구가 되지 않은 종으로 희소적 가치가 높고, 추가적으로 딸기포장에서의 생물학적 방제 연구를 통한 길항미생물의 특허 및 논문, 그리고 사업화까지 수행될 수 있을 것으로 사료된다.

[-제4협동 위탁 연세대학교 : 박인식]

4-1. 목표달성도

가. 정성적 목표 달성도

당초 목표	개발 내용	달성도(%)
수출용 딸기 선도유지 기술 개발 연구	○딸기 선도유지를 위한 기능성 소재 연구 - 산소흡착제 및 미세천공필름 적용 품질 평가 - 살리실산 적용 품질 평가	100
	○기능성 물질 포장재 적용 연구 - B-CD/MeSA 포접화합물 제작 및 적용 품질 평가	100
	○기능성 물질 포장재 적용 연구 - PVA/IC 필름 제작 및 분석 평가 - PVA/IC 코팅 패드 제작 및 적용 평가	100
수출용 토마토 유통 안정성을 위한 포장 개선 연구	○수출용 난좌 분석을 통한 문제점 분석 및 모의 수송 평가	100
	○기존 박스 개선 수출용 토마토 박스 설계 및 제작	100
	○개선 수출용 토마토 박스 평가 - 개선 박스의 압축평가 - 개선 박스의 통기구 효율성 평가	100

나. 정량적 목표 달성도

성과지표명		1차년도	2차년도	3차년도	계 획	실 적	목표 달성률(%)
논문게재	SCI			1	1	0	0
	비SCI		1		1	1	100
산업재산권	출원						
	등록						
품종개발	출원						
	등록						
기술이전							
학술발표	국제						
	국내	1	1	1	3	4	133
교육지도					1	1	100
기타							

4-2. 관련분야 기여도

- 액티브 포장 기술 중 방출 특성을 이용하여 포장에 적용하는 연구 및 기술이 증가하고 있는 추세이다.
- 그중 방출 조절 기술은 물질의 방출 속도를 조절 및 물질을 일정 지점에서 방출 되도록 조절하는 기술로 아직 식품이 아닌 의약품 산업에 많이 사용되고 있다.
- 최근에 식품의 안전과 품질 개선을 위해 식품 포장재에 항균 및 항산화 물질 같은 기능성 물질을 첨가하여 식품에 일정한 농도를 공급하는 연구가 진행되고 있으나 아직 국내 연구는 미비한 실정이다.
- 이번 연구는 방출 기술을 적용한 식품 포장 관련 연구로 아직 국내에서 많은 연구가 진행되고 있지 않아 국내 연구 발전에 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

[제5협동 FMS Korea : 최동호]

4-1. 목표달성도

가. 수출단계 연구

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2016)	제5협동 (에프엠에 스코리아 최동호) Farm to Market 콜드체인 로지스틱 현장적용모 델 개발	농산물 운송용 컨테이너 및 냉매,냉매용기 최종 시제품 제작	100%	농산물 운송용 컨테이너 최종 시제품 제작 -2차년도 선박운송 시험을 통해 제품의 수정, 보완사항을 도출하여 최종 설계에 반영. -최종 설계된 제품은 열유동해석을 통해 완제품 제작을 위한 자료로 활용.
			100%	냉매 및 냉매용기 최종 시제품 제작 -2차년도 선박운송 시험을 통해 제품의 수정, 보완사항을 도출하여 최종 설계에 반영. -최종 설계된 제품은 시뮬레이션을 통해 완제품 제작을 위한 자료로 활용.
		내부 테스트 및 현장 적용 테스트 진행	100%	내부 테스트 및 현장 적용 테스트 진행 -농산물 운송용 컨테이너에 대한 내부 테스트 진행. -냉매에 대해 공인시험기관에 의뢰하여 시험 성적서 확보. -농산물 운송용 컨테이너의 성능 검증 및 현장 적용성 검증을 실시하기 위해 항공 테스트 베드를 제1차 및 제2차에 걸쳐 수행. -결과분석을 통하여 현장 적용 가능성, 보완사항 확인.

4-2. 관련분야 기여도

- 현재는 농산물(딸기, 토마토)의 수출에는 온도관리가 되는 제품을 적용하지 않고 수출이 되고 있는 상황임
- 따라서, 딸기의 경우 계절상 겨울에 재배되는 것만 수출을 하였음
- 그러나, 본 과제로 개발한 온도관리용 커버는 온도를 약 3~7℃까지 40시간 유지할 수 있어서 국내 생산지에서부터 항공운송, 수출 현지 도착지까지 농산물(딸기, 토마토)를 재배 당시의 상태로 보존이 가능하여 농산물 수출의 확대를 가져올 수 있는 획기적인 제품임
- 향후, 상용화를 통해서 국내 농산물(딸기, 토마토) 수출 시장을 기존 중국, 홍콩에서 러시아, 동남아시아, 유럽, 미주까지 가능하게 되어 농산물 수출에 기여하는 바가 클 것으로 기대 됨

5. 연구결과의 활용계획

코드번호

D-07

[제 1협동 강원대/최기영, 위탁-서울시립대]

1. 연구결과 활용계획(시립대)

- 개발된 배양액의 실용화(영농 활용, 홍보(방송 신문 등))

2. 추가 연구의 필요성

- 수출딸기 품종별 배양액 개발
- 코이어 배지 조성 비율에 따른 급액 관리
- 생육 단계별 및 계절별 무배액 급액 관리 기술 체계 확립

3. 타 연구에의 응용

- 작물 생체 정보 데이터와 병행하여 배양액 이온조성 대해 이해하는 연구에 추가적으로 활용될 수 있는 중요한 데이터가 됨
- 다양한 수출작물(화훼류, 목본류 등) 배양액 개발에 적용 확대

[제 2협동 상명대]

- 토마토의 수경재배시 급액관리 모델화에 활용 (스마트 팜 사업에 적용)
- 토마토 생육특성 모델화에 활용 (스마트 팜 사업에 적용)
- 수경재배 특유의 육묘체제 개선에 활용 (육묘업체 컨설팅 등에 활용)

[제 4협동 강원대/김경수]

○ 본 연구는 국내의 딸기 주요산지의 생산-APC-수송 단계에서 발병하는 병을 모니터링하고 원인균을 분리하였다. 모니터링 및 수집된 병원균을 동정하고 발병 특성을 조사한 결과는 향후 딸기의 생산부터 수출까지 각 단계에서 대상 병원균을 방제하는 기초자료를 제공할 것이다.

○ 딸기 생산과정에서 큰 문제를 일으킨 탄저병과 수출 및 유통과정에서 가장 큰 문제가 되는 잿빛곰팡이병원균의 국내 등록된 살균제의 종류와 작용기작을 분류별로 조사하고 그 특성을 조사하였다. 그리고 작용기작에 의거한 살균제를 선별하고 그 효과를 균학적 특성에 따

라 살균제 효과를 검증하였다. 본 결과로 국내 딸기에 발생하는 주요 병원균 두 종 (Colletotrichum sp, Botrytis cinerea)을 방제하기 위한 적합한 살균제를 적용하고 새로운 살균제를 개발하는데 중요한 연구 결과로 사용될 수 있을 것으로 보여진다.

○ APC 또는 수출과정 중에 딸기에 발생하는 잿빛곰팡이병을 억제하기 위하여 기내시험으로 선발한 살균제와 선발된 길항미생물을 수출 전 처리를 통한 병원균 방제효과를 시험하였다. 그 결과, 수출과정에서 6℃의 냉장시설 운반과 냉장창고 보관으로 인한 잿빛곰팡이병원균이 발생하지 않았으며, 포자를 처리하고 살균제를 처리하지 않은 positive control에서도 병이 발생하지 않았다. 따라서 기내에서 유사한 환경을 조성하여 시험을 수행하여 직접 처리 효과를 볼 필요성이 요구된다.

○ 수집된 각각의 탄저병원균을 이용하여 유전적 다양성을 알아보기 위하여 AFLP연구를 수행하였다. 그 결과 polymorphic에 차이를 보이는 균주들을 발견하였으며, 이들 균주에 대한 각각의 균학적 특성을 분석하여 국내에 분포하는 탄저병의 지역적 특성을 조사하였다. 이 결과는 국내 분포하는 탄저병원균 간의 유전적 차이를 보여주며 병 방제를 위한 접근법의 다양성의 필요성을 보여준다. 본 연구로 비SCI급 논문을 작성하여 게재예정 단계에 있다.

○ 발병하지 않은 건전한 양액재배 딸기 포장의 양액에서 길항미생물을 분리하여 딸기에서 분리한 잿빛곰팡이병에 대한 길항효과를 검증하였다. 그 결과 잿빛곰팡이병원균에 대하여 길항효과가 우수한 두 종의 길항미생물이 분리되었고, 16s rRNA 분석을 통한 미생물 동정과 균학적 특성에 따른 길항능력, 항생물질 생산능력을 검증하였다. 이 결과로 딸기 생산, 수출과정에서 발생하는 잿빛곰팡이병원균에 대한 생물학적 방제에 대한 가능성을 제시하였다. 추가적으로 딸기포장에서의 생물학적 방제 연구를 통한 길항미생물의 특허 및 논문, 그리고 사업화까지 수행될 수 있을 것으로 사료된다.

[제 4협동 강원대, 위탁-연세대]

○ 수출용 딸기 선도유지 포장재 개선 연구

- 당해 연구에서 진행한 PVA/IC 코팅 패드에서 발생한 코팅층 박리 현상 제어 및 개선하는 추가연구 필요
- 새로운 방출 기술 연구를 통한 효과적인 선도유지 포장재 개발 연구 필요
- 연구된 방출 포장재를 적용 하여 딸기 이외의 다른 과실에 적용확대 연구 추진 필요

○ 토마토 선도유지 박스 개선 상자 개발

- 개선된 토마토 박스를 이용한 토마토의 품질변화 평가 추가연구 필요
- 개선된 토마토 박스 전개도 특허 작성
- 다른 박스에 비슷한 디자인 적용을 통한 선도 유지

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호

D-08

[제 1협동 강원대/최기영, 위탁-서울시립대]

가. 싱가포르, 홍콩 유통 매장 현지조사

- 조사 기간 : 2015.3.29.~3.30
- 현지 매장 : ColdStorage, FairPrice finest 고급매장
- 현황 : 딸기는 주로 한국산, 일본산, 캘리포니아산 등 유통
토마토 등 과채류 및 엽채류의 경우 태국산, 중국산, 뉴질랜드산, 네덜란드산 등이 수입 유통됨.

■ 싱가포르 유통 매장



ColdStorage - 한국산 딸기를 비롯한 일본산, 미국산 등 유통되고 있음. 고급 매장



FairPrice finest - 한국산 '매향'을 비롯한 'Organic' 따로 취급



딸기의 경우 곰팡이 등이 발생한 품질 저하 상품이 유통되고 있음(2015. 3. 29-3.31)

나. 홍콩 유통 매장

- 조사기간 : 2015년 3월 31일

- 현지 매장 : Welcome, ParknShop, Citysuper 중고급매장



Welcome - 한국산 2팩에 H\$39.8 유통



Citysuper - 일본산 1팩에 H\$ 448 유통됨. 한국산은 없었음.

○ 수출전략

- 동남아시아 싱가포르, 홍콩 등은 국내 딸기, 파프리카 등 일부 과채류의 수출유망국으로 평가되고 있음.
- 현지 유통매장 조사에서 미국산, 캘리포니아산, 네덜란드산, 뉴질랜드산, 스페인산 등을 비롯한 중국산, 태국산의 신선농산물 유통이 증가하고 있음.
- 한국산 농산물에 대한 동남아시아 소비자 인지도는 매우 높으나, 고가로 인식됨에 따라 추후 수출국 대체 농산물 대량 수입에 따른 가격 경쟁력 저하가 우려됨.
- 신선농산물 가격경쟁력 제고를 위한 생산성과 품질 향상이 필요하며, 특히 신선농산물

적극적인 홍보 전략이 필요함. 지속적이면서 전략적인 마케팅 유도

- 중국, 태국 고원지대의 농산물 재배 실태 조사를 통한 신선농산물 수출 전략 수립 필요
- 특이사항
- 중국산 및 태국산 농산물 유통이 대형 매장에서 증가

2. 말레이시아의 딸기연구와 하이랜드 딸기 생산현상

가. MARDI(농업연구청) CAMERON HIGHLANDS

- 딸기 및 기타 농작물에 대한 재배 현황 및 방식 그리고 병해충 관리 실태 파악. 개선점 및 전망에 대한 토론.
- Mardi cameron highland 는 agrotechnology park으로 운영



나. 말레이시아 친환경 채소류 생산단지 방문 등

○ Raaju's Hill strawberry farm & Caf

- 3단 고설 수경재배 시설과 관광농원 형태의 팜



ParknShop- 한국산, 캘리포니아산, 일본산 등 유통

그림. 딸기 고설재배를 비롯한 과채류 시설재배 및 딸기 상품 연계한 매장



그림. 카메룬 내 도매시장의 딸기 상품 및 과채류 판매



그림. 과채류 수출 물류를 위한 집하장(인근 싱가포르, 홍콩, 이집트 등 수출)

3. 동남아 신선농산물 박람회 참관

- 전세계 바이어들이 참석하여 교류하는 신선과채류 박람회인 2016 ASIA FRUIT LOGISTICA를 참석하여 과제연구팀을 포함한 다양한 국내외 과채류 수출업체의 부스 참관





○ 수출전략

- 싱가포르 바이어 요구사항 : 딸기 품종 다변화를 통한 상품화 전략 연계
- 품종 개발을 통한 고품질 딸기 수출 및 해외시장 우점이 요구됨.
- 말레이시아 하이랜드 과채류 생산 면적은 적으나, 동남아시아 근접성을 고려할 때 추후 생산 면적 확대 가능성이 커서, 동남아 시장의 수출 우위 선점을 위한 다각적 수출 전략 필요함.
- 고품질 원예산물의 국제 인증(Global GAP) 인지 필요성 대두.
- 수출 딸기를 비롯한 과채류의 가격경쟁력 제고 방안
- 수정재배 기술을 이용한 과채류 고품질 생산을 위한 기술 개발 필요.

1. Coconut coir dust & fiber 생산현황(시립대)

Coir 섬유는 코코넛을 둘러싸고 있는 외부껍질(husk)로부터 장섬유(10~30cm)만을 뽑아 내 로프, 넷 트, 매트용 등으로 이용하고 나머지 coir dust는 현지에서 멀칭, 유기물로 이용하던지, 칼륨을 다량함유한 관계로 유기질 비료원으로도 이용되고 있다.

Husk로부터 섬유를 뽑아 내는데는 전통적으로 빗물이나 지하수로 침적(3~6개월)한 후 brown coir 섬유를 생산하던가, 염수에 담갔다가(10~12개월) white coir 섬유를 생산하고 있다. 일반 빗물이나 지하수로 침적하여 섬유를 생산하고 남은 coir dust는 건조·가공하여 상토 및 축사 톱밥 대용으로 이용되고 있는 추세다.

외부껍질(husk)로부터 30%가 섬유, 70%가 coir pith로 구성되고 섬유는 다시 장, 중, 단 섬유로 구분되는데 각각 60:30:10의 비율로 되어 있다. 전세계 coir fiber(섬유)의 최대 생산량은 연간 500~600만톤 수준으로 추정되고 있으며 이중 10% 내외가 상업적으로 거래

되는 것으로 보인다. Brown fiber는 22만톤으로 인도에서 70%, 스리랑카에서 27%, 기타 3%로 보인다.

섬유의 잠재생산량은 coconut 생산량 × fiber yield(80~90g/nut)로 계산될 수 있으며 내수용 섬유는 전체의 10%선으로 추정된 결과다. Coir fiber의 전세계 최대 생산량(단섬유포함)은 연간 500~600만톤으로 추정하고 있다. 무역거래가 이루어지고 있는 양은 약 10%인 50~60만톤 정도로 추정된다. 지금까지 coconut 섬유산업이 활성화되어 있는 국가는 인도와 스리랑카 중심이고, 베트남, 필리핀, 인도네시아 등에서 급속히 신장되고 있다.

Table 6-1. Estimation of the availability of coir fiber raw materials. (unit; 1000tones)

	Philippines	Indonesia	India	Sri Lank
Potential fiber production	700	1,000	600	260
Fiber industry	-	-	300	100
Domestic use	70	100	60	26
Non-extracted fiber	630	900	240	134

코코넛 섬유산업의 발전과 더불어 부수적으로 생산되는 dust의 활용은 1980년 이전에는 거의 없었으나 1980년대 중반부터 원예용 상토 등으로 활용이 증대되기 시작하였다. 특히 1990년대 들어 지구 환경문제가 중시되면서 피트모스 채취를 자연환경 파괴 개념으로 보게 됨에 따라 그 채취도 계속 줄어 들것으로 보이고 채취할 수 있는 양도 한정되어 있는 상황에서 피트모스 대체 배지로서 cocopeat가 급속히 신장하고 있는 상황이다.

코코넛에서 섬유(30%)를 채취하고 남은 부산물은 목수부가 60%, 단섬유 40%로 구성되어 있고 이를 coir dust, coir pith로 불리며 상토용으로 어느 정도 가공된 것을 cocopeat라고 부르고 있다. 이러한 부산물의 원예용 이용에 대한 연구가 1980년대 중반부터 멀칭, 토양개선용 유기물, 상토 및 수경재배 배지로서의 활용에 대하여 이루어져 주로 peatmoss와 vermiculite 대체배지로서 상토개발의 주재료로 사용되어 왔다.

코코넛이 연간 전세계에서 5,000만톤이 생산되고 이중 husk가 35%를 차지하고, 이중 70%가 coir dust 이므로 연간 coir dust의 최대 생산량이 1,225만톤이 생산될 수 있다고 본다. 그러나 실제 섬유생산 과정에서 만들어지는 dust만이 활용가능한 범위라고 본다면 표 6와 같은 정도로 추산될 수 있고 주요 아시아국가에서 생산 가능한 dust량은 약 600만톤으로 추정된다. 이처럼 dust의 최대 생산량은 1,225만 톤이고 잠재 생산량은 그중의 50%인 600만톤 정도이고, 실제 생산되어 거래되고 있는 양은 그중의 10%선인 60만톤 정도로 추정되고 있다. 앞으로 적절한 생산 가격이 주어진다면 더 많은 양이 생산, 가공되어 거래 될 수 있다는 것을 보여주고 있다.

2. 해외 수경재배 기술

○ 정밀한 재배는 가장 효율적이고 효과적인 재배법으로, 최소한의 투입으로 최대한의 생산을 이루는 것에 중점을 두고 있다. 지상부 환경, 유전적 특성, 근권 환경의 세가지를 핵심 조절 기법으로 한다. 이 조절로서, 수분 방출을 관리하여 환경에 친화적이며, 비료/에너지/노동력 투입을 관리하여 경제적이고, 작물의 수확/품질/물질함량 관리를 통해 생산능력을 높이는 것으로 이 세가지를 구체적 목적으로 삼는다.

○ 왜 수분관리인가?

더 많은 수량과 고품질 작물의 생산한다. 적은 에너지, 노동력, 비료와 물 사용으로 생산에 투자되는 비용을 절감할 수 있다. 또한, 적은 에너지, 비료와 물 사용으로 환경 영향을 최소화 시켜 지속 가능한 성장을 가능하게 한다. 식물에서 수분은 광합성에 사용될 뿐만 아니라, 각종 양분을 이동시키는 수단이면서, 동시에 증산을 통한 엽온을 조절하는 역할을 한다. 수분의 공급은 식물 생육에 있어 핵심적이며, 일출 후 누적된 광이 일정수준 이상이 되면 급액을 시작하여, 광변화에 따른 급액 조절은 효과적인 물 관리에 있어서 핵심적인 부분이다.

○ 근권부 수분함량의 변화를 측정하는 WCM기기를 사용하게 되면, 일중 변화하는 근권부 수분함량과 EC를 확인할 수 있고, 이를 통해 재배하는 작물의 일중 흡수 패턴을 확인이 가능하고 앞으로 계속 재배되는 과정에서 작물이 어떻게 급액에 대하여 반응하는 지를 예측할 수 있다. 이러한 예측은 보다 안정적인 근권부 관리를 가능하게 하고, 광에 의한 급액 관리에 있어 추가적인 정보를

동시에 제공하여 필요에 따라 급액을 늘이거나 줄일 수 있도록 조절하는 데 사용되어 보다 효과적인 정밀한 급액 관리가 가능하도록 하여 준다.

○ 또한 배액과 근권 EC와의 관계를 조사하여 재배하고 있는 식물에서의 상관관계를 알 수 있다. 이는 다수의 센서를 사용할 수 없을 때, 발생하는 배액만으로 배지 근권내 EC를 예상할 수 있게 된다. 그리고, 급액, 배액 그리고 근권의 EC농도 비교를 통하여 환경, 작물 상태, 재배 시기 등 여러 조건에서 식물의 양분 흡수 정도를 파악하여 향후 발생 가능한 변화를 예측할 수 있어, 정밀한 양분관리가 가능하도록 하여 준다. 최적화된 생육과 생산 그리고 과실 품질은 근권부 조절을 통하여 가능하다. 외부 환경들 중, 광에 식물은 매우 민감히 반응하며, 이를 통하여 에너지를 생산해 생육에 사용한다.

○ 하지만, 재배라는 것은 식물의 생육을 좋게만 하는 것뿐만 아니라 재배자가 원하는 물질이나 산물을 식물에서 얻을 수 있어야 한다. 이를 정밀하게 조절함에 있어 근권부 환경 조절은 매우 중요하고 필수적으로 이루어지게 된다. 이 근권부 환경을 조절함에 앞서 근

권환경 측정 센서를 이용한 계측은 현재의 상태와 과거 결과에 대한 확인을 통해 앞으로 있을 식물에 주어지는 환경 변화를 조절할 수 있게 해주는 중요한 정보원이다. 식물을 재배함에 있어 보다 고품질, 다량 생산 그리고 고부가가치를 더하고 싶다면, 근권부 측정 센서등을 활용한 정밀 재배 방법은 선택이 아닌 필수가 될 것이다.

Why water management?

- Higher performance**
High yields and high quality produce
- Lower costs**
Reduction growing costs by using less energy, labour, fertiliser & water.
- Reduced environmental impact**
Sustainable growing by using less energy, water, & fertiliser.

Plant transpiration

Benefits of control based on WCM

Day dynamic substrate WC & EC

Relation slab EC to drain EC

Controlled root zone for optimum growth, production & fruit quality

[제 2협동 상명대]

- EC가 3까지는 증가함에 따라 생산량은 증대하고 그 이상에서는 감소함. 단, EC 5까지는 농도가 높을수록 가용성분이 증가하여(Bustomi Rosadi등, 2014) 생산성 및 품질간의 선택이 필

요함.

- 적과를 하면 source의 여분이 sink 중 과실보다는 잎과 줄기로 많이 배분되므로(Li, Tao등, 2015) 배양액관리와 더불어 종합적인 초세관리에 유용하게 사용할 수 있음.
- Penman - Monteith model 및 배액 EC를 동시에 이용한 급액관리를 공학적으로 접근했으며 (Neto, Antonio José Steidle등, 2014) 이를 작물인자와 연계하면 환경친화적이며 제어수준이 높은 급액관리를 할 수 있을 것으로 예상됨.

[제 3협동 강원대/강호민]

- Harker, F.R., H.J. Elagr, C.B. Watkin, P.J. Jackson, and I.C. Hallett. 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Postharvest Biology Technology*. 19:139-146.
- Abstract: 'Pajaro' strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit were exposed to 5 - 40% CO₂ for 0 - 3 days, followed by normal cold storage at 0℃ for up to 3 weeks. Strawberry fruit were firmer in air storage at 0℃ than at harvest. Firmness was further enhanced by CO₂ treatments. Adhesion between cells was measured by the application of tensile tests to plugs of tissue, followed by the examination of fracture surfaces using low temperature scanning electron microscopy. These tests indicated that cell-to-cell adhesion increased by 60% as a result of CO₂ treatments. However, there were no differences in the density, electrolyte leakage, propensity for cells to rupture in hypertonic solutions, water potential, osmotic potential or turgor of CO₂-treated and control fruit. Electrical impedance spectroscopy was used to assess changes in the electrical resistance of the apoplast and symplast. Carbon dioxide treatments reduced the resistance of the apoplast (resistance at 50 Hz) below that of control fruit, but did not affect the resistance of the symplast (resistance at 1 MHz). This result suggests that concentrations of Hand HCO₃ increased in the apoplast, although no change was detected in the symplast. We speculate that the mechanism for CO₂-induced firmness enhancement in strawberry is due to changes in the pH of the apoplast. Such changes in pH may promote the precipitation of soluble pectins and thus enhance cell-to-cell bonding in strawberry fruit. © 2000 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

: 이산화탄소 처리는 딸기의 세포와 세포사이의 결합력을 증가시켜 경도를 향상된다.

- Cheour, F., C. Willemot, J. Arul, Y. Makhlof, P.M. Charest, and A. Gosselin. 1990. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. *J Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:789-792.
- *Abstract.* Effects of CaCl₂ preharvest treatment on postharvest strawberry (*Fragaria x ananassa*) ripening and gray mold development were assessed. Two experiments were carried out in 1987 on two sites. In the first experiment, the effects of rate of application of CaCl₂ and degree of fruit maturity at treatment were studied with the

conventional cultivar Kent. In the second experiment, the influence of concentration and frequency of application of CaCl₂ was investigated with day-neutral 'Tribute'. Calcium treatment caused a significant increase in fruit and leaf Ca contents, which were closely correlated. The degree of fruit maturity at application and the frequency of treatment did not affect Ca concentration in the tissues. Several maturity criteria were measured during fruit storage in air at 4C. Anthocyanin and free-sugar contents and tissue electrical conductivity increased, while titratable acidity and firmness decreased. In both experiments, Ca treatment delayed ripening and gray mold development. The delay increased with increasing Ca concentration.

: 딸기 재배시 CaCl₂ 엽면살포하게 되면 칼슘 함량이 증가하며, 숙기 진행과 곰팡이 발생을 지연시킨다.

[제 4협동 강원대/김경수]

- 딸기는 전 세계적으로 경제적 가치가 크고 많은 재배를 하고 있다 [1].
- 한국은 2012년에 약 230,000톤 생산으로 미국, 스페인, 터키, 이집트에 이어 5번째로 큰 딸기 생산국이다 [2].
- 딸기의 생산과 수출에는 많은 식물병원균((anthracnose crown rot caused by *Colletotrichum fructicola*, gray mold caused by *Botrytis cinerea*(teleomorph: *Botryotinia fuckeliana*), Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*, and powdery mildew caused by *Podosphaera aphanis*)에 의한 병해가 발생한다 [3-5].
- *B. cinerea*는 딸기의 초기 단계에서 딸기 조직에 들어가며, 과일이 익기 시작할 때까지 발병한다. 딸기는 시장에 내 보낸 후 곰팡이 성장이 다시 시작되고 심각해져 인접한 딸기로 빠르게 퍼진다 [5].
- fludioxonil, tebuconazole, iprodione 및 boscalid와 같은 잿빛곰팡이를 관리하기 위해 다른 종류의 살균제가 적용되었다. 그러나 살균제의 부적절한 적용과 *B. cinerea*의 높은 유전적 다양성으로 인해 살균제에 내성을 갖는 균주가 생겨나 생산에 위협이 되고 있다. Aniline-pyrimidine, dicarboximide, hydroxyaniline, phenylpyrrole에 대한 내성 균주가 보고되었다 [6].
- *Colletotrichum* sp.는 *Glomerellaceae* (Sordariomycetes, Pezizomycotina, Ascomycota)에 속하며 열대지방 및 아열대지방 그리고 온화한 기후 환경에서도 병이 발생한다 [7, 8].
- *Colletotrichum* sp.는 딸기, 토마토, 고추, 사과, 블루베리, 올리브, 커피 등을 넓은 기주범위에 병을 일으키는 심각한 병해이다 [9-11]

- 유전적 변이를 모니터링 하는 방법으로는 restriction fragment length polymorphisms (RFLPs), random amplified polymorphic DNAs (RAPDs), amplified fragment length polymorphisms (AFLPs), direct sequences 등의 방법들이 있다 [12].
- Benomyl (benzimidazoles), mancozeb (dithio-carbamates), trifloxystrobin (strobilurin) 등 다양한 살균제들이 탄저병을 방제하는데 사용되고 있다. 그러나 장기간 반복적으로 살균제를 사용하는 것은, 살균제에 대해 저항성을 갖는 균주의 출현 등의 문제를 야기할 수 있다. 따라서 서로 다른 기작의 살균제를 혼용하는 것과, 균주의 유전적 변이를 모니터링 하는 것이 중요하다 [13-16].

[제 4협동 강원대, 위탁-연세대]

- 최근 해외에서 방출 조절 기술을 이용한 식품 포장 적용연구가 진행되고 있다.
- Kashiri (2017)은 Essential oil을 5%, 10% 함유한 Zein 필름을 개발하여 항곰팡이 실험을 진행하여 E.coli와 L.monocytogenes에서 각각 1.18 log와 1.14 log의 항균력을 보여주었다.
- Chen (2016)은 겨자유를 Cellulose sulfate 필름에 적용하여 방출을 통한 항균 효과를 검증하였다.

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○ 해당 사항 없음.		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)		

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

코드번호 D-11

[제1세부 엘림무역 : 오성진]

○ 해당사항 없음

[제1협동 강원대학교 : 최기영]

○ 해당사항 없음

[제1협동 위탁 서울시립대학교 : 이용범]

○ 해당사항 없음

[제2협동 상명대학교 : 김영식]

○ 해당사항 없음

[제3협동 강원대학교 : 강호민]

○ 해당사항 없음

[제4협동 강원대학교 : 김경수]

- 1. 연구실 안전 점검 체계 및 실시
 - 실험실 안전 점검 체계



2. 실험실 안전점검

1) 실험실 일상 점검

- 연구활동 시작 전 각 실험실 책임자가 육안으로 장비 및 시설을 매일 점검.

2) 실험실 정기 점검

- 내용 : 과학기술분야 실험실의 일반안전, 산업위생, 전기안전, 소방안전, 화공안전, 가스안전, 기계안전, 생물안전 등의 전문분야 점검

- 실시 : 매월 각 실험실을 주기적으로 점검

3) 실험실 정밀안전진단

- 대상 : 연구개발활동에 유해화학물질 관리법 제2조 7호에 따른 유해화학물질을 취급하는 연구실, 산업안전보건법 제39조에 따른 유해인자를 취급하는 연구실, 과학기술부령이 정하는 독성가스를 취급하는 연구실.(우리대학은 실험실관리등급 A, B급에 해당하는 실험실)

- 실시 : 매년 1회 이상 외부 전문기관에 의뢰하여 실시 후 중대결함이 발견될 경우, 교육과학기술부에 보고.

※ 관리위험등급의 지정

- A등급 : 가연성가스, 인화성 시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물, 방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 실험실
- B 등급 : 일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생실험실
- C 등급 : 이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 실험실

3. 교육 훈련

- 1) 개요 : 실험실의 안전을 확보하고 종사자의 건강을 보호하여 실험 및 연구활동에 기여하고, 또한 연구실 안전환경조성에 관한 법률에 의거하여 실험실의 환경안전교육이 의무화됨에 따라 이공계열 대학원생 및 관련자 전원은 환경안전교육을 의무적으로 수강

- 2) 교육대상 : 교수, 대학원생, 소속연구원, 전문직원, 실험참여 학부생 등

3) 교육실시

- 1학기 : 법정 교육시간인 6시간을 온라인 및 집합교육으로 실시.
- 2학기 : 법정 교육시간인 6시간을 온라인 교육으로 실시.

[제4협동 위탁 연세대학교 : 박인식]

1. 연구실 안전 점검 계획

1) 일상점검 실시

- 대상: 연구개발활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체를 취급하는 연구·실험실
- 실시: 연구개발활동을 시작하기 전에 매일 1회 실시

2) 정기안전점검 실시

- 대상: 연구개발활동에 사용되는 기계·기구·전기·약품·병원체를 취급하는 연구·실험실
- 실시: 매년 1회 이상 실시(매년 11~12월 실시)

3) 정밀안전진단 실시

- 대상: 연구개발활동에 유해화학물질 관리법 제2조 제8호에 따른 유해화학물질을 취급하는 연구·실험실, 산업안전보건법 제39조에 따른 유해인자를 취급하는 연구·실험실, 교육과학기술부령이 정하는 독성가스를 취급하는 연구·실험실
- 실시: 2년마다 1회 실시하여 교육과학기술부에 보고

※ 위험등급별로 안전점검을 실시하므로 체계적인 관리(관리등급 지정)

- A등급: 가연성가스, 인화성시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물 방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 연구·실험실
- B등급: 일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생 연구·실험실
- C등급: 이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 연구·실험실

2. 교육·훈련 계획

- 1) 개요: 연구·실험실의 안전을 확보하고 연구활동종사자의 안전사고 예방 및 안전하고 쾌적한 연구환경에 기여하며, 연구실 안전 환경조성에 관한 법률에 의거하여 연구·실험실의 안전경교육이 의무화됨에 따라 과학기술분야의 연구활동종사자 전원 의무적으로 안전환경교육 수강
- 2) 교육대상: 교수, 대학원생, 실험조교, 전문직원, 소속연구원, 실험참여 학부생 및 업체직원 등
- 3) 교육방법: 온라인 교육 및 집체교육
- 4) 교육구분

교육 과정	교육 대상	교육 시간	교육 시기
정기교육	연구활동종사자	반기별 6시간 이상	5월, 10월
신규교육	신규 연구활동종사자 (계약직 포함)	8시간 이상	수시
	신규 연구개발 참여 연구활동종사자	2시간 이상	수시
특별교육	중대 연구실사고 발생 및 연구내용 변경, 연구주체의장이 필요하다고 인정하는 연구활동종사자	2시간 이상	수시

3. 보험가입 현황

보 험 명	보 상 내 용	대 상	주관부서
재산종합보 험 (종합패키 지	재산종합위험 : 3조2천3백4십1억5천8백8십2만3천 8백4십6원 (\ 3,234,158,823,846) 대인대물일괄 : 20억원-사고당	피보험자	총무팀
		피보험자	“

보험)	구내치료비 담보 : 1천만원/인당, 8천만원/사고당	피보험자	“
신종단체상 해보험	의사상자 상해담보 : 1억원 캠퍼스생활중 상해, 사망, 후유장해 : 2억원 연구활동 중 상해, 후유장해(특별약관)	학부생, 대학원생	총무처

4. 건강검진 계획

- 1) 개요: 연구활동종사자의 건강상태를 확인함으로써 질병을 예방하고 또 질병을 조기에 발견하여 더 이상 진전되지 않도록 하는데 있음.
- 2) 실시대상: 연구·실험실내 유해인자를 취급하는 상시 연구활동종사자
(산업안전보건법 시행규칙 별표 12-2 특수건강진단 대상 유해인자)
- 3) 검진시기: 매년 10~11월 실시

5. 추가 이행 계획

순 번	내 용
1	안전점검강화 및 안전시설 확충
2	안전문화 정립 활성화
3	안전교육 실시 및 안전교육 참여 상승 방안 수립
4	안전보호장비 및 안전표지 시설 보완
5	연구·실험실 공기질 관리(환기대책 수립)
6	고압가스 안전시설물 확충
7	비상기구함 시설물 확충
8	안전교육 미 이수자에 대한 대책 수립

[제5협동 FMS Korea : 최동호]

○ 안전관리대책

법적근거)

- 본 연구단에 소속된 연구활동종사자 중 직장에 소속된 근로자는 「산업안전보건법」과 「산업재해보상보험법」에 의거하여 직장에서 수행하고 있는 산업재해 예방계획 및 기준을 적용
- 상기 법률 적용을 받지 않는 대학, 정부출연연구기관, 기업부설연구소 소속 연구활동종사자는 혹시 발생할지 모를 연구실 사고로 인한 피해보상 기준으로 「연구실 안전

환경 조성에 관한 법률」을 적용

안전점검)

- 일상점검, 정기점검 및 특별안전점검을 실시
- 일상점검은 연구활동종사자가 정기 및 특별안전점검은 관련분야 유자격자가 연구활동종사자를 대상으로 실시한 뒤 결과평가와 필요한 조치 이행

구분	점검주기
일 상 점 검	매주 1회
정 기 점 검	매년 1회
특별 및 정밀 안전점검	필요시

안전교육훈련)

- 정기 안전교육은 현장근로자와 실험연구활동종사자과 그 외의 연구활동종사자를 업무적 특성에 따라 구분하여 시행하되, 특별교육이 필요하거나 신규채용자가 발생할 경우 추가실시할 수 있으며, 교육실적은 기록 보관

구분		세부내용
정기교육	현장근로자 및 실험연구 참여자	매월 1회, 동영상시청 및 자료배포
	현장근로자 및 실험연구 참여자 이외의 연구종사자	매년 1회, 자료배포
특별교육		필요 시, 연구활동종사자 전원
신규채용자 교육		해당자 자료배포

* 교육담당은 안전관리 대행업체 위탁교육(한국산업안전관리원)을 원칙으로 함

기타)

- 미래창조과학부(2013.7)의 「제2차 연구실 안전관리 종합계획(2013~2017)」에 따른 연구실 안전관리메뉴얼 중 연구실 안전지침 관련사항을 준용

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지 / 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	논문	딸기 수경재배에서 배지 종류별 배액의 무기이온 변화 및 수량	강원대학교 시설농업학과 외	교신저자	원예과학기술지/대한민국	-	2017.10.	단독사사	SCIE
2	학술 발표	2016 한국생물환경조절학회 춘계학술대회	상명대	-	제25권 별호 1호 VOL.25/ 대한민국	-	2016.05.13	단독사사	-
3	논문	Cherry Tomato Qualities Affected by Foliar Spraying with Boron and Calcium	강원대학교	제1저자	Hortic. Environ. Biotechnol 1 (국내)	0.812	2016.01.28	단독사사	SCIE
4	논문	식품의 선도 유지를 위한 액티브 포장 연구 고찰 기능성 방출 조절 포장 중심	연세대학교 원주산학협력단	교신저자	식품과학과 산업	-	2017.05.15.	단독사사	비SCI
5	특허	수송용 커버식 보냉 컨테이너	에프엠에스코리아	-	대한민국	-	2017.02.01	단독사사	-

11. 기타사항

	코드번호	D-13
○ 해당 사항 없음.		

12. 참고문헌

	코드번호	D-14		
<p>[제 1협동 최기영]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Adak N, Gubbuk H (2015) Effect of planting systems and growing media on earliness, yield and quality of strawberry cultivation under soilless culture. Not Bot HortiAgrobo 43:204-209DOI:10.15835/nbha4319815 ○ Amaro, A.L. and D.P.F. Almeid. (2013) Lysophosphatidylethanolamine effects on horticultural commodities: A review. Postharvest Biol. Technol. 78:92-102. ○ Chang, D.C., Kim, S.Y., Shin, K.Y, Y.R. Cho, and Y.B. Lee. (2000). Development of a Nutrient Solution for Potato (<i>Solanum tuberosum L.</i>) Seed Tuber Production in a Closed Hydroponic System. J.Kor. Hort. Sci. 18(1):334-341. ○ Choi, E.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. (1998) Development of optimal nutrient solution for tomato substrate culture in closed system. J. Bio. Fac. Env.7(1):43-54. ○ Choi, K.Y., M.J. Kang, Y.B. Lee, S.O. Yu, and J.H. Bae. (2001) Development of optimal nutrient solution for sweet pepper substrate culture in closed system. J. Kor. Hort. Sci. 42(5):513-518. ○ Colla G, SaccardoF, ReaE, Pierandrei F, Salerno A (2003) Effects of substrates on yield, quality and mineral composition of soilless-grown cucumbers. ActaHortic 614:205-210. ○ Cowan, A.K. (2009) Plant growth promotion by 18:0-lyso-phosphatidylethanolamine involves senescence delay. Plant Signal. Behav. 4:324 - 327. ○ Endo M, KiriiwaY, Nukaya A (2006) Effects of coir and peat ratios on growth, yield and water relations of strawberries ‘Akihime’ grown in soilless. J Japan Soc Hortic 75:344-349. 				

- Farag, K. and J.P. Palta. (1993) Use of lysophosphatidylethanolamine, a natural lipid, to retard tomato leaf and fruit senescence. *Physiol. Plant.* 87: 515-521.
- Jang, H.H., H.S. Lee, C.W. Lee, and J.M. Choi. (2014) Influence of the composition and concentration of fertilizer solution on growth and nutrient uptake of 'Maehyang' strawberry during vegetative growth. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32(4):484-492. nol. 25(SUPPL.):49(Abstr.).
- Jun HJ, Hwang JG, Kim IG, Son MJ, Lee KM, Udagawa YJ (2006) Effect of double layered substrate on the growth, yield and fruit quality of strawberry in elevated hydroponic system. *Kor J Hort Sci Technol* 24:157-161.
- Jun, H.J., M.S. Byun, S.S. Liu, and M.S. Jang. (2011) Effect of nutrient solution strength on pH of drainage solution and root activity of strawberry 'Sulhyang' in hydroponics. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29(1):23-28.
- Jun, H.J., M.S. Byun, S.S. Liu, E.H. Jeon, and Y.B. Lee. (2013) Effect of nutrient solution strength on growth, fruit quality and yield of strawberry 'Maehyang' in hydroponics. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31(2):173-178.
- Lee HH, Kim KH, Kang JY (2006) Comparison of the European Standard Methods and the Rural Development Administration Methods for determining chemical properties of horticultural substrates. *Kor J Hort Sci Technol* 24:425-430.
- Sotirhos, N., B. Herslöf, L. Kenne. (1986) Quantitative analysis of phospholipids by ³¹P-NMR. *J. Lipid Res.* 27:386-392.
- Wilson GCS (1986) Tomato production in different growing media. *Acta Hort* 178:115-119
- Yeo, K.H., and Y.B. Lee. (2004) Development of optimum nutrient solution for sweet basil in a closed systems. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(1):29-36.
- Yu, S.O., and J.H. Bae. (2005) Development of optimal nutrient solution of tomato in a closed soilless culture system. *J. Bio-Environment Control* 14(3):203-211.

[제 2협동 김영식]

- 김영식, 심상연, 이문행, 이상돈. 2016. 내일을 위한 수경재배. 충남토마토산학연협력단.

- 김영식, 이문행, 이상돈. 2017 작물관리. 충남토마토산학연합력단.
- Cornish, P. S. "Use of high electrical conductivity of nutrient solution to improve the quality of salad tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) grown in hydroponic culture." *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32.4 (1992): 513-520.
- Li, J-H., et al. "Response of tomato plants to saline water as affected by carbon dioxide supplementation. I. Growth, yield and fruit quality." *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74.2 (1999): 232-237.
- Li, Tao, Ep Heuvelink, and Leo FM Marcelis. "Quantifying the source - sink balance and carbohydrate content in three tomato cultivars." *Frontiers in plant science* 6 (2015).
- Neto, Antonio José Steidle, Sérgio Zolnier, and Daniela de Carvalho Lopes. "Development and evaluation of an automated system for fertigation control in soilless tomato production." *Computers and Electronics in Agriculture* 103 (2014): 17-25.
- Rosadi, RA Bustomi, et al. "The effect of EC levels of nutrient solution on the growth, yield, and quality of tomatoes (*Solanum Lycopersicum*) under the hydroponic system." *Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology* 2.1 (2014): 7.

[제 3협동 강원대 강호민]

- Armstrong, D.L, Griffin, K.P. & Danner, M. (editors). 1998. *Better crops with plant food*. 3(82):1-40.
- Auerswald, H., Schwarz, D., Kornelson, C., Krumbein, A. & Bruckner, B. 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Sci. Hort.* 82:227-242.
- Adams P (1978). Tomatoes in peat. part 1. How feed variations affect yield. *Grower*. 89:1091-1094
- Asad A, Blamey FPC, Edwards DG (2003). Effects of boron foliar application on vegetative and reproductive growth of sunflower. *Ann Bot* 92:565-570
- Bae MJ, Park YG, Jeong BR (2010). Effects of a silicate fertilizer supplemented to the medium on rooting and subsequent growth of potted plants. *Hort Environ Biotechnol* 51(5):355-359

- Brandt S., Pek Z., Barna E., Lugasi A. and Helyes L. 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *J. Sci. Food Agric.* 86:568–572. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2390>
- Buttaro D., Bonasia A., Minuto A., Serio F. and Santamaria P. 2009. Effect of silicon in the nutrient solution on the incidence of the powdery mildew and quality traits in carosello and barattiere (*Cucumis melo* L.) grown in a soilless system. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 84:300 – 304. <http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2009.11512521>
- Bidari, B.I. & Hebsur, N.S., 2011. Potassium in relation to yield and quality of selected vegetable crops. *Karnataka J. Agric. Sci.* 24(1): 55–59.
- Broadley M, Brown P, Cakmak I, Rengel Z, Zhao F (2012). Function of Nutrients: Micronutrients. In: Marschner P. (Eds.), *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third edition, Academic Press, Elsevier.
- Cantwell, M. & Suslow, T. 2002. Lettuce, Crisphead: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality.

http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=19&ds=799 (Accessed November 15, 2016).
- Caretto, S., Parente, A., Serio, F. & Santamaria, P. 2008. Influence of potassium and genotype on vitamin E content and reducing sugar of tomato fruits. *HortScience* 43(7):2048–2051.
- Colak G, Baykul MC, Gurler R, Catak E, Caner N (2014). The effects of selenium on *Lycopersicon esculentum* Mill. Seedlings. *Pakistan Journal of Botany* 46(3):911–920.
- Chalutz, E., Mattoo, A.K. & Fuchs, Y. 1980. Biosynthesis of ethylene: the effect of phosphate. *Plant Cell Environ.* 3:349–356.
- Cooke, D.L. & Clarkson, D.T. 1992. Transport and receptor proteins of plant membranes: molecular structure and function. Plenum Press, N.Y.
- Cote-Beaulieu C, Chain F, Menzies JG, Kinrade SD, Belanger RR (2009). Absorption of aqueous inorganic and organic silicon compounds by wheat and their effect on growth and powdery mildew control. *Environ Exp Bot* 65:155–161
- Davis JM, Sanders DC, Nelson PV, Lengnick L, Sperry WJ (2003). Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. *J Amer Soc Hort Sci*

- Datnoff L.E., Rodrigues F.A. and Seebold K.W. 2007. Silicon and plant disease. In: Datnoff L.E., Elmer W.H. and Huber D.M. (Eds.). Mineral nutrition and plant disease. Saint Paul MN. APS Press, p.233-246.
- Epstein E. 2009. Silicon: Its manifold roles in plants. *Ann. Applied Biol.* 155:155-160. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x>
- Edelstein M, Berstein D, Shenker M, Azaizah H, Ben-Hur M (2016). Effects of selenium on growth parameters of tomato and basil under fertigation management. *HortScience* 51(8):1050-1056.
- Ekinçi M, Esring A, Dursun A, Yildirim E, Turan M, Karaman MR, Arjumend T (2015). Growth, yield, and calcium and boron uptake of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) as affected by calcium and boron humate application in greenhouse conditions. *Turk J Agric For* 39: 613-632
- Epstein E (1999). Silicon. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 50:641-664
- Ercisli S, Orhan E (2007). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chem* 103(4):1380-1384
- Fish, W.W., Perkins-Veazie, P. & Collins, J.K. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J. Food Compos. Anal.* 15:309-317.
- Feng R, Wei C, Tu S (2013). The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany* 87: 58-68.
- Fish W.W., Perkins-Veazie P. and Collins J.K. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J. Food Compos. Anal.* 15: 309-317. <https://doi.org/10.1006/jfca.2002.1069>
- Ghaffar, A., Saleem, M.F., Fiaz, N., Nadeem, M.A. & Wains, G.M. 2013. Yield and quality of sugarcane as influenced by different doses of potash and its time of application. *Pak. J. Agri.Sci.* 50(3):345-350.
- Gottardi S., Iacuzzo F., Tomasi N., Cortella G., Manzocco L., Pinton R., Römheld V.,

- Mimmo T., Scampicchio M. and Costa D.L. 2012. Beneficial effects of silicon on hydroponically grown corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) plants. *Plant Physiol. Biochem.* 56:14-23. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.04.002>
- Guil-Guerrero J L, Reboloso-Fuentes M M (2009). Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *J Food Composit Anal* 22(2): 123-129
 - Hartz, T.K., Miyao, G., Mullen, R.J., Cahn, M.D., Valencia, J. & Brittan, K.L. 1999. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:199-204.
 - Hochmuth G (1991). Florida greenhouse vegetable production hand book, vol. 3. Fla Coop Ext Serv, Circular SP48. p98
 - Hammash F., El Assi N. 2007. The influence of pre-storage waxing and wrapping on quality attributes of stored ‘Shamouti’ oranges. *Acta Hortic.* 741:133-140. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.741.15>
 - Islam MZ, Mele MA, Baek JP, Kang HM (2016). Cherry tomato qualities affected by foliar spraying with boron and calcium. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 57(1): 46-52.
 - Islam MZ, Kim YS, Kang HM (2012). Effect of temperature on the quality and storability of cherry tomato during commercial handling condition. *J Bio-Environ Cont* 21(2):88-94
 - Islam MZ, Baek JP, Kim YS, Kang HM (2013). Characteristics of chilling symptoms of cherry tomato compared to beefsteak tomato harvested at different ripening stages. *J Pure Appl Microbio* 7:703-709
 - Islam MZ, Mele MA, Lee HJ, Lee KS, Hong SM, Jeong MJ, Kim IS, Hong SK, Choi IL, Baek JP, Kang HM (2014). Selection of non-perforated breathable film to enhance storability of cherry tomato for modified atmosphere storage at different temperatures. *Protected Hort Plant Fac* 23:116-122
 - Islam M.Z., Mele M.A., Baek J.P. and Kang H.M. 2016. Cherry tomato qualities affected by foliar spraying with boron and calcium. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 57(1): 46-52. <https://doi.org/10.1007/s13580-016-0097-6>

- Jifon, J.L. & Lester, G.E. 2009. Foliar potassium fertilization improves fruit quality of field grown muskmelon on calcareous soils in south Texas. *J. Sci. Food Agri.* 89(14): 2452–2460.
- Kanai, S., Ohkura, K., Adu-Gyamfi, J.J., Mohapatra, P.K., Nguyen, N.T., Saneoka, H. & Fujita, K. 2007. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. *J. Exp. Bot.* 58: 2917–2928.
- Kang, N.J., Lee, J.H., Kwon, J.K. & Choi, Y.H. 2007. Effects of foliar application of potassium phosphate (KH_2PO_4) on the enhancement of marketable fruit yields of fresh tomato. *J. Bio-Environ. Control* 16(3): 194–198.
- Kabata-Pendias A (2011). Trace Elements in Soil and Plants, Fourth edition, CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Kays, J.S. & Paull, E.R. 2004. Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA.
- Kaluwa K., Bertling I., Bower J.P. and Tesfay S.Z. 2010. Silicon application effects on ‘Hass’ avocado fruit physiology. South African avocado growers’ association yearbook 33:44–47.
- Kaya C, Tuna AL, Guneri M, Ashraf M(2011). Mitigation effects of silicon on tomato plants bearing fruit grown at high boron levels. *J Plant Nutr* 34 (13):1985–1994
- Kays JS, Paul ER (2004). Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA
- Li R, Li DW, Liu HP, Hong CL, Song MY, Dai ZX, ----- Weng HX (2017). Enhancing iodine content and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) through biofortification. *Scientia Horticulturae* 214: 165–173.
- Lester, G.E. 2005. Whole plant applied potassium: Effects on cantaloupe fruit sugar content and related human wellness compounds. *Acta Hort.* 682:487–492.
- Lester G.E., Jifon, J.L. & Makus, D.J. 2006. Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. *HortScience* 41(3):741–744.

- Li HB, Chen F (2001). Simultaneous determination of nine water soluble vitamins in pharmaceutical preparations by high performance liquid chromatography with diode array detection. *J Sep Sci* 24:271-274
- Laing MD, Gatarayiha M, Adandonon A(2006). Silicon use for pest control in agriculture: A review. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 80:278-286
- Liang Y.C., Sun W., Zhu Y.G. and Christie P. 2007. Mechanisms of silicon mediated alleviation of abiotic stress in higher plants: a review. *Environ. Pollut.* 147:422-428. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.06.008>
- Li W., Bi Y., Ge Y., Li Y., Wang J., Wang Y. 2012. Effects of postharvest sodium silicate treatment on pink rot disease and oxidative stress-antioxidative system in muskmelon fruit. *Eur. Food Res. Technol.* 234:137-145. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-011-1611-9>
- Marschner, P. (editor). 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third edition, Academic Press, Elsevier.
- Malorgio F, Diaz K, Ferrante A, Mensuali A, Pezzarossa B (2009). Effects of selenium addition on minimally processed leafy vegetables grown in floating system. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2243-2251.
- Marodin J.C., Resende J.T.V., Morles R.G.F., Silva M.L.S., Galvao A.G. and Zanin D.S. 2014. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. *Hortic. bras.* 32:220-224. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000200018>
- Marodin J.C., Resende J.T.V., Morles R.G.F., Faria M.V., Trevizam A.R., Figueiredo A.S.T. and Dias D.M. 2016. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. *Hortic. bras.* 34(3):361-366. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362016003009>
- Mele M.A., Islam M.Z., Baek J.P., Kang H.M. 2017. Quality, storability, and essential oil content of *Ligularia fischeri* during modified atmosphere packaging storage. *J. Food Sci. Technol.* 54(3):743-750. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2514-y>
- Miyake Y. and Takahashi E. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plant in a solution culture. *Soil Sci. Plant Nutr.* 32:321-326. <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.1986.10557510>

- Olivos, A., Johnson, S., Xiaoqiong, Q. & Crisosto, C.H. 2012. Fruit phosphorus and nitrogen deficiencies affect 'Grand Pearl' nectarine flesh browning. *HortScience* 47(3): 391-394.
- Park, K.W., Kang, H.M. & Kim, C.H. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio-Environ. Control* 9(1):40-46.
- Pezzarossa B, Remorini D, Gentile M L, Massai R (2012). Effects of foliar and fruit addition of sodium selenate on selenium accumulation and fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 781-786.
- Pezzarossa B, Rosellini I, Borghesi E, Tonutti P, Malorgio F (2014). Effects of Se-enrichment on yield, fruit composition and ripening of tomato (*Solanum lycopersicum*) plants grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae* 165: 106-110.
- Pilon-Smits EAH, Quinn CF (2010). Selenium Metabolism in Plants. In: Hell R, Mendel RR (eds.). *Cell Biology of Metals and Nutrients*, Plant Cell Monographs 17, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Perkins-Veazie P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. *Hortic. Rev.* 17: 267-297. <https://doi.org/10.1002/9780470650585.ch8>
- Pilon C., Soratto R.P. and Moreno L.A. 2013. Effects of soil and foliar application of soluble silicon on mineral nutrition, gas exchange, and growth of potato plants. *Crop Sci.* 53:1605-1614. <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.10.0580>
- Palencia P, Martínez F, Medina JJ, Lopez-Medina J (2013). Strawberry yield efficiency and its correlation with temperature and solar radiation. *Hort Bras* 31(1):93-99
- Park, K.W., Kang, H.M. & Kim, C.H. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio-Environ. Control* 9(1):40-46.
- Radi, M., Mahrouz, M., Jaouad, A. & Amiot, M.J. 2003. Influence of mineral fertilizer (NPK) on the quality of apricot fruit (cv. Canino). The effect of the mode of nitrogen supply. *Agronomie, EPD Sciences*, 23(8):737-745.

- Rees, D., Farrell, G. & Orchard, J. (editors). 2012. Crop Post-Harvest: Science and Technology Perishables. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Rafi MM, Epstein E, Falk RH(1997). Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). J Plant Physiol 151:497-501
- Romero-Aranda M.R., Jurado O. and Cuartero J. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. J. Plant Physiol. 163: 847-855. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.05.010>
- Sato, S., Sakaguchi, S., Furukawa, H. & Ikeda, H. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Sci. Hort.* 109:248-253.
- Simsek A, Aykut O (2007). Evaluation of the microelement profile of Turkish hazelnut (*Corylus auellana* L.) varieties for human nutrition and health. International Journal of Food Sciences and Nutrition 58: 677-688.
- Smolen S, Kowalska I, Sady W (2014). Assessment of biofortification with iodine and selenium of lettuce cultivated in the NFT hydroponic system. Scientia Horticulturae 166: 9-16.
- Smolen S, Wierzbinska J, Sady W, Kolton A, Wiszniewska A, Liszka-Skoczylas M (2015). Iodine biofortification with additional application of salicylic acid affects yield and selected parameters of chemical composition of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). Scientia Horticulturae 188: 89-96.
- Singh R, Sharma RR, Tyagi SK (2007). Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Sci Hort 112:215-220
- Stamatakis A, Papadantonakis N, Savvas D (2003). Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. Acta Hort (ISHS) 609: 141-147
- Savvas D., Giotis D., Chatzieustratiou E., Bakea M. and Patakioutas G. 2009. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. Environ. Experiment Bot. 65:11-17. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.07.004>

- Simsek A. and Aykut O. 2007. Evaluation of the microelement profile of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties for human nutrition and health. Intl. J. Food Sci. Nut. 58:677–688. <https://doi.org/10.1080/09637480701403202>
- Thao, H.T.B. & Yamakawa, T. 2009. Phosphite (phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator? *Soil Sci. Plant Nutr.* 55(2): 228–234.
- Tarabih M.E., EL-Eryan E.E. and EL-Metwally M.A. 2014. Physiological and pathological impacts of potassium silicate on storability of anna apple fruits. *Am. J. Plant Physiol.* 9(2): 52–67. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2014.52.67>
- Tesfay S.Z., Bertling I., Bower J.P. 2011. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. *Postharvest Biol. Technol.* 60: 92 – 99. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.12.011>
- Vunnam R, Hussain A, Nair G, Bandla R, Garipey Y, Donnelly DJ, Kubow S, Raghavan GSV (2014). Physico-chemical changes in tomato with modified atmosphere storage and UV treatment. *J Food Sci Technol* 51(9):2106–2112
- Wang S.Y. and Galletta G.J. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *J. Plant Nutr.* 21:157 – 167. <http://dx.doi.org/10.1080/01904169809365390>
- Weerahewa D. and David D. 2015. Effect of silicon and potassium on tomato anthracnose and on the postharvest quality of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J Natn. Sci. Foundation, SriLanka* 43 (3):273–280. <http://dx.doi.org/10.4038/jnsfsr.v43i3.7959>
- Warington K (1923). The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Ann Bot* 37:629–672
- Wojcik P, Lewandowski M (2003). Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of “Elsanta” strawberry. *J Plant Nutr* 26(3): 671–682
- White PJ, Broadley MR, Bowen HC, Johnson SE (2007). Selenium and its relationship with sulfur. In: Hawkesford MJ, de Kok LJ (Eds.). *Sulfur in Plants – An Ecological Perspective*. Springer, London, UK.

- White PJ, Broadley MR (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist* 82(1): 49-84.
- Wu Z, Yin X, Bañuelos GS, Lin ZQ, Zhu Z, Liu Y, ---- Li M (2016). Effect of selenium on control of postharvest gray mold of tomato fruit and the possible mechanisms involved. *Frontiers Microbiology* 6(1441): 1-11.
- Xuan H, Streif J, Bangerth F (2001). Effect of Boron application on physiological disorders in 'Conference' pears during CA storage. *Acta Hort* 553: 249-253
- Xuan H, Streif J, Saquet A, Romheld V, Bangerth F (2005). Application of boron with calcium affects respiration and ATP/ADP ratio in 'Conference' pears during controlled atmosphere storage. *J Hort Sci Biotechnol* 80(5):633-637
- Yan J., Li J., Zhao H., Chen N., Cao J. and Jiang W. 2011. Effects of oligochitosan on postharvest *Alternaria* rot, storage quality, and defense responses in chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) fruit. *J. Food Prot.* 74(5): 783 - 788. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-480>.
- Yanar, Y., Yanar D. and Gebologlu N. 2011. Control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on tomato by foliar sprays of liquid potassium silicate (K_2SiO_3). *Afr.J.Biotechnol.*10:3121 - 3123. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.215>
- Zhu Z, Chen Y, Zhang X, Li M (2016). Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae* 198: 304-310.
- Zhu Z, Chen Y, Shi G, Zhang X (2017). Selenium delays tomato fruit ripening by inhibiting ethylene biosynthesis and enhancing the antioxidant defense system. *Food Chemistry* 219: 179-184.

[제5협동 FMS 코리아]

- 국토교통부, 2014, 해외건설 및 신선식품 물류운영현황 조사 및 지원방안 연구
- 아이리서치,중화상업정보센터(CNCIC)