

11-1543  
000-002  
090-01

발간등록번호  
11-1543000-002090-01

산지에서 제어 가능한 농산물, 신선 가공품  
표면살균 기술 개발 및 상용화 최종보고서

2018

농림축산식품부

고부가가치기술개발사업 R&D Report

# 산지에서 제어 가능한 농산물, 신선 가공품 표면살균 기술 개발 및 상용화 최종보고서

2018 . 01 . 11.

주관연구기관 / 강원대학교  
협동연구기관 / 에코바이오텍(주)  
협동연구기관 / 충남대학교  
협동연구기관 / 서울여자대학교

농림축산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “산지에서 제어 가능한 농산물, 신선 가공품 표면살균 기술 개발 및 상용화”(개발기간 : 2014. 11. 28. ~ 2017. 11. 27.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018 . 01. 11.

주관연구기관명 :	강원대학교 산학협력단	(대표자)	(인)
협동연구기관명 :	에코바이오텍(주)	(대표자)	(인)
협동연구기관명 :	충남대학교 산학협력단	(대표자)	(인)
협동연구기관명 :	서울여자대학교 산학협력단	(대표자)	(인)

주관연구책임자 : 오덕환

협동연구책임자 : 구자준

협동연구책임자 : 송경빈

협동연구책임자 : 민세철

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	314059-3	해당단계 연구기간	2014.11.28.~ 2017.11.27. (3년간)	단계구분	(3차년도)/ (3차년도)
연구사업명	단위사업	고부가가치식품기술개발사업			
	사업명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대과제명	해당없음			
	세부과제명	산지에서 제어 가능한 농산물, 신선 가공품 표면살균 기술 개발 및 상용화			
연구책임자	오덕환	해당단계 참여 연구원 수	총: 23명 내부: 22명 외부: 1명	해당단계 연구개발비	정부:300,000천원 민간:100,000천원 계: 400,000천원
		총연구기간 참여 연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총연구개발비	정부:900,000천원 민간:300,000천원 계:1,200,000천원
연구기관명 및 소속부서명	강원대학교 산학협력단 충남대학교 산학협력단 서울여자대학교 산학협력단			참여기업명 : 에코바이오텍(주)	
위탁연구	연구기관명: 해당없음			연구책임자: 해당없음	
<p>요약</p> <p>신선 농산물의 미생물학적 안전성 확보와 유통기한 연장 및 품질을 향상시키는 살균세척 기술개발 및 상용화를 목표로 함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신선 농산물 및 신선 가공품의 친환경 고효율 세척, 살균, 가공기술 및 선도유통기한 연장기술 개발</li> <li>- 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용</li> <li>- 활성칼슘의 양산공정 확장과 나노화 제형 활성칼슘의 대량 생산기술 개발</li> <li>- 활성칼슘의 양산시설 확보와 고농도 액상 활성칼슘 제형화 기술개발 및 상용화</li> <li>- 천연물질이 적용된 농산물의 안전성 검증 및 최적 천연물질 선별 및 세척 기술 개발</li> <li>- 실제 현장 적용 가능한 최적 천연물질 처리 system 조건 수립</li> <li>- Cold plasma 처리를 이용한 무순, 양상추, 감귤, 그리고 방울토마토의 세척 후 살균 기술 개발</li> <li>- 방울토마토와 감귤의 항균 가식성 코팅 개발</li> <li>- 감귤의 표면 살균 병합 기술 개발</li> </ul>				<p>보고서 면수 : 478</p>	

#### 4. 국문 요약문

		코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용	<p>○ 연구개발 목적 및 내용</p> <p>&lt; 목적 &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 신선 가공 농산물의 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술 개발</li> <li>• 친환경적 표면살균소재 및 상용화 기술개발</li> <li>• 신선 가공 농산물의 영양성분 방지 및 선도유통기한 연장기술 개발</li> <li>• 신선 가공 농산물의 표면살균 및 능동형 표면코팅기술 개발</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 신선 농산물 및 신선 가공품의 친환경 고효율 세척, 살균, 가공기술 및 선도유통기한 연장기술 개발</li> <li>2. 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용</li> <li>3. 활성칼슘의 양산공정 확정과 나노화 제형 활성칼슘의 대량 생산기술 개발</li> <li>4. 활성칼슘의 양산시설 확보와 고농도 액상 활성칼슘 제형화 기술개발 및 상용화</li> <li>5. 천연물질이 적용된 농산물의 안전성 검증 및 최적 천연물질 선별 및 세척 기술 개발</li> <li>6. 실제 현장 적용 가능한 최적 천연물질 처리 system 조건 수립</li> <li>7. Cold plasma 처리를 이용한 무순, 양상추, 감귤, 그리고 방울토마토의 세척 후 살균 기술 개발</li> <li>8. 방울토마토와 감귤의 항균 가식성 코팅 개발</li> <li>9. 감귤의 표면 살균 병합 기술 개발</li> </ol>		
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구개발 성과</b> : 논문 총20편(논문 SCI 16, 비SCI 4) 및 학술대회 32편, 특허 8건(출원 7건, 등록 1건), 기술실시 1건, 살균기술 개발 8건, 인력양성 18건, 전시회 참석 11건</li> </ul> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 신선 농산물의 위해 미생물 살균 최적화 기술 및 유통기한 연장기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 최적의 친환경 살균제 선정 : 미산성 전해수, 유기산, 활성칼슘</li> <li>• 신선 농산물에 대한 미생물 살균 효능 입증 및 기술 개발</li> <li>• 미산성 전해수, 유기산, 활성칼슘의 병용처리 기술과 미산성 전해수, 유기산, 활성칼슘 및 초음파의 병용처리 기술</li> <li>• 개발된 살균제 병용처리 기술은 신선 농산물의 유통기간 중의 품질 유지에 효과적이었으며, 그 중 미산성 전해수, 유기산, 활성칼슘의 병용</li> </ul> </li> </ol>		



처리 기술이 더 우수하였음.

2. 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용 및 상용화
  - 개발된 살균 세척기술 중 미산성 전해수, 유기산과 활성칼슘을 병용처리하는 세척방법을 현장에 적용하였음.
  - 신선 농산물의 저장기간 중 미생물 생육 저해효과 및 품질변화에도 차이가 없어 기존 살균 세척제를 대체할 수 있을 것으로 기대됨.
3. 활성칼슘의 양산기술 개발과 신선 농산물 표면살균 처리 효율 증진을 위한 나노화 제형 연구
  - 소형로 및 대형로에서 1,350℃ 이상에서 10시간 이상을 소성하여 70,000volt의 전압을 가할 때 가장 경제적이고 순도가 높은 활성칼슘의 제조조건을 확립하였음.
4. 활성칼슘의 양산공정 확정과 나노화 제형 활성칼슘의 대량 생산기술 개발
  - 소형로 및 대형로 실험을 기초로 하여 활성칼슘의 양산공정을 확정하였으며, 제조된 활성칼슘을 나노화하여 3,744 $\mu$ m로 나노화 양산 공정개발을 완성하였음.
5. 활성칼슘의 양산시설 확보와 고농도 액상 활성칼슘 제형화 기술개발 및 상용화
  - 확산이 용이한 액상 활성칼슘 제조를 위한 첨가제 선정에 대한 시험을 통하여 가장 효과적인 분산제를 선정하였음.
  - 정제수 405ml과 활성칼슘 45g, 분산제 1g의 내용물이 함유되는 액상제품의 개발을 완료함.
6. 신선 농산물의 선도유통기한을 연장시킬 수 있는 천연 향균 세척제를 개발
  - 최적 식품 부산물 소재 선정: 흑마늘박과 아마씨박 추출물이 높은 미생물 향균성을 나타내어 최적 식품 부산물로 선정하였음.
  - 흑마늘박과 아마씨박 추출물로 제조한 세척수를 6종 농산물(로메인 상추, 시금치, 방울토마토, 새싹 채소, 귤, 사과)에 처리하였을 때, 품질변화에 차이가 없으며 기존 천연 물질 및 살균 처리와 유사한 수준의 미생물 감소 효과를 나타내었음.
  - 식품 가공 부산물 추출물과 기존 살균 처리의 병합 처리는 각 단일 처리보다 우수한 미생물 제어 효과를 보였으며, 이러한 제어 효과는 저장 기간 동안 유지되었음.
  - 흑마늘박 추출물은 아마씨박 추출물과 비교하여 환경 변화에 더 높은

	<p>저항성을 가지고 있어 보다 효과적인 신선 농산물의 세척 물질로 분석되었음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 흑마늘박 추출물은 농산물 세척 후 표면에 잔류하지 않아 기존 살균 세척제인 염소계 살균제의 잔류 문제를 해결할 수 있는 천연 항균 세척물질이라고 생각됨.</li> </ul> <p>7. Cold plasma 처리를 이용한 무순, 양상추, 감귤, 그리고 방울토마토의 세척 후 살균 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cold plasma 처리에 따른 무순, 양상추, 방울토마토, 그리고 감귤의 미생물 저해효과가 우수하면서 품질특성에 영향이 없다는 것을 확인하였음.</li> </ul> <p>8. 방울토마토와 감귤의 항균 가식성 코팅 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 항균 가식성 코팅에 따른 방울토마토와 감귤 표면의 미생물 생장 억제 효과를 확인하였고, 저장 중 품질변화에 유의적인 차이가 없다는 것을 관찰하였음.</li> </ul> <p>9. 감귤의 표면 살균 병합 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 협동 기관 중 미생물 저해 효과가 가장 우수한 개발 기술과 cold plasma 또는 항균코팅을 병합하여 미생물 저해 효과가 높으면서 저장 중 감귤의 이화학적 특성을 유지할 수 있는 최적 병합처리 조건을 개발하였음.</li> <li>• 상기 병합처리법으로 처리된 시료를 가스치환포장(modified atmosphere packaging)으로 저장하여, 저장기간 동안 감귤의 저장성 향상에 대한 효과를 확인하였음.</li> </ul>
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p><b>1. 기술적·과학적 측면</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 신선 가공 농산물에 보다 적합한 최적 살균 공정 및 현장적용 모델 확립</li> <li>• 개발된 살균가공 기술을 통하여 안전한 고품질의 농산물 가공 및 처리 기술 보급</li> <li>• 신선 가공식품 산업뿐만 아니라 타 분야에 본 연구진이 개발한 살균 기술을 적용이 가능함.</li> </ul> <p><b>2. 경제적·산업적 측면</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고효율 살균 세척 기술, 능동형 표면코팅 기술 및 항균 포장기술을 기반으로 효과적인 신선 농산물 미생물 제어 기술의 상용화 및 사업화 구현</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신선 농산물의 제품 안전성 확보를 통한 생산자 수익 증대 및 식품산업의 경제적 수익창출에 기여</li> <li>• 안전성이 확보된 신선 농산물 섭취로 안전하고 건강한 식생활 개선 및 국민건강 증진</li> </ul>				
중심어 (5개 이내)	신선가공 농산물	융복합천연물	표면살균	나노-활성칼슘	현장적용

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	<p>○ <b>Purpose</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Development of eco-friendly, high efficiency cleaning and sterilization process technology for fresh produce</li> <li>• Development of eco-friendly surface sterilization of material and commercialization technology</li> <li>• Prevention of nutritional depletion in fresh produced agricultural products and extending shelf life of the product based on developed technology</li> <li>• Development of surface sterilization and active surface coating technology for fresh produce</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Development of eco-friendly high efficiency cleaning, sterilization, processing technology and extension of shelf life of fresh agricultural products and fresh produce</li> <li>2. On-site application towards eco-friendly sterilizing processing technology</li> <li>3. Establishment and development of mass production technology based on activated calcium using nanotechnology formulation</li> <li>4. Development of mass production facilities of active calcium and commercialization of high-concentrated liquid active calcium formulation technology</li> <li>5. Verification based on safety aspects towards agricultural products and development of cleaning technology using natural substances</li> <li>6. Optimization of natural material for developing treatment system in the industry</li> <li>7. Development of cold plasma treatment for lettuce, citrus, and tomatoes during post-wash sterilization</li> <li>8. Development of antimicrobial edible coating technology for tomato and citrus</li> <li>9. Development of surface disinfection technology for citrus fruit</li> </ol>		
Results	<p>○ <b>Research and Development achievements</b></p> <p>- 20 Research articles (SCI 16, non-SCI 4), 32 Academic conferences, 8 Korean patents (7 Published, 1 Registered), 1 technology implemented in industry, 8 sterilization technology development, 18 training of human resources, 11 exhibitions</p> <p>○ <b>Research content and results</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Development of microbial sterilization, optimization and extension of shelf life of fresh agricultural produce <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selection of eco-friendly disinfectant, such as acidified electrolytic water, organic acid, active calcium</li> <li>• Demonstration of developed technology based on microbial efficacy on fresh</li> </ul> </li> </ol>		

	<p>agricultural produce</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combined treatment technology of slightly acidified electrolytic water, organic acid, active calcium and combined treatment of slightly acidified electrolytic water, organic acid, active calcium and ultrasonic</li> <li>• The developed disinfectant treatment technology was effective in maintaining the quality of fresh agricultural produce during the storage period. Among them, the combined treatment technology of acidic electrolytic water, organic acid, and active calcium was found to be superior and more effective.</li> </ul> <p>2. Commercialization and application of eco-friendly and highly efficient sterilization technology</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The technology was developed mainly based on the combination of acidic electrolytic water, organic acid and active calcium</li> <li>• Based on the efficiency of developed technology in extending the shelf life of fresh produce using antimicrobial microbial activity and maintaining the product quality. Hence the developed technology was expected to replace the existing disinfectant cleaners.</li> </ul> <p>3. Utilization of the developed technology for mass production by applying active calcium based nanotechnology formulation for improving efficiency of surface treatment of fresh produce</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• We have advanced the most economical and high purity active calcium production. The voltage condition maintained at 70,000 volts with 1,350 °C, for 10 hours in the furnace.</li> </ul> <p>4. Establishment for mass production process of active calcium using nanotechnology formulation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Based on the laboratorial and industrial scale experiments, we confirmed the mass production process of active calcium, and completion on development of Nano-mass production process to 3,744 <math>\mu\text{m}</math> by nanoizing the produced active calcium.</li> </ul> <p>5. Further the establishment of mass production facility of active calcium and commercialization of high-concentration liquid active calcium formulating technology</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The most efficient dispersant was selected for diffusing liquid active calcium</li> <li>• The Developed liquid product containing 405 ml of purified water, 45 g of active calcium, and 1 g of dispersant.</li> </ul> <p>6. The Developed natural antimicrobial cleanser, which can extend the shelf life of fresh agricultural produce</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selection of the natural food material and by-product: Black garlic and flaxseed extract showed high antibacterial activity and were selected as natural antimicrobial cleanser.</li> <li>• When treated with 6 different kinds of agricultural fresh produce (romaine</li> </ul>
--	--

	<p>lettuce, spinach, tomato, sprout vegetables, mandarin orange, apple), the treatment performed by washing water prepared from black garlic and flax seed oil extracts showed effective antimicrobial activity but no change in quality of the treated products.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The combined treatment of food processing using natural food material and conventional disinfection treatment showed better microbial control effect than individual treatment, and further it was found to be more effective in shelf life storage period.</li> <li>• The black garlic leaf extract has higher resistance to environmental changes than the flaxseed extract, and thus is more effective as a cleaning agent for fresh agricultural produce.</li> <li>• The black garlic leaf extract with germicidal property is considered to be a natural antimicrobial cleansing substance which can solve the residual problem of the chlorine disinfectant, which is a conventional sterilization cleaner, but possess an disadvantage that, it does not remain on the surface after washing.</li> </ul> <p>7. Post-wash sterilization technology for lettuce, citrus, and tomatoes using cold plasma treatment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Based on the results it is confirmed that the effect of cold plasma treatment is found to be more effective in controlling microbial growth without altering the quality of the products (lettuce, tomato and citrus)</li> </ul> <p>8. Development of antimicrobial edible coating for tomato and citrus for shelf life enhancement.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The edible antimicrobial coating inhibited the microbial growth on the surface of tomatoes and citrus fruits, and further confirmed the shelf life stability during storage period.</li> </ul> <p>9. Development of surface disinfection technology for citrus fruit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• We had developed the optimized combination treatment, which can maintain the physicochemical properties of citrus fruits during storage, in addition it enhances the antimicrobial effect by incorporating the cold plasma or the antibacterial coating technology.</li> <li>• Samples treated with the combined treatment method were stored in a gas exchange package (Modified Atmosphere Packaging), and enhancement of shelf life stability of citrus fruits during the storage period was confirmed.</li> </ul>
<p>Expected Contribution</p>	<p>○ <b>Achievements and plans</b></p> <p><b>1. Technical and scientific aspects</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establishment of optimized sterilization process and field application model especially toward fresh processed agricultural produce</li> <li>• Promotes production of safe and high quality agricultural products based on our team developed sterilization and processing technology</li> <li>• It is possible to apply the developed sterilization technology to the fields as well as the fresh processed food industry.</li> </ul>

	<p><b>2. Economic and industrial aspects</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercialization of effective microbial control technology towards fresh agricultural produce based on high efficiency sterilization technology, active surface coating technology and antibacterial packaging technology</li> <li>• Mainly the technology contribute towards increase of producer economical profit and industrial profit by securing the safety of the fresh agricultural products</li> <li>• Safe and healthy dietary improvement and national health promotion by safe fresh produce</li> </ul>				
Keywords	Pre-processed agricultural products	Fusion natural product	Field application	Surface sterilization	Nano-active calcium

## 6. 영문목차

### < Contents >

1. Outline of research and development .....	15
2. Status of domestic and overseas technology development .....	21
3. Research content and results .....	26
Section 1 Investigation on the microbial contamination level of fresh produce agricultural products and fresh processed products .....	37
Section 2 Disinfection of harmful microorganisms using environmentally friendly disinfectants (in vitro) .....	47
Section 3 Development of Eco-friendly high efficiency cleaning, sterilization and processing of fresh agricultural products and fresh produce to extend the shelf life .....	58
Section 4 Application and commercialization of eco-friendly high efficiency cleaning and sterilization processing technology .....	97
Section 5 Development of active calcium and its efficiency towards surface sterilization of fresh produce .....	130
Section 6 Development of Mass Production of Active Calcium and its efficiency towards Surface Sterilization of Fresh Agricultural Produce .....	140
Section 7 Research and development of high-concentration liquid active calcium formulations .....	149
Section 8. Analysis on quality change of fresh agricultural produce based on nutritional and physiological characteristics .....	175
Section 9 Selection of new natural materials applicable to sterilize agricultural products and comparison with existing cleaning treatment .....	207
Section 10 Optimization of natural substances based on stability during fresh produce storage condition .....	295
Section 11 Development of sterilization technology for post cold plasma agricultural produce .....	329
Section 12 Development of antibacterial and edible bio-coatings for fresh agricultural produce .....	359
Section 13 Development of technology for surface sterilization of agricultural produce .....	383
4. Goal Achievements goal and contribution to related field .....	453
5. Application based on research results .....	460
6. Information on overseas science and technology .....	462
7. Safety aspects on research and development achievement .....	465
8. Research facilities registered in the national science and technology comprehensive	



information system .....	466
9. Implementation of safety measures in laboratories based on research and development .....	466
10. Project results based on developed technology .....	467
11. Other .....	467
12. References .....	468

## 7. 본문목차

### < 목 차 >

1. 연구개발과제의개요 .....	15
2. 국내외 기술개발 현황 .....	21
3. 연구수행 내용 및 결과 .....	26
제1절 신선 농산물 및 신선 가공품의 위해미생물 오염도 조사 분석 .....	37
제2절 친환경 살균제를 이용한 위해 미생물의 살균 효능 탐색( <i>in vitro</i> ) .....	47
제3절 신선 농산물 및 신선 가공품의 친환경 고효율 세척, 살균, 가공기술 및 선유통기한 연장기술 개발 .....	57
제4절 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용 및 상용화 .....	93
제5절 신선 농산물의 표면살균에 효과적인 활성칼슘 개발-시험로 및 대형로 .....	130
제6절 신선 농산물의 표면살균에 효과적인 활성칼슘의 양산공정 개발 .....	140
제7절 고농도 액상 활성칼슘 제형화 연구 및 개발 .....	149
제8절 신선 농산물 품질변화 정보 입수 및 영양성분 및 생리활성 성분 분석 .....	175
제9절 신선 농산물에 적용 가능한 새로운 천연물질 선정 및 기존 세척처리와 효과 비교 .....	207
제10절 선정된 최적 천연물질의 안정성 조사 및 저장 중 효과검증을 통한 실용화 system 조건 수립 .....	295
제11절 Cold plasma 처리를 이용한 농산물 세척 후 살균 기술 개발 .....	329
제12절 신선 농산물용 항균 가식성 코팅 개발 .....	357
제13절 농산물 표면 살균 병합 기술 개발 .....	383
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	453
5. 연구결과의 활용계획 등 .....	460
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	452
7. 연구개발성과의 보안등급 .....	465
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황 .....	466
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 .....	466
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적 .....	467
11. 기타사항 .....	467
12. 참고문헌 .....	468



# 1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

## 1-1. 연구개발 목적

- 신선 가공 농산물의 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술 개발
- 친환경적 표면살균소재 및 상용화 기술개발
- 신선 가공 농산물의 영양성분 방지 및 선도유통기한 연장기술 개발
- 신선 가공 농산물의 표면살균 및 능동형 표면코팅기술 개발

## 1-2. 연구개발의 필요성

### 가) 신선 가공 농산물의 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술 개발

- 현재 신선편의용 농산물 시장 규모는 5,900-6,900억 원으로 전체 농산물 시장의 3.3-3.9% 수준으로 추정되며 특히 유기농 채소의 소비가 꾸준히 증가하고 있는 가운데 유기농 식품의 시장 규모가 매년 20% 이상의 증가율을 보이며 성장하고 있음.
- 그러나, 신선농산물의 경우 식중독균이 육류 등에 비해 상대적으로 적음에도 불구하고 별도의 가열조리 없이 섭취되므로, 높은 위해도를 가지고 있음.
- 미국의 경우 1990년부터 2001년 사이에 오염된 신선 채소 등으로 인한 식중독 사고는 총 148 건으로 이는 모든 식중독 사고 중 9%에 해당됨.
- 우리나라 원인식품별 식중독 발생 건수 및 환자수('12년)는 야채류 및 그 가공품(24건, 1,546명), 어패류 및 그 가공품(16건, 326명), 복합조리식품(9건, 157명), 육류 및 그 가공품(6건, 231명)로 “야채류 및 그 가공품”에서 가장 높은 발생빈도를 보이고 있으며, 신선농산물에 대한 소비자의 수요가 급증하고 있음.

### 나) 친환경적 표면살균소재 및 상용화 기술 개발

- 생체 과·채류(fresh fruit and vegetable)는 수확 후에도 생명유지에 필요한 원동력으로서 energy를 필요로 하며 이러한 에너지는 호흡을 통해서 얻게 된다. 보통 호흡작용이라는 현상은 생물이 산소를 취하여 체내에서 효소적 산화를 통해 저장성분을 분해하여 에너지를 유리시키고 체외에 CO<sub>2</sub>와 물을 배출시키는 반응이다. 보통 호흡은 위와 같은 유기 호흡(aerobic respiration)을 의미하나 이에 반하여 산소가 존재하지 않은 상태에서는 acetaldehyde, ethanol등의 중간생성물이 생성되고 이것이 점차 축적되어 이상생리가 발생 함으로써 변질, 부패에 이르게 하는 무기호흡(anaerobic respiration)이 일어난다.
- 과일이나 채소에서 발견되는 세균균은 매우 다양한데, 신선 야채류의 주요 오염 미생물은 *Pseudomonas*와 *Erwinia* 속으로 초기 균수는 대략 g당 10<sup>5</sup> cfu 정도로서, 채소의 변질에 관여하는 병원미생물은 150종류이상이라 알려져 있다. 이들 중에서 포장에서 생

육하는 동안 채소의 병원성을 나타내는 사상균인 *Fusarium*속, *Botrytis*속, *Phytophthora*속, *Alternaria*속과 수확 후의 채소를 부패하게 하는 *Rhizopus*속과 변패성 세균이 특히 중요함.

- 특히 채소류의 경우, 대부분 저 산성(pH 5.8-6.0) 식품으로 분류되고 높은 수분 함량을 지니며 단면의 수가 많아서 미생물 생육에 이상적인 조건이 될 수 있는 있다. 또한 채소류의 조직이 과실류와 달리 엽부가 매끄럽지 못한 요철형구조로 되어있거나 적층구조로 되어 있으며 또한 상추, 깻잎 등과 같이 세척 시 엽부간의 결착으로 인하여 세척작업이 용이하지 않아 항상 소비자의 위생안전성에 유해한 영향을 미칠 위험성을 안고 있다.
- 농산물의 세척은 건조 전 원료산물에 부착된 이물질 즉, 흙, 먼지, 미생물 및 농약 등의 오염물질을 물 또는 압축공기 증기 등으로 제거하기 위한 공정으로, 침지식, 유수식 및 분 사식으로 구분되며, 세척효과를 높이기 위하여 와류 및 공기분사 등의 물리력을 높이거나 염소수, 전해산화수, 오존수 등의 살균수를 활용하는 등의 방식을 혼합하여 사용하고 있음
- 살균수의 종류로는 염소수, 암모니아수, Sod. hypochlorites, 오존수, 전해산화수 등 화학 합성품에서 천연물에 이르기까지 매우 다양한 종류가 보고·시판되고 있으며, 이중에서도 염소수가 가장 일반적으로 이용되고 있다.
- 그러나 염소수는 과량으로 사용 시 제품품질에 미치는 악영향과, 유기물을 산화하여 클로로포름(chloroform,  $\text{CHCl}_3$ ), 트리할로메탄(trihalomethane)과 같은 바람직하지 못한 부산물을 생성하기도 하며, 강알칼리 조건에서는 유기질소화합물과 반응하여 클로라민(chloramine)과 같은 유독물질을 발생시킬 우려가 있으므로 사용에 항상 주의를 해야 하며 보통 200ppm이하의 농도를 권장하고 있어 기대되는 살균효과가 높지 않음.
- 본 연구개발에서 개발하고자 하는 기술은 세척이 곤란한 신선 과일/과채류 및 채소의 위생 안전성을 확보하기 위한 생산지에서의 세척방법의 하나로서 활성칼슘 및 다른 천연물질이 함유된 안전한 살균물질을 사용함으로써 소비자에게 보다 안전한 신선농산물을 공급함과 아울러 펙틴 분해능이 있는 *Pseudomonas spp.*가 유발하는 세균성 연부중(bacterial soft rot)을 억제하고 또한 칼슘염에 의한 신선농산물의 경도 증진효과 기대와 신선농산물의 장기유통에 기여하는 유익한 기술이 될 것으로 기대됨.
- 칼슘(Calcium)은 각종 생명체의 구성과 활동에 필수적인 미네랄 성분 중 하나이다. 동물의 경우 뼈와 혈액의 조성 및 생성에 필요한 성분일 뿐만 아니라, 심장이나 뇌의 정보전달 기능을 담당함.
- 식물에 있어 칼슘은 분열 조직의 성장 및 뿌리 발육에 중요한 요소이며, 신진대사의 결과로 생기는 유기산을 중화하는 역할뿐만 아니라 마그네슘, 칼륨 및 나트륨의 과잉흡수를 억제하는 길항작용도 함. 칼슘이 부족한 경우 여러 종류의 병에 대한 저항력이 떨어지며, 이상 현상이 나타나는데, 이와 같이 칼슘은 동·식물의 생명체 활성 유지에 중요한 역할을 하는 원소로서, 건강기능식품이나 식품첨가물 등 다양한 용도로 개발되고 있음.
- 외국에서 개발된 천연물 유래 살균제인 자몽추출물, 유카추출물 등은 값이 비싸고 신선농산물의 맛이 변질될 가능성 등의 단점이 있음.
- 이에, 국내 원료가 풍부하고 안전한 천연물 유래 신선농산물 표면살균제 개발이 확대되고 있는데, 이러한 요건들을 충족시킬 수 있으며 주목받고 있는 물질이 화학처리를 하지 않

으며 강력한 살균작용을 가지는 패각류 유래 소성칼슘임.

- 천연패각(새꼬막)을 고온소성하고 전기분해하여 제조하는 활성칼슘은 세계적으로 식품첨가물로 인정되어 있으며 탁월한 살균효과를 가지는데, 수용액 상태에서  $\text{Ca}^{++}$  이온과  $\text{OH}^-$  기의 강력한 작용과 높은 pH로 세균증식억제 효과를 나타내며 안전할 물질임.
- 대량생산 기술이 확립될 경우, 활성칼슘 분말 1kg당 제조원가는 원료세척비 300원, 소성 비용 1,500원, 전기분해 비용 1,000원, 분쇄비 500원 정도로 포장비를 포함하여도 4,000원/kg을 초과하지 않음.
- 또한, 나노입자급 활성칼슘 제조를 위해서, 샘플로 외부기관에 위탁하여 가공을 해 본 바, 추가적인 분쇄비용은 1,000원/kg 정도가 더 소요되었음.
- 상기, 나노입자급 활성칼슘 분말로 0.1% 농도의 액상을 제조할 경우, 1리터의 액상 활성칼슘의 제조원가는 분말대금 500원과 물 값 및 작업비용을 포함하여 100원 등 600원을 초과하지 않음.
- 1리터의 나노입자급 액상 활성칼슘으로 신선농산물 표면살균 처리를 할 경우, 재사용이 가능하므로 신선농산물 약 5kg정도를 처리할 수 있을 것으로 예상하므로, 신선농산물 1kg당 표면처리 비용은 120원을 초과하지 않음.
- 1리터의 나노입자급 액상 활성칼슘으로 신선농산물 5kg을 표면살균 처리를 할 경우, 거의 신선농산물에 활성칼슘이 함유될 것이므로, 신선농산물 1kg당 활성칼슘 함유량은 200mg 정도로 예측할 수 있음.

#### 다) 신선 가공 농산물의 영양성분 방지 및 선도유통기한 연장기술 개발

- 최근 소비자들은 천연성과 안전성이 검비된 제품을 선호하는 경향이 있기 때문에 천연항균물질을 통한 가공농산물의 미생물학적 안전성 및 품질유지를 위한 처리는 소비자들의 관심을 집중시킬 수 있음.
- 현재 가공식품의 저장, 유통 중 품질 유지를 위해 heating, pulsed electric fields, ultrasound, ionizing radiation 등 물리적 방법과 더불어 합성 보존료, 화학적 첨가제 등의 화학적 방법을 사용하고 있음. 하지만 화학적 보존료에 대한 소비자들의 부정적인 인식이 증가하고 있으며, 이와 같은 보존제는 발암성, 간독성 등 많은 부작용이 보고됨에 따라 안전성에 문제가 없는 천연항균물질의 개발이 필요한 실정임.
- 현재 식품산업에 사용되고 있는 천연항균 물질로써 avidin, lysozyme과 같은 단백질, medium chain fatty acid, essential oil, 프로폴리스 등이 연구되어지고 있음.
- 국외에서는 가공식품의 발달과 소비증가로 천연물질의 적용을 통해 식품의 선도유지 및 식중독을 예방함.
- 특히 미국에서는 다양한 종류의 천연항균 물질에 대한 관심이 증가하고 있고 연구가 많이 되고 있으며, 장기간 식용으로 사용하였던 천연물에 대해 generally recognized as safe (GRAS)로 지정하고 있음.
- Avidin은 egg white에서 발견되는 단백질로 미생물 생육에 필요한 4분자의 biotin과 결합하는 특성을 가지기 때문에 미생물의 성장을 억제하는 역할을 하지만 식품에는 거의 적용되지 않음.

- Lysozyme은 다양한 foodborne pathogen을 포함한 다양한 미생물에 대한 생육억제 효과를 가짐. 낮은 독성, 특정 박테리아나 곰팡이 등에 대한 specific activity를 가지며 다양한 condition에서 stable한 특성을 가지기 때문에 식품 적용에 적합함.
- Medium chain fatty acid는 일반적으로 탄소를 6-12개 포함한 지방산으로 인지질 이중층으로 이루어진 세포막에 작용하여 미생물 생육 억제효과를 가지며, 특히 전자전달계에 작용하여 에너지대사를 억제함.
- 일반적으로 탄소수 10개인 capric acid, 12개인 lauric acid가 가장 높은 항균 활성을 가짐.
- Propolis의 경우 천연산물로써 환경 친화적이며, 섭취 후 독성이 거의 없기 때문에 식품에 사용할 수 있으며, 그 항균성 또한 연구되고 있음.
- Essential oil의 경우 식물로부터 유래된 것으로 주로 leaves (rosemary, sage), flower bud (clove), bulb (garlic, onion), fruit (pepper)에 함유되어 있음.
- Essential oil은 천연항균물질로써 GRAS 물질임. 천연항균물질을 가공 농산물에 적용함에 따라 합성화학물질에 대한 소비자의 불신을 해소할 수 있음.
- Essential oil 중 thymol, carvacrol, linalool 등의 terpene, terpenoid가 미생물에 작용하여 항균작용을 함.
- Oregano 또는 rosemary 등 대부분 essential oil의 주요활성성분인 carvacrol은 미생물의 세포막 사이의 pH gradient를 감소시킴으로써 proton-motive-force를 파괴시켜, 미생물 내부의 이온, ATP, 핵산, 아미노산 등 물질의 세포의 유출현상을 유발함으로써 항균작용을 나타냄.
- Plant extract 또한 다양한 polyphenol 화합물을 함유하고 있어 항균성을 가짐. 특히 녹차추출물의 경우 epicatechin, epicatechin gallate, epigallocatechin, and epigallocatechin gallate 등의 polyphenol을 함유하고 있어 뛰어난 항균력을 가짐.
- Grapefruit seed extract(GSE)는 항균성과 항산화성을 모두 가진 물질로써, 그람 양성균과 음성균에 모두 효과 있으며, 곰팡이 억제에도 효과가 있음. GSE는 균의 세포벽을 파괴하고 세포 내용물을 외부로 유출시켜 균의 성장을 억제하여 항균성을 나타냄.
- 천연 항균물질을 가공식품에 적용한다면 위해미생물 저감 등 식품의 위생부분에 대한 소비자들의 불신 해소 및 국민 건강 증진시킬 수 있음.
- 하지만 이러한 천연물질들은 그 특유의 향, 맛 등의 관능적인 측면에서 신선 가공 농산물 등 식품 보존제로 사용하기에 적합하지 않음.
- 기존에 많이 연구되고 있는 중쇄지방산 (127원/mL), essential oil (151원/mL)은 선도유지 및 미생물 저감화를 위해 농산물에 이용하기에는 가격이 비쌈.
- 또한, 적용대상 농산물, 항균물질 종류 등에 따라 그 항균력이 매우 낮아 높은 농도로 사용해야 하는 경우가 있음.
- 특히 essential oil은 대부분 식물으로부터 추출하기 때문에 독특한 향, 맛을 가지기 때문에 가공 농산물에 적용 가능한 것을 선정하는데 어려움. 또한 실용화를 위한 식품 적용에 대한 연구가 미흡한 실정임.
- 현재 농산물을 포함한 다양한 식품의 미생물학적 안전성과 저장 중 품질 유지를 위한 연구로 유기산과 다양한 nano-particle 입자를 이용하는 경향을 보이고 있음.

- 유기산은 식품의 부패방지 및 shelf-life 증대를 위한 식품첨가물 및 보존제로써 세포 내 pH를 저하시키고 세포막의 안전성을 약화시켜 세포대사를 방해하여 미생물의 생육을 억제함. 주로 citric, malic, fumaric, lactic acid 등을 이용함.
- 하지만 *E. coli* 등 몇몇 미생물은 유기산에 대한 저항 매커니즘을 가지기 때문에 주로 다른 살균제 또는 살균기술과 병행하여 synergist로 사용됨.
- Nano-particle은 항균성이 알려진 chitosan, silver, curcumin, montmorillonite 등을 ion exchange reaction 등의 반응을 통해 nano particle화한 것으로, 샐러드용 채소, 과일 등에서 항균활성을 가짐.
- 또한 carbon-based nanomaterial인 carbon nanotube (CNTs), aqueous fullerence (nC<sub>60</sub>)과 더불어 iron oxide nanoparticle 등을 이용한 다양한 유해균 저감화를 위한 소재로 연구되고 있음.
- 따라서 본 연구에서 신선 가공 농산물에 적용할 천연물질인 활성칼슘에 경우에도 그 효과를 더욱 증진시키기 위해 나노입자화 하여 농산물에 적용할 예정임.
- 또한 기존에 연구되어진 천연물질 중 Aloe vera peel extract, mustard seed meal extract, grape seed extract를 이용하여 새롭게 개발된 천연물질과 그 활성 및 효과를 비교할 예정임.
- 라임 껍질, 씨, 과육, 또는 아몬드로부터 추출한 천연물질은 다양한 polyphenol 화합물을 함유하고 있어, 식중독 발병 원인균인 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* 등의 유해균에 대한 항균효과가 보고됨.
- Aloe vera peel extract는 aloe vera에 비해 연구가 많이 이루어지지 않고 있으나, 항균 효과가 검증됨. 특히, aloe vera peel은 aloe 잎의 절반을 차지하며, 가공 공정 시 발생하는 폐기물임. 향이 강하지 않고, 폐기물을 이용하여 천연물질을 추출할 수 있기 때문에 저렴한 천연물질로 사용할 수 있을 것이라 판단됨.
- Mustard seed meal은 오일 착유 후 남는 박으로 glucosinolate를 함유하고 있어, 효소에 의한 분해 등 다양한 반응에 의해 hypothiocyanite, hypothiocyanous acid 등을 생성하여 미생물의 생장을 억제하는 작용을 함.
- Grape seed는 와인이나 주스 생산 시 발생하는 부산물로 물을 이용하여 고온에서 손쉽게 polyphenolic compound를 포함한 extract를 추출할 수 있으며 Everything Added to Food in the United State (EAFUS) 및 GRAS로 승인되어 신선 농산물에 사용하기에 적합하다고 판단됨.

#### 라) 신선 가공 농산물의 표면살균 및 능동형 표면코팅기술 개발

- 기존 살균기술의 한계를 극복할 수 있는 농산물 살균, 보존 기술과 농산물의 안전성, 영양성분 보존, 저장성 증진을 위해 새로운 포장코팅 기술이 접목된 현장적용 중심의 신규 농산물 살균 기술 개발 필요함
- MAP는 미생물을 저감화하는 기능은 약하지만, 신선 수산물을 살균소독 처리 후에 저감화된 미생물을 유지시킬 수 있는 효과가 있음. 하지만 MAP는 포장재질, 포장 내 기체상



태 등 여러 요소에 따라 그 효과가 매우 달라질 수 있음. 또한 신선농산물의 그 표면과 농산물 특징에 따라 이용 가능한 포장법이 제한됨 ⇨ 본 연구에서는 MAP 포장법을 활용하여 신선편이농산물별 효과적인 포장 기술을 개발할 것임.

- 과채류의 미세 구조 및 매트릭스(matrix) 유지를 위한 가공 처리 기술의 필요  
세척 후 과일 저장 시 품질 저하와 미생물 오염을 방지하여 과일 제품의 가치를 향상시킬 수 있는 기술로서 가식성 코팅에 대한 연구가 필요함
- 이러한 다양한 요구와 필요성 관점에서 본 연구 과제는 친환경소독제인 “미산성 차아염소산수(微酸性 次亞鹽素酸水)”와 “유기산/활성칼슘/천연항균물질”을 병용처리한 후 물리적 살균기술인 “마이크로버블/초음파/자외선”을 활용하여 신선농산물에서 식중독 미생물의 살균, 세척효능 및 가공기술의 특성평가를 통하여 실제 산지에서 실용화할 수 있는 현장 적용 표면살균 기술을 개발하여 신선농산물 및 신선가공품의 위해요소를 제거함으로써 소비자에게 신뢰감과 안전한 먹거리 농산물을 제공할 필요가 있음.

### 1-3. 연구개발 범위

- 천연자원 유래 신규 복합 천연 항균소재를 이용한 최적화 세척/살균/가공기술 개발
- 미산성 전해수 기반 융복합 천연 항균소재를 통한 고위험/고수요 농산물의 위해인자 제어기술 개발
- 신선 농산물 및 신선 가공품의 위해미생물 오염도 조사 분석 및 친환경 살균제 효능 탐색
- 활성칼슘의 양산기술 개발과 신선 농산물 표면살균 처리 효율 증진을 위한 나노화 제형 연구
- 신선 농산물의 주요 영양성분, 생리활성 성분 분석 및 기존 천연물질 효과 분석
- Cold plasma 처리를 이용한 농산물 세척 후 살균 기술 개발
- 신선 농산물 및 신선 가공품의 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술 및 선도유통기한 연장 기술 개발
- 활성칼슘의 양산공정 확정과 나노화 제형 활성칼슘의 대량 생산기술 개발
- 신선 농산물에 적용 가능한 새로운 천연물질 선정 및 기존 세척소재와의 비교를 통한 효과 검증
- 신선 농산물용 항균 가식성 코팅 개발
- 활성칼슘의 양산시설 확보와 고농도 액상 활성칼슘 제형화 기술개발 및 상용화
- 선정된 최적 천연물질의 안정성 조사 및 저장 중 효과검증을 통한 실용화 system 조건 수립
- 신선 농산물 적용 신소재 항균 표면 살균 병합 기술 개발
- 친환경 표면살균 소재와 능동형 코팅기술개발을 통해 안전성이 확보된 미생물제어 고품질 연장기술과 현장적용 최적화 모델구축
- 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용 및 상용화

## 2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
------	------

### 1. 국내외 전해수 기술개발 현황

- 전해수(Electrolyzed Water, EW)는 산 또는 식염수를 전기 분해의 방법으로 얻어지는 것으로 차아염소산(HOCl)을 주성분으로 하는 수용액임.
- 식품의약품안전처는 미산성전해수(미산성 차아염소산수, Slightly Acid Electrolyzed Water, SAEW)를 염산 또는 염산에 염화나트륨 수용액을 무격막 전해조에 적용하여 생산되는 수용액(pH 5.0-6.5, 유효염소 10-80 ppm)으로 정의하고 있으며, 이러한 미산성전해수는 미생물, 바이러스, 조류에 이르기까지 광범위한 살균효능이 있고 인체에 안전, 환경 친화적인 특징이 있어 전세계적으로 식품산업을 포함한 다양한 분야에 사용되고 있음.
- 전해수를 처음 개발한 일본에서는 전해수를 제조 방법에 따라 강산성전해수와 미산성전해수로 구분하며, 의료기기의 살균 등에 사용하고 있음.
- 미산성전해수는 일본 후생노동성(Ministry of Health, Labour and Welfare, MHLW)에서 식품첨가물인 살균소독제로 지정되고 농산물을 다루는 다양한 식품 산업체에서 사용됨.
- 미국에서도 안정성을 인정받아 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)에서는 과일·채소류 세정, 농무부(United States Department of Agriculture, USDA)에서는 장내 미생물의 제균 등을 목적으로 전해수 사용을 허가하였음.
- 우리나라의 경우 2007년 강산성차아염소산수와 미산성차아염소산수가 과일류·채소류의 살균제로 지정되었으며, 식품의약품안전처는 최종 제품이 완성되기 이전 제품에서 제거해야 한다고 명시함.

### 2. 국내외 활성칼슘 기술개발 현황

- 국내에서 패각류를 사용하여 소성칼슘을 제조하는 회사들은 많으나 고 순도의 활성칼슘(95% 이상)을 제조하는 회사도 드물며 이온화된 활성칼슘을 생산하는 기술력은 없으며, 품질이 저급하여 전량을 토양비료로만 만들어 사용하고 있는 현실임(지식경제부 홈페이지 참조).
- 칼슘제품 중에서 소성칼슘은 수용화하기가 극히 어려운 물질로 알려져 있으나, 자연계에서 추출하는 활성칼슘은 비교적 물에 잘 녹으며, 이 용액을 활용하면 각종 신선농산물 및 식품 처리소재로서의 적용범위가 대단히 넓다고 할 수 있음.
- 또한, 응용물질을 양산할 수 있는 생산기술과 각종 신선 농산물별 특성에 맞는 적정농도와 처리방법을 탐색해내는 연구가 조속히 이루어져야 될 것임.
- 고도로 활성화된 칼슘만이 나타내는 특이적인 효과를 바탕으로, 무독성으로 안전하게 사용할 수 있는 활성칼슘 유래 표면살균제로 개발이 된다면, 이의 수요는 대단히 많을 것이라 할 수 있을 것임.
- 활성칼슘과 그 용액의 제조에 관한 사항은 국내·외를 막론하고 동일한 물질은 현재까지는 존재하지 않는 것으로 조사되어 있고, 분말상태의 물질은 순도에서 매우 차이가 나는 제품들이 주로 일본에서 상용화되어 있으나, 이온화가 되어있는 정도가 떨어져 효과나 기능면에서 큰 차이를 보임.(예 : 일본의 경우, CaO순도가 87% 이상이면 식품첨가물로 사용가능함) (우리나라는 CaO순도가 95% 이상이어야만 식품첨가물로 등록됨)

- 활성칼슘의 경우, 가장 개발이 활발한 일본의 패각 소성칼슘 순도 90.0%이상의 제품이 국내로 많이 수입되고 있는 실정이나, 활성칼슘과 같은 CaO 순도가 95%이상이 되는 제품은 거의 없고 이온화된 칼슘이 아니며, 이온화 정도의 차이와 전도도/체내흡수력/pH 등에서 현격한 차이가 나는 제품만 개발되어 시판되고 있음.
- 활성칼슘과 관련하여 해외 주요 특허기술을 검색한 결과, 미국은 1977년에 출원이 시작되어 1995년부터 2003년까지 활발한 특허활동을 보이다가 최근 감소하는 경향을 나타내고 있음.
- 일본의 경우 활성칼슘과 관련된 특허기술을 검색한 결과, 증가율은 낮으나 꾸준한 출원이 이어지고 있음. 주요 출원인으로는 Zengen가 최다 출원하였으며 다음 순으로, Epitopix, Guign, UBE 등이 있음. 주요 특허를 살펴보면, 일본 특허 제1994-300216호 “천연 패각으로부터 건강음용 칼슘분말을 제조하는 방법”은 순도가 높은 건강 음용제를 위한 칼슘분말 제공을 목적으로 하고 있음. 각종 패각을 900~1400℃에서 약 30분간 소성, 냉각 후 수증 방치, 석회유 조제, 탄산가스 유입, 침강성 탄산칼슘 건조단계에 관한 내용을 포함하고 있음. 일본 특허 제1997-219713호 “패각류를 이용한 살균제, 향균제의 제조법”은 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 철, 아연 등의 금속원소를 이온화하여 향균제 및 살균제 제조에 활용할 수 있는 기술임. 패각류를 10mm 전후로 파쇄하고, 350℃에서 30분, 500℃에서 15분, 850℃-1200℃에서 60분 동안 가열 소성한 후, 분체를 전기로에 투입하는 것을 특징으로 한함.

### 3. 국내의 천연 항균 물질 기술개발 현황

- 국내 천연 항균 물질에 대한 연구는 주로 프로폴리스, 중쇄지방산, 천연추출물을 이용한 것이며, 천연 항균 물질을 이용한 연구는 주로 새로운 천연물질을 개발하여 그 항균성을 검증하는데 초점이 맞추어져 있음.
- 특히, 식품 적용보다는 항균 물질 자체의 유해균에 대한 항균성 검증과 관련된 기초연구가 이루어지고 있기에 식품에 대한 적용, 실용화에 관한 연구는 미흡한 실정임.
- 또한, 연구되어지고 있는 항균 물질들이 실용화하기에는 가격이 높고, 식품 적용에는 적합하지 않은 문제가 있어 식품 적용에 적합한 저렴한 천연 물질 소재 개발이 시급함.
- 프로폴리스와 열처리를 통한 돼지고기에서의 *E. coli* O157:H7의 성장패턴 분석 (김윤하 외 2013)
- 다양한 종류의 유기산과 중쇄지방산 병합처리를 통한 *E. coli* O157:H7 저해 효과 검증 (이민석 외 2013)
- 잣잎과 잣껍질로부터 다양한 추출법에 따른 추출물을 얻어 항균효과 검증을 통해 생리활성 효과 및 천연항균제 등 기능성 소재 개발 (김화선 외 2012)
- Chitosan, adipic acid, 식물유래 천연항균소재 (계피, 금전초 추출물)를 이용한 식품 부패균주에 대한 항균활성 검토 및 식품 보존제 개발 (박나영 외 2012)
- Leafy green vegetable extracts를 사용하여 meat product 저장과 향산화, 항균효과를 평가 (한재준 외 2012)
- 에탄올 추출법을 통해 추출된 한국 프로폴리스의 식품 유해균 성장 억제 및 식중독균의

biofilm 형성억제능 검증 (김윤하, 정현정 2011)

- Chitosan과 자몽종자추출물을 함유한 항균제제의 식품보존제로서 활용가능성 검증을 위한 식품에 대한 처리효과 검토 (박나영 외 2011)
- Propolis의 주요 병원성 세균들에 대한 항균작용 효과검증, flavonoids 함량에 따른 항균 작용의 차이, ethanol 농도와 propolis 회수율 및 flavonoids 함량 연구 (조정순 외, 2005)
- 식품의 저장성을 연장하기 위한 천연보존제로서의 GSE를 이용한 대표적인 채소류 당근, 시금치의 저장성 향상 연구 (김미정 외 2005)
- 국외 천연 항균 물질에 관한 연구는 국내에 비해 다양한 종류의 천연 물질을 실험에 사용하고 있는 추세임.
- 특히, 식품에 직접 적용하여 항균 효과를 검증하거나 식품의 품질 변화를 측정하는 것이 대부분의 연구 형태임.
- 국내에서 사용 및 연구되는 천연 물질들은 주로 항산화제 종류로 한정적인데 반해 국외 연구는 다양한 재료로부터 천연 물질을 추출하여 사용하는 경우가 많음.
- 국외에서는 Table 1과 같이 다양한 식품 가공 부산물로부터 항균성 물질을 추출하여 *E. coli*, *S. Typhimurium* 등과 같은 유해미생물의 저해 효과를 규명하고 있는 상황임.
- 따라서 국내에서도 다양한 천연물질 소재의 개발을 통해 유해균에 대한 효과 검증 및 식품 적용을 통한 실용화 연구가 필요한 실정임.

**Table 1. 식품 가공 부산물에 따른 천연 항균 물질**

Food by-product	Major component	Target organism
Apple peel	Phenolics, flavonoids	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i>
Almond skin extract	Phenolics, flavonoids, tannin	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i>
Coconut husk	Phenolics compounds	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>V. cholera</i>
Green tea waste	Tannins	<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i>
Tomato seed	Fatty acid, carotenoids, phenolic compounds	<i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>E. faecalis</i>
Potato peel	caffeic, gallic acid	<i>E. coli</i> , <i>S. Typhimurium</i>
Walnut green husk	Phenolic compounds	<i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>B. subtilis</i>
Legume hull	Polyphenolic compound	<i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i>

- 다양한 유기산, essential oil, surfactant를 각각 토마토에 적용하여 *S. Typhimurium*에 대한 항균효과 및 품질변화 등에 대한 연구 (미국 2014)
- Propolis 추출물을 적용한 쇠고기 패티의 냉장 보관 중 미생물학적 안전성 및 지방산패 특성을 통한 프로폴리스 추출물의 효능 검증 (멕시코 2014)
- Propolis (*Apis mellifera*) film을 달걀에 적용하여 shelf life 증진 (브라질 2013)

- Propolis ethanol 추출물 적용을 통한 용과의 저장 중 수확 후 품질 유지를 위한 연구 (말레이시아 2013)
- 식물유래 천연항균 물질 (Jjoba Simmondsia chinensis, Jatropha curcas, Panax ginseng and ginger, Zinger officinale extract)을 사용하여 lamb patties에 항균효과를 평가 (이집트 2012)
- 중쇄지방산인 caprylic acid 농도별로 처리하여 *Vibrio harveyi* 와 *V. parahaemolyticus*의 성장 저해 연구 (인도 2011)
- Propolis ethyl acetate extract를 이용한 항균효과 검증 및 inoculation된 citrus fruit에 적용하여 유해 미생물 저감화 효과 검증 (중국 2010)
- Gram-negative pathogens에 대한 다양한 지방산 (lauric acid, myrisric acid, palmitic acid)의 항균효과 분석 및 천연항균제 개발에 관한 연구 (이탈리아 2009)

#### 4. 국내의 표면살균 및 표면코팅 기술개발 현황

- **Cold plasma 살균 기술** : 식품의 오염으로 인한 식중독 사고가 빈번하게 발생하고 있으며, 사고가 발생하는 주된 병원균은 *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, 그리고 *Shigella* spp. 등이 있음. 이에 신선 편이 식품 표면에서 성장할 수 있는 잠재적 병원성 균들에 대한 연구가 필요함.
- 그러나 과채소의 오염 방지와 위해 농산물의 병원균 제거 또는 저해에 대한 구체적인 방안이 요구되어짐에도 불구하고, 현재까지 이용되는 수확 후 편이 세척과 살균 처리 방법은 병원균을 주로 2 log 이하의 밖에 저해시키지 못함.
- 콜드 플라즈마는 비가열 식품 처리 기술 중의 하나로 플라즈마 기둥(plume)을 이용하여 섬유, 유리, 전자, 종이, 그리고 기타 제품을 처리하기 위한 가공 공정으로 넓게 사용되고 있음.
- 2000년 이후 cold plasma를 이용한 식품 살균에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있음.
- 병원균들과 부패 미생물을 사멸시키기 위한 다양한 cold plasma 장비 개발과 처리 조건들이 보고되고 있으며, 이들 연구를 통해 cold plasma는 새로운 식품 비열살균기술로서 가능성을 보여주고 있음.
- 최근 국내 플라즈마 기술연구센터는 농산물의 발아와 성장을 촉진하고 토양 살균, 질소비료 대체, 수확 후 농산물 살균, 포장 후 살균 등을 통해 제2의 농업 혁명을 기대할 수 있다고 발표함.
- 고효율 저탄소 기술로서 cold plasma는 전기방전에 의하여 발생하므로 형광램프와 같이 에너지 소비가 매우 효율적임. 에너지 소비는 현재의 UV-C시스템과 비슷하며, 식품의 cold plasma 살균처리는 매우 경제적인 것으로 예측됨.
- 현재 USDA에서는 cold plasma 살균 파라메타연구와 살균 시스템 개발을 활발히 진행하고 있으나 상업적인 full-scale의 살균장치는 아직 개발되지 않았음.
- **과일 항균 코팅 기술** : 신선 과일의 손실은 주로 중량 감소, 곰팡이 발병, 품질 저해에 의해 발생되며, 수확 후 손실을 줄이기 위해 주로 과실에 화학 진균제, 합성 왁스를 이용하여 처리하고 저온 저장하는 방법을 이용함.
- 그러나 이러한 처리 방법은 잔류 농약 또는 암모니아 성분이 포함된 왁스로 인한 건강과

환경에 위해 요인이 되고, 오히려 병원균이 내성을 길러 추후에 저해가 어려워 질 수 있음.

- 이에 따라 항균성분을 가진 천연 가식성 필름과 코팅제 개발에 대한 연구가 활발함.
- 식품 표면의 코팅을 통해 식품 개별 소포장이 가능하며, 코팅으로 인해 영양적, 관능적, 항균 기능 등을 부여할 수 있다는 장점이 있음.
- 가식성 코팅을 이용한 과실 저장성 증진 및 미생물학적 안전성 확보 가능함.
- 최적 항균 코팅 조건을 제시함으로써 신선 농산물의 품질 변화를 최소화하면서 안전성이 확보된 차별화된 현장 적용 기술 확립이 가능함.
- 최근 가식성 코팅은 신선 식품에 있는 성분을 증가시키는 많은 성분을 효과적으로 전달한다고 발표된 바 있음.
- 과일의 병원성 곰팡이 저해를 위한 친환경 유기체 사용은 부정적인 환경 조건과 변동의 민감도 때문에 고려할 만한 주제임.
- 과채소의 곰팡이 병을 통제하고 병원성 곰팡이들의 저항성을 낮추기 위해 효소를 함유한 천연 유기체를 개발하고 구현할 필요가 있음.
- 가식성 소재와 길항제를 병합한 코팅제 형성은 적절한 미생물 억제를 포함한 친환경 유기체(biocontrol agents)로 사용할 수 있는 잠재적 가능성을 갖고 있음.
- 신선 농산물의 품질저하를 방지하기 위해 가식성 코팅 적용이 제안됨.
- **MAP(기체조절 포장법, modified atmosphereckaging)기술**은 농식품의 유통기한 연장 과 식품의 부패를 감소시키는데 효과가 있음.
- 또한, 식품이 담긴 포장지 내의 기체 조성을 바꿔 식품의 가공 공정을 최소화 시킬 수 있는 방법으로 사용됨.
- MAP에 따른 총균수, 유산균, 주요 식중독 균의 성장 억제, MAP와 포장 필름간의 상관 관계, 그리고 MAP에 사용되는 산소, 이산화탄소, 질소 이외의 가스에 대한 연구가 활발하게 연구되어지고 있음.
- MAP 포장법의 미생물 생육 지연 및 품질유지와 관련된 연구는 현재까지 다수 연구되어 있으나, 신선편이농산물의 살균처리 기술과 포장기술의 결합효과는 별로 발표된 바가 없음.
- 신선 농산물 처리 후 저해된 병원성 미생물을 유지하기 위한 기술로써 MAP가 활용 가능할 것으로 제안됨.
- MAP는 신선 농산물이 포장된 포장지 내의 기체조성으로 인해 미생물 생육을 억제 시킬 수 있음.
- 저장 기간 동안 농·식품의 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도를 각각 감소 및 상승시키는 원리를 이용하여 저장 중 농·식품의 품질특성을 유지 시킬 수 있음.
- MAP는 호흡률, 수분 손실, 신진대사, 갈변 부패, 식품의 에틸렌 생성을 감소시킬 수 있음.
- 최근 온도와 가스 주입과 같은 MAP 공정의 모든 시스템 기능을 통제 할 수 있는 메카트로닉스와 자동화 시스템으로 발전함.
- 신선 제품과 마켓 요구를 수용하면서 MAP 공정을 가능하도록 하는 많은 요인들이 고려되어지며, 이러한 요인들은 품질, 청결도, 처리율, 탄력성, 처리 비용, 가공 수율, 그리고

장비 비용들이 포함됨.

### 3. 연구수행 내용 및 결과

	코드번호	D-05
<b>1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용</b>		
<b>가. 연구개발의 최종목표</b>		
○ 본 연구과제를 통해 신선 농산물의 미생물학적 안전성 확보와 유통기한 연장 및 품질을 향상시키는 살균세척 기술개발 및 상용화를 목표로 함.		
<b>제1절 신선 농산물 및 신선 가공품의 위해미생물 오염도 조사 분석</b>		
○ 기존 신선 농산물 처리 공정, 살균 방법 분석 및 개선점을 도출(문헌조사)하였음. : 국내외 자료 분석을 통해 신선 농산물은 수확 후 처리 미흡으로 품질 손상과 부패를 최소화할 수 있는 관리기술이나 표면 살균기술 개발이 요구되고 있는 실정인 것을 파악할 수 있었음.		
○ 국내·외 문헌조사를 통한 고수요·고위험 신선농산물 및 위해미생물 선정 : 국내 다소비 농산물(채소, 과일) 조사를 통하여 국내 고위험/고수요 농산물을 채소(상추, 시금치, 새싹채소), 과일(감귤, 사과, 방울토마토)을 선정하였음.		
<b>제2절 친환경 살균제를 이용한 위해 미생물의 살균 효능 탐색(<i>in vitro</i>)</b>		
○ 신선 농산물의 선도 유지 및 향상을 위한 천연살균제로서의 사용 가능성을 탐색하고자 미산성 전해수, 유기산, 활성칼슘, 식물추출물을 활용하여 위해 및 부패 미생물에 대해 살균 효능을 탐색하였음.		
○ 각각의 살균제의 농도별, 침지 시간별로 살균 효능을 알아보았으며 농도가 높을수록, 침지시간이 길어질수록 미생물 저해 효과가 뛰어난 것을 확인할 수 있었음.		
○ 미산성 전해수, 유기산, 활성칼슘, 식물추출물을 사용하여 위해 및 부패 미생물의 살균 효능을 탐색하였으며, 천연항균 후보 물질들의 살균효능과 경제성을 비교분석한 결과선정된 친환경 살균제는 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘이었음.		
<b>제3절 신선 농산물 및 신선 가공품의 친환경 고효율 세척, 살균, 가공기술 및 선도유통기한 연장기술 개발</b>		
○ 선정된 살균제의 온도, 농도, pH등에 따른 살균 최적화 확립( <i>in vitro</i> ): 위해 미생물에 대한 선정된 살균제의 온도, 농도, 침지시간에 따른 살균 최적화를 탐색하였음. 농도, 온도, 그리고 침지시간이 높아질수록 살균 효능이 증가하는 것을 확인하였음.		
○ 연구 수행 결과, 위해 미생물에 대한 살균제의 살균 효능의 최적 조건을 현장에 적용하는 것		

을 고려하여 0.2% 활성칼슘, 0.5% 푸마르산, 미산성 전해수 30 ppm을 실온에서 3분간 처리하는 것으로 정하였음.

- 신선채소 3종과 신선 과일 2종에 대한 친환경 살균제와 물리적 기술의 병용 최적 살균 조건 및 품질 안정성 확립(in vivo): 위에서 수행한 최적의 살균 조건을 적용하였음.
- 신선채소 3종과 신선과일 중에 위해 미생물을 접종하여 활성칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수와 물리적 기술을 병용 처리한 결과 신선 채소 3종에서는 초음파와 함께 병용 처리한 방법이 살균 효능이 높았음.
- 저장 기간 동안 신선채소 3종과 과일 2종의 미생물 생육 변화를 알아본 결과, 살균제의 병용처리 혹은 살균제와 초음파 기술의 병용 처리에 의한 살균 효능으로 증류수로 세척한 시료보다 미생물의 생육이 저해되었음.
- 신선채소 3종과 과일 2종을 대상으로 저장 기간 중의 품질 특성을 측정한 결과, 살균제+초음파 기술의 병용 처리는 미생물 저해 효과는 뛰어나지만, 친환경 살균제의 병용처리에 비해 농산물 품질 특성에 영향을 미치는 것으로 나타났음.
- 또한, 저장기간 동안 살균제를 병용처리하거나 살균제를 병용처리한 후 코팅처리하여 세척하여 미생물 생육변화를 알아본 결과, 모두 미생물 생육 한계에 도달하지 못하였으며 미생물 저감 효능이 뛰어났음.

#### **제4절 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용 및 상용화**

- 본 연구진이 개발한 세척기술(미산성 전해수, 활성칼슘, 푸마르산의 병용처리)를 현장에 적용하기 전 랩스케일로 실험한 후 안산에 위치한 (주)네떼에서 사용하고 있는 세척라인에 본 연구진이 개발한 세척기술을 적용하였음.
- 랩스케일에서 세척 후 미생물 살균 효과를 알아보았을 때, 현지공장에서 사용하는 세척방법보다 개발된 친환경 소독제의 병용처리가 우수한 것으로 나타났음. 공장 현지에 적용하여 세척효과를 알아본 결과에서도 랩스케일에서와 마찬가지로 친환경 소독제의 병용처리가 우수하였으며, 활성칼슘을 선 세척 후 미산성 전해수와 푸마르산을 병용처리한 경우 살균 효능이 우수하였음.

#### **제5절 신선 농산물의 표면살균에 효과적인 활성칼슘 개발-시험로 및 대형로**

- 시험로 및 대형로에서 폐각원료를 공정 처리한 CaO의 순도분석-소성온도와 소성시간에 따른 CaO의 순도를 분석하였음.
- 활성칼슘의 순도에 따른 용해도, 전도도, pH, 수율 등의 항목을 측정하였음.
- 타사의 천연 소성칼슘과의 전도도, ORP, pH 등의 항목을 비교 연구하였음.
- 325mesh 활성칼슘 분말 개발 완료하였음.

#### **제6절 신선 농산물의 표면살균에 효과적인 활성칼슘의 양산공정 개발**

- 폐각원료를 양산 공정 처리한 CaO의 순도분석-소성온도와 소성시간에 따른 CaO의 순도



를 분석하였음.

- 양산 공정의 조건에 따라 생산된 활성칼슘 시료들의 전기분해 조건을 확립하였음.
- 양산된 활성칼슘의 제조 조건에 따른 용해도, ORP, 전도도, pH 등 항목을 측정하였음.
- 타사의 천연 소성칼슘과의 전도도, ORP, pH 등의 항목을 비교 연구하였음.
- 1,000mesh 이상의 나노화 활성칼슘 분말 개발 완료하였음.

#### **제7절 고농도 액상 활성칼슘 제형화 연구 및 개발**

- 분말을 액상에 넣어서 분산시키는데 많이 상요하고 있는 식품첨가물 종류 중 플라인산나트륨, 아라비아검, 잔탄검, 구아검 등으로 활성칼슘 분말을 분산시키는 실험을 수행하였음.
- 여러 식품첨가물 중 가장 효과적인 제품을 선정하여 이 물질에 대한 적정 투입농도/경시 변화 시험을 수행하였음.
- 정제수 405ml와 활성칼슘, 45g, 분산제 1g의 내용물이 함유되어 있는 액상 제품을 개발하였음.

#### **제8절 신선 농산물 품질변화 정보 입수 및 영양성분 및 생리활성 성분 분석**

- 선정된 6종 농산물에 대한 기존 선행 연구 분석 결과, 미생물 오염에 의한 품질 변화 및 식중독 발생 위험이 매우 높다는 문제점이 있음.
- 본 연구에서 분석한 각 농산물의 일반 성분 함량은 기존 자료와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았으나 생리 활성 성분의 경우에는 다소 차이를 보였는데, 이러한 결과는 농산물의 품종, 재배 지역, 수확 시기 등에 의한 차이 때문이라고 판단됨.
- **식품 유래 미생물 제어를 위해 적용된 기존 천연물질 소재 조사 및 효과 분석:** 현재까지 연구된 기존 천연물질은 화학적 살균 세척제와 유사한 미생물 제어 효과를 보이나 매우 고가이며, 정교한 추출 과정을 요하기 때문에 경제적, 시간적 측면에서 단점이 있음.
- 따라서 저렴한 자원으로부터 천연물질을 얻어야하며, 추출 공정을 최소화하고, 동시에 기존 천연물질과 유사하거나 높은 미생물 제어 효과를 갖는 자원을 찾아야 할 필요가 있음.

#### **제9절 신선 농산물에 적용 가능한 새로운 천연물질 선정 및 기존 세척처리와 효과 비교**

- **새로운 천연 항균 물질 선별 위한 식품 부산물 소재 조사 및 분석:** 선행 연구 조사로부터 12 가지 식물 부산물 소재를 선정하여 병원성 미생물에 대한 항균 활성 효과를 비교, 분석하였음.
- 1-3차 과정을 거쳐 항균 활성을 분석한 결과, 흑마늘박, 아마씨박 추출물이 가장 효과적인 미생물 제어 효과를 보여 최적 식품 부산물로 선정하였음.
- 6종 농산물에 대한 선정된 식품 부산물 추출물의 저장 중 미생물 제어 효과를 비교, 분석한 결과, 전반적으로 기존 세척 처리와 유사하거나 더 높은 수준의 미생물 감소 효과를 보였으며, 특히 기존 세척 처리와 병합 처리할 경우에 시너지 효과를 보였음.
- 또한, 선정된 식품 부산물 추출물은 저장 중 농산물의 다양한 품질 지표에 영향을 미치지

않았으며, 효과적으로 품질을 유지시켰음.

- 따라서 본 연구에서 선정된 식품 부산물 추출물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물은 신선 농산물의 저장 중 미생물학적 안전성을 확보하면서 고품질을 유지시킬 수 있는 처리 물질 로써 농가 및 식품 산업에서의 사용 가능성이 높다고 판단됨.

#### **제10절 선정된 최적 천연물질의 안정성 조사 및 저장 중 효과검증을 통한 실용화 system 조건 수립**

- 선정된 식품 가공 부산물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 실용화를 위해 pH 및 온도 변화에 대한 안정성을 페놀 함량 분석을 통해 측정하였음.
- 아마씨박 추출물보다 흑마늘박 추출물이 pH 변화에 대한 안정성이 더 높았으며, 두 추출물 모두 온도 변화에는 큰 영향을 받지 않았음. 본 결과로부터 흑마늘박 추출물이 신선 농산물에 보다 적용 가능성이 높은 천연 물질이라고 판단됨.
- 선정된 식품 가공 부산물인 흑마늘박 추출물을 시금치와 방울토마토에 각각 세척 처리한 후 저장 중 잔류 여부를 측정한 결과, 시금치와 방울토마토 모두 흑마늘박 추출물이 잔류하지 않는 것으로 분석되었음.
- 시금치와 방울토마토에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후 저장 중 미생물 수 및 품질 변화를 분석한 결과, 미생물 제어와 품질 유지를 위해서는 효과적인 세척 처리와 더불어 낮은 저장 온도에서 저장되어야 한다는 것이 확인됨.
- 따라서, 본 연구에서 개발된 천연 향균 물질 세척 처리와 저온 저장법이 신선 농산물의 미생물학적 안전성 및 품질 유지를 위한 최적 세척 공정 system으로 신선 농식품 산업 전반에 걸쳐 효과적으로 적용될 수 있다고 판단됨.
- 이와 더불어 본 연구에서 개발된 천연 향균 세척제를 기존 신선편이 농산물 생산 시 살균 세척 공정에 적용하고, 포장 직후 4°C 저온 저장 및 cold chain이 갖춰진 유통 환경 조건에서 소비자에게 출하하는 일련의 과정으로 최적 공정 system을 확립할 수 있다고 생각됨.

#### **제11절 Cold plasma 처리를 이용한 농산물 세척 후 살균 기술 개발**

- 무순, 방울토마토, 감귤, 그리고 양상추의 미생물학적 위해요소와 품질변화 요인들을 조사 및 분석하여 규명하였음.
- Cold plasma 처리된 무순, 방울토마토, 감귤, 그리고 양상추의 미생물 살균효과를 검증하고 품질 분석을 하였음.
- Scanning electron microscope을 이용하여 cold plasma 처리 전·후의 농산물 표면 미세구조와 매트릭스에 대해 분석하였음.
- Cold plasma 처리한 농산물의 미생물 살균 효과와 품질변화 결과를 바탕으로 cold plasma의 실용화 가능성을 검토하였음.

### 제12절 신선 농산물용 항균 가식성 코팅 개발

- 감귤과 방울토마토의 외관에 균일하게 처리되면서 향에 영향을 주지 않는 코팅용 가식성 소재를 결정하였음.
- 오레가노 오일, 자몽종자추출물(grapefruit seed extract, GSE), 로즈마리 오일 등의 항균 물질과 키토산 또는 carnauba wax를 혼입하여 감귤과 방울토마토에 적합한 항균 물질 및 항균 가식성 코팅액 제형을 결정하였음.
- 개발된 코팅제를 이용하여 저장 중 감귤 또는 방울토마토의 미생물 안전성과 저장 특성에 대한 영향을 연구하였음.
- 항균 코팅제를 적용한 감귤 또는 방울토마토의 저장 중 미생물 안정성과 품질특성을 바탕으로 현장 적용에 적합한 항균 코팅제와 농산물은 각각 carnauba wax based 1%의 GSE (w/w) 코팅제와 감귤로 결정하였음.

### 제13절 농산물 표면 살균 병합 기술 개발

- 1협동에서 개발한 활성칼슘과 cold plasma를 병합 처리하여 감귤 표면의 최적 병합처리 기술을 개발하여, 저장 기간 동안의 품질특성을 분석하였음.
- 감귤 표면을 활성칼슘으로 세척처리 한 후, 개발된 항균코팅제로 코팅하여 항균 코팅을 이용한 최적 병합처리 기술을 개발하였고, 저장 중 감귤의 미생물 안전성과 품질특성을 관찰하였음.
- Cold plasma 또는 항균 코팅제를 적용한 각각의 최적병합처리 조건과 MAP 병합 처리를 이용하여 산지에서 적용 가능한 농산물 병합 살균 기술을 개발하였음.
- 저장 중 감귤의 미생물 안전성 및 안정성, 품질특성, 그리고 관능특성에 효과가 좋았던 CaO-GSE coating을 최적 병합처리조건으로 결정하였음.

○ 연구성과 목표 대비 실적

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인 증	학술성과		교육 지 도	인 력 양 성	정책 활용 홍 보		기 타 (타 연 구 활 용 등)	
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문				학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
												SC I	비 SC I						
3년 최종목표	6	1		1							6	5	15		11	2	3	8	
연구기간 내 달성실적	7	1		1							16	4	32		18	2	11	12	
달성율(%)	120	100		100							270	100	220		170	100	370	120	

\* 농산물 영양성분 파괴방지, 선도유지 기능성 소재 2건 이상 발굴( 총 2건 이상) / 천연 살균 소재 개발 2종 이상 (총 2종 이상) / 현장 적용형 능동형 농산물 표면 코팅 기술 개발 1건 이상 (총 1건 이상) / 기존 신선 농산물 처리 공정 분석 및 개선점 도출 보고서 1부, 현장적용 공정 시스템, 가공라인 모델 구축 보고서 및 시 적용 성과 보고서 각 1부 (총 2부), 개발 기술의 현장 보급·확산을 위한 연구 보고서 1부, 과제 종료 후 3년차에 관련 기관, 업체 대상 개발 기술 활용 성과 보고서를 제출

○ 연구개발 성과 목록

(1) 논문 (SCI:14편, 비SCI:5편/목표 SCI:6편, 비SCI:5편)

번호	논문명	소속 기관명	제1교자	교신저자	논문게재지	논문 게재 일	권	특기사항 (SCI여부)
1	Inactivation of pre-existing bacteria and foodborne pathogens on perilla leaves using a combined treatment with an organic acid and a surfactant	충남대	강지훈	송경빈	Horticulture, Environment, and Biotechnology	2015. 04.30	56(2)	SCI
2	Cold plasma treatment for the microbiological safety of cabbage, lettuce, and dried figs	서울여자대학교	이한나	민세철	Food microbiology	2015. 05.21	51	SCI(E)
3	Effect of water hardness on the production and microbicidal efficacy of slightly acidic electrolyzed water	강원대	Fereidou n Forghani	오덕환	Food Microbiology	2015. 06.01	48	SCI
4	Cold plasma treatment for microbial safety and preservation of fresh lettuce	서울여자대학교	송아영	민세철	Food Science and Biotechnology	2015. 10.31	24(5)	SCI(E)

5	Inactivation kinetics of <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Salmonella enterica</i> serovar Typhimurium on fresh-cut bell pepper treated with slightly acidic electrolyzed water combined with ultrasound and mild heat	강원대	Ke Luo	오덕환	Food Microbiology	2016.02.01	53	SCI
6	Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives	강원대	SME Rahman	오덕환	Comprehensive REVIEWS in Food Science and Food Safety	2016.02.25	15(3)	SCI
7	Combined treatment of fumaric acid with mild heat to inactivate microorganisms on fresh spinach during storage	충남대	손현정	송경빈	한국응용생명화학회지	2016.03.31	59(1)	비SCI
8	Combined treatment of chlorine dioxide gas, mild heat, and fumaric acid on anactivation of <i>Listeria monocytogenes</i> and quality of <i>Citrus unshiu</i> Marc. during storage	충남대	김현규	송경빈	한국식품영양과학회지	2016.08.31	45(8)	비SCI
9	Combined treatments of chestnut shell extract, fumaric acid, and mild heat to inactivate foodborne pathogens inoculated on beetroot ( <i>Beta vulgaris</i> L.) leaves	충남대	박신민	송경빈	Food Science and Biotechnology	2016.08.31	25(4)	SCI
10	Comparison of effectiveness of edible coatings using emulsions containing lemongrass oil of different size droplets on grape berry safety and preservation	서울여자대학교	오윤아	민세철	LWT - Food Science and Technology	2016.10.15	75	SCI(E)
11	Prevalence and control of <i>Listeria monocytogenes</i> in the food industry - a review	강원대	Imran Khan	오덕환	Czech Journal of Food Sciences	2016.10.21	34(6)	SCI
12	A combined hurdle approach of slightly acidic electrolyzed water simultaneous with ultrasound to inactivate <i>Bacillus cereus</i> on potato	강원대	Ke Luo	오덕환	LWT-Food Science and Technology	2016.11.01	73	SCI
13	Mandarin preservation by microwave-powered cold plasma treatment	서울여자대학교	원미연	민세철	Innovative Food Science and Emerging Technologies	2016.11.02	39	SCI(E)
14	Chitosan grafted monomethyl fumaric acid as a potential food preservative	강원대	Imran Khan	오덕환	Carbohydrate polymers	2016.11.05	152	SCI

15	Dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma inhibits <i>E.coli</i> , <i>salmonella</i> , <i>listeria</i> , tulane virus in romaine lettuce	서울여자대학교	민세철	Brendan A Niemira	International Journal of Food Microbiology	2016.11.21	237	SCI(E)
16	Inhibition of <i>Salmonella typhimurium</i> on radish sprouts using nitrogen-cold plasma	서울여자대학교	오영지	민세철	International Journal of Food Microbiology	2017.03.10	249	SCI(E)
17	Antimicrobial activity of black garlic pomace extract and its application to cleansing of fresh spinach leaves for microbial control	충남대	강지훈	송경빈	한국식품영양과학회지	2017.04.26	46(4)	비SCI
18	Slightly acidic electrolyzed water combined with chemical and physical treatments to decontaminate bacteria on fresh fruits	강원대	Charles Nkufi Tango	오덕환	Food Microbiology	2017.06.07	67	SCI
19	Inactivation of bacterial pathogens on lettuce, sprouts, and spinach using hurdle technology	강원대	Paul-François Kounkeu Ngnitcho	오덕환	Innovative food science and emerging technologies	2017.07.29	43	SCI
20	항균 가식성 필름/코팅 개발 현황	서울여대	김수연	민세철	Food Science and Industry	2017.06.30	50(2)	비SCI

(2) 학술발표 (학술발표:32건/목표:15건)

번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	한국산업식품공학회	이승조 외	2015-05-08	서울, 세종대학교	한국
2	한국식품과학회	원미연 외	2015-06-03	부산, 벡스코	한국
3	한국식품과학회	김지현 외	2015-06-03	부산, 벡스코	한국
4	한국식품과학회	오영지 외	2015-06-03	부산, 벡스코	한국
5	2015 한국식품과학회	성기현 외	2015-06-03	부산, 벡스코 컨벤션센터	한국
6	2015 한국식품과학회	강지훈 외	2015-06-03	부산, 벡스코 컨벤션센터	한국
7	2015 한국식품과학회	강지훈 외	2015-06-03	부산, 벡스코 컨벤션센터	한국
8	2015 한국식품과학회	염수진 외	2015-06-03	부산, 벡스코 컨벤션센터	한국
9	2015 한국식품과학회	염수진 외	2015-06-03	부산, 벡스코 컨벤션센터	한국
10	한국산업식품공학회	김지현 외	2015-11-12	제주도, 해비치호텔	한국

11	한국산업식품공학회	오영지 외	2015-11-12	제주도,해비치호텔	한국
12	한국산업식품공학회	원미연 외	2016-04-29	수원,경희대학교 (국제캠퍼스)	한국
13	한국산업식품공학회	원진성 외	2016-04-29	수원,경희대학교 (국제캠퍼스)	한국
14	한국식품과학회	원미연 외	2016-08-18	대구,엑스코	한국
15	한국식품과학회	원진성 외	2016-08-18	대구,엑스코	한국
16	한국식품과학회	김지현 외	2016-08-18	대구,엑스코	한국
17	Institute of Food Technologists(IFT) Annual Meeting	김지현 외	2016-07-18	Chicago, McCormick Place South	미국
18	IFT Annual Meeting	원미연 외	2016-07-18	Chicago, McCormick Place South	미국
19	2016 IFT Annual meeting	박신민 외	2016-07-18	Chicago, McCormick place south	미국
20	2016 한국식품과학회	김현규 외	2016-08-18	대구, 엑스코	한국
21	2016 IUFoST Annual Meeting	손현정 외	2016-08-22	Dublin, Ballsbridge	아일랜드
22	한국산업식품공학회	최하영 외	2016-10-06	강릉, 라카이샌드파인리 조트	한국
23	2016 한국식품영양과학회	찰리탕고 외	2016-10-31	제주도, 제주컨벤션센터	한국
24	2016 한국식품영양과학회	폴 프랑수아 외	2016-10-31	제주도, 제주컨벤션센터	한국
25	한국산업식품공학회	방인희 외	2017-04-21	서울, 서울대학교	한국
26	2017 IFT Annual Meeting	강지훈 외	2017-06-27	Las Vegas NV, Sands expo center	미국
27	2017 한국식품저장유통학회	찰리탕고 외	2017-10-27	대구, 경북대학교 글로벌프라자	한국
28	2017 한국식품저장유통학회	폴 프랑수아 외	2017-10-27	대구, 경북대학교 글로벌프라자	미국
29	한국식품과학회	방인희 외	2017-11-02- 03	강릉, 라카이샌드파인리 조트	한국
30	한국산업식품공학회	방인희 외	2017-11-02- 03	강릉, 라카이샌드파인리 조트	한국
31	한국산업식품공학회	최하영 외	2017-11-02- 03	강릉, 라카이샌드파인리 조트	한국
32	한국산업식품공학회	최하영 외	2017-11-02- 03	강릉, 라카이샌드파인리 조트	한국

(3) 특허 (특허출원-7건, 특허등록-1건/목표:특허출원-6건, 특허등록-1건)

번호	출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
1	2015.05.28	마늘껍질 추출물을 유효성분으로 함유하는 조성물을 이용한 신선편이 채소의 미생물 저감화 방법	충남대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-0075352
2	2016.01.25	아마씨박 추출물을 포함하는 신선편이 채소 세척용 세척수의 제조방법 및 이를 이용한 신선편이 채소의 미생물 저감화 방법	충남대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-0008834
3	2016.03.25	비가열 플라즈마 처리를 적용한 감귤류의 저장성 증강 방법	서울여자대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-0035859
4	2016.12.28	미산성 전해수를 주성분으로 하는 친환경 살균수와 이를 이용하여 살균조건을 확립한 신선 농산물 살균방법	강원대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-0181245
5	2017.06.08	신선 농산물의 살균방법 및 품질 저하 방지 방법	강원대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0071354
6	2017.12.01	감귤 저장성 향상을 위한 활성칼슘과 가식성 코팅 병합처리방법	서울여자대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0164522
7	2017.11.29	표면 살균에 효과적인 나노화된 활성칼슘의 제조 방법	에코바이오텍 주식회사	대한민국	10-2017-0161151
번호	등록연도	특허명	등록인	등록국	등록번호
1	2016.11.09	마늘껍질 추출물을 유효성분으로 함유하는 조성물을 이용한 신선편이 채소의 미생물 저감화 방법	충남대학교 산학협력단	대한민국	10-1676275

(4) 수상실적(수상:1건/목표:0건)

수상연도	수상명	발표자	수상내용	소속기관	발표국가
2016.08	최우수상	김지현	2016 한국식품과학회 대학원생 우수 논문 선발 대회	서울여자대학교	대한민국



(5) 홍보전시(전시회참석:11건/목표:3건)

전시기간	전시국	전시회 명	품목
2015.03.03. - 03.06.	일본, 동경	FOODEX JAPAN	에코크린, 액티칼
2015.05.13. - 05.14.	인도, 뭄바이	G-FAIR Mumbai	
2015.05.20. - 05.22.	일본, 동경	2015 ifia JAPAN	
2015.05.20. - 05.24.	태국, 방콕	THAIFEX 2015	
2015.08.06. - 08.08.	중국, 상해	G-FAIR Shanghai	
2016.01.15. - 01.18.	인도,	KOTRA 한국/인도 수출상담회	
2016.03.23. - 03.25.	중국, 상해	FI CHINA	
2016.04.12. - 04.14.	중국, 베이징	MICF Beijing 유아용품박람회	
2016.05.18. - 05.20.	일본, 동경	2016 ifia JAPAN	
2017.03.24. - 03.26.	중국, 상해	2017 FI China	
2017.11.14. - 11.15.	말레이시아, 자카르타	2017 자카르타 K-FOOD FAIR	

(6) 기술실시(기술실시:1건/목표:1건)

번호	기술실시 계약명	대상기관명	실시기술권 유형	실시기 술 유형	기술실 시 형태	유무상 여부	기술실시 계약년도
1	고농도 액상화 칼슘 제형화 기술	(주)에코 바이오텍	직접실시	특허출원	영리법인 직접실시	유상	2017

# 제1절 신선 농산물 및 신선 가공품의 위해미생물 오염도 조사 분석

## 1. 기존 신선 농산물 처리 공정, 살균 방법 분석 및 개선점 도출

- 국내 자료 분석은 국회도서관, 국립중앙도서관, 과학기술학회마을을 이용하였으며, 국외 자료 분석은 National Center for Biotechnology Information, ScienceDirect를 검색하였음.
- 신선 농산물은 수확 후 처리 미흡으로 많은 품질 손상과 부패 등으로 인하여 농업인들의 애로사항 발생하고 있기 때문에 수확 후 관리기술 연구가 필요한 실정임.
- 수확 후 세척, 냉동, 건조 등 수확 후 처리기술에 대한 연구나 저장유통 중 고품질 유지 및 미생물학적 안전성 확보에 관한 연구는 수행되고 있지 않고 있음.
- 따라서 미생물학적 위해인자 제거를 위한 표면 살균기술개발에 관련한 연구가 시급하며, 현장적용 가능한 세척기계시스템 개발이 요구됨.

## 2. 국내·외 문헌조사를 통한 고수요·고위험 신선농산물 및 위해미생물 선정

- 아래와 같은 국내 다소비 농산물(채소, 과일) 조사를 통하여 국내 고위험/고수요 농산물을 채소(상추, 시금치, 새싹채소), 과일(감귤, 사과, 방울토마토)을 선정하였음.
- 식품공전에 명시되어 있는 즉석섭취식품, 신선편의식품의 미생물 기준을 통하여 다소비 농산물(채소, 과일)에 대한 식중독 세균 및 규격 기준을 조사하였음.

Table 1-1. 국내 다소비 농산물의 예 : 채소

(단위: 톤)

연도 품목		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
계		1,821,809	1,789,123	1,767,931	1,819,867	1,859,025	1,908,097	1,898,317	1,850,472
1	배추	254,412	225,253	210,739	225,550	210,031	211,034	201,049	204,727
2	무	171,290	167,130	163,257	175,108	173,174	170,753	178,191	182,661
3	양파	161,236	174,377	181,077	180,895	195,099	188,855	188,651	186,779
4	오이	91,444	95,280	97,193	99,812	98,459	103,714	97,376	93,649
5	수박	76,197	70,457	69,188	61,578	64,856	69,266	68,999	63,824
6	감자	82,824	80,699	92,014	87,893	87,214	85,327	84,638	85,183
7	양배추	96,327	95,724	92,027	97,698	87,963	78,518	85,209	88,827
8	파	95,674	95,139	92,625	96,811	83,742	103,905	103,029	97,169
9	호박	63,329	68,194	67,874	69,280	71,176	76,303	78,711	72,221
10	마늘	38,388	41,226	34,257	37,796	7,844	44,292	43,245	41,902
11	당근	46,508	42,320	43,261	41,563	42,074	41,374	41,805	40,104
12	풋고추	46,189	48,093	44,635	44,749	47,327	50,173	47,646	42,862
13	참외	24,361	27,083	27,021	24,410	19,957	25,864	26,101	22,728
14	상추	25,980	24,026	22,781	24,168	23,933	24,197	23,805	22,604
15	고구마	34,513	27,402	30,749	31,089	15,213	41,286	39,890	39,428
16	시금치	31,700	30,848	28,288	27,904	26,945	30,513	28,912	24,114
17	버섯	46,127	40,892	46,290	49,672	51,426	51,059	51,892	55,518
18	토마토	33,468	41,807	45,146	46,143	46,930	48,638	46,309	43,949
19	딸기	22,706	21,715	19,251	18,555	17,766	18,971	17,798	16,384
20	건고추	1,977	1,830	1,898	1,861	376	1,919	2,169	2,243
21	기타	377,159	369,628	358,360	377,332	487,520	442,136	440,399	423,596

Table 1-2. 국내 다소비 농산물의 예 : 과일

(단위: 톤)

연도		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
품목									
계		266,130	259,873	263,683	290,121	306,745	315,409	309,353	298,580
1	감귤	67,396	57,170	49,306	61,814	58,798	61,455	64,794	58,855
2	사과	47,969	36,217	35,325	40,604	41,615	43,631	45,296	42,478
3	포도	23,666	21,379	28,589	29,393	30,307	32,724	31,495	29,097
4	감	21,576	24,864	11,464	10,703	13,677	10,560	11,543	11,744
5	바나나	18,842	21,912	23,589	28,038	36,465	35,013	34,963	46,255
6	배	26,216	25,155	27,471	32,083	30,053	33,266	29,686	26,129
7	복숭아	17,847	20,195	23,781	21,019	25,523	24,276	28,625	21,639
8	파인애플	7,115	7,904	9,273	10,368	12,927	12,365	10,467	11,181
9	자두	4,008	5,252	6,071	4,206	6,206	13,915	7,586	4,687
10	오렌지	21,430	26,952	20,095	20,298	15,654	16,825	10,563	14,240
11	키위	3,570	5,256	4,500	6,331	5,989	6,035	5,571	5,457
12	자몽	754	646	532	699	1,713	1,296	1,247	1,104
13	유자	1,117	1,141	316	77	2,283	84	151	56
14	레몬	731	1,160	1,599	1,829	1,147	1,950	1,970	1,996
15	밤	794	737	1,170	1,666	197	2,127	1,513	1,960
16	모과	163	185	251	166	238	172	243	177
17	살구	151	100	226	223	241	398	409	399
18	곶감	351	389	479	418	320	529	320	430
19	호두	165	36	41	91	40	66	58	69
20	버찌	110	229	195	259	640	494	465	301
21	기타	2,159	2,994	19,410	19,836	22,712	18,228	22,388	20,326

Table 1-3. 국내에서 재배중인 다소비 농산물 1인 1일 섭취량

No.	농산물	1인 1일 섭취량(g)	No.	농산물	1인 1일 섭취량(g)
1	배추	70.63	16	오렌지	9.32
2	무	48.99	17	무청	7.93
3	수박	30.60	18	시금치	7.40
4	고추	24.27	19	마늘	5.49
5	밀감	23.28	20	당근	5.39
6	사과	21.09	21	상추	3.90
7	양파	17.05	22	복숭아	3.78
8	감	16.44	23	딸기	3.77
9	배	15.44	24	양배추	3.50
10	포도	14.01	25	유자	3.18
11	호박	12.73	26	바나나	2.70
12	토마토	11.70	27	토란대	2.27
13	참외	11.30	28	취나물	2.20
14	과	10.95	29	깻잎	2.20
15	오이	9.75	30	고사리	2.15

(자료출처 : 농촌진흥청, 2012)

Table 1-4. 식품공전에서 즉석섭취식품, 신선편의식품의 미생물 기준

규제식품		기준 및 규격
특수용도식품	대장균	1g당 10 이하
	세균수	1g당 100,000이하
	황색포도상 구균	1g당 100개 이하
	살모넬라	n=5, c=0, m=g/25 g
	바실러스 세레우스	1g당 1000개 이하
	장출혈성 대장균	n=5, c=0, m=g/25 g
	클로스트리듐 퍼프린젠스	1g당 100개 이하

### 3. 선정된 6종의 신선농산물 및 신선 가공품의 위해미생물 오염도 분석

#### 가. 실험방법

##### ○ 선정된 6종의 신선농산물 및 신선 가공품의 위해 미생물 오염도 분석

###### - 위해미생물

: 리스테리아, 황색포도상구균, 바실러스, 클로스트리디움, 병원성 대장균 등 위해미생물

###### - 분석시료 : 과일(감귤, 사과, 방울토마토), 신선채소(상추, 시금치, 새싹채소)

###### - 시료 채취 장소

: 대도시별 대형마트(2곳), 동네마트(2곳)



- 시료채취, 식중독균 검사 등 모든 검사기법은 식품공전의 미생물 시험법에 기재된 내용을 준용할 예정, 환경시료는 농림수산검역검사 본부의 환경에서의 시료채취 방법에 기재된 방법을 준용하며 swab 등의 방법을 적절히 이용.

###### - 미생물 오염도 분석법

###### ① 총균수

식품공전법에 의해 다음과 같이 수행함. 각 시료 10 g과 살균한 생리 식염수 90 mL를 stomacher bag에 넣고 120 초 동안 stomacher함. Stomacher로 균질화 된 시료용액 1 mL와 10배 단계 희석액 1 mL씩을 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하여 약 43 - 45°C로 유지한 표준한천배지(PCA; Plate Counting Agar)에 약 15 mL를 무균적으로 분주하고 페트리접시 뚜껑에 부착하지 않도록 주의하면서 좌우로 회전시키면서 검출액과 배지를 잘 혼합하여 응고시킴. 확산집락의 발생을 억제하기 위하여 다시 표준한천배지 3-5 mL를 다시 가하여 중첩시킴. 응고시킨 페트리접시는 거꾸로 하여 35 - 37°C에서 24 - 48시간(검체에 따라서는 35 - 37°C에서 72±3시간) 배양함. 검액을 가하지 아니한 동일 희석액 1 mL를 대조시험액으로 하여 시험조작의 무균 여부를 확인함.

###### ② 대장균군

식품공전법에 의해 다음과 같이 수행함. 각 시료 10 g을 살균한 생리 식염수 90 mL를 stomacher bag에 넣고 120초 동안 stomacher함. Stomacher로 균질화 된 시료용액 1 mL를 대장균군 건조필름배지에 접종한 후, 35 - 37°C에서 24 ± 2시간 배양하여 생성된 붉은 집락 중 주위에

기포를 형성한 집락수를 계산하고, 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 대장균군 수를 산출함.

- 위해미생물 오염도 분석법 : 시료채취, 식중독균 검사 등 모든 검사기법은 식품공전의 미생물 시험법에 기재된 내용을 준용할 예정, 환경시료는 농림수산검역검사 본부의 환경에서의 시료채취 방법에 기재된 방법을 준용하며 swab 등의 방법을 적절히 이용할 예정. 위해미생물은 다음의 항목(가안)과 같음.

- ① 리스테리아 모노사이토제네스
- ② 황색 포도상구균
- ③ 바실러스 세레우스
- ④ 클로스트리디움 퍼프린젠스
- ⑤ 병원성 대장균

## 나. 실험결과

○ 춘천의 대형마트(2곳)와 재래시장/소형마트(2곳), 서울의 대형마트(2곳)와 가락시장 내 점포(2곳), 그리고 부산의 대형마트(2곳)와 엄궁 농산물 도매시장(2곳)에서 상추, 시금치, 새싹채소, 방울토마토, 사과, 귤을 5개씩 포장된 상태로 구입하여 아이스박스에 넣어 6시간 이내로 실험실로 운반하였음. 운반된 시료는 멸균된 필터백에 멸균가위와 집계를 이용해 무균적으로 25g씩 채취하여 실험을 실시하였음.

Table 1-5. 3지역(서울, 춘천, 부산) 대형마트와 도매/소형시장의 6종 농산물에 대한 식중독 미생물 오염도 결과

종류	대형/재래 (시료수)	EHEC (장출혈성 대장균)	<i>Cl.</i> <i>perfringens</i>	<i>L.</i> <i>monocytog</i> <i>enes</i>	<i>B. cereus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S. aureus</i>
상추	대형마트 (30)	ND <sup>a</sup>	9/30 <sup>b</sup> (30%)	ND	16/30 (53.3%)	ND	ND
	도매시장 (30)	1/30 (3.33%)	4/30 (13.3%)	1/30 (%)	21/30 (70%)	ND	ND
시금치	대형마트 (30)	ND	5/30 (16.7%)	ND	11/30 (36.7%)	ND	ND
	도매시장 (30)	ND	ND	ND	14/30 (46.7%)	ND	ND
새싹 채소	대형마트 (30)	ND	1/30 (3.33%)	ND	3/30 (10%)	ND	ND
	도매시장 (30)	1/30 (3.33%)	ND	ND	3/30 (10%)	ND	ND
방울 토마토	대형마트 (30)	ND	3/30 (10%)	ND	15/30 (50%)	ND	1/30 (3.33%)
	도매시장 (30)	ND	ND	ND	21/30 (70%)	ND	3/30 (10%)
사과	대형마트 (30)	1/30 (3.33%)	3/30 (10%)	ND	30/30 (100%)	ND	ND
	도매시장 (30)	ND	7/30 (23.3%)	ND	25/30 (83.3%)	ND	ND
귤	대형마트 (30)	ND	8/30 (26.7%)	ND	21/30 (70%)	ND	ND
	도매시장 (30)	ND	8/30 (26.7%)	ND	25/30 (83.3%)	ND	1/30 (3.33%)

<sup>a</sup>ND (Not Detected) : 음성

<sup>b</sup>검출 시료수/시험대상 총 시료수 (검출률%)



Table 1-6. 3지역(서울, 춘천, 부산) 대형마트와 도매/소형시장의 6종 농산물에 대한 미생물 오염도 결과

종류	대형/재래 (시료수)	Total aerobic bacteria	Yeast & Molds	Coliforms	<i>E. coli</i>
상추	대형마트 (30)	8.58±0.97 <sup>a</sup> [7.05 ~ 10.53] <sup>b</sup>	6.07±0.45 [5.58~7.02]	24/30 <sup>c</sup> (80%) ----- 3.91±2.36 [ND ~ 7.17]	2/30 (6.7%) ----- 0.26±0.74 [ND ~ 2.35]
	도매시장 (30)	9.20±0.70 <sup>a</sup> [7.98 ~ 10.07] <sup>b</sup>	6.32±0.49 [5.73~7.26]	30/30 (100%) ----- 5.17±1.69 [2.18~7.86]	2/30 (6.7%) ----- 0.25±1.03 [ND~4.48]
시금치	대형마트 (30)	9.31±0.56 [8.16 ~ 10.62]	6.42±0.77 [5.31~7.75]	6/30 (20%) ----- 0.78±1.14 [ND~3.18]	ND <sup>d</sup>
	도매시장 (30)	9.60±0.74 [8.09 ~ 10.58]	6.79±0.78 [5.31~7.60]	5/30 (16.7%) ----- 0.99±2.23 [ND~6.38]	ND
새싹 채소	대형마트 (30)	10.07±0.68 [9.21 ~ 11.34]	6.20±0.72 [4.74~7.42]	1/30 (3.3%) ----- 0.38±1.55 [ND~6.78]	ND
	도매시장 (30)	9.99±0.77 [8.95 ~ 11.96]	6.57±0.81 [5.48~7.91]	10/30 (33.3%) ----- 2.53±3.58 [ND~7.86]	ND
방울 토마토	대형마트 (30)	6.35±0.81 [4.85 ~ 7.45]	5.15±0.58 [4.17~6.24]	13/30 (43.3%) ----- 3.30±2.29 [ND~6.76]	ND
	도매시장 (30)	6.34±1.44 [2.77 ~ 9.79]	5.47±0.54 [4.45~6.44]	16/30 (53.3%) ----- 2.26±2.14 [ND~5.24]	ND
사과	대형마트 (30)	4.97±0.57 [3.70 ~ 6.39]	5.77±0.85 [4.63~7.96]	3/30 (10%) ----- 0.70±1.64 [ND~5.80]	ND
	도매시장 (30)	4.90±1.00 [3.82 ~ 7.50]	4.85±0.68 [3.60~6.30]	13/30 (43.3%) ----- 2.04±1.42 [ND~4.07]	ND
귤	대형마트 (30)	3.93±1.07 [1.70 ~ 6.00]	4.63±0.52 [3.40~5.53]	2/30 (6.6%) ----- 0.28±0.80 [ND~2.85]	ND
	도매시장 (30)	4.31±1.35 [2.00 ~ 6.35]	4.46±0.60 [3.54~5.24]	13/30 (43.3%) ----- 2.27±1.64 [ND~4.85]	ND

<sup>a</sup>평균치(log CFU/g) : 각 시료의 g당 미생물오염도 평균치임

<sup>b</sup>평균치 아래 ( ) 내의 값 (<최소치 - 최대치 log CFU/g 또는 CFU/g)

<sup>c</sup>검출 시료수/시험대상 총 시료수 (검출률%)

<sup>d</sup>ND (Not Detected) : 검출한계(<10 미만) 불검출

○ 농산물 및 신선 가공품의 미생물 오염도를 분석한 결과는 아래와 같음.

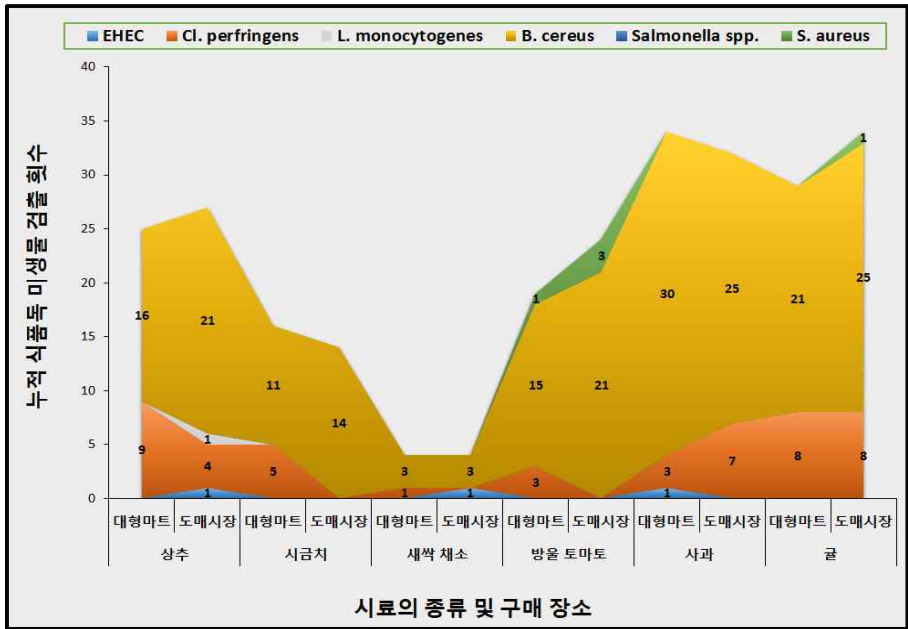


Fig. 1-1. 시료의 종류별 누적 식중독 미생물 검출횟수

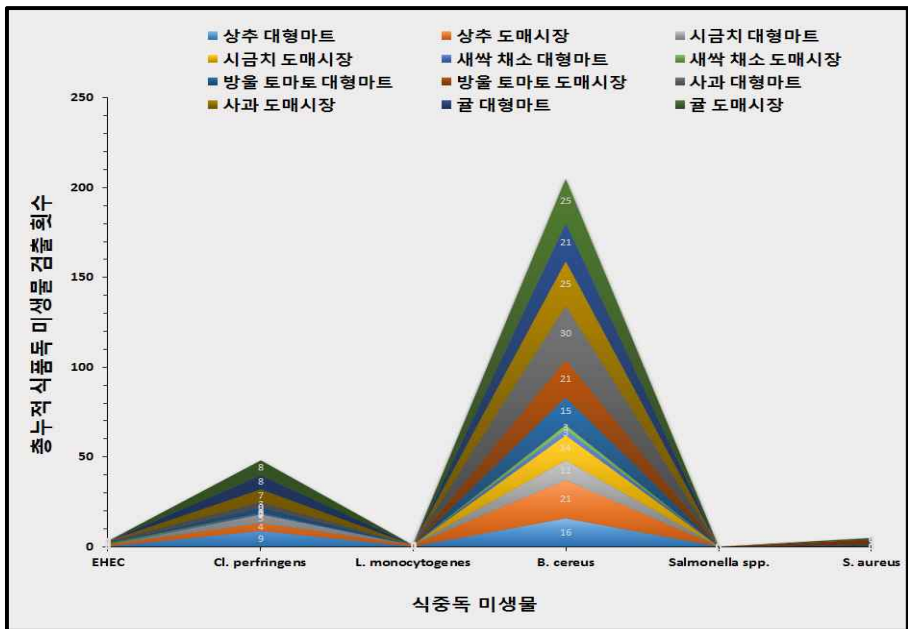


Fig. 1-2. 식중독 미생물별 총누적 검출횟수

○ 서울, 춘천, 부산 대형마트(6곳)과 농산물 도매시장/재래시장(6곳)의 시료별 위해미생물의 검출은 B. cereus가 주를 이루고 있으며, 그 다음으로 Cl. perfringens, S. aureus, Enterohemorrhagic E. coli 순이었음. 식중독별 총누적 검출횟수 또한 이와 같은 결과로 B. cereus가 205건 (56.9%), Cl. perfringens가 48건 (13.3%), S. aureus가 5건 (1.4%), Enterohemorrhagic E. coli가 3건 (0.8%), L. monocytogenes가 1건 (0.3%) 검출된 것을 확인하였음.

## 요약

### \* 선정된 6종의 신선농산물 및 신선 가공품의 위해 미생물 오염도 분석

- 서울, 춘천, 부산지역의 대형마트(총 6곳)와 농산물 도매시장/재래시장(총 6곳)에서 구매한 6종의 농산물 및 신선 가공품의 미생물 오염도를 분석함.
- 대형마트(6곳)의 상추, 시금치, 새싹채소, 방울토마토, 사과, 꺾에서 일반세균수는 각각  $8.58 \pm 0.97$ ,  $9.31 \pm 0.56$ ,  $10.07 \pm 0.68$ ,  $6.35 \pm 0.81$ ,  $4.97 \pm 0.57$ ,  $3.93 \pm 1.07$  log cfu/g 만큼 존재하는 것으로 확인되었고, 진균류는 각각  $6.07 \pm 0.45$ ,  $6.42 \pm 0.77$ ,  $6.20 \pm 0.72$ ,  $5.15 \pm 0.58$ ,  $5.77 \pm 0.85$ ,  $4.63 \pm 0.52$  log cfu/g 만큼 존재하는 것으로 확인되었음. 대장균은 상추에서  $0.26 \pm 0.74$  log cfu/g (2건 양성/총 30건) 존재하는 것으로 확인되었으며, 시금치, 새싹채소, 방울토마토, 사과, 꺾 모든 시료에서 음성(검출한계(<10미만) 불검출)으로 확인되었음. 대장균군은 상추에서  $3.91 \pm 2.36$  log cfu/g (24건 양성/총 30건), 시금치에서  $0.78 \pm 1.14$  log cfu/g (6건 양성/총 30건), 새싹채소에서  $0.38 \pm 1.55$  log cfu/g (1건 양성/총 30건), 방울토마토에서  $3.30 \pm 2.29$  log cfu/g (13건 양성/총 30건), 사과에서  $0.70 \pm 1.64$  log cfu/g (3건 양성/총 30건), 꺾에서  $0.28 \pm 0.80$  log cfu/g (2건 양성/총 30건)이 존재하는 것을 확인하였음.
- 농산물 도매시장/재래시장(6곳)의 상추, 시금치, 새싹채소, 방울토마토, 사과, 꺾에서 일반세균수는 각각  $9.20 \pm 0.70$ ,  $9.60 \pm 0.74$ ,  $9.99 \pm 0.77$ ,  $6.34 \pm 1.44$ ,  $4.90 \pm 1.00$ ,  $4.31 \pm 1.35$  log cfu/g 만큼 존재하는 것으로 확인되었고, 진균류는 각각  $6.32 \pm 0.49$ ,  $6.79 \pm 0.78$ ,  $6.57 \pm 0.81$ ,  $5.47 \pm 0.54$ ,  $4.85 \pm 0.68$ ,  $4.46 \pm 0.60$  log cfu/g 만큼 존재하는 것으로 확인되었음. 대장균은 상추에서  $0.25 \pm 1.03$  log cfu/g (2건 양성/총 30건) 존재하는 것으로 확인되었으며, 시금치, 새싹채소, 방울토마토, 사과, 꺾 모든 시료에서 음성(검출한계(<10미만) 불검출)으로 확인되었음. 대장균군은 상추에서  $5.17 \pm 1.69$  log cfu/g (30건 양성/총 30건), 시금치에서  $0.99 \pm 2.23$  log cfu/g (5건 양성/총 30건), 새싹채소에서  $2.53 \pm 3.58$  log cfu/g (10건 양성/총 30건), 방울토마토에서  $2.26 \pm 2.14$  log cfu/g (16건 양성/총 30건), 사과에서  $2.04 \pm 1.42$  log cfu/g (13건 양성/총 30건), 꺾에서  $2.27 \pm 1.64$  log cfu/g (13건 양성/총 30건)이 존재하는 것을 확인하였음.

## 제2절 친환경 살균제를 이용한 위해 미생물의 살균 효능 탐색 (*in vitro*)

### 1. 연구의 필요성

- 건강에 대한 관심이 증가하면서 신선편이식품에 대한 수요가 증가하고 있는 추세임. 지난 2015년 국립농산물 품질관리원에서 시행한 농산물 및 농산물 세척 용수의 병원성 미생물 오염실태 조사에 따르면 생식채소류의 경우 다소비 품목 조사 601건 중 77건의 낮은 오염 수준, 9건의 오염 우려 수준으로 미생물이 검출되었음.
- 살균 및 세척으로 제거되지 않고 농산물 표면에 남아있는 위해 및 부패미생물은 제품의 품질을 저하시킴.
- 비가열 살균처리(방사선, 오존, 화학약품 처리 등)를 통한 신선 농산물의 살균 및 세척 방법이 있으나 안정성, 고비용, 환경 위해성과 같은 이유로 현장 적용에 어려움이 있음.
- 실제 신선편이식품 및 신선 농산물의 세척살균제로 전해수(차아염소산수)가 개발 및 대체 사용되고 있음. 전해수는 NaCl 혹은 HCl이 혼합된 전해질 용액이 전해조에서 전기분해되어 생성되며, 미산성 전해수는 pH 5.0-6.5인 전해수를 뜻하며 부식성이 없고 분해가 쉬워 친환경적이며, 고농도의 차아염소산을 함유하고 있어 살균력이 매우 뛰어난 것으로 알려져 있음.
- 식품에 사용되는 유기산의 종류로는 acetic acid, ascorbic acid, citric acid 그리고 fumaric acid 등이 있음. 유기산은 미생물 저감화를 위한 화학적인 처리 방법으로 사용되며 부패 방지 및 저장성을 높이는 친환경 소재로 사용되어 왔음.
- 칼슘소재의 천연살균제인 소성칼슘은 폐각류에 함유되어 있는  $\text{CaCO}_3$ 가 200-1,000℃의 열처리 과정에서 CaO로 변환되어 생성됨. 이 산화칼슘이 강력한 항균 효과를 나타내며, 그 기작은 수화작용에 의해 pH가 높은 알칼리 상태를 나타내어 항균력을 나타내는 것으로 알려져 있음.
- 기존 살균제의 살균 및 소독의 목적에서 더 나아가 농산물의 선도를 유지 및 향상시키기 위한 연구가 진행되어 왔음. 위해 및 부패 미생물에 대하여 항균 효과와 식품 보존 효과를 가지는 천연살균제로서의 사용 가능성을 탐색하고자 자몽, 대황 및 황련 등 천연추출물에 대한 항균 효과 연구가 수행되었음.

## 2. 연구방법

### (1) 위해 미생물과 부패 미생물 선정

살균 효능 탐색을 위해 사용한 위해 미생물과 부패 미생물 균주는 Table 2-1와 같음.

Table 2-1. 식중독 미생물과 부패 미생물 사용 균주 목록

No.	Bacteria
식중독 미생물	1 <i>Salmonella</i> spp. ( <i>Salmonella Enterica</i> ATCC 13076, <i>Salmonella</i> Typhimurium ATCC 19585)
	2 <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19118, 19110, ScottA
	3 <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 23235, 13150, 6538
	4 <i>Escherichia coli</i> O157/H7 932, 946, 06E02128
부패 미생물	1 <i>Pseudomonas fluorescens</i> KCCM 11329
	2 <i>Xanthomonas campestris</i> KCCM 11966
	3 <i>Ewria carotovora</i> KCCM 11319

### (2) 균주 배양 방법

선정된 균주를 tryptic soy broth(TSB, DIFCO)를 사용하여 35℃에서 24시간 배양한 후 원심 분리(3,000g, 10min)하여 멸균된 0.1% 펩톤수로 2회 세척한 후 0.1% peptone water로 현탁하여 TSA에 0.1 mL 접종하여 도달 후 35℃, 24시간 배양 후 계수한 뒤 최종농도를 10<sup>9</sup> CFU/mL로 만들어 살균 효능 탐색 실험에 사용하였음.

### (3) 살균 효능을 알아보기 위한 살균제 및 천연항균물질 용액 제조

#### ○ 미산성 전기분해수 제조

미산성 전해수 생성장치를 사용하여 전류 1.0-20 A, pH 5.0~6.5, 유효염소(ACC) 10~30 mg/L, ORP 780~880 mV 인 무격막 전해수를 제조하여 사용하였음. 미산성 전해수의 유효염소농도는 10, 20, 30 ppm으로 제조하여 각각 1분, 3분, 5분씩 침지하였음.

#### ○ 유기산 종류 및 제조

식품으로 사용되는 유기산인 acetic acid, citric acid, ascorbic acid, fumaric acid를 사용하였음. 유기산의 농도는 0.5%로 하였고, 침지시간은 실온(25℃)에서 1분으로 하였음.

#### ○ 활성칼슘 제조

활성칼슘을 2 g/1 L DW로 제조하여 0.2%의 활성칼슘 용액을 사용하였으며, 침지시간은 1분, 3분, 5분으로 하였음.

#### ○ 천연항균물질 종류 및 제조

천연항균물질 4종인 자몽, 황련, 로즈마리, 오레가노 추출물 3 g을 300 mL 증류수에 녹여 1% 농도의 추출물 용액을 제조하여 실험을 진행하였으며, 침지시간은 5분으로 하였음.

(4) 각각의 조건별로 처리 후, 1 mL를 위하여 9 mL의 중화용액(0.85% NaCl + 0.5% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)에 중성화한 후 0.1% 멸균 펩톤수에 현탁하여 주입평판법으로 균수를 측정하였음.

(5) 통계분석

모든 실험은 3 반복하여 측정하였고, 그 결과는 평균값±표준편차로 나타냈음. 미생물에 대한 살균제의 살균 효능 분석과 저장기간 중의 살균 효능 분석은 SPSS(Statistic software version 21, SPSS Inc., IBM Company) 프로그램을 이용하여 통계분석을 실시하였으며, 처리구 간의 유의성 검증을 위해 분산분석(ANOVA) 후 Tukey의 다중검정법을 이용하였음. 그리고 관능 품질검사 결과 분석은 Prism(Graph pad, Prism company version 5.10) 프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, Tukey의 다중검정법으로  $p < 0.05$  수준에서 항목들 간의 유의적 차이를 검정하였음.

### 3. 미산성 전해수를 활용한 친환경적 저감화 기술 개발

○ 유효염소농도 별로 제조한 전해수의 침지시간에 따른 위해미생물과 부패미생물에 대한 살균효능을 확인하였음(Table 2-2).

○ *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *Salmonella* spp. 4종의 위해미생물을 유효염소농도 10 ppm 전해수에 1분간 침지한 결과, 모두 4 log CFU/g이상의 높은 감소를 보였으며 30 ppm 전해수에 1분간 침지하였을 때 5 log CFU/g 이상, 5분 침지하였을 때 7 log cfu/g 이상의 높은 살균효능을 보였음. 유효염소농도와 침지시간이 증가함에 따라 살균효능도 유의적으로 증가하는 것을 확인하였음.

○ *E. carotovora*, *P. fluorescens*, *X. campestris* 3종의 부패미생물을 유효염소농도 10 ppm 전해수에 1분간 침지했을 때 각각 4.30 log CFU/g, 7.10 log CFU/g 이상, 1.54 log CFU/g의 감소를 나타냈음. 유효염소농도 30 ppm 전해수에 5분간 침지했을 때 *E. carotovora*와 *P. fluorescens*의 경우는 7.10 log CFU/g 이상의 살균효과를 나타내는데 비해 *X.campestris*는 3.14 log CFU/g의 감소를 나타내며 미산성 전해수에 대해 낮은 살균 효능을 보이는 것을 확인하였음.

Table 2-2. 위해미생물 및 부패미생물에 대한 전해수의 농도별 살균 효능

Bacteria	10 ppm			20 ppm			30 ppm			
	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min	
<i>S. aureus</i>	4.87a	6.04c	6.22d	4.93ab	6.22d	6.59e	5.02b	6.59e	<b>7.29f</b>	
식중독 미생물	<i>L. monocytogenes</i>	4.50a	5.73d	6.18e	4.97b	6.12e	6.92f	5.26c	6.95f	<b>≥7.62g</b>
	<i>E. coli</i>	4.73a	5.56c	5.91d	4.96b	5.91d	6.55e	5.58c	6.66e	<b>7.40f</b>
	<i>Salmonella</i> spp.	5.01a	6.11d	6.41e	5.25b	6.30de	6.99f	5.67c	7.30g	<b>≥7.99h</b>
부패 미생물	<i>E. carotovora</i>	4.30a	<b>≥7.34b</b>	≥7.34b		≥7.34b		≥7.34b		
	<i>P. fluorescens</i>		<b>≥7.10a</b>			≥7.10a		≥7.10a		
	<i>X. campestris</i>	1.54a	2.20b	2.23b	1.68ab	2.39b	2.47bc	2.57bc	2.88bc	<b>3.14c</b>

Values in the same raw that are followed by the same uppercase letter are not statistically significantly different.

#### 4. 유기산을 이용한 위해미생물 및 부패미생물 친환경적 저감화 기술 개발

- 유기산 종류별로 0.5%의 농도로 제조하여 위해미생물과 부패미생물에 대한 살균효능을 알아 보았음(Table 2-3).
- 위해미생물 4종과 부패미생물 3종에 대한 유기산의 살균효능을 알아본 결과, fumaric acid가 다른 유기산에 비해 높은 살균 효과를 나타냈음.
- *S. aureus*의 경우, fumaric acid에서 3.95 log CFU/g의 살균 효능을 보였으며, 나머지 acetic acid, ascorbic acid, citric acid는 1.30 - 1.54 log CFU/g의 살균 효능을 보였음. 또한, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp.는 fumaric acid에 1분간 침지했을 때, 각각 8.30, 7.00, 8.02 log CFU/g 이상 살균효과를 나타내며 높은 살균 효능을 보였음.
- 위해미생물 4종 중 *S. aureus*를 제외하고 fumaric acid가 다른 유기산보다 높은 살균효능을 보였음.
- *E. carotovora*와 *X. campestris*의 경우, ascorbic acid < acetic acid < citric acid < fumaric acid 순으로 높은 살균 효능을 나타내었으며, fumaric acid에 의한 살균 효과가 가장 높았음.
- *P. fluorescens*의 경우, 모든 유기산이 7.08 log CFU/g 이상의 높은 살균 효능을 보였음.
- 부패미생물 3종에 대해 fumaric acid가 다른 유기산보다 높은 살균효능을 보였으며, 0.5 % 농도, 1분 침지만으로도 충분한 살균력을 나타내었음.

Table 2-3. 위해 미생물 및 부패 미생물에 대한 0.5% 유기산의 종류별 살균 효능

Bacteria		Acetic acid	Ascorbic acid	Citric acid	Fumaric acid
식중독 미생물	<i>S. aureus</i>	1.38a	1.30a	1.54ab	3.95c
	<i>L. monocytogenes</i>	2.16a	1.97a	2.97c	≥ 8.30e
	<i>E. coli</i>	1.27a	1.63b	1.50ab	≥ 7.00f
	<i>Salmonella</i> spp.	2.20a	5.08e	3.52c	≥ 8.02j
부패 미생물	<i>E. carotovora</i>	3.58	2.09	5.10	≥ 7.50e
	<i>P. fluorescens</i>	≥ 7.08	≥ 7.08	≥ 7.08	≥ 7.08
	<i>X. campestris</i>	3.02	1.54	4.08	≥ 6.70

Values in the same raw that are followed by the same uppercase letter are not statistically significantly different.

## 5. 천연항균물질의 위해미생물 및 부패미생물 친환경적 저감화 기술 개발

### (1) 활성칼슘(CaO)을 이용한 위해미생물 및 부패미생물 친환경적 저감화 기술 개발

- 0.2%의 농도로 제조한 활성칼슘과 나노화 활성칼슘의 위해미생물에 대한 살균효능을 비교한 결과, 활성칼슘의 살균효능이 높은 것으로 확인되었음(Table 2-4).
- *S. aureus*의 경우, 활성칼슘에서 5분간 침지하였을 때 2.42 logCFU/g의 낮은 살균 효능을 보였음. *L. monocytogenes*의 경우, 나노화 활성칼슘에서 5분간 침지하였을 때 2.43 log CFU/g의 낮은 살균 효능을 보였음. *E. coli*의 경우, 활성칼슘에서 5분간 침지하였을 때 2.61 log CFU/g의 낮은 살균 효능을 보였음. *Salmonella* spp.는 활성칼슘에서 5분간 침지하였을 때 2.76 log CFU/g의 낮은 살균 효능을 보였음.
- 4종의 식중독균에 대해 0.2% 농도의 활성칼슘은 낮은 살균 효능을 나타내었음.
- 0.2%의 농도로 제조한 활성칼슘과 나노화 활성칼슘의 부패미생물에 대한 살균효능을 비교한 결과, *E. carotovora*와 *P. fluorescens* 균주의 경우, 활성칼슘과 나노화 활성칼슘에 관계없이 1분간 침지하였을 때 각각 7.18, 6.04 log CFU/g의 높은 저감을 보였음.



○ *X. campestris*의 경우, 5분간 침지하여도 1.33 log CFU/g의 저감을 보이며 다른 균주에 비해 낮은 살균 효과를 나타냈음.

Table 2-4. 위해 미생물 및 부패 미생물에 대한 0.2% 활성칼슘(Calcium oxide) 용액의 살균 효능

Bacteria	Nano calcium oxide			Calcium oxide			
	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min	
<i>S. aureus</i>	1.35a	2.38bc	2.44bc	1.54a	2.40c	<b>2.42c</b>	
위해 미생물	<i>L. monocytogenes</i>	1.35a	2.21b	<b>2.43b</b>	1.51a	2.31b	2.40b
	<i>E. coli</i>	1.51a	2.34b	2.52c	1.61a	2.52c	<b>2.61c</b>
	<i>Salmonella</i> spp.	1.56a	2.79b	2.64b	1.71a	2.71b	<b>2.76b</b>
부패 미생물	<i>E. carovotora</i>		<b>≥ 7.18</b>		<b>≥ 7.18</b>		
	<i>P. fluorescens</i>		<b>≥ 6.04</b>		<b>≥ 6.04</b>		
	<i>X. campestris</i>	0.98ab	1.06ab	<b>1.33b</b>	0.88a	0.99ab	1.03ab

Values in the same raw that are followed by the same uppercase letter are not statistically significantly different.

## (2) 천연항균물질을 이용한 위해미생물 및 부패미생물 친환경적 저감화 기술 개발

### ① 최종 천연항균물질 선정 배경

○ 국내외 문헌조사를 통해 다른 약용식물보다 높은 항균 활성을 나타내었던 자몽추출물, 황련, 오레가노, 로즈마리 추출물을 천연항균물질로 선정하여 천연 항균제의 4종의 식중독미생물과 3종의 부패미생물에 대한 살균 효능을 탐색하였음(Shan et al., 2007; Witkowska et al., 2013).

Table 2-5. 50% growth reduction concentrations (IC<sub>50</sub>) of herb and spice extracts against *Listeria innocua* (ATCC 33090), *Escherichia coli* (ATCC 11303), *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas fluorescens* (mg/ml<sup>-1</sup>)(Wikowska et al., 2013)

Common name	<i>L. innocua</i> (ATCC 33090)			<i>E. coli</i> (ATCC 11303)		
	Ethanol	Hexane	Water	Ethanol	Hexane	Water
Aniseed	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Black pepper	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Celery	2.5	2.5-5	20	10	20-40	40
Chili	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Cinnamon	20-40	20-40	20-40	20-40	40	40
Clove	1.25-2.5	5-10	20-40	2.5	5-10	20-40
Coriander	20-40	20-40	20-40	40	>40	>40
Cumin	20-40	>40	>40	40	>40	>40
Garlic	>40	>40	10-20	>40	>40	20-40
Onion	>40	>40	20-40	>40	>40	20-40
Oregano	<1.25	2.5-5	20-40	1.25-2.5	5	20-40
Paprika	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Parsley	>40	>40	20-40	>40	>40	20-40
Rosemary	1.25-2.5	5-10	20-40	5-10	20-40	20-40
Sage	1.25-2.5	10-20	20-40	2.5	20	>40
Thyme	20	20-40	>40	20-40	40	>40
Turmeric	20-40	>40	20-40	20-40	>40	40
White pepper	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Common name	<i>S. aureus</i>			<i>P. fluorescens</i>		
	Ethanol	Hexane	Water	Ethanol	Hexane	Water
Aniseed	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Black pepper	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Celery	2.5	5	20-40	10-20	10-20	>40
Chili	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Cinnamon	10-20	20-40	20	40	>40	>40
Clove	1.25-2.5	5-10	20-40	5	10-20	40
Coriander	20-40	>40	>40	>40	>40	>40
Cumin	20-40	>40	>40	>40	>40	>40
Garlic	>40	>40	10-20	>40	>40	20-40
Onion	>40	>40	20-40	>40	>40	40
Oregano	<1.25	2.5-5	10-20	2.5-5	5-10	40
Paprika	>40	>40	>40	>40	>40	>40
Parsley	>40	>40	20-40	>40	>40	>40
Rosemary	1.25-2.5	2.5-5	20-40	5-10	10-20	>40
Sage	1.25-2.5	10	20-40	10-20	20-40	>40
Thyme	10-20	20-40	>40	>40	>40	>40
Turmeric	10-20	20-40	20-40	40	>40	>40
White pepper	>40	>40	>40	>40	>40	>40

Table 2-6. Antibacterial activity of extracts from dietary spices in 80% methanol(Shan et al., 2007)

Common name	Antibacterial activity (DIZ) (mm) <sup>a</sup>				
	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. anatum</i>
Caraway	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*
Cinnamon	10.3	8.9	12.1	5.0	7.0
Coriander	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*
Cumin	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*
Clove	14.0	13.7	21.3	10.1	17.5
Mint	8.0	6.6	9.8	4.6*	5.9
Sweet basil	6.3	4.6*	7.2	4.6*	4.6*
<b>Oregano</b>	<b>11.0</b>	<b>13.7</b>	<b>24.2</b>	<b>7.3</b>	<b>10.5</b>
Parsley	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*
Black pepper	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*	4.6*
<b>Rosemary</b>	<b>7.7</b>	<b>6.5</b>	<b>8.9</b>	<b>4.6*</b>	<b>5.8</b>
Sage	7.9	6.8	9.1	4.6*	6.0
Thyme	9.0	7.7	8.8	4.6*	6.6

<sup>a</sup>The zone diameter of wells cut in PCA medium is 4.60 mm and the diameter of inhibition zone (DIZ) of negative control for each bacterium is also 4.6 mm. If the DIZ value is 4.6 mm (\*), that means the extract has no inhibitory activity against this bacterium.

- 로즈마리, 오레가노, 황련, 자몽 추출물을 1% 농도인 추출물 용액으로 제조하여 위해미생물에 대한 살균효능을 탐색하였음(Table 2-7)
- *S. aureus*, *E. coli*, *Salmonella* spp.의 경우, 1% 로즈마리 추출물 용액에 5분간 침지하였을 때 각각 4.74, 4.70, 4.48 log CFU/g 살균 효과를 나타냈음. 추출물은 황련 < 오레가노 < 자몽 < 로즈마리 순으로 높은 살균 효능을 나타내었음.
- *L. monocytogenes*의 경우, 1% 로즈마리 추출물 용액에 5분간 침지하였을 때 4.44 log CFU/g 살균 효능을 나타내었음. 추출물은 오레가노 < 황련 < 자몽 < 로즈마리 순으로 높은 살균 효능을 나타내었음.
- 본 연구 결과, 위해 미생물 4종에 대해 1% 로즈마리 추출물 용액이 오레가노, 황련, 자몽 추출물에 비해 높은 살균효능이 있는 것을 확인하였음.
- 로즈마리, 오레가노, 황련, 자몽 추출물을 1%의 농도로 제조하여 부패미생물에 대한 살균효능을 탐색하였음. 부패미생물의 경우에서 추출물은 위해미생물과 달리 전반적으로 낮은 살균효능을 갖고 있었음.
- *E. carotovora*와 *P. fluorescens*의 경우, 1% 로즈마리 추출물 용액에 5분간 침지하였을 때 각각 2.50, 2.62 log CFU/g의 살균 효과를 보였음.
- *X. campestris*의 경우, 1% 오레가노 추출물 용액에 5분동안 침지 시 2.47 log CFU/g 살균 효과를 나타냈으며, 황련 < 로즈마리 < 자몽 < 오레가노 순으로 살균 효과가 높은 것으로 나타났음.

Table 2-7. 1% 천연추출물을 5분간 침지했을 때 위해 미생물과 부패 미생물에 대한 살균효능

Bacteria	Rosemary (로즈마리)	Oregano (오레가노)	Golden thread (황련)	Grapefruit (자몽)	
식중독 미생물	<i>S. aureus</i>	<b>4.74d</b>	3.43c	3.09c	3.35c
	<i>L. monocyto genes</i>	<b>4.44e</b>	3.20c	3.47cd	3.35c
	<i>E. coli</i>	<b>4.70e</b>	3.15cd	3.10cd	3.26d
	<i>Salmonella spp.</i>	<b>4.80e</b>	3.60d	3.48cd	3.67d
부패 미생물	<i>E. carotovora</i>	<b>2.50c</b>	2.42bc	2.42bc	2.47bc
	<i>P. fluorescens</i>	<b>2.62d</b>	<b>2.62d</b>	2.55c	2.50c
	<i>X. campestris</i>	2.28b	<b>2.47b</b>	2.25b	2.43b

Values in the same raw of same bacteria that are followed by the same uppercase letter are not statistically significantly different.

### (3) 천연 향균물질의 경제성 분석

#### ① 순수 생산원료 단가

- 위해·부패미생물의 살균효능을 탐색하기 위해 사용된 천연향균물질들의 경제성 비교 분석을 위해 순수 생산원료단가를 계산하였음(Table 2-8).
- 각 천연 살균제의 제조단가는 활성칼슘이 75원(10g/1L), 로즈마리가 2,838(10g/1L), 오레가노가 5,509원(10g/1L), 황련이 10,194원(10g/1L), 푸마르산이 300원(5g/1L)으로 계산되었음.

Table 2-8. 천연 살균제의 순수 생산원료단가 비교분석

항균물질	사용된 원물의 단가*	사용된 용매의 단가	최종 농축양 / Brix	생산원료단가**	제조 단가 (10g/1L)
활성칼슘	960 (원/1.92kg)	-	1kg	7,500 (원/1kg)	7.5원
로즈마리	2,640 (원/120g)	11,550 (원/4.2L)	50 g / 55 Brix	14,190 (원/50g)	2,838원
오레가노	10,500 (원/500g)	19,250 (원/7L)	54 g / 43 Brix	29,750 (원/54g)	5,509.26원
황련	40,000 (원/500g)	38,500 (원/14L)	77 g / 73 Brix	78,500 (원/77g)	10,194.81 원
자몽	6,000 (원/1kg)	19,250 (원/7L)	54 g / 66 Brix	25,250 (원/54g)	4,675.93원
푸마르산 (Fumaric acid)	-	-	-	30,000 (원/500g)	300원 (5g/1L)

\*원료단가: 새꼬막껍질 500원/kg, 로즈마리 22,000원/kg, 오레가노 21,000원/kg, 황련 80,000원/kg, 자몽 6,000원/kg, 에탄올 50,000원/18L (70% 에탄올 사용), Fumaric acid (대정화학) 30,000원

\*\*계산된 로즈마리, 오레가노, 황련, 자몽 추출물의 생산 단가는 추출 후 여과비용, 농축비용, 인건비, 전기료, 세척료 등 모두가 제외된 순수 생산원료단가임. 활성칼슘의 경우 세척비(300원/kg), 소성비용(1,500원/kg), 전기분해비용(1,000원/kg), 분쇄비(500원/kg), 인건비, 수도세 등이 총 포함된 가격임.

② 살균효능

- 위해미생물에 대한 1% 활성칼슘과 2% 활성칼슘의 살균효능을 비교한 결과, 2% 활성칼슘이 1% 활성칼슘보다 *L. monocytogenes*, *E. coli*, *Salmonella* spp.에 대해 유의적으로 높은 살균효능을 나타내었음.
- 2% 활성칼슘과 1% 로즈마리 추출물의 살균효능을 비교한 결과, 활성칼슘의 살균효능이 로즈마리 추출물보다 많게는 약 2 log CFU/g 이상의 저감 효능을 보였음. 또한 2% 활성칼슘과 1% 로즈마리 추출물의 경제성을 비교하였을 때, 2% 활성칼슘의 생산원료단가는 150원 (20g/1L)이었고, 1% 로즈마리 추출물은 2,838원 (10g/1L)으로 2% 활성칼슘이 1% 로즈마리 추출물보다 약 19배 정도 저렴한 것을 확인할 수 있었음.
- 따라서, 본 연구에서 경제성과 위생 안정성을 고려하여 활성칼슘을 천연항균물질로 선택함.

## 요약

### 1. 위해·부패미생물에 대한 친환경 살균제의 살균 효능 비교

- 천연항균 후보물질로 미산성 전해수(10, 20, 30 ppm), 유기산(0.5, 1%의 푸마르산, 아세트산, 아스코르브산, 구연산), 활성칼슘(0.2, 0.5, 1, 2%), 식물추출물(0.01, 0.1, 1%의 로즈마리, 오레가노, 황련, 자몽 추출물)을 사용하여 위해·부패미생물에 대한 살균 효능을 확인한 결과, 미산성 전해수는 유효염소농도 30 ppm에서, 유기산은 0.5% 푸마르산에서, 활성칼슘은 2%의 농도에서, 식물추출물은 1% 로즈마리 추출물에서 가장 높은 살균을 보였음.
- 천연항균 후보물질들의 적정농도 제조단가를 계산하였음. 활성칼슘의 제조단가가 150원 (20g/1L)로 가장 저렴하였으며, 푸마르산(Fumaric acid)이 300원 (5g/1L), 로즈마리 추출물이 2,838원 (10g/1L), 오레가노 추출물이 5,509원 (10g/1L), 황련이 10,194원 (10g/1L), 자몽이 4,675원으로 확인되었음.
- 천연항균 후보물질들의 살균효능과 경제성을 비교분석한 결과, 제조단가가 저렴하면서 살균 효능이 높은 2% 활성칼슘과 0.5% 푸마르산을 미산성 전해수와 병행 또는 병용처리하면 더 높은 미생물 저감 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단됨.

### <각 천연 살균제의 최적농도에 따른 위해·부패미생물의 살균 효능>

Bacteria	SAEW (30 ppm)			0.5% Fumaric acid			2% Calcium oxide			1% Rosemary		
	1 min	3 min	5 min	25°C	30°C	40°C	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min
<i>S. aureus</i>	5.02f	6.59h	7.29i	3.95cd	4.50e	5.58g	2.99a	3.69c	4.56e	3.28b	4.15d	4.74e
<i>L. monocytogenes</i>	5.26e	6.95f	≥7.62g	≥7.00g			3.27a	4.42c	4.89d	3.14a	4.13b	4.44c
<i>E. coli</i>	5.58d	6.66e	7.40g	≥8.30h			5.60d	5.87f	6.66e	3.14a	3.92b	4.70c
<i>Salmonella</i> spp.	5.67e	7.30g	≥7.99h	≥8.02h			4.85c	5.45d	6.98f	3.34a	4.19b	4.80c
Bacteria	30ppm			0.5% Fumaric acid			0.2% Calcium oxide			1% Rosemary		
	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min	1 min	3 min	5 min
<i>E. carotovora</i>	≥7.34d			≥7.50d			≥7.18d			2.04a	2.42b	2.50c
<i>P. fluorescens</i>	≥7.10d			≥7.08d			≥6.04d			2.30a	2.51b	2.62c
<i>X. campestris</i>	2.57e	2.88f	3.14g	≥6.70h			0.88a	0.99b	1.03b	2.01c	2.27d	2.28d

### 2. 선정된 살균제 : 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘

- 환경 살균제인 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘(CaO)를 신선 농산물의 살균 효능을 높이는 살균 소재로 선정하여 최적의 살균 조건을 탐색함.

### 제3절 신선 농산물 및 신선 가공품의 친환경 고효율 세척, 살균, 가공기술 및 선유통기한 연장기술 개발

#### 1. 연구의 필요성

- 지난 10 년 동안 신선 농산물의 소비가 계속 증가했으며, 신선 농산물에 대한 잠재적인 소비 증가 이유는 높은 영양가, 사회적 식습관의 변화 및 신선한 농산물의 섭취 기회 증가에 있음.
- 신선 농산물의 소비 증가는 신선 식품에 의한 식중독 발생 빈도의 증가를 야기시켰음 (Alegre et al., 2010; Issa-Zacharia et al., 2010). 신선 농산물 섭취로 인한 식중독 발생의 증가로 인해 채소 내의 식품 매개 병원성 균의 오염율을 개선해야 할 필요성이 식품 안전 문제로 대두되고 있음(Zhang et al., 2011).
- 따라서, 신선 농산물 및 관련 식품에 의한 식중독 발생을 줄이기 위해 세척 기술 개발은 식품 산업에서 식품 안전을 위해 수행되어야 함. High hydrostatic pressure, dielectric heating, ohmic heating, bacteriocin 등의 기술에 의해 미생물의 오염을 제거하고 있지만 현장에서 사용하기에 고가이며 기술적으로 어려운 것이 현실임 (Du, Han, & Linton, 2002; Khan & Oh, 2016; Trinetta et al., 2011).
- 허들 기술(Hurdle technology)는 식품의 영양 및 관능적인 품질의 손실을 줄이고 식품 안전성을 높이기 한 잠재적인 기술을 일컫는 것으로서, 여러 기술이 조합된 것을 말함(Khan et al., 2017).
- 신선 농산물의 품질과 안전성 향상을 위해 미산성 전해수, 유기산, 초음파, 마이크로 버블에 의한 미생물 살균 효과에 대한 연구가 많이 수행되어져 왔음(Ross et al., 2003; Ikeura et al., 2013; Lee et al., 2011). 그러나, 많은 학자들이 여러 기술에 의한 미생물 살균 효과에 대해 연구하였으나 효과적인 살균 기술은 성립되어 있지 않은 것이 현실임(Ding et al., 2015; Sawai et al., 2001). 따라서 살균 세척 기술의 둘 이상의 조합은 식중독균의 살균을 증가시킬 수 있을 것으로 사료됨.
- 또한, 신선 농산물의 안전성과 저장기간을 연장시키기 위해 코팅제에 항균성 물질을 첨가하는 새로운 방법이 시도되고 있음(Rojas-Graü et al., 2007). 최소한의 가공 공정을 거친 신선 편이 식품에 대한 유해 미생물에 대한 오염을 줄이기 위해 항균성 물질을 함유한 식용 코팅제 이용의 중요성이 커지고 있음. 신선하고 최소한으로 가공된 과일을 포함한 광범위한 식

품 제품에 식용 코팅제를 사용하면 코팅 제품이 식품 첨가물 및 제품 유효 기간을 연장시키고 다양한 항균제의 운반체 역할을 할 수 있기 때문에 그 관심이 증가하고 있는 추세임 (Cagri et al., 2004; Pranoto et al., 2005).

- 제3절에서는 앞에서 선정된 친환경 살균제인 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘(CaO)를 신선 농산물의 살균 효능을 높이는 살균 소재로 선정하여 최적의 살균 조건을 탐색함.
- 친환경 살균제로 선정된 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘의 최적의 살균 조건을 찾기 위해 식중독균에 대한 살균 효과를 조사한 뒤, 살균제를 병용 처리하여 신선 농산물(채소 3종과 과일 2종)에 접종된 식중독균의 저감화를 증대시키는 최적의 조건을 개발함.
- 미생물의 저감화를 높이기 위해 친환경 살균제의 병용 처리와 더불어 물리적 기술(초음파, 마이크로 버블, 자외선)을 병합 처리함. 신선 농산물의 저장기간(4℃ 및 실내 온도)동안 허들 처리가 미생물 살균 효능 및 관능적인 품질특성 변화에 미치는 영향을 평가함.
- 이와 더불어, 친환경 살균제와 물리적인 처리방법을 병용처리한 후 코팅제를 처리하여 저장기간(4℃)동안의 미생물 살균 효능 및 관능적인 품질특성 변화에 대해서 조사함.



신성가공 농산물의 친환경 고효율 세척, 살균  
가공기술 개발 추진방법



Fig.. 3-1 추진체계

## 2. 실험 방법

### (1) 균주 선정 및 배양방법

- *L. monocytogenes* (ATCC 19111, 19118, Scott A), *S. Typhimurium* (ATCC 19585), *S. enterica* (ATCC 13076), *E. coli* O157:H7 (ATCC 23150, 946, 938), *S. aureus* (ATCC 13150, 6538, 23235)를 사용하였음.
- 배양 방법 : 각 균주들은 tryptic soy agar (TSA, Difco)에 streaking하여 35°C에서 24시간 배양한 후 형성된 단일 colony는 10 mL의 Brain heart infusion (BHI, Difco)에 접종하였음. 배양된 균액은 4,000 g로 10분간 원심분리 후 상등액은 버리고 멸균된 1% 펩톤수로 2회 세척하여 10 mL의 BHI에 재부유하여 35°C, 24시간 동안 배양 후 최종 농도가  $10^8$ - $10^9$  CFU/mL가 되도록 준비하였음. 각각의 균주들은 배양 후 0.1 mL씩 취하여 멸균된 falcon tube에 혼합 후 실험에 사용하였음.

### (2) 살균제 선정 및 제조

- 제1절의 결과를 바탕으로 선정된 천연 살균제 : 미산성 전해수(SAEW), 활성칼슘(CaO), 푸마르산(Fumaric acid)
- 미산성 전기분해수 제조  
미산성 전해수 생성장치를 사용하여 전기분해수를 제조하였음. 전류 1.0-20 A, pH 5.0 - 6.5, 유효염소(ACC) 10 - 30 mg/L, ORP 780 - 880 mV인 무격막 전해수를 제조하여 사용하였음.

### (3) 선정된 살균제의 온도, 농도, pH등에 따른 살균 최적화 조건 분석

#### ① 시료의 전처리 조건

미산성 전해수	10, 20, 30 ppm	+	온도	상온(23±0.2)°C, 30°C, 40°C
푸마르산	0.25, 0.5%		시간	30초, 1분, 3분, 5분
활성칼슘(CaO)	0.2, 1, 2%			

위와 같이 제조하여 단독 또는 병용하여 사용하였음.

- ② 각각의 조건별로 처리 후, 1 mL를 위하여 9 mL의 중화용액(0.85% NaCl + 0.5% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)에 중성화한 후 0.1% 멸균 펩톤수에 현탁하여 주입평판법으로 균수를 측정하였음.

### (4) 신선 농산물(채소 3종, 과일 3종)에 대한 친환경 살균제(미산성 전해수, 활성칼슘, 푸마르산)과 물리적 기술(초음파, 마이크로버블, UV-C)의 병용 최적 살균 조건 분석

#### ① 시료 준비 및 접종 방법

분석시료로는 신선채소(상추, 시금치, 새싹채소), 과일(사과, 방울토마토, 귤)를 사용하였음. 시료는 춘천 지역 대형마트와 동네마켓으로부터 구입하였으며 구입 후 즉시 실험실로 운반하

여 4℃ 냉장고에 보관하여 후 실험에 사용하였음. 분석시료의 불순물을 제거하기 위해 흐르는 물에 세척 후 사용하였음. 각 시료는 세척 후 초기농도가  $10^6 - 10^8$  CFU/mL가 되도록 접종하였음.

② 선정된 살균제의 최적조건을 단일 혹은 병용 처리하여 살균 효능을 알아봄.

○ 선정된 살균제의 온도, 농도, pH조건

: 위의 (3)의 조건으로 연구를 수행하여 미산성 전해수-30ppm, 푸마르산-0.5%, 활성칼슘-0.2%에서 3분간 침지하는 조건을 선택함.

○ 친환경 살균제의 처리 조건

대조구	증류수
단일처리	미산성 전해수, 유기산, 활성칼슘(CaO)
병용처리	미산성 전해수 + 유기산 활성칼슘(CaO)-미산성 전해수 + 유기산

③ 물리적 기술을 병용 처리하기 위해 초음파, 마이크로버블, 자외선을 사용하였고, 물리적 기술 처리 조건 선정은 선행연구를 참고하여 정하였음(Forghani & Oh, 2014; Mansur & Oh, 2015; Kang et al., 2012).

○ 물리적 기술 처리 조건

초음파	400 W/L, 상온( $23 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ), 3분
마이크로버블	상온( $23 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ), 3분
자외선(UV-C)	상온( $23 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ), 10분

④ 저장 온도에 따른 병용처리 기술에 의한 미생물 생육변화를 분석하였음. 앞서 실험한 물리적 병용처리 결과를 토대로 가장 살균 효과가 뛰어난 처리 조건을 적용시켰으며, 각각의 처리 조건은 다음과 같음.

○ 선정된 친환경 살균제와 물리적 기술의 병용처리 조건

대조구	증류수
병용처리1	활성칼슘(CaO)-미산성 전해수 + 유기산
병용처리2	활성칼슘(CaO)-미산성 전해수 + 유기산 + 초음파

⑤ 살균제 처리에 의한 미생물 살균 효능 분석

위와 같은 처리 조건으로 200 mL의 용액으로 실온에서 3분간 처리 후 200 mL의 중화용액 (0.85% NaCl + 0.5% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)에서 중성화한 후 미생물 생육을 측정함. 농도에 맞게 제조된 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘 용액 9 mL에 균배양액 1 mL를 혼합하여 살균효능을 알아보았음.

⑥ 저장기간 동안 미생물 생육 측정

저장 온도에 따른 병용처리 기술에 의한 미생물 생육변화 및 저장성 테스트를 위해 4°C에서 14일간(2, 4, 6, 8, 10, 12, 14일), 상온에서 7일간(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7일) 보관하면서 샘플링 하였으며, 미생물의 정량분석은 식품공전 제 9. 일반시험법의 3. 미생물시험법에 준하여 분석하였음. 또한, 신선편이식품의 품질 특성을 측정하기 위해 저장 기간 중 관능검사를 실시하였음.

⑦ 저장기간 동안 관능 품질검사

시료의 살균제 병합 처리에 의한 저장기간 중의 품질 변화를 분석하기 위해 관능 품질 검사 방법은 Gomez-Lopez et al. (2008)의 방법을 따랐음. 시료의 전체적인 품질(overall visual quality), 이취(off-odor)을 관능 품질평가 항목으로 정하였음. 훈련된 panel 요원 6명으로 시료의 전체적인 품질(overall visual quality), 이취(off-odor)에 대한 관능 품질검사를 실시하였음. 전체적인 품질은 9점 척도(1 = excellent, 5 = acceptable, 9 = extremely poor)와 이취(off-odor)은 5점 척도(1 = none, 3 = acceptable, 5 = severe)를 이용하여 수거된 시료에 대해 관능 품질검사를 실시하였음.

(5) 선정된 친환경 살균제와 물리적 기술 및 코팅제의 병용처리에 의한 위해미생물 살균 조건 분석

① 사용된 균주

*Listeria monocytogenes* (ATCC 19118 및 Scott A)와 *Escherichia coli* O157 : H7 (ATCC 23150 및 43895)를 사용하였음. 배양된 각 균주의 세포를 50 mL 멸균 원심 분리 튜브를 사용하여 원심 분리 (4000 g, 10분)하여 모아진 pellet은 0.1% 펩톤수로 세척하고 0.1% BPW 50 ml에 재현탁하여 최종 농도가 10<sup>8-9</sup>CFU/mL되도록 준비하였음. 각 배양균의 수는 tryptic soy agar plate (TSA, Difco)에 0.1 mL 희석 배양액을 도말하여 확인하였음. 플레이트를 37°C에서 24시간 동안 배양하였음. 각 균주의 50 mL 현탁액 3개를 500 mL 멸균 삼각 플라스크에서 혼합하여 각 병원균 450 mL 을 사용하였음.

② 시료 준비 및 접종 방법

시료는 춘천 지역의 동네마켓에서 사과를 구입하여 아이스 백을 사용하여 직접 실험실로 운

반하였음(4°C). 균을 접종하기 전 과일을 에탄올 70%에 1분 동안 침지시킨 후 멸균된 과일을 멸균 증류수 (DW)로 두 번 행군 후 23°C에서 1시간 동안 크린벤치에서 건조시킨 후 실험을 진행하였음.

450 mL의 균배양액을 550 mL의 0.1% BPW와 혼합하여 1 L의 세포 현탁액을 준비하여 접종물을 제조하였음. 각 배치를 각 병원체 현탁액 2 L(약 7 - 8 log CFU/mL)에 침지시키고 10분 동안 수동으로 교반하여 균일하게 접종하였음. 접종된 샘플을 크린벤치에서 약 1시간 동안 건조시켜 과일 표면에 균을 부착시켰고, 이때 사용한 1회분 사과 양은 1 Kg(약 8-9개)로 측정하여 사용함.

### ③ 자연 유래 미생물학적 분석

사과 표면의 총 호기성균을 분석을 위해 살균되지 않은 사과를 사용함.

### ④ 살균제 용액 제조

#### ○ 미산성 전해수 제조

미산성 전해수 생성장치를 사용하여 전기분해수를 제조하였음. 전류 1.0 - 20 A, pH 5.0 - 6.5, 유효염소(ACC) 10 - 30 mg/L, ORP 780 -880 mV인 무격막 전해수를 제조하여 사용하였음.

○ 푸마르산 용액: 멸균 증류수에 용해시켜 0.5% 농도 (pH 약 2.38 ± 0.19)의 희석 용액을 사용하였음.

○ 활성칼슘 용액: 0.2% 농도 (pH 12.09 ± 0.36)로 제조되었음.

### ⑤ 살균제 처리 방법

- 각 살균제를 6 L를 세척조(스테인레스 스틸, 10 L)에 넣어 처리함.
  - 사과를 실온에서 3분간 증류수(DW), 활성 칼슘(CaO), 푸마르산(FA) 및 미산성전해수(SAEW)에 각각 처리하여 세척하는 방법.
  - 푸마르산 + 미산성 전해수 (F+E) : SAEW 3 L와 FA 3 L 혼합된 세척조에서 처리하는 방법
  - 활성칼슘 처리 후 푸마르산 + 미산성 전해수 (C-F+E) : CaO에서 3분 동안 과일을 침지 후 푸마르산과 미산성 전해수(F+E)를 혼합하여 처리하는 방법
- ⇒ 각 살균제 처리 후, 사과를 중화 용액 (0.5% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>을 함유하는 0.85% NaCl) 6 L가 들어있는 새 세척조로 옮겨 1분 동안 살균제 효과를 중지시켰음.

### ⑥ 코팅 처리 방법

- 살균제 처리가 끝난 후 키토산 (1 %)용액에 코팅처리를 하기 위해, 각각의 살균제 처리 후 화학 용액을 제거하고 세척조를 증류수로 2 회 행구고 건조시킴.
- 건조 후 DW, F+E 및 C-F+E 처리된 사과를 키토산 (1 %) 용액에 2분 동안 침지시켰음.

- SAEW, FA 및 키토산 (1%)의 직접적인 시너지 효과를 평가하기 위해 키토산과 SAEW+FA를 혼합한 다른 병합 처리방법인 F+E+Ch를 적용하였음. 1회분 (약 8-9개)의 과일을 F+E+Ch 용액에 3분 동안 침지시켰음.

⑦ 살균제 및 코팅제 처리에 의한 미생물 살균 효능 분석

사과 표면에 살균제 처리 후 중화 배지가 100 mL 들어있는 Whirl Pak (Nasco Whirl-Pak, Janesville, WI, USA)에 각각 넣어 격렬하게 흔든 다음, 5 분간 문질렀음. 샘플을 희석하여 *L. monocytogenes*는 SMCA에 *E. coli* O157 : H7은 OBMA에 도말하여 배양함.

자연유래 미생물 분석 : 총 호기성균 (TAB)은 TSA 배지에 37°C, 24-48 시간동안 배양한 후, 총 호기성균을 계수하였음.

⑧ 저장기간 동안 사과 품질 측정

허들 기술이 과일의 품질에 미치는 영향을 알아보기 위해 색도와 텍스처를 측정하였음.

- 색도 : CR-400 Minolta chroma meter(Minolta, Inc., Tokyo, Japan)로 측정하였음.
- 텍스처 : TA 25/1000 및 TA 11/1000 probe가 있는 CT3 texture analyzer(Brookfield Engineering Lab. Inc, Middleboro, MA, USA)를 사용하여 사과의 경도를 측정하였음.

(6) 통계분석

모든 실험은 3반복하여 측정하였고, 그 결과는 평균값±표준편차로 나타냈음. 미생물에 대한 살균제의 살균 효능 분석과 저장기간 중의 살균 효능 분석은 SPSS(Statistic software version 21, SPSS Inc., IBM Company) 프로그램을 이용하여 통계분석을 실시하였으며, 처리구 간의 유의성 검증을 위해 분산분석(ANOVA) 후 Tukey의 다중검정법을 이용하였음. 그리고 관능 품질검사 결과 분석은 Prism(Graph pad, Prism company version 5.10) 프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, Tukey의 다중검정법으로  $p < 0.05$  수준에서 항목들 간의 유의적 차이를 검정하였음.

### 3. 선정된 살균제의 온도, 농도, pH등에 따른 살균 최적화 확립(in vitro)

#### ① 미산성 전해수

- 위해미생물로 선정된 균주 4종에 대한 미산성 전해수의 농도, 온도, 침지시간에 따른 살균 효능을 탐색하였음(Table 3-1와 3-2).
- *E. coli* O157:H7의 경우, 미산성 전해수에 대한 감수성이 높아 모든 처리조건에서 8.98 log cfu/g의 높은 살균 효능을 나타냈음.
- *L. monocytogenes*도 *E. coli* O157:H7와 유사하게 대부분의 처리조건에서 높은 살균 효능을 나타냈음. 실온과 30℃에서 미산성 전해수의 농도 10ppm에 30초간 침지하였을 때, 낮은 살균 효능을 나타냈으며 침지시간이 증가할수록 살균 효능이 높아졌음( $p < 0.05$ ).
- *S. aureus*도 위의 균주들과 유사한 살균 효능을 나타냈음. 실온에서 미산성 전해수의 농도가 10ppm으로 처리하였을 때 5.72 - 6.12 log cfu/g의 살균 효능을 나타내어 다른 처리 조건들보다 낮은 살균 효능을 보였음.
- *Salmonella* spp.도 위의 균주들과 유사하게 미산성 전해수 처리에 대한 살균 효능이 높았음. 실온에서 미산성 전해수의 농도를 10 ppm 처리하였을 때 6.57 - 7.26 log cfu/g의 살균 효능을 나타냈으며, 침지시간이 길어질수록 살균 효능도 높게 나타났음.
- 위해미생물 4종의 균주들 중에서 미산성 전해수에 의한 살균 효능이 뛰어난 균주는 *E. coli* O157:H7이었음.
- 미산성 전해수의 위해미생물에 대한 살균효능은 뛰어난 것으로 나타났으며, 농도, 온도, 그리고 침지시간이 증가할수록 미생물 저감 효과도 증가하였음.

Table 3-1. *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*에 대한 미산성 전해수의 농도, 온도, 침지시간에 따른 살균 효능

Strains	Concentration (ppm)	Temperature (°C)	Dipping time			
			30 sec	1 min	3 min	5 min
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	10	23±0.5	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
		30	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
		40	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
	20	23±0.5	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
		30	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
		40	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
	30	23±0.5	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
		30	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
		40	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00	8.98±0.00
<i>Listeria monocytogenes</i>	10	23±0.5	3.58±0.20a	6.89±0.81b	8.89±0.00b	8.89±0.00b
		30	4.21±0.65a	4.15±0.59a	8.89±0.00b	8.89±0.00b
		40	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a
	20	23±0.5	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a
		30	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a
		40	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a
	30	23±0.5	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a
		30	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a
		40	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a	8.89±0.00a

The initial populations : *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*- 8.89 log CFU/mL.

The rows represent means of three replications ± SE. Within a row, two consecutive values followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).



Table 3-2. *S. aureus*와 *Salmonella* spp.에 대한 미산성 전해수의 농도, 온도, 침지시간에 따른 살균 효능

Strains	Concentration (ppm)	Temperature (°C)	Dipping time			
			30 sec	1 min	3 min	5 min
<i>Staphylococcus aureus</i>	10	23±0.5	5.72±0.30a	5.23±0.30a	5.94±0.25a	6.12±0.13a
		30	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
		40	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
	20	23±0.5	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
		30	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
		40	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
	30	23±0.5	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
		30	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
		40	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a	8.90±0.00a
<i>Salmonella</i> spp.	10	23±0.5	6.57±0.37a	6.69±1.00a	7.17±0.56a	7.27±0.22a
		30	5.49±0.17a	5.79±0.14a	6.69±0.36b	6.97±0.46b
		40	8.87±0.00a	8.87±0.00a	8.87±0.00a	8.87±0.00a
	20	23±0.5	5.98±0.98a	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b
		30	6.38±0.24a	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b
		40	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b
	30	23±0.5	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b
		30	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b
		40	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b	8.87±0.00b

The initial populations : *Staphylococcus aureus* - 8.89 log CFU/mL, *Salmonella* spp. - 8.87 log CFU/mL. The rows represent means of three replications ± SE. Within a row, two consecutive values followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

## ② 활성칼슘(CaO)

- *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*에 대한 활성칼슘의 0.2, 1.0, 2.0%의 농도에서 온도, 침지시간에 따른 살균 효능을 탐색하였음(Table 3-3). 활성칼슘의 농도와 온도가 높아질수록 살균 효과가 증가하는 것으로 나타남( $p<0.05$ ). *E. coli* O157:H7에 대한 0.2, 1.0, 2.0% 활성칼슘의 침지시간에 따른 살균 효과를 탐색하였을 때, 30초 동안 침지한 경우 가장 낮은 살균 효능을 나타남( $p<0.05$ ). 모든 농도에서 침지시간이 증가할수록 살균 효능이 증가하는 경향을 보였으며, 3분과 5분간 침지한 경우 미생물의 저감 효과가 유의적으로 높아졌음( $p<0.05$ ).
- *L. monocytogenes*에 대한 활성칼슘의 농도, 온도 및 침지시간에 따른 살균 효과를 알아보았을 때, 침지시간이 길어질수록 0.2, 1.0, 2.0% 활성칼슘에 의한 살균 효능이 증가하였음.
- *S. aureus*, *Salmonella* spp.에 대해 활성칼슘의 0.2, 1.0, 2.0%의 농도에서 온도, 침지시간에 따른 살균 효능을 Fig. 3-2에 나타내었음. *S. aureus*에 대한 활성칼슘의 살균효능을 검색해본 결과, 활성칼슘의 농도가 0.2, 1.0, 2.0%로 증가할수록 살균효능이 증가하였음. 0.2%의 활성칼슘 농도에서 실온에서 30초 침지하였을 때는 2.59 log CFU/g 감소하였으나, 3분, 5분간 침지하였을 때는 각각 3.02 log CFU/g, 3.29 log CFU/g으로 유의적으로 살균효능이 증가하였음( $p<0.05$ ). 1.0, 2.0%의 활성칼슘 농도에서도 이와 유사한 경향을 나타냈으며 침지시간을 3분, 5분간 처리했을 때 유의적으로 가장 높은 살균효능을 나타냈음( $p<0.05$ ).
- *Salmonella* spp.에 대한 활성칼슘의 살균효능의 결과는 *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *Listeria* spp.과 마찬가지로 활성칼슘의 농도와 온도가 증가할수록 살균효능이 높아졌음( $p<0.05$ ). 활성칼슘에 침지하는 시간이 길어질수록 살균효능이 높아졌으며, 실온에서 0.2% 농도의 활성칼슘에 30초간 침지한 경우 2.05 log CFU/g 감소하였음. 같은 조건에서 5분간 침지한 경우 3.89 log CFU/g의 살균효능을 나타냈음( $p<0.05$ ).

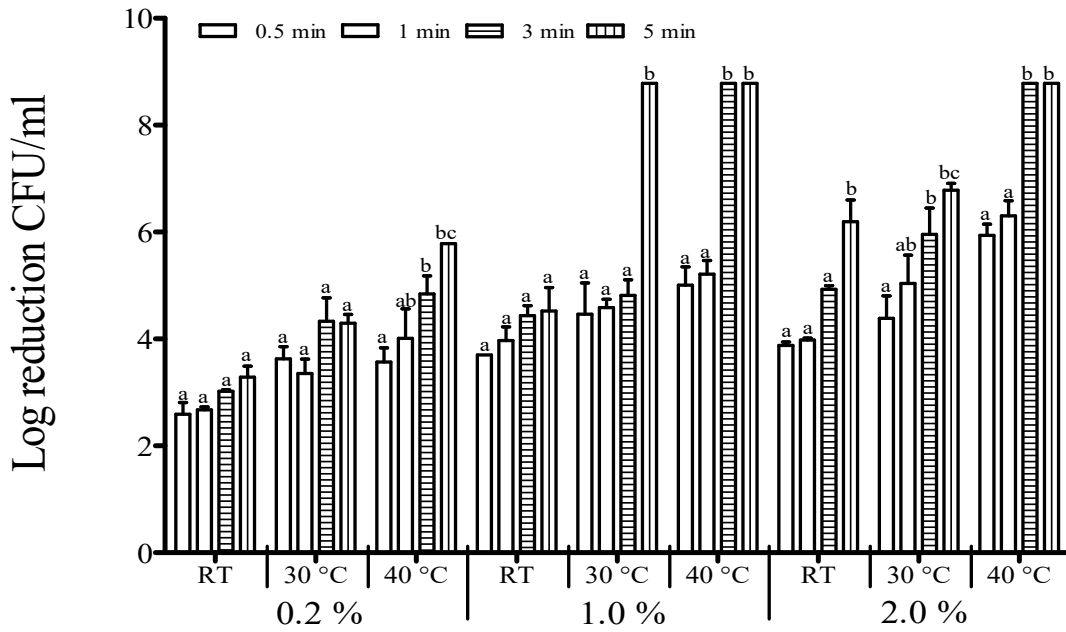
Table 3-3. *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*에 대한 활성칼슘의 농도, 침지 시간, 온도에 따른 살균 효능

Strains	Concentration (%)	Temperature (°C)	Dipping time			
			30 sec	1 min	3 min	5 min
<i>E. coli</i> O157:H7	0.2	23±0.5	3.24±0.07a	3.75±0.14a	3.93±0.26a	4.14±0.28a
		30	3.28±0.19a	3.68±0.06a	3.87±0.03a	4.05±0.39a
		40	3.73±0.18a	3.88±0.10a	5.91±0.84b	8.61±0.00c
	1.0	23±0.5	4.72±0.16a	4.81±0.54a	8.61±0.00b	8.61±0.00b
		30	5.21±0.76a	8.61±0.00b	8.61±0.00b	8.61±0.00b
		40	8.61±0.00a	8.61±0.00a	8.61±0.00a	8.61±0.00a
	2.0	23±0.5	5.01±0.39a	5.21±0.66a	8.61±0.00b	8.61±0.00b
		30	5.93±0.03a	8.61±0.00b	8.61±0.00b	8.61±0.00b
		40	5.61±0.09a	8.61±0.00b	8.61±0.00b	8.61±0.00b
<i>L. monocytogenes</i>	0.2	23±0.5	2.77±0.15a	2.83±0.04a	4.61±0.16b	5.15±0.07b
		30	3.48±0.03a	4.1±0.91a	5.25±0.47b	8.80±0.00c
		40	4.17±0.12a	5.03±0.10a	8.80±0.00b	8.80±0.00b
	1.0	23±0.5	3.87±0.12a	3.94±0.17a	5.74±0.08b	5.94±0.23b
		30	4.33±0.02a	4.73±0.22a	6.02±0.71b	6.25±0.24b
		40	4.67±0.67a	4.85±0.07a	8.80±0.00b	8.80±0.00b
	2.0	23±0.5	4.29±0.39a	4.43±0.54a	5.34±0.30a	6.66±0.44b
		30	4.31±0.46a	4.57±0.19a	8.80±0.00b	8.80±0.00b
		40	5.81±0.83a	8.80±0.00b	8.80±0.00b	8.80±0.00b

The initial populations : *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 - 8.61 log CFU/mL.

The rows represent means of three replications ± SE. Within a row, two consecutive values followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

a. *S. aureus*



b. *Salmonella* spp.

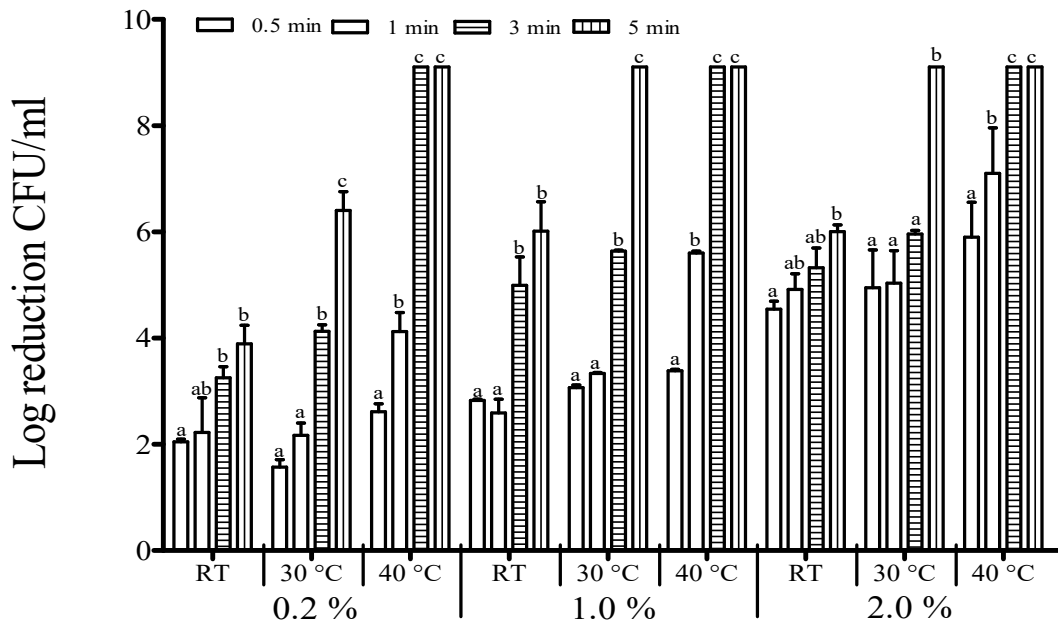


Fig. 3-2. *S. aureus*와 *Salmonella* spp.에 대한 활성칼슘의 농도, 침지 시간, 온도에 따른 살균 효과

The initial populations : *S. aureus* - 8.78 log CFU/mL, *Salmonella* spp. - 9.10 log CFU/mL.  
Vertical bars represent means of three replications  $\pm$  SE. Bars labelled with different letters indicate significant difference ( $p < 0.05$ ).

### ③ 푸마르산

- 위해 미생물 4종에 대한 푸마르산의 농도별, 침지 시간 및 온도에 따른 살균 효과를 알아보았음(Table 3-4). *E. coli* O157:H7에 대한 푸마르산의 살균효능을 알아본 결과, 농도와 침지 시간이 높을수록 살균효능이 유의적으로 증가하였음( $p<0.05$ ). 실온에서 0.25% 농도의 푸마르산에 30초간 침지했을 때는 3.73 log CFU/g 살균 효능이 나타났으며 5분으로 침지 시간이 길어진 경우에는 6.84 log CFU/g의 높은 저감을 보였음( $p<0.05$ ). 또한, 동일한 푸마르산의 농도에서 온도가 높아질수록 살균 효능이 증가하는 경향을 나타냈음.
- *L. monocytogenes*에 대한 0.25, 0.5% 푸마르산의 온도, 침지시간에 따른 살균 효능을 탐색한 결과 대부분의 처리구에서 8 log CFU/g의 저감을 보이며 높은 살균효능을 나타냄. *Salmonella* spp.의 경우, *L. monocytogenes*과 유사하게 푸마르산에 대해 높은 감수성을 가지는 것으로 나타났으며, 대부분의 처리조건에 의해 약 8 log CFU/g의 살균효능을 나타냄.
- *S. aureus*의 경우, 푸마르산의 살균효능 탐색 결과 다른 균주들에 비해 농도에 민감한 경향을 나타냄. 실온에서 0.25% 푸마르산을 처리하였을 때 약 1 log CFU/g의 저해효과를 나타냈으나, 같은 온도에서 0.5% 푸마르산을 처리하였을 때는 5.19 log CFU/g의 살균효능을 나타냈음. 이러한 경향은 30℃, 40℃에서도 관찰되었음.

Table 3-4. 위해 미생물 4종에 대한 푸마르산의 농도, 침지 시간, 온도에 따른 살균 효능

Strains	Concentration (%)	Temperature (°C)	Dipping time			
			30 sec	1 min	3 min	5 min
<i>E. coli</i> O157:H7	0.25	23±0.5	3.73±0.30a	4.44±0.51a	6.30±0.01b	6.84±0.35b
		30	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a
		40	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a
	0.5	23±0.5	6.25±0.61a	6.54±0.19a	6.84±0.29a	8.84±0.00b
		30	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a
		40	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a	8.84±0.00a
<i>L. monocytogenes</i>	0.25	23±0.5	5.96±0.52a	8.36±0.00b	8.36±0.00b	8.36±0.00b
		30	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a
		40	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a
	0.5	23±0.5	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a
		30	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a
		40	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a	8.36±0.00a
<i>Salmonella</i> spp.	0.25	23±0.5	3.89±0.01a	4.38±0.04b	8.95±0.00c	8.95±0.00c
		30	8.95±0.00	8.95±0.00	8.95±0.00	8.95±0.00
		40	8.95±0.00	8.95±0.00	8.95±0.00	8.95±0.00
	0.5	23±0.5	4.19±0.02a	8.95±0.00b	8.95±0.00b	8.95±0.00b
		30	8.95±0.00b	8.95±0.00	8.95±0.00	8.95±0.00
		40	8.95±0.00a	8.95±0.00	8.95±0.00	8.95±0.00
<i>S. aureus</i>	0.25	23±0.5	0.97±0.20a	3.33±0.04b	3.51±0.15b	3.61±0.13b
		30	3.49±0.08a	3.50±0.12a	3.70±0.54a	4.95±0.46b
		40	4.60±0.13a	4.81±0.04ab	4.95±0.02b	5.16±0.03bc
	0.5	23±0.5	5.19±0.03a	5.38±0.06a	9.14±0.00c	9.14±0.00c
		30	9.14±0.00	9.14±0.00	9.14±0.00	9.14±0.00
		40	9.14±0.00	9.14±0.00	9.14±0.00	9.14±0.00

The initial populations : *E. coli* O157:H7 - 8.84 log CFU/mL, *L. monocytogenes* - 8.36 log CFU/mL, *Salmoella* spp. - 8.95 log CFU/mL, *S. aureus* - 9.14 log CFU/mL.

The rows represent means of three replications ± SE. Within a row, two consecutive values followed by different letters are significantly different( $p < 0.05$ ).

#### 4. 신선 채소 3종에 대한 친환경 살균제(미산성 전해수, 활성칼슘, 푸마르산)과 물리적 기술(초음파, 마이크로버블, UV-C)의 병용 최적 살균 조건 및 품질 안정성 확립(in vivo)

##### (1) 살균 최적화를 위한 친환경 살균제와의 병용 처리 효능 탐색

- 상추를 대상으로 살균제의 살균 효과를 알아본 결과(Fig. 3-3), 증류수로 세척한 대조군의 경우, 위해 미생물 4종에 대해 약 1 log CFU/g가 저해되었으나 미산성 전해수+푸마르산 병합 처리 혹은 활성칼슘 처리 후 미산성 전해수+푸마르산을 병용 처리했을 때는 약 4 log CFU/g 저해되었음( $p < 0.05$ ).
- 국내 다소비 농산물 중의 하나인 시금치에 대한 살균제의 병용 처리한 결과를 살펴보면, 위해 미생물 4종의 균주에 대해 증류수로 세척한 경우는 약 0.5 - 1 log CFU/g 저해하며 가장 낮은 살균효능을 나타냈음( $p < 0.05$ ). 살균제를 단독으로 처리한 경우, 약 1.5 - 2 log CFU/g를 저해하며 증류수로 세척한 것보다는 더 효과적인 감소를 나타냈음.
- 새싹 채소에 대해 살균제의 병용 처리 결과, 상추, 시금치와 마찬가지로 미산성 전해수와 푸마르산의 병용 처리와 활성칼슘, 미산성 전해수, 그리고 푸마르산의 병용 처리한 결과 살균 효능이 뛰어났음( $p < 0.05$ ).
- 각각 처리 조건에서 증류수 < 살균제 단독 처리 < 살균제 병용 처리 순으로 높은 살균 효능을 나타냄. 살균제를 단독 처리할 때보다 2가지 혹은 3가지 살균제를 병용 처리할 때, 살균제 상호간의 시너지 효과로 인해 살균 효능이 높아진 것으로 사료됨.

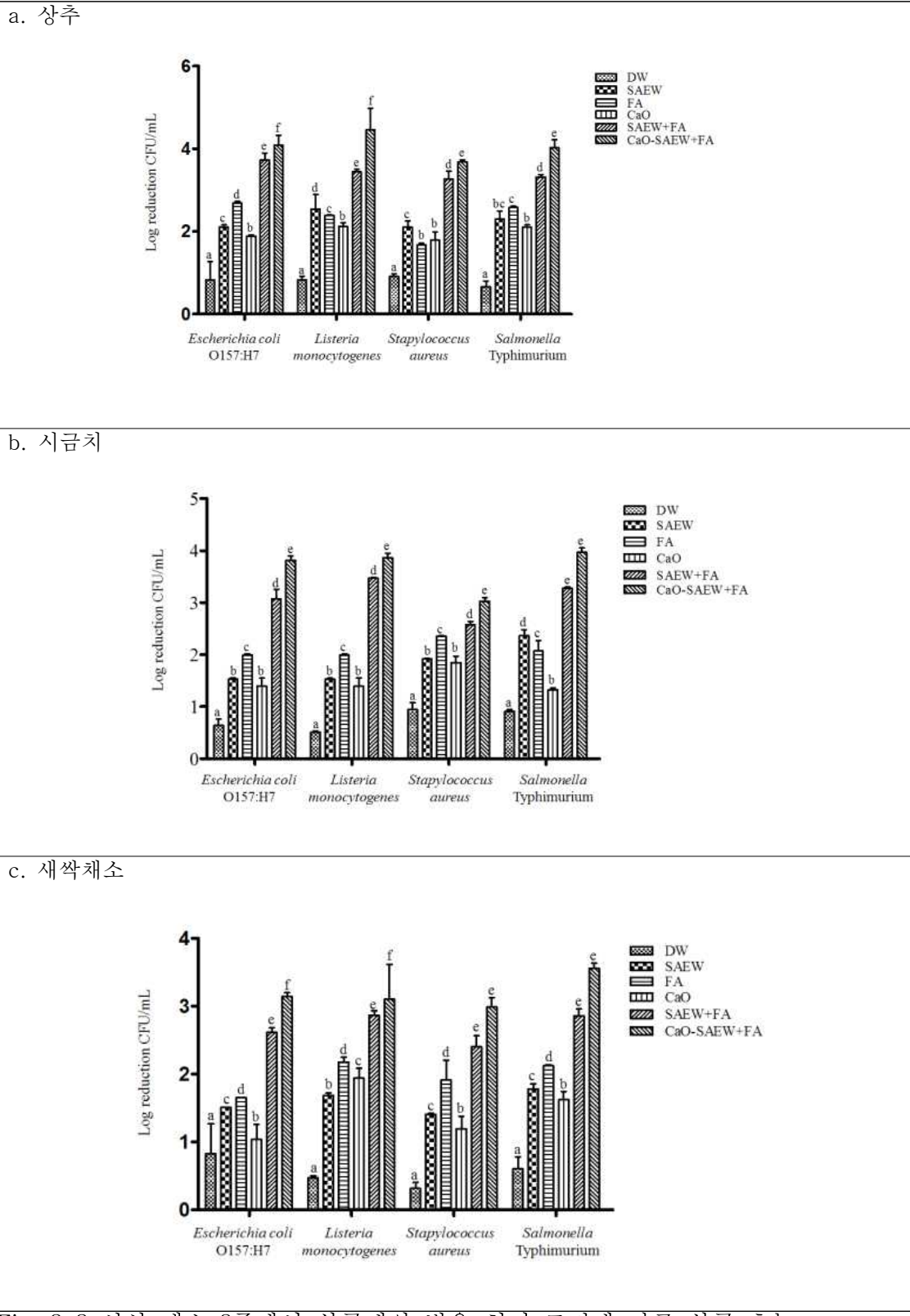


Fig. 3-3 신선 채소 3종에서 살균제의 병용 처리 조건에 따른 살균 효능

Bars labeled with different letters in the same reduction group indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

DW: distilled water, SAEW: slightly acidic electrolyzed water (SAEW), FA: fumaric acid, CaO: calcium oxide, FA+SAEW: fumaric acid combined with SAEW, CaO - FA+SAEW: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment.



(2) 선정된 최적 친환경 살균제와 물리적 기술의 병용 최적 살균 조건 탐색

- 신선채소 3종에 대한 살균제와 물리적 기술을 병용 처리한 결과(Fig. 3-4), 살균 효능은 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수 병합 처리에 마이크로 버블 < 자외선(UV-C) < 초음파의 순으로 위해 미생물 4종에 대한 살균 효능이 높게 나타났음( $p < 0.05$ ). 그 중 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수+초음파의 병용처리가 가장 뛰어난 미생물 저감 효과를 나타냈음.
- 위해 미생물 4종을 접종한 신선채소에 살균제와 물리적 기술을 병용 처리하였을 때, 새싹채소 < 시금치 < 상추 순으로 저감 효과가 높았음. 상추에 살균제와 초음파를 병용 처리한 경우 약 5 log CFU/g의 높은 살균 효능을 보인 반면, 새싹채소의 경우는 약 3 - 4 log CFU/g의 저감 효과를 보이며 다른 2종의 채소에 비해 비교적 낮은 살균 효능을 보였음.

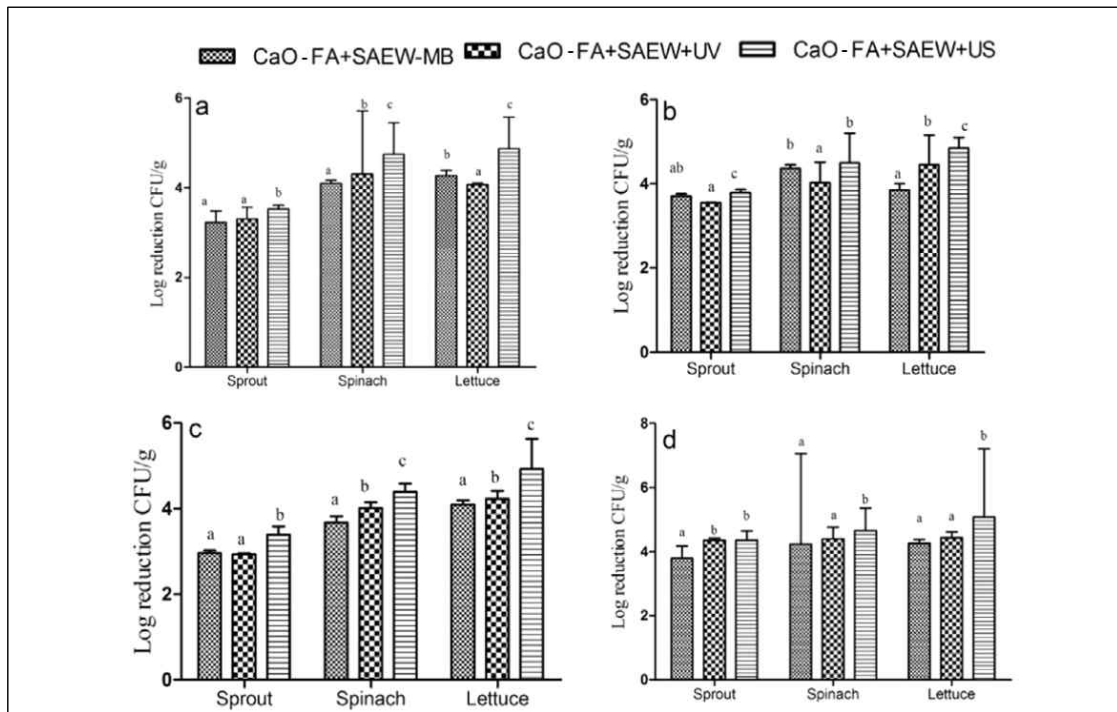


Fig. 3-4. 신선 채소 3종에 위해 미생물을 접종 후 최적 살균제와 물리적 조건의 병용 처리에 의한 살균 효능. a : *E. coli* O157:H7, b : *L. monocytogenes*, c : *S. aureus*, d : *Salmonella* spp.

CaO-FA+SAEW-MB: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with microbubbles treatment. CaO-FA+SAEW+UV: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultraviolet treatment, CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment. Different letters in the same group indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect.

(3) 최적화 조건으로 선정된 허들(hurdle)살균기술을 이용한 살균 효능 탐색 및 저장성 테스트

I) 위해 미생물을 접종하지 않은 신선 농산물에 대한 최적의 살균제의 살균 효능

- 미생물을 접종하지 않은 신선 농산물에 대한 증류수, 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수 병합 처리, 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수+초음파(물리적 기술 병용)처리에 의한 살균 효능을 알아보았음(Fig. 3-5).
- 신선채소 3종에 대한 살균제 병용 처리의 총균수와 대장균군의 살균 효과를 알아본 결과, 증류수로 세척한 경우에는 살균 효능이 거의 나타나지 않았음. 하지만 활성칼슘, 푸마르산, 그리고 미산성 전해수를 처리한 경우와 활성칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수, 그리고 초음파를 병용 처리한 경우 총균수와 대장균군이 3 log CFU/g 저해되는 결과를 나타냈음( $p < 0.05$ ).

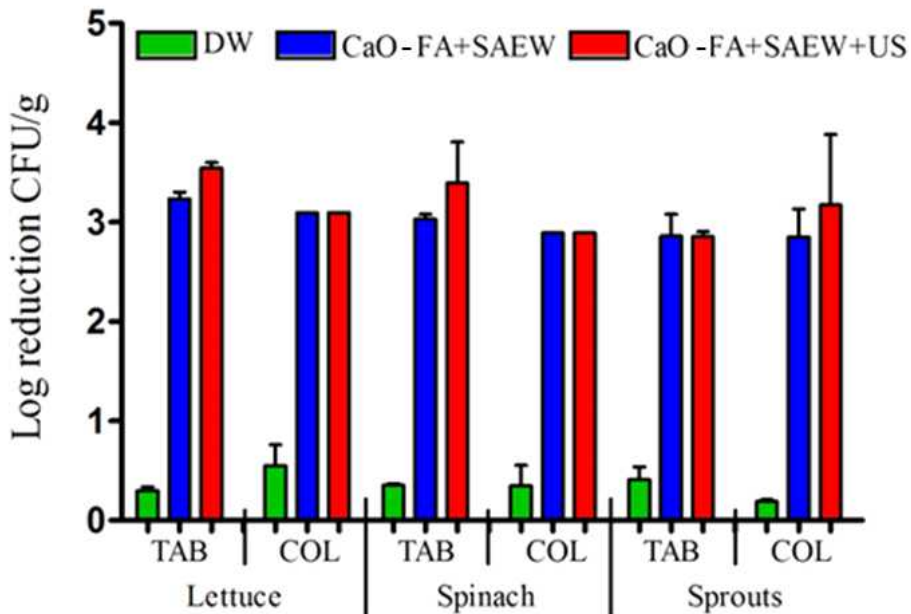


Fig. 3-5. 위해 미생물을 접종하지 않은 신선채소 3종에 대한 최적의 살균제의 살균 효능

TAB: Total aerobic bacteria, COL: total coliform count

DW: distilled water, CaO-FA+SAEW: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment. CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment.

II) 저장 기간 중 총 균수 변화

- 신선 채소 3종(상추, 시금치, 새싹 채소)에 살균제를 병용 처리하여 4°C에 14일간 저장하며 미생물의 생육변화를 관찰한 결과, 증류수로 세척한 경우 신선 채소 3종을 저장한 6일 째에 초기부패 농도인  $10^7 - 10^8$  CFU/g에 도달하였음(Fig. 3-6). 하지만 활성칼슘처리 후 푸마르

산+미산성 전해수의 병용 처리 혹은 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수+초음파를 병용 처리한 경우에는 새싹채소는 저장 10일 째, 상추는 저장 12일 째, 그리고 시금치는 저장 14일 째에 초기부패 농도에 도달하였음.

- 신선 채소 3종에 살균제를 병용 처리하여 실온에서 7일간 저장하면서 미생물의 생육 변화를 측정하였음. 증류수로 세척한 후 저장 실험을 수행한 결과, 신선 채소를 저장한지 3일째에 초기부패 농도에 도달하였음. 반면에 살균제를 병용 처리한 경우, 상추와 새싹 채소는 저장 6일 째, 시금치는 저장 7일 째에  $10^7 - 10^8$  CFU/g 농도를 나타냈음.
- 신선 채소 3종의 온도별 미생물 생육 변화를 측정한 결과, 증류수로 세척한 경우 살균제를 병용 처리했을 때 보다 미생물 증식 속도가 빨리 일어나는 것을 확인할 수 있었음. 살균제를 병용 처리했을 때 허들기술의 효과로 미생물의 생육이 저해되는 것으로 나타남.

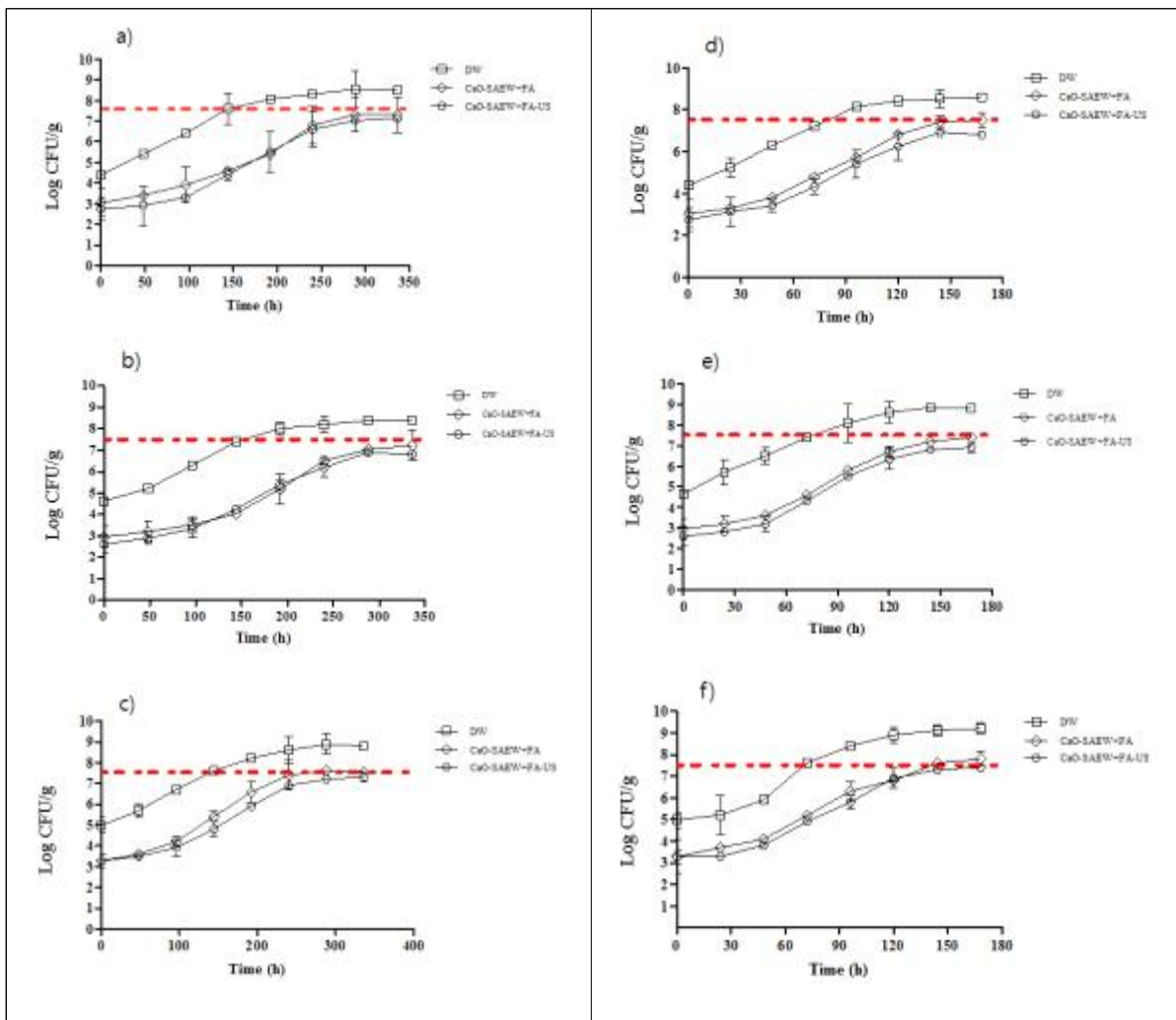


Fig. 3-6. 신선채소 3종의 저장기간 중 총균수 변화

a): storage test of lettuce at 4°C, b): storage test of spinach at 4°C, c): storage test of sprouts at 4°C, d): storage test of lettuce at room temperature, e): storage test of spinach at room temperature, f): storage test of sprouts at room temperature

DW: distilled water, CaO - FA+SAEW: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment. CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment. III) 관능검사 결과

■ 저장 기간에 따른 전체적인 품질 특성

- 상추에 활성칼슘 처리, 푸마르산+미산성 전해수+초음파 처리 후에 4℃와 상온에서 저장 실험을 한 결과(Table 3-5), 식품을 저장한 지 각각 10일 째, 4일 째 되는 날에 한계점 (unacceptable limit)에 도달했음. 하지만 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수를 병용 처리 하며 저장 실험을 한 경우 4℃에 저장 14일 째, 실온에서 저장 6일 째에 한계점에 도달했음.
- 새싹채소의 경우는 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수+초음파 처리 후 4℃에 저장 한 지 8일 째, 상온에 저장한지 3일 째에 한계점에 도달했음. 시금치는 위와 같은 조건의 살균제 처리 후 4℃에 저장한지 12일 째, 상온에 저장한지 5일 째에 한계점에 도달했음.

■ 저장 기간에 따른 이취측정

- 신선 채소 3종을 살균제로 병용처리 후 4℃와 상온에서 저장 기간 동안 관능 품질검사 항목 중 이취를 평가한 결과는 다음과 같음(Table 3-6). 상추를 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수를 병용 처리한 경우와 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수+초음파를 병용 처리하여 4℃와 상온에 저장했을 때 각각 14일 째와 6일 째에 한계점에 도달했음. 하지만 증류수로 처리 후 2가지 온도에 저장했을 때 각각 14일 째와 7일 째에 한계점에 도달하는 것으로 나타났음.
- 시금치를 친환경 살균제와 초음파를 병용 처리했을 때, 4℃에서 저장한지 12일 째에 한계점에 도달했음. 새싹채소의 경우, 친환경 살균제와 초음파를 병용 처리했을 때 실온에 저장한 지 4일 째에, 4℃에 저장한지 10일 째에 한계점에 도달하는 것으로 나타났음.

Table 3-5. 신선 야채들의 실온과 4°C에 저장 기간 동안 관능 품질검사 중 전체적인 품질 측정

a) 실온저장

Vege tables	Treatment	Time (day)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Lettuce	DW	1.2±0.3a	1.8±0.4ab	2.4±0.5a	3.2±0.2a	3.6±0.5a	4.70.6a	<b>5.0±0.6a</b>	5.5±0.4a
	CaO-FA-SAE	1.2±0.2a	1.5±0.2a	2.3±0.2a	3.3±0.4a	4.60.2b	4.8±0.4a	<b>5.1±0.4a</b>	6.7±0.3b
	W CaO-FA- SAEW+US	1.2±0.2a	1.9±0.3b	2.9±0.3b	3.7±0.4b	<b>5.0±0.3c</b>	5.6±0.5b	6.4±0.3b	7.1±0.4c
Spinach	DW	1.2±0.3a	1.4±0.5a	2.0±0.4a	2.5±0.3a	3.9±0.1a	3.3±0.4a	4.9±0.4a	<b>5.2±0.6a</b>
	CaO-FA-SAE	1.2±0.4a	1.6±0.5a	2.1±0.3a	2.8±0.4b	3.5±0.5b	4.7±0.3b	<b>5.3±0.5b</b>	5.5±0.5b
	W CaO-FA- SAEW+US	1.2±0.5a	1.6±0.3a	2.6±0.2b	3.9±0.2c	4.5±0.4c	<b>5.6±0.5c</b>	6.2±0.5c	7.3±0.3c
Sprouts	DW	1.5±0.2a	2.2±0.2a	2.6±0.3a	2.8±0.6a	3.4±0.2a	4.1±0.4a	4.4±0.6a	<b>5.5±0.5a</b>
	CaO-FA-SAE	1.5±0.2a	2.4±0.2ab	2.8±0.3a	3.2±0.4b	3.7±0.3b	4.8±0.5b	<b>5.4±0.5b</b>	5.8±0.4b
	W CaO-FA- SAEW+US	1.9±0.3b	2.6±0.4b	3.6±0.4b	<b>5.1±0.2c</b>	5.4±0.3c	6.2±0.7c	6.6±0.4c	7.2±0.5c

b) 4°C 저장

Vege tables	Treatment	Time (day)							
		0	2	4	6	8	10	12	14
Lettuce	DW	1.2±0.1a	1.2±0.2a	1.4±0.3a	1.9±0.3a	2.5±0.5a	3.2±0.2a	4.4±0.6a	<b>5.1±0.4a</b>
	CaO+FA+SAE	1.2±0.1a	1.2±0.2a	1.6±0.4b	2.1±0.4b	2.8±0.4b	3.9±0.5b	4.7±1.3b	<b>5.6±0.6b</b>
	W CaO-FA+ SAEW+US	1.2±0.2a	1.2±0.4a	1.9±0.3c	2.7±0.5c	3.5±0.7c	<b>5.1±0.6c</b>	5.9±0.4c	6.3±0.5c
Spinach	DW	1.2±0.2a	1.2±0.2a	1.5±0.2a	1.9±0.6a	2.4±0.9a	3.4±0.4a	4.7±0.6b	<b>5.3±0.7a</b>
	CaO-FA+SAEW	1.2±0.2a	1.2±0.3a	1.6±0.5a	1.8±0.4a	2.3±0.6a	3.5±0.9a	4.3±0.8a	<b>5.8±0.8b</b>
	CaO-FA+ SAEW+US	1.2±0.3a	1.4±0.4b	1.8±0.4b	2.8±0.6b	3.6±0.4b	4.6±0.5b	<b>5.4±1.2c</b>	5.8±0.9b
Sprouts	DW	1.5±0.1a	2.1±0.1ab	2.5±0.3a	2.9±0.5a	3.6±0.4a	4.3±1.2a	<b>5.0±0.6a</b>	5.2±0.87a
	CaO-FA+SAEW	1.5±0.1a	2.0±0.3a	2.8±0.4b	3.8±0.9b	4.7±0.6b	<b>5.0±1.5b</b>	5.3±0.4b	6.0±0.5b
	CaO-FA+ SAEW+US	1.9±0.2a	2.2±0.2a	3.5±0.2c	4.6±0.4c	<b>5.1±0.8c</b>	5.7±0.4c	6.4±0.5c	6.8±0.7c

OVQ scored as, 1: excellent; 5: acceptable; 9: extremely poor. Numbers in bold indicate scores above the acceptability limit. Within the same column, values not followed by the same lowercase letter indicate significantly ( $p < 0.05$ ) different between treatments. DW: distilled water; CaO-SAEW+FA: calcium oxide + slightly acidic electrolyzed water + fumaric acid treatment; CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment.

Table 3-6. 신선 야채들의 실온과 4°C에 저장 기간 동안 관능 품질검사 중 이취 측정

a) 실온저장

Vege tables	Treatment	Time (day)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Lettuce	DW	1.2±0.3a	1.2±0.3a	1.6±0.4ab	1.9±0.4a	2.3±0.6a	2.6±0.6a	2.9±0.5a	3.2±0.5a
	CaO-FA-SAE	1.2±0.1a	1.3±0.1ab	1.5±0.2a	2.0±0.3ab	2.3±0.5a	2.6±0.8a	3.0±0.6a	3.2±0.6a
	W	1.2±0.2a	1.4±0.2a	1.7±b	2.2±0.5b	2.5±b	2.7±0.9a	3.4±0.7b	3.8±0.7b
	SAEW+US								
Spinach	DW	1.2±0.3a	1.2±0.5a	1.4±0.3a	1.6±0.6a	1.9±0.7a	2.3±0.3a	2.6±0.6a	2.8±0.4a
	CaO-FA-SAE	1.2±0.2a	1.5±0.3b	1.8±0.2b	2.0±0.4b	2.3±0.8b	2.6±0.7b	2.8±0.4b	3.2±0.5b
	W	1.2±0.4a	1.6±0.3b	1.9±0.4b	2.1±0.5b	2.4±0.6b	2.7±1.6b	2.9±0.5b	3.3±0.8b
	SAEW+US								
Sprouts	DW	1.5±0.4a	1.8±0.2a	2.2±0.2ab	2.5±0.6a	2.7±0.5a	2.9±1.3a	3.3±0.5a	3.7±0.6a
	CaO-FA-SAE	1.6±0.2a	1.9±0.1ab	2.1±0.4a	2.4±0.4a	2.7±0.4a	3.0±2.1a	3.8±0.6b	4.5±0.7b
	W	1.6±0.1a	2.0±0.2b	2.3±0.4b	2.8±0.6b	3.2±0.4c	3.5±0.9b	4.4±0.7c	5.0±0.5c
	SAEW+US								

b) 4°C 저장

Vege tables	Treatment	Time (day)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Lettuce	DW	1.2±0.2	1.4±0.2	1.5±0.4	1.9±0.5	2.3±0.4	2.5±1.5	2.7±0.2	<b>3.0±0.2</b>
	CaO-FA-SAE	1.2±0.4	1.4±0.3	1.6±0.3	1.8±0.3	2.2±1.2	2.5±0.3	2.8±0.3	<b>3.2±0.3</b>
	W	1.2±0.3	1.5±0.3	1.7±0.3c	1.7±0.4	2.2±0.2	2.4±0.4	2.7±0.5	<b>3.1±0.5</b>
	SAEW+US	a	a	a	a	a	a	a	a
Spinach	DW	1.2±0.1	1.3±0.2a	1.8±0.2	2.1±0.6	2.3±0.4	2.6±0.6	2.9±0.2	<b>3.1±0.7</b>
	CaO-FA-SAE	1.2±0.2	1.2±0.2	1.7±0.2	2.1±0.7	2.4±0.6	2.6±0.7	2.9±0.6	<b>3.1±0.5</b>
	W	1.2±0.2	1.2±0.4	1.6±0.4	2.3±0.4	2.6±0.8	2.9±0.4	<b>3.4±0.3</b>	3.8±0.9
	SAEW+US	a	a	a	b	b	b	a	b
Sprouts	DW	1.5±0.3	1.7±0.1	1.9±0.5	2.3±0.3	2.5±2.2	2.7±0.3	<b>3.1±0.3</b>	3.3±0.4
	CaO-FA-SAE	1.6±0.1	2.0±0.1	2.3±0.1	2.6±0.4	2.8±2.1	<b>3.0±0.2</b>	3.5±0.4	4.5±0.3
	W	1.6±0.4	1.9±0.3	2.2±0.2	2.5±0.3	2.7±0.4	<b>3.0±0.1</b>	3.4±0.1	4.8±0.1
	SAEW+US	a	b	b	b	b	<b>b</b>	b	c

Off-odor: 1: none, 3: acceptable, 5: severe. Numbers in bold indicate scores above the acceptability limit. Within the same column, values not followed by the same lowercase letter indicate significant different ( $p<0.05$ ) between treatments. DW: distilled water; CaO+SAEW+FA: calcium oxide + slightly acidic electrolyzed water + fumaric acid treatment; CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment.

5. 과일 2종에 대한 친환경 살균제(미산성 전해수, 활성칼슘, 푸마르산)와 물리적 기술(초음파, 마이크로버블, UV-C)의 병용 최적 살균 조건 및 품질 안정성 확립(in vivo)

(1) 살균 최적화를 위한 친환경 살균제와의 병용 처리 효능 탐색

- 신선 과일 2종을 대상으로 위해 미생물 4종에 대해 살균제를 단독 처리하였을 때(Fig. 3-7), 미산성 전해수, 푸마르산이 활성칼슘보다 살균 효능이 높았음( $p < 0.05$ ).
- 과일 2종에 대해 살균제 처리 시, 활성칼슘 처리 후 미산성 전해수+푸마르산의 3가지 살균제를 병용 처리하였을 때 위해 미생물이 가장 많이 저해되었음( $p < 0.05$ ).
- 사과를 대상으로 위해 미생물 4종에 대해 살균제 처리 시 증류수로 세척한 경우 약 0.5 - 0.8 log CFU/g 감소하였으며, 살균제를 단독 처리한 경우는 약 2 log CFU/g 저해하였음. 활성칼슘, 미산성 전해수, 푸마르산을 2가지 혹은 3가지 병용 처리한 경우는 약 3 - 4 log CFU/g의 살균 효능을 나타냈음.
- 방울토마토를 증류수로 세척한 경우, 약 0.5 - 0.8 log CFU/g 저해되었고 살균제를 단독 처리했을 때는 약 2 - 2.5 log CFU/g 감소하였음. 하지만 살균제를 2가지 혹은 3가지로 병용 처리했을 때, 약 3 - 4 log CFU/g의 살균 효능을 보였음( $p < 0.05$ ).
- 신선 과일 2종에 대한 살균 효과는 증류수 세척 < 살균제 단독 처리 < 살균제 병용 처리 순이었음( $p < 0.05$ ).

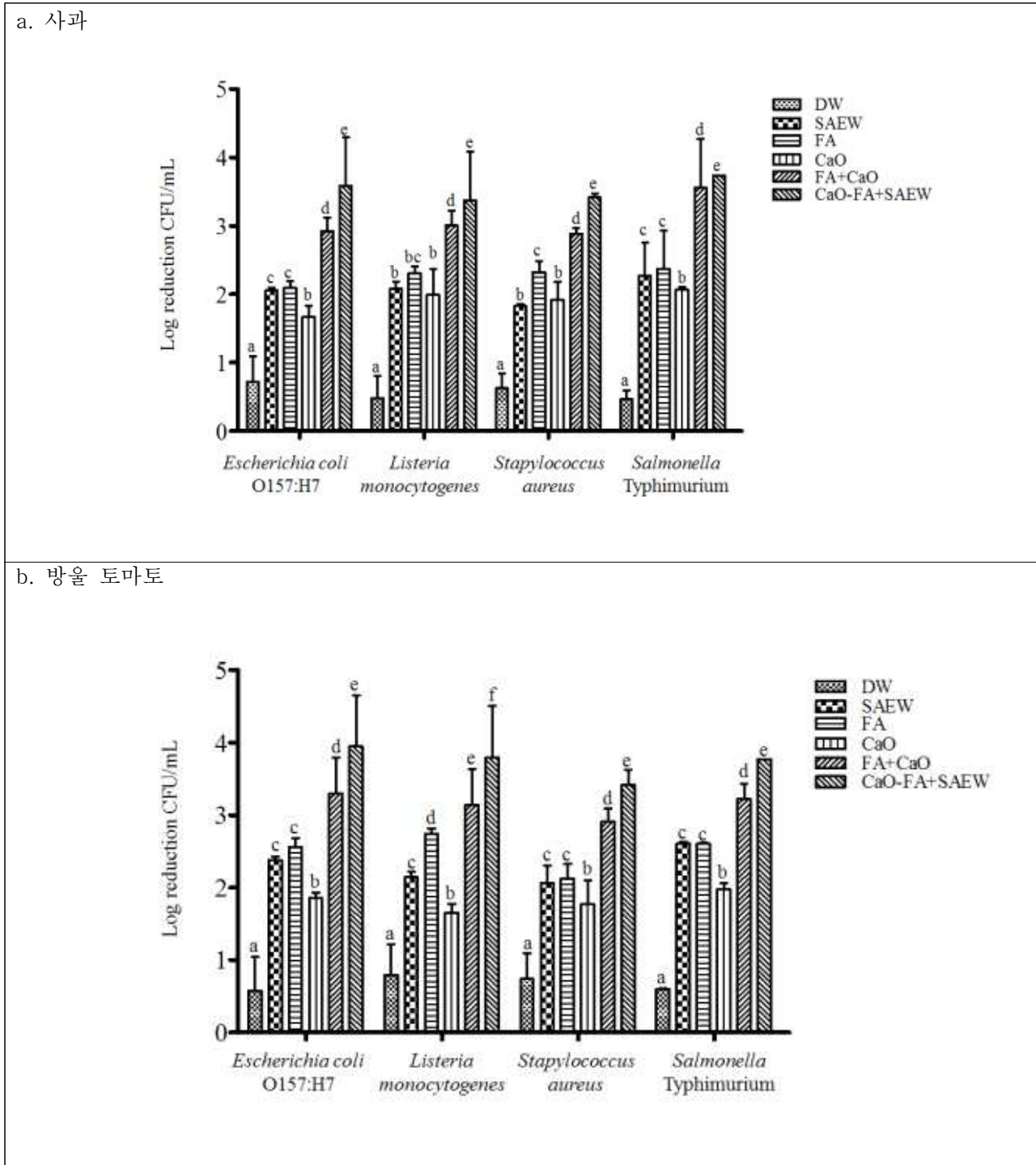


Fig. 3-7. 신선 과일 2종에서 살균제의 병용 처리 조건에 따른 살균 효능

Bars labeled with different letters in the same reduction group indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

DW: distilled water, SAEW: slightly acidic electrolyzed water (SAEW), FA: fumaric acid, CaO: calcium oxide, FA+SAEW: fumaric acid combined with SAEW, CaO - FA+SAEW: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment.



(2) 선정된 최적 친환경 살균제와 물리적 기술의 병용 최적 살균 조건 탐색

- 과일 2종에 대한 살균제와 물리적 기술을 병용 처리한 결과, 몇몇 경우를 제외하고 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수+마이크로버블을 병용 처리한 조건이 가장 낮은 살균 효능을 나타냈음(Fig. 3-8).
- 위해 미생물 4균주를 접종한 과일에 살균제와 물리적 기술을 병용 처리하였을 때, 몇몇 경우를 제외하고 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수+초음파의 병용 처리가 약 4 - 5 log CFU/g의 높은 살균 효능을 나타냈음

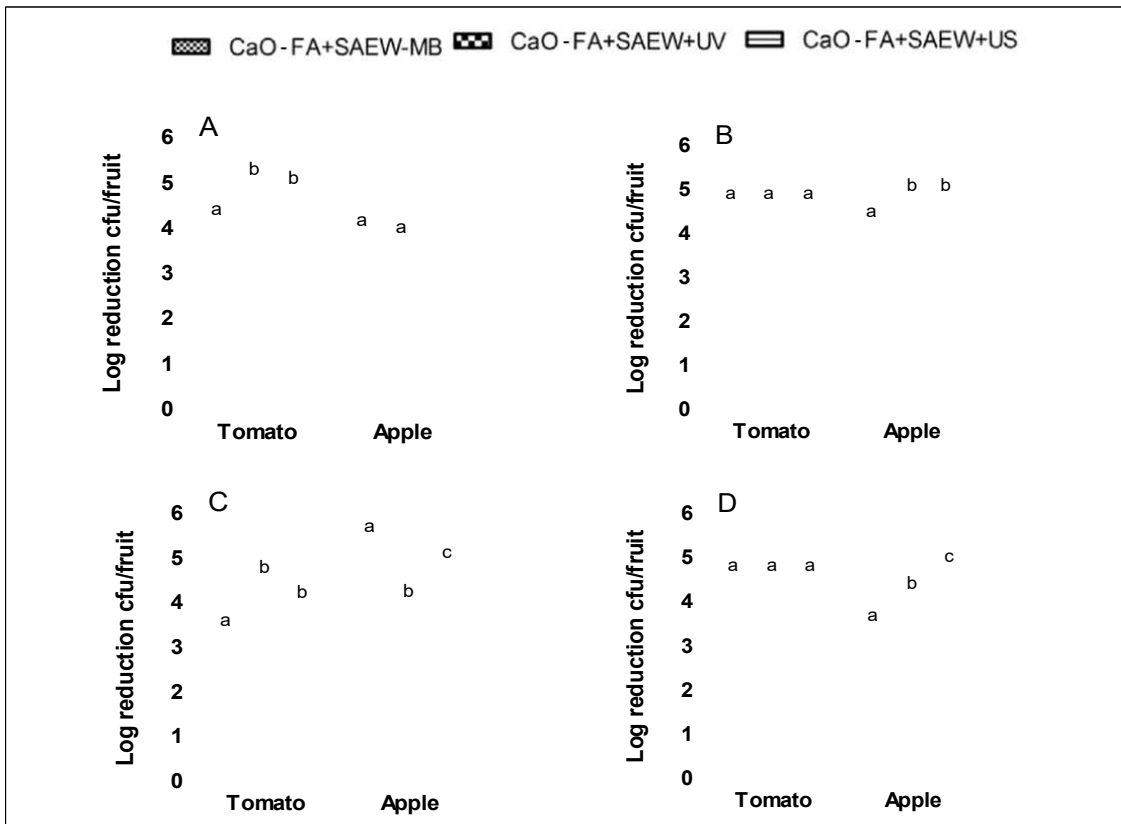


Fig. 3-8. 과일 2종에 위해 미생물을 접종 후 최적 살균제와 물리적 조건의 병용 처리에 의한 살균 효능

a : *E. coli* O157:H7, b : *L. monocytogenes*, c : *S. aureus*, d : *Salmonella* spp.

CaO-FA+SAEW-MB: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with microbubbles treatment. CaO-FA+SAEW+UV: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultraviolet treatment, CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment. Different letters in the same group indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect.

(3) 최적화 조건으로 선정된 허들(hurdle)살균기술을 이용한 살균 효능 탐색 및 저장성 테스트

① 위해 미생물을 접종하지 않은 신선 농산물에 대한 최적의 살균제의 살균 효능

○ 과일 2종에 대한 살균제의 병용 처리에 의한 총균수와 대장균군의 저해 효과를 측정하였음 (Fig. 3-9). 신선채소 3종에 대한 살균제의 병용 처리 결과와 마찬가지로 증류수로 세척한 경우 총균수와 대장균군에서 1 log CFU/g의 살균 효능이 나타났음. 하지만 친환경 살균제를 병용 처리한 결과 총균수와 대장균군이 약 3 - 4 log CFU/g 저감되었으며 증류수로 세척한 것보다 유의적으로 살균 효능이 있는 것으로 나타남( $p < 0.05$ ). 감귤의 경우는 다른 시료들과 달리 대장균군은 검출되지 않았음.

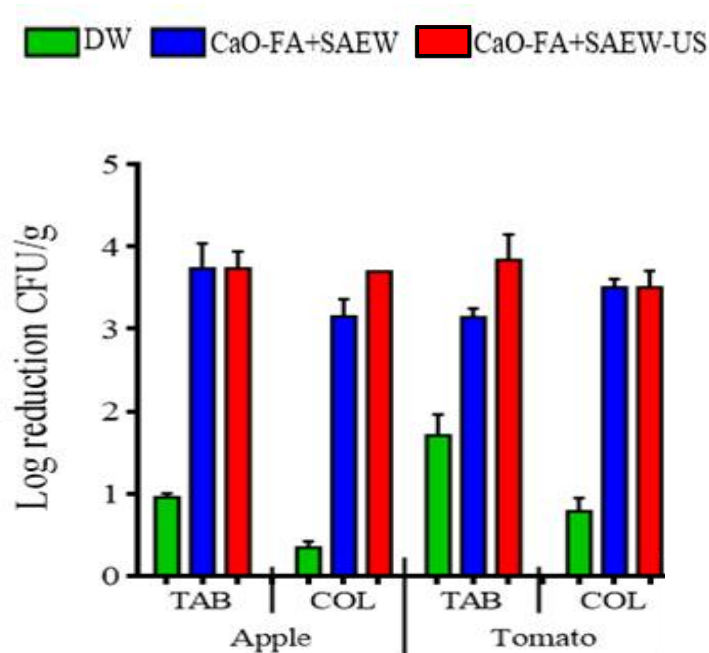


Fig. 3-9. 위해 미생물을 접종하지 않은 과일에 대한 최적의 살균제의 살균 효능

TAB: Total aerobic bacteria, COL: total coliform count

DW: distilled water, CaO-FA+SAEW: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment. CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment.

② 저장기간 중 총균수 변화

- 과일 2종을 4℃, 실온에서 저장기간 동안 미생물의 생육 변화를 측정 한 결과는 다음과 같음 (Fig. 3-10). 증류수로 세척한 시료들 중 사과, 토마토는 저장 10일 쯤에 초기부패 농도는  $10^7 - 10^8$  CFU/g에 도달했음. 그러나 친환경 살균제 3가지를 병용 처리하거나 친환경 살균제와 물리적인 처리방법인 초음파와 병용 처리한 경우 저장 기간 14일 동안  $10^6$  CFU/g의 농도를 나타냈음.
- 과일 2종을 살균제 처리 후, 실온에서 7일간 저장하며 미생물 생육 변화를 측정하였음. 증류수로 세척한 사과, 토마토는 저장 5일 쯤에  $10^7 - 10^8$  CFU/g을 나타낸 반면, 활성칼슘, 푸마르산, 그리고 미산성 전해수의 병용 처리 혹은 활성칼슘 처리 후 푸마르산+미산성 전해수+초음파를 병용 처리한 경우는 7일간의 저장 기간 동안  $10^6 - 10^7$  CFU/g의 농도를 나타냈음.
- 과일 2종의 온도별 저장기간 중 허들기술을 활용한 살균 효능을 탐색해본 결과, 신선 채소를 대상으로 저장기간 중 살균제의 살균 효능을 탐색해 본 결과와 마찬가지로 여러 가지 살균제를 병용 처리했을 때 미생물의 생육이 저해되는 것을 확인할 수 있었음.

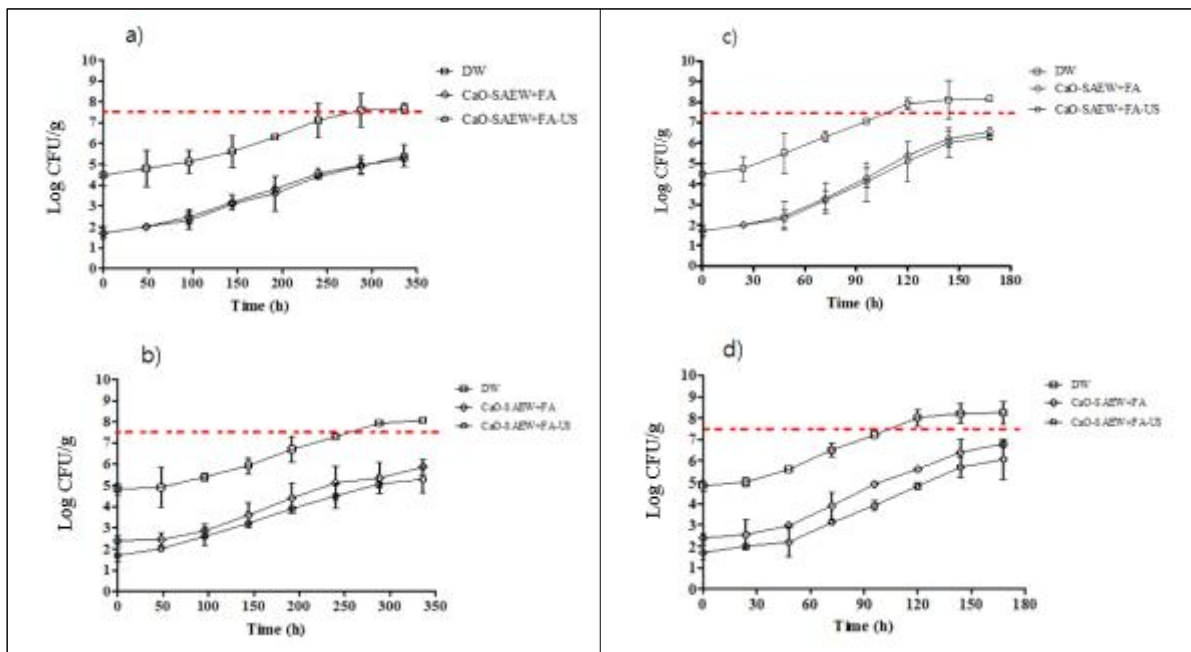


Fig. 3-10. 과일 2종의 저장기간 중 총 균수 변화

a): storage test of apple at 4℃, b): storage test of tomato at 4℃, c): storage test of apple at room temperature, d): storage test of tomato at room temperature  
 DW: distilled water, CaO -FA+SAEW: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment. CaO-FA+SAEW+US: calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment.

③ 관능검사 결과

▣ 저장 기간에 따른 전체적인 품질 및 이취 측정

- 과일을 살균제의 병용 처리 후 4℃와 상온에서 저장 실험을 한 결과, 토마토를 제외하고 사과와 감귤의 관능적인 품질 특성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났음(Table 3-7).
- 토마토의 경우는 증류수 처리와 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수+초음파 처리 후 4℃에 저장한지 12일 째, 상온에 저장한지 5일 째에 한계점에 도달했음. 사과는 증류수로 세척 후 4℃에 저장한지 12일 째, 상온에 저장한지 7일 째에 한계점에 도달했음.
- 과일을 살균제로 병용 처리한 후 4℃와 상온에서 저장 기간 동안 관능 품질검사 항목 중 이취를 평가한 결과, 살균제의 병용 처리 조건은 토마토를 제외하고 대부분의 시료에 영향을 미치지 않았음. 토마토의 경우 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수+초음파를 병용 처리하여 실온에 저장시킨 경우 다른 살균제 병용 처리에 비해 이른 4일 째에, 4℃에 저장 기간 동안은 10일 째에 이취 한계점에 도달했음.

Table 3-7. 신선 과일의 실온과 4℃에 저장 기간 동안 관능 품질검사 중 전체적인 품질 및 이취 측정

a) 실온 저장

Fruits	Storage temperature	Treatment	Time (day)							
			0	1	2	3	4	5	6	7
Apple	OVQ	DW	1.2±0.4a	1.9±0.4ab	2.5±0.3b	3.1±0.2bc	3.7±0.5cd	4.3±0.1cd	4.6±2.1d	4.8±0.3d
		C+F+S	1.2±0.2a	1.5±0.2ab	1.9±0.4ab	2.3±0.1ab	2.8±0.3bc	3.2±0.3cd	4.1±0.2de	4.7±0.4e
		C-F+S+U	1.2±0.3a	1.5±0.3ab	1.8±0.2ab	2.4±0.5ab	2.5±0.2bc	3.0±0.6cd	3.9±2.2de	4.8±0.4e
Tomato	OVQ	DW	1.3±0.1a	2.4±0.3ab	2.9±0.5b	3.7±0.4bc	4.1±0.5c	4.5±0.4c	4.8±0.3c	<b>5.2±0.6d</b>
		C+F+S	1.3±0.5a	1.9±0.2ab	2.2±0.4ab	3.0±0.2bc	3.5±0.2cd	4.2±0.5de	4.7±0.4de	<b>5.1±0.7e</b>
		C+F+S+U	1.2±0.2a	1.8±0.1ab	2.6±0.1bc	3.4±0.3cd	4.2±0.2de	<b>5.1±0.9ef</b>	<b>5.5±0.6f</b>	<b>6.8±0.5f</b>
		S+U								
Apple	Off-odor	DW	1.2±0.1a	1.3±0.1a	1.5±0.3ab	1.8±0.2ab	2.1±0.1ab	2.3±0.2ab	2.5±0.3bc	2.9±0.3c
		C+F+S	1.3±0.2a	1.3±0.3a	1.5±0.2ab	1.9±0.3ab	2.2±0.1ab	2.4±0.1ab	2.6±0.3bc	2.9±0.2c
		C-F+S+U	1.2±0.3a	1.3±0.2a	1.6±0.2ab	1.8±0.2ab	2.2±0.2ab	2.4±0.1ab	2.6±0.2bc	2.8±0.3c
Tomato	Off-odor	DW	1.3±0.2a	1.5±0.3a	1.7±0.1ab	2.0±0.1ab	2.2±0.2ab	2.4±0.3ab	2.7±0.3bc	<b>3.1±0.5c</b>
		C+F+S	1.4±0.3a	1.7±0.4ab	1.9±0.3ab	2.1±0.2ab	2.3±0.3ab	2.7±0.4bc	2.9±0.4bc	<b>3.2±0.5c</b>
		C-F+S+U	1.4±0.3a	1.8±0.2a	1.9±0.4ab	2.3±0.3ab	<b>3.2±0.2bc</b>	<b>3.5±0.3c</b>	<b>3.9±0.4c</b>	<b>4.3±0.4c</b>

b) 4°C 저장

Fruits	Storage temperature	Treatment	Time (day)							
			0	2	4	6	8	10	12	14
Apple	OVQ	DW	1.2±0.31a	1.4±0.62a	1.6±0.28a	2.3±0.42a	2.9±0.63b	3.3±0.25b	3.7±0.43c	3.8±0.22c
		C+F+S	1.2±0.22a	1.3±0.54a	1.8±0.31a	2.7±0.34b	3.0±0.35c	3.5±0.24c	3.8±0.34c	4.3±0.52d
		C-F+	1.2±0.41a	1.3±0.41a	1.6±0.35a	2.4±0.43a	2.9±0.34b	3.4±0.34b	3.8±0.51c	4.1±0.24c
		S+U				b	c	c	d	d
Tomato	OVQ	DW	1.3±0.62a	1.5±0.23a	1.7±0.52a	2.2±0.15a	2.7±0.24b	3.3±0.45c	3.9±0.63d	4.4±0.81e
		C+F+S	1.3±0.33a	1.7±0.44a	2.2±0.26a	2.8±0.45a	3.3±0.15c	3.4±0.22c	4.2±0.22d	4.7±0.33e
		C-F+	1.2±0.21a	1.9±1.26a	2.5±0.43a	3.1±0.52a	3.8±0.43c	4.1±0.16c	4.6±0.42d	<b>5.4±0.44e</b>
		S+U			b	bc	d	d	e	
Apple	Off-odor	DW	1.2±0.51a	1.3±0.47a	1.6±0.31a	2.0±0.26a	2.2±0.42a	2.5±0.42b	2.9±0.32c	2.8±0.33c
		C+F+S	1.3±0.25a	1.2±0.33a	1.7±0.47ab	2.2±0.45a	2.2±0.24a	2.6±0.21b	2.9±0.44b	2.9±0.23b
		C-F+	1.2±0.13a	1.3±0.24a	1.7±0.19a	2.2±0.14b	2.4±0.16a	2.5±0.13b	2.9±0.32b	2.9±0.21b
		S+U			b	b	b	b		
Tomato	Off-odor	DW	1.3±0.27a	1.6±0.41a	1.9±0.25a	2.2±0.23a	2.3±0.31a	2.4±0.15a	2.7±0.51b	2.9±0.35b
		C+F+S	1.4±0.34a	1.7±0.51a	2.1±0.43a	2.3±0.37a	2.4±0.21a	2.5±0.24a	2.7±0.32b	2.8±0.52b
		C-F+	1.4±0.33a	1.8±0.52a	2.2±0.34a	2.4±0.31a	2.6±0.32a	2.8±0.33b	2.9±0.41b	<b>3.5±0.16c</b>
		S+U		b	b	b	b	b		

Different letters in the same row indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect. Numbers in bold indicate scores above the acceptability limit. DW: Distilled water; C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW treatment (CaO+FA+SAEW); C-F+S+U: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW with ultrasonication treatment (CaO+FA+SAEW+US).

6. 선정된 친환경 살균제와 물리적 기술 및 코팅제의 병용처리에 의한 위해미생물 살균 최적화 조건 확립

(1) 사과 표면의 총 호기성균의 살균제 및 키토산 코팅 처리 후 저감 효과

- 사과 표면을 대조군(증류수), 단일 살균제(활성 칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수) 처리하였을 때, 각각  $0.42 \pm 0.06$ ,  $1.15 \pm 0.15$ ,  $1.61 \pm 0.22$  및  $2.23 \pm 0.15$  log CFU/fruit의 저감 효과를 나타냈음.
- 단일 살균제 처리군들을 병합 처리한 경우의 미생물 저감 효과는 다음과 같음(Fig. 3-11). 증류수 처리 후 키토산 코팅 (DW-Ch)한 경우  $0.92 \pm 0.13$  CFU/fruit, 푸마르산과 미산성 전해수(F+E)으로 병용 처리한 경우는  $3.09 \pm 0.83$  CFU/fruit, 푸마르산과 미산성 전해수 처리 후 1% 키토산(F+E+Ch)으로 코팅한 경우는  $2.50 \pm 0.11$  CFU/fruit, 활성칼슘 처리 후 푸마르산과 미산성 전해수(C-F+E)를 병용 처리한 경우  $3.49 \pm 0.24$  CFU/fruit의 살균 효과를 나타냈음.
- 푸마르산과 미산성 전해수를 병합 처리 후 키토산 코팅 처리했을 때(F+E-Ch)와 활성칼슘 처리 후 푸마르산과 미산성 전해수를 병용 처리하여 1% 키토산으로 코팅 처리했을 때(C-F+E-Ch)는 총 호기성균이 모두 불활성화 되었음.

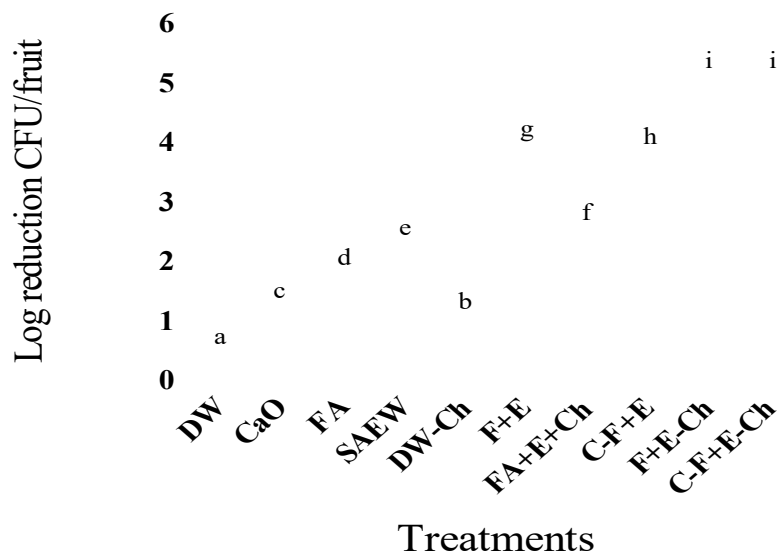


Fig. 3-11. 사과 표면의 총 호기성균에 대한 살균제 및 키토산 코팅 처리 후 살균 효능

Different letters in the same group indicate significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect. DW: distilled water; FA: fumaric acid; CaO: calcium oxide, SAEW: slightly acidic electrolyzed water (SAEW); DW-Ch: DW washing treatment followed by chitosan coating F+E: fumaric acid combined with SAEW; F+E+Ch: Chitosan (1%) dissolved in FA combined with SAEW; C-F+E: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment. F+E-Ch: F+E treatment followed by chitosan coating; C-F+E+Ch: C-F+E treatment followed by chitosan coating.

## (2) 사과 표면에 접종된 병원성 미생물의 살균제 처리 후 저감 효과

- 사과 표면에 *L. monocytogenes*를 접종한 후 대조군, 단일 살균제에 의한 저감 효과를 알아 보았음(Fig. 3-12).
- 증류수, 활성칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수에 의한 미생물 살균 효능은 각각  $0.99 \pm 0.08$ ,  $1.65 \pm 0.17$ ,  $2.19 \pm 0.25$  및  $2.84 \pm 0.11$  log CFU/fruit 을 나타냈음.
- *E. coli* O157:H7에 대한 단일 살균제의 미생물 저감 효과는 *L. monocytogenes* 접종 후 단일 살균제를 처리한 경우와 비슷한 경향을 나타냄. 증류수, 활성칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수에 의한 미생물 저감 효과가 각각  $0.67 \pm 0.11$ ,  $1.40 \pm 0.19$ ,  $2.05 \pm 0.22$  및  $2.39 \pm 0.19$  log CFU/fruit를 나타냄.
- *L. monocytogenes* 접종 후 단일 살균제 처리군들을 병합 처리한 경우의 미생물 저감 효과는 증류수 처리 후 키토산 코팅(DW-Ch)한 경우  $1.22 \pm 1.22$  CFU/fruit, 푸마르산과 미산성 전해수(F+E)으로 병용 처리한 경우는  $3.84 \pm 0.71$  CFU/fruit, 푸마르산과 미산성 전해수 처리 후 1% 키토산(F+E+Ch)으로 코팅한 경우  $3.06 \pm 0.02$  CFU/fruit의 살균 효과를 나타냈음.
- 나머지 살균제들을 병합 처리 후 키토산으로 코팅 처리한 후 *L. monocytogenes*를 측정 한 결과, 모두 검출 한계 이하로 나타났음.
- *E. coli* O157:H7에 대한 단일 살균제 처리군들을 병합 처리한 경우, *L. monocytogenes* 접종 후 살균제 병합 처리한 경우와 비슷한 미생물 저감 효과를 나타냄(Fig. 2B).
- 본 연구 결과에서는 단일 살균제 처리보다 단일 살균제를 병합 처리한 경우에 미생물 저감 효능이 뛰어났음.
- 살균제 병합 처리에 따른 *L. monocytogenes*와 *E. coli* O157:H7의 감소 효과는 차이가 있었음. 활성칼슘 처리 후 푸마르산과 미산성 전해수의 병합처리는 *L. monocytogenes*에 대해서는 완전히 불활성화 시켰으나, *E. coli* O157:H7은 완전히 불활성화하지 못하였음.

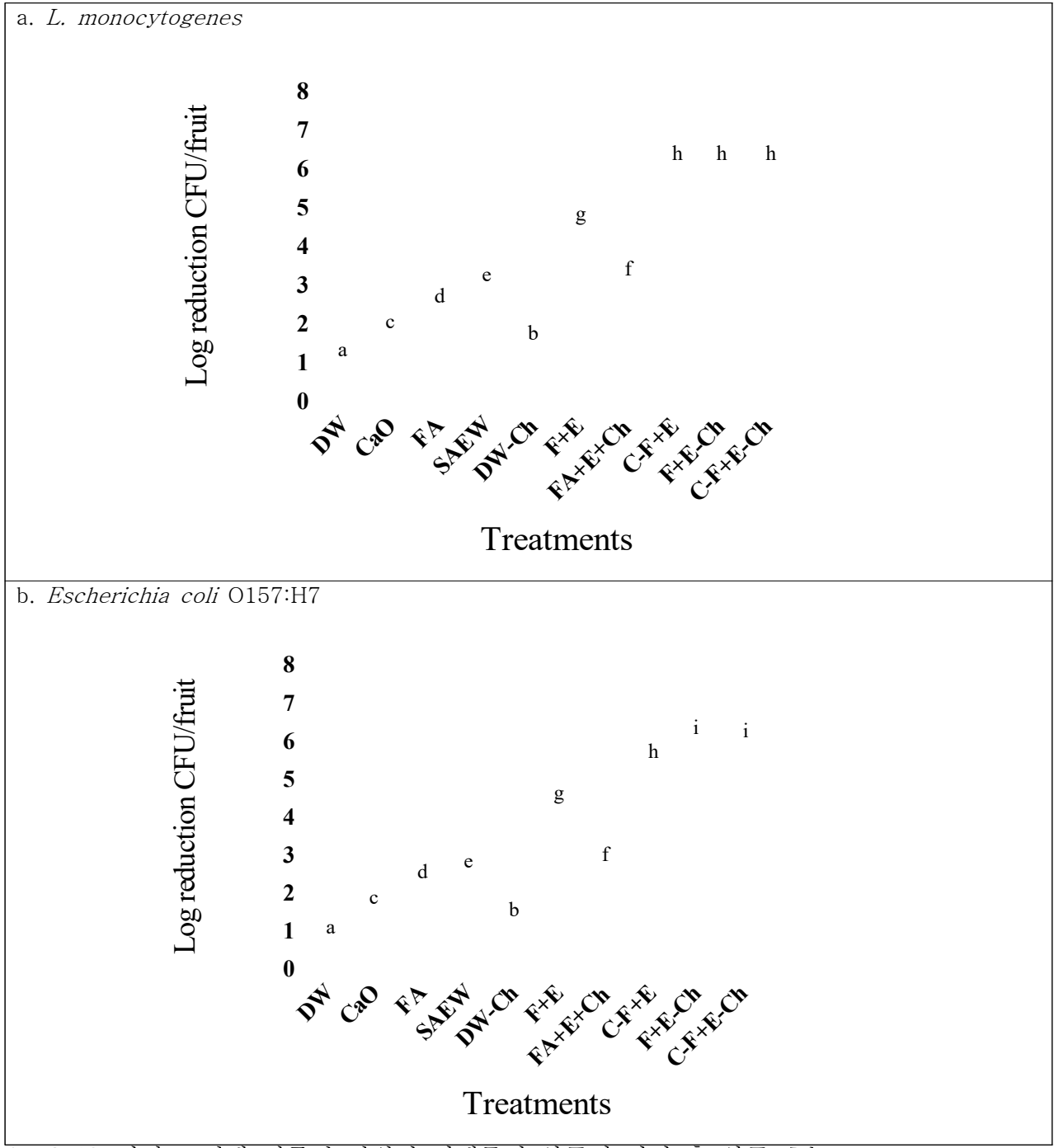


Fig. 3-12. 사과 표면에 접종된 병원성 미생물의 살균제 처리 후 살균 효능

DW: distilled water; FA: fumaric acid; CaO: calcium oxide; SAEW: slightly acidic electrolyzed water (SAEW); DW-Ch: DW washing treatment followed by chitosan coating; F+E: fumaric acid combined with SAEW; F+E+Ch: Chitosan (1%) dissolved in FA combined with SAEW; C-F+E: calcium oxide followed by combined FA with SAEW treatment. F+E-Ch: F+E treatment followed by chitosan coating; C-F+E+Ch: C-F+E treatment followed by chitosan coating. Different letters in the same group indicate significant( $p < 0.05$ ) treatment effect.



(3) 4°C에 저장하는 동안 살균제 hurdle 처리가 미생물의 생육에 미치는 영향

- 살균제 및 키토산 코팅 조건별로 처리한 사과를 4°C에 저장하면서 사과 표면의 호기성 세균의 생존에 미치는 영향을 분석하였음(Fig. 3-13).
- 증류수, 증류수 처리 후 키토산 코팅, (푸마르산+미산성 전해수)+1% 키토산을 처리한 경우, 각각  $4.77 \pm 0.06$ ,  $4.27 \pm 0.23$ , 그리고  $2.78 \pm 0.56$  log CFU/g 감소하였으며, 이들 처리군들에 의한 shelf life limit(유효 기간 한도)는 9, 13, 17일이었음.
- 푸마르산과 미산성 전해수를 병용 처리한 후 키토산을 코팅한 경우(F+E-Ch)와 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수 병용처리 후 키토산을 코팅처리한 경우(C-F+E-Ch)는 모든 기간 동안 detection limit 이하의 미생물 검출율을 보이며 이는 높은 미생물 저감 효과를 나타내며 사과를 저장할 수 있는 저장기간을 연장시킬 수 있음을 나타냈음.

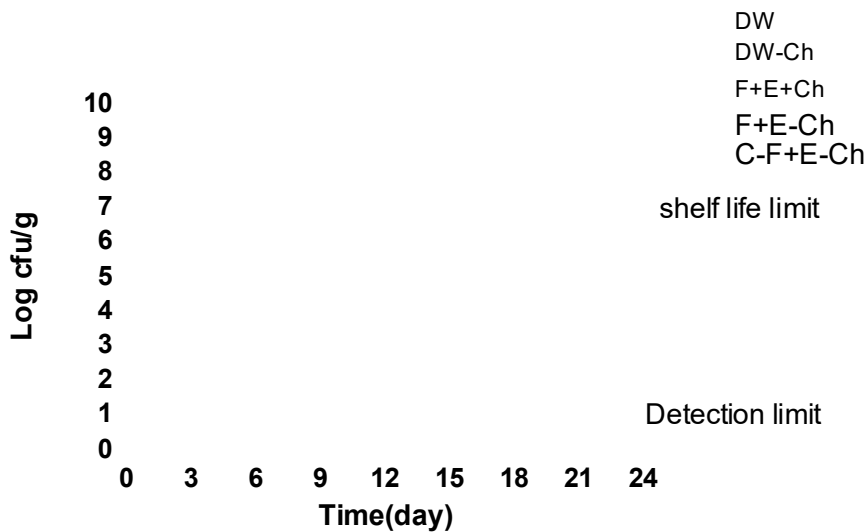


Fig. 3-13. 사과 표면에 각각의 살균제 처리 후 4°C에 저장하는 동안 총 호기성균의 생육에 미치는 영향

DW: distilled water; DW - Ch: DW washing treatment followed by chitosan coating; F+E+Ch: Chitosan (1%) dissolved in FA combined with SAEW; F+E - Ch: F+E treatment followed by chitosan coating; C - F+E+Ch: C - F+E treatment followed by chitosan coating.

(4) 4°C에 저장하는 동안 hurdle 처리가 사과 품질변화에 미치는 영향

① 경도 측정

- DW, DW-Ch, F+E+Ch 및 F+E-Ch 처리한 경우, 저장 초기 및 최종 단계 사이에 사과 경도의 차이는 없었음(Table 3-8). 그러나, C-F+E-Ch 처리한 경우 0일과 21일 사이에 경도값은  $18127 \pm 68$  g로 경도가 유의적으로 감소하였음( $p < 0.05$ ).
- 또한, 씻지 않은 사과(대조군)와 살균제 처리 후 코팅 처리한 사과 사이에서 저장기간 동안 측정된 경도 값에 유의적인 차이가 없었음( $p > 0.05$ )

Table 3-8. Texture (Hardness value (g)) of apple fruits treated by different treatment and stored at 4 °C for 21 days.

Treat ment	Time (day)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Unwashed	A18335±49 ab	A18458±25 b	A18378±89 ab	A18276±27 ab	A18501±76 b	A18165±92 ab	A18081±7 4a	A18301±76 ab
DW	A18386±54 a	A18651±55 a	A18686±59 a	A18288±34 a	A18396±62 a	A18276±25 a	A18120±5 6a	A18120±92 a
DW-Ch	A18486±83 a	A18465±48 a	A18431±13 a	A18426±15 a	A18420±19 a	A18411±71 a	A18408±3 6a	A18390±55 a
F+E+Ch	A18070±65 a	A18067±80 a	A18458±66 b	A18140±40 ab	A18295±67 ab	A17977±78 a	A18062±9 9a	A17967±63 a
F+E-Ch	A18500±75 a	A18478±63 a	A18377±52 a	A18073±77 a	A18028±77 a	A18062±99 a	A18035±6 5a	A17970±56 a
C-F+E-Ch	A18505±44 c	A18480±82 bc	A18423±60 bc	A18477±85 bc	A18365±74 bc	A18378±16 bc	A18335±4 8b	A18127±68 a

Values within the same column (capital) and same row (lowercase) with different letters indicate significantly different ( $p < 0.05$ ). DW: Distilled water; DW-Ch: DW washing following by chitosan coating treatment; F+E+Ch: Fumaric acid combined with SAEW and chitosan; F+E-Ch: Fumaric acid combined with SAEW treatment following by chitosan coating treatment; C-F+E-Ch: CaO whasing following by FA+SAEW treatment and then chitosan coating treatment.

② 색도 측정

- 색도의 경우 4°C에서 0일에서 21일 사이에 살균제나 살균제 처리 후 코팅처리 된 사과의 L, a 및 b 값에 유의적인 변화가 없었음(Table 3-9). 그러나 F+E+C 처리 된 과일의 a \* 값은 저장 기간 동안 대조군에 비해 사과 색도에 유의적인 차이가 있었음( $p < 0.05$ ). 씻지 않은 대조군과 F+E-Ch 처리한 사과 사이에서 b \* 값에 유의적인 변화가 관찰되었음( $p < 0.05$ ).
- 본 연구결과, 일반적으로 저장 기간 동안 씻지 않은 과일과 처리 된 과일의 색 변수 (L, a,

b)에 유의적인 차이가 없었음( $p>0.05$ ). 이러한 연구 결과는 SAEW, FA 및 키토산의 조합이 사과 색도 변화에 영향을 미치지 않았음을 시사함.

○ 또한, 씻지 않은 (대조군) 사과와 살균제 처리 후 코팅 처리한 사과 사이에 사과 색도 값에 유의적인 변화는 관찰되지 않았음 ( $p>0.05$ ).

Table 3-9. Changes in color of apple fruits treated by different treatment and stored at 4°C for 21 days

Treat ment	Color Para meter	Time (day)							
		0	3	6	9	12	15	18	21
Unwash ed	L	57.02±0.04	57.98±0.12	57.83±0.39	59.16±0.34	57.88±1.42	57.45±0.23	57.03±0.18	57.57±0.51
		a	a	a	a	a	a	a	a
	a*	16.29±0.03	15.95±0.35	15.98±0.35	16.04±0.19	16.15±0.45	15.59±0.47	16.54±0.45	16.28±0.41
		a	a	a	a	a	a	a	a
	b*	22.44±0.72	21.33±0.19	21.71±0.60	22.26±0.35	22.07±0.82	22.53±0.18	22.40±0.45	22.2±0.57a
DW	L	58.84±0.01	59.46±0.44	59.58±0.14	58.36±0.03	59.04±0.03	59.60±0.19	59.67±0.53	59.14±1.00
		ab	ab	ab	a	ab	b	b	ab
	a*	15.88±0.04	15.59±0.25	15.59±0.25	15.24±0.55	14.74±0.09	15.14±0.51	14.40±0.61	14.34±0.57
		b	b	b	ab	ab	ab	a	a
	b*	20.75±0.02	21.11±0.39	20.65±0.44	20.30±0.21	21.12±0.35	20.25±0.06	20.89±0.30	21.34±0.49
DW-Ch	L	57.84±0.01	58.13±0.38	58.70±0.30	58.58±0.66	57.98±0.88	57.18±0.57	56.99±0.58	58.47±0.44
		abc	abc	c	bc	abc	ab	a	abc
	a*	15.21±0.61	15.26±0.65	14.41±0.41	14.47±0.49	14.74±0.09	14.96±0.28	15.40±0.61	13.94±0.13
		ab	b	ab	ab	ab	ab	b	a
	b*	19.34±0.67	20.78±0.19	20.32±0.16	21.36±0.98	20.79±0.68	19.92±0.53	19.89±0.95	21.08±0.59
F+E+C h	L	58.09±0.57	58.69±0.93	59.19±0.20	58.56±0.02	59.14±0.03	57.61±0.24	58.39±0.39	57.83±0.71
		abc	ab	c	ab	c	a	abc	ab
	a*	14.42±0.48b	13.74±0.55	13.29±0.42	14.09±0.28	14.42±0.10	14.22±0.11	14.11±0.07	14.95±0.41
		c	ab	a	abc	bc	ab	ab	c
	b*	19.95±0.74	20.98±0.58	20.71±0.51	19.95±0.32	21.09±0.48	20.42±0.31	21.16±0.26	20.70±0.28
F+E-Ch	L	58±0.0.43	58.53±0.21	58.26±0.09	58.56±0.05	57.97±0.17	58.28±0.72	57.76±0.46	57.16±0.70
		ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	a
	a*	14.75±0.53	14.75±0.53	15.28±0.26	15.09±0.28	15.31±0.10	14.89±0.50	15.44±0.58	15.95±0.41
		a	a	a	a	a	a	a	a
	b*	19.07±0.54	18.98±0.50	19.04±0.08	18.29±0.26	19.09±0.66	19.42±0.31	20.16±0.26	19.70±0.28
C-F+ E-Ch	L	58.53±0.52	59.02±1.06	58.29±0.29	57.66±0.04	57.91±0.24	58.31±0.35	57.65±0.26	57.74±0.47
		a	a	a	a	a	a	a	a
	a*	14.61±0.58	14.17±0.75	14.96±0.56	15.54±0.12	15.04±0.70	14.88±0.99	14.64±0.24	16.07±0.42
		ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	b
	b*	21.74±0.37	21.27±0.37	21.77±0.18	21.69±0.40	21.25±0.06	20.97±0.33	20.37±0.33	21.25±0.07
	b	b	b	b	b	ab	a	b	

Values within the same column (capital) and same row (lowercase) with different letters indicate significantly different ( $p<0.05$ ). DW: Distilled water; DW-Ch: DW washing following by chitosan coating treatment; F+E+Ch: Fumaric acid combined with SAEW and chitosan; F+E-Ch: Fumaric acid combined with SAEW treatment following by chitosan coating treatment; C-F+E-Ch: CaO whasing following by FA+SAEW treatment and then chitosan coating treatment.

## 요약

### 1. 친환경 살균제의 최적 살균 조건 및 품질 안정성 확립

- 친환경 살균제는 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘로 선정하여 이들 살균제의 최적 조건을 탐색함.
- 위해 미생물에 대한 선정된 살균제의 온도, 농도, 침지시간에 따른 살균 최적화를 탐색해본 결과, 미산성 전해수, 푸마르산, 활성칼슘(CaO)의 농도, 온도, 침지시간이 높아질수록 살균 효능이 증가하는 것을 확인하였음
- 연구를 수행한 결과, 위해 미생물에 대한 살균제의 살균 효능의 최적 조건을 현장에 적용가능한 조건을 고려하여 **0.2% 활성칼슘, 0.5% 푸마르산, 미산성 전해수 30 ppm을 실온에서 3분간 처리**하는 것으로 정하였음.

### 2. 살균 최적화를 위한 친환경 살균제와의 병용 처리 효능 탐색

- 신선채소 3종과 과일 2종에 위해 미생물을 접종하여 활성칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수와 물리적 기술을 병용 처리한 결과 신선 채소 3종에서는 초음파와 함께 병용 처리한 방법이 살균 효능이 높았음
- 위해 미생물을 접종하지 않고 과일 2종을 대상으로 활성칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수와 초음파를 병용 처리하여 미생물 변화를 알아본 결과, 친환경 살균제들의 병용처리 혹은 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수+초음파 기술을 병용처리한 것이 총균수와 대장균군의 저해 효과가 뛰어났음.

### 3. 선정된 최적 친환경 살균제와 물리적 기술의 병용 최적 살균 조건 탐색

- 위해 미생물을 접종하지 않고 신선채소 3종과 과일 2종을 대상으로 활성칼슘, 푸마르산, 미산성 전해수와 초음파를 병용 처리하여 미생물 변화를 알아본 결과, 증류수로 세척한 것보다 친환경 살균제들의 병용처리 혹은 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수+초음파 기술의 병용 처리한 것이 총균수와 대장균군의 저해 효과가 뛰어났음.

### 4. 최적화 조건으로 선정된 허들(hurdle)살균기술을 이용한 살균 효능 탐색 및 저장성 테스트

- 신선채소 3종 미생물 생육 변화를 알아보기 위해 증류수 처리, 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수 혹은 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수+초음파 기술의 병용처리 후 온도별 저장 기간 동안의 살균 효능을 탐색한 결과, 4℃ 14일간, 실온에서 7일간 저장한 경우 살균제의 병용처리 혹은 살균제와 초음파 기술의 병용 처리에 의한 살균 효능으로 증류수

로 세척한 시료보다 미생물의 생육이 저해되었음.

- 신선채소 3종의 살균제 병용 처리 후 온도별 저장 실험에서 친환경 살균제와 초음파를 병용 처리하였을 때 증류수 처리 혹은 친환경 살균제의 병용 처리보다 색도와 관능 품질 특성에 있어서 변화를 유도하였음.
- 신선채소 3종을 대상으로 저장 기간 중의 품질 특성을 측정한 결과 살균제+초음파 기술의 병용 처리는 미생물 저해 효과는 뛰어나지만, 친환경 살균제의 병용처리에 비해 농산물 품질 특성에 영향을 미치는 것으로 나타났음.
- 과일 2종의 미생물 생육 변화를 알아보기 위해 대조구 및 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수 혹은 활성칼슘+푸마르산+미산성 전해수+초음파 기술의 병용처리 후 저장 기간 동안의 살균 효능을 탐색한 결과, 살균제의 병용처리 혹은 살균제와 초음파 기술의 병용처리에 의한 살균 효능으로 증류수로 세척한 시료보다 미생물의 생육이 저해되었음.
- 과일 2종을 대상으로 저장 기간 중의 품질 특성을 측정한 결과 신선 채소 3종을 대상으로 실험한 결과와 마찬가지로 살균제+초음파 기술의 병용 처리는 미생물 저해 효과는 뛰어나지만, 친환경 살균제의 병용처리에 비해 농산물 품질 특성에 영향을 미치는 것으로 나타났음.

#### **5. 선정된 친환경 살균제와 물리적 기술 및 코팅제의 병용처리에 의한 위해미생물 살균 최적화 조건 확립**

- 살균제를 단일로 세척한 경우보다 병합처리를 하거나 코팅처리를 함께 처리한 경우 총 호기성균이 모두 불활성되었고, 미생물을 접종하여 미생물 생육변화를 살펴본 경우에도 미생물 저감 효과가 뛰어났음.
- 저장기간동안 살균제를 병용처리하거나 살균제를 병용처리한 후 코팅처리하여 세척한 경우 미생물 생육 한계에 도달하지 못하였으며, 미생물 저감 효능이 뛰어났음.
- 경도 및 색도의 경우 4℃에서 0일에서 21일 사이에 살균제나 살균제 처리 후 코팅처리된 사과와 L, a 및 b 값에 유의적인 변화가 없었음

## 제4절 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용 및 상용화

### 1. 연구의 필요성

- 신선 농산물은 다양한 영양소와 건강 기능성 물질을 가지고 있음. 따라서 요즘 건강지향적인 식품 섭취를 지향하는 소비자들은 과일과 채소의 섭취를 늘리고 있음(Obadias et al., 2008; Badosa et al., 2008).
- 신선 농산물에 대한 사후 미생물 오염에 대한 인식이 중요해 지고 있어 신선 농산물의 생산주기 전반에 걸친 관리 시스템을 개선하기 위한 연구가 꾸준히 수행되었으나 세척된 신선 농산물의 미생물 품질은 크게 개선되지 않았음(Taylor et al., 2012; Beckles 2012).
- 우리나라의 경우 세계 무역기구의 설립으로 신선 채소 및 과일의 수입량이 증가하고 있음. 그에 따라 신선 농산물 수입과 관련된 문제가 증가하고 있으며 신선 농산물의 병원성 세균의 발생률이 점차 증가하고 있음(Lee et al., 2008).
- 신선 농산물에 대한 소비자의 관심이 증가하였음에도 불구하고 식중독 발생의 증가로 신선 농산물의 품질 및 위생 안전성에 대한 우려를 심화시켰음(FAO / WHO 2008; Suh and Oh, 2011; Tango et al., 2014). 신선 농산물의 품질과 위생 안전성을 높이기 위해 수확 후 적절한 처리가 필수적임.
- 신선 농산물의 미생물에 의한 오염 줄이기 위해 많은 화학적 및 물리적 처리 기술 등 수많은 전략이 연구되었음. 전통적인 세척방법인 염소 처리의 대안이 조사되었으며, 최근 연구에 따르면 전해수가 전통적인 염소 처리의 대체 기술로서 제기되었음. 그 중 5.0 - 6.5의 pH 값을 갖는 미산성 전해수가 있으며, 이 미산성 전해수의 pH는 식품 산업의 환경 피해 및 부식 영향을 줄일 수 있음(Issa-Zacharia et al., 2010; Mansur et al., 2015; Tango et al., 2015). 유기산 중 푸마르산은 구연산 및 젖산에 비해 동일한 농도에서 더 큰 항균효과를 나타낸다고 알려져 있으며, 산화 칼슘에 의한 식중독 균에 대한 항균 효과가 보고된 바 있음(Podolak et al., 1996; Ro et al., 2015). 이러한 살균 효과를 나타내는 기술을 조합하면 한 가지 기술을 적용했을 때보다 더 큰 시너지 효과를 낼 수 있어 미생물 안전성과 더불어 제품의 저장 수명을 향상시킬 수 있음(Ross et al., 2003)
- 제4절에서는 연구기간동안 개발된 친환경 살균제 병용 처리 기술(허들 기술)을 검증하는 것을 목적으로 함. 신선 농산물(채소 3종과 과일 3종)에 대한 자연유래 미생물(총 호기성균, 총 대장균군, 효모 및 곰팡이)의 살균효과를 현지 공장에 적용하여 기존 세척수(차아염소산 나트륨 용액)과 개발된 살균제 병용처리 기술을 비교 평가하였음.

## 2. 산지 생산 공정 중 표면 살균 처리 공정 최적화 및 모델 구축

### (1) 현장 적용 가능한 개발된 최적화 살균 공정 확립 및 가공라인 모델 구축

#### ① 기존 세척 방법

○ 신선 편이 식품 제조 공정

원료창고	박피실	조리실	세척실	내포장실	외포장실
- 입고/보관 - 개포	- 전처리 - 절단 - 선별	- 가열(CCP) - 절단 - 침지 - 선별	- 절단 - 세척(4단) - 소독(CCP) - 헹굼 - 탈수 - 선별	- 보관 - 계량 - 내포장 - 금속검출(CCP)	- 검수 - 외포장 - 보관 - 출고

Fig. 4-1. 작업실별 작업공정도

#### ② (주)네메 공장에서 사용하고 있는 신선 편이 식품 세척 기구

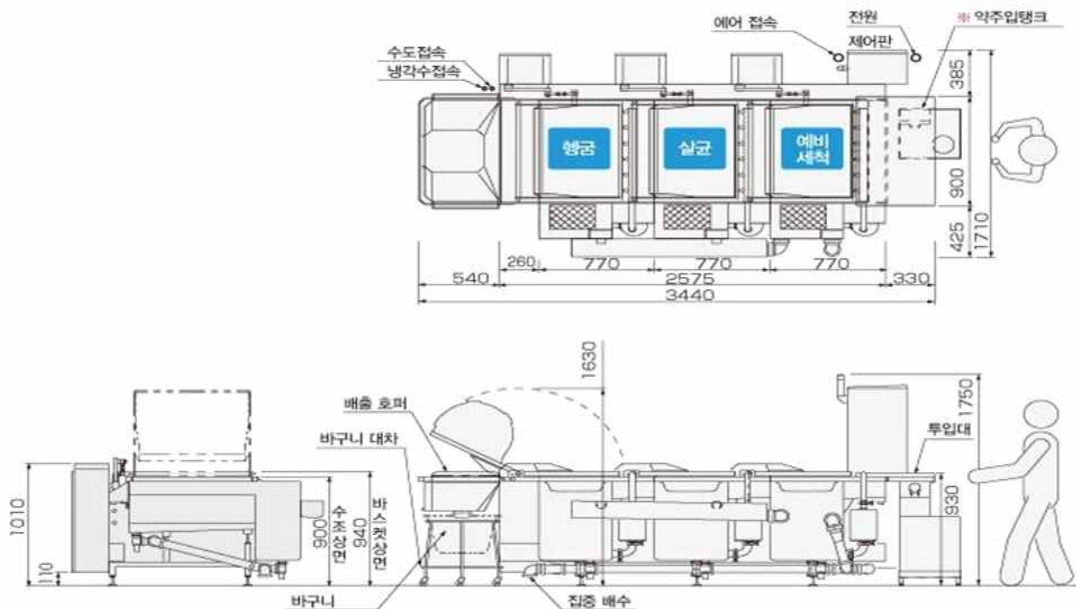


Fig. 4-2. 기존 (주)네메 공장에서 사용하고 있는 세척 기구의 예

- 현지 공장에서 사용하고 있는 제품들의 세척방법은 3단계세척과 소독처리 과정을 거쳐 포장하여 제품을 5℃ 이하의 온도에서 보관하며 관리하고 있음.
- 식품용 크린락스를 사용하여 신선 농산물을 세척하고 있음.

② 현장 적용 가능한 개발된 최적화 살균 공정 확립 및 가공라인 모델 구축

○ 본 연구진이 개발한 세척 기술 모델

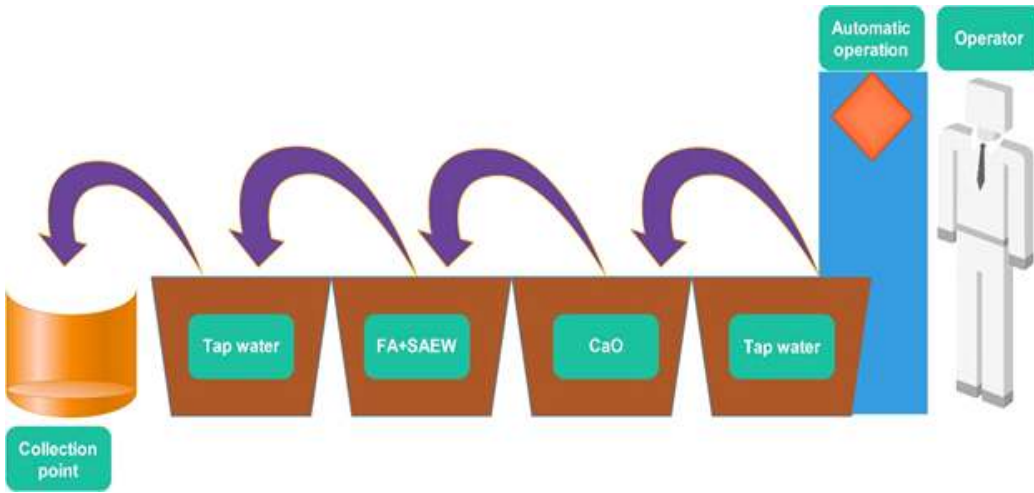


Fig. 4-3. 본 연구 기술로 개발한 세척 기술 모델

○ 현지 공장을 탐방한 후 본 연구진이 개발한 친환경 소독제를 이용한 세척기술을 적용하기 위한 모델을 구축함

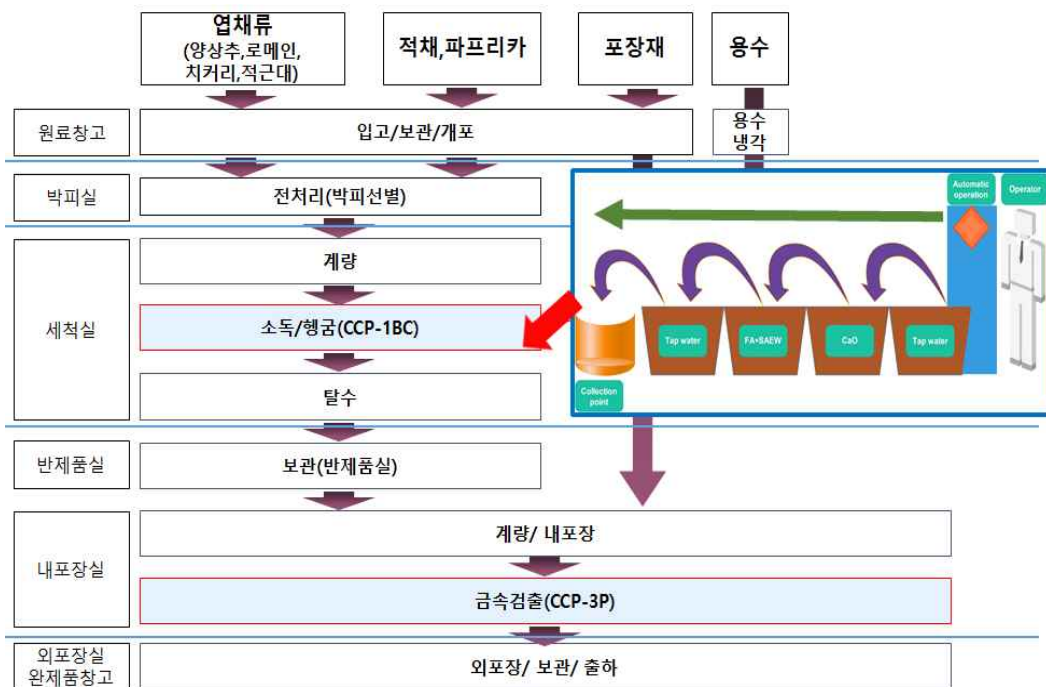


Fig. 4-4. 현지 공장에서 사용 중인 제조 공정 중에 본 연구진이 개발한 세척기술을 적용한 모델 예시

○ (주) 네메 공장에서 사용하고 있는 모듬야채 제조 공정에 본 연구진이 개발한 세척기술을 적용하였음.



(2) 본 개발기술로 최적 hurdle 세척 기술을 실제 현장에 적용, 상용화 조건 수립

○ 신선편이농산물 혼합 처리 기법을 현장에 적용(산지 생산 공정에 세척 기술 적용)



Fig. 4-5. 현지 공장에서 사용 중인 세척 수조에 수돗물을 채우고 있는 모습



Fig. 4-6. 현지 공장 세척 수조에서 친환경 살균제 제조하는 모습(a)



Fig. 4-6. 현지 공장 세척 수조에서 친환경 살균제 제조하는 모습(b)



Fig. 4-7. 현지 공장에 살균 세척기술을 적용하여 신선편이 식품(상추)을 세척하는 모습

### (3) 친환경 살균제의 최적화 조건을 현장 적용 전 랩스케일에서의 미생물 저감화 탐색

#### 실험 방법

- 샘플 준비 : 실험에 사용할 신선 채소 3종(시금치, 상추, 비트 잎), 과일 3종(방울토마토, 사과, 귤)을 춘천 슈퍼마켓에서 구매하였으며, 실험하기 전까지 4℃를 유지하며 운송하였음.
- 채소는 1회 분량을 2 kg으로 소분하였고, 과일은 무게를 제어(사과 약 12 - 14개, 귤 약 20 - 22개, 토마토 약 36 - 40개)로 나누어 저장하였음.
- 균 현탁액 : *L. monocytogenes*(ATCC 19118, Scott A)와 *S. enterica*(ATCC 13076, 14028)을 배양하여 사용하였음.

○ 균 접종 : 과일은 균 현탁액 4 L(약 7 - 8 log CFU/mL)에 채소는 균 현탁액 2 L에 침수시킨 후, 과일과 채소 표면에 균을 부착시키기 위해 1시간 가량 실온에서 건조하였음.

○ 친환경 살균제 제조

미산성 전해수 제조 : 미산성 전해수 생성장치를 사용하여 전기분해수를 제조하였음. 전류 1.0 - 20 A, pH 5.0 - 6.5, 유효염소(ACC) 10 - 30 mg/L, ORP 780 - 880 mV인 무격막 전해수를 제조하여 사용하였음.

푸마르산 제조 : 멸균 증류수에 0.5% 농도(pH 2.38 ± 0.19)로 제조하여 사용하였음.

활성칼슘 용액 제조 : 에코바이오텍에서 제공받은 활성칼슘을 사용하였으며, 0.2%의 농도(pH 12.09 ± 0.36)로 제조하였음.

○ 세척 방법

① 푸마르산과 미산성 전해수가 병합 처리된 세척수 6 L에 샘플을 3분 동안 세척한 후, 1분 동안 수돗물로 헹구는 방법

② 활성칼슘 용액 6 L에 샘플을 3분 동안 세척한 후, 푸마르산과 미산성 전해수가 병합 처리된 세척수 6 L에 3분 동안 세척함. 세척 후 1분 동안 수돗물로 헹구는 방법

③ 차아염소산나트륨 용액 6 L에 샘플을 3분 동안 세척한 후, 3분 동안 수돗물로 2번 헹구는 방법

④ 수돗물 6 L에 샘플을 5분 동안 세척하는 방법

⇒ 과일의 경우, 세척 후 세척으로 사용된 살균 용액과 수돗물을 제거하기 위해 멸균된 티슈를 사용하여 세척되었음. 실험을 위해 스토마커 백에 개별 포장하여 얼음이 담긴 아이스 백에 담아 실험실로 운반함.

○ 자연 유래 미생물학적 분석

채소 : 샘플(25 g)을 멸균된 스토마커 백에 무균적으로 담아 0.1% BPW 225 mL를 혼합하여 2분 동안 잘 섞어 실험에 사용하였음.

과일 : 과일은 각각 D/E Neutralizing broth가 담겨진 Whirl Pack 백에 담아 과일 샘플 표면의 미생물을 제거하기 위해 3분 동안 격렬하게 문지른 후 실험에 사용하였음.

호기성균을 계수하여 분석하기 위해 Tryptone soy agar(TSA)를 사용하였으며, 효모와 곰팡이를 계수하여 분석하기 위해 Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol를 사용하였음. 또한 대장균과 대장균군을 계수하여 분석하기 위해 Petri film을 사용하였음. 모든 plate는 24 - 48시간동안 37°C에서 배양하였음.

○ 저장성 테스트

저장성 테스트를 위해 신선 채소 3종과 과일 3종을 위에 설명한 방법으로 세척한 후 스토마커 백에 포장하여 14일 동안 4°C에 저장하며 2일마다 분석하였음.



미생물학적 분석은 호기성균, 효모와 곰팡이, 대장균과 대장균군을 분석하였음. 훈련된 학생(6명)에 의해 관능평가를 실시하였으며, 평가 항목은 외관(appearance), 색(color), 이취(off-odor), 전체적인 기호도(overall)의 항목에 대해 9점 척도를 이용하여 관능 품질검사를 실시하였음.

○ 연구를 위해 수행한 실험은 모두 2번씩 수행되었으며, 분석된 미생물은 log CFU/mL 혹은 log CFU/fruit로 나타내었음. 각각 살균제 처리 및 저장 테스트 결과는 SPSS statistics software version 21 (SPSS Inc., IBM Company)를 사용하여 분석되었고, 사후 검정은 one-way analysis of variance (ANOVA)로 이루어졌음. 유의성 검증은 Tukey's multiple comparisons에 의해 산출되었음( $p < 0.05$ ).

## ○ 연구 결과

① 병합처리 조건에 의한 신선 채소 3종과 과일 3종의 식중독균 저감 효능

○ 과일 3종에 대해 선정된 친환경 살균제를 병용처리한 결과, FA+SAEW, CaO-FA+SAEW로 처리하였을 때 식중독균 살균 효능을 향상시킬 수 있음을 보였음(Fig. 4-8).

○ 신선 채소 3종에 대해 친환경 살균제를 병용 처리한 결과 과일 3종에 살균제를 병용처리한 결과와 마찬가지로 친환경 살균제를 병용 처리한 조건이 대조구(상수도)와 NaOCl를 처리하여 세척했을 때보다 식중독균의 살균 효과가 더 큰 것으로 나타났음( $p < 0.05$ ).

○ 신선 과채류 6종에 대한 친환경 살균제를 병용처리한 조건들의 식중독균에 대한 살균 효능은 FA+SAEW < CaO-FA+SAEW 순으로 높게 나타났음.

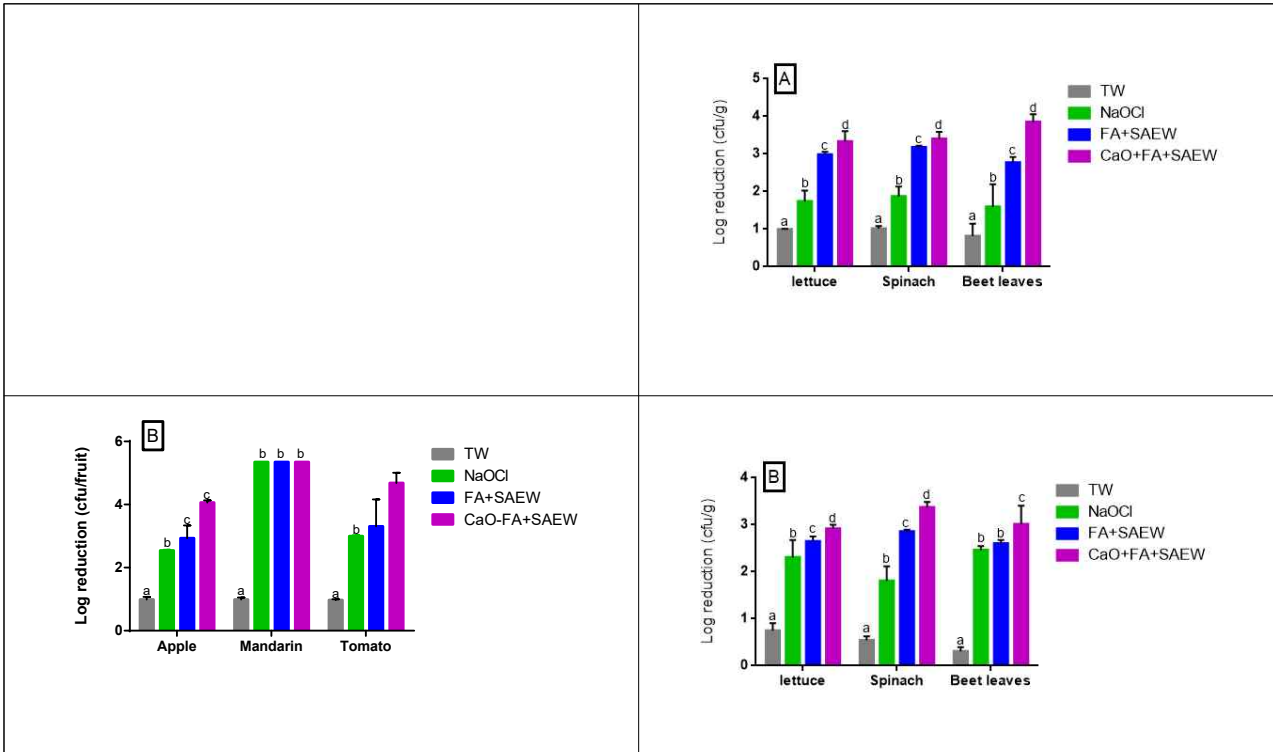


Fig. 4-8. 신선 농산물 6종에 대한 살균제 병용처리의 식중독균 살균 효과

A: *E. coli*, B : *L. monocytogenes*.

TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

② 친환경 살균제로 세척 후 신선 농산물의 4℃ 저장 중 식중독균 저감 효능

○ 비트 잎과 토마토에 식중독균을 접종한 후 친환경 살균제를 병용처리하여 세척 후 4℃에서 14일간 저장하면서 위해 미생물의 저감 효과를 알아본 결과를 Fig. 4-9에 나타냈음.

○ 토마토에 식중독균을 접종하여 살균제로 세척 후 위해 미생물의 생육 정도를 살펴본 결과, 씻지 않고 저장한 경우 초기 균 농도가 약 5 log CFU/mL였으며, 14일의 저장 기간 동안 약 7 log CFU/mL로 미생물이 2 log CFU/mL정도 증가하였음. 반면, 친환경 살균제를 병용처리한 경우 초기 농도가 약 2 - 3 log CFU/mL로 씻지 않거나 수돗물로 씻은 경우보다 낮게 나타났음. 이들의 살균제로 세척하여 14일 동안 저장 기간 후 위해 미생물은 약 3 - 4 log CFU/mL를 나타냈음.

○ 또한, 비트 잎에 식중독균을 접종하여 친환경 살균제로 세척한 후 위해 미생물의 생육 양상을 알아봤을 때, 씻지 않고 저장한 경우나 수돗물로 씻은 경우보다 살균제를 병용처리한 경우 미생물의 생육을 저해하는 것으로 나타났음.

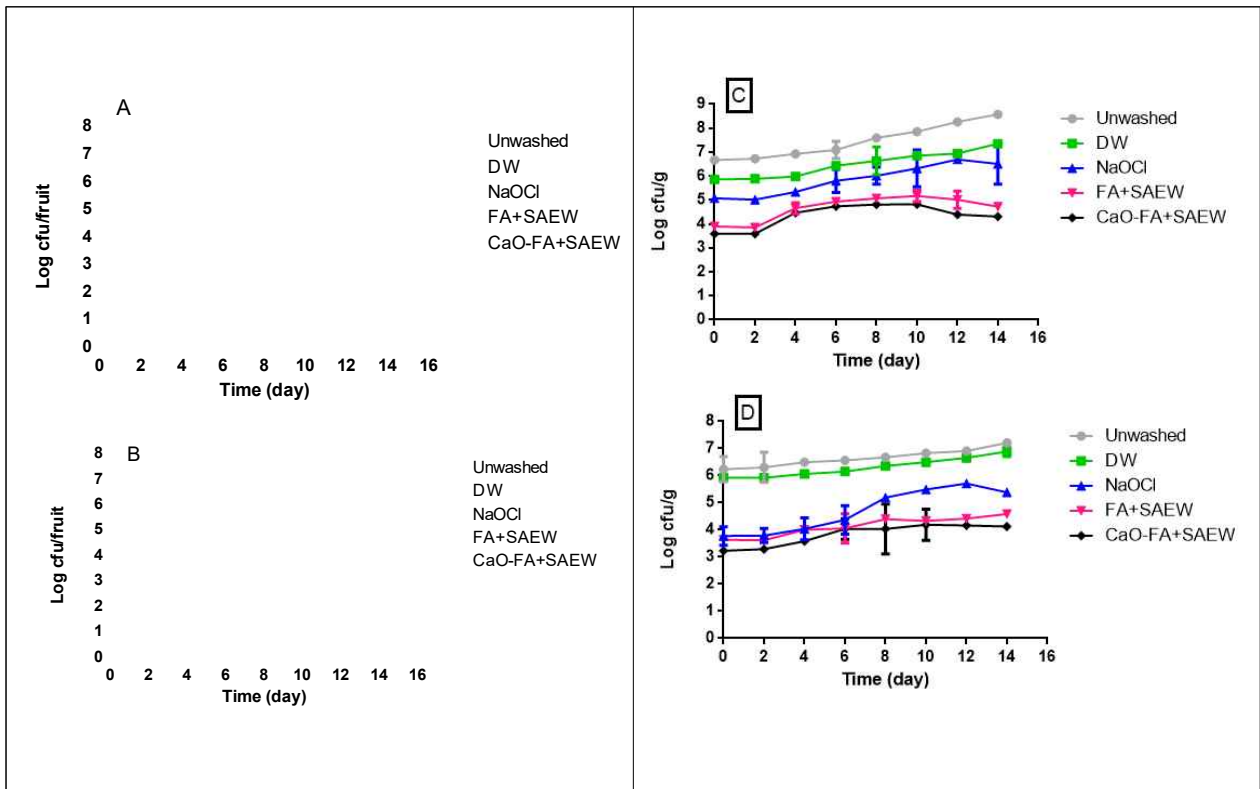


Fig. 4-9. 각각 다른 살균제로 토마토와 비트 잎을 세척 후 저장기간 동안 식중독균의 생육 저해 효과

A: Foodborne pathogenic bacteria growth on tomato fruits- *E. coli*, B: Foodborne pathogenic bacteria growth on tomato fruits- *L. monocytogenes*, C: Foodborne pathogenic bacteria growth on beet leaves- *E. coli*, D: Foodborne pathogenic bacteria growth on beet leaves- *L. monocytogenes*  
 TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

### 3. 일반 제조 공정 처리된 제품과 본 개발 기술로 처리된 제품의 저장 중 미생물 안전성 확보 평가 및 현장적용 기술로서의 경제적 타당성 검토

#### (1) 본 개발 기술로 처리된 제품의 저장 중 미생물 안전성 확보 평가

##### \* 실험 방법

○ 샘플 준비와 접종 : 실험에 사용할 신선 채소 3종(시금치, 상추, 비트 잎), 과일 3종(방울토마토, 사과, 귤)을 (주)네띠로 수송하여 4°C에 저장하며 실험을 수행하였음. 손상된 채소의 잎과 과일을 제거하여 2 Kg씩 나누어 폴리에틸렌 백에 포장하여 24시간 안에 실험하기 위해 4°C에 저장하였음.

##### ○ 친환경 살균제 제조

미산성 전해수 제조 : 미산성 전해수 생성장치를 사용하여 전기분해수를 제조하였음. 전류 1.0

- 20 A, pH 5.0 - 6.5, 유효염소(ACC) 10 - 30 mg/L, ORP 780 - 880 mV인 무격막 전해수를 제조하여 사용하였음.

푸마르산 제조 : 멸균 증류수에 0.5% 농도(pH 2.38 ± 0.19)로 제조하여 사용하였음.

활성칼슘 용액 제조 : 에코바이오텍에서 제공받은 활성칼슘을 사용하였으며, 0.2%의 농도(pH 12.09 ± 0.36)로 제조하였음.

#### ○세척 방법

① 푸마르산과 미산성 전해수가 병합 처리된 세척수 180 L에 샘플(2 Kg)을 3분 동안 세척한 후, 1분 동안 수돗물로 행구는 방법

② 활성칼슘 용액 180 L에 샘플(2 Kg)을 3분 동안 세척한 후, 푸마르산과 미산성 전해수가 병합 처리된 세척수 180 L에 3분 동안 세척함. 세척 후 1분 동안 수돗물로 행구는 방법

③ 차아염소산나트륨 용액 180 L에 샘플(2 Kg)을 3분 동안 세척한 후, 3분 동안 수돗물로 2번 행구는 방법

④ 수돗물 180 L에 샘플(2 Kg)을 5분 동안 세척하는 방법

⇒ 과일의 경우, 세척 후 세척으로 사용된 살균 용액과 수돗물을 제거하기 위해 멸균된 티슈를 사용하여 세척되었음. 실험을 위해 스토마커 백에 개별 포장하여 얼음이 담긴 아이스 백에 담아 실험실로 운반함.

#### ○자연 유래 미생물학적 분석

채소 : 샘플(25 g)을 멸균된 스토마커 백에 무균적으로 담아 0.1% BPW 225 mL를 혼합하여 2분동안 잘 섞어 실험에 사용하였음.

과일 : 과일은 각각 D/E Neutralizing broth가 담겨진 Whirl Pack 백에 담아 과일 샘플 표면의 미생물을 제거하기 위해 3분 동안 격렬하게 문지른 후 실험에 사용하였음.

호기성균을 계수하여 분석하기 위해 Tryptone soy agar(TSA)를 사용하였으며, 효모와 곰팡이를 계수하여 분석하기 위해 Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol를 사용하였음. 또한 대장균과 대장균군을 계수하여 분석하기 위해 Petri film을 사용하였음. 모든 plate는 24 - 48시간동안 37°C에서 배양하였음.

#### ○저장성 테스트

저장성 테스트를 위해 신선 채소 3종과 과일 3종을 위에 설명한 방법으로 세척한 후 스토마커 백에 포장하여 14일 동안 4°C에 저장하며 2일마다 분석하였음.

미생물학적 분석은 호기성균, 효모와 곰팡이, 대장균과 대장균군을 분석하였음. 훈련된 학생(6명)에 의해 관능평가를 실시하였으며, 평가 항목은 외관(appearance), 색(color), 이취(off-odor), 전체적인 기호도(overall)의 항목에 대해 9점 척도를 이용하여 관능 품질검사를 실시하였음.

○ 연구를 위해 수행한 실험은 모두 2번씩 수행되었으며, 분석된 미생물은 log CFU/ml 혹은 log CFU/fruit로 나타내었음. 각각 살균제 처리 및 저장 테스트 결과는 SPSS statistics software version 21 (SPSS Inc., IBM Company)를 사용하여 분석되었고, 사후 검정은 one-way analysis of variance (ANOVA)로 이루어졌음. 유의성 검증은 Tukey's multiple comparisons에 의해 산출되었음( $p < 0.05$ ).

○ 연구 결과

① 자연유래 미생물학적 분석

○ 신선 농산물 6종을 세척 후 총 호기성균, 총 대장균군, 효모 및 곰팡이의 살균 효과를 알아 보았음(Fig. 4-10).

○ 신선 농산물 6종에 대한 총 호기성균, 총 대장균군, 효모 및 곰팡이의 살균 효과는 친환경 살균제를 병합처리하였을 때, 그 효과가 증대되었음. 세척에 의한 미생물 저감 효능을 수돗물 세척 < NaOCl 세척 < FA+SAEW < CaO-FA+SAEW 순이었음.

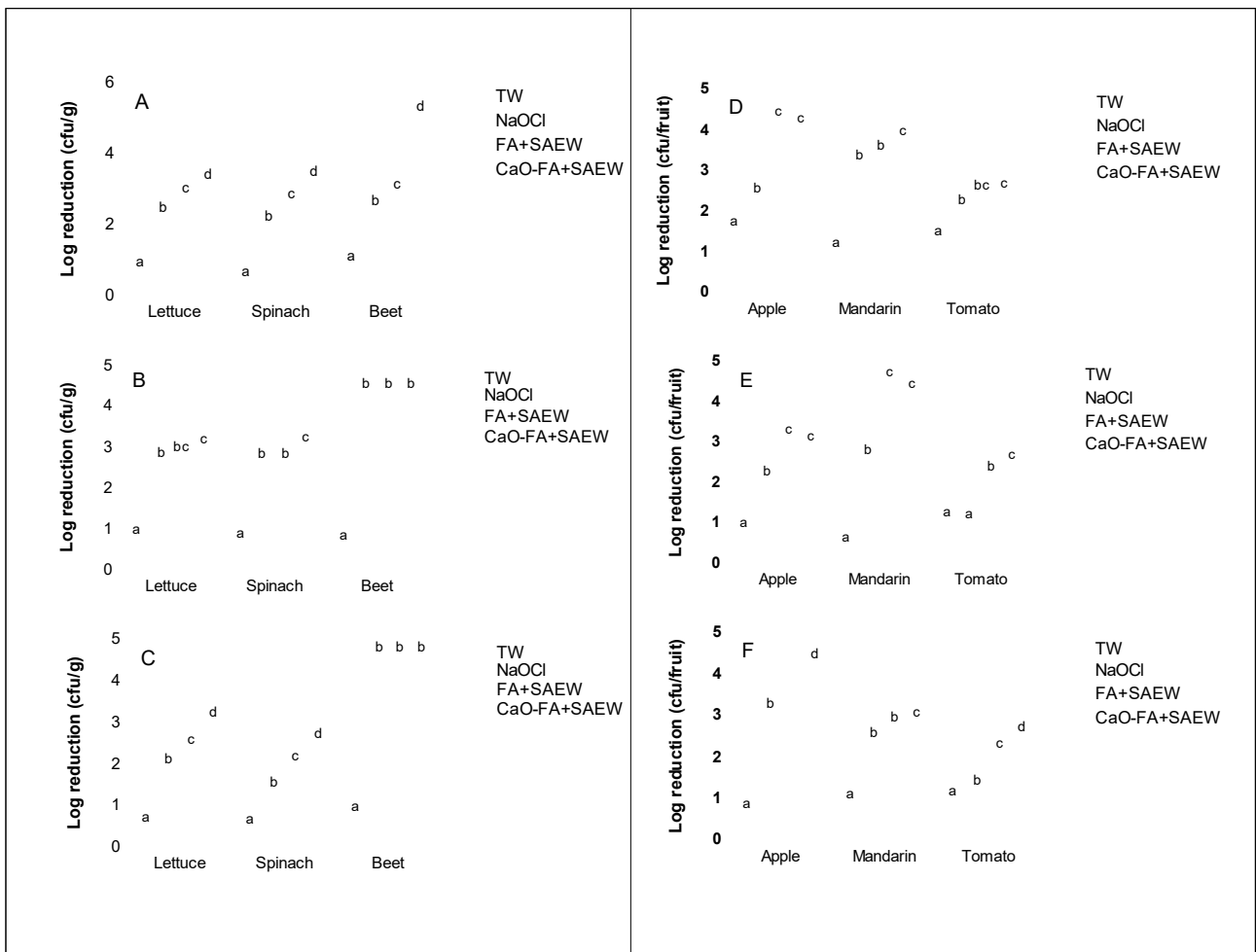




Fig. 4-10. 신선 농산물 6종에 대한 살균제 병용처리의 식중독균 살균 효과

A: 총 호기성균, B: 총 대장균군, C: 효모, 곰팡이,

TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

## ② 저장성 실험

### I) 미생물학적 분석

- 신선 채소 3종(상추, 시금치, 새싹 채소)에 살균제를 병용 처리하여 4℃에 14일간 저장하며 총 호기성 세균의 생육변화를 관찰한 결과(Fig. 4-11), 세척하지 않고 저장한 경우 상추는 4일 째, 시금치는 6일 째, 비트 잎은 10일 째에 초기부패 농도인  $10^7 - 10^8$  CFU/g에 도달하였음. 하지만 FA+SAEW의 병용처리 혹은 CaO-FA+SAEW를 병용 처리한 경우에는 14일간 저장 후에도 초기부패 농도에 도달하지 않았음.
- 신선 채소 3종에 현지에서 세척제로 사용하는 NaOCl로 세척 후 저장기간 동안 미생물 생육 변화를 확인한 결과, 14일간 저장 후에도 초기부패 농도에 도달(시금치)하거나 도달하지 않았음. NaOCl로 세척한 것과 살균제를 병용 처리하여 세척 후 저장기간 동안의 미생물 생육 변화와 비교하였을 때, 시금치에 친환경 살균제를 병용처리하여 세척한 것보다 초기부패 농도에 빨리 도달하였으나, 상추와 비트잎은 초기부패 농도에 도달하는 저장기간이 비슷한 수준을 나타냈음.
- 신선 채소 3종의 친환경 살균제를 달리 조합하여 세척 후 총 호기성균의 생육 변화를 측정 한 결과, 증류수로 세척한 경우 살균제를 병용 처리했을 때 보다 미생물 증식 속도가 빨리 일어나는 것을 확인할 수 있었음. 살균제를 병용 처리했을 때 허들기술의 효과로 미생물의 생육이 저해되는 것으로 나타남.

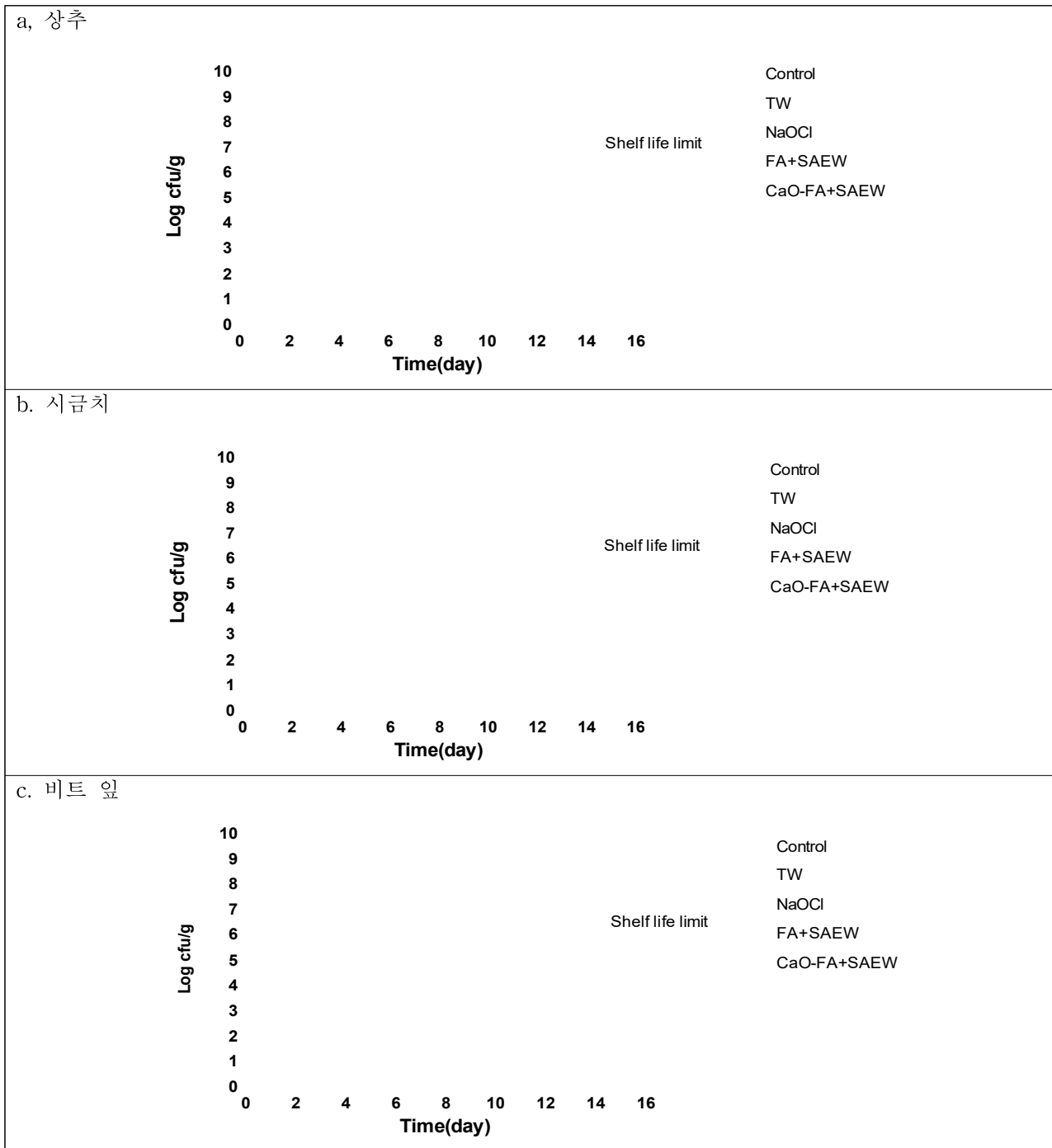


Fig. 4-11. 세척 방법을 달리한 후 저장기간(4°C) 동안 신선 채소 3종에 대한 총 호기성세균의 변화

TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

- 신선 채소 3종(상추, 시금치, 세삭 채소)에 살균제를 병용 처리하여 4℃에 14일간 저장하며 총 대장균군의 생육변화를 관찰한 결과(그림 4.2.3.), 세척하지 않고 저장한 경우 채소 3종 모두 8일 째에 초기부패 농도인  $10^7 - 10^8$  CFU/g에 도달하였음. 하지만 FA+SAEW의 병용 처리 혹은 CaO-FA+SAEW를 병용 처리한 경우에는 상추를 제외하고 14일간 저장 후에도 초기부패 농도에 도달하지 않았음.
- 신선 채소 3종에 현지에서 세척제로 사용하는 NaOCl로 세척 후 저장기간 동안 총대장균군의 생육 변화를 확인한 결과, 총 호기성균과 마찬가지로 14일간 저장 후에도 초기부패 농도에 도달(시금치)하거나 도달하지 않았음. NaOCl로 세척한 것과 살균제를 병용 처리하여 세척 후 저장기간 동안의 미생물 생육 변화와 비교하였을 때, 시금치에 친환경 살균제를 병용 처리하여 세척한 것보다 초기부패 농도에 빨리 도달하였으나, 상추와 비트잎은 14일간 저장하는 동안 3 - 5 log CFU/g의 미생물 생육 수준을 나타냄(Fig 4-12).
- 특히, 비트 잎의 경우에는 CaO-FA+SAEW로 세척하여 저장한 경우 14일 동안 미생물의 생장이 완전히 불활성화되었음.
- 신선 채소 3종의 친환경 살균제를 달리 조합하여 세척 후 총 대장균군 생육 변화를 측정된 결과, 살균제를 병용 처리했을 때 허들기술의 효과로 미생물의 생육이 저해되는 것으로 나타남.

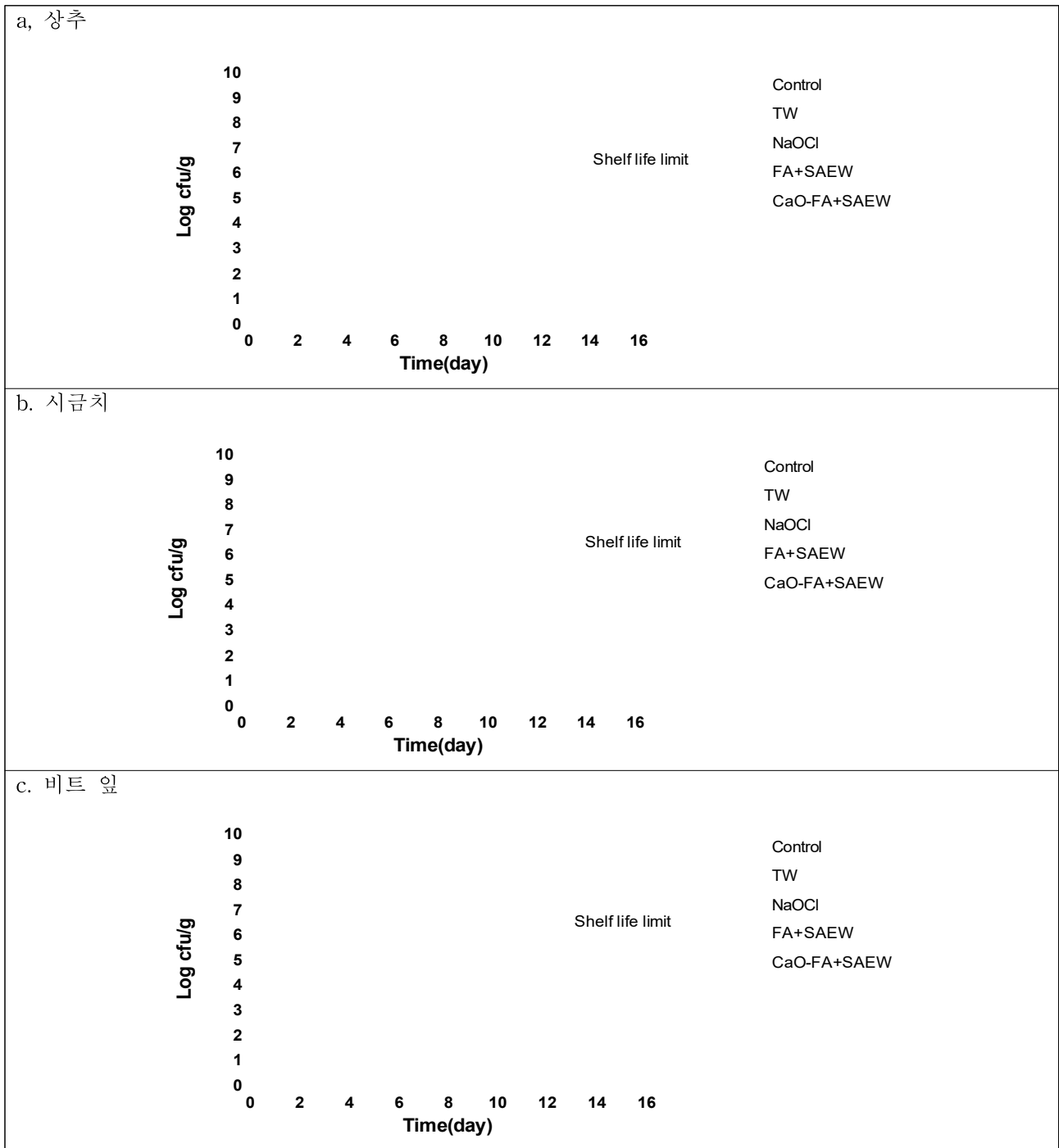


Fig. 4-12. 세척 방법을 달리한 후 저장기간(4℃) 동안 신선 채소 3종에 대한 총 대장균군의 변화

TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

- 신선 채소 3종(상추, 시금치, 새싹 채소)에 살균제를 병용 처리하여 4℃에 14일간 저장하며 효모와 곰팡이의 생육변화를 관찰하였음(Fig. 4-13). 상추의 경우, 세척하지 않은 경우와 수돗물로 세척한 경우 실험을 시작할 때 이미 효모와 곰팡이의 초기 부패농도인 5 log CFU/g를 나타내며 높은 수준의 효모와 곰팡이의 오염도를 나타냈음.
- 비트 잎의 경우, CaO-FA+SAEW로 세척하여 저장한 경우 14일 동안 효모와 곰팡이의 생장이 완전히 불활성화되는 것으로 나타났음.
- 신선 채소 3종에 대한 살균제 세척 후 저장 기간 동안의 효모와 곰팡이의 저해 효과는 씻지않은 경우 < 수돗물 세척 < NaOCl세척 < FA+SAEW세척 < CaO-FA+SAEW세척 순으로 높게 나타났음.
- 세척 방법을 달리하여 저장기간 동안 효모와 곰팡이의 생육 변화를 알아본 결과, 앞의 총 호기성균과 총 대장균군 측정 결과와 마찬가지로 친환경 살균제를 병용 처리했을 때 효모와 곰팡이의 생육 저해 효과가 더 뛰어났음.

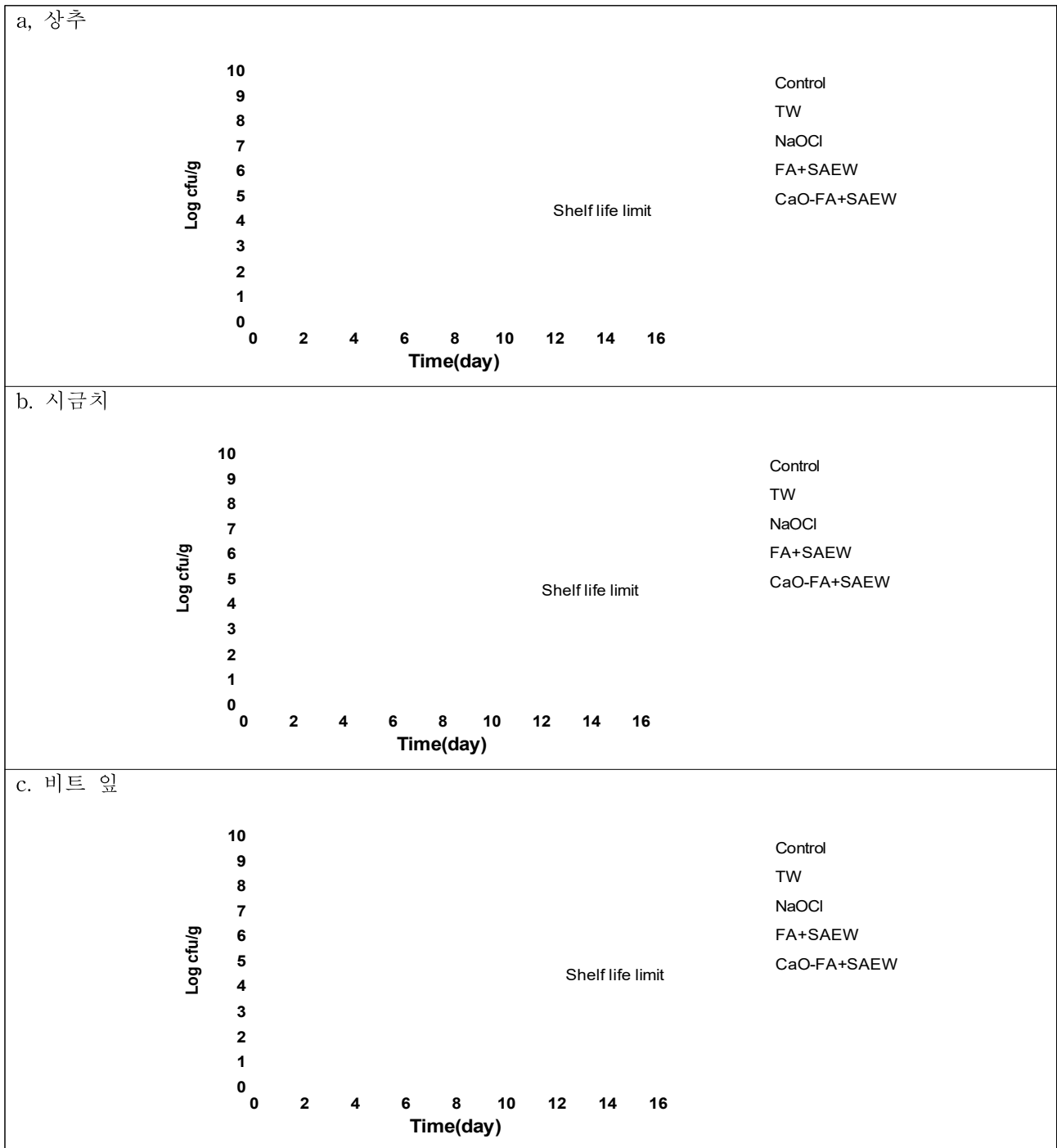


Fig. 4-13. 세척 방법을 달리한 후 저장기간(4°C) 동안 신선 채소 3종에 대한 효모와 곰팡이의 변화

TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

- 과일 3종(사과, 토마토, 귤)에 살균제를 병용 처리하여 4℃에 14일간 저장하며 총 호기성 세균의 생육변화를 관찰하였음(Fig. 4-14). 세척하지 않고 저장한 경우 사과는 14일 째, 토마토는 8일 째에 초기부패 농도인  $10^7 - 10^8$  CFU/g에 도달하였음. 토마토를 제외한 사과와 귤은 저장기간 동안 초기부패 통도로 도달하지 않았음.
- 토마토의 경우 다른 두 과일에 비해 초기부패 농도에 빨리 도달하는 것을 알 수 있었음. NaOCl, FA+SAEW+Cao-FA+SAEW로 세척 저장한 지 12일 째 초기부패 농도에 도달하며, 다른 과일에 비해 미생물 증식 속도가 빠른 것으로 나타남.
- 과일 3종에 현지에서 세척제로 사용하는 NaOCl로 세척 후 저장기간 동안 미생물 생육 변화를 확인한 결과, 토마토의 경우는 세척 후 저장 기간동안 다른 살균제를 병용처리한 것과 비슷한 미생물 생육 정도를 나타냈음. 사과와 귤의 경우는 씻지 않거나 수돗물로 세척 후 저장했을 때보다는 총 호기성균의 생육이 저해되었으나, 살균제를 병합 처리한 경우보다는 총 호기성균의 생육이 더 잘 되는 것으로 나타났음.
- 과일 3종의 친환경 살균제를 달리 조합하여 세척 후 총 호기성균의 생육 변화를 측정한 결과, 증류수로 세척한 경우보다 살균제를 병용 처리한 경우 그 시너지 효과로 총 호기성균의 생육이 저해되는 것으로 나타남.

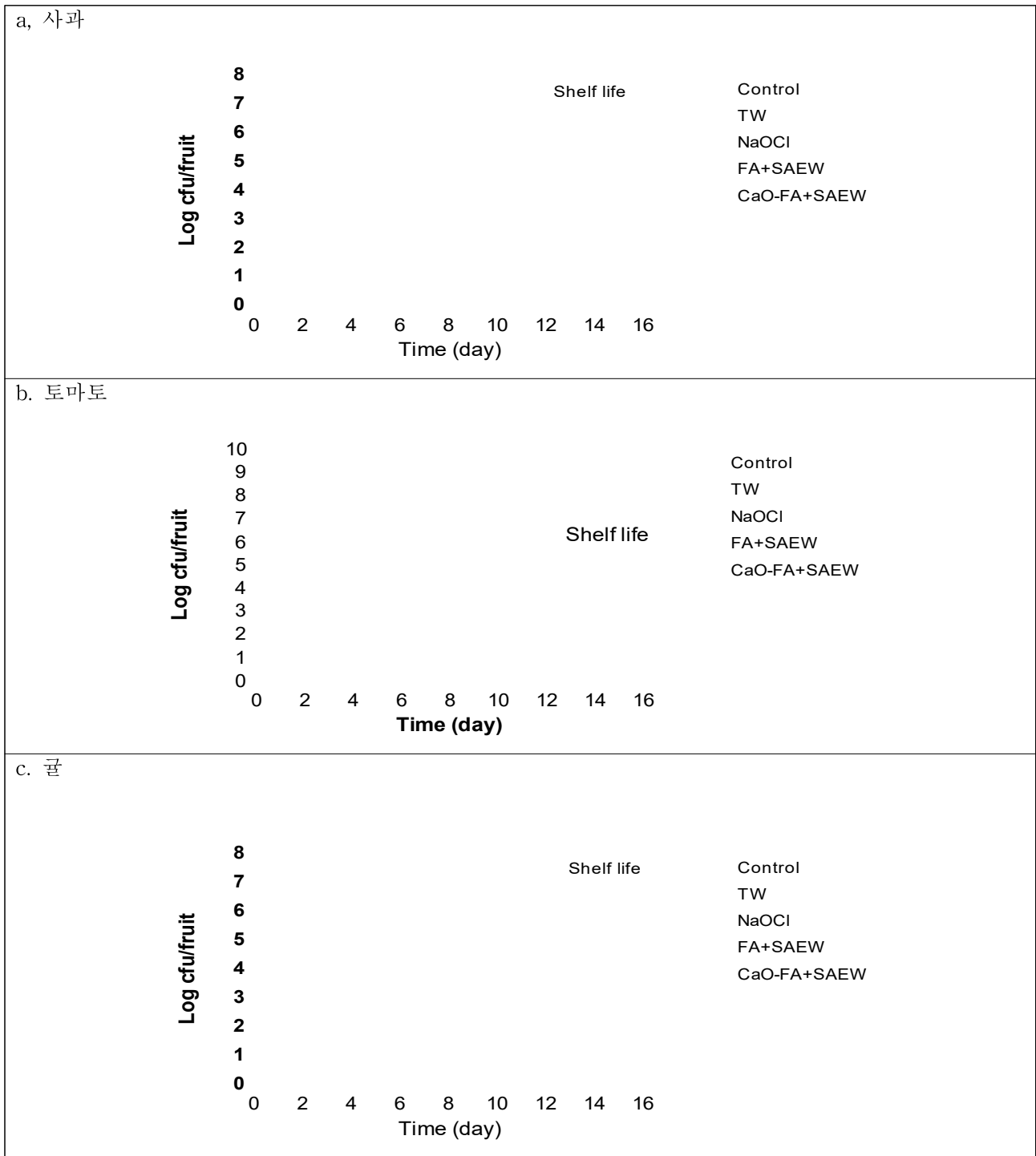


Fig. 4-14. 세척 방법을 달리한 후 저장기간(4℃) 동안 과일 3종에 대한 총 호기성세균의 변화  
 TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).



- 과일 3종(사과, 토마토, 귤)에 살균제를 병용 처리하여 4℃에 14일간 저장하며 총 대장균군의 생육변화를 관찰하였음(Fig. 4-15). 토마토의 경우 씻지 않고 저장한 것은 6일 째, 수돗물로 세척 후 저장한 것은 8일 째, NaOCl, FA+SAEW, 그리고 CaO-FA+SAEW로 세척 후 저장한 경우는 12일 째 초기부패 농도인  $10^7 - 10^8$  CFU/g에 도달하였음. 그에 비해 사과와 귤은 씻지 않은 경우와 살균제로 세척 후 저장기간 동안 초기부패 농도에 도달하지 않았음. 토마토가 다른 두 과일에 비해 미생물의 증식 속도가 빠른 것으로 나타남.
- 과일 3종의 저장기간 동안의 살균제의 병합 처리 효과를 살펴보면, 씻지 않은 경우 < 수돗물 세척 < NaOCl세척 < FA+SAEW세척 < CaO-FA+SAEW세척 순으로 높게 나타나는 경향을 나타냈음.

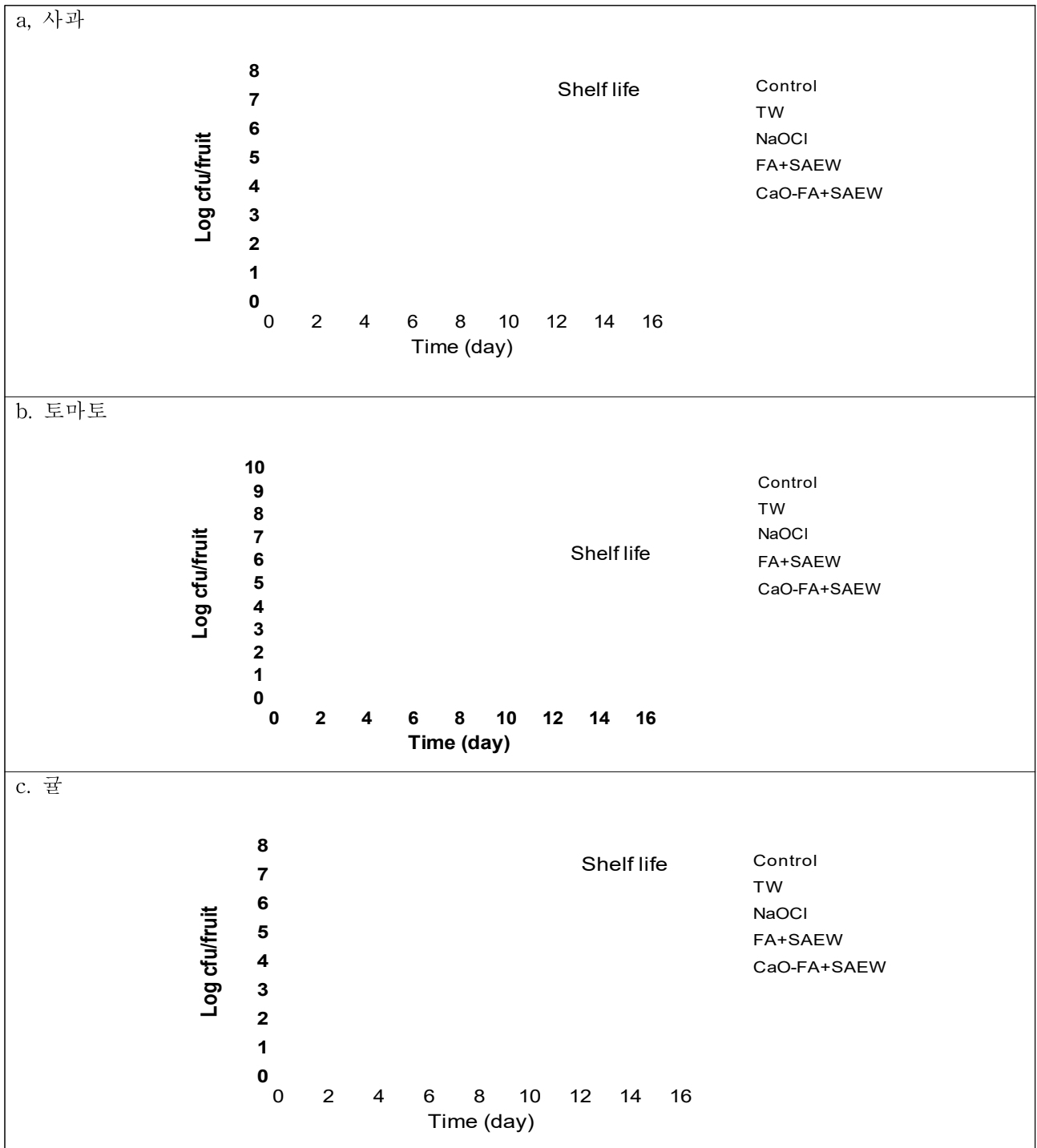


Fig. 4-15. 세척 방법을 달리한 후 저장기간(4°C) 동안 과일 3종에 대한 총 대장균군의 변화  
 TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

- 과일 3종에 살균제를 병용 처리하여 4℃에 14일간 저장하며 효모와 곰팡이의 생육변화를 관찰하였음(Fig. 4-16). 총 호기성 세균과 총 대장균군과 다르게 높은 효모와 곰팡이의 오염율이 높게 나타났음. 씻지않은 사과와 토마토의 경우, 실험을 시작하는 0 day에 이미 효모와 곰팡이의 초기 부패농도인 5 log CFU/g를 나타내며 효모와 곰팡이에 대한 오염율이 높게 나타났음.
- 토마토의 경우, 총 호기성균과 총 대장균군의 저장기간 동안 생육 정도를 알아본 결과와 마찬가지로 다른 2가지 과일에 비해 효모와 곰팡이의 증식 속도가 빠른 것으로 분석되었음.
- 사과와 귤의 경우, 살균제를 병용 처리하여 세척하거나 NaOCl로 세척하여 저장하면서 효모와 곰팡이의 증식 정도를 살펴봤을 때, NaOCl세척 < FA+SAEW세척 < CaO-FA+SAEW세척 순으로 증식이 억제되는 것으로 나타났음.
- 효모와 곰팡이의 살균제 세척 후 저장기간 동안 증식 변화를 알아본 결과, 앞의 총 호기성균과 총 대장균군 측정 결과와 마찬가지로 친환경 살균제를 병용 처리했을 때 효모와 곰팡이의 생육이 저해되는 경향을 나타냈음.

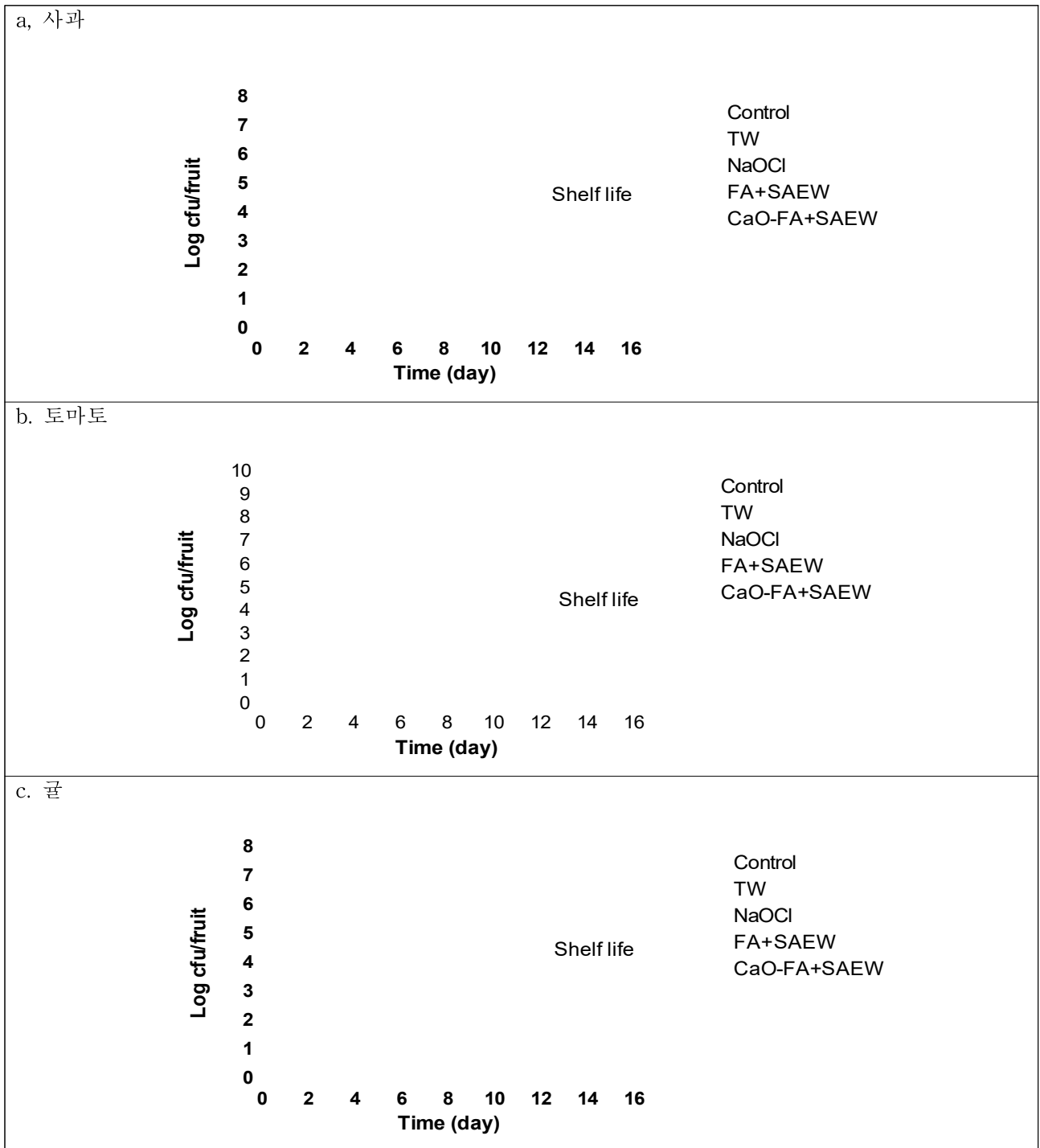


Fig. 4-16. 세척 방법을 달리한 후 저장기간(4°C) 동안 과일 3종에 대한 효모와 곰팡이의 변화  
 TW: tap water, FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

ii) 관능평가

- 신선 농산물 6종을 씻지 않은 경우, 수돗물 세척, 차아염소산 나트륨으로 세척, 그리고 살균제를 병용 처리하여 세척한 후 4℃에서 14일간 저장하면서 품질 변화를 측정하였음.
- 사과를 씻지 않고 저장한 경우, 6일째부터 전체적인 품질이 변하기 시작했으며 저장기간 14일째에는 그 품질이 현저히 떨어졌음( $p < 0.05$ )(Table 4-1). 수돗물로 세척 후 저장했을 때, 저장 6일째부터 외관과 이취에 영향을 미쳐 품질 변화가 나타났으며 전체적인 품질은 저장 8일째부터 변하기 시작하여 저장 14일째에는 씻지 않고 저장한 경우와 비슷하였음. 살균제를 병용 처리한 경우 씻지 않고 저장하거나 수돗물로 세척 후 저장했을 때보다 품질 변화가 없었으며, 그 중 활성칼슘 선세척 후 푸마르산과 전해수의 병용처리 방법(C-F+E)으로 세척 후 14일간 저장하였을 때 전체적인 품질이 다른 세척 방법 후 저장한 것에 비해 좋았으나 처리구들간의 유의적인 차이는 없었음( $p > 0.05$ ).
- 꺾을 세척 후 저장기간 동안 품질 변화를 알아봤을 때, 저장기간이 길어질수록 관능평가 점수가 낮아지는 경향을 나타냈음( $p < 0.05$ )(Table 4-2). 꺾의 경우 외관, 색상 및 전체적인 품질의 관능평가 점수가 저장 10일 째 이후부터 현저하게 감소하였음.
- 꺾을 세척 후 저장 14일 째 전체적인 품질을 관능평가한 결과, 푸마르산과 전해수를 병용처리한 경우(FA+SAEW)와 활성칼슘으로 선세척 후 푸마르산과 전해수를 병용처리한 경우(C-F+E) 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았음( $p < 0.05$ ).
- 토마토를 세척 후 저장기간 동안 품질 변화를 관능평가했을 때, 다른 2종의 과일과 마찬가지로 저장기간이 길어질수록 품질이 떨어졌음( $p < 0.05$ )(Table 4-3). 외관, 색, 이취 및 전체적인 품질을 평가했을 때, 살균제를 병합처리하여 세척한 경우 다른 처리구에 의한 세척보다 품질이 좋았으며 활성칼슘을 선세척 후 푸마르산과 전해수를 병용처리한 경우 가장 품질이 우수하였음( $p < 0.05$ ).
- 상추를 세척하여 4℃에 저장하면서 품질 변화를 측정하였음(Table 4-4). 상추의 저장기간 동안의 품질 변화를 살펴보면, 저장기간 동안 대조구와 처리구 모두 외관, 색상, 이취 및 전반적인 품질 점수가 낮게 평가되었음( $p < 0.05$ ). 외관과 색상의 경우 저장 6일 째부터 품질이 변하기 시작하여 14일 째에는 관능평가 점수가 현저히 감소하였음. 이취 및 전체적인 품질은 저장 8일 째부터 변하기 시작하여 14일 째에는 상당한 변화가 관찰되었음. 상추를 세척 후 저장기간 동안 품질을 측정한 결과, 모든 처리구에서 저장 6일 째부터 품질의 변화가 눈에 띄게 변하는 것을 확인할 수 있었으며, 각 처리구에서의 유의적인 차이는 없었음.
- 시금치의 경우, 저장기간 동안의 전체적인 품질을 관능평가한 결과 저장기간이 길수록 점수

가 낮아지는 경향을 나타냄( $p<0.05$ )(표 4.2.5). 모든 측정 항목에서 저장 10일째부터 14일째 까지 현저히 관능평가 점수가 낮아졌으며, 세척방법에 따른 처리구들 간의 관능평가 점수에서는 유의적인 차이가 없었음.

○ 비트 잎의 경우는 세척 후 저장 12일 째까지 이취 및 전반적인 품질을 관능평가한 결과 큰 차이가 없었음( $p>0.05$ )(표 4.2.6). 외관과 색상의 경우는 저장기간 14일 째까지 품질 변화에서 유의적인 차이가 없었음( $p>0.05$ ). 전반적으로 비트 잎을 세척 후 저장기간동안 품질 변화를 살펴본 결과, 저장기간 동안 비트 잎의 품질에 큰 영향을 미치지 않았음( $p>0.05$ ). 이는 비트 잎이 가지고 있는 강한 구조적인 특성 때문으로 사료됨.

Table 4-1. 각각 다른 세척 처리 후 4°C에서 저장기간 동안 사과외관의 관능 품질 검사

Parameter	Treatment	0 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day	12 day	14 day
Appearance	Unwashed	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.34±0.47a	8.00±0.00a	6.67±0.48a	6.00±0.00a	4.67±0.48a
		D	D	D	CD	C	B	B	A
	Tap water	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.34±0.048	7.34±0.48a	6.34±0.48a	4.67±0.48a
		C	C	C	C	aC	bBC	bB	A
	NaOCl	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.00±0.048	8.33±0.48a	7.66±0.48a	6.67±0.48b
		B	B	B	B	aAB	bAB	bAB	A
	FA+SAEW	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.34±0.48a	8.34±0.95a	6.67±0.48a	5.67±0.48a
		B	B	B	B	B	bB	bA	bA
	C-F+E	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.34±0.48a	8.67±0.48b	8.00±0.00b	6.67±0.95b
		B	B	B	B	B	B	AB	A
Color	Unwashed	9.00±0.00a	9.00±0.00c	9.00±0.00c	8.67±0.48a	8.34±0.48a	7.67±0.95a	6.67±0.48a	4.00±0.00a
		C	C	C	bC	C	BC	B	A
	Tap water	9.00±0.00b	9.00±0.00b	9.00±0.00b	9.00±0.00a	8.00±0.82a	7.34±0.48a	7.00±0.82a	4.67±0.48a
		B	B	B	B	B	B	B	A
	NaOCl	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.70±0.00a	8.00±0.00a	8.00±0.82a	7.34±0.48a	7.00±0.82a	4.67±0.48a
		B	B	B	B	B	B	B	A
	FA+SAEW	9.00±0.00b	9.00±0.00b	9.00±0.00b	9.00±0.00b	8.34±0.48a	8.34±0.48a	6.34±0.48a	5.34±0.48a
		B	B	B	B	B	B	A	A
	C-F+E	9.00±0.00c	9.00±0.00c	9.00±0.00c	9.00±0.00b	8.67±0.48a	7.67±0.48a	7.00±0.00a	5.00±0.00a
		C	C	C	C	C	BC	B	A
Off-odor	Unwashed	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.34±0.48a	8.66±0.48a	8.00±0.82a	7.67±0.48a	7.67±0.48a
		B	B	B	B	AB	AB	A	A
	Tap water	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.34±0.48a	8.00±0.00a
		B	B	B	B	B	AB	AB	A
	NaOCl	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.34±0.48a	8.00±0.00a
		B	B	B	B	B	B	AB	A
	FA+SAEW	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00b	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00b	8.00±0.00a
		B	B	B	B	B	B	B	A
	C-F+E	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00b	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00b	8.00±0.00a
		B	B	B	B	B	B	B	A
Overall	Unwashed	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.67±0.48a	8.34±0.48a	7.00±0.82a	6.00±0.00a	5.00±0.00a
		D	D	D	D	D	C	B	A
	Tap water	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.00±0.00a	7.34±0.48a	6.34±0.48a	5.00±0.00a
		D	D	D	D	C	bC	B	A
	NaOCl	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	8.00±0.00a	7.34±0.48a	6.24±0.48a	5.00±0.00a
		D	D	D	D	C	bBC	B	A
	FA+SAEW	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00b	6.67±0.48a	5.34±0.48a
		C	C	C	C	C	C	B	A
	C-F+E	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00a	9.00±0.00b	7.34±0.48a	6.67±0.48a
		B	B	B	B	B	B	A	A

Table 4-2. 각각 다른 세척 처리 후 4°C에서 저장기간 동안 굴의 관능 품질 검사

Para meter	Treat ment	0 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day	12 day	14 day
Appea rance	Unwashed	9.00±0.00a A	9.00±0.00a A	8.00±0.00a D	8.00±0.00a D	8.00±0.00a D	6.67±0.48a C	5.67±0.48 aB	4.34±0.48 aA
	Tap water	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.00±0.00a CD	8.00±0.00a CD	8.00±0.00a CD	7.34±0.48a bC	5.67±0.48 aB	4.67±0.48 aA
	NaOCl	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.00±0.00a CD	8.00±0.00a CD	8.00±0.00a CD	7.34±0.48a bC	5.67±0.48 aB	4.67±0.48 aA
	FA+SAEW	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00b C	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	7.67±0.48b B	6.67±0.48 bA	6.00±0.00 bA
	C+F+E	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00b B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.67±0.48c B	6.67±0.48 bA	6.67±0.95 bA
	Color	Unwashed	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.00±0.00a D	8.00±0.00a D	8.00±0.00a D	6.34±0.48a C	5.00±0.00 aB
Tap water		9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.00±0.00a C	8.00±0.00a C	8.00±0.00a C	6.67±0.48 abB	6.34±0.48 bB	4.34±0.48 abA
NaOCl		9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00a C	8.00±0.00a C	8.00±0.00a C	6.67±0.48 abB	6.34±0.48 bB	4.34±0.48 abA
FA+SAEW		9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	6.67±0.48 abB	6.34±0.48 bB	5.00±0.00 bA
C+F+E		9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	7.34±0.48 bB	7.00±0.00 bB	5.00±0.00 bA
Off-odor		Unwashed	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	7.67±0.48 aAB	8.00±0.00 aB
	Tap water	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	7.67±0.48 aA	7.34±0.48 aA	8.00±0.00 bB
	NaOCl	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	8.00±0.00a AB	8.00±0.00a AB	7.67±0.48 aA	7.34±0.48 aA	8.00±0.00 bAB
	FA+SAEW	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a AB	8.00±0.00 aAB	8.00±0.00 aAB	7.67±0.48 abA
	C+F+E	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	8.34±0.48 aAB	8.00±0.00 aAB	7.67±0.48 abA
	Overall	Unwashed	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	6.00±0.00 aA	5.00±0.00 aA
Tap water		9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	7.34±0.48 bB	6.00±0.00 bA	5.67±0.48 abA
NaOCl		9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.50±0.00a CD	8.00±0.00a BC	7.50±0.48 bcB	6.00±0.00 bA	5.67±0.48 abA
FA+SAEW		9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	8.00±0.00 cB	6.67±0.48 bcA	6.00±0.00 bA
C+F+E		9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00 cBC	7.34±0.48 cB	6.00±0.00 bA

Different letters in same group (lowercase) or same row (capital) indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect. FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

Table 4-3. 각각 다른 세척 처리 후 4°C에서 저장기간 동안 토마토의 관능 품질 검사

Para meter	Treat ment	0 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day	12 day	14 day
Appea rance	Unwashed	9.00±0.00a C	8.33±0.47a C	7.33±0.47a B	7.33±0.47a B	7.33±0.47a B	7.33±0.47a B	6.67±0.47a B	3.00±1.41a A
	Tap water	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00a BC	8.00±0.00a BC	8.00±0.00a BC	8.00±0.00a BC	7.00±0.00a bB	5.67±0.47b A
	NaOCl	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00a BC	8.00±0.00a BC	8.00±0.00a BC	8.00±0.00a BC	7.00±0.00a bB	5.67±0.47b A
	FA+SAEW	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00b B	6.33±0.94b cA
	C+F+E	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00b B	6.67±0.47c A
	Unwashed	9.00±0.00a D	8.33±0.47a D	7.33±0.47a C	6.67±0.47a BC	6.33±0.47a BC	6.33±0.47a BC	6.00±0.00a B	3.33±1.25a A
Color	Tap water	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.00±0.00a C	8.00±0.00b C	7.33±0.47b BC	7.33±0.47b BC	7.00±0.00b B	5.33±0.94b A
	NaOCl	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.00±0.00a C	8.00±0.00b C	7.33±0.47b BC	7.33±0.47b BC	7.00±0.00b B	5.33±0.94b A
	FA+SAEW	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	8.00±0.00a B	8.00±0.00b B	8.00±0.00b B	8.00±0.00b B	8.00±0.00c B	6.67±0.47c A
	C+F+E	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00a AB	8.00±0.00b AB	8.00±0.00b AB	8.00±0.00b AB	7.67±0.47b cA	7.00±0.00d A
	Unwashed	9.00±0.00a C	8.33±0.47a C	8.33±0.47a C	8.33±0.47a C	7.00±0.00a B	7.00±0.00a B	6.33±0.47a B	4.00±0.82a A
	Off-odor	Tap water	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	8.00±0.00b BC	8.00±0.00b BC	7.67±0.47b B
NaOCl		9.00±0.00a BC	9.00±0.00a BC	9.00±0.00a BC	9.00±0.00a BC	8.00±0.00b BC	8.00±0.00b BC	7.67±0.47b B	5.67±0.47b A
FA+SAEW		9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00c C	9.00±0.00c C	7.67±0.47b B	6.33±0.94b cA
C+F+E		9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00c B	9.00±0.00c B	8.00±0.00b B	6.67±0.47c A
Unwashed		9.00±0.00a E	8.00±0.00a D	7.67±0.47a CD	7.33±0.47a CD	7.00±0.00a C	7.00±0.00a C	6.00±0.82a B	4.00±0.82a A
Overall		Tap water	9.00±0.00a D	9.00±0.00a Da	8.67±0.47b CD	8.00±0.00a bC	7.67±0.47a bBC	7.67±0.47a bBC	7.00±0.00b B
	NaOCl	9.00±0.00a D	9.00±0.00a D	8.67±0.47b CD	8.00±0.00a bC	7.67±0.47a bBC	7.67±0.47a bBC	7.00±0.00b B	5.33±0.94b A
	FA+SAEW	9.00±0.00a B	9.00±0.00a B	9.00±0.00b B	9.00±0.00b B	8.00±0.00b B	8.00±0.00b B	8.00±0.00c B	6.67±0.47c A
	C+F+E	9.00±0.00a C	9.00±0.00a C	9.00±0.00b C	9.00±0.00b C	8.33±0.47b BC	8.33±0.47b BC	8.00±0.00c B	7.00±0.00c A

Different letters in same group (lowercase) or same row (capital) indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect. FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).



Table 4-4. 각각 다른 세척 처리 후 4°C에서 저장기간 동안 상추의 관능 품질 검사

Parameter	Treatment	0 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day	12 day	14 day	
Appearance	Unwashed	8.00±0.71a	7.75±0.43a	7.25±0.83a	5.75±0.83a	5.00±1.22a	4.67±0.94a	2.25±1.30a	1.50±0.87a	
		A	A	AB	AB	B	BC	CD	D	
	Tap water	8.25±0.83a	8.25±0.43a	6.00±0.71a	5.50±0.87a	4.00±1.41a	3.75±0.83a	2.25±0.83a	1.00±0.00a	
		A	A	B	BC	BCD	CD	DE	E	
	NaOCl	8.25±0.43a	7.75±0.43a	7.00±1.58a	4.75±0.43a	4.50±1.80a	4.00±1.00a	2.50±1.12a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	BC	BC	CD	CD	D	
	FA+SAEW	8.50±0.87a	8.00±0.00a	7.75±0.83a	6.25±0.43a	5.25±1.48a	4.33±0.94a	2.25±0.83a	1.25±0.43a	
		A	A	A	AB	B	BC	CD	D	
	C+F+E	8.75±0.43a	8.25±0.83a	7.50±1.12a	5.00±0.71a	5.00±0.71a	4.67±0.47a	2.50±1.12a	1.25±0.43a	
		A	A	A	B	B	BC	CD	D	
	Color	Unwashed	8.50±0.50a	8.25±0.83a	7.25±0.43a	5.50±0.50a	5.00±1.22a	4.25±0.43a	2.50±1.12a	1.25±0.43a
			A	A	AB	BC	C	CD	DE	E
Tap water		8.50±0.50a	8.25±0.43a	6.25±1.09a	4.75±0.43a	4.25±1.79a	4.00±0.71a	2.75±0.83a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	BC	BC	BC	CD	D	
NaOCl		8.25±0.83a	8.25±0.43a	7.25±1.30a	5.25±0.43a	4.50±1.80a	3.75±0.83a	2.75±0.83a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	BC	C	C	CD	D	
FA+SAEW		8.25±0.43a	8.25±0.43a	7.75±0.83a	5.25±1.30a	5.25±1.64a	4.00±0.82a	2.75±0.83a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	BC	BC	C	CD	D	
C+F+E		8.25±0.43a	8.25±0.83a	7.50±1.12a	5.25±0.83a	5.25±1.09a	4.67±0.47a	2.50±0.50a	1.25±0.43a	
		A	A	A	B	B	B	C	C	
Off-odor		Unwashed	8.00±0.71a	8.00±0.71a	7.00±1.22a	5.50±1.50a	4.25±0.83a	4.00±0.71a	2.50±1.12a	1.25±0.43a
			A	A	A	AB	BC	BC	CD	D
	Tap water	8.25±0.83a	8.25±0.43a	6.25±1.30a	5.75±1.30a	4.25±1.79a	3.75±0.83a	2.75±0.83a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	AB	BC	BCD	CD	D	
	NaOCl	8.25±0.43a	8.00±0.71a	7.25±1.30a	5.00±0.71a	4.75±2.17a	4.50±0.50a	2.75±0.83a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	BC	BC	BC	CD	D	
	FA+SAEW	8.50±0.50a	8.25±0.43a	7.75±0.83a	5.50±0.87a	5.00±1.87a	4.00±0.71a	2.75±0.83a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	BC	CD	CD	DE	E	
	C+F+E	8.00±0.71a	8.00±0.71a	7.50±1.12a	4.50±0.50a	5.50±0.87a	4.50±0.50a	2.50±0.50a	1.25±0.43a	
		A	A	A	B	B	B	C	C	
	Overall	Unwashed	7.75±0.43a	7.75±0.43a	7.00±0.71a	5.25±1.30a	4.75±1.30a	4.25±0.43a	2.25±1.30a	1.25±0.43a
			A	A	AB	BC	BC	CD	DE	E
Tap water		8.25±0.43a	8.00±0.00a	6.00±0.71a	4.75±0.43a	4.00±1.41a	4.50±0.50a	2.50±0.50a	1.25±0.43a	
		A	A	B	BC	BC	CD	DE	E	
NaOCl		8.25±0.83a	8.00±0.00a	7.25±1.30a	4.75±0.43a	4.25±1.92a	4.50±0.50a	2.50±0.50a	1.25±0.43a	
		A	A	AB	BC	C	C	CD	D	
FA+SAEW		8.25±0.43a	8.00±0.00a	7.75±0.83a	6.25±0.43a	5.25±1.48a	3.75±0.43a	2.75±0.83a	1.25±0.43a	
		A	AB	AB	BC	CD	DE	EF	F	
C+F+E		8.50±0.50a	8.00±0.71a	7.50±1.12a	5.25±0.83a	5.00±1.22a	4.25±0.43a	2.50±0.50a	1.25±0.43a	
		A	A	A	B	B	BC	CD	D	

Different letters in same group (lowercase) or same row (capital) indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect. FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

Table 4-5. 각각 다른 세척 처리 후 4°C에서 저장기간 동안 시금치의 관능 품질 검사

Parameter	Treatment	0 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day	12 day	14 day	
Appearance	Unwashed	8.00±0.71a	7.75±0.43a	7.50±0.50a	6.50±0.50a	7.00±0.71a	6.25±1.09a	6.50±0.87a	5.00±0.71a	
		A	A	A	AB	A	AB	AB	B	
	Tap water	8.25±0.83a	8.25±0.43a	8.00±0.71a	6.75±0.43a	7.50±0.87a	6.50±1.12a	6.75±1.09a	5.25±0.43a	
		A	A	A	AB	A	AB	AB	B	
	NaOCl	8.25±0.43a	8.25±0.43a	8.00±0.71a	6.25±0.43a	7.25±0.43a	6.75±1.48a	6.75±0.43a	5.25±1.09a	
		A	A	A	AB	AB	AB	AB	B	
	FA+SAEW	8.25±0.43a	8.25±0.43a	8.00±0.71a	6.75±0.43a	7.25±1.09a	6.75±1.48a	6.75±1.09a	4.75±1.64a	
		A	A	A	AB	AB	AB	AB	B	
	C+F+E	8.25±0.43a	8.00±0.00a	8.00±0.71a	6.75±0.43a	7.50±0.87a	6.50±1.66a	7.00±0.71a	5.00±1.22a	
		A	A	A	AB	A	AB	AB	B	
	Color	Unwashed	8.25±0.83a	8.25±0.83a	7.50±0.87a	5.75±0.43a	7.00±1.22a	6.25±1.09a	6.75±1.09a	5.00±0.71a
			A	A	AB	BC	ABC	ABC	ABC	C
Tap water		8.25±0.43a	8.25±0.83a	7.75±0.83a	6.25±0.83a	7.25±1.09a	6.75±1.48a	6.50±1.12a	5.25±0.43a	
		A	A	AB	AB	AB	AB	AB	B	
NaOCl		8.00±0.71a	8.00±1.00a	7.75±0.83a	5.75±0.43a	7.25±1.09a	6.50±1.66a	6.75±0.83a	5.25±1.09a	
		A	A	AB	AB	AB	AB	AB	B	
FA+SAEW		8.50±0.50a	8.00±1.00a	7.50±1.12a	6.75±0.43a	7.50±0.87a	6.50±1.12a	6.00±0.71a	4.75±0.83a	
		A	AB	AB	ABC	AB	ABC	BC	C	
C+F+E		8.25±0.43a	8.25±0.83a	7.75±0.83a	6.75±0.43a	7.00±1.41a	6.75±1.48a	6.75±0.83a	5.00±1.22a	
		A	A	A	AB	AB	AB	AB	B	
Off-odor		Unwashed	8.50±0.50a	8.00±0.71a	7.75±0.83a	6.50±0.50a	7.25±1.09a	6.25±1.09a	6.50±1.50a	5.00±0.71a
			A	A	A	AB	AB	AB	AB	B
	Tap water	8.25±0.43a	7.75±0.83a	8.00±0.71a	6.50±0.50a	7.25±1.09a	6.25±1.48a	6.75±1.09a	5.25±0.43a	
		A	A	A	AB	AB	AB	AB	B	
	NaOCl	8.25±0.43a	7.75±0.83a	7.75±0.83a	6.50±0.50a	7.25±1.09a	6.50±1.66a	6.50±1.12a	5.25±1.09a	
		A	AB	AB	AB	AB	AB	AB	B	
	FA+SAEW	8.25±0.83a	8.00±0.71a	8.00±0.71a	6.00±1.00a	7.25±1.09a	6.50±1.12a	6.75±1.09a	4.00±1.87a	
		A	A	A	AB	A	AB	AB	B	
	C+F+E	8.00±0.71a	7.75±0.83a	8.00±0.71a	6.50±0.50a	7.50±0.87a	6.50±1.12a	6.75±1.09a	5.00±1.22a	
		A	A	A	AB	A	AB	AB	B	
	Overall	Unwashed	8.00±0.71a	7.75±0.43a	7.50±0.87a	6.50±0.50a	6.75±1.30a	6.25±1.09a	6.50±1.12a	5.00±0.71a
			A	A	A	AB	AB	AB	AB	B
Tap water		8.25±0.43a	8.00±0.71a	7.75±0.83a	6.50±0.50a	7.50±0.87a	6.50±1.12a	6.50±1.12a	5.25±0.43a	
		A	A	A	AB	A	AB	AB	B	
NaOCl		8.25±0.83a	8.00±0.71a	7.75±0.83a	6.50±0.50a	7.25±1.09a	6.25±1.92a	6.75±0.83a	5.25±1.09a	
		A	AB	AB	AB	AB	AB	AB	B	
FA+SAEW		8.25±0.43a	8.00±0.71a	7.75±0.83a	6.50±0.50a	7.25±1.09a	6.50±1.80a	6.50±0.87a	4.00±1.87a	
		A	A	A	AB	A	AB	AB	B	
C+F+E		8.25±0.83a	8.00±0.71a	7.75±0.83a	6.50±0.50a	7.25±1.09a	6.75±1.48a	6.75±0.83a	5.00±1.22a	
		A	A	A	AB	AB	AB	AB	B	

Different letters in same group (lowercase) or same row (capital) indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect. FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

Table 4-6. 각각 다른 세척 처리 후 4°C에서 저장기간 동안 비트 잎의 관능 품질 검사

Parameter	Treatment	0 day	2 day	4 day	6 day	8 day	10 day	12 day	14 day
Appearance	Unwashed	8.25±0.43a	8.25±0.43a	7.25±0.43a	6.50±0.50a	6.25±0.83a	4.75±1.09a	4.50±1.50a	4.67±1.25a
		B	B	AB	AB	AB	A	A	A
	Tap water	8.50±0.50a	8.50±0.50a	7.50±0.87a	6.50±0.50a	5.75±1.09a	5.00±2.12a	4.75±0.83a	5.33±0.94a
		B	B	AB	AB	AB	A	A	A
	NaOCl	8.25±0.83a	8.25±0.83a	7.75±0.83a	6.25±0.83a	6.25±0.43a	5.00±1.87a	5.75±1.25a	4.33±0.83a
		C	C	BC	ABC	ABC	AB	ABC	A
	FA+SAEW	8.50±0.87a	8.50±0.87a	7.50±0.87a	6.50±0.50a	6.25±0.43a	5.75±0.83a	5.25±0.83a	5.33±0.94a
		C	C	BC	ABC	AB	AB	A	AB
	C+F+E	8.75±0.43a	8.75±0.43a	8.00±0.71a	6.00±0.00a	7.00±1.22a	5.50±1.12a	5.75±0.83a	5.33±0.94a
		AC	AC	ABC	AB	ABC	A	A	A
Color	Unwashed	8.50±0.87a	8.50±0.87a	7.50±0.50a	6.00±0.71a	6.00±1.00a	4.75±1.09a	5.00±1.58a	4.67±1.25a
		B	B	AB	AB	AB	A	A	A
	Tap water	8.25±0.83a	8.25±0.83a	7.25±1.09a	6.00±0.00a	6.00±1.22a	5.00±1.41a	5.25±1.48a	5.33±0.94b
		B	B	AB	AB	AB	bA	A	AB
	NaOCl	8.25±0.82a	8.25±0.82a	8.00±0.70a	6.00±0.00a	6.50±0.86a	5.50±1.18a	6.00±1.00b	4.00±0.81a
		C	C	C	ABC	bBC	bAB	ABC	A
	FA+SAEW	8.75±0.43a	8.75±0.43a	7.50±0.87a	6.50±0.50a	6.50±0.87a	5.75±0.83b	5.25±1.48a	4.67±1.25a
		C	C	BC	ABC	bABC	AB	bAB	bA
	C+F+E	8.50±0.50a	8.50±0.50a	8.00±0.71a	5.50±0.50a	7.00±1.22b	5.25±1.48a	5.50±0.87a	5.00±0.82b
		AB	AB	AB	A	AB	bA	bA	A
Off-odor	Unwashed	8.00±0.71a	8.00±0.71a	7.50±0.50a	6.25±0.43a	6.25±1.09a	4.75±1.09a	5.25±1.79a	4.67±1.25a
		B	B	AB	bAB	AB	A	AB	A
	Tap water	8.50±0.87a	8.50±0.87a	7.50±1.12a	6.00±0.00a	6.00±1.41a	4.75±1.48a	5.25±1.48a	5.33±0.94a
		B	B	AB	bAB	AB	A	A	A
	NaOCl	8.50±0.85a	8.50±0.85a	8.00±0.70a	6.00±0.00a	6.25±1.08a	5.50±1.10a	6.00±1.00a	4.00±0.81a
		A	A	B	bB	C	C	D	D
	FA+SAEW	8.50±0.50a	8.50±0.50a	7.75±0.83a	6.50±0.50b	6.50±0.87a	5.75±0.83a	5.25±1.48a	4.67±1.25a
		C	C	BC	ABC	ABC	AB	A	A
	C+F+E	8.75±0.43a	8.75±0.43a	8.00±0.71a	5.50±0.50a	6.75±0.83a	5.00±1.58a	5.75±0.83a	5.00±0.82a
		C	C	BC	A	ABC	A	AB	A
Overall	Unwashed	8.00±0.71a	8.00±0.71a	7.50±0.47a	6.50±0.50a	6.25±0.83a	4.50±1.12a	4.75±1.30a	4.67±1.25a
		B	B	B	AB	bAB	A	A	bA
	Tap water	8.50±0.87a	8.50±0.87a	7.50±1.25a	6.00±0.00a	5.75±1.09a	5.00±1.41a	4.75±1.09a	5.00±0.82b
		B	B	AB	AB	bAB	A	A	A
	NaOCl	8.50±0.87a	8.50±0.87a	7.50±0.50a	6.50±1.09a	6.25±1.08a	5.00±1.50a	6.00±1.00b	4.00±0.81a
		C	C	BC	ABC	bABC	AB	ABC	A
	FA+SAEW	8.75±0.43a	8.75±0.43a	7.75±0.82a	6.50±0.50a	6.25±1.09a	6.00±0.82b	5.00±1.22a	4.67±1.25a
		C	C	BC	ABC	bAB	AB	A	A
	C+F+E	8.75±0.43a	8.75±0.43a	8.00±0.71a	6.00±0.00a	6.75±1.48b	5.00±1.58a	5.50±0.87a	5.00±0.82b
		C	C	BC	AB	ABC	A	AB	A

Different letters in same group (lowercase) or same row (capital) indicate a significant ( $p < 0.05$ ) treatment effect. FA+SAEW: Fumaric acid combined with SAEW, C-F+S: Calcium oxide washing followed by combination of FA+SAEW (CaO-FA+SAEW).

## 요약

### 1. 친환경 살균제의 최적화 조건을 현장 적용 전 랩스케일에서의 미생물 저감화 탐색

- 신선 채소 6종에 대해 선정된 친환경 살균제를 병용처리한 결과, FA+SAEW, CaO-FA+SAEW로 처리하였을 때 식중독균 살균 효능을 향상시킬 수 있음을 보였음.
- 토마토와 비트 잎에 식중독 균을 접종하여 친환경 살균제로 세척한 후 4℃에서 14일 동안 저장하면서 위해 미생물의 생육 양상을 알아봤을 때, 씻지 않고 저장한 경우나 수돗물로 씻은 경우보다 살균제를 병용처리한 경우 미생물의 생육을 저해하는 것으로 나타났음.

### 2. 일반 제조 공정 처리된 제품과 본 개발 기술로 처리된 제품의 저장 중 미생물 안전성 확보 평가

- 신선 농산물 6종에 대한 총 호기성균, 총 대장균군, 효모 및 곰팡이의 살균 효과는 친환경 살균제를 병합처리하였을 때, 그 효과가 증대되었음. 세척에 의한 미생물 저감 효능을 수돗물 세척 < NaOCl 세척 < FA+SAEW < CaO-FA+SAEW순이었음.
- 신선 농산물 6종을 씻지 않은 경우, 수돗물 세척, 차아염소산 나트륨으로 세척, 그리고 살균제를 병용 처리하여 세척한 후 4℃에서 14일간 저장하면서 품질 변화를 측정된 결과, 저장기간이 길어질수록 품질이 저하되어 외관, 색, 냄새, 그리고 전체적인 품질에 관한 관능평가 점수가 낮아지는 경향을 나타냈음. 신선 채소 3종의 경우는 저장기간 동안 대조구와 처리구 간의 품질에는 유의적 차이가 없었으나, 과일 중 귤과 토마토의 경우는 대조구와 처리구들을 관능평가했을 때 유의적인 차이가 있었음.

(2) 경제적 타당성 검토

○ 신선편이식품과 같은 농산물에 사용되고 있는 살균세척제로는 **화학적 세척·소독제(오존, 이산화염소, 과산화초산, 과산화수소 등)**들이 있는데, 이들은 **고가(생산단가 증가)인 반면에 낮은 살균효능(1 - 2 log CFU)을 보이고, 세척 후 폐수로 흘러나갈 경우 환경오염을 초래하기 때문**에 농산물을 세척 및 소독하는 방법으로 부적절한 방법임.

Table 4-7. 식품첨가물로 쓰이는 살균제 특성 및 생성비용

항목	크린락스 (식품용)	슈퍼 피크린	푸드 세이프	주정알콜 (70%)	오존수 (O <sub>3</sub> )	이산화 염소수 (ClO <sub>2</sub> )
특성	차아 염소산 나트륨 4% (40,000 ppm) - 25,000원/20L	염소계 살균소독제 -60,000원 /20L	염소계 살균소독제 -250,000원 /2,000정	에탄올계 소독제	대형으로 장치가 고가임. 전기료와 전국교체비가 많이 듦	원료인 염산과 아염소산소다를 4:5로 혼합반응하여 생성되는 것
생성 비용	25,000원 ÷ (20L×250배 희석) =5원/L (희석비용 불포함)	50배 희석사용 60,000원÷ (20L×50배) = 60원/L	1정을 물 10L에 녹여 사용 250,000원 ÷ (2,000정×10L) = 12.5원/L	L당 약 1,200원	L당 약 10원	L당 약 10원

자료출처 : 식품산업의 위생 품질향상을 위한 고효율의 미산성전기분해수 생성장치 개발 및 적용기술 개발(2009)

Table 4-8. 미산성차아염소산수 생성비용(생성수 톤당 생산비)

항목		단위	금액	근거
유지관리비	전해조 교체비 용	- 운전 4,000시간 마다 교체 - 전해조 1set당 1,5000천원	1.04원	시간당 360L 생성 360L×4,000TLRKS = 1,440,000L 1,500천원÷1,440,000L=1.04원
	기타수 선유지 비	- 연간 200,000원	0.10원	BC-360의 연간 생성량 360L / 시간×20시간 / 일×275일 / 년=1,980,000L 200,000원÷1,980,000L=0.10원
운전비용	염산	- 9%염산 시간당 0.16L 소요 - 염산 1L당 가격 1,000원	0.45원	(1,000원×0.16)÷360L=0.45원
	전력비	- 시간당 0.15Kw 소요 Kw당 80원	0.03원	(80원×0.15Kw)÷360L=0.03원
감가상각비 및 설비 투자비에 대한 이자		- 장비가격 15,000,000원 - 내구년수 10년 - 적용이자율 5% - 20시간/일 사용	0.98원	Capital recovery factor: 0.12951 15,000천원×0.12951÷(275일×20 시간×360L/시간)=0.981
미산성차아염소산수 생성비		1L당 생성비	2.60원	

자료출처 : 식품산업의 위생 품질향상을 위한 고효율의 미산성전기분해수 생성장치 개발 및 적용기술 개발(2009)

- 위의 표에서 보는 바와 같이 현재 보편적으로 많이 쓰이고 있는 크린락스(염소계 살균세척제)는 희석비용을 불포함 했을 때 1 L당 5원으로 미산성 전해수의 생성비용보다 비싼 것으로 조사되었음. 특히 미산성전해수는 감가상각비 및 설비투자비에 대한 이자를 포함한 금액이 1 L당 2.6원으로 크린락스보다 저렴한 편임.
- 본 연구 과제를 통해 개발된 세척기술의 조합은 허들기술(hurdle technology)로서, 식품의 보존 기간을 늘릴 수 있는 방법임. 식품의 신선도를 유지하면서 미생물 생육에 영향을 주어 증식을 늦출 수 있는 방법으로, 미생물 생육을 저해할 수 있는 한 가지의 저감 기술을 적용하는 것이 아니라 2 - 3가지 저감 기술(푸마르산, 활성칼슘)을 추가적으로 병합처리하였음.
- 푸마르산은 유기산 중에서 가장 살균력이 좋으며 병합처리 시 시너지 효과가 높은 물질로 허들기술에 적합하고 고체 유기산 중 가격이 저렴하고 효과가 커서 경제적인.
- 활성칼슘은 다른 천연 살균제보다 저렴할뿐만 아니라 뛰어난 살균효능을 보임. 비슷한 살균 효과를 보이는 2%의 활성칼슘과 1% 로즈마리 추출물 경제성을 비교해보면, 2% 활성칼슘의 생산원료단가가 150원(20g/1L)인 반면에, 1% 로즈마리 추출물은 2,838원(10g/1L)으로 활성칼슘이 로즈마리 추출물보다 약 19배 정도 저렴함. 즉 효율에 비해 매우 저렴하므로 높은 부가가치의 창출이 가능함. 활성칼슘을 7,000원/kg으로 환산할 경우, 1g 당 단가는 7원에 불과하며, 이로부터 신선 농산물 1kg을 표면살균 처리할 때 드는 비용은 대상으로 하는 신선 농산물 가격의 0.04~0.37%에 불과함.
- 본 연구 결과, 친환경 살균제를 병합 처리하여 세척한 경우 허들기술의 효과로 미생물에 대한 살균 효능이 더 증대되는 것을 확인할 수 있었으며, 효율성 높은 원료 사용으로 경제적인 살균제를 개발함.
- 미산성 전해수와 활성칼슘, 푸마르산과 같은 친환경 살균제를 병합처리한 살균제 개발은 허들 기술로서 살균제를 단독 사용한 것보다 미생물 살균 효능이 증대될 뿐 아니라, 소비자들이 안심하고 먹을 수 있는 친환경적 세척, 살균, 가공방법 및 기술을 적용하여 제품이 생산되기 때문에 건강지향적인 소비성향을 가진 소비자들의 니즈를 충족시켜줄 수 있을 것임.

## 제5절 신선 농산물의 표면살균에 효과적인 활성칼슘 개발-시험로 및 대형로

### 1. 연구의 필요성

- 현재 모든 신선농산물에서 세균증식을 방지하고 유해 화학물질을 제거하기 위하여 화학제품이나 일부 천연물을 사용하나, 화학적 첨가물은 인체에 미치는 부작용으로 인하여 향후 사용이 제한적일 수밖에 없을 것이며, 외국에서 개발된 천연물(자몽 추출물 등)들은 값이 비싸고 신선농산물의 맛을 변질시키므로 사용에 많은 제약이 있음.
- 세균증식을 방지하고 농약이나 왁스 등의 화학물질을 제거하는 몇몇 천연 천연물이 상품화되어 있기는 하나 미미한 효과와 비싼 가격으로, 세균억제와 유해한 화학물질 제거를 목적으로 하는 화학적 합성품이 주로 사용되고 있는데, 이는 인체에 미치는 부작용으로 인해 향후 사용이 제한적일 수밖에 없음.
- 외국에서 개발된 자몽추출물, 유카추출물 등 천연 식품첨가물로 분류된 소재들이 있긴 하나 항균작용에 그치고 화학물질 제거는 불가능하며 값이 비싸고 채소/과일의 맛이 변질될 가능성 등의 단점이 있음. 그러므로 화학적 합성품이 아니면서 세균증식과 유해화학물질 제거효과가 탁월하고 신선농산물의 맛을 유지하는 합리적 가격의 천연물질 유래로 사용이 간편한 신선농산물 표면 살균제 개발이 요구됨.
- 이에, 국내산 천연패각을 이용하여 초고온 소성과 전기분해를 통해서, 불순물과 중금속이 전부 제거된 고도로 활성화된 천연물유래의 소성칼슘이면서, Ca와 O의 결합력을 극도로 약화시켜 Ca와 O를 이온상태로 존재하게 하여, 세균증식 억제와 유해 화학물질 제거에 탁월한 효과를 가진 활성칼슘의 개발과 아울러 소비자들이 사용하기 편리한 고농도의 액상 활성칼슘 개발의 필요성이 높음.

### 2. 활성칼슘 분말 및 용액 개발을 위한 사전조사 및 분석방법

#### (1) 활성칼슘 분말 개발

- 공시재료 : 패각 분말(여러 종류의 패각종류 중에서 불순물 함유량이 가장 적은 남해안 청정해역에서 생산되는 새꼬막껍질을 원료로 선별)
- 소성방법 : 전기분해법, 연소법 등을 면밀히 검토하여 가장 적절한 전기분해법을 채택
- 조사내용 : 활성칼슘의 수율, 칼슘함량 분석, 중금속 등 유해물질 분석, pH 및 Conductivity(CD), ORP, Solubility 조사, 제조공정 기술개발, 제조원가 분석 등

## (2) 활성칼슘 용액 개발과 산업화 기술개발

- 공시재료: 패각 분말(전남 여수 앞 바다의 청정해역에서 채취하여 물로 깨끗이 세척하여 건조한 새꼬막 껍질)
- 제조방법: 전기분해법(주관기관의 특허 기술)
- 조사내용: 활성칼슘의 수율, 칼슘함량 분석, 중금속(비소, 바륨, 납), 이물 등 유해물질 분석, pH/CD/ORP 등 측정가능 항목, 제조공정도 작성, 제조원가 분석 등
- 순수수 제조: 동 연구기관이 본 기술개발을 통하여 확보하고 있는 RO Filter기를 가동하여 다른 이온이 함유되지 않은 순수한 물 제조
- 1차 공시시료: 순도 95%이상 활성칼슘 분말 2 g을 1 L 순수수에 투입 교반 후 3회 Filtering한 시료
- 활성칼슘 용액의 대량생산을 위한 제조 공정 모니터링

## (3) 조사 및 분석방법

- pH: 알칼리도를 나타내는 수치로, 동 연구기관 보유의 디지털식 pH측정기로 측정 후 필요에 따라 외부 분석기관에서 측정한 수치를 사용
- Conductivity(CD, 전도도,  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ,  $\text{ms}/\text{cm}$ ): 단위 면적당 전기가 통할 수 있는 힘을 말하며, 이 수치가 높을수록 칼슘이온의 양이 많은 것으로 측정되며, 동 연구기관 보유의 전도도 측정기로 측정
- ORP: 액상에서 나타나는 산화환원전위(oxidation reduction potential)의 약자이며, 어떤 물질이 전자를 잃고 산화되거나 또는 전자를 받고 환원되려는 경향의 강도를 나타내는 것으로, 이 수치가 높을수록 용액이 탁하다고 판단하며, 또한 ORP의 수치가 낮을수록 또 음의 값을 나타낼수록 물 Cluster가 작다고 할 수 있음
- Solubility(용해도)(mg/Liter): 순수수 제조기에서 제조된 다른 성분이 일절 함유되지 않은 순수한 물 1Liter에, 선발된 시료가 녹는 정도를 표시(동 연구기관에서 액상 활성칼슘을 제조해 나가면서 직접 측정)
- 수율(Yield): 원료 투입량 대비 칼슘의 함량과 불순물을 제외한 활성칼슘(산화칼슘)의 제조량
- 순도(Purity): 제조된 활성칼슘(산화칼슘)의 순도(100% 기준), 보건환경연구원 등 외부 분석기관에서 분석시료의 순도를 측정
- 전압: 전기의 압력으로, 동 연구기관이 본 기술개발을 통하여 고안하여 제작한 고전압 발생기를 이용하여, 고전압을 발생시켜 선발된 시료를 전기분해하는 과정을 거친 후 시험시료인 활성칼슘 분말원료를 제조



### 3. 폐각원료를 고온소성 및 전기분해공정으로 처리한 활성칼슘 시료 개발(시험로 및 대형로)

#### (1) 칼슘 순도

(가) 폐각원료를 공정 처리한 CaO의 순도분석

- 소형전기로의 경우, 1,350℃이상의 온도에서 10시간 이상을 소성하여야만, 본 연구개발에서 요구되는 CaO 순도 95%이상의 소재가 만들어짐(Table 5-1).
- 소성온도 상승 및 소성시간에 따라 비례적으로 CaO의 순도가 높아지나, 1,400℃이상으로 소성온도를 상승시키면, 원료를 담는 고가의 세라믹 도가니의 균열 등의 파손이 발생하여 제조원가가 대폭 상승하기에 때문에 본 연구개발에서는 1,400℃를 최고의 소성온도로 설정하였으며, 대형로에서는 이 조건에 맞추어 소성하였음.

Table 5-1. 소성시간과 온도에 따른 폐각유래 CaO의 순도 분석 : 시험로

(단위: %)

	6시간	8시간	10시간	12시간
900℃	67.3	69.5	72.3	73.6
1,100℃	78.5	82.7	84.6	85.9
1,200℃	80.2	85.8	88.7	91.4
1,300℃	90.1	92.2	93.2	93.8
1,350℃	91.6	92.6	95.9	96.0
1,400℃	92.4	92.3	96.0	96.1
1,450℃	95.6	96.1	97.8	98.3
1,500℃	96.4	97.0	99.0	99.2

- 대형전기로의 경우, 1,350℃이상의 온도에서 10시간 이상을 소성하여야만, 본 연구에서 원하고 있는 CaO 순도 95% 이상의 소재가 만들어 짐(Table 5-2).
- 최종적으로 제조된 활성칼슘에서 칼슘 함량이 떨어지는 경우는 불순물이 많이 잔류하여 효능이 저하되기에, 상기조건을 최적의 조건으로 선택함.
- 소성온도가 높아짐에 따라 활성칼슘의 제조원가가 기하급수적으로 상승하므로, 적절한 조건을 찾아나가는 것이 중요함.
- 900 - 1,300℃의 범위에서 12시간을 소성한 경우, 활성칼슘이 얻어지는 것보다 탄화되는 원료의 양이 많아짐을 알 수 있었음.
- 1,350℃와 1,400℃에서도 12시간을 소성하였을 때, 순도의 상승은 보이지 않음을 알 수 있었고 이는 경제적인 면이나 품질을 고려하여, 소성온도와 시간을 1,350℃에서 10시간으로 하는 조건으로 Fix함.

Table 5-2. 소성시간과 온도에 따른 활성칼슘의 CaO의 순도 분석 : 대형로

(단위: %)

	6시간	8시간	10시간	12시간
900℃	67.1	67.8	71.8	73.2
1,100℃	77.9	81.9	82.4	85.7
1,200℃	79.7	85.1	87.5	90.9
1,300℃	89.2	92.0	92.7	93.2
1,350℃	91.0	92.2	95.9	95.9
1,400℃	92.1	92.1	95.9	96.1

(2) 칼슘 종류별 순도, 전도도, pH 등 항목

(가) 순도, 전도도, pH 등 전기로에서의 소성 공정에 투입한 활성칼슘 용액(1 g/물 1 L) 시료의 항목별 수치

- 900℃이상에서 10시간씩 소성한 폐각원료에 한하여, 70,000 Volt의 전압으로 30분간 전기분해 처리함.
- Table 5-3에서 나타내는 바와 같이 1,350℃이상에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘의 원료를 물에 용해했을 때의 경우가 가장 효율적으로 생산할 수 있는 바람직한 조건임.

Table 5-3. 각 조건의 활성칼슘의 비교항목 조사 : 시험로

소성온도	CaO의 순도 (%)	전도도 (Conductivity, $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	pH (1g/Liter수용액)	수율 (%)
900℃	72.3	527	11.0	55
1,100℃	84.6	838	11.3	61
1,200℃	88.7	1,542	11.7	72
1,300℃	93.2	2,876	12.0	85
1,350℃	95.9	4,418	12.5	92
1,400℃	96.0	4,420	12.5	92
1,450℃	97.8	4,454	12.6	93
1,500℃	99.0	4,215	12.6	93

- 활성칼슘 분말을 70,000 Volt에서 30분간 동안 전기분해하여, 전기분해한 분말 1 g을 1 L의 순수수에 용해
- 수율은 원료 투입중량 대비 50%의 가득률을 100%로 보았을 때의 비율
- Table 5-4에서 나타내는 바와 같이 1,350℃에서 10시간 소성하여 제조된 활성칼슘의 원료를 물에 용해했을 때의 경우가 가장 효율적으로 생산할 수 있는 바람직한 조건임.

Table 5-4. 각 조건의 활성칼슘의 비교항목 조사 : 대형로

소성온도	CaO의 순도 (%)	전도도 (Conductivity, $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH (1g/Liter수용액)	수율 (%)
900℃	71.8	508	10.8	51
1,100℃	82.4	821	11.1	56
1,200℃	87.5	1,447	11.5	68
1,300℃	92.7	2,852	11.9	82
1,350℃	95.9	4,403	12.5	90
1,400℃	95.9	4,415	12.5	90

(나) 칼슘의 용해도

① 용해도 측정

- 소성칼슘의 경우, 순도가 낮을 경우 독성을 발현할 수 있고 신선 농산물 혹은 식품에 칼슘 이외에 회분 등의 잔존물이 발생하는 요인이 되므로, 순도를 최대한으로 높이는 것이 가장 중요한 사항임(Table 5-5).
- 1,350℃에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘의 원료를, 1 L의 물에 1.2 g을 용해했을 때 전부 용해되는 사실을 시험적으로 검증하였음(Table 5-5).
- 신선 농산물 표면에 처리할 주요원료인 투명한 상태의 활성칼슘 용액의 제조에는, 1 L의 순수수에 1.2 g의 활성칼슘 분말을 용해시킨 것을 기본용액 설정하는 것으로 1차 확정함.

Table 5-5. 선발된 활성칼슘 원료함량에 따른 용해도 : 소형로

CaO의 순도(%)	용해도(mg/순수수 1 Liter)
95.9	1,187
96.0	1,191
97.8	1,208
99.0	1,230

- 소성칼슘의 경우, 순도가 95%이상의 제품만이 용해하여 고순도 활성칼슘 용액으로 제조할 수 있기에, 95%이상 순도의 활성칼슘만을 측정대상으로 함(Table 5-6).

Table 5-6. 선발된 활성칼슘 종류별 원료함량에 따른 용해도 : 대형로

CaO의 순도(%)	용해도(mg/순수수 1 Liter)
95.6	1,156
95.9	1,187
96.1	1,195

② 용해도 측정(기존제품 대비)

- 1,500℃에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘이 용해도가 가장 높으며, 1,350℃인 경우도 거의 비슷함(Table 5-7).
- 이에, 투명한 상태의 액상 활성칼슘의 제조에는, 1리터의 순수수에 2 g의 활성칼슘 분말을 용해하여 3차례 Filtering하는 공정을 설정함.

Table 5-7. 선발된 칼슘 종류별 원료함량에 따른 용해도

CaO의 순도(%)	용해도(mg/순수수 1 Liter)
92.2(국내산 패각 CaO)	580
92.5(미국산 패각 CaO)	860
92.5(일본 Surfcera사의 패각(가리비) CaO)	920
95.9(당 연구기관의 활성칼슘, 1,350℃/10시간 소성)	1,187
99.0(당 연구기관의 활성칼슘, 1,500℃/10시간 소성)	1,230

(다) 타사의 천연 소성칼슘과의 항목 비교 연구

① CD/ORP 등 비교

- 일본산 수입제품 등은 수치상의 차이 외에도 분말 및 액상의 성상에 따라서도 동 연구기관의 활성칼슘과는 많은 차이가 있음. (탁도에서 많은 차이가 나며(일본산: 탁함, 활성칼슘: 맑고 투명) 환원정도(이온화된 Cz 이온의 함량, 액상의 막형성)도 느낌)
- 동 연구기관의 활성칼슘 용액의 농도별 분석치는 외부 분석기관 시험성적서 참조 (Table 5-8)

Table 5-8. 일본산 이온화칼슘 용액 및 고효율활성칼슘 희석액의 pH/CD/ORP 등

[고활성칼슘과의 항목비교]				
1. 실험장소: 주관기관의 기업부설연구소				
2. 시료 및 시험방법 : 액상 활성칼슘(분말 활성칼슘 0.12% 용액)과 일본산 칼슘용액의 pH/CD/ORP 측정				
시료 \ 항목	pH	CD(전도도)	ORP (m Volt)	비교
일본제품	12.08	2.48 mS/cm	28	Sample 원액(용액상태)
일본제품	12.22	2.87 mS/cm	17	일본산 이온화칼슘 분말을 (1.2 g/1 L)용해
활성칼슘 용액	12.49	4.40 mS/cm	-36	활성칼슘 Powder (1.2 g/1 L)
10배액	11.84	0.47 mS/cm	25	원액을 10배로 희석
20배액	11.51	0.22 mS/cm	48	원액을 20배로 희석
100배액	10.86	0.05 mS/cm	83	원액을 100배로 희석
정제수	7.00	5.5 $\mu$ S/cm	1,586	RO정수기에서 제조한 물

② 분말 첨가량에 따른 pH/전도도 등 비교

○ 실험방법: 첨가 후 즉시/30분 후 측정

○ 실험 결과: pH - 초기 pH는 큰 차이가 나지 않았으나, 시간경과에 따른 용해도 차이로 인한 pH값의 차이가 확대됨. 전도도 - 1.2 g 이상일 경우에는 투여량이 증대되어도 측정값의 변화는 크지 않음(Table 5-9).

Table 5-9. 활성칼슘과 일본제 소성 가리비칼슘 투여량에 따른 pH/전도도 비교 연구

1	정제수	pH	7.12	
		전도도	3.05 $\mu$ s	
			일본 소성칼슘 (CaO 92.5%)	활성칼슘 (CaO 95.9%)
2	CaO 1.2 g/정제수 1 L	pH	11.61	12.49
		전도도 (ms/cm)	2.65	4.40
3	산화칼슘 2 g/정제수 1 L	pH	11.64	12.51
		전도도 (ms/cm)	2.68	4.42
4	산화칼슘 3 g/정제수 1 L	pH	11.64	12.52
		전도도 (ms/cm)	2.69	4.45
5	산화칼슘 4 g/정제수 1 L	pH	11.65	12.52
		전도도 (ms/cm)	2.69	4.45

③ 온도에 의한 pH변화

○ 측정방법: 활성칼슘 용액의 온도를 올리면서 pH측정.

○ 온도가 상승하면 pH값은 하강함(Table 5-10).

Table 5-10. 활성칼슘 용액(1.2 g/물 1 L)의 온도별 pH변화

No	온도(°C)	pH 값
1	25	12.49
2	30	12.42
3	40	12.28
4	50	11.92
5	60	11.72
6	70	11.65

④ 활성칼슘과 타사 소성 폐각칼슘의 전도도 비교 연구

○ 활성칼슘 용액의 전도도가 타 제품보다 월등히 높음을 알 수 있었으며, 이는 양이온이 많음을 의미함.

- 실험장소 : 주관기관의 부설연구소

- 실험시료  
 A : 폐각 원료(탄산칼슘) --- 원료로 되는 폐각 탄산칼슘  
 B : 폐각원료를 소성한 산화칼슘(CaO 함량 95%이상)  
 C : KANTO CHEMICAL CO., INC. 산화칼슘(CaO 함량 95%이상)  
 D : SAMCHUN 산화칼슘(소성CaO 함량 95%이상)  
 E : 동 연구기관의 활성칼슘(CaO 함량 95%이상)

- 시료 준비/방법 : 각 시료(A, B, C, D, E)를 정제수 1 L에 1.2 g씩 희석하여 전도도를 측정

Table 5-11. 연구 결과

	A	B	C	D	E
0.12% (1.2g/1L)	27.8 $\mu\text{s/cm}$	1.27 ms/cm	1.83 ms/cm	2.68 ms/cm	4.40 ms/cm
0.2% (2g/1L)	41.8 $\mu\text{s/cm}$	1.53 ms/cm	1.87 ms/cm	2.76 ms/cm	4.56 ms/cm
0.3% (3g/1L)	46.1 $\mu\text{s/cm}$	1.55 ms/cm	1.89 ms/cm	2.77 ms/cm	4.58 ms/cm
0.4% (4g/1L)	49.2 $\mu\text{s/cm}$	1.57 ms/cm	1.90 ms/cm	2.77 ms/cm	4.58 ms/cm
0.5% 5g/1L)	53.1 $\mu\text{s/cm}$	1.57 ms/cm	1.90 ms/cm	2.77 ms/cm	4.58 ms/cm

## 요약

### 1. 폐각원료를 공정 처리한 CaO의 순도 분석-시험로 및 대형로

- 소형전기로의 경우, 1,350℃ 이상의 온도에서 10시간 이상을 소성하여야만, 본 연구개발에서 요구되는 CaO 순도 95%이상의 소재가 만들어 짐.
- 소성온도 상승 및 소성시간에 따라 비례적으로 CaO의 순도가 높아지나, 1,400℃ 이상으로 소성온도를 상승시키면, 원료를 담는 고가의 세라믹 도가니의 균열 등의 파손이 발생하기에 제조원가가 대단히 상승함. 따라서 본 연구개발에서는 1,400℃를 최고의 소성온도로 설정하였으며, 대형로에서는 이 조건에 맞추어 소성하였고 최종적으로 경제적인 면이나 품질을 고려할 때, 소성온도와 시간을 1,350℃에서 10시간으로 하는 조건으로 Fix함.

### 2. 활성칼슘의 순도, 전도도, pH 등 항목 측정-시험로 및 대형로

- 900℃ 이상에서 10시간씩 소성한 폐각원료에 한하여, 70,000 Volt의 전압으로 30분간 전기 분해 처리하여 각각의 시료를 측정된 결과 1,350℃에서 10시간 소성하여 제조된 활성칼슘의 원료를 물에 용해했을 때의 경우가 가장 효율적으로 생산할 수 있는 바람직한 조건임.

### 3. 활성칼슘의 순도에 따른 용해도 측정-시험로 및 대형로

- 소성칼슘의 경우, 순도가 낮을 경우 독성을 발현될 수 있고 신선 농산물 혹은 식품에 칼슘 이외에 회분 등의 잔존물이 발생하는 요인이 되므로, 순도를 최대한으로 높이는 것이 가장 중요한 사항임.
- 1,350℃에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘을 원료를, 1 L의 물에 1.2 g을 용해했을 때 전부 용해되는 사실을 시험적으로 검증하였음.
- 이에, 투명한 상태로 신선 농산물 표면에 처리할 주요원료인 활성칼슘 용액의 제조에는, 1 L의 순수수에 1.2 g의 활성칼슘 분말을 용해한 용액을 기본용액 설정하는 것으로 1차 확정함.



## 제6절 신선 농산물의 표면살균에 효과적인 활성칼슘의 양산공정 개발

### 1. 활성칼슘 분말의 경제성 분석

- 활성칼슘의 신선 농산물 표면살균 용도에서의 적정 처리농도에 따른 경제적 이익은 맛 향상, 유통기간 증대, 소비자 만족도 향상 등 복합적 이익이 발생할 수 있음.
- 6종류 신선 농산물에의 적용단가

Table 6-1. 주요 농산물 일일도매가격

(2017. 12. 14. 현재)

	사과	감귤	토마토	상추	시금치	새싹채소
kg당 단가	3,000원	1,570원	1,509원	2,325원	1,983원	16,000원

\*출처 : aT 농산물유통정보

- 6종류 농산물의 kg당 가격범위는 1,509 - 16,000원으로 최저가격인 방울토마토의 표면살균 처리제로서의 활성칼슘 적용의 경우를 분석하였음(Table 6-1).
- ① 1kg을 처리하기 위한 활성칼슘 0.1% 수용액의 사용량은 평균으로 전부 잠기게 하기 위해서는 3 L정도의 조제된 용액이 사용되어지고, 사용된 수용액은 2차례 정도 더 사용할 수 있음. 따라서, 3 L의 활성칼슘 0.1% 수용액을 제조하기 위한 활성칼슘 분말 사용량은 3 g이며 이를 총 3차례 사용할 경우, 한 차례 표면살균 처리함에 있어 필요한 분말의 소요량은 1 g임.
- ② 활성칼슘 1 g의 단가 : 활성칼슘을 7,000원/kg으로 환산할 경우, 1 g당 단가는 7원에 불과하며, 이로부터 신선 농산물 1 kg을 표면살균 처리할 때 드는 비용은 대상으로 하는 신선 농산물 가격의 0.04 - 0.46%에 불과하며, 유통기간 연장효과만으로 비교할 때도 아주 경제적인 신선 농산물의 표면살균에 적용할 수 있는 소재라고 판단할 수 있을 것임.

### 2. 폐각원료를 고온소성 및 전기분해공정으로 처리한 활성칼슘 시료 개발(양산 공정)

#### (1) 칼슘 순도

(가) 폐각원료를 양산 공정 처리한 CaO의 순도분석

- 소형로 및 대형로 실험에서 사용한 활성칼슘의 제조방법은 천연 폐각 원료를 내열 용기에 넣어 내열성 전기로에 넣은 후 전기로에서 700 - 1,500℃의 온도에서 칼슘 분말을 6 - 10시간 동안 소성 전기분해하는 단계로, 개발시료의 적정조건을 도출하기 위하여 소성온도/시간, 전기분해 전압/시간 등 4개 조건을 각각 3개로 Matrix함. 시료개발을 위하여 총 3×3×3×3=81회의 시험생산을 소형전기로에서 수행하여 최적의 제조조건 도출하고 이 조건에 의거하여 대

형전기로서 양산조건을 재도출하였으며, 그 결과 소형전기 및 대형전기의 경우, 1,350°C 이상의 온도에서 10시간 이상을 소성하여야만, 본 연구에서 원하고 있는 CaO 순도 95% 이상의 소재가 만들어 짐. 이 때 사용되어진 내열 전기로는 양쪽에 흑연 전극판이 장착되어 있는 세라믹재 3상로임.

- 소성온도 상승 및 소성시간에 따라 비례적으로 CaO의 순도가 높아지나, 1,400°C 이상으로 소성온도를 상승시키면, 원료를 담는 고가의 세라믹 도가니의 균열 등의 파손이 발생하여 제조원가가 대단히 상승하기에 본 연구개발에서는 1,400°C를 최고의 소성온도로 설정하였으며, 양산 공정에서는 아래와 같이 이 조건에 맞추어 소성하였음.

Table 6-2. 소성시간과 온도에 따른 폐각유래 CaO의 순도 분석 : 양산 공정

(단위: %)

	6시간	8시간	10시간	12시간
1,100°C	78.1	81.7	82.6	85.4
1,200°C	80.0	85.8	89.5	91.4
1,300°C	88.1	91.2	93.1	92.4
1,350°C	91.4	92.6	95.5	95.9
1,400°C	92.1	92.2	96.0	96.1
1,450°C	94.6	94.0	97.8	98.3
1,500°C	96.1	96.9	99.0	99.2

- 양산 공정의 경우, 소형로 및 대형로의 경우와 마찬가지로 1,350°C 이상의 온도에서 10시간 이상을 소성하여야만, 본 연구에서 원하고 있는 CaO 순도 95% 이상의 소재가 만들어짐.
- 최종적으로 제조된 활성칼슥에서 칼슥 함량이 떨어지는 경우는 불순물이 많이 잔류하여 효능이 저하되기에, 상기조건을 최적의 조건으로 선택함.
- 소성온도가 높아짐에 따라 원료를 담는 고가의 세라믹 도가니의 균열 등의 파손이 발생하여 활성칼슥의 제조원가가 기하급수적으로 상승하므로, 적절한 조건을 찾아나가는 것이 중요함.
- 900 - 1,300°C의 범위에서 12시간을 소성한 경우, 활성칼슥이 얻어지는 것보다 탄화되는 원료의 양이 많아짐을 알 수 있었음.
- 1,350°C와 1,400°C에서도 12시간을 소성하였을 때, 순도의 상승은 보이지 않음을 알 수 있었고 이는 경제적인 면이나 품질을 고려할 때, 소성온도와 시간을 소형로 및 대형로와 마찬가지로 1,350°C에서 10시간으로 하는 조건으로 Fix함.
- 주요 성능(pH, ORP, CD, 순도, 중금속 함유량 등)을 만족시키는 활성칼슥을 개발하기 위하여, 여러 조건의 소성온도와 시간 및 전기분해 전압과 시간을 인가한 시험생산을 통하여 제조된 활성칼슥들을 주관기관에서 자체로 측정 가능한 pH, ORP, CD를 먼저 측정하여 양산 조건을 압축해 나가는 시험을 우선적으로 실시하였음.

**(2) 활성칼슘의 제조 조건에 따른 ORP, 전도도, pH 등 항목**

(가) 순도, 전도도, pH 등 전기로에서의 소성 공정에 투입한 활성칼슘 용액(1 g/물 1 L) 시료의 항목별 수치.

- 1,100℃ 이상에서 10시간씩 소성한 폐각원료에 한하여, 40,000 Volt - 70,000 Volt의 전압으로 30분간 전기분해 처리함.
- 활성칼슘 1 : 1,100℃ 10시간 소성한 폐각원료, 활성칼슘 2 : 1,200℃ 10시간 소성한 폐각원료
- 활성칼슘 3 : 1,300℃ 10시간 소성한 폐각원료, 활성칼슘 4 : 1,350℃ 10시간 소성한 폐각원료
- 활성칼슘 5 : 1,400℃ 10시간 소성한 폐각원료

Table 6-3. 대량생산된 활성칼슘-1~활성칼슘-5 시료들의 전기분해 조건확립 : pH

	활성칼슘-1	활성칼슘-2	활성칼슘-3	활성칼슘-4	활성칼슘-5
40,000 Volt	12.3	12.4	12.4	12.4	11.8
50,000 Volt	12.3	12.4	12.4	12.4	11.8
60,000 Volt	12.3	12.4	12.4	12.4	11.8
70,000 Volt	12.3	12.4	12.4	12.4	11.8

- \* 선행연구의 결과에서 가장 효율적인 전기분해 조건인 40,000 - 70,000 Volt 범위에서 테스트
- \* 결과 : 전기분해에 의한 pH의 변화는 거의 인정되지 않음.

Table 6-4. 대량생산된 활성칼슘-1~활성칼슘-5 시료들의 전기분해 조건확립 : ORP

	활성칼슘-1	활성칼슘-2	활성칼슘-3	활성칼슘-4	활성칼슘-5
40,000 Volt	-22	-31	-33	-38	-32
50,000 Volt	-37	-39	-40	-41	-37
60,000 Volt	-44	-44	-43	-42	-39
70,000 Volt	-45	-46	-44	-45	-38

- \* 선행연구의 결과에서 가장 효율적인 전기분해 조건인 40,000 - 70,000 Volt 범위에서 테스트
- \* 결과 : 전기분해에 의한 ORP의 변화는 높은 전압을 가할수록 상승하며, 70,000 Volt가 적정함.

Table 6-5. 대량생산된 활성칼슘-1~활성칼슘-5 시료들의 전기분해 조건 확립 : CD

(단위 : mS)

	활성칼슘-1	활성칼슘-2	활성칼슘-3	활성칼슘-4	활성칼슘-5
40,000 Volt	1.247	2.775	2.228	2.838	2.247
50,000 Volt	1.456	2.748	2.126	2.999	2.456
60,000 Volt	1.630	3.070	2.840	3.430	2.830
70,000 Volt	1.657	3.109	2.978	3.556	2.857

- \* 선행연구의 결과에서 가장 효율적인 전기분해 조건인 40,000 - 70,000 Volt 범위에서 테스트
- \* 결과 : 전기분해에 의한 CD의 변화는 높은 전압을 가할수록 비례 상승하나, 70,000 Volt가 효율적임.
- \* 소성시간이 길어짐에 의해 CD값은 저하하는 경향을 보임.

- 표에서 나타내는 바와 같이 1,350℃ 이상에서 10시간 이상을 소성하여 70,000 Volt의 전압을 가하여 제조된 활성칼슘-4의 원료를 물에 용해했을 때의 경우가 가장 효율적으로 생산할 수 있는 바람직한 조건임.
- 활성칼슘-4의 분말을 나노화 분쇄하여 사이즈 측정 및 공인시험분석기관에 의뢰함.

Table 6-6. 각 조건의 활성칼슘의 비교항목 조사 : 양산공정

소성온도	CaO의 순도 (%)	전도도 (Conductivity, mS)	pH (1g/Liter수용액)	수율 (%)
1,100℃	84.6	838	11.3	61
1,200℃	88.7	1.542	11.7	72
1,300℃	93.2	2.876	12.0	85
1,350℃	95.9	3.218	12.4	93
1,400℃	96.0	3.120	12.5	91
1,450℃	97.8	3.054	12.6	91
1,500℃	99.0	3.115	12.6	90

- 활성칼슘 분말을 70,000 Volt에서 30분간 동안 전기분해하여, 전기분해한 분말 1 g을 1 L의 순수수에 용해
- 수율은 원료 투입중량 대비 50%의 가득률을 100%로 보았을 때의 비율
- 표에서 나타내는 바와 같이 1,350℃에서 10시간 소성하여 제조된 활성칼슘의 원료를 물에 용해했을 때의 경우가 가장 효율적으로 생산할 수 있는 바람직한 조건임.

(나) 칼슘의 용해도

① 용해도 측정

- 소성칼슘의 경우, 순도가 낮을 경우 독성을 발현할 수 있고 신선 농산물 혹은 식품에 칼슘 이외에 회분 등의 잔존물이 발생하는 요인이 되므로, 순도를 최대한으로 높이는 것이 가장 중요한 사항임.
- 1,350℃에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘의 원료를, 1 L의 물에 1.2 g을 용해시켰을 때 전부 용해되는 사실을 시험로 및 대형로에서 시험적으로 검증하고 이를 기본 용액으로 설정하는 것으로 1차 확정함.
- 양산 공정으로 생산한 활성칼슘을 시험로 및 대형로와 같은 형태로 실험하였으며, 투명한 상태로 신선 농산물 표면에 처리할 주요원료인 활성칼슘 용액의 제조에는, 1 L의 순수수에 1.2 g의 활성칼슘 분말을 용해한 용액을 기본용액 설정하는 것으로 2차 확정함.

Table 6-7. 선발된 활성칼슘 종류별 원료함량에 따른 용해도 : 양산공정

CaO의 순도(%)	용해도(mg/순수수 1 Liter)
95.4	1,153
95.8	1,184
96.1	1,199

② 용해도 측정(기존제품 대비)

- 1,500℃에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘이 용해도가 가장 높으며, 1,350℃인 경우도 거의 비슷하여 제조원가를 고려하여 1,350℃로 결정함.
- 이에, 투명한 상태의 액상 활성칼슘의 제조에는, 1 L의 순수수에 2 g의 활성칼슘 분말을 용해하여 3차례 Filtering하는 공정을 설정함.

Table 6-8. 선발된 칼슘 종류별 원료함량에 따른 용해도

CaO의 순도(%)	용해도(mg/순수수 1 Liter)
92.2(국내산 패각 CaO)	580
92.5(미국산 패각 CaO)	860
92.5(일본 Surfcera사의 패각(가리비) CaO)	920
95.9(양산형 활성칼슘, 1,350°C/10시간 소성)	1,189
99.0(양산형 활성칼슘, 1,500°C/10시간 소성)	1,227

(다) 타사의 천연 소성칼슘과의 항목 비교 연구

① CD/ORP 등 비교

- 일본산 수입제품 등은 수치상의 차이 외에도 분말 및 액상의 성상에 관련하여서도 동 연구기관의 활성칼슘과는 많은 차이가 있음. (탁도에서 많은 차이가 나며(일본산: 탁함, 양산형 활성칼슘: 맑고 투명) 환원정도(이온화된 Cz 이온의 함량, 액상의 막형성)도 느낌)
- 동 연구기관의 활성칼슘 용액의 농도별 분석치는 외부 분석기관 (한국고분자시험연구소) 시험성적서 참조

Table 6-9. 일본산 이온화칼슘 용액 및 양산형 활성칼슘 희석액의 pH/CD/ORP 등

[양산형 활성칼슘과의 항목비교]				
1. 실험장소: 주관기관의 기업부설연구소				
2. 시료 및 시험방법 : 양산형 활성칼슘(분말 활성칼슘 0.12%용액)과 일본산 칼슘용액의 pH/CD/ORP 측정				
시료 \ 항목	pH	CD(전도도)	ORP (mVolt)	비교
일본제품	12.08	2.48 mS/cm	28	Sample 원액(용액상태)
일본제품	12.22	2.87 mS/cm	17	일본산 이온화칼슘 분말을 (1.2 g/1 L)용해
활성칼슘 용액	12.51	3.26 mS/cm	-34	활성칼슘 Powder (1.2 g/1 L)
10배액	12.48	1.35 mS/cm	-9	원액을 10배로 희석
20배액	12.07	0.88 mS/cm	7	원액을 20배로 희석
100배액	11.09	0.16 mS/cm	74	원액을 100배로 희석
정제수	7.00	5.5 $\mu$ S/cm	1,586	RO정수기에서 제조한 물

② 분말 첨가량에 따른 pH/전도도 등 비교

○ 실험방법: 첨가 후 즉시/30분 후 측정함.

○ 실험 결과: **pH** - 초기 pH는 큰 차이가 나지 않았으나, 시간경과에 따른 용해도 차이로 인한 pH값의 차이가 확대됨. **전도도** - 1.2 g 이상일 경우에는 투입량이 증대되어도 측정값의 변화는 크지 않음.

Table 6-10. 양산형 활성칼슘과 일본제 소성 가리비칼슘 투입량에 따른 pH/전도도 비교 연구

1	정제수	pH	7.12	
		전도도	3.05 $\mu$ s	
			일본 소성칼슘 (CaO 92.5%)	활성칼슘 (CaO 95.9%)
2	활성칼슘 1.2 g/정제수 1 L	pH	11.63	12.52
		전도도 (ms/cm)	2.65	3.27
3	활성칼슘 2 g/정제수 1 L	pH	11.64	12.53
		전도도 (ms/cm)	2.68	3.46
4	활성칼슘 3 g/정제수 1 L	pH	11.62	12.52
		전도도 (ms/cm)	2.68	3.47
5	활성칼슘 4 g/정제수 1 L	pH	11.65	12.52
		전도도 (ms/cm)	2.69	3.47

③ 온도에 의한 pH변화

○ 측정방법: 양산형 활성칼슘 용액의 온도를 올리면서 pH측정.

○ 온도가 상승하면 pH값은 하강함.

Table 6-11. 양산공정으로 제조한 활성칼슘 용액(1.2 g/물 1 L)의 온도별 pH변화

No	온도(°C)	pH 값
1	25	12.49
2	30	12.41
3	40	12.30
4	50	12.09
5	60	11.92
6	70	11.80

## 요약

### 1. 폐각원료를 공정 처리한 CaO의 순도 분석-양산 공정

	6시간	8시간	10시간	12시간
1,100℃	78.1	81.7	82.6	85.4
1,200℃	80.0	85.8	89.5	91.4
1,300℃	88.1	91.2	93.1	92.4
1,350℃	91.4	92.6	95.5	95.9
1,400℃	92.1	92.2	96.0	96.1
1,450℃	94.6	94.0	97.8	98.3
1,500℃	96.1	96.9	99.0	99.2

- 1,350℃ 이상의 온도에서 10시간 이상을 소성하여야만, 본 연구에서 원하고 있는 CaO 순도 95% 이상의 소재가 만들어 짐. 소성 온도와 시간은 소성기의 반응안전성 및 에너지 과소비 등을 고려하여 1,350℃의 온도에서 10시간을 소성하는 제조조건을 기준으로 지속적인 기술개발을 수행할 예정임.

시설 및 제품사진						
처리공정	원료선별	고온소성	전기분해	분말 활성칼슘	액상화기계	Filtering

### 2. 양산 공정의 조건에 따라 생산된 활성칼슘 시료들의 전기분해 조건 확립

- 1,100℃ 이상에서 10시간씩 소성한 폐각원료에 한하여, 40,000 - 70,000 Volt의 전압으로 30분간 전기분해 처리하여 각각 시료들의 pH, CD, ORP를 측정하고 용해도를 비교 분석함.
- 그 결과 1,350℃ 이상에서 10시간 이상을 소성하여 70,000 Volt의 전압을 가하여 제조된 활성칼슘 원료를 물에 용해했을 때의 경우가 가장 효율적으로 생산할 수 있는 바람직한 조건임.

### 3. 활성칼슘의 순도에 따른 용해도 측정-양산 공정

- 1,350℃에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘의 원료를, 1 L의 물에 1.2 g을 용해했을 때 전부 용해되는 사실을 시험로 및 대형로에서 시험적으로 검증하고 이를 기본 용액으로 설정하는 것으로 1차 확정함.



- 양산 공정으로 생산한 활성칼슘을 시험로 및 대형로와 같은 형태로 실험하였으며, 투명한 상태로 신선 농산물 표면에 처리할 주요원료인 활성칼슘 용액의 제조에는, 1 L의 순수수에 1.2 g의 활성칼슘 분말을 용해한 용액을 기본용액 설정하는 것으로 2차 확정함.
- 1,500℃에서 10시간 이상을 소성하여 제조된 활성칼슘이 용해도가 가장 높으며, 1,350℃인 경우도 거의 비슷하여 제조원가를 고려하여 1,350℃로 결정함.
- 이에, 투명한 상태의 액상 활성칼슘의 제조에는, 1 L의 순수수에 2 g의 활성칼슘 분말을 용해하여 3차례 Filtering하는 공정을 설정함.

## 제7절 고농도 액상 활성칼슘 제형화 연구 및 개발

### 1. 분산제 확산이 용이한 액상 활성칼슘을 제조를 위한 첨가제 탐색

- 분말을 액상에 넣어서 분산시키는데 많이 사용하고 있는 식품첨가물 종류 중 폴리인산나트륨(Sodium Tripolyphosphate), 아라비아검, 잔탄검, 구아검 등으로 분말 활성칼슘을 정제수에 혼합하고 교반하는 시험을 수행하였으나, 최초 혼합시에는 잘 분산되는 것처럼 보이나 일정시간이 지나면 모든 시료에서 빠른 침전 및 바닥에서의 응고가 발생함.
- 여러 물질에 대한 시험을 수행한 후 SFA(액상으로 제조함에 있어서 기밀을 유지해야 할 필요성이 지대하여 별명으로 기재함을 양해해 주십시오.)를 발굴하고 이 물질에 대한 적정 투입농도/경시변화 시험을 수행함.




### 2. 경시변화 실험 및 활성칼슘의 투입량 확정

#### (1) SFA 첨가량에 따른 경시변화

- 양산공정을 개발하기 위하여, 소형 용기에 정제수 4.5L에 활성칼슘 분말 500g을 투입한 후 식품첨가물로 사용되고 있는 분산제(SFA)를 1~30g까지 투입하여 교반기로 10분간 혼합한 8군을 제조하여 약 100일 동안 상온에 보관한 후, 바닥에 EC 입자들끼리 응고하는 정도와 시료를 손으로 2~3차례 흔들었을 때 얼마나 잘 분산되어 균질한 용액이 되는 것인지를 경시변화 실험을 수행함.
- 향후 5,000L Tank에 상기 액상을 조제하여 450ml 용기에 소분하여 제품화할 것임.

Table 7-1. 양산 공정을 개발하기 위한 경시변화 분석

<시료 제조일 : 2017년 8월 1일, 실험 완료일 : 2017년 10월 15일>

투입량(g/5L)	1g	2g	4g	8g
완료일 사진				

[SFA 1~4g 첨가 시료] : 시료들에서 바닥에 침전물이 다량 발생하고 응고하는 현상 발생

투입량(g/5L)	10g	15g	20g	30g
완료일 사진				

[SFA 10~30g 첨가 시료] : 5L 당 분산제 10g 이상을 첨가할 때 전 시료들이 잘 분산됨

## (2) 활성칼슘 투입량 확정

- 정제수 1L에 100g의 활성칼슘을 넣는 것으로 제품기준을 잡음.
- 이 투입량은 10ml의 액상제품으로 1L의 물에 사용하여 채소/과일을 세정할 때 살균효과가 충분히 발휘될 수 있는 농도임.

## (3) 제품규격 확정

- 450ml push형 용기에 정제수 405ml과 활성칼슘 45g, 분산제 1g의 내용물이 함유되는 액상 제품 개발완료. 채소/과일 세정용으로 사용하는 물 1L에 1회 사용량이 10ml 정도가 되어 1병당 제품사용 횟수는 50회 정도가 될 수 있도록 제품규격을 설계함.

### 요약

#### 1. 분산제 확산이 용이한 액상 활성칼슘을 제조를 위한 첨가제 탐색

- 분말을 액상에 넣어서 분산시키는데 많이 사용하고 있는 식품첨가물 종류 중 폴리인산나트륨(Sodium Tripolyphosphate), 아라비아검, 잔탄검, 구아검 등으로 분말 활성칼슘을 정제수에 혼합하고 교반하는 시험을 수행하여 가장 효과적인 첨가제(SFA)를 선정함.

#### 2. 활성칼슘의 투입량 확정 및 제품 규격 확정

- 450ml push형 용기에 정제수 405ml과 활성칼슘 45g, 분산제 1g의 내용물이 함유되는 액상제품 개발완료. 채소/과일 세정용으로 사용하는 물 1L에 1회 사용량이 10ml 정도가 되어 1병당 제품사용 횟수는 50회 정도가 될 수 있도록 제품규격을 설계함.



[개발 제품]

- 이에, 투명한 상태의 액상 활성칼슘의 제조에는, 1리터의 순수수에 2g의 활성칼슘 분말을 용해하여 3차례 Filtering하는 공정을 설정함.

\* 공인인증기관의 시험성적서 등 기술개발결과물의 객관적 증빙자료

(1) 순도 및 중금속 검사

○ 검사기관 : 경기도 보건환경연구원

○ 총 시험 횟수 : 12회

(2) 이물질 검사

○ 검사기관 : 한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구소

○ 총 시험 횟수 : 9회

검사항목	기준	분석 결과치(12차례 평균)	단위
함량	95.0이상 100.5이하	96.1	%
강열감량	10.0이하	4.9	%
알칼리 또는 마그네슘	1.5이하	1.0	%
산불용물	1.0이하	0.5	%
비소	4이하	12차례 전부 적합	ppm
바륨	0.03이하	12차례 전부 적합	%
납	2.0이하	12차례 전부 불검출	ppm
이물	10.0mg/kg 미만	9차례 전부 적합	적합

[순도 및 중금속 검사]



경기도보건환경연구원



수 신 자: 경기도 화성시 삼천병마로518-26 구자준  
(경유)  
제 목: 시험·검사성적서

접 수 번 호	1261500015-01	접 수 일	2015-01-13	검 사 목 적	자가품질위탁검사용
검 체 명	액티칼FOD			식품유형(재질)	산화칼슘
제 조 원	에코바이오텍(주)			시 험 방 법	식품첨가물공전
의뢰자	구자준	소 재 지	경기도 화성시 삼천병마로 518-26		
제 조 일	20150108	유통 기 한		검 사 완 료 일	2015-01-30

검사항목	기준	결과	단위
강열광량	10.0 이하	6.6	%
순도시험:1)알칼리 또는 마그네슘	1.5 이하	0.8	%
순도시험:2)산불용물	1.0 이하	0.6	%
순도시험:3)비소	4 이하	적합	ppm
순도시험:4)바륨	0.03 이하	적합	%
순도시험:5)납	2.0 이하	불검출	ppm
함량	95.0 이상100.5 이하	95.6	%
확인시험	적합	적합	-
판정	적합 : 『판정은 의뢰된 상시시험 항목에 한함』		

「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제11조제2항 및 같은 법 시행규칙 제12조 제4항제1호에 따라 위와 같이 시험·검사성적서를 발급합니다.

경기도보건환경연구원장



주무관 임경숙      첨가물분석팀장 김종화      보건연구부장 윤미혜  
 협조자      보건연구부-1465      2015-01-30  
 우 440-290 경기도 수원시 장안구 파장천로 95(파장동) / http://gihe.gg.go.kr  
 전화 031-250-2578      FAX 031-888-0437      사용자 polim23@gg.go.kr



# 경기도보건환경연구원



수신자: 경기도 화성시 삼천병마로518-26 구자준

(경유)

제목: 시험·검사성적서

접수번호	1261500340-01	접수일	2015-07-31	검사목적	자가품질위탁검사용
검체명	액티칼FOD			식품유형(재질)	산화칼슘
제조사	에코바이오텍(주)			시험방법	식품첨가물공전
의뢰자	구자준	소재지	경기도 화성시 삼천병마로 518-26		
제조일	20150728	유통기한		검사완료일	2015-08-21

검사항목	기준	결과	단위
강열감량	10.0 이하	6.5	%
순도시험:1)알칼리 또는 마그네슘	1.5 이하	1.4	%
순도시험:2)산불용물	1.0 이하	0.5	%
순도시험:3)비소	4 이하	적합	ppm
순도시험:4)바륨	0.03 이하	적합	%
순도시험:5)납	2.0 이하	불검출	ppm
함량	95.0 이상100.5 이하	95.9	%
확인시험	적합	적합	-
판정	적합 : 『판정은 의뢰된 상시실험 항목에 한함』		

「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제11조제2항 및 같은 법 시행규칙 제12조 제4항제1호에 따라 위와 같이 시험·검사성적서를 발급합니다.

경기도보건환경연구원장



주무관                    김기유                    첨가물분석팀장                    김종화                    보건연구부장                    윤미혜  
 협조자  
 시행    보건연구부-12428                    2015-08-21  
 우 16205 경기도 수원시 장안구 파장천로 95(파장동) / http://gihe.gg.go.kr  
 전화    031-250-2576                    FAX    031-888-0437                    사용자    kimkiyu@gg.go.kr



# 경기도보건환경연구원



수신자: 경기도 화성시 삼천병마로518-26 구자준

(경유)

제목: 시험·검사성적서

접수번호	1261500015-02	접수일	2015-01-13	검사목적	자가품질위탁검사용
검체명	산화칼슘	식품유형(재질)		산화칼슘	
제조원	에코바이오텍(주)	시험방법		식품첨가물공전	
의뢰자	구자준	소재지	경기도 화성시 삼천병마로 518-26		
제조일	20150107	유통기한		검사완료일	2015-01-30

검사항목	기준	결과	단위
강열감량	10.0 이하	4.2	%
순도시험:1)알칼리 또는 마그네슘	1.5 이하	0.7	%
순도시험:2)산불용물	1.0 이하	0.3	%
순도시험:3)비소	4 이하	적합	ppm
순도시험:4)바륨	0.03 이하	적합	%
순도시험:5)납	2.0 이하	불검출	ppm
함량	95.0 이상100.5 이하	95.9	%
확인시험	적합	적합	-
판정	적합 : 『판정은 의뢰된 상기시험 항목에 한함』		

「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제11조제2항 및 같은 법 시행규칙 제12조 제4항제1호에 따라 위와 같이 시험·검사성적서를 발급합니다.



## 경기도보건환경연구원장

주무관                    임경숙                    첨가물분석팀장                    김종화                    보건연구부장                    윤미혜

협조자

시행    보건연구부-1465                    2015-01-30

우 440-290 경기도 수원시 장안구 파장천로 95(파장동) / <http://gihe.gg.go.kr>

전화    031-250-2578                    FAX    031-888-0437                    사용자    polim23@gg.go.kr





문서확인번호 : DSQK-M472-TQ1K-LHE0

## 시험 · 검사성적서

발행번호	R20170328-0001		접수번호	170100493-001
검사완료일	2017-03-28		접수연월일	2017-03-06
제품명	액티칼 FOD(ACTICAL FOD)			
(품목)제조번호		품목제조신고번호	200303646397	
유형 · 재질 · 품목명	산화칼슘,산화칼슘			
제조(수입)일	2017-02-27	유통(품질유지)기한		
의뢰자	성명	구자준	업체명	에코바이오텍(주)
	소재지	(18533)경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26		
제조원	업체명	에코바이오텍(주)	제조국	
	소재지	경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26		
시험 · 검사목적	식품   자가품질위탁검사			

### 시험 · 검사 항목 및 결과

시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
함량(%)	95.0~100.5	97.3	적합	
확인시험	적합	적합	적합	
산불용물(%)	1.0이하	0.2	적합	
알칼리 또는 마그네슘(%)	3.6이하	1.3	적합	
비소(ppm)	4이하(아비산으로서)	2	적합	
바륨(%)	0.03이하	적합	적합	
납(ppm)	2.0이하	불검출	적합	
강열감량(%)	10.0이하	7.9	적합	



※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.  
또한, 문서하단의 바코드로도 진위확인(스캐너용 문서확인프로그램)을 하실 수 있습니다.

Page 1 of 2





문서확인번호 : 2SZI-OALR-YZUH-RODJ

### 시험 · 검사성적서

발행번호		R20170328-0002		접수번호	170100493-002
검사완료일		2017-03-28		접수연월일	2017-03-06
제품명		산화칼슘			
(품목)제조번호		품목제조신고번호		200303646398	
유형 · 재질 · 품목명		산화칼슘,산화칼슘			
제조(수입)일		2017-03-02		유통(품질유지)기한	
의뢰자	성명	구자준		업체명 에코바이오텍(주)	
	소재지	(18533)경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26			
	전화번호:		팩스번호:		전자우편:
제조원	업체명	에코바이오텍(주)		제조국	
	소재지	경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26			
시험 · 검사목적		식품   자가품질위탁검사			

#### 시험 · 검사 항목 및 결과

시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고
함량(%)	95.0~100.5	98.2	적합	
확인시험	적합	적합	적합	
산불용물(%)	1.0이하	0.4	적합	
알칼리 또는 마그네슘(%)	3.6이하	1.0	적합	
비소(ppm)	4이하(아비산으로서)	2	적합	
비롬(%)	0.03이하	적합	적합	
납(ppm)	2.0이하	불검출	적합	
강열감량(%)	10.0이하	6.6	적합	



\* 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다. 또한, 문서하단의 바코드로도 진위확인(스캐너용 문서확인프로그램)을 하실 수 있습니다.



## 시험 · 검사성적서

발행번호		R20170908-0029		접수번호		170102119-002			
검사완료일		2017-09-08		접수연월일		2017-08-17			
제품명		산화칼슘							
(품목)제조번호				품목제조신고번호		200303646398			
유형 · 재질 · 품목명		산화칼슘							
제조(수입)일		2017-08-11		유통(품질유지)기한		2020-08-10			
의뢰자	성명	구자준		업체명				에코바이오텍(주)	
	소재지	(18533)경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26							
		전화번호:		팩스번호:		전자우편:			
제조사	업체명	에코바이오텍(주)			제조국				
	소재지	경기도 화성시 삼천병마로 518-26							
시험 · 검사목적		식품   자가품질위탁검사							
시험 · 검사 항목 및 결과									
시험 · 검사 항목		시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고				
함량(%)		95.0~100.5	97.9	적합					
확인시험		적합	적합	적합					
산불용물(%)		1.0이하	0.3	적합					
알칼리 또는 마그네슘(%)		3.6이하	1.5	적합					
비소(ppm)		4이하(아비산으로서)	0	적합					
바륨(%)		0.03이하	0.03이하	적합					
납(ppm)		2.0이하	불검출	적합					
강열감량(%)		10.0이하	6.7	적합					

※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.  
또한, 문서하단의 바코드로도 진위확인(스캐너용 문서확인프로그램)을 하실 수 있습니다.



문서확인번호 : KZZU-FGVO-RZWC-XE6B

## 시험 · 검사성적서

발행번호		R20170908-0028		접수번호	170102119-001	
검사완료일		2017-09-08		접수연월일	2017-08-17	
제품명		액티칼 FOD(ACTICAL FOD)				
(품목)제조번호			품목제조신고번호		200303646397	
유형 · 재질 · 품목명		산화칼슘				
제조(수입)일		2017-08-16	유통(품질유지)기한	2020-08-15		
의뢰자	성명	구자준	업체명	에코바이오텍(주)		
	소재지	(18533)경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26				
		전화번호:	팩스번호:	전자우편:		
제조원	업체명	에코바이오텍(주)		제조국		
	소재지	경기도 화성시 삼천병마로 518-26				
시험 · 검사목적		식품   자가품질위탁검사				
<h3>시험 · 검사 항목 및 결과</h3>						
시험 · 검사 항목		시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고	
함량(%)		95.0~100.5	97.1	적합		
확인시험		적합	적합	적합		
산불용물(%)		1.0이하	0.4	적합		
알칼리 또는 마그네슘(%)		3.6이하	1.6	적합		
비소(ppm)		4이하(아비산으로서)	0	적합		
바륨(%)		0.03이하	0.03이하	적합		
납(ppm)		2.0이하	불검출	적합		
강열감량(%)		10.0이하	6.2	적합		

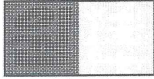


※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.  
 또한, 문서하단의 바코드로도 진위확인(스캐너용 문서확인프로그램)을 하실 수 있습니다. Page 1 of 2

[이물질 검사]



문서번호 : ØVWG-7J39-3WKG-DCE1



검사성적서

발급번호 : R20150902-0078

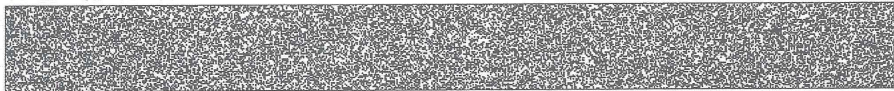
접수번호 : 2015080020328-0001

제품명	고활성칼슘(High Activated Calcium)			식품유형	기타가공품
업체명	에코바이오택주식회사			대표자	구자준
업체주소	경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26				
제조번호	제조일자	2015-08-21	유통기한	2018-08-20	
검사목적	자가품질 위탁검사용(식품)	접수일자	2015-08-27	완료일자	2015-09-02
시험 항목 및 결과					
시험항목	기준		결과		항목판정
이물	이물:적합, 금속성이물:식품중 10.0mg/kg미만, 크기 2.0mm미만		이물:적합, 금속성이물:4.9mg/kg		적합
<p>판정 : 적합</p> <p style="text-align: right;">검사자 : 이승국</p> <p style="text-align: right;">책임자 : 최영내, 정석운, 김희재</p> <p>비고 :</p> <p>※ 상기판정은 의뢰된 시험항목에 한함</p> <p>※ 이 성적은 제출된 검체에 한하며, 의뢰목적 이외의 상품 선전 및 상업용에 사용할 수 없음.</p> <p style="text-align: center;">&lt;식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률&gt; 제11조 제2항 및 같은법 시행규칙 제12조 제4항에 따라 위와 같이 시험·검사성적서를 발급합니다.</p> <p style="text-align: right;">2015년09월02일</p> <p style="text-align: center;">한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구원</p>					

137-850 서울시 서초구 영달로 41(방배동)

TEL : 02)3470-8200

FAX : 02)523-2072





# 검사 성적서

발급번호 : R20160122-0011

접수번호 : 2016010020208-0001

제품명	고활성칼슘(High Activated Calcium)			식품유형	기타가공품
업체명	에코바이오텍주식회사			대표자	구자준
업체주소	경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26				
제조번호		제조일자	2016-01-15	유통기한	2019-01-14
검사목적	자가품질 위탁검사용(식품)	접수일자	2016-01-19	완료일자	2016-01-22

## 시험 항목 및 결과

시험항목	기준	결과	항목판정
이물	이물:적합, 금속성이물:식품중 10.0mg/kg미만, 크기 2.0mm미만	이물: 적합, 금속성이물: 불검출	적합

판정 : 적합

검사자 : 정유민

책임자 : 최영내, 신현성, 김희재



비고 :

\* 상기판정은 의뢰된 시험항목에 한함

\* 이 성적은 제출된 검체에 한하며, 의뢰목적 이외의 상품 선전 및 상업용에 사용할 수 없음.

<식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률>  
제11조 제2항 및 같은법 시행규칙 제12조 제4항에 따라 위와 같이 시험·검사성적서를 발급합니다.

2016년01월22일

한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구원







# 시험 · 검사성적서

발행번호	R20170802-0029		접수번호	170113243-001	
검사완료일	2017-08-02		접수연월일	2017-07-24	
제품명	고활성 칼슘(High Activated Calcium)				
(품목)제조번호			품목제조신고번호	2004036419911	
유형 · 재질 · 품목명	기타가공품				
제조(수입)일	2017-07-19	유통(품질유지)기한	2020-07-18		
의뢰자	성명	구자준	업체명	에코바이오텍주식회사	
	소재지	(18533)경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26 전화번호:                              팩스번호:                              전자우편:			
제조원	업체명			제조국	
	소재지				
시험 · 검사목적	식품   자가품질위탁검사				
시험 · 검사 항목 및 결과					
시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고	
이물	이물 : 적합, 금속성이물 : 식품 중 10.0 mg/kg 미만, 크기 2.0 mm 미만	이물 : 적합, 금속성이물 : 불검출	적합		

종합판정 : 적합

시험검사원 : 신희준

시험검사책임자 : 교수연, 김희재, 최영내



비고 :

※ 위 판정은 의뢰된 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.  
※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과란은 별지로 작성 가능합니다.  
※ 검사결과를 광고하거나 용기 · 포장 등에 표시할 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

「식품 · 의약품분야 시험 · 검사 등에 관한 법률」 제11조제2항 및 같은 법 시행규칙 제12조제4항제1호에 따라 위와 같이 시험 · 검사성적서를 발급합니다.

2017년08월02일

한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구원

16001 경기도 의정부시 북들로 50 (도일동, 한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구원)

T:02-3470-8212

F:02-3471-3492





### 시험 · 검사성적서

발행번호	R20171101-0079	접수번호	170119065-001		
검사완료일	2017-11-01	접수연월일	2017-10-26		
제품명	고활성 칼슘(High Activated Calcium)				
(품목)제조번호		품목제조신고번호	2004036419911		
유형 · 재질 · 품목명	기타가공품				
제조(수입)일	2017-10-20	유통(품질유지)기한	2020-10-19		
의뢰자	성명	구자준	업체명	에코바이오택주식회사	
	소재지	(18533)경기도 화성시 팔탄면 삼천병마로 518-26			
제조원	업체명		전화번호:	팩스번호:	전자우편:
	소재지		제조국		
시험 · 검사목적	식품   자가품질위탁검사				
시험 · 검사 항목 및 결과					
시험 · 검사 항목	시험 · 검사 기준	시험 · 검사 결과	판정	비고	
이물	이물 : 적합, 금속성이물 : 식품 중 10.0 mg/kg 미만, 크기 2.0 mm 미만	이물 : 적합, 금속성이물 : 불검출	적합		

종합판정 : 적합

시험검사원 : 신희준

시험검사책임자 : 고수연, 김희재, 최영내



비고 :

※ 위 판정은 의뢰된 시험 · 검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.  
 ※ 지면이 부족한 경우 시험 · 검사 항목 및 결과란은 별지로 작성 가능합니다.  
 ※ 검사결과를 광고하거나 용기 · 포장 등에 표시할 때에는 시험 · 검사성적서 전체 내용을 모두 표시하여야 합니다.

「식품 · 의약품분야 시험 · 검사 등에 관한 법률」 제11조제2항 및 같은 법 시행규칙 제12조제4항제1호에 따라 위와 같이 시험 · 검사성적서를 발급합니다.

2017년11월01일

### 한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구원



16001 경기도 의왕시 봇들로 50 (포일동, 한국식품산업협회 부설 한국식품과학연구원)

T:02-3470-8212

F:02-3471-3492



※ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.  
 또한, 문서하단의 바코드로도 진위확인(스캐너용 문서확인프로그램)을 하실 수 있습니다. <http://lims.mfds.go.kr> Page 1 of 1

(3) 활성칼슘의 나노화 공정 연구 및 Size 측정 - 최종 3.774 $\mu$ m로 나노화 양산공정개발 완성



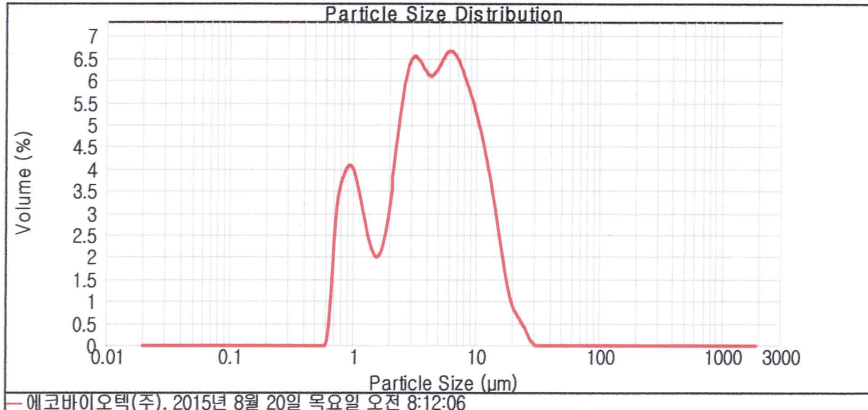
**Result Analysis Report**

**Sample Name:** 에코바이오텍(주)      **SOP Name:**      **Measured:** 2015년 8월 20일 목요일 오전 8:12:06  
**Sample Source & type:**      **Measured by:** USER      **Analysed:** 2015년 8월 20일 목요일 오전 8:12:07  
**Sample bulk lot ref:**      **Result Source:** Measurement

**Particle Name:** Fraunhofer      **Accessory Name:** Hydro 2000SM (A)      **Analysis model:** Single narrow mode      **Sensitivity:** Enhanced  
**Particle RI:** 0.000      **Absorption:** 0      **Size range:** 0.020 to 2000.000  $\mu$ m      **Obscuration:** 17.92 %  
**Dispersant Name:** Water      **Dispersant RI:** 1.330      **Weighted Residual:** 81.587 %      **Result Emulation:** Off

**Concentration:** 0.0077 %Vol      **Span :** 2.530      **Uniformity:** 0.778      **Result units:** Volume  
**Specific Surface Area:** 2.19 m<sup>2</sup>/g      **Surface Weighted Mean D[3,2]:** 2.745  $\mu$ m      **Vol. Weighted Mean D[4,3]:** 5.645  $\mu$ m

**d(0.1): 1.031  $\mu$ m**      **d(0.5): 4.331  $\mu$ m**      **d(0.9): 11.989  $\mu$ m**



에코바이오텍(주), 2015년 8월 20일 목요일 오전 8:12:06

Size ( $\mu$ m)	Volume In %	Size ( $\mu$ m)	Volume In %	Size ( $\mu$ m)	Volume In %	Size ( $\mu$ m)	Volume In %	Size ( $\mu$ m)	Volume In %	Size ( $\mu$ m)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	2.91	11.482	3.86	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	2.18	13.183	3.02	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	1.81	15.136	2.05	158.489	0.00	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	2.08	17.378	1.16	181.970	0.00	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	2.99	19.953	0.57	208.930	0.00	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	4.24	22.909	0.43	239.863	0.00	2511.866	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	5.33	26.303	0.11	275.423	0.00	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	5.87	30.200	0.00	316.228	0.00	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	5.82	34.674	0.00	363.078	0.00	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	5.56	39.811	0.00	416.869	0.00	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	5.54	45.709	0.00	478.630	0.00	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	5.80	52.481	0.00	549.541	0.00	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	6.01	60.256	0.00	630.957	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	1.17	6.607	5.90	69.183	0.00	724.436	0.00	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	3.17	7.586	5.53	79.433	0.00	831.764	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	3.63	8.710	5.08	91.201	0.00	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	3.56	10.000	4.54	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	3.56	11.482		120.226	0.00	1258.925	0.00		

**Operator notes:**  
 Malvern Instruments Ltd.  
 Malvern, UK  
 Tel : +441 (0) 1684-892456 Fax +441 (0) 1684-892789

Mastersizer 2000 Ver. 5.40  
 Serial Number : 34264-145

File name: Examples  
 Record Number: 3333  
 20 8 2015 오전 8:13:36





# MASTERSIZER 2000

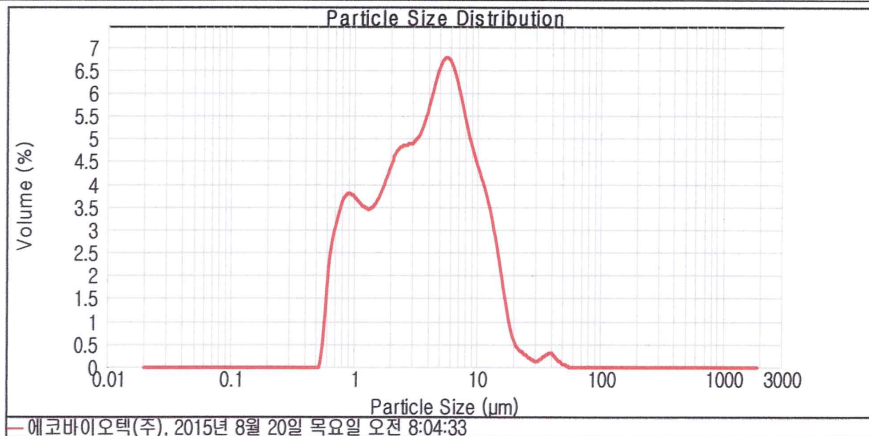
## Result Analysis Report

**Sample Name:** 에코바이오텍(주)      **SOP Name:**      **Measured:** 2015년 8월 20일 목요일 오전 8:04:33  
**Sample Source & type:**      **Measured by:** USER      **Analysed:** 2015년 8월 20일 목요일 오전 8:04:34  
**Sample bulk lot ref:**      **Result Source:** Measurement

**Particle Name:** Fraunhofer      **Accessory Name:** Hydro 2000SM (A)      **Analysis model:** Single narrow mode      **Sensitivity:** Enhanced  
**Particle RI:** 0.000      **Absorption:** 0      **Size range:** 0.020 to 2000.000 um      **Obscuration:** 20.73 %  
**Dispersant Name:** Water      **Dispersant RI:** 1.330      **Weighted Residual:** 78.949 %      **Result:** Off

**Concentration:** 0.0079 %Vol      **Span :** 2.660      **Uniformity:** 0.865      **Result units:** Volume  
**Specific Surface Area:** 2.49 m<sup>2</sup>g      **Surface Weighted Mean D[3,2]:** 2.406 um      **Vol. Weighted Mean D[4,3]:** 5.363 um

**d(0.1): 0.947 um      d(0.5): 3.963 um      d(0.9): 11.490 um**



에코바이오텍(주), 2015년 8월 20일 목요일 오전 8:04:33

Size (um)	Volume in %	Size (um)	Volume in %	Size (um)	Volume in %	Size (um)	Volume in %	Size (um)	Volume in %	Size (um)	Volume in %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	3.18	11.482	3.33	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	3.12	13.183	2.64	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	3.28	15.136	1.74	158.489	0.00	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	3.63	17.378	0.85	181.970	0.00	1805.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	4.02	19.953	0.40	208.930	0.00	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	4.29	22.909	0.26	239.883	0.00	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	4.39	26.303	0.15	275.423	0.00	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.894	4.43	30.200	0.13	316.228	0.00	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	4.63	34.674	0.23	363.078	0.00	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	5.07	39.811	0.08	416.869	0.00	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	5.64	45.709	0.06	478.630	0.00	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	6.05	52.481	0.00	549.541	0.00	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	6.04	60.256	0.00	630.957	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	1.10	6.607	5.59	69.183	0.00	724.436	0.00	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	2.56	7.586	4.92	79.433	0.00	831.764	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	3.14	8.710	4.32	91.201	0.00	954.983	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	3.42	10.000	3.83	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	3.34	11.482		120.226	0.00	1258.925	0.00		

**Operator notes:**  
 Malvern Instruments Ltd.  
 Malvern, UK  
 Tel : +441 (0) 1684-892456 Fax +441 (0) 1684-892789

Mastersizer 2000 Ver. 5.40  
 Serial Number : 34264-145

File name: Examples  
 Record Number: 3328  
 20 8 2015 오전 8:07:00



# MASTERSIZER 2000

## Result Analysis Report

<b>Sample Name:</b> 대금강이오름	<b>SOP Name:</b>	<b>Measured:</b> 2016년 9월 22일 목요일 오전 10:39:53
<b>Sample Source &amp; type:</b>	<b>Measured by:</b> LJSEB	<b>Analysed:</b> 2016년 9월 22일 목요일 오전 10:39:54
<b>Sample bulk lot ref:</b>	<b>Result Source:</b> Measurement	

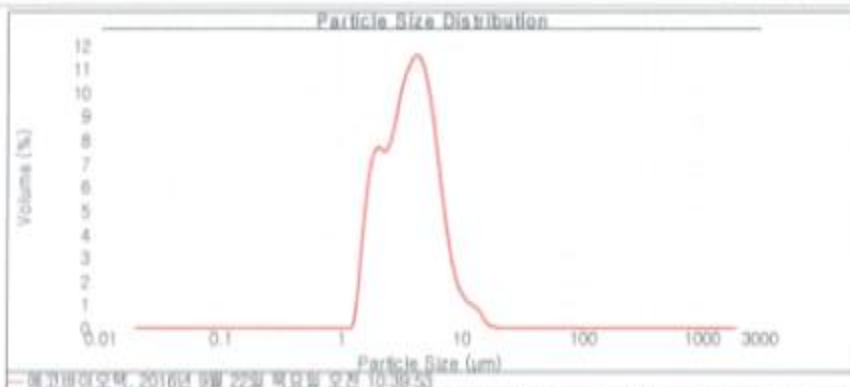
  

<b>Particle Name:</b> Default	<b>Accessory Name:</b> Hydro 2000SM (A)	<b>Analysis model:</b> Single narrow mode	<b>Sensitivity:</b> Enhanced
<b>Particle RI:</b> 1.520	<b>Absorption:</b> 0.1	<b>Size range:</b> 0.020 to 2000.000 um	<b>Obscuration:</b> 4.43 %
<b>Dispersant Name:</b> Ethanol	<b>Dispersant RI:</b> 1.360	<b>Weighted Residual:</b> 82.911 %	<b>Result Emulation:</b> Off

<b>Concentration:</b> 0.0019 %Vol	<b>Span:</b> 1.369	<b>Uniformity:</b> 0.443	<b>Result units:</b> Volume
<b>Specific Surface Area:</b> 1.82 m <sup>2</sup> /g	<b>Surface Weighted Mean D[3,2]:</b> 3.303 um	<b>Vol. Weighted Mean D[4,3]:</b> 4.243 um	

d(0.1): 1.872 um      d(0.5): 3.774 um      d(0.9): 7.037 um



Bin (um)	Volume (%)	Bin (um)	Volume (%)	Bin (um)	Volume (%)	Bin (um)	Volume (%)	Bin (um)	Volume (%)
0.000	0.00	0.300	0.00	1.200	0.00	4.800	0.00	19.200	0.00
0.010	0.00	0.310	0.00	1.210	0.00	4.810	0.00	19.210	0.00
0.020	0.00	0.320	0.00	1.220	0.00	4.820	0.00	19.220	0.00
0.030	0.00	0.330	0.00	1.230	0.00	4.830	0.00	19.230	0.00
0.040	0.00	0.340	0.00	1.240	0.00	4.840	0.00	19.240	0.00
0.050	0.00	0.350	0.00	1.250	0.00	4.850	0.00	19.250	0.00
0.060	0.00	0.360	0.00	1.260	0.00	4.860	0.00	19.260	0.00
0.070	0.00	0.370	0.00	1.270	0.00	4.870	0.00	19.270	0.00
0.080	0.00	0.380	0.00	1.280	0.00	4.880	0.00	19.280	0.00
0.090	0.00	0.390	0.00	1.290	0.00	4.890	0.00	19.290	0.00
0.100	0.00	0.400	0.00	1.300	0.00	4.900	0.00	19.300	0.00
0.110	0.00	0.410	0.00	1.310	0.00	4.910	0.00	19.310	0.00
0.120	0.00	0.420	0.00	1.320	0.00	4.920	0.00	19.320	0.00
0.130	0.00	0.430	0.00	1.330	0.00	4.930	0.00	19.330	0.00
0.140	0.00	0.440	0.00	1.340	0.00	4.940	0.00	19.340	0.00
0.150	0.00	0.450	0.00	1.350	0.00	4.950	0.00	19.350	0.00
0.160	0.00	0.460	0.00	1.360	0.00	4.960	0.00	19.360	0.00
0.170	0.00	0.470	0.00	1.370	0.00	4.970	0.00	19.370	0.00
0.180	0.00	0.480	0.00	1.380	0.00	4.980	0.00	19.380	0.00
0.190	0.00	0.490	0.00	1.390	0.00	4.990	0.00	19.390	0.00
0.200	0.00	0.500	0.00	1.400	0.00	5.000	0.00	19.400	0.00

**Operator notes:**

Mettler 2000 (default) 1.32  
 Revision: 1.0  
 Tel: +44 (0) 1462 767666 Fax: +44 (0) 1462 767666

MasterSizer 2000 ver. 5.20  
 Soft. part Number: 84354-102

File name: 6498788  
 Report Number: 000  
 15.9.2016 10:41:00

(4) 양산 활성칼슘의 pH와 CD, ORP의 비교연구(활성칼슘 vs 나노화칼슘)

- 각 시료 항목

시료 이름	비고
Koptri-1632526-1	활성칼슘 용액(원액)
Koptri-1632526-2	나노화 활성칼슘 용액(원액)
Koptri-1632526-3	나노화 활성칼슘 용액(100배액)
Koptri-1632526-4	나노화 활성칼슘 용액(20배액)
Koptri-1632526-5	나노화 활성칼슘 용액(10배액)

한국고분자시험연구소 www.polymer.co.kr

표 2. 결과정리

시료이름	분석항목	단위	분석방법	검출한계	분석결과
Koptri-1632526-1	pH	없음	pH meter	0.01	12.51
	전기전도도	mS	Conductivity meter	0.001	3.26
	ORP	mV	ORP meter	1	-34
Koptri-1632526-2	pH	없음	pH meter	0.01	13.00
	전기전도도	mS	Conductivity meter	0.001	8.59
	ORP	mV	ORP meter	1	-47
Koptri-1632526-3	pH	없음	pH meter	0.01	11.09
	전기전도도	mS	Conductivity meter	0.001	0.165
	ORP	mV	ORP meter	1	74
Koptri-1632526-4	pH	없음	pH meter	0.01	12.07
	전기전도도	mS	Conductivity meter	0.001	0.888
	ORP	mV	ORP meter	1	7
Koptri-1632526-5	pH	없음	pH meter	0.01	12.48
	전기전도도	mS	Conductivity meter	0.001	1.358
	ORP	mV	ORP meter	1	-9

Note)

a) mS : Milli-Siemens

b) ORP : Oxidation-Reduction Potential (산화환원전위)

이 상

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사경험의 없이 발송. 선전 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

4/13

Koptri\_1632526\_매교바이오택셀\_활성칼슘제의 수질분석 결과보고서

## 2. 연구기관

주소: 서울특별시 성북구 화랑로 18 가길 21(상월국동)

국재공인시험기관 한국고분자시험연구소(주)

분석자: 김주연 서명: Juyeon Kim

Tel: +82-70-8765-7937, Fax: +82-2-963-2587, e-mail: juyeon.kim@polymer.co.kr

분석자: 박해민 서명: Haemin Park

Tel: +82-70-8859-7839, Fax: +82-2-963-2587, e-mail: heamin.park@polymer.co.kr

분석자: 우병구 서명: Byunggu Woo

Tel: +82-70-8859-7839, Fax: +82-2-963-2587, e-mail: byunggu.woo@polymer.co.kr

기술책임자: 정기봉 서명: Kiwoong Jung

Tel: +82-70-8765-5299, Fax: +82-2-963-2587, e-mail: kiwoong.jung@polymer.co.kr

품질책임자: 성진희 서명: Jinny Sung

Tel: +82-70-8859-7838, Fax: +82-2-963-2587, e-mail: jinny.sung@polymer.co.kr

한국고분자시험연구소㈜는 성분분석/특수물성/맞춤분석 전문연구소입니다. 이러한 연구용역을 전문적으로 수행하기 위해서, 저희는 저희 연구장비뿐만 아니라 필요하면 국내외 연구기관의 모든 연구장비를 활용하여 분석/시험/연구를 수행하고, 그 결과를 연구보고서로 제공하고 있습니다. 보다 신뢰할 수 있는 연구결과를 제공하기 위하여, 가능한 기기의 분석조건과 Raw data 를 함께 제공해드리려고 노력하고 있습니다. 앞으로도 귀사의 연구개발, 품질관리를 위하여 저희는 최선을 다하겠습니다. 감사합니다.

연구소장 물림

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사전협의 없이 방송, 선전 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

5/13

Kopbl\_1832526\_메코바이오텍㈜\_막상활용체의 수질분석 결과보고서

### 3. 분석방법

#### 3-1. pH 분석

- (1) 분석기기: Lutron, YK-2005WA
- (2) 분석범위: 0 ~ 14 pH
- (3) 분해능 : 0.01 pH
- (4) Calibration: pH 4, pH7, pH 10 (3 points calibration)
- (5) 분석온도 : 25 ℃

#### 3-2. 전기전도도 분석

- (1) 분석기기: Lutron 사, YK-2005WA
- (2) 분석범위: 0 ~ 200  $\mu$ S/cm ; 0.2 ~ 1.999 mS/cm ;  
2 ~ 19.99 mS/cm ; 20 ~ 200 mS/cm
- (3) 분해능 : 0.001 mS/cm ; 0.01 mS/cm
- (4) Calibration: 1.413 mS Conductivity calibration
- (5) 분석온도 : 25 ℃

#### 3-3. ORP 분석 (Oxidation-Reduction Potential)

- (1) 분석기기: Lutron 사 YK-2005WA
- (2) 분석범위: - 1 999 ~ 1 999 mV
- (3) 분해능 : 1 mV
- (4) Calibration: ORP Standard (257.6 mV at 25 ℃)
- (5) 분석온도 : 25 ℃

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사진촬영 없이 발송, 전전 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

6/13

Koptri\_1632526\_에코바이오락원\_역상일출재의 수질분석 결과보고서

4. 시험 결과

4-1. pH 측정

표 3. pH 측정 결과

시료이름	측정횟수	pH	평균 pH
Koptri-1632526-1	1	12.52	12.51
	2	12.54	
	3	12.48	
	SD	0.03	
	CV(%)	0.24	
Koptri-1632526-2	1	13.01	13.00
	2	13.03	
	3	12.97	
	SD	0.03	
	CV(%)	0.23	
Koptri-1632526-3	1	11.16	11.09
	2	11.11	
	3	10.99	
	SD	0.09	
	CV(%)	0.79	

Note)

a) SD : Standard deviation

b) CV : Coefficient of variation=(SD/average)\*100

(표 3 계속)

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사전협의 없이 방송, 선전 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

7/13

Koptri\_1632526\_에코바이오택원\_약상활성제의 수질분석 결과보고서

표 3. pH 분석 결과 (계속)

시료이름	측정횟수	pH	평균 pH
Koptri-1632526-4	1	12.06	12.07
	2	12.08	
	3	12.06	
	SD	0.01	
	CV(%)	0.10	
Koptri-1632526-5	1	12.48	12.48
	2	12.51	
	3	12.46	
	SD	0.03	
	CV(%)	0.20	

Note)

a) SD : Standard deviation

b) CV : Coefficient of variation=(SD/average)\*100

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사생활의 침해 방지, 선전 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

8/13

Koptri\_1632526\_에코바이오덕린\_역상활성제의 수질분석 결과보고서

4-2. 전기전도도 분석

표 4. 전기전도도 분석 결과

시료이름	측정횟수	전기전도도 (mS)	평균 전기전도도 (mS)
Koptri-1632526-1	1	3.27	3.26
	2	3.25	
	3	3.26	
	SD	0.01	
	CV(%)	0.31	
Koptri-1632526-2	1	8.60	8.59
	2	8.59	
	3	8.57	
	SD	0.02	
	CV(%)	0.18	
Koptri-1632526-3	1	0.165	0.165
	2	0.165	
	3	0.164	
	SD	0.001	
	CV(%)	0.351	

Note)

a) mS : Milli-Siemens

b) SD : Standard deviation

c) CV : Coefficient of variation=(SD/average)\*100

(표 4 계속)

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사전협의 없이 방송, 선전 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

9/13

Koptri\_1632526\_에코배이오덕㈜\_막상칼슘제의 수질분석 결과보고서



표 4. 전기전도도 분석 결과 (계속)

시료이름	측정횟수	전기전도도 (mS)	평균 전기전도도 (mS)
Koptri-1632526-4	1	0.888	0.888
	2	0.887	
	3	0.888	
	SD	0.001	
	CV(%)	0.065	
Koptri-1632526-5	1	1.364	1.358
	2	1.358	
	3	1.352	
	SD	0.006	
	CV(%)	0.442	

Note)

a) mS : Milli-Siemens

b) SD : Standard deviation

c) CV : Coefficient of variation=(SD/average)\*100

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사전협의 없이 방송, 선전 및 광고, 발적소송의 용도로 사용할 수 없습니다. 10/13

Koptri\_1632526\_메코바이오텍㈜\_막상활성제의 수질분석 결과보고서

4-3. ORP 분석

표 5. ORP 분석 결과

시료이름	측정횟수	ORP (mV)	평균 ORP (mV)
Koptri-1632526-1	1	-34	-34
	2	-34	
	3	-33	
	SD	0.58	
	CV(%)	-1.71	
Koptri-1632526-2	1	-48	-47
	2	-46	
	3	-46	
	SD	1.15	
	CV(%)	-2.47	
Koptri-1632526-3	1	73	74
	2	74	
	3	74	
	SD	0.58	
	CV(%)	0.78	

Note)

a) SD : Standard deviation

b) CV : Coefficient of variation=(SD/average)\*100

(표 5 계속)

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사전협의 없이 발송, 선전 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

11/13

Koptri\_1632526\_메코바이오택틴\_역상질순차의 수질분석 결과보고서

표 5. ORP 분석 결과(계속)

시료이름	측정횟수	ORP (mV)	평균 ORP (mV)
Koptri-1632526-4	1	7	7
	2	7	
	3	7	
	SD	0.00	
	CV(%)	0.00	
Koptri-1632526-5	1	-9	-9
	2	-8	
	3	-9	
	SD	0.58	
	CV(%)	-6.66	

Note)

a) SD : Standard deviation

b) CV : Coefficient of variation=(SD/average)\*100

주의사항) 본 시험보고서는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 시험보고서는 사전협의 없이 방송, 선전 및 광고, 범격소송의 용도로 사용할 수 없습니다.

12/13

Koptri\_1632526\_메크바이오텍㈜\_액상칼슘재의 수질분석 결과보고서

## 제8절 신선 농산물 품질변화 정보 입수 및 영양성분 및 생리활성 성분 분석

### 1. 연구의 필요성

#### (1) 선정된 6종 농산물의 수확 후 저장, 유통 중 품질 변화 요인 분석

##### 기존 선행 연구 조사 및 분석

- 선정된 6종 농산물인 사과, 감귤, 방울토마토, 상추, 시금치, 새싹채소의 수확 후 품질 변화 요인을 분석하기 위하여, 기존 선행 연구 문헌, 식품의약품안전처 및 국립농업과학원 등의 자료를 토대로 조사하였음.
- 신선 농산물의 경우, 국내에서는 특별한 살균 세척 공정을 거치지 않고 수확 후 바로 저장, 포장, 유통 등의 단계로 소비자에게 판매되고 있는 실정임.
- 이에 따라 이화학적, 관능적 변화에 따른 품질 손상보다 미생물학적 위해 요소에 의한 품질 변화로 인해 상품성이 낮아지는 문제가 있으며, 국립농업과학원에서는 각 농산물의 미생물 오염에 의한 질병에 대해 조사, 보고한 바 있음(Table 8-1).
- 식품의약품안전처의 국내 원인식품별 식중독 발생 현황(2001-2007) 자료에 의하면 육류, 난류, 어패류, 곡류, 유류, 채소류 중 채소류에 의한 식중독 발생 건수가 4번째로 높다고 보고되었음(Table 8-2).
- CSPI(Center for science in the public interest, 2007)에서 조사한 미국의 원인식품별 식중독 발생 현황(1990-2005) 자료에 의하면 FDA 관리 식품 중 수산물, 생선류와 더불어 농산물이 가장 높은 식중독 발생 원인식품으로 선정되었고, 식중독 환자 발생은 54,965명으로 모든 식품군 중 가장 높았음(Table 8-3).
- 또한, CSPI에서는 각 농산물에 대한 연도별 병원성균 발생 현황을 조사하였는데, 매년 신선 농산물에 *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Clostridium botulinum* 등의 대표적인 균을 포함하여 다양한 병원성 균이 오염된다고 보고한 바 있음(Table 8-4).
- 일본의 원인식품별 식중독 발생 현황(2001-2007) 자료에 따르면, 채소류 및 가공품에 의한 식중독 발생건수 및 환자발생수가 미국과 유사하게 매년 1-3번째 수준으로 높은 것으로 조사되었음(Table 8-5).
- 따라서 본 연구에서는 고수요, 고위험 작물로 선정된 농산물인 사과, 감귤, 방울토마토, 상추, 시금치, 새싹채소의 미생물학적 위해 요소 및 위해 수준을 선행 연구 결과를 통해 조사, 분석하였음.

Table 8-1. 미생물 오염에 따른 6종 농산물 발생 질병

작물명	발생 질병
<p>사과</p> <p>갈색무늬병, 잿빛곰팡이병, 부란병 등</p>	
<p>감귤</p> <p>검은무늬병, 녹색곰팡이병, 푸른곰팡이병, 그을음병 등</p>	
<p>방울토마토</p> <p>앞마름역병, 잿빛곰팡이병, 모자이크병, 궤양병, 잘룩병, 점무늬병 등</p>	
<p>시금치</p> <p>뿌리썩음병, 누른위조병, 노균병, 모자이크병, 시들음 병 등</p>	
<p>상추</p> <p>무름병, 균핵병, 노균병, 시들음병, 모자이크병 등</p>	
<p>새싹 채소</p>	<p>모자이크병, 노균병, 뿌리혹병 등</p>

출처: 농촌진흥청 국립농업과학원 (2015)

Table 8-2. 국내의 원인식품별 식중독 발생 현황(2001-2007)

연도	2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		총계	
	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수	건수	환자수	건수 (%)	환자수 (%)
육류 및 그 가공품	15	728	13	316	14	438	20	1,016	9	442	21	507	41	607	133 (9.9)	4,054 (7.5)
난류 및 그 가공품	0	0	3	55	2	485	1	6	7	343	0	0	2	82	15 (1.1)	971 (1.8)
어패류 및 그 가공품	17	494	11	384	21	372	18	419	19	415	41	1,211	108	1,473	235 (17.4)	4,768 (8.8)
곡류 및 그 가공품	3	569	15	481	36	3,394	22	1,276	13	1,339	29	848	39	1,056	167 (12.4)	8,916 (16.5)
유류 및 그 가공품	0	0	1	137	0	0	0	0	0	0	3	20	0	0	4 (0.3)	157 (0.3)
채소류 및 그 가공품	2	77	1	7	3	420	8	297	4	37	7	533	11	219	36 (2.7)	1,590 (2.9)

출처: 식품의약품안전처 (2009)

Table 8-3. 미국의 원인식품별 식중독 발생 현황(1990-2005)

FDA 관리 식품		
구분	건수	환자수
유제품	193	6,053
치즈	57	1,850
우유	67	1,788
기타 유제품	20	536
난류	352	11,224
계란	81	2,235
샐러드	225	9,844
샌드위치	142	3,703
농산물	713	34,049
과일	110	8,668
채소	343	12,248
수산물	1,053	10,415
생선류	661	3,344
조개류/연체류	165	3,535
기타 수산물	70	878
<b>FDA 합계</b>	<b>4,252</b>	<b>110,370</b>
USDA 관리 식품		
구분	건수	환자수
쇠고기	506	13,873
돼지고기	210	6,471
가금류	580	17,661
닭고기	233	4,630
칠면조고기	111	6,108
기타 가금류	7	114
<b>USDA 합계</b>	<b>1,647</b>	<b>48,857</b>
<b>총 합계</b>	<b>5,899</b>	<b>159,227</b>

출처: Center for science in the public interest(CSPI) (2007)

Table 8-4. 미국의 연도별 신선 농산물의 병원성 균 발생 현황

신선 농산물	병원성 균	연도	발생 건수
Sprouts, mung bean	<i>S. Enteritidis</i>	2000	75
Sprouts, mung bean	<i>S. Enteritidis</i>	2001	35
Lemon	<i>S. aureus</i>	2001	4
Lettuce	<i>E. coli</i> O157:H7	2004	6
Tomato	<i>Campylobacter</i> spp.	2004	13
Tomato	<i>S. Typhimurium</i>	2006	8
Spinach	<i>E. coli</i> O157:H7	2006	238
Lettuce, spinach	<i>S. Typhimurium</i>	2007	76
Sprouts, alfalfa	<i>L. monocytogenes</i>	2008	20
Lettuce	<i>E. coli</i> O157:H7	2009	16
Sprouts, alfalfa	<i>S. Typhimurium</i>	2009	14
cantaloupe	<i>L. monocytogenes</i>	2011	147
cucumber, tomato	<i>Salmonella enterica</i>	2011	14
sprouts	<i>Salmonella enterica</i>	2011	7
clover sprouts	<i>Salmonella enterica</i>	2011	7
alfalfa sprouts	<i>Salmonella enterica</i>	2011	27

출처: Center for science in the public interest(CSPI) (2015)



Table 8-5. 일본의 원인식품별 식중독 발생 현황(2001-2007)

원인식품	2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	건수	환자수 (사망자수)	건수	환자수 (사망자수)	건수	환자수 (사망자수)	건수	환자수 (사망자수)	건수	환자수 (사망자수)	건수	환자수 (사망자수)	건수	환자수 (사망자수)
어패류	187	2,737 (3)	174	2,407 (6)	139	1,718 (3)	147	1,334 (2)	114	963 (2)	80	772 (1)	68	831 (3)
육류 및 가공품	55	1,039	55	1,340	70	934	52	932	95	1,138	71	950	83	761
알류 및 가공품	34	441	22	300	22	366	13	504	14	433	7	158	8	482
유류 및 가공품	3	717	0	0	3	320	1	12	1	46	1	81	1	3
곡류 및 가공품	23	215	27	738	18	626	28	632	17	358	26	335	22	556
채소류 및 가공품	58	679 (1)	87	977 (1)	69	873 (2)	100	609 (1)	63	1,052 (4)	97	787 (2)	78	1,242 (2)

출처: Ministry of health, labour and welfare in Japan (2008)

국내·외 식중독 발생 및 관리동향 [농식품안전정보서비스 운영/관리사업] (2008)

## (2) 6종 농산물의 미생물 오염 수준 분석

- 고수요, 고위험 농산물로 선정된 사과, 감귤, 방울토마토, 시금치, 상추, 새싹채소의 미생물 오염 수준을 분석하기 위하여 기존 선행 연구 문헌을 조사하였음(Table 8-6~17).
- 선행 연구에서 사과 꼭지 부분의 미생물 수가 4.66-4.75 log CFU/g으로 검출되었고, 사과 꽃받침의 경우는 4.32-5.35 log CFU/g으로 측정되었음(Table 8-6).
- 이러한 결과는 사과와 같은 과일류는 줄기, 꼭지, 꽃받침과 같은 부분에서 과육부분으로 미생물이 교차 오염될 위험이 다분하며, 따라서 이를 제어하기 위한 기술이 필요하다는 것을 시사함.
- 이와 더불어 저온 저장 중 사과의 미생물 수가 다소 증가하였다는 연구 보고도 있음(Fig. 8-1).
- 이는 일반적인 농산물의 최적 저장 온도 조건인  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 로 저장하여도 초기 균수를 낮추지 못하면 저장 온도에 따른 미생물 성장 저해가 불가하다는 것을 보여주는 결과라고 생각됨.
- 국내 사과재배 지역의 토양, 작업자의 손, 장갑, 복장의 미생물 오염 수준 분석 결과, 다수의 미생물이 오염되어 있음이 확인됨(Table 8-7).
- 이러한 결과는 사과를 수확하는 작업 과정 중 작업자의 손과 장갑, 복장 등에서 미생물이 교차 오염될 가능성이 매우 높다는 것을 시사함.
- 따라서 농산물 수확 시 교차 오염의 위험을 낮추고, 수확 후 농산물의 초기 균수를 낮출 수 있는 대책 방안이 필요함.
- 감귤의 경우에도, 사과와 동일하게 초기 오염도가 매우 높았으며, 장기간 저장 동안 미생물 수가 크게 증가하여 안전성이 현저히 낮아짐이 확인되었음(Fig. 8-2).
- 방울토마토 또한 사과와 마찬가지로 꼭지 부분으로부터 과육으로 미생물 교차 오염이 발생할 가능성이 높은 농작물로 수확 후 방울토마토의 미생물학적 안전성을 확보하기 위한 처리 기술의 개발이 필요한 실정임(Table 8-8~10, Fig. 8-3~5).
- 시금치와 상추 같은 엽채류의 경우, 초기 미생물 오염 수준이 5-7 log CFU/g 수준으로 매우 높으며, 소비자에게 판매 전 세척을 함에도 충분한 균 감소가 이루어지지 않아 공정 중 재오염 및 재성장을 통해 미생물학적 안전성이 낮아짐이 확인되어 초기 균수를 확실하게 제어할 수 있는 기술 개발이 필요하다고 판단됨(Table 8-11~13, Fig. 8-6,7).
- 선행 연구 결과 분석 결과, 새싹채소가 선정된 6종 농산물 중 미생물 오염에 가장 취약하며, 따라서 새싹 채소의 초기 미생물 수를 낮출 수 있는 효과적인 처리 기술의 개발이 시급하다고 판단됨(Table 8-14~17).

Table 8-6. 사과 부위에 따른 초기 균수

(Unit: log CFU/g)

Parts of apple	Microorganism	
	Total aerobic bacteria	Yeast & mold
Stem	4.75	4.66
Calyx	5.35	4.32

출처: *Korean J Food Sci Technol* 38(1): 47-51 (2006)

Table 8-7. 사과 수확 시 토양, 작업자의 손, 장갑, 복장의 미생물 오염 수준

Microorganism	Soil (log CFU/g)	Workers		
		Hands	Glove	Clothes
		(log CFU/hand)	(log CFU/100cm <sup>2</sup> )	(log CFU/100cm <sup>2</sup> )
Total aerobic bacteria	6.10±0.10	4.80±0.40	3.40±0.20	3.50±0.40
Coliform	4.60±0.30	1.30±1.20	2.20±0.30	1.60±0.70
Yeast & mold	4.40±0.60	2.60±0.60	2.50±0.30	2.40±0.60

출처: *J Agric Life Sci* 47(1): 177-186 (2013)

Table 8-8. 수확 시기에 따른 방울토마토와 토마토의 미생물 오염 수준 변화

(Unit: log CFU/g)

Harvest date	Microorganism		
	Total aerobic bacteria	Coliform	<i>B. cereus</i>
March	2.70±0.96	0.56±1.04	1.58±0.72
April	2.92±0.98	-	0.05±0.15
May	2.48±0.86	0.12±0.51	0.04±0.16
June	2.03±0.75	-	0.12±0.23

출처: *J Fd Hyg Safety* 28(4): 324-329 (2013)

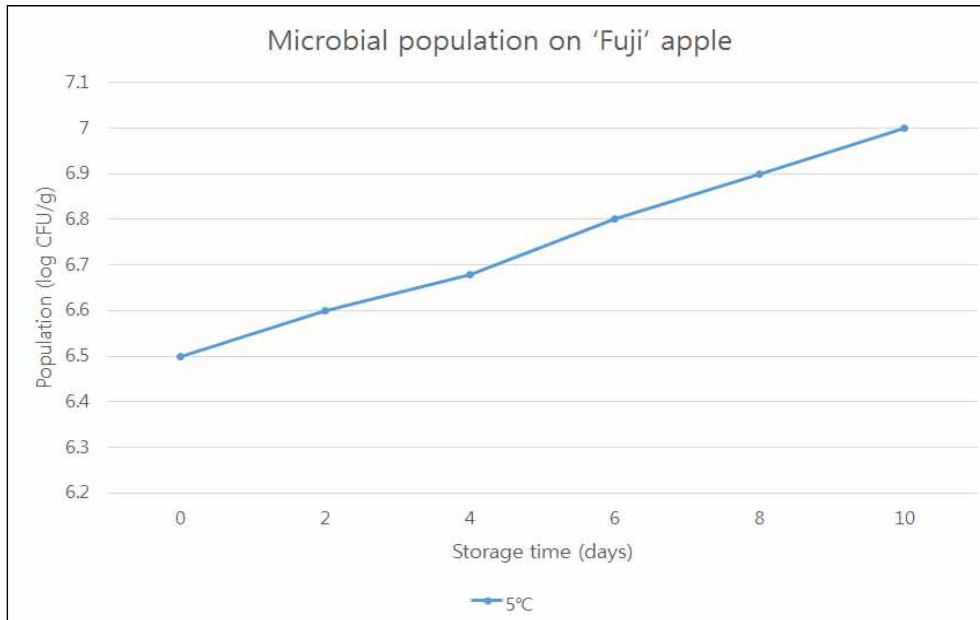


Fig. 8-1. 5°C 저온 저장 중 'Fuji' 사과 의 총 호기성 세균 수 변화

출처: *Int J Biol Macromol* 55: 254-257 (2013)

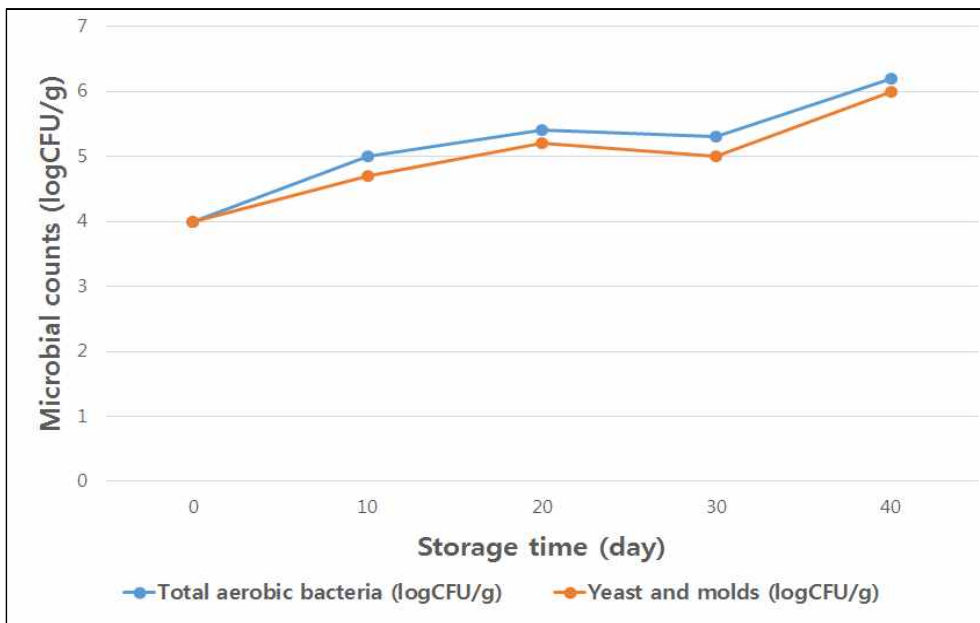


Fig. 8-2. 저장 중 밀감의 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화

출처: *Korean J Food Preserv* 13(3): 273-278 (2006)

Table 8-9. 수확 시기에 따른 방울토마토와 토마토의 미생물 오염 수준 변화

(Unit: log CFU/g)

Temperature & Storage time	Microorganism			
	Total aerobic bacteria	Coliform	Yeast & molds	
5°C	0	5.66	4.33	2.67
	7	6.22	-	-
	14	6.18	2.98	-
10°C	0	5.66	4.33	2.67
	7	6.22	4.80	3.85
	14	7.11	-	2.30
15°C	0	5.66	4.33	2.67
	7	8.00	4.85	5.24
	14	8.12	5.15	2.24

출처: *Korean J Food Nutr* 26(4): 700-705 (2013)

Table 8-10. 방울토마토 꼭지 유무에 따른 미생물 오염 수준 변화

(Unit: log CFU/g)

Parts of Cherry tomato	Microorganism		
	Total aerobic bacteria	Yeast & molds	Coliform
Stem	5.60	5.10	3.00
Stem removal tomato	2.90	2.40	<1.00
Stem maintenance tomato	3.10	3.20	<1.00

출처: *Korean J Food Preserv* 20(1): 30-36 (2013)

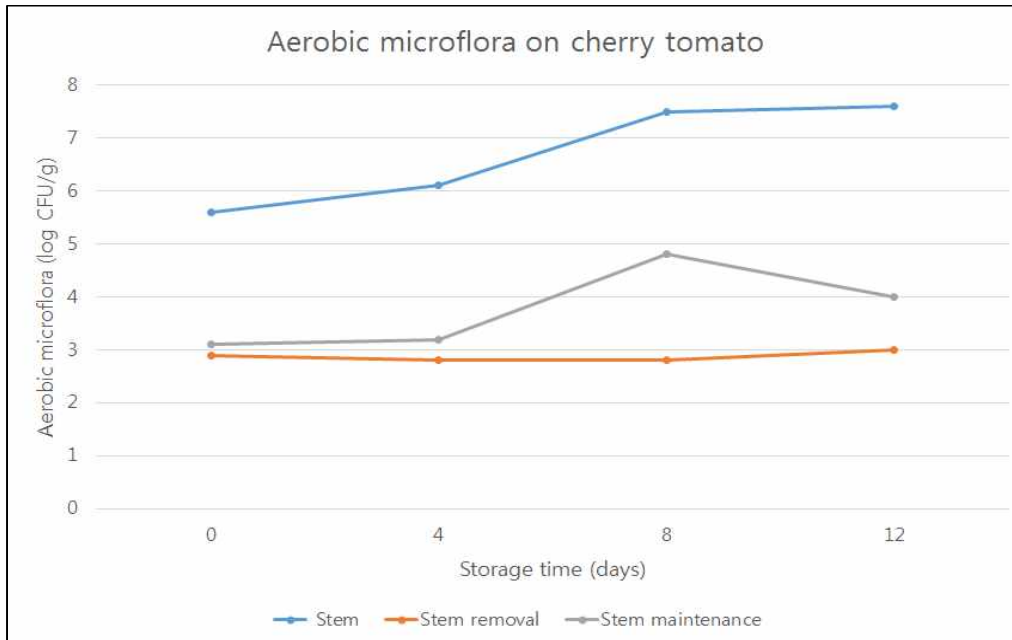


Fig. 8-3. 저장 중 방울토마토의 총 호기성 세균 수의 변화

출처: *Korean J Food Preserv* 20(1): 30-36 (2013)

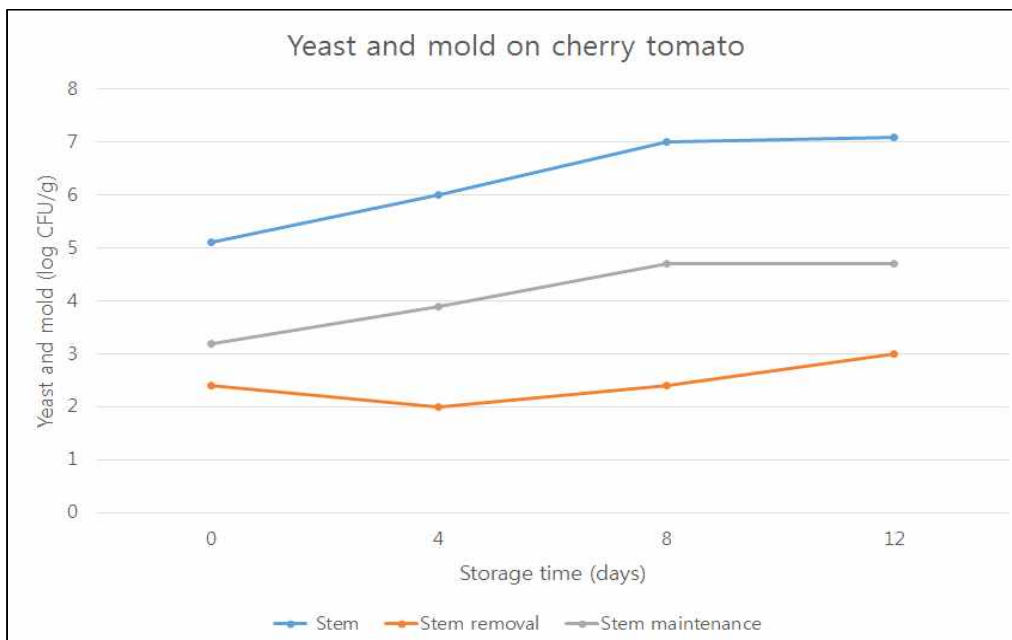


Fig. 8-4. 저장 중 방울토마토의 효모 및 곰팡이 수의 변화

출처: *Korean J Food Preserv* 20(1): 30-36 (2013)

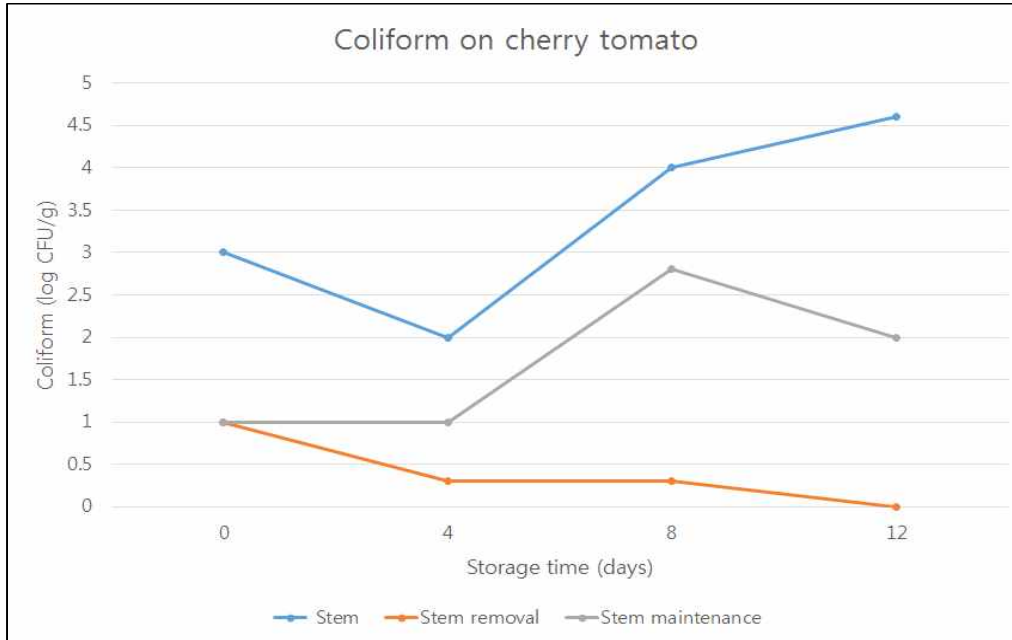


Fig. 8-5. 저장 중 방울토마토의 대장균군 수의 변화

출처: *Korean J Food Preserv* 20(1): 30-36 (2013)

Table 8-11. 어린 시금치의 초기 미생물 수

(Unit: log CFU/g)

	Initial population	
	Psychrotropic bacteria	<i>Enterobacteria</i>
Baby spinach	5.20	5.00

출처: *Postharvest Biol Tech* 56(3): 223-231 (2010)

Table 8-12. 시금치의 초기 미생물 수

(Unit: log CFU/g)

	Initial population	
	Total aerobic bacteria	Yeast & molds
Spinach leaves	5.55	4.05

출처: *Food Control* 21(10): 1383-1387 (2010)

Table 8-13. 유통 중인 상추의 미생물 수준

(Unit: log CFU/g)

Market	Total aerobic bacteria			Coliforms		
	Mean±SD	Minimum	Maximum	Mean±SD	Minimum	Maximum
Super market	7.01±0.14	6.09	7.85	6.26±0.15	5.17	7.13
Traditional market	7.10±0.11	6.04	8.01	6.44±0.16	5.28	7.40

출처: *J Fd Hyg Safety* 20(1): 43-47 (2005)

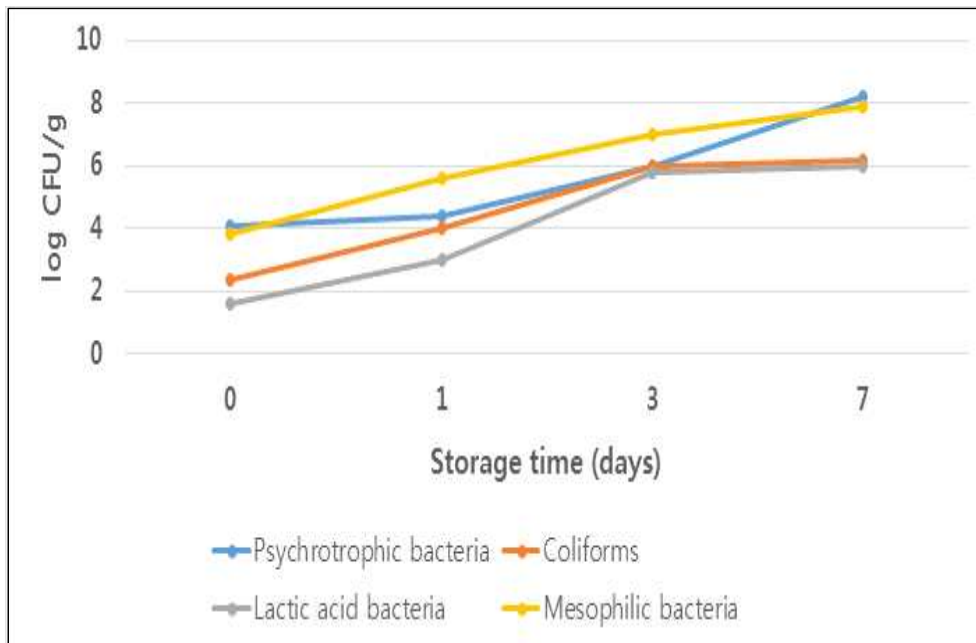


Fig. 8-6. 저장 중 상추의 미생물 수의 변화

출처: *Int J Food Microbiol* 91(2): 109-117 (2004)



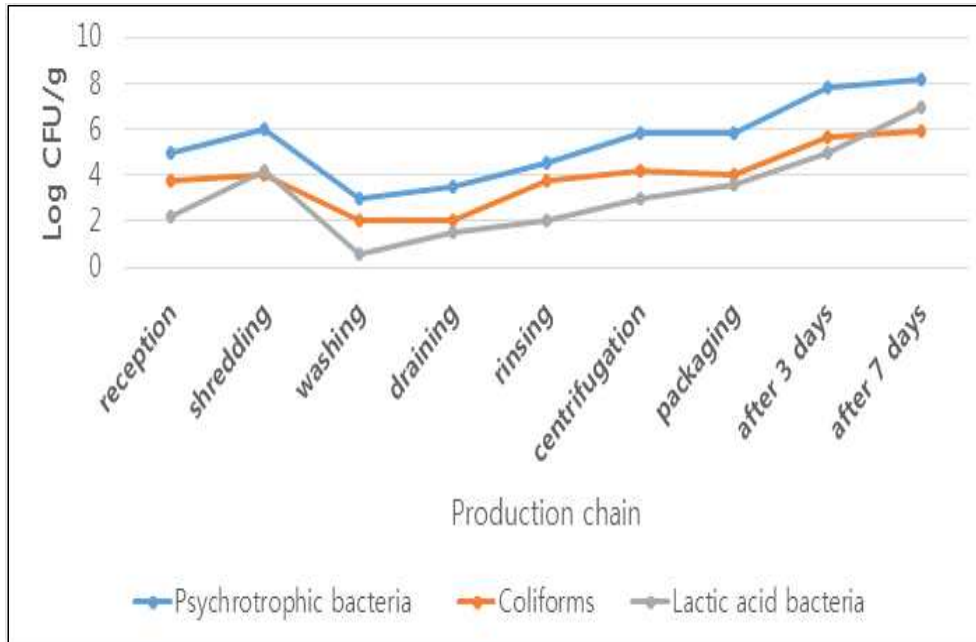


Fig. 8-7. 수확 후 여러 단계의 공정 중 상추의 미생물 수의 변화

출처: *Int J Food Microbiol* 91(2): 109-117 (2004)

Table 8-14. 새싹채소 4종의 초기 미생물 오염 수준

Sprout	Bacterial counts (log CFU/g)		
	Total plate count	Total coliform	Total <i>E. coli</i>
Alfalfa	7.84	6.64	ND*
Broccoli	7.79	7.38	3.70
Clover	7.52	7.04	ND
Red radish	7.34	7.04	4.28

\*ND: Not Detected

출처: *J Life Sci* 19(6): 751-755 (2009)

Table 8-15. 새싹채소 16종의 초기 미생물 오염 수준

(Unit: log CFU/g)

Type of sprout	Total aerobic bacteria	Coliform	Pathogen
Alfalfa	7.80 - 8.96	6.78 - 8.38	<i>L. monocytogenes</i>
Brassica	7.67 - 7.86	7.28 - 7.32	-
Broccoli	7.26 - 8.86	7.11 - 7.72	<i>L. monocytogenes</i>
Buckwheat	8.46 - 8.96	7.15 - 7.86	-
Chinese cabbage	7.61 - 8.87	7.20 - 7.60	-
Kale	8.20	7.57 - 7.92	-
Mungbean	7.08	4.61	-
Pak choi	7.41	6.96	-
Radish	7.30 - 7.64	5.52 - 6.65	-
Rape	7.69 - 8.73	7.11 - 7.46	-
Red cabbage	7.38 - 8.95	7.32 - 8.00	-
Red radish	7.70 - 8.83	7.32 - 7.86	<i>L. monocytogenes</i>
Soybean	7.04	6.00	-
Tatsoi	7.32 - 8.91	6.96 - 7.76	-
Turnip	7.49	7.59	-
Mixedsprouts	7.30 - 7.70	5.74 - 6.79	-

출처: *Food Control* 20(3): 200-204 (2009)

Table 8-16. 저장 중 Broccoli sprouts의 미생물 수 변화

(Unit: log CFU/g)

Microorganism	Storage time (days)				
	0	1	2	3	4
Total aerobic bacteria	7.78 ± 0.17	7.89 ± 0.19	8.15 ± 0.25	8.23 ± 0.06	8.18 ± 0.05
Yeast and molds	5.71 ± 0.20	5.82 ± 0.08	5.86 ± 0.03	6.08 ± 0.25	6.17 ± 0.15
Coliforms	5.32 ± 0.13	5.83 ± 0.12	5.47 ± 0.13	5.60 ± 0.11	5.72 ± 0.10

출처: *Food Control* 20(11): 1002-1005 (2009)

Table 8-17. 저장 중 Buckwheat sprouts의 미생물 수 변화

(Unit: log CFU/g)

Microorganism	Storage time (days)			
	0	2	4	6
Total aerobic bacteria	6.96 ± 0.16	7.47 ± 0.06	8.1 ± 0.11	8.2 ± 0.15
Coliforms	6.77 ± 0.13	6.95 ± 0.04	7.8 ± 0.5	7.91 ± 0.09

출처: *Korean J Food Sci Tech* 42(2): 190-197 (2010)

## 2. 연구 방법

### (1) 실험 재료

- 본 실험에서 사용한 사과, 감귤, 방울토마토, 시금치, 상추는 신선한 상태의 것을 대전 대형 마트에서 실험 당일 구입하여 실험에 사용하였음. 새싹채소는 브로콜리싹을 경기도 광주 (주)새싹나라에서 실험 당일 구입하여 사용하였음.

### (2) 6종 농산물의 수분, 조회분, 조단백, 조지방, 탄수화물 함량 측정

- 6종 농산물의 수분함량은 105°C 건조기에서 24시간 건조하여 측정하였음.
- 6종 농산물의 조회분 함량은 550°C 회화로에서 3시간 건조하여 측정하였음.
- 6종 농산물의 조단백 함량은 kieldahl 측정법을 이용하여 측정하였음.
- 6종 농산물의 조지방 함량은 soxhlet 추출법을 이용하여 측정하였음.
- 6종 농산물의 탄수화물 함량은 앞서 측정한 수분, 조회분, 조단백, 조지방 함량을 포함하여 100이 되도록 전체에서 나머지 성분들을 감하고 얻은 양으로 표시하였음.

### (3) 총 페놀화합물, 총 플라보노이드화합물, 안토시아닌 함량 측정

- 6종 농산물의 총 페놀화합물 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 이용하여 측정하였고, 표준물질로 gallic acid를 사용하여 각 농산물의 총 페놀 함량을 mg gallic acid equivalent(GAE)/100 g FW로 표시하였음.
- 6종 농산물 중 상추를 제외한 5종 농산물의 총 플라보노이드화합물 함량은 비색 정량하여 spectrophotometer(Shimadzu Co.)를 이용하여 측정하였고, 표준물질로 quercetin을 사용하여 mg quercetin equivalent(QE)/100 g FW으로 표시하였음.
- 6종 농산물 중 사과, 새싹채소의 안토시아닌 함량은 비색 정량하여 spectrophotometer(Shimadzu Co.)를 이용하여 520 nm와 700 nm에서 흡광도를 측정하여 각 파장에서의 흡광도 차이로 계산하여 나타내었음.

### 3. 선정된 6종 농산물의 주요 영양성분 및 생리활성 성분 분석

#### (1) 6종 농산물의 일반 성분 분석에 따른 영양성분 조사

- 고수요, 고위험 농산물로 선정된 사과, 감귤, 방울토마토, 시금치, 상추, 새싹채소의 영양성분을 조사하기 위하여 수분, 조회분, 조단백, 조지방, 조탄수화물 등 일반 성분 함량을 측정하여 분석하였음(Table 8-18~23).
- 일반적인 농산물의 수분 함량은 최소 80-90% 이상으로 보고되고 있으며, 본 연구에서 각 농산물의 수분 함량을 측정한 결과, 사과는 85.7, 감귤은 88.8, 방울토마토는 94.9, 시금치는 86.2, 상추는 92.1, 새싹채소인 브로콜리싹의 경우는 89.4%의 수분을 함유하는 것으로 분석되었음(Table 8-18).
- 6종 농산물의 조회분 함량 조사 결과, 감귤이 0.39%로 가장 낮았으며, 상추가 1.27%로 가장 높게 분석되었음(Table 8-19).
- 사과, 감귤, 방울토마토, 시금치, 상추, 새싹채소의 조단백 함량을 분석한 결과, 사과, 감귤, 방울토마토는 1% 미만으로 각각 0.19, 0.42, 0.85%로 측정되었으며, 상추, 브로콜리싹, 시금치는 1% 이상으로 각각 1.91, 3.09, 3.82%로 검출되었음(Table 8-20).
- 6종 농산물의 조지방 함량 측정 결과는 Table 8-21에 나타내었음. 조지방 함량의 경우, 새싹채소인 브로콜리싹을 제외하고는 모두 0.5% 미만으로 매우 낮은 비율을 차지하고 있는 것이 확인됨.
- 사과, 감귤, 방울토마토, 시금치, 상추, 새싹채소의 탄수화물 함량은 각각 13.2, 10.3, 3.5, 8.4, 4.3, 4.5%로 계산되었으며, 농촌진흥청 자료와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 8-22,23).
- 본 연구 결과, 각 농산물의 일반 성분은 품종, 수확시기, 재배지역 등에 따라 큰 차이를 보이지 않으며, 수분 함량이 대부분을 차지하고 있고, 새싹채소의 경우, 생장에 필요한 다양한 영양소 성분을 그대로 함유하고 있어 조지방, 조단백 함량 등이 다른 농산물에 비해 높게 검출되었음.

Table 8-18. 6종 농산물의 수분 함량 측정 결과

6종 농산물	수분 함량 (%)	
	본 연구 결과	국가표준식품성분표
사과	85.7±0.43	86.3
감귤	88.8±0.42	88.6
시금치	86.2±0.62	89.4
상추	92.1±0.62	93.8
방울토마토	94.9±0.24	94.6
브로콜리싹	89.4±0.09	88

출처: 농촌진흥청 국가표준식품성분표 (2011)

Table 8-19. 6종 농산물의 조희분 함량 측정 결과

6종 농산물	조희분 함량 (%)	
	본 연구 결과	국가표준식품성분표
사과	0.83±0.12	0.3
감귤	0.39±0.11	0.3
시금치	1.11±0.05	1
상추	1.27±0.16	1.2
방울토마토	0.60±0.12	0.5
브로콜리싹	0.57±0.06	0.7

출처: 농촌진흥청 국가표준식품성분표 (2011)

Table 8-20. 6종 농산물의 조단백 함량 측정 결과

6종 농산물	조단백 함량 (%)	
	본 연구 결과	국가표준식품성분표
사과	0.19±0.01	0.2
감귤	0.42±0.04	0.5
시금치	3.82±0.17	3.1
상추	1.91±0.04	1.1
방울토마토	0.85±0.02	0.9
브로콜리싹	3.09±0.06	3.4

출처: 농촌진흥청 국가표준식품성분표 (2011)

Table 8-21. 6종 농산물의 조지방 함량 측정 결과

6종 농산물	조지방 함량 (%)	
	본 연구 결과	국가표준식품성분표
사과	0.1	0.1
감귤	0.1	0.1
시금치	0.5	0.5
상추	0.4	0.3
방울토마토	0.1	0.1
브로콜리싹	2.4	2.9

출처: 농촌진흥청 국가표준식품성분표 (2011)

Table 8-22. 6종 농산물의 일반 성분 함량 측정 결과

6종 농산물	수분(%)	탄수화물(%)	조단백질(%)	조지방(%)	조회분(%)
사과	85.7±0.43	13.2	0.19±0.01	0.1	0.83±0.12
감귤	88.8±0.42	10.3	0.42±0.04	0.1	0.39±0.11
시금치	86.2±0.62	8.4	3.82±0.17	0.5	1.11±0.05
상추	92.1±0.62	4.3	1.91±0.04	0.4	1.27±0.16
방울토마토	94.9±0.24	3.5	0.85±0.02	0.1	0.60±0.12
브로콜리썩	89.4±0.09	4.5	3.09±0.06	2.4	0.57±0.06

Table 8-23. 국가식품표준성분표의 6종 농산물 일반 성분 함량 결과

6종 농산물	수분(%)	탄수화물(%)	조단백질(%)	조지방(%)	조회분(%)
사과	86.3	13.1	0.2	0.1	0.3
감귤	88.6	10.5	0.5	0.1	0.3
시금치	89.4	6	3.1	0.5	1
상추	93.8	3.6	1.3	0.3	1.2
방울토마토	94.6	3.9	0.9	0.1	0.5
브로콜리썩	88	5	3.4	2.9	0.7

출처: 농촌진흥청 국가표준식품성분표 (2011)

**(2) 6종 농산물의 생리 활성 성분 분석에 따른 영양성분 조사**

- 선정된 농산물인 사과, 감귤, 방울토마토, 시금치, 상추, 새싹채소의 영양성분을 조사하기 위하여 생리 활성 성분을 조사하였으며, 총 페놀화합물, 총 플라보노이드화합물, 안토시아닌 함량을 측정하였음(Table 8-24~26).
- 사전 조사를 통해 본 연구에서는 총 페놀화합물 함량의 경우, 모든 작물에 대하여 분석하였으며, 총 플라보노이드화합물 함량은 상추를 제외한 5종 농산물, 안토시아닌 함량의 경우는 사과와 새싹채소에 대하여 조사하였음.
- 각 농산물의 총 페놀화합물 함량을 측정한 결과, 사과는 105.89, 감귤은 33.75, 방울토마토는 134.78, 시금치는 78.12, 상추는 107.64, 새싹채소인 브로콜리싹의 경우는 163.97 mg GAE/100 g의 총 페놀화합물을 함유하는 것으로 분석되었음(Table 8-24).
- 6종 농산물의 총 플라보노이드화합물 함량 조사 결과, 사과와 감귤의 껍질부를 제외하고 시금치와 브로콜리싹이 각각 154.43, 127.61 mg QE/100 g으로 가장 많이 검출되었으며, 이는 국가표준식품성분표의 결과와 유사한 경향이었음(Table 8-25).
- 6종 농산물 중 사과의 안토시아닌 함량은 1.00 mg/100 g이었으며, 브로콜리싹의 안토시아닌 함량은 6.59 mg/100 g으로 측정되었음(Table 8-26).
- 안토시아닌의 경우, 총 페놀화합물과 총 플라보노이드화합물에 비해 다소 적은 양이 검출되었고, 선행 연구 결과와 비교 시 큰 차이를 보이지 않았음.
- 따라서 총 페놀화합물과 총 플라보노이드화합물보다 안토시아닌이 농산물의 품종, 재배 지역, 수확 시기 등에 의한 영향을 덜 받는다고 생각됨.

**Table 8-24. 6종 농산물의 총 페놀화합물 함량 측정 결과**

6종 농산물	총 페놀화합물 함량 (mg GAE/100 g)	
	본 연구 결과	국가표준식품성분표
사과	105.89±2.49	69.23
감귤	33.75±0.35	114.7
시금치	78.12±0.16	96.71
상추	107.64±0.19	165.6
방울토마토	134.78±0.15	89.09
브로콜리싹	163.97±2.22	142.11

출처: 농촌진흥청 국가표준식품성분표 (2011)

Table 8-25. 6종 농산물의 총 플라보노이드화합물 함량 측정 결과

6종 농산물		총 플라보노이드화합물 함량 (mg QE/100 g)	
		본 연구 결과	국가표준식품성분표, 선행 연구
사과	껍질부	230.95±11.42	489.06±5.84**
	과육부	86.13±3.27	36.7*
감귤	껍질부	168.85±6.36	245.6±0.18***
	과육부	15.95±2.91	124.18*
시금치		154.43±7.04	116.00*
방울토마토		37.32±0.31	32.14*
브로콜리싹		127.61±5.29	267****

출처: \* 농촌진흥청 국가표준식품성분표 (2011)

\*\* *Korean J Food Sci Technol* 44(5): 540-544 (2012)

\*\*\* *Food Chem* 128(1): 49-54 (2011)

\*\*\*\* *Food Res Int* 49(1): 469-476 (2012)

Table 8-26. 사과와 새싹채소의 안토시아닌 함량 측정 결과

6종 농산물	안토시아닌 함량 (mg/100 g)	
	본 연구 결과	선행 연구
사과	1.00±0.01	1.30±0.70*
브로콜리싹	6.59±0.03	8.50±1.47**

출처: \* *J Agric Food Chem* 54(11): 4069-4075 (2006)

\*\* *Int J Food Sci Nutr* 65(4): 476-481 (2013)



#### 4. 식품 유래 미생물 제어를 위해 적용된 기존 천연물질 소재 조사 및 효과 분석

##### (1) 식품 유래 미생물 제어를 위한 천연물질 소재 조사

- 기존 미생물 제어 기술의 문제점을 보완하고, 보다 효과적으로 미생물 저해 효과를 얻기 위해 연구 중인 천연물질 소재들은 다양한 자원으로부터 얻어질 수 있음.
- 크게 동물(animal), 식물(plant), 미생물(microorganism), 식품 부산물(food by-product)을 천연물질 소재 공급 자원으로 들 수 있으며, 각각 자원으로부터의 유래되는 천연물질 소재, 천연물질 내 주요 항균 성분 및 각 천연물질 소재의 저해 미생물 종류 등에 대하여 조사하였음(Table 8-27~30).
- 동물 유래 천연물질 소재는 다양한 병원성 균에 대해 항균 효과를 가지며, 대표적으로 효과가 있는 병원성 균으로는 *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Listeria monocytogenes* 등이 있음.
- 식물 유래 천연물질 소재 또한 다양한 병원성 균에 대해 항균 효과를 가지며, 특히, general bacteria, fungi 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있음.
- 미생물 유래 천연물질은 특정 미생물들이 생성해내는 화학물질이며, 이러한 미생물에는 주로 lactic acid bacteria(LAB) 등이 존재함.
- 미생물 유래 천연 항균 물질도 다른 천연물질 소재와 마찬가지로 다양한 병원성 균에 대한 항균 작용을 가지고 있으며, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* 등이 대표적인 저해 균주임.
- 식품 부산물 유래 천연물질 소재는 식품 가공 후 버려지는 식품 부산물로부터 추출되어 얻어지며, 주로 페놀성 화합물에 의해 항균성이 나타나는 것으로 알려져 있음.
- 식품 부산물 유래 천연물질도 식중독을 일으키는 대표적인 병원성 균인 *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* 뿐만 아닌 mesophilic bacteria, yeast and molds 등에 효과가 있는 것으로 보고되었음.

Table 8-27. 동물 유래 천연 항균 물질 소재와 주요 항균 물질 및 저해 미생물 종류

Material	Major component	Antibacterial species	Reference
Lysozyme	Glutamic acid, aspartic acid	<i>C. tyrobutyricum</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>L. monocytogenes</i>	<i>Annu Rev Food Sci T</i> 3: 381-403 (2012)
Defensins	Cationic peptides	<i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Y. enterocolitica</i>	<i>J Agric Food Chem</i> 57(14): 5987-6000 (2009)
Lactoperoxidase	Glycoprotein	<i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Y. enterocolitica</i>	Microbiological Research and Development for the Food Industry p.109 (2012)
Lipids	Eicosapentaenoic acid (EPA), Docosahexaenoic acid (DHA)	<i>B. subtilis</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> ATCC 6538, <i>S. aureus</i> KCTC 1916, <i>Enterobacter</i> <i>aerogenes</i> , <i>E. coli</i> , <i>E. coli</i> O157:H7, <i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i> , <i>S. Enteritidis</i> , <i>S. Typhimurium</i>	<i>Int J Food Microbiol</i> 113(2): 233-236 (2007)
Chitosan	Polycationic biopolymer compound	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>E.coli</i> , <i>L.</i> <i>monocytogenes</i>	<i>Int J Food Microbiol</i> 145(1): 43-48 (2011)
Lactoferrin	Iron binding glycoprotein	<i>E. coli</i> O157:H7, <i>L. monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Pesudomonas</i>	Microbiological Research and Development for the Food Industry p.109 (2012)

Table 8-28. 식물 유래 천연 항균물질 소재와 주요 항균 물질 및 저해 미생물 종류

Material	Major component	Antibacterial species	Reference
Garlic extract ( <i>Allium sativum</i> )	Sulfoxide	General	<i>Applied Microbiol Biotechnol</i> 57: 282-286 (2001)
Green tea extract ( <i>Camelliasinensis</i> )	Flavonoid	General, <i>Shigella</i> , <i>Vibrio</i> , <i>S. mutans</i> , Viruses	<i>Food Chem</i> 125: 186-192 (2011)
Lemonbalm extract ( <i>Melissa officinalis</i> )	Polyphenols	Viruses	<i>Int J Food Microbiol</i> 124: 91-97 (2008)
Oak extract ( <i>Quercus rubra</i> )	Polyphenols, Flavonoid	General	<i>Int J Food Microbiol</i> 92: 181-187 (2004)
Onion extract ( <i>Allium cepa</i> )	Sulfoxide	Bacteria, <i>Candida</i>	<i>Int J Food Sci Tech</i> 45: 403-409 (2010)
Thyme extract ( <i>Thymus vulgaris</i> )	Terpenoid, Phenolic alcohol, Polyphenols	Viruses, <i>bacteria</i> , <i>fungi</i>	<i>J Agric Food Chem</i> 60: 12056-12063 (2012)

Table 8-29. 미생물 유래 천연 항균물질 소재와 주요 항균 물질 및 저해 미생물 종류

Material	Major component	Antibacterial species	Reference
<i>Lactococcus acidophilus</i>	Acidophilin	<i>B. cereus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Listeria ivanovii</i> , <i>S. aureus</i>	<i>J Dairy Sci</i> 83(12): 2747-2752 (2000)
<i>Lactococcus bulgaricus</i>	Bulgaricin	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Helicobacter pylori</i>	<i>Journal of Biology</i> 2(5): 227-234 (2013)
<i>Lactococcus helveticus</i>	Helveticin	<i>L. monocytogenes</i> , <i>Clostridium botulinum</i>	<i>Journal of Biology</i> 2(5): 227-234 (2013)
<i>Lactococcus plantarum</i>	Plantaricin	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. Typhimurium</i> , <i>E. coli</i>	<i>Journal of Biology</i> 2(5): 227-234 (2013)
<i>Lactococcus lactis</i>	Nisin	<i>Clostridium spp.</i> , <i>L. monocytogenes</i>	<i>Frontiers in Microbiology</i> 3: 287 (2012)
Strains of <i>Pediococcus acidilactici</i> and <i>P. pentosaceus</i>	Pediocin	<i>L. monocytogenes</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>S. aureus</i> , <i>C. perfringens</i>	<i>J Agric Food Chem</i> 57(14): 5987-6000 (2009)

Table 8-30. 식품 부산물 유래 천연 항균물질 소재와 주요 항균 물질 및 저해 미생물 종류

Material	Major component	Antibacterial species	Reference
Green tea waste extract	Tannins	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Shigella flexneri</i>	<i>J Med Plants Res</i> 6(15): 3072-3079 (2012).
Pomegranate fruit peels extract	Phenolics and flavonoids	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>P. fluorescens</i>	<i>Int J Food Prop</i> 16(5): 1092-1104 (2013).
Mango seed kernel extract	Phenolic compounds, saturated fatty acids mono-unsaturated oleic acid, tocopherols squalene, and different sterol fractions	total bacterial count, coliforms, <i>E. coli</i>	<i>Food Chem</i> 103(4): 1141-1152 (2007)
Grape pomace extract	Phenolic acids, flavonoids, stilbenes	<i>S. aureus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Enterococci</i> , Total aerobic mesophilic and psychrotrophic bacteria, yeasts and molds	<i>J Food Sci</i> 76(7): M515-M521 (2011)
Oriental mustard ( <i>Brassicajuncea L.</i> ) seed meal extract	Phenolic compounds (sinapic acid and several sinapoyl conjugates)	<i>B. subtilis</i> , <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>S. aureus</i>	<i>Eur Food Res Technol</i> 234(3): 535-542 (2012)
Coffee pulp extract	Polyphenols such as flavan-3-ols, hydroxy cinnamic acids, flavonols and anthocyanidins	Total viable count, coliform, <i>E. coli</i> , fungal count	<i>Int Res J Agric Sci Soil Sci</i> 2(13): 520-524 (2012)

## (2) 천연물질 소재별 항균 활성 특성 분석

- 다양한 자원으로부터 얻어진 천연물질의 항균 활성 효과를 확인하기 위하여 기존 선행 연구 문헌을 조사, 분석하였음(Table 8-31,32).
- 기존에 미생물 제어를 위해 사용되고 있는 물리적, 화학적 살균 처리 방법의 문제점을 보완하고, 동시에 소비자의 식품 안전성에 대한 만족도를 높이기 위해 다양한 천연물질 소재의 연구가 진행되고 있으나 현재 연구되고 있는 동물, 식물, 미생물, 식품 부산물 소재에서 얻어지는 천연물질은 실제로는 자원에 따라 사용 가능 여부, 안전성 등의 연구가 선행되어야 함.
- 특히, 동물 자원의 경우는 사용 되어지는 동물 부위 등에 따라 연구 윤리 문제가 있을 수 있으며, 미생물 자원의 경우, 소비자들에게 있어서 거부감과 식중독에 대한 불안감을 유발할 수 있는 단점이 있을 수 있음.
- 또한, 식품 부산물 소재의 경우, 실제로 다양한 종의 미생물에 대해 항균 효과가 있는지 확인하는 선행 연구가 많이 뒷받침되어야 한다고 생각됨.
- 따라서 본 연구에서는 항균 효과가 많이 입증되고, 바로 식품에 적용 가능하며, 동시에 연구 윤리 및 소비자 거부감 문제가 없는 식물 자원 유래 천연물질에 대한 미생물 저해 효과를 조사하였음(Table 8-31).
- 선행 연구 조사 결과, 식물 자원 유래 천연물질을 포함한 다양한 자원으로부터 얻어지는 천연물질은 기존 미생물 저해 물질보다 미생물에 대한 높은 항균 효과를 가질 수 있는 가능성이 있으며, 동시에 소비자가 가질 수 있는 화학 물질에 대한 거부감을 최소화할 수 있는 미생물 제어 물질이라고 판단됨.
- 다양한 식물 자원 유래 천연물질의 MIC를 분석한 선행 연구 결과를 통해, 다양한 자원으로부터의 천연물질이 미생물에 대한 항균 효과를 실제로 가지고 있음이 확인되었으며, 식품에 적용되었을 때 기존 물리적, 화학적 처리 방법과 동일하거나 더 높은 미생물 제어 효과를 나타낼 것으로 생각됨.

Table 8-31. 식물 자원 유래 천연물질의 미생물에 대한 항균 효과

Samples	<i>Inhibition zone diameter (mm)</i>				
	Gram (+)		Gram (-)	Yeast	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
Essential oils	Patchouli	10.1±0.4	10.4±0.3	ND	8.1±0.3
	Clarysage	15.4±0.4	15.0±0.6	ND	10.0±0.4
	Rosemary	10.2±0.2	ND	8.6±0.2	12.3±0.5
	Basil	23.3±0.4	22.2±0.3	15.2±0.5	18.3±0.6
	Spearmint	ND*	16.1±0.6	ND	12.6±0.8
	Oregano	27.4±0.5	27.4±0.7	18.2±0.8	27.2±0.6
	Perilla	ND	15.0±1.7	ND	25.9±0.2
Antibiotic Chemical preservatives	kanamycin sulfate	19.5±0.4	18.4±0.6	24.3±0.6	21.0±0.3
	sodium benzoate	10.3±0.4	7.8±0.2	10.7±0.4	9.8±0.3
	potassium sorbate	10.6±0.3	8.7±0.2	11.9±0.4	8.5±0.3
	methylparaben	12.6±0.3	11.4±0.4	11.8±0.3	8.8±0.4

\*ND: Not detected

출처: *Food Res Int* 44: 3057 - 3064 (2011)

Table 8-32. 다양한 천연물질의 미생물에 대한 항균 효과

Sample	MIC (minimal inhibitory concentration (µl/ml))								
	Microorganism								
	<i>S. aureus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>Salmonella spp.</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. cereus</i>	<i>V. cholerae</i>	<i>Listeria spp.</i>
Basil*	1.25	0.625	1.25	2.5	-	-	-	-	-
Oregano	0.625	0.625	0.625	0.625	-	-	-	-	-
Bergamot	1.25	1.25	5	2.5	-	-	-	-	-
Perilla	5	2.5	5	0.625	-	-	-	-	-
kanamycin sulfate	0.3125	0.3125	0.156	0.3125	-	-	-	-	-
Chitin**	0.3	-	0.1	-	>1	0.3	0.3	0.1	-
Chitosan	0.3	-	0.1	-	>1	0.1	0.1	0.1	-
N-acetylchito-oligosaccharides	0.03	-	0.03	-	0.03	0.03	0.03	0.03	-
chito-oligosaccharides	0.03	-	0.03	-	0.03	0.03	0.03	0.03	-
trans-Cinnamaldehyde*	-	-	-	-	0.5	-	-	-	0.5
Eugenol	-	-	-	-	0.5	-	-	-	2
Garlic extract	-	-	-	-	0.015	-	-	-	0.031
Propolis extract	-	-	-	-	0.5	-	-	-	0.5

출처: \* *Food Res Int* 44: 3057 - 3064 (2011)

\*\* *Food Hydrocolloid* 29: 48-56 (2012)

\*\*\* *J Food Sci* 76(6): 479-488 (2011)

### (3) 농산물을 포함한 식품에 적용된 천연물질의 미생물 제어 효과 조사 및 문제점 분석

- 농산물과 같은 원재료로써의 식품은 생산 및 저장, 유통 과정 중에 미생물 교차 오염으로 인해 미생물학적 안전성이 낮아져 식중독을 야기할 수 있음.
- 이에 따라 다양한 물리적, 화학적 처리 관련 연구가 진행되었으나 처리 기술이 가지고 있는 단점과 소비자의 부정적인 인식으로 인해 새로운 대체 기술 개발이 시급한 상황임.
- 따라서 본 연구에서는 다양한 자원으로부터 얻어지는 천연물질의 실제 식품 적용에 따른 미생물 제어 효과를 선행 연구 문헌 조사를 통해 분석하고자 하였음(Table 8-33~37).
- 미생물에 대해 항균 활성이 있다고 보고된 천연물질에는 유기산(organic acid) 정유(essential oils), 프로폴리스(propolis), 중쇄지방산(medium chain fatty acid), 단백질(lysozyme 등), 식물 추출물(plant extract), 박테리오신(bacteriocin) 등 매우 다양하며 현재는 각 물질의 항균 활성 보고와 관련된 연구가 집중적으로 수행되는 추세임.
- 이 중 대표적으로 많이 연구가 진행된 유기산, 식물 추출물, 정유, 프로폴리스의 식품 적용에 따른 미생물 저해 효과를 조사, 분석하였음.
- 상추에 *E. coli* O157:H7 균주 접종 후, 유기산인 malic acid 2%, lactic acid 2%, citric acid 2% 처리에 따른 미생물 저해 효과를 분석한 선행 연구 결과에서 모든 유기산 처리는 약 1.50 log CFU/g의 미생물 수 감소 효과를 보였음(Table 8-33).
- 시금치에 *E. coli* O157:H7 접종 후 tartaric acid와 citric acid 2% 처리하여 균 감소를 확인한 선행 연구 결과, 1.50-1.70 log CFU/g의 균 감소가 나타났음(Table 8-34).
- 이러한 결과로부터 유기산이 높은 미생물 저해 효과가 있음을 확인하였으나 적용 균주 및 대상 식품에 따라 효과 차이가 발생하는 단점이 있었음. 따라서 이러한 문제점을 보완할 수 있는 새로운 형태의 천연물질의 확보가 필요하다고 판단됨.
- Thyme oil의 미생물 저해 효과를 분석한 선행 연구 결과, 상추 및 당근에서 1.61-1.97 log CFU/g의 가장 높은 미생물 수 감소가 나타났음(Table 8-35). 또한, 제어가 어려운 spore 형태의 미생물에도 효과가 있음이 선행 연구에서 확인되었음(Table 8-36).
- Propolis를 이용하여 상추의 미생물 수를 감소시키고자 한 선행 연구에서, 처리 후 약 1.00-3.30 log CFU/g의 미생물 수 감소가 발생하였음(Table 8-37).
- 그러나 정유를 비롯한 propolis, 식물 추출물, 유기산 등은 농산물을 비롯한 식품의 미생물 제어를 위해 적용되기에는 현재 사용되어지고 있는 화학적 살균 세척제와 비교하여 매우 고가이며, 추출 과정이 복잡하고, 특히 정유의 경우는 정제와 같은 정교한 추출 과정을 요하기 때문에 경제성과 시간적인 측면에서 단점이 있음.
- 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 저렴한 자원으로부터 천연물질을 얻어야하며, 정제와 같은 기술력을 필요로 하는 추출 공정을 최소화하고, 동시에 얻어지는 천연물질의 미생물 제어 효과가 현재까지 연구된 천연물질과 유사하거나 높은 자원을 찾아야 할 필요가 있다고 판단됨.



Table 8-33. 상추에 접종된 병원성 균에 대한 유기산의 저해 효과

Materials	Microorganism	Decimal reduction	Reference
		(log CFU/g)	
Malic acid (2%)	<i>E. coli</i> O157:H7	1.60	<i>Int J Food Microbiol</i> 145: 287-292 (2011)
Lactic acid (2%)		1.70	
Citric acid (2%)		1.40	
Propionic acid (2%)	<i>E. coli</i> O157:H7	1.56	
Acetic acid (2%)		1.57	
Lactic acid (2%)		2.63	
Malic acid (2%)		2.54	
Citric acid (2%)		2.03	
Propionic acid (2%)	<i>S. Typhimurium</i>	1.12	<i>J Food Sci</i> 76(6): M293 - M298 (2011)
Acetic acid (2%)		1.69	
Lactic acid (2%)		1.93	
Malic acid (2%)		2.58	
Citric acid (2%)		2.02	
Propionic acid (2%)	<i>L. monocytogenes</i>	0.90	
Acetic acid (2%)		1.56	
Lactic acid (2%)		2.13	
Malic acid (2%)		2.50	
Citric acid (2%)		2.08	

Table 8-34. 시금치에 접종된 병원성 균에 대한 유기산 및 식물 추출물의 저해 효과

Materials	Microorganism	Decimal reduction	Reference
		(log CFU/g)	
Malic acid (3%)	<i>E. coli</i> O157:H7	3.40	<i>J Food Sci</i> 77(7): M391 - M396 (2012)
Lactic acid (3%)		0.10	
Grape seed extract (3%)		3.80	
Tartaric acid (2%)	<i>E. coli</i> O157:H7	1.70	<i>Food Control</i> 22: 1178-1183 (2011)
Citric acid (2%)		1.50	
L-Lactic acid (2%)	<i>Salmonella</i> spp.	2.30	<i>Food Res Int</i> 45: 1123-1128 (2012)

Table 8-35. 상추와 당근에 접종된 *E. coli* O157:H7에 대한 Thyme oil의 저해 효과

Treatment	Decimal reduction (log CFU/g)	
	<i>E. coli</i> O157:H7	
	Lettuce	Baby carrots
Deionized water	1.06	1.88
Aqueous chlorine dioxide (10 ppm)	1.60	1.88
Ozonated water (9.3 ppm)	1.48	1.61
Thyme oil (1 ppm)	1.61	1.97

출처: *Food Sci Technol-1eb* 35(8): 720-729 (2002)

Table 8-36. Carrot broth에 접종된 *B. cereus* spore에 대한 essential oils의 저해 효과

Treatment	Decimal reduction (log CFU/g)
	<i>B. cereus</i> spore
	Carrot broth
Vanillin (5%)	0.64
Carvacrol (0.01%)	1.30
Eugenol (0.035%)	0.28

출처: *Int J Food Microbiol* 106: 90-94 (2006)

Table 8-37. Propolis 처리에 따른 상추의 미생물 저해 효과

Treatment	Decimal reduction (log CFU/g)					
	Aerobic Mesophiles		Psychrotrophic		Fecal Coliforms	
	RTE	FWH	RTE	FWH	RTE	FWH
	lettuce	lettuce	lettuce	lettuce	lettuce	lettuce
propolis solution (2%, 15min)	2.55	2.6	2.15	2.4	1.4	0.95
propolis solution (2%, 30min)	2.8	3.25	3	2.8	1.6	1.05

출처: *Int J Mol Sci* 15: 12243-12257 (2014)

## 요약

### 1. 선정된 6종 농산물의 수확 후 저장, 유통 중 품질 변화 요인 분석

- 기존 선행 연구 조사 및 분석: 선정된 6종 농산물의 수확 후 품질 변화 요인을 분석한 결과, 국내에서는 특별한 살균 세척 공정을 거치지 않고 바로 소비자에게 판매되고 있는 실정임.
- 따라서, 미생물학적 위해 요소에 의한 품질 변화로 인해 상품성이 낮아지고, 수확 당시 오염된 미생물로 인해 식중독이 일어날 가능성이 매우 높다는 문제점이 있음.

### 2. 선정된 6종 농산물의 주요 영양성분 및 생리활성 성분 분석

- 본 연구에서 분석한 각 농산물의 일반 성분 함량은 농촌진흥청 자료와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았음.
- 각 농산물의 생리 활성 성분의 경우, 일반 성분 함량과 비교하여 농촌진흥청 국가표준식품성분표 및 선행 연구 결과와 다소 차이를 보였는데, 이러한 결과는 농산물의 품종, 재배 지역, 수확 시기 등에 의한 영향 때문이라고 판단됨.

### 3. 식품 유래 미생물 제어를 위해 적용된 기존 천연물질 소재 조사 및 효과 분석

- 기존 미생물 제어 기술의 문제점을 보완하고, 보다 효과적으로 미생물 저해 효과를 얻기 위해 연구 중인 천연물질 소재들은 다양한 자원으로부터 얻어질 수 있으며, 크게 동물(animal), 식물(plant), 미생물(microorganism), 식품 부산물(food by-product)로 나눌 수 있음.
- 현재 연구되고 있는 동물, 식물, 미생물, 식품 부산물 소재에서 얻어지는 천연물질은 자원에 따라 사용 가능 여부, 안전성 등의 연구가 선행되어야 함.
- 다양한 자원으로부터 얻어지는 천연물질의 식품 적용에 따른 미생물 제어 효과를 기존 선행 연구를 조사하여 분석함. 미생물에 대해 항균 활성이 있다고 보고된 천연물질 종류는 매우 다양하며, 이 중 대표적으로 많이 연구가 진행된 유기산, 식물 추출물, 정유, 프로폴리스의 식품 적용에 따른 미생물 저해 효과를 조사, 분석함.
- 정유를 비롯한 propolis, 식물 추출물, 유기산 등은 농산물을 비롯한 식품의 미생물 제어를 위해 적용되기에는 현재 사용되어지고 있는 화학적 살균 세척제와 비교 시 매우 고가이며, 추출 과정이 복잡하고, 특히 정유의 경우는 정제와 같은 정교한 추출 과정을 요하기 때문에 경제성과 시간적인 측면에서 단점이 있음.
- 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 저렴한 자원으로부터 천연물질을 얻어야하며, 정제와 같은 기술력을 필요로 하는 추출 공정을 최소화하고, 동시에 얻어지는 천연물질의 미생물 제어 효과가 현재까지 연구된 천연물질과 유사하거나 높은 자원을 찾아야 할 필요가 있음.

## 제9절 신선 농산물에 적용 가능한 새로운 천연물질 선정 및 기존 세척처리와 효과 비교

### 1. 연구의 필요성

#### (1) 새로운 천연 항균 물질 선별 위한 식품 부산물 소재 조사 및 분석

##### 기존 선행 연구 조사 및 분석

- 식품 부산물이란 육류나 과채류를 가공하는 과정 중에 만들어지는 부산물로 식품 종류에 따라서는 40-50% 비율로 부산물이 발생되기도 함.
- 최근에는 식품 부산물이 가지고 있는 기능성을 조사, 분석하여 새로이 사용할 수 있는 방법을 찾고자하는 연구가 매우 활발하게 진행 중임.
- 대표적인 식품 부산물 소재를 동물과 식물로 분류할 수 있으나 동물 소재의 경우에는 부위에 따라 사용 시 소비자의 거부감을 불러일으킬 수 있는 문제가 있기 때문에 새롭게 사용될 수 있는 가능성이 식물 소재에 비해 다소 낮을 수 있음.
- 식물 기반 식품 부산물은 비타민, 카로티노이드, 페놀 화합물, 식이섬유 등 생물학적, 영양학적 기능성 성분이 다량 함유되어 있어 이에 주목한 연구가 다수 진행되고 있으나 아직까지 식품 적용과 관련한 연구는 미비한 실정임.
- 따라서 본 연구에서는 농산물에 적용 가능한 항균성을 가지는 천연 물질을 선별하기 위해 식물 소재 기반 식품 부산물에 관한 기존 선행 연구 문헌을 조사, 분석하였음.
- 식품 부산물은 동물 및 식물 소재가 대표적으로 존재하나 식물 기반 식품 부산물에 항균 효과를 나타내는 페놀화합물과 같은 기능성 성분이 다량 존재한다는 연구 보고가 있으며, 동물 소재는 윤리적인 문제 및 소비자 기호에 부적합할 수 있으므로 본 연구에서는 사용하고자 하는 식품 부산물 소재를 여러 식물 소재 중에서 선정하고자 하였음(Table 39,40).
- 실제 많은 선행 연구에서 다양한 식물 소재 기반 식품 부산물로부터 추출된 천연 항균 물질이 특정 균에 대해 항균 활성 효과를 나타낸다고 계속적으로 연구 보고되고 있는 실정임.
- 따라서 이와 같은 기존 선행 연구 조사를 통해 1차 연구로 사과박, 양파박, 커피찌꺼기, 감귤박, 당근박, 밤 껍질을 식물 소재 기반 식품 부산물로 선정하여 최적 추출 방법을 고안하고, 추출 효율을 비교하였으며, 병원성 미생물의 항균 활성 효과를 분석하였음.
- 또한, 2차 연구로 위 6가지 식품 부산물 중 밤 껍질과 새로운 부산물인 고추씨박, 살구씨박, 흑마늘박, 호박씨, 아마씨박, 양과즙박으로부터 선정된 최적 추출 방법으로 추출하여 얻어진 천연 항균 물질의 병원성 미생물에 대한 항균 활성 효과를 분석하였으며, 최종적으로 선정된 식품 부산물 추출물을 이용하여 제조한 세척수를 로메인 상추를 비롯한 새싹채소, 시금치, 방울토마토, 사과, 감귤에 적용하여 미생물 제어 효과를 분석하였음.

Table 9-1. 식물 소재 중 채소류 기반 식품 부산물의 주요 항균 물질 및 적용 균주

By-product	Major component	Target organisms	References
Green tea waste	Tannins	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Shigella flexneri</i>	<i>J Med Plants Res</i> 6(15): 3072-3079 (2012)
Beet root pomace extract	Phenolics, flavonoids betacyanins, betaxanthins	<i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i>	<i>Czech J Food Sci</i> 29(6): 575-585 (2011)
Tomato seeds	Metabolites such as fatty acids, carotenoids, saponins, phenolic compounds	<i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>E. faecalis</i> , <i>B. cereus</i> , <i>Candida albicans</i> <i>B. subtilis</i> , <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , and <i>S. aureus</i>	<i>J Agr Food Chem</i> 58(17): 9529-9536 (2010)
Oriental mustard ( <i>Brassica juncea</i> L.) seed meal extracts	Phenolic compounds (sinapic acid and several sinapoyl conjugates)	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Streptococcus mutans</i>	<i>Eur Food Res Technol</i> 234(3): 535-542 (2012)
Coffee pulp	Polyphenols such as flavan-3-ols, hydroxycinnamic acids, flavonols and anthocyanidins	Total viable count, coliform, <i>E. coli</i> , and fungal count	<i>J Agr Food Chem</i> 52(5): 1344-1349 (2004)
Onion peels	Flavonoid, quercetin, phenol compounds	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Streptococcus mutans</i>	<i>J Korean Soc Food Sci Nutr</i> 32(6): 825-828 (2003)
Potato peels	Polyphenol compounds	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Streptococcus mutans</i>	<i>J Korean Soc Food Sci Nutr</i> 32(6): 825-828 (2003)

Table 9-2. 식물 소재 중 과일류 기반 식품 부산물의 주요 항균 물질 및 적용 균주

By-product	Major component	Target organisms	References
Grape pomace	Phenolic acids, flavonoids, stilbenes	<i>S. aureus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Enterococci</i>	<i>J Food Sci</i> 76(7): M515-M521 (2011)
Grape pomace	Polyphenol compounds	-	<i>J Korean Soc Food Sci Nutr</i> 41(8): 1049-1056 (2012)
Grapefruit seed extracts	Phenolic compounds such as catechins, epicatechin, epocatechin-3-O-gallate, dimeric, trimeric and tetrameric procyanidins	<i>Pseudomonas spp.</i>	<i>J Food Process Pres</i> 34(3): 495-507 (2010)
Olive pomace	Phenolic compounds including oleocanthal, deoxyloganic acid lauryl ester	<i>E. coli</i> O157:H7, <i>S. enterica</i> , <i>L. monocytogenes</i> , and <i>S. aureus</i>	<i>J Food Sci</i> 78(2): M270-M275 (2013)
<i>Citrus unshiu</i> pomace	Flavonoid, polyphenol compounds	-	<i>J Korean Soc Food Sci Nutr</i> 42(9): 1345-1350 (2013)
<i>Pruus mume</i> Liqueur by product	Organic acids	<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>P. fluorescens</i>	<i>J Fd Hyg Safety</i> 22(2): 77-81 (2007)
Apple peels	Polyphenolic compounds	<i>S. aureus</i> , <i>P. fluorescens</i>	<i>Int J Food Prop</i> 16(5): 1092-1104 (2013)
Mango seed kernel extract	Phenolic compounds, saturated fatty acids mono-unsaturated oleic acid, tocopherols squalene, and different sterol fractions	Total bacterial count, coliforms, <i>E. coli</i>	<i>Food Chem</i> 103(4): 1141-1152 (2007)

## 2. 연구 방법

### (1) 실험 재료

- 본 실험에서 천연 항균 물질을 추출하기 위해 사용한 식품 부산물 소재는 Table 38에 나타내었음. 또한, 선정된 식품 부산물로부터 추출된 천연 항균 물질의 세척 효과 분석을 위해 사용한 로메인 상추, 방울토마토는 신선한 상태의 것을 대전 대형마트에서 실험 당일 구입하여 실험에 사용하였고, 시금치와 사과는 전라북도 장수군에서, 귤은 제주특별자치도 제주 시에서 당일 수확된 것으로, 새싹 채소인 적무싹은 대농바이오에서 구입하여 실험에 사용하였음.

Table 9-3. 실험에 사용한 식품 부산물 소재 및 구입 지역

식품 부산물	구입 지역
사과박	충청북도 영동군
양파박	대전시
커피박	대전시
감귤박	충청북도 증평군
당근박	충청북도 증평군
밤 껍질	충청남도 부여군
고추씨박	충청북도 보은군
살구씨박	서울시
흑마늘박	경상북도 의성군
호박씨	서울시
아마씨박	경상북도 의성군
양파즙박	전라남도 무안군

### (2) 식품 부산물을 이용한 천연 항균 물질 추출

- 12개 식품 부산물로부터 천연 항균 물질을 추출하기 위해 에탄올, 메탄올을 이용하여 추출을 진행하였으며, 최종적으로 선행 연구 조사와 예비 실험을 통해 항균 활성 효과 및 세척 효과 분석 시에 사용할 최적 추출 용매로 80% 메탄올을 선정하였다. 세척 효과 분석 시 감압 농축된 추출 용액 상태 그대로 증류수와 혼합해 세척수로 제조하여 사용하였음.

### (3) 추출된 천연 항균 물질의 항균 활성 효과 분석

- 식품 부산물로부터 추출된 천연 항균 물질의 항균 활성 효과를 측정하기 위하여 disc diffusion test 방법을 사용하였음.
- Disc diffusion test는 *Escherichia coli* O157:H7 (NCTC 12079), *Listeria monocytogenes* (ATCC 19111), *Staphylococcus aureus* (KCTC 1621)를 이용하여 수행하였음.
- 실험에 사용된 각 균주의 glycerol stock을 멸균 백금이를 이용해 tryptic soy agar (Difco,

Co, Detroit, MI, USA)에 streaking하여 37°C에서 24시간 배양 후 형성된 단일 colony를 취하여 tryptic soy broth (Difco, Co.)에 접종한 뒤 37°C 에서 24시간 진탕 배양하여 각 미생물의 농도가  $10^7$ - $10^8$  CFU/mL가 되도록 균 액을 준비하였음.

#### (4) 추출된 천연 항균 물질의 항산화효과 분석

- Disc diffusion test를 통해 12개 식품 부산물 중에서 항균 활성이 가장 높았던 2가지 식품 부산물인 흑마늘박과 아마씨박의 항산화효과를 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) radical scavenging activity와 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) assay를 이용하여 분석하였으며, 각 식품 부산물을 80% 에탄올, 메탄올을 이용하여 추출한 후 추출 용매에 따른 항산화효과 차이도 분석하였음.

#### (5) 추출된 천연 항균 물질의 총 페놀 함량 분석

- 흑마늘박과 아마씨박의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 이용하여 측정하였으며, 각 식품 부산물을 80% 에탄올, 메탄올을 이용하여 추출한 후 추출 용매에 따른 총 페놀 함량 차이도 분석하였음.

#### (6) 추출된 천연 항균 물질의 미생물 제어 효과 및 기존 천연물질과의 세척 효과 비교

- 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 미생물 제어 효과를 분석하기 위해 0.5, 1% 천연 항균 물질 세척수를 제조하여 실험에 사용하였음.
- 6종 농산물 중 로메인 상추를 물과 2가지 천연 항균 물질 세척수에 5분간 침지 처리하여 미생물 수 감소 변화를 분석하였으며, 동시에 천연 항균 물질의 세척 효과를 비교하기 위해 기존 천연 물질 중 유기산인 citric acid와 acetic acid(0.5, 1%)를 이용하여 처리하였음.
- 로메인 상추 결과로부터 나머지 5종 농산물의 경우에는 선정된 천연 항균 물질의 효과 비교하기 위해 citric acid, 새싹채소를 제외한 시금치, 방울토마토, 사과, 귤은 citric acid와 더불어 자몽종자추출물(Grapefruit seed extract, GSE; 0.5, 1%)을 이용하였으며, 기존 및 새로운 천연 항균 물질 모두 0.5% 농도로 고정하여 세척 효과를 비교하였음.

#### (7) 기존 살균 세척 처리와 추출된 천연 항균 물질의 세척 효과 비교

- 기존 살균 세척 처리와 본 연구에서 선정된 천연 항균 물질의 미생물 저감화 효과를 비교하기 위해 기존 살균 세척 처리 방법으로 염소계 세척 처리 중 연구가 다수 진행된 차아염소산나트륨을 선정하여 실험에 사용하였음.
- 농산물 중 로메인 상추를 물과 50, 100 ppm의 차아염소산나트륨 및 2가지 천연 항균 물질 세척수(0.5, 1%)에 5분간 침지 처리하여 미생물 수 감소 효과를 비교, 분석하였음.
- 로메인 상추를 제외한 새싹채소, 시금치, 방울토마토, 사과, 귤의 경우에는 로메인 상추 결과로부터 차아염소산나트륨은 50 ppm으로, 천연 항균 물질 세척수는 0.5%로 고정하여 세척



효과를 비교하였음.

**(8) 천연 항균 물질 처리에 따른 6종 농산물의 저장 중 미생물 수 변화 및 품질 변화 분석**

- 6종 농산물에 대한 천연 항균 물질의 미생물 저감화 효과 및 품질에 미치는 영향을 분석하기 위해 예비 실험 결과로부터 흑마늘박과 아마씨박 추출물 중 보다 적합한 추출물 한 가지를 선택하여 각 농산물에 처리하였음.
- 또한, 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 세척 처리의 병합 세척 효과도 분석하였음.
- 세척 처리된 6종 농산물은 각각 low density polyethylene(LDPE) film bag(21 cm × 29 cm, 두께: 0.13 mm)에 개별 포장하여 4±1°C에서 로메인 상추는 7일간, 새싹채소와 시금치는 9일간, 방울토마토는 10일간, 귤은 30일간, 사과는 4달간 저장하면서 미생물 생육 및 품질 변화를 분석하였음.

**(9) 미생물 생육 측정**

- 세척 처리된 각 농산물 시료와 멸균 펩톤수를 1:9(w:v) 비율로 멸균 bag에 넣고 3분간 stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)에서 균질화 시켰음. 균질 후 시료는 0.1% 멸균 펩톤수로 10배수 연속 희석한 후 각각의 배지에 분주하여 3반복 수행하였음.
- 총 호기성 세균은 plate count agar(PCA, Difco Co.)를 사용하여 37°C에서 2일간 배양하고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co.)를 사용하여 25°C에서 3일간 배양 후 형성된 colony를 계수하였음. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타냈음.
- 로메인 상추, 시금치, 방울토마토, 새싹채소인 적무쌈은 원재료 상태로 미생물 실험을 진행하였으며, 사과와 귤은 껍질만을 분리하여 실험에 사용하였음.

**(10) 저장 중 6종 농산물의 색도 측정**

- 저장 중 각 농산물의 색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc.,Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b value를 각 시료의 다른 표면을 10회 이상 반복 측정된 뒤 평균값으로 나타내었음. 또한, Hunter L, a, b value를 사용하여 총 색차(total color difference) 값을 계산하였음.

**(11) 저장 중 로메인 상추, 시금치, 적무쌈, 방울토마토의 총 페놀 함량 측정**

- 저장 중 각 농산물의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 이용하여 조사하였음. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 각 농산물의 총 페놀 함량은 mg gallic acid equivalent(GAE)/100 g fresh weight(FW)으로 표시하였음.

**(12) 저장 중 6종 농산물의 중량감소율과 방울토마토, 사과, 귤의 당도 측정**

- 저장 중 각 농산물의 중량감소율은 각 시료의 초기 중량을 측정 후 저장 일수별로 중량 차이를 조사하여 초기 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었으며, 3회 이상 반복 측정하였음.
- 저장 중 방울토마토, 사과, 귤의 당도는 시료를 마쇄하여 얻은 과즙을 당도계(PR-101a, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 10회 반복 측정 후 °Brix로 나타내었음.

### (13) 저장 중 사과, 귤의 비타민 C 함량 측정

- 저장 중 사과와 귤의 비타민 C 함량 분석은 HPLC(Waters, Milford, MA, USA)를 이용하여 측정하였음.
- 표준물질로 ascorbic acid를 이용하여 검량선을 작성한 후 mg ascorbic acid equivalent(AAE)/100 g으로 계산하여 표시하였음.

### (14) 저장 중 사과, 귤의 경도 측정

- 저장 중 사과와 귤의 경도 측정은 texture analyzer (TA/XT2, Stable Microsystem Ltd., Godalming, UK)를 사용하여 상온에서 측정하였음. 귤 표면으로부터 30% 깊이까지 도달했을 때 얻은 최대값을 hardness(N)로 나타내었음.

### (15) 저장 중 사과, 귤의 부패율 측정

- 4±1°C에서 사과는 4달간, 귤은 30일 동안 저장하면서 사과는 1달 간격으로, 귤은 0, 5, 10, 15, 20, 30일 간격으로 각 과일에 곰팡이 발생 여부를 관찰하여 부패율을 총 개수에 대한 %로 나타내었음.

### (16) 저장 중 6종 농산물의 관능검사

- 각 농산물의 품질 변화를 분석하기 위해 훈련된 panel 8명으로 시료의 외관적 상태 (appearance), 냄새(odor), 조직감(texture), 및 종합적 기호도(overall acceptability)에 대한 관능평가를 실행하였음. 각 시료에 대한 평점은 9점 기호 척도법(9~8점, 매우 좋음; 7~6점, 좋음; 5~4점, 보통; 3~2점, 나쁨; 1점, 매우 나쁨)을 사용하여 평가하였음.

### 3. 식품 부산물로부터 천연물질 추출 방법 고안 및 추출 효율 비교 분석

#### (1) 천연 향균 물질 추출 방법 고안 및 추출 효율 비교

- 식물 소재 기반 식품 부산물로부터 천연 향균 물질 추출 시 최적 추출 방법을 고안하기 위해 선행 연구 문헌을 조사하였으며, 동시에 12개 식물 소재 기반 식품 부산물 중 사과박, 양파박, 커피박, 감귤박, 당근박, 밤 껍질을 문헌 조사를 통해 선별한 추출 용매인 에탄올과 메탄올로 각각 추출하여 추출 효율을 비교, 분석하였음.
- 다양한 연구에서 에탄올과 메탄올을 이용해 식품 부산물을 포함한 식품 원재료로부터 기능성 성분을 추출하였다는 보고가 있어 이를 바탕으로 본 연구에서는 선정된 식품 부산물에서 천연 물질 추출 시 최종적으로 농산물에 적용할 것을 고려하여 80% 에탄올과 메탄올을 추출 용매로 선정하였음.
- 선정된 식품 부산물 추출물에 존재하는 천연 향균 물질의 용매별 수율을 분석하기 위해 추출 후 시료를 동결 건조하여 비교, 분석하였음(Table 9-4).
- 6가지 식물 소재 기반 식품 부산물을 80% 메탄올과 에탄올로 각각 추출한 결과, 수율에 있어 시료별로 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다.
- 본 연구 결과, 시료별 추출 수율이 용매에 따라 약간 차이를 보이긴 하나 큰 차이를 나타내지 않아 최적 용매 선정에 어려움이 있었기 때문에 선행 연구 조사 결과를 토대로 최적 추출 용매를 선별하고자 하였음.
- 다양한 추출 용매 중 메탄올의 사용 빈도가 높았으며, 메탄올로 추출된 추출물의 항균 효과 및 항산화 효과가 보다 높았던 것을 참조하여 본 연구에서도 식물 소재 기반 식품 부산물에서 천연 향균 물질 추출 시 메탄올을 최적 추출 용매로 선정하였음.

Table 9-4. 선정된 식품 부산물의 용매별 추출 수율

식품 부산물	80% methanol* extraction yield (%)	80% ethanol** extraction yield (%)
사과박	43.88	46.82
양파박	17.56	10.14
커피박	5.48	5.92
감귤박	12.67	15.84
당근박	15.48	14.97
밤 껍질	9.84	11.20

추출용매 출처: \* *Int J Food Microbiol* 56 3-12 (2000)

\*\* *Afi J Biotechnol* 9(27) 4251-4258 (2010)

## (2) 식품 부산물로부터 추출한 천연 항균 물질의 항균 활성 효과 분석 (1차)

- 선정된 식물 소재 기반 식품 부산물로부터 추출된 천연 항균 물질의 항균 활성 효과를 분석하기 위하여 disc diffusion test 방법을 사용하여 병원성 미생물인 *Listeria monocytogenes*와 *Escherichia coli* O157:H7에 대한 저해 효과를 조사하였음(Table 9-5).
- 각 식품 부산물 추출물의 효과를 비교하기 위해 10 mg/mL의 essential oil(lemongrass, clove bud, coriander)과 10, 20, 30 mg/mL의 자몽종자추출물(GSE)을 이용하였음.
- Inhibition zone을 분석한 결과, 식품 부산물 추출물 중 흑마늘박 추출물을 제외하고는 *L. monocytogenes*와 *E. coli* O157:H7 모두에서 inhibition zone을 보인 추출물은 없었으며, 사과박, 양파박, 커피박의 경우에는 항균 효과가 모든 균에서 없는 것으로 나타났음.
- 10, 20, 30 mg/mL 흑마늘박 추출물의 *L. monocytogenes*에 대한 inhibition zone은 각각 7.24, 7.08, 7.72 mm이며, *E. coli* O157:H7의 경우에는 각각 10.93, 11.61, 11.21 mm로 측정되었음.
- Disc diffusion test 결과, 1차로 선정된 식품 부산물 소재 중에서는 흑마늘박이 그람 양성균 및 그람 음성균 모두에서 가장 넓은 inhibition zone을 형성하였기 때문에 1차 항균 활성 효과 분석으로부터 흑마늘박을 최종적인 식품 부산물 소재로 선정하였으며, 추가적인 선행 연구 조사를 통해 이와 유사한 효과가 있다고 보고된 밤 껍질, 고추씨박, 살구씨박, 호박씨, 아마씨박, 양파즙박을 추가로 선정하여 흑마늘박을 포함해 2차로 항균 활성 효과를 재분석하였음.

Table 9-5. 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물의 항균 활성 효과 (1차)

(unit : mm)

Treatment		Concentration	<i>L.monocytogenes</i>	<i>E.coli</i> O157:H7
Essential oil	Lemongrass		43.09±1.62	12.72±0.87
	Clove bud	10 mg / ml	16.41±1.60	13.27±0.99
	Coriander		9.80±0.39	13.75±0.46
Grapefruit seed extract		10 mg / ml	25.92±1.29	8.24±0.07
		20 mg / ml	26.89±1.50	8.23±0.04
		30 mg / ml	29.13±2.67	9.21±0.24
By-product	Apple pomace	10 mg / ml	-	-
		20 mg / ml	-	-
		30 mg / ml	-	-
	Onion pomace	10 mg / ml	-	-
		20 mg / ml	-	-
		30 mg / ml	-	-
	Coffee pulp	10 mg / ml	-	-
		20 mg / ml	-	-
		30 mg / ml	-	-
	Citrus pomace	10 mg / ml	-	-
		20 mg / ml	-	-
		30 mg / ml	7.99±0.13	-
	Carrot pomace	10 mg / ml	-	-
		20 mg / ml	-	-
		30 mg / ml	9.77±0.25	-
	Black garlic pomace	10 mg / ml	7.24±0.00	10.93±0.20
		20 mg / ml	7.08±0.23	11.61±0.39
		30 mg / ml	7.72±0.74	11.21±0.76

### (3) 식품 부산물로부터 추출한 천연 항균 물질의 항균 활성 효과 분석 (2차)

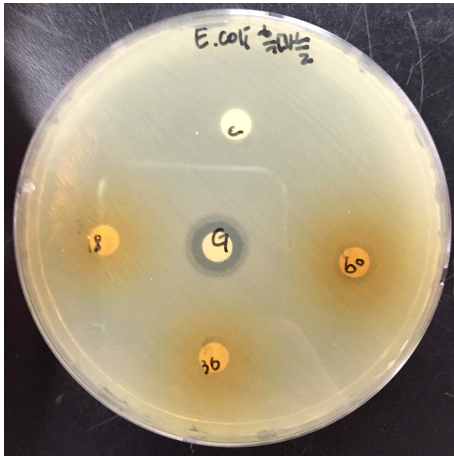
- 1차 연구에서 선별된 흑마늘박을 포함해 새로이 선정된 식물 소재 기반 식품 부산물인 밤 껍질, 고추씨박, 살구씨박, 호박씨, 아마씨박, 양과즙박으로부터 추출한 천연 항균 물질의 항균 활성 효과를 분석하기 위하여 disc diffusion test 방법을 사용하여 병원성 미생물인 *L. monocytogenes*와 *E. coli* O157:H7에 대한 저해 효과를 조사하였음(Table 9-6).
- Inhibition zone을 분석한 결과, 식품 부산물 추출물 중 흑마늘박 및 고추씨박 추출물을 제외하고는 *L. monocytogenes*와 *E. coli* O157:H7 모두에서 inhibition zone을 보인 추출물은 없었으며, 밤 껍질의 경우에는 *E. coli* O157:H7에 대한 항균 효과가 없는 것으로 나타났음.
- 반면에 살구씨박과 호박씨 추출물은 *L. monocytogenes*에 대해 inhibition zone이 측정되지 않았음.
- 유효 물질 18, 36, 60 mg의 흑마늘박 추출물의 *L. monocytogenes*에 대한 inhibition zone은 각각 6.68, 7.05, 8.19 mm이며, *E. coli* O157:H7의 경우에는 각각 6.28, 7.09, 7.76 mm로 측정되었음(Fig. 9-1).
- 고추씨박 추출물도 흑마늘박 추출물과 유사한 경향을 나타내었으며, 각 유효 물질 양에 따른 *L. monocytogenes*에 대한 inhibition zone은 각각 6.42, 8.53, 8.83 mm이었고, *E. coli* O157:H7의 inhibition zone은 유효 물질 18, 36, 60 mg의 각각에서 6.99, 7.95, 8.10 mm로 측정되었음(Fig. 9-1).
- 살구씨박과 호박씨 추출물은 밤 껍질 추출물과 다르게 *E. coli* O157:H7에서는 항균 효과를 보였으나 *L. monocytogenes*에서는 inhibition zone이 측정되지 않았음.
- 호박씨 추출물의 경우에는 모든 유효 물질 양에서 inhibition zone이 측정되었고, 각각의 유효 물질인 18, 36, 60 mg에서 7.00, 7.14, 7.90 mm의 inhibition zone이 형성되었음(Fig. 9-2).
- 아마씨박과 양과즙박 추출물의 경우에는 특정 유효 물질 양에서만 inhibition zone이 측정되었으며, 60 mg의 아마씨박 추출물이 *E. coli* O157:H7에서 8.87 mm의 inhibition zone을 나타내 모든 식품 부산물 소재 중에서 가장 높은 저해 효과를 보였음(Fig. 9-3).
- 2차 disc diffusion test 결과, 확실한 효과 비교가 어려웠기 때문에 흑마늘박, 밤 껍질, 고추씨박, 살구씨박, 호박씨, 아마씨박, 양과즙박 추출물의 항균 활성 효과를 재분석하였음.

Table 9-6. 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물의 항균 활성 효과 (2차)

(unit : mm)

Treatment	Concentration	<i>L.monocytogenes</i>	<i>E.coli</i> O157:H7	
Grapefruit seed extract	5%	24.21±0.65	11.02±0.36	
By-product	Chestnut shells	30% (18 mg)	-	
		30% (36 mg)	6.98±0.00	
		50% (60 mg)	10.74±0.26	
	Pepper seed pomace	30% (18 mg)	6.42±0.17	6.99±0.33
		30% (36 mg)	8.53±0.33	7.95±0.08
		50% (60 mg)	8.83±0.53	8.10±0.47
	Apricot kernel pomace	30% (18 mg)	-	-
		30% (36 mg)	-	7.38±0.67
		50% (60 mg)	-	8.80±0.45
	Black garlic pomace	30% (18 mg)	6.68±0.11	6.28±0.07
		30% (36 mg)	7.05±0.15	7.09±0.07
		50% (60 mg)	8.19±0.05	7.76±0.26
	Pumpkin seed	30% (18 mg)	-	7.00±0.20
		30% (36 mg)	-	7.14±0.10
		50% (60 mg)	-	7.90±0.18
	Flaxseed pomace	30% (18 mg)	-	-
		30% (36 mg)	-	7.78±0.19
		50% (60 mg)	9.16±1.15	8.87±0.49
	Extracted onion pomace	30% (18 mg)	-	-
		30% (36 mg)	7.43±0.41	7.89±0.05
		50% (60 mg)	9.16±0.18	8.29±0.07

(a) 흑마늘박



(b) 고추씨박



Fig. 9-1. 흑마늘박 및 고추씨박 추출물의 inhibition zone

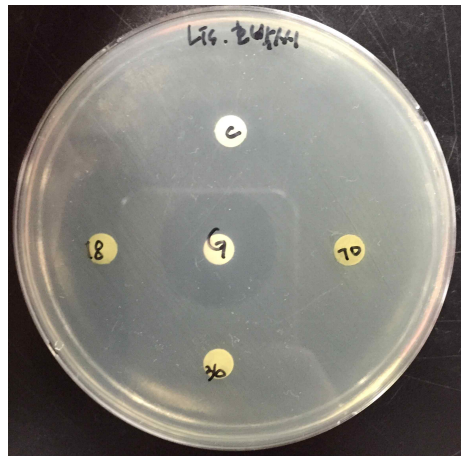
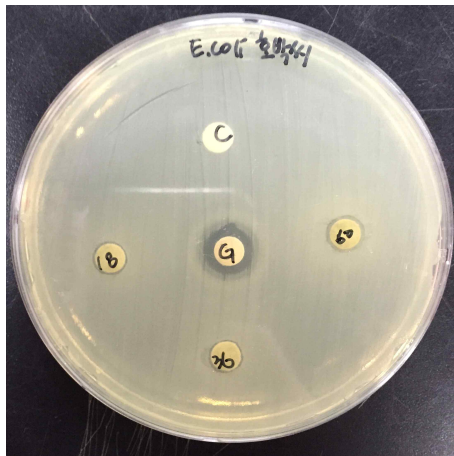


Fig. 9-2. 호박씨 추출물의 inhibition zone

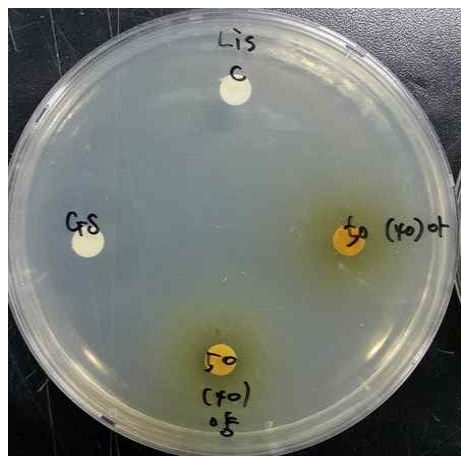
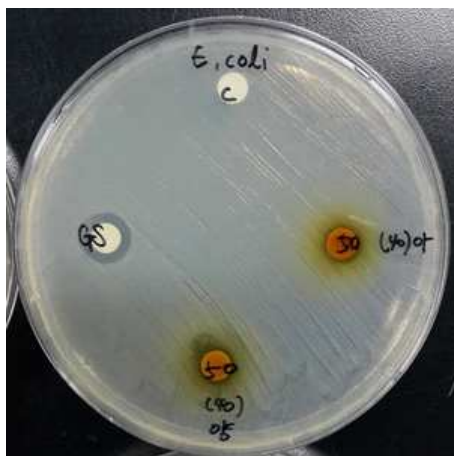


Fig. 9-3. 아마씨박 및 양파즙박 추출물의 inhibition zone



#### (4) 식품 부산물로부터 추출한 천연 항균 물질의 항균 활성 효과 분석 (3차)

- 1, 2차 연구에서 선별된 7가지 식물 소재 기반 식품 부산물인 흑마늘박, 밤 껍질, 고추씨박, 살구씨박, 호박씨, 아마씨박, 양파즙박으로부터 추출한 천연 항균 물질의 항균 활성 효과를 재분석하기 위하여 disc diffusion test 방법을 사용하여 병원성 미생물인 *Staphylococcus aureus*와 *E. coli* O157:H7에 대한 저해 효과를 조사하였음(Table 9-7).
- *L. monocytogenes*의 경우, inhibition zone이 불명확하여 보다 명확하게 inhibition zone을 측정하기 위해 같은 그람 양성균 중 *Staphylococcus aureus*를 선정하여 3차 실험에 사용하였음.
- Inhibition zone을 분석한 결과, 7가지 식품 부산물 추출물 중 살구씨박 추출물을 제외한 나머지 6가지 추출물은 *S. aureus*와 *E. coli* O157:H7에서 모두 inhibition zone을 형성하였음.
- 고추씨박, 호박씨, 양파즙박 추출물은 2가지 균주에 대해 모두 inhibition zone을 나타냈으나 그 크기가 *S. aureus*에서는 10.55-11.74 mm, *E. coli* O157:H7에서는 9.11-10.35 mm로 나타나 밤 껍질, 흑마늘박, 아마씨박에 비해 낮게 나타났음.
- 밤 껍질, 흑마늘박, 아마씨박 추출물의 *S. aureus*에 대한 inhibition zone은 각각 12.15, 14.36, 12.95 mm이며, *E. coli* O157:H7의 경우에는 각각 11.83, 11.22, 11.24 mm로 측정되었음(Fig. 9-4~6).
- Disc diffusion test 결과, 선정된 7가지 식품 부산물 소재 중 밤 껍질, 흑마늘박, 아마씨박 추출물이 나머지 4가지 식품 부산물 추출물보다 확실하게 더 넓은 inhibition zone을 형성하였기 때문에 최적 식물 소재 기반 식품 부산물로 선정하였음.
- 그러나 밤 껍질의 경우 추출 후 점도가 높아 세척수로 사용되기에 부적합한 측면이 존재하여 최종적으로 흑마늘박과 아마씨박을 최적 식품 부산물로 선별하였음.
- 이러한 결과로부터 식품 부산물에서 추출된 천연 항균 물질은 소재에 따라 차이를 보이지만 기존에 항균성이 있다고 보고된 천연 물질인 essential oil, 자몽종자추출물과 유사한 정도의 항균 활성 효과를 가지고 있다고 생각되며, 추후 농산물과 같은 식품에 적용하여 미생물학적 안전성을 확보하고 선도 유지를 할 수 있는 세척 처리 물질로써 사용 될 가능성이 높다고 판단됨.

Table 9-7. 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물의 항균 활성 효과 (3차)

(unit : mm)

Treatment	Concentration	<i>S. aureus</i>	<i>E.coli</i> O157:H7	
Grapefruit seed extract	5%	17.74±0.76	12.71±1.04	
By-product	Chestnut shells	50% (100 mg)	12.15±0.20	11.83±0.35
	Pepper seed pomace	50% (100 mg)	10.55±0.43	9.11±0.18
	Apricot kernel pomace	50% (100 mg)	-	-
	Black garlic pomace	50% (100 mg)	14.36±0.03	11.22±0.10
	Pumpkin seed	50% (100 mg)	11.74±0.09	9.95±0.18
	Flaxseed pomace	50% (100 mg)	12.95±1.04	11.24±0.85
	Extracted onion pomace	50% (100 mg)	10.57±0.87	10.35±0.76

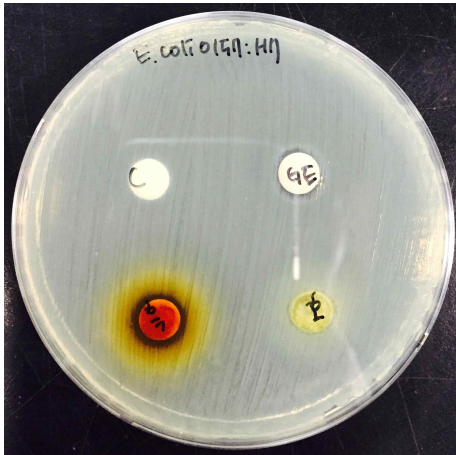


Fig 9-4. 흑마늘박 및 호박씨 추출물의 inhibition zone

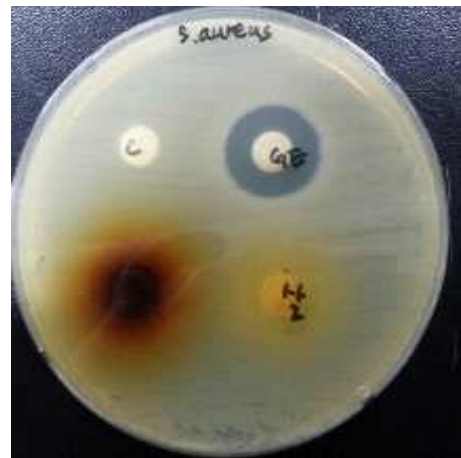
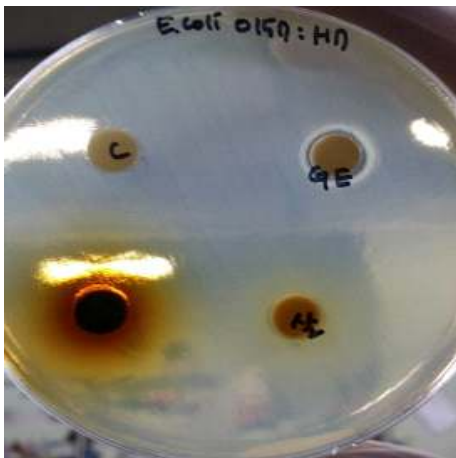


Fig 9-5. 고추씨박 및 살구씨박 추출물의 inhibition zone

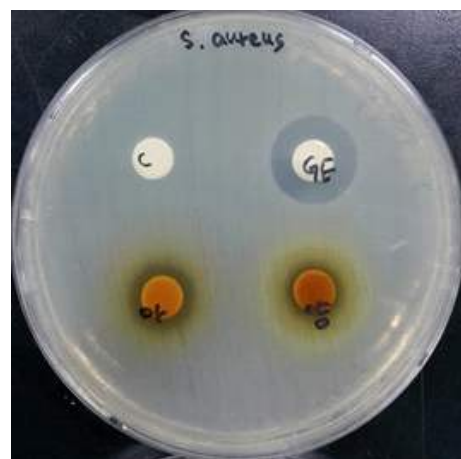


Fig 9-6. 아마씨박 및 양파즙박 추출물의 inhibition zone

#### 4. 선정된 천연 항균 물질의 항산화 활성 및 총 페놀 함량 분석

##### (1) 천연 항균 물질의 항산화 활성 분석

- 12개의 식물 소재 기반 식품 부산물 중 병원성 미생물에 대한 항균 활성 효과 분석을 통해 선정된 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 항산화 활성을 측정하였음(Table 9-8). 또한, 메탄올과 에탄올의 2가지 추출 용매로 추출했을 때의 항산화 활성 변화를 분석하여 선정된 최적 추출 용매인 메탄올의 효율성을 검증하였음.
- 80% 메탄올을 이용하여 추출한 아마씨박 추출물의 DPPH radical scavenging activity는 77.10%였으며, ABTS radical scavenging activity는 100%로 나타났으며, 80% 에탄올을 이용하여 추출한 아마씨박 추출물의 DPPH와 ABTS radical scavenging activity는 80% 메탄올 추출물과 유사하게 측정되어 각각 76.12%, 100%로 나타났음.
- 80% 메탄올을 이용하여 추출한 흑마늘박 추출물의 DPPH와 ABTS radical scavenging activity는 각각 80.03%, 96.93%로 측정된 반면에 80% 에탄올을 이용하여 추출한 흑마늘박 추출물의 경우 각각 78.32%, 93.49%로 나타나 80% 메탄올 추출이 에탄올 추출보다 효과적이었으며, 본 연구에서 사용한 최적 추출 용매 조건인 80% 메탄올이 식품 부산물로부터 천연 물질을 추출하는데 보다 효율적이라는 것을 확인하였음.

Table 9-8. 천연 항균 물질의 추출 용매에 따른 항산화 활성 변화

Sample	Extract solution	Radical scavenging activity(%)	
		DPPH assay	ABTS assay
Flexseed pomace	80% methanol	77.10±0.38	100±0.00
	80% ethanol	76.12±1.25	100±0.00
Black garlic pomace	80% methanol	80.03±1.75	96.93±0.68
	80% ethanol	78.32±1.64	93.49±0.44

**(2) 천연 항균 물질의 총 페놀 함량 분석**

- 12개의 식물 소재 기반 식품 부산물 중 병원성 미생물에 대한 항균 활성 효과 분석을 통해 선정된 2가지 식품 부산물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 총 페놀 함량을 측정하였음 (Table 9-9). 또한, 메탄올과 에탄올의 2가지 추출 용매로 추출했을 때의 총 페놀 함량 변화를 분석하여 선정된 최적 추출 용매인 메탄올의 효율성을 검증하였음.
- 80% 메탄올과 에탄올을 이용하여 추출한 아마씨박 추출물의 총 페놀 함량은 각각 1016.73 mg GAE/100 g FW, 705.82 mg GAE/100 g FW로 메탄올 추출물이 310.91 mg GAE/100 g FW 만큼 더 많이 측정되어 보다 효과적이라는 것을 알 수 있었음.
- 반면에 흑마늘박 추출물의 경우, 80% 메탄올과 에탄올을 이용하여 추출하였을 때 각각 1622.67 mg GAE/100 g FW, 1612.57 mg GAE/100 g FW로 메탄올 추출물이 10.10 mg GAE/100 g FW의 다소 낮은 증가를 보여 아마씨박 추출물의 총 페놀 함량 변화와는 차이를 보였음.
- 이는 식품 부산물 소재에 따라 특정 용매를 이용하여 추출할 경우에 추출되는 총 페놀 함량이 차이를 보일 수 있음을 나타내는 결과라고 생각되나 80% 메탄올을 이용하여 추출한 추출물의 총 페놀 함량이 아마씨박과 흑마늘박 모두에서 에탄올 추출보다 높게 측정되었기 때문에 본 연구에서 사용한 최적 추출 용매 조건인 80% 메탄올이 식품 부산물로부터 천연 물질을 추출하는데 적합한 조건이라고 판단됨.

**Table 9-9. 천연 항균 물질의 추출 용매에 따른 총 페놀 함량 변화**

Sample	Extract solution	mg GAE/100 g FW
Flexseed pomace	80% methanol	1016.73±61.71
	80% ethanol	705.82±28.28
Black garlic pomace	80% methanol	1622.67±2.31
	80% ethanol	1612.57±1.59

## 5. 선정된 천연 향균 물질의 미생물 제어 효과 분석

### (1) 기존 천연 물질과 선별된 천연 향균 물질 처리에 따른 로메인 상추의 미생물 수 변화

- 향균 활성 효과 분석을 통해 선정된 천연 물질의 식품 미생물 제어 효과를 분석하기 위해 향균 활성이 높다고 판단되는 흑마늘박과 아마씨박 추출물을 세척수(0.5, 1%)로 제조하여 로메인 상추에 처리한 후 미생물 수 변화를 조사하였으며, 이와 더불어 기존에 식품 미생물 제어를 위해 연구되고 있는 천연 물질 중 유기산인 citric acid와 acetic acid를 처리하여 그 효과를 비교, 분석하였음(Table 9-10).
- 0.5% 흑마늘박, 아마씨박 추출물 처리에 따른 로메인 상추의 총 호기성 세균 수는 각각 4.59, 4.25 log CFU/g이었으며, 1% 추출물 처리 후 미생물 수는 각각 4.21, 4.11 log CFU/g으로 대조구와 비교해 0.5, 1% 아마씨박 추출물이 각각 1.31, 1.45 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보여 흑마늘박 추출물보다 총 호기성 세균에 대한 제어 효과가 높은 것으로 나타났으며, 단순 물 세척 처리와 비교했을 때도 각각 0.47, 0.61 log CFU/g 더 높은 미생물 수 감소를 보였음.
- 로메인 상추의 효모 및 곰팡이 수 변화는 총 호기성 세균의 결과와 다소 차이를 나타내었음(Table 47). 대조구의 효모 및 곰팡이 수는 4.41 log CFU/g으로 총 호기성 세균보다 낮게 나타났으며, 단순 물 세척 처리구는 4.12 log CFU/g, 0.5% 흑마늘박, 아마씨박 추출물 처리구는 각각 3.18, 3.63 log CFU/g, 1% 추출물 처리구의 경우에는 각각 2.61, 3.21 log CFU/g의 미생물 수를 보였음.
- 본 연구 결과로부터 식품 부산물로부터 추출된 천연 향균 물질이 소재에 따라 특정 균에 대한 효과가 다르게 나타날 수 있다는 것을 확인하였음.
- 유기산인 citric acid와 acetic acid 처리의 경우는 총 호기성 세균 결과와 유사하게 식품 부산물 추출물보다 높은 효과를 보였지만 citric acid의 처리는 흑마늘박 추출물과 유사한 경향을 나타내었음.
- 따라서 이러한 결과들로부터 본 연구에서 선정한 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물은 기존 천연 물질보다 미생물 제어 수준이 약간 낮은 경향을 보이거나 이는 추출 및 정제과정에 따른 차이라고 생각되며, 단순한 과정으로 추출되었음에도 로메인 상추와 같은 농산물의 초기 미생물 수를 제어할 수 있는 새로운 세척 처리 물질로써의 가능성이 매우 높다고 판단됨.

Table 9-10. 기존 천연 물질 및 식품 부산물 추출물 처리에 따른 로메인 상추의 미생물 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment	Microorganism	
	Total aerobic bacteria	Yeast and molds
Control	5.56±0.17	4.41±0.21
Water washing	4.82±0.25	4.12±0.15
Black garlic pomace extract (0.5%)	4.59±0.34	3.18±0.19
Black garlic pomace extract (1%)	4.21±0.29	2.61±0.23
Flaxseed pomace extract (0.5%)	4.25±0.21	3.63±0.18
Flaxseed pomace extract (1%)	4.11±0.13	3.21±0.19
Citric acid (0.5%)	3.85±0.18	3.20±0.28
Citric acid (1%)	3.52±0.19	2.65±0.49
Acetic acid (0.5%)	3.32±0.35	2.15±0.17
Acetic acid (1%)	2.83±0.19	2.08±0.15

## (2) 기존 살균 처리와 천연 향균 물질 처리의 미생물 수 감소 효과 비교 분석

- 향균 활성 효과 분석을 통해 선정된 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 미생물 제어 효과를 조사하기 위해 차아염소산나트륨 처리와 그 효과를 비교, 분석하였음(Table 9-11).
- 0.5% 흑마늘박과 아마씨박 추출물 처리에 따른 로메인 상추의 총 호기성 세균 수는 각각 4.50, 4.18 log CFU/g이었으며, 1% 추출물 처리 후 미생물 수는 각각 4.16, 4.05 log CFU/g으로 대조구와 비교해 0.5, 1% 아마씨박 추출물이 각각 1.23, 1.36 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보여 흑마늘박 추출물보다 높은 미생물 제어 효과를 나타내었음.
- 50 ppm 차아염소산나트륨 처리는 2.83 log CFU/g, 100 ppm 차아염소산나트륨 처리의 경우에는 2.66 log CFU/g으로 선정된 2가지 식품 부산물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물보다 약 1.22-1.84 log CFU/g 더 높은 미생물 수 감소를 보였음.
- 차아염소산나트륨은 매우 높은 미생물 제어 효과를 가지지만 적용된 식품의 품질에도 영향을 미칠 수 있어 사용이 제한적이며, 소비자에게 건강에 대한 불안감을 가져올 수 있음.
- 그러나 본 연구에서 적용된 식품 부산물 추출물은 이러한 문제들을 해결할 수 있음과 동시에 다량 사용되어도 식품 자체에 부정적인 영향을 미치지 않을 수 있다는 장점이 있음.
- 또한, 소비자의 건강에 대한 기호도를 만족시키면서 동시에 효과적으로 미생물을 제어할 수 있는 세척 처리 물질이 될 수 있다고 생각됨.
- 따라서 현재 미생물 제어를 위해 연구되고 있는 화학 물질들의 근본적인 문제를 해결할 수 있다는 측면에서 본 연구에서 사용된 식품 부산물 추출물은 농산물을 포함한 다양한 식품군의 미생물 제어를 위해 사용될 수 있는 가능성이 아주 높은 대체 물질이라고 생각됨.
- 차아염소산나트륨과 식품 부산물로부터 얻어진 천연 물질 처리에 따른 로메인 상추의 효모 및 곰팡이 수 변화는 총 호기성 세균의 결과와는 다소 차이를 나타내었음(Table 9-11).
- 총 호기성 세균의 경우, 아마씨박 추출물이 흑마늘박 추출물보다 높은 미생물 수 감소 효과를 나타내었으나 효모 및 곰팡이의 경우에는 흑마늘박 추출물이 0.5, 1% 농도 모두에서 대조구와 비교해 각각 1.18, 1.96 log CFU/g으로 아마씨박 추출물보다 더 높은 미생물 수 감소를 나타내어 천연 물질이 소재에 따라 미생물 종류에 대한 제어 효과가 다르게 나타날 수 있음을 재확인하였음.
- 비록 기존 살균 세척 처리의 미생물 제어 효과가 본 연구에서 적용된 식품 부산물 추출물보다 다소 높게 나타났으나 차아염소산나트륨과 같은 염소계 물질은 고농도에서 물 속 유기물질과 반응해 발암물질인 트리할로메탄 등을 생성할 수 있는 위험성이 존재하며, 사용에 있어 많은 제약이 따름.
- 따라서 본 연구에서 선정한 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물은 기존 살균 처리가 가지고 있는 위험성, 문제점, 한계점 등을 해결할 수 있음과 동시에 농산물을 비롯한 다양한 식품군의 초기 미생물을 효과적으로 제어해 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 새로운 세척 처리 대체 물질로 사용될 수 있다고 판단됨.



Table 9-11. 기존 살균 처리 및 천연 항균 물질 처리에 따른 로메인 상추의 미생물 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment	Microorganism	
	Total aerobic bacteria	Yeast and molds
Control	5.41±0.28	4.33±0.22
Water washing	4.63±0.29	3.86±0.19
Black garlic pomace extract (0.5%)	4.50±0.36	3.15±0.16
Black garlic pomace extract (1%)	4.16±0.31	2.39±0.22
Flaxseed pomace extract (0.5%)	4.18±0.17	3.58±0.18
Flaxseed pomace extract (1%)	4.05±0.08	3.16±0.16
Sodium hypochlorite (50 ppm)	2.83±0.20	1.43±0.13
Sodium hypochlorite (100 ppm)	2.66±0.31	1.23±0.15

## 5. 천연 항균 물질 처리에 따른 6종 농산물의 저장 중 미생물 수 및 품질 변화

### (1) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 미생물 수 변화

- 로메인 상추에 선별된 0.5% 아마씨박 추출물, 0.5% acetic acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 아마씨박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 7일 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 9-12,13).
- 아마씨박 추출물 처리구는 저장 초기 5.08 log CFU/g의 총 호기성 세균 수를 나타내어 기존 처리보다 낮은 미생물 제어 효과를 보였음.
- 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물의 항균 활성 효과, 항산화 활성 및 총 페놀 함량 분석 등을 통해 이들 천연 항균 물질의 식품 적용 가능성이 우수할 것으로 예상되었으나 실제 농산물 적용 시 기존 처리와 비교해 미생물 제어 수준은 다소 낮음이 확인되었음.
- 아마씨박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기 3.73 log CFU/g의 미생물 수로 모든 처리구 중에서 가장 높은 미생물 수 감소를 보였음.
- 이는 식품 부산물 추출물이 염소계 세척 물질의 이용 농도를 낮출 수 있는 가능성을 가진 첨가 물질로, 미생물 제어 효과는 높으면서 동시에 염소계 세척 물질의 가장 큰 문제점인 발암물질 생성 위험성을 저하시킬 수 있음을 보여주는 결과라고 생각됨.
- 각 세척 처리 후 총 호기성 세균의 감균 효과는 저장 중에도 지속되었는데, 저장 3일 후 대조구의 미생물 수가 5.87 log CFU/g을 나타낸 반면에 acetic acid, 아마씨박 추출물 처리구는 각각 4.80, 5.05 log CFU/g을 나타내어 1.07, 0.82 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였으며, 차아염소산나트륨 단일 처리와 아마씨박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합처리구는 4.40, 3.82 log CFU/g으로 대조구와 비교해 1.47, 2.05 log CFU/g의 유의적인 미생물 수 감소를 나타냈음.
- 이러한 결과로부터 저장기간 동안, 차아염소산나트륨을 제외한 나머지 단일 처리는 로메인 상추의 미생물학적 안전성을 확보하기 어려우며, 차아염소산나트륨과 아마씨박 추출물의 병합처리가 가장 높은 미생물 제어 효과를 확보할 수 있는 처리 방법이라는 것을 확인하였음.
- 로메인 상추의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 경우에도 총 호기성 세균의 결과와 유사한 경향을 나타내었음(Table 9-13).
- 따라서 이러한 결과로부터 선정된 식품 부산물 소재인 아마씨박의 경우, 실제 식품 적용 시 기존 살균 물질인 차아염소산나트륨의 사용 농도를 저감할 수 있는 첨가 물질로서의 가능성을 가지고 있다고 판단됨.
- 이와 더불어 본 연구에 적용된 아마씨박 추출물의 경우 acetic acid 등의 기존 천연 물질과 달리 아주 기초적인 추출 과정을 통해 얻어졌기 때문에 정밀한 추출, 정제 과정을 거친 기존 천연 물질보다 미생물 제어 효과가 낮은 것이라고 생각되며, 이러한 차이에도 불구하고 미생물 제어가 가능한 천연 항균 물질이 포함되어 있다는 것을 본 연구를 통해 확인하였음.

Table 9-12. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 총 호기성 세균 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Control	5.75±0.29 <sup>Abc2)</sup>	5.69±0.02 <sup>Ac</sup>	5.87±0.03 <sup>Aabc</sup>	6.05±0.16 <sup>Aab</sup>	6.10±0.10 <sup>Aa</sup>
Water washing	5.68±0.04 <sup>Aab</sup>	5.61±0.21 <sup>Ab</sup>	5.69±0.08 <sup>Aab</sup>	5.75±0.22 <sup>Bab</sup>	6.03±0.16 <sup>Aa</sup>
Acetic acid 0.5%	4.29±0.11 <sup>Cd</sup>	4.55±0.24 <sup>BCcd</sup>	4.80±0.29 <sup>Bbc</sup>	5.06±0.02 <sup>Cab</sup>	5.16±0.15 <sup>Ba</sup>
Flaxseed pomace extract 0.5%	5.08±0.09 <sup>Ba</sup>	4.99±0.08 <sup>Ba</sup>	5.05±0.22 <sup>Ba</sup>	5.13±0.18 <sup>Ca</sup>	5.20±0.14 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	4.19±0.21 <sup>Cb</sup>	4.24±0.24 <sup>CDab</sup>	4.40±0.09 <sup>Cab</sup>	4.45±0.03 <sup>Dab</sup>	4.52±0.12 <sup>Ca</sup>
Combined treatment	3.73±0.27 <sup>Da</sup>	3.81±0.37 <sup>Da</sup>	3.82±0.14 <sup>Da</sup>	3.98±0.24 <sup>Ea</sup>	4.06±0.15 <sup>Da</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + flaxseed pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-E) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-13. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 효모 및 곰팡이 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Control	4.42±0.17 <sup>Ac2)</sup>	4.45±0.21 <sup>Ac</sup>	4.92±0.06 <sup>Ab</sup>	5.08±0.12 <sup>Aab</sup>	5.15±0.08 <sup>Aa</sup>
Water washing	4.00±0.14 <sup>Bb</sup>	4.03±0.24 <sup>Bb</sup>	4.46±0.11 <sup>Ba</sup>	4.52±0.32 <sup>Ba</sup>	4.65±0.05 <sup>Ba</sup>
Acetic acid 0.5%	2.33±0.14 <sup>Cc</sup>	2.37±0.06 <sup>Dc</sup>	2.97±0.06 <sup>Db</sup>	2.99±0.08 <sup>Db</sup>	3.23±0.07 <sup>Da</sup>
Flaxseed pomace extract 0.5%	3.86±0.28 <sup>Ba</sup>	3.84±0.14 <sup>Ba</sup>	3.90±0.22 <sup>Ca</sup>	3.92±0.25 <sup>Ca</sup>	3.99±0.12 <sup>Ca</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	2.31±0.22 <sup>Cb</sup>	2.73±0.07 <sup>Ca</sup>	2.82±0.30 <sup>Da</sup>	2.89±0.20 <sup>DEa</sup>	3.02±0.07 <sup>Ea</sup>
Combined treatment	1.96±0.25 <sup>Db</sup>	2.04±0.19 <sup>Eb</sup>	2.21±0.23 <sup>Eb</sup>	2.63±0.13 <sup>Ea</sup>	2.77±0.07 <sup>Fa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + flaxseed pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-F) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

## (2) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 품질 변화

- 로메인 상추에 2가지 식품 부산물 추출물 중 선별된 0.5% 아마씨박 추출물, 2가지 유기산 중 선별된 0.5% acetic acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 아마씨박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C에서 7일 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였음(Table 9-14~16).
- 대조구를 포함한 4개의 단일 처리 및 차아염소산나트륨과 아마씨박 추출물의 병합 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 중량감소율은 모두 1% 미만으로 본 실험에 적용된 모든 처리가 로메인 상추의 중량 손실을 야기하지 않고, 품질에 부정적인 영향을 일으키지 않는다고 생각됨(Table 9-14).
- 저장 초기 로메인 상추의 총 페놀 함량은 약 2.3-2.9 mg GAE/100 g FW로 각 처리에 따라 유의적인 차이를 보였는데, 이는 매우 근소한 차이로 로메인 상추 내의 총 페놀 함량이 매우 적은 양이기 때문에 발생한 차이와 구입 당시 시료에 존재하는 총 페놀 함량이 각 처리군마다 약간의 차이를 보였기 때문이라고 생각되며, 특정 처리에 기인한 결과는 아니라고 판단됨(Table 9-15).
- 로메인 상추의 Hunter L, a, b 및  $\Delta E$  값은 각 세척 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았음. 저장 초기 대조구의 L, a, b 값은 각각 44.58, -17.41, 23.37이었으며, 이러한 색도 값은 저장 7일 동안의 저장 중에도 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았음. 이와 더불어 총색차를 나타내는  $\Delta E$  값도 대조구와 처리구 모두 약 0.4-0.6으로 저장 중 큰 유의적 차이를 나타내지 않았음(Table 9-16).
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 본 연구에서 선정된 천연 항균 물질은 로메인 상추의 품질과 색도에 부정적인 영향을 미치지 않는 세척 처리 물질이라고 판단됨.
- 로메인 상추에 아마씨박 추출물, acetic acid와 차아염소산나트륨 및 아마씨박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후 저장 중 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 관능적 품질 변화를 조사하였음(Table 9-17).
- 아마씨박 추출물, 차아염소산나트륨과 이들의 병합 처리는 저장 7일 후에도 모든 관능적 품질 지표에 있어서 대조구와 유사한 점수를 나타내었음. 이러한 결과를 통해 아마씨박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리가 높은 미생물 제어 효과를 가짐과 동시에 로메인 상추의 관능적 품질도 효과적으로 유지시킬 수 있는 처리 기술이라고 판단됨.

Table 9-14. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 증량감소율 변화

(Unit: %)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Control	-	0.02±0.02 <sup>Cb2)</sup>	0.04±0.04 <sup>Cb</sup>	0.18±0.10 <sup>Bab</sup>	0.31±0.15 <sup>ABa</sup>
Water washing	-	0.03±0.02 <sup>Cc</sup>	0.06±0.06 <sup>Cbc</sup>	0.12±0.08 <sup>Bb</sup>	0.27±0.03 <sup>Ba</sup>
Acetic acid 0.5%	-	0.54±0.14 <sup>Aa</sup>	0.65±0.21 <sup>Aa</sup>	0.65±0.21 <sup>Aa</sup>	0.69±0.25 <sup>Aa</sup>
Flaxseed pomace extract 0.5%	-	0.08±0.02 <sup>Cc</sup>	0.12±0.02 <sup>Cbc</sup>	0.24±0.11 <sup>Bab</sup>	0.35±0.17 <sup>ABa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	-	0.27±0.08 <sup>Bb</sup>	0.33±0.04 <sup>Bb</sup>	0.36±0.04 <sup>Bb</sup>	0.53±0.05 <sup>ABa</sup>
Combined treatment	-	0.14±0.12 <sup>Ca</sup>	0.16±0.13 <sup>Ca</sup>	0.19±0.13 <sup>Ba</sup>	0.21±0.14 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + flaxseed pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-15. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 총 페놀 함량 변화

(Unit: mg GAE/ 100 g FW)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Control	2.49±0.22 <sup>BCDb2)</sup>	2.48±0.05 <sup>ABb</sup>	2.78±0.12 <sup>BCab</sup>	2.97±0.30 <sup>Ca</sup>	3.01±0.21 <sup>Ca</sup>
Water washing	2.88±0.15 <sup>ABc</sup>	2.73±0.13 <sup>Ac</sup>	3.47±0.20 <sup>Ab</sup>	3.85±0.27 <sup>Aa</sup>	3.56±0.08 <sup>Aab</sup>
Acetic acid 0.5%	2.47±0.39 <sup>DCb</sup>	2.19±0.10 <sup>Bb</sup>	2.49±0.14 <sup>Cb</sup>	3.70±0.50 <sup>ABa</sup>	2.71±0.10 <sup>Db</sup>
Flaxseed pomace extract 0.5%	2.76±0.23 <sup>ABCc</sup>	2.76±0.19 <sup>Ac</sup>	3.04±0.21 <sup>Bc</sup>	3.69±0.40 <sup>ABa</sup>	3.27±0.08 <sup>Bab</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	2.29±0.41 <sup>Dc</sup>	2.26±0.32 <sup>Bc</sup>	2.79±0.17 <sup>BCbc</sup>	3.07±0.50 <sup>BCab</sup>	3.45±0.07 <sup>ABa</sup>
Combined treatment	2.97±0.26 <sup>Aa</sup>	2.40±0.05 <sup>Bb</sup>	2.52±0.12 <sup>Cb</sup>	2.28±0.19 <sup>Db</sup>	2.84±0.08 <sup>CDa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + flaxseed pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-16. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 색도 변화

Color parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (days)				
		0	1	3	5	7
L	Control	44.58±0.36 <sup>Aa2)</sup>	44.55±0.61 <sup>Aa</sup>	44.50±0.53 <sup>Aa</sup>	44.55±0.39 <sup>Aa</sup>	44.44±0.64 <sup>Aa</sup>
	Water washing	44.51±0.33 <sup>Aa</sup>	44.61±0.46 <sup>Aa</sup>	44.59±0.31 <sup>Aa</sup>	44.69±0.85 <sup>Aa</sup>	44.54±0.34 <sup>Aa</sup>
	Acetic acid 0.5%	44.53±0.36 <sup>Aa</sup>	44.53±0.58 <sup>Aa</sup>	44.64±0.56 <sup>Aa</sup>	44.52±0.50 <sup>Aa</sup>	44.43±0.25 <sup>Aa</sup>
	Flaxseed pomace extract 0.5%	44.40±0.68 <sup>Aa</sup>	44.88±0.64 <sup>Aa</sup>	44.74±0.67 <sup>Aa</sup>	44.46±0.28 <sup>Aa</sup>	44.62±0.48 <sup>Aa</sup>
	Sodium Hypochlorite 50ppm	44.26±1.46 <sup>Aa</sup>	44.40±0.69 <sup>Aa</sup>	44.53±0.60 <sup>Aa</sup>	44.46±0.28 <sup>Aa</sup>	44.25±0.38 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	44.65±0.21 <sup>Aa</sup>	44.62±0.35 <sup>Aa</sup>	44.48±0.58 <sup>Aa</sup>	44.40±0.29 <sup>Aa</sup>	44.55±0.34 <sup>Aa</sup>
a	Control	-17.41±0.29 <sup>Aa</sup>	-17.29±0.19 <sup>Aa</sup>	-17.51±0.41 <sup>Aa</sup>	-17.53±0.35 <sup>Aa</sup>	-17.43±0.34 <sup>Aa</sup>
	Water washing	-17.57±0.26 <sup>Aa</sup>	-17.63±0.16 <sup>Aa</sup>	-17.39±0.20 <sup>Aa</sup>	-17.69±0.46 <sup>Aa</sup>	-17.43±0.28 <sup>Aa</sup>
	Acetic acid 0.5%	-17.60±0.35 <sup>Aa</sup>	-17.58±0.29 <sup>Aa</sup>	-17.49±0.31 <sup>Aa</sup>	-17.57±0.36 <sup>Aa</sup>	-17.50±0.59 <sup>Aa</sup>
	Flaxseed pomace extract 0.5%	-17.62±0.48 <sup>Aa</sup>	-18.27±0.17 <sup>Ba</sup>	-17.67±0.61 <sup>Aa</sup>	-17.64±0.62 <sup>Aa</sup>	-17.31±0.17 <sup>Aa</sup>
	Sodium Hypochlorite 50ppm	-17.29±0.34 <sup>Aa</sup>	-17.45±0.33 <sup>Aa</sup>	-17.45±0.26 <sup>Aa</sup>	-17.67±0.50 <sup>Aa</sup>	-17.42±0.34 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	-17.41±0.25 <sup>Aa</sup>	-17.60±0.47 <sup>Aa</sup>	-17.55±0.40 <sup>Aa</sup>	-17.46±0.31 <sup>Aa</sup>	-17.65±0.35 <sup>Aa</sup>



Color parameter	Treatment	Storage time (days)				
		0	1	3	5	7
b	Control	23.37±0.41 <sup>Aa</sup>	23.69±1.63 <sup>Aa</sup>	23.59±0.56 <sup>Aa</sup>	23.41±0.51 <sup>Aa</sup>	23.64±0.21 <sup>Aa</sup>
	Water washing	23.35±0.25 <sup>Aa</sup>	23.56±0.33 <sup>Aa</sup>	23.53±0.29 <sup>Aa</sup>	23.59±0.33 <sup>Aa</sup>	23.35±0.24 <sup>Aa</sup>
	Acetic acid 0.5%	23.62±1.55 <sup>Aa</sup>	23.74±0.49 <sup>Aa</sup>	23.79±0.66 <sup>Aa</sup>	23.49±0.22 <sup>Aa</sup>	23.61±0.27 <sup>Aa</sup>
	Flaxseed pomace extract 0.5%	23.30±0.26 <sup>Aa</sup>	23.37±0.38 <sup>Aa</sup>	23.48±0.13 <sup>Aa</sup>	23.50±0.35 <sup>Aa</sup>	23.51±0.24 <sup>Aa</sup>
	Sodium Hypochlorite 50ppm	23.53±0.55 <sup>Aa</sup>	23.61±0.56 <sup>Aa</sup>	23.41±0.33 <sup>Aa</sup>	23.60±0.53 <sup>Aa</sup>	23.42±0.52 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	23.35±0.21 <sup>Aa</sup>	23.57±0.38 <sup>Aa</sup>	23.45±0.34 <sup>Aa</sup>	23.55±0.37 <sup>Aa</sup>	23.44±0.30 <sup>Aa</sup>
ΔE	Control	–	0.65±0.03 <sup>Aa</sup>	0.41±0.03 <sup>Ab</sup>	0.41±0.10 <sup>Ab</sup>	0.41±0.04 <sup>Ab</sup>
	Water washing	0.41±0.01 <sup>Ba</sup>	0.41±0.03 <sup>Ca</sup>	0.41±0.02 <sup>Aa</sup>	0.41±0.02 <sup>Aa</sup>	0.41±0.02 <sup>Aa</sup>
	Acetic acid 0.5%	0.62±0.01 <sup>Aa</sup>	0.41±0.02 <sup>Cb</sup>	0.41±0.02 <sup>Ab</sup>	0.41±0.02 <sup>Ab</sup>	0.41±0.03 <sup>Ab</sup>
	Flaxseed pomace extract 0.5%	0.41±0.07 <sup>Bb</sup>	0.57±0.11 <sup>Ba</sup>	0.41±0.02 <sup>Ab</sup>	0.41±0.03 <sup>Ab</sup>	0.41±0.04 <sup>Ab</sup>
	Sodium Hypochlorite 50ppm	0.41±0.13 <sup>Ba</sup>	0.41±0.02 <sup>Ca</sup>	0.41±0.01 <sup>Aa</sup>	0.41±0.02 <sup>Aa</sup>	0.41±0.03 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	0.41±0.01 <sup>Ba</sup>	0.41±0.03 <sup>Ca</sup>	0.41±0.02 <sup>Aa</sup>	0.41±0.03 <sup>Aa</sup>	0.41±0.02 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + flaxseed pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-17. 선정된 천연 향균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 로메인 상추의 관능적 품질 지표 변화

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.96±0.19 <sup>Aa</sup>	8.30±0.68 <sup>Ab</sup>	7.56±0.79 <sup>Ac</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.94±0.24 <sup>Aa</sup>	8.25±0.65 <sup>Ab</sup>	7.50±0.69 <sup>Ac</sup>
	Acetic acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.73±0.45 <sup>Ba</sup>	6.97±0.86 <sup>Bb</sup>	6.02±0.85 <sup>Bc</sup>	4.42±0.85 <sup>Bd</sup>
	Flaxseed pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.95±0.22 <sup>Aa</sup>	8.28±0.66 <sup>Ab</sup>	7.44±0.65 <sup>Ac</sup>
	Sodium Hypochlorite 50ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.95±0.22 <sup>Aa</sup>	8.13±0.72 <sup>Ab</sup>	7.33±0.69 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.98±0.16 <sup>Aa</sup>	8.30±0.60 <sup>Ab</sup>	7.30±0.56 <sup>Ac</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Aa</sup>	8.38±0.51 <sup>Ab</sup>	7.84±0.77 <sup>Ac</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Aa</sup>	8.14±0.72 <sup>ABb</sup>	7.49±0.91 <sup>ABc</sup>
	Acetic acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.55±0.71 <sup>Bb</sup>	7.21±0.90 <sup>Cc</sup>	6.18±0.81 <sup>Cd</sup>
	Flaxseed pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.99±0.11 <sup>Aa</sup>	8.18±0.85 <sup>ABb</sup>	7.31±0.85 <sup>Bc</sup>
	Sodium Hypochlorite 50ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.88±0.33 <sup>Aa</sup>	7.96±0.86 <sup>Bb</sup>	7.20±0.88 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.85±0.36 <sup>Aa</sup>	8.44±0.57 <sup>Ab</sup>	7.55±0.50 <sup>ABc</sup>

Quality parameter	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.84±0.37 <sup>ABCa</sup>	8.15±0.68 <sup>Ab</sup>	7.40±0.88 <sup>Ac</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.69±0.47 <sup>Cb</sup>	8.08±0.78 <sup>Ac</sup>	7.34±0.93 <sup>Ad</sup>
	Acetic acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Ba</sup>	7.08±0.75 <sup>Db</sup>	4.77±0.87 <sup>Bc</sup>	3.72±0.86 <sup>Bd</sup>
	Flex seed pomace 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.96±0.19 <sup>ABa</sup>	8.11±0.84 <sup>Ab</sup>	7.15±0.86 <sup>Ac</sup>
	Sodium hypochlorite 50ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.99±0.11 <sup>Aa</sup>	8.98±0.16 <sup>Aa</sup>	8.03±0.81 <sup>Ab</sup>	7.08±0.85 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.74±0.44 <sup>BCb</sup>	8.33±0.57 <sup>Ac</sup>	7.30±0.62 <sup>Ad</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.89±0.32 <sup>Aa</sup>	8.14±0.69 <sup>Ab</sup>	7.49±0.91 <sup>Ac</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Aa</sup>	8.13±0.70 <sup>Ab</sup>	7.43±0.88 <sup>Ac</sup>
	Acetic acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.66±0.48 <sup>Ba</sup>	7.73±0.87 <sup>Bb</sup>	5.20±0.90 <sup>Bc</sup>	3.80±0.89 <sup>Bd</sup>
	Flex seed pomace 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.95±0.22 <sup>Aa</sup>	8.10±0.85 <sup>Ab</sup>	7.24±0.83 <sup>Ac</sup>
	Sodium hypochlorite 50ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.95±0.22 <sup>Aa</sup>	8.03±0.80 <sup>Ab</sup>	7.24±0.83 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Aa</sup>	8.35±0.53 <sup>Ab</sup>	7.24±0.56 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + flaxseed pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

### (3) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 적무싹의 미생물 수 변화

- 예비 실험을 통해 적무싹에 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 0.5% citric acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C에서 9일 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 9-18,19).
- 선정된 식품 부산물 추출물인 흑마늘박 추출물은 저장 초기 7.72 log CFU/g의 총 호기성 세균 수를 나타내어 기존 처리보다 낮은 미생물 제어 효과를 보였음.
- 이는 로메인 상추에 적용된 아마씨박 추출물의 결과와 유사한 경향이었으나 적무싹의 경우, 기존 천연 물질 및 기존 살균 물질 처리와 비교 시 큰 차이를 보이지 않아 대상 농산물에 따라 미생물 제어 효과가 달라질 수 있다고 생각됨.
- 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기 7.16 log CFU/g의 미생물 수로 모든 처리구 중 가장 높은 미생물 수 감소를 보였음.
- 이러한 결과 또한 로메인 상추에서의 결과와 유사한 결과로 흑마늘박 추출물이 염소계 세척 물질이 가지는 한계점을 극복할 수 있는 대체 물질로 사용될 가능성이 높다고 생각됨.
- 각 세척 처리 후 총 호기성 세균의 감균 효과는 로메인 상추와는 달리 저장 중 매우 낮게 지속되었는데, 저장 9일 후 대조구의 미생물 수가 8.73 log CFU/g을 나타내었고, citric acid, 흑마늘박 추출물 처리구는 각각 8.11, 8.30 log CFU/g을 나타내어 0.62, 0.43 log CFU/g의 낮은 미생물 수 감소를 보였으며, 차아염소산나트륨 단일 처리와 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합처리도 8.14, 7.94 log CFU/g으로 대조구와 비교해 0.59, 0.79 log CFU/g의 다소 낮은 미생물 수 감소 효과를 보였음.
- 이러한 결과로부터 본 연구에 사용된 다양한 세척 처리 방법이 적무싹과 같은 새싹채소의 총 호기성 세균을 효과적으로 제어하지 못함을 확인하였고, 선정된 천연 물질의 효과 또한 미비하였으나 기존 천연 물질 및 살균 물질과 비교하였을 때 큰 차이를 보이지 않아 미생물 제어 효과에 있어서는 유사한 수준이라고 판단됨.
- 적무싹의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 변화는 총 호기성 세균의 결과와는 다른 경향을 나타내었음(Table 9-19).
- 이러한 결과로부터 선정된 식품 부산물 소재인 흑마늘박의 경우, 로메인 상추에 사용되었던 아마씨박 추출물과 동일하게 실제 식품 적용 시 낮은 미생물 감균 효과를 가지고 있으나 기존 살균 물질인 차아염소산나트륨의 사용량을 줄일 수 있다는 측면에서 대체 물질로서의 가능성을 가지고 있다고 판단됨.
- 이와 더불어 본 연구에 적용된 흑마늘박 추출물도 아마씨박 추출물처럼 citric acid 등의 기존 천연 물질과 달리 간단한 1차적 추출 과정을 통해 얻어졌기 때문에 기존 천연 물질보다 미생물 제어 효과가 낮게 나타난 것이라고 생각되며, 이러한 한계점이 있음에도 농산물의 초기 미생물을 제어하고 저장 중 그 효과가 유지 가능하다는 것을 본 연구를 통해 확인하였음.

Table 9-18. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 적무착의 총 호기성 세균 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	3	6	9
Control	8.48±0.18 <sup>Ac2)</sup>	8.54±0.23 <sup>Abc</sup>	8.67±0.10 <sup>Aab</sup>	8.73±0.14 <sup>Aa</sup>
Water washing	8.18±0.12 <sup>Ac</sup>	8.31±0.16 <sup>Bbc</sup>	8.46±0.09 <sup>ABab</sup>	8.57±0.13 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	7.43±0.20 <sup>Dc</sup>	7.55±0.14 <sup>Ec</sup>	7.79±0.08 <sup>Db</sup>	8.11±0.05 <sup>Ca</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	7.72±0.26 <sup>Cb</sup>	8.03±0.18 <sup>Ca</sup>	8.26±0.12 <sup>BCa</sup>	8.30±0.18 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	7.30±0.15 <sup>DEc</sup>	7.80±0.07 <sup>Db</sup>	8.03±0.10 <sup>Ca</sup>	8.14±0.10 <sup>BCa</sup>
Combined treatment	7.16±0.16 <sup>Ec</sup>	7.36±0.14 <sup>Fc</sup>	7.64±0.36 <sup>Db</sup>	7.94±0.08 <sup>Da</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-F) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-19. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 적무착의 효모 및 곰팡이 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	3	6	9
Control	4.49±0.08 <sup>Aa2)</sup>	4.53±0.18 <sup>Aa</sup>	4.56±0.14 <sup>Aa</sup>	4.69±0.22 <sup>Aa</sup>
Water washing	4.15±0.03 <sup>Bc</sup>	4.25±0.11 <sup>Bbc</sup>	4.36±0.07 <sup>Bab</sup>	4.38±0.09 <sup>Ba</sup>
Citric acid 0.5%	3.65±0.24 <sup>Cb</sup>	3.73±0.22 <sup>Cab</sup>	3.85±0.27 <sup>Dab</sup>	3.96±0.15 <sup>Ca</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	4.08±0.15 <sup>Bb</sup>	4.11±0.13 <sup>Bb</sup>	4.14±0.12 <sup>Cab</sup>	4.27±0.11 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	3.32±0.28 <sup>Da</sup>	3.38±0.23 <sup>Da</sup>	3.50±0.02 <sup>Ea</sup>	3.56±0.32 <sup>Da</sup>
Combined treatment	3.12±0.16 <sup>Db</sup>	3.16±0.15 <sup>Eb</sup>	3.25±0.05 <sup>Fab</sup>	3.41±0.09 <sup>Da</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-F) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

#### (4) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 적무싹의 품질 변화

- 적무싹에 2가지 식품 부산물 추출물 중 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 유기산 중 선별된 0.5% citric acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 9일 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였음(Table 9-20,21).
- 대조구를 포함한 4개의 단일 처리 및 차아염소산나트륨과 흑마늘박 추출물의 병합 처리에 따른 저장 9일 동안 적무싹의 중량감소율은 모두 1% 미만으로 본 실험에 적용된 모든 처리가 적무싹의 중량 손실을 야기하지 않고, 품질에 부정적인 영향을 일으키지 않는다고 생각됨(Table 9-20).
- 저장 초기 적무싹의 총 페놀 함량은 약 180-220 mg GAE/100 g FW로 각 처리에 따라 유의적인 차이를 보였는데, 이는 로메인 상추의 결과와 유사하게 적무싹 구입 당시 시료에 존재하는 총 페놀 함량이 각 처리군마다 약간의 차이를 보였기 때문이라고 생각되며, 특정 처리에 기인한 결과는 아니라고 판단됨(Table 9-21).
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 본 연구에서 선정된 천연 항균 물질은 적무싹의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는 세척 처리 물질이라고 판단됨.
- 적무싹에 흑마늘박 추출물, citric acid와 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후 저장 중 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 관능적 품질 변화를 조사하였음(Table 9-22).
- 흑마늘박 추출물, 차아염소산나트륨과 이들의 병합 처리는 저장 9일 후에 모든 관능적 품질 지표에 있어서 대조구보다 0.7-1.7점 이상 높은 점수를 나타내었음. 이러한 결과를 통해 적무싹에 적용된 기존 천연 물질인 citric acid보다 본 연구에서 선정된 흑마늘박 추출물이 대조구와 비교해 관능적 품질을 높게 유지할 수 있다고 생각됨.
- 또한, 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리는 가장 높은 미생물 제어 효과뿐만 아니라 적무싹의 관능적 품질도 매우 효과적으로 유지시킬 수 있는 세척 처리 기술이라고 판단됨.

Table 9-20. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 적무착의 증량감소율 변화

(Unit: %)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	3	6	9
Control	-	0.01±0.01 <sup>Ab2)</sup>	0.03±0.01 <sup>Ab</sup>	0.06±0.01 <sup>ABa</sup>
Water washing	-	0.00±0.01 <sup>Ab</sup>	0.03±0.00 <sup>Ab</sup>	0.07±0.01 <sup>ABa</sup>
Citric acid 0.5%	-	0.03±0.02 <sup>Ab</sup>	0.05±0.02 <sup>Aab</sup>	0.09±0.02 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	-	0.01±0.01 <sup>Ab</sup>	0.04±0.01 <sup>Ab</sup>	0.07±0.00 <sup>ABa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	-	0.01±0.01 <sup>Ab</sup>	0.03±0.01 <sup>Ab</sup>	0.06±0.01 <sup>ABa</sup>
Combined treatment	-	0.00±0.01 <sup>Ab</sup>	0.02±0.02 <sup>Aab</sup>	0.05±0.01 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



Table 9-21. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 적무착의 총 페놀 함량 변화

(Unit: mg GAE/ 100 g FW)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	3	6	9
Control	195.17±8.68 <sup>BCa2)</sup>	175.13±0.67 <sup>BCb</sup>	143.53±0.82 <sup>Bc</sup>	146.84±0.14 <sup>ABc</sup>
Water washing	185.77±3.76 <sup>Ca</sup>	168.73±4.95 <sup>Cb</sup>	131.72±5.25 <sup>CDc</sup>	132.11±0.61 <sup>Bc</sup>
Citric acid 0.5%	222.25±1.53 <sup>Aa</sup>	188.55±4.16 <sup>ABb</sup>	131.25±0.51 <sup>Dd</sup>	146.11±0.59 <sup>ABc</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	198.11±1.42 <sup>Ba</sup>	175.55±2.70 <sup>BCb</sup>	137.24±7.96 <sup>BCDc</sup>	139.24±0.26 <sup>ABc</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	202.58±3.63 <sup>Ba</sup>	191.96±7.38 <sup>ABa</sup>	140.92±2.10 <sup>BCb</sup>	140.18±8.46 <sup>ABb</sup>
Combined treatment	204.61±6.61 <sup>Ba</sup>	202.82±16.42 <sup>Aa</sup>	154.00±2.73 <sup>Ab</sup>	153.00±14.67 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-22. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 적무착의 관능적 품질 지표 변화

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
		0	3	6	9
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	8.57±0.56 <sup>Ab</sup>	6.78±0.71 <sup>Cc</sup>	6.10±0.46 <sup>Cd</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.62±0.56 <sup>Ab</sup>	6.76±0.72 <sup>Cc</sup>	6.14±0.45 <sup>Cd</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.63±0.49 <sup>Aa</sup>	7.38±0.71 <sup>Bb</sup>	6.19±0.71 <sup>Cc</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.80±0.40 <sup>Aa</sup>	8.14±0.50 <sup>Ab</sup>	7.38±0.64 <sup>Ac</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.73±0.45 <sup>Aa</sup>	7.54±0.50 <sup>Bb</sup>	6.86±0.35 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.85±0.36 <sup>Aa</sup>	7.96±0.20 <sup>Ab</sup>	7.18±0.56 <sup>ABc</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.48±0.50 <sup>Ab</sup>	7.32±0.47 <sup>Bc</sup>	6.52±1.03 <sup>Bd</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.48±0.50 <sup>Ab</sup>	7.32±0.47 <sup>Bc</sup>	6.52±1.03 <sup>Bd</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.58±0.50 <sup>Aa</sup>	7.36±0.48 <sup>Bb</sup>	6.28±1.36 <sup>Bc</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.62±0.49 <sup>Ab</sup>	7.76±0.43 <sup>Ac</sup>	7.26±0.83 <sup>Ad</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.53±0.50 <sup>Ab</sup>	7.32±0.47 <sup>Bc</sup>	6.92±0.70 <sup>ABd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.65±0.48 <sup>Ab</sup>	7.76±0.43 <sup>Ac</sup>	7.26±0.83 <sup>Ad</sup>

Quality parameter	Treatment	Storage time (day)			
		0	3	6	9
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.45±0.59 <sup>Ab</sup>	6.50±0.58 <sup>Bc</sup>	5.66±0.56 <sup>Cd</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.63±0.55 <sup>Ab</sup>	6.76±0.72 <sup>Bc</sup>	6.16±0.37 <sup>Bd</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.50±0.50 <sup>Ab</sup>	6.62±0.83 <sup>Bc</sup>	5.85±0.77 <sup>BCd</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.72±0.45 <sup>Aa</sup>	8.10±0.54 <sup>Ab</sup>	7.08±0.67 <sup>Ac</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.67±0.48 <sup>Aa</sup>	7.88±0.33 <sup>Ab</sup>	7.10±0.71 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Aa</sup>	7.88±0.33 <sup>Ab</sup>	6.96±0.57 <sup>Ac</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.53±0.60 <sup>Ab</sup>	6.54±0.54 <sup>Cc</sup>	5.70±0.58 <sup>Bc</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.58±0.56 <sup>Ab</sup>	6.62±0.53 <sup>Cc</sup>	6.00±0.29 <sup>Bd</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.50±0.50 <sup>Ab</sup>	6.76±0.72 <sup>Cc</sup>	6.08±0.57 <sup>Bd</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.78±0.42 <sup>Aa</sup>	8.08±0.57 <sup>Ab</sup>	7.30±0.71 <sup>Ac</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.78±0.42 <sup>Aa</sup>	7.42±0.50 <sup>Bb</sup>	7.02±0.62 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.80±0.40 <sup>Aa</sup>	7.88±0.33 <sup>Ab</sup>	7.12±0.63 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

##### (5) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 미생물 수 변화

- 예비 실험을 통해 시금치에 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 0.5% citric acid, 0.5% 자몽종자 추출물(grapefruit seed extract, GSE)과 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C에서 9일 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 9-23,24).
- 선정된 흑마늘박 추출물은 저장 초기 4.81 log CFU/g의 총 호기성 세균 수를 나타내어 미생물 제어 효과가 낮았음. 이는 적무싹의 결과와 유사한 경향이었으나 적무싹의 경우에는 흑마늘박 추출물 처리 후 저장 초기 대조구와 비교해 0.76 log CFU/g의 미생물 수 차이를 보였으며, 시금치의 경우에는 1.23 log CFU/g의 미생물 수 감소를 나타내었음.
- 이러한 결과는 흑마늘박 추출물과 같은 식품 부산물 추출물이 적용되는 대상 농산물의 종류에 따라 미생물 제어에 있어 차이를 보일 수 있음을 시사함.
- 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기 3.98 log CFU/g의 미생물 수로 가장 높은 미생물 수 감소를 보였음. 이는 적무싹의 결과와 유사한 결과로 식품 부산물 추출물이 기존 살균 물질과 병합 처리될 때 추가적인 효과가 발생했다고 생각됨.
- 각 세척 처리 후 총 호기성 세균의 감균 효과는 저장 중에도 지속되었는데, 저장 9일 후 대조구의 미생물 수가 6.65 log CFU/g을 나타내었고, citric acid, GSE, 흑마늘박 추출물 처리구는 각각 5.16, 5.14, 5.30 log CFU/g을 나타내어 1.49, 1.51, 1.35 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였으며, 차아염소산나트륨 단일 처리와 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합처리구는 각각 5.16, 4.93 log CFU/g으로 대조구와 비교해 1.49, 1.72 log CFU/g의 미생물 수 감소 효과를 보였음.
- 이러한 결과로부터 선정된 천연 물질인 흑마늘박 추출물의 미생물 제어 효과가 기존 천연 물질 및 살균 물질과 비교하였을 때 큰 차이가 없어 농산물의 미생물 제어에 있어 식품 부산물 추출물이 효과적인 선도 유지 물질로써 높은 적용 가능성이 있다고 판단됨.
- 시금치의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 변화도 총 호기성 세균의 결과와 유사한 경향을 나타내었음(Table 9-24).
- 선정된 식품 부산물 소재인 흑마늘박 추출물은 적무싹보다 시금치에 처리 시 보다 높은 미생물 제어 효과를 나타내었는데, 이러한 결과로부터 적용되는 농산물에 따라 식품 부산물 추출물의 미생물 감균 효과는 매우 다르게 나타날 것이라고 예측됨.
- 이와 더불어 본 연구에 적용된 흑마늘박 추출물 또는 아마씨박 추출물은 citric acid와 GSE 등의 기존 천연 물질과 달리 간단한 과정을 통해 추출되었기 때문에 기존 천연 물질보다 미생물 제어 효과가 당연히 낮게 나타날 것이라고 예측되었으나, 시금치의 연구로부터 그 효과가 매우 유사하게 나타남을 확인하였고, 따라서 처리되는 농산물의 종류에 따라 초기 미생물을 효과적으로 제어하고 저장 중 감균 효과가 높게 유지 가능하다는 것을 확인할 수 있었음.

Table 9-23. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 총 호기성 세균 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	1	3	5	7	9
Control	6.04±0.16 <sup>Ac2)</sup>	6.05±0.16 <sup>Ac</sup>	6.33±0.26 <sup>Ab</sup>	6.45±0.16 <sup>Aab</sup>	6.49±0.14 <sup>Aab</sup>	6.65±0.06 <sup>Aa</sup>
Water washing	5.58±0.18 <sup>Bb</sup>	5.60±0.09 <sup>Bb</sup>	6.00±0.24 <sup>Aa</sup>	6.11±0.12 <sup>Ba</sup>	6.19±0.21 <sup>Ba</sup>	6.22±0.06 <sup>Ba</sup>
Citric acid 0.5%	4.66±0.09 <sup>Cb</sup>	4.68±0.03 <sup>Cb</sup>	4.94±0.25 <sup>BCab</sup>	5.01±0.11 <sup>Cab</sup>	5.08±0.05 <sup>CDa</sup>	5.16±0.23 <sup>CDa</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	4.61±0.15 <sup>Cb</sup>	4.62±0.03 <sup>Cb</sup>	4.92±0.23 <sup>BCab</sup>	5.03±0.02 <sup>Cab</sup>	5.10±0.14 <sup>CDa</sup>	5.14±0.09 <sup>Ca</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	4.81±0.17 <sup>Cb</sup>	4.82±0.07 <sup>Cb</sup>	5.01±0.22 <sup>Bab</sup>	5.17±0.18 <sup>Ca</sup>	5.24±0.15 <sup>Ca</sup>	5.30±0.18 <sup>Ca</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	4.34±0.08 <sup>Db</sup>	4.39±0.08 <sup>Db</sup>	4.41±0.13 <sup>Db</sup>	5.00±0.04 <sup>Ca</sup>	5.06±0.08 <sup>CDa</sup>	5.16±0.15 <sup>CDa</sup>
Combined treatment	3.98±0.03 <sup>Ec</sup>	3.99±0.04 <sup>Ec</sup>	4.62±0.29 <sup>CDb</sup>	4.77±0.10 <sup>Dab</sup>	4.87±0.27 <sup>Dab</sup>	4.93±0.08 <sup>Da</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-24. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 효모 및 곰팡이 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	1	3	5	7	9
Control	4.72±0.13 <sup>Ad2)</sup>	4.89±0.08 <sup>AcD</sup>	5.07±0.14 <sup>AbC</sup>	5.14±0.15 <sup>Aab</sup>	5.19±0.16 <sup>Aab</sup>	5.36±0.35 <sup>Aa</sup>
Water washing	4.42±0.15 <sup>Bc</sup>	4.47±0.11 <sup>Bc</sup>	4.51±0.07 <sup>Bc</sup>	4.72±0.16 <sup>Bb</sup>	4.83±0.05 <sup>Ab</sup>	5.16±0.06 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	3.73±0.09 <sup>Cb</sup>	3.76±0.16 <sup>Cb</sup>	4.19±0.07 <sup>Ca</sup>	4.26±0.20 <sup>Ca</sup>	4.32±0.25 <sup>Ba</sup>	4.38±0.25 <sup>BCa</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	3.62±0.15 <sup>CDb</sup>	3.69±0.12 <sup>CDb</sup>	4.22±0.20 <sup>Ca</sup>	4.33±0.22 <sup>Ca</sup>	4.34±0.26 <sup>Ba</sup>	4.39±0.19 <sup>BCa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	3.74±0.06 <sup>Cb</sup>	3.77±0.28 <sup>Cb</sup>	4.13±0.19 <sup>Cab</sup>	4.24±0.21 <sup>Ca</sup>	4.23±0.07 <sup>BCa</sup>	4.54±0.19 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	3.49±0.12 <sup>DEb</sup>	3.40±0.11 <sup>Db</sup>	3.54±0.09 <sup>Db</sup>	3.70±0.22 <sup>Db</sup>	4.20±0.07 <sup>BCa</sup>	4.25±0.08 <sup>BCa</sup>
Combined treatment	3.38±0.07 <sup>Ec</sup>	3.54±0.34 <sup>CDbc</sup>	3.67±0.09 <sup>Dabc</sup>	3.70±0.29 <sup>Dabc</sup>	3.78±0.05 <sup>Cab</sup>	3.98±0.03 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

## (6) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 품질 변화

- 시금치에 2가지 식품 부산물 추출물 중 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 유기산 중 선별된 0.5% citric acid, 새로이 선정된 기존 천연 물질인 자몽종자추출물(GSE)과 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 9일 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였음(Table 9-25~27).
- 대조구를 포함한 5개의 단일 처리 및 차아염소산나트륨과 흑마늘박 추출물의 병합 처리에 따른 저장 9일 동안 시금치의 중량감소율은 로메인 상추, 적무싹과 동일하게 모두 1% 미만으로 본 실험에 적용된 모든 처리가 시금치의 중량 손실을 야기하지 않고, 품질에 부정적인 영향을 일으키지 않는다고 생각됨(Table 9-25).
- 저장 초기 시금치의 총 페놀 함량은 약 130 mg GAE/100 g FW로 각 처리에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 9-26).
- 저장 초기 시금치의 Hunter L, a, b 및  $\Delta E$  값은 각 세척 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 9-27). 대조구의 L, a, b 값은 각각 27.43, -6.65, 7.51 이었으며, 각 처리구의 색도 값은 저장 9일 동안에도 유의적인 차이를 보이지 않았음. 이와 더불어, 총색차를 나타내는  $\Delta E$  값도 모두 약 0.23으로 저장 중 변화를 보이지 않았음.
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 본 연구에서 선정된 천연 항균 물질은 시금치의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않고, 색도 품질 유지에 매우 적합한 세척 처리 물질이라고 판단됨.
- 시금치에 흑마늘박 추출물, citric acid, GSE와 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후 저장 중 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 관능적 품질 변화를 조사하였음(Table 9-28).
- 저장 9일 후에도 외관, 조직감, 종합적 기호도 항목에서 흑마늘박 추출물, 차아염소산나트륨 단일 처리구와 이들의 병합처리구가 대조구를 비롯한 나머지 3개 단일 처리구보다 약 1.0-2.0점 더 높은 점수를 얻어 시금치에 적용된 기존 천연 물질인 citric acid, GSE 처리와 비교해 본 연구에서 선정된 흑마늘박 추출물이 관능적 품질을 높게 유지할 수 있는 선도 유지 물질이라고 생각됨.
- 또한, 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리는 적무싹의 결과와 유사하게 높은 미생물 제어 효과를 가짐과 동시에 시금치의 관능적 품질도 효과적으로 유지할 수 있는 세척 처리 기술이라고 판단됨.

Table 9-25. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 중량감소율 변화

(Unit: %)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	1	3	5	7	9
Control	-	0.03±0.06 <sup>Ac2)</sup>	0.16±0.05 <sup>Ac</sup>	0.44±0.08 <sup>Ab</sup>	0.53±0.10 <sup>Ab</sup>	0.71±0.15 <sup>Aa</sup>
Water washing	-	0.03±0.05 <sup>Ac</sup>	0.12±0.10 <sup>Abc</sup>	0.42±0.25 <sup>Aabc</sup>	0.51±0.28 <sup>Ab</sup>	0.66±0.25 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	-	0.12±0.07 <sup>Ac</sup>	0.20±0.01 <sup>Ac</sup>	0.33±0.04 <sup>Ab</sup>	0.39±0.06 <sup>Ab</sup>	0.52±0.08 <sup>Aa</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	-	0.06±0.07 <sup>Ab</sup>	0.20±0.14 <sup>Ab</sup>	0.51±0.06 <sup>Aa</sup>	0.57±0.07 <sup>Aa</sup>	0.61±0.03 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	-	0.07±0.02 <sup>Ac</sup>	0.15±0.05 <sup>Ac</sup>	0.29±0.05 <sup>Ab</sup>	0.40±0.11 <sup>Ab</sup>	0.56±0.07 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	-	0.08±0.05 <sup>Ac</sup>	0.14±0.08 <sup>Ac</sup>	0.31±0.09 <sup>Ab</sup>	0.39±0.08 <sup>Ab</sup>	0.57±0.09 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	-	0.06±0.03 <sup>Ac</sup>	0.15±0.04 <sup>Abc</sup>	0.33±0.15 <sup>Aab</sup>	0.34±0.13 <sup>Aab</sup>	0.50±0.09 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



Table 9-26. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 총 페놀 함량 변화

(Unit: mg GAE/ 100 g FW)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	1	3	5	7	9
Control	130.60±6.79 <sup>Aa2)</sup>	129.73±11.55 <sup>Aa</sup>	129.90±7.00 <sup>Aa</sup>	130.46±7.28 <sup>Aa</sup>	129.47±0.23 <sup>Aa</sup>	130.36±0.28 <sup>Aa</sup>
Water washing	128.80±2.40 <sup>Aa</sup>	129.60±0.69 <sup>Aa</sup>	128.20±0.28 <sup>Aa</sup>	130.98±1.90 <sup>Aa</sup>	129.47±0.23 <sup>Aa</sup>	131.07±1.15 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	130.20±1.10 <sup>Aa</sup>	131.30±4.20 <sup>Aa</sup>	117.07±0.23 <sup>Bb</sup>	130.40±2.70 <sup>Aa</sup>	131.33±4.74 <sup>Aa</sup>	131.41±2.64 <sup>Aa</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	130.51±7.57 <sup>Aa</sup>	130.53±4.39 <sup>Aa</sup>	129.30±9.95 <sup>Aa</sup>	119.00±1.15 <sup>Bb</sup>	130.20±1.15 <sup>Aa</sup>	130.53±2.40 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	130.90±1.68 <sup>Aa</sup>	130.93±1.03 <sup>Aa</sup>	129.87±1.62 <sup>Aa</sup>	130.85±2.54 <sup>Aa</sup>	130.80±6.93 <sup>Aa</sup>	130.27±0.92 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	130.13±5.76 <sup>Aa</sup>	130.00±0.92 <sup>Aa</sup>	126.60±0.85 <sup>Aa</sup>	130.67±3.93 <sup>Aa</sup>	130.93±0.46 <sup>Aa</sup>	129.6±15.70 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	130.63±4.96 <sup>Aa</sup>	130.33±6.78 <sup>Aa</sup>	130.80±2.83 <sup>Aa</sup>	130.80±10.18 <sup>Aa</sup>	132.80±1.13 <sup>Aa</sup>	130.3±4.74 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-27. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 색도 변화

Color parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (days)					
		0	1	3	5	7	9
L	Control	27.43±0.41 <sup>Aa</sup> b <sub>2)</sub>	27.65±0.72 <sup>Aa</sup>	26.79±0.27 <sup>Cbc</sup>	26.81±0.32 <sup>Bb</sup> c	26.77±0.33 <sup>Cbc</sup>	26.67±0.35 <sup>Cc</sup>
	Water washing	27.70±0.44 <sup>Aa</sup>	27.49±0.64 <sup>Aa</sup> b	26.90±0.45 <sup>BC</sup> bc	26.80±0.38 <sup>Bb</sup> c	26.88±0.15 <sup>BC</sup> bc	26.71±0.27 <sup>BCc</sup>
	Citric acid 0.5%	27.71±0.35 <sup>Aa</sup>	27.72±0.16 <sup>Aa</sup>	27.72±0.13 <sup>Aa</sup>	27.70±0.24 <sup>A</sup> a	27.55±0.15 <sup>Aa</sup>	27.32±0.32 <sup>Aa</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	27.91±0.08 <sup>Aa</sup>	27.79±0.18 <sup>Aa</sup> b	27.79±0.49 <sup>Aa</sup> b	27.71±0.12 <sup>A</sup> ab	27.69±0.28 <sup>Aa</sup> b	27.65±0.53 <sup>ABb</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	27.59±0.42 <sup>Aa</sup>	27.58±0.49 <sup>Aa</sup>	27.57±0.23 <sup>Aa</sup>	27.54±0.31 <sup>A</sup> a	27.59±0.44 <sup>Aa</sup>	27.51±0.38 <sup>ABa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	27.52±0.50 <sup>Aa</sup>	27.64±0.58 <sup>Aa</sup>	27.49±0.12 <sup>Aa</sup>	27.43±0.07 <sup>A</sup> a	27.43±0.38 <sup>Aa</sup>	27.30±0.58 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	27.44±0.42 <sup>Aa</sup>	27.42±0.49 <sup>Aa</sup>	27.42±0.41 <sup>AB</sup> a	27.40±0.30 <sup>A</sup> a	27.37±0.26 <sup>AB</sup> a	27.38±0.26 <sup>Aa</sup>
a	Control	-6.65±0.17 <sup>Ab</sup>	-6.64±0.43 <sup>Ab</sup>	-6.25±0.25 <sup>Aa</sup> b	-6.03±0.28 <sup>A</sup> a	-6.01±0.12 <sup>Aa</sup>	-6.01±0.07 <sup>Aa</sup>
	Water washing	-6.33±0.18 <sup>Aa</sup>	-6.27±0.05 <sup>Aa</sup>	-6.33±0.33 <sup>Aa</sup>	-6.03±0.13 <sup>A</sup> a	-6.03±0.10 <sup>Aa</sup>	-6.04±0.15 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	-6.51±0.34 <sup>Aa</sup>	-6.47±0.12 <sup>Aa</sup>	-6.42±0.17 <sup>Aa</sup>	-6.39±0.22 <sup>A</sup> Ba	-6.37±0.04 <sup>AB</sup> a	-6.32±0.39 <sup>ABa</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	-6.76±0.31 <sup>Aa</sup>	-6.70±0.15 <sup>Aa</sup>	-6.80±0.31 <sup>Aa</sup>	-6.60±0.35 <sup>B</sup> a	-6.61±0.40 <sup>Ba</sup>	-6.52±0.20 <sup>ABa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	-6.64±0.32 <sup>Aa</sup>	-6.64±0.26 <sup>Aa</sup>	-6.65±0.32 <sup>Aa</sup>	-6.59±0.05 <sup>B</sup> a	-6.57±0.36 <sup>AB</sup> a	-6.66±0.19 <sup>Ba</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	-6.73±0.36 <sup>Aa</sup>	-6.78±0.09 <sup>Aa</sup>	-6.52±0.51 <sup>Aa</sup>	-6.42±0.15 <sup>A</sup> Ba	-6.51±0.32 <sup>AB</sup> a	-6.62±0.36 <sup>Ba</sup>
	Combined treatment	-6.77±0.35 <sup>Aa</sup>	-6.79±0.28 <sup>Aa</sup>	-6.73±0.12 <sup>Aa</sup>	-6.69±0.58 <sup>B</sup> a	-6.57±0.11 <sup>AB</sup> a	-6.59±0.30 <sup>Ba</sup>

Color parameter	Treatment	Storage time (days)					
		0	1	3	5	7	9
b	Control	7.51±0.33 <sup>Aa</sup>	7.53±0.11 <sup>Aa</sup>	7.62±0.11 <sup>Aa</sup>	7.52±0.28 <sup>Aa</sup>	7.52±0.24 <sup>Aa</sup>	7.63±0.30 <sup>Aa</sup>
	Water washing	7.41±0.14 <sup>Aa</sup>	7.42±0.19 <sup>Aa</sup>	7.49±0.25 <sup>Aa</sup>	7.45±0.23 <sup>Aa</sup>	7.41±0.12 <sup>Aa</sup>	7.41±0.25 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	7.48±0.24 <sup>Aa</sup>	7.45±0.17 <sup>Aa</sup>	7.38±0.30 <sup>Aa</sup>	7.46±0.13 <sup>Aa</sup>	7.46±0.39 <sup>Aa</sup>	7.51±0.21 <sup>Aa</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	7.49±0.18 <sup>Aa</sup>	7.45±0.16 <sup>Aa</sup>	7.45±0.42 <sup>Aa</sup>	7.43±0.35 <sup>Aa</sup>	7.47±0.21 <sup>Aa</sup>	7.35±0.25 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	7.45±0.29 <sup>Aa</sup>	7.42±0.34 <sup>Aa</sup>	7.55±0.43 <sup>Aa</sup>	7.47±0.11 <sup>Aa</sup>	7.47±0.32 <sup>Aa</sup>	7.53±0.17 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	7.60±0.32 <sup>Aa</sup>	7.61±0.96 <sup>Aa</sup>	7.62±0.14 <sup>Aa</sup>	7.29±0.25 <sup>Aa</sup>	7.59±0.32 <sup>Aa</sup>	7.38±0.37 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	7.60±0.25 <sup>Aa</sup>	7.68±0.11 <sup>Aa</sup>	7.64±0.22 <sup>Aa</sup>	7.61±0.31 <sup>Aa</sup>	7.63±0.28 <sup>Aa</sup>	7.56±0.34 <sup>Aa</sup>
ΔE	Control	–	0.23±0.06 <sup>Ab</sup>	0.72±0.19 <sup>Aa</sup>	0.72±0.09 <sup>Aa</sup>	0.71±0.12 <sup>Aa</sup>	0.72±0.08 <sup>Aa</sup>
	Water washing	0.23±0.06 <sup>Ab</sup>	0.23±0.08 <sup>Ab</sup>	0.72±0.12 <sup>Aa</sup>	0.72±0.07 <sup>Aa</sup>	0.72±0.09 <sup>Aa</sup>	0.73±0.11 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	0.23±0.09 <sup>Aa</sup>	0.23±0.07 <sup>Aa</sup>	0.23±0.03 <sup>Ba</sup>	0.24±0.13 <sup>Ba</sup>	0.23±0.05 <sup>Ba</sup>	0.23±0.08 <sup>Ba</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	0.23±0.10 <sup>Aa</sup>	0.25±0.12 <sup>Aa</sup>	0.24±0.07 <sup>Ba</sup>	0.23±0.09 <sup>Ba</sup>	0.23±0.08 <sup>Ba</sup>	0.23±0.06 <sup>Ba</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	0.22±0.09 <sup>Aa</sup>	0.23±0.03 <sup>Aa</sup>	0.23±0.08 <sup>Ba</sup>	0.23±0.08 <sup>Ba</sup>	0.23±0.07 <sup>Ba</sup>	0.23±0.04 <sup>Ba</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	0.23±0.03 <sup>Aa</sup>	0.23±0.06 <sup>Aa</sup>	0.23±0.06 <sup>Ba</sup>	0.23±0.07 <sup>Ba</sup>	0.23±0.09 <sup>Ba</sup>	0.23±0.09 <sup>Ba</sup>
	Combined treatment	0.23±0.02 <sup>Aa</sup>	0.23±0.06 <sup>Aa</sup>	0.23±0.04 <sup>Ba</sup>	0.23±0.08 <sup>Ba</sup>	0.23±0.06 <sup>Ba</sup>	0.23±0.04 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A–C) or row (a–c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-28. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 시금치의 관능적 품질 지표 변화

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
		0	1	3	5	7	9
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup> <sub>2)</sub>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.50±0.50 <sup>Cb</sup>	8.39±0.64 <sup>Bb</sup>	7.16±0.67 <sup>Dc</sup>	6.43±1.12 <sup>Bd</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.44±0.73 <sup>Cb</sup>	8.13±0.82 <sup>Cc</sup>	7.27±0.68 <sup>Dd</sup>	6.50±1.11 <sup>Be</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.77±0.43 <sup>AB</sup> <sub>ab</sub>	8.61±0.49 <sup>Ab</sup>	8.06±0.99 <sup>Bc</sup>	6.26±1.36 <sup>BC</sup> <sub>d</sub>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.63±0.73 <sup>BC</sup> <sub>b</sub>	8.13±0.99 <sup>Cc</sup>	7.60±0.86 <sup>Cd</sup>	6.01±1.39 <sup>Ce</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.73±0.45 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	8.53±0.50 <sup>AB</sup> <sub>c</sub>	8.26±0.53 <sup>Bd</sup>	8.00±0.74 <sup>Ae</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.76±0.43 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	8.57±0.50 <sup>AB</sup> <sub>c</sub>	8.29±0.57 <sup>Bd</sup>	7.67±0.81 <sup>Ae</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.84±0.37 <sup>Ab</sup>	8.57±0.50 <sup>AB</sup> <sub>c</sub>	8.54±0.50 <sup>Ac</sup>	8.04±0.67 <sup>Ad</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.51±0.50 <sup>Cb</sup>	8.30±0.75 <sup>Cc</sup>	7.50±0.56 <sup>Cd</sup>	7.57±0.93 <sup>Cd</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.59±0.50 <sup>Cb</sup>	8.39±0.64 <sup>AB</sup> <sub>Cc</sub>	7.41±0.69 <sup>Cd</sup>	7.66±0.81 <sup>Ce</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	8.51±0.50 <sup>AB</sup> <sub>c</sub>	8.20±0.58 <sup>Bd</sup>	7.76±0.75 <sup>BC</sup> <sub>e</sub>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.53±0.50 <sup>BC</sup> <sub>b</sub>	8.47±0.50 <sup>BC</sup> <sub>c</sub>	8.13±0.48 <sup>Bd</sup>	7.76±0.77 <sup>BC</sup> <sub>e</sub>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.77±0.42 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	8.53±0.50 <sup>AB</sup> <sub>c</sub>	8.07±0.49 <sup>Bd</sup>	7.99±0.58 <sup>AB</sup> <sub>d</sub>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.77±0.42 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	8.59±0.50 <sup>Ac</sup>	8.17±0.51 <sup>Bd</sup>	8.07±0.46 <sup>Ad</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Ab</sup>	8.57±0.50 <sup>Ac</sup>	8.51±0.56 <sup>Ac</sup>	8.09±0.65 <sup>Ad</sup>

Quality parameter	Treatment	Storage time (day)					
		0	1	3	5	7	9
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.53±0.50 <sup>Cb</sup>	8.34±0.68 <sup>AB</sup>	7.11±0.60 <sup>Ec</sup>	6.79±1.17 <sup>BC</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.59±0.50 <sup>BC</sup>	8.31±0.67 <sup>Bc</sup>	7.19±0.67 <sup>DE</sup>	6.97±1.01 <sup>Be</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.74±0.44 <sup>AB</sup>	8.42±0.53 <sup>AB</sup>	7.87±0.98 <sup>Cd</sup>	6.43±1.20 <sup>De</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.29±0.92 <sup>Db</sup>	8.09±0.93 <sup>Cb</sup>	7.36±0.72 <sup>Dc</sup>	6.50±1.11 <sup>CD</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.74±0.44 <sup>AB</sup>	8.53±0.50 <sup>AB</sup>	8.20±0.58 <sup>Bd</sup>	7.79±0.83 <sup>Ae</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.79±0.41 <sup>Ab</sup>	8.57±0.50 <sup>Ac</sup>	8.30±0.57 <sup>Bd</sup>	7.66±0.51 <sup>Ae</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.84±0.37 <sup>Ab</sup>	8.57±0.50 <sup>Ac</sup>	8.61±0.52 <sup>Ac</sup>	7.91±0.68 <sup>Ad</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.51±0.50 <sup>Bb</sup>	8.39±0.64 <sup>AB</sup>	7.04±0.65 <sup>Ec</sup>	6.80±1.08 <sup>BC</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.54±0.50 <sup>Bb</sup>	8.27±0.76 <sup>BC</sup>	7.23±0.62 <sup>Ed</sup>	6.94±0.99 <sup>Be</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.79±0.41 <sup>Aa</sup>	8.56±0.50 <sup>Ab</sup>	7.90±0.97 <sup>Cc</sup>	6.49±1.15 <sup>Cd</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.34±0.68 <sup>Cb</sup>	8.10±0.73 <sup>Cc</sup>	7.50±0.74 <sup>Dd</sup>	6.49±1.10 <sup>Ce</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.79±0.41 <sup>Ab</sup>	8.54±0.50 <sup>Ac</sup>	8.14±0.55 <sup>Bd</sup>	7.94±0.68 <sup>Ae</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.67±0.47 <sup>Ab</sup>	8.57±0.50 <sup>Ab</sup>	8.26±0.50 <sup>Bc</sup>	7.69±0.81 <sup>Ad</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.84±0.37 <sup>Ab</sup>	8.57±0.50 <sup>Ac</sup>	8.57±0.50 <sup>Ac</sup>	7.99±0.67 <sup>Ad</sup>

<sup>1</sup>)Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2</sup>)Any means in the same column (A–D) or row (a–d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

### (7) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 미생물 수 변화

- 예비 실험을 통해 방울토마토에 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 0.5% citric acid, 0.5% 자몽 종자추출물(GSE)과 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 10일 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 9-29,30).
- 선정된 흑마늘박 추출물 처리구는 저장 초기 2.35 log CFU/g의 총 호기성 세균 수를 나타내어 기존 처리와 비교해 보다 높거나 유사한 미생물 제어 효과를 보였음. 이는 적무싹과 시금치의 결과와는 상반된 결과로 식품 부산물 추출물의 미생물 제어 효과가 적용 농산물에 따라 달라질 수 있음을 시사함.
- 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기 1.70 log CFU/g의 미생물 수로 단순 물 침지 처리구를 포함한 각 단일 처리구보다 높은 미생물 수 감소를 보였음.
- 이는 적무싹, 시금치의 결과와 유사한 결과로 식품 부산물 추출물이 기존 살균 물질과 병합되어 농산물에 처리될 때 추가적인 효과가 나타났기 때문이라고 판단됨.
- 각 세척 처리 후 총 호기성 세균의 감균 효과는 저장 중에도 지속되었는데, 저장 10일 후 대조구의 미생물 수가 4.28 log CFU/g이었고, citric acid, GSE, 흑마늘박 추출물 처리구는 각각 2.75, 2.65, 2.74 log CFU/g을 나타내어 1.53, 1.63, 1.54 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였으며, 차아염소산나트륨 단일 처리와 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합처리구는 각각 2.78, 1.90 log CFU/g으로 대조구와 비교해 1.50, 2.38 log CFU/g의 미생물 수 감소 효과를 보였음.
- 이러한 결과로부터 본 연구에서 선정된 천연 물질인 흑마늘박 추출물과 같은 식품 부산물 추출물의 농산물에 대한 미생물 제어 효과가 기존 천연 물질 및 기존 살균 물질과 비교하였을 때 동일하거나 더 높은 효과를 가질 수 있다고 생각되며, 식품 부산물 추출물은 차아염소산나트륨과 같은 기존 살균 물질과 병합되어 시너지 효과를 가질 수 있다고 판단됨.
- 방울토마토의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 변화도 총 호기성 세균의 결과와 유사한 경향을 나타내었음(Table 9-30).
- 선정된 식품 부산물 소재인 흑마늘박 추출물은 적무싹보다 시금치, 방울토마토에 처리 시 보다 높은 미생물 제어 효과를 보였는데, 이러한 결과로부터 식품 부산물 추출물이 처리되는 대상 농산물 종류에 따라 식품 부산물 추출물의 미생물 감균 효과는 매우 차이가 날 것이라고 생각됨.
- 이와 동시에 본 연구에서 적용된 흑마늘박 추출물 또는 아마씨박 추출물은 citric acid와 GSE 등의 기존 천연 물질처럼 복잡한 추출, 정제 과정 없이 짧은 시간 동안 간단한 과정으로 추출되기 때문에 추출 시간, 가격 경쟁력 등을 낮추어 높은 기대 효과를 창출할 수 있는 선도 유지 물질로써의 가능성이 높다고 판단됨.

Table 9-29. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 총 호기성 세균 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	1	5	10
Control	3.97±0.21 <sup>Ab2)</sup>	4.02±0.26 <sup>Ab</sup>	4.10±0.21 <sup>Ab</sup>	4.28±0.23 <sup>Aa</sup>
Water washing	3.65±0.24 <sup>Ab</sup>	3.70±0.32 <sup>Ab</sup>	3.88±0.13 <sup>Bab</sup>	3.99±0.29 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	2.58±0.18 <sup>Ba</sup>	2.63±0.11 <sup>Ba</sup>	2.66±0.06 <sup>Ca</sup>	2.75±0.05 <sup>Ba</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	1.70±0.00 <sup>Cc</sup>	1.85±0.21 <sup>Cbc</sup>	2.19±0.20 <sup>Db</sup>	2.65±0.29 <sup>Ba</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	2.35±0.16 <sup>Bb</sup>	2.56±0.14 <sup>Bab</sup>	2.63±0.09 <sup>Ca</sup>	2.74±0.26 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	1.85±0.21 <sup>Cc</sup>	2.06±0.24 <sup>Cbc</sup>	2.38±0.34 <sup>Dab</sup>	2.78±0.13 <sup>Ba</sup>
Combined treatment	1.70±0.00 <sup>Ca</sup>	1.80±0.17 <sup>Ca</sup>	1.82±0.16 <sup>Ea</sup>	1.90±0.17 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-30. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 효모 및 곰팡이 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	1	5	10
Control	3.79±0.21 <sup>Ab2)</sup>	3.85±0.25 <sup>Aab</sup>	4.01±0.42 <sup>Aab</sup>	4.06±0.11 <sup>Aa</sup>
Water washing	3.46±0.32 <sup>Bb</sup>	3.69±0.16 <sup>Aab</sup>	3.85±0.17 <sup>Aa</sup>	3.88±0.26 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	2.73±0.04 <sup>Cb</sup>	2.88±0.14 <sup>Bab</sup>	2.97±0.19 <sup>Ba</sup>	3.03±0.16 <sup>Ba</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	<1.70	<1.70	1.70±0.00 <sup>Ca</sup>	1.70±0.00 <sup>Da</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	1.90±0.16 <sup>Da</sup>	1.90±0.17 <sup>Ca</sup>	1.97±0.17 <sup>Ca</sup>	2.10±0.21 <sup>Ca</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	1.85±0.21 <sup>Da</sup>	1.85±0.21 <sup>Ca</sup>	1.92±0.15 <sup>Ca</sup>	2.00±0.00 <sup>Ca</sup>
Combined treatment	1.70±0.00 <sup>Da</sup>	1.85±0.21 <sup>Ca</sup>	1.85±0.17 <sup>Ca</sup>	1.89±0.24 <sup>CDa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



#### (8) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 품질 변화

- 방울토마토에 2가지 식품 부산물 추출물 중 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 유기산 중 선별된 0.5% citric acid, 새로이 선정된 기존 천연 물질인 자몽종자추출물(GSE)과 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C에서 10일 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였음(Table 9-31~34).
- 대조구를 포함한 5개의 단일 처리 및 차아염소산나트륨과 흑마늘박 추출물의 병합 처리에 따른 저장 10일 동안 방울토마토의 중량감소율은 로메인 상추, 적무쌈, 시금치와 동일하게 모두 1% 미만으로 본 실험에 적용된 기존 천연 물질, 기존 화학 살균 처리 및 선정된 식품 부산물 추출물이 방울토마토의 중량 손실을 일으키지 않고, 상품성에 부정적인 영향을 일으키지 않는다고 생각됨(Table 9-31).
- 저장 초기 방울토마토의 총 페놀 함량은 약 60-65 mg GAE/100 g FW로 각 처리에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 9-32).
- 저장 중 방울토마토의 당도는 저장 초기 약 6.3 °brix로 처리구간 차이가 없었으며, 이러한 경향은 저장 10일 후까지 유지되었음(Table 9-33). 대조구의 L, a, b 값은 각각 30.62, 12.82, 10.54 이었으며, 나머지 단일 처리와 병합 처리구 모두 대조구와 유사한 값을 나타내었음.
- 저장 초기 방울토마토의 Hunter L, a, b 및 ΔE 값은 흑마늘박 추출물 처리를 포함하여 각 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 9-34).
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 선정된 천연 항균 물질은 방울토마토의 내부 영양 성분과 색도 품질 유지에 매우 효과적인 세척 처리 물질이라고 판단됨.
- 방울토마토에 흑마늘박 추출물, citric acid, GSE와 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후 저장 중 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 관능적 품질 변화를 조사하였음(Table 9-35).
- 저장 10일 차에 흑마늘박 추출물이 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합처리 다음으로 모든 관능적 품질 지표에서 8.1-8.3점 이상의 점수로 가장 높은 점수를 얻어 방울토마토에 적용된 기존 천연 물질인 citric acid, GSE 보다 본 연구에서 선정된 흑마늘박 추출물이 관능적 품질을 높게 유지할 수 있는 선도 유지 물질이라고 생각됨.

Table 9-31. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 중량감소율 변화

(Unit: %)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	1	5	10
Control	-	0.00±0.00 <sup>Ab2)</sup>	0.02±0.00 <sup>Ab</sup>	0.23±0.06 <sup>Aa</sup>
Water washing	-	0.00±0.00 <sup>Ab</sup>	0.01±0.01 <sup>Ab</sup>	0.15±0.02 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	-	0.00±0.00 <sup>Ab</sup>	0.02±0.01 <sup>Ab</sup>	0.20±0.03 <sup>Aa</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	-	0.00±0.00 <sup>Ab</sup>	0.00±0.00 <sup>Ab</sup>	0.21±0.02 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	-	0.00±0.00 <sup>Ab</sup>	0.01±0.01 <sup>Ab</sup>	0.18±0.01 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	-	0.01±0.01 <sup>Ab</sup>	0.04±0.03 <sup>Ab</sup>	0.22±0.01 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	-	0.00±0.00 <sup>Ab</sup>	0.00±0.00 <sup>Ab</sup>	0.21±0.02 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-32. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 총 페놀 함량 변화

(Unit: mg GAE/ 100 g FW)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	1	5	10
Control	61.93±3.83 <sup>ABa2)</sup>	68.03±8.70 <sup>Aa</sup>	70.28±2.38 <sup>Ba</sup>	72.09±0.74 <sup>Aa</sup>
Water washing	58.11±1.48 <sup>Bb</sup>	68.98±4.67 <sup>Aa</sup>	71.45±1.01 <sup>Ba</sup>	72.83±2.96 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	65.13±3.07 <sup>Ac</sup>	67.56±1.54 <sup>Abc</sup>	70.46±1.82 <sup>Bab</sup>	71.94±0.30 <sup>Aa</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	60.98±1.17 <sup>ABb</sup>	69.42±3.11 <sup>Aa</sup>	71.94±1.89 <sup>Ba</sup>	74.61±2.96 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	65.57±1.63 <sup>Ab</sup>	68.24±2.63 <sup>Ab</sup>	75.02±1.83 <sup>Aa</sup>	77.13±0.44 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	61.18±0.74 <sup>ABc</sup>	69.57±2.19 <sup>Ab</sup>	72.01±1.36 <sup>Bab</sup>	76.16±3.69 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	64.24±2.99 <sup>Ab</sup>	65.72±3.80 <sup>Ab</sup>	66.01±1.44 <sup>Cb</sup>	72.39±2.20 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-33. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 당도 변화

(Unit: °brix)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
	0	1	5	10
Control	6.39±0.11 <sup>Aa2)</sup>	6.39±0.03 <sup>Aa</sup>	6.39±0.06 <sup>Aa</sup>	6.38±0.09 <sup>Aa</sup>
Water washing	6.36±0.16 <sup>Aa</sup>	6.29±0.03 <sup>Aa</sup>	6.36±0.08 <sup>Aa</sup>	6.38±0.12 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	6.37±0.13 <sup>Aa</sup>	6.40±0.05 <sup>Aa</sup>	6.39±0.13 <sup>Aa</sup>	6.38±0.11 <sup>Aa</sup>
Grapefruit seed extract 0.5%	6.35±0.15 <sup>Aa</sup>	6.39±0.16 <sup>Aa</sup>	6.40±0.07 <sup>Aa</sup>	6.39±0.06 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	6.27±0.05 <sup>Aa</sup>	6.36±0.05 <sup>Aa</sup>	6.34±0.11 <sup>Aa</sup>	6.38±0.04 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	6.38±0.18 <sup>Aa</sup>	6.36±0.17 <sup>Aa</sup>	6.37±0.12 <sup>Aa</sup>	6.38±0.12 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	6.36±0.05 <sup>Aa</sup>	6.35±0.13 <sup>Aa</sup>	6.37±0.11 <sup>Aa</sup>	6.39±0.14 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column or row followed by the same letters are not significantly (p<0.05) different.

Table 9-34. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 색도 변화

Color parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (days)			
		0	1	5	10
L	Control	30.62±0.51 <sup>Aa2)</sup>	30.58±0.78 <sup>Aa</sup>	29.12±0.60 <sup>Ab</sup>	28.89±0.82 <sup>Ab</sup>
	Water washing	30.60±1.02 <sup>Aa</sup>	30.29±1.01 <sup>Aa</sup>	29.11±1.00 <sup>Ab</sup>	28.87±0.72 <sup>Ab</sup>
	Citric acid 0.5%	30.58±0.27 <sup>Aa</sup>	30.60±0.35 <sup>Aa</sup>	29.24±0.71 <sup>Ab</sup>	28.90±0.70 <sup>Ab</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	30.58±0.10 <sup>Aa</sup>	30.41±0.06 <sup>Aa</sup>	28.62±0.16 <sup>Ab</sup>	28.88±0.92 <sup>Ab</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	30.79±0.47 <sup>Aa</sup>	30.65±0.20 <sup>Aa</sup>	29.05±0.92 <sup>Ab</sup>	28.90±0.11 <sup>Ab</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	30.60±0.63 <sup>Aa</sup>	30.55±0.37 <sup>Aa</sup>	29.02±0.25 <sup>Ab</sup>	28.90±0.29 <sup>Ab</sup>
	Combined treatment	30.63±0.61 <sup>Aa</sup>	30.61±0.25 <sup>Aa</sup>	29.04±0.35 <sup>Ab</sup>	28.84±0.24 <sup>Ab</sup>
a	Control	12.82±1.20 <sup>Aa</sup>	13.03±1.27 <sup>Aa</sup>	13.12±0.84 <sup>Aa</sup>	12.39±0.41 <sup>Aa</sup>
	Water washing	12.78±0.44 <sup>Aa</sup>	12.71±0.66 <sup>Aa</sup>	12.81±1.28 <sup>Aa</sup>	12.50±0.62 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	12.75±0.92 <sup>Aa</sup>	12.72±0.48 <sup>Aa</sup>	12.70±0.95 <sup>Aa</sup>	12.52±0.72 <sup>Aa</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	12.66±0.82 <sup>Aa</sup>	12.88±0.93 <sup>Aa</sup>	12.97±1.40 <sup>Aa</sup>	12.39±1.39 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	12.21±0.77 <sup>Aa</sup>	12.69±1.08 <sup>Aa</sup>	12.83±1.29 <sup>Aa</sup>	12.47±0.65 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	12.67±1.45 <sup>Aa</sup>	12.66±0.68 <sup>Aa</sup>	12.31±1.40 <sup>Aa</sup>	12.40±1.15 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	12.52±1.23 <sup>Aa</sup>	12.56±0.76 <sup>Aa</sup>	13.04±0.61 <sup>Aa</sup>	12.48±0.91 <sup>Aa</sup>

Color parameter	Treatment	Storage time (days)			
		0	1	5	10
b	Control	10.54±0.58 <sup>Aa</sup>	10.63±0.22 <sup>Aa</sup>	10.83±0.37 <sup>Aa</sup>	10.22±0.37 <sup>Aa</sup>
	Water washing	10.51±0.84 <sup>Aa</sup>	10.46±0.93 <sup>Aa</sup>	10.99±0.77 <sup>Aa</sup>	10.22±0.58 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	10.36±0.40 <sup>Aa</sup>	10.56±0.21 <sup>Aa</sup>	10.82±0.46 <sup>Aa</sup>	10.22±0.50 <sup>Aa</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	10.30±0.11 <sup>Aa</sup>	10.37±0.37 <sup>Aa</sup>	10.73±0.37 <sup>Aa</sup>	10.21±0.45 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	10.31±0.44 <sup>Aa</sup>	10.43±0.14 <sup>Aa</sup>	10.89±0.65 <sup>Aa</sup>	10.20±0.47 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	10.51±0.61 <sup>Aa</sup>	10.47±0.51 <sup>Aa</sup>	10.66±0.32 <sup>Aa</sup>	10.22±0.39 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	10.26±0.43 <sup>Aa</sup>	10.47±0.14 <sup>Aa</sup>	10.75±0.37 <sup>Aa</sup>	10.28±0.31 <sup>Aa</sup>
ΔE	Control	–	0.24±0.08 <sup>Ab</sup>	1.71±0.17 <sup>Aa</sup>	1.78±0.22 <sup>Aa</sup>
	Water washing	0.19±0.05 <sup>Ab</sup>	0.20±0.04 <sup>Ab</sup>	1.81±0.07 <sup>Aa</sup>	1.72±0.15 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	0.25±0.15 <sup>Ab</sup>	0.23±0.02 <sup>Ab</sup>	1.71±0.09 <sup>Aa</sup>	1.80±0.18 <sup>Aa</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	0.17±0.03 <sup>Ab</sup>	0.20±0.02 <sup>Ab</sup>	1.70±0.75 <sup>Aa</sup>	1.83±0.24 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	0.22±0.09 <sup>Ab</sup>	0.23±0.09 <sup>Ab</sup>	1.69±0.19 <sup>Aa</sup>	1.88±0.61 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	0.23±0.06 <sup>Ab</sup>	0.19±0.06 <sup>Ab</sup>	1.76±0.13 <sup>Aa</sup>	1.82±0.29 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	0.25±0.08 <sup>Ab</sup>	0.22±0.05 <sup>Ab</sup>	1.68±0.12 <sup>Aa</sup>	1.73±0.19 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a–b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-35. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 방울토마토의 관능적 품질 지표 변화

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
		0	1	5	10
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	8.95±0.20 <sup>Aa</sup>	8.36±0.56 <sup>Cb</sup>	7.54±0.50 <sup>Dc</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.99±0.12 <sup>Aa</sup>	8.26±0.53 <sup>Cb</sup>	7.59±0.49 <sup>Dc</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.77±0.42 <sup>Ab</sup>	8.20±0.67 <sup>BCc</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.59±0.49 <sup>Bb</sup>	8.01±0.67 <sup>Cc</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	8.36±0.70 <sup>ABc</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	8.27±0.83 <sup>ABc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Ab</sup>	8.44±0.65 <sup>Ac</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.26±0.53 <sup>Bb</sup>	7.64±0.48 <sup>Bc</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.33±0.55 <sup>Bb</sup>	7.77±0.56 <sup>Bc</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.79±0.41 <sup>Ab</sup>	8.27±0.81 <sup>Ac</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Ab</sup>	8.17±0.65 <sup>Ac</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	8.29±0.78 <sup>Ac</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Ab</sup>	8.20±0.85 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	8.34±0.71 <sup>Ac</sup>

Quality parameter	Treatment	Storage time (day)			
		0	1	5	10
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.99±0.12 <sup>Aa</sup>	8.33±0.63 <sup>Cb</sup>	7.46±0.91 <sup>Dc</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.36±0.61 <sup>Cb</sup>	7.61±0.74 <sup>Dc</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.76±0.43 <sup>ABb</sup>	8.13±0.65 <sup>ABCc</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.60±0.49 <sup>Bb</sup>	7.89±0.84 <sup>Cc</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	8.17±0.68 <sup>ABc</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	7.99±0.87 <sup>BCc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.86±0.35 <sup>Ab</sup>	8.31±0.64 <sup>Ac</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.99±0.12 <sup>Aa</sup>	8.30±0.61 <sup>Cb</sup>	7.53±0.71 <sup>Dc</sup>
	Water washing	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.98±0.12 <sup>Aa</sup>	8.37±0.61 <sup>Cb</sup>	7.83±0.79 <sup>Cc</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.84±0.36 <sup>Ab</sup>	8.17±0.70 <sup>ABc</sup>
	Grapefruit seed extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.61±0.49 <sup>Bb</sup>	8.11±0.75 <sup>Bc</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.38 <sup>Ab</sup>	8.24±0.69 <sup>ABc</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.84±0.36 <sup>Ab</sup>	8.09±0.77 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.81±0.39 <sup>Ab</sup>	8.41±0.64 <sup>Ac</sup>

<sup>1</sup>)Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2</sup>)Any means in the same column (A-D) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



### (9) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 껍질의 미생물 수 변화

- 예비 실험을 통해 껍에 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 0.5% citric acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 30일 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 9-36,37).
- 선정된 식품 부산물 추출물인 흑마늘박 추출물은 저장 초기 3.08 log CFU/g의 총 호기성 세균 수를 나타내어 기존 처리와 비교해 citric acid 처리보다는 높은 감균 효과를 차아염소산나트륨보다는 낮은 미생물 제어 효과를 보였음.
- 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기 1.93 log CFU/g의 미생물 수로 대조구보다 1.41 log CFU/g 수준 감소되어 모든 단일 처리구보다 높은 미생물 수 감소를 보였음. 이는 다른 농산물 결과와 유사한 결과로 식품 부산물 추출물이 기존 화학적 살균 처리 물질과 병합되어 농산물에 처리될 때 시너지 효과가 나타났기 때문이라고 생각됨.
- 각 세척 처리 후 총 호기성 세균의 제어 효과는 저장 중에도 지속되었는데, 저장 15일 후 대조구의 미생물 수가 5.58 log CFU/g이었고, citric acid, 흑마늘박 추출물 처리구는 각각 4.45, 4.65 log CFU/g을 나타내어 대조구와 비교해 1.13, 0.93 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였으며, 차아염소산나트륨 단일 처리와 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합처리구는 각각 4.67, 3.52 log CFU/g으로 대조구와 비교해 0.91, 2.06 log CFU/g의 미생물 수 감소 효과를 보였음.
- 이러한 결과로부터 본 연구에서 선정된 천연 물질인 흑마늘박 추출물과 같은 식품 부산물 추출물의 농산물에 대한 미생물 제어 효과가 기존 천연 물질 및 기존 살균 물질과 비교하였을 때 유사한 효과를 발휘할 수 있다고 생각되며, 식품 부산물 추출물은 차아염소산나트륨과 같은 기존 화학적 살균 처리 물질과 병합되어 시너지 효과를 가질 수 있다고 판단됨.
- 껍의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 변화도 총 호기성 세균의 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Table 9-37).
- 선정된 식품 부산물 소재인 흑마늘박 추출물은 저장 초기를 비롯해 저장 중에도 껍에 있어서 다른 단일 처리구들과 유사한 미생물 제어 효과를 보였는데, 이러한 결과로부터 본 연구에서 적용된 흑마늘박 추출물이 citric acid 등의 기존 천연 물질과 비슷한 수준으로 농산물의 미생물 수를 감소시킬 수 있으며, 또한, 전 세계적으로 널리 이용되고 있는 차아염소산나트륨과 같은 염소계 세척제와도 유사한 미생물 제어 효과를 가짐을 확인할 수 있었음.

Table 9-36. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 꺾의 총 호기성 세균 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	5	10	15	20	30
Control	4.34±0.41 <sup>Ac2)</sup>	4.55±0.30 <sup>Ac</sup>	5.25±0.37 <sup>Ab</sup>	5.58±0.29 <sup>Aab</sup>	5.67±0.19 <sup>Aab</sup>	5.78±0.32 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	3.68±0.41 <sup>Bd</sup>	3.74±0.13 <sup>Bd</sup>	4.16±0.15 <sup>Bc</sup>	4.45±0.34 <sup>Bc</sup>	4.97±0.08 <sup>Bb</sup>	5.27±0.22 <sup>Ba</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	3.08±0.57 <sup>Bc</sup>	3.62±0.27 <sup>Bb</sup>	4.64±0.19 <sup>BCa</sup>	4.65±0.49 <sup>Ba</sup>	4.77±0.46 <sup>Ba</sup>	5.07±0.16 <sup>BCa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	2.23±0.16 <sup>Cd</sup>	2.70±0.12 <sup>Cc</sup>	4.45±0.11 <sup>Cb</sup>	4.67±0.06 <sup>Bab</sup>	4.89±0.58 <sup>Ba</sup>	4.87±0.15 <sup>Ca</sup>
Combined treatment	1.93±0.21 <sup>Cb</sup>	1.74±0.37 <sup>Db</sup>	3.68±0.18 <sup>Da</sup>	3.52±0.85 <sup>Ca</sup>	3.88±0.37 <sup>Ca</sup>	4.42±0.26 <sup>Da</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-37. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 곰팡이 효모 및 곰팡이 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	5	10	15	20	30
Control	4.61±0.47 <sup>Ae2)</sup>	4.86±0.31 <sup>Ade</sup>	5.12±0.36 <sup>AcD</sup>	5.58±0.21 <sup>Abc</sup>	5.66±0.17 <sup>Aab</sup>	5.91±0.30 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	3.61±0.43 <sup>Bc</sup>	4.31±0.20 <sup>Bb</sup>	4.60±0.06 <sup>Bb</sup>	4.72±0.40 <sup>Bb</sup>	5.17±0.14 <sup>Ba</sup>	5.36±0.43 <sup>Ba</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	3.59±0.44 <sup>Bd</sup>	4.32±0.16 <sup>Bc</sup>	4.79±0.14 <sup>Bb</sup>	4.89±0.11 <sup>Bb</sup>	5.10±0.14 <sup>Bab</sup>	5.25±0.20 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	2.98±0.44 <sup>Bb</sup>	3.10±0.14 <sup>Cb</sup>	4.77±0.06 <sup>Ba</sup>	4.78±0.21 <sup>Ba</sup>	4.91±0.51 <sup>Ba</sup>	5.05±0.76 <sup>Ba</sup>
Combined treatment	2.24±0.34 <sup>Cb</sup>	1.15±0.21 <sup>Dc</sup>	4.01±0.06 <sup>Ca</sup>	4.06±0.29 <sup>Ca</sup>	4.15±0.31 <sup>Ca</sup>	4.42±0.14 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-e) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

#### (10) 천연 향균 물질 처리에 따른 저장 중 궤의 품질 변화

- 궤에 2가지 식품 부산물 추출물 중 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 유기산 중 선별된 0.5% citric acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C에서 30일 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였다(Table 9-38~43).
- 대조구를 포함한 4개의 단일 처리 및 차아염소산나트륨과 흑마늘박 추출물의 병합 처리에 따른 저장 30일 동안 궤의 중량감소율은 로메인 상추, 적무쌈, 시금치, 방울토마토와 동일하게 모두 1% 미만으로 본 실험에 적용된 기존 처리 방법과 선정된 흑마늘박 추출물은 궤의 중량 손실을 발생시키지 않으면서 상품성을 유지시킬 수 있다고 생각됨(Table 9-38).
- 저장 초기 궤의 비타민 C 함량은 약 40-43 mg AAE/100 g으로 각 처리에 따라 유의적인 차이는 없었음(Table 9-39). 저장 중 궤의 당도는 저장 초기 약 7.5 °brix로 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이러한 경향은 저장 30일까지 지속되었음(Table 9-40).
- 저장 초기 궤의 경도는 약 55-58 N으로 대조구와 처리구들이 유사하게 측정되었으며, 저장 15일까지 경도가 유지되는 경향을 보였음(Table 9-41).
- 저장 초기 방울토마토의 Hunter L, a, b 및 ΔE 값은 흑마늘박 추출물 처리를 포함하여 각 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 9-42). 대조구의 L, a, b 값은 각각 71.63, -11.11, 63.47이었으며, 나머지 단일 처리와 병합 처리구 모두 대조구와 유사한 값을 나타내었음.
- 이와 더불어 저장 중 궤의 부패율 변화를 관찰하였는데, 저장 10일까지는 대조구와 모든 처리구에서 부패도가 발생하지 않았으나 저장 15일부터 나타나기 시작하여 대조구가 14.17%로 가장 많은 부패도가 발생하였고, 병합 처리구에서는 저장 15일까지도 부패도가 발생하지 않았음(Table 9-43).
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 선정된 천연 향균 물질은 효과적으로 궤의 품질을 유지할 수 있는 처리 물질이라고 판단됨.
- 궤에 흑마늘박 추출물, citric acid와 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후 저장 중 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 관능적 품질 변화를 조사하였음(Table 9-44).
- 저장 30일 후까지 병합 처리구는 모든 관능 지표에서 약 7점으로 가장 높은 관능 점수를 획득하였는데, 이는 흑마늘박 추출물이 다른 처리 물질과 병합되어 농산물에 적용될 때 보다 높은 시너지 효과가 발생해 미생물을 효과적으로 감소시켰고, 이에 따라 궤에 부패 발생이 억제되어 관능적 품질이 우수한 상태로 유지되었다고 판단됨.
- 따라서 본 연구에서 선정된 식품 부산물 추출물은 천연 추출물로서 농산물의 잔존 미생물을 효과적으로 제어함과 동시에 부패 발생을 억제해 관능적 품질을 높게 유지시킬 수 있는 처리 물질이라고 생각됨.

Table 9-38. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 궤의 증량감소율 변화

(Unit: %)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	5	10	15	20	30
Control	-	0.08±0.02 <sup>Ab2)</sup>	0.14±0.02 <sup>Ab</sup>	0.25±0.05 <sup>Aa</sup>	0.33±0.10 <sup>Aa</sup>	0.61±0.06 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	-	0.06±0.00 <sup>Ab</sup>	0.11±0.01 <sup>Ab</sup>	0.24±0.07 <sup>Aa</sup>	0.28±0.10 <sup>Aa</sup>	0.38±0.15 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	-	0.06±0.00 <sup>Ab</sup>	0.12±0.01 <sup>Ab</sup>	0.26±0.07 <sup>Aa</sup>	0.32±0.10 <sup>Aa</sup>	0.44±0.17 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	-	0.06±0.01 <sup>Ab</sup>	0.14±0.02 <sup>Ab</sup>	0.25±0.10 <sup>Aa</sup>	0.31±0.12 <sup>Aa</sup>	0.42±0.18 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	-	0.06±0.00 <sup>Ab</sup>	0.15±0.03 <sup>Ab</sup>	0.30±0.09 <sup>Aa</sup>	0.38±0.12 <sup>Aa</sup>	0.48±0.15 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-39. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 궤의 비타민 C 함량 변화

(Unit: mg AAE/100 g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	5	10	15	20	30
Control	43.90±1.56 <sup>Aa2)</sup>	37.72±1.63 <sup>Cb</sup>	37.04±0.12 <sup>Bb</sup>	36.29±2.02 <sup>Bb</sup>	30.03±0.61 <sup>Bc</sup>	26.97±2.94 <sup>Bd</sup>
Citric acid 0.5%	42.86±2.30 <sup>ABa</sup>	39.16±2.68 <sup>BCa</sup>	39.54±2.87 <sup>ABa</sup>	32.88±0.31 <sup>Cb</sup>	29.36±0.51 <sup>Bb</sup>	29.06±2.99 <sup>ABb</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	42.52±2.12 <sup>ABa</sup>	42.74±0.36 <sup>Aa</sup>	41.05±2.08 <sup>ABa</sup>	36.21±0.41 <sup>Bb</sup>	33.31±0.99 <sup>Ab</sup>	29.42±0.61 <sup>ABc</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	40.13±1.83 <sup>Ba</sup>	38.45±1.20 <sup>BCa</sup>	39.48±2.32 <sup>ABa</sup>	32.84±0.17 <sup>Cb</sup>	29.28±1.45 <sup>Bc</sup>	27.42±0.87 <sup>Bc</sup>
Combined treatment	42.12±1.95 <sup>ABa</sup>	40.67±0.89 <sup>ABa</sup>	42.14±1.79 <sup>Aa</sup>	40.84±0.43 <sup>Aa</sup>	34.53±0.66 <sup>Ab</sup>	33.94±0.65 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-40. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 궤의 당도 변화

(Unit: °brix)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	5	10	15	20	30
Control	7.51±0.58 <sup>Aa2)</sup>	7.41±0.24 <sup>Ab</sup>	7.20±0.15 <sup>Ab</sup>	6.76±0.23 <sup>Ac</sup>	6.79±0.12 <sup>Ac</sup>	6.71±0.07 <sup>Ac</sup>
Citric acid 0.5%	7.59±0.29 <sup>Aa</sup>	7.33±0.24 <sup>Ab</sup>	7.27±0.12 <sup>Ab</sup>	6.78±0.20 <sup>Ac</sup>	6.74±0.23 <sup>Ac</sup>	6.73±0.09 <sup>Ac</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	7.45±0.47 <sup>Aa</sup>	7.42±0.10 <sup>Aa</sup>	7.21±0.20 <sup>Aa</sup>	6.76±0.09 <sup>Ab</sup>	6.79±0.18 <sup>Ab</sup>	6.72±0.04 <sup>Ab</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	7.60±0.46 <sup>Aa</sup>	7.40±0.12 <sup>Aab</sup>	7.29±0.20 <sup>Ab</sup>	6.78±0.19 <sup>Ac</sup>	6.78±0.13 <sup>Ac</sup>	6.73±0.08 <sup>Ac</sup>
Combined treatment	7.51±0.76 <sup>Aa</sup>	7.43±0.15 <sup>Aa</sup>	7.23±0.22 <sup>Aa</sup>	6.77±0.14 <sup>Ab</sup>	6.78±0.08 <sup>Ab</sup>	6.72±0.14 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-41. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 굴의  
경도 변화

(Unit: N)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	5	10	15	20	30
Control	55.81±11.67 <sup>Aa2)</sup>	56.18±7.34 <sup>Aa</sup>	56.34±6.80 <sup>Aa</sup>	55.02±10.21 <sup>Aab</sup>	51.45±4.91 <sup>Aab</sup>	46.32±5.89 <sup>Ab</sup>
Citric acid 0.5%	55.44±7.91 <sup>Aa</sup>	56.92±15.27 <sup>Aa</sup>	56.79±3.73 <sup>Aa</sup>	55.50±9.67 <sup>Aa</sup>	52.83±8.64 <sup>Aa</sup>	47.24±3.46 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	55.82±11.64 <sup>Aa</sup>	56.71±5.16 <sup>Aa</sup>	56.78±9.96 <sup>Aa</sup>	54.61±13.29 <sup>Aa</sup>	48.22±3.54 <sup>Aa</sup>	46.15±3.26 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	56.89±13.42 <sup>Aa</sup>	55.32±8.02 <sup>Aa</sup>	55.32±8.92 <sup>Aa</sup>	55.14±4.74 <sup>Aa</sup>	52.12±8.95 <sup>Aa</sup>	46.61±2.80 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	58.96±10.27 <sup>Aa</sup>	56.68±8.50 <sup>Aab</sup>	55.09±9.09 <sup>Aab</sup>	54.36±5.78 <sup>Aab</sup>	53.99±14.05 <sup>Aab</sup>	46.32±2.77 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



Table 9-42. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 껍질의 색도 변화

Color parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (days)				
		0	5	10	15	20
L	Control	71.63±1.40 <sup>Ac2)</sup>	73.51±1.71 <sup>Ab</sup>	73.55±1.47 <sup>Ab</sup>	74.33±1.09 <sup>Ab</sup>	78.40±0.66 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	71.61±1.25 <sup>Ac</sup>	73.47±1.47 <sup>Ab</sup>	73.54±1.21 <sup>Ab</sup>	74.34±0.95 <sup>Ab</sup>	78.38±0.82 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	71.69±1.27 <sup>Ac</sup>	73.46±1.51 <sup>Ab</sup>	73.52±1.17 <sup>Ab</sup>	74.35±0.82 <sup>Ab</sup>	78.42±0.83 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	71.65±1.36 <sup>Ac</sup>	73.48±1.32 <sup>Ab</sup>	73.50±1.33 <sup>Ab</sup>	74.36±0.99 <sup>Ab</sup>	78.47±0.72 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	71.68±1.45 <sup>Ac</sup>	73.55±1.41 <sup>Ab</sup>	73.56±1.41 <sup>Ab</sup>	74.55±1.36 <sup>Ab</sup>	78.32±0.68 <sup>Aa</sup>
a	Control	-11.11±2.08 <sup>Ae</sup>	-6.25±1.90 <sup>Ad</sup>	-1.47±0.83 <sup>Ac</sup>	6.32±0.57 <sup>Ab</sup>	8.56±0.87 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	-11.16±2.33 <sup>Ae</sup>	-6.22±1.44 <sup>Ad</sup>	-1.52±1.55 <sup>Ac</sup>	6.34±0.65 <sup>Ab</sup>	8.40±0.83 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	-11.10±2.50 <sup>Ad</sup>	-6.30±1.23 <sup>Ac</sup>	-1.46±1.29 <sup>Ab</sup>	6.38±0.50 <sup>Aa</sup>	8.30±0.40 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	-11.07±2.50 <sup>Ad</sup>	-6.22±0.66 <sup>Ac</sup>	-1.47±1.48 <sup>Ab</sup>	6.50±0.68 <sup>Aa</sup>	8.36±0.61 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	-11.08±1.92 <sup>Ae</sup>	-6.25±1.50 <sup>Ad</sup>	-1.41±1.39 <sup>Ac</sup>	6.35±0.39 <sup>Ab</sup>	8.48±0.60 <sup>Aa</sup>

Color parameter	Treatment	Storage time (days)				
		0	1	5	10	20
b	Control	63.47±1.52 <sup>Ad</sup>	63.62±1.24 <sup>Ad</sup>	68.37±1.22 <sup>Ac</sup>	70.36±0.83 <sup>Ab</sup>	78.82±0.90 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	63.49±1.28 <sup>Ad</sup>	63.76±1.07 <sup>Ad</sup>	68.32±1.41 <sup>Ac</sup>	70.38±0.78 <sup>Ab</sup>	78.83±0.90 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	63.55±1.37 <sup>Ad</sup>	63.79±1.13 <sup>Ad</sup>	68.37±1.25 <sup>Ac</sup>	70.32±0.52 <sup>Ab</sup>	78.80±0.79 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	63.55±1.53 <sup>Ad</sup>	63.72±0.96 <sup>Ad</sup>	68.32±1.23 <sup>Ac</sup>	70.43±1.12 <sup>Ab</sup>	78.91±0.70 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	63.57±1.59 <sup>Ad</sup>	69.69±0.89 <sup>Ad</sup>	68.31±1.44 <sup>Ac</sup>	70.34±0.76 <sup>Ab</sup>	78.90±1.09 <sup>Aa</sup>
ΔE	Control	–	1.73±0.25 <sup>Ac</sup>	2.05±0.12 <sup>Ab</sup>	2.04±0.08 <sup>Ab</sup>	2.31±0.07 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	0.70±0.15 <sup>Ac</sup>	1.72±0.54 <sup>Ab</sup>	2.05±0.05 <sup>Aab</sup>	2.05±0.32 <sup>Aab</sup>	2.30±0.61 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	0.70±0.21 <sup>Ac</sup>	1.71±0.65 <sup>Ab</sup>	2.06±0.12 <sup>Aab</sup>	2.06±0.21 <sup>Aab</sup>	2.29±0.50 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	0.70±0.16 <sup>Ac</sup>	1.72±0.34 <sup>Ab</sup>	2.06±0.11 <sup>Aab</sup>	2.04±0.42 <sup>Aab</sup>	2.31±0.12 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	0.70±0.12 <sup>Ac</sup>	1.71±0.53 <sup>Ab</sup>	2.07±0.44 <sup>Aab</sup>	2.07±0.20 <sup>Aab</sup>	2.29±0.19 <sup>Aa</sup>

<sup>1</sup>)Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2</sup>)Any means in the same column (A) or row (a-e) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-43. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 곰팡이 부패율 변화

(Unit: %)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
	0	5	10	15	20	30
Control	0	0	0	14.17±9.57 <sup>Aa2)</sup>	23.33±17.64 <sup>Aa</sup>	55.56±13.88 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	0	0	0	5.00±10.00 <sup>Aa</sup>	14.17±18.93 <sup>Aa</sup>	23.33±29.06 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	0	0	0	5.00±10.00 <sup>Aa</sup>	5.00±10.00 <sup>Aa</sup>	10.00±20.00 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	0	0	0	5.00±10.00 <sup>Aa</sup>	5.00±10.00 <sup>Aa</sup>	10.00±20.00 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	0	0	0	0	0	5.00±10.00 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a) followed by different letters are not significantly (p<0.05) different.

Table 9-44. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 궤의 관능적 품질 지표 변화

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)					
		0	5	10	15	20	30
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup> <sub>2)</sub>	8.98±0.15 <sup>Aa</sup>	7.93±0.89 <sup>Bb</sup>	-	-	-
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.98±0.15 <sup>Aa</sup>	8.43±0.67 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	7.03±0.41 <sup>Bc</sup>	6.80±0.76 <sup>Bc</sup>	-
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.44±0.73 <sup>Ab</sup>	7.32±0.63 <sup>Bc</sup>	6.89±0.72 <sup>Bc</sup>	5.48±1.31 <sup>Bd</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.36±0.79 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	7.23±0.49 <sup>Bc</sup>	6.78±0.53 <sup>Bc</sup>	4.18±1.77 <sup>Cd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.67±0.48 <sup>Aa</sup>	8.17±0.62 <sup>Ab</sup>	7.81±0.75 <sup>Ac</sup>	7.21±0.42 <sup>Ad</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.98±0.15 <sup>Aa</sup>	7.76±0.73 <sup>Bb</sup>	-	-	-
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.12±0.71 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	7.15±0.74 <sup>Bc</sup>	6.43±0.86 <sup>Bd</sup>	-
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.22±0.85 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	7.21±0.75 <sup>Bc</sup>	6.65±0.74 <sup>Bd</sup>	5.55±0.96 <sup>Be</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.22±0.72 <sup>AB</sup> <sub>b</sub>	7.11±0.70 <sup>Bc</sup>	6.45±0.74 <sup>Bd</sup>	4.32±1.20 <sup>Ce</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.49±0.51 <sup>Ab</sup>	7.93±0.71 <sup>Ac</sup>	7.48±0.67 <sup>Ad</sup>	6.94±0.25 <sup>Ae</sup>

Quality parameter	Treatment	Storage time (day)					
		0	5	10	15	20	30
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.93±0.26 <sup>A</sup> a	7.40±0.96 <sup>B</sup> b	–	–	–
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.02±0.60 <sup>A</sup> b	7.05±0.61 <sup>B</sup> c	6.74±0.44 <sup>B</sup> d	–
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.21±0.81 <sup>A</sup> b	7.43±0.63 <sup>B</sup> c	6.74±0.89 <sup>B</sup> d	5.77±0.94 <sup>B</sup> e
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.90±0.30 <sup>A</sup> a	8.16±0.72 <sup>A</sup> b	7.19±0.64 <sup>B</sup> c	6.70±0.82 <sup>B</sup> c	4.09±1.85 <sup>C</sup> d
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.50±0.55 <sup>A</sup> b	8.17±0.56 <sup>A</sup> b	7.62±0.82 <sup>A</sup> c	7.23±0.56 <sup>A</sup> c
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.98±0.15 <sup>A</sup> a	7.36±0.91 <sup>B</sup> b	–	–	–
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.98±0.15 <sup>A</sup> a	8.00±0.58 <sup>A</sup> b	7.24±0.62 <sup>B</sup> c	6.31±0.78 <sup>B</sup> d	–
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.35±0.84 <sup>A</sup> b	7.41±0.61 <sup>B</sup> c	6.52±0.83 <sup>B</sup> d	5.80±1.16 <sup>B</sup> e
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.12±0.74 <sup>A</sup> b	7.29±0.60 <sup>B</sup> c	6.48±0.77 <sup>B</sup> d	4.14±0.94 <sup>C</sup> e
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	9.00±0.00 <sup>A</sup> a	8.50±0.55 <sup>A</sup> b	8.19±0.52 <sup>A</sup> b	7.60±0.73 <sup>A</sup> c	7.15±0.36 <sup>A</sup> d

<sup>1</sup>)Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2</sup>)Any means in the same column (A-C) or row (a-e) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

### (11) 천연 향균 물질 처리에 따른 저장 중 사과 미생물 수 변화

- 예비 실험을 통해 사과에 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 0.5% citric acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C에서 4달 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 9-45,46).
- 흑마늘박 추출물은 저장 초기 3.85 log CFU/g의 총 호기성 세균 수를 나타내 citric acid와 차아염소산나트륨 처리와 유사한 미생물 제어 효과를 보였음.
- 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구의 총 호기성 세균 수는 저장 초기 3.05 log CFU/g로 대조구보다 2.03 log CFU/g만큼 감소되어 모든 처리구 중 가장 높은 미생물 수 감소를 보였음. 이는 다른 농산물 결과와 동일한 결과로 식품 부산물 추출물과 기존 살균 처리 물질의 병합 처리가 단순히 각 처리 물질을 단일로 처리하는 것보다 효과적으로 농산물의 잔존 미생물을 제어할 수 있음을 보여주는 결과임.
- 각 세척 처리 후 사과의 총 호기성 세균 수는 저장 중에도 저장 초기와 유사하게 지속되었는데, 저장 2달 후 대조구의 미생물 수가 5.29 log CFU/g이었고, citric acid, 흑마늘박 추출물 처리구는 각각 4.23, 4.38 log CFU/g으로 대조구와 비교했을 때 1.06, 0.91 log CFU/g의 미생물 수 차이를 보였으며, 차아염소산나트륨 단일 처리와 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합처리구는 각각 4.13, 3.62 log CFU/g으로 대조구보다 1.16, 1.67 log CFU/g만큼 낮은 미생물 수를 보였음.
- 이러한 결과는 본 연구에서 선정된 천연 물질이 사과와 같은 과일류에 적용되더라도 충분히 기존 처리와 유사한 수준의 미생물 제어 효과를 보일 수 있다는 것을 시사하며, 기존 살균 처리 물질과 병합되었을 때 채소와 과일 모두에서 시너지 효과를 나타낼 수 있다는 것을 보여주는 결과임.
- 사과의 저장 중 효모 및 곰팡이 수 변화도 총 호기성 세균 수 변화 결과와 비슷한 경향을 나타내었음(Table 9-46).
- 선정된 식품 부산물 소재인 흑마늘박 추출물은 4달간의 저장 중에도 사과의 미생물을 다른 단일 처리구들과 유사한 수준으로 제어하였으며, 이와 더불어 기존 살균 처리와 병합 처리하였을 때는 보다 높은 감균 효과를 나타내었음.
- 이러한 결과로부터 본 연구에서 적용된 흑마늘박 추출물은 사과와 같은 과일류에 적용되어도 충분히 효과적으로 저장 중에 미생물 오염을 낮출 수 있으며, 기존 살균 처리 물질과 병합 처리되었을 때는 채소, 과일에 관계없이 시너지 효과를 나타낼 수 있는 처리 물질이라고 판단됨.

Table 9-45. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과  
총 호기성 세균 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (month)				
	0	1	2	3	4
Control	5.08±0.42 <sup>Ab2)</sup>	5.12±0.28 <sup>Ab</sup>	5.29±0.44 <sup>Aab</sup>	5.50±0.24 <sup>Aab</sup>	5.62±0.18 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	3.65±0.30 <sup>Bd</sup>	3.97±0.30 <sup>Bc</sup>	4.23±0.36 <sup>Bbc</sup>	4.42±0.38 <sup>Bab</sup>	4.60±0.38 <sup>Ba</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	3.85±0.41 <sup>Bc</sup>	4.00±0.39 <sup>Bc</sup>	4.38±0.28 <sup>Bb</sup>	4.52±0.40 <sup>Bab</sup>	4.78±0.31 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	3.85±0.29 <sup>Bb</sup>	3.95±0.30 <sup>Bb</sup>	4.13±0.36 <sup>Bab</sup>	4.31±0.42 <sup>Ba</sup>	4.44±0.26 <sup>Ba</sup>
Combined treatment	3.05±0.38 <sup>Cb</sup>	3.14±0.44 <sup>Cb</sup>	3.62±0.41 <sup>Ca</sup>	3.74±0.26 <sup>Ca</sup>	3.91±0.23 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-46. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과  
 효모 및 곰팡이 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (month)				
	0	1	2	3	4
Control	5.30±0.26 <sup>Ac2)</sup>	5.57±0.13 <sup>Ab</sup>	5.71±0.19 <sup>Ab</sup>	5.81±0.30 <sup>Aab</sup>	6.02±0.27 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	4.79±0.33 <sup>Bc</sup>	5.09±0.22 <sup>Bb</sup>	5.19±0.22 <sup>Bb</sup>	5.21±0.16 <sup>Bab</sup>	5.38±0.34 <sup>Ba</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	4.81±0.32 <sup>Bc</sup>	5.05±0.26 <sup>Bb</sup>	5.13±0.22 <sup>Bb</sup>	5.30±0.19 <sup>BCab</sup>	5.43±0.32 <sup>Ba</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	4.63±0.33 <sup>Bb</sup>	4.90±0.41 <sup>Bab</sup>	5.00±0.26 <sup>Ba</sup>	5.05±0.11 <sup>Ca</sup>	5.15±0.20 <sup>Ba</sup>
Combined treatment	4.17±0.17 <sup>Cc</sup>	4.33±0.24 <sup>Cbc</sup>	4.43±0.39 <sup>Cabc</sup>	4.51±0.13 <sup>Dab</sup>	4.63±0.17 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



## (12) 천연 항균 물질 처리에 따른 저장 중 사과 품질 변화

- 사과에 선별된 0.5% 흑마늘박 추출물, 유기산 중 선별된 0.5% citric acid와 50 ppm 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C에서 4달 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였음(Table 9-47~51).
- 저장 4달 동안 대조구 및 모든 처리구의 중량감소율은 로메인 상추, 적무썩, 시금치, 방울토마토, 굴과는 다르게 1% 이상으로 나타났음.
- 이는 다른 농산물보다 긴 저장 기간에 의한 것으로 본 실험에 적용된 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 선정된 식품 부산물 추출물이 사과의 중량 손실을 야기하지 않으며, 동시에 상품성에 부정적인 영향을 주지 않는 처리 물질이라고 생각됨(Table 9-47).
- 저장 초기 사과의 비타민 C 함량은 약 4-6 mg AAE/100 g으로 각 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 9-48).
- 저장 중 사과의 당도는 저장 초기 약 14 °brix로 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이러한 경향은 저장 3달 후까지 지속되었음(Table 9-49).
- 저장 초기 사과의 경도는 대조구를 비롯한 모든 처리구가 약 15 N으로 유사하게 측정되었으며, 저장 2달까지 경도가 유지되는 경향을 보였음(Table 9-50).
- 저장 초기 사과의 Hunter L, a, b 및 ΔE 값은 흑마늘박 추출물 처리를 포함하여 각 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았음(Table 9-51).
- 또한, 저장 중 사과의 부패율을 조사하였으나 굴과는 달리 4달 동안의 저장 기간 중에도 대조구를 포함한 모든 처리구에서 부패과는 발생하지 않았음(data not shown).
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 선정된 천연 항균 물질은 사과의 내부 영양 성분 및 색도 품질 유지에 효과적인 세척 처리 물질이라고 판단됨.
- 사과에 흑마늘박 추출물, citric acid와 차아염소산나트륨 및 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후 저장 중 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 관능적 품질 변화를 조사하였음(Table 9-52).
- 흑마늘박 추출물 단일 처리와 병합 처리가 저장 4달 동안 가장 높은 관능 점수를 획득하여 기존 천연 물질 및 살균 처리보다 관능적 품질을 높게 유지시킬 수 있다고 생각됨.
- 본 연구에서는 6종 농산물의 미생물학적 안전성을 확보하고 효과적으로 품질을 유지시킬 수 있는 식품 부산물 소재 천연 항균 물질을 개발하였으며, 개발된 천연 항균 물질은 기존 이용되고 있는 처리들과 유사한 미생물 제어 효과를 나타내었음.
- 이와 더불어 차아염소산나트륨과의 병합 처리 시 더욱 효과적으로 미생물을 감소시켰음. 또한, 천연 물질 세척제는 저장 중 각 농산물의 다양한 품질 지표에 영향을 미치지 않았으며, 기존 천연 물질 및 살균 처리와 유사하거나 더 우수하게 품질을 유지시켰음.
- 따라서 본 연구에서 개발한 흑마늘박과 아마씨박 추출물은 고수요, 고위험 농산물의 저장 중 미생물학적 안전성을 높이면서 동시에 고품질을 유지시킬 수 있는 처리 물질로써 농가 및 다양한 식품 산업 현장에서 효과적으로 적용될 수 있다고 판단됨.

Table 9-47. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과  
 증량감소율 변화

(Unit: %)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (month)				
	0	1	2	3	4
Control	-	0.60±0.29 <sup>Ac2)</sup>	0.70±0.25 <sup>Abc</sup>	1.03±0.23 <sup>Aab</sup>	1.30±0.09 <sup>Aa</sup>
Citric acid 0.5%	-	0.22±0.01 <sup>Bb</sup>	0.37±0.06 <sup>Bb</sup>	1.10±0.49 <sup>Aa</sup>	1.23±0.50 <sup>Aa</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	-	0.22±0.08 <sup>Bb</sup>	0.48±0.32 <sup>ABb</sup>	0.94±0.17 <sup>Aa</sup>	1.03±0.20 <sup>Aa</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	-	0.30±0.07 <sup>Bb</sup>	0.47±0.12 <sup>ABb</sup>	0.99±0.31 <sup>Aa</sup>	1.21±0.37 <sup>Aa</sup>
Combined treatment	-	0.19±0.18 <sup>Bb</sup>	0.35±0.10 <sup>Bb</sup>	0.78±0.29 <sup>Aa</sup>	0.99±0.18 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-48. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과  
비타민 C 함량 변화

(Unit: mg AAE/100 g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (month)				
	0	1	2	3	4
Control	6.24±0.13 <sup>Aa2)</sup>	4.05±0.69 <sup>Ab</sup>	3.34±0.20 <sup>Abc</sup>	2.65±0.35 <sup>Bcd</sup>	2.19±0.23 <sup>Ad</sup>
Citric acid 0.5%	4.57±0.55 <sup>Ba</sup>	4.22±0.31 <sup>Aab</sup>	3.48±2.00 <sup>Aabc</sup>	2.57±0.43 <sup>Bbc</sup>	2.17±0.44 <sup>Ac</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	4.57±0.54 <sup>Ba</sup>	4.04±0.13 <sup>Aab</sup>	3.41±0.48 <sup>Ab</sup>	2.66±0.16 <sup>Bc</sup>	2.20±0.33 <sup>Ac</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	4.56±0.42 <sup>Ba</sup>	4.17±0.25 <sup>Aa</sup>	3.49±0.22 <sup>Ab</sup>	2.81±0.06 <sup>ABc</sup>	2.36±0.02 <sup>Ac</sup>
Combined treatment	4.52±0.55 <sup>Ba</sup>	4.38±0.68 <sup>Aa</sup>	3.72±0.43 <sup>Aab</sup>	3.17±0.14 <sup>Ac</sup>	2.70±0.56 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-49. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과  
당도 변화

(Unit: °brix)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (month)				
	0	1	2	3	4
Control	14.38±0.10 <sup>Aa2)</sup>	14.54±0.15 <sup>Aa</sup>	14.53±0.31 <sup>Aa</sup>	14.19±0.51 <sup>Aa</sup>	12.73±0.11 <sup>Ab</sup>
Citric acid 0.5%	14.15±0.24 <sup>Aa</sup>	14.56±0.35 <sup>Aa</sup>	14.73±0.29 <sup>Aa</sup>	14.17±0.06 <sup>Aa</sup>	12.73±0.25 <sup>Ab</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	14.19±0.28 <sup>Aa</sup>	14.38±0.16 <sup>Aa</sup>	14.61±0.45 <sup>Aa</sup>	14.26±0.29 <sup>Aa</sup>	12.66±0.20 <sup>Ab</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	14.25±0.15 <sup>Aa</sup>	14.36±0.16 <sup>Aa</sup>	14.70±0.32 <sup>Aa</sup>	14.17±0.09 <sup>Aa</sup>	12.60±0.22 <sup>Ab</sup>
Combined treatment	14.15±0.24 <sup>Aa</sup>	14.36±0.24 <sup>Aa</sup>	14.61±0.27 <sup>Aa</sup>	14.02±0.27 <sup>Aa</sup>	12.60±0.13 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-50. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과  
 정도 변화

(Unit: N)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (month)				
	0	1	2	3	4
Control	15.40±0.96 <sup>Aa2)</sup>	15.43±1.98 <sup>Aa</sup>	15.42±2.38 <sup>Aa</sup>	14.19±1.24 <sup>Aa</sup>	8.47±2.70 <sup>Bb</sup>
Citric acid 0.5%	15.47±0.86 <sup>Aa</sup>	15.43±1.72 <sup>Aa</sup>	15.12±0.71 <sup>Aa</sup>	14.13±1.02 <sup>Aa</sup>	11.77±0.81 <sup>Ab</sup>
Black garlic pomace extract 0.5%	15.92±1.21 <sup>Aa</sup>	15.85±2.19 <sup>Aa</sup>	15.60±0.54 <sup>Aa</sup>	14.29±0.25 <sup>Aa</sup>	12.21±1.30 <sup>Ab</sup>
Sodium hypochlorite 50 ppm	15.32±1.40 <sup>Aa</sup>	15.46±1.50 <sup>Aa</sup>	15.22±2.05 <sup>Aa</sup>	14.21±0.98 <sup>Aa</sup>	12.19±2.54 <sup>Ab</sup>
Combined treatment	15.71±1.80 <sup>Aa</sup>	15.72±1.65 <sup>Aa</sup>	15.50±1.44 <sup>Aa</sup>	14.15±1.10 <sup>Aa</sup>	12.55±0.95 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-51. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과  
색도 변화

Color parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (month)				
		0	1	2	3	4
L	Control	57.70±3.42 <sup>Aa2)</sup>	57.63±3.04 <sup>Aa</sup>	52.34±4.44 <sup>Ab</sup>	45.62±1.36 <sup>Ac</sup>	39.11±2.65 <sup>Ad</sup>
	Citric acid 0.5%	57.71±3.15 <sup>Aa</sup>	57.64±3.48 <sup>Aa</sup>	52.38±2.80 <sup>Ab</sup>	45.50±1.70 <sup>Ac</sup>	39.30±2.21 <sup>Ad</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	57.60±2.99 <sup>Aa</sup>	57.31±5.51 <sup>Aa</sup>	52.52±3.50 <sup>Ab</sup>	45.39±1.16 <sup>Ac</sup>	39.24±1.59 <sup>Ad</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	57.69±2.35 <sup>Aa</sup>	57.59±4.46 <sup>Aa</sup>	52.44±4.32 <sup>Ab</sup>	45.45±1.73 <sup>Ac</sup>	39.32±2.19 <sup>Ad</sup>
	Combined treatment	57.65±4.84 <sup>Aa</sup>	57.60±4.10 <sup>Aa</sup>	52.62±2.51 <sup>Ab</sup>	45.40±1.26 <sup>Ac</sup>	39.38±2.11 <sup>Ad</sup>
a	Control	9.90±6.76 <sup>Ac</sup>	13.41±5.37 <sup>Aab</sup>	16.67±3.95 <sup>Aab</sup>	17.69±1.19 <sup>Aab</sup>	20.15±0.09 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	9.82±4.80 <sup>Ac</sup>	13.34±5.53 <sup>Aab</sup>	16.70±3.23 <sup>Aab</sup>	17.41±1.30 <sup>Aab</sup>	20.19±1.85 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.68±2.93 <sup>Ac</sup>	13.44±5.90 <sup>Abc</sup>	16.72±4.42 <sup>Aab</sup>	17.54±2.11 <sup>Aab</sup>	20.45±0.91 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.40±4.03 <sup>Ac</sup>	13.87±5.77 <sup>Ab</sup>	16.73±4.42 <sup>Aab</sup>	17.65±1.55 <sup>Aab</sup>	20.44±2.24 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	9.50±4.25 <sup>Ad</sup>	13.39±5.25 <sup>Ac</sup>	16.64±3.58 <sup>Ab</sup>	17.67±1.21 <sup>Aab</sup>	20.53±0.89 <sup>Aa</sup>

Color parameter	Treatment	Storage time (month)				
		0	1	2	3	4
b	Control	32.36±2.07 <sup>Aa</sup>	30.52±1.34 <sup>Aa</sup>	27.80±0.67 <sup>Ab</sup>	20.14±1.07 <sup>Ac</sup>	17.21±2.70 <sup>Ad</sup>
	Citric acid 0.5%	32.34±2.03 <sup>Aa</sup>	30.27±1.27 <sup>Ab</sup>	27.82±0.86 <sup>Ac</sup>	20.16±1.31 <sup>Ad</sup>	17.33±2.06 <sup>Ae</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	32.50±2.62 <sup>Aa</sup>	30.54±1.30 <sup>Ab</sup>	27.73±0.97 <sup>Ac</sup>	20.33±1.43 <sup>Ad</sup>	17.26±2.24 <sup>Ae</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	32.42±0.95 <sup>Aa</sup>	30.58±1.20 <sup>Ab</sup>	27.60±0.97 <sup>Ac</sup>	20.31±1.54 <sup>Ad</sup>	17.53±2.19 <sup>Ae</sup>
	Combined treatment	32.53±2.85 <sup>Aa</sup>	30.35±1.34 <sup>Ab</sup>	27.10±1.37 <sup>Ac</sup>	20.35±0.81 <sup>Ad</sup>	17.39±1.18 <sup>Ae</sup>
ΔE	Control	–	4.26±0.45 <sup>Ad</sup>	11.97±0.48 <sup>Ac</sup>	21.12±0.58 <sup>Ab</sup>	27.34±0.49 <sup>Aa</sup>
	Citric acid 0.5%	1.86±0.37 <sup>Ae</sup>	4.27±0.33 <sup>Ad</sup>	11.96±0.45 <sup>Ac</sup>	21.11±0.64 <sup>Ab</sup>	27.32±0.40 <sup>Aa</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	1.86±0.40 <sup>Ae</sup>	4.27±0.39 <sup>Ad</sup>	11.96±0.42 <sup>Ac</sup>	21.11±0.65 <sup>Ab</sup>	27.33±0.44 <sup>Aa</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	1.86±0.32 <sup>Ae</sup>	4.27±0.34 <sup>Ad</sup>	11.98±0.44 <sup>Ac</sup>	21.12±0.43 <sup>Ab</sup>	27.32±0.43 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	1.86±0.40 <sup>Ae</sup>	4.27±0.31 <sup>Ad</sup>	11.98±0.31 <sup>Ac</sup>	21.12±0.48 <sup>Ab</sup>	27.32±0.45 <sup>Aa</sup>

<sup>1</sup>)Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2</sup>)Any means in the same column (A) or row (a-e) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 9-52. 선정된 천연 항균 물질 및 기존 천연, 살균 물질 처리에 따른 저장 중 사과외관능적 품질 지표 변화

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)				
		0	1	2	3	4
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	8.27±0.72 <sup>Bb</sup>	6.64±1.03 <sup>Cc</sup>	5.61±1.47 <sup>Cd</sup>	4.32±1.39 <sup>De</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.42±0.64 <sup>ABb</sup>	7.39±0.69 <sup>Bc</sup>	6.17±1.07 <sup>Cd</sup>	5.46±1.17 <sup>Ce</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.73±0.45 <sup>Aa</sup>	7.75±0.59 <sup>Bb</sup>	6.75±0.97 <sup>Bc</sup>	5.79±1.10 <sup>Bd</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.73±0.45 <sup>Aa</sup>	7.36±0.49 <sup>Bb</sup>	6.14±0.71 <sup>Cc</sup>	5.00±0.86 <sup>BCd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.73±0.45 <sup>Aa</sup>	8.18±0.67 <sup>Ab</sup>	7.50±0.76 <sup>Ac</sup>	6.64±0.95 <sup>Ad</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	6.75±0.80 <sup>Cb</sup>	5.82±0.82 <sup>Dc</sup>	4.46±1.26 <sup>Dd</sup>	4.32±1.39 <sup>Dd</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	7.82±0.48 <sup>Bb</sup>	6.36±0.95 <sup>Cc</sup>	5.36±1.31 <sup>Cd</sup>	5.46±1.17 <sup>Cd</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.25±0.52 <sup>Ab</sup>	7.04±0.92 <sup>Bc</sup>	6.04±1.20 <sup>Bd</sup>	5.79±1.10 <sup>Bd</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	7.69±0.74 <sup>Bb</sup>	6.86±0.93 <sup>BCc</sup>	5.96±1.04 <sup>BCd</sup>	5.00±0.86 <sup>BCe</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.43±0.50 <sup>Ab</sup>	7.57±1.14 <sup>Ac</sup>	6.75±1.11 <sup>Ad</sup>	6.64±0.95 <sup>Ad</sup>



Quality parameter	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	2	3	4
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.54±0.96 <sup>Ba</sup>	7.46±1.32 <sup>Bb</sup>	6.43±1.77 <sup>Cc</sup>	4.32±1.39 <sup>Dd</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.86±0.36 <sup>Aa</sup>	7.82±0.72 <sup>ABb</sup>	6.93±1.25 <sup>BCc</sup>	5.46±1.17 <sup>Cd</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.89±0.31 <sup>Aa</sup>	8.07±0.72 <sup>Ab</sup>	7.43±1.17 <sup>ABc</sup>	5.79±1.10 <sup>Bd</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.79±0.42 <sup>ABa</sup>	7.96±0.74 <sup>Ab</sup>	7.07±0.98 <sup>ABCc</sup>	5.00±0.86 <sup>BCd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.89±0.31 <sup>Aa</sup>	8.25±0.75 <sup>Ab</sup>	7.71±0.98 <sup>Ac</sup>	6.64±0.95 <sup>Ad</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	7.32±0.61 <sup>Cb</sup>	6.50±0.84 <sup>Dc</sup>	5.32±1.19 <sup>Cd</sup>	4.32±1.39 <sup>De</sup>
	Citric acid 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.04±0.69 <sup>Bb</sup>	7.25±0.59 <sup>Cc</sup>	6.14±1.27 <sup>Bd</sup>	5.46±1.17 <sup>Ce</sup>
	Black garlic pomace extract 0.5%	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.68±0.48 <sup>Aa</sup>	7.64±0.83 <sup>Bb</sup>	6.71±1.21 <sup>Bc</sup>	5.79±1.10 <sup>Bd</sup>
	Sodium hypochlorite 50 ppm	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.07±0.66 <sup>Bb</sup>	7.36±0.49 <sup>BCc</sup>	6.25±0.93 <sup>Bd</sup>	5.00±0.86 <sup>BCe</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.82±0.39 <sup>Aa</sup>	8.21±0.63 <sup>Ab</sup>	7.43±0.84 <sup>Ac</sup>	6.64±0.95 <sup>Ad</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-e) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different.

## 요약

### 1. 새로운 천연 항균 물질 선별 위한 식품 부산물 소재 조사 및 분석

- 대부분의 식품 부산물은 비료나 동물 사료로만 이용되거나 단순히 버려지고 있기 때문에 다양한 해결 과제가 늘고 있는 추세임.
- 특히, 식물 기반 식품 부산물은 폐놀 화합물 등 기능성 성분이 다량 함유되어 있으나 식품 적용 관련 연구는 미비한 실정임.
- 다양한 식물 소재 기반 식품 부산물로부터 추출된 천연 물질의 항균 활성 효과를 분석한 연구가 계속적으로 보고되고 있음.
- 따라서 기존 선행 연구 조사로부터 12 가지 식물 부산물 소재를 선정하여 병원성 미생물에 대한 항균 활성 효과를 비교, 분석하였음.

### 2. 식품 부산물로부터 천연물질 추출 방법 고안 및 추출 효율 비교 분석

- 천연 항균 물질 추출 방법 고안 및 추출 효율 비교: 선행 연구 문헌 조사 결과, 다양한 추출 용매 중 메탄올의 사용 빈도가 높게 나타났으며, 메탄올로 추출된 추출물의 항균, 항산화 효과가 보다 높았던 것을 참조하여 본 연구에서도 메탄올을 최적 추출 용매로 선정하였음.
- 1-3차 과정을 거쳐 12 가지 식물 부산물 소재 추출물의 항균 활성을 분석한 결과, 밤 껍질, 흑마늘박, 아마씨박 추출물이 가장 효과적인 미생물 제어 효과를 보여 최적 식품 부산물로 선정하였음.
- 그러나 밤 껍질의 경우 추출 후 점도가 높아 세척수로 사용되기에 부적합하다고 판단되어 최종적으로 흑마늘박과 아마씨박을 최적 식물 부산물로 선별하였음.

### 3. 선정된 천연 항균 물질의 항산화 활성 및 총 페놀 함량 분석

- 항균 활성 효과 분석을 통해 선정된 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 항산화 활성 및 총 페놀 함량을 측정하였음.
- 또한, 메탄올과 에탄올의 2가지 추출 용매로 추출했을 때의 항산화 활성 및 총 페놀 함량 변화를 분석하여 선정된 최적 추출 용매인 메탄올의 효율성을 검증하였음.
- 80% 메탄올을 이용하여 추출한 경우, 에탄올 추출물보다 높은 항산화 활성과 총 페놀 함량을 나타내었음.
- 따라서, 본 연구에서 사용한 최적 추출 용매 조건인 80% 메탄올이 식품 부산물로부터 천연 물질을 추출하는데 적합한 조건이라고 판단됨.

### 4. 선정된 천연 항균 물질의 미생물 제어 효과 분석

- 본 연구에서 선정한 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물은 단순한 과정으로 추출되었음

에도 농산물의 초기 미생물 수를 효과적으로 제어할 수 있는 항균성을 가지고 있어 새로운 세척 처리 물질로써 높은 가능성을 가지고 있음.

- 기존 살균 세척 처리의 미생물 제어 효과가 본 연구에서 적용된 식품 부산물 추출물보다 다소 높게 나타났으나 차아염소산나트륨과 같은 염소계 물질은 고농도에서 물 속 유기물질과 반응하여 발암물질인 트리할로메탄 등을 생성할 수 있는 위험성이 존재하며, 사용에 있어 많은 제약이 있음.
- 따라서 본 연구에서 선정된 식물 소재 기반 식품 부산물 추출물은 기존 살균 처리가 가지고 있는 위험성, 문제점, 한계점 등을 해결할 수 있음과 동시에 농산물을 비롯한 다양한 식품군의 초기 미생물을 효과적으로 제어해 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 새로운 세척 처리 대체 물질로 사용될 수 있다고 판단됨.

#### 5. 천연 항균 물질 처리에 따른 6종 농산물의 저장 중 미생물 수 및 품질 변화

- 6종 농산물에 대한 선정된 식품 부산물 추출물의 저장 중 미생물 제어 효과를 비교, 분석한 결과, 농산물 종류에 따라 제어 효과에서 차이가 발생하지만 전반적으로 기존 세척 처리와 유사하거나 더 높은 수준의 미생물 감소 효과를 보였으며, 특히 기존 세척 처리와 병합 처리할 경우에 시너지 효과가 나타남을 확인함.
- 이는 식품 부산물 추출물이 염소계 세척제의 이용량을 낮출 수 있는 세척 첨가 물질로 이용될 수 있는 가능성이 높다는 것을 보여주는 결과라고 생각됨.
- 또한, 선정된 식품 부산물 추출물은 저장 중 각 농산물의 다양한 품질 지표에 영향을 미치지 않았으며, 기존 천연 물질 및 기존 살균 처리와 유사하거나 더 우수하게 품질을 유지시켰음.
- 따라서 본 연구에서 선정된 식품 부산물 추출물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물은 고수요, 고위험 농산물인 로메인 상추, 시금치, 적무쌈, 방울토마토, 귤, 사과와 저장 중 미생물학적 안전성을 확보할 수 있으면서 동시에 고품질을 유지시킬 수 있는 처리 물질로써 농가 및 식품 산업에서의 사용 가능성이 높다고 판단됨.

## 제10절 선정된 최적 천연물질의 안정성 조사 및 저장 중 효과검증을 통한 실용화 system 조건 수립

### 1. 연구 방법

#### (1) 실험 재료

- 천연 항균 물질의 세척 효과 분석을 위해 사용한 방울토마토는 신선한 상태의 것을 경상북도 구미에서 실험 당일 구입하여 실험에 사용하였고, 시금치는 광주광역시의 농가에서 구입하여 실험에 사용하였음.

#### (2) 식품 부산물을 이용한 천연 항균 물질 추출

- 선정된 식품 부산물로부터 천연 항균 물질을 추출하기 위해 선행 연구 조사와 예비 실험을 통해 항균 활성 및 세척 효과 분석에 사용할 최적 추출 용매로 80% 메탄올을 선정하였음.
- 70°C dry oven을 사용해 식품 부산물을 건조한 후 30,000 rpm의 mixer(Osaka Chemical Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 분쇄한 시료를 추출 시료로 사용하였음. 시료와 80% 메탄올을 1:20(50 g/1 L; w/v) 비율로 혼합한 뒤 상온에서 3시간 동안 교반, 추출하고 감압 농축하여 실험에 사용하였음.

#### (3) 아마씨박 추출물의 HPLC 분석

- 문헌을 참고하여 아마씨에 다량 함유된 secoisolariciresinol diglucoside(SDG)의 아마씨박 내 함유량을 HPLC를 통해 분석하였음.
- 동결 건조한 아마씨박 시료 0.1 g에 80% 메탄올 25 mL를 첨가하여 교반한 후, 4,000×g에서 5분간 원심 분리하여 상등액을 취해 0.45  $\mu$ m syringe filter(PTFE Syringe Filter, GE Healthcare Inc., Bucks, UK)로 여과한 시료를 분석에 사용하였음.
- 성분 분석에는 Waters 1525 series HPLC(Waters Inc., Milford, CT, USA)를 사용하였고, 검출기는 UV/vis detector를 사용하였음. Column은 Kinetex 5u EVO C18 100A(5  $\mu$ m, 250 ×4.6 mm, Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA)을 사용하였음.
- 이동상은 solvent A(1.0% formic acid in D.W.), solvent B(acetonitrile)를 사용하여 0-3분: 5% B, 3-20분: 5-25% B, 20-30분: 25-95% B, 30-45분: 95% B, 45-50분: 95-5% B, 50-60분: 5% B의 조건에서 1.0 mL/min의 유속으로 기울기 용리하였고 분석 시료는 280 nm에서 검출하였음.

#### (4) 흑마늘박 추출물의 HPLC 분석

- 1차 분석: 문헌을 참고하여 흑마늘에 다량 함유된 S-Allyl-L-Cysteine(SAC)의 흑마늘박 내 함유량을 HPLC를 통해 분석하였음.

- 흑마늘박 시료는 아마씨박과 동일하게 준비하였고, 성분 분석도 동일한 장비를 사용하여 진행하였음.
- 이동상은 solvent A(0.1% phosphoric acid in D.W.), solvent B(0.1% phosphoric acid in acetonitrile)를 사용하여 0-7분: 0-10% B, 7-15분: 10-90% B, 15-17분: 90-0% B의 조건에서 0.5 mL/min의 유속으로 기울기 용리하였고 분석 시료는 210 nm에서 검출하였음.
- **2차 분석:** 1차 분석과 조건을 달리하여 HPLC를 통해 흑마늘박의 항균성 물질을 분석하였음. 흑마늘박 추출물을 25% 메탄올에 0.25%가 되도록 첨가하고, 0.2  $\mu\text{m}$  syringe filter(PVDF Syringe Filter, GE Healthcare Inc.)로 여과하여 분석 시료를 준비하였음.
- 성분 분석에는 Waters 2695 series HPLC(Waters Inc.)를 사용하였고, 검출기는 UV/vis detector를 사용하였음.
- 이동상은 solvent A(0.1% formic acid in D.W.), solvent B(0.1% formic acid in acetonitrile)를 사용하여 85% A와 15% B를 0.5 ml/min의 유속으로 15분 동안 등용매 용리하였으며, 분석 시료는 280 nm에서 검출하였음. 표준물질로 SAC, gallic acid, caffeic acid, hydrobenzoic acid를 사용하여 비교, 분석하였음.

#### (5) 안정성 평가를 위한 식품 부산물의 pH 측정

- 저장 중 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 pH 측정은 추출된 시료 25 mL을 칭량하여 pH meter(Corning Inc., Corning, NY, USA)를 사용하여 3회 반복 측정하였음. 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 초기 pH는 각각 4.15, 4.34로 측정되었고, pH 조절은 1N HCl과 NaOH를 사용하여 수행하였음.

#### (6) 안정성 평가를 위한 식품 부산물의 온도 설정

- 저장 중 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 온도 변화에 따른 항균성의 변화를 측정하기 위해 추출된 시료 25 mL을 칭량하여  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $4^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $70^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 설정하였음.

#### (7) 안정성 평가를 위한 식품 부산물의 총 페놀 함량 분석

- 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 이용하여 저장 중 측정하였음. Gallic acid를 표준물질로 사용하여 총 페놀 함량을 계산하였으며, mg GAE/100 g dry weight(DW)로 표시하였고, 3번 반복 분석하였음.

#### (8) 흑마늘박 추출물의 잔류량 분석

- 흑마늘박 추출물의 잔류량은 HPLC를 통해 분석하였음. 방울토마토와 시금치 시료에 흑마늘박 추출물 처리 후 방울토마토는 10일, 시금치는 9일간 저장하면서 잔류량을 분석하였음.
- 잔류량은 흑마늘박 추출물로 처리한 시료 25 g에 D.W 500 mL를 넣고 5분간 교반 후 2 mL을 취해 0.45  $\mu\text{m}$  syringe filter(PTFE Syringe Filter, GE Healthcare Inc.)로 여과한 시

료를 사용하여 분석하였음.

#### (9) 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 처리의 병합 세척 처리 및 저장 조건

- 2차년도 연구 결과에 따라 본 연구에서는 병합 세척 처리에 의한 저장 중 미생물 수 및 품질 변화를 분석하였음.
- 세척 처리된 시금치와 방울토마토는 각각 LDPE film bag에 개별 포장하여  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 시금치는 9일간, 방울토마토는 10일간 저장하면서 미생물 생육 및 품질 변화를 분석하였음.

#### (10) 미생물 생육 측정

- 총 호기성 세균은 PCA(Difco Co.)를 사용하여  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 2일간 배양하고, 효모 및 곰팡이는 PDA(Difco Co.)를 사용하여  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 3일간 배양 후 형성된 colony를 계수하였음. 검출된 미생물 수는 시료 g당 CFU로 나타냈음.

#### (11) 저장 중 시금치와 방울토마토의 색도 측정

- 저장 중 각 농산물의 색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc.)를 사용하여 Hunter L, a, b value를 각 시료의 다른 표면을 10회 이상 반복 측정 후 평균값으로 나타내었음. 또한, Hunter L, a, b value를 사용하여 총색차(total color difference) 값을 계산하였음.

#### (12) 저장 중 시금치와 방울토마토의 총 페놀 함량 측정

- 저장 중 각 농산물의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 이용하여 조사하였음. 표준물질의 검량선은 gallic acid를 사용하여 작성하였고, 각 농산물의 총 페놀 함량은 mg GAE/100 g fresh weight(FW)으로 표시하였음.

#### (13) 저장 중 시금치와 방울토마토의 중량감소율과 방울토마토의 당도 측정

- 저장 중 각 농산물의 중량감소율은 각 시료의 초기 중량을 측정한 뒤 저장 일수별로 중량 차이를 조사하여 초기 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었으며, 3회 이상 반복 측정하였음.
- 저장 중 방울토마토의 당도는 시료를 마쇄하여 얻은 과즙을 당도계(PR-101a, Atago)를 사용하여 10회 반복 측정 후 °Brix로 나타내었음.

#### (14) 저장 중 시금치와 방울토마토의 관능검사

- 저장 중 각 농산물의 품질 변화를 분석하기 위해 훈련된 panel 8명으로 시료의 외관적 상태 (appearance), 냄새(odor), 조직감(texture), 및 종합적 기호도(overall acceptability)에 대한 관능평가를 실행하였음. 각 시료에 대한 평점은 9점 기호 척도법(9~8점, 매우 좋음; 7~6점, 좋음; 5~4점, 보통; 3~2점, 나쁨; 1점, 매우 나쁨)을 사용하여 평가하였음.

## 2. 선정된 천연 항균 물질의 안정성 평가

### (1) 흑마늘박 추출물과 아마씨박 추출물의 HPLC 분석

- 선정된 식품 가공 부산물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 HPLC 분석을 통해 각 식품 가공 부산물 추출물의 항균 효과를 나타내는 성분을 분석하고자 하였음(Fig. 10-1,2).
- 본 연구에서 사용된 식품 가공 부산물들은 가열 및 압착 처리 등 물리적인 처리 공정을 거쳐 대표적으로 존재하는 주요 항균, 항산화 성분들이 대부분 추출되었거나 변형될 수 있음.
- 아마씨, 아마씨유 등에는 리그난 성분이 대표적인 항균 물질로 알려져 있어 본 연구에서는 리그난의 한 종류인 secoisolariciresinol diglucoside(SDG)를 표준물질로 선정하여 아마씨박 추출물의 항균 물질 잔존 여부를 비교, 분석하였음(Fig. 10-1).
- 아마씨박 추출물에도 SDG 성분이 소량 존재하는 것이 확인되었으며, 잔존하는 리그난 성분과 그 외 페놀성 화합물로 유추되는 성분들에 의해 항균 효과가 나타난 것으로 생각됨.
- 이러한 결과로부터 원재료에 존재하는 대표적인 항균 물질들이 물리적인 공정을 거치면서 대부분 추출되었지만 부산물 내에도 일정 수준의 항균 물질이 잔존하는 것을 확인하였고, 이를 통해 저비용 고효율의 천연 항균 물질 개발이 가능하다고 생각됨.
- 흑마늘에 존재하는 S-Allyl-L-Cysteine(SAC)은 항산화, 항암 등 생리 활성이 높은 성분으로 보고된 바 있는데, Fig. 10-2.1에서 표준물질과 흑마늘박 추출물의 peak가 다소 다르게 나타난 것은 가공 과정 중 물리적 압착 처리에 의해 SAC 성분이 대부분 추출되어 흑마늘박 내에 잔존하지 않았기 때문이라고 생각됨.
- 이에 따라, 본 연구에서는 2차적으로 분석 조건을 변경하여 흑마늘박 내에 항균성을 나타내는 성분을 자세히 분석하고자 하였음. 식물 기반 식품 부산물 소재의 항균성은 대부분 페놀성 화합물에 의해 발생하는 것으로 보고되고 있음.
- Fig. 10-2.2에서도 흑마늘박 추출물에서는 SAC 성분이 검출되지 않아 처리 공정 중 추출되어진 것을 알 수 있었음. 1차 분석과 달리 2차 분석에서는 gallic acid를 포함한 페놀성 화합물들이 분석되었음. 이러한 결과로부터 흑마늘박 추출물의 항균 효과는 다양한 페놀성 화합물들의 복합적 작용에 의해 발생한 것으로 판단됨.
- 따라서 본 연구에서 적용된 아마씨박과 흑마늘박 추출물은 다양한 항균 성분이 잔존하는 저비용 고효율 천연 소재로써 신선 가공 농산물의 미생물 제어에 효과적으로 이용될 수 있다고 생각됨.

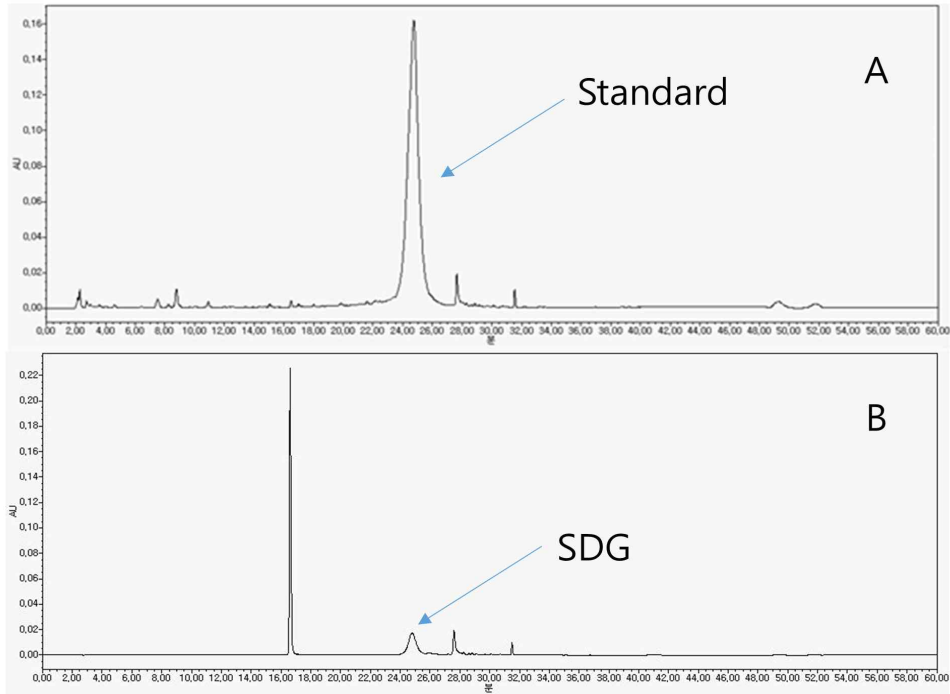


Fig. 10-1. 아마씨박 추출물 성분 분석.

A : Standard secoisolariciresinol diglucoside (SDG) 500 mg/L, B : 아마씨박 추출물

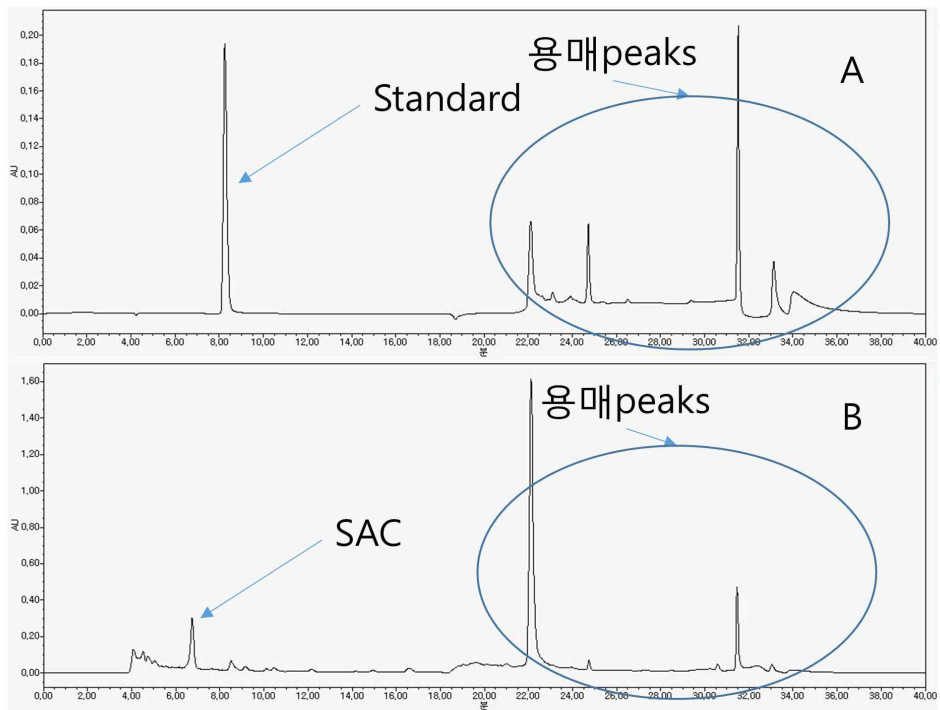


Fig. 10-2.1. 흑마늘박 추출물 성분 분석.

A : Standard S-Allyl-L-Cysteine (SAC) 100 mg/L, B : 흑마늘박 추출물



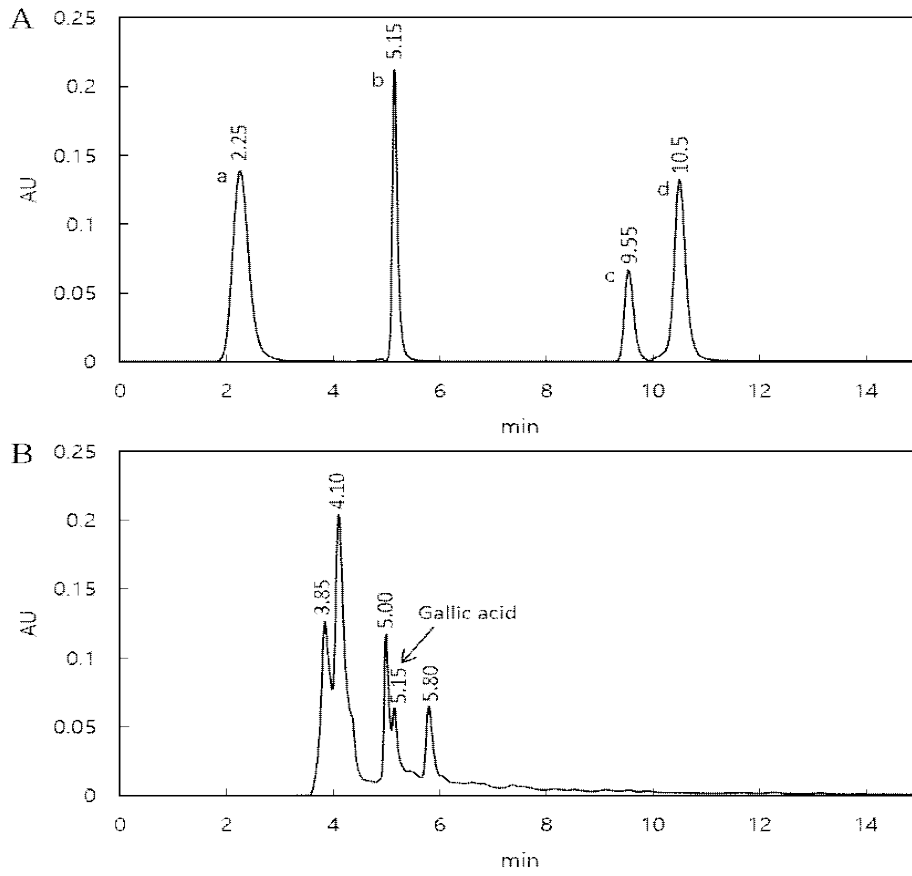


Fig 10-2.2. 흑마늘박 추출물 성분 분석.

A : Standard (a : SAC, b : gallic acid, c : hydroxybenzoic acid, d : caffeic acid),

B : 흑마늘박 추출물

## (2) 저장 중 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 pH 안정성 측정

- 선정된 식품 가공 부산물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 실용화를 위해 pH 변화에 대한 안정성을 페놀 함량 분석을 통해 측정하였음(Table 10-1,2).
- 안정성 평가는 총 6일 동안 진행하였으며, pH 변화에 따른 저장 기간 동안 페놀 함량 변화 분석을 통해 식품 가공 부산물의 항균 활성 유지 수준을 평가하였음.
- 저장 초기 80% 메탄올을 이용하여 추출한 흑마늘박 추출물의 총 페놀 함량은 1584 mg GAE/100 g FW이었고, 아마씨박 추출물은 615 mg GAE/100 g FW으로 흑마늘박 추출물의 총 페놀 함량이 2.6배 이상 많았음. 흑마늘박 추출물의 총 페놀 함량은 저장 초기부터 pH에 따른 차이를 보이지 않았음.
- 대조구 흑마늘박 추출물(pH 4.15)의 pH를 1에서 12까지 변화시킨 후 측정된 총 페놀 함량은 전체적으로 유의적인 차이가 없었으며, 평균 1572 mg GAE/100 g FW의 수준을 유지하였으며, 이러한 경향은 저장 6일차까지 지속되었음. 저장 6일차까지 흑마늘박 추출물의 총 페놀 함량은 미세하게 감소하는 경향을 보였는데, 저장 6일 후 평균 1508 mg GAE/100 g FW의 함량이 측정되어 약 60 mg GAE/100 g FW 정도의 함량이 감소하였음.
- pH에 의한 총 페놀 함량 변화는 약간의 유의적인 차이를 보였으나, 전체적으로 유의미한 수준의 변화는 아닌 것으로 판단되었음.
- 대조구 아마씨박 추출물(pH 4.34)의 경우에서도 마찬가지로 pH를 변화시킨 후 측정된 총 페놀 함량은 평균 574 mg GAE/100 g FW의 수준으로 측정되었음. 아마씨박 추출물의 경우 흑마늘박 추출물의 경우와 다르게 다소 유의적으로 pH 변화에 따라 함량이 감소되었음.
- pH 1과 12 근처에서 가장 큰 페놀 함량의 손실을 보였는데, pH 1에서는 88 mg GAE/100 g FW, pH 12에서는 46 mg GAE/100 g FW의 함량이 감소한 것으로 나타나 대조구 아마씨박 추출물과 비교하여 7%의 함량 손실을 나타내었음. 이러한 감소 경향은 저장 중에 지속되어 저장 6일차에서도 관찰되었음.
- pH 1에서 대조구와 비교하여 41 mg GAE/100 g FW, pH 12에서 68 mg GAE/100 g FW의 함량 감소를 나타내었고, 각각 7, 11%의 함량 손실을 나타내었음. 이는 흑마늘박 추출물이 아마씨박 추출물보다 pH 안정성이 더 높다는 것을 의미하는 결과임.
- 보통 식물의 페놀 성분은 액포 등에 존재하는 것으로 알려져 있는데 액포에는 산화를 막아주는 물질 및 여러 수용성 물질들이 존재함. 흑마늘박 추출물의 경우 pH에 의한 페놀 성분의 변질을 막아주는 물질이 아마씨박 추출물에 비해 많은 것으로 판단됨.
- 본 연구 결과는 아마씨박 추출물보다 흑마늘박 추출물이 더 실용적으로 신선 농산물의 세척 처리에서 사용될 수 있음을 보여준다고 생각됨.

Table 10-1. 흑마늘박 추출물의 pH 변화에 따른 총 페놀 함량 변화 분석

(Unit: mg GAE/100 g FW)

pH	Storage time (day)			
	0	2	4	6
1	1518.29±13.09 <sup>Ba1)</sup>	1515.43±12.12 <sup>ABa</sup>	1464±24.24 <sup>Aa</sup>	1508.29±60.20 <sup>Aa</sup>
2	1572.57±54.60 <sup>ABa</sup>	1546.86±75.74 <sup>ABa</sup>	1516.86±104.48 <sup>Aa</sup>	1524±17.14 <sup>Aa</sup>
Control (4.15)	1584±15.45 <sup>Ab</sup>	1686.86±44.54 <sup>Aa</sup>	1562.57±36.37 <sup>Ab</sup>	1517.57±57.58 <sup>Ab</sup>
6	1581.14±27.55 <sup>Aa</sup>	1541.14±109.10 <sup>ABa</sup>	1534±69.41 <sup>Aa</sup>	1501.14±66.72 <sup>Aa</sup>
8	1602.57±38.89 <sup>Aa</sup>	1556.86±68.34 <sup>ABab</sup>	1525.43±40.73 <sup>ABb</sup>	1498.29±6.06 <sup>Ab</sup>
10	1576.86±28.54 <sup>Aa</sup>	1470.43±21.21 <sup>ABb</sup>	1511.14±66.67 <sup>ABb</sup>	1466.14±3.03 <sup>Ab</sup>
12	1569.71±16.23 <sup>ABa</sup>	1528.29±136.135 <sup>ABa</sup>	1554±24.24 <sup>Aa</sup>	1519.71±4.29 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 10-2. 아마씨박 추출물의 pH 변화에 따른 총 페놀 함량 변화 분석

(Unit: mg GAE/100 g FW)

pH	Storage time (day)			
	0	2	4	6
1	527.66±23.86 <sup>Ba1)</sup>	555.09±15.64 <sup>BCa</sup>	534.51±19.94 <sup>Da</sup>	537.09±15.45 <sup>Ba</sup>
2	567.94±10.29 <sup>Bab</sup>	565.09±16.09 <sup>BCab</sup>	575.09±13.67 <sup>Ca</sup>	545.94±9.93 <sup>Bb</sup>
Control (4.34)	615.37±21.07 <sup>Aa</sup>	621.66±2.62 <sup>Aa</sup>	614.23±9.07 <sup>Aa</sup>	578.51±0.99 <sup>Ab</sup>
6	591.09±7.32 <sup>ABa</sup>	586.51±19.17 <sup>Bab</sup>	601.09±11.89 <sup>ABa</sup>	567.09±4.29 <sup>Ab</sup>
8	582.51±20.80 <sup>Ba</sup>	579.09±27.81 <sup>BCa</sup>	581.09±7.39 <sup>BCa</sup>	547.66±4.72 <sup>Ba</sup>
10	567.09±3.93 <sup>Ba</sup>	571.37±26.94 <sup>BCa</sup>	536.51±6.08 <sup>Db</sup>	514.80±11.91 <sup>Cb</sup>
12	569.66±12.00 <sup>Ba</sup>	543.09±13.47 <sup>Cb</sup>	540.23±6.66 <sup>Db</sup>	510.51±11.14 <sup>Cc</sup>

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

### (3) 저장 중 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 온도 안정성 측정

- 선정된 식품 가공 부산물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 실용화를 위해 온도 변화에 대한 안정성을 페놀 함량 분석을 통해 측정하였음(Table 10-3,4). 안정성 평가는 총 6일 진행하였으며, 온도 변화에 따른 저장 기간 별 페놀 함량 변화 분석을 통해 식품 가공 부산물의 항균 활성 유지 수준을 평가하였음.
- 기본적으로 흑마늘박 추출물의 총 페놀 함량은 아마씨박 추출물에 비해 약 2.7배 많기 때문에 보다 높은 항균 활성이 있음을 확인할 수 있었음. 이는 식물의 페놀 성분이 주로 항균 효과를 나타내는 물질로 연구 보고되고 있기 때문으로 본 연구에서도 흑마늘박 추출물의 미생물 제어 효과가 아마씨박 추출물보다 높은 것으로 분석되었음.
- 흑마늘박 추출물의 경우 저장 초기, 온도에 따른 총 페놀 함량의 유의미한 차이가 없이 1522 mg GAE/100 g FW의 평균 함량이 측정되었음. 이러한 경향은 저장 6일까지 지속되어, 전체적으로 유의미한 차이 없이 1609 mg GAE/100 g FW의 평균 함량을 나타내었음.
- 이러한 결과로부터 흑마늘박 추출물은 온도에 의한 영향을 받지 않는 효과적인 처리 물질임을 확인할 수 있었음.
- 이에 반해 아마씨박 추출물에서는 총 페놀 함량이  $-20^{\circ}\text{C}$ 와  $75^{\circ}\text{C}$ 에서 대체로 높게 측정되었음. 저장 초기 대조구 아마씨박 추출물( $25^{\circ}\text{C}$ )과 비교하여  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서는 87 mg GAE/100 g FW,  $75^{\circ}\text{C}$ 에서는 34 mg GAE/100 g FW 정도 더 높은 함량이 측정되었으며, 이는 각각 14%, 6% 증가한 수준이었음.
- 그러나 이러한 차이는 저장 기간 동안 낮아져 저장 6일 후에는 처리구간에 유의적인 차이가 없었음. 저장 초기 610 mg GAE/100 g FW의 평균 함량은 저장 6일차에 649 mg GAE/100 g FW가 되어 전체적으로 약 39 mg GAE/100 g FW의 함량 증가를 보였음.
- 이러한 결과는 아마씨박 추출물도 흑마늘박 추출물과 동일하게 온도에 의한 영향을 받지 않는다는 것을 시사함. 본 연구 결과로부터 흑마늘박 추출물이 아마씨박 추출물과 비교하여 온도와 pH 변화에 있어 더욱 안정적이었기 때문에 신선 농산물의 세척 처리 물질로 적용하기에 흑마늘박 추출물이 보다 효과적인 처리 물질이라고 판단됨.

Table 10-3. 흑마늘박 추출물의 온도 변화에 따른 총 페놀 함량 변화 분석

(Unit: mg GAE/100 g FW)

Temperature	Storage time (day)			
	0	2	4	6
-20°C	1563.64±184.65 <sup>Aa1)</sup>	1516.86±21.57 <sup>Aa</sup>	1641.14±6.55 <sup>Aa</sup>	1614±6.06 <sup>Aa</sup>
4°C	1549.71±176.11 <sup>Aa</sup>	1506.86±24.24 <sup>Aa</sup>	1646.14±39.40 <sup>Aa</sup>	1626.86±6.06 <sup>Aa</sup>
Control (25°C)	1532.57±163.87 <sup>Aa</sup>	1525.43±16.23 <sup>Aa</sup>	1637.57±15.15 <sup>Aa</sup>	1599.71±9.90 <sup>Aa</sup>
50°C	1482.86±177.68 <sup>Aa</sup>	1489.71±66.95 <sup>Aa</sup>	1648.29±46.36 <sup>Aa</sup>	1585.43±23.60 <sup>Aa</sup>
75°C	1486.29±199.77 <sup>Aa</sup>	1469.71±13.09 <sup>Aa</sup>	1633.29±9.09 <sup>Aa</sup>	1601.14±6.06 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Any means in the same column (A) or row (a) followed by different letters are not significantly (p<0.05) different.

Table 10-4. 아마씨박 추출물의 온도 변화에 따른 총 페놀 함량 변화 분석

(Unit: mg GAE/100 g FW)

Temperature	Storage time (day)			
	0	2	4	6
-20°C	596.51±23.48 <sup>ABb1)</sup>	681.51±24.875 <sup>Aa</sup>	644.23±4.85 <sup>Aa</sup>	644.66±6.67 <sup>Aa</sup>
4°C	584.80±11.38 <sup>Bb</sup>	640.80±14.16 <sup>Aa</sup>	631.37±8.27 <sup>Aa</sup>	648.51±9.54 <sup>Aa</sup>
Control (25°C)	609.37±11.67 <sup>ABb</sup>	656.66±27.27 <sup>Aa</sup>	638.80±9.00 <sup>Aa</sup>	643.94±4.95 <sup>Aa</sup>
50°C	619.94±28.51 <sup>ABb</sup>	649.94±18.98 <sup>Aab</sup>	666.51±14.27 <sup>Aa</sup>	655.66±6.08 <sup>Aab</sup>
75°C	643.09±44.39 <sup>Aa</sup>	670.23±16.63 <sup>Aa</sup>	670.80±40.99 <sup>Aa</sup>	659.94±15.63 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

### 3. 선정된 천연 항균 물질 처리 후 잔류량 평가

- 선정된 식품 가공 부산물인 흑마늘박 추출물을 시금치와 방울토마토에 각각 세척 처리한 후 시금치는 9일 동안, 방울토마토는 10일 동안 저장하면서 흑마늘박 추출물의 잔류 여부를 측정하였음(Fig. 10-3~6).
- 잔류 여부 측정은 HPLC를 이용하여 분석하였으며, 항균 성분 분석과 동일한 조건으로 측정하였음. 시금치와 방울토마토 모두 흑마늘박 추출물이 잔류하지 않는 것으로 분석되었음.
- 세척에 사용된 추출물의 chromatogram peak와 비교하여 각 농산물 표면을 세척한 3차수의 chromatogram은 base line에 근접하여 모든 저장 기간 동안 peak를 나타내지 않았음.
- 이는 본 연구에서 개발한 식품 가공 부산물 추출물이 기존 살균 세척제인 염소계 살균제가 가지고 있는 식품 잔류 문제를 해결할 수 있는 새로운 대체 처리 물질로써 높은 가능성이 있다는 것을 보여주는 결과라고 생각됨.
- 또한, 식품 가공 부산물 처리는 농산물 표면에 잔류하지 않으면서 초기 염소계 세척제와 유사한 수준의 미생물 감소 효과를 나타내기 때문에 친환경적이면서 소비자의 니즈를 충족시킬 수 있는 세척 처리 물질로 농업 및 식품 산업 전반에 사용될 수 있을 것으로 판단됨.

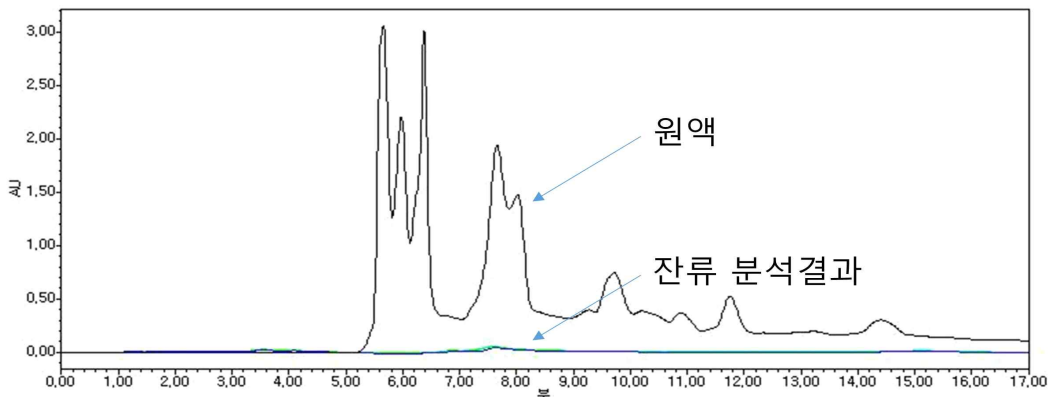


Fig. 10-3. 흑마늘박 추출물 처리 후 시금치 표면의 흑마늘박 추출물 잔류 분석, 0일

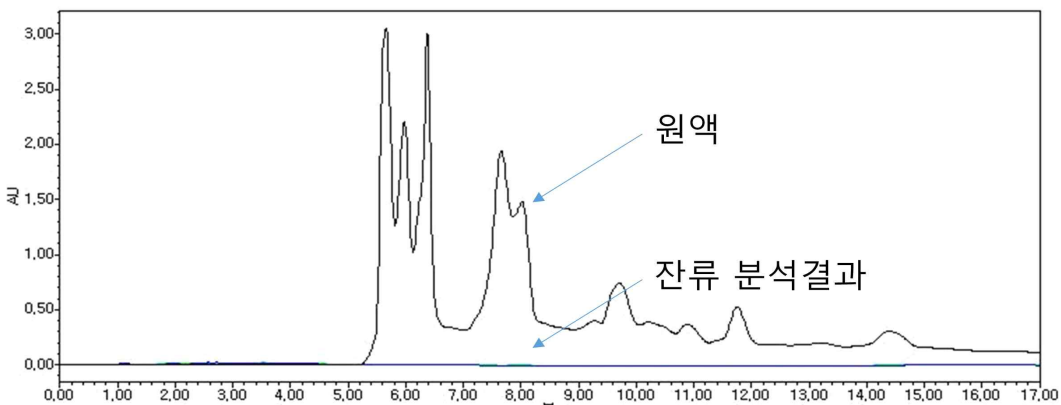


Fig. 10-4. 흑마늘박 추출물 처리 후 시금치 표면의 흑마늘박 추출물 잔류 분석, 9일

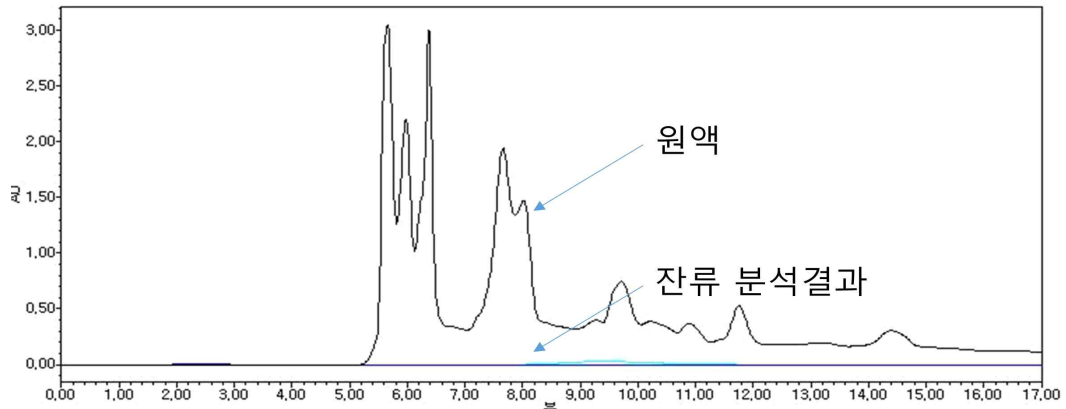


Fig. 10-5. 흑마늘박 추출물 처리 후 방울토마토 표면의 흑마늘박 추출물 잔류 분석, 0일

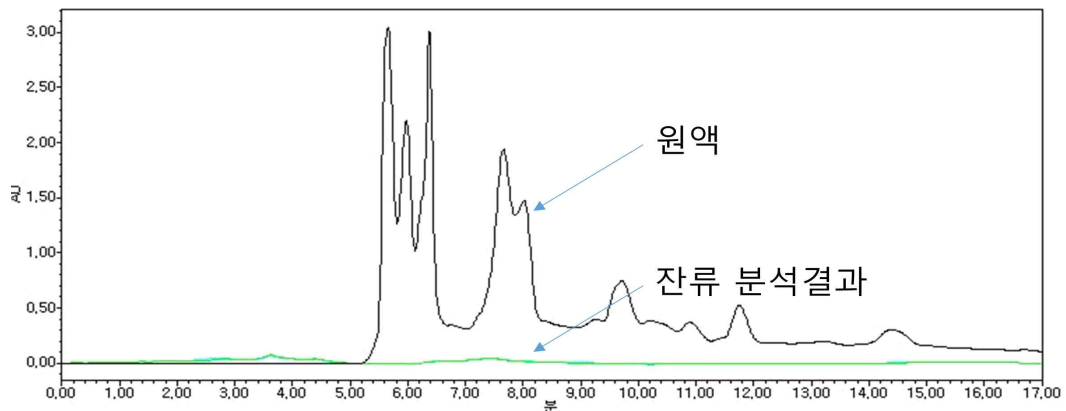


Fig. 10-6. 흑마늘박 추출물 처리 후 방울토마토 표면의 흑마늘박 추출물 잔류 분석, 10일



#### 4. 저장 조건에 따른 선정된 천연 항균 물질의 미생물 제어 효과 분석

##### (1) 천연 항균 물질과 기존 세척 처리의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 미생물 수 변화

- 시금치에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 9일 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 10-5,6).
- $4^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 시금치의 저장 초기 대조구의 총 호기성 세균 수는  $6.92 \log \text{CFU/g}$ 이었고, 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기  $5.24 \log \text{CFU/g}$ 의 미생물 수로 대조구와 비교하여  $1.68 \log \text{CFU/g}$ 의 높은 미생물 수 감소를 보였음(Table 10-4). 이러한 미생물 감소 효과는 저장 9일까지 유지되었음. 또한, 저장 초기와 비교하여 대조구와 병합 처리구 모두 유의적인 증가 패턴을 보이지 않았음.
- 반면에  $25^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 시금치의 경우, 저장 3일 후 대조구와 처리구 모두 약  $2-3 \log \text{CFU/g}$  수준의 미생물 증가 패턴을 보였으며, 저장 9일 후에는 대조구와 처리구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았음.
- 이러한 결과는 효과적인 세척 처리가 진행되더라도  $4^{\circ}\text{C}$ 와 같이 이상적인 저장 조건에서 저장되지 않으면 미생물 성장을 제어하는 것이 어렵다는 것을 보여주는 결과임.
- 시금치의 저장 온도에 따른 효모 및 곰팡이 수의 변화도 총 호기성 세균의 결과와 유사한 경향을 나타내었음(Table 10-5).  $4^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 시금치의 저장 초기 대조구의 효모 및 곰팡이 수는  $5.77 \log \text{CFU/g}$ 이었고, 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기  $4.27 \log \text{CFU/g}$ 의 미생물 수로 대조구와 비교하여  $1.50 \log \text{CFU/g}$ 의 높은 미생물 수 감소를 보였음. 이러한 미생물 감소 효과는 저장 9일까지 유지되었으며, 저장 초기와 비교하여 대조구와 병합 처리구 모두 유의적인 증가 경향을 보이지 않았음.
- 반면에  $25^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 시금치의 경우, 저장 3일 후 대조구와 처리구 모두 약  $1-2 \log \text{CFU/g}$  수준의 미생물 증가 경향을 보였음. 그러나 저장 9일 후 총 호기성 세균 결과와 다르게 대조구와 처리구 간에 유의적인 차이가 유지되는 것이 확인됨. 이러한 결과는 총 호기성 세균이 효모 및 곰팡이보다 온도 변화에 보다 민감하다는 것을 보여주는 것이며, 실제 식중독 발생을 야기하는 미생물은 세균 종류이기 때문에 효과적인 세척 처리과 더불어 올바른 저장 조건에서 저장되는 것이 중요하다는 것을 보여주는 결과임.
- 본 연구 결과를 통해 선정된 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리는 시금치의 초기 미생물 수를 효과적으로 감소시킬 수 있는 처리 기술이라고 판단되며, 이와 더불어 낮은 저장 온도 조건에서 저장될 경우에 그 효과가 보다 높게 나타날 수 있다고 생각됨.

**Table 10-5. 선정된 천연 향균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 총 호기성 세균 수 변화**

(Unit : log CFU/g)

Temperature Treatment <sup>1)</sup>		Storage time (day)			
		0	3	6	9
4°C	Control	6.92±0.36 <sup>Aa2)</sup>	6.96±0.27 <sup>Aa</sup>	7.00±0.21 <sup>Aa</sup>	7.00±0.15 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	5.24±0.35 <sup>Bb</sup>	5.57±0.48 <sup>Bab</sup>	5.83±0.23 <sup>Ba</sup>	5.78±0.27 <sup>Ba</sup>
25°C	Control	6.92±0.36 <sup>Ac</sup>	9.12±0.18 <sup>Ab</sup>	9.68±0.20 <sup>Aa</sup>	9.77±0.38 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	5.24±0.35 <sup>Bd</sup>	8.03±0.08 <sup>Bc</sup>	9.16±0.16 <sup>Bb</sup>	9.68±0.19 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

**Table 10-6. 선정된 천연 향균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 효모 및 곰팡이 수 변화**

(Unit : log CFU/g)

Temperature Treatment <sup>1)</sup>		Storage time (day)			
		0	3	6	9
4°C	Control	5.77±0.44 <sup>Aa2)</sup>	5.76±0.4 <sup>7Aa</sup>	5.78±0.42 <sup>Aa</sup>	6.12±0.24 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	4.27±0.45 <sup>Ba</sup>	4.32±0.48 <sup>Ba</sup>	4.41±0.51 <sup>Ba</sup>	4.64±0.27 <sup>Ba</sup>
25°C	Control	5.77±0.44 <sup>Ac</sup>	7.27±0.55 <sup>Ab</sup>	8.33±0.58 <sup>Aa</sup>	8.36±0.10 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	4.27±0.45 <sup>Bc</sup>	6.13±0.41 <sup>Bb</sup>	6.71±0.53 <sup>Ba</sup>	6.88±0.09 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

## (2) 천연 항균 물질과 기존 세척 처리의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 품질 변화

- 시금치에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 9일 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였음(Table 10-7~9, Fig. 10-7).
- $4^{\circ}\text{C}$  저장 시 대조구와 병합 처리에 따른 시금치의 중량 감소율은 모두 1% 미만으로 본 실험에 적용된 처리가  $4^{\circ}\text{C}$  저장 중 시금치의 중량 손실을 야기하지 않았고, 품질에 부정적인 영향을 끼치지 않는다고 생각됨(Table 10-7).
- 반면에  $25^{\circ}\text{C}$  저장 시에는  $4^{\circ}\text{C}$  저장에 비해 빠른 중량 손실이 일어남. 저장 3일차에 대조구의 경우 4.27%의 중량 감소를 나타내었으며, 병합처리구의 경우 2.31%의 중량 감소를 보였음. 저장 8일차에는 대조구의 경우 5.14%, 병합처리구의 경우 3.61%의 중량 감소를 나타냄(Table 10-7). 저장 일수가 지날수록 중량 감소율은 증가하였으며, 저장 온도가 높을수록 높게 나타냄. 저장 온도는 중량 감소에 있어서 유의적인 영향을 미친다고 알려져 있으며, 이는 저장 온도가 높을수록 시료의 호흡량이 증가하여 호흡 기질로 양분이 소모되어 발생한 현상이라고 판단됨.
- 저장 초기 시금치 대조구의 총 페놀 함량은 817.63 mg GAE/100 g이었고, 처리구의 총 페놀 함량은 877.51 mg GAE/100 g으로 약 60 mg GAE/100 g의 총 페놀 함량 차이를 보였지만 유의적인 차이는 없었음(Table 10-8). 저장 중 페놀 함량이 증가하는 경향을 보이는 것을 확인할 수 있는데, 이는 수확 후 시금치의 후숙에 의한 것으로 판단됨.
- $4^{\circ}\text{C}$  저장에서 3일까지 증가한 페놀 함량은 저장 9일차 까지 완만하게 감소하는 경향을 보였음. 저장 3일차에 대조구와 처리구가 평균 1192 mg GAE/100 g로 유의적인 차이 없이 증가하는 경향을 보였고 점점 감소하기 시작하여 저장 6일차에 평균 1112 mg GAE/100 g으로 측정되었고, 저장 9일차에 평균 1073 mg GAE/100 g의 총 페놀 함량을 나타냄.
- 저장 6일차부터  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 대조구와 처리구간 페놀 함량의 차이를 보였으며, 이는 흑마늘박 추출물의 병합 처리가 시금치의 품질 유지에 효과적이라는 것을 시사함. 반면,  $25^{\circ}\text{C}$  저장에서는 페놀 함량이 일정한 경향을 보이지 않았음. 저장 3일차에서 총 페놀 함량이  $4^{\circ}\text{C}$  저장과 비교하여 약 281 mg GAE/100 g 증가한 수치를 나타냈는데, 이는  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 시금치의 후숙이 촉진되어 저장 온도로  $25^{\circ}\text{C}$ 는 적합하지 않다는 것을 보여줌.
- 또한 저장 6일 차에 평균 770 mg GAE/100 g의 함량을 보인 총 페놀 함량은 저장 9일차에 평균 1119 mg GAE/100 g으로 증가하여  $25^{\circ}\text{C}$  저장 시 시금치의 내부 품질이 상당히 불안해진다는 것을 확인할 수 있었음. 따라서 본 연구결과는 흑마늘박 추출물 병합처리 후  $4^{\circ}\text{C}$  저장이 시금치의 품질 향상에 효과적인 저장 조건이라는 사실을 시사함.
- 저장 중 시금치의 색도 변화는 색차계를 이용하여 측정하였고, Hunter L, a, b 및  $\Delta E$ 값으로 나타내었음(Table 10-9).  $4^{\circ}\text{C}$  저장 시 시금치의 L, a, b 및  $\Delta E$  값은 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았음. 저장 초기 대조구의 L, a, b 값은 각각 24.89, -5.61, 7.26 이었으며, 병합 처리구는 각각 24.89, -5.67, 7.27을 나타내었음.

- 이러한 색도 값은 9일 동안의 저장 중에도 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 총 색차를 나타내는  $\Delta E$  값도 대조구와 병합처리구 모두 약 2.54로 저장 중 유의적인 차이를 나타내지 않았음. 반면에 25°C 저장 시, 저장 3일차부터 시금치의 조직의 연화와 약간의 drip 발생으로 인해 색도를 측정할 수 없었음(Fig. 10-7).
- 이러한 결과를 통해 저장 온도에 따른 품질 변화를 관찰할 수 있었으며, 저온에서의 저장이 품질 변화에 영향을 미치지 않는다고 생각됨. 따라서 본 연구에서 사용된 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리는 저온에서의 저장 중 시금치의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는 처리라고 판단됨.
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 본 연구에서 선정된 천연 향균 물질은 시금치의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않고, 색도 품질 유지에 매우 적합한 세척 처리 물질이라고 판단됨. 또한, 저장 및 유통 시 낮은 온도를 유지하는 것이 신선 농산물의 품질 변화를 최소화하는 방법이라고 생각됨.
- 시금치에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4±1°C와 25±1°C에서 9일 동안 저장하면서 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 조사한 관능적 품질 지표에 대한 결과는 Table 10-10과 같음. 저장 온도와 관계없이 대조구와 처리구 모두 저장 초기에는 9점으로 모든 관능적 품질 지표에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 기간이 경과함에 따라 대조구와 처리구에 상관없이 모든 지표의 관능 점수가 감소하는 경향을 나타내었음.
- 그러나 저장 3일 후부터 저장 온도에 따른 차이가 발생하기 시작하였으며, 특히 25°C에서 저장된 시금치의 경우, 대조구와 처리구 모두 모든 관능적 품질 지표에서 3점 미만의 점수를 획득하였으며, 저장 9일 후에는 1점으로 관능적인 품질이 모두 크게 저하되었음을 확인하였음. 이에 반해 4°C에서 저장된 시금치의 경우에는 저장 9일 후에도 대조구와 처리구 모두 7점 이상의 점수를 획득하였고, 특히 병합 처리구가 대조구보다 모두 높은 점수를 획득하여 관능적 품질이 보다 우수하게 유지하였음.
- 따라서 이러한 결과로부터 시금치와 같은 신선 농산물의 관능적 품질을 저장 중에 높은 수준으로 유지시키기 위해서는 본 연구에서 개발된 식품 가공 부산물 추출물 세척제 처리 후 낮은 저장 온도에서 저장하는 것이 효과적인 처리 공정이라고 생각됨.

Table 10-7. 선정된 천연 향균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 증량감소율 변화

(Unit: %)

Temperature Treatment <sup>1)</sup>		Storage time (day)			
		0	3	6	9
4°C	Control	-	0.40±0.51 <sup>Aa2)</sup>	0.65±0.37 <sup>Aa</sup>	0.92±0.22 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	-	0.23±0.11 <sup>Aa</sup>	0.57±0.36 <sup>Aa</sup>	0.65±0.42 <sup>Aa</sup>
25°C	Control	-	4.27±2.12 <sup>Aa</sup>	4.37±2.05 <sup>Aa</sup>	5.14±1.51 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	-	2.31±0.18 <sup>Ab</sup>	2.53±0.40 <sup>Aab</sup>	3.61±0.90 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 10-8. 선정된 천연 향균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 총 페놀 함량 변화

(Unit: mg GAE/ 100 g FW)

Temperature Treatment <sup>1)</sup>		Storage time (day)			
		0	3	6	9
4°C	Control	817.63±25.59 <sup>Ac2)</sup>	1189.00±71.29 <sup>Aa</sup>	1050.56±63.35 <sup>Bb</sup>	1008.91±65.96 <sup>Bb</sup>
	Combined treatment	877.51±84.43 <sup>Ab</sup>	1196.02±82.95 <sup>Aa</sup>	1173.56±87.48 <sup>Aa</sup>	1138.98±71.32 <sup>Aa</sup>
25°C	Control	817.63±25.59 <sup>Ac</sup>	1418.38±172.45 <sup>Aa</sup>	778.31±182.89 <sup>Ac</sup>	1153.97±90.96 <sup>Ab</sup>
	Combined treatment	877.51±84.43 <sup>Ac</sup>	1477.14±201.34 <sup>Aa</sup>	763.39±97.02 <sup>Ac</sup>	1085.99±96.30 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 10-9. 선정된 천연 향균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 색도 변화  
4°C

Color parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
		0	3	6	9
L	Control	24.89±1.26 <sup>Aa2)</sup>	24.88±1.74 <sup>Aa</sup>	24.92±1.23 <sup>Aa</sup>	24.85±1.23 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	24.89±1.38 <sup>Aa</sup>	24.86±1.64 <sup>Aa</sup>	25.07±2.21 <sup>Aa</sup>	24.80±1.18 <sup>Aa</sup>
a	Control	-5.61±1.26 <sup>Aa</sup>	-5.66±1.12 <sup>Aa</sup>	-5.58±1.11 <sup>Aa</sup>	-5.63±0.74 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	-5.67±1.36 <sup>Aa</sup>	-5.69±1.03 <sup>Aa</sup>	-5.61±1.14 <sup>Aa</sup>	-5.69±0.91 <sup>Aa</sup>
b	Control	7.26±1.16 <sup>Aa</sup>	7.30±1.11 <sup>Aa</sup>	7.31±0.72 <sup>Aa</sup>	7.55±0.69 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	7.27±1.17 <sup>Aa</sup>	7.28±1.02 <sup>Aa</sup>	7.32±1.14 <sup>Aa</sup>	7.30±1.05 <sup>Aa</sup>
ΔE	Control	-	2.54±0.94 <sup>Aa</sup>	2.54±1.06 <sup>Aa</sup>	2.54±0.99 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	2.54±0.90 <sup>Aa</sup>	2.54±0.92 <sup>Aa</sup>	2.54±1.11 <sup>Aa</sup>	2.54±1.14 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a) followed by different letters are not significantly (p<0.05) different.



(a) control

(b)

combined treatment

Fig 10-7. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 시금치의 25°C 저장 3일차

Table 10-10. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 시금치의 관능적 품질 지표 변화  
4°C

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
		0	3	6	9
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	8.55±0.59 <sup>Ab</sup>	7.90±0.62 <sup>Bc</sup>	7.31±1.28 <sup>Bd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.79±0.42 <sup>Ab</sup>	8.45±0.55 <sup>Ac</sup>	7.86±0.93 <sup>Ad</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.45±0.50 <sup>Ab</sup>	8.00±0.54 <sup>Bc</sup>	7.83±0.85 <sup>Bd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.69±0.47 <sup>Ab</sup>	8.31±0.47 <sup>Ac</sup>	8.00±0.54 <sup>Ad</sup>
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.43±0.59 <sup>Ab</sup>	7.95±0.76 <sup>Bc</sup>	7.43±0.86 <sup>Bd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.67±0.48 <sup>Ab</sup>	8.36±0.62 <sup>Ac</sup>	8.02±0.78 <sup>Ad</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.50±0.51 <sup>Ab</sup>	7.98±0.64 <sup>Bc</sup>	7.36±0.96 <sup>Bd</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.69±0.47 <sup>Ab</sup>	8.38±0.49 <sup>Ac</sup>	7.95±0.76 <sup>Ad</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



25°C

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)			
		0	3	6	9
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	2.21±0.81 <sup>Bb</sup>	1.29±0.46 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ad</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.64±1.08 <sup>Ab</sup>	1.19±0.40 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	1.31±0.47 <sup>Ab</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	1.45±0.63 <sup>Ab</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.00±0.88 <sup>Ab</sup>	1.14±0.35 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.26±0.91 <sup>Ab</sup>	1.12±0.33 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	1.83±0.76 <sup>Bb</sup>	1.14±0.35 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.45±0.97 <sup>Ab</sup>	1.24±0.43 <sup>Ac</sup>	1.00±0.00 <sup>Ad</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

### (3) 천연 향균 물질과 기존 세척 처리의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 미생물 수 변화

- 방울토마토에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 10일 동안 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였음(Table 10-11,12).
- $4^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 방울토마토의 저장 초기 대조구의 총 호기성 세균 수는  $5.38 \log \text{CFU/g}$ 이었고, 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기  $3.21 \log \text{CFU/g}$ 의 미생물 수로 대조구와 비교하여  $2.17 \log \text{CFU/g}$ 의 높은 미생물 수 감소를 보였음(Table 10-11). 이러한 미생물 감소 효과는 저장 10일까지 유지되었음.
- 또한, 저장 초기와 비교하여 대조구와 병합 처리구 모두 유의적인 증가 패턴을 보이지 않았음. 반면에  $25^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 방울토마토의 경우, 저장 5일 만에 대조구와 처리구 모두 약  $2-3 \log \text{CFU/g}$  수준의 미생물 증가 패턴을 보였으며, 저장 10일 후에는 대조구와 처리구 간에 큰 유의적인 차이가 나타나지 않았음.
- 이러한 결과는 세척 처리가 효과적으로 수행되었더라도 높은 저장 조건에서 저장될 경우 미생물 성장을 제어하는 것이 어렵다는 것을 보여주는 결과임.
- 방울토마토의 저장 온도에 따른 효모 및 곰팡이 수의 변화도 총 호기성 세균의 결과와 유사한 경향을 나타내었음(Table 10-12).  $4^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 방울토마토의 저장 초기 대조구의 효모 및 곰팡이 수는  $5.40 \log \text{CFU/g}$ 이었고, 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리구는 저장 초기  $3.33 \log \text{CFU/g}$ 의 미생물 수로 대조구와 비교하여  $2.07 \log \text{CFU/g}$ 의 높은 미생물 수 감소를 보였음. 이러한 미생물 감소 효과는 저장 10일까지 유지되었으며, 저장 초기와 비교하여 대조구와 병합 처리구 모두 유의적인 증가 경향을 보이지 않았음.
- 반면에  $25^{\circ}\text{C}$ 에 저장된 방울토마토의 경우, 저장 5일 후 대조구와 처리구 모두 약  $2-3 \log \text{CFU/g}$  수준의 미생물 증가 경향을 보였음. 그러나 저장 10일 후 총 호기성 세균 수에서의 차이보다 효모 및 곰팡이에서의 미생물 수 차이가 크게 나타나는 것이 확인되었는데, 이러한 결과는 총 호기성 세균이 효모 및 곰팡이보다 온도 변화에 보다 민감하다는 것을 보여주는 것이며, 실제 식중독 발생을 야기하는 미생물은 세균 종류이기 때문에 효과적인 세척 처리와 더불어 올바른 저장 조건에서 저장되는 것이 중요하다는 것을 보여주는 결과임.
- 본 연구 결과를 통해 선정된 식품 가공 부산물 추출물인 흑마늘박 추출물과 기존 살균 세척 처리인 차아염소산 나트륨의 병합 처리는 방울토마토의 초기 미생물 수를 효과적으로 감소시킬 수 있으며, 저장 중에 효과를 지속시킬 수 있는 처리 기술이라고 판단되고, 이와 더불어  $4^{\circ}\text{C}$ 와 같이 낮은 저장 온도 조건에서 저장되어야 그 효과가 보다 높게 나타날 수 있다고 생각됨.

Table 10-11. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 총 호기성 세균 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Temperature	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
4°C	Control	5.38±0.28 <sup>Aa2)</sup>	5.23±0.25 <sup>Aa</sup>	5.24±0.09 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	3.21±0.36 <sup>Ba</sup>	2.97±0.18 <sup>Ba</sup>	3.01±0.20 <sup>Ba</sup>
25°C	Control	5.38±0.28 <sup>Ac</sup>	7.93±0.16 <sup>Ab</sup>	8.46±0.20 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	3.21±0.36 <sup>Bc</sup>	6.24±0.04 <sup>Bb</sup>	8.20±0.02 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

Table 10-12. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 효모 및 곰팡이 수 변화

(Unit : log CFU/g)

Temperature	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
4°C	Control	5.40±0.27 <sup>Aa2)</sup>	5.14±0.36 <sup>Aab</sup>	5.08±0.19 <sup>Ab</sup>
	Combined treatment	3.33±0.35 <sup>Ba</sup>	2.80±0.36 <sup>Bb</sup>	2.85±0.40 <sup>Bb</sup>
25°C	Control	5.40±0.27 <sup>Ac</sup>	7.63±0.19 <sup>Ab</sup>	8.02±0.23 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	3.33±0.35 <sup>Bc</sup>	6.00±0.09 <sup>Bb</sup>	7.24±0.09 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-D) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

#### (4) 천연 항균 물질과 기존 세척 처리의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 품질 변화

- 방울토마토에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 10 일 동안 저장하면서 품질 변화를 조사하였음(Table 10-13~16, Fig. 10-8,9).
- $4^{\circ}\text{C}$  저장 시 대조구와 병합 처리에 따른 방울토마토의 중량 감소율은 모두 1% 미만으로 본 실험에 적용된 처리가  $4^{\circ}\text{C}$  저장 중 방울토마토의 중량 손실을 야기하지 않으며, 품질에 부정적인 영향을 끼치지 않는다고 생각됨(Table 10-13). 반면에  $25^{\circ}\text{C}$  저장 시에는  $4^{\circ}\text{C}$  저장과 달리 저장 1일차부터 방울토마토가 무르기 시작했으며, 저장 5일차에는 방울토마토가 표면이 조적이 터지면서 많은 drip 발생으로 측정할 수 없었음(Fig. 10-8,9).
- 저장 초기 대조구의 총 페놀 함량은  $788.09\text{ mg GAE}/100\text{ g}$ 이었고, 처리구의 총 페놀 함량은  $765.65\text{ mg GAE}/100\text{ g}$ 으로 처리 직 후 차이가 없었다 (Table 10-14). 대체적으로 저장 10일까지  $810\text{ mg GAE}/100\text{ g}$ 의 페놀 함량 수준을 유지하였고, 대조구와 처리구의 유의적인 차이가 없었음.
- 저장 중기 모든 처리구에서 약  $900\text{ mg GAE}/100\text{ g}$ 의 페놀 함량이 측정돼 약  $120\text{ mg GAE}/100\text{ g}$ 의 총 페놀 함량의 증가가 확인되었으나, 저장 10일 후 초기와 비슷한 수준을 유지하였음. 이러한 현상을 보인 이유는 시료의 숙성이 5일차에 최대에 이르렀기 때문으로 생각됨.
- 저장 10일 후  $4^{\circ}\text{C}$ 와  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 외관상 큰 차이를 보인 것에 비해 처리구간 내부 물질인 페놀 함량의 변화는 대조구에서 약  $744\text{ mg GAE}/100\text{ g}$ , 처리구에서 약  $746\text{ mg GAE}/100\text{ g}$ 으로 유의적인 차이가 발견되지 않았음. 따라서, 흑마늘박 추출물이 방울토마토의 품질 변화 억제에 효과가 있음을 확인하였음.
- 방울토마토의 당도는 저장 초기 대조구가 9.68, 처리구가 9.76으로 유의적인 차이가 없었음 (Table 10-15). 이러한 경향은 저장 10일까지 계속되었고 저장 10일차에  $4^{\circ}\text{C}$  저장에서 대조구에서 9.84, 처리구에서 9.82 °brix 를 기록했고  $25^{\circ}\text{C}$  저장에서는 평균 7.62 °brix를 기록하여 대조구와 처리구간 유의적인 차이가 없었음. 그러나 온도에 따른 차이가 관찰되었는데, 저장 5일차부터  $25^{\circ}\text{C}$  저장한 방울토마토의 당도가  $4^{\circ}\text{C}$  대비 약 0.47 °brix 감소하였으며 저장 10일차에  $4^{\circ}\text{C}$  대비 약 2.21 °brix의 차이를 보였음.
- 이러한 차이를 보이는 이유는 저장 중 발생한 방울토마토의 연화에 의해 내부성분이 용출되면서 변질이 발생한 것으로 판단됨. 따라서, 본 연구결과는 흑마늘박 추출물의 병합처리 후  $4^{\circ}\text{C}$  저장이 방울토마토의 품질 유지에 효과적인 저장 조건이라는 것을 시사함.
- 저장 중 방울토마토의 색도 변화는 색차계를 이용하여 측정하였고, Hunter L, a, b 및  $\Delta E$  값으로 나타내었음(Table 10-16).  $4^{\circ}\text{C}$  저장 시 방울토마토의 L, a, b 및  $\Delta E$ 값은 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았음. 저장 초기 대조구의 L, a, b 값은 각각 31.68, 13.82, 11.72이었으며, 병합 처리구는 각각 31.64, 13.82, 11.82을 나타내었음.
- 이러한 색도 값은 저장 12일 중에도 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 총 색차를 나타내는

△E 값도 2.84로 대조구와 병합 처리구 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았음. 반면에 25°C 저장 시, 조직의 연화와 터짐으로 색도를 측정할 수 없었음.

- 또한 4°C 저장에서는 방울토마토의 부패가 발생하지 않은데 비해 25°C 저장에서는 저장 중 무름 현상, 곰팡이 발생 등의 부패가 일어남. 이러한 결과를 통해 방울토마토의 품질 유지에 있어서 저장 온도가 중요한 요소임을 알 수 있었고, 저온 저장이 품질 변화에 큰 영향을 미치지 않는다고 생각됨.
- 따라서 본 연구에서 사용된 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨의 병합 처리는 저온에서의 저장 중 방울토마토의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는 처리라고 판단됨.
- 본 연구 결과를 통해 기존 천연 물질, 기존 살균 처리 및 선정된 천연 항균 물질은 방울토마토의 내부 영양 성분과 색도 품질 유지에 매우 효과적인 세척 처리 물질이라고 판단됨. 또한, 저장 및 유통 시 낮은 온도를 유지하는 것이 방울토마토와 같은 신선 농산물의 품질 변화를 최소화하는 방법이라고 생각됨.
- 방울토마토에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후, 4°C와 25°C에서 10일 동안 저장하면서 품질 변화를 평가하기 위해 외관적 상태, 냄새, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 기호 척도법으로 조사한 관능적 품질 지표에 대한 결과는 Table 10-17과 같음.
- 저장 온도와 관계 없이 대조구와 처리구 모두 저장 초기에는 9점으로 모든 관능적 품질 지표에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 기간이 경과함에 따라 대조구와 처리구에 상관없이 모든 지표의 관능 점수가 감소하는 경향을 나타내었음. 그러나 저장 5일 후부터 저장 온도에 따른 차이가 발생하기 시작하였으며, 특히 25°C에서 저장된 방울토마토의 경우, 대조구와 처리구 모두 모든 관능적 품질 지표에서 5점 미만의 점수를 획득하였으며, 저장 10일 후에는 1점으로 관능적인 품질이 모두 저하되었음.
- 이에 반해 4°C에서 저장된 방울토마토의 경우에는 저장 10일 후에도 대조구와 처리구 모두 7점 이상의 점수를 획득하였고, 특히 병합 처리구의 경우 모두 8점 이상의 점수를 획득하여 높은 관능적 품질을 유지하였음.
- 따라서 이러한 결과로부터 방울토마토와 같은 신선 농산물의 관능적 품질을 저장 중에 높은 수준으로 유지시키기 위해서는 본 연구에서 개발된 식품 가공 부산물 추출물 세척제 처리 후 낮은 저장 온도에서 저장하는 것이 효과적인 처리 공정이라고 판단됨.
- 최종적으로, 본 연구에서 개발된 천연 항균 세척제를 기존 신선편이 농산물 생산 공정 중 살균 세척 공정에 적용하고, 포장 직후 4°C 저온 저장 및 cold chain을 갖춘 유통 환경 조건에서 소비자에게 출하하는 일련의 과정으로 최적 공정 system을 확립하는 것이 필요하다고 판단됨 (Fig. 10-10).

Table 10-13. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 중량감소율 변화

(Unit: %)

Temperature	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
4°C	Control	-	0.31±0.20 <sup>Aa2)</sup>	0.55±0.33 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	-	0.12±0.11 <sup>Aa</sup>	0.22±0.17 <sup>Aa</sup>
25°C	Control	-	-	-
	Combined treatment	-	-	-

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a) followed by different letters are not significantly (p<0.05) different.

Table 10-14. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 총 페놀 함량 변화

(Unit: mg GAE/ 100 g FW)

Temperature	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
4°C	Control	788.09±25.87 <sup>Ab2)</sup>	900.87±76.35 <sup>Aa</sup>	753.60±72.28 <sup>Ab</sup>
	Combined treatment	765.65±32.77 <sup>Ab</sup>	911.79±74.55 <sup>Aa</sup>	734.92±13.26 <sup>Ab</sup>
25°C	Control	788.09±25.87 <sup>Ab</sup>	915.93±31.94 <sup>Aa</sup>	736.27±55.04 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	765.65±32.77 <sup>Ab</sup>	877.80±63.01 <sup>Aa</sup>	758.87±43.34 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.



(a) control



(b)

combined treatment

Fig. 10-8. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 방울토마토 4°C 저장 10일차



(a) control



(b)

combined treatment

Fig. 10-9. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 방울토마토 25°C 저장 10일차

Table 10-15. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 당도 변화

(Unit: °brix)

Temperature	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
4°C	Control	9.68±0.04 <sup>Aa2)</sup>	9.72±0.08 <sup>Aa</sup>	9.84±0.27 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	9.76±0.20 <sup>Aa</sup>	9.82±0.28 <sup>Aa</sup>	9.82±0.19 <sup>Aa</sup>
25°C	Control	9.68±0.04 <sup>Aa</sup>	9.30±0.11 <sup>Ab</sup>	7.59±0.14 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.76±0.20 <sup>Aa</sup>	9.29±0.09 <sup>Ab</sup>	7.64±0.14 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a-c) followed by the same letters are not significantly ( $p < 0.05$ ) different.



Table 10-16. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 색도 변화  
4°C

Color parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
L	Control	31.68±1.46 <sup>Aa2)</sup>	31.71±1.54 <sup>Aa</sup>	31.66±2.13 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	31.64±1.12 <sup>Aa</sup>	31.63±1.23 <sup>Aa</sup>	31.78±1.06 <sup>Aa</sup>
a	Control	13.82±1.54 <sup>Aa</sup>	13.88±1.51 <sup>Aa</sup>	13.82±1.25 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	13.82±1.47 <sup>Aa</sup>	13.90±1.39 <sup>Aa</sup>	13.79±1.54 <sup>Aa</sup>
b	Control	11.72±0.81 <sup>Aa</sup>	11.76±0.92 <sup>Aa</sup>	11.79±0.99 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	11.82±0.79 <sup>Aa</sup>	11.72±0.98 <sup>Aa</sup>	11.74±0.69 <sup>Aa</sup>
ΔE	Control	-	2.49±1.19 <sup>Aa</sup>	2.49±1.21 <sup>Aa</sup>
	Combined treatment	2.48±1.14 <sup>Aa</sup>	2.48±1.18 <sup>Aa</sup>	2.47±1.28 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A) or row (a) followed by different letters are not significantly (p<0.05) different.

Table 10-17. 선정된 천연 항균 물질과 기존 살균 물질의 병합 처리 후 저장 온도 변화에 따른 방울토마토의 관능적 품질 지표 변화  
4°C

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	8.39±0.55 <sup>Bb</sup>	7.83±0.98 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.83±0.42 <sup>Ab</sup>	8.44±0.56 <sup>Ac</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.40±0.69 <sup>Bb</sup>	7.76±0.95 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.74±0.44 <sup>Ab</sup>	8.16±0.65 <sup>Ac</sup>
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.20±0.55 <sup>Bb</sup>	7.40±1.04 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.80±0.44 <sup>Ab</sup>	8.29±0.57 <sup>Ac</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.89±0.57 <sup>Ab</sup>	7.64±0.85 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	8.91±0.28 <sup>Ab</sup>	8.30±0.57 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

25°C

Quality parameter	Treatment <sup>1)</sup>	Storage time (day)		
		0	5	10
Appearance	Control	9.00±0.00 <sup>Aa2)</sup>	2.81±1.32 <sup>Bb</sup>	1.00±0.00 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	3.99±1.88 <sup>Ab</sup>	1.09±0.37 <sup>Ac</sup>
Flavor	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.44±1.16 <sup>Bb</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	3.07±1.40 <sup>Ab</sup>	1.00±0.00 <sup>Ac</sup>
Texture	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.87±1.38 <sup>Bb</sup>	1.00±0.00 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	4.37±2.09 <sup>Ab</sup>	1.47±1.16 <sup>Ac</sup>
Overall acceptability	Control	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	2.56±1.16 <sup>Bb</sup>	1.00±0.00 <sup>Bc</sup>
	Combined treatment	9.00±0.00 <sup>Aa</sup>	3.99±1.97 <sup>Ab</sup>	1.19±0.52 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Control: no treatment; Combined treatment: sodium hypochlorite 50 ppm + black garlic pomace extract 0.5%.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

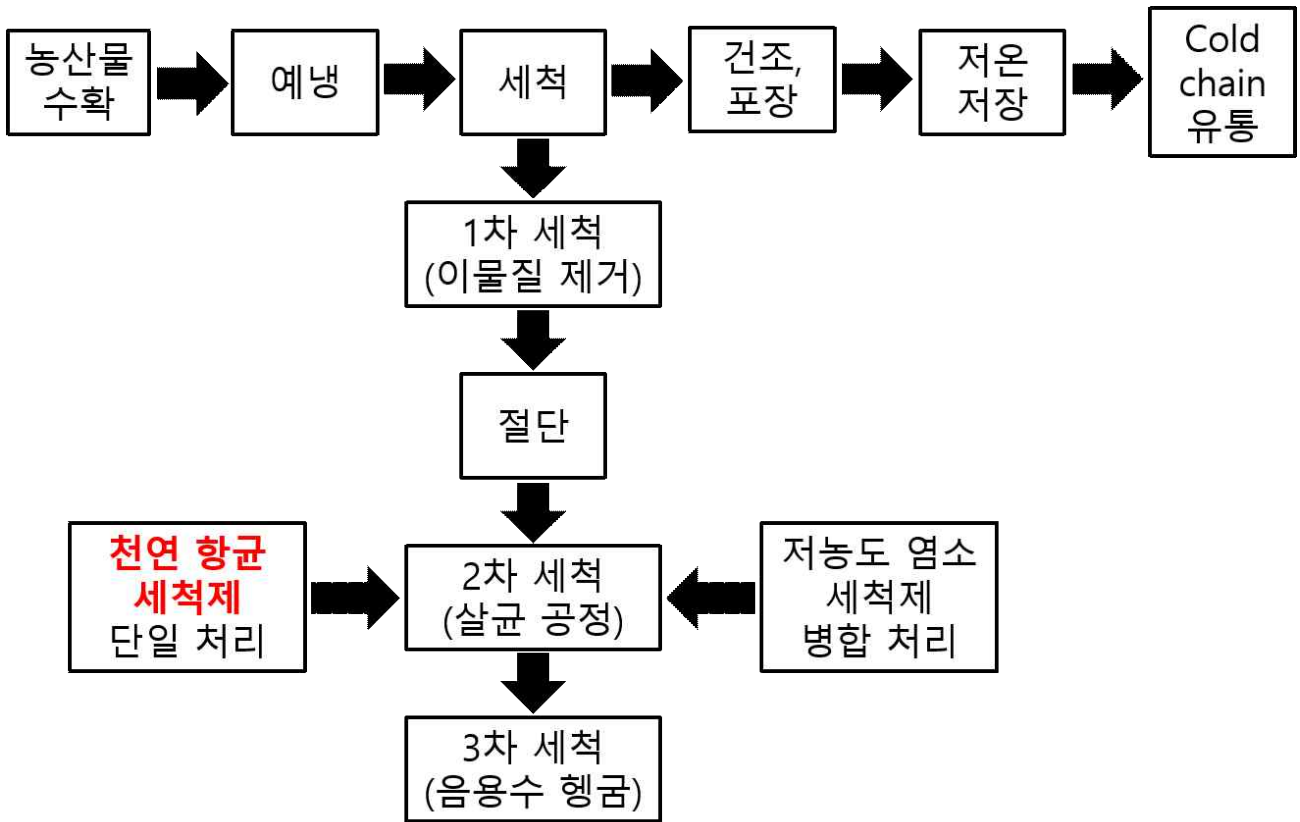


Fig. 10-10. 최적 신선 가공 농산물 생산 공정 system

요약

1. 선정된 천연 항균 물질의 안정성 평가

- 선정된 식품 가공 부산물인 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 HPLC 분석을 통해 각 식품 가공 부산물 추출물의 항균 효과를 나타내는 성분을 분석하고자 하였음.
- 아마씨박 추출물은 적은 함량이지만 잔존하는 리그난과 그 외 페놀성 화합물로 유추되는 성분에 의해 항균성이 발생한 것으로 생각되며, 흑마늘박 추출물의 경우, gallic acid와 같은 총 페놀 성분에 의해 항균성이 나타났다고 판단됨.
- HPLC 결과를 바탕으로 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 실용화를 위해 pH 및 온도 변화에 대한 안정성을 페놀 함량 분석을 통해 측정하였음.
- 아마씨박 추출물보다 흑마늘박 추출물이 pH 변화에 대한 안정성이 높은 것으로 분석되었음.
- 흑마늘박 추출물 내에 pH에 의한 페놀 성분의 변질을 막아주는 물질이 아마씨박 추출물에 비해 많은 것으로 판단됨.

- pH 변화와 달리 온도 변화에 따른 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 총 페놀 함량 변화는 발생하지 않았음.
- pH와 온도 변화에 따른 흑마늘박과 아마씨박 추출물의 총 페놀 함량 변화 분석 결과, 흑마늘박 추출물이 페놀 성분을 더 많이 함유하면서 동시에 pH 변화에 저항할 수 있기에 신선 농산물에 보다 적용 가능성이 높은 천연 물질이라고 판단됨.

## 2. 선정된 천연 항균 물질 처리 후 잔류량 평가

- 흑마늘박 추출물을 시금치와 방울토마토에 각각 세척 처리한 후 시금치는 9일 동안, 방울토마토는 10일 동안 저장하면서 흑마늘박 추출물의 잔류 여부를 측정하였음.
- 시금치와 방울토마토 모두 흑마늘박 추출물이 잔류하지 않는 것으로 분석되었음.
- 이러한 결과는 본 연구에서 개발한 식품 가공 부산물 추출물이 기존 살균 세척제인 염소계 살균제가 가지고 있는 식품 잔류 문제를 해결할 수 있는 새로운 대체 처리 물질로써 높은 가능성이 있다는 것을 보여주는 결과라고 생각됨.

## 3. 저장 조건에 따른 선정된 천연 항균 물질의 미생물 제어 효과 분석

- 시금치와 방울토마토에 흑마늘박 추출물과 차아염소산나트륨 병합 처리 후,  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 각각 9일과 10일 동안 저장하면서 미생물 수 및 품질 변화를 분석하였음.
- 분석 결과, 신선 농산물의 미생물 제어와 품질 유지를 위해서는 효과적인 세척 처리와 더불어 낮은 저장 온도에서 저장되어야 한다는 것을 확인함.
- 따라서, 본 연구에서 개발된 천연 항균 물질 세척 처리와 저온 저장법이 신선 농산물의 미생물학적 안전성 및 품질 유지를 위한 최적 세척 공정 system으로 신선 농식품 산업 전반에 걸쳐 효과적으로 적용될 수 있다고 판단됨.

# 제11절 Cold plasma 처리를 이용한 농산물 세척 후 살균 기술 개발

## 1. 연구의 필요성

- 무순, 양상추, 방울토마토 등은 세척 후 특별한 살균 과정 없이 생식으로 섭취가 많이 이루어지고 있으므로, *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, 그리고 *S. Typhimurium* 등의 오염에 의한 식중독 사고 발생 가능성이 높음.
- 감귤은 수확 후 유통 과정 중 기계적인 상처와 과육 붕괴로 인해 곰팡이 병이 발생하며, 그 중에서도 *Penicillium italicum*에 의해 발생하는 병해 발병률이 전체 대비 25%를 차지하고 있음.
- 농산물은 세척 후 살균 기술로 가열방식을 사용할 수 없으므로 비가열 살균기술 적용이 필요하며 이에 농산물 세척 후 살균으로 적합한 비가열 살균 기술 개발이 요구됨.
- 비가열 살균 기술로서 가스가 이온화되어 상온에서 형성되는 cold plasma 처리기술은 과일 내의 영양성분, 중량, 변색의 변화 없이 과일과 채소에 발생할 수 있는 부패 미생물과 식중독균을 저감화시킬 수 있다는 연구 결과들이 발표됨.
- Cold plasma 처리 기술은 농산물 세척 후 비가열 살균 기술로서의 가능성을 가지고 있음.

## 2. 미생물학적 위해요소 및 품질변화 요소 조사, 분석 및 규명

### (1) 무순

#### ○ 위생지표세균

- Total aerobic bacteria, coliforms, yeasts and molds

#### ○ 식중독 미생물

- 미국에서 1996년부터 콩나물의 종류와 관련된 식중독이 30회 이상 보고되었으며, 이러한 발생의 대부분은 *Salmonella* 속 및 대장균에 의해 발생했음.
- 1996년 일본의 학교급식에서 white radish sprout를 섭취한 6,000여명이 *E. coli* O157:H7에 감염된 사고가 있었고, 미국에서도 *E. coli* O157:H7에 감염된 알팔파 새싹채소를 먹고 감염된 사례가 2건이 있었음.

#### ○ 새싹채소의 품질변화 요소

- 품질 변화의 지표: 수분함량 및 수분활성도, 중량감소율, 색, 비타민 C, 항산화능 (ABTS radical 소거능, DPPH radical 소거능)
- 품질 변화의 요인: 무게, 수분활성도(플라즈마 챔버 안 진공), 비타민 C, 항산화능, 색 (플라즈마 작용기)

### (2) 양상추

#### ○ 위생지표세균

- Total aerobic bacteria, coliform group, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*

#### ○ 식중독 미생물

- FDA에 따르면, 1996년부터 2008년까지 식중독 원인 식품으로 잎채소가 34.1%에 해당한다고 함. 잎채소 식중독 발생 균주로는 *E. coli* O157:H7이 가장 많고, *salmonella* 또한 많이 발생시킨다고 함.
- 2013년 미국의 4개의 주에서 샐러드 섭취 후 식중독에 감염되었다고 보고된 바 있음. 이 식중독의 발생 균주는 *E. coli* O157:H7이라고 보고되었으며, 샐러드 속 식중독 원인 재료로는 양상추라고 밝혀짐.
- *S. aureus*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*

○ 양상추의 품질변화 요소

- 품질 변화의 지표: 수분함량 및 수분활성도, 중량감소율, 색, 항산화능
- 품질 변화의 요인: 무게, 수분활성도(플라즈마 챔버 안 진공), 비타민 C, 항산화능, 색(플라즈마 작용기, 온도)

(3) 귤

○ 곰팡이병

- *Penicillium* species : *Penicillium digitatum*, *P. italicum*
- *Aspergillus* species : *Aspergillus niger*, *A. flavus*

○ 품질 변화의 요소

- 품질 변화의 지표: 수분함량 및 수분활성도, 중량감소율, 당도, 색, 비타민 C, 항산화능 (DPPDH radical 소거능, 총 폴리페놀 함량)
- 품질 변화의 요인: 무게, 수분활성도(플라즈마 챔버 안 진공), 비타민 C, 항산화능, 색(플라즈마 작용기), 그 외, 온도 변화, 직사광선, 빛, 열 등.

(4) 방울토마토

○ 위생지표세균 및 식중독균

- Total aerobic bacteria, coliform group, *B. cereus*, *S. aureus*
- 식중독균으로는 *S. aureus*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. (*S. enteritica* serovars), 그리고 *L. monocytogenes* 가 있음.
- Outbreaks: FDA에 따르면, 1999년부터 2008년까지 생토마토, 과일 샐러드류, 그리고 살사소스로 부터 각각 18, 35, 14개의 outbreak가 있었음. 또한 outbreak들은 각각 1812, 1434, 274건의 식중독 사고가 있다고 보고되었음. 최근 2012, 2013, 2014년 미국에서 각각 1, 2, 3건의 방울토마토 관련 식품 (예, 방울토마토 소스 스파게티 등)과 방울토마토의 *Salmonellosis*를 동반한 식중독 리콜 사례가 있었음.

○ 방울토마토 품질 변화 요소 조사

- 품질 변화의 지표: 당도, 산도, 표면의 색상, 조직감 또는 경도, 크기, 무게 또는 수분함량, 아스코르빈산, 카로티노이드 등의 영양 물질, 위생상태 등
- 품질 변화의 요인: 숙도의 물리적 및 화학적 특성과 수분공급, 온도 변화, 직사광선, 빛, 열 등이 있음. 숙도의 화학적 특성은 당도, 산도변화의 요인이고, 숙도의 물리적 특성은 표면 색상, 경도, 크기, 형태 변화에 요인이고, 수분공급, 온도 변화, 직사광선 등의 복합적인 영향은 열과의 요인이 되고, 또한 빛과 열은 아스코르빈산 함량의 변화의 요인임.



### 3. Cold plasma를 이용한 대상 농산물 살균 개발

#### (1) 무순

#### ○ Cold plasma 공정변수 확립

##### ① Lab 장비 최적화

- 무순 처리에 적용 가능하고, 에너지 소비를 고려하면서 처리 impedance에 맞추어 장비 최적화를 수행. 그 결과, cavity chamber, microwave, generation parts, gas mass flow rate control, vacuum gauge, vacuum valve장비들이 최적화됨.

**Table 11-1.** The major specification of the lab equipment

장 치	주요 사양
Cavity chamber	• Size: 428.4(W) × 370(H) × 400(L) mm
Microwave generation parts	• Magnetron 2M246(LG electronics Inc., Seoul, Korea) • 냉각 방식: air cooling, min 0.8 m <sup>3</sup> /min, 상온 • Power supply: 50~1,000 W
Gas mass flow rate control	• MODEL 3660(Kojima instrument Inc., Osaka, Japan) • 유량의 범위: 0-20 slm per each • 적용 수량: 2 lines • 연결 사양: SUS 304 1/4 tube
Vacuum gauge	• Model KC 430(KVC Co. Ltd., Gyeonggi-do, Korea) • 측정 범위: 760-1×10 <sup>-3</sup> torr
Vacuum valve	• Model 2-way electric ball valve(DongjooAP, Incheon, Korea) • 연결 사양: NW 25 flange

##### ② Cold plasma 공정변수 확립

- Table 11-2에 나타난 처리 시간을 변수로 정하여 각 변수의 사용 범위를 실험을 통해 결정함.

**Table 11-2.** The range of gas, power, treatment time and pressure for the cold plasma

Gas	Treatment power (W)	Treatment time (min)	Treatment pressure (torr)
N <sub>2</sub>	900	2-20	5

Table 11-3. Optimum conditions for cold plasma treatments

Gas	Treatment power (W)	Treatment time (min)	Treatment pressure (torr)
N <sub>2</sub>	900	10	5

○ Cold plasma 처리에 따른 무순의 미생물 살균효과 검증 및 품질 측정

① 시료 준비 및 병원성 미생물의 접종

• *S. Typhimurium*

- *S. Typhimurium*를 tryptic soy agar (TSA, BD™, sparks, MD, USA)로 선조접종(streaking)하여 배양시킨 후, 계대 배양이 끝난 *S. Typhimurium*가 자란 TSB는 일정량 취해져 원심분리기(GyroSpin, Gyrozen, Seoul, Korea)로 원심분리 되었으며 (4000g, 15분, 22 C), 상등액을 버린 후 0.1% 멸균수로 현탁시켜 세척되었음. 상기 세척 과정은 2 회 반복되었고, 최종적으로 생성된 *S. Typhimurium* 현탁액 (약 10<sup>9</sup> log CFU/mL)은 0.1% 멸균수로 희석시켜 접종원으로 준비되었음 세척된 무순 50 g을 5 log CFU/mL 농도로 준비된 접종원 500 mL에 침지시켜 15분 간 접종한 후 꺼내 1 시간 동안 건조시킴 처리 전력 900 W에서 각각 2, 5, 10, 20 분 동안 질소 가스(진공도: 5 torr, flow rate: 1,000 sccm)로 콜드플라즈마 처리를 하였음 처리전후의 시료를 0.1%(w/v) 멸균수(BD™, MD, USA)로 10 배 희석하여 3 분간 블렌딩한 후 xylose desoxycholate agar (XLD, BD™)에 분주 및 도말하여 37°C에서 24-48 시간 동안 배양함

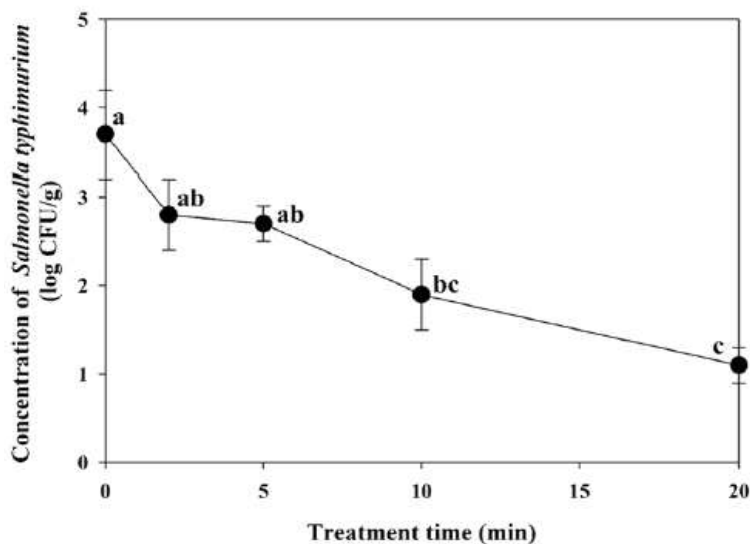


Fig. 11-1. Effects of the cold plasma treatment time on the concentration of *Salmonella Typhimurium* in radish sprouts. The cold plasma generation power was 900 W. Means with different letters are significantly different at  $p < 0.05$  by Tukey's multiple range test.

- 처리 전력 900 W에서 각각 2, 5, 10, 20 분 동안 질소 가스(진공도: 5 torr, flow rate: 1,000 sccm)로 cold plasma 처리를 한 후, *S. Typhimurium*을 측정된 결과, 모두 1.1-2.8 log CFU/g의 저해를 보여 CP 처리에 의해 무순 내 *S. Typhimurium*이 저해되었음.

② 품질 특성 측정

a. 색도

- 처리 전후의 무순의 색도는 색차계(Minolta Chroma Meter CR-400, Minolta Camera Co., Osaca, Japan)를 이용하여 Hunter *L*(lightness), *a* (redness), 그리고 *b* (yellowness) 값으로 측정함 무순시료는 백색표준판 (Illuminate C, 2° standard observer) 위에 놓고 줄기와 잎 부분을 각각 5 회 씩 측정함.

**Table 11-4.** Effects of cold plasma treatment time at 900 W time on the color of radish sprouts.

Samples	Color	Cold plasma treatment time (min)				
		0	2	5	10	20
Leaves	<i>L</i>	34.8 ± 3.5 a	34.7 ± 3.7 a	32.5 ± 1.9 a	33.4 ± 2.2 a	34.4 ± 2.8 a
	<i>a</i>	-9.4 ± 0.9 a	-9.3 ± 1.4 a	-8.6 ± 1.1 a	-8.7 ± 0.5 a	-8.7 ± 1.0 a
	<i>b</i>	12.9 ± 1.6 a	13.2 ± 1.7 a	11.7 ± 2.0 a	12.2 ± 0.8 a	12.0 ± 1.5 a
Stalks	<i>L</i>	60.9 ± 5.5 a	62.4 ± 3.7 a	60.0 ± 3.0 a	64.6 ± 2.2 a	61.0 ± 2.0 a
	<i>a</i>	-5.7 ± 0.6 a	-5.3 ± 0.6 a	-5.9 ± 1.4 a	-5.8 ± 0.7 a	-5.9 ± 0.7 a
	<i>b</i>	12.1 ± 1.2 a	12.1 ± 1.3 a	12.5 ± 1.8 a	12.8 ± 1.2 a	13.2 ± 1.9 a

Values in a row followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

- CP 처리의 무순의 색도에 대한 영향을 Table 4에 나타내었음 900 W의 전력으로 형성된 질소-CP로 2, 5, 10, 그리고 20분 동안 처리된 무순 잎의 *L*, *a*, 그리고 *b* 값은 각각 32.5-34.7, -9.3-(-8.6), 그리고 11.7-13.2로, 비처리 무순 잎의 *L*, *a*, 그리고 *b* 값인 34.8±3.5, -9.4±0.9, 그리고 12.9±1.6과 유의적인 차이를 보이지 않았음. 또한, 2, 5, 10, 그리고 20분 동안 CP 처리된 무순 줄기의 *L*, *a*, 그리고 *b* 값은 각각 60.0-64.6, -5.9-(-5.3), 그리고 12.1-13.2로, 비처리 무순 줄기의 *L*, *a*, 그리고 *b* 값인 60.9±5.5, -5.7±0.6, 그리고 12.1±1.2와 유의적인 차이를 보이지 않았음.

(2) 양상추

○ Cold plasma 공정변수 확립

① Lab 장비 최적화

- Table 11-1.과 상동함.
- 양상추의 미생물 저해를 위해 최적화된 장비들의 사용 범위로 처리 chamber는 5-10 torr가 되도록 진공 펌프를 사용하였고, power는 50-900 W로 정함. 처리 시간은 1-10분으로 변화시켜 양상추 처리에 안정적인 플라즈마를 형성하였음.

② Cold plasma 공정변수 확립

- Table 11-5에 나타난 처리 시간을 변수로 정하여 각 변수의 사용 범위를 실험을 통해 결정함.

Table 11-5. The range of gas, power, and pressure for the cold plasma

Gas	Treatment power (W)	Treatment time (min)	Treatment pressure (torr)
N <sub>2</sub>			
N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> mixture (N <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> =4:1)	300-900	1-10	2-200
H <sub>2</sub>			
H <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> mixture (H <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> =99.8:0.2)			

Table 11-6. Conditions for cold plasma treatments

Treatment type No.	Gas	Flow rate (sccm)	Pressure (torr)	Microwave-cold plasma
1	N <sub>2</sub>	1,000	5	Low density
2	N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> mixture (N <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> =4:1)	2,500 (질소:2,000 산소: 500)	10	
3	He	1,000	5	
4	He-O <sub>2</sub> mixture (H <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> =99.8:0.2)	1,000	5	

- 콜드 플라즈마 처리 조건 : Table 6에 명기

○ Cold plasma 처리에 따른 양상추의 미생물 살균효과 검증 및 품질 측정

① 식중독 미생물에 대한 살균

• *E. coli* O157:H7 에 대한 low density microwave cold plasma (LMCP) 처리

- *E. coli* O157:H7 ATCC 35150는 TSB (BD™)에서 증균 배양하여 얻은 균을 0.1%(w/v) 멸균수로 희석함. 멸균한 유리 sprayer에 농도가 약 6-7 log CFU/mL인 접종원으로 만들어 70% ethanol로 멸균한 양상추 시료 1.5 g에 1 mL 분무한 후, 클린벤치에서 상온 (22°C±2)에서 1시간 건조시킴. 처리전력 400, 900 W 에서 10 분 동안 질소 가스 (진공도: 5 torr, flow rate:1,000 sccm), 질소-산소 혼합가스 (질소:산소=4:1, 진공도: 10 torr, flow rate:2,500 sccm), 헬륨 (진공도: 5 torr, flow rate: 1,000 sccm), 또는 헬륨-산소 혼합가스 (헬륨:산소=99.8:0.2, 진공도: 5 torr, flow rate: 1,000 sccm)로 low density microwave 콜드플라즈마 처리. 처리 전후의 시료를 0.1%(w/v) 멸균수로 10 배 희석하여 3 분간 blending한 후 TSA (BD™)에 24 시간 동안 37°C에서 배양함.

• *S. Typhimurium* 104 에 대한 LMCP 처리

- *S. Typhimurium* 104는 TSB (BD™)에서 증균 배양하여 얻은 균을 0.1%(w/v) 멸균수로 희석. 멸균한 유리 sprayer에 농도가 약 6-7 log CFU/mL인 접종원으로 만들어 70% ethanol로 멸균한 양상추 시료 1.5 g에 1 mL 분무한 후, 클린벤치에서 상온 (22°C±2)에서 1시간 건조시킴. 처리전력 900 W에서 10분 동안 Table 5의 조건으로 low density microwave 콜드플라즈마 처리. 처리 전후의 시료를 0.1% (w/v) 멸균수로 10배 희석하여 3분 간 블렌딩한 후 TSA (BD™)에 37°C, 24 시간 배양.

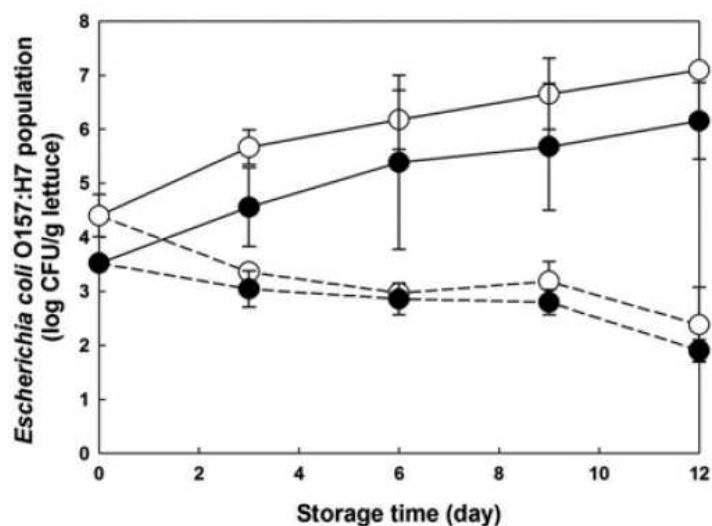


Fig. 11-2. Effects of cold plasma treatment on growth of *E. coli* O157:H7 during storage for 12 days. --○-- Untreated and stored at 4°C; --●--, Treated and stored at 4°C; -○- Untreated and stored at 10°C; -●-, Treated and stored at 10°C.

- *E. coli* O157:H7의 경우 CP 처리 전·후 모두 4°C에서 성장저해를 보였으나, 10°C에서는 저장기간이 늘어감에 따라 균의 생장이 활발해졌음.
- *S. Typhimurium*의 경우 콜드플라즈마 처리구와 처리하지 않은 구 모두 4, 10°C에서 성장저해를 보임.

② 미생물 저해 최적화

- 반응표면분석법으로 계획된 실험을 통해 최적조건을 결정하였음.

**Table 11-7.** Experimental variable values pertaining to determination of the effects of cold plasma treatment (CPT) conditions on inhibition of *E. coli* O157:H7 and *S. Typhimurium* on lettuce

Experiment number	Explanatory variables-CP generation power (W): X <sub>1</sub> , C <sub>1</sub> ; treatment time (min): X <sub>2</sub> , C <sub>2</sub>				Response variable					
	Coded value		Real value		<i>E. coli</i> O157:H7 reduction (log CFU/g)			<i>S. Typhimurium</i> reduction (log CFU/g)		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	Nitrogen-CPT <sup>1)</sup>	Nitrogen-oxygen mixture-CPT	Helium-CPT	Nitrogen-CPT	Nitrogen-oxygen mixture-CPT	Helium-CPT
1	-1.4	0	400/500 <sup>2)</sup>	5.5	1.6±0.4	1.6±0.2	2.3±0.4	2.4±0.1	2.1±0.1	1.3±0.1
2	-1	1	474/558	8.8	1.0±0.4	0.9±0.1	2.7±0.5	2.8±0.1	2.8±0.1	1.1±0.1
3	-1	-1	474/558	2.3	0.5±0.2	0.4±0.1	0.8±0.1	2.8±0.1	2.8±0.1	1.5±0.2
4	0	0	650/700	5.5	1.1±0.1	0.6±0.3	0.9±0.4	2.2±0.1	2.7±0.1	1.9±0.2
5	0	0	650/700	5.5	0.7±0.2	0.7±0.6	1.3±0.5	2.1±0.4	2.3±0.2	1.6±0.1
6	0	0	650/700	5.5	0.9±0.2	1.2±0.2	0.8±0.4	1.9±0.4	2.4±0.2	0.9±0.1
7	0	0	650/700	5.5	1.2±0.1	0.8±0.1	0.9±0.2	2.4±0.1	2.2±0.1	1.0±0.1
8	0	0	650/700	5.5	0.9±0.1	1.4±0.3	0.7±0.3	2.1±0.3	1.8±0.5	0.2±0.1
9	0	1.4	650/700	10	2.1±0.2	1.3±0.4	1.6±0.1	2.7±0.1	1.7±0.5	1.1±0.3
10	0	-1.4	650/700	1	0.4±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.9±0.5	1.8±0.2	0.7±0.4
11	1	-1	826/842	2.3	0.5±0.1	0.8±0.2	1.6±0.1	2.0±0.3	2.1±0.5	0.5±0.1
12	1	1	826/842	8.8	0.8±0.1	1.3±0.3	2.7±0.4	2.6±0.3	1.7±0.4	0.5±0.1
13	1.4	0	900/900	5.5	2.8±0.3	1.5±0.2	1.5±0.1	2.0±0.9	1.5±0.2	0.0±0.0

<sup>1)</sup>Nitrogen-CPT: microbial reduction using a cold plasma treatment with nitrogen as the plasma forming gas

<sup>2)</sup>Power values on the left side are for nitrogen and helium, while values on the right are for the nitrogen-oxygen mixture.

- 콜드플라즈마 처리의 양상추에 접종한 *E. coli* O157:H7과 *S. Typhimurium* 저해에 대한 최적화를 반응표면분석을 통해 결정하였음(Table 11-7).

③ 미생물 저해 model 구축 및 파라미터 결정

- 양상추에 접종시킨 target 미생물들이 CPT에 의해 저해되는 현상을 잘 설명하는 모델이 무엇인지 알아보기 위해 1차 반응 속도 모델들 (식 (2), (3)), Fermi 모델(식 (4)) (Peleg, 1995), 그리고 Weibull 모델(식 (5))에 미생물 저해 데이터를 피팅 (fitting) 시켰음. 이 때, 1 차 반응 속도 모델들과 Fermi 모델은 Minitab 15 프로그램을 이용하였고, Weibull 모델은 GInaFiT 프로그램을 이용하였음. 비열 플라즈마 처리 전과 후의 미생물 농도로 저해되지 않은 미생물 농도(RM)를 구하였음(식 (1)).

$RM = A/A_0 \quad (1)$
------------------------

A: 처리구의 미생물 농도(log CFU/cm<sup>2</sup>), A0: 대조구의 미생물 농도(log CFU/cm<sup>2</sup>)

$$\ln(RM) = -k_n E \quad (2)$$

E: 처리 전력(W), kn: 1 차 반응상수.

$$\ln(RM) = -k_n t \quad (3)$$

t: 처리 시간(분), kE: 1 차 반응상수.

$$RM = \frac{1}{1 + e^{(E - E_h)/a}} \quad (4)$$

E: 처리 전력(W), Eh: RM이 0.5가 되는 처리 전력(W),

a: Eh 주위 곡선의 기울기를 나타내는 인자.

$$\log N = \log N_0 - (t/\delta)^s \quad (5)$$

δ: 크기 인자, s: 모양 인자.

- N<sub>2</sub> 가스 플라즈마 생성에 의한 *E. coli* O157:H7 와 *S. Typhimurium* 의 저해를 설명해주는 가장 적합한 모델은 1차반응식 (Eq.3)과 Weibull model이었음(Table 11-8).

**Table 11-8.** Fit between the models and the inhibition data for *E. coli* O157:H7 and *S. Typhimurium*, assessed using correlation coefficients (R<sup>2</sup>) and p-values

Strains	Models	Plasma forming gas					
		Nitrogen		Nitrogen-oxygen mixture		Helium	
		p value	R <sup>2</sup>	p-value	R <sup>2</sup>	p value	R <sup>2</sup>
<i>E. coli</i> O157:H7	First-order model (Eq. 2)	0.000	0.80	0.000	0.40	0.000	0.49
	First-order model (Eq. 3)	0.000	0.90	0.023	0.10	0.068	0.11
	Hulshager's model	0.000	0.23	0.000	0.28	0.010	0.37
	Fermi's model	0.000	0.82	0.010	0.13	0.004	0.43
	Polynomial model	0.000	0.44	0.000	0.57	0.000	0.71
	Weibull model	NA <sup>1)</sup>	0.82	NA	0.60	NA	0.77
<i>S. Typhimurium</i>	First-order model (Eq. 2)	0.000	0.69	0.109	0.08	0.108	0.16
	First-order model (Eq. 3)	0.004	0.25	0.003	0.26	0.056	0.27
	Hulshager's model	0.000	0.36	0.002	0.19	0.004	0.42
	Fermi's model	0.000	0.38	0.000	0.33	0.063	0.28
	Polynomial model	0.000	0.67	0.000	0.61	0.000	0.61
	Weibull model	NA	0.83	NA	0.72	NA	0.51

<sup>1)</sup>Not available

#### ④ 처리 전 후 품질변화 요소 측정

- 색도는 Chroma meter CR-400 (Konica minolta Sensing Inc, Osaka, Japan)으로 측정하였음.
- 처리 전력 400, 900 W에서 10분 동안 질소가스로 처리 후 12일 동안 식품의 색도측정. 콜드플라즈마 처리한 직후 양상추의 색도는 9일차까지 유의적인 차이가 없었으며( $p>0.05$ ), 12일 차에 유의적인 차이를 보임 ( $p<0.05$ ). 콜드플라즈마 처리한 양상추의 색도는 저장 기간 동안, 10°C에서는 유의적으로 감소하였음(Table 11-9).

**Table 11-9.** Effects of cold plasma treatment on weight loss and *L*, *a*, and *b* values of lettuce during storage at 4 and 10°C

Properties	Temperature (°C)	Cold plasma generation power (W)	Storage time (day)				
			0	3	6	9	12
<i>L</i>	4	0 (control)	104.0±5.2a	105.0±2.1a	105.2±5.5a	106.5±5.3a	68.4±3.8b
		400	105.3±4.2a	113.2±3.8a	113.1±2.5a	110.8±3.6a	72.0±2.7b
		900	102.6±3.1a	104.9±3.6a	105.9±2.9a	105.5±1.8a	66.7±2.1b
	10	0 (control)	107.1±4.2a	107.8±6.9a	104.5±4.6a	108.9±4.0a	70.1±3.3b
		400	105.6±4.0a	110.4±5.1a	109.1±6.5a	109.2±8.0a	70.8±4.9b
		900	96.6±9.1a	100.9±11.1a	96.1±10.1a	101.6±11.7a	67.4±6.9b
<i>a</i>	4	0 (control)	0.3±1.2a	-2.9±4.4ab	-3.5±1.2abc	-1.1±1.9a	-16.1±1.1e
		400	-1.4±5.2abc	-5.4±2.1abcd	-4.8±3.5abc	-3.8±1.0abc	-17.4±1.2e
		900	0.9±2.4a	-3.4±3.9abc	-4.6±5.2abc	-0.2±2.7a	-11.3±3.1bcde
	10	0 (control)	-0.2±1.9a	-4.2±2.0abc	-2.8±1.7ab	-0.4±1.5a	-15.1±1.0e
		400	-0.9±3.1a	-0.6±2.7a	-0.5±1.6a	-0.4±0.9a	-14.8±0.8de
		900	-1.6±4.6a	-1.5±6.4a	0.1±1.7a	1.4±5.0a	-12.9±1.1cde
<i>b</i>	4	0 (control)	2.4±0.7h	9.6±9.5efgh	6.0±3.4efgh	8.0±4.8efgh	30.9±3.6abc
		400	3.7±9.2gh	11.9±4.3efgh	12.9±4.8defgh	13.4±3.1defgh	34.6±4.7a
		900	2.9±2.2h	12.6±5.4efgh	13.3±7.5defgh	10.7±6.4efgh	33.5±1.5ab
	10	0 (control)	4.1±2.2fgh	11.1±1.7efgh	8.2±2.1efgh	9.4±1.3efgh	30.7±4.8abc
		400	5.4±2.6efgh	10.1±4.8efgh	7.8±4.8efgh	10.7±3.0efgh	33.0±2.7ab
		900	4.4±4.2fgh	8.4±5.4efgh	4.8±2.5gh	6.9±3.2efgh	29.6±4.1abcd

<sup>1)</sup>Not available

<sup>2)</sup>Data are reported as mean±standard deviation. Mean values in the same row with different letters differ significantly different ( $p<0.05$ ).

### (3) 곱

#### ○ Cold plasma 공정변수 확립

##### ① Lab 장비 최적화

- Table 11-1과 상동함.

##### ② Cold plasma 공정변수 확립

- Table 11-6에 나타난 처리 시간을 변수로 정하여 각 변수의 사용 범위를 실험을 통해 결정함.



**Table 10.** Conditions for cold plasma treatments

Gas	Treatment power (W)	Treatment time (min)	Treatment pressure (torr)
N <sub>2</sub>			
H <sub>2</sub>	400, 650, 900	2, 5, 10	2-200
N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> mixture (N <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> =99.8:0.2)			

**③ MW-CP 병합처리**

- 마이크로웨이브-콜드 플라즈마 병합처리로 기존의 방법보다 더욱 효과적으로 귤의 대표적인 곰팡이 병의 저해를 목적으로 함.

**○ Cold plasma 처리에 따른 귤의 미생물 살균 효과 검증 및 품질 측정**

**① 시료 준비 및 부패미생물의 접종**

**a. 시료 준비**

- 시중 마트에서 구입한 귤 과피 표면을 70% 에탄올에서 30초간 문지르며 세척 후 멸균 3차 증류수에서 24 h 동안 침지한 후, 과육을 제외한 껍질만 벗겨내어 취한 뒤 지름 4 cm 원형으로 샘플링함.

**b. *P. italicum* 의 접종**

- *P. italicum* (KACC 40826)을 PDA로 만든 사면배지에 도말하여 증균 배양된 *P. italicum*을 다시 PDB로 만든 액체 배지에 25°C에서 5-7일 동안 배양하였음. 이 때 얻은 균액을 10,000 rpm에서 2분 동안 원심분리 하여 세척한 후 상등액을 제거하여 0.1%(w/v) 멸균수로 희석하여 1×10<sup>6</sup> conidal/ mL 농도의 접종원을 만듦. 샘플링된 귤껍질에 멸균된 니들로 깊이 1 mm로 상처를 낸 후 접종원 (1×10<sup>6</sup> conidal/ mL)을 20 μL을 접종하고 25°C, 80% RH에서 7일간 배양 후 귤껍질 표면의 포자 발현율을 측정하였음.

**Table 11-11.** Effect of microwave powered cold plasma (MW-CP) treatment on % disease incidence, the weight loss, and temperature changes of Citrus *unshiu*

Cold plasma treatment variables			Disease incidence (%)
Plasma-forming gas	Plasma generation power (W)	Treatment time (min)	
Untreated samples			100.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
N <sub>2</sub>	400	10	96.6 ± 4.7 <sup>a</sup>
	650		85.0 ± 7.1 <sup>b</sup>
	900		16.0 ± 0.9 <sup>d</sup>
He			90.9 ± 5.8 <sup>ab</sup>
N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>			46.4 ± 3.1 <sup>c</sup>
N <sub>2</sub>		5	84.2 ± 5.4 <sup>b</sup>
		2	98.0 ± 2.8 <sup>a</sup>

Data are means ± standard deviation (n = 90). Different letters within a column are significantly different (p < 0.05).

- 처리 가스, 처리 시간, 처리 전력, 그리고 처리 압력을 독립 변수로 하여 귤껍질 표면에 접종한 *P. italicum* (KACC 40826)의 발현율 (% disease incidence)을 나타내었음.
- 질소 가스로 처리 전력 900 W에서 10분 동안 MW-CP 처리했을 때 귤껍질 표면의 *P. italicum* 발현율이 가장 낮았음.

## ② 품질 특성 측정

- 4, 25°C에서 각각 35일, 7일간 저장하여 MW-CP가 저장 중의 귤 품질에 영향을 주는 이화학적 특성을 분석하였음. 이화학적 특성은 중량감소율, 가용성 고형물 함량(당도), 총산도, 색도, 항산화능, 그리고 총 페놀함량이었음.

### a. 중량감소율 측정

- 중량감소율 측정은 4와 25°C 배양기에 일정 기간 동안 저장한 후 각각의 중량을 칭량하여 다음의 식을 이용해 중량 감소율을 계산하였음.

$$\text{중량감소율(\%)} = \frac{\text{초기중량}(g) - \text{당일중량}(g)}{\text{초기중량}(g)} \times 100$$

**Table 11-12.** Effects of microwave powered cold plasma (MW-CP) treatment on the weight loss of the Citrus *unshiu* during storage at 4, 25°C for 35, 7 days

Storage temperature (°C)	Storage time (day)	Weight loss (%)	
		Untreated	CP-treated
4	0	-	1.3 ± 0.5 <sup>a</sup>
	7	1.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.5 <sup>a</sup>
	14	1.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	1.6 ± 0.5 <sup>a</sup>
	21	2.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.6 <sup>a</sup>
	28	2.1 ± 0.5 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.6 <sup>a</sup>
	35	2.2 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.6 <sup>a</sup>
25	0	-	1.1 ± 0.7 <sup>a</sup>
	1	1.0 ± 1.1 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.8 <sup>a</sup>
	3	1.1 ± 0.9 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.7 <sup>a</sup>
	5	1.2 ± 0.8 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.8 <sup>a</sup>
	7	1.3 ± 0.8 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.5 <sup>a</sup>

Data are means ± standard deviation (n = 6). Different letters indicate a significant difference (p < 0.05) within the same parameters.

- 궂의 저장 중 중량 감소율은 MW-CP 후 4°C에서 유의적인 차이를 보이지 않았지만 25°C에서 5일차부터 궂껍질 표면에 검은 곰팡이 병이 발생하여 중량 감소율이 유의적으로 증가하는 현상이 보였음.

**b. 가용성 고형물 함량 측정**

- 파쇄, 착즙, 여과한 후 여과액을 취해 당도계로 측정하였음.

**c. 총산도 측정**

- 블렌더로 파쇄한 시료 5 mL에 증류수 20 mL을 첨가한 후 0.1 N NaOH로 적정하여 pH 8.2가 될 때까지 소비된 알칼리용액의 양을 구연산 또는 주석산으로 환산해 백분율로 나타내었음.

**Table 11-13.** Effects of nitrogen-cold plasma(CP) treatment (900W, 10min) on the total soluble solids contents, titrable acidity, of mandarin flesh during storage at 4 and 25 °C

Storage temperature (°C)	Storage time (day)	Total soluble solids contents (SSC, %)		Titrable acidity (TA, %)	
		Untreated	CP-treated	Untreated	CP-treated
4	0	12.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	12.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>ab</sup>
	7	13.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	12.6 ± 2.2 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>ab</sup>
	14	13.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	13.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>ab</sup>
	21	13.7 ± 1.6 <sup>a</sup>	14.3 ± 2.3 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>
	28	13.6 ± 1.7 <sup>a</sup>	14.8 ± 1.6 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
	35	12.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	13.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>ab</sup>
25	0	12.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	12.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>ab</sup>
	1	11.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	12.3 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>ab</sup>
	3	12.3 ± 0.8 <sup>a</sup>	11.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>
	5	12.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	12.5 ± 1.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>ab</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>
	7	12.8 ± 1.9 <sup>a</sup>	12.7 ± 0.6 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>

Data are means + standard deviation (n = 6). Different letters indicate a significant difference (p < 0.05) within the same parameters.

- 궂의 저장 중의 가용성 곁형물 함량과 총 산도는 MW-CP 처리 유무와 상관없이 유의적 차이를 보이지 않았음(Table 11-13).

#### d. 색도 측정

- 색차계를 이용하여 L\*, a\*, b\* 값을 측정 한 후 Hue angle(q)값으로 환산하였음.

$$Hue \angle (q) = \arctan \geq nt\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \times 57.3$$

- 궂껍질의 Hue angle값은 MW-CP 처리 유무와 상관없이 저장 기간 동안 59.7-63.6의 수치를 보였음. MW-CP 처리가 저장 중의 궂껍질에 크게 영향을 주지 않았음(Table 11-14).

**Table 11-14.** Effects of nitrogen-cold plasma (CP) treatment (900W, 10min) on the hue angle of mandarin peel during storage at 4 and 25 °C

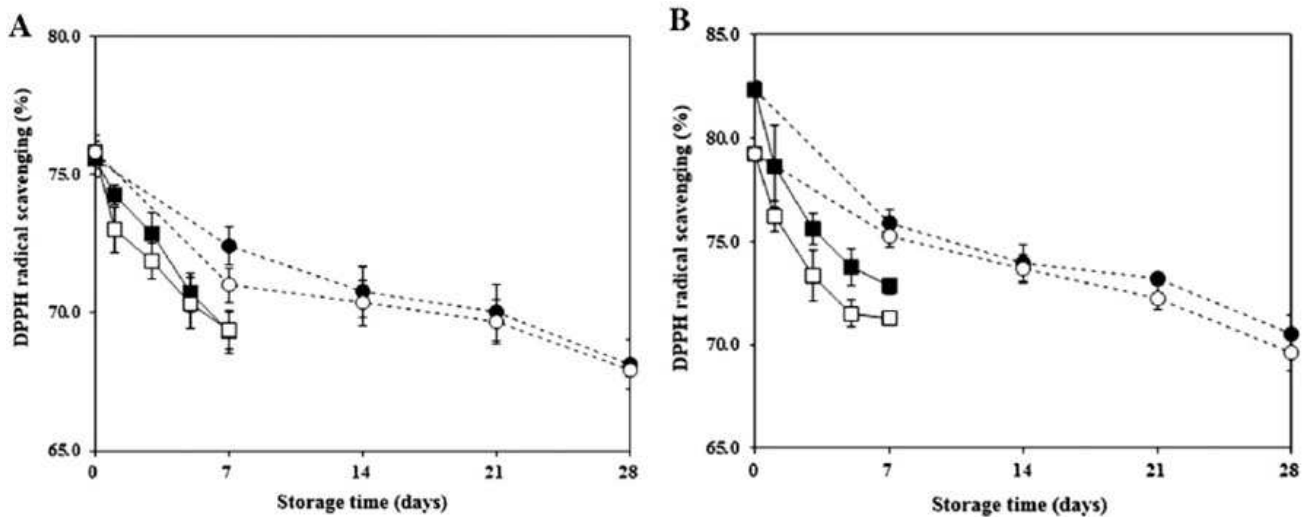
Storage temperature (°C)	Storage time (day)	Hue angle	
		Untreated	CP-treated
4	0	59.7 ± 0.8 <sup>bc</sup>	59.9 ± 0.8 <sup>bc</sup>
	7	61.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	60.6 ± 1.0 <sup>abc</sup>
	14	62.8 ± 0.0 <sup>ab</sup>	63.6 ± 0.2 <sup>abc</sup>
	21	60.9 ± 1.8 <sup>abc</sup>	61.1 ± 0.3 <sup>abc</sup>
	28	61.7 ± 0.6 <sup>ab</sup>	61.8 ± 0.8 <sup>ab</sup>
	35	61.0 ± 1.7 <sup>abc</sup>	61.2 ± 1.2 <sup>abc</sup>
25	0	60.7 ± 1.8 <sup>abc</sup>	59.9 ± 0.8 <sup>bc</sup>
	1	62.8 ± 0.7 <sup>ab</sup>	62.4 ± 1.3 <sup>ab</sup>
	3	62.6 ± 0.1 <sup>ab</sup>	61.4 ± 1.3 <sup>ab</sup>
	5	62.4 ± 1.3 <sup>ab</sup>	59.9 ± 0.7 <sup>bc</sup>
	7	60.1 ± 1.5 <sup>bc</sup>	60.9 ± 1.1 <sup>abc</sup>

Data are means ± standard deviation (n = 6). Different letters indicate a significant difference (p < 0.05).

e. 항산화능 측정

- 항산화활성은 DPPH 유리 라디칼 소거법으로 측정함. 시료 과채류를 파쇄, 착즙, 여과하여 얻어진 여과액 50  $\mu$ L와 1.5 mM DPPH 용액 150  $\mu$ L을 혼합하고 25°C 암소에서 30분간 방치 후, 517 nm에서 흡광도를 측정함. 항산화활성은 다음의 식을 이용하여 계산함.

$$\text{항산화활성(\%)} = \frac{(\text{Blank의 흡광도} - \text{시료의 흡광도})}{\text{Blank의 흡광도}} \times 100$$

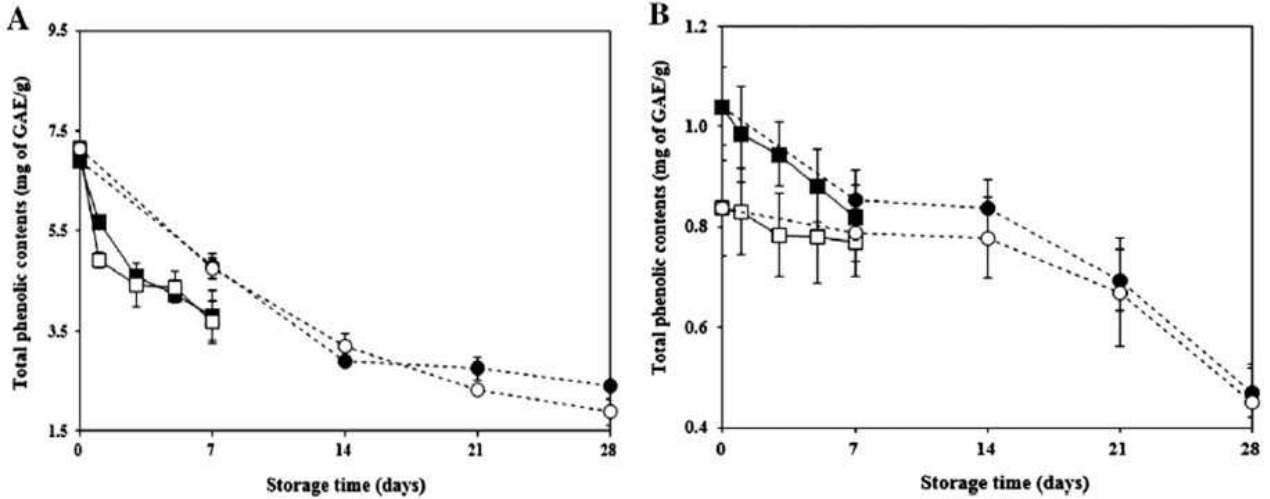


**Fig. 11-3.** Effects of nitrogen-cold plasma treatment (900W, 10 min) on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of flesh (A) and peel (B) of mandarins during storage at 4 and 25°C. Error bars denote standard deviations. Each point represents a mean value of 18 measurements. Error bars denote standard deviations. -○- Untreated (4°C); -●- cold plasma-treated (4°C); -□- untreated (25°C); -■- cold plasma-treated (25°C).

- 과육의 항산화능은 MW-CP 처리 유무와 상관없이 저장 기간 동안 유의적 차이를 보이지 않았지만 껍질은 MW-CP 처리에 의해 유의적으로 증가하는 경향을 보였음.
- 껍질의 항산화능은 MW-CP 처리 후 28.78 %에서 35.84 %로 증가하였고, 4°C에서 저장 기간이 지나도 MW-CP 처리한 시료가 MW-CP 처리하지 않은 시료보다 항산화능이 더 높은 경향을 보였음.
- 또한, 25°C에서 MW-CP 처리하지 않은 시료의 항산화능은 저장 기간이 지날수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였으나 MW-CP 처리한 시료의 경우 저장 기간 1일차부터 35일차 까지 감소하지 않고 유지하는 경향을 보였음.

f. 페놀 함량 측정

- 총 페놀화합물 함량 측정은 Folin-Denies 방법을 이용하여 측정함. 총 페놀화합물 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용한 검량선을 사용하여 mg GAE/100 g으로 표시함.



**Fig. 11-4.** Effects of nitrogen-cold plasma treatment (900 W, 10 min) on the total phenolic contents of flesh (A) and peel (B) of mandarins during storage at 4 and 25 °C. Each point represents a mean value of 18 measurements. Error bars denote standard deviations. Error bars denote standard deviations. -○- Untreated (4°C); -●- cold plasma -treated (4°C); -□- untreated (25°C); -■- cold plasma-treated (25°C)

- 과육의 페놀함량은 MW-CP 처리 유무에 따라 저장 온도, 저장 기간에 상관없이 유의적인 차이를 보이지 않았으나 껍질은 MW-CP 처리에 의해 유의적으로 증가하는 경향을 보였음.
- 껍질의 페놀함량은 MW-CP 처리 후 25°C에서 저장 기간이 지나도 페놀 함량이 감소하지 않고 유지되었고 4°C에서 저장 기간 7일까지 페놀함량이 증가하여 저장 기간 35일까지 유지 되는 경향을 보였음.

(4) 방울토마토

○ Cold plasma 공정변수 확립

① Lab 장비 최적화

- Table 11-1과 상동함.

② Microwave powered cold plasma(MW-CP)를 이용한 방울토마토의 살균 개발

- 마이크로웨이브-콜드 플라즈마 병합처리로 기존의 방법보다 더욱 효과적으로 방울토마토의 대표적인 식중독균인 *Salmonella* spp.를 저해하는 것이 목적이었음.

③ Cold plasma 공정변수 확립

Table 11-15. The type of plasma forming gas for the microwave induced-plasma treatments

Gas	Treatment power (W)	Treatment time (min)	Treatment pressure (torr)	Flow rate (mL/min)
N <sub>2</sub>				
He				
N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> mixture	900	10	5	1,000
He-O <sub>2</sub> mixture				

- 플라즈마 형성 가스를 결정하기 위해서 선택된 처리 가스들은 질소, 질소-산소 혼합가스(질소:산소=99.3:0.7), 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스 (헬륨:산소=99.8:0.2)이었으며, 처리전력, 처리시간, 처리 압력 등의 조건들을 동일한 조건으로 고정하여 실험을 통해 결정하였음(Table 11-15).

Table 11-16. Microbial reduction, weight loss, and the surface temperature depending on the type of plasma forming gas by MW-CPT at 900 W for 10 min

Independent variables			
Plasma forming gas	Microbial reduction (log CFU/cherry tomato)	Weight loss (%)	ΔT (°C)
N <sub>2</sub>	1.67±0.32	0.93±0.31	8.1±3.2
N <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	1.71±0.52	0.42±0.31	5.8±0.4
He	1.72±0.34	0.37±0.05	1.8±0.1
He + O <sub>2</sub>	1.80±0.75	0.26±0.03	2.2±0.9

\*LOD (limit of detection): 1 log CFU/cherry tomato

- 질소 또는 질소-산소 혼합가스를 플라즈마 형성가스로 사용하여 MW-CPT 하였을 때, 방울토마토 표면의 온도가 상대적으로 높았으며, 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스가 MW-CPT에 안정한 가스라고 사료됨.

- 중량 감소율은 질소, 질소-산소 혼합가스, 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스 순으로 높은 값을 가졌음. *Salmonella* 저해 효과는 질소를 바탕으로 하는 가스들보다 헬륨을 바탕으로 하는 가스들이 더 효과적인 것으로 관찰됨.
- 그러므로, 처리 시 중량 감소율과 처리 중 시료의 온도변화가 작으면서 *Salmonella*를 효과적으로 저감할 수 있을 것이라고 기대되어 결과적으로 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스를 MW-CPT 처리 가스로 결정함.

○ Cold plasma 처리에 따른 방울토마토의 미생물 살균 효과 검증 및 품질 측정

① 온도와 중량감소율 변화 측정

- 플라즈마 처리 중 방울토마토 표면의 초기온도와 최대온도는 Infrared thermometer (DT 44L, DIAS Infrared GmbH, Germany)를 사용하여 측정하였고, 중량 감소율은 처리 전과 후의 무게를 다음의 식에 대입하여 중량 감소율을 측정함.

$$\text{중량감소율 (\%)} = \frac{(\text{처리 전 sample 무게 (g)} - \text{처리 후 sample 무게 (g)})}{(\text{처리 전 sample 무게 (g)})}$$

② MW-CP에 따른 미생물 살균효과 검증

• 실험 설계 방법

- 결정된 처리 가스인 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스(헬륨:산소=99.8:0.2)들의 반응표면분석법(response surface methodology, RSM) (Minitab 17)의 중심합성법을 이용하여 실험을 계획하였음.

**Table 11-17.** Experimental designs of both He and He-O<sub>2</sub> using central composite design of response surface methodology with two factors, plasma generating power and treatment time

Experimental variables		
Coded values	Real values	
	Cold plasma generating power (W)	Treatment time (min)
-1.41	400	2
-1	473	3
0	650	6
1	827	9
1.41	900	10



• *Salmonella* species 칵테일과 방울토마토 시료 준비

- 최근 10년간 가장 많은 recall사례가 많았던 3가지 strain의 *Salmonella* spp. 식중독균을 선정하였고, 이 *Salmonella* cocktail (3 strains; *S. Typhimurium*, *S. Montevideo*, *S. Enteritidis*) 들을 하나의 미생물 저해 목표균으로 정함. 따로 배양된 세 가지 균주들인 *S. Typhimurium*, *S. Montevideo*, *S. Enteritidis*를 TSA와 TSB에서 배양한 후 각각의 농도가 9 log CFU/mL 이 되도록 접종원 준비. 신선한 방울토마토 선별하여 꼭지를 따고 증류수로 닦은 후 밀봉하여 사용 전까지 4°C의 냉장고에 보관하였음. 신선한 방울토마토를 70% 에탄올로 세척하고 멸균 3차 증류수로 ethanol residue를 충분히 제거한 후 클린벤치에서 1시간 동안 건조하였음. 건조된 방울토마토에 250 µL 접종원을 spot-inoculation하고 균일하게 균이 도포되도록 도말한 후 상온에서 1시간 동안 건조시킴. Table. 8에 나타난 조건으로 처리된 방울토마토는 처리 직후, 멸균백에 옮겨 1%(w/v) 멸균수 25 mL을 넣고 문질러 균체를 떼어낸 후 단계적으로 희석하여 plate count agar (XLD)에 24시간 동안 37°C에서 배양함.

**Table 11-18.** Experimental variables and their values for the determination of optimum cold plasma treatment conditions for inhibiting *Salmonella* cocktail on cherry tomato and improving the qualities of freshness by the cold plasma treatments using He

Experimental variables			Response variables		
Run	Plasma generating power (W)	Treatment time (min)	Microbial reduction (log CFU/cherry tomato)	Weight loss (%)	$\Delta T$ (°C)
1	400	6	2.4±0.2de	0.24±0.02bcd	1.4±0.1de
2	473	3	2.0±0.1e	0.14±0.01e	0.9±0.2e
3	473	9	2.9±0.1bc	0.29±0.01ab	1.5±0.1cde
4	650	2	1.7±0.1f	0.10±0.02e	0.9±0.2e
5	650	6	2.4±0.2cd	0.23±0.02d	1.8±0.3cd
6	650	6	2.7±0.2cd	0.24±0.05acd	1.8±0.3cd
7	650	6	2.7±0.2cd	0.22±0.02d	1.7±0.3cd
8	650	6	2.7±0.2cd	0.22±0.02d	1.6±0.3cd
9	650	6	2.7±0.3cd	0.23±0.00cd	1.6±0.2cd
10	650	10	3.3±0.3ab	0.29±0.02ab	2.5±0.3ab
11	827	3	1.9±0.1e	0.11±0.01e	1.0±0.1e
12	827	9	3.5±0.1a	0.34±0.00a	3.0±0.3a
13	900	6	2.9±0.2bc	0.29±0.02abc	2.0±0.2bc

- 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스를 이용한 MW-CPT에 의한 *Salmonella* 저감화, 중량감소율, 온도 변화를 관찰함 (Table 11-18, 19). 두 가지 처리 가스(헬륨, 헬륨 산소 혼합가스)들에서 같은 플라즈마 형성 전력을 주었을 때, 처리 시간이 증가할수록 *Salmonella* 저해가 높아지는 경향을 볼 수 있었고, 두 가스 모두 827 W에서 9분 처리 조건에서 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스의

저감 효과는 각각  $3.5 \pm 0.1$ ,  $3.5 \pm 0.5$  log CFU/cherry tomato로 관찰되었으며 이 조건에서 최대 *Salmonella* 저해 효과를 보였음.

- 중량 감소율은 두 가지 처리 가스 비열 플라즈마 처리 후 모든 시료에서 1% 미만이었으며 온도 변화는  $3.5^\circ\text{C}$ 내외로 관찰되었음.

**Table 11-19.** Experimental variables and their values for the determination of optimum cold plasma treatment conditions for inhibiting *Salmonella* cocktail on cherry tomato and improving the qualities of freshness by the cold plasma treatments using He-O<sub>2</sub>

Experimental variables			Response variables		
Run	Plasma generating power (W)	Treatment time (min)	Microbial reduction (log CFU/cherry tomato)	Weight loss (%)	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )
1	400	6	$2.7 \pm 0.3ab$	$0.33 \pm 0.06bc$	$2.6 \pm 0.4ab$
2	473	3	$1.7 \pm 0.3bc$	$0.26 \pm 0.06bc$	$0.6 \pm 0.3c$
3	473	9	$2.2 \pm 0.5ab$	$0.32 \pm 0.08bc$	$0.5 \pm 0.1c$
4	650	2	$0.3 \pm 0.3c$	$0.16 \pm 0.04c$	$0.6 \pm 0.5c$
5	650	6	$2.3 \pm 0.8ab$	$0.27 \pm 0.07bc$	$1.3 \pm 0.4c$
6	650	6	$2.1 \pm 0.8ab$	$0.28 \pm 0.03bc$	$1.3 \pm 0.4c$
7	650	6	$2.1 \pm 0.7ab$	$0.27 \pm 0.04bc$	$1.4 \pm 0.2c$
8	650	6	$2.1 \pm 0.6ab$	$0.28 \pm 0.06bc$	$1.4 \pm 0.1c$
9	650	6	$2.2 \pm 0.5ab$	$0.28 \pm 0.02bc$	$1.4 \pm 0.1c$
10	650	10	$3.3 \pm 0.6a$	$0.59 \pm 0.10a$	$2.9 \pm 0.5a$
11	827	3	$2.4 \pm 0.5ab$	$0.17 \pm 0.06bc$	$1.6 \pm 0.2bc$
12	827	9	$3.5 \pm 0.5a$	$0.34 \pm 0.10b$	$3.5 \pm 0.4a$
13	900	6	$3.0 \pm 0.4ab$	$0.29 \pm 0.05bc$	$3.0 \pm 0.5a$

- 위에서 언급된 대로 MW-CPT에 의한 온도 변화와 중량감소율은 방울토마토에 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단하여 *Salmonella* 저해를 최대로 하여 최적화를 진행함. RSM으로 *Salmonella*를 최대로 저해하는 조건으로, 공정변수인 처리전력, 처리 시간의 최적화된 값은 각각 900 W와 10분이었음. 최적화 조건으로 처리하였을 때 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스로 처리한 *Salmonella* 저감 효과는 각각 3.8, 4.4 log CFU/cherry tomato로 예측되어 헬륨-산소 가스의 저해율이 높을 것으로 보였으나 response surface analysis (RSA)를 통한 분석을 한 결과, 예측된 *Salmonella* 저감 효과의 신뢰도가 높은 헬륨 가스를 처리 가스로 결정하였음.

• **MW-CPT의 최적화 조건 확립**

- 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스 각각을 이용한 MW-CPT의 공정 변수인 처리 전력과 처리시간을 결정하기 위해서 RSM을 이용하여 *Salmonella* 저감화 효과를 증가시키고, 중량감소율, 온도 변화를 최소화하는 공정 조건을 최적화하였음.

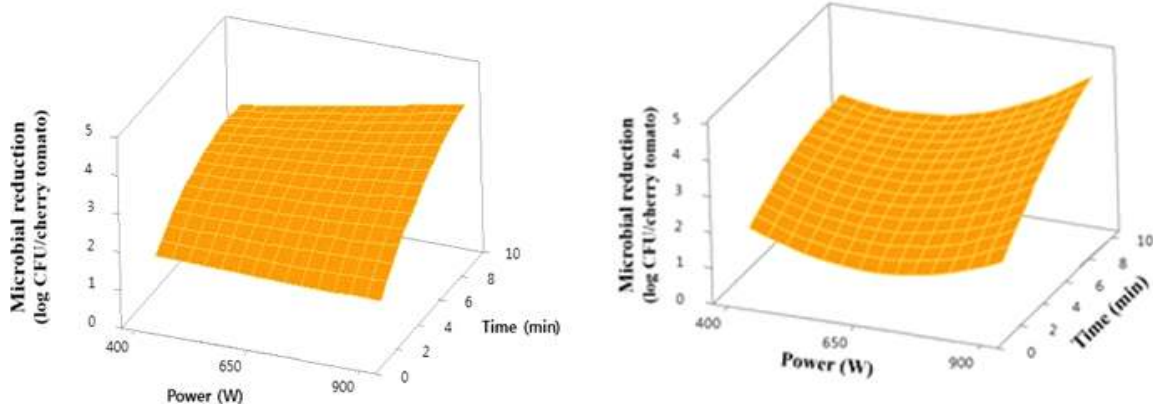
**Table 11-20.** The optimized conditions of the cold plasma treatments could inhibit *Salmonella* using He and He-O<sub>2</sub> by response surface methodology

Type of CP forming gas	He	He-O <sub>2</sub>
Optimized CP-generating power (W)	900	900
Optimized treatment time (min)	10	10
Predicted microbial reduction (log CFU/cherry tomato)	3.8	4.4

**Table 11-21.** Polynomial expressions of response surface plot generated with cold plasma generating power, treatment time, and microbial reduction of *Salmonella* cocktail, p-values of these parameters depending on the type of cold plasma forming gas by the response surface analysis.

		p-values		Polynomial expression	R <sup>2</sup> (%)
		Power (W)	Time (min)		
Plasma forming gas	He	0.000	0.000	Microbial reduction = 1.016 - 0.00185 Power + 0.406 Time + 0.00001 Power*Power - 0.02949 Time*Time + 0.000307 Power* Time	88.30
	He-O <sub>2</sub>	0.010	0.000	Microbial reduction = 5.66 - 0.01694 Power + 0.220 Time + 0.000013 Power*Power - 0.0180 Time*Time + 0.000369 Power*Time*Time + 0.000369 Power*Time	57.05

- RSA에 의하여 구한 가스들로부터 구한 *Salmonella* 저감화, 플라즈마 형성 전력, 처리 시간의 polynomial expression을 반응표면그래프로 표현하였음. 두 가지 가스 중 Polynomial expression의 세 가지 변수인 *Salmonella* 저해, 플라즈마 형성 전력, 처리 시간에 fitting이 잘되는 가스는 헬륨 가스였음.



**Fig. 11-5.** Response surface plots generated with cold plasma generating power, treatment time, and the microbial reduction of *Salmonella* cocktail (log CFU/cherry tomato) by the cold plasma treatments using He (a), He-O<sub>2</sub> (b) respectively

#### 4. Cold plasma 처리의 대상 농산물 미세 구조 및 매트릭스(matrix)에 대한 영향 연구

##### (1) 방울토마토

##### ○ CPT 전후의 방울토마토의 미세구조 및 매트릭스(matrix)에 대한 영향 연구

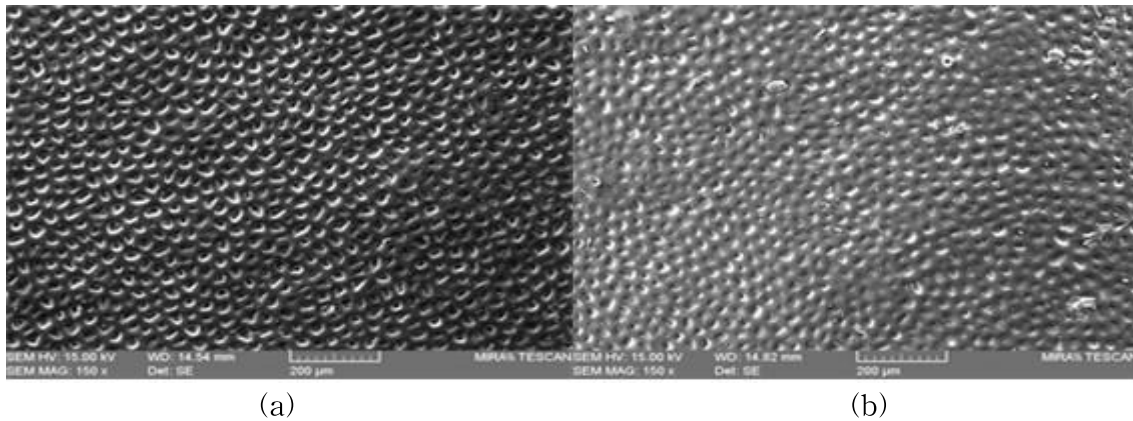
- 3.(1).CPT 전후의 무순의 미세구조 및 매트릭스(matrix)에 대한 영향 연구와 동일.

##### ○ 방울토마토의 SEM 분석 결과

- 콜드플라즈마 에칭에 의해 표면이 다소 변화하였으나 큰 차이를 보이진 않음.

##### ① MW-CPT의 방울토마토 미세 구조 및 매트릭스(matrix)에 대한 영향 연구

- 헬륨 가스를 처리 가스로 하여 최적 조건인 900 W 처리 전력으로 10분 동안 MW-CPT 처리군과 처리하지 않은 대조군의 이미지를 Fig. 6에 나타냄. Fig. 6의 (a)와 (b)는 각각 대조군과 처리군의 방울토마토 껍질을 SEM을 이용하여 150배 관찰한 결과로 처리군의 껍질의 표면이 대조군보다 더 침식되어 있었는데 이는 MW-CPT 중 생성된 이온 또는 라디칼들의 etching 효과 때문으로 사료됨.



**Fig. 11-6.** Representative SEM micrographs of tomato skins before (a) and after (b) microwave powered cold plasma treatment using He as a cold plasma forming gas at 900 W for 10 min. Scale bars: 200 μm.

## 5. Cold plasma 처리의 실용화 가능성 검토

### (1) 무순

- 병원성 미생물인 *S. Typhimurium*에 대하여 처리 전력 900 W에서 각각 2, 5, 10, 그리고 20 분 동안 질소 가스에 의한 콜드플라즈마 처리로 1.1-2.8 log CFU/g의 저해를 보여 CP 처리에 의해 무순 내 *S. Typhimurium*이 저해에 효율적이었음.
- CP 처리 전후의 품질 변화 특성 분석 결과, 수분활성도의 경우 5분 미만으로 처리 시, 유의적인 감소가 없었으며, 중량감소율, 색도의 경우 최적 조건 ( $N_2$ , 900W, 10 min)으로 처리 시 유의적 변화를 보이지 않았음.

### (2) 양상추

- LMCPT 처리 시, *E. coli* O157:H7과 *S. Typhimurium*의 경우, 모두  $N_2$  가스에서 약 2.8 log CFU/g 로 큰 저해율을 보였음.
- $N_2$  가스 플라즈마 생성에 의한 *E. coli* O157:H7과 *S. Typhimurium*의 저해를 설명해주는 가장 적합한 모델은 Weibull model 이었음.

### (3) 굴

- 질소가스로 처리 전력 900 W에서 10 분 동안 MW-CP 처리했을 때 굴껍질 표면의 *P. italicum* 발현율이 가장 낮았다. 처리 전후의 중량 감소율과 처리 동안의 온도 변화는 각각 0.06-0.47 %, 0.86-6.16°C였음.
- 굴의 저장 중 중량 감소율은 CP 처리 후 4°C에서 유의적인 차이를 보이지 않았음.
- 저장 중의 가용성 고형물 함량, 총산도, 그리고 Hue angle값은 유의적 변화가 없었음.
- 굴껍질의 항산화능은 CP 처리에 의해 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 과육의 경우, 유의적 차이 없었음.
- 굴껍질의 페놀함량은 25°C에서 저장기간이 지나도 감소하지 않고 유지되었고 4°C에서 7일 까지 페놀함량이 증가하였으나 과육의 경우 유의적 차이가 없었음.
- MW-CP 처리에 의해 굴 곱팡이 균의 저해와 항산화능의 증가효과를 관찰할 수 있었음.

#### (4) 방울토마토

- *Salmonella*을 최대로 저해하는 최적 조건인 900 W와 10분 처리 시, He와 He-O<sub>2</sub> 저감 효과는 각각 3.8, 4.4 log CFU/cherry tomato로 예측되어 헬륨-산소 가스의 저해율이 높을 것으로 보였으나 RSA를 통한 분석결과, 예측된 *Salmonella* 저감 효과의 신뢰도가 높은 헬륨 가스를 처리 가스로 결정.
- He와 He-O<sub>2</sub>를 플라즈마 형성가스로 사용하였을 때 중량 감소율은 모든 시료에서 1%미만이었으며 표면온도 변화는 3.5°C내외로 관찰되었음.

#### (5) 결론

- Cold plasma 처리는 무순, 양상추, 귤, 그리고 방울토마토의 품질을 유지하면서 미생물을 저해시키는 살균 및 식품 보존 기술로서의 가능성을 보여주었음.

**요약**

**1. 미생물학적 위해요소 및 품질변화 요소 조사, 분석 및 규명**

- 무순 : 미생물학적 위해요소로서 식중독 발병 원인균인 *E. coli*, *Salmonella* 속이 있음. 품질변화의 요소로 수분함량 및 수분활성도, 중량감소율, 색도의 요인이 있음.
- 양상추 : 식중독균으로 *E. coli* O157:H7과 *S. Typhimurium* 이 있음. 품질변화 요소로서 처리전후의 온도변화, 수분활성도, 색도 등의 요인이 있음.
- 꺾임 : 곰팡이 병균 중의 하나인 *P. italicum*이 문제 미생물로 결정됨. 꺾임의 품질변화 요소로서 중량감소율, 가용성 고형물 함량(당도), 총산도, 색도, 항산화능, 그리고 총 페놀함량 결정됨.
- 방울토마토 : *Salmonella* 3종의 혼합균주를 분석하였음, 품질변화 요소로서 당도, 산도, 색도, 경도, 수분함량 등의 요인이 있음.

**2. Cold plasma를 이용한 대상 농산물 살균 개발**

- 무순의 콜드 플라즈마 처리 공정변수 및 최적 처리 조건

Gas	Treatment power (W)	Treatment time (min)	Pressure (torr)
질소	900	10	5

- 무순 위해균주에 대한 콜드 플라즈마 처리효과

- *S. Typhimurium*에 대하여 900 W에서 각각 2-20분 동안 질소 가스에 의한 CP 처리로 1.1-2.8 log CFU/g의 저해를 보임.
- CP 처리 전후의 품질 변화 특성 분석 결과, 수분활성도의 경우 5 분 미만으로 처리 시, 유의적인 감소 없었음. 색도는 최적 조건으로 처리 시 유의적 변화가 없었음.

- 양상추의 콜드 플라즈마 처리 공정변수 및 최적 처리 조건

Gas	Flow rate (sccm)	Pressure (torr)	MW-CP
질소	1,000	5	
질소-산소 혼합가스 (질소:산소=4:1)	2,500 (질소:2,000 산소: 500)	10	Low density
헬륨	1,000	5	(0.17 W/m <sup>2</sup> )
헬륨-산소 혼합가스 (헬륨:산소=99.8:0.2)	1,000	5	

- LMCPT의 경우, 질소가스를 이용하여 900 W, 10 min이 최적처리 조건이었음.

- 양상추의 위해균주에 대한 콜드 플라즈마 처리효과

- N<sub>2</sub> 가스에 의한 *E. coli* O157:H7 와 *S. Typhimurium*의 저해를 설명하는 적합한 모델은 1차반응식 (Eq.3)과 Weibull model이었음.
- LMCP를 이용한 처리 후, 질소가스를 이용한 *E. coli* O157:H7의 저해도는 2.9±0.3 log CFU/g이었고, *S. Typhimurium*의 저해도는 2.2±0.2 log CFU/g을 보임.
- 콜드플라즈마 처리한 양상추의 색도는 9일차까지 유의적인 차이가 없었음 (p>0.05).

○ **귤의 콜드 플라즈마 처리 공정변수 및 최적 처리 조건**

- 질소, 헬륨, 질소-산소 혼합가스를 이용하여 400, 650, 900 W 으로 2, 5, 10 min으로 각각 처리하였음.
- 최적 처리조건은 900 W, 10 min이었음.

○ **귤의 곰팡이 병균에 대한 콜드 플라즈마 처리효과**

- 질소가스로 900 W에서 10 분 동안 MW-CPT 처리했을 때 귤껍질 표면의 *P. italicum* 발현율이 16.03±0.91%로 가장 낮았음.
- 귤의 저장 중 중량 감소율은 CP 처리 후 4°C에서 유의적인 차이를 보이지 않았음.
- 가용성 고형물 함량, 총산도, Hue angle값도 유의적 변화가 없었음.
- 항산화능은 유의적으로 증가함. 과육의 경우, 유의적 차이 없었음.
- 페놀함량은 25°C에서 유지되었음. 4°C에서 7일까지 페놀함량이 증가. 과육의 경우, 유의적 차이 없었음.

○ **방울토마토의 콜드 플라즈마 처리 공정변수 및 최적 처리 조건**

Plasma forming gas	Treatment power (W)	Treatment time (min)	Treatment pressure (torr)	Flow rate (mL/min)
N <sub>2</sub>	900	10	5	1,000
He				
N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub> mixture				
He-O <sub>2</sub> mixture				

- 최적 처리 조건은 헬륨, 헬륨-산소 혼합가스를 이용하여 900 W와 10분 처리.

○ **방울토마토의 위해균주에 대한 콜드 플라즈마 처리효과**

- 헬륨, 헬륨 산소 혼합가스를 이용하여 같은 전력에서 처리 시간이 증가할수록 *Salmonella* 저해도가 높아짐. 827 W에서 9분 처리 조건에서 헬륨, 헬륨-산소 혼합 가스의 저감 효과는 각각 3.5±0.1, 3.5±0.5 log CFU/cherry tomato로 관찰됨. 처리 후, 중량 감소율은 모든 시료에서 1 %미만이었고. 표면 온도변화는 3.5°C 내외로 측정됨.



### 3. Cold plasma 처리의 대상 농산물 미세 구조 및 매트릭스(matrix)에 대한 영향

- 방울토마토: 처리군의 껍질 표면이 대조군보다 더 침식되어 있었는데 이는 MW-CPT 중 생성된 ion 또는 radical들의 etching 효과 때문으로 사료됨.

### 4. Cold plasma 처리의 실용화 가능성 검토

- Cold plasma 처리는 무순, 양상추, 귤, 그리고 방울토마토의 품질을 유지하면서 미생물을 저해시키는 살균 및 식품 보존 기술로서의 가능성을 보여주었음.

## 제12절 신선 농산물용 항균 가식성 코팅 개발

### 1. 연구의 필요성

- 방울토마토는 전환성 과채류로서 수확 후 증산 작용과 호흡에 의해 노화가 빠르게 일어나고, 손쉽게 물리적 손상과 미생물 오염이 발생하는 특성으로 인해 유통기한이 짧은 단점이 있으며, 특히 식중독 균인 *Salmonella*에 오염되기 쉽다고 알려져 있음.
- 감귤은 수확 후 생리적인 작용에 의해 저장 중 과실의 중량 감소 연화, 휘발성 물질의 생성, 그리고 당화 등을 발생시켜 품질저하가 일어날 수 있음. 또한 수확 후 포장 및 유통 과정 중에 얻은 과피의 상처를 통해 *P. italicum* 발병률이 높음.
- 그동안 과일과 채소의 미생물 제어를 위해서 주로 차아염소산나트륨 및 칼슘 등 염소 계열 살균제를 이용하여 세척하여 왔으나, 이러한 방법은 과일과 채소의 껍질과 줄기에 손상을 일으켜 품질을 떨어트릴 수 있고, 염소 제품 등에 포함된 클로라민 또는 트리할로메탄이 인체와 환경에 유해할 가능성이 있다는 문제가 있음.
- 항균 가식성 코팅기술은 코팅액에 혼입된 항균물질에 의해 과일과 채소의 미생물 제어가 가능하며, 수확 후 신선 농산물의 광택, 색, 상처 등의 외관을 개선시키고, 가스, 수증기 투과를 선택적으로 차단함으로써 품질 및 저장성을 향상시키는 가공기술로 알려져 있음. 과채류에 피막을 형성하여 저장 중 과채류의 중량 감소와 노화를 지연시켜 유통기한을 연장시킬 수 있다고 발표됨.
- 항균 가식성 코팅 기술은 산지에서 적용할 수 있는 신선 농산물의 저장성을 향상시키는 기술로 개발될 수 있을 것임.

## 2. 연구 방법

### 가. 농산물 코팅용 가식성 소재 결정

#### (1) 과채류 선정

- Wax 계열 상업적 코팅제(예, carnauba wax), 키토산, 알긴산나트륨, 또는 메틸셀룰로오스 등과 같이 과채류 코팅에 많이 사용되는 코팅제를 적용하였을 때, 외관상 보기 좋고 균일하게 적용되며 향에 대한 영향이 적은 과채류 선정하였음.

### 나. 향균 코팅에 사용 할 향균 물질 및 향균 가식성 코팅액 제형 결정

#### (1) 방울토마토

##### ○ 향균 가식성 코팅액 제형 결정

- 키토산 6 g을 1%(v/v) 빙초산 수용액 600 mL에 12시간 이상 교반한 후 각각 0.50, 0.75, 1.00%(w/v)의 자몽 종자 추출물(grapefruit seed extract, GSE, DF-100, ES Food Co., Gunpo, Korea), 로즈메리 오일(rosemary oil, RO, Now Foods, Bloomingdale, IL, USA), 오레가노 오일(oregano oil, OE, Now Foods, Bloomingdale, IL, USA)과 GSE 대비 25%(w/w) Tween-20 (Sigma - Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 혼합하여 Ultra-Turrax 균질기 (Model T25, IKA-Works Inc., Wilmington, NC, USA)에서 10,000 rpm으로 2분간 균질화하였음. 균질화 후 진공 펌프(VOP-60, Poongil Commercial Co., Yongsan, Korea)로 코팅제 내 가스를 제거하였음.

##### ○ 향균 효과

- 코팅처리하기 전 방울토마토의 상, 하면을 클린벤치 내에서 각각 30분간 UV (40 W, 130 kJ/m<sup>2</sup>)에 노출시켜 표면에 잔존하는 미생물을 제거하였음. 향균물질 GSE, RO, OE를 각각 0.50, 0.75, 1.00% 넣은 키토산 코팅제에 방울토마토를 2분간 침지 처리 한 후 페트리디쉬 위에서 30분간 건조하였고, 방울토마토를 뒤집어 바닥 접촉면에 코팅제를 덧발라 30분간 건조하였음. 마지막으로 건조가 끝난 방울토마토의 꼭지 부분에 코팅제를 채운 후 45분간 건조하였음. 코팅 시료를 8.0±0.2 log CFU/mL의 *Salmonella* 혼합균주(*Salmonella* Typhimurium, *S. Montevideo*, *S. Enteritidis*) 접종원에 10분간 침지 접종한 후 24시간 건조하였음. 건조된 시료와 0.1% 펄톤수(Difco, Sparks, MD, USA) 20 mL을 무균상태의 멸균백에(118 mL Plain, Nasco WHIRL-PAK®, Fort Atkinson, WI, USA) 넣고 시료를 3분간 손으로 문질렀음. 멸균백 내 시료액을 0.1% 펄톤수로 희석하고 xylose lysine deoxycholate agar (XLD, Difco, Sparks, MD, USA)에 평판도말한 후 37°C의 배양기(VS-1203P1, Vision Scientific Co., Bucheon, Korea)에서 24시간 동안 배양하여 계수하였음.

## ○ 유화 안정성 및 분산 안정성

- GSE의 농도가 0.50, 0.75, 1.00, 1.25%인 코팅제의 분산 안정성을 측정하였음. 분산 안정성은 분산 안정성분석기(Turbiscan AGS, Formulation, Toulouse, France)를 이용하여 3일 동안 코팅제 내 GSE 입자의 운동성에 따른 전방산란의 변화를 시료의 높이에 따라 측정하였음.

## (2) 감귤

### ○ 향균 가식성 코팅액 제형 결정

- 향균 코팅제 개발에 사용한 향균 물질은 OE, GSE, 활성 칼슘이었음. Carnuba wax 수용액에 활성 칼슘을 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 그리고 3.0%, OE 또는 GSE를 단독으로 0.50, 0.75, 그리고 1.00% (w/w), OE 0.25%와 GSE 0.75%를 혼합, OE 0.75%와 GSE 0.75%를 혼합, 그리고 OE 0.5%와 GSE 0.5%를 혼합하여 각각 첨가하였음. 또한 첨가된 전체 향균 물질 대비 25% (w/w) Tween-80을 혼합한 후 Ultra-Turrax 균질기(Model T25, IKA-Works Inc., Wilmington, NC, USA)를 이용하여 10,000 rpm으로 1분간 균질화한 뒤, 진공 펌프(GID-051, ULVAC KIKO, Inc., Yokohama, Japan)를 이용하여 코팅제 내 가스를 제거하였음.

### ○ 향균 효과

- 향균 코팅 전과 후의 감귤의 부패과 발생률 억제 효과를 알아보기 위해 코팅 전 접종한 시료(I + C), 코팅 후 접종한 시료(C + I)로 구분하여 향균 효과를 실험하였음. 코팅 전 접종한 시료(I + C)의 향균 효과 실험은 다음과 같이 실시하였음. 먼저 접종할 감귤을 70% 에탄올에서 3분간 가볍게 문지르며 세척한 후 멸균된 3차 증류수에 하루 동안 담가 감귤 표면에 남아있는 잔여 70% 에탄올을 제거한 후 클린벤치(Hanbaek Co., Ltd, HB-402, Bucheon, Korea)에서 1 시간 동안 건조했음. 멸균된 바늘을 이용하여 약 1 mm 깊이로 감귤 껍질 표면에 상처를 낸 후 상처가 난 부위에 6 log spore/mL 농도의 *Penicillium italicum* 접종원을 20 µL spot 접종하였음. 접종한 감귤을 ‘감귤의 향균 가식성 코팅액 제형 결정에서 개발된 코팅제’에 30초간 담근 후 꺼내어 클린벤치에서 1시간 건조했고, 뒤집어서 향균 코팅제를 덧발라 클린 벤치에서 1시간 건조했음. 코팅 후 접종한 시료(C + I)의 향균 효과 실험 방법은 ‘코팅 전 접종한 시료(I + C)의 향균 효과 실험’ 방법과 동일하게 감귤을 코팅한 후 접종하였음. 코팅 전 접종한 시료(I + C)와 코팅 후 접종한 시료(C + I)는 각각 1개씩 멸균백(710 mL, Nasco WHIRL-PAK®, Fort Atkinson, WI, USA)에 넣은 후 75-80% RH의 25°C 배양기 안에서 7일 동안 배양시켰음. 7일 동안 배양된 감귤 시료는 육안으로 관찰하였을 때 곰팡이 썩음, 표피 흑변 발생 등이 나타난 경우 부패한 것으로 구분하여 전체 감귤 껍질 시료수 대비 백분율(%)로 부패과 발생률을 나타내었음.

○ 유화안정성 및 분산 안정성

- GSE을 단독으로 1% 첨가한 carnauba wax 코팅제와 GSE와 OE을 각각 0.5%씩 혼합하여 첨가한 carnauba wax 코팅제를 상온에서 0, 1, 3, 5, 7일 동안 저장하면서 시간에 따른 코팅제의 분산 안정성을 평가하기 위해 분산 안정성 분석기(Turbiscan AGS, Formulation, Toulouse, France)를 이용하여 상온에서 0, 1, 3, 5, 7일 동안 코팅제 내부에 첨가된 항균 물질의 입자의 운동성에 따른 전방 산란(transmissioncattering), 후방 산란(backscattering)의 변화를 시료의 높이에 따라 측정하고 turbiscan stability index(TSI) 값으로 표현하였음. 분산 안정성 분석기(Turbiscan AGS, Formulation, Toulouse, France)의 내부 구조는 관 센서인 관독 헤드(880nm, 근적외선), 광원의 반대편 (180°)에 위치한 전방 산란 검출기 및 입사각과 45° 뒤쪽에 위치한 후방 산란 검출기로 구성되어 있음. 관독 헤드는 시료가 담긴 measurement cell의 아래쪽에서 위쪽으로 움직이며 분석 시 매 40 μm 간격으로 일정하게 주사하여 각 에멀션의 분산상태, 즉 분산상인 입자의 크기와 분산상과 연속상의 부피 분율(volume fraction)에 따른 전방 산란(transmissioncattering), 후방 산란(backscattering)된 빛의 flux를 동시에 측정하였음.

$$TSI = \frac{\sum_h [scan_i(h) - scan_{i-1}(h)]}{h}$$

h: 유리병에 담긴 시료의 전체 높이

scan<sub>i</sub>: 측정일의 BS% 값

scan<sub>1</sub>: 초기 BS% 값

다. 개발된 코팅이 적용된 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장 특성에 대한 영향 연구

(1) 방울토마토

○ 미생물 분석

- 방울토마토를 1% GSE가 혼입된 키토산 코팅제에 2분간 침지 처리 한 후 페트리디쉬 위에서 30분간 건조하였고, 방울토마토를 뒤집어 바닥 접촉면에 코팅제를 덧발라 30분간 건조하였음. 마지막으로 건조가 끝난 방울토마토의 꼭지 부분에 코팅제를 채운 후 45분간 건조하였음. Salmonella 혼합균주의 저해효과를 측정하는 방울토마토는 코팅 시료를 8.0±0.2 log CFU/mL의 Salmonella 혼합균주(S. Typhimurium, S. Montevideo, S. Enteritidis) 접종원에 10분간 침지 접종하고 상온에서 1시간 건조한 후 멸균백에 각각 하나씩 넣어 포장하였고, 호기성 미생물 및 효모·곰팡이를 측정하는 방울토마토는 코팅 후 멸균백에 각각 하나씩 넣어 포장하였음. 시료가 담긴 멸균백을 10°C의 배양기(VS-1203P1, Vision Scientific Co.,

Bucheon, Korea)에서 0, 3, 7, 14, 21, 28일, 25°C의 배양기(VS-1203P1, Vision Scientific Co., Bucheon, Korea)에서 0, 3, 7, 14일간 저장하며 *Salmonella*, 호기성 미생물 및 효모·곰팡이에 대한 코팅제의 저해 효과를 관찰하였음.

- **Salmonella**

- 시료가 담긴 멸균백에 0.1% 펩톤수 20 mL을 넣고 3분간 손으로 시료를 문질렀음. 멸균백 내 시료액을 0.1% 펩톤수로 단계별로 희석하여 XLD에 도말한 후 37°C에서 48시간 동안 배양하여 계수하였음.

- **호기성 균 및 효모·곰팡이**

- 시료가 담긴 멸균백에 0.1% 펩톤수 20 mL을 넣고 3분간 손으로 시료를 문질렀음. 멸균백 내 시료액을 0.1% 펩톤수로 희석하고 plate count agar (PCA, Difco, Sparks, MD, USA)와 potato dextrose agar (PDA, Difco, Sparks, MD, USA)에 평판도말한 후 각각 37°C에서 48시간, 25°C에서 3일간 배양하여 계수하였음.

○ **이화학적 특성 분석**

- 방울토마토를 1% GSE가 혼입 또는 혼입하지 않은 키토산 에멀션에 각각 2분간 침지한 후 상온에서 1시간 동안 건조하였고, 뒤집어서 바닥에 닿았던 부분에 코팅 에멀션을 덧발라 상온에서 1시간 동안 건조하여 시료를 준비하였음. 코팅 시료를 멸균백에 하나씩 넣어 포장하고 10°C배양기에 0, 3, 7, 14, 21, 28일 25°C배양기에 0, 3, 7, 14일 동안 저장한 후 방울토마토의 중량 감소율, 호흡률, 색도, pH 및 적정 산도, 라이코펜, 관능검사를 측정하였음.

**a. 중량감소율**

- 초기 중량을 기준으로 해당 저장일에 시료의 중량을 칭량하여 얻은 중량 손실을 백분율(%)로 나타내었음.

$$\text{중량 감소율(\%)} = \frac{\text{초기 중량(g)} - \text{당일 중량(g)}}{\text{초기 중량(g)}} \times 100$$

**b. 호흡률**

- 방울토마토 2개를 100 mL의 유리 용기에 넣고 밀폐한 후 25°C에서 3시간 동안 방치하였음. 유리용기 뚜껑의 5 mm 격막(precision Seal<sup>®</sup> rubber septa, Sigma - Aldrich, Poole, UK)을 통해 용기 내에 가스분석기(Check Point 2 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, DansensorA/S, Ringsted, Denmark)의 바늘을 넣고 9 mL의 공기를 취한 후 CO<sub>2</sub>의 공기 조성을 측정하였음.

**c. 색도**

- 색차계(Minolta Chroma Meter CR-400, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 이용하여 방울토마토 표면의 Hunter L (lightness), a (redness), 그리고 b (yellowness)값을 측정하였음. 색차계 측정에는 D65와 10°가 사용되었음.

#### d. 산도

- 방울토마토를 멸균백에 넣고 손으로 으갠 후 용기에 담아 원심분리기(Supra 22K, Hanil Science Industrial, Incheon, Korea)를 이용하여 25°C에서 5분간 12,500×g로 원심분리한 후에 상층액을 취하였음. 상층액의 5 mL을 pH가 8.1이 될 때까지 0.1 N 수산화나트륨(NaOH) 용액으로 적정하여 적정 산도를 측정하였음. 적정에 소비된 0.1 N NaOH 용액의 부피를 구연산의 양으로 환산하여 백분율로 나타내었음.

#### e. 라이코펜

- 'd.산도'에서 원심분리된 상층액의 1 g를 취한 후 16 mL의 추출 용매(hexane:ethanol:acetone; 2:1:1, v/v/v)에 넣고 진탕기를 이용하여 상온에서 1시간 동안 진탕하였음. 추출 용매에 증류수 1 ml을 넣고 3분간 추가로 진탕하고 추출 용매 층의 분리를 위하여 상온에서 10분간 방치하였음. 추출 용매에서 헥산 상층부를 취한 후 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 503 nm 파장에서 흡광도를 측정하였음. 라이코펜 함량은 다음 식으로 계산하여 mg/kg FW으로 나타내었음.

$$\text{라이코펜 (mg/kgFW)} = \frac{\text{시료 흡광도} \times \text{라이코펜 분자량} \times \text{추출용매 부피} \times 0.5}{\text{시료의 양} \times \text{몰흡광계수}}$$

라이코펜 분자량: 536.9 g/mol

몰흡광계수: 172 mM<sup>-1</sup>

#### f. 관능평가

- 저장 직후 0일차의 시료와 각각 10°C 또는 25°C에서 7일간 저장된 시료를 평가하였음. 0일차의 시료와 10°C에서 7일간 저장된 시료는 광택, 색, 냄새, 향미, 맛 그리고 전반적인 기호도를 평가하였고, 25°C에서 7일간 저장된 시료는 광택, 색 그리고 전반적인 기호도를 평가하였음. 서울여자대학교 식품공학과 20-32세 여성 20명이 패널로 참가하여 각 특성을 9점 기호도 척도법(1점: 가장 싫음, 5점: 좋지도 싫지도 않음, 9점: 가장 좋음)으로 평가하였음. 각 시료를 난수표에서 선택한 세 자리 숫자로 표기하였고, 시료 제공 순서에 의한 편견을 최소화하기 위하여 같은 위치에서 같은 횟수만큼 평가되도록 시료 제공 순서를 조절하였음. 시료 제공 시에 입가심을 위해 물과 크래커를 제공하였음.

#### g. 통계분석

- 유화 안정성 실험은 GSE 농도별로 2개의 시료를 3회 반복 측정하였으며 항균 효과 실험은 GSE 농도별로 6개의 시료를 측정하였음. 저장 실험은 모두 2번 반복하였음. Salmonella, 호기성균 및 효모·곰팡이 저해와 중량감소율, 색, pH 및 적정 산도, 라이코펜은 모두 코팅제별로 4개의 시료를 사용하였음. 실험을 통해 얻은 데이터들은 SPSS (SPSS Inc., Ver. 20 Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원 배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고 던칸 다범위 검증(Duncan's multiple range test)으로 사후 검증을 하였음.

## (2) 감귤

### ○ 저장 실험

- 저장 중 감귤의 부패과 발생률 및 이화학적 품질 변화에 대한 항균 코팅 처리 효과를 알아보고자 하였음. 1% GSE를 혼입 또는 혼입하지 않은 carnauba wax 코팅제로 각각 코팅된 감귤을 각 1---개씩 멸균백(710 mL, Nasco Whirl-Pak®)에 넣은 후 4, 25°C에서 저장되었고, 저장한 날로부터 4°C에서 0, 7, 14, 21, 그리고 28일 후, 25°C에서 0, 1, 3, 5, 그리고 7일 후 부패과 발생률과 이화학적 품질 변화를 관찰하였음. 이화학적 품질 변화에 대한 측정항목은 감귤의 중량감소율, 경도, 호흡률, 감귤 과육의 당도, 총산도, pH, 비타민 C 함량, 총 페놀성 함량, 그리고 항산화능이었고, 감귤 껍질 추출물에 대한 총 페놀성 화합물 함량, 항산화능, 감귤 껍질에 대한 색도, 그리고 관능 평가를 측정하였음.

#### a. 부패과 발생률

- 항균 코팅에 따른 감귤의 저장 중의 부패과 발생률은 저장한 날로부터 4°C에서 0, 7, 14, 21, 그리고 28일 후, 25°C에서 0, 1, 3, 5 그리고 7일 후 육안으로 관찰하였을 때 곰팡이 썩음, 표피 흑변 발생 등이 나타난 경우 부패한 것으로 구분하여 전체 감귤 껍질 시료수 대비 백분율(%)로 부패과 발생률을 나타내었음. 항균 코팅에 따른 저장 중의 감귤의 부패과 발생률 억제 효과는 코팅 후 접종한 시료(C + I)를 이용하여 측정하였음. 접종할 감귤은 70% 에탄올에서 3분간 가볍게 문지르며 세척한 후 멸균된 3차 증류수에 하루 동안 담가 감귤 표면에 남아있는 잔여 70% 에탄올을 제거한 후 무균 작업대(Hanbaek Co.)에서 1 시간 동안 건조했음. 멸균된 바늘을 이용하여 약 1 mm 깊이로 감귤 껍질 표면에 상처를 낸 후 상처가 난 부위에 6 log spore/mL 농도의 *P. italicum* 접종원을 20 µL spot 접종하였음.

#### b. 중량감소율

- 상기 '방울토마토의 중량감소율 측정' 방법과 상동

#### c. 경도

- 감귤의 항균 코팅에 따른 경도는 물성측정기(TX-XT express 2007, Stable Micro Systems, Surrey, UK)의 TPA 시험 모드를 이용해 측정하였음. 측정에 이용된 조건은 다음과 같았음; pre-test speed: 3.0 mm/s, test speed: 1.0 mm/s, post-test speed: 3.0 mm/s, distance: 3 mm, time: 3.0 s, trigger force: 5.0 g, probe: 5 mm 지름 원기둥

#### d. 내부 기체 조성 측정(CO<sub>2</sub> 함량)

- 실리콘 격막이 장착된 유리 용기(1.5 L)내에 전체 유리 용기 부피의 1/2 정도 분량의 시료(4개, 약 250 g)를 넣고 밀봉한 후 25°C에서 1시간 동안 보관 후 가스분석기(Check Point2, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 시료가 담긴 유리 용기 내 CO<sub>2</sub> 함량을 측정.



#### e. Ascorbic acid 농도 측정

- 감귤의 껍질을 제거한 후 과육부를 분리하여 핸드 블렌더(philips, Koninklijke Philips N.V., Netherland)로 1분간 블렌딩한 후 치즈 크로스 4겹으로 여과하여 22,000 rpm으로 10분간 원심분리(Supra 22K, Hanil Science Industrial, Incheon, Korea)한 후 상층액을 얻었음. 상층액을 실린지 필터 (Dismic®-25CP, cellulose acetate, pore size: 0.45  $\mu$ m, Advantec Mfs Inc., CA, USA)로 여과한 후, 분석 전까지 -20°C에서 동결 보관하였음. 감귤 과육 시료의 ascorbic acid 농도(mg/g)는 고속 액체 크로마토그래피 (HPLC)를 이용해 측정하였음. 이동상 용매로는 2% (v/v) acetic acid/acetonitrile (95:5 v/v)을 사용하였으며, 0.6 mL/분의 유속 (LC-10ATvp, liquid chromatograph, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)으로 흐르게 하였음. 사용된 칼럼은 Symmetry® C18(5  $\mu$ m, 4.6 mm  $\times$  250 mm I.D, Waters Co., MA, USA)으로, 분석 중에는 23 $\pm$ 2°C의 온도로 유지시켰음(Column oven, Shinkwang Scientific Co., Taipei Hsien, Taiwan). 분석 시료 20  $\mu$ L를 주입하여 SPC-10Avp (UV-Vis detector, Shimadzu Co., Kyoto, Japan) 검출기로 254 nm의 파장에서 ascorbic acid를 검출하였음. Ascorbic acid의 표준물질은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo., USA)에서 구매하였음.

#### h. 색도

- 상기 '방울토마토의 색도 측정' 방법과 상동

#### i. 관능평가

- 저장 직후 0일차의 시료와 25°C에서 5일간 저장된 시료를 평가하였음. 0일차의 시료와 25°C에서 5일간 저장된 시료는 껍질의 색깔, 냄새, 광택, 과육을 포함한 전체적인 향미, 과육의 맛, 그리고 전반적 기호도를 평가하였음. 서울여자대학교 식품공학과 23-56세 여성 27명이 패널로 참가하여 각 특성을 9점 기호척도법(1점: 가장 싫음, 5점: 좋지도 싫지도 않음, 9점: 가장 좋음)으로 평가하였음. 각 시료를 난수표에서 선택한 세 자리 숫자로 표기하였고, 시료 제공 순서에 의한 편견을 최소화하기 위하여 같은 위치에서 같은 횟수만큼 평가되도록 시료 제공 순서를 조절하였음. 시료 제공 시에 입가심을 위해 물과 크래커를 제공하였음.

#### j. 통계분석

- 부패과 발생률, 중량 감소율의 경우 10개의 과일을 사용하였고, 경도, 당도, pH 및 적정 산도, ascorbic acid 함량, 총 페놀함량, 항산화능은 3개의 과일을 사용하였음. 모든 실험은 2회 반복되었고 각 측정 항목은 3번 반복 측정되었음. 실험을 통해 얻은 데이터들은 SPSS (SPSS Inc., Ver. 20 Chicago, IL, USA)를 이용하여 일원 분산분석(one-way ANOVA)하였고, Tuckey 또는 Duncan 다범위 검증을 실시하여 5% 수준에서 시료 간 유의차를 검증하였음.

### 3. 농산물 코팅용 가식성 소재 결정

#### (1) 과채류 선정

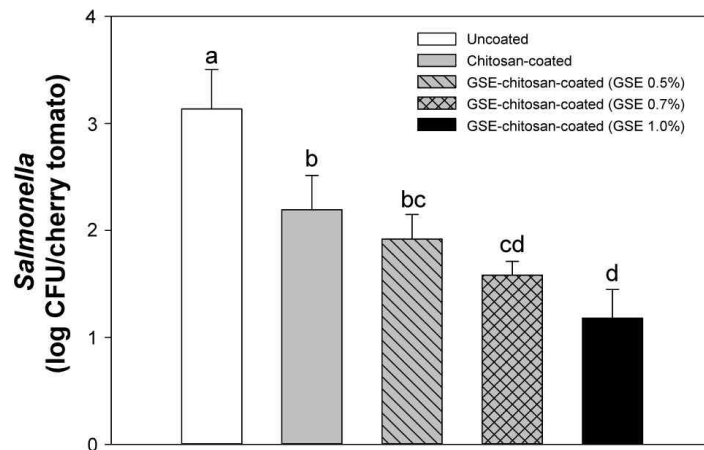
- Carnauba wax, 키토산, 알긴산나트륨, 또는 메틸셀룰로오스 등을 적용하였을 때, 외관상 보기 좋고 균일하게 코팅되며 향에 대한 영향이 적은 과채류는 양상추, 무순, 방울토마토, 그리고 감귤 중 방울토마토와 감귤이었고 따라서 이들을 가식성 코팅 적용 농산물로 결정하였음.

### 4. 항균 코팅에 사용 할 항균 물질 및 항균 가식성 코팅액 제형 결정

#### (1) 방울토마토

##### ○ 항균 효과

- 키토산 코팅제에 각각 혼입된 RO, GSE, OE에서 방울토마토에 접종된 *Salmonella*를 가장 높게 저해시킨 농도는 1%이었음.
- 키토산 코팅제에 혼입된 RO, GSE, OE 중 *Salmonella*를 가장 높게 저해시킨 항균 물질은 GSE이었음.
- OE 비율의 증가에 따른 *Salmonella* 저해도의 증가보다 GSE 비율의 증가에 따른 *Salmonella* 저해도의 증가가 컸음.
- 항균 코팅에 사용할 항균 물질은 후보 중 가장 높은 항균성을 보인 GSE로 결정하였음.



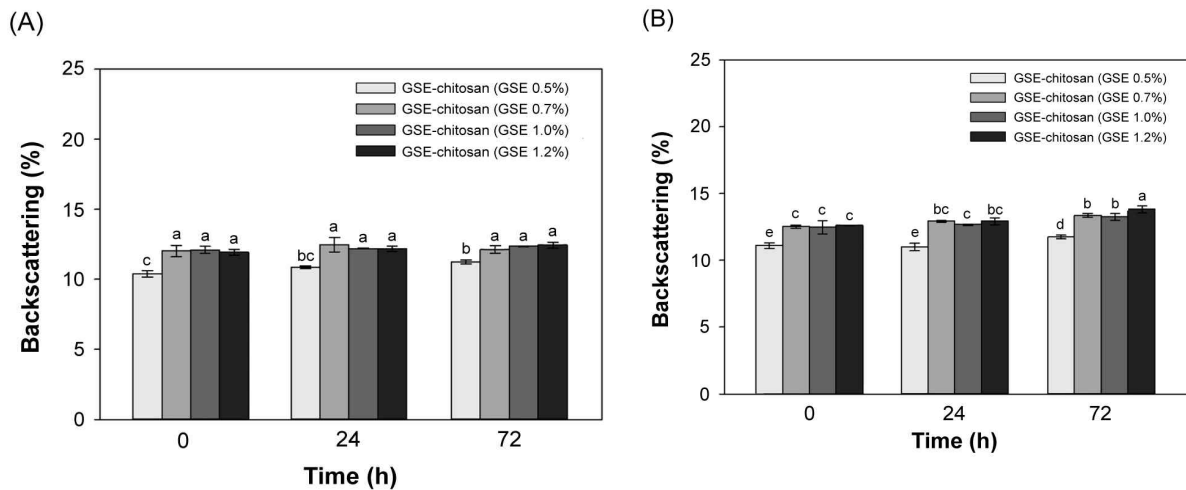
**Fig. 12-1.** Effects of coating with chitosan colloids containing GSE at 0.0, 0.5, 0.7, and 1.0% (w/w) on the number of *Salmonella* on cherry tomatoes. Different letter on the bars indicate significant differences at  $p < 0.05$ . Error bars denote standard deviations.

##### ○ 분산 안정성

- 농도를 달리한 GSE가 혼입된 키토산 에멀션의 전방산란 프로파일(T (%) profile)을 시료 전

체의 높이를 기준으로 세 부분으로 나누어(영역 I (0-1.2 mm), 영역 II(1.2-37 mm), 영역 III(37-40 mm)) 분석하였음.

- 영역 I (0-1.2 mm)에서 GSE가 0.50, 0.75, 1.00, 또는 1.25% 혼입된 키토산 에멀션 모두 저장 기간 동안 41.9-43.8 %T를 유지하며 변화를 보이지 않았음( $p>0.05$ ).
- 영역 II(1.2-37 mm)에서는 모든 GSE 농도의 키토산 에멀션은 저장 기간이 지날수록 %T 값이 증가하며 GSE 입자가 응집하는 것을 보여주었음( $p<0.05$ ).
- 영역 III(37-40 mm)의 0.5 또는 1.25% GSE 혼입 키토산 에멀션의 %T 값은 저장 기간 동안 각각 유의적으로 증가하여 GSE 입자가 침전하는 것을 알 수 있음.



**Fig. 12-2.** Effects of the incorporation of GSE in chitosan-based colloid on the mean values of backscattering in zones I (A) and II (B) of the colloids containing GSE at 0.5, 0.7, 1.0, and 1.2% (w/w) during storage for 3 d at  $23 \pm 2$  °C. Different letter on the bars indicate significant differences at  $p < 0.05$ . Error bars denote standard deviations.

## (2) 감귤

### ○ 향균 효과

- 코팅하지 않은 감귤 시료는 향균 물질을 첨가하지 않고 코팅한 시료, 향균 물질을 첨가하여 코팅한 시료와 비교했을 때 부패과 발생률이 유의적으로 높았음( $p < 0.05$ ).
- 그리고 GSE를 단독으로 혼합한 carnauba wax 코팅제와 GSE와 OE이 각각 0.5%(w/w) 씩 혼합하여 첨가된 carnauba wax 코팅제의 경우, 코팅 후 접종한 감귤 시료(C + I)의 부패과 발생률은 각각 23.6, 25.0 %로 가장 낮은 부패과 발생률을 보였음( $p < 0.05$ ).

**Table 12-1.** Effects of carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE) or oregano oil (OO) on the inhibition of *P. italicum* on mandarin peels.

Coating	Treatment	Disease incidence (%)
No coating	C+I <sup>1</sup>	100±1.1a <sup>3</sup>
	I+C <sup>2</sup>	100±0.0a
CW only	C+I	75.0±5.0b
	I+C	80.0±0.0b
GSE (1.00%)-CW coating	C+I	23.6±3.6g
	I+C	30.0±1.0fg
OO (1.00%)-CW coating	C+I	37.5±7.5def
	I+C	31.7±0.3efg
GSE (0.50%)-OO (0.50%)-CW coating	C+I	25.0±5.0g
	I+C	36.9±2.0def
GSE (0.75%)-OO (0.25%)-CW coating	C+I	55.0±5.0c
	I+C	41.7±8.4de
GSE (0.25%)-OO (0.75%)-CW coating	C+I	52.5±7.5c
	I+C	45.0±15cd

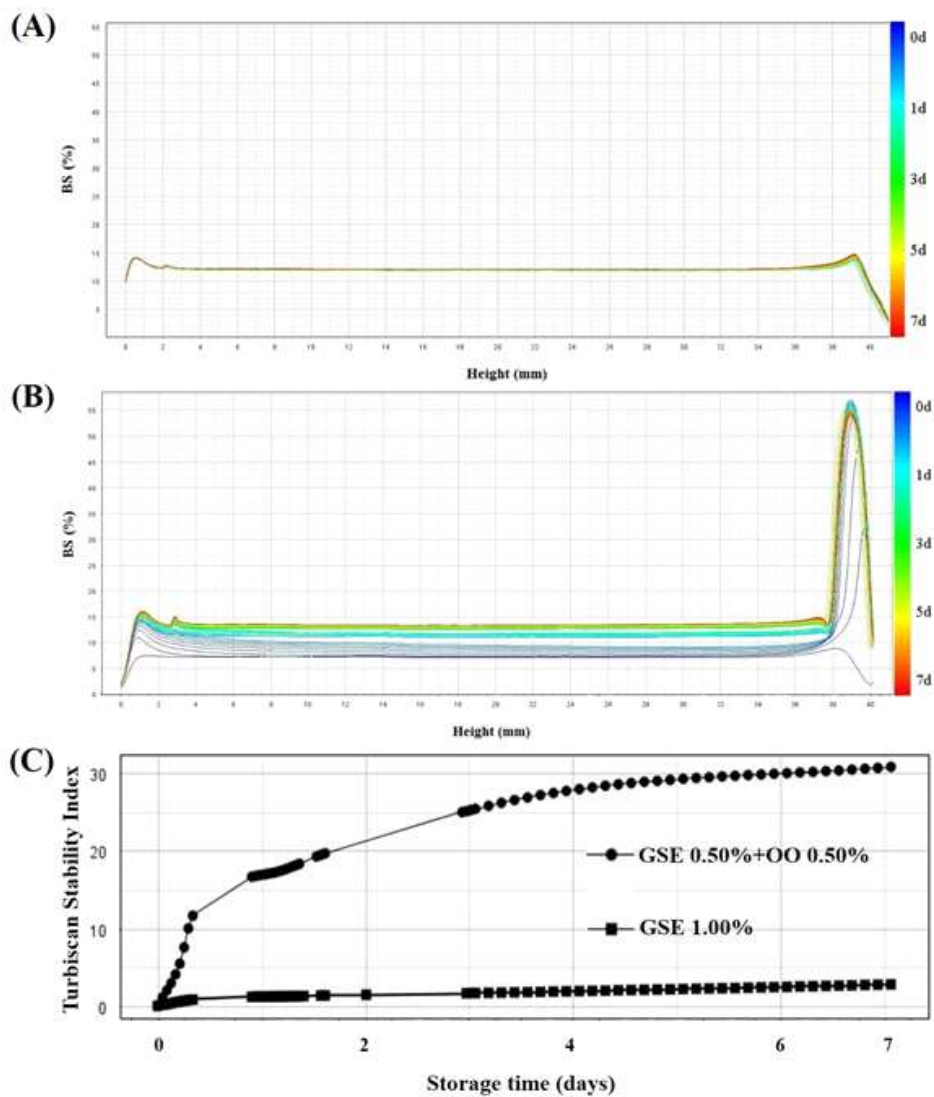
<sup>1</sup> Inoculation after coating on fruits

<sup>2</sup> Inoculation before coating on fruits

<sup>3</sup> Different letters within a column are significantly different ( $p < 0.05$ )

### ○ 유효 안정성 및 분산 안정성

- GSE를 단독 첨가 또는 GSE와 OE를 혼합하여 첨가한 carnauba wax 코팅제의 입자 크기는 제조 직후 각각 72.4±1.6, 78.5±3.4 nm로 시료 간 유의적 차이는 나지 않았음( $p > 0.05$ ).
- 코팅제 제조 1일 후 입자 크기를 측정하였을 때 GSE와 OE를 혼합하여 첨가한 코팅제의 입자 크기는 제조 직후의 입자 크기에 비해 유의적으로 증가하였으나( $p < 0.05$ ), GSE(1%)를 함유한 carnauba wax 코팅제의 입자 크기는 제조 직후의 입자 크기와 유의적으로 차이가 나지 않았음( $p > 0.05$ ).
- 제조 3일 이후부터는 모든 코팅제의 입자 크기는 제조 1일 후 보다 유의적으로 입자 크기가 증가하기 시작하였지만( $p < 0.05$ ), 저장 중의 모든 시점에서 GSE를 단독으로 첨가한 코팅제가 GSE와 OE를 혼합하여 첨가한 코팅제 보다 입자 크기가 유의적으로 작았음( $p < 0.05$ ).
- GSE와 OE를 혼합하여 첨가한 코팅제의 경우 저장 초기의 BS값이 저장 기간이 증가할수록 증가하는 경향을 보인 반면, GSE를 단독으로 첨가한 코팅제의 경우 저장 초기의 BS값이 저장 기간이 증가하여도 상대적으로 유지되는 경향을 보였음.
- GSE를 단독으로 첨가한 코팅제의 분산 안정성은 저장 기간 동안 GSE와 OE를 혼합하여 첨가한 코팅제보다 높은 분산 안정성을 나타냈음.



**Fig. 12-3.** Backscattering (BS) profiles of the carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE, 1.00%) (A) and GSE 0.50% and oregano oil (OO) 0.50% (B), and the variation in BS (Turbiscan stability index, TSI) of CW coating emulsions incorporating GSE (1.00%) and both GSE (0.50%) and OO (0.50%) in the 0-40 mm zone at 25°C for 7 days (C).

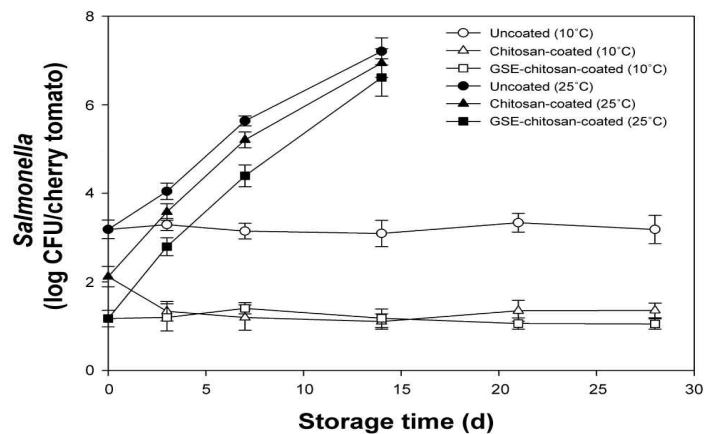
## 5. 개발된 코팅이 적용된 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장 특성에 대한 영향 연구

### (1) 방울토마토

#### ○ 미생물 분석

##### • *Salmonella*

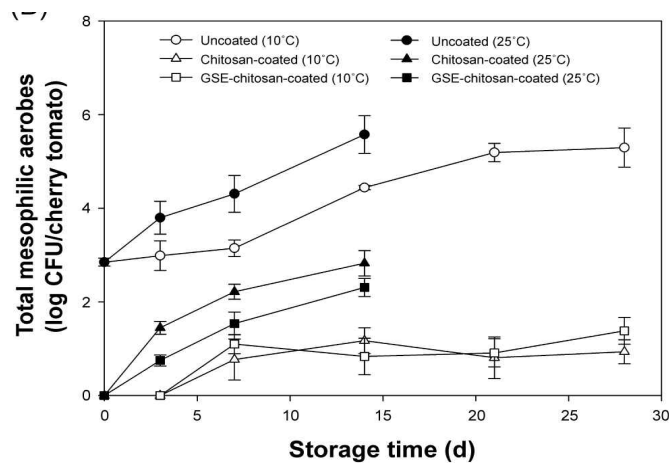
- 저장 0일 차 코팅되지 않은 방울토마토의 *Salmonella* 농도는  $3.2 \pm 0.2$  CFU/cherry tomato이었던 반면에 키토산 코팅 방울토마토와 GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토에서는 *Salmonella*가 코팅에 의해 각각  $1.6 \pm 0.1$ ,  $2.0 \pm 0.2$  log CFU/cherry tomato 유의적으로 저해되었음 ( $p < 0.05$ ).
- 저장 온도 10°C의 경우, 코팅되지 않은 방울토마토는 저장 기간 동안 3.1-3.3 log CFU/cherry tomato의 *Salmonella* 농도를 유지한 반면 ( $p > 0.05$ ) 키토산과 GSE 혼입 키토산 에멀션에 각각 코팅된 방울토마토에 접종된 *Salmonella*의 농도는 저장 3일 차부터 유의적인 차이를 보이지 않으며 저장 기간 동안 1.0-1.6 log CFU/cherry tomato를 유지하였음 ( $p > 0.05$ ).
- 저장 온도 25°C의 경우 저장 14일차까지 *Salmonella*의 농도가 코팅되지 않은 방울토마토, 키토산 코팅 방울토마토, GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토 순으로 높았지만 저장 14일차에는 유의적인 차이가 나지 않았음 ( $p > 0.05$ ).
- 항균물질인 GSE는 저장 중 방울토마토의 *Salmonella* 성장을 억제시켜 방울토마토의 미생물 안전성을 향상시켰음.



**Fig. 12-4.** Effects of chitosan-based colloid coatings with and without GSE on the growth of *Salmonella* on cherry tomatoes during storage at 10 and 25 °C. Error bars denote standard deviations.

• 호기성 균 및 효모·곰팡이

- 저장 0일 차 코팅되지 않은 방울토마토의 총 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도는 각각  $2.9 \pm 0.1$ 과  $3.0 \pm 0.3$  CFU/cherry tomato였던 반면에 키토산 코팅 방울토마토와 GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토에서는 총 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도 모두 검출한계 ( $1.0 \log$  CFU/cherry tomato) 이하로 검출되었음 ( $p < 0.05$ ).
- 저장 온도  $10^\circ\text{C}$ 의 경우, 코팅되지 않은 방울토마토에 존재하는 총 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도는 저장 기간 동안 증가하며 각각 2.8-5.3, 3.0-5.0 log CFU/cherry tomato로 검출되었음 ( $p < 0.05$ ). 반면에 키토산 코팅 방울토마토와 GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토의 총 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도는 저장 3일부터 7일까지 증가하다 저장 7일부터 저장 마지막 날인 28일까지 유지되었음 ( $p > 0.05$ ).
- 저장 온도  $25^\circ\text{C}$ 의 경우, 코팅되지 않은 방울토마토, 키토산 코팅 방울토마토, GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토에 존재하는 총 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도는 저장 기간이 길어질수록 증가되었는데, 키토산 코팅 방울토마토와 GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토의 총 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도는 저장 기간 동안 코팅되지 않은 방울토마토의 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도보다 낮았음. 특히 GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토의 호기성균의 농도가 키토산 코팅 방울토마토 보다 더욱 낮았음.



**Fig. 12-5.** Effects of chitosan-based colloid coatings with and without GSE on the growth of total mesophilic aerobes on cherry tomatoes during storage at  $10^\circ\text{C}$  and  $25^\circ\text{C}$ . Error bars denote standard deviations.

○ 이화학적 특성 분석

a. 중량 감소율

- 저장온도가 10°C일 경우 방울토마토의 중량 감소율은 코팅에 영향을 받지 않았음 ( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅되지 않은 방울토마토와 키토산 코팅 방울토마토보다 GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토에서 중량 감소율이 감소하였음( $p>0.05$ ).

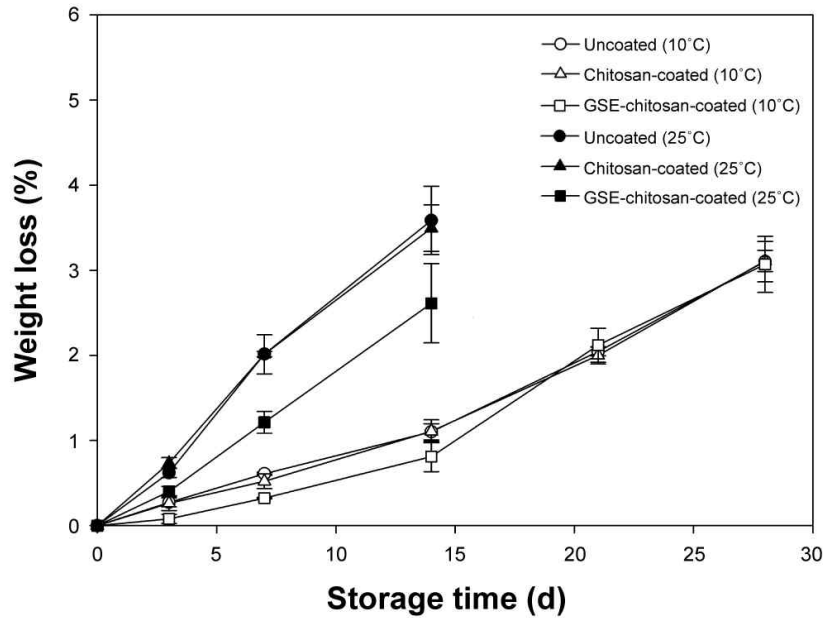
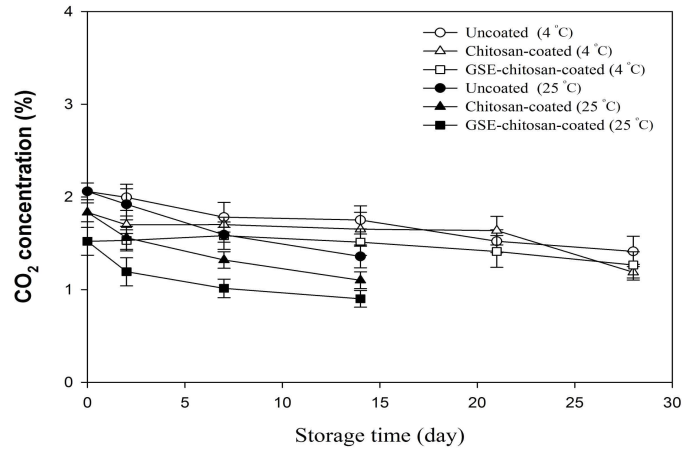


Fig. 12-6. Effects of chitosan-based colloid coatings with and without GSE on the weight loss of cherry tomatoes during storage at 10 °C and 25 °C. Error bars denote standard deviations.

b. 호흡률

- 저장 0일차 방울토마토의 호흡률은 코팅되지 않은 방울토마토, 키토산 코팅 방울토마토, GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토의 순으로 높았음.
- 저장온도가 10°C일 경우 방울토마토의 호흡률은 코팅에 영향을 받지 않았음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 저장 중 방울토마토의 호흡률은 코팅하지 않은 방울토마토, 키토산 코팅 방울토마토, GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅 방울토마토 순으로 높았음.
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅처리는 호흡률을 감소시켰는데 GSE가 혼입된 키토산 에멀션 코팅이 키토산 코팅보다 방울토마토의 호흡률을 효과적으로 감소시켰음.

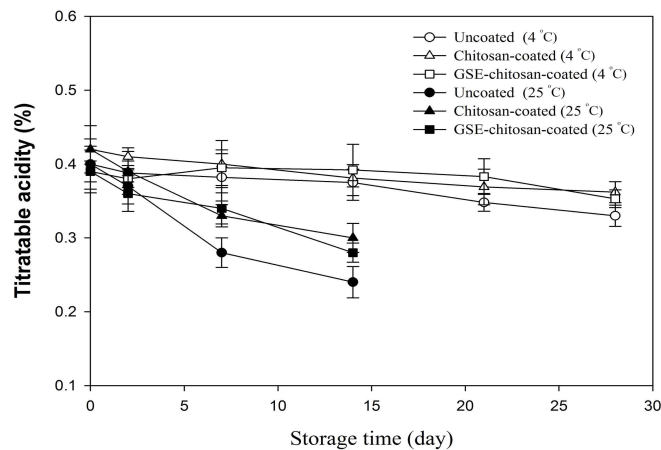




**Fig. 12-7.** Figure 5-Effects of chitosan-based colloid coatings with and without GSE on the CO<sub>2</sub> concentration in the headspace of cherrytomato-containing glass jars during storage at 10 and 25 °C. Error bars denote standard deviations.

### c. 적정 산도

- 저장 0일차 방울토마토의 적정 산도는 코팅의 영향을 받지 않았음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 10°C일 경우 방울토마토의 적정 산도는 코팅에 영향을 받지 않았음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 저장 3일차부터 코팅한 방울토마토는 GSE 혼입 여부와 관계없이 코팅하지 않은 방울토마토보다 적정 산도가 유의적으로 높았음( $p<0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅처리는 GSE 혼입 여부와 관계없이 방울토마토의 적정 산도 감소를 지연시켰음.



**Fig. 12-8.** Effects of chitosan-based colloid coatings with and without GSE on titratable acidity of cherry tomatoes during storage at 10 and 25 °C. Error bars denote standard deviations.

d. 색도

**Table 12-2.** Effects of the chitosan-based colloid coatings with and without GSE on the color and lycopene concentration of cherry tomatoes during storage at 10 and 25 °C

Temperature (°C)	Storage time (day)	Cherry tomatoes sample	Color (Hunter L, a, b)			Lycopene (mg kg <sup>-1</sup> FW)
			L	a	b	
10	0	Uncoated	29.71±0.60 <sup>ab</sup>	13.72±1.93 <sup>abc</sup>	8.82±0.72 <sup>ab</sup>	72.5±0.2 <sup>a</sup>
		Chitosan-coated	29.86±0.85 <sup>ab</sup>	14.39±2.15 <sup>abc</sup>	8.71±0.67 <sup>ab</sup>	72.7±0.4 <sup>a</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.70±0.84 <sup>ab</sup>	13.19±1.72 <sup>bc</sup>	8.67±0.61 <sup>ab</sup>	72.3±1.0 <sup>a</sup>
	3	Uncoated	30.10±0.61 <sup>abA</sup>	13.35±1.52 <sup>bcA</sup>	9.00±0.57 <sup>abA</sup>	73.6±0.2 <sup>aA</sup>
		Chitosan-coated	30.68±0.71 <sup>abA</sup>	13.46±1.86 <sup>bcA</sup>	8.56±0.84 <sup>abA</sup>	72.7±1.0 <sup>aA</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.63±0.57 <sup>abcA</sup>	12.45±1.00 <sup>cA</sup>	8.06±0.36 <sup>ba</sup>	73.4±0.3 <sup>aA</sup>
	7	Uncoated	29.53±0.61 <sup>bcA</sup>	13.23±1.04 <sup>bcA</sup>	8.63±0.45 <sup>abA</sup>	73.2±0.3 <sup>aA</sup>
		Chitosan-coated	29.72±0.94 <sup>abA</sup>	16.27±2.09 <sup>aA</sup>	9.54±0.61 <sup>aA</sup>	73.1±1.0 <sup>aA</sup>
		GSE-chitosan-coated	28.60±0.76 <sup>cA</sup>	13.78±2.17 <sup>abcA</sup>	8.71±1.09 <sup>abA</sup>	73.4±0.9 <sup>aA</sup>
	14	Uncoated	29.77±0.65 <sup>abA</sup>	14.72±1.64 <sup>abcA</sup>	8.87±0.49 <sup>abA</sup>	72.3±1.2 <sup>aA</sup>
		Chitosan-coated	30.25±0.81 <sup>abA</sup>	14.86±1.96 <sup>bcA</sup>	8.76±0.60 <sup>abA</sup>	73.4±0.7 <sup>aA</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.81±1.01 <sup>bcA</sup>	13.24±2.39 <sup>bcA</sup>	8.31±0.85 <sup>ba</sup>	72.9±2.2 <sup>aA</sup>
	21	Uncoated	29.62±0.35 <sup>bc</sup>	14.45±1.38 <sup>abcd</sup>	8.73±0.43 <sup>ab</sup>	72.3±0.6 <sup>a</sup>
		Chitosan-coated	29.42±0.64 <sup>bc</sup>	14.83±3.23 <sup>abcd</sup>	8.89±1.20 <sup>ab</sup>	71.6±1.1 <sup>a</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.45±0.62 <sup>bc</sup>	13.38±1.48 <sup>bc</sup>	8.51±0.64 <sup>ab</sup>	72.4±0.9 <sup>a</sup>
	28	Uncoated	29.71±0.60 <sup>bc</sup>	14.39±1.49 <sup>abc</sup>	8.51±0.52 <sup>ab</sup>	72.9±0.8 <sup>a</sup>
		Chitosan-coated	30.22±0.95 <sup>ab</sup>	15.53±2.09 <sup>ab</sup>	8.85±0.92 <sup>ab</sup>	72.1±0.8 <sup>a</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.71±1.01 <sup>ab</sup>	12.69±2.33 <sup>bc</sup>	8.30±1.04 <sup>b</sup>	71.1±1.0 <sup>a</sup>
25	0	Uncoated	29.71±0.60 <sup>c</sup>	13.72±1.93 <sup>abc</sup>	8.82±0.72 <sup>abc</sup>	72.5±0.2 <sup>a</sup>
		Chitosan-coated	29.86±0.85 <sup>abc</sup>	14.39±2.15 <sup>ab</sup>	8.71±0.67 <sup>abc</sup>	72.7±0.4 <sup>a</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.70±0.84 <sup>c</sup>	13.19±1.72 <sup>abc</sup>	8.67±0.61 <sup>abc</sup>	72.3±1.0 <sup>a</sup>
	3	Uncoated	30.18±0.83 <sup>abcA</sup>	14.11±1.94 <sup>abA</sup>	9.09±0.64 <sup>abA</sup>	72.3±1.9 <sup>aA</sup>
		Chitosan-coated	31.14±1.12 <sup>abA</sup>	15.93±2.61 <sup>ab</sup>	9.14±0.78 <sup>abA</sup>	72.6±1.2 <sup>aA</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.76±0.94 <sup>cA</sup>	12.34±1.32 <sup>bcA</sup>	8.26±0.72 <sup>bcA</sup>	72.2±1.3 <sup>aA</sup>
	7	Uncoated	29.96±1.02 <sup>abcA</sup>	15.09±1.79 <sup>abB</sup>	9.08±0.94 <sup>abA</sup>	71.6±0.2 <sup>aA</sup>
		Chitosan-coated	30.39±1.19 <sup>abcA</sup>	14.44±2.40 <sup>abA</sup>	9.13±0.68 <sup>abA</sup>	72.5±2.3 <sup>aB</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.16±0.52 <sup>cA</sup>	11.22±0.64 <sup>cb</sup>	7.97±0.46 <sup>cA</sup>	72.1±1.2 <sup>aA</sup>
	14	Uncoated	30.18±0.83 <sup>abcA</sup>	15.95±1.96 <sup>abA</sup>	9.31±0.84 <sup>abA</sup>	71.6±0.6 <sup>aA</sup>
		Chitosan-coated	31.18±1.06 <sup>ab</sup>	15.85±2.48 <sup>abA</sup>	9.45±0.72 <sup>ab</sup>	72.7±0.4 <sup>aA</sup>
		GSE-chitosan-coated	29.93±0.88 <sup>abcA</sup>	13.60±1.37 <sup>abcA</sup>	8.75±0.67 <sup>bcA</sup>	72.2±0.4 <sup>aA</sup>

Different superscript letters, a, b, c, in each column indicate significantly different properties at each storage temperature while values with different superscript letters, A, B, in each column are significantly different between samples of the same kind under the same storage time at different temperatures, at  $p < 0.05$ .

- 방울토마토의 라이코펜은 저장 중 코팅, 저장 온도의 영향을 받지 않았음( $p > 0.05$ ).
- 방울토마토의 색도는 저장 중 코팅, 저장 온도의 영향을 받지 않았음( $p > 0.05$ ).

**Table 12-3.** Effects of the chitosan-based colloid coatings with and without GSE on the sensory attributes of cherry tomatoes during storage at 10 and 25 °C.

Storage time (d)	Storage temperature (°C)	Coating type	Sensory attributes				
			Glossiness	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
0		Uncoated	5.8±1.4 <sup>a</sup>	6.0±1.84 <sup>a</sup>	5.7±1.1 <sup>a</sup>	5.8±1.5 <sup>a</sup>	5.9±1.2 <sup>a</sup>
		Chitosan-coated	6.1±1.5 <sup>a</sup>	6.0±1.7 <sup>a</sup>	4.6±1.4 <sup>b</sup>	5.1±1.5 <sup>a</sup>	4.7±1.4 <sup>b</sup>
		GSE-chitosan-coated	6.2±1.7 <sup>a</sup>	6.3±2.0 <sup>a</sup>	5.2±1.4 <sup>ab</sup>	4.9±1.5 <sup>a</sup>	5.2±1.8 <sup>ab</sup>
7	10	Uncoated	6.2±1.1 <sup>a</sup>	6.0±1.6 <sup>a</sup>	5.3±1.3 <sup>ab</sup>	5.0±1.2 <sup>a</sup>	5.3±1.5 <sup>ab</sup>
		Chitosan-coated	6.8±1.2 <sup>a</sup>	6.8±1.7 <sup>a</sup>	5.3±1.0 <sup>ab</sup>	5.6±1.9 <sup>a</sup>	5.6±1.8 <sup>ab</sup>
		GSE-chitosan-coated	6.8±1.2 <sup>a</sup>	6.5±1.3 <sup>a</sup>	5.1±0.6 <sup>ab</sup>	5.5±2.2 <sup>a</sup>	5.6±2.0 <sup>ab</sup>
7	25	Uncoated	6.6±1.4 <sup>a</sup>	6.8±1.5 <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND	6.0±1.5 <sup>a</sup>
		Chitosan-coated	6.1±1.9 <sup>a</sup>	6.1±2.0 <sup>a</sup>	ND	ND	5.9±1.5 <sup>a</sup>
		GSE-chitosan-coated	5.9±1.8 <sup>a</sup>	5.9±1.6 <sup>a</sup>	ND	ND	5.7±1.5 <sup>ab</sup>

<sup>a</sup>Not determined.

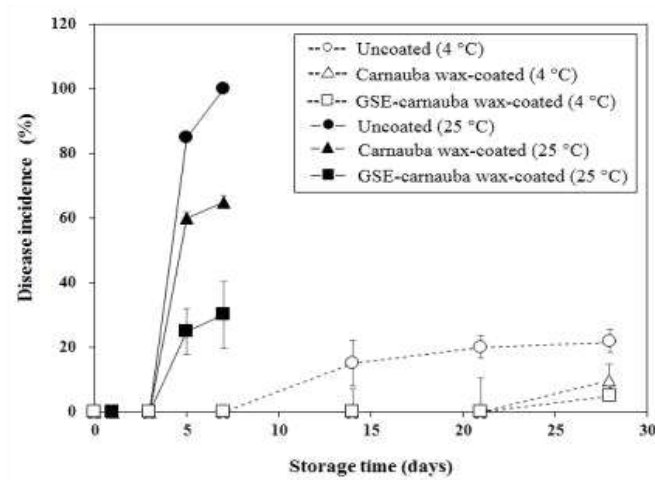
Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

## (2) 감귤

### ○ 저장 실험

#### a. 부패과 발생률

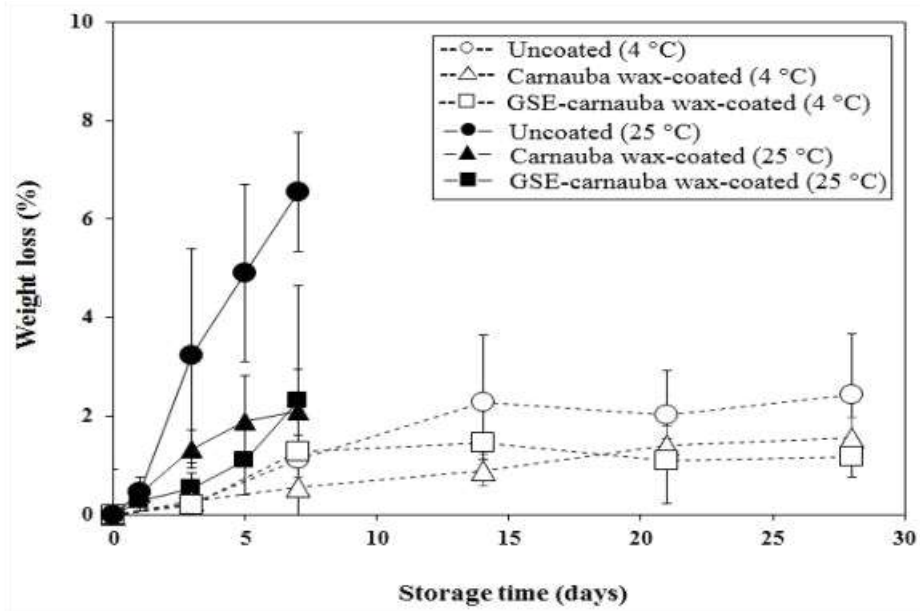
- 저장온도가 4°C일 경우 저장 14일차부터 코팅하지 않은 감귤에서 부패과가 발생한 반면 코팅한 감귤은 GSE 혼입 여부와 관계없이 저장 28차에 부패과가 발생하였음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 저장 3일차부터 코팅한 감귤은 GSE 혼입 여부와 관계없이 코팅하지 않은 감귤보다 부패과 발생률이 낮았음( $p<0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 감귤의 부패과 발생률은 코팅하지 않은 감귤, carnauba wax 코팅 감귤, GSE 혼입 carnauba wax 코팅 감귤 순으로 높았음.
- 항균물질인 GSE는 저장 중 감귤의 부패과 발생을 억제시켜 감귤의 저장성을 향상시켰음.



**Fig. 12-9.** Effects of carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE) on the inhibition of *P. italicum* on mandarin peels during storage at 4 and 25°C. Uncoated (4°C); --○--, carnauba wax-coated (4°C); --△--, GSE-carnauba wax-coated (4°C); --□--, uncoated (25°C); —●—, carnauba wax-coated (25°C); —▲—, GSE-carnauba wax-coated (25°C); —■—.

#### b. 중량 감소율

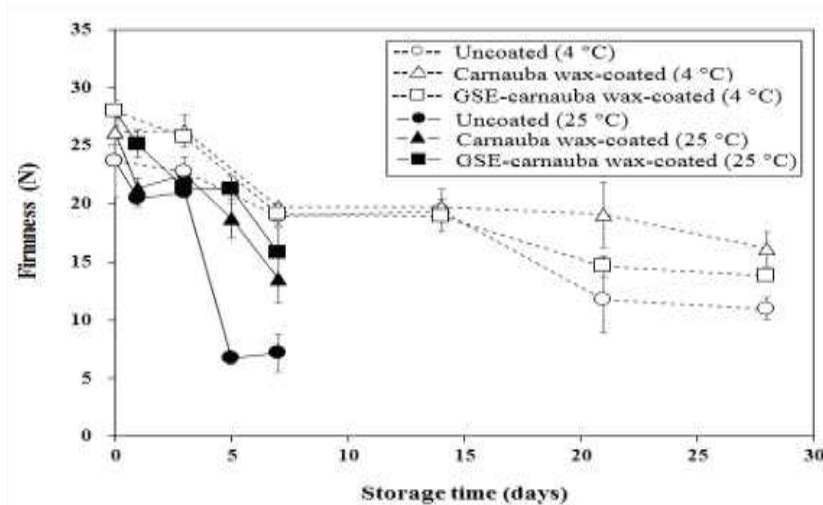
- 저장온도가 4°C일 경우 감귤의 중량 감소율은 코팅에 영향을 받지 않았음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 저장 3일차부터 코팅한 감귤은 GSE 혼입 여부와 관계없이 코팅하지 않은 감귤보다 중량 감소율이 낮았음.
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅처리하는 GSE 혼입 여부와 관계없이 감귤의 중량 감소율을 감소시켰음.



**Fig. 12-10.** Effects of carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE) on the weight loss (%) during storage at 4 and 25°C for 35 and 14 days. Uncoated (4°C); --○--, carnauba wax-coated (4°C); --△--, GSE-carnauba wax-coated (4°C); --□--, uncoated (25°C); —●—, carnauba wax-coated (25°C); —▲—, GSE-carnauba wax-coated (25°C); —■—.

**c. 경도**

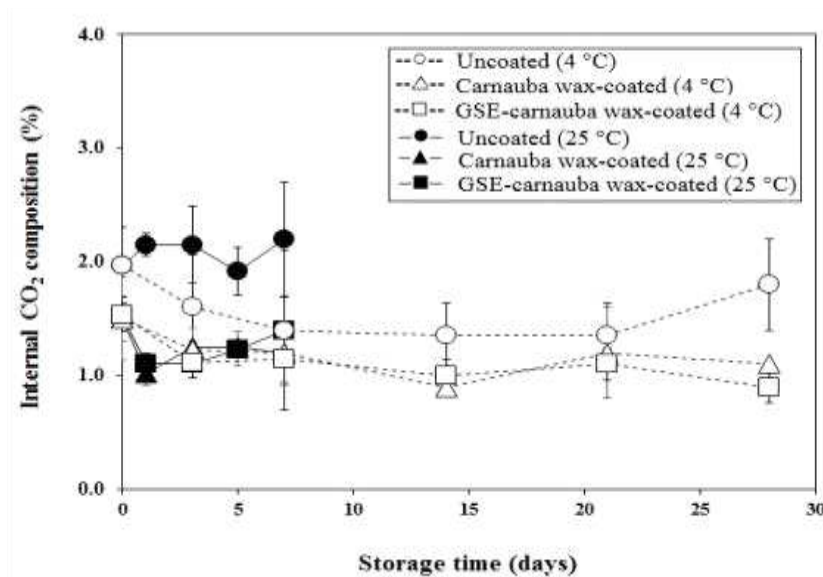
- 저장온도가 4°C일 경우 감귤의 경도는 코팅한 감귤과 코팅하지 않은 감귤 모두 저장 3일차 부터 감소하였음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 저장 일수가 증가할수록 코팅한 감귤은 GSE 혼입 여부와 관계없이 코팅하지 않은 감귤보다 경도가 유의적으로 높았음.
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅처리는 GSE 혼입 여부와 관계없이 감귤의 경도 감소를 지연시켰음.



**Fig. 12-11.** Effects of carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE) on the firmness during storage at 4 and 25°C for 35 and 14 days. Uncoated (4°C); --○--, carnauba wax-coated (4°C); --△--, GSE-carnauba wax-coated (4°C); --□--, uncoated (25°C); —●—, carnauba wax-coated (25°C); —▲—, GSE-carnauba wax-coated (25°C); —■—.

**d. 내부 기체 조성 측정(CO<sub>2</sub> 함량)**

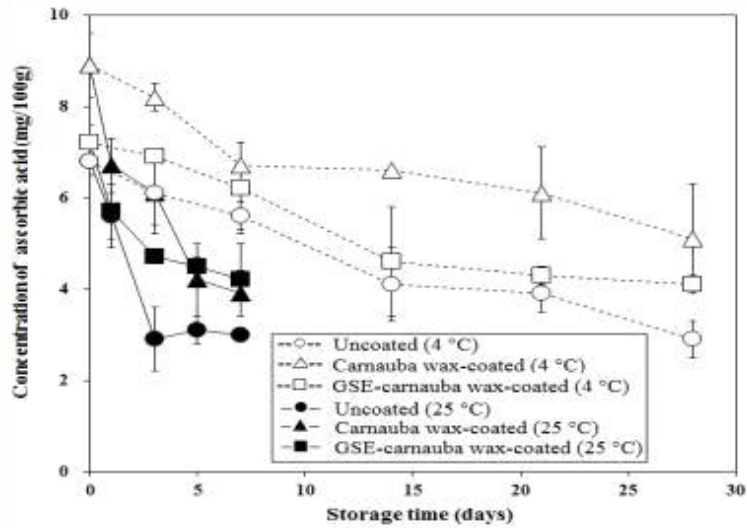
- 저장온도가 4°C일 경우 감귤의 CO<sub>2</sub> 함량은 코팅에 영향을 받지 않았음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅한 감귤은 GSE 혼입 여부와 관계없이 코팅하지 않은 감귤보다 CO<sub>2</sub> 함량이 유의적으로 높았음( $p<0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅처리는 GSE 혼입 여부와 관계없이 감귤의 호흡률을 낮췄음.



**Fig. 12-12.** Effects of carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE) on the internal CO<sub>2</sub> composition (%) during storage at 4 and 25°C for 35 and 14 days. Uncoated (4°C); --○--, carnauba wax-coated (4°C); --△--, GSE-carnauba wax-coated (4°C); --□--, uncoated (25°C); —●—, carnauba wax-coated (25°C); —▲—, GSE-carnauba wax-coated (25°C); —■—.

**f. Ascorbic acid 농도 측정**

- 저장온도가 4°C일 경우 감귤의 ascorbic acid 농도는 코팅에 영향을 받지 않았음( $p>0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 저장 일수가 증가할수록 코팅한 감귤은 GSE 혼입 여부와 관계없이 코팅하지 않은 감귤보다 ascorbic acid 농도가 유의적으로 높았음( $p<0.05$ ).
- 저장온도가 25°C일 경우 코팅처리는 GSE 혼입 여부와 관계없이 감귤의 ascorbic acid 농도의 감소를 지연시켰음.



**Fig. 12-13.** Effects of carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE) on the ascorbic acid concentration of mandarin flesh during storage 4 and 25°C. Uncoated (4°C); --○--, carnauba wax-coated (4°C); --△--, GSE-carnauba wax-coated (4°C); --□--, uncoated (25°C); —●—, carnauba wax-coated (25°C); —▲—, GSE-carnauba wax-coated (25°C); —■—.

#### h. 색도

**Table 12-4.** 자몽종자추출물(grape seed extract, GSE) 혼입 carnauba wax 코팅처리의 감귤 색상에 대한 저장 중 영향

Storage temperature (°C)	Storage time (day)	$L^*$			Hue angle		
		Uncoated	Carnauba wax-coated	GSE-carnauba wax-coated	Uncoated	Carnauba wax-coated	GSE-carnauba wax-coated
4	0	63.4±1.1 ab	64.3±1.3 ab	59.6±11.9 b	3535.7±43.4 a	3505.3±70.5 a	3590.0±75.9 a
	3	62.3±1.2 ab	62.5±2.1 ab	64.9±1.8 a	3461.5±62.9 a	3520.2±40.0 a	3579.3±37.4 a
	7	62.3±1.6 ab	62.4±0.7 ab	63.2±0.9 ab	3610.7±47.8 a	3548.6±18.6 a	3495.8±23.4 a
	14	63.4±1.3 ab	64.4±1.3 ab	63.3±0.8 ab	3527.2±33.9 a	3545.6±34.1 a	3552.2±55.5 a
	21	64.4±0.6 ab	65.2±1.5 a	65.1±0.7 a	3540.9±21.0 a	3441.2±134.6 a	3570.3±143.5 a
25	0	63.4±1.1 ab	64.3±1.3 ab	59.6±11.9 b	3535.7±43.4 a	3505.3±70.5 a	3590.0±75.9 a
	1	63.7±1.7 b	63.2±0.8 b	64.6±0.3 b	3494.9±87.8 a	3448.1±39.7 a	3572.3±28.9 a
	3	64.7±1.7 ab	62.3±1.2 ab	63.3±1.4 ab	3504.0±84.7 a	3432.8±31.1 a	3591.7±56.0 a
	5	65.0±7.1 ab	62.8±1.4 ab	63.6±1.1 ab	3446.2±72.5 a	3422.0±56.9 a	3452.1±54.9 a
	7	64.2±1.8 ab	63.3±2.4 ab	64.0±0.9 ab	3542.8±168.6 a	3519.3±34.3 a	3581.9±37.5 a

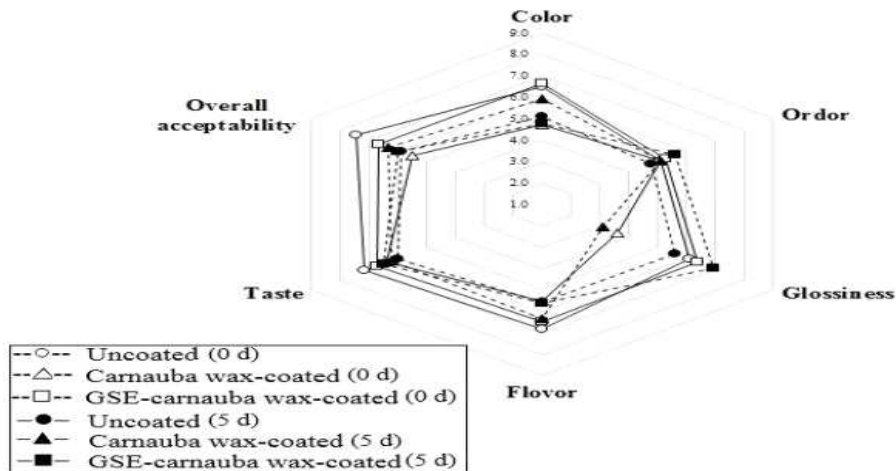
<sup>a</sup> Different letter within a column are significantly different ( $P > 0.05$ ).

- 저장 기간 동안 색도의  $L^*$  값은 59.6-65.2 범위에서 측정되었고, 색상각의 경우 3446.2-3610.7범위에서 측정되었음.
- 감귤의  $L^*$  값과 색상각은 저장 중 코팅, 저장 온도의 영향을 받지 않았음( $p>0.05$ ).



**i. 관능검사**

- 코팅 처리 여부, 저장 여부와 관계없이 모든 감귤 시료의 색깔과 맛은 유의적인 차이가 나타나지 않았음( $p>0.05$ ).
- 감귤의 저장 일수와 관계없이 carnauba wax-coated 시료와 GSE-carnauba wax 코팅 시료의 광택은 코팅 처리하지 않은 감귤 시료에 비해 유의적으로 높은 점수를 나타냈음( $p<0.05$ ).



**Fig. 12-14.** Effects of carnauba wax (CW) coating incorporating grapefruit seed extract (GSE) on the sensory evaluation for 0 and 5 days, respectively. Score indication: 1-dislike extremely, 2-dislike very much, 3-dislike moderately, 4-dislike slightly, 5-neither like nor dislike, 6-like slightly, 7-like moderately, 8-like very much, 9-like extremely.

**6. 현장 적용에 적합한 항균 코팅제와 농산물 결정**

**(1) 항균코팅제 결정**

**○ 결정근거**

**① 항균효과**

- GSE가 혼입된 키토산은 방울토마토에 접종된 Salmonella를 3.8 log CFU/mL에서 1.5 log CFU/mL로 감소시킨 반면 GSE가 혼입된 carnauba wax는 감귤의 *P. italicum* 발생률을 76% 감소시켰음.

**② 입자크기**

- GSE가 첨가된 carnauba wax의 입자크기는 78-780 nm 이하를 유지한 반면 GSE가 첨가된 키토산의 입자크기는 1375-1630 nm을 유지함으로써 GSE가 첨가된 carnauba wax의 입자크기가 GSE가 첨가된 키토산의 입자크기보다 작았음. GSE가 첨가된 carnauba wax는 입자크기가 작으므로 상대적으로 높은 분산 안정성을 기대할 수 있음.

### ③ 경제성

- 현재 시그마알드리치에서 carnauba wax는 g당 252원인 반면 키토산은 g당 1,840원으로 키토산은 carnauba wax의 7배 이상 단가가 높아 경제성이 떨어짐.

### ④ 현장 적용성

- 현재 carnauba wax는 상업적으로 감귤코팅에 적용되는 반면 키토산은 코팅에 대해 많은 연구가 되었음에도 높은 단가 등으로 인해 상업적으로 이용되지 않았음.

### ⑤ 식용 적합성

- Carnauba wax와 키토산은 모두 식용에 적합함. 하지만 키토산은 장기 섭취의 경우 지용성 비타민 A, D, E, K의 부족을 초래할 수 있고, 조개류 등에 대한 알레르기가 있거나, 비타민과 미네랄을 흡수하는데 이상이 있는 사람은 섭취가 제한됨.

## ○ 결정된 항균코팅제

- 상기 '항균효과', '입자크기', '경제성', '현장 적용성', 그리고 '식용 적합성' 결과를 바탕으로 항균코팅제는 GSE가 혼입된 carnauba wax로 결정하였음.

## (2) 과채류 결정

### ○ 결정근거

#### ① 저장 중 과채류의 항균효과

- 코팅은 저장 중 감귤의 부패과 발생률을 감소시켰고, 저장 중 방울토마토에 접종된 Salmonella를 저해시켰음.

#### ② 중량 감소율

- 25°C에서 7일간 저장했을 때 코팅은 감귤의 중량 감소율을 4% 저하시켰지만 방울토마토는 1% 저하시켰음.

#### ③ 호흡률

- 25°C에서 7일간 저장했을 때 코팅은 감귤의 호흡률을 0.8% 저하시켰지만 방울토마토의 호흡률은 0.5% 저하시켰음.

#### ④ pH 및 적정산도

- 25°C에서 7일간 저장했을 때 코팅은 방울토마토의 적정산도 저하를 지연시킨 반면 감귤의 적정산도에는 영향을 미치지 않았음.



⑤ 생리활성물질

- 25°C에서 7일간 저장했을 때 코팅은 방울토마토의 라이코펜에 영향을 주지 않은 반면 감귤의 총 페놀성 함량 및 항산화능의 감소를 지연 시켰음.

⑥ 관능검사

- 감귤과 방울토마토를 코팅하여 25°C에서 저장하였을 때 코팅한 방울토마토는 광택, 색, 냄새, 향미, 맛, 그리고, 전반적인 기호도가 코팅하지 않은 방울토마토와 유의적인 차이가 없었음. 반면 코팅한 감귤은 코팅하지 않은 감귤에 비해 색, 냄새, 향미, 맛, 그리고, 전반적인 기호도가 유의적인 차이가 없었지만 광택의 선호도가 유의적으로 높았음.

○ 결정된 과채류

- 상기 '저장 중 과채류의 항균효과', '부패과 발생률', '중량 감소율', '호흡률', '적정산도', '색도', 'ascorbic acid', 그리고 '관능검사' 결과를 바탕으로 과채류는 감귤로 결정하였음.

## 요약

### 1. 농산물 코팅용 가식성 소재 결정

#### ○ 과채류 선정

- 양상추, 무순, 방울토마토, 감귤 중 carnauba wax, 키토산, 알긴산나트륨, 또는 메틸셀룰로오스 등의 코팅제에 적용 후 외관상 보기 좋고 균일하게 적용되며 향에 대한 영향이 적었던 방울토마토와 감귤을 코팅 적용 대상 농산물로 선정하였음.

#### ○ 방울토마토

- Carnauba wax, 키토산, 알긴산나트륨, 또는 메틸셀룰로오스 중 키토산 코팅이 코팅 직후와 상온 저장 후 방울토마토의 색과 광택에 부정적인 영향을 주지 않아 키토산을 방울토마토에 적용할 코팅용 가식성 소재로 결정하였음.

#### ○ 감귤

- Carnauba wax, 키토산, 알긴산나트륨, 또는 메틸셀룰로오스 중 carnauba wax 코팅이 코팅 직후와 상온 저장 후 감귤의 색, 광택, 향미, 그리고 전박적인 기호도를 높여 carnauba wax를 감귤에 적용할 코팅용 가식성 소재로 결정하였음.

### 2. 향균 코팅에 사용할 향균 물질 및 향균 가식성 코팅액 제형 결정

#### ○ 방울토마토

- 키토산 코팅에 사용된 향균 물질인 GSE, RO, OE 중 가장 높은 향균 효과를 보여준 GSE를 향균 코팅에 사용할 향균 물질로 결정하였음.
- 키토산 코팅에 GSE를 농도별로 혼합한 결과 1% 농도의 GSE를 혼합한 키토산 코팅액은 저장 중 GSE의 입자 크기와 제타 전위에 유의적인 영향을 주지 않았음. 따라서 1% 농도의 GSE를 혼합한 키토산 코팅액을 방울토마토에 적용할 향균 가식성 코팅액의 제형으로 결정하였음.

#### ○ 감귤

- Carnauba wax 코팅에 사용된 향균 물질인 활성 칼슘, GSE, OE 중 활성 칼슘은 carnauba wax 코팅액에 용해시키기 어려워 향균 물질로 사용할 수 없었음.
- Carnauba wax 코팅에 사용된 향균 물질인 GSE, OE를 carnauba wax에 농도별로 혼합한 결과 GSE와 OE를 각각 0.5%씩 혼합한 코팅액과 GSE를 1% 혼합한 코팅액이 가장 높은 향균 효과를 보여 향균 코팅에 사용할 향균 물질 후보로 결정하였음.
- GSE와 OE를 각각 0.5%씩 혼합한 carnauba wax 코팅액과 1% GSE를 혼합한 carnauba wax 코팅액 중 저장 기간 동안 제타 전위와 분산 안정성에 유의적인 영향을 주지 않은 1% GSE를 혼합한 carnauba wax 코팅액을 감귤에 적용할 향균 가식성 코팅액의 제형으로 결정하였음.

### 3. 개발된 코팅이 적용된 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장 특성에 대한 영향 연구

#### ○ 방울토마토

- 저장 온도가 10°C인 경우 1% GSE가 혼입된 키토산 코팅은 저장 중 방울토마토에 접종된 Salmonella 성장을 억제시켜 방울토마토의 미생물 안정성을 향상시켰음.
- 저장 온도가 10°C인 경우 1% GSE가 혼입된 키토산 코팅은 저장 중 방울토마토에 있는 총 호기성균과 효모 및 곰팡이의 농도를 모두 검출한계(1 log CFU/cherry tomato) 이하로 감소시켜 미생물 안정성을 향상시켰음.
- 저장 온도가 10°C인 경우 1% GSE가 혼입된 키토산 코팅은 방울토마토의 중량감소율, 호흡률, 적정 산도에 영향을 주지 않았고, 저장 온도 25°C에서는 코팅에 의해서 중량감소율, 호흡률, 적정 산도가 효과적으로 감소하였음.
- 키토산 코팅은 방울토마토의 색도, pH, 라이코펜, 그리고 관능적인 기호도에 영향을 주지 않았음.

#### ○ 감귤

- 저장 중 1% GSE가 혼입된 carnauba wax 코팅은 감귤의 부패과 발생을 효과적으로 억제시켜 감귤의 저장성을 향상시켰음.
- 저장 온도가 25°C인 경우 GSE 혼입 여부와 관계없이 carnauba wax 코팅에 의해서 감귤의 중량감소율, 경도, 내부 CO<sub>2</sub> 함량, 총 페놀성 함량 및 항산화능은 유지하였으나 감귤의 ascorbic acid 농도와 관능적인 기호도는 증가하였음.
- Carnauba wax 코팅과 저장 온도는 감귤의 당도, pH 및 적정 산도, 색도에 영향을 주지 않았음.

### 4. 현장 적용에 적합한 항균 코팅제와 농산물 결정

#### ○ 항균 코팅제 결정

- 항균 효과, 입자크기, 경제성, 현장 적용성, 식용 적합성을 종합적으로 고려하여 현장 적용에 적합한 항균코팅제는 1% GSE가 혼입된 carnauba wax로 결정하였음.

#### ○ 농산물 결정

- 저장 중 과채류의 항균효과, 중량 감소율, 호흡률, pH 및 적정산도, 생리활성물질, 관능검사 결과를 바탕으로 현장 적용에 적합한 농산물은 감귤로 결정하였음.

## 제 13절 농산물 표면 살균 병합 기술 개발

### 1. 연구의 필요성

- 감귤류는 전 세계적으로 가장 많이 생산되는 과종으로서 일반적으로 수확, 운반 또는 포장 공정 동안 발생하는 과피의 상처를 통해 푸른곰팡이인 *P. digitatum*이 발병함. 기존의 처리 방안은 출하 전의 포장 공정에서 감귤류를 합성 왁스 또는 화학적 살진균제로 침지 또는 분사 처리 해왔음.
- 활성칼슘(highly activated calcium oxide, CaO)은 가리비 껍데기를 700°C이상의 고온에서 열처리한 후 전기분해하여 만들어진 천연 항균제임. 선행연구에 따르면 0.05% CaO로 10분 동안 처리하였을 때 약 99%의 *Escherichia coli*와 같은 병원균을 저해시켰고, CaO가 식물체 및 수확 후 발생하는 과실의 저장병해를 감소시키는 천연 항균물질로서 사용될 것이라고 발표된 바 있음.
- Cold plasma 처리 중에 생성되는 활성 라디칼, 전자, UV, 그리고 이온이 미생물을 저해시키면서 살균효과를 냄.
- 항균코팅은 과일 표면에 수분, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, 수증기, 그리고 아로마 성분 등을 위한 얇은 층(layer)을 형성하기 때문에, 장기저장 동안 과채류의 호흡률과 노화 지연, 조직감과 향의 보존이 가능한 것으로 알려져 있음.
- 가스치환포장처리는 신선도를 유지하고 유통기한 연장에 필수적인 포장지 내 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도를 조절하는 기술임. 이 기술은 주로 저장기간 동안 포장지 내에서 저 산소, 고 이산화탄소를 형성하여 과채소의 부패를 감소시키고, 유통기한을 연장 시킬 수 있으며, 사과, 배, 신선 편이식품 저장에 효과적으로 적용되고 있음.
- 활성칼슘 처리와 cold plasma 처리 또는 항균코팅 병합처리 그리고 가스치환포장을 병합하여 효과적인 농산물 표면 살균 및 저장성 향상 기술을 개발 할 수 있을 것임.

## 2. 연구방법

### 가. 고효율 세척 기술 등 1, 2 협동에서 개발한 기술과 cold plasma 처리를 병합한 표면 처리 기술 개발

#### (1) 과채류 선정

- 선행연구를 통해 산지에서 제어되어야하는 신선 농산물 4종의 cold plasma 효과를 비교하여 미생물 저해효과와 저장 중 품질특성 유지 효과가 좋은 감귤을 대상 과일로 선정하였음.

#### (2) 최적 병합 처리 설정을 위한 처리 방법 연구

- 최적 병합처리 설정을 위해 각 협동기관이 개발한 처리 방법 중에 미생물 저해 효과가 가장 높은 처리 방법들을 선정하였음.
- 선정된 처리 방법을 감귤에 적용하여 미생물 저해 효과를 확인하였음.

### ○ 각 기관 별 병합실험

#### ① 감귤 표면의 미생물 저해를 위한 흑마늘박 처리방법(충남대학교 개발 기술)

##### a. 시료준비

- 감귤(*Satusma mandarin*)은 제주도 제주시 비가림 소재의 온실 시설에서 12-1월에 수확되었음. 감귤은 구입 즉시 5°C의 냉장고로 옮겨 실험에 사용하기 전까지 보관하였음. 물리적인 상처가 있거나 곰팡이에 감염되었거나 부패가 진행된 감귤은 제거한 후, 2S 사이즈(40 ± 5 g)의 건전한 과실을 선별하여 본 실험에서 사용하였음.

##### b. 흑마늘 박 세척용액 준비

- 진공 건조기(C-DV, Chang Shin Scientific Co., Seoul, Korea)(60 cmHg, 70°C)에서 건조된 흑마늘 박과 -50°C에서 동결건조(Lyph-lock® 6, Labconco, Kansas, MO, USA)한 흑마늘박을 준비하여 건조된 시료 50 g과 메탄올(80%) 1 L를 각각 혼합한 후 상온에서 3시간 동안 교반하였음. 메탄올에 추출한 시료를 Whatman filter paper No.4 (Whatman, UK)을 이용하여 여과한 후 여과액을 농축기(Rotavapor R-3, Buchikorea CO., Seoul, Korea)로 감압 농축하여 세척 적용을 위한 천연물질을 준비하였음.

##### c. 흑마늘박 세척용액의 세척방법

- 진공건조와 동결건조한 각각의 농축액 2.5 g을 500 mL의 멸균 증류수에 혼입하여 0.5% (w/v)의 세척수를 준비하였음. 멸균백(710 mL Whirl-Pak® Write-On Bags, Nasco Co.,

Fort Atkinson, WI, USA)에 시료를 넣고 100 mL의 세척액을 분주하여 3분 간 shaking (3shakes/s) 한 후 1시간 동안 건조하였음.

#### d. 미생물 생육 측정

- 풍건된 시료를 멸균백 (710 mL Whirl-Pak® Write-On Bags, Nasco Co.)에 넣어 3 분간 탁분 한 후 10배 희석하였음. 희석한 시료 중 총 호기성 세균은 plate count agar (PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)에 도말하여 37°C에서 2일간 배양하고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar (PDA, Difco Co.)에 도말 한 후 25°C에서 2-3일간 배양하였음. 배양 후 배양된 배지들의 콜로니를 계수하여 검출된 미생물 수는 시료 1 mL당 colony forming unit (CFU)로 나타내었음.

### ② 감귤 표면의 미생물 저해를 위한 활성칼슘 처리와 전해수 처리(강원대학교 개발 기술)

#### a. 시료준비

- 감귤(*Satusma mandarin*)은 '1.(2).①.a. 시료준비'에서 이용한 시료와 동일하였으며, 선별된 감귤 표면에 있는 토착미생물을 제거하기 위해 감귤 표면을 70% (v/v) ethanol으로 가볍게 닦은 후 멸균 증류수로 2회 세척하였음. 세척을 마친 감귤은 클린 벤치(SterilGARD; Baker Company, Inc., Sanford, ME, USA)에서 1시간 동안 자연 건조시켰음.

#### b. 접종원 준비

- 국립농업유전자원센터(Jeongju, Korea)에서 제공받은 *Penicillium digitatum* (KACC 40822)은 10% (w/v) tartaric acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 넣은 acidified potato dextrose agar (PDA; Difcoc Co.)에 도말하여 25±1 °C에서 7일 동안 배양하였음. 배양된 균에 멸균된 0.1% tween-80 용액 10 mL를 분주한 후 만든 현탁액을 15 mL을 멸균된 거즈로 여과시킨 후 hemocytometer (Paul Marienfeld GmbH & Co., KG, Lauda-Konigshofen, Germany)를 통해서 관찰한 *P. digitatum*의 포자수는 7.5±0.1 log spores/mL이었음. 0.1% Tween-80 용액에 현탁된 *P. digitatum*은 0.1% (w/v) 멸균수 (Difco Co.)를 이용하여 10,000 rpm에서 1분 동안 3번 세척되었음. 세척된 *P. digitatum* (약 7.5 log spores/mL) 현탁액은 0.1% peptone water (Difco Co.)를 이용하여 6.0 log spores/mL로 희석하여 접종원으로 준비하였음.

#### c. Dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma (DACP) 시스템

- Dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma (DACP) 처리 장치 (SWU-4, Seoul Women's University, Seoul, Korea)의 구성 장비는 power supplier, slidacs/auto transformer/voltage variac, voltmeter, electrode, 그리고 borosilicate plate로 구성되어 있음

(Fig. 13-1.). Plasma는 voltmeter로 조절되어 흐르는 전류에 의해 electrode 와 borosilicate plate 사이에서 발생됨.

**d. 처리조건 설정**

- DACP 처리 시스템은 SWU-4 (Seoul Women's University)를 이용하여 borosilicate plate와 전극 사이에 포장된 샘플을 놓고 처리하는 방식이었음. 감귤 표면에 접종된 *P. digitatum* 제거의 최적 처리 조건을 선정하기 위해 처리 전압 34.0 kV과 35.2 kV에서 각각 2, 3, 그리고 4분과 1, 2분 동안 처리하였음. 한 번 처리 시 사용된 궤는 5개였고, 3회 처리하였으며, 2회 반복 실험하였음.

**e. 처리방법**

- 궤의 2곳에 6.0 log spores/mL의 *P. digitatum*을 20 µL씩 접종한 후 1시간 동안 건조하였음(Fig. 13-2). 0.2% 활성 칼슘 수용액(0.2% high active calcium oxide/distilled water (w/w), CaO), 0.5% 푸마르산/미산성 전해수(w/w) 수용액(0.5% fumaric acid/ slightly acidic electrolyzed water (w/w), FS), 그리고 0.5% 푸마르산/미산성 전해수 수용액과 0.2% 활성칼슘/중류수 수용액(0.2% CaO/distilled water (w/w)세척 후 0.5% fumaric acid/ slightly acidic electrolyzed water 세척(w/w), CFS)을 각각 멸균백 (710 mL Whirl-Pak® Write-On Bags, Nasco Co.)에 200 mL씩 분주한 뒤, 3분간 침지 세척 처리하여 시료 표면의 물기가 완전히 마를 때까지 40분 동안 건조시켰음. CFS 처리의 경우, 200 mL의 CaO에 3분간 침지 처리한 후, 200 mL의 FS에 3분간 침지 처리하여 건조하였음. 접종된 궤들은 CaO, FS, 그리고 CFS용액으로 각각 세척 한 후 PET(DL-208, 180×180×60 cm, Dong-Yang D&P, Daegu, Korea)에 5개씩 포장하여 상기 '1.(2).②.d. 처리조건 설정'의 최적조건으로 DACP 처리하였음.

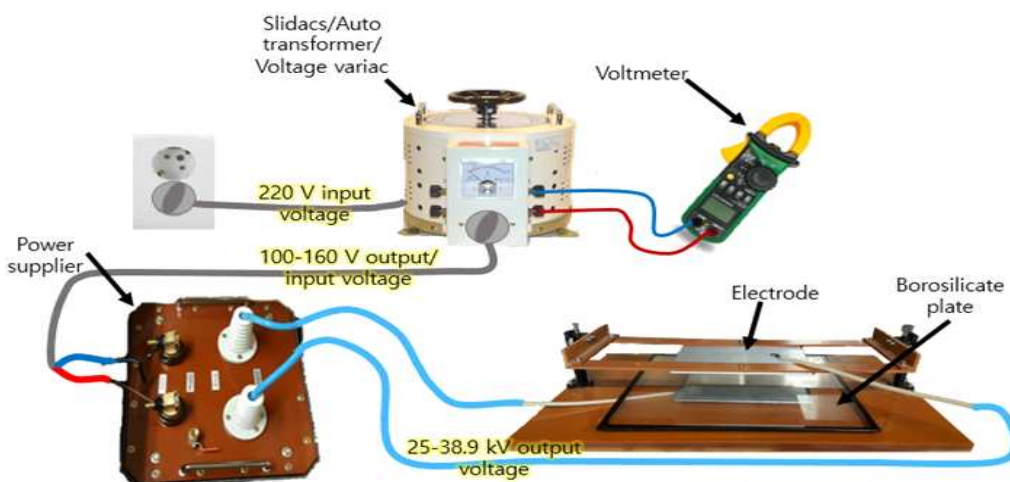


Fig. 13-1. Dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma (DACP) 시스템

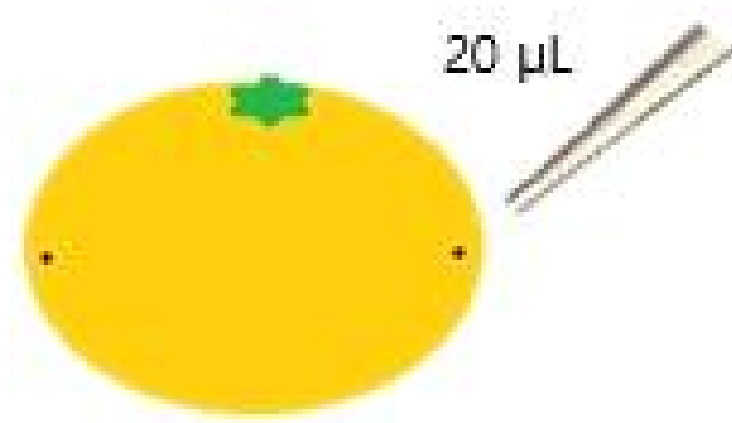


Fig. 13-2. Inoculation of *Penicillium digitatum* on surface of mandarin peel

#### f. Scanning electron microscopy (SEM)

- DACP 처리의 최적조건을 결정하기 위해 DACP 처리 직전과 직후의 감귤 껍질의 표면을 scanning electron microscopy (Field emission-SEM, FE-SEM, S-4700, Hitachi, Tokyo, Japan)으로 관찰하였음. DACP 처리 직전과 직후의 감귤 껍질은 clean bench (Hanbaek Co., Ltd, HB-402, Bucheon, Korea)에서 1시간 동안 건조시킨 뒤, 알루미늄 재질의 마운트 (mount)에 고정하여, 백금(Pt)으로 코팅시켰음.

#### g. 저장 조건

- 처리가 완료된 시료들은 증류수와 포화 염화칼륨으로 상대습도가 80-85%로 조절된 데시케 이터에 넣고 25°C의 인큐베이터에서 4일간 배양하였음.

#### h. 결과 분석

- 육안으로 관찰하였을 때 곰팡이 혹은 흰 균사가 나타난 경우 곰팡이가 발병한 것으로 구분 하여 배양 된 시료들의 결과 값은 disease incidence (%)로 계산하였음.

$$\text{Disease incidence (\%)} = \frac{\text{Number of infected wounds}}{\text{Total wounds per replicate}} \times 100$$



### (3) 선정된 병합처리에 따른 감귤의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장특성에 대한 영향 연구

- ‘(2) 최적 병합 처리조건 설정을 위한 병합 실험’의 결과를 바탕으로 저장실험을 진행하였음.

#### ○ 저장실험

- CaO-DACP 처리에 따른 감귤의 저장 중의 이화학적 품질 변화를 알아보하고자 하였음. CaO-DACP 처리 전과 후의 감귤을 각각 5개씩 PET (DL-208, 180×180×60 cm, Dong-Yang D&P.)에 넣은 후 각각 4와 25°C에서 저장하였음. 온도 4°C에서 저장한 경우 0, 7, 14, 21, 28, 그리고 35일 간, 온도 25°C에서는 0, 3, 7, 10, 그리고 14일 간 저장하여 감귤의 이화학적 품질 변화를 관찰하였음. 저장 기간 동안 측정된 이화학적 품질 특성 항목은 CaO-DACP 처리 전·후 감귤의 CO<sub>2</sub> 함량, 과육의 당도, 적정 산도, pH, 감귤 껍질의 색도, 그리고 감귤 과육의 총 페놀함량과 항산화능을 측정하였음.

#### ① 실험준비

##### a. 시료준비

- 실험에 이용된 시료는 ‘1.(2).①.a. 시료준비’와 동일하였음.

##### b. DACP 처리

- 처리 방법은 ‘1.(2).②.e. 처리방법’과 동일하였으며, 상기 결과에서 정해진 최적조건을 이용하였음.

##### c. 중량감소

- 초기 중량을 기준으로 해당 저장일에 시료의 중량을 칭량하여 얻은 중량 손실을 백분율(%)로 나타내었음.

$$\text{중량감소율}(\%) = \frac{\text{초기 중량}(g) - \text{당일 중량}(g)}{\text{초기 중량}(g)} \times 100$$

##### d. 호흡률

- 용기 덮개에 실리콘 격막이 장착된 유리 용기(1 L)내에 시료 5개를 (약 250 g)를 넣고 밀봉하였음. 25°C에서 1시간 동안 보관한 후 가스분석기(Check Point2, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)의 바늘을 유리용기 덮개 위에 있는 실리콘 격막에 꽂은 후 유리 용기 내의 CO<sub>2</sub> 함량을 측정하였음.

#### e. 당도, pH, 그리고 적정산도

- 당도 측적을 위해 CaO-DACP 처리 전·후 감귤의 껍질을 제거한 후, 과육부를 분리하였음. 분리된 감귤의 과육부는 블렌더(HR3556, Philips, Koninklijke Philips N.V., Netherland)로 30 초간 블렌딩하여 4겹의 거즈로 여과한 후, 디지털 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하였음.
- 감귤의 pH는 '1.(3).①.e. 당도'에서 취한 여과액을 pH 측정기(pH/mV/Temp meter Model PL-500, Ezodo, Taiwan)로 측정하였음. 여과액 10 g을 취해 10배로 희석한 후, 뷰렛에 분주한 0.1N 수산화나트륨(NaOH) 용액으로 pH가 8.1이 될 때까지 적정하였음. 적정에 사용된 0.1N NaOH 용액의 부피를 구연산의 양으로 환산하여 백분율로 나타내었음.

$$\text{적정산도 (\%)} = \frac{0.1\text{N NaOH의 양} \times 0.1\text{N NaOH의 역가} \times 0.0064 \times \text{희석배수}}{\text{시료의 양}} * 100$$

#### f. 총 페놀함량 및 항산화능 측정

- CaO-DACP 처리 전·후 감귤 과육의 총 페놀함량을 측정하기 위해 'e. 당도'에서 취한 상등액을 이용하였음. 감귤 과육 여과액 80  $\mu\text{L}$ 를 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 20  $\mu\text{L}$ 와 상온에서 3분 간 암소 반응시킨 후 2% (w/v)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  solution (100  $\mu\text{L}$ )을 첨가하여 상온에서 30분 간 반응시킨 뒤 750 nm에서 흡광도를 측정하였음. 시료의 총 페놀함량의 총량은 갈산(gallic acid)을 이용해 얻은 표준곡선으로 계산하여 mg gallic acid equivalents (GAE) mg/100 mL으로 나타내었음. 감귤 과육의 항산화능 측정은 95% 메탄올(Sigma-Aldrich Co.)에 0.32 mM의 DPPH(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical, Sigma-Aldrich Co.)를 용해시켜 DPPH 용액을 만들었음. DPPH 용액 100  $\mu\text{L}$ 와 총 페놀함량에서 이용한 분석 시료 100  $\mu\text{L}$ 를 혼합한 뒤, 상온에서 30분 간 암소 반응시켜 517 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였음.

#### g. 색도

- 색도는 백색 표준판(Illuminate C, 2° standard observer)으로 보정한 색차계(Minolta Chroma Meter CR-400, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 이용하였고, CaO-DACP 처리 전·후 감귤의 4방면을 측정하여 CIE  $L^*$  (lightness),  $a^*$  (redness), 그리고  $b^*$  (yellowness) 값을 얻었음.

#### h. 관능평가

- 감귤 과피의 외관(appearance), 광택(glossiness), 색(color), 그리고 향(flavor)에 대한 관능 특성을 평가하였음. 관능평가에서 Control, DACP, 그리고 CaO-DACP된 감귤을 이용하였고, 서울여대 (Seoul, Korea)의 20-29세 여성 32명이 참가하여 진행되었음. 각 시료들은 세 자리 숫자로 된 난수표를 이용하였고, 시료 제공 순서는 일정치 않았으며, 시료와 시료 간의 평가에 있어 입가심을 위한 물과 크래커를 제공하였음. 또한, 처리여부 및 방법에 따른 각각의

특성은 9점 척도법(1점: 가장 싫음, 5점: 좋지도 싫지도 않음, 9점: 가장 좋음)으로 평가하였고, 높은 숫자일수록 해당 특성의 선호도가 높은 것을 의미하였음.

#### **i. 통계분석**

- 저장 실험의 이화학적 특성 측정 항목은 2회 반복되었고 1회의 반복마다 3번의 측정이 이루어졌음. 실험을 통해 얻은 데이터들은 SPSS (Ver. 24, SPSS Inc., Chicago., IL, USA)을 이용하여 일원 분산분석(one-way ANOVA)하였고, Tukey 다중 범위 검증(Tukey's multiple range test)을 실시하여 유의수준 5%에서 시료간의 유의차를 검증하였음.

## 나. 1, 2 협동에서 개발한 기술과 항균 코팅을 병합한 표면 처리 기술 개발

### (1) 과채류 선정 이유

- 선행연구 결과에 따라 감귤 표면의 *P. italicum* 생장 억제효과가 좋으면서 관능적 특성이 높고, 저장 중 감귤의 이화학적 특성에 영향을 주지 않는 과채류를 선정하고자 하였음.
- 이에 따라 본 연구에 적합한 과채류로 감귤을 선정하였음.

### (2) 최적 병합 처리조건 설정을 위한 병합 실험

#### ○ 병합실험

#### ① 감귤 표면의 미생물 저해를 위한 활성칼슘 처리와 전해수 처리(강원대학교 개발 기술)

##### a. 시료준비

- 실험에 사용된 시료는 제주도 제주시 비자림 소재의 온실 시설에서 12-1월에 수확된 감귤 (*Satusma mandarin*)로서 크기는  $100\pm 50$  g이었고, 그 외의 시료준비는 ‘1.(2).①.a. 시료준비’와 동일하였음.

##### b. 접종원 준비

- 접종원 준비는 ‘1.(2).①.b. 접종원 준비’와 동일하였음.

##### c. 항균 코팅제 준비

- 항균 코팅제는 2차년도 목표 중 ‘항균 코팅에 사용 할 항균 물질 및 항균 가식성 코팅액 제형 결정’을 통해 결정된 제형으로 준비하였음. Carnauba wax 수용액에 1% (w/w) grape seed extract (GSE)를 첨가한 뒤, 첨가된 항균 물질 대비 25% (w/w) tween-80 용액을 혼합하였음. 혼합된 코팅액은 Ultra-Turrax 균질기(Model T25, IKA-Works Inc., Wilmington, NC, USA)를 이용하여 10,000 rpm으로 1분간 균질화하였고, 진공 펌프(GID-051, ULVAC KIKO, Inc., Yokohama, Japan)로 코팅제 내 가스를 제거하였음.

##### d. 처리방법

- 처리방법은 ‘1.(2).②.e. 처리방법’의 접종 및 세척 방법을 이용하였고, ‘2.(2).①.c. 항균 코팅제 준비’에서 제조된 코팅액에 세척된 감귤들을 각각 30초간 침지 후 꺼내어 클린벤치 (SterilGARD; Baker Company, Inc.)에서 1시간 동안 건조 시켰음. 1차 건조가 끝난 감귤은 다시 뒤집어 파이펫 에이드(Fastpette<sup>TM</sup> pro, Labnet International Inc., Edison, NJ, USA)로 감귤 뒷부분에 코팅액을 분주해 준 후, 클린벤치에서 1시간 동안 2차 건조시켰음.

**e. 저장조건**

- 저장조건은 '1.(2).②.g. 저장조건'과 동일하였음.

**f. 결과분석**

- 결과분석은 '1.(2).②.h. 분석결과'와 동일하였음.

**(3) 최적 병합처리 방법에 따른 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장특성에 대한 영향 연구**

- '1.(2). 최적 병합 처리 설정을 위한 처리 방법 연구'의 결과를 바탕으로 저장실험을 진행하였음.

**○ 저장실험**

- CaO-GSE coating 처리에 따른 저장 중 감귤의 이화학적 품질 변화를 알아보하고자 하였음. CaO-GSE coating 처리 전과 후의 감귤을 각각 3개씩 멸균백(710 mL, Whirl-Pak® Write-On Bags, Nasco Co.)에 넣은 후 4와 25°C에서 저장하였으며, 저장기간은 CaO-DACP 저장기간과 동일하였음. 저장 기간 동안 측정된 이화학적 품질 특성 항목은 CaO-GSE coating처리 전·후 곰팡이 발병률, 감귤의 경도, CO<sub>2</sub> 함량, 과육의 당도, 적정 산도, pH, 비타민 C, 감귤 껍질의 색도, 그리고 감귤 과육의 총 페놀함량과 항산화능을 측정하였음.

**① 실험준비**

**a. 시료준비**

- 시료는 '1.(2).①.a. 시료준비'와 동일하였음.

**b. 항균 코팅제 준비**

- 항균 코팅제 준비 방법은 '2.(2).①.c. 항균 코팅제 준비'와 동일하였음.

**c. 처리방법**

- 처리방법은 '2.(2).①.d. 처리방법'과 동일하였음.

**d. 곰팡이 발병률**

- 최적 병합 처리에 따른 저장 중 감귤의 곰팡이 발병률(disease incidence)은 각 저장온도와 저장기간 동안 육안으로 관찰하였을 때 접종한 wounds에서 흰 균사가 나타난 경우를 곰팡이 발병으로 구분하여 전체 감귤 시료 수 대비 백분율(%)로 발병률을 나타내었음. 접종은 '가.2.(2).e. 처리방법의 접종 및 세척방법'을 이용하였고, 처리방법은 '2.(2).①.d. 처리방법'과

동일하였음. 처리 후의 감귤은 한 개씩 멸균백 (24 oz (710 mL)Whirl-Pak® Write-On Bags, Nasco Co.)에 넣어 보관하였음.

$$\text{Disease incidence (\%)} = \frac{\text{Number of infected wounds}}{\text{Total wounds per replicate}} \times 100$$

#### e. 경도

- 감귤의 물성을 측정하기 위해 texture analyzer(TA/XT2/25, Stable Micro System Co., Ltd., Surrey, UK)를 사용하였음. 감귤의 4 방면을 지름 3 mm의 cylindrical probe를 이용하여 다음과 같은 조건으로 측정하였음. pre test speed 3.0 mm/s, test speed 3.0 mm/s, post test speed 3.0 mm/s, distance: 6 mm, trigger force: 5.0 g

#### f. 중량감소

- CO<sub>2</sub> 함량 측정법은 '1.(3).①.c. 중량감소'와 동일하였음.

#### g. 호흡률

- CO<sub>2</sub> 함량 측정법은 '1.(3).①.d. 호흡률'과 동일하였음.

#### h. 당도, pH 및 적정산도

- 당도, pH 및 적정산도 측정법은 '1.(3).①.e. 당도, pH 및 적정산도'와 동일하였음.

#### i. Ascorbic acid 농도 측정

- Ascorbic acid 농도 측정법은 '2.(3).①.h. 당도'에서 취한 여과액을 원심분리기(Supra 22K, Hanil Science Industrial, Incheon, Korea)를 이용하였음. 온도 4°C에서 10,000 ×g으로 20분간 원심분리한 후 상층액을 syringe filter (Dismic®-25CP, cellulose acetate, pore size: 0.45 μm, Advance mfs, Inc., CA, USA)로 여과하여 분석 전까지 -80°C에서 동결 보관하였음. 감귤 과육 시료의 ascorbic acid 농도는 high performance liquid chromatography (HPLC, Agilent 110 series, Agilent technologies, Santa clara, CA, USA)를 이용해 측정하였음. HPLC의 이동상 용매는 2% (v/v) acetic acid/acetonitrile (95:5 v/v)을 사용하였고, 0.8 mL/min의 유속으로 흐르게 하였음. 사용된 column은 Symmetry® C18 (5 μm, 4.6 mm × 250 mm I.D, Waters Co., MA, USA)이었으며, 온도는 23±2°C로 유지시켰음(Column oven, Shinkwang Scientific Co., Taipei Hsien, Taiwan). 분석 시료는 20 μL를 주입하여 DAD detector (UV-Vis detector, G1315B, Agilent Technologies)로 254 nm의 파장에서 ascorbic acid를 검출하였음. Ascorbic acid의 표준물질은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo., USA)에서 구매하였음.

#### j. 총 페놀함량 및 항산화능 측정

- CaO-GSE coating 처리 전·후 감귤 과육의 의 총 페놀함량과 항산화능을 측정하기 위한 방법은 ‘1.(3).①.f. 총 페놀함량 및 항산화능 측정’과 동일하였음.

#### k. 색도

- 색도 측정법은 ‘1.(3).①.g. 색도’와 동일하였음.

#### 1. 관능평가

- 감귤 과피의 외관(appearance), 광택(glossiness), 색(color), 과육의 맛(taste), 향(flavor), 그리고 조직감 (texture)에 대한 관능 특성을 평가하였음. 관능평가에서 untreated, GSE coating, 그리고 CaO-GSE coating된 감귤을 이용하였고, 서울여대 (Seoul, Korea)의 20-29세 여성 32명이 참가하여 진행되었음. 각 시료들은 세 자리 숫자로 된 난수표를 이용하였고, 시료 제공 순서는 일정치 않았으며, 시료와 시료 간의 평가에 있어 입가심을 위한 물과 크래커를 제공하였음. 또한, 처리여부 및 방법에 따른 각각의 특성은 9점 척도법(1점: 가장 싫음, 5점: 좋지도 싫지도 않음, 9점: 가장 좋음)으로 평가하였고, 높은 숫자일수록 해당 특성의 선호도가 높은 것을 의미하였음.

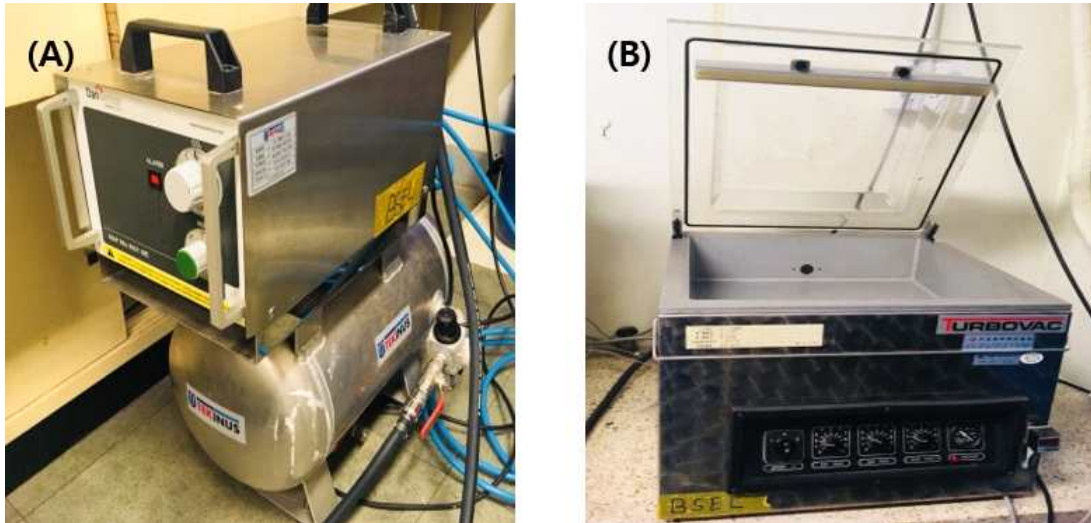
#### m. 통계분석

- 저장 실험의 이화학적 특성 측정 항목은 2회 반복되었고 1회의 반복마다 3번의 측정이 이루어졌음. 실험을 통해 얻은 데이터들은 SPSS (Ver. 18, SPSS Inc., Chicago., IL, USA)을 이용하여 일원 분산분석(one-way ANOVA)하였고, Tukey 다중 범위 검증(Tukey's multiple range test)을 실시하여 유의수준 5%에서 시료간의 유의차를 검증하였음.

### 다. 최적의 표면 처리 기술과 MAP 병합 처리를 통한 산지적용 농산물 병합 살균 기술 개발

#### (1) Cold plasma를 이용한 최적 표면 처리 기술 및 MAP 병합 처리

- Modified atmosphere packaging 실험을 위해 기체 조성을 결정하는 예비실험을 하였음. MAP 효과 확인 및 조건 최적화를 위하여 나일론/저밀도 폴리에틸렌(nylon/low-density polyethylene, N/N/LDPE) 필름 포장지에 시료를 담은 후 가스혼합기 (MAP Mix 9001, PBI-Dansensor, Rignated, Denamrk)와 포장기(SB415, Turbovac Co., s-Hertogenbosch, Netherlands)를 이용하여 처리된 시료들을  $O_2$  (%): $CO_2$  (%): $N_2$  (%) =  $9.9\pm 0.2$ :  $2.1\pm 0.1$ :  $88.0\pm 0.3$  또는 air로 충전한 다음 열접착으로 밀봉하였음.



**Fig. 13-3.** Modified atmosphere packaging system (A); the gas composition system (B); gas supplying and sealing system

○ 저장실험

- CaO-DACP 처리에 따른 감귤의 저장 중의 이화학적 품질 변화를 알아보려고 하였음. CaO-DACP 처리 전과 후의 감귤을 각각 3개씩 N/LDPE 필름(25×35 cm)에 넣은 후 포장기(SB415, Turbovac Co)로 air또는 MA 포장을 하여 4와 25°C에서 저장하였음. 온도 4°C에서 저장한 경우 0, 7, 14, 21, 28, 그리고 35일 간, 온도 25°C에서 저장한 경우 0, 3, 7, 10, 그리고 14일 간 이화학적 품질 변화를 관찰하였음. 저장 기간 동안 측정된 이화학적 품질 특성 항목은 CaO-DACP 처리 전·후 감귤의 CO<sub>2</sub> 함량, 가스조성, 과육의 당도, 적정 산도, pH, 감귤 껍질의 색도, 그리고 감귤 과육의 총 페놀함량과 항산화능을 측정하였음. 각 측정법은 ‘가.2. 최적 병합처리 방법에 따른 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장특성에 대한 영향 연구’의 저장실험 방법과 동일하였으나, 측정항목 중 ‘가스조성’이 추가되었음.

① 실험준비

a. 시료준비

- 시료는 ‘1.(2).①.a. 시료준비’와 동일하였음.

b. DACP 처리

- DACP 처리는 ‘1.(3).①.b. DACP 처리’와 동일하였음.

c. 중량감소

- 중량감소 측정은 ‘1.(3).①.c. 중량감소’와 동일하였음.



**d. 호흡률**

- 호흡률 측정은 ‘1.(3).①.d. 호흡률’과 동일하였음.

**e. 가스 조성**

- 포장지내의 가스조성 측정을 위해 가스분석기(Check Point2, PBI Dansensor)의 바늘을 N/LDPE 포장지 위에 부친 dot sticker에 꽂은 후 포장지 내의 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도를 측정하였음.

**f. 당도, pH, 그리고 적정산도**

- 감귤 과육의 당도, pH 및 적정산도 측정법은 ‘1.(3).①.e. 당도, pH 및 적정산도’와 동일하였음.

**g. 총 페놀함량 및 항산화능 측정**

- 감귤 과육의 총 페놀함량과 항산화능을 측정하기 위한 방법은 ‘1.(3).①.f. 총 페놀함량 및 항산화능 측정’의 감귤 과육 측정법과 동일하였음.

**h. 색도**

- 감귤 과피의 색도 측정법은 ‘1.(3).①.g. 색도’와 동일하였음.

**i. 통계분석**

- 통계분석은 ‘1.(3).①.h. 통계분석’과 동일하였음.

**(2) 향균 코팅제를 이용한 최적 표면 처리 기술 및 MAP 병합 처리**

**○ 저장실험**

- ‘2.(3). 최적 병합처리 방법에 따른 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장 특성에 대한 영향 연구’를 바탕으로 저장실험을 진행하였으며, ‘3.(1). cold plasma를 이용한 최적 표면 처리 기술 및 MAP 병합 처리’에 이용한 진공포장기(SB415, Turbovac Co)로 air 또는 MA 포장하였음.

**① 실험준비**

**a. 시료준비**

- 시료는 ‘2.(2).①.a. 시료준비’와 동일하였음.

**b. 항균 코팅제 준비**

- 항균 코팅제 준비 방법은 '2.(2).①.c. 항균 코팅제 준비'와 동일하였음.

**c. 처리방법**

- 처리방법은 '2.(2).①.d. 처리방법'과 동일하였음.

**d. 발병률**

- '2.(3).①.d. 발병률'과 동일하게 실험하였고, 처리 후의 감귤은 한 개씩 N/LDPE 포장지 (15×20 cm)에 넣어 air 또는 MA 포장하였음.

**e. 경도**

- '2.(3).①.e. 경도'와 동일하였음.

**f. 중량감소**

- 중량감소 측정은 '1.(3).①.c. 중량감소'과 동일하였음.

**g. 호흡률**

- 호흡률 측정은 '1.(3).①.d. 호흡률'과 동일하였음.

**h. 가스조성**

- 포장지내의 가스조성은 측정은 '3.(1).①.e. 가스조성'과 동일하였음.

**i. 당도, pH 및 적정산도**

- 당도, pH 및 적정산도 측정법은 '1.(3).①.e. 당도, pH 및 적정산도'와 동일하였음.

**j. Ascorbic acid 농도 측정**

- Ascorbic acid 농도 측정법은 '2.(3).①.i. Ascorbic acid 농도 측정'과 동일하였음.

**k. 총 페놀함량 및 항산화능 측정**

- CaO-GSE coating 처리 전·후 감귤 과육의 총 페놀함량과 항산화능을 측정하기 위한 방법은 '1.(3).①.f. 총 페놀함량 및 항산화능 측정'의 감귤 과육 측정법과 동일하였음.

**l. 색도**

- 색도 측정법은 '1.(3).①.g. 색도'와 동일하였음.

### m. 통계분석

1. 통계분석은 '2.3.①.m. 통계분석'과 동일하였음.

### 3. 고효율 세척 기술 등 1, 2 협동에서 개발한 기술과 cold plasma 처리를 병합한 표면 처리 기술 개발

#### (1) 과채류 선정

- 선행연구를 통해 산지에서 제어되어야하는 신선 농산물 4종의 cold plasma 효과를 비교하여 과채류를 선정하였음.
- 선행연구 결과에 따라, 감귤에 CP 처리를 했을 시 *P. italicum* 성장과 품질 저하 억제 효과를 얻을 수 있었기에 감귤을 과채류로 선정하였음.

#### (2) 최적 병합 처리조건 설정을 위한 병합 실험

#### ① 감귤 표면의 미생물 저해를 위한 흑마늘박 처리방법(충남대학교 개발 기술)

**Table 13-1.** Effect of Black garlic pomace extract 0.5% on the inhibition of indigenous microbes on mandarin peel.

Treatment condition <sup>1</sup>	Aerobic bacteria (CFU/mL)	Yeast and molds (log CFU/mL)
Control	2.6±0.8 <sup>a</sup>	2.2±0.1 <sup>a</sup>
Vaccum	2.2±1.2 <sup>a</sup>	2.1±0.3 <sup>a</sup>
Freeze	2.4±0.8 <sup>a</sup>	2.1±0.3 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Vacuum; Black garlic pomace was dried with vacuum dryer.

Freeze; Black garlic pomace was dried with freeze dryer.

- 각 처리법에 따른 껍질의 호기성 세균 변화와 효모 및 곰팡이 변화는 유의적으로 차이가 없음 ( $p>0.05$ ).
- 상기 처리법으로는 병합처리 효과를 기대하기 어렵다고 판단하였음.

② 감귤 표면의 미생물 저해를 위한 활성칼슘 처리와 전해수 처리(강원대학교 개발 기술)

a. DACP의 최적 전압 및 시간 결정

**Table 13-2.** Effects of dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma on the inhibition of *Penicillium digitatum* on mandarin peel.

Treatment condition	Disease incidence (%)
Control	98.33±4.08a
34 kV, 2 min	93.33±8.16ab
34 kV, 3 min	88.33±11.69abc
34 kV, 4 min	90.00±15.49abc
35.2 kV, 1 min	78.33±11.69bc
35.2 kV, 2 min	73.33±25.03c

a-c Means ± SD (n=3). Means with different superscript letters are significantly different ( $p<0.05$ ) (Duncan test).

- 병합처리 전 DACP로 처리 했을 시 감귤 시료의 외관에 영향을 주지 않으면서 *P. digitatum*의 저해율이 가장 높은 최고 전압과 시간의 최적조건을 찾고자 하였음.
- 처리 결과에 따라 감귤의 곰팡이 발병률이 유의적으로 낮았던 35.2 kV, 2 min의 처리 조건을 DACP의 최적 조건으로 결정하였음.

b. 처리조건에 따른 병합처리 결과

**Table 13-3.** Effects of combined treatment with dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma (DACP) on the inhibition of *Penicillium digitatum* on mandarin peel.

Treatment condition <sup>1</sup>	Disease incidence (%) <sup>2</sup>
Control	96.7 ± 7.1 <sup>a</sup>
Cold plasma	88.9 ± 10.5 <sup>ab</sup>
CaO-cold plasma	67.5 ± 13.9 <sup>c</sup>
FS-cold plasma	85.6 ± 14.2 <sup>ab</sup>
CFS-cold plasma	74.4 ± 12.4 <sup>bc</sup>

a-c Means  $\pm$  SD (n=3). Means with different superscript letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>1</sup>CaO-cold plasma; dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma treatment after washing treatment with 0.2% CaO (w/w) water solution

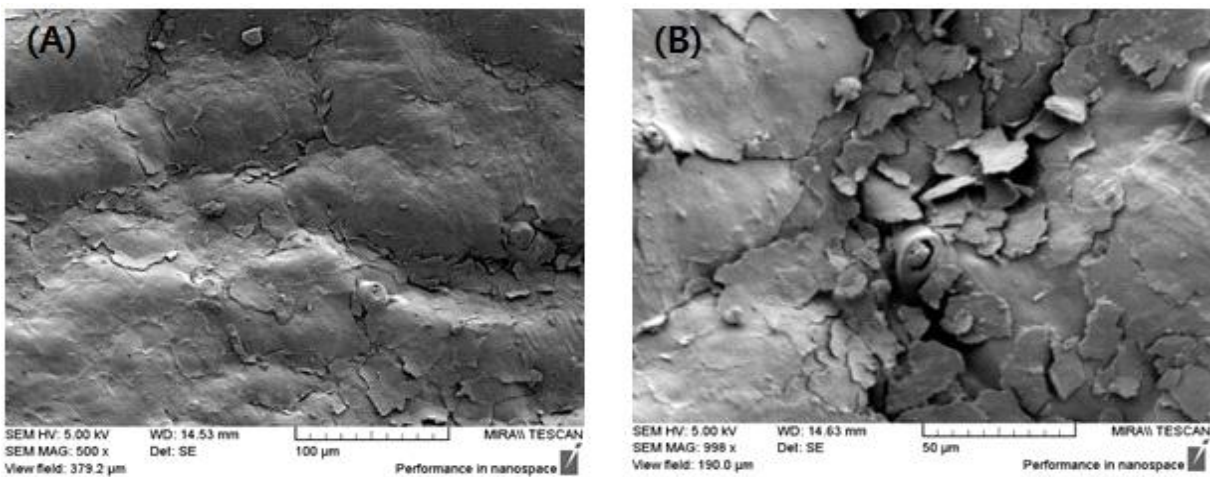
FS+cold plasma; dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma treatment after washing treatment with 0.5% fumaric acid/ slightly acidic electrolyzed water (w/w) solution

CFS+cold plasma; dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma treatment after washing with 0.2% CaO (w/w) water solution and then with 0.5% fumaric acid/ slightly acidic electrolyzed water (w/w) solution

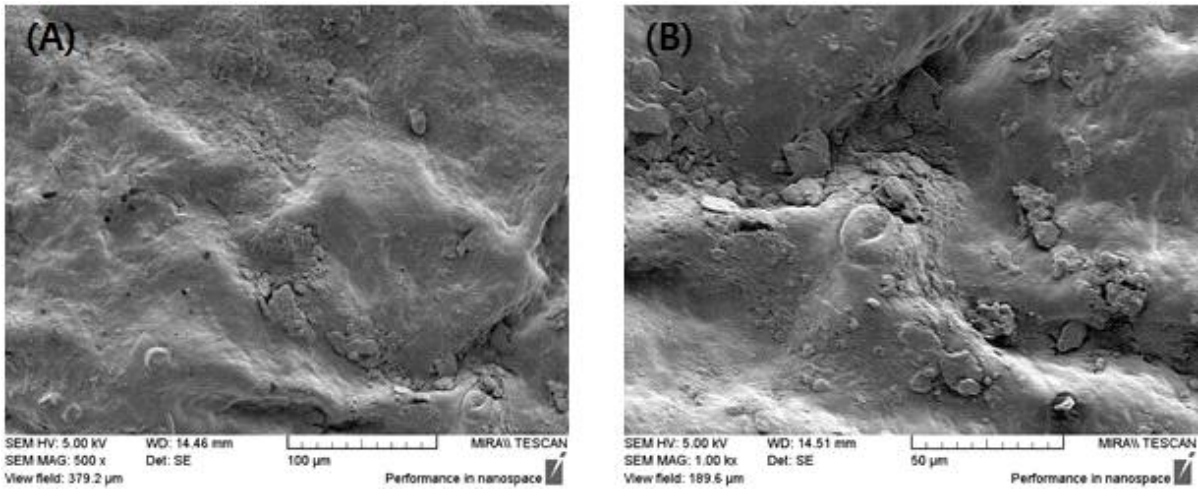
<sup>2</sup>Triplicate experiments; 5 samples per replicate

- 1세부와 1협동의 조건을 모두 이용하여 실험을 진행한 결과 활성칼슘용액으로 세척 후 DACP처리하였을 때 disease incidence (%)가 유의적으로 낮았음( $p < 0.05$ ).
- 상기 결과를 바탕으로 DACP를 활용한 최적 병합처리 조건은 CaO-cold plasma (CaO-CP)로 결정하였음.

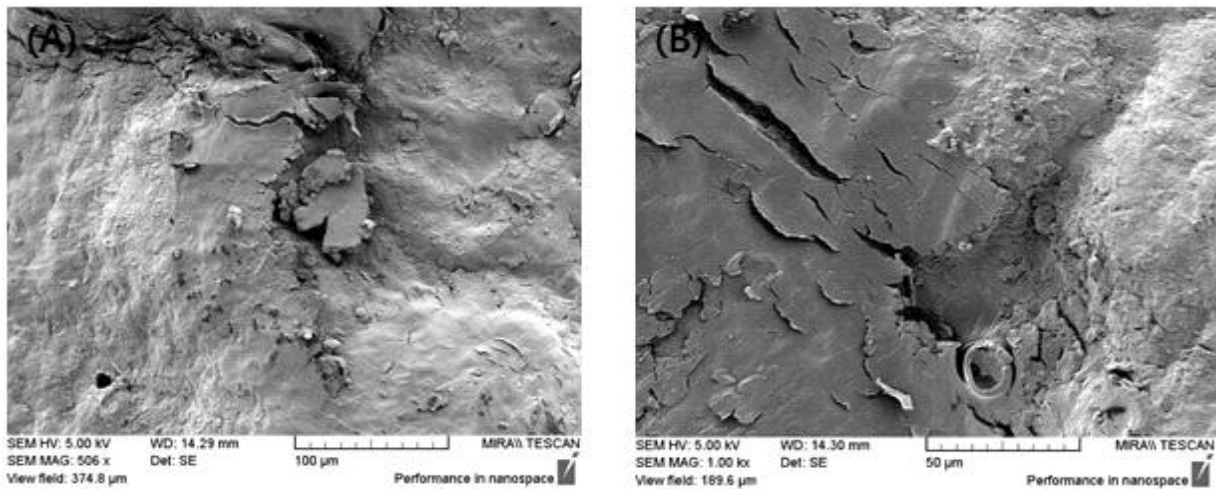
### c. SEM



**Fig. 13-4.** Scanning electron microscopy images of surface of Satsuma mandarin peel prepared without cold plasma treatment. (A), magnification 500  $\times$ ; (B), magnification 1,000  $\times$



**Fig. 13-5.** Scanning electron microscopy images of surface of Satsuma mandarin peel treated with cold plasma at 35.2 kV for 2 min. (A) magnification 500 ×; (B) magnification 1,000 ×



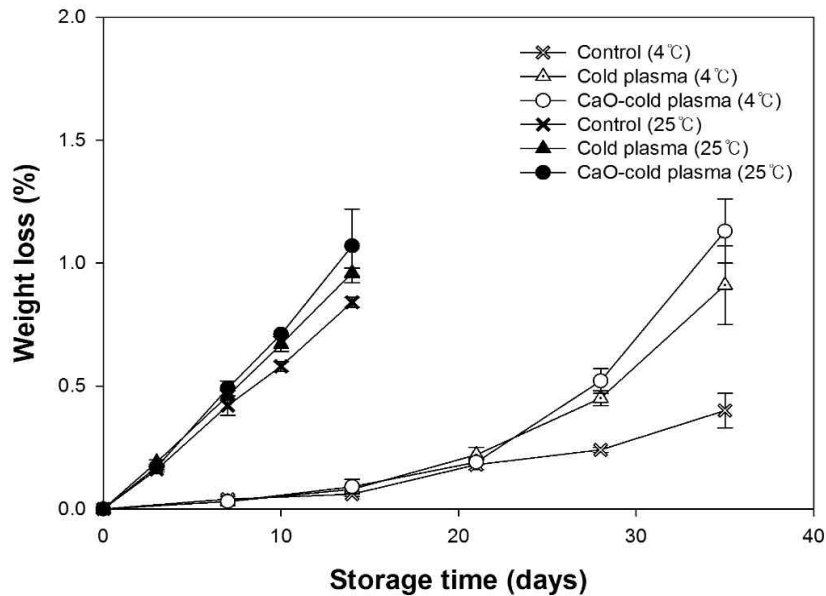
**Fig. 13-6.** Scanning electron microscopy images of surface of Satsuma mandarin peel treated with CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min). (A), magnification 500 ×; (B), magnification 1,000 ×

- SEM 촬영 결과, CP와 CaO-CP처리된 감귤은 처리되지 않은 감귤보다 표면 갈라짐이 줄어든 것으로 확인되었으며, CP 또는 CaO-CP 처리가 감귤 표면에 끼치는 영향이 없었음.

(3) 선정된 병합처리에 따른 감귤의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장특성에 대한 영향 연구

○ 저장실험

a. 중량감소율

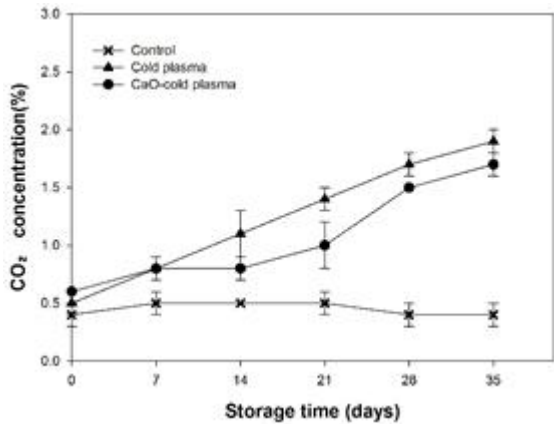


**Fig 13-7.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the weight loss (%) of Satsuma mandarin during storage at 4 and 25°C for 35 and 14 days. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —✕— Control (4°C); —△— Cold plasma (4°C); —○— CaO-cold plasma (4°C); —✕—Control (25°C); —▲— Cold plasma (25°C); —●— CaO-cold plasma (25°C).

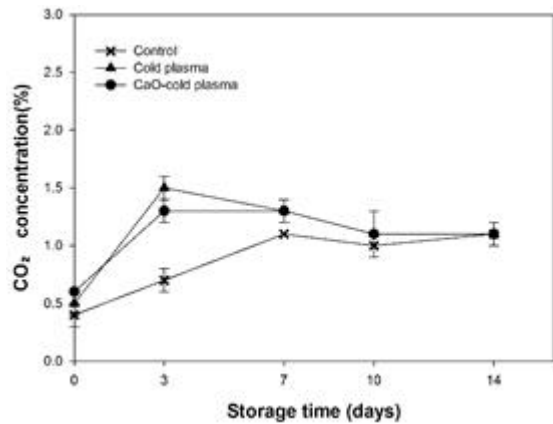
- 저장온도에 관계없이 저장일자에 따른 모든 처리군은 중량감소 효과를 보였음( $p>0.05$ ).
- 4°C 저장 21일차까지 각 처리군 별 유의적 차이는 없었으나, 저장 28일차부터 단독 CP와 CaO-CP 처리군의 중량 감소 효과가 두드러지게 나타났음.
- 25°C 저장 중 각 처리군 별 중량 감소 효과는 유의적으로 차이가 없었음( $p<0.05$ ).
- 따라서, CaO-CP 처리가 감귤의 중량감소율에 영향을 주지 않는 것으로 판단하였음.

b. 호흡률

(A)



(B)



**Fig 13-8.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the CO<sub>2</sub> concentration(%) of Satsuma mandarin during storage at 4°C for 35 days(A) and 25°C for 14 days(B). —×— Control; —▲— Cold plasma; —●— CaO-cold plasma.

- 4°C 저장 중 control은 저장일에 따라 호흡률이 유지된 반면( $p < 0.05$ ), CP, CaO-CP 처리군의 호흡률은 저장일자 지날수록 증가하였음( $p > 0.05$ ).
- 4°C 저장 중 단독 CP 처리된 감귤보다 CaO-CP 처리된 감귤이 저장 14일부터 더 적은 호흡률을 보였고, 이는 마지막 저장일인 35일차까지 이어졌음.
- 25°C 저장 중 control과 단독CP 처리군은 저장일자가 지날수록 호흡률이 증가하다가 ( $p > 0.05$ ) 저장 7일차에서부터 유지된 반면( $p < 0.05$ ), CaO-CP 처리군은 저장 3일차에서부터 호흡률이 유지되고 저장 10일차에 감소 후 다시 유지되었음( $p < 0.05$ ).
- 25°C 저장 10일차부터 모든 처리군의 유의적 차이가 없었음( $p < 0.05$ ).
- CaO-CP 처리가 감귤의 호흡을 지연시키는데 효과가 있었음.



c. 당도, pH, 그리고 적정산도

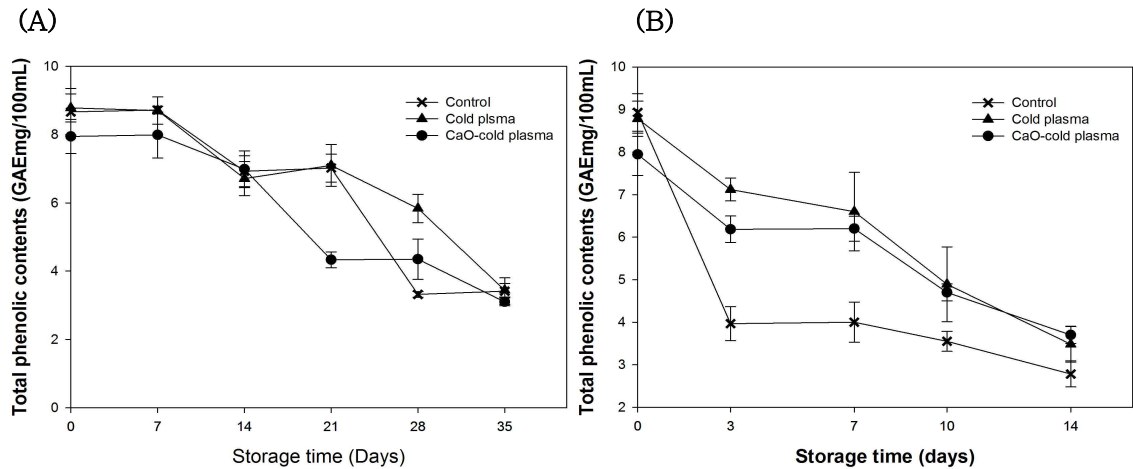
**Table 13-4.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the total soluble solid contents (° Brix), pH, and titrable acidity (%) of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Total soluble solid contents (° Brix)			pH			Titrable acidity (%)		
		Control	CP	CaO-CP	Control	CP	CaO-CP	Control	CP	CaO-CP
4	0	12.1±0.3 <sup>a</sup>	12.3±0.1 <sup>b</sup>	12.3±0.1 <sup>b</sup>	3.5±0.1 <sup>b</sup>	3.5±0.1 <sup>b</sup>	3.6±0.1 <sup>abc</sup>	0.7±0.0 <sup>abc</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.0 <sup>abc</sup>
	7	12.3±0.0 <sup>b</sup>	12.3±0.3 <sup>a</sup>	12.4±0.4 <sup>a</sup>	3.5±0.0 <sup>ab</sup>	3.6±0.1 <sup>ab</sup>	3.6±0.1 <sup>a</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>bc</sup>	0.7±0.1 <sup>bc</sup>
	14	12.3±0.1 <sup>b</sup>	12.2±0.1 <sup>b</sup>	12.4±0.1 <sup>bc</sup>	3.5±0.1 <sup>ab</sup>	3.6±0.1 <sup>ab</sup>	3.5±0.0 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>abc</sup>	0.8±0.0 <sup>a</sup>
	21	12.4±0.2 <sup>b</sup>	12.4±0.0 <sup>a</sup>	12.5±0.0 <sup>a</sup>	3.6±0.1 <sup>ab</sup>	3.6±0.1 <sup>ab</sup>	3.5±0.0 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>abc</sup>
	28	12.5±0.1 <sup>a</sup>	12.4±0.2 <sup>b</sup>	12.3±0.2 <sup>b</sup>	3.5±0.1 <sup>b</sup>	3.5±0.1 <sup>ab</sup>	3.5±0.1 <sup>ab</sup>	0.6±0.0 <sup>d</sup>	0.6±0.1 <sup>d</sup>	0.6±0.1 <sup>d</sup>
	35	12.6±0.1 <sup>a</sup>	12.6±0.3 <sup>a</sup>	12.5±0.1 <sup>a</sup>	3.5±0.1 <sup>ab</sup>	3.5±0.0 <sup>b</sup>	3.5±0.1 <sup>ab</sup>	0.6±0.1 <sup>bc</sup>	0.6±0.0 <sup>d</sup>	0.7±0.0 <sup>abc</sup>
25	0	12.1±0.3 <sup>b</sup>	12.3±0.1 <sup>a</sup>	12.3±0.1 <sup>a</sup>	3.5±0.1 <sup>g</sup>	3.5±0.1 <sup>g</sup>	3.6±0.1 <sup>def</sup>	0.7±0.0 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>a</sup>	0.7±0.0 <sup>ab</sup>
	3	12.6±0.1 <sup>a</sup>	12.4±0.1 <sup>a</sup>	12.4±0.1 <sup>a</sup>	3.5±0.1 <sup>efg</sup>	3.5±0.2 <sup>fg</sup>	3.6±0.1 <sup>cde</sup>	0.7±0.0 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>a</sup>	0.6±0.0 <sup>bc</sup>
	7	12.4±0.1 <sup>a</sup>	12.4±0.1 <sup>a</sup>	12.5±0.0 <sup>a</sup>	3.6±0.1 <sup>cde</sup>	3.7±0.1 <sup>cd</sup>	3.6±0.1 <sup>cde</sup>	0.6±0.0 <sup>bc</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.0 <sup>ab</sup>
	10	12.5±0.3 <sup>a</sup>	12.4±0.1 <sup>a</sup>	12.3±0.4 <sup>a</sup>	3.7±0.0 <sup>ab</sup>	3.8±0.0 <sup>a</sup>	3.8±0.0 <sup>a</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>ab</sup>	0.6±0.0 <sup>cd</sup>
	14	12.4±0.4 <sup>a</sup>	12.3±0.1 <sup>a</sup>	12.3±0.1 <sup>a</sup>	3.7±0.0 <sup>bc</sup>	3.8±0.0 <sup>ab</sup>	3.8±0.1 <sup>ab</sup>	0.7±0.0 <sup>ab</sup>	0.6±0.1 <sup>ab</sup>	0.6±0.1 <sup>d</sup>

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column (p<0.05) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

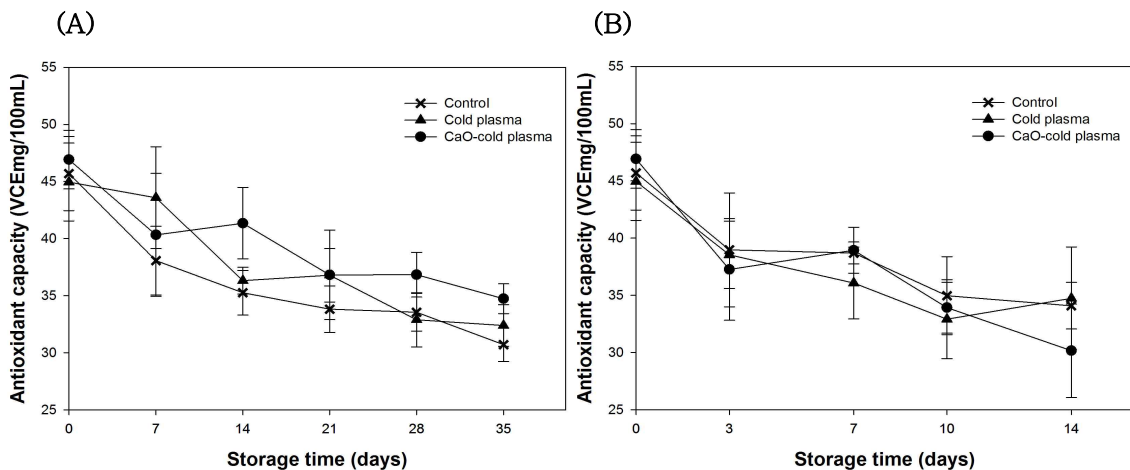
- 저장온도에 관계없이 저장일자에 따른 처리군 간 당도의 유의적 차이는 없었음(p<0.05).
- 4°C 저장 중 저장일자에 따른 처리군 간 pH의 유의적 차이는 없었고, 처리방법에 따른 저장일자 간 pH의 유의적 차이 또한 없었음(p<0.05).
- 반면 25°C 저장 중 모든 처리군은 저장일자에 따라 pH가 유의적으로 증가하였고(p>0.05), 저장일자에 따른 처리군 간 pH의 유의적 차이는 없었음(p<0.05).
- 저장온도에 관계없이 저장일자에 따른 처리군 간 산도의 유의적 차이는 없었음(p<0.05).
- 따라서 단독 CP, CaO-CP 처리가 저장 중 감귤 과육의 당도, pH, 산도에 영을 미치지 않았음.

d. 총 페놀함량 및 항산화능 측정



**Fig. 13-9.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the total phenolic contents of Satsuma mandarin during storage at 4°C for 35 days (A) and 25°C for 14 days (B). —x— Control; —▲— Cold plasma; —●— CaO-cold plasma.

- 저장온도에 관계없이 저장일자에 따라 모든 처리군의 총 페놀함량이 감소하였음( $p>0.05$ ).
- 4°C 저장 21일차 때, CaO-CP 처리군의 총 페놀함량이 다른 처리군들보다 현저히 감소하였으나 마지막 저장일인 35일차 때에는 모두 유의적 차이가 없었음( $p<0.05$ ).
- 25°C 저장 3일차부터 control의 총 페놀함량이 다른 처리군들보다 현저히 감소하였으며 이러한 경향은 저장 10일차까지 이어졌고 마지막 저장일인 14일차 때에는 모두 유의적 차이가 없었음( $p<0.05$ ).
- 단독 CP, CaO-CP 처리가 감귤의 총 페놀함량에 영향을 미치지 않았음.



**Fig. 13-10.** Effect of emerged treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the antioxidant capacity of Satsuma mandarin during storage at 4°C for 35 days (A) and 25°C for 14 days (B).

25°C —✱— Control; —▲— Cold plasma; —●— CaO-cold plasma.

- 저장온도에 관계없이 저장일자에 따라 모든 처리군의 항산화능이 감소하였음( $p>0.05$ ).
- 4°C 저장 14일차 때, CaO-CP 처리군의 항산화능이 다른 처리군들보다 높은 경향을 보였고 ( $p>0.05$ ), 그 이후로 저장일자에 따른 처리군 별 유의적 차이를 보이지 않았음( $p<0.05$ ).
- 25°C 저장 중 저장일자에 따른 모든 처리군 별 유의적 차이를 보이지 않았음( $p<0.05$ ).
- 단독 CP, CaO-CP 처리가 감귤의 항산화능에 영향을 미치지 않았음.

e. 색도

**Table 13-5.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the color of mandarin whole fruits during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$L^*$			$a^*$			$b^*$		
		Control	CP	CaO-CP	Control	CP	CaO-CP	Control	CP	CaO-CP
4	0	72.7±1.3 <sup>a</sup>	72.2±1.1 <sup>a</sup>	72.6±1.1 <sup>a</sup>	16.5±1.2 <sup>a</sup>	17.4±1.4 <sup>a</sup>	17.7±1.3 <sup>a</sup>	75.8±1.5 <sup>a</sup>	75.7±1.4 <sup>a</sup>	76.1±1.4 <sup>a</sup>
	7	72.3±1.5 <sup>a</sup>	70.9±1.6 <sup>d</sup>	70.7±1.7 <sup>d</sup>	16.8±1.2 <sup>a</sup>	17.0±1.2 <sup>a</sup>	17.3±1.5 <sup>a</sup>	72.2±2.2 <sup>f</sup>	74.1±1.5 <sup>c</sup>	71.4±2.8 <sup>g</sup>
	14	71.3±1.3 <sup>b</sup>	70.3±1.8 <sup>d</sup>	70.1±1.6 <sup>f</sup>	17.7±1.3 <sup>a</sup>	17.4±1.4 <sup>a</sup>	17.4±1.4 <sup>a</sup>	72.9±1.7 <sup>e</sup>	73.4±1.9 <sup>c</sup>	74.2±1.9 <sup>c</sup>
	21	71.2±1.5 <sup>c</sup>	70.2±1.8 <sup>e</sup>	69.7±1.7 <sup>g</sup>	17.8±1.7 <sup>a</sup>	17.3±1.2 <sup>a</sup>	17.8±1.3 <sup>a</sup>	72.3±2.5 <sup>f</sup>	72.5±2.3 <sup>f</sup>	71.6±2.7 <sup>g</sup>
	28	71.2±1.4 <sup>b</sup>	71.1±1.8 <sup>d</sup>	70.8±1.7 <sup>d</sup>	17.4±1.2 <sup>a</sup>	16.5±1.6 <sup>a</sup>	16.8±1.7 <sup>a</sup>	74.7±1.7 <sup>a</sup>	73.1±1.9 <sup>d</sup>	74.5±1.8 <sup>b</sup>
	35	70.4±1.3 <sup>d</sup>	70.4±1.6 <sup>d</sup>	70.4±1.8 <sup>d</sup>	17.7±1.4 <sup>a</sup>	17.2±1.3 <sup>a</sup>	17.5±1.6 <sup>a</sup>	74.7±1.5 <sup>a</sup>	74.8±1.9 <sup>a</sup>	74.1±2.3 <sup>c</sup>
25	0	72.7±1.3 <sup>a</sup>	72.7±1.1 <sup>a</sup>	72.6±1.1 <sup>a</sup>	16.5±1.2 <sup>b</sup>	17.4±1.4 <sup>a</sup>	17.7±1.3 <sup>a</sup>	75.8±1.5 <sup>a</sup>	75.7±1.4 <sup>a</sup>	76.1±1.4 <sup>a</sup>
	3	71.9±1.2 <sup>a</sup>	71.8±1.1 <sup>a</sup>	72.2±1.0 <sup>a</sup>	18.0±1.8 <sup>a</sup>	17.6±1.6 <sup>a</sup>	17.4±1.6 <sup>a</sup>	73.0±1.6 <sup>b</sup>	73.6±2.3 <sup>b</sup>	71.6±1.7 <sup>d</sup>
	7	70.7±1.5 <sup>c</sup>	70.1±1.9 <sup>d</sup>	71.5±1.0 <sup>b</sup>	18.2±1.6 <sup>a</sup>	17.6±1.7 <sup>a</sup>	18.0±1.8 <sup>a</sup>	72.6±2.0 <sup>b</sup>	71.8±1.8 <sup>d</sup>	70.7±2.4 <sup>e</sup>
	10	70.0±1.9 <sup>d</sup>	69.7±1.8 <sup>d</sup>	70.3±1.3 <sup>d</sup>	18.0±1.8 <sup>a</sup>	18.5±1.2 <sup>a</sup>	17.5±1.5 <sup>a</sup>	72.2±1.6 <sup>c</sup>	69.5±2.4 <sup>e</sup>	70.3±1.8 <sup>f</sup>
	14	69.8±1.5 <sup>d</sup>	69.7±1.4 <sup>d</sup>	69.8±1.7 <sup>d</sup>	17.6±1.6 <sup>a</sup>	17.9±1.6 <sup>a</sup>	18.2±1.3 <sup>a</sup>	73.7±2.0 <sup>b</sup>	69.3±2.5 <sup>e</sup>	70.3±2.5 <sup>f</sup>

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column ( $p<0.05$ ) during the storage time at 4 and 25 °C, respectively.

- 저장온도에 관계없이 저장일자에 따라 모든 처리군의 명도가 감소하였음( $p>0.05$ ).
- 4°C 저장 중 단독 CP, CaO-CP처리된 감귤은 control보다 명도가 빠르게 감소하였으나 결과적으로 마지막 저장일인 35일차 때에는 유의적 차이를 보이지 않았음( $p<0.05$ ).
- 단독 CP처리된 감귤과 CaO-CP처리된 감귤은 저장 중 유의적인 차이를 보이지 않아 CaO처

리가 CP처리된 감귤의 명도에 유의적으로 영향을 주지 않았음.

- 25°C 에서 저장된 감귤들은 처리군에 상관없이 저장기간이 지날수록 명도가 감소하였음
- CP 또는 CaO-CP 처리가 감귤의 명도에 영향을 미치지 않았다고 보임.

f. 관능평가

**Table 13-6.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment at 35.2 kV, 2 min) on the sensory evaluation of mandarin peel and flesh

Mandarin samples	Sensory attributes			
	Peel			
	Appearance	Glossiness	Color	Flavor
Control	5.3±1.3a	6.0±1.3a	6.3±1.3a	6.3±1.6a
Cold plasma	5.4±1.4a	5.6±1.4a	5.7±1.6ab	5.0±1.4b
CaO-cold plasma	5.2±1.7a	4.6±1.2b	5.3±1.4b	5.3±1.7b

\* Means followed by the same lower-case letter within a row are significantly different ( $p < 0.05$ , Tukey's test) between samples

- 감귤 과피의 appearance는 처리 여부에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았음( $p > 0.05$ ). 처리 방법에 관계없이 GSE coating과 CaO-GSE coating은 untreated 보다 유의적으로 높은 관능적 특성을 나타내었음.
- 감귤 과피의 glossiness, color 그리고 과육의 flavor 평가 항목은 처리 여부 및 방법에 따른 유의적인 차이를 보였음( $p < 0.05$ ). 그 결과, 단독 CP, CaO-CP 처리군보다 control의 관능적 특성 더 높은 평가를 받았음.
- 따라서 단독 CP, CaO-CP 처리가 기존 감귤의 관능적 특성을 증진시키기 위해서는 더욱 연구가 필요하다고 판단하였음.

#### 4. 1, 2 협동에서 개발한 기술과 항균 코팅을 병합한 표면 처리 기술 개발

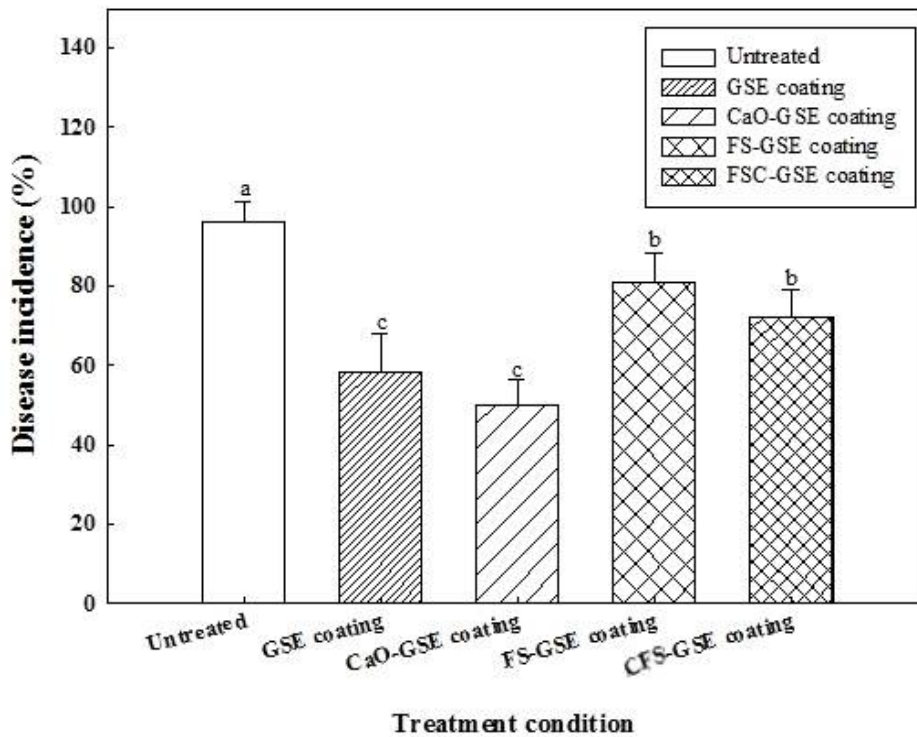
##### 가. 과채류 선정

- 선행연구에서 항균코팅제를 이용하여 감귤에 코팅처리를 했을 시 *P. italicum* 성장을 효과적으로 억제하면서 품질 유지 또한 가능하여 감귤의 저장성 증대를 연장시킬 수 있다는 결과를 얻었기에 감귤을 과채류로 선정하였음.

##### 나. 최적 병합 처리조건 설정을 위한 병합 실험

###### ○ 각 기관 별 병합실험

###### (1) 감귤 표면의 미생물 저해를 위한 활성칼슘 처리와 전해수 처리(강원대학교 개발 기술)



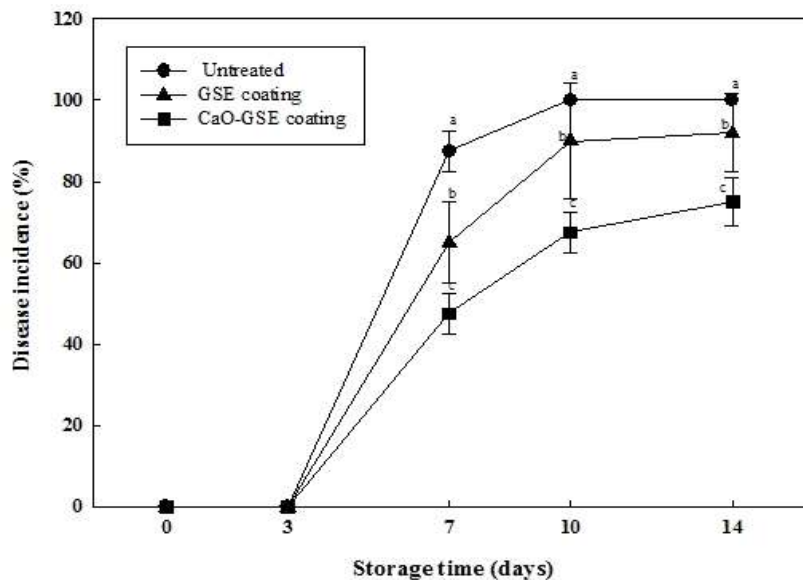
**Fig. 13-11.** Effects of combined treatment with GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruits seed extract (w/w)) on the inhibition of *Penicillium digitatum* on mandarin peels ; CaO-GSE coating; GSE coating after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution, FS-GSE coating; GSE coating after washing treatment with 0.5% fumaric acid/ slightly acidic electrolyzed water (w/w) solution, CFS-GSE coating; GSE coating after washing with 0.5% fumaric acid/ slightly acidic electrolyzed water (w/w) solution and then with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution.

- 감귤 표면에 *P. digitatum*을 접종하여 각기 다른 세척 용액과 향균 코팅 처리 한 후 발생한 곰팡이를 발병률 (disease incidence) (%)로 나타내었음(Fig. 13-11).
- 세척 여부와 세척 방법에 관계없이 카나우바 왁스 수용액 대비 1% GSE를 혼입하여 코팅 (GSE coating)처리 한 시료들의 곰팡이 억제효과가 무처리 시료(Untreated)보다 유의적으로 높았음( $p < 0.05$ ).
- *P. digitatum*을 접종한 시료를 각각 GSE coating과 0.2% 활성칼슘 수용액으로 세척 후 GSE coating 처리(CaO-GSE coating) 한 경우의 disease incidence (%)는 각각  $58.3 \pm 9.8$ 와  $50.0 \pm 6.3$ 로 처리여부에 관계없이 전체 시료에 비해 유의적으로 낮은 곰팡이 발병률을 나타내었음( $p < 0.05$ ).
- 이를 통해 GSE coating과 CaO와 GSE coating를 병합하여 처리하였을 때, *P. digitatum*의 발병 억제에 효과가 있다는 것을 확인하였음.
- 상기 결과를 바탕으로 GSE coating을 활용한 최적 병합처리 조건은 CaO-GSE coating으로 결정하였음.

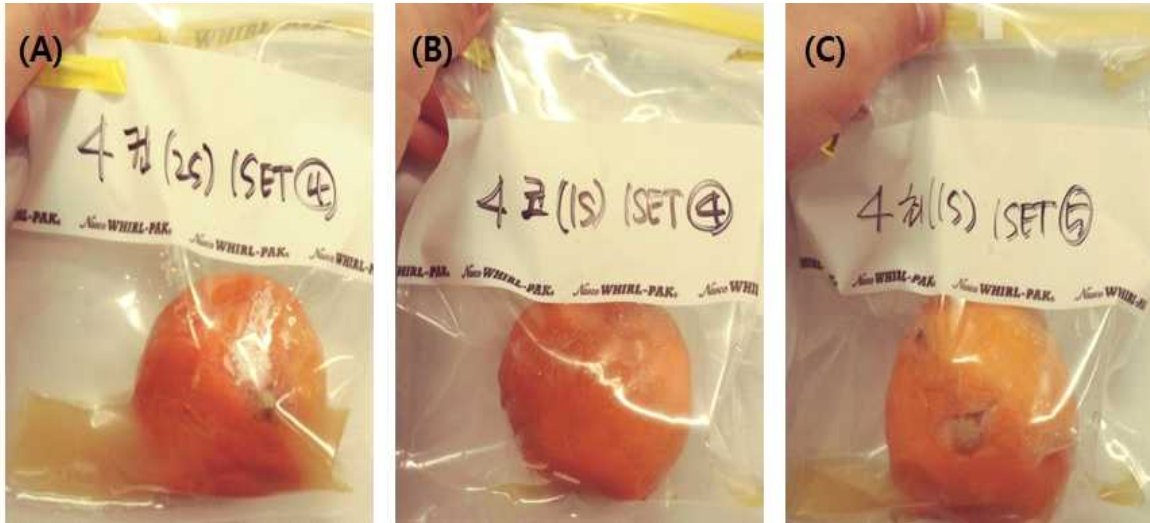
## 5. 최적 병합처리 방법에 따른 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장특성에 대한 영향 연구

### ○ 저장실험

#### a. 곰팡이 발병률



**Fig. 13-12.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the disease incidence (%) of whole mandarin fruits during storage at 25°C. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated; —▲— GSE coating; —■— CaO-GSE coating.



**Fig. 13-13.** Effect of emerged treatment of CaO-coating (coating incorporated 1% grapefruits seed extracts (w/w) based carnauba wax after washing treatment with 0.2% CaO (w/w) water solution) on the disease incidence (%) of whole mandarin fruits during storage (A); control , (B); coating, (C); CaO-coating at 4°C.

- 저장 중 처리여부 및 방법에 따른 감귤의 저장 중 곰팡이 발병률을 Fig. 13-12에 나타내었음.
- *P. digitatum*이 접종된 감귤을 CaO-GSE coating 또는 GSE-coating 처리 하여 4와 25°C에서 저장한 후, 각각 35일과 14일간 관찰한 결과, 저장온도 4°C에 저장된 감귤의 경우, 감귤 표면에 접종한 *P. digitatum* 발병을 확인 할 수 없었음(Fig 13-12).
- 그러나 25°C에 저장된 모든 처리군들은 저장 3일차까지 곰팡이 균사체가 발생하지 않다가, 저장 7일차부터는 처리여부에 관계없이 모든 시료의 접종된 감귤 표면에서 곰팡이가 발병하였음.
- 이에 따라 CaO-GSE coating의 disease incidence (%)가 untreated와 GSE coating에 비해 유의적으로 낮아( $p < 0.05$ ), 저장 중 감귤의 곰팡이 발병을 가장 효과적으로 억제시켰다는 것을 확인하였음.

b. 경도

**Table 13-7.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on firmness (N) of whole mandarin during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Firmness (N)		
		Untreated	GSE coating	CaO-GSE coating
4	0	2.0±0.3 bAB	2.5±0.5 aA	2.4±0.6 aA
	7	2.2±0.4 aA	2.2±0.5 aA	2.1±0.7 aAB
	14	1.8±0.5 abBC	1.7±0.4 bBC	2.0±0.4 aB
	21	1.5±0.3 bCD	1.8±0.4 aB	2.0±0.5 aB
	28	1.8±0.3 aBCD	1.7±0.3 aBC	1.6±0.3 aC
	35	1.4±0.2 aD	1.5±0.2 aC	1.5±0.3 aC
25	0	2.0±0.3 bA	2.5±0.5 aA	2.4±0.6 aA
	3	2.0±0.3 aA	2.0±0.4 aB	1.9±0.4 aB
	7	1.5±0.3 bB	1.7±0.3 aBC	1.8±0.3 aB
	10	1.4±0.2 bB	1.6±0.4 abC	1.8±0.5 aB
	14	1.4±0.3 bB	1.6±0.3 abC	1.7±0.4 aB

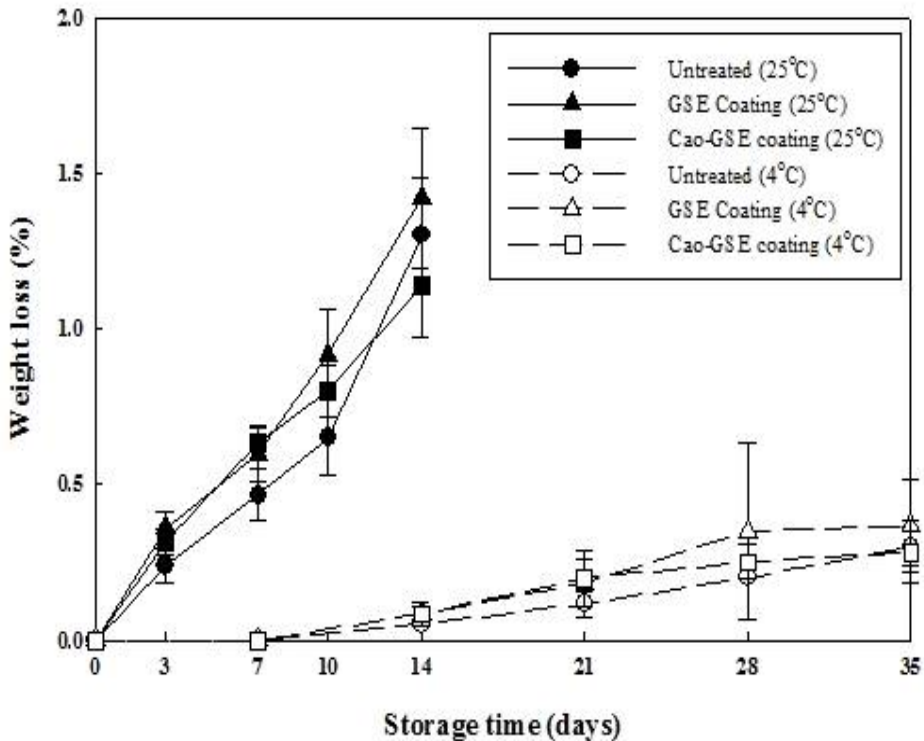
\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25 °C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25 °C, respectively.

- 활성칼슘과 향균 코팅이 병합처리 된 감귤을 각각 4와 25°C에 저장하여 각각 14일과 35일 간 측정된 경도를 Table 13-7에 나타내었음.
- 저장 0일차부터 저장 35일 사이에 측정된 경도 값은 1.4-2.5 N 사이였음.
- 저장 0일차에서는 처리 여부에 따라 감귤의 경도에 차이가 나는 것으로 확인 되었으나, 저장 기간이 길어질수록 저장온도와 처리여부에 관계없이 모든 시료의 경도 값이 유의적으로 감소하였음( $p<0.05$ ).
- 4°C에 저장된 감귤의 경도는 처리여부와 저장일자에 관계없이 모든 시료의 경도 값이 유사한 경향을 나타내었으나, 저장기간 동안 CaO-GSE coating의 경도가 가장 높은 것으로 관찰 되었음.
- 반면에 25°C에 저장된 시료의 경우, untreated보다 GSE coating과 CaO-GSE coating 감귤의 경도가 유의적으로 높았음( $p<0.05$ ).



- 따라서 CaO-GSE coating이 저장온도와 저장일자에 관계없이 감귤의 경도를 유지시키는 데 효과가 있다는 것을 확인하였고, 그 중에서도 25°C에 저장하였을 때에는 저장기간 동안 untreated에 비해 유의적으로 가장 높은 경도 값을 나타내었음( $p < 0.05$ ).

c. 중량감소율



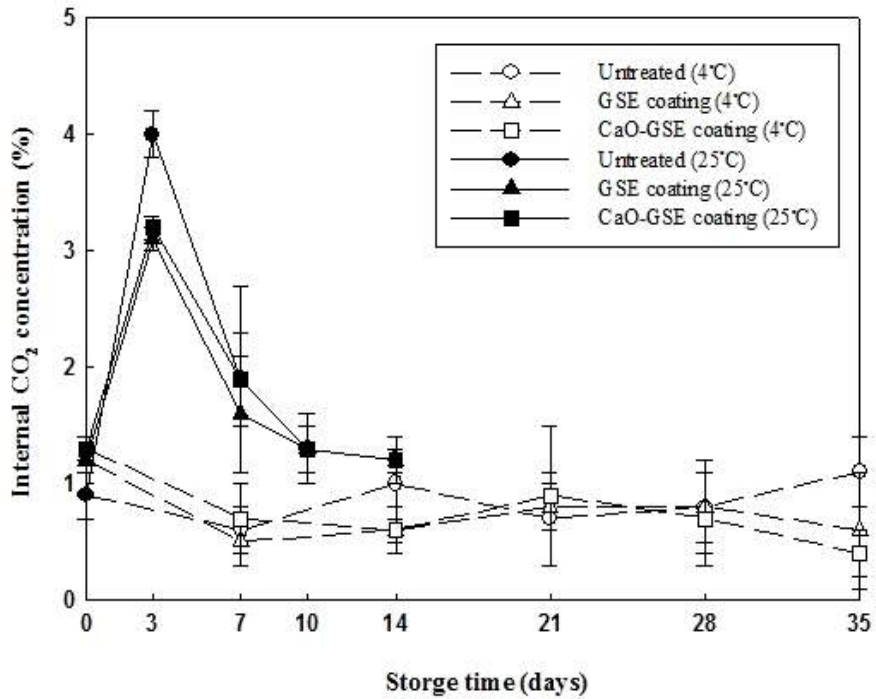
**Fig. 13-14.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the weight loss (%) of whole mandarin during storage at 4 and 25°C for 35 and 14 days. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated (25°C); —▲— GSE coating (25°C); —■— CaO-GSE coating (25°C); --○-- Untreated (4°C); --△-- GSE coating (4°C); --□-- CaO-GSE coating (4°C).

- 저장기간이 길어질수록 25°C에 저장된 감귤의 weight loss (%)가 증가하였으며, 저장 10일 차까지 GSE coating과 CaO-GSE coating 감귤의 weight loss (%)가 untreated에 비해 유의적으로 증가하는 경향을 보였음.
- 4°C에 저장된 감귤은 저장 7일차까지 weight loss (%)가 없었으나 저장 14일차 이후부터는 저장기간이 길어질수록 weight loss (%)가 유의적으로 증가하는 것을 확인하였음.
- 또한, 4°C에 저장된 감귤은 저장 기간 28일차까지, untreated의 weight loss (%)가 GSE coating과 CaO-GSE coating에 비해 낮은 것으로 관찰되었으나, 저장 35일차에서는 GSE

coating의 weight loss (%)가 가장 높은 것으로 확인됨.

- 저장온도에 관계없이 각 온도의 마지막 저장일차에 GSE coating 감귤의 weight loss(%)가 untreated와 CaO-GSE coating에 비해 높은 것으로 관찰되었음.
- 따라서, CaO-GSE coating이 감귤의 증량감소율에 영향을 주지 않는 것으로 판단하였음.

d. 호흡률



**Fig. 13-15.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on internal CO<sub>2</sub> concentration (%) of mandarin during storage at 4 and 25°C. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated (25°C); —▲— GSE coating (25°C); —■— CaO-GSE coating (25°C); --○-- Untreated (4°C); --△-- GSE coating (4°C); --□-- CaO-GSE coating (4°C).

- 저장 중 활성칼슘과 향균 코팅의 병합처리에 따른 감귤의 호흡률을 측정하여 Fig. 13-15에 나타내었음.
- Untreated, GSE coating, 그리고 CaO-GSE coating의 호흡률은 저장온도에 관계없이 저장 0 일차에 각각 0.9±0.2, 1.2±0.0, 그리고 1.3±0.1%로 untreated와 처리된 시료 간의 유의적인 차이가 있었음( $p < 0.05$ ).
- 4°C에 저장된 untreated 감귤의 호흡률은 저장기간 동안 증가하였다가 감소하는 경향을 보였고, GSE coating은 감소하다 증가하는 것으로 관찰되었으며, CaO-GSE coating의 호흡률

은 저장 7일차부터 감소한 후 저장 35일차까지 유지하였음.

- 반면에 25°C에 저장된 감귤의 호흡률은 처리 여부 및 방법에 관계없이 저장 0일차에 비해 저장 3일차부터 급격하게 증가하였다가 저장 7일차부터 감소한 후 유지되는 것으로 관찰되었음.
- 따라서 활성칼슘과 항균 코팅의 병합처리가 감귤의 호흡률을 지속적으로 유지하는데 있어 untreated에 비해 유의적인 차이가 크지 않다는 것을 확인하였음.

#### e. 당도, pH 및 적정산도

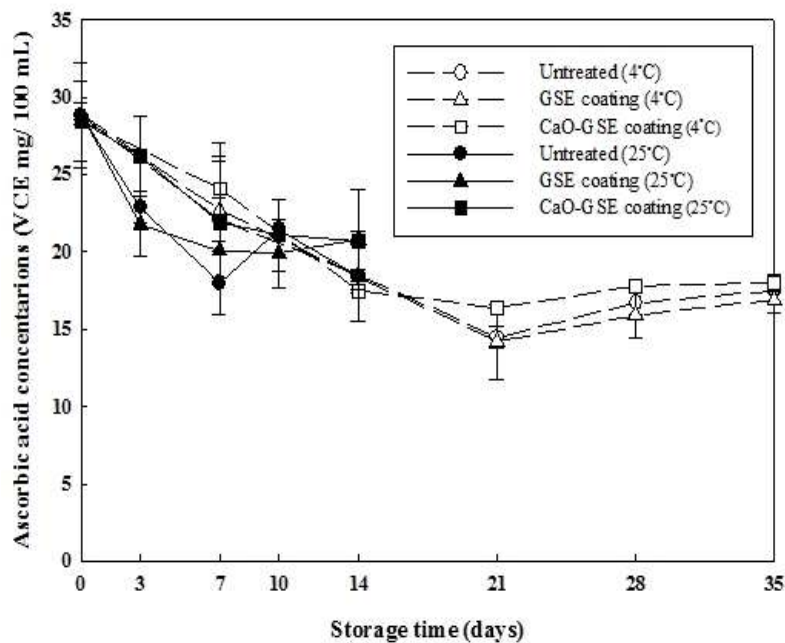
**Table 13-8.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the total soluble solid contents (°Brix), pH, and titrable acidity (%) of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Total Soluble solid contents (°Brix)			pH			Titrable acidity (%)		
		Untreated	GSE Coating	CaO-GSE coating	Untreated	GSE Coating	CaO-GSE coating	Untreated	GSE Coating	CaO-GSE coating
4	0	12.4±0.1 aAB	11.9±0.0 cAB	12.1±0.0 bAB	4.4±0.1 aC	4.3±0.1 bB	4.3±0.0 cB	0.3±0.0 aA	0.4±0.1 aA	0.4±0.1 aA
	7	12.1±0.3 aBC	11.8±0.1 aB	11.8±0.1 aBC	4.6±0.1 aAB	4.4±0.1 bAB	4.5±0.0 aA	0.2±0.0 aB	0.3±0.0 abB	0.3±0.0 aAB
	14	12.1±0.1 aBC	11.7±0.0 aAB	11.8±0.7 aABC	4.5±0.1 aBC	4.5±0.2 aA	4.6±0.1 aA	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aB
	21	11.8±1.0 aC	11.7±0.2 aAB	11.6±0.0 aC	4.5±0.1 aBC	4.5±0.0 aA	4.5±0.1 aA	0.2±0.1 aB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aB
	28	12.0±0.0 abAB	11.7±0.3 bAB	12.2±0.1 aA	4.5±0.1 aBC	4.5±0.1 aA	4.6±0.2 aA	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aB
	35	12.8±0.1 aA	11.9±0.0 bA	11.6±0.1 cBC	4.7±0.0 aA	4.5±0.0 bA	4.6±0.1 abA	0.2±0.0 bB	0.3±0.0 aB	0.2±0.0 aB
25	0	12.4±0.1 aA	11.9±0.0 cB	12.1±0.0 bB	4.4±0.1 aC	4.3±0.1 bC	4.3±0.0 cC	0.3±0.0 aA	0.4±0.1 aA	0.4±0.1 aA
	3	12.2±0.1 bB	12.0±0.0 cAB	12.3±0.0 aA	4.6±0.1 aB	4.3±0.1 bC	4.3±0.3 abC	0.3±0.1 aAB	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 aAB
	7	12.2±0.1 aB	11.8±0.4 bB	11.4±0.1 cD	4.6±0.0 aB	4.5±0.1 bB	4.6±0.1 aB	0.2±0.0 bBC	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 aA
	10	12.3±0.1 aA	12.3±0.2 aA	12.4±0.1 aA	4.6±0.0 aB	4.6±0.1 aB	4.6±0.1 aAB	0.2±0.0 aBC	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aA
	14	11.7±0.0 bC	12.0±0.1 aB	11.7±0.0 bC	4.9±0.2 aA	4.7±0.2 abA	4.8±0.1 cA	0.2±0.0 aC	0.3±0.0 abB	0.3±0.0 aA

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25 °C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25 °C, respectively.

- 활성칼슘과 향균코팅이 병합처리 된 감귤을 각각 4와 25°C에 저장하여 각각 14일과 35일 간 측정된 당도, pH, 그리고 적정산도를 Table 13-8에 나타내었음.
- 저장기간 동안의 감귤의 당도는 11.6-12.4 °brix, pH는 4.3-4.8, 그리고 적정산도(%)는 0.2-0.4의 범위에서 측정되었음.
- 저장기간 동안 저장온도와 처리여부에 관계없이 전체 시료의 당도는 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였고, 저장기간에 따라 untreated와 CaO-GSE coating의 pH가 유사한 경향으로 나타났음.
- 또한, 모든 시료의 적정산도는 처리여부와 저장온도에 관계없이 유의적인 차이가 없었음 ( $p>0.05$ ). 그러나 25°C에 저장된 시료의 적정산도는 저장기간이 길어질수록 유의적으로 감소하였고( $p<0.05$ ), CaO-GSE coating 감귤은 저장기간에 따른 변화가 없었음.
- CaO-GSE coating은 저장기간 동안 untreated에 비해 감귤 시료의 당도, pH, 그리고 적정산도를 유지시킨다고 판단하였으며, 특히 저장온도와 저장일자에 관계없이 감귤의 적정산도 유지에 효과가 있다는 것을 확인하였음.

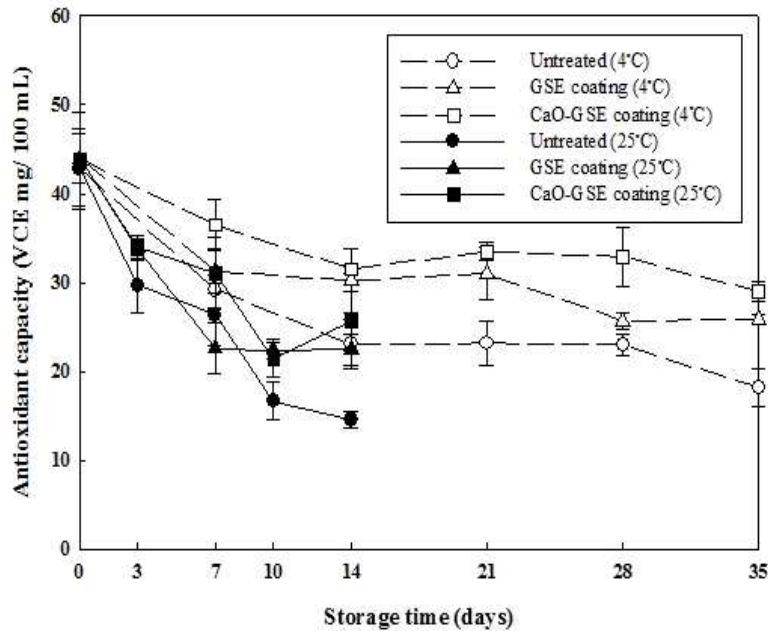
#### f. Ascorbic acid 농도 측정



**Fig. 13-16.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the ascorbic acid of whole mandarin flesh during storage at 4 and 25°C. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated (25°C); —▲— GSE coating (25°C); —■— CaO-GSE coating (25°C); --○-- Untreated (4°C); --△-- GSE coating (4°C); --□-- CaO-GSE coating (4°C).

- 활성칼슘과 향균 코팅이 병합처리 된 감귤을 각각 4와 25°C에 저장하여 각각 14일과 35일 간 측정된 ascorbic acid 농도를 ascorbic acid로 정량하여 Fig. 13-16에 나타내었음.
- 저장 0일차의 untreated, GSE coating, 그리고 CaO-GSE coating의 ascorbic acid는  $28.8 \pm 3.4$ ,  $28.9 \pm 0.7$ , 그리고  $28.5 \pm 2.6$  mg/ 100 mL이었고, 처리 여부에 따른 유의적인 차이는 없었음( $p > 0.05$ ).
- 4°C에 저장된 모든 시료의 ascorbic acid는 저장 7일차부터 유의적인 차이가 발생하였고 ( $p < 0.05$ ), 저장 14일차부터 35일까지 유지되었음.
- 25°C에 저장된 감귤의 ascorbic acid는 처리 여부 및 방법에 관계없이 저장 3일차부터 모든 시료에서 유의적인 차이가 발생하였으나, 이후 저장 14일차까지 유지되었음.
- CaO-GSE coating은 저장온도와 저장일자에 관계없이 감귤의 ascorbic acid에 영향을 주지 않는 것으로 판단하였음.

**g. 총 페놀함량 및 항산화능 측정**



**Fig. 13-17.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the antioxidant capacity of whole mandarin flesh during storage at 4 and 25°C. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated (25°C); —▲— GSE coating (25°C); —■— CaO-GSE coating (25°C); --○-- Untreated (4°C); --△-- GSE coating (4°C); --□-- CaO-GSE coating (4°C).

- CaO-GSE coating과 MAP를 병합 적용한 저장 중 감귤의 항산화능을 알아보려고 하였음 (Fig. 13-17).

- 저장온도 4와 25°C에서 각각 35일과 14일간 저장한 감귤의 항산화능을 ascorbic acid로 정량하여 나타내었음.
- 저장 0일 차의 항산화능은 처리 여부 및 방법, 기체 조성에 관계없이 41.2-44.9 VCE mg/100 mL으로 측정되었음.
- 하지만 모든 시료의 항산화능이 4°C에서는 저장 7일차, 25°C에서는 저장 3일차부터 두드러지게 감소하였고( $p < 0.05$ ), 25°C에 저장된 air 포장군의 시료의 항산화능이 MAP 대비 줄어든 것으로 확인되어, 감귤의 항산화 성분이 저장온도와 air포장 내의 기체 활성에 영향을 받은 것으로 사료되었음.
- 그러나 저장 중 전체 시료의 항산화능이 지속적으로 낮아짐에도 불구하고, CaO-GSE coating은 저장온도와 저장 기간에 영향을 받지 않으면서 전체 시료 중 가장 효과적으로 항산화능을 유지한다고 판단하였음.
- 따라서, 본 실험결과를 통해 기체조성에 따른 항산화능 효과는 확인 할 수 없었으나, 기체조성의 영향 없이 CaO-GSE coating이 감귤의 항산화능 유지에 효과적이라는 것을 확인 할 수 있었음.

**Table 13-9.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the total phenol contents and antioxidant capacity of whole mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Total phenol contents (GAE mg/ 100 mL)		
		Untreated	GSE Coating	CaO-GSE coating
4	0	7.7±0.5 aA	7.1±1.0 aA	7.7±0.3 aA
	7	7.5±0.4 aA	7.1±0.4 aA	7.6±0.7 aA
	14	7.0±0.3 aA	7.0±0.8 aA	7.0±0.5 aA
	21	6.8±0.7 aA	7.1±0.0 aA	7.6±0.7 aA
	28	6.8±1.0 aA	7.1±0.9 aA	7.6±0.4 aA
	35	6.5±0.3 aA	7.1±0.6 aA	7.3±0.9 aA
25	0	7.7±0.5 aA	7.1±1.0 aA	7.7±0.3 aA
	3	7.6±0.3 aA	6.1±0.5 bA	6.9±0.5 abAB
	7	5.5±0.6 aB	5.8±0.2 aA	6.1±0.4 aC
	10	5.3±0.2 cB	6.2±0.1 bA	6.9±0.3 aAB
	14	5.1±0.9 bB	5.7±0.6 abA	6.7±0.4 aBC

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25 °C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively

- CaO-GSE 코팅과 MAP 병합 저장에 따른 저장 중 감귤의 총 페놀함량을 갈산으로 정량하여 Table 13-9에 나타내었음.
- 저장온도 4와 25°C에서 각각 35일과 14일간 측정된 총 페놀함량은 6.4-8.3, 4.7-8.3 mg/ 100 mL이었음.
- 4°C에 저장된 감귤 시료들은 처리 여부 및 방법에 관계없이 저장 기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았으며( $p>0.05$ ), 반면 25°C에 저장에서는 저장기간이 길어질수록 기체 조성에 관계없이 처리된 시료들에 비해 untreated의 air 또는 MAP의 총 페놀함량이 지속적으로 줄어드는 경향을 보였음.
- 하지만 25°C에서 air 포장 또는 MAP 되어 저장되었을 때의 GSE coating과 CaO-GSE coating은 저장 기간 동안 총 페놀함량이 감소하다가 증가하는 경향을 보였음.
- 본 실험 결과를 통해 저장 중 감귤의 총 페놀함량 유지에 있어 MAP의 직접적인 효과는 확인 할 수 없었으나, CaO-GSE coating이 저장온도에 따른 영향 없이 감귤의 총 페놀함량을 가장 효과적으로 보유한다는 것을 알 수 있었음.

## h. 색도

**Table 13-10.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the color of whole mandarin peel during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$L^*$			$a^*$			$b^*$		
		Untreated	GSE Coating	CaO-GSE coating	Untreated	GSE Coating	CaO-GSE coating	Untreated	GSE Coating	CaO-GSE coating
4	0	65.1±1.2 aA	65.2±1.2 aA	65.6±1.3 aA	32.5±1.5 aA	32.6±2.4 aA	32.3±1.9 aA	64.5±2.8 bA	66.8±2.6 aA	68.0±2.1 aA
	7	65.0±0.9 aA	65.0±0.9 aA	65.0±1.4 aA	32.8±3.0 aA	32.3±2.0 aA	32.4±1.5 aA	66.2±2.5 aA	63.1±4.3 bB	63.7±3.5 abBC
	14	65.0±1.4 aA	65.9±1.5 aA	65.9±2.1 aA	26.3±2.3 aB	22.7±1.5 bC	22.6±1.7 bC	65.7±1.5 aA	58.3±3.5 bC	59.9±1.8 bD
	21	65.1±1.5 aA	65.2±1.5 aA	65.0±1.1 aA	25.8±2.7 aB	26.3±1.6 aB	26.7±2.5 aB	63.1±2.5 aA	62.3±3.4 aB	62.5±3.3 aCD
	28	65.1±1.3 aA	65.6±1.5 aA	65.2±1.8 aA	27.5±1.9 aB	26.9±2.1 aB	26.8±2.5 aB	64.5±2.8 aA	64.7±3.3 aAB	65.1±3.1 aABC
	35	65.1±1.5 aA	65.1±2.1 aA	64.8±1.7 aA	27.4±2.5 aB	26.4±1.8 aB	26.1±2.2 aB	70.2±4.5 aB	67.4±5.3 aA	66.4±2.6 aAB
25	0	65.1±1.2 aA	65.2±1.2 aA	65.6±1.3 aA	32.5±1.5 aA	32.6±2.4 aA	32.3±1.9 aA	64.5±2.8 bA	66.8±2.6 aA	68.0±2.1 aA
	3	65.1±1.6 aA	65.0±1.5 aA	65.1±0.8 aA	31.6±2.2 aAB	31.0±1.4 aB	30.4±1.4 aB	63.2±2.2 aAB	57.8±5.2 bB	62.1±2.5 aB
	7	65.2±1.7 aA	65.7±1.9 aA	65.2±1.9 aA	30.1±2.3 aB	28.8±2.6 aC	29.2±1.5 aB	61.9±2.4 aB	55.3±4.3 bB	57.5±2.3 bCD
	10	65.6±1.3 aA	65.0±2.3 aA	65.6±1.1 aA	27.6±2.6 aC	26.2±2.7 aD	27.2±2.9 aC	63.4±2.0 aAB	57.0±4.6 cB	59.6±2.9 bC
	14	64.4±1.4 bA	65.5±1.6 aA	65.6±1.0 aA	27.0±1.8 aC	22.9±1.6 bE	22.8±1.9 bD	64.9±1.0 aA	54.9±5.3 bB	55.8±2.5 bD

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- 활성칼슘과 향균 코팅이 병합처리 된 감귤을 각각 4와 25°C에 저장하여 각각 14일과 35일간 측정된 색도를 Table 13-10에 나타내었음.
- 저장 기간 동안 감귤의 명도( $L^*$ )는 64.6-65.9, 적색도( $a^*$ )는 22.8-32.6, 그리고 황색도( $b^*$ )는 54.9-68.0이었음.
- 감귤의 명도는 저장온도, 저장일자, 그리고 처리여부 및 방법에 관계없이 저장기간 동안 유의적인 차이가 없었고( $p>0.05$ ), 적색도는 저장온도와 처리 여부 및 방법에 관계없이 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였음( $p<0.05$ ).
- 반면에 감귤의 황색도는 저장온도와 저장일자에 따라 처리여부에 따라 유의적인 차이를 보였는데, untreated의 경우, 저장온도와 저장기간에 관계없이 GSE coating 또는 CaO-GSE coating에 비해 유의적으로 높은 황색도를 유지하였으며 이는 처리되지 않은 감귤 표면의 감귤에 의한 것으로 사료되었음.



- 4°C에서 저장된 시료들의 적색도와 황색도는 저장 중 감소하였다가 증가하는 경향을 보였으나, 시료들 간의 유의적인 차이는 없었음.
- 그러나 25°C에 저장된 GSE coating과 CaO-GSE coating 시료들의 황색도는 untreated에 비해 저장기간에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 이는 코팅 처리에 의해 감귤의 갈변속도가 줄어드는 것으로 판단하였음.
- 이에 따라 CaO-GSE coating은 저장기간 동안 감귤의 색도에 영향을 주지 않는다고 판단하였음.

**i. 관능평가**

**Table 13-11.** Effects of combined treatment of CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the sensory evaluation of mandarin peel and flesh

Mandarin samples	Sensory attributes					
	Peel			Flesh		
	Appearance	Glossiness	Color	Taste	Flavor	Texture
Untreated	4.9±1.5b	4.3±1.3b	5.0±1.3b	6.4±1.8a	5.7±1.4a	6.1±1.4a
GSE coating	6.5±1.7a	6.9±1.9a	6.9±1.4a	6.6±1.8a	5.8±1.5a	6.7±1.5a
CaO-GSE coating	6.6±1.7a	6.8±1.4a	7.1±1.3a	6.4±1.8a	5.8±1.4a	6.3±1.5a

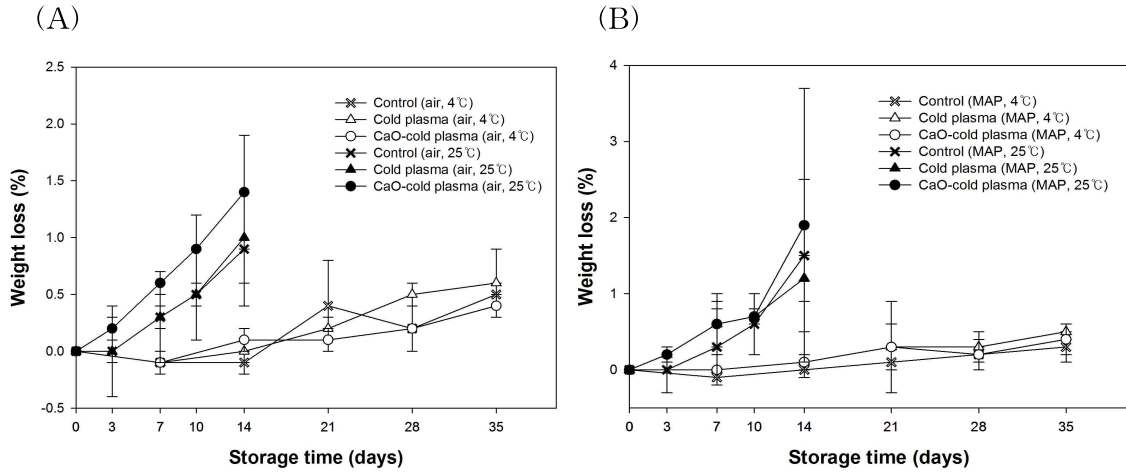
\* Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples

- 감귤의 관능적 특성에 대한 활성칼슘과 향균 코팅의 병합처리 효과를 Table 13-11에 나타내었음.
- 감귤 과피의 appearance, glossiness, 그리고 color는 처리 여부에 따라 유의적인 차이를 보였는데( $p<0.05$ ), 처리 방법에 관계없이 GSE coating과 CaO-GSE coating은 untreated 보다 유의적으로 높은 관능적 특성을 나타내었음.
- 감귤 과육의 taste, flavor, 그리고 texture 평가 항목은 처리 여부 및 방법에 따른 유의적인 차이를 보이지 않아( $p>0.05$ ), GSE coating과 CaO-GSE coating이 감귤의 과육에 영향을 주지 않았다고 판단하였음.
- 따라서 본 실험에서 알아보고자 한 CaO-GSE coating이 감귤 과피를 더욱 효과적으로 보이게 해주면서 감귤 과육의 관능적 특성에는 영향을 끼치지 않는다는 것을 알 수 있었음.

## 6. 최적의 표면 처리 기술과 MAP 병합 처리를 통한 산지적용 농산물 병합 살균 기술 개발

### (1) Cold plasma를 이용한 최적 표면 처리 기술 및 MAP 병합 처리

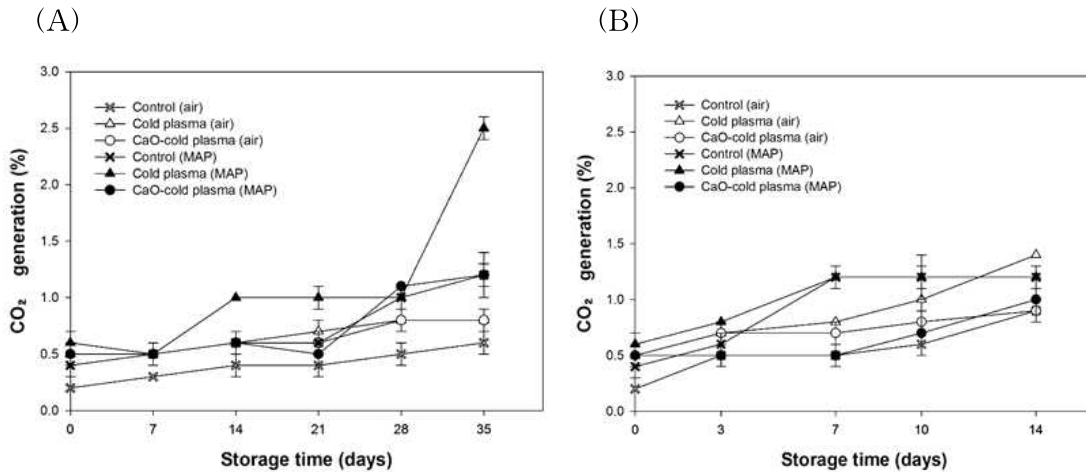
#### a. 중량감소율



**Fig. 13-18.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the weight loss(%) of Satsuma mandarin during storage at 4°C for 35 days and 25°C for 14 days with (A) air packaging and (B) MAP(modified atmosphere packaging). Air; Air was composed in low density polyethylene (LDPE) film package. MAP; CO<sub>2</sub> of 2.1±0.1 and O<sub>2</sub> of 9.9±0.2 were composed at LDPE film package. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —✕— Control (air, 4°C); —△— Cold plasma (air, 4°C); —○— CaO-cold plasma (air, 4°C); —✕— Control (air, 25°C); —▲— Cold plasma (air, 25°C); —●— CaO-cold plasma (air, 25°C) at (A), —✕— Control (MAP, 4°C); —△— Cold plasma (MAP, 4°C); —○— CaO-cold plasma (MAP, 4°C); —✕— Control (MAP, 25°C); —▲— Cold plasma (MAP, 25°C); —●— CaO-cold plasma (MAP, 25°C) at (B).

- 저장온도와 포장방법에 상관없이 모든 처리군은 저장일자에 따른 중량감소 효과를 보였음. ( $p>0.05$ ).
- 저장온도에 상관없이 air 포장된 처리군이 MA 포장된 처리군보다 중량감소율이 크게 나타났음.
- 4°C 저장 중 MA 포장된 모든 처리군의 중량감소율은 유의적 차이를 보이지 않았음.
- 25°C 저장 중 포장방법에 상관없이 CaO-CP 처리군이 저장일자에 따른 중량 감소 효과가 두드러지게 나타났음( $p<0.05$ ).
- CaO-CP는 기체조성에 관계없이 저장 중 감귤의 중량감소율에 영향을 주지 않았음.

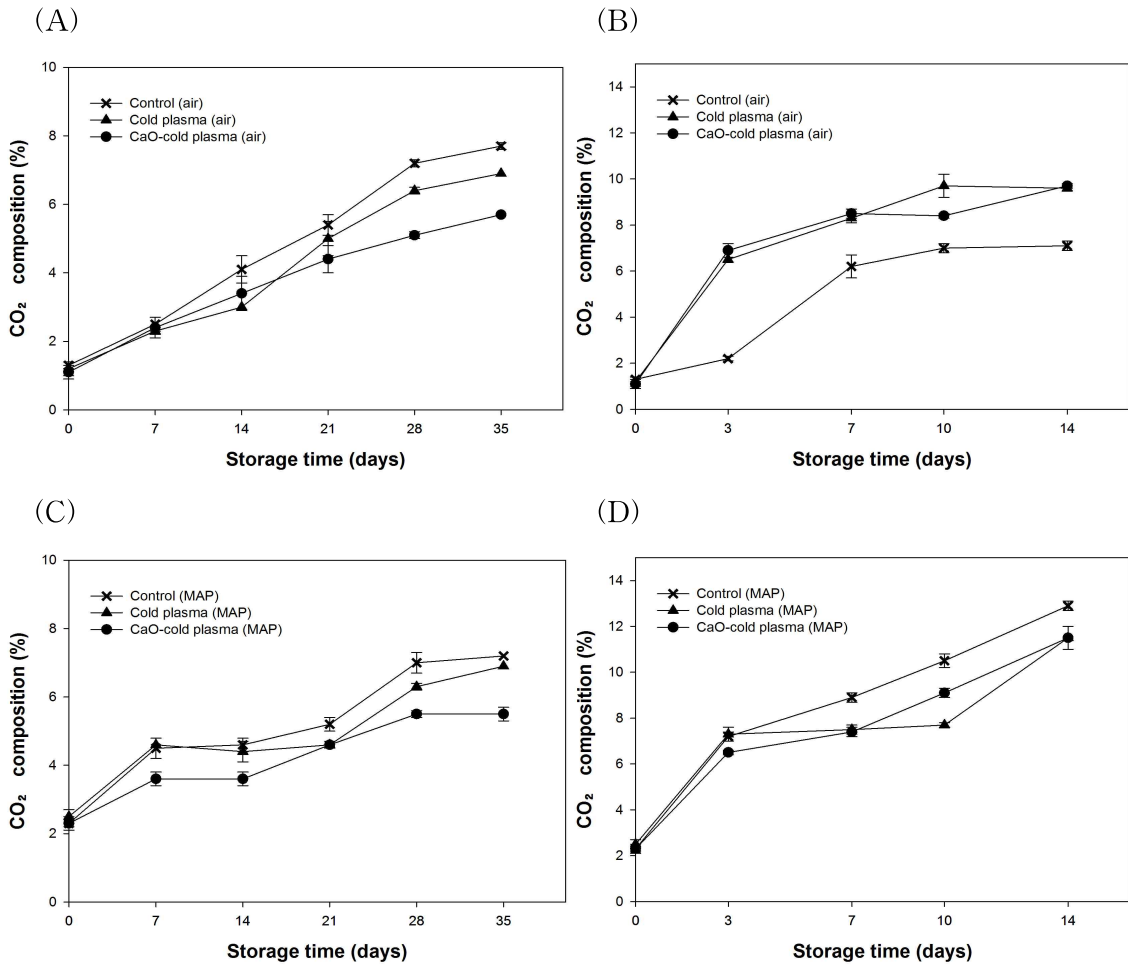
b. 호흡률



**Fig. 13-19.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the CO<sub>2</sub> concentration(%) of Satsuma mandarin during storage at (A) 4°C for 35 days and (B) 25°C for 14 days. MAP (modified atmosphere packaging). Air; Air was composed in low density polyethylene (LDPE) film package. MAP; CO<sub>2</sub> of 2.1±0.1 and O<sub>2</sub> of 9.9±0.2 were composed at LDPE film package. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —⊗— Control (air); —△— Cold plasma (air); —○— CaO-cold plasma (air); —×— Control (MAP); —▲— Cold plasma (MAP); —●— CaO-cold plasma (MAP)

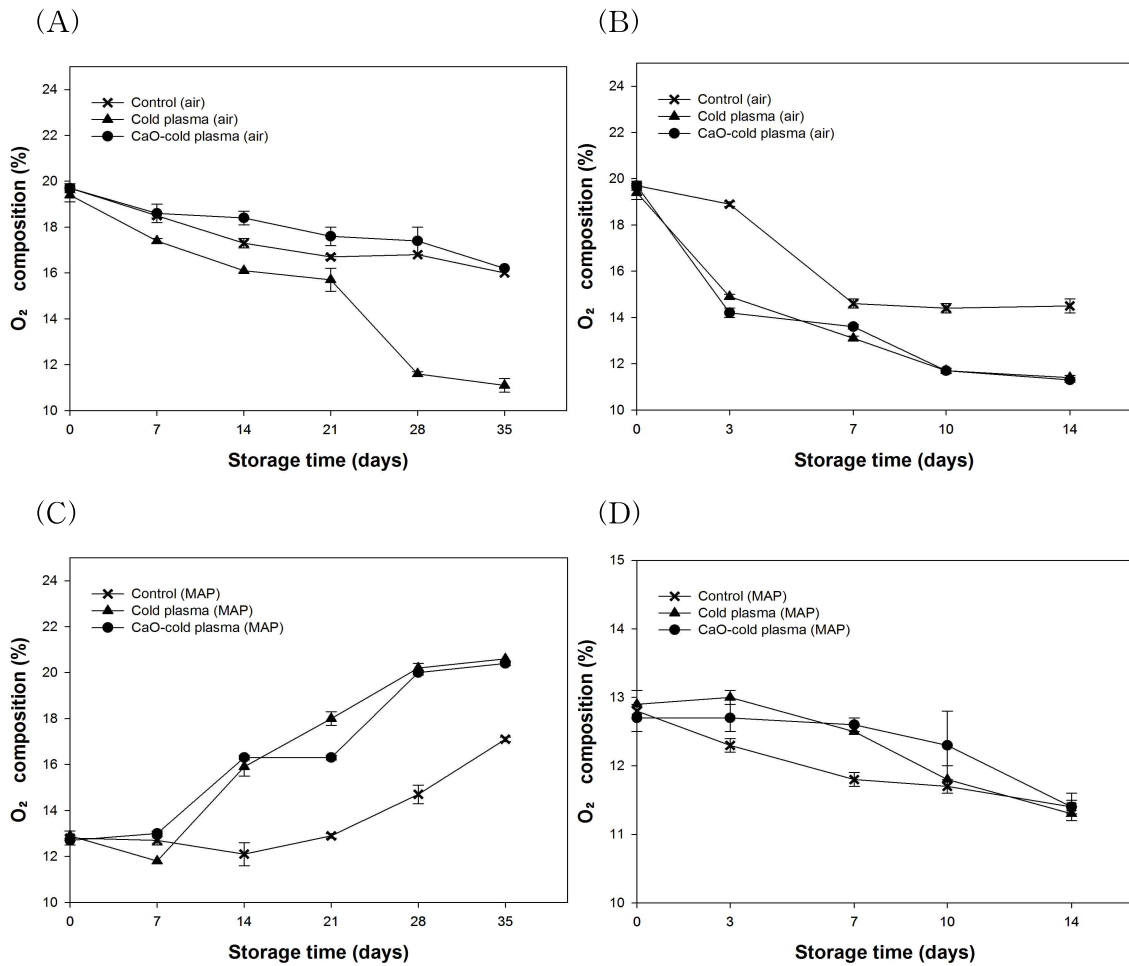
- 저장 온도와 포장 방법에 상관없이 모든 처리군은 저장일자에 따라 호흡률의 증가를 보였음.
- 4°C 저장 중 MA 포장된 처리군들이 air포장된 처리군보다 호흡률 증가의 폭이 더 크게 나타났음.
- 4°C 저장 중 air 포장된 control보다 단독 CP와 CaO-CP 처리군의 호흡률이 마지막 저장일인 35일차까지 높은 경향을 보였고, 두 처리군의 유의적 차이는 없었음( $p>0.05$ ).
- 25°C 저장 중 air 포장된 단독 CP 처리군은 마지막 저장일인 14일차 때 control과 CaO-CP 처리군보다 높은 호흡률을 보였음.
- 4°C 저장 중 MA 포장된 control과 CaO-CP 처리군은 저장 21일차까지 단독 CP 처리군보다 낮은 호흡률을 보였고, 25°C 저장 중 MA 포장된 CaO-CP 처리군은 마지막 저장일인 14일차까지 control과 단독 CP 처리군보다 낮은 호흡률을 보여 CaO-CP 처리가 감귤의 호흡을 지연시켰음.

### c. 가스조성



**Fig. 13-20.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the internal CO<sub>2</sub> composition(%) of Satsuma mandarin during storage at (A) 4°C for 35 days, (B) 25°C for 14 days with air packaging and (C) 4°C for 35 days, (D) 25°C for 14 days with MAP(modified atmosphere packaging). Air; Air was composed in low density polyethylene (LDPE) film package. MAP; CO<sub>2</sub> of 2.1±0.1 and O<sub>2</sub> of 9.9±0.2 were composed at LDPE film package. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —✕— Control (air); —▲— Cold plasma (air); —●— CaO-cold plasma (air) at (A) and (B). —✕— Control (MAP); —▲— Cold plasma (MAP); —●— CaO-cold plasma (MAP) at (C) and (D).

- 저장온도와 포장 방법에 상관없이 모든 처리군의 CO<sub>2</sub> 농도는 저장일자가 지날수록 유의적으로 증가하였음.
- 4°C 저장 중 air 포장된 단독 CP, CaO-CP 처리군은 control보다 저장일이 지날수록 낮은 CO<sub>2</sub> 농도를 보였고, 그 중 단독 CP보다 CaO-CP 처리군이 더 낮은 CO<sub>2</sub> 농도를 보였음.
- 25°C 저장 중 air 포장된 control보다 CP, CaO-CP 처리군이 더 높은 CO<sub>2</sub> 농도를 보였음. 그러나 MAP 포장에서는 4°C와 같은 경향을 보였음.
- 따라서 CaO-CP 처리가 포장방법에 상관없이 가스 농도 유지에 효과적이었음.



**Fig. 13-21.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the internal O<sub>2</sub> composition(%) of Satsuma mandarin during storage at (A) 4°C for 35 days, (B) 25°C for 14 days with air packaging and (C) 4°C for 35 days, (D) 25°C for 14 days with MAP(modified atmosphere packaging). Air; Air was composed in low density polyethylene (LDPE) film package. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —✕— Control (air); —▲— Cold plasma (air); —●— CaO-cold plasma (air) at (A) and (B). —✕— Control (MAP); —▲— Cold plasma (MAP); —●— CaO-cold plasma (MAP) at (C) and (D).

- 저장 온도에 상관없이 air포장된 처리군 모두 저장일자에 따라 O<sub>2</sub> 농도가 유의적으로 감소하였음.
- 4°C 저장 중 air 포장된 CaO-CP 처리군은 다른 처리군들 보다 저장일자에 따른 O<sub>2</sub> 농도가 유의적으로 높은 경향을 보였음. 그 중 단독 CP 처리군이 저장일자가 지날수록 가장 크게 감소하였고, control과 CaO-CP 처리군은 유의적 차이가 없었음. 25°C에서 단독 CP, CaO-CP 처리군이 control보다 낮은 O<sub>2</sub> 농도를 보였고, 크게 감소하였음. 두 처리군은 유의적 차이가 없었음.

- 4°C 저장 중 MA 포장된 처리군들은 모두 저장일자가 지날수록 O<sub>2</sub> 농도가 증가하였고, control보다 CP, CaO-CP처리군이 더 높은 변화율은 보였음.
- 25°C 저장 중 MA 포장된 처리군들이 저장일자가 지날수록 O<sub>2</sub> 농도가 감소하였고, control과 다르게 단독 CP 처리군은 저장 7일차까지 유의적 차이를 보이지 않았고, CaO-CP 처리군은 저장 10일차까지 유의적 차이를 보이지 않았음. 마지막 저장일자에선 모든 처리군이 유의적 차이가 없었음.

**d. 당도, pH, 그리고 적정산도**

**Table 13-12.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the total soluble solid contents of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Total Soluble solid contents (° Brix)					
		Air			MAP		
		Control	CP	CaO- CP	Control	CP	CaO- CP
4	0	12.0±0.0 i	12.1±0.3 hi	12.2±0.0 ghi	12.2±0.1 fghi	12.0±0.1 hi	12.2±0.3 ghi
	7	12.0±0.1 i	12.2±0.3 fghi	12.3±0.1 defghi	12.3±0.1 fghi	12.3±0.1 fghi	12.2±0.1 fghi
	14	12.2±0.1 ghi	12.5±0.2 abcdef	12.5±0.3 abcdef	12.4±0.1 bcdefg	12.4±0.3 bcdefg	12.3±0.2 defghi
	21	12.3±0.0 fghi	12.6±0.2 abcde	12.7±0.1 abc	12.6±0.1 abcd	12.8±0.1 a	12.2±0.1 fghi
	28	12.3±0.0 efghi	12.5±0.1 abcdefg	12.7±0.1 ab	12.7±0.3 ab	12.8±0.0 a	12.2±0.1 fghi
	35	12.7±0.1 abc	12.7±0.1 ab	12.7±0.2 ab	12.7±0.2 abc	12.8±0.0 a	12.3±0.1 fghi
25	0	12.0±0.0 d	12.1±0.1 d	12.2±0.0 bcd	12.2±0.1 bcd	12.0±0.1 d	12.2±0.3 bcd
	3	12.1±0.4 d	12.3±0.0 bcd	12.3±0.0 bcd	12.2±0.0 bcd	12.0±0.1 d	12.2±0.1 bcd
	7	12.2±0.1 cd	12.3±0.0 bcd	12.2±0.1 bcd	12.2±0.1 bcd	12.4±0.1 bcd	12.2±0.0 bcd
	10	12.3±0.1 bcd	12.5±0.1 abc	12.6±0.3 ab	12.4±0.1 bcd	12.5±0.1 abc	12.2±0.3 bcd
	14	12.5±0.1 ab	12.5±0.1 abc	12.8±0.0 a	12.6±0.3 ab	12.8±0.1 a	12.3±0.2 bcd

\* Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column ( $p<0.05$ ).

- 저장 온도에 상관없이 air 포장된 모든 처리군은 저장일자에 따라 당도의 증가를 보였음 ( $p<0.05$ ).
- 4°C 저장 중 control과 단독 CP 처리군은 포장방법에 상관없이 저장일자가 지날수록 당도가 증가하는 경향을 보였지만, CaO-CP 처리군은 MA 포장에서 저장 기간에 따른 당도의 유의

적 차이를 보이지 않았음( $p>0.05$ ). 이는 25°C 저장 중에서도 같은 경향을 보였음.

- 따라서 MA 포장된 CaO-CP처리가 감귤의 당도를 유지하는데 효과가 있었음.

**Table 13-13.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the pH of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	pH					
		Air			MAP		
		Control	CP	CaO- CP	Control	CP	CaO- CP
4	0	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.6±0.1 <i>defgh</i>	3.5±0.1 <i>gh</i>	3.6±0.1 <i>fgh</i>	3.5±0.0 <i>h</i>
	7	3.6±0.1 <i>defgh</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.6±0.1 <i>fgh</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>
	14	3.6±0.1 <i>cdefg</i>	3.6±0.1 <i>efgh</i>	3.6±0.1 <i>efgh</i>	3.6±0.1 <i>efgh</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>
	21	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.6±0.1 <i>fgh</i>	3.7±0.1 <i>abc</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.7±0.1 <i>abcd</i>	3.7±0.1 <i>abc</i>
	28	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.7±0.0 <i>abcd</i>	3.7±0.1 <i>bcdef</i>	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.7±0.0 <i>abcd</i>	3.7±0.1 <i>abcde</i>
	35	3.6±0.0 <i>defgh</i>	3.8±0.0 <i>a</i>	3.8±0.0 <i>ab</i>	3.7±0.1 <i>abcde</i>	3.8±0.1 <i>ab</i>	3.7±0.1 <i>abcd</i>
25	0	3.6±0.0 <i>efgh</i>	3.6±0.0 <i>efgh</i>	3.6±0.1 <i>efgh</i>	3.5±0.1 <i>h</i>	3.6±0.1 <i>gh</i>	3.5±0.0 <i>h</i>
	3	3.6±0.0 <i>fgh</i>	3.6±0.0 <i>efgh</i>	3.7±0.1 <i>cdef</i>	3.7±0.0 <i>cdef</i>	3.6±0.1 <i>efgh</i>	3.7±0.1 <i>cdef</i>
	7	3.6±0.0 <i>efgh</i>	3.6±0.0 <i>defg</i>	3.7±0.0 <i>cdef</i>	3.7±0.1 <i>cdef</i>	3.6±0.0 <i>defg</i>	3.7±0.1 <i>defg</i>
	10	3.7±0.1 <i>cdef</i>	3.7±0.0 <i>cdef</i>	3.7±0.1 <i>bcd</i>	3.8±0.1 <i>abc</i>	3.8±0.1 <i>bcd</i>	3.7±0.1 <i>bcd</i>
	14	3.7±0.0 <i>bcd</i>	3.8±0.1 <i>abc</i>	3.8±0.1 <i>bcd</i>	3.9±0.0 <i>a</i>	3.8±0.1 <i>ab</i>	3.7±0.0 <i>cdef</i>

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column ( $p<0.05$ ).

- 4°C 저장 중 air 포장된 control은 저장일자에 따른 pH의 유의적 차이를 보이지 않았으나 단독 CP, CaO-CP 처리군은 저장기간이 지날수록 pH가 증가하는 경향을 보였음( $p<0.05$ ).
- 4°C 저장 중 MA 포장된 모든 처리군들은 저장기간이 지날수록 pH가 증가하였고 저장일자에 따른 유의적 차이를 보이지 않았음( $p>0.05$ ).
- 25°C 저장 중 포장방법에 상관없이 모든 처리군들은 저장기간이 지날수록 pH가 증가하였고, 저장기간에 따른 유의적 차이는 보이지 않았음( $p>0.05$ ).
- 따라서, MA 포장된 CaO-CP 처리는 감귤의 pH에 영향을 미치지 않았음.

**Table 13-14.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the titrable acidity of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

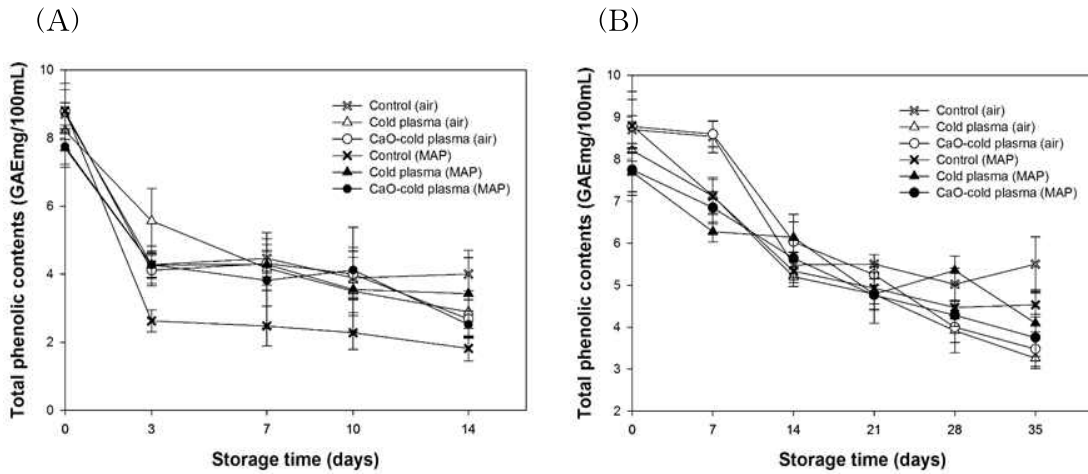
Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Titratable acidity (%)					
		Air			MAP		
		Control	CP	CaO-CP	Control	CP	CaO-CP
4	0	0.8±0.0 ab	0.8±0.0 ab	0.8±0.1 ab	0.8±0.1 ab	0.9±0.1 a	0.8±0.1 abcd
	7	0.8±0.1 abc	0.7±0.1 bcde	0.8±0.0 ab	0.8±0.1 ab	0.8±0.1 ab	0.8±0.1 abc
	14	0.8±0.0 ab	0.7±0.1 bcde	0.8±0.0 abc	0.7±0.1 bcde	0.7±0.1 bcde	0.8±0.1 abcd
	21	0.8±0.0 ab	0.7±0.1 bcde	0.7±0.1 bcde	0.7±0.1 bcde	0.7±0.0 bcde	0.8±0.1 abc
	28	0.7±0.1 bcde	0.6±0.1 de	0.7±0.1 bcde	0.7±0.1 cde	0.7±0.0 bcde	0.7±0.1 bcde
	35	0.7±0.1 bcde	0.6±0.1 e	0.7±0.0 bcde	0.7±0.1 bcde	0.7±0.0 bcde	0.7±0.1 bcde
25	0	0.8±0.0 ab	0.8±0.0 ab	0.8±0.1 ab	0.8±0.1 ab	0.9±0.1 a	0.8±0.1 abcd
	3	0.7±0.1 abcd	0.7±0.1 bcde	0.7±0.0 cde	0.7±0.0 bcde	0.8±0.1 abc	0.8±0.0 ab
	7	0.7±0.1 abcd	0.7±0.1 abcd	0.7±0.1 bcde	0.7±0.0 bcd	0.7±0.1 cdef	0.7±0.0 bcde
	10	0.8±0.0 ab	0.7±0.1 bcde	0.7±0.1 bcde	0.7±0.1 cde	0.6±0.0 e	0.6±0.0 de
	14	0.7±0.0 bcde	0.7±0.1 cde	0.7±0.0 bcde	0.7±0.0 bcde	0.6±0.1 e	0.7±0.1 cde

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column ( $p < 0.05$ ).

- 저장온도와 포장방법에 상관없이 모든 처리군은 저장일자에 따라 산도가 감소하는 경향을 보였고, 각 저장일자에 따른 유의적 차이를 보이지 않았음.
- 따라서, MA 포장된 CaO-CP 처리는 감귤의 산도에 영향을 미치지 않았음.



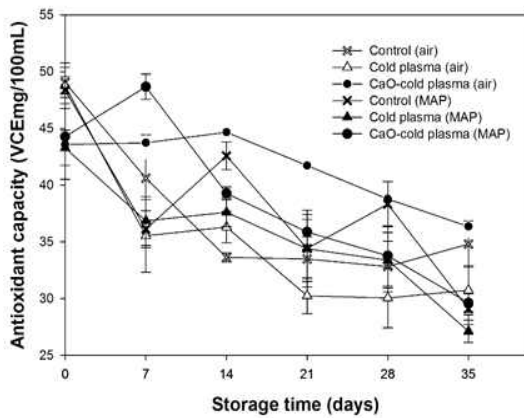
e. 총 페놀함량 및 항산화능 측정



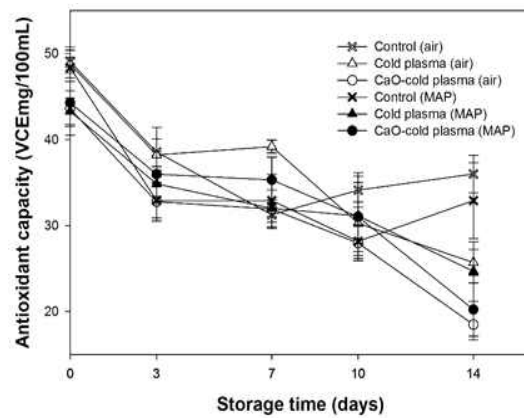
**Fig. 13-22.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the total phenolic contents of Satsuma mandarin during storage at 4°C for 35 days (A) and 25°C for 14 days (B) MAP (modified atmosphere packaging). Air; Air was composed in low density polyethylene (LDPE) film package. MAP; CO<sub>2</sub> of 2.1±0.1 and O<sub>2</sub> of 9.9±0.2 were composed at LDPE film package. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —⊗— Control (air); —△— Cold plasma (air); —○— CaO-cold plasma (air); —×— Control (MAP); —▲— Cold plasma (MAP); —●— CaO-cold plasma (MAP).

- 4°C 저장 중 포장방법에 상관없이 모든 처리군은 저장일자에 따라 총 페놀함량이 감소하는 경향을 보였고, MA 포장된 처리군이 air 포장된 처리군들 보다 총 페놀함량의 감소 정도가 더 적은 경향을 보였음.
- 25°C 저장 중 포장방법에 상관없이 모든 처리군은 저장일자에 따라 총 페놀함량이 감소하는 경향을 보였고, MA 포장된 control은 저장 10일차부터 단독 CP와 CaO-CP 처리군보다 낮은 함량을 보였음.
- 25°C 저장 중 MA 포장된 처리군은 4°C와 마찬가지로 총 페놀함량이 air 포장된 처리군보다 감소 정도가 더 적은 경향을 보였음.
- 따라서, MA 포장된 CaO-CP 처리는 감귤 과육의 총 페놀함량을 유지하는데 효과가 있었음.

(A)



(B)



**Fig. 13-23.** Effect of combined treatment of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the antioxidant capacity of Satsuma mandarin during storage at 4°C for 35 days (A) and 25°C for 14 days (B MAP (modified atmosphere packaging). Air; Air was composed in low density polyethylene (LDPE) film package. MAP; CO<sub>2</sub> of 2.1±0.1 and O<sub>2</sub> of 9.9±0.2 were composed at LDPE film package. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —x— Control (air); —Δ— Cold plasma (air); —○— CaO-cold plasma (air); —x— Control (MAP); —▲— Cold plasma (MAP); —●— CaO-cold plasma (MAP).

- 저장온도와 포장방법에 상관없이 모든 처리군은 저장일자가 지날수록 항산화능이 감소하는 경향을 보였음.
- 4°C 저장 중 저장 7일차부터 air 포장군이 MA 포장군보다 높은 값을 유지하였으나 저장 14일차부터 CaO-CP 처리군을 제외하고 유의적 차이가 없었음.
- 4°C와 25°C 모두 air 포장된 CaO-CP 처리군이 마지막 저장일자에 가장 높은 항산화능을 보였음.
- MA 포장된 감귤은 4°C에서 처리군에 상관없이 저장일자에 따른 유의적 차이가 없었으나, 25°C에서는 마지막 저장일인 14일차에 control이 단독 CP, CaO-CP 처리군보다 높은 항산화능을 보였음.
- CaO-CP-MAP의 항산화능은 저온저장 시 유의적으로 효과가 좋았음.

f. 색도

**Table 13-15.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the  $L^*$  of color of mandarin peel during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$L^*$					
		Air			MAP		
		Control	CP	CaO-CP	Control	CP	CaO-CP
4	0	71.3±0.9 <i>a</i>	70.8±1.9 <i>a</i>	70.3±1.1 <i>abc</i>	71.1±0.9 <i>a</i>	70.3±1.1 <i>abc</i>	70.4±1.1 <i>abc</i>
	7	70.2±0.8 <i>abcd</i>	69.4±1.5 <i>bcde</i>	69.1±0.8 <i>abdef</i>	70.6±1.2 <i>ab</i>	69.4±1.3 <i>bcde</i>	69.0±0.9 <i>defg</i>
	14	68.7±0.6 <i>efghi</i>	68.1±1.7 <i>fghi</i>	67.5±0.4 <i>i</i>	68.9±1.0 <i>defgh</i>	68.3±0.8 <i>efghi</i>	68.7±0.9 <i>efghi</i>
	21	68.4±1.0 <i>efghi</i>	68.0±0.9 <i>fghi</i>	67.9±0.8 <i>fghi</i>	68.5±0.8 <i>efghi</i>	68.0±0.8 <i>fghi</i>	68.4±1.1 <i>efghi</i>
	28	67.9±0.7 <i>fghi</i>	67.7±0.8 <i>hi</i>	68.5±0.9 <i>efghi</i>	68.1±0.8 <i>fghi</i>	68.5±1.1 <i>efghi</i>	68.0±1.1 <i>fghi</i>
	35	68.7±1.3 <i>efghi</i>	67.5±0.7 <i>i</i>	67.7±0.9 <i>fghi</i>	68.2±0.8 <i>efghi</i>	67.8±0.9 <i>ghi</i>	67.9±0.7 <i>fghi</i>
25	0	71.3±0.9 <i>a</i>	70.8±1.9 <i>ab</i>	70.3±1.1 <i>abc</i>	71.1±0.9 <i>a</i>	70.3±1.1 <i>abc</i>	70.4±1.1 <i>abc</i>
	3	68.4±1.4 <i>defg</i>	68.5±1.5 <i>defg</i>	68.1±1.9 <i>defgh</i>	69.0±1.3 <i>cdef</i>	68.3±1.1 <i>defgh</i>	69.2±1.9 <i>defgh</i>
	7	68.8±1.1 <i>cdef</i>	67.7±1.8 <i>defgh</i>	67.3±1.2 <i>fghi</i>	69.3±1.5 <i>bcd</i>	68.1±1.1 <i>defgh</i>	68.2±1.2 <i>defgh</i>
	10	68.3±1.2 <i>defgh</i>	67.6±1.5 <i>defgh</i>	66.9±1.4 <i>fgh</i>	68.0±1.4 <i>defgh</i>	67.3±1.4 <i>efg</i>	68.0±1.1 <i>defgh</i>
	14	67.9±0.9 <i>defgh</i>	67.5±1.3 <i>efgh</i>	65.6±1.1 <i>i</i>	67.7±1.2 <i>defgh</i>	68.3±1.1 <i>defgh</i>	66.6±0.7 <i>hi</i>

\* Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column ( $p<0.05$ ).

- 저장온도, 포장방법에 상관없이 모든 감귤은 저장기간이 지날수록 명도의 감소를 보였음.
- 4°C 저장 중 MA 포장된 CaO-CP 처리군은 저장 7일차에서 control보다 낮은 명도 값을 보였으나 저장일자가 지나면서 각 처리군 별 유의적 차이를 보이지 않았음.
- 따라서, CaO-CP-MAP는 감귤의 명도에 영향을 미치지 않았음.

**Table 13-16.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the  $a^*$  of color of mandarin peel during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$a^*$					
		Air			MAP		
		Control	CP	CaO- CP	Control	CP	CaO- CP
4	0	20.2±1.5 ab	19.7±1.9 b	20.4±1.5 ab	20.7±1.3 a	20.9±0.9 ab	19.7±1.6 b
	7	21.2±1.4 ab	19.8±1.8 ab	21.4±0.5 ab	20.5±1.5 ab	20.3±1.9 ab	20.2±1.7 ab
	14	20.7±1.3 ab	19.8±1.8 ab	20.1±1.5 ab	20.8±1.4 ab	19.8±1.4 ab	20.6±1.7 ab
	21	19.3±1.3 b	20.1±1.4 ab	21.4±0.8 ab	20.3±1.5 ab	20.2±2.0 ab	21.2±0.8 ab
	28	20.2±1.9 ab	20.6±1.3 ab	20.0±1.6 ab	20.4±1.8 ab	20.4±1.8 ab	20.1±1.5 ab
	35	20.0±1.5 ab	20.4±1.0 ab	19.6±1.6 b	19.3±1.4 b	19.7±1.5 b	22.1±0.5 a
25	0	20.2±1.5 ab	19.7±1.9 ab	20.4±1.5 ab	20.7±1.3 a	20.9±0.9 ab	19.7±1.6 b
	3	21.5±0.8 a	19.6±2.6 ab	22.0±0.0 ab	20.6±1.9 ab	20.2±1.7 ab	20.4±1.5 ab
	7	21.1±0.9 ab	19.7±1.6 ab	21.7±0.8 a	21.3±0.8 a	20.3±1.1 ab	21.5±0.7 a
	10	19.3±2.5 ab	18.9±2.6 ab	20.6±1.7 ab	21.8±0.4 a	19.2±1.2 ab	20.1±1.4 ab
	14	18.2±3.2 b	20.9±0.5 ab	19.6±1.7 h	19.6±1.8 ab	19.8±1.9 ab	19.1±0.8 ab

\* Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column ( $p<0.05$ ).

**Table 13-17.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) of CaO-cold plasma (0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution with cold plasma treatment (CP) at 35.2 kV, 2 min) on the  $b^*$  of color of mandarin peel during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$b^*$					
		Air			MAP		
		Control	CP	CaO-CP	Control	CP	CaO-CP
4	0	71.3±0.8 <i>hi</i>	70.8±0.7 <i>i</i>	70.6±0.4 <i>i</i>	70.8±0.6 <i>i</i>	70.7±0.9 <i>i</i>	70.8±0.7 <i>i</i>
	7	71.2±0.7 <i>hi</i>	71.7±0.8 <i>ghi</i>	71.8±0.7 <i>ghi</i>	71.3±0.7 <i>hi</i>	71.2±0.7 <i>hi</i>	71.8±0.7 <i>ghj</i>
	14	71.9±0.6 <i>ghj</i>	72.1±0.7 <i>ghj</i>	73.8±1.2 <i>bcdef</i>	72.1±0.8 <i>ghj</i>	73.2±0.9 <i>defg</i>	73.8±1.4 <i>bcdef</i>
	21	73.2±0.2 <i>cdefg</i>	73.1±1.1 <i>defg</i>	73.2±1.2 <i>ab</i>	73.1±0.5 <i>defg</i>	72.9±1.0 <i>efg</i>	72.4±1.2 <i>fgh</i>
	28	74.1±1.0 <i>ab</i>	74.0±1.3 <i>abcde</i>	74.1±1.3 <i>ab</i>	73.7±0.9 <i>bcdef</i>	74.4±1.2 <i>abcd</i>	74.4±1.0 <i>abcd</i>
	35	75.1±1.1 <i>ab</i>	74.0±1.4 <i>abcde</i>	74.1±1.1 <i>abcde</i>	75.3±0.7 <i>a</i>	73.8±1.2 <i>bcdef</i>	74.7±0.6 <i>abc</i>
25	0	71.3±0.8 <i>a</i>	70.8±0.7 <i>ab</i>	70.6±0.4 <i>abc</i>	70.8±0.6 <i>ab</i>	70.7±0.9 <i>ab</i>	70.8±0.7 <i>ab</i>
	3	69.1±2.2 <i>bcde</i>	68.3±1.5 <i>def</i>	67.5±1.5 <i>ef</i>	68.1±2.2 <i>ab</i>	68.7±2.1 <i>cdef</i>	67.0±1.6 <i>fg</i>
	7	68.7±1.8 <i>def</i>	67.3±1.6 <i>ef</i>	67.9±2.0 <i>ef</i>	67.9±1.7 <i>ef</i>	68.2±1.5 <i>def</i>	67.2±1.4 <i>efg</i>
	10	69.0±1.5 <i>bcde</i>	67.9±1.5 <i>ef</i>	66.8±2.1 <i>fg</i>	68.3±1.7 <i>def</i>	68.3±1.6 <i>def</i>	68.1±1.9 <i>def</i>
	14	69.1±1.8 <i>bcde</i>	68.3±1.6 <i>def</i>	65.3±1.3 <i>g</i>	70.0±1.6 <i>abcd</i>	71.5±1.5 <i>a</i>	68.0±1.3 <i>ef</i>

\* Data represent the mean with standard deviations (n=4). Different letters indicate significant difference between the data within the same column ( $p<0.05$ ).

(2) 항균 코팅제를 이용한 최적 표면 처리 기술 및 MAP 병합 처리

a. 곰팡이 발병률



Fig. 13-24. Effect of emerged treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-coating (coating incorporated 1% grapefruits seed extracts (w/w) based carnauba wax after washing treatment with 0.2% CaO (w/w) water solution) on the disease incidence

(%) of whole mandarin fruits during storage A-1; Untreated-air, A-2; GSE coating-air, A-3; CaO-GSE coating-air, A-4; Untreated-MAP, A-5; GSE coating-MAP, A-6; CaO-GSE coating-MAP at 4 and B-1; Untreated-air, B-2; GSE coating-air, B-3; CaO-GSE coating-air, B-4; Untreated-MAP, B-5; GSE coating-MAP, B-6; CaO-GSE coating-MAP at 25°C

- 저장온도, 저장일자, 그리고 처리여부에 관계없이 air 포장 또는 MAP된 감귤에서 *P. digitatum*은 성장하지 않았음(Fig. 13-24).
- 온도 4°C의 경우, *P. digitatum*은 선행연구에서 이용했던 *P. italicum*과는 달리 10°C이하의 온도에서는 생장이 어렵다고 보고된 바 있음.
- 또한, CO<sub>2</sub> 농도가 10%이상일 경우에는 곰팡이 생장억제효과가 나타난다고 발표된바가 있으며, 25°C에 저장된 모든 시료들의 CO<sub>2</sub> 농도는 저장 3일차부터 10%가 넘었기에 *P. digitatum*은 성장하지 않았다고 사료됨.
- 저장온도와 저장기간에 따라 air 또는 MA 포장을 통해 각 처리군 별 *P. digitatum*의 생장 억제 효과를 볼 수 없었음.

b. 경도

**Table 13-18.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the firmness (N) of whole mandarin fruits during storage at 4 and 25°C

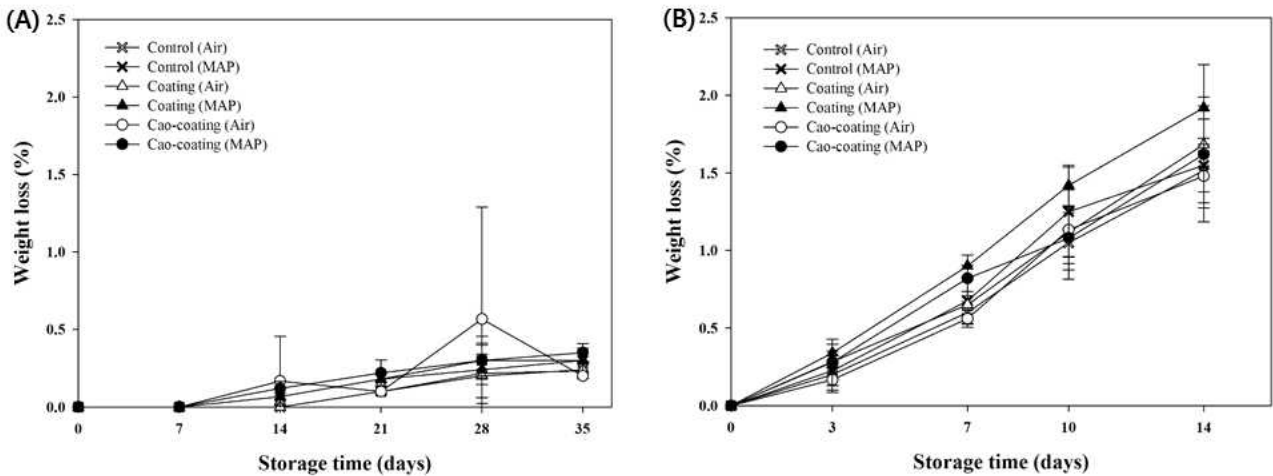
Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Firmness (N)					
		Control		Coating		CaO-coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4	0	2.3±0.5 abA	2.3±0.6 abA	2.1±0.5 bAB	2.2±0.5 bA	2.4±0.5 abA	2.6±0.4 aA
	7	1.7±0.4 bB	1.9±0.5 abB	2.0±0.5 aA	1.9±0.3 abBC	1.9±0.3 aB	2.1±0.3 aB
	14	1.6±0.4 abBC	1.6±0.3 bCD	1.9±0.4 aAB	1.8±0.5 abBC	1.8±0.5 aBC	1.6±0.4 abC
	21	1.7±0.4 abB	1.6±0.4 bC	1.6±0.4 bBC	2.0±0.5 aAB	1.8±0.5 abBC	1.6±0.4 bC
	28	1.4±0.3 bcC	1.3±0.3 cDE	1.7±0.3 aB	1.6±0.5 abcCD	1.6±0.3 abCD	1.5±0.3 abcC
	35	1.5±0.3 aBC	1.1±0.3 bE	1.3±0.2 abC	1.5±0.3 aD	1.4±0.3 aD	1.5±0.3 aC
25	0	2.3±0.5 abA	2.3±0.6 abA	2.1±0.5 bAB	2.2±0.5 bA	2.4±0.5 abA	2.6±0.4 aA
	3	2.1±0.5 aA	1.9±0.4 aB	2.2±0.5 aA	2.2±0.5 aAB	1.9±0.5 aB	2.2±0.4 aB
	7	1.6±0.4 bcB	1.5±0.3 cC	2.0±0.4 aAB	1.9±0.5 abBC	1.9±0.4 aB	2.1±0.4 aB
	10	1.6±0.4 aB	1.6±0.3 aC	1.8±0.4 aBC	1.6±0.5 aCD	1.7±0.4 aBC	1.7±0.4 aC
	14	1.4±0.4 aB	1.4±0.5 aC	1.6±0.5 aC	1.4±0.3 aD	1.6±0.3 aC	1.5±0.3 aC

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- 저장온도와 처리방법에 관계없이 저장일자가 길어질수록 감귤의 경도가 유의적으로 감소하였음( $p<0.05$ ).
- GSE Coating 또는 CaO-GSE coating 처리하여 각각 air와 MA 포장된 감귤은 감귤의 경도에 영향을 주지 않았음( $p>0.05$ ).



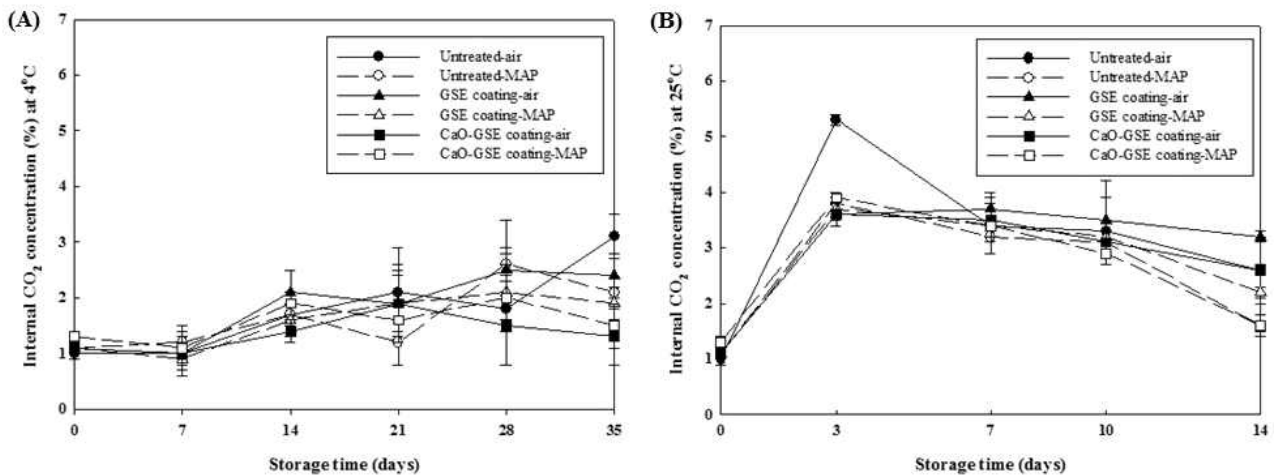
### c. 중량감소율



**Fig. 13-25.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the weight loss (%) of Satsuma mandarin during storage at (A) 4°C for 35 days and (B) 25°C for 14 days. Air; Air was composed in low density polyethylene (LDPE) film package. MAP (modified atmosphere packaging); CO<sub>2</sub> (%) of 2.1±0.1 and O<sub>2</sub> (%) of 9.9±0.2 were composed at LDPE film package. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —⊗— Control-air; —✕— Control-MAP; —△— GSE coating-air; —▲— GSE coating-MAP; —○— CaO-GSE coating-air; —●— CaO-GSE coating-MAP.

- Air 또는 MAP 한 감귤을 4와 25°C에 각각 저장하여 중량 감소율을 분석하여 Fig. 13-25에 나타내었음.
- 4°C에 저장된 감귤의 경우 저장 14일차까지는 시료간의 중량 감소율에 유의적인 차이가 없었으나, 저장 21차부터는 air로 포장된 감귤의 중량감소율 보다 MAP된 감귤의 중량 감소율이 유의적으로 증가하였다는 것을 확인하였음.
- 반면에 저장 28일차에서는 모든 조건에서 저장된 감귤의 중량 감소율이 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장기간이 증가할수록 중량 감소율 증가하는 경향이 있었음.
- 저장기간이 길어질수록 25°C에 저장된 감귤의 중량 감소율이 증가한다는 것을 확인하였음.
- 그 중에서도 GSE coating-MAP 감귤들의 중량 감소율이 다른 조건에서 포장된 감귤에 비해 유의적으로 높았음.
- 따라서 CaO-GSE coating-MAP가 저장 중 감귤의 중량 감소에 영향을 주지 않는다고 결론 내렸음.

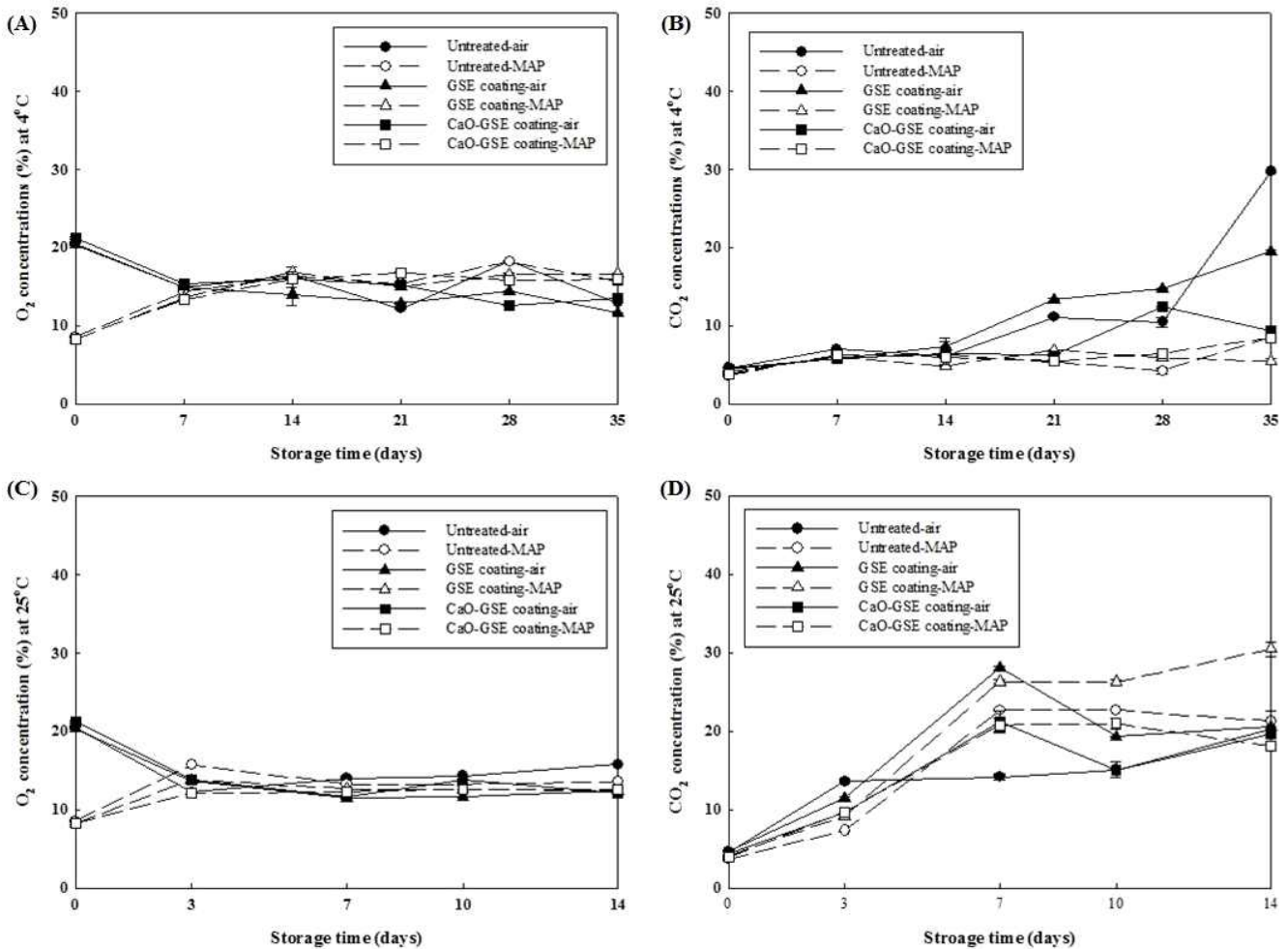
d. 호흡률



**Fig. 13-26.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w water solution) on internal CO<sub>2</sub> concentration (%) of mandarin flesh during storage at (A) 4 and (B) 25°C. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated-air; --○-- Untreated-MAP; —▲— GSE coating-air; --△-- GSE coating-MAP; —■— CaO-GSE coating-air; --□-- CaO-GSE coating-MAP.

- CaO-GSE coating처리 후, MAP한 감귤의 저장 중 호흡률을 Fig. 13-26에 나타내었음 4°C에 저장된 시료들의 호흡률은 저장 35일간 1.0-3.1%이었고, 25°C에 저장된 시료들은 저장 14일간 1.0-5.3%로 측정되었음.
- 저장온도에 관계없이 저장 기간에 따라 모든 시료의 호흡률은 증가하였다가 감소 또는 유지하는 경향을 보였음.
- 특히 4°C에 저장된 시료들의 호흡률은 저장 0일차에 비해 저장 14일차부터 서서히 증가하다가 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였고, 25°C에서는 저장 3일차에서 큰 폭으로 증가한 뒤, 저장 7일차부터 감소하였음.
- CaO-GSE coating의 호흡률은 저장온도와 기체조성에 관계없이 다른 처리군에 비해 저장 기간 동안 유의적으로 낮게 측정되었음.
- CaO-GSE coating-MAP의 호흡률은 저장 기간에 관계없이 유의적으로 가장 낮은 값으로 측정되어, 활성칼슘과 향균코팅의 병합처리 효과와 MAP의 저장의 병합처리 효과를 확인 할 수 있었음.

e. 가스조성



**Fig. 13-27.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the gas composition (%) of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> of whole mandarin fruits during storage at 4 and 25°C. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated-air; --○-- Untreated-MAP; —▲— GSE coating-air; --△-- GSE coating-MAP; —■— CaO-GSE coating-air; --□-- CaO-GSE coating-MAP.

- MA포장되어 온도 4°C에 저장된 GSE coating 또는 CaO-GSE coating의 O<sub>2</sub>는 저장일자에 따라 유의적으로 증가하였으며, 25°C에서는 MA 포장된 시료들의 O<sub>2</sub>가 감소하였다가 이후 다시 증가하는 경향을 보였음.
- 이는 호흡률이 잠시 정체되었다가 시료들이 후숙 과정에 들어가면서 다시 증가하는 것으로 판단하였음.

- 반면 조성기체가 air 인 시료들의 O<sub>2</sub>는 저장온도와 처리여부에 관계없이 저장기간이 길어질수록 감소하였다가 줄어드는 경향을 보였고, 이는 감귤의 후숙과 저장기간에 따른 CO<sub>2</sub>농도의 변화가 복합적으로 작용하였다고 사료됨.
- 온도 4°C에 저장된 감귤의 CO<sub>2</sub>는 저장 7일차까지 모든 처리 군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 이후부터는 증가 또는 감소하기 시작하였음.
- 특히 저장 14일차에서 MA포장된 모든 처리군의 CO<sub>2</sub>가 감소하는 경향이었으나 air로 포장된 모든 처리 군의 CO<sub>2</sub>는 증가하였음.
- 하지만 저장 28일차부터는 기체조성에 관계없이 모든 처리군의 CO<sub>2</sub>가 감소하였음.
- 그 중에서도 저장기간이 길어질수록 CaO-GSE coating-MAP의 CO<sub>2</sub>농도가 가장 유의적으로 낮았음( $p < 0.05$ ).
- 저장온도 25°C에서는 저장 3일차까지 처리여부에 관계없이 감귤의 CO<sub>2</sub>가 일정하였으나, 이후부터는 처리여부에 관계없이 air 포장이 MAP에 비해 높은 CO<sub>2</sub> 농도를 유지하였음.
- 저장 10일차 이후부터는 모든 시료들의 CO<sub>2</sub>가 감소하였고, 그 중에서도 CaO-GSE coating MAP가 가장 유의적으로 감소하였음( $p < 0.05$ ).
- 이에 따라, CaO-coating-MAP가 가장 효과적으로 가스조성을 유지하였음.

f. 당도, pH 및 적정산도

**Table 13-19.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w water solution) on the total soluble solid contents (°Brix) of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Total soluble solid contents (°Brix)					
		Untreated		GSE Coating		CaO-GSE coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4	0	12.2±0.0 aBC	12.3±0.5 aA	12.2±0.1 aA	12.3±0.3 aAB	12.5±0.3 aA	12.5±0.1 aA
	7	12.2±0.0 aD	12.2±0.5 aA	11.9±0.1 aA	12.2±0.0 aAB	11.9±0.1 aB	12.3±0.0 aAB
	14	11.9±0.0 aCD	12.1±0.6 aA	11.6±1.3 aA	11.8±0.3 aAB	11.3±0.0 aCD	12.2±0.5 aAB
	21	11.7±0.0 bcD	11.9±0.3 abA	11.6±0.1 bcA	11.8±0.1 bcB	11.4±0.1 cCD	12.2±0.4 aAB
	28	12.0±0.0 aAB	11.3±0.9 aA	11.4±0.0 aA	11.7±0.0 aB	11.6±0.0 aBC	11.7±0.0 aB
	35	13.1±0.1 aA	11.2±0.0 cA	11.4±0.4 cA	12.3±0.1 bA	11.2±0.1 cD	11.7±0.6 bcB
25	0	12.2±0.0 aA	12.3±0.5 aAB	12.2±0.1 aA	12.3±0.3 aA	12.5±0.3 aA	12.5±0.1 aB
	3	12.1±0.1 dA	12.6±0.0 aA	11.8±0.0 eB	12.2±0.2 cdA	12.4±0.1 bcB	12.5±0.1 abB
	7	11.6±0.6 abA	11.9±0.0 aB	11.4±0.3 bcC	11.8±0.5 abAB	11.7±0.1 abC	11.1±0.1 cC
	10	12.3±0.2 abA	12.3±0.1 abAB	12.3±0.1 abA	11.9±0.1 cAB	12.0±0.0 bcA	12.5±0.1 aB
	14	11.6±0.1 cA	12.3±0.1 bAB	10.9±0.0 dD	11.6±0.1 cB	10.6±0.0 eD	13.2±0.0 aA

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- CaO-GSE 코팅과 MAP 병합 저장에 따른 저장 중 감귤의 당도의 영향을 Table 13-19에 나타내었음.
- 처리여부와 가스조성에 관계없이 4°C에서 35일간 저장된 감귤의 당도는 11.2-13.1 °brix였고, 25°C에서 14일간 저장된 감귤의 당도는 10.6-13.2 °brix이었음.
- 4°C에 저장된 감귤의 당도는 저장 14일차까지 처리여부와 기체조성에 관계없이 untreated와 유의적인 차이를 보이지 않았으나( $p>0.05$ ), 저장 21일차부터는 untreated-MAP와 CaO-coating-MAP만의 당도가 유의적인 차이 없이 유사한 값으로 측정되었음( $p>0.05$ ).
- 반면에 25°C에 저장된 시료의 당도는 저장일자, 처리방법, 그리고 기체조성에 따라 차이를

보였고, 처리여부에 관계없이 포장된 기체조성과 저장온도가 당도의 보존율에 더욱 영향을 끼치는 것으로 관찰되었음.

- 이러한 결과는 특히 GSE coating-air 또는 GSE coating-MAP에서 확인 할 수 있었는데, 저장온도 4°C에서는 untreated, CaO-GSE coating과 유의적인 차이가 적었으나, 25°C에 저장되었을 때에는 처리 여부 및 방법과 기체 조성에 따라 untreated와 유의적인 차이를 보였음 ( $p < 0.05$ ).
- 저장온도, 저장일자, 처리여부에 따른 기체조성의 효과를 관찰하였을 때, 4°C에 저장된 시료 보다는 25°C에 저장된 시료에서 그 효과를 확인 할 수 있었음.

**Table 13-20.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w water solution) on the pH of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	pH					
		Untreated		GSE Coating		CaO-GSE coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4	0	4.4±0.1 abcC	4.3±0.0 cB	4.4±0.0 aC	4.4±0.1 abBC	4.4±0.0 bcB	4.3±0.1 cB
	7	4.6±0.1 abAB	4.6±0.1 aA	4.5±0.1 abB	4.5±0.0 bcAB	4.6±0.2 abA	4.4±0.1 cAB
	14	4.6±0.1 aA	4.6±0.1 abA	4.5±0.2 abcB	4.4±0.1 cBC	4.6±0.1 aA	4.4±0.0 bcA
	21	4.6±0.1 bAB	4.5±0.1 bcAB	4.7±0.1 aA	4.6±0.1 abA	4.5±0.1 bA	4.4±0.0 cA
	28	4.5±0.2 aBC	4.4±0.3 aB	4.4±0.1 aC	4.4±0.1 aC	4.5±0.1 aA	4.4±0.0 aAB
	35	4.6±0.1 aAB	4.4±0.0 bcB	4.5±0.0 abcBC	4.4±0.1 cC	4.5±0.1 abA	4.4±0.2 cAB
25	0	4.4±0.1 abcB	4.3±0.0 cC	4.4±0.0 aCD	4.4±0.1 abB	4.4±0.0 bcC	4.3±0.1 cB
	3	4.4±0.3 aB	4.4±0.2 aC	4.3±0.3 aD	4.2±0.2 aC	4.3±0.1 aC	4.4±0.1 aAB
	7	4.7±0.0 aA	4.4±0.0 dBC	4.6±0.1 bAB	4.6±0.1 bcAB	4.6±0.0 abB	4.5±0.0 cA
	10	4.5±0.1 aA	4.5±0.2 aAB	4.5±0.1 aBC	4.5±0.1 aBC	4.6±0.1 aB	4.5±0.1 aA
	14	4.6±0.1 bA	4.6±0.1 bcA	4.7±0.1 aA	4.7±0.2 abA	4.7±0.0 abA	4.5±0.1 cAB

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p > 0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p > 0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- 시료가 처리여부 및 처리방법, 그리고 기체조성에 관계없이 4°C에서 35일간 저장되었을 때, pH 4.3-4.6을 유지하였고, 25°C에서 14일간 저장되었을 경우에는 pH 4.3-4.7으로 측정되었음 (Table 13-20).
- 저장온도에 관계없이 모든 감귤 시료의 pH는 저장기간에 따라 증가하는 경향을 보였음.
- 하지만 4°C에 저장된 CaO-GSE coating-MAP의 경우, 저장 7일차부터 35일차까지 pH를 유지시켰고, 저장기간 동안 untreated와 GSE coating의 air 또는 MAP에 비해 유의적으로 낮은 pH 값이 측정되어 다른 처리 군에 비해 상대적으로 높은 적정산도(%)를 예상할 수 있었음.
- 반면에 25°C에 저장된 untreated와 GSE coating의 pH는 기체조성에 관계없이 CaO-GSE coating에 비해 저장기간 마다 높아졌고, 특히 처리여부에 관계없이 air포장된 시료들의 pH가 저장일자마다 증가하는 경향을 보였음.

**Table 13-21.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w water solution) on the titrable acidity (%) of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

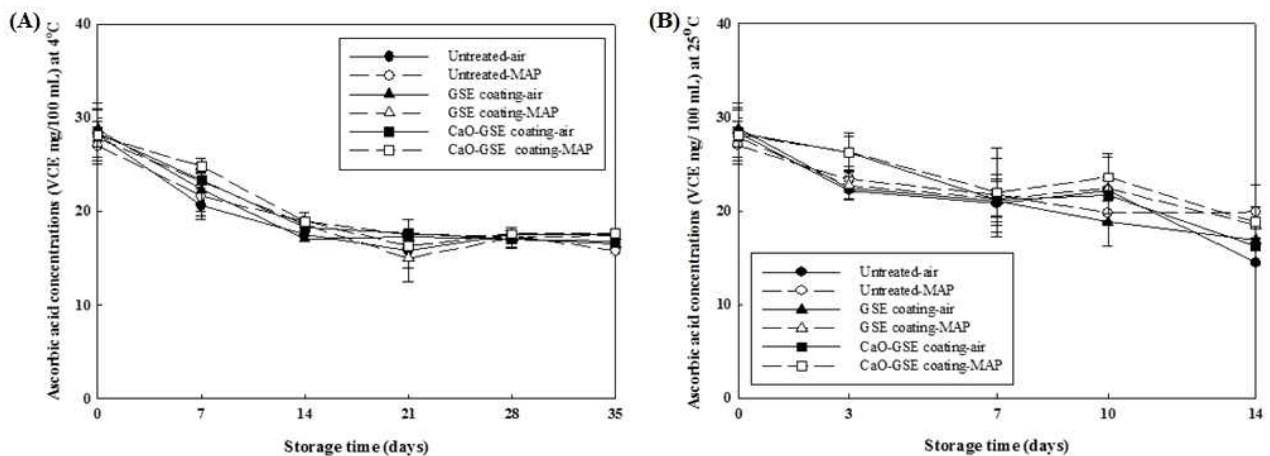
Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Titrable acidity (%)					
		Untreated		GSE Coating		CaO-GSE coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4	0	0.3±0.0 aA	0.3±0.0 aA	0.4±0.1 aA	0.4±0.0 aA	0.4±0.0 aA	0.4±0.0 aA
	7	0.2±0.0 bB	0.2±0.0 bB	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 abB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aB
	14	0.2±0.0 aB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aBC	0.3±0.0 aB
	21	0.2±0.0 abB	0.3±0.0 abB	0.2±0.0 bB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aBC	0.3±0.0 aB
	28	0.2±0.0 aC	0.2±0.1 abB	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aBC	0.3±0.0 aB
	35	0.2±0.0 aB	0.2±0.0 aB	0.3±0.0 aAB	0.3±0.1 aB	0.2±0.0 aC	0.3±0.0 aB
25	0	0.3±0.0 aA	0.3±0.0 aA	0.4±0.1 aA	0.4±0.0 aA	0.4±0.0 aA	0.4±0.0 aA
	3	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 aAB	0.3±0.1 aAB	0.3±0.0 aA	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 aAB
	7	0.2±0.0 aC	0.2±0.1 aB	0.3±0.0 aAB	0.3±0.0 aB	0.3±0.0 aA	0.3±0.0 aA
	10	0.2±0.0 bBC	0.3±0.0 abAB	0.3±0.0 abAB	0.3±0.0 abB	0.3±0.0 aA	0.3±0.0 abA
	14	0.2±0.0 bBC	0.3±0.0 abAB	0.3±0.0 abB	0.2±0.0 abB	0.3±0.0 aA	0.3±0.0 abA

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case

letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- CaO-GSE coating된 감귤은 기체조성과 저장온도에 관계없이 저장기간 동안 가장 효과적으로 적정산도(%)를 유지시켰음(Table 13-21).
- 4°C에 저장된 시료에서는 기체조성에 따른 효과를 확인하기 어려웠으나, 저장일자가 길어질수록 25°C에 저장된 untreated의 적정산도는 air보다 MAP에서 상대적으로 보존이 되었음.
- 이를 통해 GSE coating 또는 CaO-GSE coating과 MA 포장의 병합저장이 저장 중 감귤의 적정산도 유지에 효과가 있다고 판단할 수 있었음(Table 13-20).
- 따라서 본 연구의 CaO-GSE coating과 MAP 병합이 untreated 대비 감귤의 적정산도에 유의적인 영향을 보이지 않은 것으로 판단하였음.

### g. Ascorbic acid 농도 측정



**Fig. 13-28.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w water solution) on the ascorbic acid concentrations of mandarin flesh during storage at (A) 4 and (B) 25°C. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated-air; --○-- Untreated-MAP; —▲— GSE coating-air; --△-- GSE coating-MAP; —■— CaO-GSE coating-air; --□-- CaO-GSE coating-MAP.

- CaO-GSE 코팅과 MAP 병합 저장에 따른 저장 중 감귤의 ascorbic acid 농도를 Fig. 13-28에 나타내었음.
- 4와 25°C에 저장된 모든 시료의 ascorbic acid는 각각 저장 7일차와 3일차부터 급격하게 감소하기 시작하였고( $p<0.05$ ), 처리 여부 및 방법에 관계없이 air로 포장한 모든 시료의



ascorbic acid 농도가 MAP한 untreated, GSE coating, 그리고 CaO-GSE coating 보다 낮은 것으로 관찰되었음.

- 특히 untreated의 air 또는 MAP는 저장온도 4°C에서 저장기간이 길어질수록 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었고, 저장 21일차에서 untreated-air의 ascorbic acid가 두드러지게 감소하였다가 다시 증가한 것으로 보아 air 조성에 따라 과실의 생리학적 활성이 영향을 받은 것으로 사료되었음.
- 반면에, 25°C에 저장된 시료들의 ascorbic acid 농도는 저장일자가 길어질수록 감소하다가 증가하는 경향으로 나타났으며, 저장 중 GSE coating-air와 CaO-GSE coating-air의 농도가 전체 MAP 시료들의 비해 낮아지는 경향이 있어, air 조성이 세척처리 또는 항균 코팅에 따라 감귤 과육에 영향을 준 것으로 판단하였음.

#### h. 총 페놀함량 및 항산화능 측정

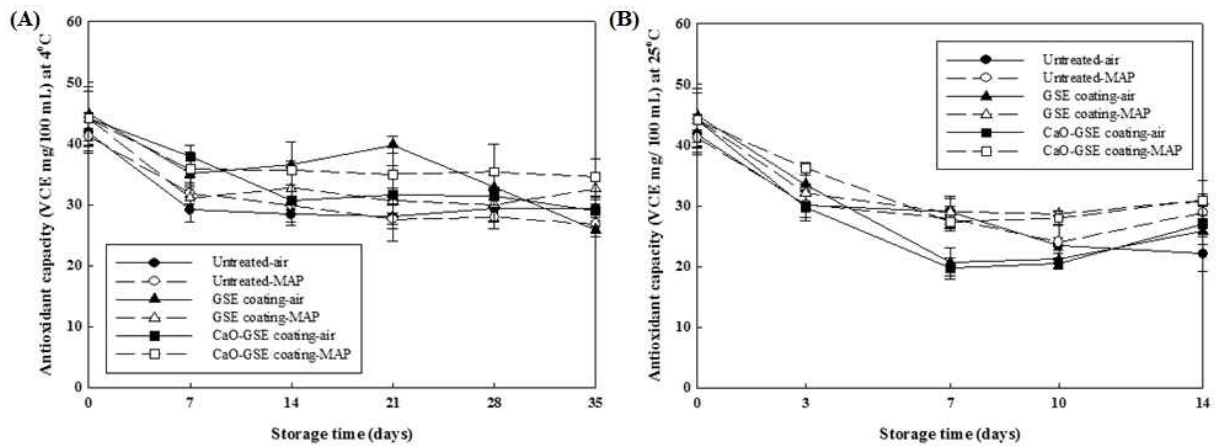
**Table 13-22.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w water solution) on the total phenol contents of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	Total phenol contents (GAE mg/ 100 mL)					
		Untreated		GSE Coating		CaO-GSE coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4	0	6.4±0.1 dB	6.9±0.2 cdA	7.5±0.5 bcA	8.1±0.3 abA	7.6±0.2 abcA	8.3±0.3 aA
	7	7.6±0.5 aA	7.7±0.5 aA	7.2±0.2 aA	7.4±0.4 aA	7.6±0.6 aA	8.2±0.3 aA
	14	7.6±0.4 aA	7.7±0.9 aA	7.5±0.5 aA	7.9±0.3 aA	7.5±0.6 aA	8.0±0.1 aA
	21	7.4±0.6 bA	7.6±0.3 abA	7.4±0.5 bA	8.1±0.6 abA	7.6±0.7 abA	8.3±0.2 aA
	28	7.5±0.9 aA	7.6±0.7 aA	7.4±0.2 aA	8.0±0.1 aA	7.6±0.7 aA	8.3±0.6 aA
	35	7.5±0.3 aA	7.6±0.8 aA	7.4±0.2 aA	8.1±0.2 aA	7.6±0.7 aA	8.1±0.0 aA
25	0	6.4±0.1 dA	6.9±0.2 cdA	7.5±0.5 bcA	8.1±0.3 abA	7.6±0.2 abcA	8.3±0.3 aA
	3	6.6±0.1 abA	5.5±0.4 bB	5.5±0.3 bC	6.9±0.9 aAB	7.2±0.5 aAB	5.6±0.1 bD
	7	5.6±0.3 cA	4.1±0.5 dC	6.7±0.2 bB	5.6±0.2 cC	6.8±0.1 bB	7.5±0.2 aB
	10	5.6±0.9 bcA	5.6±0.7 cB	6.5±0.3 abcB	6.7±0.2 abB	6.8±0.4 aB	7.5±0.2 aB
	14	5.4±0.8 bA	4.7±0.4 bBC	6.4±0.3 aB	6.4±0.4 aBC	6.7±0.2 aB	6.9±0.3 aC

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case

letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- CaO-GSE 코팅과 MAP 병합 저장에 따른 저장 중 감귤의 총 페놀함량을 갈산으로 정량하여 Table 13-22에 나타내었음.
- 저장온도 4와 25°C에서 각각 35일과 14일간 측정된 총 페놀함량은 6.4-8.3, 4.7-8.3 mg/ 100 mL이었음.
- 4°C에 저장된 감귤 시료들은 처리 여부 및 방법에 관계없이 저장 기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았으며( $p>0.05$ ), 반면 25°C에 저장에서는 저장기간이 길어질수록 기체 조성에 관계없이 처리된 시료들에 비해 untreated의 air 또는 MAP의 총 페놀함량이 지속적으로 줄어드는 경향을 보였음.
- 하지만 25°C에서 air 포장 또는 MAP 되어 저장되었을 때의 GSE coating과 CaO-GSE coating은 저장 기간 동안 총 페놀함량이 감소하다가 증가하는 경향을 보였는데, 이는 저장 기간 동안 총 페놀함량이 저장 환경에 따라 페놀 성분의 대사에 영향을 받은 것으로 판단하였음
- 따라서, 본 실험 결과를 통해 저장 중 감귤의 총 페놀함량 유지에 있어 MAP의 직접적인 효과는 확인 할 수 없었으나, CaO-GSE coating이 저장온도에 따른 영향 없이 감귤의 총 페놀함량을 가장 효과적으로 보유한다는 것을 알 수 있었음.



**Fig. 13-29.** Effects of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax solution incorporating 1% grapefruit seed extract after washing treatment with the 0.2% highly activated calcium oxide (w/w water solution) on the antioxidant capacity of mandarin flesh during storage at (A) 4 and (B) 25°C. Each point represents a mean value of 6 measurements. Error bars denote standard deviations. —●— Untreated-air; --○-- Untreated-MAP; —▲— GSE coating-air; --△-- GSE coating-MAP; —■— CaO-GSE coating-air; --□-- CaO-GSE coating-MAP.

- CaO-GSE coating과 MAP를 병합 적용한 저장 중 감귤의 항산화능을 알아보려고 하였음 (Fig. 13-19).
- 저장온도 4와 25°C에서 각각 35일과 14일간 저장한 감귤의 항산화능을 ascorbic acid 로 정량하여 나타내었음.
- 저장 0일 차의 항산화능은 처리 여부 및 방법, 기체 조성에 관계없이 41.2-44.9 VCE mg/100 mL으로 측정되었음.
- 하지만 모든 시료의 항산화능이 4°C에서는 저장 7일차, 25°C에서는 저장 3일차부터 두드러지게 감소하였고( $p < 0.05$ ), 25°C에 저장된 air 포장군의 시료의 항산화능이 MAP 대비 줄어든 것으로 확인되었음.
- 따라서, 본 실험결과를 통해 기체조성에 따른 항산화능 효과는 확인 할 수 없었으나, 기체조성의 영향 없이 CaO-GSE coating이 감귤의 항산화능 유지에 효과적이라는 것을 확인 할 수 있었음.

i. 색도

**Table 13-23.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax incorporating 1% grapefruits seed extract after washing treatment with 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the  $L^*$  of color of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$L^*$					
		Untreated		GSE Coating		CaO-GSE coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4°C	0	65.2±1.1 aA	65.4±1.3 aA	65.1±1.1 aA	65.1±1.0 aA	65.1±0.6 aA	65.3±0.6 aA
	7	65.1±0.7 aA	65.0±1.2 aA	64.9±1.0 aA	65.0±0.8 aA	65.0±1.1 aA	65.3±1.4 aA
	14	64.8±1.4 aA	65.0±1.5 aA	65.2±1.5 aA	65.0±0.9 aA	65.0±0.8 aA	65.3±1.5 aA
	21	65.2±0.8 aA	65.1±0.9 aA	65.0±2.2 aA	65.1±1.6 aA	65.4±1.1 aA	64.9±1.5 aA
	28	65.1±1.3 aA	65.6±1.3 aA	65.0±1.1 aA	65.0±1.7 aA	65.0±0.9 aA	65.0±1.2 aA
	35	65.0±2.1 aA	64.8±1.1 aA	63.1±1.6 bA	65.1±1.4 aA	64.4±0.4 abA	65.1±0.9 aA
25°C	0	65.2±1.1 aA	65.4±1.3 aA	65.1±1.1 aA	65.1±1.0 aA	65.1±0.6 aA	65.3±0.6 aA
	3	65.0±1.2 aA	65.0±0.9 aA	65.1±1.0 aA	65.0±1.1 aA	65.2±0.7 aA	65.6±1.2 aA
	7	65.1±1.0 aA	65.2±1.6 aA	65.0±1.8 aA	65.0±1.8 aA	65.6±1.0 aA	65.7±2.4 aA
	10	65.1±1.9 aA	65.0±2.0 aA	65.6±1.7 aA	64.8±1.4 aA	65.0±1.6 aA	65.0±2.1 aA
	14	64.9±1.6 aA	65.0±1.4 aA	65.1±1.6 aA	65.0±0.9 aA	65.1±0.9 aA	65.3±1.7 aA

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- 저장 중 감귤의 명도는 처리여부 및 방법, 저장온도, 기체조성에 관계없이 유의적인 차이를 보이지 않았음( $p>0.05$ ).

**Table 13-24.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax incorporating 1% grapefruits seed extract after washing treatment with 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the  $a^*$  of color of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$a^*$					
		Untreated		GSE Coating		CaO-GSE coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4	0	33.3±1.6 aA	31.8±2.1 abA	31.1±2.5 bA	32.8±1.8 aA	32.7±2.2 aA	32.2±1.7 abA
	7	32.2±2.3 aA	32.4±1.9 aA	31.8±2.0 aA	31.4±2.1 aA	32.4±2.1 aA	31.8±1.5 aA
	14	25.5±2.1 aC	24.6±2.8 aC	24.3±1.9 aB	21.7±2.3 bC	24.5±2.8 aC	21.5±1.8 bC
	21	27.8±1.4 aB	27.5±1.1 abB	27.3±2.4 abB	26.5±2.4 abB	25.6±1.8 bB	25.8±1.6 bB
	28	28.4±1.8 aB	26.1±1.6 abB	27.6±1.4 abB	26.0±2.5 bBC	26.8±2.9 abB	26.3±2.0 abB
	35	27.1±2.2 aBC	25.5±2.7 aBC	25.6±3.0 aB	26.2±2.8 aBC	26.1±2.9 aB	25.1±3.0 aB
25	0	33.3±1.6 aA	31.8±2.1 abA	31.1±2.5 bA	32.8±1.8 aA	32.7±2.2 aA	32.2±1.7 abA
	3	31.2±1.2 abB	29.9±1.9 bA	31.6±1.3 aAB	31.4±2.2 abB	30.8±1.6 abA	30.4±1.4 abAB
	7	30.7±2.0 aB	29.5±2.0 abcB	28.9±2.5 bcB	27.9±2.2 cB	29.8±1.3 abB	29.0±2.2 abcB
	10	26.9±4.1 aC	27.4±3.8 aB	27.0±3.1 aC	26.4±2.0 aC	26.5±3.3 aC	26.4±1.9 aC
	14	25.2±1.9 aD	24.2±2.6 aC	23.4±2.5 abC	21.9±2.4 bcd	24.4±2.8 aD	20.6±2.5 cD

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- 그러나 감귤의 적색도는 저장기간이 길어질수록 저장온도와 처리여부 및 방법에 상관없이 유의적으로 감소하였으며, 그중에서도 황색도 저장기간 동안 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보였음.
- 또한, 4°C에 저장된 감귤의 적색도와 황색도는 처리여부 및 방법에 관계없이 유의적인 차이가 없었음. 이를 통해 가스치환포장 전의 전처리에 대한 효과는 확인 할 수 없다고 사료되었고, 저장 중 감귤의 색도는 저장 환경에 따른 영향이 더 높은 것으로 판단하였음.

**Table 13-25.** Effect of combined treatment of modified atmosphere packaging (MAP) with CaO-GSE coating (coating with the carnauba wax incorporating 1% grapefruits seed extract after washing treatment with 0.2% highly activated calcium oxide (w/w) water solution) on the  $b^*$  of color of mandarin flesh during storage at 4 and 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (d)	$b^*$					
		Untreated		GSE Coating		CaO-GSE coating	
		Air	MAP	Air	MAP	Air	MAP
4	0	63.8±2.6 bC	63.8±3.3 bA	66.3±1.9 aA	67.1±1.8 aBC	66.1±1.5 aA	67.5±2.1 aA
	7	64.1±3.5 aC	62.4±3.1 aBC	61.5±5.2 abB	58.0±6.8 bC	62.3±3.3 aD	63.2±2.7 aBC
	14	64.0±2.6 aC	63.9±2.8 aC	59.2±2.3 bB	62.3±2.9 abBC	62.1±2.6 abC	63.3±3.9 aBC
	21	67.3±2.1 aB	62.9±3.3 abB	62.9±3.3 abB	63.6±3.9 abC	62.4±4.1 bBC	63.0±6.8 abC
	28	68.2±3.1 aAB	66.9±4.8 abAB	64.2±3.9 abAB	66.7±4.4 abAB	64.0±2.7 bAB	66.7±3.5 abA
	35	70.9±3.5 aA	68.2±3.0 abcAB	64.5±2.7 cA	69.3±3.9 abA	67.3±5.1 abcA	66.4±4.8 bcAB
25	0	63.8±2.6 bAB	63.8±3.3 bAB	66.3±1.9 aA	67.1±1.8 aA	66.1±1.5 aA	67.5±2.1 aA
	3	62.5±2.6 aABC	61.4±3.4 abB	57.4±5.3 bcB	56.4±5.5 cC	59.9±1.9 abcBC	59.8±1.2 abcC
	7	61.4±3.0 aC	61.4±3.1 aB	50.8±6.4 bC	51.4±9.0 bD	57.6±1.3 aC	58.2±2.2 aC
	10	62.1±3.8 aBC	62.0±4.9 aAB	55.8±5.8 bB	56.6±3.1 bC	56.7±4.5 bC	58.9±1.9 abC
	14	64.2±2.4 aA	64.1±2.5 abA	58.2±2.6 cB	61.5±4.2 bB	61.7±2.9 abB	64.1±2.5 abB

\*Data represent the mean with standard deviations (n=4). Means followed by the same lower-case letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Tukey's test) between samples at 4 and 25°C, respectively. Means followed by the same capital letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) during the storage time at 4 and 25°C, respectively.

- 반면 25°C에 저장된 감귤 중 GSE coating의 황색도는 기체조성과는 무관하게 저장기간 동안 다른 처리군에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 보여 저장 중 감귤의 황색도 유지 효과가 낮은 것으로 판단하였음.

## 요약

### 1. 고효율 세척 기술 등 1, 2 협동에서 개발한 기술과 cold plasma 처리를 병합한 표면 처리 기술 개발

#### ○ 과채류 선정

- 선행연구를 통해 산지에서 제어되어야하는 신선 농산물 6종의 cold plasma 효과를 비교하여 과채류를 선정하였음.
- 선행연구 결과에 따라, 감귤에 CP 처리를 했을 시 *P. italicum* 성장과 품질 저하 억제 효과를 얻을 수 있었기에 감귤을 과채류로 선정하였음.

#### ○ 최적 병합 처리조건 설정을 위한 병합 실험

- 최적 병합처리조건 설정을 위해 미생물 저해효과가 가장 높은 처리 방법을 선정하였음.
- 충남대학교 개발 기술로 예비실험을 진행하였으나, 귤의 호기성 세균 변화와 효모 및 곰팡이 변화는 유의적으로 차이가 없어( $p>0.05$ ), 병합처리 효과를 기대하기 어렵다고 판단하였음.
- 병합처리 전 DACP로 처리 했을 시 감귤 시료의 외관에 영향을 주지 않으면서 *P. digitatum*의 저해율이 가장 높은 최고 전압과 시간의 최적조건을 찾고자 하였으며, 처리 결과에 따라 감귤의 부패과율이 유의적으로 낮았던 35.2 kV, 2 min의 처리 조건을 DACP의 최적 조건으로 결정하였음.
- SEM 촬영 결과, CP와 CaO-CP처리된 감귤은 처리되지 않은 감귤보다 표면 갈라짐이 줄어든 것으로 확인되었으며, CP 또는 CaO-CP 처리가 감귤 표면에 끼치는 영향이 적다고 판단하였음.
- 강원대학교 개발 기술로 병합처리를 한 결과, 활성칼슘용액으로 세척 후 DACP처리하였을 때 disease incidence (%)가 유의적으로 낮았음( $p>0.05$ ).
- 상기 결과를 바탕으로 DACP를 활용한 최적 병합처리 조건은 CaO-CP로 결정하였음.

#### ○ 최적 병합처리 방법에 따른 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장 특성에 대한 영향 연구

- CaO-CP 처리가 감귤의 중량감소율에 영향을 주지 않는 것으로 판단하였음.
- CaO-CP 처리가 감귤의 호흡을 지연시키는데 효과가 있었음.
- CP, CaO-CP 처리가 감귤 과육의 당도, pH, 산도, 총 페놀함량, 그리고 항산화능에 영향을 미치지 않았음.
- CP 또는 CaO-CP 처리가 감귤의 명도에 영향을 미치지 않았음.
- 감귤 과피의 glossiness, color 그리고 과육의 flavor 평가 항목은 처리 여부 및 방법에 따른 유의적인 차이를 보였음( $p<0.05$ ). 그 결과, 단독 CP, CaO-CP 처리군보다 control의 관능특성이 높다고 평가되었음. 따라서 단독 CP, CaO-CP 처리가 기존 감귤의 관능적 특성을 증진시키기 위한 연구가 필요하다고 판단하였음

## 2. 1, 2 협동에서 개발한 기술과 항균 코팅을 병합한 표면 처리 기술 개발

### ○ 과채류 선정

- 선행연구에서 항균코팅제를 이용하여 감귤에 코팅처리를 했을 시 *P. italicum* 생장을 효과적으로 억제하면서 품질 유지 또한 가능하여 감귤의 저장성 증대를 연장시킬 수 있다는 결과를 얻었기에 감귤을 과채류로 선정하였음.

### ○ 최적 병합 처리조건 설정을 위한 병합 실험

- 최적 병합처리조건 설정을 위해 1세부와 1협동의 조건을 모두 이용하여 실험을 진행한 결과, GSE coating과 CaO-GSE coating 처리하였을 때 disease incidence (%)가 유의적으로 낮았으며( $p < 0.05$ ), 실험결과에 따라 CaO-GSE coating을 최적병합처리조건으로 결정하였음.

### ○ 최적 병합처리 방법에 따른 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장 특성에 대한 영향 연구

- 저장온도 25°C에서 CaO-GSE coating의 disease incidence (%)가 untreated와 GSE coating에 비해 유의적으로 낮았으며( $p < 0.05$ ), 4°C에서는 *P. digitatum* 생장을 확인 할 수 없었음.
- CaO-GSE coating은 저장 중 감귤의 중량감소율에 영향을 주지 않았음.
- CaO-GSE coating은 감귤의 경도에 영향을 주지 않는다고 판단하였으며, 25°C에 저장하였을 경우, untreated에 비해 유의적으로 높은 경도를 유지한다는 것을 확인하였음.
- 저장온도와 저장일자에 관계없이 CaO-GSE coating의 호흡률이 untreated에 영향을 주지 않았음.
- CaO-GSE coating이 저장 중 당도, pH, 그리고 적정산도에 영향을 주지 않는다고 판단하였음.
- CaO-GSE coating이 ascorbic acid, 총 페놀 함량, 그리고 항산화능 유지에 효과가 높았으며, 감귤의 색도에 영향을 주지 않았음.
- CaO-GSE coating은 저장 중 감귤의 색도에 영향을 주지 않았음.
- CaO-GSE coating은 untreated보다 감귤 표면의 외관을 더욱 효과적으로 유지하면서, 과육의 특성을 보존하였음.

## 3. 최적의 표면 처리 기술과 MAP 병합 처리를 통한 산지적용 농산물 병합 살균 기술 개발

### (1) Cold plasma를 이용한 최적 표면 처리 기술 및 MAP 병합 처리

- CaO-CP는 기체조성에 관계없이 저장 중 감귤의 중량감소율에 영향을 주지 않았음.
- CaO-CP 처리가 감귤의 호흡을 지연시켰다고 볼 수 있음.
- CaO-CP 처리가 포장방법에 상관없이 가스 농도 유지에 효과적이라고 볼 수 있음.
- CaO-CP-MAP가 감귤의 당도를 유지하는데 효과가 있다고 볼 수 있음.



- CaO-CP-MAP는 감귤의 pH와 산도에 영향을 미치지 않았음.

## (2) 항균 코팅제를 이용한 최적 표면 처리 기술 및 MAP 병합 처리

- 저장온도와 저장기간에 따라 Air 또는 MA 포장을 통해 각 처리군 별 *P. digitatum*의 생장 억제 효과를 확인할 수 없었음.
- CaO-GSE coating-MAP는 저장 중 감귤의 중량감소율에 영향을 주지 않았음.
- CaO-GSE coating-MAP가 저장온도에 관계없이 호흡률에 영향을 주지 않았고, 가장 효과적으로 가스조성을 유지하였음.
- GSE Coating 또는 CaO-GSE coating 처리하여 각각 air와 MA 포장된 감귤은 감귤의 경도에 영향을 주지 않았음( $p>0.05$ ).
- CaO-GSE coating-MAP는 GSE coating air 또는 MA포장에 비해 untreated의 당도와 차이가 적었음.
- CaO-GSE coating-MAP가 저장기간에 따른 감귤의 pH 유지에 높은 효과가 있는 것으로 확인함.
- 저장온도에 관계없이 저장기간 동안 CaO-GSE coating-MAP 처리가 감귤의 적정산도, ascorbic acid, 총 페놀함량, 그리고 항산화능 유지에 가장 효과가 있었음.
- 저장온도와 저장일자에 관계없이 CaO-GSE coating-MAP이 GSE coating의 air 또는 MA 포장보다 감귤의 색도에 영향이 적다는 것을 확인하였음.

## 4. 최적 농산물 표면 살균 병합 기술

- 본 연구에서는 저장 중 미생물 저해효과와 품질 특성이 좋으면서 관능 특성에 영향을 주지 않는 처리법을 산지에서 적용 가능한 최적 표면 살균 병합 기술로 선정하고자 함.
- 상기 결과를 통해 최적 표면 살균 병합 기술은 저장 중 미생물 안전성과 품질특성, 관능 특성 유지에 효과적이었던 활성칼슘과 항균코팅 병합 처리를 최종 제안함.



				색 ○ 선정된 최적 친환경 살균제와 물리적 기술의 병용 최적 살균 조건 및 품질 안정성 확립
		○ 신선 농산물에서 위해미생물의 살균 최적화 조건 확립 및 미생물학적 안전성 탐색	100	○ 최적화 조건으로 선정된 허들 (hurdle) 살균 기술을 이용한 살균 효능 탐색 ○ 신선 농산물을 최적화 조건으로 살균 처리 후 유통기간 중의 품질 측정 ○ 최적화 기술 단독 또는 코팅제의 병용 처리 후 유통기간 중의 품질 측정
	3차 년도 (2016)	○ 산지 생산 공정 중 표면 살균 처리 공정 최적화 및 모델 구축	100	○ 현장 적용 가능한 개발된 최적화 살균 공정 확립 및 가공라인 모델 구축 - lab scale의 최적 표면 살균 기법을 현장에 적용하기 위한 모델 구축 - 가공라인 모델 설계도 작성 ○ 본 개발기술로 최적 hurdle 세척 기술을 실제 현장에 적용, 상용화 조건 수립 - 신선편이농산물 혼합 처리 기법을 현장에 적용
		○ 현장 적용 및 상용화	100	○ 일반 제조 공정 처리된 제품과 본 개발기술로 처리된 제품의 저장 중 미생물 안전성 확보 평가 분석 ○ 미생물 안전성 확보 평가와 더불어 현장 적용 기술로서의 경제적 타당성 검토

<제1협동>

세부과제명	구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
	1차 년도 (2014)	○ 연구개발을 위한 사전 조사 및 경제성 분석	100	- 외국에서의 칼슘처리로 농산물을 효과적으로 후 처리한 연구문헌 및 실증 조사 - 활성칼슘을 상기 6종 농산물에 처리할 때의 경제성 분석
		○ 사과, 귤, 방울토마토, 상추, 시금치, 새싹채소의 표면살균에 효과적인 활성칼슘 개발	100	- 제조조건 확립 : 소성온도, 소성시간, 전기분해 시간, 전기분해 전압 - 제조조건에 따른 칼슘의 순도 연구

친환경적 표면살균 소재 및 상용화 기술 개발		○ 활성칼슘의 안전성 검토 및 제조상 장애요인과 문제점 해결	100	- 순도 및 중금속 검사(경기도 보건환경연구원) - 이물질 검사(경기도 보건환경연구원, 한국식품과학연구원)
		○ 활성칼슘의 pH와 CD(전기전도도), 산화환원전위력(ORP)의 비교 연구	100	- 공시물질 : 활성칼슘과 기존의 소성칼슘 - 정량방법 : pH Meter, CD Meter, ORP Meter 등 - 처리농도 : Control, 활성칼슘분말을 포화시킨 원액, 10배, 20배, 100배액 - 조사항목 : pH, CD, ORP 등
		○ 나노화된 활성칼슘 개발을 통한 표면살균 및 가공 처리효율 증진	100	- 1차 개발된 활성칼슘의 나노화 공정 연구(외부기관) - 나노화된 활성칼슘의 Size 측정
		○ 새꼬막 칼슘분말의 경제성 분석	100	- 칼슘분말입자의 경제성 분석 - 나노입자급 칼슘분말입자의 경제성 분석
		○ 새꼬막의 효율적인 수거전략 수립	100	- 남해안 청정해역 새꼬막 양식 주산단지 인접 패각가공공장과 업무제휴를 통한 불순물이 가장 적은 원료의 안정적인 공급선 확보
	2차 년도 (2015)	○ 활성칼슘의 안전성 확보 및 제조상 장애요인 해결과 양산공정 연구	100	- 활성칼슘의 순도 및 중금속 검사 완료(경기도 보건환경연구원) - 활성칼슘의 이물질 검사 완료(한국식품과학연구원) - 소형로 및 대형로 실험을 기초로 하여 양산공정 시험 결과 1,350℃ 이상에서 10시간 이상을 소성하여 70,000volt의 전압을 가하여 제조된 활성칼슘으로 공정을 확립함.
		○ 양산 활성칼슘의 pH와 CD(전기전도도), 산화환원전위력(ORP)의 비교 연구	100	- 활성칼슘과 기존 소성칼슘과의 pH, CD, ORP 등을 측정하여 비교 연구 완료함.
		○ 나노화된 활성칼슘 대량 생산 기술 개발	100	- 소형로 및 대형로 실험을 기초로 하여 양산공정 시험 결과 1,350℃ 이상에서 10시간 이상을 소성하여 70,000volt의 전압을 가하여 제조된 활성칼슘으로 공정을 확립함. - 양산공정에서 제조된 활성칼슘을 나노화하여 3,774μm로 나노화 양산공정개발을 완성함.
	3차	○ 활성칼슘의 안전성 확보	100	- 활성칼슘의 순도 및 중금속

년도 (2016)	보 및 제조상 장애요인 해결과 양산공정 확보		<ul style="list-style-type: none"> <li>속 검사 완료(경기도 보건환경연구원)</li> <li>- 활성칼슘의 이물질 검사 완료(한국식품과학연구원)</li> <li>- 양산 제조조건 확립 완료</li> </ul>
	○ 양산 활성칼슘의 pH와 CD(전기전도도), 산화환원 전위력(ORP)의 비교 연구	100	- 활성칼슘과 기존 소성칼슘과의 pH, CD, ORP 등을 측정하여 비교 연구 완료함.
	○ 고농도 액상 활성칼슘 제형화 연구 및 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 확산이 용이한 액상 활성칼슘 제조를 위한 첨가제 탐색 및 혼합, 교반 시험 완료함.</li> <li>- 실험을 통해 선정된 분산제 첨가량에 따른 활성칼슘 용액의 경시변화 확인</li> <li>- 정제수 405ml과 활성칼슘 45g, 분산제 1g의 내용물이 함유되는 액상제품 개발을 완료함.</li> </ul>

<제2협동>

세부과제명	구분 (연도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
신선 가공 농 산물의 영양 성분 방지 및 선도유통기한 연장기술 개 발	1차 년도 (2014)	○ 6종 농산물의 품질변화 정보, 일반 성분 및 생리 활성 성분 조사	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 6종 농산물의 저장, 유통 중 미생물학적 위해인자에 따른 품질변화 정보 조사</li> <li>○ 6종 농산물의 일반성분 및 특정 생리활성 성분 분석</li> </ul>
		○ 천연물질 개발, 적용 사례 및 소재 조사	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농산물을 포함한 식품의 선도 유지 등에 적용된 천연물질 소재 및 효과 조사</li> <li>○ 적용된 천연물질의 문제점 조사</li> </ul>
	2차 년도 (2015)	○ 신선 농산물에 적용 가능한 새로운 천연물질 선정	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 새로운 천연물질 선별 위한 식품 부산물 소재 조사 및 분석</li> <li>○ 식품 부산물로부터 천연물질 추출 방법 고안 및 추출 효율 비교 분석</li> <li>○ 6종 농산물의 선도 유지 위한 최적 천연물질 및 최적 처리 조건 수립</li> </ul>
		○ 선정된 천연물질과 기존 세척 소재와의 비교를 통한 효과 검증	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존 천연물질 소재와 선별된 천연물질의 미생물 제어 효과 비교 시험</li> <li>○ 새로운 천연물질과 기존 세</li> </ul>

				척 살균제 처리의 미생물 제어 효과 및 이화학적, 관능적 품질 변화 비교 분석
3차 년도 (2016)		○ 선별된 천연물질의 안정성 분석 통한 농산물 적용 가능성 검토	100	○ 선별된 천연물질의 안정성 조사 분석 ○ 농산물에 천연물질 적용 후 천연물질 소재의 안전성 및 안정성 분석 ○ 천연물질 적용된 농산물의 안전성 검증 및 최적 천연물질 선별
		○ 선정된 천연물질 처리의 실제 유통 환경 조건에서의 효과 검증	100	○ 신선 가공 농산물에 최적 천연물질 적용 후 다양한 유통 및 저장 환경에서의 미생물학적 안전성, 유통기한 및 신선도 분석 ○ 실제 현장적용 가능한 최적 천연물질 처리 system 조건 수립

<제 3협동>

세부과제명	구분 (년도)	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
신선가공 농산물의 표면살균 및 능동형 표면코팅기 술 개발	1차 년도 (2014)	○ 미생물학적 위해요소 및 품질변화 요소 조사, 분석 및 규명	100	○ 신선편이 식품에 주로 발생하는 식중독균 및 곰팡이에 대해 조사하여, 각각의 발병원의 저해방법에 대해 분석하고 규명하였음.
		○ Cold plasma를 이용한 대상 농산물 살균 개발	100	○ Cold plasma를 이용하여 발병원이 집중된 무순, 방울토마토, 감귤, 양상추의 표면 살균 기술을 개발하였음.
		○ Cold plasma 처리의 대상 농산물 미세 구조 및 매트릭스(matrix)에 대한 영향 연구	100	○ Scanning electron microscope로 cold plasma 처리를 이용한 무순, 방울토마토, 감귤, 양상추의 표면 미세구조를 확인하고, cold plasma처리 전·후에 따른 신선편이 식품의 표면변화를 분석하였음.
		○ Cold plasma 처리의 실용화 가능성 검토	100	○ Cold plasma처리에 따른 신선편이 식품의 미생물 안정성과 품질특성을 확인하여 실용화 가능성을 검토하였음.
	2차 년도	○ 농산물 코팅용 가식성 소재 결정	100	○ 신선편이 식품에 carnauba wax, 키토산 등 여러 코팅제를 적용한 후, 외관 상 균일

				하고 향의 변화가 적은 소재로 결정하였음.
	(2015)	○ 항공 코팅에 사용할 항공 물질 및 항공 가식성 코팅액 제형 결정	100	○ 방울토마토와 감귤에 각각 오레가노 오일, 자몽종자추출물 등의 항공물질을 혼합한 키토산과 carnauba wax 코팅제를 개발하여 개발된 코팅제의 품질안정성과 미생물 안전성을 확인하여 결정하였음.
	(2015)	○ 개발된 코팅이 적용된 농산물의 저장 중 미생물 안전성 및 안정성 그리고 저장 특성에 대한 영향 연구	100	○ 개발된 코팅제를 적용한 방울토마토와 감귤을 저장하여, 각 저장일자마다 각 시료의 미생물 안정성과 품질특성을 확인하여 저장특성에 대한 연구를 진행하였음.
	(2015)	○ 현장 적용에 적합한 항공 코팅제와 농산물 결정	100	○ 저장 중 방울토마토와 감귤의 품질특성 및 미생물 안정성에 대한 결과에 따라 현장적용에 적합한 항공 코팅제(1% GSE/carnauba wax (w/w))와 감귤을 결정하였음.
	3차년도 (2016)	○ 고효율 세척 기술 등 1, 2 협동에서 개발한 기술과 cold plasma 처리를 병합한 표면 처리 기술 개발	100	○ 1차년도의 결과에 따라 cold plasma 처리를 이용하는 적합 농산물로 감귤을 결정하였음. ○ 각 협동기관의 살균처리 방법으로 병합처리 실험을 진행하여 cold plasma를 이용한 최적 표면 처리 기술을 개발하였음.
	3차년도 (2016)	○ 1, 2 협동에서 개발한 기술과 항공 코팅을 병합한 표면 처리 기술 개발	100	○ 2차년도 결과에 따라 항공코팅제를 이용하는 적합 농산물로 감귤을 결정하였음. ○ 항공 코팅을 이용한 최적 병합처리 기술은 2차년도에 개발된 코팅제와 활성칼슘 처리의 병용이었음.
	3차년도 (2016)	○ 최적의 표면 처리 기술과 MAP 병합 처리를 통한 산지 적용 농산물 병합 살균 기술 개발	100	○ Cold plasma와 항공코팅을 이용한 최적 병합처리를 각각 MAP한 후, 저장실험을 진행하였음. ○ MAP한 각 시료들은 저장일자마다 품질특성을 측정 후, MAP의 효과를 분석하였음.

#### 4-2. 관련분야 기여도

- 개발된 친환경 살균제 세척 기술은 친환경 위해미생물 제어기술, 품질변화 억제기술 및 친환경적 세척기술 등을 적용한 허들기술로서 이를 산업화 현장에 적용하여 신선 편이식품의 신선도를 높여줄 것으로 기대됨.
- 이들 허들기술과 함께 친환경포장소재(키토산 코팅)를 활용하여 신선 편이식품의 고품질 유지 및 안전성 확보로 소비자 신뢰도를 높일 수 있음.
- 기존 특허는 채소류의 전해수, 이온수 등 살균수 분야에 치중되어 있으므로, 본 연구과제에서는 신선농산물의 수확 후 신선도 유지를 위한 허들기술을 이용한 종합적인 위해요소 제어 방향으로 연구를 추진하여 신선 농산물의 신선도 연장과 관련한 특허를 국내에 출원 하였음.
- 표면살균에 효과적인 활성칼슘의 양산공정 개발을 완료함.
- 표면살균에 효과적인 고농도의 액상 활성칼슘 제형화 기술개발 및 상용화를 완료함.
- 본 연구를 통해 개발된 식품 가공 부산물 소재 천연 향균 세척제는 신선 농산물의 수확 후 세척 처리 공정에 이용 가능함.
- 본 연구에서 개발한 천연 향균 세척제는 다양한 식품 산업에 응용 가능하고, 염소계 살균제와 같은 화학 살균제 사용에 따른 여러 문제들을 해결할 수 있어 소비자의 니즈를 충족함과 동시에 안전성이 확보된 농산물 생산에 적용될 수 있을 것으로 전망됨.
- 비가열 살균처리 기술로서 신선편이 식품의 미생물 저해효과와 품질 유지가 가능한 cold plasma 처리 기술을 개발하였음.
- 과·채소의 유통기한 연장과 선도 유지를 위한 GSE 또는 키토산을 함유한 향균 코팅 기술을 개발하였음.
- 저장 중 감귤의 품질특성 유지를 위한 방법으로 본 협동기관에서 개발된 cold plasma 또는 향균코팅 기술을 병용하여 MAP 하는 저장법을 개발하였음.

#### 4-3. 평가의 착안점 및 기준

구분	세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 기준
1 년 차	1 세 부	10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 선정된 6종의 신선농산물 및 신선 가공품의 미생물 오염도 조사분석 및 친환경 살균제 효능 탐색</li> <li>◎ 위해미생물, 부패 미생물(세균, 곰팡이)의 최적 친환경 살균제 개발</li> </ul>
	1 협 동	10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 활성칼슘의 양산기술 개발과 신선 농산물 표면살균 처리 효율 증진을 위한 나노화 제형 연구</li> <li>◎ 325Mesh 활성칼슘 분말 개발</li> <li>◎ 0.1% 활성칼슘 용액개발</li> </ul>
	2 협 동	5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 선정된 6종 농산물 종류별 영양성분 및 생리활성 성분 분석 여부와 선행 연구 결과를 기준으로 기존 천연물질 효과 비교 분석 확인 여부</li> </ul>
	3	5%	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ Cold plasma 처리를 이용한 농산물</li> <li>◎ 농산물 cold plasma 처리 기술 개</li> </ul>



	협동	세척 후 살균 기술 개발		발여부
2 년 차	1 세 부	◎ 신선 농산물 및 신선 가공품의 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술 및 선도유통기한 연장기술 개발	10%	◎ 미산성 전해수를 기반으로 한 친환경 살균제와 물리적 기술의 병용처리에 따른 최적 살균제 개발
	1 협 동	◎ 활성칼슘의 양산공정 확장과 나노화 제형 활성칼슘의 대량 생산기술 개발	10%	◎ 1,000Mesh급의 나노화 활성칼슘 분말 개발 ◎ 경제성이 확보된 활성칼슘 양산공정 확보 ◎ 양산제품의 pH, CD, ORP 등 측정
	2 협 동	◎ 신선 농산물에 적용 가능한 새로운 천연물질 선정 및 기존 세척소재와의 비교를 통한 효과 검증	10%	◎ 6종 농산물에 적합한 식품 부산물 기반 새로운 천연물질 선정 여부 및 기존 세척소재와의 효과 비교분석 여부
	3 협 동	◎ 신선 농산물용 항균 가식성 코팅 개발	5%	◎ 능동형 농산물 표면 코팅 기술 개발여부
3 년 차	1 세 부	◎ 친환경 고효율 세척, 살균 가공기술의 현장 적용 및 상용화	10%	◎ 표면 살균 처리 공정 최적화 모델 개발 ◎ 현장적용 시 미생물 안전성 및 품질 평가 확보
	1 협 동	◎ 활성칼슘의 양산시설 확보와 고농도 액상 활성칼슘 제형화 기술개발 및 상용화	10%	◎ 고농도의 활성칼슘 3% 이상 함유의 용액 개발 ◎ 활성칼슘과 천연물질의 조합물 개발 ◎ 기술이전 산업화 실시를 통한 상용화
	2 협 동	◎ 선정된 최적 천연물질의 안정성 조사 및 저장 중 효과검증을 통한 실용화 system 조건 수립	5%	◎ 최적 천연물질의 안정성 조사 여부 및 실제 실용화 system 조건 수립 여부
	3 협 동	◎ 농산물 표면 살균 병합 기술 개발	10%	◎ 산지 적용 농산물 살균 및 저장성 증대를 위한 병합 기술 개발 여부

## 5. 연구결과의 활용계획

	코드번호	D-07
<p><b>미산성전해수와 친환경 세척소독제를 병용처리한 세척기술 개발</b></p> <p>○ 본 연구 과제를 수행하면서 신선 농산물 6종을 대상으로 친환경 살균제를 병용처리하여 살균 효과를 증대시키는 세척기술 2가지를 개발하였음.</p> <p>○ 본 연구를 통해 개발된 친환경 살균제 병용처리 방법을 적용하여 신선 편이식품의 세척 후 저장기간 동안의 품질 특성을 살펴봤을 때, 기존의 세척방법보다 미생물 생육저해 및 품질의 선도유지가 우수하였음.</p> <p>○ 건강과 편리성을 중시하는 소비자의 소비경향이 증가되고 있으며 안전성 또한 강조되고</p>		

있어 소비자가 세척, 절단과정 없이 곧바로 섭취하는 신선편이채소류와 같은 신선 편이식품 구매에 대한 관심이 높아지는 트렌드에 적합한 친환경 세척 기술을 적용하여 제품의 안전성과 더불어 국민의 건강 유지에 기여할 것으로 예상됨.

### **친환경 표면살균 소재 및 상용화 기술 개발**

○ 본 연구 과제를 수행하여 개발한 친환경 세정제를 개발하였음.

○ 사업화 방안

- 신선농산물 유통회사 및 APC(agricultural products center) 등 대량소비처에 적극 마케팅(현재 풀무원녹즙 판매 중, 일본 7-일레븐 채소 공급회사, 말레이시아 채소 공급회사 등 시험)

- 일반 소비자들에게 천연칼슘 채소/과일 세정제 마케팅 전개

(450ml에 45g의 활성칼슘이 들어 있는 액상제품을 개발하여 1리터 물에 제품 10ml을 희석하여 사용하는 제품을 출시함.)

(향후 1L 액상제품, 대용량 분말제품인 300g/500g/1kg의 덕용포장 소비자제품 출시예정)

- 식품 및 유기농 관련 국제/국내전시회에 부스 전시하여 신선 농산물 및 식품안전에 아주 민감한 세계인들의 건강유지에 일조할 수 있도록 해외 마케팅 전개

- 활성칼슘을 식품원료로 식품회사/건강기능식품 제조회사 등 대량소비처에 적극 마케팅

○ 사업화 추진전략(홍보 및 판매전략)

- 확실한 기술개발 결과와 사용방법을 제공하여 온라인 마케팅 및 대리점에 적극 어프로치

- 제품 Test 후 효과가 없으면 대금을 수령하지 않는다는 No Effect No Pay 마케팅에 대한 홍보

- 일반적인 세제와는 다른 개념의 이온화된 친환경 세정제란 사실을 적극 홍보

- 성과가 도출될 때마다 매스컴과의 인터뷰를 통한 광고효과 극대화

- 온라인 마케팅 소비자를 위주로 대대적인 3개월 무료 사용 캠페인 제공(Top Class 유아용품 유통회사인 마더케이, 베이비타운 등과 공동 Marketing 진행 중)

○ 시장진출 가능성

- 세계적으로도 친환경 물질의 대폭적인 소비증가에 따라 천연물 유래의 제품시장은 급격한 성장을 가져올 것임

- 국내외 전문전시회에 지속적인 부스 참가로 회사와 제품의 브랜드력 향상시켜 나갈 (1년에 해외전시회 6회 이상, 국내 전시회 3회 이상 참가 예정)

- 제형과 포장에 관한 연구개발을 계속하여 가장 편리하게 사용가능한 형태로 개선함 (예: 소포장 제품, 1회용 제품, 농축 제품 등)

### **식품 가공 부산물 소재 천연 항균 물질 개발**

○ 본 연구 과제를 통해 12가지 식품 가공 부산물 소재 중 최적 항균성을 가지는 2가지 식품 가공 부산물 소재 천연 항균 물질을 개발하였음.

○ 본 연구에서 개발된 천연 항균 물질은 수확 후 신선 농산물의 미생물 제어에 있어 기존 염소계 살균제와 유사한 효과를 가지기 때문에 신선 농산물에 의한 식중독 발생을 저하시키는데 효과적으로 사용될 수 있음.

- 또한 개발된 천연 항균 물질은 신선 농산물의 저장, 유통 시 미생물 성장을 억제할 수 있고, 영양학적, 관능적 품질 또한 높은 수준으로 유지 가능하여 고수요, 고위험 6 종 농산물을 포함한 다양한 수확 농작물의 고품질화에 적용될 수 있을 것으로 사료됨.

#### 신선 가공 농산물의 표면살균 및 능동형 표면코팅기술 개발

- Cold plasma 기술의 농산물 표면 미생물을 효과적으로 저해시키면서 품질유지가 가능하다는 점을 통해 농산물 살균 공정에서의 현지 적용가능성을 기대함.
- 신선 농산물 별 적합한 항균 코팅제를 개발하였고, 방울토마토와 감귤의 표면에 코팅 처리하여 저장 중의 미생물 안전성과 품질특성 유지를 확인하였기에 농산물 수확 공장에서 적용이 가능할 것으로 예상함.
- Cold plasma 또는 항균 코팅과 활성칼슘 수용액을 이용하여 최적 병합 처리된 감귤을 MAP 한 후, 저장기간 동안 각 시료의 미생물 안전성과 품질특성을 분석하였고, 병용 기술로 인해 감귤의 품질 유지가 더욱 효과적일 것으로 전망함.

## 6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

	코드번호	D-08
<b>미산성 전해수를 식품 세척에 적용한 연구</b>		
○ Effect of slightly acidic electrolyzed water(SAEW) treatment on the microbial reduction and storage quality of fresh-cut chlantro. (Journal of Food Processing and Preservation, 2015)		
- 신선편이 고수에서 미산성 전해수의 살균 효능 연구에 따르면, 초기 균농도가 약 6.6 log CFU/g 인 고수에 대해 미산성 전해수(약 20mg/L 가용 염소)는 5.43 log CFU/g으로 감소시켰음.		
○ Efficacy of electrolyzed oxidizing water against <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Morganella morganii</i> on conveyor belt and raw fish surfaces. (Food Control, 2012)		
- 컨베이어 벨트와 미가공 생선 표면에 존재하는 <i>Listeria monocytogenes</i> 와 <i>Morganella morganii</i> 에 대한 전기분해수의 살균 효능을 실험한 연구결과에 따르면, 생물막(biofilms)이 EO water에 5분 동안 노출되었을 때, 두 균 모두 7 log CFU/g만큼 감소되었음.		
○ Disinfection efficacy of slightly acidic electrolyzed water on fresh cut cabbage. (Food Control, 2009)		
- 신선편이 양배추에서 미산성 전해수(pH 6.1, 20 mg/L 가용염소)의 살균 효능 연구에서, 전해수 처리 전과 후의 미생물 저감 효과를 비교하였을 때, 총 호기성 미생물을 1.5 log CFU/g 감소시켰으며, 곰팡이와 효모에 대해서는 1.3 log CFU/g만큼 감소시켰음.		
○ Efficiency of slightly acidic electrolyzed water for inactivation of <i>Salmonella enteritidis</i> and its contaminated shell eggs. (International Journal of Food Microbiology, 2008)		
- <i>Salmonella enteritidis</i> 에 오염된 계란에서 미산성 전해수의 살균 연구 결과, <i>Salmonella enteritidis</i> 로 오염된 계란에 미산성 전해수(15 mg/L 가용염소)를 3분동안 처리하여 6.5		

log CFU/g로 균농도가 감소되었음.

- Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. (Food Control, 2011)
  - 신선편이 채소와 새싹에서 미산성 전해수의 세척 효능에 따르면, 미산성 전해수는 중국산 셀러리와 상추에 대해서 총 호기성 중온균을 각각 2.7, 2.5 log CFU/g 감소시켰음.
- Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water. (Food Control, 2010)
  - 녹두씨와 새싹에 접종된 *Escherichia coli* O157:H7와 *Salmonella enteritidis*에 대한 미산성 전해수의 살균 효능에 따르면, 미산성 전해수(pH 5.0-6.5, 20-80 mg/L 가용염소)는 녹두와 새싹에 대해 각각 E. coli 를 1.32 - 1.78와 3.32 - 4.24 log CFU/g, S. enteritidis 를 1.27 - 1.76와 3.12 - 4.19 log CFU/g을 감소시켰음.
- Effects of mildly heated, slightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot. (Food Control, 2010)
  - 슬라이스 당근에서 미산성 전해수의 살균 효과에 따르면, 미산성 전해수(pH 5.5, 23 mg/L 가용염소)는 총 호기성세균을 2.2 log CFU/g, 곰팡이와 효모를 1.9 log CFU/g 이상 감소시켰음.

#### 활성칼슘을 활용한 천연 세정제에 관한 연구

- Kinetic analysis of the bactericidal action of heated scallop-shell powder. (International Journal of Food Microbiology, 2001)
  - 소성칼슘 수용액과 같은 pH 농도의 NaOH 수용액에서 항균활성을 비교해 본 결과 소성칼슘의 항균활성이 더 뛰어난 것으로 나타났다. 이러한 소성칼슘의 항균활성은 알칼리 상태에서의 항균활성 작용과 더불어 소성칼슘의 활성산소의 작용이 부가되어 더 높은 항균활성을 나타내는 것으로 보고하였음.
- Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay. (Journal of Microbiological Methods, 2003)
  - 산화칼슘 수용액은 산화칼슘 항균활성의 주요 메커니즘인 알칼리 효과로 인해 그람 양성균과 음성균 모두 항균활성을 나타내며, 항진균성 효과도 잠재하고 있다고 발표하였음.
- Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powder (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay. (Journal of Applied Microbiology, 2004)
  - 지금까지 산화칼슘의 항균활성에 대해 보고되어진 균주는 *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis* 등이며 효모 및 곰팡이로는 *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer* 등이다. 이들의 항균메카니즘은 알칼리 상태의 항균활성 증가에 기인하는 것으로 보고하였음.

## 식품 유래 천연 물질의 농산물 세척 적용 연구

- Antimicrobial activity of plant extracts against *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157: H7, and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce (Journal of Food Science, 2011)
  - Lettuce 표면의 *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* 제어에 대한 12 종류의 plant extract의 제어 효과를 분석한 연구로, 12 종류의 plant extract 중 clove extract 처리를 통해 유의적인 수준의 미생물 수 감소가 발생해 lettuce와 같은 농산물의 미생물 제어에 plant extract가 효과적일 수 있음이 확인됨.
- Application of tea tree and clove essential oil on late development stages of Butterhead lettuce: Impact on microbiological quality (LWT-Food Science and Technology, 2013)
  - Tea tree와 clove essential oil을 butterhead lettuce에 적용하였을 때의 미생물학적 품질에 미치는 영향을 관찰한 연구로, 천연 물질의 한 종류인 essential oil을 이용하여 농산물(채소류)의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있음을 보여주었으며, 이에 따라 기존에 다양하게 연구 진행 중인 천연 물질들은 신선 농산물의 살균제로써 적합하다고 생각됨.
- Antimicrobial efficacy of grape seed extract against *Escherichia coli* O157: H7 growth, motility and shiga toxin production. (Food Control, 2015)
  - Grape seed extract의 *Escherichia coli* O157: H7 성장, 이동성과 shiga toxin 생산성에 미치는 영향을 분석한 연구로, grape seed extract는 *E. coli* O157: H7의 이동성을 효과적으로 저해하고, 독소 생산을 현저히 낮출 수 있음이 밝혀짐.
  - 이와 동시에 grape seed extract는 *E. coli* O157: H7의 성장을 저해할 수 있기 때문에 식품 부산물로부터 얻어지는 천연 물질들은 농산물에 오염 가능한 병원성 미생물을 제어하는데 효과적이라고 생각됨.
- Natural antimicrobials to prolong the shelf-life of minimally processed lamb's lettuce (Postharvest Biology and Technology, 2015)
  - 최소 가공 lamb's lettuce의 유통 기한 증진을 위한 천연 향균제의 효과를 분석한 연구임.
  - 사용된 천연 향균제는 plant essential oil로 염소계 세척제를 대체할 수 있을 정도의 미생물 감소 효과를 보였으며, 세척 적용 처리에 따른 관능적 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 보아 천연 향균제를 이용한 세척 처리는 농산물의 유통 기한 증진에 도움이 된다고 생각됨.
- Effect of single or combined chemical and natural antimicrobial interventions on *Escherichia coli* O157:H7, total microbiota and color of packaged spinach and lettuce (International Journal of Food Microbiology, 2016)
  - Packaged spinach와 lettuce의 표면에 존재하는 *Escherichia coli* O157:H7, total microbiota에 대한 천연 향균 물질의 저해 효과와 색 품질 변화를 분석한 연구임.
  - 사용된 천연 향균제는 essential oil과 유기산으로 병합 처리 시 효과적으로 미생물 수를 낮추면서 동시에 농산물의 외관적 품질을 유지할 수 있어 천연 향균제를 이용한 세척

처리는 농산물의 품질을 신선하게 유지하면서 미생물을 제어하는데 도움이 된다고 판단 됨.

#### 신선 가공 농산물의 표면살균 및 능동형 표면코팅기술 개발

- Quality and microbial safety of 'Fuji' apples coated with carnauba shellac wax containing lemongrass oil (LWT-Food Science Technology, 2014)
  - Jo et al. (2014)은 에센셜 오일을 함유한 코팅제는 신선 과일의 미생물 안전성을 향상시킨다고 발표한 바 있음.
- Grape berry coatings of lemongrass oil-incorporating nano emulsion (LWT-Food Science Technology, 2014)
  - Kim et al. (2014)는 가식성 향균 코팅제로 포도의 유통기한을 증진시키고 미생물 안전성을 향상시키는 수확 기술을 개발했음.
- Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce (Journal of Hazardous Materials, 2015)
  - Ma et al. (2015)에 따르면 atmospheric pressure cold plasma jet 처리는 아르곤-산소 가스를 사용하여 18 kV의 전압으로 딸기의 *Salmonella*를 1.7 - 2.3 log CFU/sample 저해시켰다고 발표하였음.
- Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce (Food Microbiology, 2014)
  - Ziuzina et al. (2014)은 atmospheric cold plasma로 80 kV에서 5분 동안 처리 했을 때 방울토마토의 *E. coli*, *S. Typhimurium*, 그리고 *L. monocytogenes*를 각각 3.5, 3.8, 그리고 4.2 log CFU/tomato 저해시켰다고 보고하였음.
- Applications of Plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a Review. (Food Engineering Reviews, 2009)
  - Mangaraj et al. (2009)은 가스치환포장은 저장기간 동안 포장지 내에서 저 산소, 고 이산화탄소를 형성하여 과채소의 부패를 감소시키고, 유통기한을 연장시킨다고 보고하였음.
- Modified Atmosphere Packaging of Kabaası Apricot (*Prunus armeniaca* L. 'Kabaası'): Effect of Atmosphere, Packaging Material Type and Coating on the Physicochemical Properties and Sensory Quality. (Food Bioprocess Technol, 2012)
  - Muftuoğlu et al. (2012)의 연구에서도 MAP 하지 않은 apricots이 28일 동안 약 50% 손실 되는 반면에, MAP한 apricots의 손실률은 효과적으로 감소하였다는 것을 밝힌 바 있음.

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
<input type="radio"/> 해당사항없음		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

해당사항없음

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

	코드번호	D-11
<input type="radio"/> 해당사항 없음		

## 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/인 용횟수 등)
1	논문	Mandarin preservation by microwave-powered cold plasma treatment	서울여자대학교	제1저자	Innovative Food Science and Emerging Technologies	3.458	2016.11.02	단독사사	SCI(E)
2	논문	Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives	강원대	제1저자	대한민국	5.974	2016.02.25	단독사사	SCI
3	논문	Combined treatments of chestnut shell extract, fumaric acid, and mild heat to inactivate foodborne pathogens inoculated on beetroot ( <i>Beta vulgaris</i> L.) leaves	충남대	제1저자	대한민국	0.699	2016.08.31	단독사사	SCI
4	특허출원	표면 살균에 효과적인 나노화 된 활성칼슘의 제조 방법	에코바이오텍(주)	발명인	대한민국	-	2017.11.29	단독사사	10-2017-0161151
5	특허출원	미산성 전해수를 주성분으로 하는 친환경 살균수와 이를 이용하여 살균조건을 확립한 신선 농산물 살균방법	강원대	발명인	대한민국	-	2016.12.28	단독사사	10-2016-0181245

## 11. 기타사항

코드번호	D-13
○ 해당사항 없음.	



## 12. 참고문헌

코드번호	D-14
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ahvenainen, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. <i>Trends in Food Sci &amp; Technol</i>, 7, 179-187. (1996)</li> <li>○ Choi, J.W., Park, S.Y., Yeon, J.H., Lee, M.J., Chung, D.H., Lee, K.H., Ha, S.D. Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. <i>Journal of Food Hygiene and Safety</i>, 20, 43-47. (2005)</li> <li>○ Park, H., Hung, Y.C., Brackett, R.E. Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating <i>Campylobacter jejuni</i> during poultry washing. <i>International journal of food microbiology</i>, 72, 77-83. (2002)</li> <li>○ Zhang, C., Lu, Z., Li, Y., Shang, Y., Zhang, G., Cao, W. Reduction of <i>Escherichia coli</i> O157: H7 and <i>Salmonella enteritidis</i> on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water. <i>Food Control</i>, 22, 792-796. (2011)</li> <li>○ Issa-Zacharia, A., Kamitani, Y., Tiisekwa, A., Morita, K., Iwasaki, K. In vitro inactivation of <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus aureus</i> and <i>Salmonella</i> spp. using slightly acidic electrolyzed water. <i>Journal of bioscience and bioengineering</i>, 110, 308-313. (2010)</li> <li>○ Podolak, R.K., Zayas, J.F., Kastner, C.L., Fung, D.Y.C. Inhibition of <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Escherichia coli</i> O157: H7 on beef by application of organic acids. <i>Journal of Food Protection</i>, 59, 370-373. (1996)</li> <li>○ Sawai, J., Igarashi, H., Hashimoto, A., Kokugan, T., Shimizu, M. Evaluation of growth inhibitory effect of ceramics powder slurry on bacteria by conductance method. <i>Journal of Chemical Engineering of Japan</i>, 28, 288-293. (1995a)</li> <li>○ Gandhi, M., Matthews, K.R. Efficacy of chlorine and calcinated calcium treatment of alfalfa seeds and sprouts to eliminate <i>Salmonella</i>. <i>International journal of food microbiology</i>, 87, 301-306. (2003)</li> <li>○ Bari, M.L., Inatsu, Y., Kawasaki, S., Nazuka, E., Isshiki, K. Calcinated calcium killing of <i>Escherichia coli</i> O157: H7, <i>Salmonella</i>, and <i>Listeria monocytogenes</i> on the surface of tomatoes. <i>Journal of food protection</i>, 65, 1706-1711. (2002)</li> <li>○ Chung, S.K., Lee, S.J., Chung, Y.J., Park, W.P., Lee, D.S., Cho, S.H. Antimicrobial activities of Korean medicinal herb extracts for preseving greenhouse fresh produce.</li> </ul>	

Korean Journal of Food Preservation, 5, 13-21. (1998)

- Cho, S.H., Chung, J.H., Ryu, C.H. Inhibitory effects of natural antimicrobial agent on postharvest decay in fruits and vegetables under natural low temperature. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 23, 315-321. (1994)
- Yu, M.H., Chae, I.G., Jung, Y.T., Jeong, Y.S., Kim, H.I., Lee, I.S. Antioxidative and antimicrobial activities of methanol extract from *Rosmarinus officinalis* L. and their fractions. Journal of Life Science, 21, 375-384. (2011)
- Garrett, E., Gorny, J., Beuchat, L., Farber, J., Harris, L., Parish, M., Busta, F. Microbiological safety of fresh and fresh-cut produce: Description of the situation and economic impact. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2, 13 - 37. (2003)
- Alegre, I., Abadias, M., Anguera, M., Usall, J., Viñas, I. Fate of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* and *Listeria innocua* on minimally-processed peaches under different storage conditions. Food Microbiology, 27, 862 - 868. (2010)
- Issa-Zacharia, A., Kamitani, Y., Muhimbula, H.S., Ndabikunze, B.K. A review of microbiological safety of fruits and vegetables and the introduction of electrolyzed water as an alternative to sodium hypochlorite solution. African Journal of Food Science, 4, 778 - 789. (2010)
- Zhang, C., Lu, Z., Li, Y., Shang, Y., Zhang, G., Cao, W. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* on mung bean seeds and sprouts by slightly acidic electrolyzed water. Food Control, 22, 792 - 796. (2011)
- Du, J., Han, Y., Linton, R. Inactivation by chlorine dioxide gas (ClO<sub>2</sub>) of *Listeria monocytogenes* spotted onto different apple surfaces. Food Microbiology, 19, 481 - 490. (2002)
- Khan, I., Oh, D.H. Integration of nisin into nanoparticles for application in foods. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 34, 376 - 384. (2016)
- Trinetta, V., Vaidya, N., Linton, R., & Morgan, M. A comparative study on the effectiveness of chlorine dioxide gas, ozone gas and e-beam irradiation treatments for inactivation of pathogens inoculated onto tomato, cantaloupe and lettuce seeds. International Journal of Food Microbiology, 146, 203-206. (2011)
- Khan, I., Tango, C.N., Miskeen, S., Lee, B.H., Oh, D.H. Hurdle technology: A novel

- approach for enhanced food quality and safety – A review. *Food Control*, 73, 1426 - 1444. (2017)
- Ross, A.I., Griffiths, M.W., Mittal, G.S., Deeth, H.C., Combining nonthermal technologies to control foodborne microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, 89, 125-138. (2003)
  - Ikeura, H., Kobayashi, F., Tamaki, M., Ozone microbubble treatment at various water temperatures for the removal of residual pesticides with negligible effects on the physical properties of lettuce and cherry tomatoes. *Journal of Food Science*, 78, 350-355. (2013)
  - Lee, W.J., Lee, C.H., Yoo, J.Y., Kim, K.Y., Jang, K.I. Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 40, 912-917. (2011)
  - Sawai, J., Satoh, M., Horikawa, M., Shiga, H., Kojima, H. Heated scallop-shell powder slurry treatment of shredded cabbage. *Journal of Food Protection*, 64, 1579-1583. (2001)
  - Ding, T., Ge, Z., Shi, J., Xu, Y.T., Jones, C.L., Liu, D.H. Impact of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) and ultrasound on microbial loads and quality of fresh fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 1195-1199. (2015)
  - Sawai J, Shiga H, Kojima H. Kinetic analysis of the bactericidal action of heated scallop-shell powder. *International Journal of Food Microbiology* 71: 211-218(2001)
  - Sawai J., Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay. *Journal of Microbiological Methods* 54: 177-182 (2003)
  - Sawai J, Shiga H, Kojima H. Kinetic analysis of death of bacteria in CaO powder slurry. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 47: 23-26(2001)
  - Sawai J, Igarashi H, Hashimoto A, Kokugan T, Shimizu M. Effect of ceramic powder slurry on spores of *Bacillus subtilis*. *Journal of Chemical Engineering of Japan*. 28:556-561 (1995b)
  - Sawai J, Yoshikawa T. Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powder (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay. *Journal of Applied Microbiology*. 96: 803-809 (2004)

- Witkowska, A. M., Hickey, D. K., Alonso-Gomez, M., Wilkinson, M. Evaluation of antimicrobial activities of commercial herb and spice extracts against selected food-borne bacteria. *Journal of Food Research*, 2, 37. (2013)
- Shan, B., Cai, Y.A., Brooks, J.D., Corke, H. The Evaluation of antimicrobial activities of commercial herb and spice extracts against selected food-borne bacteria. *In vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. International Journal of Food Microbiology*, 117, 112-119. (2007)
- Rojas-Graü, M.A., Tapia, Raybaudi-Massilia, M.R., oliva-Fortuny, R.C., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H., Martín-Belloso, O. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45, 254-264. (2007)
- Cagri, A., Uspunol, Z., Ryser, E. Antimicrobial edible films and coating. *Journal of Food Protection*, 67, 833-848. (2004)
- Pranoto, Y., Salokhe, V., Rakshit, K.S., Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*, 38, 267-272. (2005)
- Allende A, Aguayo E, Artes F. Microbial and sensory quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *Int J Food Microbiol* 91(2), 109-117. (2004)
- Benhabiles MS, Salah R, Lounici H, Drouiche N, Goosen MFA, Mameri N. Antibacterial activity of chitin, chitosan and its oligomers prepared from shrimp shell waste. *Food Hydrocolloids* 29, 48-56. (2012)
- Chang KS, Lee HH, Hong SI, Han YS. Effect of organic acid treatment on the quality attributes of buckwheat sprout during storage. *Korean J Food Sci Tech* 42(2), 190-197. (2010)
- Choi JW, Lee WM, Do KR, Cho MA, Kim CK, Park MH, Kim JG. Changes of postharvest quality and microbial population in jujube-shaped cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) by stem maintenance or removal. *Korean J Food Preserv* 20(1): 30-36. (2013)
- Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH, Lee KH, Kim MG, Lee DH, Kim KS, Ha SD. Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets.

J Fd Hyg Safety 20(1), 43-47. (2005)

- Escalona VH, Aguayo E, Martinez-Hernandez GB, Artes F. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. *Postharvest Biol Tech* 56(3), 223-231. (2010)
- Feas X, Pacheco L, Iglesias A, Estevinho LM. Use of propolis in the sanitization of lettuce. *Int J Mol Sci* 15, 12243-12257. (2014)
- Gawlik-Dziki U, Jezyna M, Swieca M, Dziki D, Baraniak B, Czyz J. Effect of bioaccessibility of phenolic compounds on in vitro anticancer activity of broccoli sprouts. *Food Res Int* 49(1), 469-476. (2012)
- Gomes C, Moreira RG, Castell-Perez E. Microencapsulated antimicrobial compounds as a means to enhance electron beam irradiation treatment for inactivation of pathogens on fresh spinach leaves. *J Food Sci* 76(6), 479-488. (2011)
- Goñi MG, Tomadoni B, Moreira MR, Roura SI. Application of tea tree and clove essential oil on late development stages of Butterhead lettuce: Impact on microbiological quality. *LWT-Food Sci Technol* 54(1), 107-113. (2013)
- Guo L, Yang R, Wang Z, Guo Q, Gu Z. Effect of NaCl stress on health-promoting compounds and antioxidant activity in the sprouts of three broccoli cultivars. *Int J Food Sci Nutr* 65(4), 476-481. (2014)
- Gyawali R, Ibrahim SA. Natural products as antimicrobial agents. *Food Control* 46, 412-429. (2014)
- Kim HG, Kim GS, Lee JH, Park SM, Jeong WY, Kim YH, Kim JH, Kim ST, Cho YA, Lee WS, Lee SJ, Jin JS, Shin SC. Determination of the change of flavonoid components as the defence materials of Citrus unshiu Marc. fruit peel against *Penicillium digitatum* by liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Food Chem* 128(1), 49-54. (2011)
- Kim SY, Kang DH, Kim JK, Ha YG, Hwang JY, Kim T, Lee SH. Antimicrobial activity of plant extracts against *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157: H7, and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce. *J Food Sci*, 76(1), 41-46. (2011)
- Kim WI, Jo AR, Lee JH, Kim SR, Park KH, Nam KW, Yoon Y, Yoon DH, Oh SY, Lee MH, Ryu JG, Kim HY. Survey of microbial contamination of tomatoes at farms in Korea. *J Fd Hyg Safety* 28(4), 324-329. (2013)

- Kim YJ, Kim MH, Song KB. Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. Food Control 20(11), 1002-1005. (2009)
- Lee KA, Lee YA, Park IS. Sanitation effect of sprouts by chlorine water. J Life Sci 19(6), 751-755. (2009)
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. Korean J Food Sci Technol 44(5), 540-544. (2012)
- Lee SY, Yu HY, Choi DS, Hur SJ. A study on the types and growth patterns of microorganisms and quality characteristics in cherry tomatoes and head lettuces according to storage period and temperature. Korean J Food Nutr 26(4), 700-705. (2013)
- Lv, F, Liang H, Yuan Q, Li C. In vitro antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms. Food Res Int 44, 3057 - 3064. (2011)
- Negi PS. Plant extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application. Int J Food Microbiol 156(1), 7-17. (2012)
- Olasupo NA, Fitzgerald DJ, Gasson MJ, Narbad A. Activity of natural antimicrobial compounds against *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. Lett Appl Microbiol 37(6), 448-451. (2003)
- Park WP, Kim CH, Cho SH. Quality characteristics of cherry tomato and unshiu orange packaged with box incorporated with antimicrobial agents. Korean J Food Preserv 13(3), 273-278. (2006)
- Poimenidou SV, Bikouli VC, Gardeli C, Mitsi C, Tarantilis PA, Nychas, GJ, Skandamis PN. Effect of single or combined chemical and natural antimicrobial interventions on *Escherichia coli* O157:H7, total microbiota and color of packaged spinach and lettuce. Int J Food Microbiol 220, 6-18. (2016)
- Rahman SME, Ding T, Oh DH. Inactivation effect of newly developed low concentration electrolyzed water and other sanitizers against microorganisms on spinach. Food Control 21(10), 1383-1387. (2010)

- Ramos B, Miller FA, Brandão TR, Teixeira P, Silva CL. Fresh fruits and vegetables –an overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innov Food Sci Emerg Technol* 20, 1–15. (2013)
- Seo JY, Kim EJ, Hong SI, Yu SH, Kim DM. Effects of mild heat treatment on microorganisms, respiratory characteristics and firmness of fuji apple. *Korean J Food Sci Technol* 38(1), 47–51 (2006)
- Shim WB, Kim KY, Kim JS, Yoon YH, Kim JE, Shim SI, Kim YS, Chung DH. Hazard assessment of apple farms at the growing stage to establish good agricultural practices (GAP) model based on hazard control. *J Agric Life Sci* 47(1), 177–186. (2013)
- Singh N, Singh RK, Bhunia AK, Stroshine RL. Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157: H7 on lettuce and baby carrots. *LWT–Food Sci Technol* 35, 720–729. (2002)
- Siroli L, Patrignani F, Serrazanetti DI, Tappi S, Rocculi P, Gardini F, Lanciotti R. Natural antimicrobials to prolong the shelf-life of minimally processed lamb’s lettuce. *Postharvest Biol Technol* 103, 35–44. (2015)
- Valero M, Giner MJ. Effects of antimicrobial components of essential oils on growth of *Bacillus cereus* INRA L2104 in and the sensory qualities of carrot broth. *Int J Food Microbiol* 106, 90–94. (2006)
- Waje CK, Jun SY, Lee YK, Kim BN, Han DH, Jo C, Kwon JH. Microbial quality assessment and pathogen inactivation by electron beam and gamma irradiation of commercial seed sprouts. *Food Control* 20(3), 200–204. (2009)
- Wu S, Chen J. Using pullulan-based edible coatings to extend shelf-life of fresh-cut ‘Fuji’ apples. *Int J Biol Macromol* 55, 254–257. (2013)
- Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *J Agric Food Chem* 54(11), 4069–4075. (2006)
- Zhu MJ, Olsen SA, Sheng L, Xue Y, Yue W. Antimicrobial efficacy of grape seed extract against *Escherichia coli* O157: H7 growth, motility and Shiga toxin production. *Food Control* 51, 177–182. (2015)

- Kim JE, Lee DU, Min SC. Microbial decontamination of red pepper powder by cold plasma. *Food Microbiol.* 38: 128–136 (2014)
- Kim JE, Kim IH, Min SC. Microbial decontamination of vegetables and spices using cold plasma treatments. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45(6): 735–741 (2013)
- Lee H, Song AY, Min SC. Microwave-powered cold plasma treatments to reduce microbial contamination in cabbage, hot pepper powder, and ramen seasoning powder. *J. Natu. Sci.* 24: 65–74 (2012)
- Lee HB, Noh YE, Yang HJ, Min SC. Inhibition of foodborne pathogens on polystyrene, sausage casings, and smoked salmon using nonthermal plasma treatments. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43(4): 513–7 (2011)
- Song AY, Oh YA, Roh SH, Kim JH, Min SC. Cold oxygen plasma treatments for the improvement of the physicochemical and biodegradable properties of polylactic acid films for food packaging. *J. Food Sci.* 81(1): 86 - 96 (2016)
- Ma R, Wang G, Tian Y, Wang K, Zhang J, Fang J. Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce. *J. Hazard. Mater.* 300: 643 - 651 (2006)
- Ma R, Wang G, Tian Y, Wang K, Zhang J, Fang J. Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce. *J. Hazardous. Materials.* 300: 643–651 (2015)
- Misra NN, Pankaj SK, Frias JM, Keener KM, Cullen PJ. The effects of nonthermal plasma on chemical quality of strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 110: 197 - 202 (2015)
- Pankaj SK, Misra NN, Cullen PJ. Kinetics of tomato peroxidase inactivation by atmospheric pressure cold plasma based on dielectric barrier discharge. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 19: 153 - 157 (2013)
- Ziuzina D, Patil S, Cullen PJ, Keener KM, Bourke P. Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce. *Food Microbiol.* 42: 109 - 116 (2014)
- Tappi S, Berardinelli A, Ragni L, Rosa MD, Guarnieri A, Rocculi P. Atmospheric gas



- plasma treatment of fresh-cut apples. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 21: 114 - 122 (2014)
- Poll HU, Schladitz U, Schreiter S. Penetration of plasma effects into textile structures. *Surf. Coat. Technol.* 142: 489 - 493 (2001)
  - Kim IH, Lee H, Kim JE, Son KB, Lee YS, Chung DS, Min SC. Plums coatings of lemongrass oil-incorporating carnauba wax-based nanoemulsion. *J. Food Sci.* 78: 1551-1559 (2014)
  - Song HY, Jo WS, Song NB, Min SC, Song KB. Quality change of apple slices coated with Aloe vera gel during storage. *J. Food Sci.* 78(6): 817-822 (2014)
  - Kim IH, Oh YA, Lee H, Song KB, Min SC. Grape berry coatings of lemongrass oil-incorporating nanoemulsion. *LWT-Food Sci. Technol.* 58(1): 1-10 (2013)
  - Jo WS, Song HY, Song NB, Lee JH, Min SC, Song KB. Quality and microbial safety of 'Fuji' apples coated with carnauba-shellac wax containing lemongrass oil. *LWT-Food Sci. Technol.* 55: 490-497 (2014)
  - Lee HB, Noh BS, Min SC. *Listeria monocytogenes* Inhibition by defatted mustard meal-based edible films. *Int. J. Food Microbiol.* 153: 99-105 (2012)
  - Hendrix KM, Morra MJ, Lee HB, Min SC. Defatted mustard seed meal-based biopolymer film development. *Food Hydrocoll.* 26(1): 118-125 (2012)
  - Janjarasskul T, Min SC, Krochta. Storage stability of ascorbic acid incorporated in edible whey protein films. *J. Agric. Food Chem.* 59(23): 12428-32 (2011)
  - Krishna M, Nindo CI, Min SC. Development of fish gelatin edible films using extrusion and compression molding. *J. Food Eng.* 108: 337-344 (2012)
  - Lee HN, Paek HJ, Min SC. Defatted soybean meal-based edible film development. *Food Eng. Prog.* 15(4): 305-310 (2011)
  - You YS, Han JG, Lee HN, Park SI. Studies on the development of biodegradable plastics and their safety and degradability. *Food Eng. Prog.* 15(3): 257-261 (2011)
  - Min SC, Zhang HQ, Yang HJ. Thermoformed container wall thickness effects on orange juice quality. *J. Food Process Preserv.* 35: 758-766 (2011)
  - Lee HB, Yang HJ, Ahn JB, Lee YS, Min SC. *Zizyphus jujube*-based edible film

- development by the depolymerization processes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43(3): 321–328 (2011)
- Yang HJ, Noh BS, Kim JH, Min Effects of a carbohydrase mixture, ultrasound, and irradiation treatments on the physical properties of defatted mustard meal-based edible films. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43(1): 30–38 (2010)
  - Lee HB, Yang HJ, Min SC. Absorption of d-limonene in orange juice into a laminated food package studied with a solid phase micro-extraction method. *Food Eng. Prog.* 14(4): 354–358 (2010)
  - Lee HB, Yang HJ, Min SC. Food process byproduct-based biopolymer films. *Food Sci. Indus.* 43(1): 64–69 (2010)
  - Modified Atmosphere Packaging of Kabaşlı Apricot (*Prunus armeniaca* L.‘Kabaşlı’): Effect of Atmosphere, Packaging Material Type and Coating on the Physicochemical Properties and Sensory Quality. *Food Bioprocess Tech.* 5:1601 - 1611 (2012)
  - Gonzalez-Aguilar GA, Ayala-Zavala JF, Ruiz-Cruz S, Acedo-Felix E, Diaz-Cinco ME. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *Lebensm. Wiss. Technol.* 37: 817 - 826 (2004)
  - Jacxsens L, Devlieghere F, Debevere J. Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biol Technol.* 26: 59 - 73 (2002)
  - Kader AA. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40(5): 99 (1986)
  - Kader AA, Zagory D, Kerbel EL, Wang CY. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Crit Rev. Food Sci. Nutr.* (1988)
  - Khan I, Tango CN, Miskeen S, Lee BH, Oh DH. Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety – A review. *Food Control.* 73:1426 - 1444 (2017)
  - Ke D, Rodriguez-Sinobas L, Kader AA. Physiology and prediction of fruit tolerance to low oxygen atmosphere. *J. Am. Soc. Hortic. Sci* 166:253–60 (1991)
  - Leistner L. Hurdle technology applied to meat products of the shelf stable product and intermediate moisture food types. *Properties of water in foods: In relation to*

quality and stability. Dordrecht: Springer Netherlands p 309 - 329. (1985)

- Mangaraj S, Goswami TK, Mahajan PV. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. Food Eng. Rev. 1:133 - 158 (2009)
- Petracek PD, Dou H, Mourer J, Davis C. Measurement of gas exchange characteristics of waxes applied to citrus fruit. In: Proceedings from International Symposium on Growth and Development of Fruit Crops. April 1. East Lansing, MI, USA. (2000)
- Sidhu GS, Dhillon WS, Mahajan BVC. Effect of waxing and packaging on storage of pear cv. Punjab Beauty. Indian J. Hortic. 66(2): 239-244 (2009)

## 8. 뒷면지

### 주 의

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