

318077-02

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
농축산물안전유통소비기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003377-01

절단 파프리카 및 신선편의 농산물의  
유통기한 연장을 위한 공정 개발

## 절단 파프리카 및 신선편의 농산물의 유통기한 연장을 위한 공정 개발

2021. 01. 22.

주관연구기관 / 강원대학교

2021

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

<제출문>

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “절단 파프리카 및 신선편의 농산물의 유통기한 연장을 위한 공정 개발”(개발기간 : 2018.09.10 ~ 2020.09.09)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 01. 22.

주관연구기관명 : 강원대학교

신대용



주관연구책임자 : 왕 명 현

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

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	318077-2	해 당 단 계 연구 기 간	2019.09.10. 2020.09.09	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계 )
연구 사업 명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농축산물안전유통소비기술개발 사업			
연구 과제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	절단 파프리카 및 신선편의 농산물의 유통기한 연장을 위한 공정개발			
연구 책임자	왕 명 현	해당단계 참여연구원 수	총: 7 명 내부: 4 명 외부: 3 명	해당단계 연구개발비	정부:125,000천원 민간:125,000천원 계:250,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 12 명 내부: 7 명 외부: 5 명	총 연구개발비	정부:125,000천원 민간:125,000천원 계:250,000천원
연구기관명 및 소속부서명	강원대학교			참여기업명 xxx	
국제공동연구	상대국명: xxx	상대국 연구기관명: xxx			
위탁연구	연구기관명: 대산이엔지			연구책임자: 최 병 혁	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	○	○	○								

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p><b>연구목적</b> * 절단된 농산물의 미생물 제어와 품질유지 기한을 증대하여 수출 및 소비시장 확대 - 기존 상품대비 위생 및 품질 안전성 증대</p> <p><b>연구내용</b> * 절단 파프리카를 모델로 신선편의 농산물 제조를 위한 최적공정 도출 - 세척, 브렌칭, 비가식부 제거, 절단, 세척, 탈수(절수), 건조, 포장, 보관 등 - 공정 중 조직 손상에 의한 상품성 저하 최소화기술 제시 * 세척 후 브렌칭(품목류에 다름)을 통한 초기균수 제어기술 제시 * 세척 후 탈수(또는 절수)를 통한 초기균수 제어기술 제시 * 절단 후 15일 이상 상품성 유지 및 15일차 일반세균 100,000균 이하 유지 - 절단 시 품질유지 및 생산성을 고려한 절단방법 개발 * 절단 후 미생물 저감 및 유통기한 중 품질유지가 가능한 공정설계 및 시작품제작 - 파프리카 최종산물 기준 500Kg/hr 이상 처리 - 생산설비 폭 1.8m 이내, 길이 12m 이내, 높이 4m 이내 (부대설비는 냉동기 및 방열기 등, 실외 설치설비는 별도가능) - 최종 소비자 판매가 8,000만원 이내로 생산 * 개발공정기술 적용에 따른 품질유지 효과분석 * 개발기술의 현장실증 - 농협경제지주에서 지정하는 사업장에 시작품 설치 및 현장실증 실시</p>				
<p>연구개발성과</p>	<p>* 미생물 저감방안 및 안정성 확보 * 선도유지 및 미생물 증식 예방 * 세척, 브렌칭, 절단, 탈수(절수), 건조, 포장 중 미생물제어방법 설정 * 살균소독제 사용 및 적정농도 규명 * 항산화제, fumaric acid 및 약산성 전해수 처리를 통한 절단 파프리카의 품질유지 * <i>Lactobacillus rhamnosus GG</i>와 천연항균제 처리를 통한 신선한 절단 파프리카의 영양소 및 저장기간의 증가 * 키토산 유화 티트리오일(TTO) 및 염화칼슘 식용코팅을 이용한 절단 파프리카의 유통기한 연장 * 식용 가능한 표면코팅제로서 키토산 나노입자를 이용한 신선한 파프리카 절단편의 유통기한 연장(<i>Capsicum annuum L. var. grossum (L.) Sendt</i>) * Chlorine water 및 파프리카 추출물을 이용한 신선한 파프리카 절단편의 병원균 성장억제 * 본 연구에서 제작한 스마트식품가공시스템(파프리카 컨벤션 건조기)을 사용한 신선한 파프리카 절단편의 저장기간 연장 및 요인최적화 * 절단 후 미생물 저감 및 유통기한 중 품질유지가 가능한 공정설계 및 시작품제작</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>* 시장 수요에 맞춰, 학교 및 기업체등의 단체에 공급과 소비가 편리하고 기호도 높은 새로운 종류의 신선편의식품용 제품을 개발함으로써 농가의 소득 확대. * 원물 위주의 파프리카 수출을 벗어나, 가공품은 부가가치 제고 및 물류비 절감으로 가격 경쟁력을 확보 * 다양한 형태의 가공 식재료로 수출시장 진입로 개척 * 미생물 제어기술을 확립하여, 현재 개발된 제품 및 앞으로 개발될 제품들의 위생 및 유통 시 안정성 증대로 제품 고품질화 * 일정 기간 균일한 품질유지로 제품 신뢰도 제고</p>				
<p>국문핵심어</p>	<p>신선편의</p>	<p>과일</p>	<p>파프리카</p>	<p>생산</p>	<p>품질유지</p>
<p>영문핵심어</p>	<p>Fresh-cut</p>	<p>Fruit</p>	<p>Paprika</p>	<p>Processing</p>	<p>Quality maintenance</p>

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	7
가. 연구개발 수행내용 (1차 년도) .....	7
나. 연구개발 수행결과 (1차 년도) .....	35
다. 연구개발 수행내용 (2차 년도) .....	67
라. 연구개발 수행결과 (2차 년도) .....	79
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	131
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	137

<별첨 1> 연구개발보고서 초록

<별첨 2> 자체평가의견서

<별첨 3> 연구성과 활용계획서

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

- 절단된 농산물의 미생물 제어와 품질유지 기한을 증대하여 수출 및 소비시장 확대에 있으며, 연구 목적을 달성하기 위한 연구 내용은 다음과 같다.

----- 다 음 -----

### 연구내용

- \* 절단 파프리카를 모델로 신선편의 농산물 제조를 위한 최적공정 도출
  - 세척, 브렌칭, 비가식부 제거, 절단, 세척, 탈수(절수), 건조, 포장, 보관 등
  - 공정 중 조직 손상에 의한 상품성 저하 최소화기술 제시
- \* 세척 후 브렌칭(품목류에 다름)을 통한 초기균수 제어기술 제시
- \* 세척 후 탈수(또는 절수)를 통한 초기균수 제어기술 제시
- \* 절단 후 15일 이상 상품성 유지 및 15일차 일반세균 100,000균 이하 유지
  - 절단 시 품질유지 및 생산성을 고려한 절단방법 개발
- \* 절단 후 미생물 저감 및 유통기한 중 품질유지가 가능한 공정설계 및 시작품제작
  - 파프리카 최종산물 기준 500Kg/hr 이상 처리
  - 생산설비 폭 1.8m 이내, 길이 12m 이내, 높이 4m 이내  
(부대설비는 냉동기 및 방열기 등, 실외 설치설비는 별도가능)
  - 최종 소비자 판매가 8,000만원 이내로 생산
- \* 개발공정기술 적용에 따른 품질유지 효과분석
- \* 개발기술의 현장실증
  - 농협경제지주에서 지정하는 사업장에 시작품 설치 및 현장실증 실시

## 1-2. 연구개발의 필요성

- \* 일본 내 파프리카 시장의 규모는 2015년 기준으로 연 44,000톤이다. 이 중 수입산이 40,000톤 국내에서 수출하는 양이 그 중에 65%에 가까운 29,317톤으로 한국수출품이 일본 내 파프리카 시장을 점유한 정도는 매우 큼.
- \* 대부분은 원물 위주의 수출이며, B품 및 등외품 등 원물 그대로 수출하기 힘든 상품들이 있으나 이를 활용할 수 있다면 농가소득보전에 기여.
- \* B품 및 등외품을 가공할 때, 제조시 로스를 줄이고, 이러한 상품을 수출까지 확대 적용이 가능하며, 내수와 수출물량의 수급조절을 통한 국내 파프리카는 가격안정화 도모 및 농가 소득 확대.
- \* 파프리카는 특성상 과일채소 중에 가장 높은 온도를 필요로 하는 작물로서 밤에도 최저 18℃로 온도관리를 해야 함.



- \* 최근 인력절감, 이용의 편리성 등의 이점을 고려하여 상업적으로 전처리된 식품의 사용이 증가하는 추세를 보이고 있으며, 단기간에 확대 실시된 학교급식의 경우 시설 확충의 어려움으로 전처리 식품의 사용이 불가피한 실정
- \* 집단급식소, 특히 학교 급식의 안전성을 위협하는 요인으로 구매되는 식재료의 안전성이나 검수 방법에 대한 안전관리가 중요요인으로 지적되고 있음. 집단급식소의 식중독 발생 건수는 매년 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며 이에 따라 교육인적자원부는 학교급식의 질적 개선을 위한 대책으로 학교 급식법을 2007년 1월 전면 개정하여 ‘학교급식 식재료의 품질관리 기준’ (제4조 1항)으로 농산물(전처리 농산물 포함), 축산물, 수산물(전처리 수산물포함), 가공식품 및 기타 등으로 학교급식용 식재료에 대한 품질세부 지침을 명시. 학교급식 위생관리지침서에서는 잠재적으로 위험성이 있는 식재료의 규격기준을 정하여 이를 준수하고 식재료를 공급하는 업체의 선정 및 관리기준을 마련, 위생관리 능력과 운영능력이 있는 업체를 선정함으로써 보다 신선하고 질이 좋으며 위생적으로 안전한 식재료를 구입하여야 한다고 규정하고 있음.
- \* 전처리 식재료의 안전성을 확보하기 위해서는 이미 세계적으로 가장 효과적인 위생관리 방법으로 알려져 있는 HACCP(Hazard Analysis & Critical Control Point)을 식재료 전처리업에 적용하여 관리하는 것이 효과적인 방안으로 판단됨.
- \* 국외의 경우도 샐러드 등을 통한 식중독 발병 사례가 지속적으로 보고되고 있어 이에 대한 관리 대책을 마련하고 있음. 미국 및 유럽의 신선편의야채(Fresh-cut vegetables, pre-cut vegetable), 일본의 절단야채 등에 관한 위해요소 저감화 방안 및 관리 방안이 전문기관의 연구를 통해 설정되어 각 업소에서 활용할 수 있도록 했으며 HACCP 도입을 통한 관리가 권장되고 있음.



### 1.2.1. 연구개발 대상의 국내·외 현황

#### 국내기술수준 및 시장현황

##### ○ 기술현황

냉장유통 fresh-cut 채소의 고품질화를 위한 유해미생물 검지 및 제어기술 연구

(한국식품연구원, 홍석인, 김동만, 최정희, 이현희, 2005-2006)

- 유해미생물 검출용 universal primer 로서 341f/534r primer set를 선정하고, 6종의 표준균주에 대해 DGGE로 분리하였으며 원료 양배추와 fresh-cut 양상추 제품의 미생물 검지분석을 수행하여 장내 세균류와 *B.cereus*, *E.coli*, *S.aureus* 등의 병원균을 검출
- 전처리 방법으로서 증온 열수처리, 유기산, 차아염소산나트륨, 과산화초산, 과산화수소, 전해수를 사용했을 때 현저한 생균수 감소확인
- 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>의 MAP 포장은 미생물제어에 효과적이지 못하였으며 진공포장에서 혐기성병원균의 급격한 증식가능성이 확인되었고, chitosan 박막에 nisin 또는 EDTA가 함께 첨가된 항균 복합필름 처리구에서 감균효과 확인.
- 계절별로 *S.typhimurium*은 전혀 검출되지 않았고, *B.cereus*와 *E.coli*는 연중 검출되었으며 여름철에 검출빈도가 높게 나타남.
- 유해미생물의 거동변화로서 저장초기부터 꾸준히 *E.coli*가 검출되었으며 저장 말기에 다다를수록 부패균주인 *P.fluorescens*와 *Acinetobacter spp.*가 검출. 적정 전처리로서 차아염소산나트륨, 전해수, 과산화초산 등의 경우 생균수의 유의적 차이가 구분되지 않았으며, 저 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>의 MAP 포장과 진공포장에 비해 고 O<sub>2</sub>/고 CO<sub>2</sub>의 MAP 포장은 외관품질을 양호하게 유지하고 생균수를 유의적으로 낮게 조절하므로 fresh-cut 채소제품의 미생물안전성 향상.

##### ○ 시장현황

- 국내 신선편의식품시장 출하규모는 2015년 출하액 기준 956억 원, 생산량은 3.3만 톤, 생산액은 821억 원.
- 2008년 대비 생산량 기준 8.9배, 생산액 기준 3.5배 증가한 수치이며 출하 기준으로 살펴보면 2015년 출하량은 2.4만 톤, 출하액은 956억 원으로 2008년 대비 각각 10.1배, 4.1배 증가
- 국내 신선편의식품시장은 2008년 이후 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있는데 그 중에 생산 및 출하물량의 증가 추세는 특히 2015년에 두드러짐.
- 2008년부터 2014년까지 출하량은 완만한 추이를 보이며 5배 증가하는데 그 친데 반해 2015년은 한 해 만에 출하량이 전년대비 2배 증가하는 양상.
- 따라서 정확한 전체 소매시장 규모를 추정할 수는 없지만, 앞선 출하실적을 기준으로 B2C 유통 비중을 적용하면 최소 764억 원에서 812억 원 정도의 규모가 될 것으로 추정 (2015년 기준).

구분	2013년		2014년		2015년		CAGR (2013~2015)	
	판매액	비중	판매액	비중	판매액	비중		
간편 과일	할인점	6,894	24.6	5,757	20.5	4,235	13.7	-21.6
	체인슈퍼	2,259	8.1	3,276	11.6	2,454	7.9	4.2
	소계	9,152	32.7	9,033	32.3	6,688	23.9	-14.5
샐러드	할인점	13,022	46.5	13,702	48.7	17,871	57.8	17.1
	체인슈퍼	5,833	20.8	5,398	19.2	6,356	20.6	4.4
	소계	18,855	67.3	19,099	68.2	24,227	86.5	13.4
합계	28,007	100	28,132	100	30,915	100	5.1	

※ AC 닐슨 소매점 매출액 기준임

- 1) 백만원 기준으로 작성하는 가운데, 집계값 일의 자릿수에 다소 오차가 발생할 수 있음
- 2) 간편과일 - 커팅과일 외에 냉동과일 일부가 포함됨
- 3) 할인점은 국내 대형할인점 3개사, 체인슈퍼는 대형체인슈퍼 4개사 기준 수치임

### 주요 소매채널에서의 신선편의식품 판매액 추이

#### ○ 경쟁기관현황

##### - 신선편의식품

생산되고 있는 신선편의 식품은 주로 샐러드로 사용되는 채소류, 과일류가 주를 이루고 있음. 이들은 바로 씻어 먹을 수 있도록 가공·포장 되어있는 특징 있음.

구분	주요 제품		제품 이미지	식품공전 식품유형
	제품명	주요 원료		
과일	델몬트 골드파인 (한국델몬트후레쉬 프루두스)	파인애플		신선편의식품
	냉동 트리플베리 (웰빙)	블루베리 라즈베리 블랙베리		과·채가공품 (가열하지 않고 섭취하는 냉동식품)
	냉동망고 다이스 (수입원:송 인터내셔널(주))	망고		과·채가공품 (가열하지 않고 섭취하는 냉동식품)

※ 이마트(www.ssg.com), 홈플러스(www.homeplus.co.kr), 롯데마트(www.lottemart.com) 홈페이지

구분	주요 제품		제품 이미지	식품공전 식품유형
	제품명	주요 원료		
채소	아삭아삭샐러드 (네떼)	양상추 래디쉬 적근대 로메인 치커리 토마토 라디치오		신선편의식품
	리코타치즈 샐러드 (네떼)	리코타치즈 발사믹드레싱A 양상추, 로메인 토마토, 치커리 적근대 등		신선편의식품
	패밀리샐러드 (미래원)	양배추, 양상추 로메인, 치커리 적근대, 적채, 당근 등		신선편의식품
	포켓샐러드 닭가슴살 샐러드 (에이타워)	양상추 닭가슴살 갈릭소이드레싱 양조식초 등		신선편의식품

### 신선편의식품

#### - 신선편의농산물

현재 시장에서 시판되고 있는 신선편의 농산물은 파, 양파, 마늘이 가장 일반적이며 세척만 한 제품, 세척·박피한 제품, 세척·박피·절단한 제품 등 다양한 형태로 판매됨

구분	주요 제품				주요 가공형태
파					세척, 절단
	실속형대파 (이마트몰)	망대파 (롯데푸드/롯데마트)	관대파 (건호/홈플러스)	파채 (뉴푸드/롯데마트)	
양파					세척, 박피
	채양파 (롯데푸드/롯데마트)	겉이양파 (그린세상/홈플러스)	관양파 (이마트 후관슈퍼센터 /이마트)		

### 신선편의 농산물

구분	주요 제품				주요 가공형태
마늘					세척, 박피, 절단
	저민마늘 (농협안성농식품유통센터/홈플러스)	간 마늘(-/이마트)			
당근					세척, 박피, 절단
	세척당근 (해드지/홈플러스)	채당근 (롯데푸드/롯데마트)			
기타					
	양배추겉면 믹스 (뉴푸드/롯데쇼핑)	유기농어린잎 경장년송/어린어송 (미래원/초록마을)	그린박스 (미래원/홈플러스)	친환경 반반샐러드 (이음/이마트)	
					
	간생강 (이마트)	간편양배추 (미래원/홈플러스)	간편감자 (농협안성농식품유통센터/홈플러스)	손질 애호박 (새봄에프앤/티몬)	
					
	커핑무 (롯데푸드/롯데마트)	햇! 빨간세척사과 (사과맘)	얼음공홍시 (-/이마트)		

※ 이마트(www.ssg.com), 홈플러스(www.homeplus.co.kr), 롯데마트(www.lottemart.com) 홈페이지  
 1) ( )안의 내용은 주 제조사/해당 유통판매권유원임  
 2) 유통업체만 표시된 경우는 검포별 협력사가 상이하거나 수시로 변경되는 제품임

### 신선편의 농산물

#### 1-3. 연구개발 범위

- 미생물 저감방안 및 안정성 확보
- 선도유지 및 미생물증식 예방
- 세척, 블렌칭, 절단, 헹굼, 탈수(절수), 건조, 포장 중 미생물 제어방법
- 세척수, 블렌칭수 온도 규명
- 제재(전해수, 식품용 살균소독제 등록제품 2종 이상) 규명

개발 품 목 표	절단 후 미생물 저감 및 유통기한 중 품질유지 가능한 공정설계 및 시작품 제작	파프리카 최종산물 기준 500Kg/hr 이상 처리
		생산설비 폭 1.8m 이내, 길이 12m 이내, 높이 4m 이내 (부대설비는 냉동기 및 방열기 등, 실외 설치설비는 별도가능)
		최종 소비자판매가 8,000만원 이내로 생산

- 개발기술의 현장 실증을 위한 설비설계, 시작품 제작, 시작품 설치 및 현장실증 실시
- 생산설비 폭 1.8m이내, 길이 12m이내, 높이 4m이내(부대설비는 냉동기 및 방열기 등, 실외 설치설비는 별도가능)
- 건조방식(바이브레이터, 회전식, 노즐풍건 등) 규명
- 건조온도, 건조바람세기, 절단면 건조관리 안전성
- 실험실에서 성능 모의실험
- 살균 소독제 사용 및 적정농도 규명
- 개발기술의 현장실증을 위한 시작품설치 및 현장실증 실시
- 생산설비 폭 1.8m이내, 길이 12m이내, 높이 4m이내(부대설비는 냉동기 및 방열기 등 실외 설치설비는 별도가능)

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 가. 연구수행 내용

#### 가.1. 일반 세균수

식품의약품안전청 식품공전 제 II 권 제10. 일반시험법 8. 미생물시험법 2) 세균수(일반세균수) 시험방법에 따라 시험.

- 검체 25g을 취하여 225ml의 멸균생리식염수를 가하여 시험용액을 제조하였고 제조된 시험용액

1ml와 각 단계 희석액 1ml를 세균수 건조필름배지(3M Microbiology, USA)에 접종한 후 잘 흡수시키고,  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 48시간 배양한 후 생성된 붉은 집락수를 계산하고 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 일반세균수로 할 것임.

#### 가.2. 대장균군

식품의약품안전청 식품공전 제 II 권 제10. 일반시험법 8. 미생물시험법 5) 대장균군 시험방법에 따라 시험.

- 검체 25g을 취하여 225ml 의 멸균생리식염수를 가하여 시험용액을 제조하였고 제조된 시험용액

1ml와 각 단계 희석액 1ml를 대장균군 건조필름배지(3M Microbiology, USA)에 접종한 후 잘 흡수 시키고,  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서  $24 \pm 2$ 시간 배양한 후 생성된 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락수를 계산하고, 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 대장균군수를 산출.

#### 가.3. 대장균

식품의약품안전청 식품공전 제 II 권 제10. 일반시험법 8. 미생물시험법 6) 대장균 시험방법에 따라 시험.

- 검체 25g을 취하여 225ml 의 멸균생리식염수를 가하여 시험용액을 제조하였고 제조된 시험용액 1ml와 각 단계 희석액 1ml를 대장균 건조필름배지(3M Microbiology, USA)에 접종한 후 잘 흡수시키고,  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 48시간 배양한 후 생성된 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성하고 있는 집락수를 계산하고 그 평균집락수에 희석배수를 곱하여 대장균수를 산출.

#### 가.4. 살모넬라(*Salmonella* spp.)

식품의약품안전청 식품공전 제Ⅱ권 제10. 일반시험법 8. 미생물시험법 13) 살모넬라 시험 방법에 따라 시험.

- 검체 25g을 취하여 225ml의 Peptone water(Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA)에 가한 후 35℃에서 18±2시간 증균배양하고, 배양액 0.1ml를 취하여 10ml의 Rappaport- Vassiliadis (Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA)배지에 접종하여 42℃에서 24±2시간 2차 배양. 증균배양액을 XLD(Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA)한천배지에 접종하여 35℃에서 24시간 배양. 배양결과 검은색 또는 붉은색 집락을 확인시험.

#### 가.5. 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)

식품의약품안전청 식품공전 제Ⅱ권 제10. 일반시험법 8. 미생물시험법 14) 황색포도상구균 시험방법에 따라 시험.

- 검체 25g을 취하여 225ml의 10% NaCl을 첨가한 TSB(Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA)배지에 가한 후 35℃에서 18시간 증균배양하였고, 증균배양액을 난황을 첨가한 Mannitol salt agar(Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA)에 접종하여 37℃에서 24시간 배양. 배양결과 난황첨가한 Mannitol salt agar에서 황색 불투명 집락(만니톨분해)을 나타내고 주변에 혼탁한 백색환(난황반응 양성)이 있는 집락을 확인시험.

#### 가.6. 장염비브리오(*Vibrio parahaemolyticus*)

식품의약품안전청 식품공전 제Ⅱ권 제10. 일반시험법 8. 미생물시험법 15) 장염비브리오 시험방법에 따라 시험.

- 검체 25g을 취하여 225ml의 Peptone water(Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA) 10ml에 가한 후 35℃에서 24시간 증균배양하고 증균배양액을 TCBS(Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA) 한천배지에 접종하여 35℃에서 24시간 배양. 배양결과 직경 2~4mm인 청록색의 서당 비분해 집락을 확인시험.

#### 가.7. 바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*)

식품의약품안전청 식품공전 제Ⅱ권 제10. 일반시험법 8. 미생물시험법 21) 바실러스 세레우스 시험방법에 따라 시험.

- 검체 25g을 멸균 인산 완충 희석액에 가하여 2분간 고속으로 균질화하여 시험용액으로 하였다. 제조된 시험용액과 단계별 희석액을 MYP 한천평판배지(Difco Becton, Dickinson and Company Sparks, MD USA)에 희석용액 0.2ml씩 5장을 도말하여 각 단계별 총 접종액이 1ml가 되게 한 후 30℃에서 24시간 배양한 후 집락 주변에 lecithinase를 생성하는 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 계수하였고 확인시험.

### 가.8. 전처리 파프리카의 제조 공정 및 제조 공정별 조사 및 분석 항목

전처리 파프리카는 가열 처리를 하지 않고 직접 섭취하는 제품으로 제조 공정에서의 실제 실험 분석 항목 및 조사 항목은 <표 1>과 같다. 분석 항목은 미생물학적 위해 요소를 중심으로 일반세균 정량, 대장균군 정량, 대장균 정량, 바실러스 세레우스 정량, 리스테리아 모노사이토제네스 정성, 황색포도상구균 정성, 살모넬라 정성 실험을 하였다.

<표 1> 가열처리 없이 직접 섭취하는 파프리카 제조 공정별 실험 분석 항목

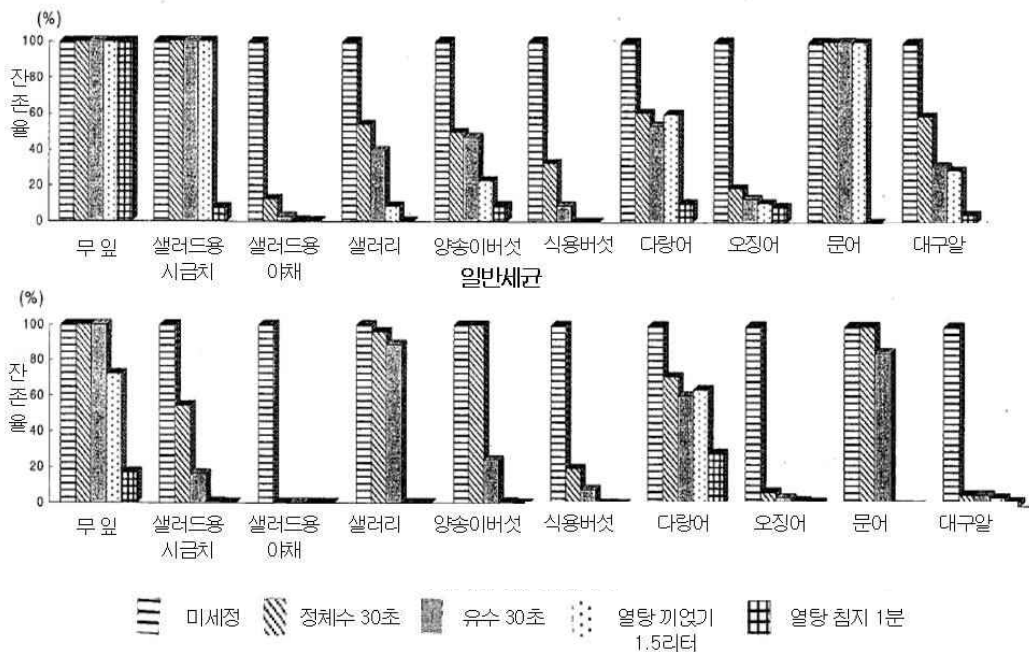
제조공정	미생물학적 위해요소 분석항목
절단 및 선별	일반세균수, 대장균군, 대장균, <i>B. cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i>
소독	일반세균수, 대장균군, 대장균, <i>B. cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i>
세척	일반세균수, 대장균군, 대장균, <i>B. cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i>
탈수	일반세균수, 대장균군, 대장균, <i>B. cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella spp.</i>

### 가.9. 원물 관리

- Hidemi(2005)의 연구결과에 의하면, 야채에 존재하는 미생물 균총은 일반적으로 세균(87%), 효모(17%) 및 곰팡이(5%)로 구성된 것으로 조사되었다. 야채류의 일반생균수 및 대장균군수는 야채의 종류에 따라 크게 다르며 비교적 균수가 많은 오이, 당근, 양배추 및 양상추의 외부(겉잎) 조직에서는 10<sup>4</sup> ~ 10<sup>6</sup> CFU/g 수준의 일반세균과 10<sup>3</sup> ~ 10<sup>5</sup> CFU/g 수준의 대장균군이 존재하는데 반해 토마토, 양파 또는 마늘에서는 세균수가 적고 때로는 검출되지 않는 경우도 있었다. 이들의 대부분은 토양이나 하수 등의 자연계에 널리 분포하여 식물에 부착되는 경우가 많은 부패원인균이다.
- 또한 일반적으로 수확 직후의 과채류에서는 10<sup>4</sup> ~ 10<sup>6</sup>cfu/g 수준의 미생물이 생존하고 있으며, 최소 가공된 신선과채류에도 저장과 유통과정을 거치면서 10<sup>4</sup> ~ 10<sup>8</sup>cfu/g 수준의 미생물이 존재하는 것으로 알려지고 있다.
- 특히 식중독을 일으키는 미생물 중 *Listeria monocytogens*는 부패한 채소, 농작물, 무, 오이, 양배추 및 감자 등에서 검출되었으며, 미국, 캐나다 등 북미지역에서는 양배추 샐러드가 식중독 발생원인 매체로 판명되기도 하였다. 또한 *Escherichia coli* 0157:H7은 비살균 사과주스, 감자 등에서 발견되었다. *Staphylococcus aureus*는 상추, 오이 등의 식품에서 발생한 것으로 보고되고 있다(조준일 외, 2004).

### 가.10. 세척·소독 관리

- Noboru 등에 의하면 원물에 따라 그리고 세정 방법에 따라 세균의 감소율이 달라지는 것으로 밝혀졌다. 4가지 세정조건에 따른 세정효과의 차이를 보기 위해 미세정시의 부착세균수를 100%로 하고 다른 세정조건에서의 세균 잔존율을 <그림 4-1>에 나타내었다. 일반세균의 경우, 모든 세정 방법으로도 무 순의 세균수는 감소하지 않았으며 샐러드용 시금치, 문어는 ‘열탕 침지’를 1분 처리한 경우 현저한 세정효과가 있었다. 다른 시료는 ‘정체수’ 30초, ‘유수’ 30초, 1.5ℓ의 ‘열탕 끼얹기’, ‘열탕 침지’ 1분의 순으로 세균수가 감소하는 패턴을 보였다. 그 중에서도 샐러드 채소, 식용 버섯, 오징어는 ‘유수’ 30초 처리로 80% 이상의 세균이 제거되었으며 열탕처리에 의해 현저한 감소가 있었다.



<그림 4-1> 여러 가지 세정 방법에 따른 미생물 잔존률

- 대장균군을 보면 무 순, 샐러리, 문어는 물 세정으로의 세정효과는 보이지 않았으며 열탕처리로 감소하였지만, 무 잎은 열탕처리를 실시하여도 1.5ℓ의 ‘열탕 끼얹기’로 72%, ‘열탕 침지’ 1분으로 20%가 잔존하여 부착세균을 제거하기 어려웠다. 다량어도 미세정 시 대장균군은 적었지만 이와 같이 어느 처리방법으로도 부착세균을 제거하기 어려웠다. 샐러드 채소는 ‘정체수’ 처리로 ‘0’이 되어 쉽게 제거할 수 있었다.
- 위의 세정방법에 따른 세균감소율 비교 실험의 결과에서도 알 수 있듯이, 해당 품목별·세정 방법별로 세균의 제어 효과는 매우 상이하다. 즉 개별 업소에서 세척 방법이나 소독 방법을 설정할 때는 실제 생산하고 있는 품목, 제조 공정 등을 고려하여 제조 현장에서 그 효과성 검증을 충분히 거쳐야 한다.
- 경제성 등을 고려하여 제품 소독 시 염소계 살균제인 차아염소산을 사용하고 있다. 하지만 현장에서 "제조공정별 위해분석" 미생물실험을 실시한 결과, 실제로는 소독제 사용으로 인한 미생물의 현저한 감균 효과는 드러나지 않았다.
- 그 이유는 먼저 불충분한 소독 조건을 그 원인으로 생각할 수 있다. 실험실 수준에서 실



험을 한 결과 소독제의 살균력이 검증되었다고는 하나, Scale-Up된 상태의 실제 공정에서는 소독 살균력이 다양한 변수로 인하여 저하될 수 있다. 예를 들면 소독수와 원물의 비율, 공정 오염 및 종사자에 의한 교차 오염 정도 등이 달라지게 마련이고 더불어 생산의 효율성을 극대화 할 수 있는 방안까지 반드시 고려해야 하므로 현장에서의 소독력 효과 검증이 필수적으로 수행되어야 하며 그에 따른 소독 조건이 조정되어야 한다. 즉, 실제 공정에서 살균 소독제의 사용 방법 (농도, 침지 시간, 소독제 제거 방법 등)은 각 업소마다의 개별 조건에 따라 달라지며, 상품성 극대화를 위한 소독제의 최대 농도 또한 각 업소의 실험에 따라 정해져야 한다. 또한 소독대상이 되는 원물의 생물학적, 화학적, 물리적 특성에 따라 적절한 소독방법을 선정하여야 한다.

**<표 4-2> 신선 생산물의 수확 후 소독 시 일반적으로 사용되는 염소 농도**

원물	총 유효염소 ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )	원물	총 유효염소 ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )
Artichoke	100~150	Asparagus	125~250
Bell Peppers	150~400	Broccoli	100~150
Brussel Sprouts	100~150	Cabbage(shredded)	100~150
Carrots	100~200	Cauliflower	100~150
Celery	100~150	Sweet corn	75~100
Chopped leafy greens	100~150	Cucumbers	100~150
Garlic (peeled)	75~150	Lettuce-Iceberg (whole, shredded)	100~150
Lettuce(Butterhead)	100~150	Lettuce(Romaine)	100~150
Melons	100~150	Mushrooms	100~150
Onions(green)	100~150	Peas (rod-type)	50~100
Peppers(chili or bell)	250~400	Potatoes (red or brown)	200~300
Potatoes (white)	100~250	Pumpkins	100~200
Radishes	50~150	Spinach	75~150
Sweet Potatoes	100~150	Squash (all type)	75~100
Tomatoes	200~350	Turnips	100~200
Yams	100~200		

[Chlorination in the production and postharvest handling of fresh fruits and vegetables]

- 현재까지 고시된 127종의 기구 등 살균 소독제 유효 성분 중 과산화물계 살균 소독제가 2종(과산화수소, 과산화초산), 알코올계 살균소독제가 3종(에탄올, 2-부톡시-에탄올, 2-프로판올)이 살균 소독제 유효 성분으로서 등록되어 있었다. 그리고 2007년 5월까지 기구 등 살균 소독제로 인정받은 제품은 총 161개 제품이고, 염소계와 알코올계는 2004년부터 현재까지 꾸준히 증가하고 있으며, 과산화물계와 4급 암모늄계는 점점 감소하고 있는 것으로 나타났다. (살균소독제 관리방안에 관한 연구, 2007)

## 가.11. 살균·소독제별 특징

### 가.11.1 염소계 살균제

- 염소는 식품 가공 설비뿐만 아니라 주변 환경과 물 등의 살균, 소독 및 표백을 목적으로 사용되는 가장 일반적인 화학 성분이다. 다른 살균 소독제에 사용되는 유효 성분처럼 염소는 박테리아, 바이러스, 곰팡이 등의 병원성 미생물이나 부패균을 사멸시키는 능력을 가지고 있다.
- 일반적으로 물에 희석된 염소 제품들은 매우 불안정하기 때문에 제조 후 바로 사용할 수 있도록 해야 하고, 제품 보관기간 동안 유효 염소의 함량을 주기적으로 측정하여 사용하여야 한다. 강력한 산화력을 가진 염소는 탈색 작용과 피부에 대한 자극을 줄 수 있으므로 고농도의 제품을 사용할 경우 보호 장비를 착용하는 것이 바람직하다.
- 효과적인 염소 함유 제품의 사용을 위해서는 염소의 올바른 화학적 특성에 대해 이해가 필요하며 염소가 가진 살균 능력을 최대화 할 수 있고 최적의 농도에 도달하는데 필요한 양을 최소화 시킬 수 있다.

#### ◆ 염소의 반응 및 살균 특성

##### 염소의 반응

- 염소 (Cl<sub>2</sub>)은 강한 산화력이 있는 매우 강력한 살균 소독제이다. 염소 가스의 주입이나 차아염소산염의 투입을 통해 물에 용해된다. 이 염소수는 염소 가스(Cl<sub>2</sub>), 차아염소산(HOCl), 차아염소이온(OCl<sup>-</sup>)으로 구성되어 있으며 물의 pH에 따라 그 구성비가 달라진다.

##### 염소의 살균 특성

- 염소 세척 시 살균 능력은 유효 염소량에 따라 결정되는데, 유효 염소 (available chlorine)는 차아염소산 (HOCl)이나 표백분, 액체 염소에 산을 가할 때 발생하는 염소량으로 표시한다. 염소 세척은 염소수의 pH 및 온도에 따라 살균 효력이 크게 다른데 pH 4.5 부근이 가장 효과적이고 pH가 높으면 효력이 점차 낮아진다. pH가 너무 낮으면 염소 기체가 물로부터 해리되어 나온 수도 있으므로 일반적으로 산업체에서는 세척 장비의 부식을 피하며 살균 효과가 비교적 높은 pH 6.5~7.5 수준을 사용하고 있다.
- 신선편의 농산물에 대한 살균 소독제로서 염소 용액을 사용할 때 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 염소용액의 pH가 너무 낮으면 금속 용기 및 가공장비가 부식될 수 있다.
- ② 20℃에서 pH 6.5~7.5가 신선편의 농산물을 살균 소독할 수 있는 충분한 HOCl이 존재하면서 장비의 부식도 최소가 된다.
- ③ 온도가 올라가면 염소는 증발한다.
- ④ 세척수에 많은 양의 유기물이 있거나 염소 용액이 공기, 빛, 금속에 노출되면 살균 소독 효과가 감소하게 된다. 유리 염소의 양은 자동화된 장비로 모니터링이 가능하다.
- ⑤ 피부가 염소에 과도하게 노출되게 되면 피부 염증을 일으킬 수 있기 때문에 보호 장비의 사용이 권장된다.

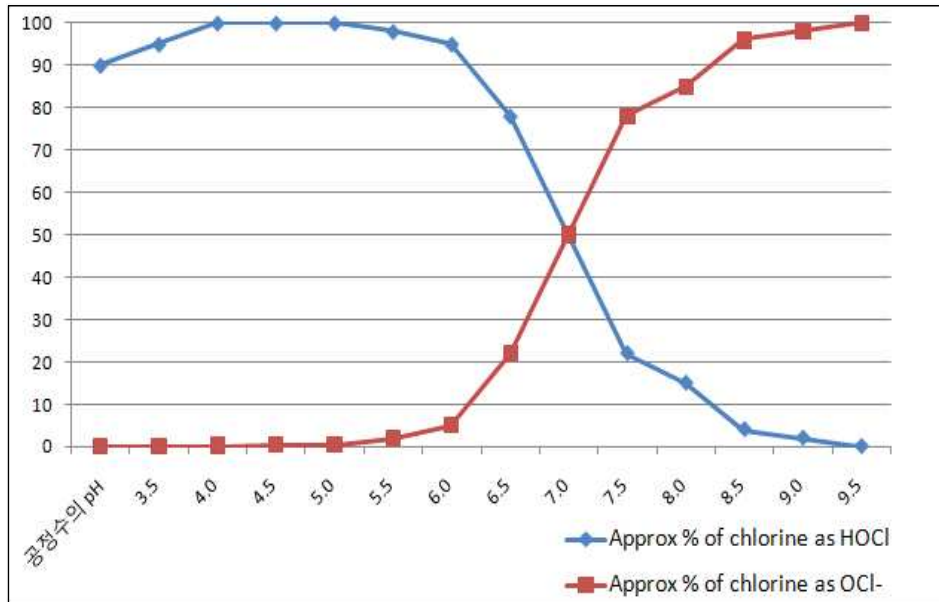
- ⑥ 염소가 불완전하게 유기물질을 산화시킬 경우 클로로포름( $\text{CHCl}_3$ )이나 트리할로메탄 (trihalomethane) 같은 발암성 부산물이 생겨날 수 있고, 높은 pH에서는 유기 질소 화합물과 반응하여 클로라민(Chloramine) 등이 생성될 수도 있다.

<표 4-3> pH에 따른 차아염소산( $\text{HOCl}$ )의 염소 효율

온도(°C)	pH 4.0	pH 5.0	pH 6.0	pH 7.0	pH 8.0
0	100	100	98.2	83.3	32.2
20	100	99.7	96.8	75.2	23.2

<표 4-4> pH에 따른 수용액상 염소 형태의 활성화도

공정수의 pH	Approx % of chlorine as $\text{HOCl}$	Approx % of chlorine as $\text{OCl}^-$
3.5	90	0
4.0	95	0
4.5	100	미량
5.0	100	미량
5.5	100	미량
6.0	98	2
6.5	95	5
7.0	78	22
7.5	50	50
8.0	22	78
8.5	15	85
9.0	4	96
9.5	2	98
10.0	0	100



<그림 4-2> pH에 따른 수용액상 염소 형태의 활성화도

### 적절한 염소 살균 소독을 위한 중요 사항

① 사용 용수

먹는 물 수질 기준에 적합한 물이 사용되어야 한다. 오염된 물은 생산품을 부패시키거나 사람에게 해로운 영향을 미치는 질병을 매개할 수 있다. 비록 최적의 조건이라 할지라도 일부 병원균은 염소를 이용한 소독 살균 과정으로 완전히 제어되지 않으므로 먹는 물 수질 기준에 적합한 용수를 사용하는 것이 최선의 방법이다.

② 온도

온도가 높아질수록 염소의 활성화는 약간 증가하지만, 높은 온도가 휘발률을 높이는 것과 같이 일부 염소 가스는 휘발해버리는 경향을 보인다. 또한 냉수 냉각기에서의 낮은 온도와 부적절한 pH는 소독 살균 효과를 매우 크게 낮춰버리는 결과를 낳는다.

④ 유기물

염소는 산소가 존재할 때 흙, 식물 및 야채 등 유기물을 다량 포함한 물질과 만나면 높은 반응성을 보인다. 각각의 화학 반응은 활성화 염소의 양을 감소시키므로 염소수를 자주 갈아주거나 유기물 및 잔유물을 걸러내주는 방법으로 소독 살균 효과를 유지시켜주어야 한다. 또한 더러운 공정품의 사전 세척 공정을 수행함으로써 염소수 소독 효과의 지속성을 제고할 수 있다.

④ 농도와 노출 시간

소독 살균은 각각의 생산물과 지엽적 조건에 대한 직접적인 실험을 통해 노출 시간 (접촉 시간)과 농도를 도출함으로써 최대의 효과를 달성할 수 있다. pH 6.5에서 50~75ppm의 농도로의 3~5분의 처리가 일반적으로 대부분의 병원균을 제어하는데 적절한 것으로 알려져 있으나 실제로는 미생물마다 염소에 대한 민감도는 모두 다르다. 세균의 경우 가장 민감하고 그에 비해 진균류의 민감도는 약한 편이다. 또한 포자를 형성하는 일부 동물 기생충들은 더 영향을 받지 않는다. 염소 살균 시 주의할 점은 원물의 색택이 유실될 가능성이 있으므로 원물 별 적정 농도 및 노출 시간을

설정해야 한다. 예를 들어 피망의 경우 250ppm의 유효 염소에 의해 영향을 받지 않는 반면, 당근은 고유의 색택을 유실한다.

### 가.11.2. 신선편의 농산물의 염소 세척

- 신선편의 채소를 살균 소독하는 염소수는 일반적으로 물에 유효 염소 농도가 50~200ppm이 되도록 만들어 준 뒤 1~2분간 처리한다. 이 때 차아염소산나트륨으로 인해 세척수의 pH가 상승되므로 pH를 낮추기 위하여 구연산, 인산, 빙초산 등의 산을 가하여 조절한다. 염소를 세척 처리하면 수중에 유효 염소가 잔류하게 되는데, 이를 차아염소산(HOCl) 등의 유리형 유효 염소 (유리염소)와 결합형 유효 염소 (결합 염소)로 구분할 수 있다. 보통 신선편의에 살균 효과를 나타내는 차아염소산은 물속에서 유기물과 반응한 후 남는 유리 잔류 염소의 양에 따라 달라진다.
- 유리 염소는 세척되는 농에서 나온 미생물, 미네랄 및 유기 물질 등과 같은 불순물과 접촉하면서 결합된 염소를 형성 (결합 염소)하면서 미생물에 대한 살균 효과가 낮아지게 된다. 유리 염소와 결합 염소를 합한 것을 총 염소라고 말하는데, 실제 염소의 살균 소독 효과는 유리 염소에 의해 나타나므로 세척 과정 중에 수시로 물 시료를 채취하여 유리 염소 농도를 점검하는 것이 필요하다.
- 채소류의 소독을 위해서는 세척수에 염소(100ppm), 구연산, 아스코르빈산(1%) 등을 혼합하는 것이 효과적이다. 산성 pH에서 미생물의 세포막이 수소이온으로 포화되어 세포의 투과성에 영향을 주게되어 미생물의 증식이 억제되는 것으로 알려져 있다. (김소희, 2003)

### 가.11.3. 염소 농도 측정 및 보충

- 일반적으로 신선편의 농산물 세척 과정에서 유리 염소가 2~3ppm 이하로 떨어지게 되면 살균 소독 효과가 거의 나타나지 않으므로, 이때는 다시 차아염소산나트륨을 보충하여 준다.

<표 4-6> 미국의 염소(Cl2) 사용기준

Food	사용농도(ppm)
Flour(bleaching)	1200 - 1500
<b>Fruit and vegetable</b>	<b>5 - 450</b>
fish processing and thawing	5 - 10
Thawing of fro legs	200- 500
Whole grains	150
Poultry giblets(livers, hearts)	35
Polutry processing(fresh poultry)	50

<표 4-7> 미국의 이산화염소(CI02) 사용기준

Food	사용농도(ppm)
Fruit and vegetable(uncut)	5
Potatoes(cut and peeled)	1
Poultry processing	3

(식품첨가물 살균소독제의 관리방안에 대한 연구, 2005, KFDA)

<표 4-9> 야채 품목별 일반적으로 사용되는 염소 농도

제 품	처리 형태	유효 염소 (ppm)
아티초크(숨영경귀)	연속벨트 상에서 살포	100~150
아스파라거스	연속벨트 상에서 살포	100~150
	냉수 냉각기	125~150
피망	연속벨트 상에서 살포	150~200
	Dump Tank	300~400
브로컬리	연속벨트 상에서 살포	100~150
싹양배추	연속벨트 상에서 살포	100~150
양배추(절단)	연속벨트 상에서 살포	100~150
당근	연속벨트 상에서 살포	100~150
	관류 (Flume)	150~200
꽃양배추	연속벨트 상에서 살포	100~150
샐러리	냉수 냉각기	100
	연속벨트 상에서 살포	100~150
옥수수	연속벨트 상에서 살포	75~100
오이	연속벨트 상에서 살포	100~150
간마늘	연속벨트 상에서 살포	75~150
다진 녹엽채류	연속벨트 상에서 살포	100~150
butterhead 양상추	연속벨트 상에서 살포	100~150
iceberg 양상추		
전체/절단	연속벨트 상에서 살포	100~150
	Hydrovac cooler	
romain 양상추	연속벨트 상에서 살포	100~150
멜론	연속벨트 상에서 살포	100~150
	Dump Tank	100~150
버섯	연속벨트 상에서 살포	100~150
양파(Green)	연속벨트 상에서 살포	100~150
완두	연속벨트 상에서 살포	50~100
칠리 고추	연속벨트 상에서 살포	300~400
감자 (brown, red)	관류 (Flume)	200~300
	Dump Tank	30~100
	연속벨트 상에서 살포	100~200
감자 (white)	Dump Tank	500~600
호박	연속벨트 상에서 살포	100~200
무	연속벨트 상에서 살포	100~150
	Dump Tank	25~50

제 품	처리 형태	유효 염소 (ppm)
시금치	연속벨트 상에서 살포	75~150
고구마	Dump Tank	100~150
호박 (Squash)	연속벨트 상에서 살포	75~100
토마토	관류 (Flume)	200~350
	Dump Tank	200~350
순무	Dump Tank	100~200
참마	Dump Tank	100~200

- 염소수의 염소 농도와 pH는 테스트 페이퍼, 색차를 이용한 키트, 전자 센서 등을 이용해 자주 체크해주어야 하며, 모니터링의 적정 빈도는 업장의 특성에 맞게 적용할 수 있다.
- 염소 농도 측정은 테스트 페이퍼를 활용하여 염소 세척수에 넣어 색깔을 갖고 농도를 측정하는 방법도 있으나 정확도가 떨어지고, 특히 낮은 염소 농도의 측정은 정확성이 더욱 떨어진다. 따라서 염소 농도를 측정할 수 있는 키트 (잔류염소측정기)를 활용하는 것이 좋는데 농도 범위가 넓은 것은 세척수를 희석하지 않아도 되나, 낮은 염소 농도를 측정할 경우 정밀도가 떨어질 수가 있기에 낮은 농도 범위의(예: 0~4ppm)키트를 구입하여 사용하는 것이 바람직하다.

#### 가.11.4. 염소계 살균 소독제의 종류

- 일반적으로 식품에 사용되는 염소제는 액체형의 차아염소산나트륨과 표백분(주로 정제형)의 차아염소산칼슘이 있다.
  - ▷ 차아염소산나트륨( $\text{NaOCl}$ )

무색 ~ 담록 황색액체로 보통 유효염소가 4~6% 함유되어 있으며, 물 또는 산과 반응할 때 유효염소, 즉 차아염소산을 발생하여 살균효과를 나타낸다. 비해리형인 차아염소산은 pH가 낮을수록 효과적이다.
  - ▷ 차아염소산칼슘( $\text{Ca(OCl)}_2$ , 고도표백분)

표백분을 정제하여 유효염소량을 60~80% 함유하도록 정제 또는 과립형으로 결정수와 염화칼슘을 제거하여 유효염소량과 차아염소산칼슘의 순도를 높인 것이다. 일반적으로 과립화된 분말 또는 타블렛의 형태로 제공된다.
  - ▷ 염소 가스 ( $\text{Cl}_2$ )

가격이 가장 낮으나 안전성이나 모니터링 관점에서는 가장 노력을 필요로 하는 염소 형태이다. 일반적으로 염소 가스는 pH 모니터링 설비가 장착된 자동화된 조절 주입 시스템을 필요로 한다.

#### 가.11.5. 알코올계 살균제

- 알코올계 살균소독제의 원료로서 사용되는 알코올은 특유의 방향성과 자극성을 가진 무색의 유동성 액체이다. 다른 살균소독제 유효성분에 비해 독성이 낮아 식품과 기구에 모두 사용이 가능하며, 편리한 사용, 광범위한 살균소독력을 가지고 있다. 또한 부식성이 적고 잔류성이 없어 모든 기구 용기에 안전하게 사용되고 있다.

- 특히 알코올은 50~70%의 고농도에서 살균소독력을 나타내지만 **물기가 있는 표면에 처리하게 되면 물과 희석되어 농도가 떨어져 살균소독력이 감소한다.** 동시에 기구표면에 유지와 단백질 등 **유기물과 반응하게 되면 살균효과가 떨어지는 문제점**을 가지고 있어 건조표면에 사용하여야만 좋은 효과를 얻을 수 있다. 그러나 포자를 형성하는 병원성 미생물인 바실러스 속에 대해서는 살균소독력이 발휘할 수 없으며, 50%이상 원액을 사용함에 따라 경제적 및 안정적 측면에서 단점을 가지고 있다.

- 50~80%의 알코올이 가장 강한 살균력을 가지고 있다.
- 저온에서는 알코올의 살균력이 저하된다.
- 30%이하의 알코올도 작용시간을 연장하거나 기타 항균제와의 병용으로 살균작용을 나타낼 수 있다.
- 알코올은 특히 그람 음성균에 강력하게 작용한다.
- 2~5%의 알코올이 식품의 보존에 효과를 보인다.
- 알코올은 미생물의 열사멸을 촉진시킨다.
- 알코올은 식염과의 병용 사용시 동결살균촉진작용을 보인다.
- 알코올의 살균력은 수분활성 저하에 반비례로 강력해진다.
- 알코올에 대한 미생물의 저항성은 최적 pH에서 가장 높다.
- 알코올은 산성 pH에서 세균포자의 내열성을 저하시킨다.
- 저농도 알코올이 세균포자의 발아를 저해한다.

- **알코올의 살균력은 70% 정도의 농도에서 강하고, 40%이하가 되면 살균력이 급격히 저하**한다. 저농도에서도 장시간 접촉시킴으로써 살균이 가능하고, 중·저농도에서는 알코올의 접촉에 의해 세포질막에 변화가 생기고 균체 내 성분(아미노산, 핵산, 금속미량성분 등)이 빠져나가 영양성분의 흡입이 저해되고 균이 기아상태가 되어 사멸하며, 고농도의 경우 세포질막, 단백질 등이 파괴, 변성을 받기 때문에 급격하게 균이 사멸한다. 바이러스나 식중독균을 포함한 각종 미생물에 대한 알코올의 살균효과를 표 4-10에 나타내었으며, 그 결과 50% 이상의 농도에서 포자형성균(*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*)을 제외하고는 대부분의 영양세균에 있어서 살균효과를 가지고 있는 것으로 조사되었다.
- 식품 분야에서는 2종류 이상의 첨가물이 첨가된 알코올제제가 일반적으로 사용되고 있으며, 이러한 알코올 제제는 식품첨가물이나 천연물이 첨가되어 있어 알코올의 살균력을 높이기도 한다. 알코올의 살균력에 대한 각종 식품첨가물의 영향을 실험한 결과, <표 4-11>에서 보는 것과 같이 알코올제제의 살균제로서의 효과는 대부분이 알코올 그 자체에서 기인하지만 어떤 종류의 첨가물을 첨가하더라도 활성이 뚜렷하게 상승하였고, 특히 수분이 혼합된 경우 증발과정에서의 활성은 제제에 따라서 다른 것으로 나타났다. 이러한 식품산업에서 알코올제제는 「식품제조기계세척용」, 「식품위생용살균제」로 식품분야에서 사용 가능하지만 채소용이나 식육용 등의 분야별 알코올제제로서 이용되고 있다.



<표 4-10> 알코올의 각종미생물에 대한 살균효과

균종	알코올 농도(%)					
	80	70	60	50	40	30
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Micrococcus flavus</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Salmonella Typhimurium</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Lactobacillus plantarum</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Bacillus cereus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Bacillus subtilis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Citrobacter freundii</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Erwinia carotovora</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-	-	-	+	+	+
<i>Candida utilis</i>	-	-	-	+	+	+

<표 4-11> 알코올의 살균력에 미치는 각종식품첨가물의 효과

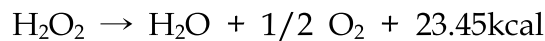
식품첨가물	살균력 증강 효과	
	대장균	황색포도상구균
구연산, 글루콘산, 호박산, 주석산, 사과산, 아스코르브산, 니코틴산	+	+
니코틴산 아미드, 이소로이신, 페닐알라닌, 히스티딘, 메치오닌, 글리신, 아르기닌, 글루타민산염	-	-
라우린산 자당에스테르, 라우린산 소르비탄 에스테르, 라우린산 폴리글리세린에스테르	-	++
모노카르릴린, 모노라우린	++	++
피틴산	+++	++
티아민라우릴황산염	+++	+++
오노카프린	+++	+++

- : 증강효과 없음, + : 보통임, ++ : 증강 효과가 있음, +++ : 증강효과가 아주 좋음  
(大木香, 鳥田明美, 安原亨 : 방균방미, 1993)

### 가.11.6. 과산화물계 살균제

#### ▷ 과산화수소

- 과산화수소는 무색투명한 액체로 오존과 비슷한 특유의 냄새를 가진 액체이며, 화학식은 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 분자량은 34, 녹는점 -0.89℃, 끓는점 151℃로 100℃에서 분해되며, 비중은 1.46g/cm<sup>3</sup>이다. 보통 수용액 상태(3~98%)로 사용한다. 물이나 알코올과 혼합될 때 다량의 열을 발생하며, 1기압에서 증기 농도가 40% 이상이면 유기물질 존재시 폭발적으로 분해될 수 있다. 또한 중금속 및 일부 유기물과 접촉하거나 불순물이 혼합되면 분해가 촉진되어 아래 반응식과 같이 산소가스가 발생하고 동시에 분해열이 발생한다. 20~100℃의 범위에서는 온도가 10℃ 증가됨에 따라 분해율은 2.2배 증가하며, 100℃의 경우 1,024배 증가하게 된다.

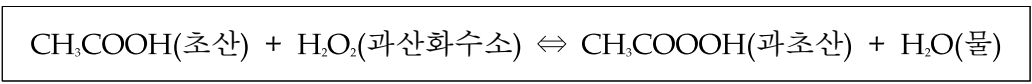


- 과산화수소는 1818년 Thenard에 의해 최초로 발견된 후 화학적인 측면으로 인해 오랫동안 주목 받아왔다. 과산화수소는 넓은 pH영역에서 높은 산화력을 보유하고 있을 뿐만 아니라 분해될 경우 최종 산물이 물이라는 점에서 환경친화적인 화합물로 알려져 있다.
- 과산화수소는 매우 불안정한 물질로 불순물이 존재하면 격렬하게 반응하여 산소와 물로 분해되며, 용액은 시간이 지남에 따라 점차 분해되며, 아세트아닐리드(Acetanilide) 또는 이와 유사한 유기물질을 첨가하면 안정화 시킬 수 있다. 하지만 거친 표면이나 금속 또는 대부분의 물질과 혼합 또는 접촉 시 분해가 가속화된다. 특히 알칼리나 금속과 접촉하면 더 빠르게 분해하게 되므로 폭발적으로 위험하게 반응할 수 있는 물질이다. 과산화수소는 물, 에탄올, 에테르에 잘 녹으며 수용액에서 수소이온이 일부 해리되어 약한 산성을 띤다. 진한 과산화수소는 독성이 있으며 강한 자극성이 있으므로 매우 조심스럽게 다루어야 한다. 판매용은 30~35%의 수용액이며 강한 산화력을 가진다. 동시에 약한 환원제의 기능을 동시에 가지며 약산성 상태로 공급되는데 이는 pH 6이상에서는 분해가 많이 일어나며 중성이나 산성에서 낮은 산화 상태의 금속 이온이 존재할 때 자유 라디칼을 생성시키는 특성을 갖는다. 과산화수소가 활성화되면 OH, HO<sub>2</sub> 라디칼이 생성되고 이들의 산화환원 전위가 매우 높아 난분해성 유기물을 산화시킬 수 있다. 촉매반응으로서 알칼리 금속, 중금속 및 이산화망간과 같은 무기물에 의해 산소와 물로 쉽게 분해되므로 실험실에서 반응속도 관찰에 많이 쓰인다. 과산화수소의 분해 반응은 알칼리성에서는 쉽게 분해되나 산성에서는 비교적 안정하여 산과 요산은 오히려 과산화수소의 분해를 억제한다. 과산화수소는 OH 라디칼을 생성하는 Initiator뿐 아니라 OH 라디칼을 트랩 할 수 있는 Scavenger로도 작용하기 때문에 필요 이상의 과산화수소 주입은 오히려 유기물 제거에 역효과를 유발할 수도 있다.

- 과산화수소는 강한 산화력이 있으며, 생성물이 무해하여 분석 시약의 산화제, 건사나 양모 등의 표백제, 플라스틱 공업에서 비닐 중합의 촉매로도 쓰이고 소독제, 폭약 등으로 사용된다. 또한 90% 수용액은 로켓의 추진제, 잠수함 엔진의 작동용으로 쓰인다. 또한 섬유염색공업에서 섬유질 손상과 섬유 강도의 저하 없이 강력한 표백력으로 각종 펄프의 표백과 고지의 탈묵에 대량으로 사용된다. 특히 최근에는 다이옥신 등 2차적인 오염원으로 알려진 염소를 사용하지 않는 ECF(Elementary Chlorine Free)와 TCF(Totally Chlorine Free) 공정의 확산 추세로 더욱 각광받고 있다.
- 과산화수소는 넓은 의미의 항생제로 살균, 멸균 그리고 소독에 사용되고 있으며, 해가 없는 물과 산소 제품들로 재빠르게 변하기 때문에 환경적으로 친근하게 사용되고 있어 순수한 용액들은 일반적으로 안정하고, 대부분 분해 및 변질을 방지하기 위한 안정제를 포함하고 있다. 과산화수소는 넓은 스펙트럼에서 바이러스, 세균, 효모 그리고 세균포자에 대항하여 그 효능이 입증되고 있으며, 일반적으로 그람 양성균에 대항하여 더 큰 활성을 가지고 있다. 또한 산소가 자유 라디칼의 강력한 산화작용을 가지고 있어 미생물을 파괴시키며, 살균 메커니즘으로는, DNA 절단, 효소의 실활, 세포벽의 파괴가 언급되고 있다. 사용법으로는, 상온에서 살균효과가 낮고, 단시간에 살균하려면 고온처리가 필요하다. 가열온도 설정은 포장재의 내열성을 충분히 고려해야 하며, 살균 대상물의 재질에 따라서 흡착량 및 잔류량이 많아지므로 주의가 필요하다. 그러나 과산화수소를 물과 산소로 분해하는 촉매 혹은 또 다른 과산화효소들의 존재는 더 낮은 농도의 존재에서도 내성을 증가시킬 수 있다. 과산화수소에 대하여 가장 내성을 가지는 균은 포자 형성균이다. 그 안에서 내성이 강하다고 여겨지고 있는 것이 포자형성세균이다. 단 실제로 살균을 하는 70℃ 이상의 고온대역에서는, 호열성의 *B. sterothermophilus*, *B. subtilis*와 동등하거나 그 이상의 내성을 나타낸다. 과산화수소 (10~30%)의 더 높은 농도들과 더 긴 접촉시간은 살포자 활성을 필요로 하게 되며, 이 활성을 통하여 가스 상태로 증가하게 된다. 과산화수소는 지질, 단백질 그리고 DNA를 포함하고 있는 필수적인 세포 구성요소들을 공격하는 hydroxyl free radical( $\cdot\text{OH}$ )을 생산함으로써 산화제로서 활성화한다. 그리고 sulphydryl 그룹들이 노출되고, 이중결합들이 표적이 된다.

▷ 과초산 제재

- 과초산 제재는 과초산, 과산화수소, 초산 및 물로부터 구성되는 평형 혼합물이다. 무색 투명한 액체로 특유의 자극취가 있고, 냄새의 정도는 과초산과 초산의 합계농도로 결정되며, 물에는 임의의 비율로 용해한다. 일반명칭은 과초산 제재이지만, 일반적으로 과초산이라 불린다. 과초산의 제조는 아래 식에 나타내듯이 초산과 과산화수소로부터 과초산과 물을 생성하며, 이 반응은 산촉매에 의해 촉진되는 평형 반응으로서 진행된다.



- 화학적인 반응성은 중금속과의 접촉 또는 먼지 등의 혼합에 의해 분해하고, 산소가스를 발생함과 함께 분해열을 발생하게 된다. 이 분해열은 점차 축적하면서 더욱 분해를 가속시키고 온도가 높아질수록 분해는 빠르고 격렬해진다. 액성이 중성, 알칼리성으로 변화함에 따라 불안정하게 되고 분해하기 쉬워진다. 염소계 살균소독제와 혼합이나 병용하면 염소가스 등이 발생하게 되며, 무기산과의 혼합은 무기산농도에 따라서 격렬하게 분해하기도 한다. 따라서 과초산 제제의 분해를 줄이기 위해 미량의 안정제가 첨가되고 있다.
- 과초산 제제의 사용용도는 식품분야에서 양조, 의료나 농업 등의 많은 분야에서 제균, 세정에 사용되고 있으며, 또한 PET Bottle 청량음료시장이 급속히 넓혀지고 PET Bottle의 무균충전라인에 도입도 진행되고 있다.
- 과초산은 분자 내 산소의 강한 산화력으로 광범위한 스펙트럼을 가져 포자형성세균을 포함한 세균으로부터 진균류(곰팡이, 효모)에 대해, 높은 살균효과가 있다. 과초산제제의 사용법의 일례로서 무균 충전법에 따르는 PET병 청량음료의 제조, 용기포재의 살균에 넓게 사용되고 있으며, 이러한 과초산의 살균력은 매우 광범위한 미생물에 작용하는 가장 효과적인 살균제 중 하나로 그람양성균, 그람 음성균, 포자, 효모, 곰팡이 등 전반적으로 우수한 살균력을 나타낸다. 0.05~0.5%농도에서 박테리아와 포자를 모두 멸균시키고, 0.005%에서는 미생물의 성장은 억제하지만 포자는 억제하지 못하는 것으로 나타났으며, 과초산과 과산화수소함유 살균제는 멸균여과시설에 매우 효과적이었으며, 이는 여과막을 쉽게 통과하고 막 재질에 영향이 없고 잔류물이 다음 공정에 영향을 주지 않기 때문인 것으로 나타났다. 이러한 과초산제제의 살균의 메카니즘은 일반적으로 아래 그림과 같이 과초산에서 유리한 산소가 세포내에 효소에 있는 -SH기나 S-S결합을 산화작용으로 파괴하고 과초산의 접촉으로 세포벽이 파괴되고, 침투압기능이 격심해지면서 사멸하게 된다(일본 식품세정제위생협회 시리즈 15, 2002. 2.)

#### 다.11. 기타 살균·소독 방법

##### ▷ 오존수

- 오존은 산화 작용을 통해 미생물들을 불활성화시키고 무해한 산소로 분해되어 식품 산업에서 유용하게 사용될 수 있는 잠재성 높은 항균 물질이라고 할 수 있다. 오존을 이용한 살균법은 다른 가공법에 비해 초기 설비비가 저렴하고 식품의 표면뿐만 아니라 조직 내부까지 살균할 수 있어 효과가 좋다. 불소 다음으로 산화력이 높아 유·무기물 등과 높은 반응성을 가지고 살균, 탈취, 탈색 효과가 있다. 따라서 염소보다 훨씬 더 빠르게 미생물을 사멸시켜 1ppm 이하의 매우 낮은 농도로도 사용이 가능하고 처리 과정 중에 pH를 조절할 필요가 없다. 오존의 미생물에 대한 치사 효과는 산화 과정을 통해 나타나는 것으로 그 동안 여러 과일 및 채소에서 부패를 방지하는데 매우 효과적인 것으로 나타났다. 과채류를 비롯한 육류, 가금류, 유제품과 같이 다양한 식품에 존재하는 그람 음성균, 그람 양성균, 바이러스, 효모 등 식품 관련 미생물에 대해 두루 효과가 높으며, 이 중에서도 그람 양성균 보다는 그람 음성균이 유기물의 유무에 따라 더 민감한 것으로 보고되었다. 외국에서는 신선 농산물 뿐만 아니라 신선 편의 품목에서도 사용이 확대되고 있다.

- 그러나 오존이 미생물 살균 효과가 있음에도 불구하고 오존가스 0.1ppm의 농도에서도 코와 목에 자극을 주고, 1ppm에서는 두통을 일으킬 수 있는 독성이 문제가 되기 때문에, 오존 발생 장치에 오존 가스 분해 장치 및 오존수 세척 탱크의 덮개를 설치하여 작업장에 오존 가스 농도가 높아지는 것을 주의하는 것이 필요하다. 또한 오존을 고농도로 사용할 경우 탈색되거나 원치 않는 이취가 생성될 수도 있다.
- 오존수를 이용한 세척 기술은 미국의 경우 신선편의 농산물 세척에 많이 보급되어지고 있고, 그 동안 여러 연구에서 과일, 채소 및 신선편의 농산물의 미생물 제거에 강한 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.
- 그러나 오존의 적정 농도가 계속 유지될 수 있는 오존수 세척 시설이 알맞게 설치되어 있어야 하고, 오존 냄새를 줄이는 환경이 갖추어지지 않으면 작업자에게 위해할 수 있으며, 오존 발생 장치 등 시설 설비에 드는 초기의 경제적인 부담이 있다. 일반적으로 오존수의 살균 세척 효과는 오존의 농도가 높고, 처리 온도가 낮으며, 처리 규모가 작고, 처리 시간이 오래일수록 효과가 높으나 지나치게 농도가 높으면 이에 따른 피해도 있을 수 있다.
- 오존수를 이용하여 일반 과일, 채소 및 신선편의 농산물 세척 시 널리 사용되고 있는 염소수(50~100ppm)보다 미생물 제어 효과가 있는 오존 농도 및 시간은 다음과 같다.

**<표 4-13> 품목별 적정 오존수 처리 농도 및 시간**

오존수 처리	딸기	브로콜리	상추	사과	복숭아	신선편의 당근채		신선편의양상추
농도(ppm)	4	1.1	1.3	2	5	5	2	5
시간(분)	2	10	3	10	5	5	20	2

▷ 전해수

- 농업 및 식품 공업에서 살균 소독 목적으로 사용되는 전해수는 우리나라와 일본이 다른 나라에 비하여 비교적 많이 사용하고 있는 방법으로 순수한 물에 식염(NaCl), 염화칼륨(KCl) 등을 전기 분해하여 얻어진 차아염소산, 차아염소산나트륨을 함유한 수용액을 말한다.

\* 전해수를 이용한 신선편의 농산물 세척

① pH 별 전해수 세척 효과

신선편의 양상추에 약알칼리성 전해수 (유효염소 100ppm, pH 8.0)를 이용하여 세척한 결과 염소 100ppm에 세척한 양상추와 비슷한 미생물 제어 효과를 나타내었고, 유통 기간 중 품질에 있어서는 염소에 비하여 이취가 약간 적게 나타났다. 그러나 강산성 전해수 (유효 염소 100ppm, pH 2.7)는 세척 직후 및 유통 기간 초기에는 미생물 제어에 약알칼리성보다 좋

은 효과가 있었으나 유통기간이 지나면서 양상추 조직이 물러지고, 이취가 빨리 나타나며, 결국 조직의 색이 변하여 품질이 나빠졌으며, 조직이 연약해짐으로써 미생물 수도 증가하게 되었다.

따라서 전해수를 이용하여 신선편의 양상추를 세척할 때에는 약알칼리성 사용이 가능하며, 현재 가장 많이 사용되고 있는 염소 세척을 대체할 수 있는 세척 방법 중의 하나이다.

<표 4-14> 살균 소독 세척 처리 별 신선편의 양상추 미생물 수 및 품질

세척 방법	총균수 (log CFU/g)	품질		
		전기전도도(μs)	이취 지수*	변색 지수*
염소수	5.8	49.2	3.3	0.5
전해수 (pH 2.7)	6.2	53.6	3.8	1.8
전해수 (pH 8.0)	5.9	30.4	2.7	0.7

유효 염소는 모두 100ppm, 10℃/ 6일 저장 후

\* 0=발생없음, 1=약간, 2=보통, 3=심함, 4=매우 심함

② 전해수 살균·소독 시 주의 사항

전해수는 pH에 따라 살균 효과가 차이가 있는데, 세척하는 품목에 따라서도 차이가 있다. 그리고 비록 신선편의 농산물이 잘 살균되어 미생물이 크게 감소했다고 해도 품질 유지에는 오히려 나쁜 경우가 있다. 따라서 전해수 살균 세척이 알맞은 품목과 적정 pH를 규명하여 세척 직 후에만 효과를 비교하는 것이 아니라 저장 또는 유통 기간 중에 품질을 함께 검토하는 것이 바람직하다.

일본에서는 신선편의 엽채류 살균 소독 세척에 전해수를 사용하는 산업체가 있는데, 이 업체에서 사용하는 전해수의 유효 염소 농도는 80ppm으로서 보통 2차 세척 때 사용하는데 품목 및 생산 시기에 따라서는 마지막 세척에 사용하기도 한다.

<표 4-15> 전해수 (4 or 23℃)에 의한 E.coli O157:H7, S. enteritidis, and L. monocytogenes의 불활성화

Bacterial species	Temp (°C)	Surviving bacterial population (mean log CFU/ml) after exposure for:				EO water property		
		0 min	5 min	10 min	15 min	pH	ORP (mV)	Free chlorine (ppm)
<i>E. coli</i> O157:H7	4	7.98±0.04	<1.0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.36±0.03	1,153±3	
Control		7.98±0.04	7.99±0.07	7.061±0.11	7.99±0.04			
<i>S. enteritidis</i>		7.74±0.08	1.06±0.15	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.48±0.03	1,153±2	
Control		7.74±0.08	7.68±0.09	7.87±0.06	7.60±0.12			
<i>L. monocytogenes</i>		7.91±0.05	1.34±0.37	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.63±0.03	1,160±4	
Control		7.91±0.05	7.88±0.06	7.87±0.07	7.91±0.03			
<i>E. coli</i> O157:H7	23	8.04±0.07	<1.0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.37±0.01	1,155±1	
Control		8.04±0.07	7.97±0.03	7.99±0.07	7.76±0.42			
<i>S. enteritidis</i>		7.76±0.08	<1.0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.45±0.12	1,151±1	
Control		7.76±0.08	7.65±0.09	7.65±0.09	7.69±0.10			
<i>L. monocytogenes</i>		7.89±0.10	1.25±0.33	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.63±0.04	1,158±5	
Control		7.89±0.10	7.83±0.06	7.85±0.04	7.85±0.07			

<sup>a</sup> Positive by enrichment

<sup>b</sup> Negative by enrichment and no detectable survivors by a direct planting procedure.

<표 4-16> 전해수 (35℃)에 의한 E.coli O157:H7, S. enteritidis, and L. monocytogenes의 불활성화

Bacterial species	Surviving bacterial population (mean log CFU/ml) after exposure for:				EO water property		
	0 min	2 min	4 min	6 min	pH	ORP (mV)	Free chlorine (ppm)
<i>E. coli</i> O157:H7	7.97±0.03	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.38±0.00	1,154±1	84.3±4.6
Control	7.97±0.03	7.94±0.04	7.96±0.03	7.94±0.04			
<i>S. enteritidis</i>	7.68±0.14	<1.0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.44±0.04	1,153±1	79.8±3.3
Control	7.68±0.14	7.63±0.06	7.59±0.11	7.64±0.11			
<i>L. monocytogenes</i>	7.91±0.10	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.48±0.05	1,159±4	73.3±1.8
Control	7.91±0.10	7.88±0.11	7.86±0.08	7.81±0.12			

<표 4-17> 전해수 (45℃)에 의한 E.coli O157:H7, S. enteritidis, and L. monocytogenes의 불활성화

Bacterial species	Surviving bacterial population (mean log CFU/ml) after exposure for:				EO water property		
	0 min	1 min	3 min	5 min	pH	ORP (mV)	Free chlorine (ppm)
<i>E. coli</i> O157:H7	7.96±0.03	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.39±0.02	1,153±4	85.8±2.7
Control	7.96±0.03	7.89±0.03	7.87±0.03	7.86±0.11			
<i>S. enteritidis</i>	7.70±0.12	1.13±0.33	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.44±0.03	1,155±1	79.33±3.0
Control	7.70±0.12	7.63±0.12	7.67±0.15	7.61±0.14			
<i>L. monocytogenes</i>	7.91±0.10	<1.0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	2.48±0.05	1,159±4	73.3±1.8
Control	7.91±0.10	7.88±0.10	7.88±0.08	7.83±0.12			

<sup>a</sup> Positive by enrichment

<sup>b</sup> Negative by enrichment and no detectable survivors by a direct planting procedure.



▷ **초고압(High Hydrostatic Pressure)**

- 초고압기술은 일정한 온도에서 식품전체에 균일하게 높은 정압력(static pressure)을 가하는 기술로서, 식품에 대한 초고압의 효과는 100 MPa 정도부터 나타난다. 초고압에 의한 살균기술은 처리시간이 짧고 연속처리가 가능할 뿐만 아니라 처리 후 식품의 품질이 거의 변하지 않기 때문에 세계적으로 집중되고 있는 신기술이다. 미생물 저해 외에 갈변 관련 효소 억제, 생체 고분자의 변형, 천연의 색과 맛의 유지, 밀도, 어는 점, 끓는 점, 물성의 변화 등 화학적인 변화의 최소화와 기능성을 부여할 수 있다는 것이 장점이다. 특히 과채류의 유통 시 문제가 되는 갈변반응에 대한 효과가 탁월하며, 부분적인 살균에도 이용된다. 일본에서는 딸기, 사과, 소스 등의 식품의 생산에 이용한 예가 있다. 미생물의 압력에 대한 민감성은 그람 양성균, 효모, 그람 음성균의 순서로 증가하는 것으로 알려져 있다. 하지만 초고압 가공 기술은 초고압을 다루기 위한 용기의 제작 등 기술적 한계에 따른 초기투자 비용이 크다는 한계 때문에 산업화에 어려움을 겪고 있다. 하지만 다양한 연구결과와 과학 기술의 발전에 따라 발전가능성이 매우 높다고 판단된다. ( 신선식품 저장성 향상을 위한 비열 가공 기술, 2005, 박지용)

▷ **저온 증기 열처리 소독**

- Shouhei Yaghi 등(2007)은 저온증기열처리방법을 이용한 결과 채소(양배추, 양상추, 오이, 부추, 파, 당근, 호박, 감자)의 APC(aerobic plate count)와 대장균군수를 크게 감소시켰으며, 10℃에서 저장된 채소에서 호기성 또는 혐기성 세균과 대장균의 증식을 억제하였다고 보고하여 식재료전처리 품목에 이 방법의 적용가능성을 보였다. 그 결과는 다음과 같다.

① 양배추와 양상추를 55℃에서 10분간, 60℃에서 5분간 증기처리 하였을 때 APC와 대장균군수는 < 2.5 log CFU/g로 감소하였다.

<표 4-18> 채소에서 총균수와 대장균군수에 대한 저온증기열가공법의 효과

	생균수(log CFU/g)								
	양배추		양상추		오이		부추		
	총균수	대장균군수	총균수	대장균군수	총균수	대장균군수	총균수	대장균군수	
Control water	5.9±0.6 <sup>a</sup>	4.7±0.4 <sup>a</sup>	6.2±0.5 <sup>a</sup>	4.7±0.5 <sup>a</sup>	6.0±0.5 <sup>a</sup>	5.3±0.5 <sup>a</sup>	7.0±0.5 <sup>a</sup>	6.4±0.5 <sup>a</sup>	
NaClO 150ppm, 5분	4.8±0.5 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	4.9±0.3 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	5.1±0.3 <sup>b</sup>	3.9±0.3 <sup>b</sup>	6.1±0.4 <sup>b</sup>	4.8±0.2 <sup>b</sup>	
증기 열처리	55℃, 5분	4.4±0.4 <sup>b</sup>	3.0±0.4 <sup>c</sup>	5.5±0.5 <sup>c</sup>	3.1±0.5 <sup>c</sup>	5.0±0.5 <sup>b</sup>	3.5±0.5 <sup>b</sup>	5.2±0.5 <sup>c</sup>	4.4±0.5 <sup>b</sup>
	55℃, 10분	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>d</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	4.5±0.5 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	4.8±0.2 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>
	60℃, 3분	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>d</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>d</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>
	60℃, 5분	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>d</sup>	<2.5±0.0 <sup>b</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>	<2.5±0.0 <sup>d</sup>	<2.5±0.0 <sup>c</sup>

※ control : 물 세척 후 NaClO에 의한 살균(sterilization)없이 즉시 테스트

<표 4-19> Examples of hurdles used to preserve foods

Type of hurdle	Examples
Physical	Aseptic packaging
hurdles	Electromagnetic energy (microwave, radio frequency, pulsed magnetic fields, high electric fields)
	High temperature (blanching, pasteurisation, sterilisation, evaporation, extrusion, baking, frying)
	Ionising radiation
	Low temperatures (chilling, freezing)
	Modified atmospheres
	Packaging films (including active packaging, edible coatings)
	Photodynamic inactivation
	Ultra-high pressures
	Ultrasonication
	Ultraviolet radiation
Physicochemical hurdles	Carbon dioxide
	Ethanol
	Lactic acid
	lactoperoxidase
	Low pH
	Low water activity
	Maillard reaction products
	Organic acids
	Oxygen
	Ozone
	Phenols
	Phosphates
	Salt
	Smoking
Spices and Herbs	
Surface treatment agents	
Microbially derived hurdles	Antibiotics
	Bacteriocins
	Competitive flora
	Proteases

#### ▷ 항미생물 제제

- 오염을 방지하는 것이 오염이 발생한 후의 조정 행위보다 더 낫다. 가공용수의 항미생물 제제는 물의 미생물 축적을 줄이는데 유용하며 제품표면의 미생물 수를 감소시킬 수 있다. 그리하여 항미생물 제제는 미생물 오염 가능성 최소화를 보장한다. 항미생물 제제의 효과는 그것의 화학적, 물리적 상태, 처리 조건(수온, 산도, 접촉 시간 등), 병원체 저항성, 과일 또는 야채표면의 특성 등에 따라 다르다. 예를 들어 염소는 생 제품의 수확 후 처리시 pH 6.0~7.5에서 전체 염소농도 50~200 ppm을 물에 첨가하고 약 1~2분 동안 접촉시킨다.

#### ▷ 오존수

- 오존은 포장작업장의 세척수와 용수로의 물을 살균하는데 사용된다. 자외선이 가공용수를 소독하는데 사용되기도 한다. 더 많은 연구가 필요하기는 하지만 이산화염소, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 유기산(젖산, 아세트산)은 제품세척수의 항미생물 제제로 사용하기 위해 연구되고 있다. 작업자는 각 공정에 가장 적합한 물 소독방법을 마련해야한다.

### 가.12. 미생물에 대한 전해수 및 오존수의 억제 효과

전해수 또는 오존수 처리에 의한 절단 파프리카의 저장 수명 향상과 미생물에 대한 전기 분해수, 오존수, 냉수(2° C) 및 온수 (45° C)의 억제 효과는 다음 실험처리를 통해 연구되었음. 적색과 황색 파프리카는 춘천 지역 농산물 시장에서 구입하였음. 나노 코팅 전에, 파프리카 샘플을 멸균 증류수로 세척하고 과량의 물을 주 위 온도에서 건조시켰음. 무균 조건에서 무균 절단기를 사용하여 10cm<sub>2</sub> 크기의 파프리카를 제조 한 다음 FCP를 30 분 동안 처리 하였음. T3- 냉수 처리 및 T4- 온수 처리.

### 가.13. 미생물 균주

질산은 (AgNO<sub>3</sub>), 붕 수소화 나트륨 (NaBH<sub>4</sub>), polyvinylpyrrolidone (PVP, K30, Crytal violet, Acidine orange(Sigma Aldrich)로부터 구매 하였음. Nutrient broth (NB), Mullar hilton agar (MHA), Muller hilton broth (MHB)는 한국의 MB 세포에서 구입 하였음. *Bacillus cereus* (KNIH28), *E. coli* (ATCC 35150), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Salmonila enteria subp.enterica* (ATCC 14028), *Staphylococcus aureus* (ATCC 13150)와 같은 세균 균주는 한국 미생물(KCCM)에서 구입.

### 가.14. Silver Nanoparticles-Polyvinylpyrrolidone-based Glycerolzymes (G-PVP-AgNP)의 나노입자 합성

Silver Nanoparticles-Polyvinylpyrrolidone-based Glycerolzymes (G-PVP-AgNP)의 제조는 (i) *Diospyros kaki* L (persimmon) pedicel 추출물을 사용한 나노 입자 (G-AgNP)의 합성 및 특성화, (ii) 제조를 포함하는 두 단계로 이루어졌음. 첫 번째 단계에서, G-AgNP는 친환경적인 방법으로 제조 되었음. *Diospyros kaki* L의 pedicel 50g을 실험실 분쇄기를 사용하여 미세 분말로 만들고 샘플을 500mL의 증류수에서 2 시간 동안 끓인 후 Whatman No.1 여과지를 통해 여과 하였다. *Diospyros kaki* L pedicel 추출물은 90mL의 3mM AgNO<sub>3</sub> 용액을 10mL의 pedicel 추출물과 혼합함으로써 G-AgNP의 합성

에 사용되었고, 그 후 G-AgNP의 형성을 위해 암실 및 실온에서 혼합물을 허용 하였다. 생물 환원은 이온. 반응 기간 후, UV- 분광 광도계 (Optizen 2120UV Korea) 및 입자 크기 분석기를 사용하여 G-AgNP를 측정 하였다. G-AgNP는 21562g에서 원심 분리하여 심층 동결 건조시킨 후 G-PVP-AgNP의 제조에 사용 하였다. 이를 위해, 1:1 비율의 G-AgNP 및 PVP (0.01M)를 40g 자기 교반기에서 30 분 동안 교반하고 15분 동안 계속 교반하면서 1.5% (v/v)의 글리세롤을 첨가 하였다. G-AgNPs 및 G-PVP-AgNPs는 효과가 좋은 것으로 판명되었음.

#### 가.15. Silver Nanoparticles-Polyvinylpyrrolidone-based Glycerolzymes (G-PVP-AgNP)의 화학적 합성.

C-PVP-AgNPs은 화학 반응을 통해 제조되었다. 간단히 말하면, 1L 삼각 플라스크 내 250mL의 PVP(0.01 M) 및 250mL의  $\text{NaBH}_4$ (0.01 M)를 자기 교반기를 사용하여 교반 한 다음  $\text{NaOH}$ -PVP 용액에 0.1 M의  $\text{AgNO}_3$ 을 반응하였음. 용액 색상은 옅은 흰색에서 갈색으로 빠르게 변했으며, 이는 C-PVP-AgNP의 형성을 나타내었음.. 최종적으로 1.5 % (v/v)의 글리세롤을 C-PVP-AgNP 용액에 첨가하고, 자기 교반기를 사용하여 실온에서 15 분 동안 교반을 계속 하였다. C-PVP-AgNPs는 효과가 좋은 것으로 나타났었다.

#### 가.16. 항균 활성 측정

나노 입자 G-PVP-AgNP 및 C-PVP-AgNP의 항균 활성은 표준 프로토콜 (임상 및 실험실 표준 연구소)을 사용하여 디스크 확산 및 미세 희석 방법으로 표적 박테리아에 대해 디스크 확산 분석을 위해, 상이한 농도의 G-PVP-AgNP 및 C-PVP-AgNP로 처리 된 종이 디스크 (9mm)를 세균성으로 MHA 플레이트 놓고, 37° C에서 24 시간 동안 배양하여 박테리아 성장 억제 범위를 측정하였음. 미세 희석 분석을 위해, 박테리아(104 세포)를 MHB에서 상이한 농도의 G-PVP-AgNP 또는 C-PVP-AgNP를 함유하는 96 웰 플레이트에서 배양하였음. 플레이트를 24시간 동안 배양 한 다음 박테리아 성장 억제는 UV 분광광도계를 사용하여 600nm에서 측정하였음.

#### 가.17. 절단 파프리카(FCP) 및 나노 코팅의 조제

G-PVP-AgNPs 및 C-PVP-AgNPs와 같은 나노 코팅제에 대한 0.06 mg.mL<sup>-1</sup>의 최종 농도로, 나노 코팅 전에, 이러한 파프리카 샘플을 멸균 증류수로 세척하고 과량의 물을 실온에서 건조시켰음. 무균 조건에서 무균 절단기를 사용하여 10 cm<sup>2</sup> 크기의 신선한 절단 파프리카를 제조 한 후, FCP를 G-PVP-AgNP 및 C-PVP-AgNPs 코팅 용액에 3 분 동안 실온에서 침지시키고 건조하였다. 과량의 코팅 용액. 나노 코팅 된 FCP는 10 분 (10ms<sup>-1</sup> 및 15° C) 동안 건조되었고, 이 나노 코팅 된 FCP는 두 그룹으로 나뉘어졌으며, 한 그룹은 4° C로, 다른 그룹은 15° C에서 보존.

15일 동안 습도 95 %. 또한, 코팅되지 않은 그룹은 15 일 동안 90-95 %의 습도로 4° C 및 15° C에서 대조군으로 사용하였고, 나노 코팅 된 FCP는 변화에 대해 자주 모니터링되었고, 텍스처, 색상, 총 용존고형물, 수분 및 미생물 군집의 규칙적인 분석을 위해 3 일 간격마다 샘플 의 분취 량을 수집하였다. Texture 분석기 (Bookfield, AMETEK GmbH, Lorch, Germany)를 사용하여 경도, 파괴성, 탄성 및 구미도 분석과 같은 텍스처 파라미터를 측정 하였다 (Fig.1a.). 색 변화는 L (밝기), a (붉음), b (황색) 스케일 (CR300; 일본)의비색계를 사용하여 분석. 수분 함량은 수분 분석기 (MX50, Precision

Weighing Balance, 영국)를 사용하는 AOAC 방법을 사용하여 측정 하였다. PAL-1 포켓 디지털 0-53 % BRIX 굴절계 (Atago, Japan)를 사용하여 총 용해 된 고체를 측정 (Fig.1.b).

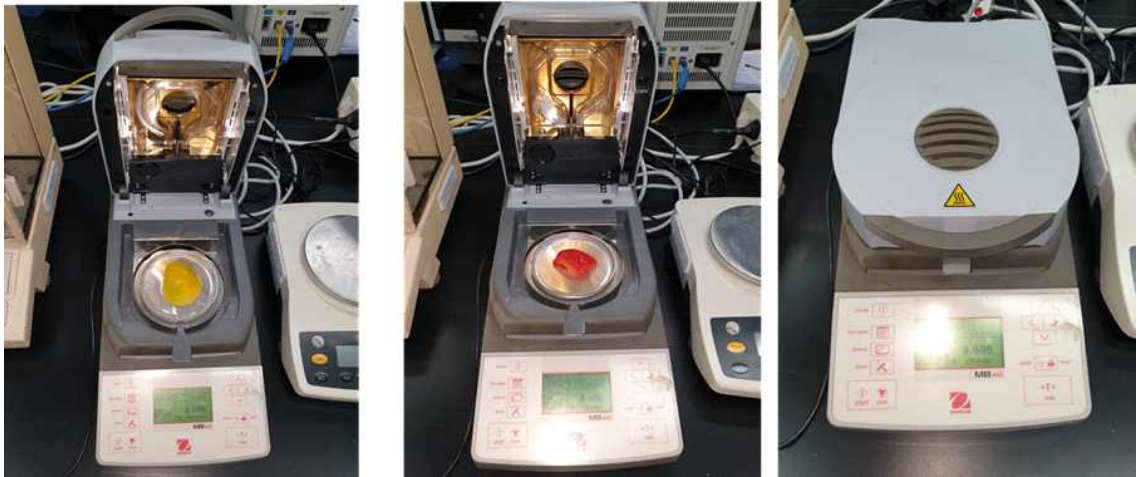


Fig.1a. Texture 분석기 (Bookfield, AMETEK GmbH, Lorch, Germany)를 사용하여 경도, 파괴성, 탄성 및 구미도 분석



Fig.1b. 비색계(CR300; 미놀타사)를 사용하여 색상 변화를 분석(L, 밝기, a, 빨간색, b, 황색)

#### 가.18. 코팅 용액 및 파프리카 조각 조제

최적 조건 하에서 합성 된 CS-NP 분말을 선택하고 3중 증류수에 용해시켜 6% 키토산 나노 코팅을 제조. 파프리카를 삼중 증류수로 행균 다음 흡수지로 말려서 비슷한 크기의 조각으로 조제.

#### 가.19. Total bacterial counts (TBC) 및 Total fungal counts (TFC) 측정

모든 FCBP를 4 개의 그룹으로 분류 : CK-5 및 CK-15 : FCBP를 증류수로 처리하고 5° C 및 15° C에 보

관 : CSNPs-5 및 CsNPs-15 : FCBP를 키토산 나노 입자로 처리하고 5° C 및 15° C에 저장. 실험에서 각 그룹에 대해, 모든 그룹은 무게와 TBC 및 TFC를 3, 6, 9, 12, 15일까지 3일 간격으로 측정하였음.

#### 가.20. 미생물 분석

미생물학적 분석에서, 총 박테리아 수 및 총 곰팡이 수는 앞에서 설명한 표준 방법을 사용하여 측정. 즉, 대조군을 포함하여 모든 처리군으로부터 5g FCP의 분취량을 수집하고, 이를 멸균수 10 ml에 담고 고 무균 조건에서 연속 희석. 박테리아는 영양 한천 (NA) 배지에서 진균은 감자 포도당 한천 (PDA) 배지에서 표준 미생물 배지 제조 방법에 따라 제조. 50 $\mu$ l의 연속 희석 된 (103) 샘플을 총 박테리아 수를 위해 NA의 표면상에서 총 곰팡이 수를 위해 PDA에 배양하였음. 박테리아 플레이트를 37°C에서 24시간 동안 및 곰팡이 플레이트를 28°C에서 4 일 동안 배양한 후 콜로니 수를 관찰하였음.

#### 가.21. 독성 연구

나노 코팅, 비 코팅 및 파프리카 주스에 의한 FCP의 효과는 생체 내 독성 분석을 위해 *C. elegans*의 이용하였음. 본 실험은 (i) 대조군 (*E. coli* OP<sub>50</sub>), (ii) 양성 대조군 (FCP 즙 + OP<sub>50</sub>), (iii) 음성 대조군 (비 코팅 실험적으로 유도 된 FCP 주스 + OP<sub>50</sub>), (iv) 처리 1 그룹 (G-PVP-AgNP 코팅 실험적으로 유도 된 FCP 즙 + OP<sub>50</sub>), (v) 처리 2 그룹 (실험적으로 유도 코팅 된 C-PVP-AgNP) FCP 주스 + OP<sub>50</sub>) 각 처리에 90 마리의 *C. elegans*이 사용하였음.

#### 가.22. 추출물의 제조

파프리카는 약 700g의 분말로 25°C에서 24 시간 동안 500mL의 메탄올로 추출. 모든 추출물을 동일한 샘플에 대해 함께 모으고, 추출물을 Whatman no.1 여과지를 사용하여 2 회 여과 하였음. 추출물 여과액을 황색 파프리카메탄올 추출물(YME), 적색 파프리카 메탄올 추출물 (RME)로 명명 한 다음 회전 증발기를 사용하여 농축하였음. 농축 된 추출물을 냉동 건조기에서 72 시간 동안 동결 건조하였음. 마지막으로, 추출물은 GC-MS 또는 HPLC를 사용하여 휘발성 및 비휘발성 화합물 분석을 위해 메탄올에 다시 용해하였음.

#### 가.23. 총 페놀계 측정

총 페놀 함량 (TPC)은 Folin-reagent 방법을 사용하였다. 샘플의 분석을 위해 0.5mL의 황색파프리카 또는 적색파프리카 용액을 9.5 mL의 증류수를 함유하는 50 mL 부피 플라스크에 첨가한 다음 0.5mL의 폴리린 시약을 첨가하고 잘 혼합하였다. 마지막으로 1.5mL의 20 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 첨가하고 잘 혼합하고 30°C에서 30 분 동안 배양 하였다. UV-분광광도계를 사용하여 반응 혼합물의 흡광도를 760nm에서 측정하였다.

#### 가.24. 총 플라보노이드 측정

샘플 중의 총 플라보노이드 함량 (TFC)은 염화알루미늄(AlCl<sub>3</sub>) 비색분석법 의 방법에 따라 결정. 루틴 표준 용액의 제조 : 0.01 g의 루틴을 100 mL 부피 플라스크에서 무수 에탄올에 용해시켜 0.1 mg.mL<sup>-1</sup>의 최종농도를 제조하였다. 50mL 부피플라스크에서 상이한 농도의 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6mL의 루틴을 이어서 1.0mL의 AlCl<sub>3</sub> 용액 및 1.0mL의 KCOOH 용액을 첨가하고 잘 혼합하였다. 샘플의 제조 : 0.7 g의

샘플을 60% 에탄올의 60% 에탄올에 용해시키고, 이를 수직축합 복귀튜브에 연결하고, 70°C 수조에서 60분 동안 환류 시켰다. 여과액을 수집하고 100mL 용량으로 희석 하였다. 측정을 위해, 4mL의 샘플 용액을 50mL 부피 플라스크에 넣고, 다양한 용액을 상기 순서대로 다시 첨가 하였다. 1시간 동안 인큐베이션 한 후, filter membrane(0.22 μm)을 통해 여과하고, 여과액을 분광광도계를 사용하여 510nm에서 측정하였음.

#### 가.25. 항산화 활성

황색 및 적색 파프리카의 100 μL의 상이한 농도 (0.1-50mg.mL<sup>-1</sup>)를 96 웰 플레이트에서 DPPH의 100mL의 0.01mM 메탄올 용액에 용해시키고, 25°C에서 30분 동안 배양한 다음 UV-분광광도계(ELx800, Biotec)를 사용하여 515nm에서 흡광도를 측정하였다. 한편, 블랭크 샘플의 흡광도를 측정하고, 동일한 양의 샘플 및 메탄올이 대조군으로서 작용하였다. DPPH 소거(%) = 100-(A (샘플) - A (공백) / A (대조군) X100). 여기서 A (샘플)는 샘플의 흡광도, A (공백)는 DPPH 용액이 없는 샘플의 흡광도 A (대조군)는 메탄올 중 DPPH용액의 흡광도.

ABTS 소거 측정은 ABTS+표준은 0.2mL의 7.4mM ABTS를 2.6mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>의 인산완충용액 (pH 7.4)에 용해시킨 후 어두운 환경에서 12시간 동안 실온에서 배양하였음. 0.8mL ABTS+용액 및 0.2mL의 상이한 농도의 샘플을 석영 큐벳에 넣고, 10 초 동안 진탕시켜 혼합하고, 6분 동안 인큐베이션한 후, UV-분광광도계에 의해 734nm에서 흡광도를 측정하였다. 값 A1은 blank : 상기 작업에서 상이한 농도를 갖는 샘플 을 95 % 에탄올 용액으로 대체 할 수 있고 흡광도 값 A0을 측정한다. ABTS 소거 (%)는 식 (A0 - A1 / A0) X 100을 사용하여 계산되었다.

#### 가.26. 항균 활성

황색 및 적색파프리카의 항균활성은 디스크 확산법에 의해 결정되었다. 25°C에서 5mL의 멸균 액체 Mullar hilton broth(MHB)에 100 μL(10<sup>5</sup> CFU.mL<sup>-1</sup>) 박테리아 현탁액을 접종하여 병원균을 배양하고 37°C 에서 12 시간 동안 배양 하였다. 한편, Mullar hilton Agar(MHA) 플레이트는 표준 프로토콜에 따라 제조되었다. 이어서, 50 μL(10<sup>7</sup> CFU.mL)를 MHA 상에 예비한 다음 6mm 샘플 디스크를 배치하여 억제활성에 접근하였다. 37°C에서 24시간 인큐베이션 한 후, 통치자를 사용하여 구역 억제를 측정하였다. 이어서, 다른 곳에 기술된 프로토콜에 따라 FE-TEM을 사용하여 파프리카 유도 세포벽 손상이 관찰되었다.

#### 가.27. 세포 독성

세포 독성은 WST 키트 분석에 의해 결정되었다. 트립신 -EDTA를 사용하여 A459 세포를 수집하였다. 적절한 양의 배양배지(RPMI) 추가. 96 웰 플레이트의 각 웰에 100 μL의 세포 용액을 분배합니다. 이어서, 플레이트를 24시간 동안 (예를 들어, 37°C, 5 % CO<sub>2</sub>) CO<sub>2</sub> 인큐베이터에서 인큐베이션 하였다. 이 시간 동안, 다른 농도의 TP-AgNP 용액을 준비한다. 배양을 마친 후 10 μL의 TP-AgNP 용액을 다양한 농도로 well에 접종하였다. 인큐베이터에서 24시간 동안 반응하였다. 다음으로 각 웰에 10 μL의 EZ-Cytox를 첨가하고 인큐베이터에서 1시간 동안 반응하였다. 흡광도를 측정하기 전에 1분간 살짝 흔들어주었다. Plate reader 리더를 사용하여 450nm에서 흡광도를 측정하였다. 형광 현미경 (Olympus,

CKX53 배양 현미경, 일본) 하에서 A0 / EB에 의해 염색 된 처리되거나 처리되지 않은 A549 세포를 관찰하였다. A549세포를 DCFH-DA로 염색하고, 형광현미경으로 활성산소 종(ROS)의 생성을 측정 하였다.

#### 가.28. 적색 파프리카 물 추출물 제조

수집된 적색 파프리카를 세척하고 수돗물로 세척한 후 탈 이온수로 잔해를 제거하였다. 파프리카를 작은 조각으로 자르고(10g) 실온에서 건조하였다. 약 10g의 잘게 잘린 적색파프리카를 100ml 증류수로 현탁 시키고, 진한 적황색 용액이 얻어질 때까지 가열 맨틀에서 20분 동안 60℃에서 브렌칭하였다. 이어서, 추출물을 냉각시키고, 여과하고, 추가 사용을 위해 4℃에서 보관하였음.

#### 가.29. 황색 파프리카 물 추출물을 이용한 ZnO 나노 입자의 합성

Vijayakumar 등의 공동 침전 법에 따라 Ca-ZnO NR을 합성 하였다. 전구체 물질로서 2H<sub>2</sub>O 및 수산화나트륨 (NaOH)을 사용 하였다. 간단히, 탈 이온수를 사용하여 100mL의 아세트산 아연 (2M)을 제조 하였다. 혼합물의 완전한 용해 후, 10mL의 황색 파프리카 수성 추출물 및 50mL의 2M NaOH를 제조 된 아연 아세테이트 용액에 첨가하였다. 혼합물을 6시간 동안 교반하였다. 수득 한 백색 침전물을 여과하고 증류수, 에탄올로 반복 세척하여 먼지 입자를 제거 하였다. 이어서, 수득 된 고체 백색 분말을 오븐에서 80℃에서 건조시켰다. 그 후, 분말 생성물을 450℃에서 3 시간 동안 회화시켰다.

#### 가.30 포장시설의 위생

##### ◆ 미생물 위해

비위생적인 포장환경에서의 작업은 생 제품과 제품에 사용된 물이 오염될 위험을 월등히 증가시킨다. 병원 미생물은 포장설비의 바닥과 배출구, 정렬, 정선, 포장 도구의 표면에서 발견된다. 적절한 위생규정 없이 생 제품에 접한 이런 표면은 잠재적인 미생물 오염원이 될 수 있다. 작업자는 포장 공정 전체 관리를 위해 SOP 같은 적절한 위생규정을 적용해야한다.

##### ◆ 잠재적인 위해의 관리

###### (1) 포장시 일반적 고려사항

- 신선제품을 운반하기 전에 운반대, 용기, 상자를 청소하라.
- 작업자는 생 과일과 야채 전체에 사용되는 운반대와 용기를 청소하기 위해 집하장 근처에 장소를 마련해 두어야한다. 직접섭취용(ready-to-eat) 신선제품의 용기는 청소 및 소독되어야한다. 토양과 거름에 노출됨으로써 용기가 오염되는 것을 막기 위해 들판에서 제품을 포장할 때 주의해야한다.
- 저장시 사용되지 않은 깨끗한 새 포장용기의 오염을 방지해야한다.
- 아직 사용되지 않은 포장용기와 다른 포장재료는 해충, 설치류, 먼지, 기기와 구조물의 응축수의 오염을 방지할 수 있도록 저장되어야한다. 만약 포장용기가 포장설비의 외부에 저장될 경우 사용전에 청소 및 소독되어야한다.



### 가.31. 운 송

운영자와 신선제품의 운송에 관계된 사람들은 이 시스템의 각 수준에서 제품운송을 정밀조사 하도록 장려된다. 이는 들판에서 냉각기, 포장설비까지의 운송, 유통, 최종도매시장 또는 소매점까지의 운반을 포함한다. 신선제품의 적절한 운송은 미생물오염 가능성을 감소시킨다. 운송에 책임이 있는 직원과의 활발한 토의는 안전한 식품을 소비자에게 전달하도록 설계된 관리프로그램의 성공을 위해 필수적이다.

- ◆ 미생물 위해  
다른 식품과 비식품, 오염된 표면으로부터의 미생물 교차오염이 선적, 하역, 저장, 운송 공정동안 발생할 수 있다.
- ◆ 잠재적 위해의 관리  
제품이 운송되고 취급될 때는 언제라도 위생 상태가 평가되어야한다. 운송자는 운송동안 제품의 오염을 방지하기 위해 신선제품을 식품과 비식품의 병원체 근원을 분리해야한다.

### 나. 연구개발 수행결과 (1차 년도)

#### 나.1. 파프리카 저장 수명 증분에서 전해수 처리의 적용

파프리카에 전해수, 오존수, 냉수(2° C) 및 온수 (45° C)의 처리 CK- 제어 (수돗물 세척), T1- 전해수 처리, T2-오존수 처리, T3-냉수처리, T4-온수처리. TBC, *B. cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonila* sp의 수는 시간간격, 파프리카의 종류, 온도 및 처리사이에서 유의미하게 변한반면, TDS 및 수분은 시간 간격 및 파프리카의 종류에 따라 유의하게 나타났다 처리 중 T1은 식품성 박테리아 병원체의 성장을 현저히 억제하였다. CK-제어(Table.1a & b and Fig.2). L, a, b와 같은 색 변화지표는 파프리카의 보관 및 유형에 따라 크게 변화되었지만 온도 및 처리에서는 영향을 받지 않았다. 전반적으로 결과는 전해수로 파프리카를 씻는 것이 신선한 파프리카의 저장수명을 연장시키는 유망한 접근법이라는 것을 나타내었다(Table. 2.). 전해수의 적용은 FCP의 유망한 저장 수명 증가를 보여 주었지만. 다른 물 경도와 비교하여 대장균, *Salmonila* sp, *Staphylococcus aureus* 및 *B. cereus* 포자의 순수한 배양에 대해 약간 산성 전해수의 효능으로 더욱 광범위하게 분석 될 것이다.



Table(1a). 시간과 온도에 따른 저장된 파프리카의 미생물 및 식품 품질 평가

(T1- 전해수 처리, T2-오존수 처리, T3-냉수처리, T4-온수처리).

결과는 평균 ± 표준 오차 (n = 3)로 제시; \*\* p < 0.01에서 통계적으로 유의 함;

\* p < 0.05에서 통계적으로 유의 함; NS- 중요하지 않음.

Sources	TBC (CFU g <sup>-1</sup> )	<i>B. cereus</i> (CFU g <sup>-1</sup> )	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU g <sup>-1</sup> )	<i>Salmonella</i> spp (CFU g <sup>-1</sup> )	TDS	Moisture (%)
Intervals (d)						
0	0.75±0.15	0.20±0.01	0.35±0.10	0.25±0.05	3.90±0.54	19.75±0.52
3	5.15±0.21	2.95±0.02	0.98±0.02	1.11±0.14	3.90±0.25	19.75±0.15
6	36.05±0.15	17.92±0.4	9.13±0.15	9.83±0.89	4.35±0.12	17.67±0.25
Type of Paprika						
Red	13.30±0.15	5.76±0.58	3.71±0.45	4.24±0.14	4.40±1.20	19.38±1.2
Yellow	14.66±0.24	8.28±0.98	3.26±0.65	3.22±0.32	3.70±0.12	18.73±0.58
Temperature						
4 °C	3.76±0.25	2.11±0.14	0.89±0.45	0.92±0.25	4.05±0.15	19.26±1.25
15 °C	24.20±1.25	11.93±0.59	6.09±0.25	6.53±0.48	4.05±0.14	18.85±1.45
Treatment						
CK	58.08±2.14	28.75±0.12	14.50±0.41	15.83±0.98	4.05±0.25	19.05±0.65
T1	0.16±0.02	0.08±0.01	0.08±0.02	0.07±0.02	4.05±0.62	19.05±0.65
T2	1.00±0.003	0.54±0.02	0.26±0.01	0.20±0.01	4.05±0.62	19.05±0.65
T3	7.66±0.02	4.16±0.05	1.75±0.25	1.75±0.05	4.05±0.62	19.05±0.65
T4	3.00±0.01	1.58±0.25	0.85±0.14	0.79±0.02	4.05±0.65	19.05±0.65
Significance						
Intervals (d)	**	**	**	**	*	*
Types of Paprika	*	*	*	*	*	*
Temperatures	**	**	**	**	NS	*
Treatments	**	**	**	**	NS	NS

Table(1b). 과산화초산 처리와 미처리구 비교

Sources		Yellow paprika		Red paprika	
		TBC	E. coli	TBC	E. coli
7 days of interval	Treated	40000	60000	200000	55,000
	Untreated	1600000	311000	750000	1250000

Table. 2. 전해수 또는 오존수로 처리 된 시간과 온도에 따른 파프리카의 식품 품질 평가

(T1- 전해수 처리, T2-오존수 처리, T3-냉수처리, T4-온수처리)

결과는 평균 ± 표준 오차 (n = 3)로 제시 \*\* p < 0.01에서 통계적으로 유의 함;

\* p < 0.05에서 통계적으로 유의 함; NS- 중요하지 않음, L, a, b는 colour marker.

Sources	Hardness (g)	Fracturability (g)	Springiness (mm)	Gumminess (g)	L	a	b
Intervals(d)							
0	3325±12	3325±21	3.98±1.20	1028±11	37.68±1.5	41.41±1.5	18.21±1.2
3	3325±14	3325±15	3.48±1.21	1028±14	37.68±1.2	41.41±1.5	18.21±1.2
6	3092±12	3209±14	3.98±1.45	1586±12	37.12±1.4	40.31±1.8	18.10±1.3
Type of Paprika							
Red	3323±14	3248±12	3.84±1.52	1023±14	37.49±1.6	41.04±2.5	18.17±1.5
Yellow	3172±12	3324±15	3.78±1.21	1405±14	37.49±2.1	41.04±2.5	18.17±1.5
Temperature							
4 °C	3172±14	3248±14	3.78±1.24	1021±12	37.49±3.5	41.04±2.5	18.17±1.5
15 °C	3323±12	3324±12	3.84±1.20	1407±14	37.49±3.5	41.04±2.5	18.17±1.5
Treatment							
CK	3247±12	3286±17	3.81±0.52	1214±12	37.49±3.5	41.04±2.5	18.17±1.5
T1	3247±8.2	3286±15	3.81±0.52	1214±12	37.49±3.5	41.04±2.5	18.17±1.5
T2	3247±4.5	3286±12	3.81±0.52	1214±12	37.49±3.5	41.04±2.5	18.17±1.5
T3	3245±17	3286±15	3.81±0.52	1214±12	37.49±3.5	41.04±2.5	18.17±1.5
T4	3251±15	3286±15	3.81±0.52	1214±12	37.49±3.5	41.04±2.5	18.17±1.5
Significance							
Intervals (d)	*	*	*	*	*	*	*
Types of Paprika	*	*	*	*	NS	NS	NS
Temperatures	*	*	*	*	NS	NS	NS
Treatments	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

나.2. 온수(60° C)처리에서 박테리아의 억제 효과

절단 파프리카의 식품 매개 병원체에 대한 온수 (60° C) 처리의 억제 효과. 결과는 온수 처리가 박테리아 병원체의 성장을 억제한다는 것을 나타냈다. > 30 초 이상의 뜨거운 물로 처리 할 때 파프리카 표면에서 박테리아 콜로니가 관찰되지 않았다 (Table. 3a & b and Fig. 3.).

Table. 3a. TBC는 4° C에서 6일 보존 후 붉은 파프리카에서 박테리아수

	CK	10s	20s	30s	40s	50s	60s
0d	4±0.305	0	0	0	0	0	0
6d	10±0.256	2±0.163	1±0.202	0	0	0	0

Table. 3b. TBC는 4° C에서 6일 보존 후 황색 파프리카에서 박테리아수

	CK	10s	20s	30s	40s	50s	60s
0d	3±0.296	1±0.061	0	0	0	0	0
6d	7±0.311	1±0.101	1±0.090	0	0	0	0

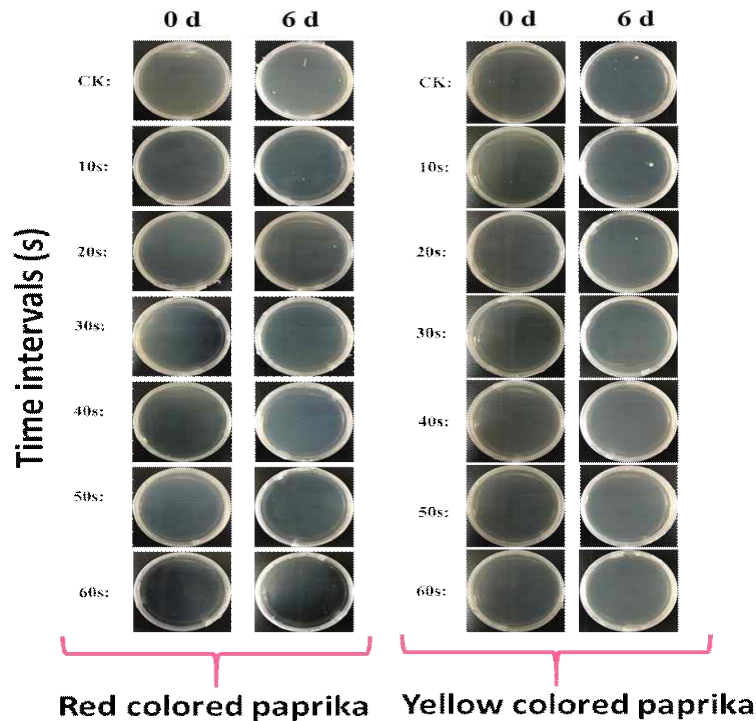


Fig. 3. 절단 파프리카의 온수(60° C) 처리에서 박테리아 억제 효과

### 나.3. G/C PVP AgNP의 항균 활성

*Salmonella enterica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*를 포함한 임상 병원체에 대해 나노 입자의 항균 활성을 테스트하였으며, MIC 및 MBC의 결과를 Table 4에 나타내었다. G-PVP-AgNPs보다 C-PVP-AgNPs의 낮은 MIC 및 MBC 값이 보여주었으며, G-PVP-AgNPs는 C-PVP-AgNPs보다 높은 항균 활성을 나타냈다. G-PVP-AgNP의 이러한 강력한 항균 활성을 나타내었다. 항 박테리아 활성은 산화 적 스트레스를 유발하고 핵, 세포벽 및 DNA를 손상시키는 박테리아 세포의 티올 / 포스페이트 부분에서 AgNP의 전자 효과 상호 작용 및 침투를 통해 발생하는 것으로 보고 되고 있으며, 이는 박테리아 사망을 초래한다 또한, 나노 입자의 효율은 바이오 필름의 제거에 대해 시험 되었고, 결과는 G-PVP-AgNP가 C-PVP-AgNP보다 대장균에 의해 형성된 바이오 필름의 제거에 더 효과적이라는 것을 나타내었다 (Fig.4.). 바이오 필름은 박테리아에 존재하는 신호 다당류로 인해 형성된다. 그러나, AgNP는 생물막 형성을 방지하는 박테리아 다당류의 합성 경로 및 기능을 방해한다. 이 생물막 제거 활성은 이전 연구에 따라 G-PVP-AgNP의 표면에 존재하는 식물성 분자 때문에 화학적으로 합성 된 PVP-AgNP에 비해 PVP AgNP의 녹색 합성으로 더 높아졌다.

Table.4. 박테리아에 대한 G/C 합성 된 AgNP의 최소 억제 농도 및 최소 살균 농도.

Bacterial pathogens	Minimal inhibitory concentration ( $\mu\text{g.mL}^{-1}$ )		Minimal bactericidal concentration ( $\mu\text{g.mL}^{-1}$ )	
	G-PVP-AgNPs	C-PVP-AgNPs	G-PVP-AgNPs	C-PVP-AgNPs
<i>Salmonella enterica</i> (ATCC 14028)	8.54±1.2	11.25±1.2	55.61±4.5	75.22±1.6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)	7.45±2.3	8.14±2.5	72.52±1.6	85.25±2.5
<i>E. coli</i> (ATCC 35150)	6.25±1.5	8.52±1.6	98.15±8.6	121.56±1.4
<i>Bacillus cereus</i> (KNIH 28)	11.25±1.6	13.21±2.5	58.66±1.5	65.21±2.5
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 13150)	5.45±0.9	6.52±1.8	62.53±4.5	88.56±1.6

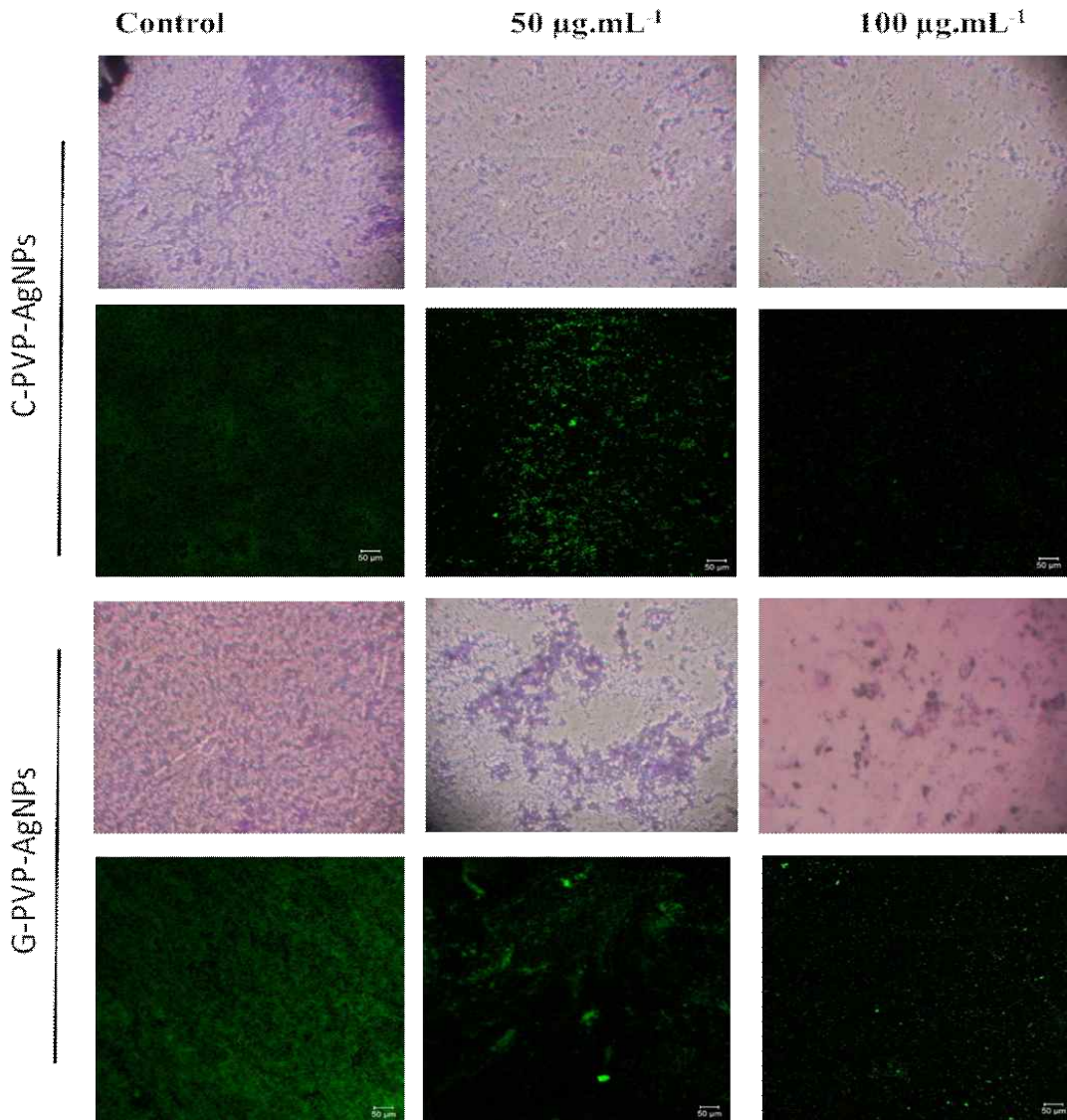


그림 4. 대장균에 대한 C-PVP-AgNP 및 G-PVP-AgNP의 항-바이오피름 활성.

#### 나.4. 절단 파프리카의 유효 기간에 나노 코팅

나노 코팅제의 G/C PVP AgNPs의 비교 효과는 질감, 색상, 총 용존 고형물, 수분 함량 및 미생물 분석을 분석하여 절단 파프리카(FCP) 저장 수명의 증가에 대해 실험적으로 연구하였음. 결과를 그림 4에 나타내었다. 상이한 처리로 코팅 된 황색 FCP는 G-PVP-AgNP 코팅이 그레이 몰드의 콜로니 화를 방지한 반면 C-PVP-AgNP 코팅 및 코팅되지 않은 대조군 FCP는 15에서 그레이 몰드 콜로니 화를 나타냈다는 것을 나타냈다. 15 일 보관 후 4° C. 그러나, 처리 및 보관 기간에 따라 4° C 에서 뚜렷한 변화가 보이지 않았다 (Fig. 5a). 유사하게, 적색 FCB는 저장 조건 및 처리 모두에서 눈에 띄는 차이를 나타내지 않았다 (Fig. 5b and Fig.6.).

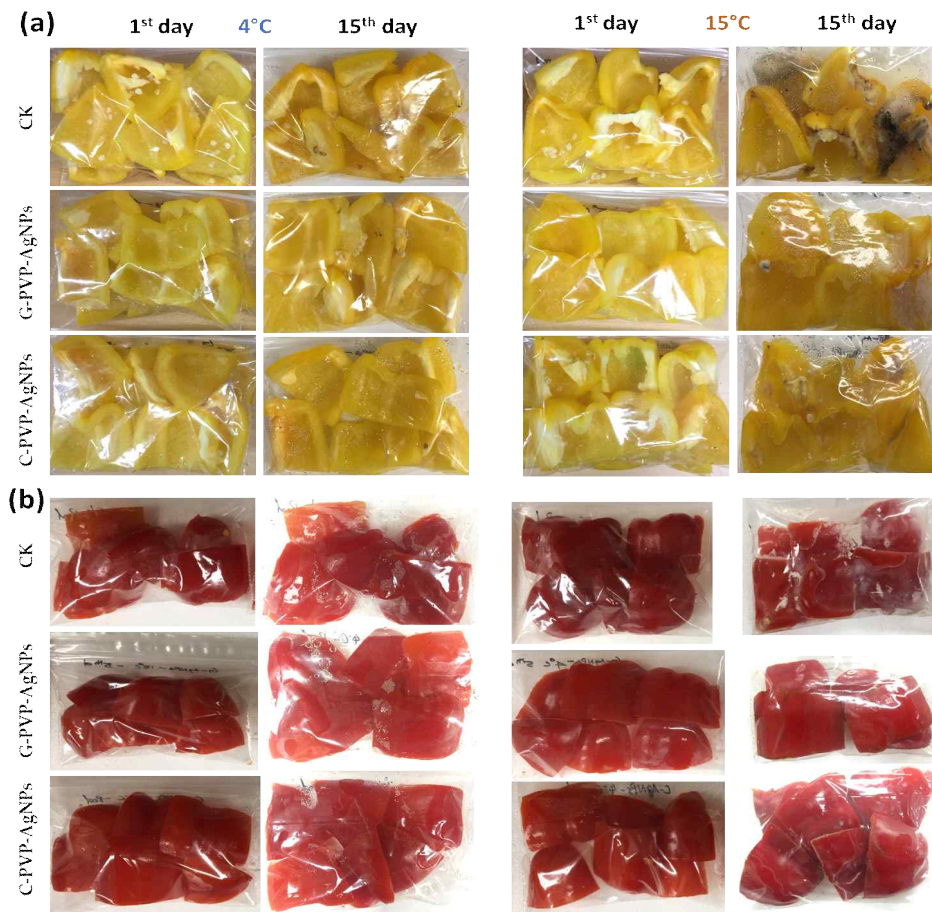


Fig.5. Chemical/ green synthesised polyvinylpyridine silver nanoparticles (G/C-PVP-AgNP) 파프리카 (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* (L.) Sendt)의 유통 연장에 미치는 영향.

신선한 야채와 과일의 품질을 확인하려면 경도, 파쇄 성, 탄력성 및 구미 성 같은 질감이 중요한 지표입니다. 탄력성은 저장 일과 나노 코팅에 의해 크게 변화하였으나 저장 온도에는 영향을 미치지 않았다 ( $p < 0.01$ ; Table. 5). G-PVP-AgNP로 코팅 된 황색 및 적색 절단 파프리카(FCP)의 조직은 대조군에서보다 더 잘 유지되었다. 4° C에 보관할 때-코팅 및 C-PVP-AgNPs L, a, b와 같은 색상 변화 지표는 파프리카의 보관 및 유형에 따라 크게 변경되었지만 온도 및 나노 코팅에서는 중요하지 않았음. 나노 코팅제의 적용은 FCP의 색상 매개 변수에 영향을 미치지 않았지만 (Table. 6), TDS는 파프리카

의 유형에 따라 크게 다르지만 일 또는 온도와 유형에 따라 크게 달라지지 않았다. 나노 코팅제 ( $p < 0.01$ ; Table. 6) FCB의 수분 함량은 일, 저장 온도 및 파프리카 유형 ( $p < 0.01$ )과 유의한 차이를 보여 주었으며, 이 결과는 나노 코팅이 FCP에서 세포 손상을 일으키지 않습니다. TBC 및 TFC는 저장 일 또는 온도, 파프리카 유형 및 나노 코팅에 의해 크게 변화됨을 나타내었다 ( $p < 0.01$ ; Table.6). 박테리아 또는 진균 콜로니 화는 저장 온도 및 코팅되지 않은 대조군에서  $4^{\circ}\text{C}$  온도보다 높고 G-PVP-AgNP로 코팅된 것으로 나타났다. 전반적인 물리 화학적 및 미생물학적 분석에 따르면 G-PVP-AgNPs의 나노 코팅은 세포 또는 물리 화학적 손상을 일으키지 않고 미생물 오염을 억제하지 않으면서  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 12 일 동안 적색 또는 황색 FCP의 저장 수명을 연장시켰다.

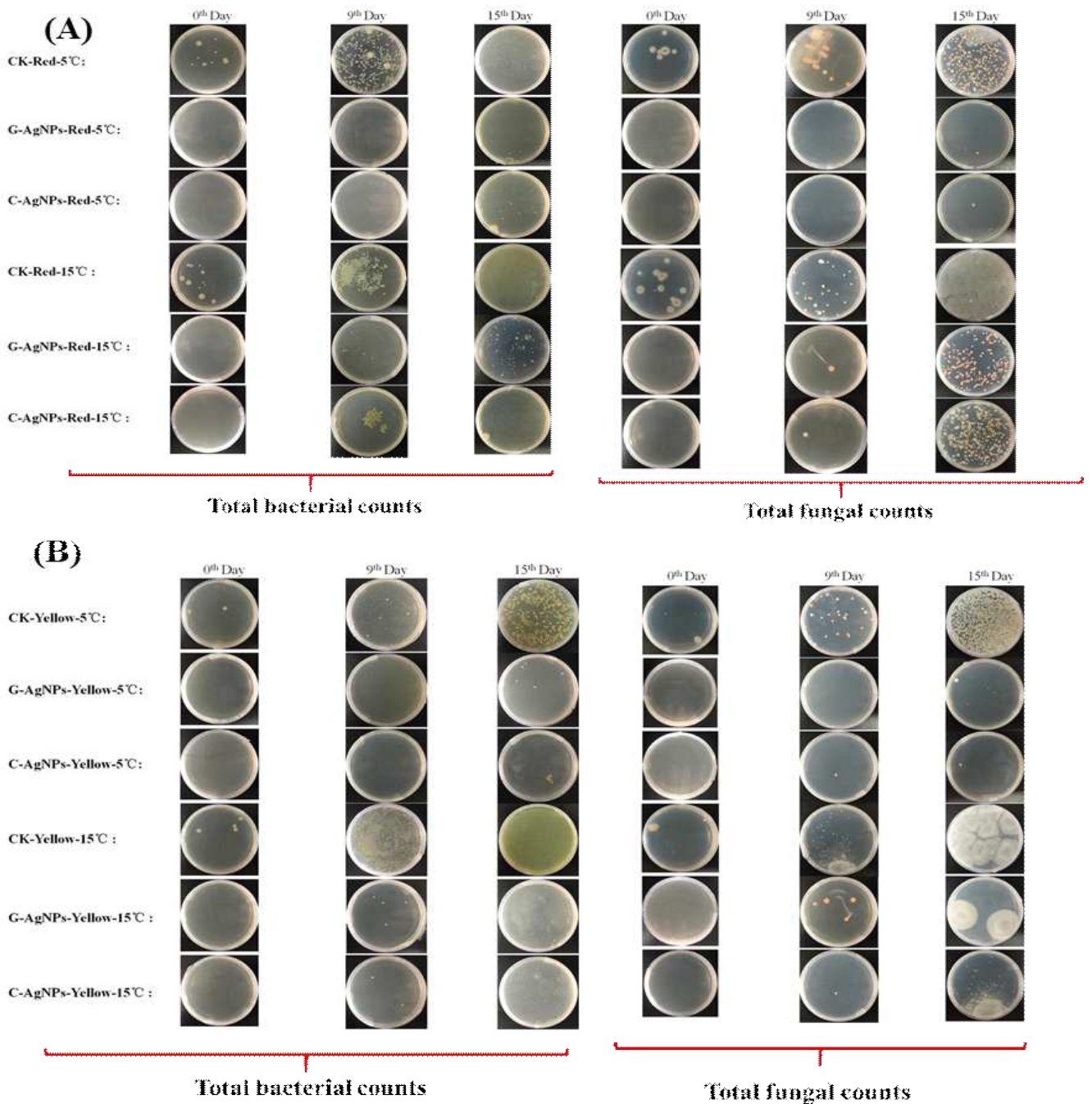


Fig.6. 시간과 온도가 다른 적색 파프리카 (A), 황색 파프리카 (B) 샘플의 미생물학적 분석



Table. 5. 서로 다른 나노 코팅이 12일 동안 서로 다른 두 온도에서 보존된 파프리카의 질감과 품질에 미치는 영향.

결과는 평균 ± 표준 오차 (n = 3)로 제시되었다; \*\* p < 0.01에서 통계적으로 유의 함;

\* p < 0.05에서 통계적으로 유의 함; NS- 중요하지 않음, L, a, b는 색상 표시의 마커입니다

Sources	Hardness (g)	Fracturability (g)	Springiness (mm)	Gumminess (g)	L	a	b
Days							
0	3320±15	3319±12	3.81±0.5	1022±12	36.8±1.5	40.9±2.4	17.7±0.9
3	3312±14	3317±14	3.41±0.6	1007±12	36.2±2.1	39.8±1.5	17.6±1.5
6	2708±16	2768±12	3.03±0.4	987±14	36.3±1.6	39.0±2.6	17.5±1.4
9	1616±12	1616±14	2.82±0.8	928±12	35.8±2.5	38.6±3.4	17.3±1.8
12	1473±14	1473±15	2.63±0.6	871±9	35.6±3.1	38.2±1.5	17.0±1.6
Type of Paprika							
Red	2693±12	2694±12	3.19±0.4	969±2	36.4±2.6	39.2±2.5	17.5±2.4
Yellow	2278±14	2303±32	3.09±0.5	957±18	35.9±3.5	19.3±1.2	17.3±1.5
Temperature							
4°C	2519±21	2544±15	3.13±0.1	965±16	36.1±4.5	39.2±2.6	17.4±2.6
15°C	2452±15	2453±12	3.15±0.6	962±14	36.2±1.6	39.4±1.5	17.4±1.5
Treatment							
C-AgNPs	2556±15	2562±21	3.03±0.1	949±12	36.0±2.6	39.3±1.5	17.3±1.5
CK	2252±14	2275±16	3.24±0.5	994±14	36.2±2.5	39.2±2.6	17.4±1.6
G-AgNPs	2650±16	2659±14	3.15±0.6	946±21	36.2±3.4	39.4±1.4	17.5±1.4
Significance							
Days	**	**	**	**	**	**	*
Types of Paprika	**	**	*	**	*	*	*
Temperatures	**	**	NS	*	NS	NS	NS
Treatments	**	**	**	**	NS	NS	NS

Table. 6. 온도와 시간에 따른 절단 파프리카의 용존 고형물 (TDS), 수분 함량, 박테리아 (TBC) 및 곰팡이 (TFC) 수에 대한 다른 나노 코팅의 영향.

결과는 평균  $\pm$  표준 오차 (n = 3)로 제시되었다; \*\* p < 0.01에서 통계적으로 유의 함;

\* p < 0.05에서 통계적으로 유의 함; NS- 중요하지 않음

Source	TDS	Moisture (%)	TBC (CFU.g <sup>-1</sup> )	TFC (CFU.g <sup>-1</sup> )
Days				
0	3.37 $\pm$ 0.5	17.08 $\pm$ 0.2	6.33 $\pm$ 1.2	8.5 $\pm$ 1.5
3	3.36 $\pm$ 0.6	16.57 $\pm$ 0.1	17.83 $\pm$ 2.5	220.06 $\pm$ 2.5
6	3.35 $\pm$ 0.5	16.52 $\pm$ 0.5	503.8 $\pm$ 12.5	608.58 $\pm$ 1.2
9	3.35 $\pm$ 0.6	15.47 $\pm$ 0.6	884.9 $\pm$ 16.5	1138.86 $\pm$ 1.6
12	3.34 $\pm$ 0.5	14.17 $\pm$ 0.4	1784.36 $\pm$ 14.5	2304.08 $\pm$ 1.2
Type of Paprika				
Red	3.81 $\pm$ 0.8	14.85 $\pm$ 0.6	427.67 $\pm$ 12.4	540.76 $\pm$ 2.6
Yellow	2.89 $\pm$ 0.6	16.27 $\pm$ 0.1	848.05 $\pm$ 15.6	1152.77 $\pm$ 10.5
Temperature				
4 <sup>o</sup> C	3.36 $\pm$ 0.5	16.47 $\pm$ 0.5	39 $\pm$ 3.5	215.78 $\pm$ 1.5
15 <sup>o</sup> C	3.35 $\pm$ 0.6	12.64 $\pm$ 0.2	1184.91 $\pm$ 14.8	1434.43 $\pm$ 1.6
Treatment				
C-AgNPs	3.36 $\pm$ 0.5	16.77 $\pm$ 0.1	599.03 $\pm$ 12.5	596.92 $\pm$ 2.5
CK	3.35 $\pm$ 0.1	16.42 $\pm$ 0.5	928.08 $\pm$ 18.6	1438.78 $\pm$ 1.2
G-AgNPs	3.35 $\pm$ 0.6	16.48 $\pm$ 0.6	419.22 $\pm$ 22.5	553.59 $\pm$ 1.3
Significance				
Days	NS	**	**	**
Types of Paprika	**	**	**	**
Temperatures	NS	*	**	**
Treatments	NS	NS	**	**

### 나.5. 생체 내 독성 연구

나노 코팅제의 허용 수준을 설명하기 위해, *C. Elegans*을 사용하여 생체 내 독성 연구를 수행 하였다. 결과는 두 G / C-PVP AgNP 코팅 FCP 즙의 적용이 *C. Elegans*의 생존에 어떠한 독성도 유발하지 않는 반면, 코팅되지 않은 FCP 주스는 세포 손상을 유발하고 동물의 사멸을 유발하는 것으로 밝혀졌다 (Fig. 7a). 코팅되지 않은 FCP 즙의 미생물 오염 수준이 미생물 감염과 독성이 발생했음(Fig.7b).

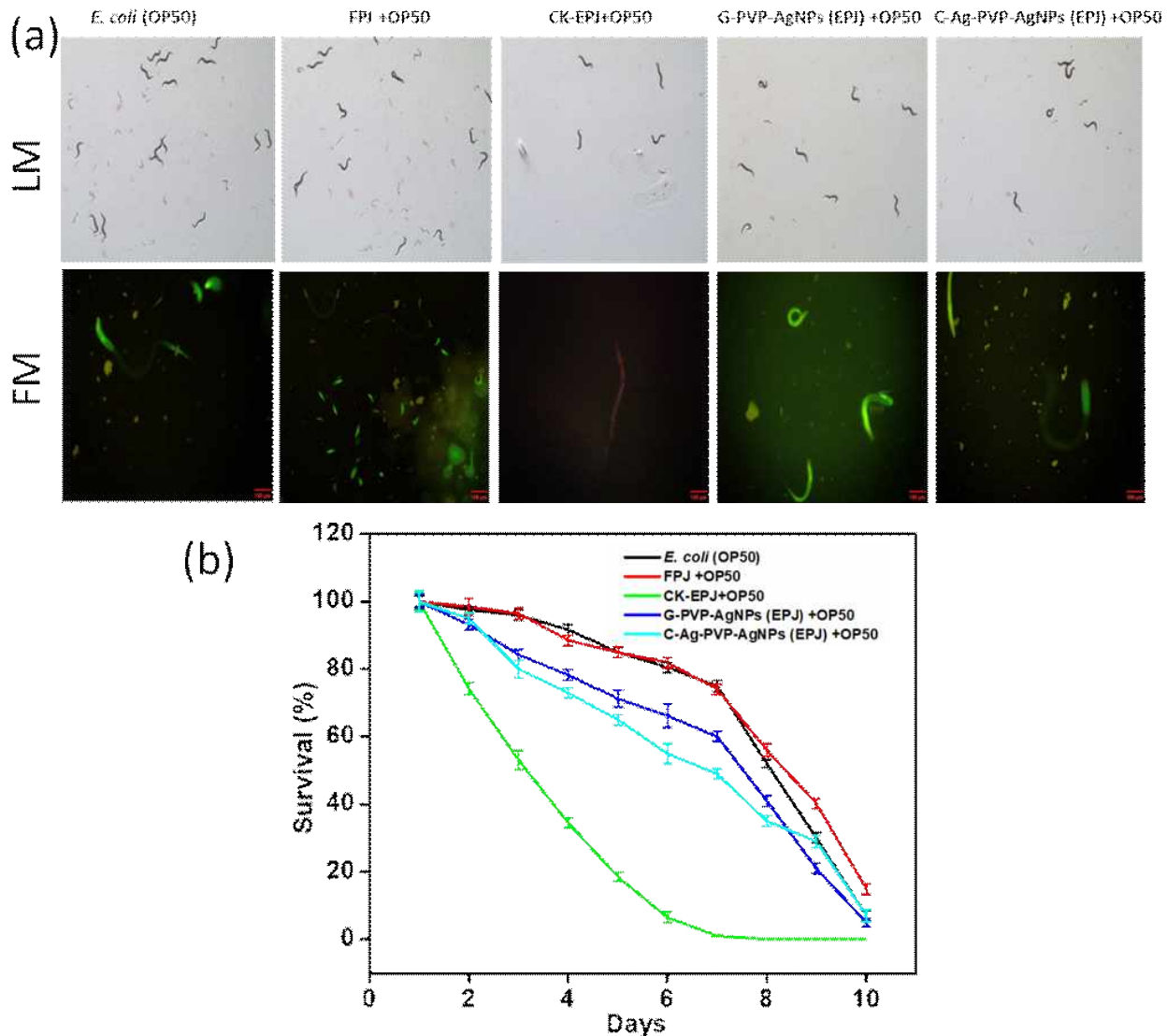


Fig. 7. 절단 파프리카(*Capsicum annuum* L. var. *grossum* (L.) Sendt)에서 G/C 화학적으로 합성 된 polyvinylpyrrolidone-silver nanoparticles 코팅의 후 처리 효과와 *C. Elegans* 에 대한 생체 내 독성.

본 연구에서 chemical/ green synthesised polyvinylpyrrolidone-silver nanoparticles (C / G PVP-AgNPs)의 제조 및 특성 분석과 항 미생물 나노 코팅제로서의 기능을 비교하여 절단 파프리카 (FCP)의 유통기한이 연장되었다. XRD, PSA, FE-TEM-EDS 및 FTIR으로 측정된 결과 <200 nm 크기의 G/C-PVP-AgNP 합성에 성공하였다. 또한, FTIR 결과는 pedicel 셀 추출물로부터의 몇몇 식물성 화학 물질이 G-AgNP의 녹색 합성에 관여한다는 것을 입증 하였다. 또한, 나노 입자는 MIC 및 MBC가 낮은 박테리아 병원체에 대한 강력한 항균제 인 것으로 입증되었다. FCP 연구의 저장 수명에서 나노 코팅

(G-PVP-AgNPs)은 FCP의 특성에 영향을 미치지 않았지만 미생물 병원체의 성장을 억제하여 저장 수명을 증가 시켰습니다. 또한 생체내 독성 연구는 G-PVP-AgNPs의 나노 코팅의 적용이 *C. Elegans*뿐만 아니라 FCP에도 비독 성인 반면, 15일의 코팅되지 않은 FCP는 *C. Elegans*에서 현저한 생존 손실을 유발 하였다는 것을 입증 하였다. 전체 결과는 G-PVP-AgNP가 4° C에서 약 12일 동안 FCP의 저장수명을 광 범위하게 증가시켰으며, 미래의 식품산업에서 방부제로서 G-PVP-AgNP의 잠재적 적용을 제안했습니다.

#### 나.6. 키토산 나노 입자의 합성 및 절단 파프리카 (*Capsicum annum* L. var. *grossum* (L.) Sendt)의 연장을 위한 최적 조건

결과는 FCBP에서 미생물 오염의 억제에 대한 CSNP 코팅의 효과를 보여 주었다. 비 코팅 된 파프리카 와 비교하여 CsNP 코팅 처리로 파프리카의 저장 수명이 증가되었다. 코팅이없는 파프리카는 9 일과 15 일에 15° C에서 보존 될 때 곰팡이에 크게 손상되어 감염되었으며, CSNP로 코팅 된 파프리카는 9 일과 15 일에 15° C에서 보존 될 때 파프리카의 품질이 상당히 향상되었습니다 (Fig. 8.). 저장 시간에 다른 그룹의 총 박테리아 콜로니 (TBC) 및 총 곰팡이 콜로니 (TFC) (오른쪽)가 표에 나와 있습니다. 결과는 파프리카가 처리되지 않은 고온과 비교하여 16d 동안 5° C에서 16 일 동안 저장 될 때 진 균 또는 박테리아 수로 오염되지 않았음을 나타냈다 (Table. 7). CSNP로 코팅 된 파프리카는 16 일 동안 5° C 에서 보존 될 때 파프리카의 품질을 크게 향상 시켰습니다(Table. 8).

Table, . 7. 파프리카의 식품 품질의 미생물학적 평가

Treatments	Total bacteria colonies CFU.g <sup>-1</sup>				Total fungal colonies CFU.g <sup>-1</sup>			
	CK		CsNPsC		CK		CsNPs	
	5°C	15°C	5°C	15°C	5°C	15°C	5°C	15°C
Days of interval								
0 <sup>th</sup> Day	4	4	4	4	0	0	0	0
3 <sup>rd</sup> Day	8	24	4	8	0	0	0	0
6 <sup>th</sup> Day	36	100	0	8	0	24	0	0
9 <sup>th</sup> Day	88	160	4	104	8	48	0	0
12 <sup>th</sup> Day	124	484	4	216	12	148	0	8
15 <sup>th</sup> Day	288	860	16	424	20	328	0	32

Table. 8. 저장 시간에 다른 그룹의 체중 감량 (단위: g).

	CK		CsNPsC	
	5°C	15°C	5°C	15°C
0 <sup>th</sup> Day	38.2113±0.1736	38.6884±0.1002	39.1210±0.0332	37.8991±0.0872
3 <sup>rd</sup> Day	35.8315±0.2155	32.5621±0.1422	38.0092±0.0533	36.1223±0.0866
6 <sup>th</sup> Day	33.3155±0.1533	25.4114±0.1107	37.1067±0.0631	33.4869±0.1341
9 <sup>th</sup> Day	30.1789±0.1621	20.8242±0.2134	36.0987±0.0216	31.6884±0.0623
12 <sup>th</sup> Day	28.3227±0.2318	17.5318±0.1652	34.1339±0.0258	27.4823±0.1255
15 <sup>th</sup> Day	25.7356±0.2231	15.2216±0.2618	31.8112±0.0341	23.8344±0.0789

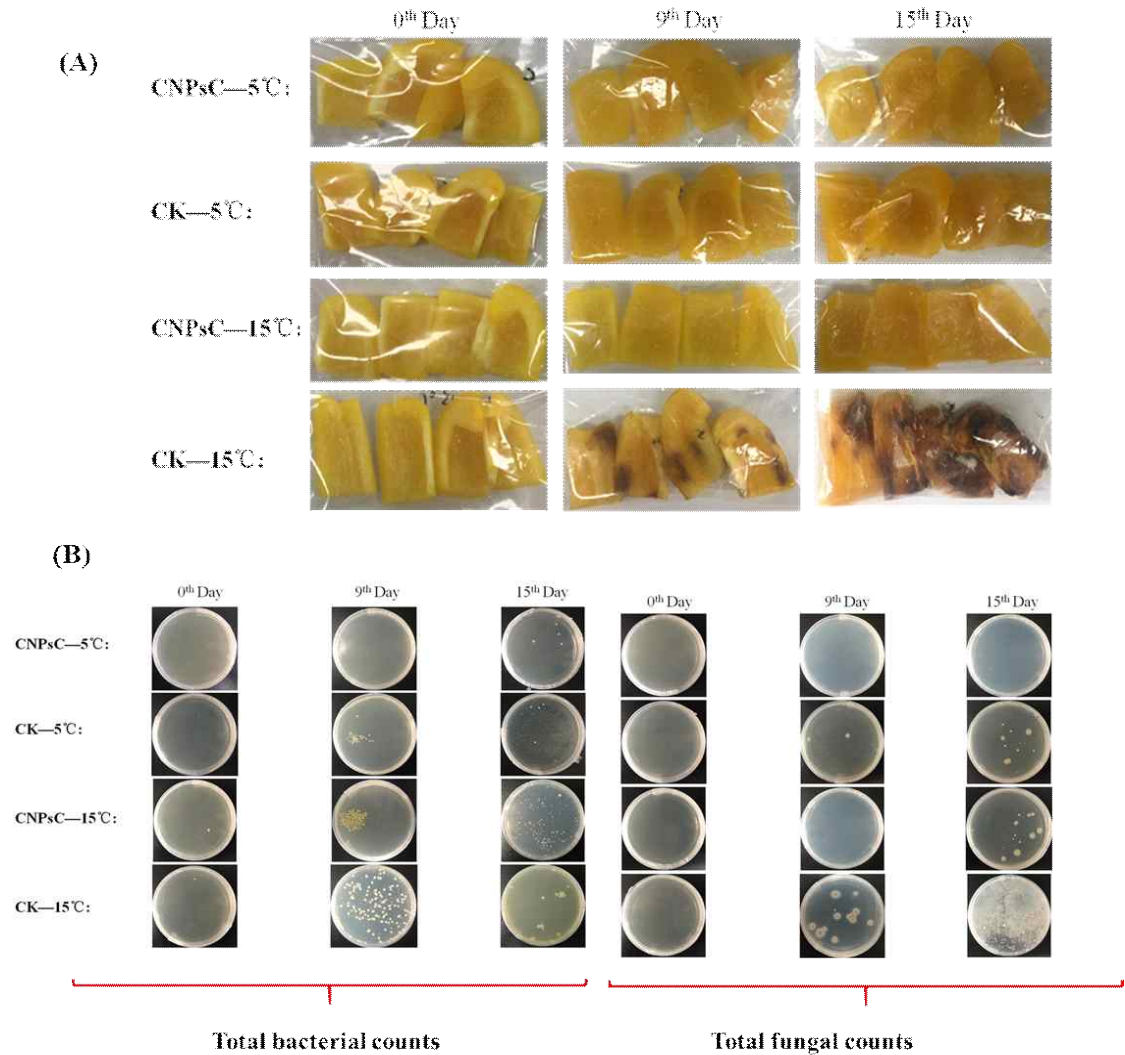


Fig.8. 황색 파프리카의 저장 기한을 개선하는 키토산 나노 코팅(A), 시간 및 온도에 따른 황색 파프리카의 미생물학적 분석(B).

#### 나.8. 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 분석

본 연구에서 절단 파프리카의 항산화, 항균 및 항암 활성을 조사한 후 GCMS와 HPLC를 사용하여 식물 화학 성분을 분석했습니다. 적색추출물 파프리카로부터 3.49 %의 수율을 얻었고 황색추출물 파프리카로부터 2.92 %의 수율을 얻었다. 파프리카는 폴리 페놀, 플라보노이드, 카로티노이드, 캡사이신 및 디 하이드로 캡사이신의 풍부한 공급 원인 것으로 보고 되었으며, 그림 8A와 B는 적색추출물 파프리카에서 총 페놀 함량 (TPC)과 총 플라보노이드 함량 (TFC)을 보여 주었다. 적색추출물 파프리카 및 적색추출물 파프리카의 추출물 농도가 증가함에 따라 TPC 및 TFC가 증가 하였다. RPC는 TPC와 TFC가 YME보다 높았습니다. 유사하게, 이전의보고는 TPC, 베타-카로틴, 캡 산틴, 케르세틴 및 루테 올린의 함량이 노란 피망보다 적색 파프리카 풍부하다는 것이 입증되었다. 또한 적색 품종은 황색 품종보다 성숙도가 높으며, 이는 캡사이신, 페놀 및 아스코르브 산과 같은 기능성 분자의 수준이 성숙 적색 파프리카이 풍부합니다. 증가 된 수준의 식물성 분자는 생물학적 활성, 특히 항산화 활성을 현저하게 유발시켰다.

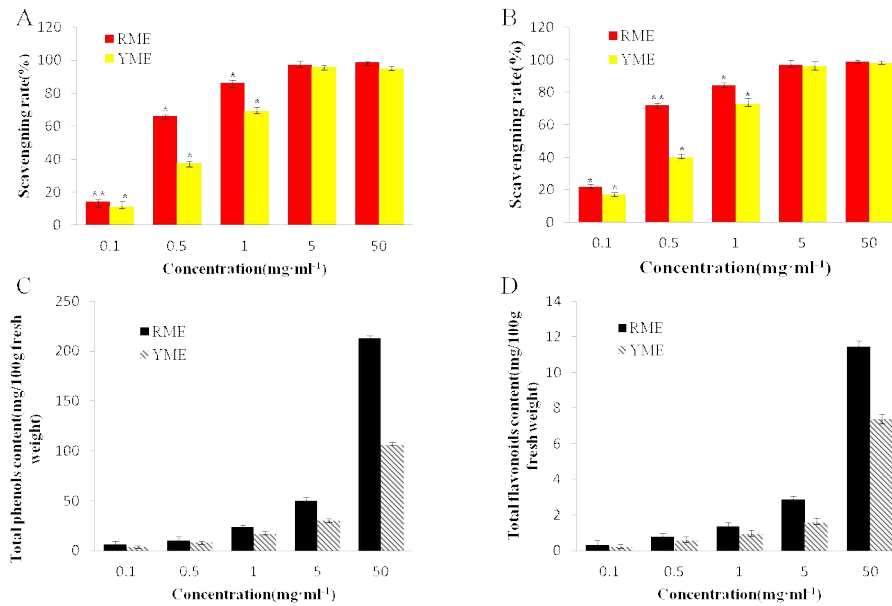


Fig.9 . *Capsicum annuum* L. var.에서 추출한 추출물 RME 및 YME의 항산화 활성 그로스 음 (L.) DPPH 라디칼 소거 속도 (A), ABTS 라디칼 소거 속도 (B), 총 페놀 함량 (C); 총 플라보노이드 함량 (D).

#### 나.9. 항산화 활성

Fig.9C 및 D에서 보여주는 바처럼, 두 품종의 DPPH 및 ABTS 자유 라디칼 소거 속도는 샘플 농도에 정비례한다. 두 샘플의 소거 속도는 5 mg·mL<sup>-1</sup> 및 50 mg·mL<sup>-1</sup>의 농도에서 유의미하게 다르지 않기 때문에. 두 품종 (황색추출물 파프리카와 적색추출물 파프리카)의 샘플은 5 mg·mL<sup>-1</sup> 농도에서 최대 소거율을 가져왔다. 이 결과는 파프리카에 폴리 페놀, 플라보노이드, 카로티노이드, 캡사이신 및 디하이드로 캡사이신이 풍부하여 강력한 항산화 효과를 나타 냈기 때문이다. DPPH 자유 라디칼 소거 속도 (그림 9A)의 결과로부터 이 두 품종을 비교할 때, 적색추출물 파프리카의 IC50 농도는 0.411 mg·mL<sup>-1</sup> 이고, 황색추출물 파프리카는 0.742 mg·mL<sup>-1</sup>이다. ABTS 자유 라디칼 소거 속도 (Table 8B)의 결과로부터, RME의 IC50 농도는 0.343 mg·mL<sup>-1</sup>이고 황색추출물 파프리카는 0.618 mg·mL<sup>-1</sup>이었다. 자유 라디칼 소거 속도는 황색추출물 파프리카보다 적색추출물 파프리카에서 더 높았다. 이것은 아스코르브 산 함량이 황색 파프리카보다 적색 파프리카에서 더 높았으며 이는 강력한 항산화 작용과 직접적인 관련이 있다고 보고되어있다. 산화 방지제 분자가 풍부한 종은 요리 및 냉동과 같은 식품 가공이 품질에 영향을 줄 수 있으므로 파프리카를 생것으로 먹는 것을 권장한다.

#### 나.10. 항균 활성

적색 파프리카 추출물 및 황색 파프리카 추출물의 항균 활성을 *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* 및 그람 (-) 박테리아 *P. aeruginosa*, *E. coli*와 같은 그람 (+) 박테리아에 대해 시험하였다. 추출물의 억제 능력은 억제 영역으로 측정되었고, 추출물은 용량 의존적 방식으로 억제 영역을 보여 주었다 (Fig. 10A-D). 두 추출물 모두 시험 된 병원체를 1 mg·mL<sup>-1</sup>의 농도로 억제 하였다 (Fig. 9E). 추출물은 *B. cereus*의 경우 0.20 mg·mL<sup>-1</sup>, 대장균의 경우 0.30 mg·mL<sup>-1</sup>, *S. aureus*의 경우 0.50 mg·mL<sup>-1</sup> 및 0.60 mg·mL<sup>-1</sup>로 RME의 최소 억제 농도 (MIC)를 나타냈다. 녹농균에 대한 .mL<sup>-1</sup>. YME는 *B.*

cereus에 대해 0.40 mg.mL<sup>-1</sup>, 0.40 mg을 나타냈다. 대장균의 경우 mL<sup>-1</sup>, S. aureus의 경우 0.50 mg.mL<sup>-1</sup>, P. aeruginosa의 경우 0.60 mg.mL<sup>-1</sup>. B. cereus는 TEM에 의한 RME 유도 세포 손상 연구에서 선택되었다. 처리되지 않은 세포와 비교하여 B. cereus 바이오 필름에서 명백한 세포 손상을 나타내는 TEM에 의해 결과가 관찰되었다 (Fig.10 A & B). 이 두 추출물의 비교에서, RME는 황색 품종보다 적색으로 비교 한 생물 활성 식물성 분자의 풍부함으로 인해 YME보다 높은 항균 효과를 나타냈다. 또한, 피망 추출물은 다른 대장균 0157 : H7 (944, E0019, F4564 및 Cider)을 억제함으로써 같은 소고기의 보존 시간을 연장시키는 것으로 알려져 있다. 한 연구에 따르면 다진 소고기에 피망 추출물을 코팅하면 S. typhimurium과 P. aeruginosa를 억제하여 저장 시간을 연장 할 수 있다고 보고했다. 따라서, 이러한 연구는 피망 추출물의 항 박테리아 효과가 입증되었습니다. 또한 이 추출물은 항균은 나노 입자와 합성 할 수 있다.

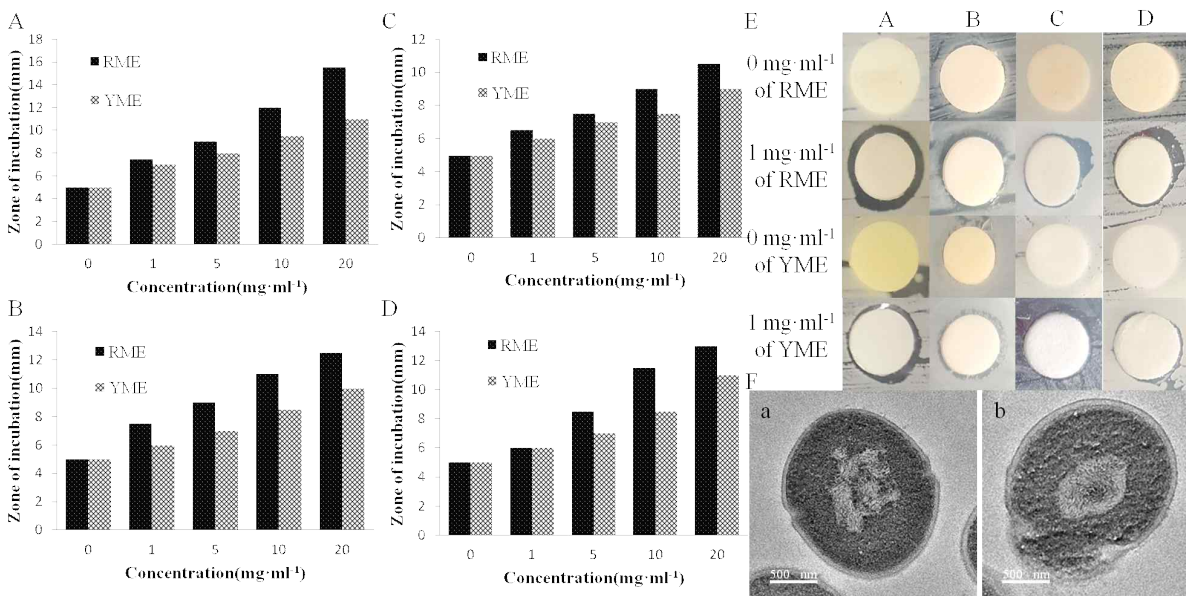


Fig.10. 박테리아, *Bacillus cereus* (A), *Escherichia coli* (B), *Staphylococcus aureus* (C)에 대한 다른 농도의 적색 메탄올 파프리카(RME)과 황색 메탄올 파프리카(YME)의 항균 활성 TEM에 의한 *Bacillus cereus* (a, 대조군; b, RME로 처리)

### 나.11. 항암 활성

이 연구에서, WST 키트 분석은 A549 및 NIH3T3에서 RME 및 YME의 세포 독성을 검출하기 위해 사용되었다. 결과는 도 Fig.11A에 나타난 바와 같이, 두 추출물 모두 NIH3T3 세포에서 세포 독성을 나타내지 않았고, 125 µg.mL<sup>-1</sup>의 농도는 A549 세포에서 강한 세포 독성을 나타냈다 (Fig.11B). 고추 추출물은 암세포의 세포막에서 NADH 산화 효소를 불 활성화시켜 암세포에서 세포자멸사를 유도 할 수 있는 캡사이신을 함유하고 있기 때문에 인간 암세포에서 세포 자멸사를 유도한다고 많은 보고가 있다. 파프리카에는 캡 사이시 노이드의 많은 기능적 성분이 있습니다. 따라서, 피망 추출물은 A549 세포에 항암 활성을 가지고 있다고 생각합니다. 두 가지 색상의 피망을 비교함으로써, RME의 IC50 농도는 185.82 µg.mL<sup>-1</sup>이고 YME는 517.61 µg.mL<sup>-1</sup>이었다. 세포 생존율은 YME보다 RME에서 더 낮은 것으로 밝혀졌다. 이것은 적색 품종이 황색 품종보다 더 많은 총 페놀 물질을 함유하기 때문에 적색 품종의

항암 활성이 황색 품종보다 더 효과적임을 나타냅니다. 또한 피망의 펙틴 다당류와 같은 파프리카의 항암 특성에 대한 많은 연구가 유방암 세포의 성장을 효과적으로 억제합니다. 추출물의 항암활성은 폴리페놀과 밀접한 관련이 있었다.

반응성 산소 종 (ROS)의 수준이 산화 스트레스에 더 취약하다는 것이 잘 알려져 있다. 이를 바탕으로 연구원들은 암 세포에서 산화 스트레스를 자극하거나, ROS 생성을 촉진하거나, ROS 제거 시스템을 억제하는 암 물질의 ROS의 원래 수준보다 높은 A 물질을 사용하여 10년 전에 방법을 제안했습니다. 돌이킬 수 없는 산화 적 손상 및 세포 사멸. 실험에서, ROS의 수준은 DCFH-DA 방법에 의해 결정되었다. DCFH-DA 시약 자체는 형광이 없으며 세포막을 자유롭게 통과 할 수 있습니다. DCFH-DA가 세포로 들어가면, 세포의 esterase 테라 제에 의해 DCFH로 가수 분해되는 반면, DCFH는 세포막을 통과 할 수 없다. 셀에 충분한 ROS가있는 경우 비 형광 DCFH를 DCF로 산화시킬 수 있으며, 이는 형광을 생성 할 수 있습니다. Fig.12C & D의 현미경 사진에 따르면, 일부 형광 녹색은 대조군에서 희미하게 보이고, 이는 또한 암 세포에서의 ROS 수준이 정상 세포의 ROS 수준보다 높다는 이론적 근거와 일치한다. 실험군에서 형광 녹색 세포의 수는 두 추출물의 농도에 비례했다. 이것은 두 배양기의 추출물이 암 세포의 산화 스트레스를 자극함으로써 암 세포의 아 pop 토 시스를 유도한다는 것을 나타낸다. 두 실험 그룹을 서로 비교했습니다. 동일한 농도에서, RME의 형광 녹색 세포의 수는 항상 YME의 것보다 높았다. 이는 RME의 항암 활성이 YME보다 강하다는 것을 나타냅니다.

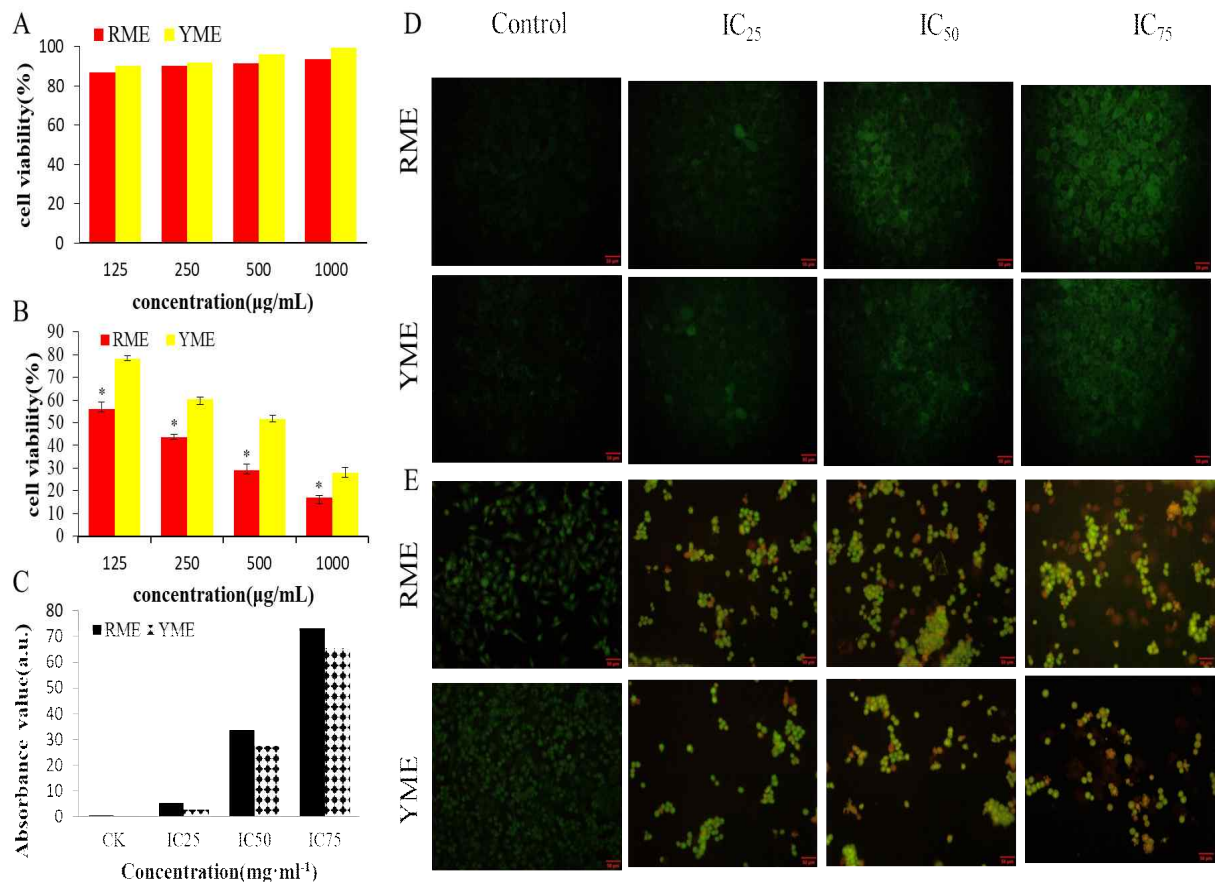


Fig.11. NIH3T3세포 (A), A549 세포 (B)에서 RME 및 YME의 세포 독성, RME 및 YME로 처리 된 A549 세포에서 ROS 생성 측정 (C, D). RME 및 YME로 처리 된 A549 세포의 A0/EB 염색 (E).



Fig. 11E는 대조군 및 실험군에서 A549 세포를 A0 / EB 염색으로 염색 한 결과를 보여준다. 아 크리 딘 오렌지 (A0)는 완전한 세포막을 갖는 세포의 DNA에 삽입 될 수있는 염색제로서, 현미경 하에서 세포를 형광 녹색으로 만든다. EB는 손상된 세포막을 통과하여 세포로 들어가서 DNA를 삽입하고 현미경 아래에서 세포를 형광 적색으로 보이게 된다. 따라서, 대조군에서 세포는 현미경 하에서 모두 형광 녹색이며, 각각의 세포는 정상적인 구조를 가지므로 실험에 사용 된 세포는 살아있는 세포라는 것을 알 수있다. 실험군에서, 형광 적혈구는 추출물의 농도에 따라 증가하였고, 세포는 응축 및 비드를 보였으므로, 이들 세포는 후기 세포 자멸 세포였다. 이것은 적색 및 황색 피망 메탄올 추출물의 실험 그룹에서 관찰되었으며, 이는 두 추출물이 암 세포주를 파괴함으로써 아포토시스를 유도했음을 나타낸다. 두 추출물의 결과를 서로 비교하였다. RME의 적색 형광 세포는 YME보다 유의하게 많았기 때문에 결과는 간접적으로 얻을 수 있었습니다. RME의 항암 효과는 YME의 것보다 낮다.

#### 나.12. Ca-ZnO NR의 합성 및 구조 분석

나노 물질에 대한 관심이 높아짐에 따라 NPs 합성을 위한 물리적, 화학적, 생물학적 등 다양한 접근 방식이 개발되었다. 현재, "녹색 제제"의 개발은 독성이 없고 비용 효과적이다. 본 연구에서, ZnO 로드 형 나노 입자는 캡핑제로서 레드 파프리카 (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* (L.) Sendt) 수성 추출물을 사용하여 합성되었다. 나노 물질의 주요 광학 특성은 UV-vis 분광 광도 분석을 사용하여 식별되었다. ZnO NR의 형성은 표면 공명 플라즈몬 (SPR)으로 인한 용액의 점진적인 색 변경에 의해 검출되었다. Zn<sup>2+</sup>의 ZnO 이온으로의 생물 환원은 주로 *C.annuum* L. var. 그로스 움 (L.) 센트 추출물 및 ZnO NR의 형성이 6 시간의 배양 동안 관찰되었다. 아세트산 아연에 *C. annum* 추출물을 첨가 한 후 형성된 백색 침전물은 양성 ZnO NR 합성의 초기 반응이었다. 배양 6 시간 후에 얻은 UV-vis 스펙트럼은 ZnO NR의 특성 피크 인 372nm에서 최대 흡수 피크 ( $\lambda_{max}$ )를 나타냈다 (Fig.12A). 얻어진 SPR 결과는 녹색 합성 ZnO NR에 대한 이전 보고서와 일치했다.

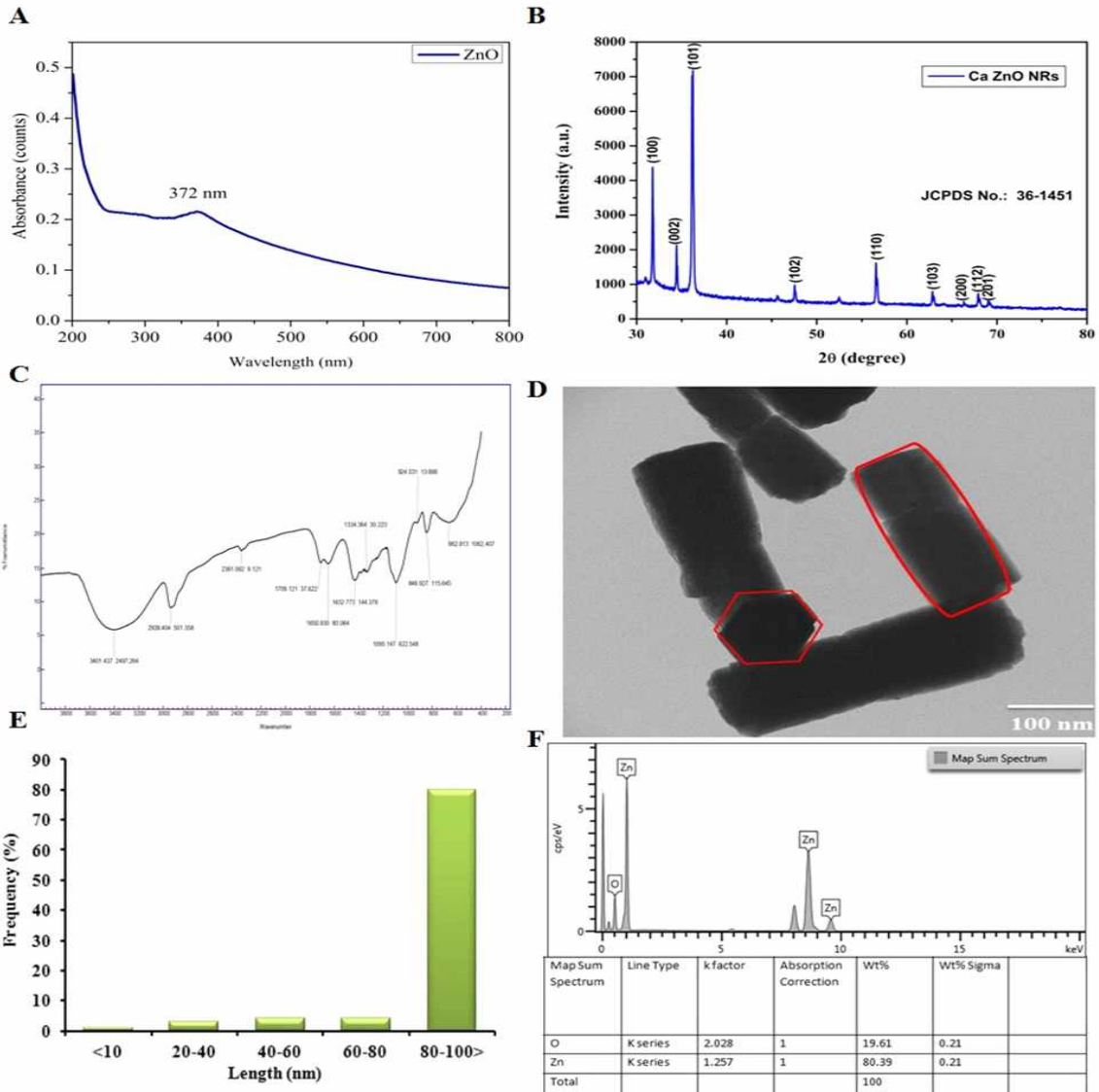


Fig.12. Ca-ZnO NR (A)의 표면 플라즈몬 공명을 나타내는 UV-Vis 스펙트럼, Ca-ZnO NR (B)의 다양한 Bragg의 반사 피크를 나타내는 XRD 패턴, Ca-ZnO NR (C)의 기능적 피크의 FTIR 스펙트럼, 전체 방출 Ca-ZnO NR의 지형 및 크기를 나타내는 투과 전자 현미경 (FE-TEM) 이미지. (D), Ca-ZnO NR의 평균 크기 분포 (E), Ca-ZnO NR (f)의 원소 조성을 나타내는 EDX.

XRD 분석은 ZnO 나노 물질의 상 및 결정질 특성을 결정하는데 유용하다. 현재 연구에서 ZnO NR의 XRD 패턴 (Fig. 12B.)은  $(2\theta) = 31.94^\circ$  (100),  $34.55^\circ$  (0 2),  $36.45^\circ$  (110)에서 다른 피크를 보여주었습니다.  $47.65^\circ$  (1 0 2),  $56.75^\circ$  (110),  $62.95^\circ$  (110),  $66.45^\circ$  (2 0),  $68.10^\circ$  (11 2) 및  $69.20^\circ$  (2 0 1) Wurtzite 형태의 결정질 재료의 전형적인 육각 형상에 대한 JCPDS 카드 (NO 36-1451)와의 합치. XRD에서 (10), (0 2), (10 1) 평면의 존재는 ZnO NR의 우르 자이 트 구조의 육각 상 형성을 나타낸다. 나노 물질의 순도를 강조하는 추가 피크는 없었다. (101)에서 얻어진 피크는 Ca-ZnO NR의 다결정 구조를 나타내는 가장 두드러진 피크이다. 평균 결정 크기는 67.69 nm 인 것으로 밝혀졌다. 이러한 결과는 ZnO NR에 대한 이전 보고서 에 따른다.

Ca-ZnO NR에 존재하는 작용기를 결정하기 위해 FT-IR 스펙트럼을 수행 하였다. FT-IR 스펙트럼은

3800-200  $\text{cm}^{-1}$ 의 범위에서 기록되었다(Fig.12C). FT-IR 스펙트럼은 846.927 $\text{cm}^{-1}$ , 1095.147 $\text{cm}^{-1}$ , 1650.930 $\text{cm}^{-1}$ , 2361.092  $\text{cm}^{-1}$  및 3401.437 $\text{cm}^{-1}$ 에서 현저한 피크를 나타냈다. 3401.437 $\text{cm}^{-1}$ 에서의 넓은 피크는 캡핑제에 존재하는 하이드록실기(O-H)의 존재로 나타낼 수 있다. 846.927 $\text{cm}^{-1}$ 에서의 피크는 ZnONR의 연신주파수를 나타낸다. 1095.147 $\text{cm}^{-1}$ 에서의 피크는 카르보닐 측 기의 대칭 신장에 기인한다. 2361.092 $\text{cm}^{-1}$ 에서의 피크는 C-N과 관련된 신장 주파수를 나타낼 수 있다. 1650.930 $\text{cm}^{-1}$ 에서 작은 피크는 C=C 주파수를 나타낸다. 스펙트럼은 생리활성물질에 존재하는 작용기가 Zn이온에 대한 강한 친화성으로 인해 ZnONR의 형성에 관여할 수 있음을 보여준다. 생리활성물질과 ZnO NR 사이의 연관성은 NP의 캡핑을 초래한다. 얻어진 결과는 ZnO NR에 대한 이전 보고서에서 뒷받침되었다. FE-TEM을 분석하여 Ca-ZnO NR의 크기 및 형태를 결정하였다. 본 연구에서, FE-TEM 현미경사진 (Fig.12D)은 입자가 막대형이고 평균직경이 72nm인 작은 폭 대 길이 비임을 보여 주었다(Fig.12E). 본 결과는 Li et al.의 연구와 일치한다. [42]는 N-아세틸-L-시스테인 캡핑된 ZnO 나노로드의 평균 직경이 ~ 70nm임을 보고했다. 또한, ZnO NR의 EDX 분석은 80.39%를 포함하는 금속아연의 3개의 방출피크 및 19.61%를 포함하는 산소의 1개의 방출피크를 보여주었다(Fig.12F). 아연 및 산소 원자에 대해 얻어진 뚜렷한 피크는 ZnO NR의 형성을 나타낸다. ZnO NR의 순도를 나타내는 추가 피크는 발견되지 않았다. EDX 분석 결과는 이전 보고서와 일치합니다. 아연과 산소의 원소 분포 매핑. 이 원소 매핑 이미지는 또한 녹색으로 공식화 된 ZnO NR에서 원소의 균일한 분포를 보여 주었다.

### 나.13. Ca-ZnO NR의 최소 억제 농도 (MIC) 및 최소 살균 농도 (MBC) 측정

MIC 분석은 박테리아의 눈에 띄는 성장이 관찰되지 않은 화합물 또는 물질의 최저 농도를 평가하기 위해 수행되었다. Ca-ZnO NR의 최소 억제 농도 (MIC) 및 최소 살균 농도는 베어 아연 아세테이트 Fig.13. *S. aureus* 수성 추출물의 농도보다 비교적 낮았다. MIC 및 MBC 결과는 또한 Ca-ZnO NR이 그람-양성 *S. aureus*와 비교하여 그람-음성 *S. enterica*를 예방하는 더 우수한 능력을 나타냄을 보여주었다. *S. enterica* 및 *S. aureus*에 대한 Ca-ZnO NR의 MIC는 각각 2.42 및 4.88  $\mu\text{g} / \text{ml}$ 였다. *S. enterica*에 대한 Ca-ZnO NR의 MBC는 98.97  $\mu\text{g} / \text{ml}$ 이고 *S. aureus*는 190.67  $\mu\text{g} / \text{ml}$ 입니다. MIC는 99 % 성장을 억제 한 ZnO NR의 양으로 간주되었다. MBC는 박테리아 배양에서 성장 또는 100 % 억제가 없는 ZnO NR의 양으로 간주되었다. 이러한 결과는  $\beta$ -1,3-글루칸 결합 단백질 캡핑된 ZnO NP의 항균 특성이 그람 음성 박테리아에 대해 더 크다고 언급했다.

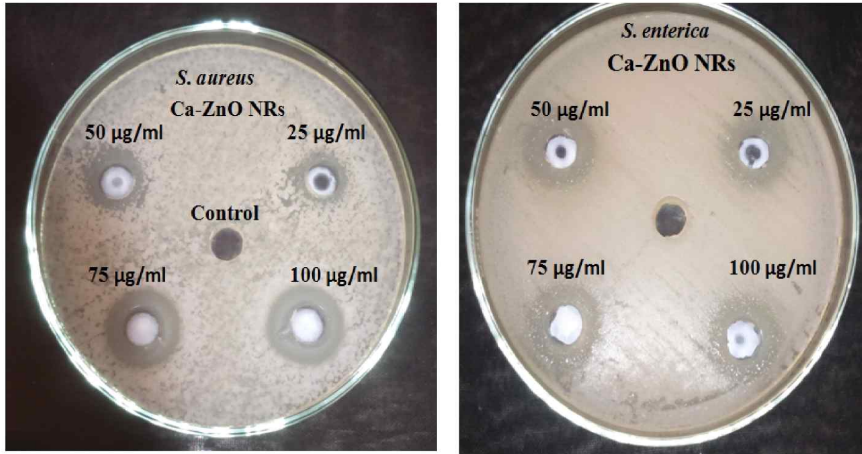


Fig. 13. A & B : Gram-positive *S. aureus*와 Gram-negative *S. enterica*에 대한 Ca-ZnO NR의 항박테리아 활성도.

#### 나.14 Ca-ZnO NR의 항균 활성

의학적으로 중요한 그람 양성 및 그람 음성 박테리아에 대한 녹색 제제 ZnO NR의 항균 능력은 한천 우물 확산법에 의해 평가되었다. 결과는 농도가 증가함에 따라 억제 영역이 증가함을 보여준다(그림12A). 그람 양성 *S. aureus* 레 우스에 대한 억제 영역은 각각 25, 50, 75 및 100 µg / ml에서 7mm, 12mm, 18mm 및 22mm였다. (Fig12.B 및 13). 그람 음성 *S. enterica* 리카에 대한 억제 구역은 25, 50, 75 및 100 µg / ml에서 각각 12mm, 17mm, 19mm 및 26mm였다. 결과는 *S. enterica*가 *S. aureus*보다 ZnO NR에 더 취약하다는 것을 지지 하였다. 이것은 작은 크기와 더 높은 표면 대 부피 비율 및 더 많은 기능성 화학 물질이 고추아눔 추출물에 존재하기 때문입니다. 더 작은 ZnO NR은 박테리아 세포막 내에서 쉽게 침투하여 더 높은 살균 효과를 나타냈다. 또한, 녹색으로 조제 된 Ca-ZnO NR은 Zn<sup>2+</sup> 이온을 방출하고 있으며, 이는 음으로 하전 된 박테리아 세포벽을 쉽게 포착했다. ZnO NR은 막 인지질 및 단백질과 결합하고, 박테리아 성장을 크게 손상시키는 하이드록실 라디칼 및 ROS 생성과의 반응 후에 지질 과산화가 시작된다. 다른 이유는 그람 양성 박테리아에서 펩티도글리칸 층으로 구성된 박테리아 세포벽이 나노물질의 항균활성을 감소시키는 것이다. 그람음성 박테리아에 대한 ZnO NR의 항균 특성은 세포괴사 및 펩티도글리칸 층의 부족 때문이다. 이전 연구에서도 유사한 결과가 얻어 졌는데, 이는 산화 아연 나노물질이 박테리아 세포벽과 광범위하게 상호작용하여 세포용해를 일으킨다는 것을 보여 주었다.

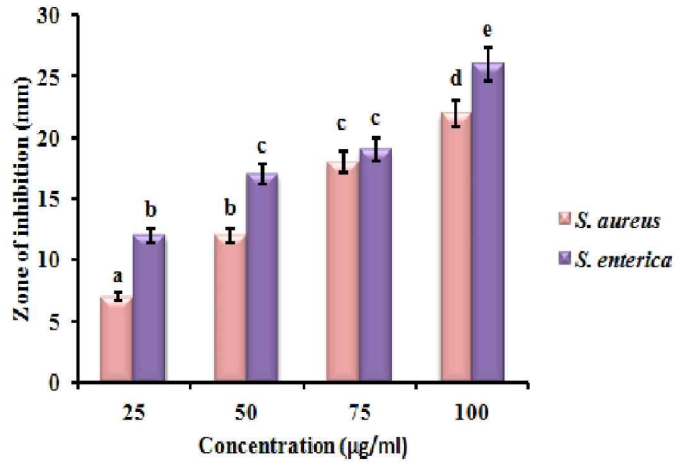


Fig.14. 그람 양성 *S. aureus* 및 그람 음성 *S. enterica*에 대한 Ca-ZnO NR의 시험 관내 항균 활성.

#### 나.15. Ca-ZnO NR의 시험 관내 항산화 활성

식품 및 생물학적 물질에서 자유 라디칼의 유해한 역할 때문에 자유 라디칼 소거 활성이 매우 중요하다. 실제로, 자유 라디칼은 산화 과정에 의해 생물학적 손상을 일으킨다. 이것은 자폐, 지질 과산화, 그리고 아마도 노화, 방사선 손상, 화학적 발암 또는 다른 병리학 적 과정의 일부 측면에서 발생한다. 반면에, 증가되거나 통제되지 않은 자유 라디칼 활성은 다른 요인과 결합하여 신경 퇴행성 질환, 심장 질환, 암, 심장 질환, 후천성 면역 결핍 증후군 및 신경계 장애와 같은 일부 질병을 유발할 수 있다. 상이한 농도 (10-100 µg / ml)에서 Ca-ZnO NR의 DPPH 자유 라디칼 소거 활성을 평가하고 표준으로 사용된 아스코르브산과 비교 하였다. Ca-ZnO NR은 용량 의존적 방식으로 항산화 능력을 나타냈다 (도 14). 최대 활성은 100 µg / ml에서 기록되었다. Ca-ZnO NR의 항산화 활성은 표준 아스코르브산의 항산화 활성과 유사했다. 이러한 결과는 Cassia 누관 추출물을 사용하여 합성 된 더 높은 농도의 ZnO NP에서 더 높은 DPPH 라디칼 소거 활성을 나타내는 이전 연구와 밀접하게 일치한다.

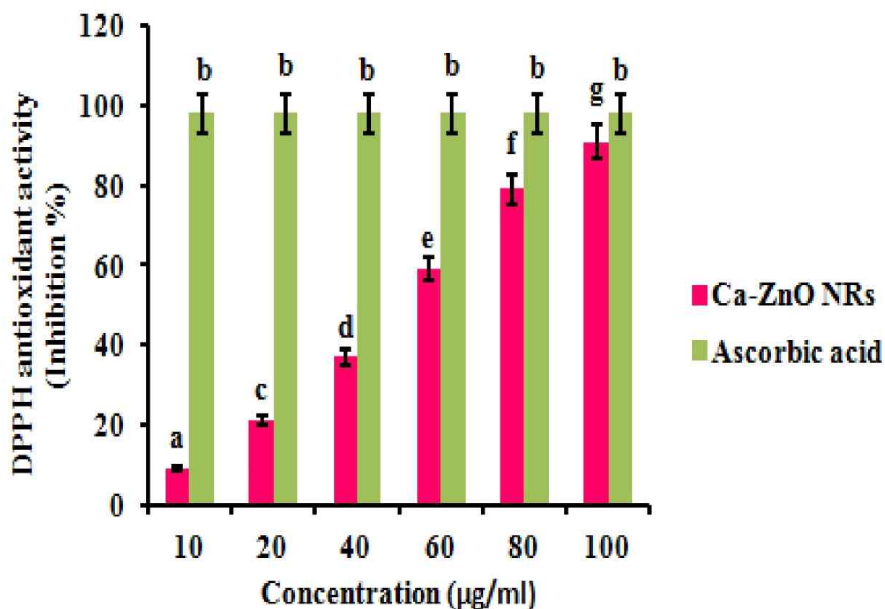


Fig.15. Ca-ZnO NR의 시험 관내 항산화 활성

### 나.16. Ca-ZnO NR의 시험 관내 항염증 활성

이물질 또는 화학 물질에 의해 수많은 종류의 염증이 유발된다. 염증 치료를 위한 새로운 경로를 개발할 필요가 있다. 나노 물질은 지난 수십 년 동안 잠재적 인 항염증제로 등장했다. 나노 물질은 표면적 대 부피 비율이 크기 때문에, 대량 대응물과 비교할 때 사이토카인 및 염증 보조 효소와 같은 염증 증강제를 차단하는 것이 더 좋다. 일부 금속 및 금속 산화물 NP는 금, 셀레늄, 구리, 니켈 및 산화 아연 과 같은 항염증 특성이 부여 된 것으로 보고되었다. 본 연구에서, 적색 파프리카 (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* (L.) Sendt) 수성 추출물 캡핑된 ZnO NR의 항 염증 효과는 BSA 단백질의 변성에 현저한 억제력을 나타냈다(그림15). 농도가 증가함에 따라 억제수준이 증가하였다. 500 µg/ml에서 90%의 최대 억제가 기록되었다. Ca-ZnO NR은 표준 standard drug diclofenac sodium (500 µg/ml에서 95%)과 비교할 때 상당한 항염증 효과를 나타냈다. 본 결과는 *Andrographis paniculata* 기반 ZnO NP의 잎 추출물은 항산화 및 항염증활성을 나타냈다. 유사하게, ZnO NP가 두 맹그로브 식물의 수성 추출물, 즉 zz를 사용하여 제형화된 것으로 보고되었다. *Heritiera fomes*와 *Sonneratia apetala*는 나노입자(69.1%)와 비교하여 항염증(79%) 효과가 탁월하였다.

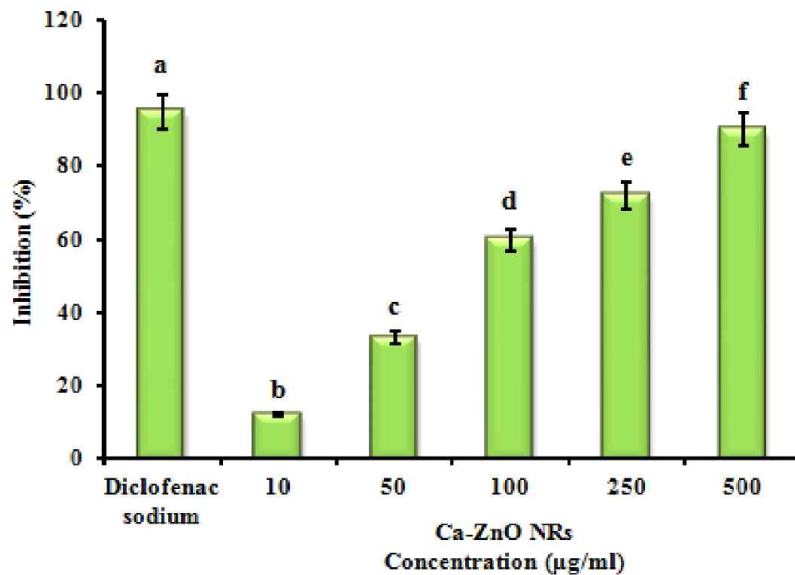


Fig. 16. Ca-ZnO NR의 시험 관내 항 염증 활성.

### 나.17. Ca-ZnO NR의 용혈 분석

ZnO NR의 용혈 가능성은 용혈성 황달 및 빈혈의 발생 가능성으로 인해 임상 적용 전에 평가되어야 한다. 미국 재료 시험 협회 (ASTM F 756-00, 2000)에 따르면, 각 재료는 3 가지 범주로 분류 될 수 있다 : 용혈 (5 % 이상 용혈), 약간 용혈 (2 % ~ 5 %) 및 비-용해 용혈성 (2 % 미만). 현재의 연구에서 Red paprika extract와 Ca-ZnO NR의 용혈 전위는 1-3 µg / ml 범위의 농도에서 측정되었습니다. 최대 용혈은 3 mg / ml (*C. annuum* 추출물의 경우 0.58 %, Ca-ZnO NR의 경우 각각 0.95 %)에서 검출되었다 (표 9). Ca-ZnO NR 처리 후, 위상 광 현미경으로 형태 학적 관찰을 분석하여 RBC의 형태 변화를 검출 하였다 (도 16).

Ca-ZnO NR은 용혈 활성이 매우 낮았다. 5 % 용혈은 생체 물질에 허용되는 한계로 간주되므로 용혈 활성을 위해 최대 2.5 mg / mL의 ZnO 나노 입자를 섭취 할 수 있습니다 [57]. 따라서, 합성 된 Ca-ZnO NR은 낮은 농도에서 본질적으로 생체 적합성이라는 것이 언급 될 수 있다. 이러한 결과는 Ag / ZnO 복합 드레싱이 무시할만한 용혈 (2.81 %)을 나타내며 용혈이 아닌 물질로 간주되었다는 이전의 보고서와 일치한다.

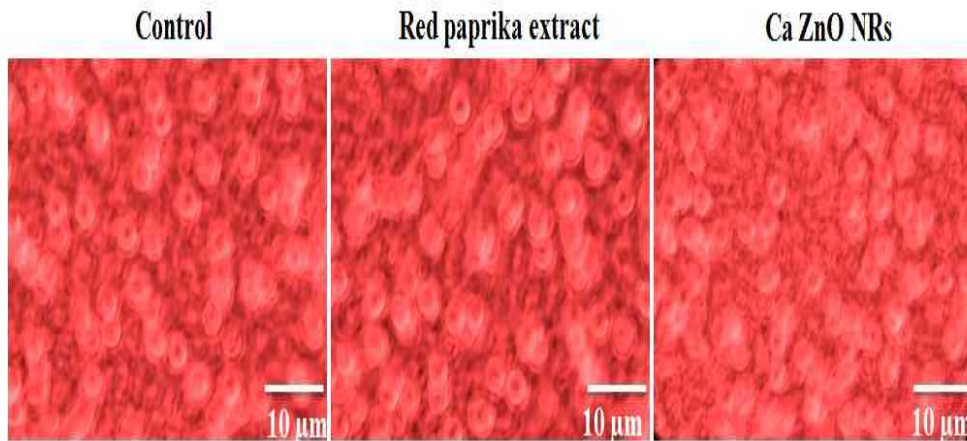
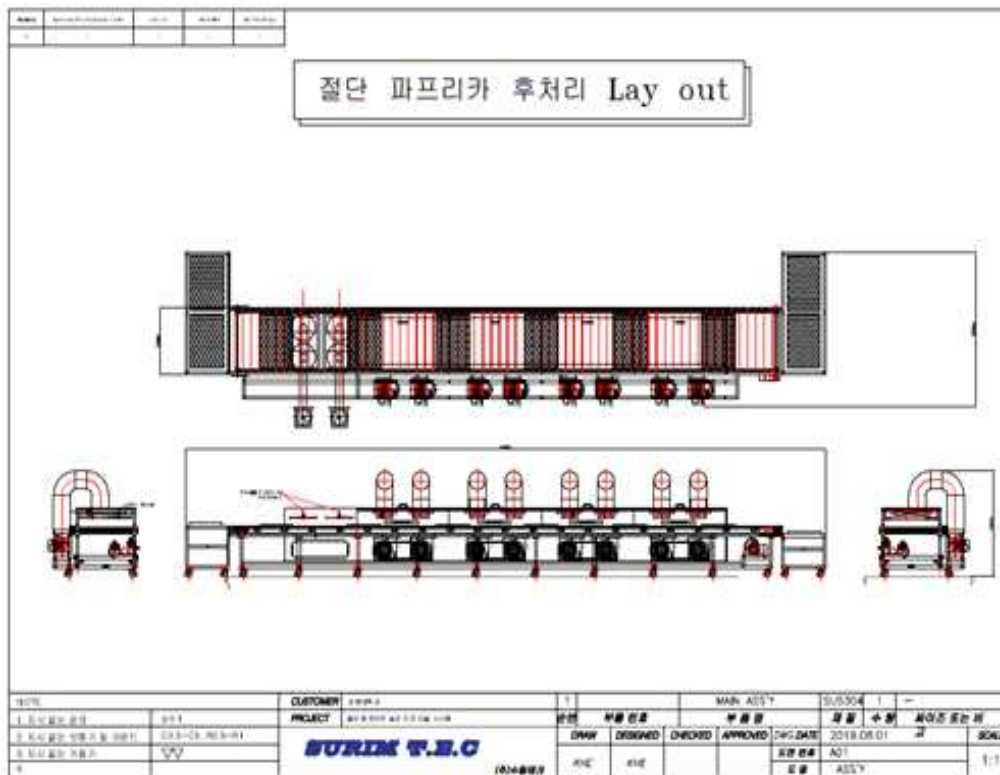
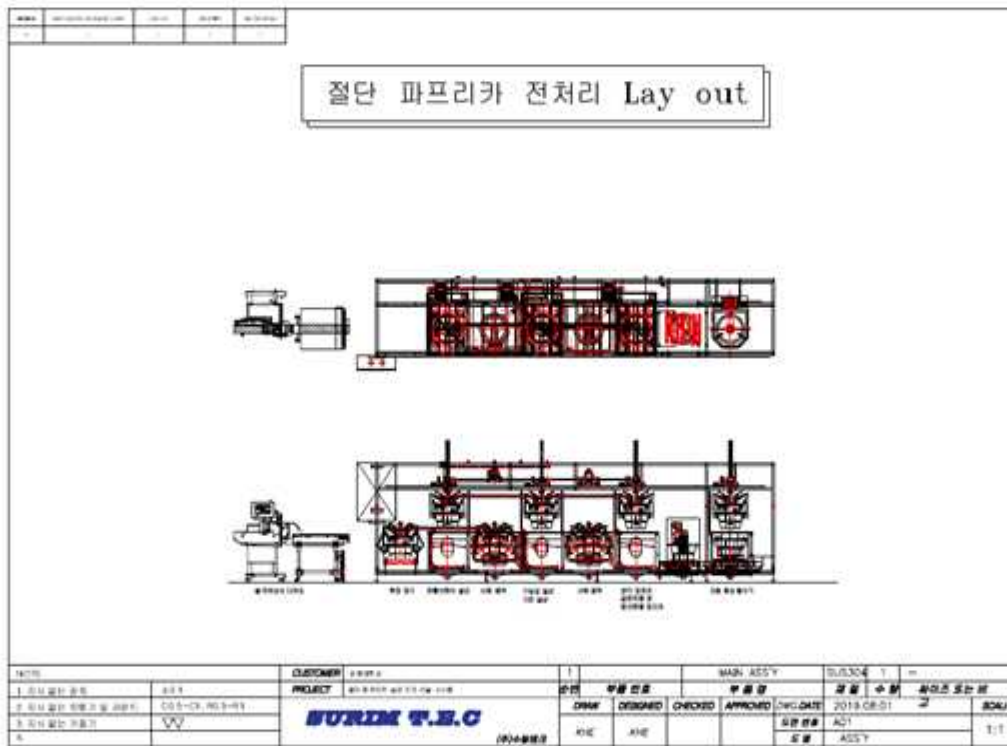


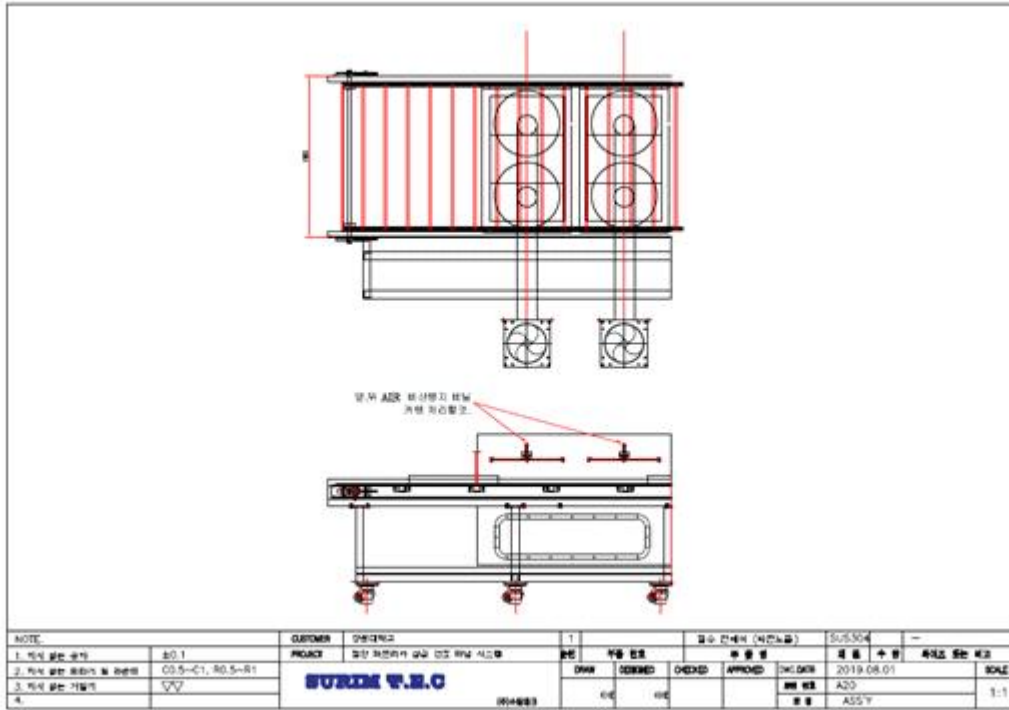
Fig.17. Ca-ZnO NR의 용혈 능력을 보여주는 가벼운 현미경 이미지.

나.18. 자료조사 및 자체연구를 통해 제작된 시제품 설계도면

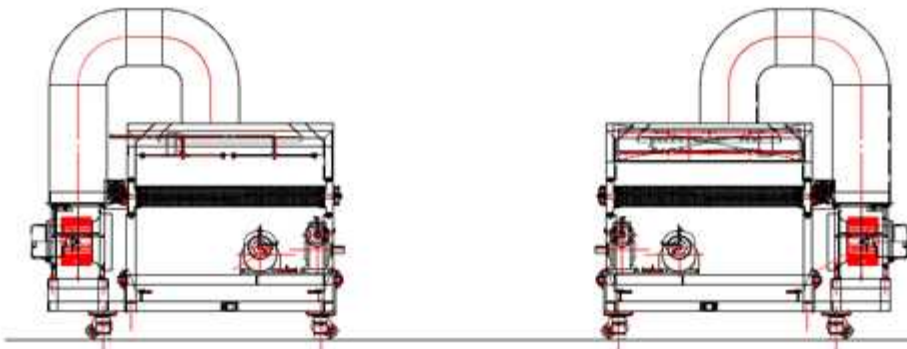




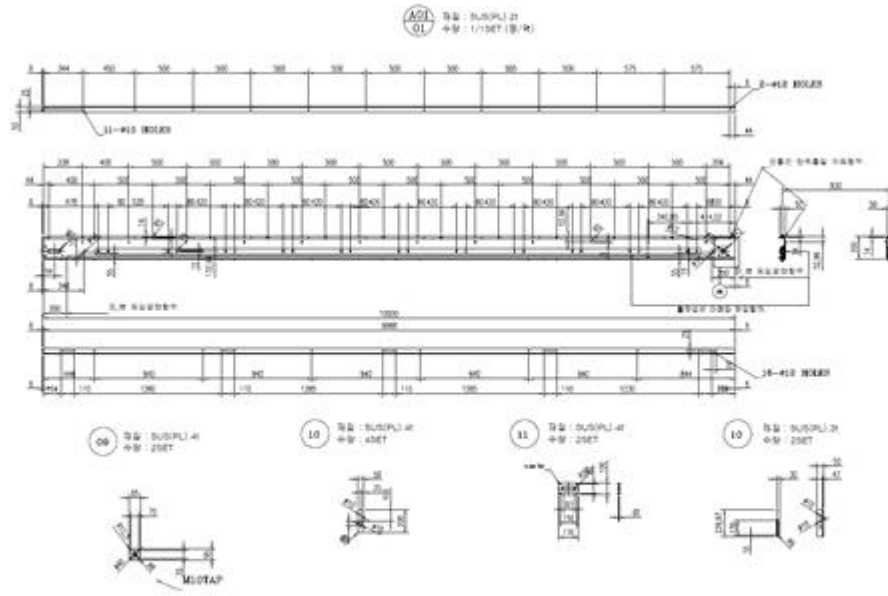




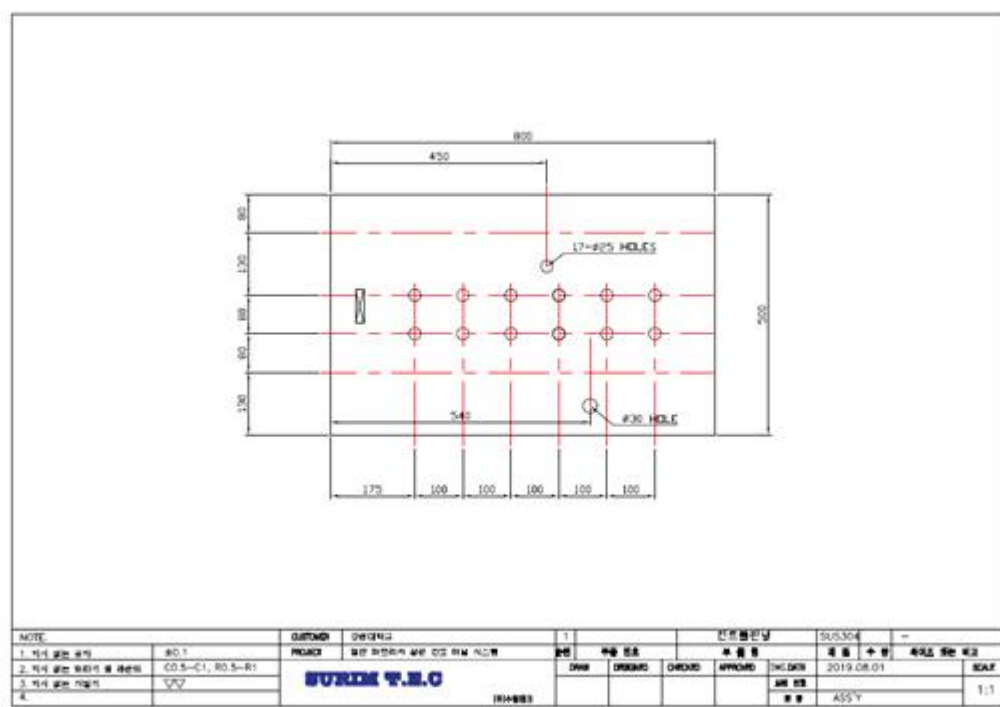
차압예냉식 건조 시스템



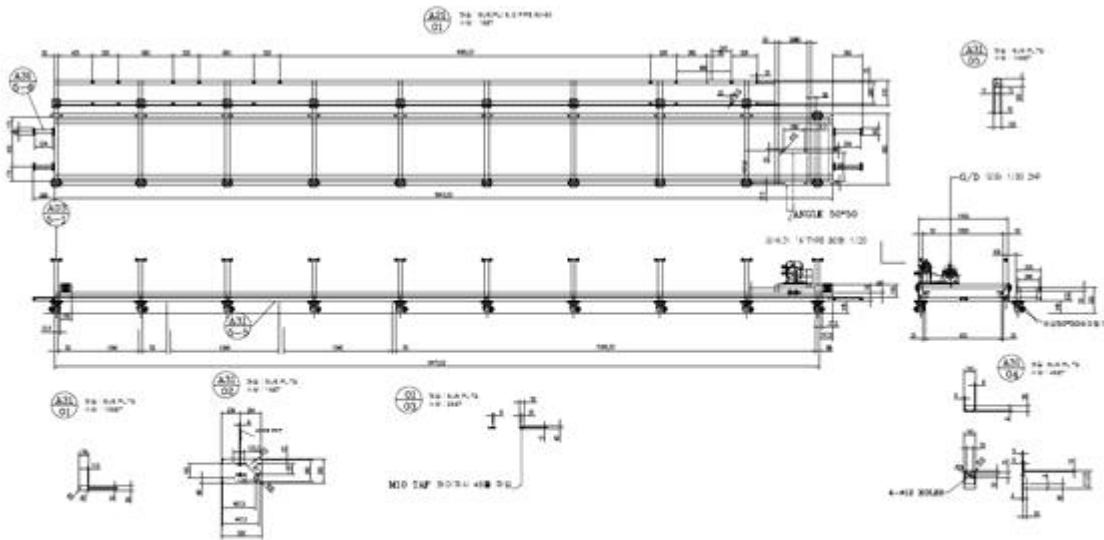
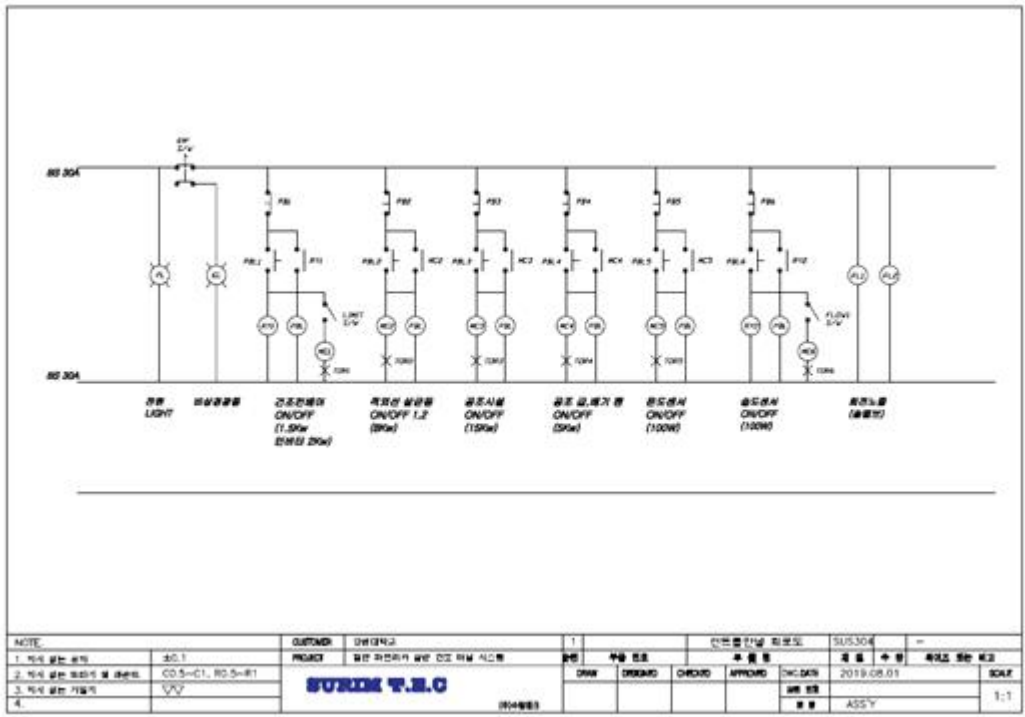
NOTE		CUSTOMER	양산대우	1		양산대우 (제안번호)	SUS304	-
1. 치차 굽는 위치	±0.1	PROJECT	양산대우가 구매 한 차량 시스템	판권	작성 완료	수용량	수량	제작일 또는 일자
2. 치차 굽는 위치의 높낮이	C0.5~C1, R0.5~R1		<b>SURIM F.S.C</b>	DWG	DESIGN	CHECKED	APPROVED	DATE
3. 치차 굽는 기밀성	▽▽			0%	0%		0%	2019.08.01
4.							0%	SCALE
							0%	1:1



NOTE		CUSTOMER	대한건설	1	MAIN FRAME				SUS304	-	
1. 차시 검토 일자	20.1	PROJECT	경인 인터파크 호텔 2차 콘크리트 시공	DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	400mm x 400mm
2. 차시 검토 대상의 명칭	CO.5-C1, RO.5-R1	SURIM T.E.C		DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
3. 차시 검토 일자	19.12			DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
4.				DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1

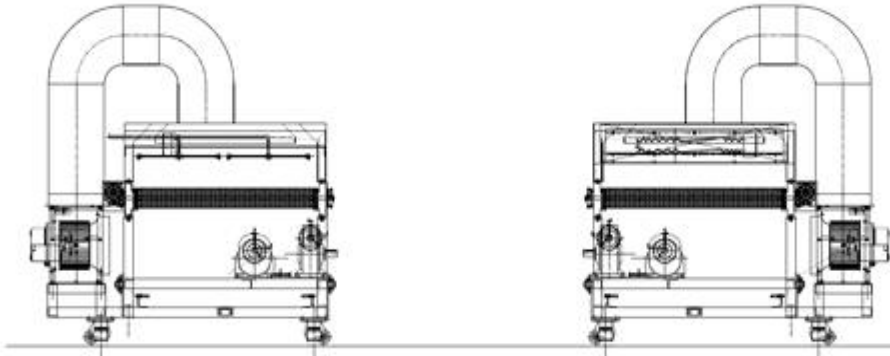


NOTE		CUSTOMER	대한건설	1	MAIN FRAME				SUS304	-	
1. 차시 검토 일자	20.1	PROJECT	경인 인터파크 호텔 2차 콘크리트 시공	DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	400mm x 400mm
2. 차시 검토 대상의 명칭	CO.5-C1, RO.5-R1	SURIM T.E.C		DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
3. 차시 검토 일자	19.12			DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
4.				DRW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1

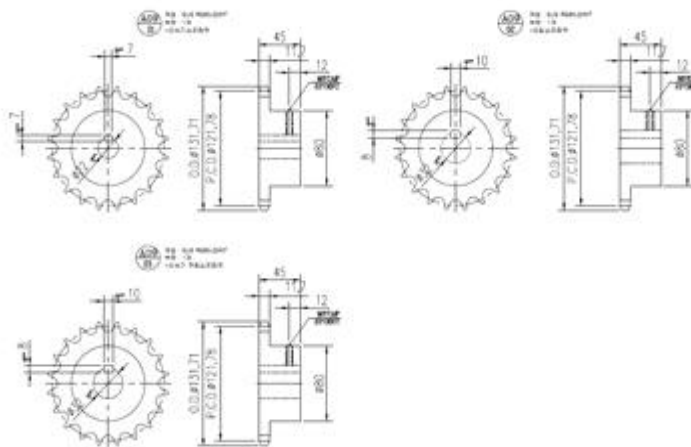


NOTE		CUSTOMER	강원대학교	1	LEC FRAME		SUS.304	-
1. 치수 공차 범위	±0.1	PROJECT	강원대학교 교내 연구 시설	수원	부품 번호	부품 명	재질	수량
2. 치수 공차 범위가 불충분	CO.5~C1, RD.5~R1	SURIM T.E.C		DRAW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DWG DATE
3. 치수 공차 기입기	▽▽			KHE	KHE			
4.								SCALE
								1:1

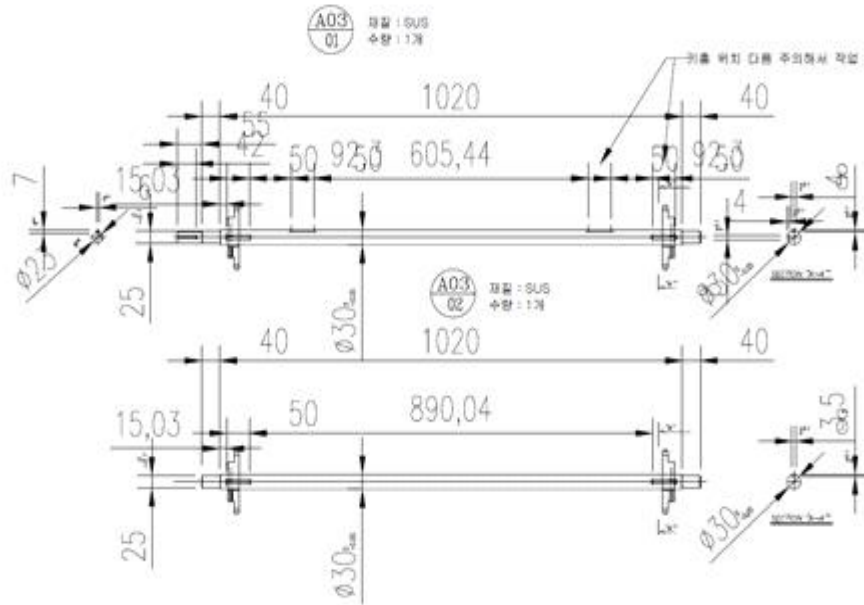
A18  
01 차압예냉건조-공조



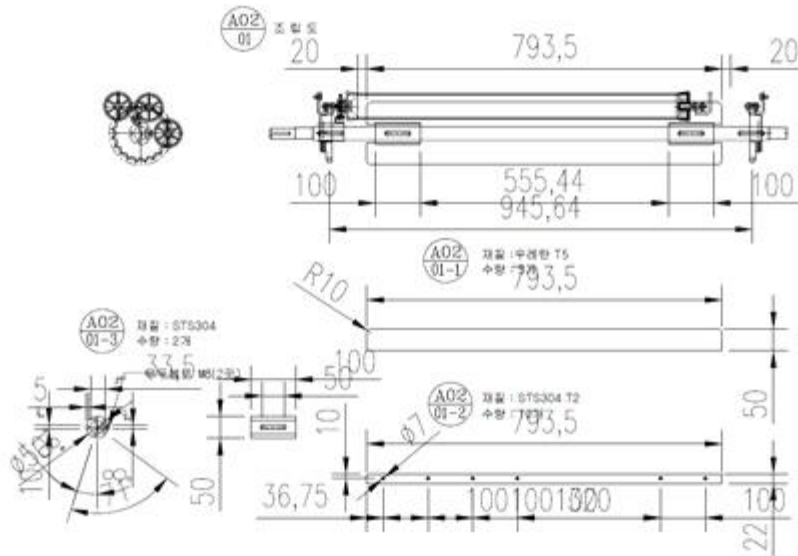
NOTE		CUSTOMER	양천대학교	1	차압예냉건조-공조				SAUSO4	-	
1. 차의 설명, 품목	80.1	PROJECT	공인 제조회사 없이 제조 시공	작성	수용 검토	수용 검토		작성 일자	2019.08.01	확인된 용인 번호	SCALE
2. 차의 설명, 품목의 명세	CO.5-C1, RO.5-R1	SURIM T.E.C		DRAW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	SCALE
3. 차의 설명, 기호기	▽▽			작성 일자	2019.08.01	작성 일자	2019.08.01	작성 일자	2019.08.01	작성 일자	2019.08.01
4.											



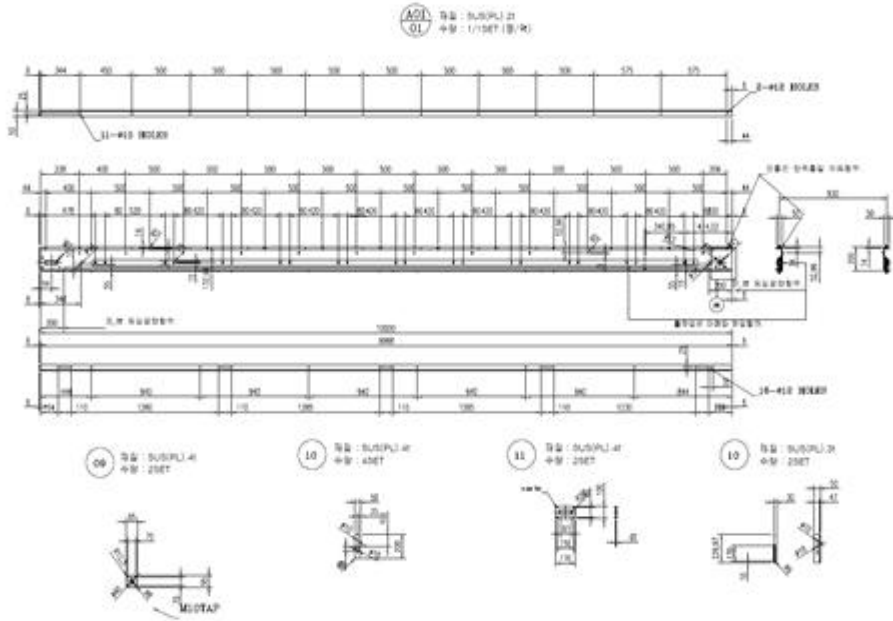
NOTE		CUSTOMER	양천대학교	1	MOTOR SPROCKET				SAUSO4	-	
1. 차의 설명, 품목	80.1	PROJECT	공인 제조회사 없이 제조 시공	작성	수용 검토	수용 검토		작성 일자	2019.08.01	확인된 용인 번호	SCALE
2. 차의 설명, 품목의 명세	CO.5-C1, RO.5-R1	SURIM T.E.C		DRAW	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	SCALE
3. 차의 설명, 기호기	▽▽			작성 일자	2019.08.01	작성 일자	2019.08.01	작성 일자	2019.08.01	작성 일자	2019.08.01
4.											



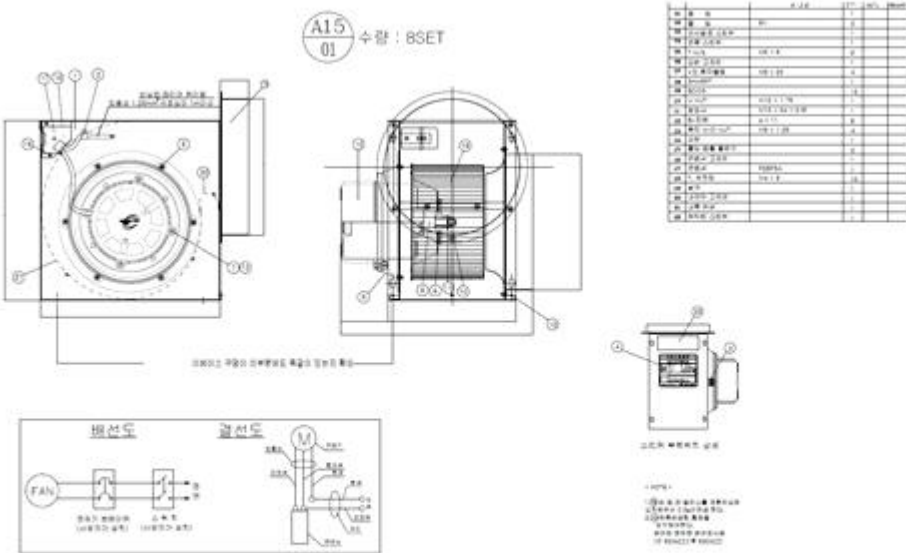
NOTE	CUSTOMER	고객명/제고	1	구분	구분	구분	SUS304	-
1. 치의 있는 곳	BO.1	RO.027	수입	수출	수출	수출	2019.08.01	SCALE
2. 치의 없는 곳의 치	CO.5-C1, RO.5-R1	SURIM T.E.C		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE
3. 치의 없는 곳의 치	▽▽			DATE	DATE	DATE	DATE	DATE
4.								1:1



NOTE	CUSTOMER	고객명/제고	1	구분	구분	구분	SUS304	-
1. 치의 있는 곳	BO.1	RO.027	수입	수출	수출	수출	2019.08.01	SCALE
2. 치의 없는 곳의 치	CO.5-C1, RO.5-R1	SURIM T.E.C		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE
3. 치의 없는 곳의 치	▽▽			DATE	DATE	DATE	DATE	DATE
4.								1:1

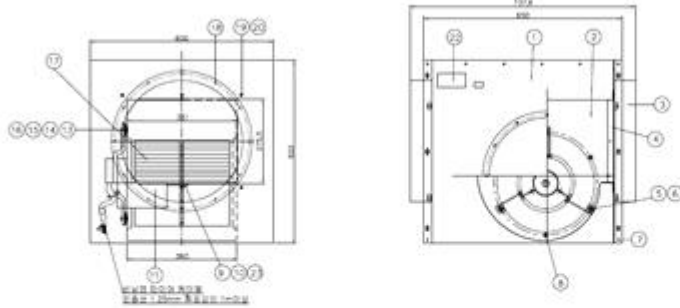


NOTE	CUSTOMER	01	1	MAIN FRAME	SUS304	-
1. 차시 설계 구분	DC1	PROJECT	2019.08.01	DESIGN	DATE	2019.08.01
2. 차시 설계 호기 및 호명	DC5-C1, RD5-R1	<b>SURIM T.E.C</b>		CHECKED	APPROVED	SCALE
3. 차시 설계 기호	▽	DESIGNER	CHK	DATE	2019.08.01	1:1
4.						

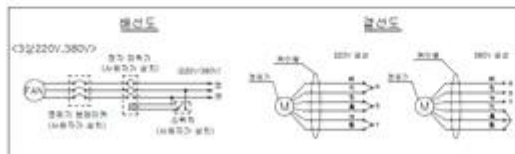


NOTE	CUSTOMER	01	1	팬부	SUS304	-
1. 차시 설계 구분	DC1	PROJECT	2019.08.01	DESIGN	DATE	2019.08.01
2. 차시 설계 호기 및 호명	DC5-C1, RD5-R1	<b>SURIM T.E.C</b>		CHECKED	APPROVED	SCALE
3. 차시 설계 기호	▽	DESIGNER	CHK	DATE	2019.08.01	1:1
4.						

A16  
01  
수령 1EA



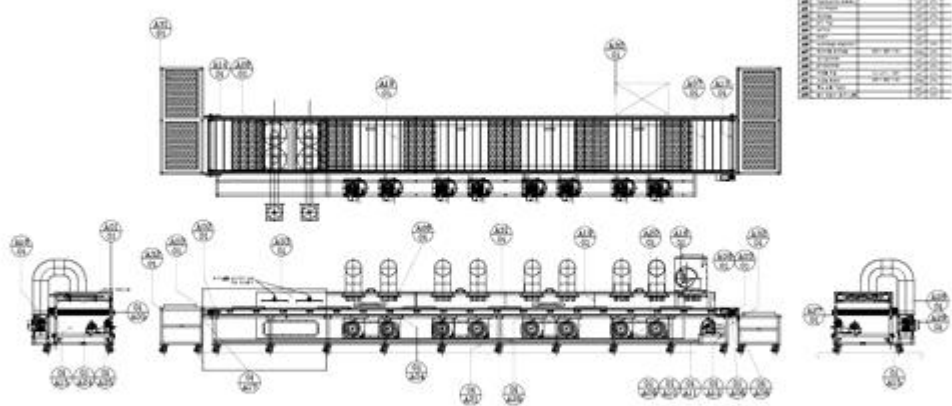
1	외경	φ1000	1EA
2	내경	φ800	1EA
3	중경	φ900	1EA
4	외경	φ1000	1EA
5	내경	φ800	1EA
6	중경	φ900	1EA
7	외경	φ1000	1EA
8	내경	φ800	1EA
9	중경	φ900	1EA
10	외경	φ1000	1EA
11	내경	φ800	1EA
12	중경	φ900	1EA
13	외경	φ1000	1EA
14	내경	φ800	1EA
15	중경	φ900	1EA
16	외경	φ1000	1EA
17	내경	φ800	1EA
18	중경	φ900	1EA
19	외경	φ1000	1EA
20	내경	φ800	1EA
21	중경	φ900	1EA
22	외경	φ1000	1EA
23	내경	φ800	1EA
24	중경	φ900	1EA
25	외경	φ1000	1EA
26	내경	φ800	1EA
27	중경	φ900	1EA
28	외경	φ1000	1EA
29	내경	φ800	1EA
30	중경	φ900	1EA



\* NOTE \*  
1. ①과 ②는 동등으로 사용가능함. 또한 배선 시 Sp-0.2g  
이유로 PC  
2. ③는 저전압용 용량성용기용이다.  
3. ④는 저전압용 용량성용기용이다. (20A/25A/30A/40A/50A)  
4. ⑤는 저전압용 용량성용기용이다. (20A/25A/30A/40A/50A)  
5. ⑥는 저전압용 용량성용기용이다.

NOTE	CUSTOMER	수령수량	1	제안일자	2019.08.01	제안번호	2019.08.01	제안인원	018	SCALE	1:1
1. 차기 설계 요청	201	PROJECT	수령 1EA	DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
2. 차기 설계 요청이 될 경우	CO.5-CY, RO.5-R1	<b>SURIM T.E.C</b>		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
3. 차기 설계 요청이 될 경우	1/2	<b>SURIM T.E.C</b>		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
4.		<b>SURIM T.E.C</b>		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1

살균, 건조 터널시스템 제작 Lay out



1	외경	φ1000	1EA
2	내경	φ800	1EA
3	중경	φ900	1EA
4	외경	φ1000	1EA
5	내경	φ800	1EA
6	중경	φ900	1EA
7	외경	φ1000	1EA
8	내경	φ800	1EA
9	중경	φ900	1EA
10	외경	φ1000	1EA
11	내경	φ800	1EA
12	중경	φ900	1EA
13	외경	φ1000	1EA
14	내경	φ800	1EA
15	중경	φ900	1EA
16	외경	φ1000	1EA
17	내경	φ800	1EA
18	중경	φ900	1EA
19	외경	φ1000	1EA
20	내경	φ800	1EA
21	중경	φ900	1EA
22	외경	φ1000	1EA
23	내경	φ800	1EA
24	중경	φ900	1EA
25	외경	φ1000	1EA
26	내경	φ800	1EA
27	중경	φ900	1EA
28	외경	φ1000	1EA
29	내경	φ800	1EA
30	중경	φ900	1EA

NOTE	CUSTOMER	수령수량	1	제안일자	2019.08.01	제안번호	2019.08.01	제안인원	018	SCALE	1:1
1. 차기 설계 요청	201	PROJECT	수령 1EA	DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
2. 차기 설계 요청이 될 경우	CO.5-CY, RO.5-R1	<b>SURIM T.E.C</b>		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
3. 차기 설계 요청이 될 경우	1/2	<b>SURIM T.E.C</b>		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1
4.		<b>SURIM T.E.C</b>		DATE	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	2019.08.01	SCALE	1:1



## 다. 연구개발 수행내용 및 결과 (2차 년도)

### 연구 개발 수행내용

#### 다.1. 미생물 균주 및 접종준비

*L. monocytogenes*(ATCC19118)와 *Salmonella enterica Typhimurium* (ATCC14028) 등 식품매개 병원성 미생물은 논 연구실에서 확보했다. 글리세롤 스톱 배양액의 20%를 사분면 스트레킹 방법으로 Tryptic soy agar (TSA; Oxoid™, Basingstoke, Hampshire, England) 플레이트에 접종하고 37±1° C에서 24시간 동안 배양한 후 각 균주의 단일 콜로니를 10mL의 Tryptsin soy broth (TSB; Oxoid™ Ltd, Basingstoke, Hampshire, England)에 접종했다. 37±1° C에서 24시간 동안 인큐베이터에 보관했다. 배양 후, 세포는 4° C에서 10분 동안 3000g에서 원심 분리를 통해 수집되었다. 수집된 세포를 인산염 완충식염수(PBS, Corning Mediatech, Inc, USA)로 반복 세척했다. 수집된 세포를 인산염 완충 식염수 (PBS, Corning Mediatech, Inc, USA)로 반복세척하고 세포의 최종농도를 멸균된 0.1%의 펩톤 H2O(Bacto™, Difco, MD, USA) 10mL에 용해하여 10<sup>9</sup> CFU/mL로 조절했다. 식품매개병원성 혼합물(FPM, Foodborne pathogenic mixture)은 멸균된 펩톤 수에 *L.monocytogenes* 및 *S. Typhimurium* 세포의 동일한 부피와 동일한 농도를 혼합하여 제조되었다. 세포수의 유사성은 TSA 플레이트에 100 μL FPM을 살포 방법으로 접종하고 37±1° C에서 24시간 동안 배양하였다. 살모넬라 종에 대한 X.L.D(Xylose-Lysine-Desoxycholate Agar, Oxoid™ Ltd, Basingstoke, Hampshire, England) 및 Palcam 한천염기(Oxoid)와 같은 각각의 선택적 배지에서 배양하여 각 세균의 콜로니 형성단위(CFU)를 확인했다. TM Ltd, Basingstoke, Hampshire, England)에서 *L. monocytogenes*에 대해 37±1° C에서 24시간(*Salmonella* sp) 및 48시간(*L. monocytogenes*)배양. FPM은 FCBP의 품질에 대한 다양한 살균제세척의 적용을 연구를 위해 사전 접종된 병원균으로 사용했다.

#### 다.2. 살균제 및 치료 준비

우리는 (i) antioxidant solution, (ii) SAEW, (iii) FA와 같은 세 가지 유형의 세척 용액을 사용했다. 항산화 용액은 아스코르브산 20g, Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> 20g 및 CaCl<sub>2</sub> 10g을 증류 H<sub>2</sub>O 1L에 용해시켜 앞서 설명한대로 (Iglesias, Echeverría, Viñas, López, & Abadias, 2018) 제조되었다. (ii)SAEW는 앞서 설명한 5% HCL 및 2M NaCl<sub>3</sub>의 전기분해기반 발전기시스템을 사용하여 준비되었다. (iii)무균증류수 (pH 2.5±0.32)에서 0.5% (w/v)의 FA(경기도 대정화학)를 제조하였다.

#### 다.3. 신선한 파프리카 절단편의 준비

신선한 파프리카(*Capsicum annum* L. var. *grossum* (L.) Sendt)절단편(fresh bell pepper, FCBP)은 경기도 농협안성농식품센터에서 수령하여 연구 재료로 사용하였다. 파프리카를 멸균수로 세척하고 멸균 칼을 사용하여 각 조각의 3X3cm 및 10-12g 크기의 신선한 절단조각으로 무균 슬라이스하고 과도한 수분을 제거하기 위해 무균 건조하였다. 그 후 FPM(10<sup>9</sup>CFU/mL<sup>-1</sup>) 10 μL를 각 조각의 최소 15개 위치에서 FCBP 표면에 물방울로 접종했다. 접종 후, FCBP 샘플을 깨끗한 후드에서 1시간 동안 건조시켜 FCBP 표면에 FPM이 부착되었는지 확인했다.

#### 다.4. 파프리카 절단편의 살균

본 연구에서 FCBP(fresh bell pepper)는 다음과 같은 처리에 따라 120rpm에서 2분간 살균했다: T0- FPM이 처리된 살균되지 않은 대조군 FCBP, T1- FPM을 접촉하지 않은 항산화용액 처리 FCBP, T2- FPM 및 항산화용액 처리 FCBP, T3- FPM 및 SAEW, 항산화용액 처리 FCBP, T4- FPM 및 FA처리 FCBP, T5- FPM 및 오존수 처리 FCBP, T6- FPM 및 FA, SAEW, 항산화용액 조합처리 FCBP. 상기 언급된 세척 용 콘으로 처리된 FCBP에 대한 저장 온도의 영향을 확인하기 위해, 두 세트의 샘플을 준비하고 5° C 및 15° C의 온도에서 연구를 수행하였다. 위생 처리 후 FCBP는 수분이 완전히 제거될 때까지 깨끗한 공기 흐름을 통해 건조되도록 허용한다. 다음 각 FCBP 조각 16개를 천공 탭이 있는 멸균 샘플 백에 무균으로 포장했다(Nasco WHIRL-PAK®, USA). 5° C 또는 15° C에 보관한다.

#### 다.5. 파프리카 절단편의 품질 측정

다양한 살균방법이 FCBP의 품질에 미치는 영향을 15일 동안 3일 간격으로 미생물, 조직 및 영양값으로 측정했다. 경도(g)로서의 텍스처는 텍스분석기(Bookfield, AMETEK GmbH, Lorch, Germany)를 사용하여 분석되었다. L(밝기), a(적색), b(황색)와 같은 색변화는 색도계(CR300; Minolta Co., Osaka Japan)로 관찰되었다. 미생물의 질은 총 세균 수(TBC), 총 곰팡이 수(TFC), 총 salmonella 농도 (TSC) 및 총 listeria 농도(TLC) 계수는 앞에서 설명한 방법에 따라 실행하였다. 3일 간격으로 각 처리 (T0-T6)에서 5g의 FCBP단편을 무균적으로 획득하고 멸균된 증류수 10mL에 담가 연속희석하고 100 μL의 희석액 10<sup>6</sup>을 TBC를 위한 nutrient agar, TFC를 위한 Potato dextrose agar, TSC를 위한 XLD agar 및 TLC를 위한 palcam agar와 같은 각각의 선택적 배지의 표면에 접종했다. 박테리아용 nutrient agar(NA) 배지 및 균류용 Potato dextrose agar(PDA)를 표준 미생물배지 준비 방법에 따라 준비하고 9mL 페트리접시에 부었다. XLD, Palcam, NA와 같은 식품매개 박테리아플레이트를 37° C에서 24시간 동안 유지하고 PDA 플레이트를 28±1.0° C에서 96시간 동안 배양했다. 인큐베이션 기간 후 미생물 오염은 콜로니형성 단위(CFU/g)로 열거되었다. 이전에 보고된 방법으로 DPPH 소거측면에서 항산화활성과 같은 영양적 특성은 초기방법을 채택하여 결정되었으며, 총 페놀 함량(TPC)은 Folin-Ciocalteu 방법으로 측정되었으며 총 플라보노이드 함량(TFC)은 색도계로 측정되었다. FCBP의 감각적 특성은 앞에서 설명한대로 15개의 독립적인 개별 패널에서 점수를 매겼다. 감각점수척도는 매우 나쁨으로 1-2점, 나쁨으로 3-4점, 허용 가능한 것으로 5-6점(상용화 제한), 7-8점 양호, 9-10점 우수품질로 분류하였다.

#### 다.6. 통계 분석

모든 실험은 3회 반복으로 수행되었으며, 그 결과는 기술 통계, 분산분석(ANOVA) 및 사후 다중비교 테스트를 기반으로 평균 및 표준오류로 표시되었으며, Turkey와 Duncan이 처리의 통계적 유의성을 결정하기 위해 채택되었다. 신선한 파프리카 절단편의 품질은 IBM SPSS 16.0 및 Microsoft Excel 2010을 사용하여 통계 분석 하였다.

#### 다.7. 천연첨가액 및 세균접종 준비

천연 증독성 용액은 20g을 용해하여 준비되었다. 아스코르브산 L-1, 200mg, L-1의 나트륨 벤조 에이트 및 2g.L-1의 DL- $\alpha$ -토코페롤 아세테이트 증류수. 다음과 같은 박테리아 균주 *L. monocytogenes*와 *S. Typhimurium*는 획선 도말방법으로 TSA 배지에 접종하여 20% 글리세롤스톡에서 회수하고 24시간 동안 37° C 배양하였다. 회수된 박테리아의 단일 콜로니를 10mL의 TSB로 옮기고 37° C에서 15-18시간 동안 배양했다. 그 후 3000rpm에서 10분 동안 원심 분리하여 세포를 수집하였다. 수확된 세포를 멸균 펩톤수에 재현탁 하고 세포의 농도는 *L. monocytogenes*와 *S. Typhimurium*의 경우 10<sup>5</sup>CFU.mL<sup>-1</sup>로 조정했다. 그 후 10mL의 펩톤 물에 함께 혼합하여 식품매개성 병원균 매개 콕테일(FBC)을 얻었다. 프로바이오틱균주 *L. rhamnosus* GG는 MRSA를 사용하여 ATCC에서 제공한 지침에 따라 회수되었다. 세포는 37° C의 인큐베이터에서 후기 고정상까지 MRSB에서 배양되었다. 그 후, 세포를 8° C에서 10분 동안 9000rpm에서 원심 분리하여 수집하고 세포의 농도를 10<sup>8</sup>CFU.mL<sup>-1</sup>로 조정하였다. 살모넬라(*Salmonella*)의 경우 XLD, 리스테리아의 경우 Palcam agar, *L. Rhamnosus* GG의 경우 MRSA에서 배양하여 세포의 최종농도를 확인했다.

#### 다.8. FCBP 준비 및 살균

다양한 처리를 위해 적색과 황색의 파프리카를 멸균 칼을 사용하여 4x3cm크기의 조각으로 자르고 FCBP의 각 색상에 대해 총 8개 그룹(3 중)으로 나눴다. 4개 그룹은 4° C 용이고 4개 그룹은 15° C 보존용이다. FCBP의 각 그룹은 다음 처리 중 하나에서 120rpm에서 2분 동안 현탁(1:3 w/v)했다. 변형 *L. rhamnosus* GG(10<sup>8</sup>CFU<sub>mL</sub><sup>-1</sup>), FBC와 T4-천연 첨가제 솔루션 *L. rhamnosus* GG(10<sup>8</sup>CFU<sub>mL</sub><sup>-1</sup>)처리 후 수증기를 제거하기 위해 깨끗한 캐비닛에 멸균종이를 깔아 FCBP 샘플을 무균 건조시켰다. 그런 다음 9.5x7.5cm 크기의 멸균 폴리프로필렌 용기에 포장하고 두 가지 다른 온도(4° C 및 15° C)와 70% 상대습도에서 보관하였다. FCBP의 형태학적, 감각적, 영양적 특성 및 미생물 품질은 최대 15일까지 3일 간격으로 샘플의 분취량을 수집하여 측정하였다. FCBP의 나트륨 벤조 에이트의 농도는 앞에서 설명한 방법을 사용하여 결정되었다. 세부 실험설계는 그림1 에 제시되었다.

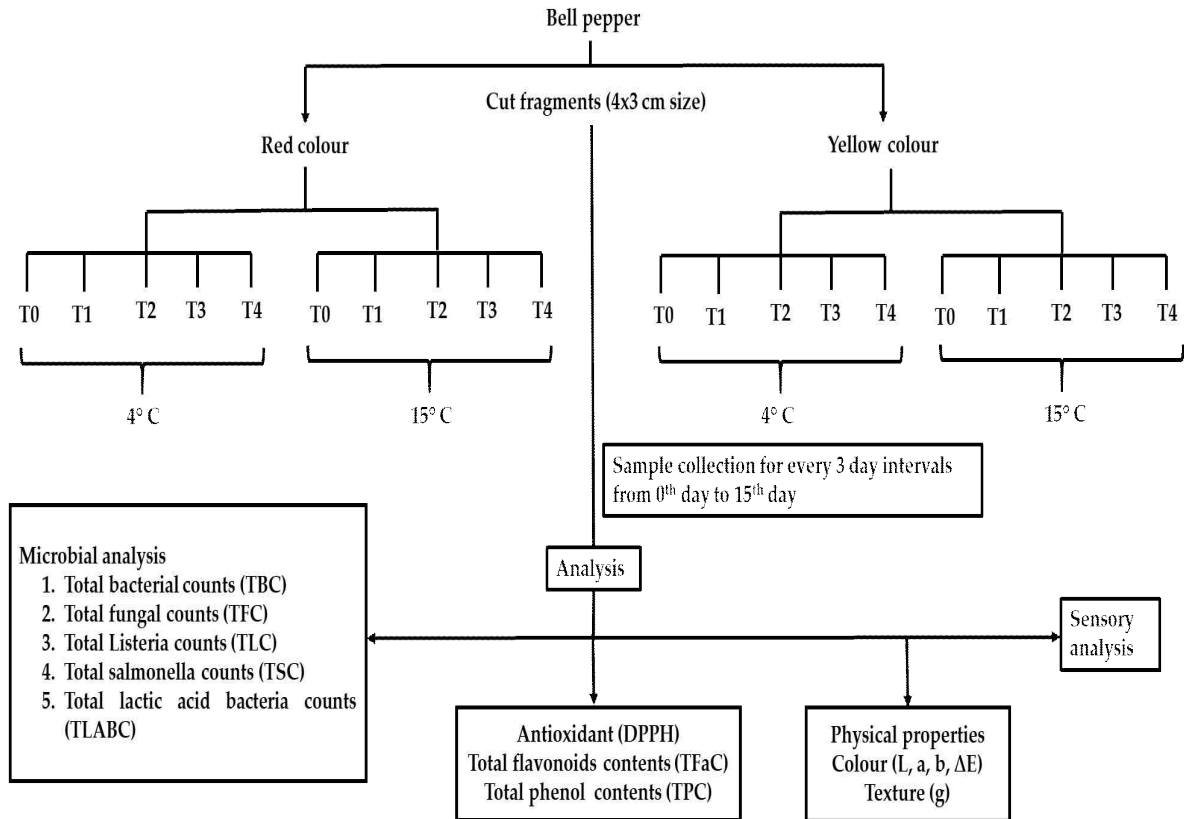


그림1. 실험 계획도

#### 다.9. 미생물 균집의 열거

미생물 균집화를 계산하기 위해 FCBP 5g을 멸균 증류된 H<sub>2</sub>O 10mL에 용해시키고 10<sup>-7</sup>까지 연속 희석하였다. 총 박테리아 수의 경우 NA에 10<sup>-5</sup>μL의 50μL, 총 살모넬라균의 경우 XLD, 총 리스테리아의 경우 Palcam, 총 LAB에 대한 총 곰팡이 계수의 경우 MRSA, PDA에 분주하였다. MRS agar, XLD, Palcam agar, nutrient agar와 같은 박테리아 플레이트는 37° C에서 24시간 동안 배양되었고, PDA플레이트는 28° C에서 4일 동안 배양하였다. 배양기간 후 미생물수는 기술된 표준방법을 사용하여 열거되었다.

#### 다.10. DPPH 소거, 총 페놀 · 플라보노이드, 색상, 질감 및 감각특성

70g의 FCBP를 3일 간격으로 각 처리에서 수집하고 물을 추출하였다. 이 물 추출물은 DPPH 소거, 총 페놀 및 총 플라보노이드 분석에 사용되었습니다. DPPH 분석은 앞서보고된 방법에 따라 수행되었으며, 총 페놀 함량(TPC)을 측정하기 위해 Folin-Ciocalteu 분석을 적용하였다. 경도(g)는 텍스처 분석기 (Bookfield, AMETEK GmbH, Lorch, Germany)로 측정하였다. L(밝기), a(적색), b(황색)를 포함한 색변화는 색도계(CR300; Minolta Co., Osaka Japan)로 관찰되었다. 9명의 숙련된 전문가가 FCBP의 감각적 특성을 모니터링 했으며, 앞서 설명한 방법에 따라 약간의 수정을 가하여 감각품질을 조정하였다. 감각적 품질은 1~10 점 만점으로 1~2점(극도로 나쁨), 3~4점(식용한계), 5~6점(마케팅한계), 7~8점(신선하고 좋은 것), 9~10점(우수품질)으로 평가되었다.

#### 다.11. 실험 재료

저분자량 키토산(Mw-50-160kDa; DDA-75-85%), Tween 80, 글루타알데히드는 Sigma Aldrich에서 구입하였다. 염화칼슘, 에탄올은 삼천순수화학(주)에서 구입하였다. 티트리 오일(TTO)은 인도의 Grasse International에서 구입하였다. Nutrient agar (NA), Potato dextrose agar (PDA)는 Thermo Fisher Scientific의 BD Difco™에서 구입하였다. Oxoid Xylose Lysine Deoxycholate agar(XLD), Oxoid PALCAM agar 및 기타 모든 화학 물질은 Thermo Fisher Scientific에서 구입하였다.

#### 다.12. 살균용액의 준비

살균제는 염화칼슘 (CaCl<sub>2</sub>), 저분자량 키토산(LMWCS) 및 티트리오일(TTO)의 개별 또는 조합으로 구성되었다. i)CaCl<sub>2</sub>, ii)LMWCS, iii)LMWCS-CaCl<sub>2</sub>, iv)CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO. 이전 보고서의 CaCl<sub>2</sub>(0.5%)농도를 바탕으로 이 연구에서는 키토산(2%)을 선택했다. 0.5%의 CaCl<sub>2</sub>를 증류수에서 제조하고 2% LMWCS를 0.5% 아세트산에서 제조하였다. LMWCS-CaCl<sub>2</sub>의 제조에, 1%의 CaCl<sub>2</sub>를 실온에서 2시간 동안 교반하면서 0.5% 아세트산에서 LMWCS에 천천히 첨가하였다.

#### 다.13. LMWCS / TTO 나노 에멀전의 제조

LMWCS (2%)는 자기 교반기 하에서 아세트산(0.5%)을 사용하여 용해되었으며, 더 크고 용해되지 않은 입자는 0.45µm 주사기 필터를 사용하여 여과되었다. 수득된 투명한 LMWCS 용액은 자기 교반 하에 2시간 동안 Tween80 (0.3%)과 혼합하였다. LMWCS-TTO 나노 에멀전의 제조를 위해, TTO (에탄올에 용해된 1%)를 30분 동안 교반한 후 20분간 초음파 처리 하에 Tween 80이 포함된 LMWCS 용액에 천천히 첨가하였다. 마지막으로 용제는 회전증발기에 의해 제거되었다. 제조된 나노 에멀전의 입자크기는 입도분석기(Malvern PANalytical Netherlands)를 통해 확인 하였다.

#### 다.14. 박테리아 혼합용액의 준비

Salmonella enterica (ATCC14028) 및 Listeria monocytogenes (ATCC15313)와 같은 박테리아 병원체는 미국 American Type Culture Collection에서 구입하였다. 박테리아 균주는 NA에서 4° C로 유지되었다. 각 박테리아의 접종 물(10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup>CFU/mL<sup>-1</sup>)을 혼합하여 박테리아 각테일 broth 용액을 얻었다.

#### 다.15. 신선하게 자른 적색 파프리카(FCRBP) 및 처리

신선한 파프리카를 처음에는 멸균 증류수로 세척하고 무균 상태에서 작은 조각(5cm x 5cm)으로 잘랐다. 그 후 샘플은 다음과 같이 6개의 처리그룹으로 나누었다. FCRBP는 i. 증류수로 세척(대조군), ii. LMWCS, iii. CaCl<sub>2</sub>, iv. LMWCS-CaCl<sub>2</sub>, v. CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO, vi. 4° C에서 21일 동안 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO로 처리된 박테리아 각테일이 사전 처리된 FCRBP에 처리를 위해, FCRBP 샘플을 30초 동안 각각의 처리 (i-iv)에 담갔다. CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO 처리의 경우, 위에서 언급한 박테리아 각테일을 초기에 30초 동안 CaCl<sub>2</sub>에 담근 FCRBP 샘플에 미리 처리(10µL/Piece)하고, 5분 동안 공기 건조한 다음 LMWCS/TTO 유제 30초 동안 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO 대조군 샘플은 박테리아 각테일로 처리되지 않았다. 마지막으로 모든 샘플을 무균 상태에서 30분 동안 실온에서 건조시켰다. 건조 후 각 샘플 그룹을 밀폐된 멸균용

기로 옮기고 4° C에서 21일 동안 보관했다. 미리 정해진 시간간격 (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 일)마다 저장된 FCRBP 샘플을 감각, 질감, 색상, 미생물 성장, 식물화학 및 항산화 활성에 대해 평가했다. FCRBP에 대한 자세한 평가는 다음 섹션에 나와 있다.

#### 다.16. 감각 분석

FCRBP 샘플은 실험실에서 훈련된 패널리스트에 의해 외관, 색상, 냄새, 맛, 경도, 과즙 및 전반적인 품질과 같은 감각적 특성을 평가했다. 각각의 특성화된 품질은 미리 정해진 간격의 점수(매우 좋음(8-10), 좋음(6-8), 보통(4-6), 나쁨(2-4))를 통해 평가되었다. 샘플은 원래 표시 없이 평가를 위해 제공되었다. 동일한 처리에 세 가지 다른 샘플이 사용되었다.

#### 다.17. 질감 및 색상 분석 결정

FCRBP의 질감(경도, 탄력성, 고무성, 질감 및 탄력성)은 3-21일과는 다른 간격으로 질감분석기(Bookfil, AMETEK GmbH, Lorch, Germany)를 통해 측정되었다. 또한, 색도계(CR300; Minolta Co., Osaka Japan)를 사용하여 명도(L), 적색에서 녹색까지(a), 청색에서 황색까지(b)의 색상 매개 변수를 결정했다. 또한 표준과 샘플 간의 색차 ( $\Delta E$ )를 계산했다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_s - L_c)^2 + (a_s - a_c)^2 + (b_s - b_c)^2} \dots\dots(1)$$

$L_s-L_c$ ;  $a_s-a_c$ ;  $b_s-b_c$ 는 샘플과 각 색상의 컨트롤 간의 차이를 나타낸다.

#### 다.18. 미생물 분석

총 세균, 진균 및 각각의 식품매개병원성 세균수 (*S. enterica* 및 *L. monocytogens*)는 각 간격마다 FCRBP에서 결정되었다. 약 1g의 FCRBP 대조군 및 처리 샘플을 다른 시간간격으로 무균 적으로 수집하고 10mL의 멸균 식염수용액에 5분 동안 보관하고 2분 동안 볼텍싱 했다. 그런 다음 50  $\mu$ L의 10배 희석된 식염수 균질물을 각 배지에 접종했다. NA에서 총 박테리아 수, PDA에서 총 곰팡이 수, PALCAM 및 XLD 한천에서 각각 식품매개병원균 *S. enterica* 및 *L. monocytogens* 계수. NA, PALCAM 및 XLD를 포함하는 박테리아 플레이트는 37° C에서 24시간 동안 배양되었고 곰팡이 플레이트(PDA)는 28° C에서 72시간 동안 배양되었습니다. 콜로니는 자유 콜로니 계수 소프트웨어(OpenCFU)를 사용하여 열거되었고 그 결과는 Log CFU/g로 표현되었다.

#### 다.19. 식물화학물질과 항산화 물질의 결정

FCRBP의 식물 화학(총 페놀 함량 (TPC) 및 총 플라보노이드 함량(TFC)) 및 항산화 능력 (DPPH 및 ABTS)을 측정했다. 약 1g의 각 FCRBP를 다른 날 간격으로 수집하고 메탄올 (5mL)로 추출하고 여과(Whatman No.1)하여 TPC, TFC, DPPH 및 ABTS+와 같은 각 분석을 진행하였다.

#### 다.20. 총 페놀 함량

FCRBP의 TPC는 약간의 수정을 가한 초기방법에 따라 폴린-페놀 분석을 통해 결정되었다. 간단히 말해서, 200  $\mu$ L의 폴린-페놀 시약을 100  $\mu$ L의 FCRBP 샘플에 첨가한 다음 200  $\mu$ L의 포화 탄산나트륨을 시험관에 첨가한 다음 실온에서 10분 동안 배양하였다. 그런 다음 100  $\mu$ L의 분취량을 96 웰 플레이트로 옮기고 96 웰 플레이트 판독기를 사용하여 760nm에서 판독합니다. 총 페놀 함량은 갈산(mg/g) 당량(GAE)으로 계산되었다.

#### 다.21. 총 플라보노이드 함량

FCRBP의 총 플라보노이드 함량은 염화알루미늄 방법을 사용하여 결정되었다. 간단히 말해서, 100  $\mu\text{L}$ 의 FCRBP 추출물을 430  $\mu\text{L}$ 의 30% EtOH에 희석한 다음 10  $\mu\text{L}$ 의 염화알루미늄 (10%)과 10  $\mu\text{L}$ 의 칼륨아세테이트 (1M)에 희석한 다음 실온에서 10분 동안 배양했다. 최종 반응혼합물 100  $\mu\text{L}$ 를 96 웰 플레이트로 옮기고 415nm에서 판독했다. 총 플라보노이드 함량은 퀘르세틴 당량(QE)의 플라보노이드 mg/g으로 계산되었다.

#### 다.22. DPPH 라디칼 소거 활성

FCRBP의 DPPH 라디칼소거활성은 이전 보고서에 따라 계산되었다. 100  $\mu\text{L}$ 의 FCRBP 추출물을 96 웰 플레이트에서 메탄올에 희석한 100  $\mu\text{L}$ 의 DPPH(0.1 mM)와 혼합하고 10분 동안 어두운 조건에서 배양하고 517nm에서 판독했다. DPPH의 %는 앞서 설명한 공식에 따라 계산되었다. 블랭크는 메탄올과 DPPH로 준비되었고 대조군은 메탄올 FCRBP 추출물만을 사용했다.

#### 다.23. ABTS+ 소거 활성

ABTS+ 라디칼소거분석은 이전 보고서에 따라 결정되었다. ABTS(7mM)와 과황산칼륨(2.45mM)의 1 : 0.5 비율을 혼합하고 어두운 조건에서 실온에서 12시간 동안 배양했다. 그 후 산화성 ABTS+의 흡광도를 734nm에서 조정 ( $0.7 \pm 0.02$ )했다. 그런 다음 100  $\mu\text{L}$ 의 ABTS+를 100  $\mu\text{L}$ 의 메탄올 FCRBP추출물과 함께 10분 동안 실온에서 96 웰 플레이트에서 배양했다. 배양 후, 플레이트는 734nm에서 판독되었다. 대조군의 경우 ABTS+를 샘플 없이 메탄올 (98.5%)과 혼합했다.

#### 다.24. 초고해상도 주사전자현미경 (UHR-SEM) 분석

대조군 및 처리된 FCRBP의 형태는 UHR-SEM(Hitachi, Japan)을 사용하여 평가되었다. 얇은 절편 (5mm  $\times$  5mm)샘플을 동결 건조기에서 1일 동안 동결건조( $-50^\circ\text{C}$ )했다. FCRBP에서 박테리아 콜로니화를 평가하기 위해 0.05M 인산칼륨 완충액으로 제조된 2.5%의 글루타르 알데히드에 pH7.2에서 4시간 동안 고정 후 샘플을 각 농도별로 50, 80, 100% 에탄올에 2시간 동안 보관했습니다. 또한, UHR-SEM에 따라 저전압(5kV)에서 공기 건조 시료를 관찰했다.

#### 다.25. 통계 분석

모든 실험은 세 번 반복되었고 결과는 평균  $\pm$  표준 편차로 표시되었다. FCRBP의 질감과 색상에 대한 반응 요인간의 통계적 유의성은 SPSS.16(IBM inc)을 사용하여 결정되었다.

#### 다.26. 키토산 나노 입자의 제조 및 특성

CSNP는 이온 겔화 방법으로 합성되었다. 간단히 말해서 키토산 (CS)을 0.5% 아세트산에 녹여 3.0mg을 얻었다. 500rpm에서 실온에서 6시간 동안 교반한 후 CS용액 1 mL. 0.1M NaOH를 첨가하여 CS 용액의 pH를  $4.5 \pm 0.1$ 로 조정한 다음 용액의 색이 투명에서 자기 흰색으로 변할 때 까지 CS용액에  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 의 STPP 수용액을 한 방울씩 첨가하고 밤새 계속 교반한다. CSNP는 원심 분리(14,000 rpm)로 수집하고 증류수와 에탄올(99%)로 철저히 세척하여 과량의 아세트산과 STPP를 제거했다. 이후, 동결 건조된 CSNP는 UHR-SEM(Ultra High-Resolution Scanning Electron Microscope) 및 FETEM(Field Emission Transmission

Electron Microscopy) 에너지 분산 형 X선 분광기(EDS)(JEM-2100F; Jeol, Tokyo, Japan)에  
서 관찰되었다. 분말을 3중 증류수에 재현탁하여 제타전위 및 입자분석기(영국 말번)를 사  
용하여 ζ 전위 및 크기를 검출했다. CS 및 CSNP의 결정도는 2θ의 5에서 80까지 XRD에 의  
해 액세스되었다. CS 및 CSNP의 작용기는 푸리에변환 적외선분광법(FTIR)(Frontier;  
PerkinElmer, Waltham, MA, USA)에 의해 결정되었다.

#### 다.27. 코팅 용액 및 신선하게 자른 파프리카 준비

CSNP를 삼중 증류수에 분산시켜 1~3% CSNP를 제조 하였다. CS 분말을 0.5% 아세트산에 용  
해시켜 1%-3% CS 코팅을 제조하였다. CS는 양성 대조군이며 생 파프리카를 3중 증류수로  
헹구고 흡수지로 건조하고 30x30 mm 크기로 자른다.

#### 다.28. 항산화 활성

CS(chitosan) 및 CSNP(chitosan nanoparticles)의 항산화활성은 앞서 설명한 방법에 따라  
DPPH 및 ABTS 라디칼소거에 의해 결정되었다. Ascorbic acid를 양성대조군으로 사용했다.

OD (시료) : 500 μL 시료 용액(1%-3%)+500 μL DPPH 또는 ABTS 용액

OD (대조군) : 500 μL 메탄올(또는 95% 에탄올)+500 μL DPPH 또는 ABTS 용액

OD는 DPPH 및 ABTS에 대해 각각 517 nm 및 734 nm에서 측정되었다.

$$\text{Scavenging rate(\%)} = \frac{\text{OD}_{\text{control}} - \text{OD}_{\text{sample}}}{\text{OD}_{\text{control}}} \times 100$$

#### 다.29. 항균 활성

CSNP의 항균 활성은 디스크 확산법에 의해 결정되었다. 박테리아균주(*L.monocytogenes*, *S.*  
*enterica* 및 *E.coli*)는 37°C에서 하룻밤 동안 50mL 삼각플라스크에 10mL MHB에서 배양되었  
다. 그 다음, 50 μL의 박테리아 세포 현탁액을 면봉으로 MHA 플레이트에 도말 하였다. 또  
한, 8mm의 멸균 디스크를 항생제 (양성대조군) 및 / 또는 각 플레이트에 배치한 다른 농도  
의 CSNP로 포화시키고 24시간 동안 37°C에서 배양했다. CSNP의 항균 활성은 venire  
caliper를 사용하여 억제영역(mm)으로 측정되었다. 그런 다음 다른 곳에서 설명한 프로토  
콜에 따라 FE-TEM에 의해 CSNP 유도 세포벽 손상을 관찰했다.

#### 다.30. 생물막 형성 억제

박테리아 균주(*L. monocytogenes*, *S. enterica* 및 *E. coli*)는 600nm 측정에서 OD값 0.5에  
도달할 때까지 TSB 배지에서 배양되었다. 또한 잘 자란 박테리아 세포현탁액 10 μL를 96  
웰 플레이트에서 190 μL의 TSB 배지와 혼합하고 37 °C에서 24시간 동안 배양했다. 생물막  
은 3% CSNP로 처리되었고, 50 μg.mL<sup>-1</sup>의 테트라 사이클린-염산염이 양성 대조군으로 사용되  
었다. 처리 후 플레이트를 메탄올로 5분간 고정하였다. 그런 다음 생물막을 PBS로 두 번  
세척하고 공기 건조시켰다. 마지막으로 200 μL의 0.2% 크리스탈 바이올렛 용액을 각 웰에  
첨가하고 5분 동안 반응시켰다. 플레이트를 다시 PBS로 2회 세척하고 과량의 크리스탈 바  
이올렛을 제거한 후 공기 건조시켰다. 그런 다음 현미경으로 생물막을 관찰했다. 마지막으  
로 100 μL의 33% 아세트산을 각 웰에 첨가하여 생물막 결합 크리스탈 바이올렛을 용해시켰  
다. OD값은 마이크로 플레이트 리더에 의해 570nm에서 검출되었다.



### 다.31. 처리된 신선한 파프리카 절단편의 품질 측정

FCP의 보존에 대한 CS 및 CSNP의 다양한 처리를 적용하여 효과를 테스트하였다. CK : FCP는 삼중 증류수로 세척되었습니다. CS : FCP를 3% CS 용액에 5분 동안 담근다; CSNC : FCP를 3% CSNP 용액에 5분 동안 담근다. 처리 후 모든 샘플을 무균 공기 건조하고 앞서 설명한 방법에 따라 SEM분석을 통해 나노코팅을 확인하였다. 그런 다음 각 처리를 두 그룹으로 동일하게 나누고 5°C와 15°C에 보관했다. 샘플을 각 처리에서 수집하고 3일 간격으로 5°C 및 15°C에서 보관하여 무게감소, 총 박테리아 농도(TBC), 총 곰팡이 농도(TFC), 총 *L. monocytogenes* 농도(TLC), 총 *S. enterica* 농도(TSC)를 확인했다. 관능평가는 앞서 보고된 방법에 따라 12일째에 이루어졌다. 감각평가를 위해 15개의 점수 목록을 사용하여 FCP의 색, 냄새, 풍미, 맛, 과즙, 갈변 및 탄력과 같은 감각품질을 분석했다. 감각척도는 1-2 매우 열악함 (진한모양, 심각한 조직손상, 박테리아 및 / 또는 곰팡이 손상 가능성), 3-4 나쁨(뚜렷하게 상한 조직, 식용한계), 5-6 허용됨(약간의 변색) 과육, 눈에 띄는 상한 조직으로 인한 수분이 많은 조직, 연화 시작, 상품성 한계), 7-8 좋음 (조직 가장자리에 약간의 반투명 증상이 있는 산뜻한 외관, 단단한 질감), 9-10 우수함 (산뜻한 외관, 밝은 색상, 단단한 조직).

### 다.32. 재료

잘 성숙되고 균일한 크기의 황색 파프리카 샘플을 현장에서 수집하여 즉시 실험실로 옮겼다. 샘플의 세포파편과 미생물을 제거하기 위해 멸균수로 세척하고 완전히 건조되도록 했다. 시료(차아염소산 나트륨 용액 및 황색 파프리카의 에탄올 추출물)가 처리되기 전, 샘플을 *Listeria monocytogenes* 및 *Salmonella enterica*의 식품매개 병원성 균주(9.0 log CFU/ml)를 사용하여 인공적으로 미생물 오염을 적용했다. 황색 파프리카의 에탄올 추출물은 다른 곳에 기술된 방법으로 제조되었다. 100ml의 에탄올을 500g의 파프리카 건조분말에 첨가하고 밤새 방치하였다. 여과액은 일정한 압력 하에서 회전식 진공 증발기를 사용하여 농축되었다. 농축된 추출물은 4°C에서 추가로 보관했다.

### 다.33. 신선한 파프리카 절단편의 Ch-Sol/Ca-Ex 처리

황색 파프리카 샘플은 무균상태로 작은 조각(30mm×30mm)으로 자르고 진공(Ca-Ex)의 복합 나트륨 차아염소산 용액(Ch-Sol)/에탄올 추출물을 투여했다. 항균활성의 예비 스크리닝에 기초하여 본 연구에서 Ch-Sol 125ppm과 Ca-Ex 10%가 선택되었다. 무작위로 선정된 신선한 파프리카 절단편 샘플은 다음과 같이 네 그룹으로 나뉘었다. 그룹1(FPBC): 100μL의 bacterial cocktail 용액은 FCCa 표면의 다양한 위치에 자리하고 30분간 공기건조 시킴, 그룹2(FPBC+Ch Sol): FCCa 125ppm의 Ch-Sol에 담금, 그룹3 (FPBC+Ca-Ex): FCCa를 10%의 Ca-Ex 용액에 담금, 그룹4(FPBC+Ch Sol+Ca-Ex): FCCa를 125ppm의 Ch-Sol 및 10%의 Ca-Ex 용액에 담금 처리. 처리 전에 2-4그룹 FCCa 샘플 박테리아 카운트 용액을 자리하고 공기 건조시켰다. 처리된 모든 샘플은 밀폐된 무균 용기에 보관되며 15°C 및 4°C에서 90~95%의 상대습도에서 15일간 보관되었다. 샘플은 인터 웰에서 4일 동안 수집되었으며 모든 실험은 무균 조건에서 3회 수행되었다.

#### 다.34. 물리 화학적 분석

경도, 파쇄, 탄력성 및 점착성 등의 텍스처 매개변수는 CT3 Brookfield(독일) 텍스처 분석기에 의해 추정되었다. 색상변화를 기록하기 위해 CR300 색차계를 사용했다(코드: 'L' 명도, 'A' 적색, 'B' 황색).

#### 다.35. 생화학적 분석

FCCa 샘플(4.5g)을 일정한 간격(3일에 1회)으로 수집하고  $19.7\text{mol L}^{-1}$  메탄올과  $0.05\text{mol L}^{-1}$  HCl로 구성된 추출용액 15mL와 혼합하고 추출된 내용물을 2시간 동안 교반한다( $20.94\text{rad s}^{-1}$ ). 그 후 각 샘플을 원심 분리( $15000\text{rpm}$  20분)하고 생성된 상층액을 생화학분석에 사용했다. 이 루 수정된 Folin-Ciocalteu 방법을 사용하여 총 페놀 함량을 측정하고(Wolfe et al., 2003), 플라보노이드 함량은 Ordonez et al.,(2006) (Ordonez et al., 2006)에 설명된 방법으로 측정했다. DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) 및 ABTS (2,2'-azino-bis [3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid]) 라디칼소거활성은 UV-vis분광광도계(2120UV- Optizen, 대한민국)를 사용하여 측정되었다.

#### 다.36. 미생물 분석

Ch-Sol 및 Ca-Ex의 항균활성에 대한 예비 스크리닝은 웰 확산법 (Rios et al., 1988)에 의해 결정되며, 세균 biofilm 형성 분석은 다른 곳에서 설명된 방법으로 수행되었다(Yang et al., 2009). 이러한 결과를 바탕으로 특정 배지를 사용하는 플레이트 계수법에 의해 총 박테리아, 총 곰팡이 및 식품매개 병원균 (*Listeria monocytogenes* 및 *Salmonella enterica*) 수를 결정했다. FCCa 샘플은 약간 수정하여 준비했다. 무균상태에서 약 2.5mg의 FCCa 샘플을 일정한 간격으로 수집하고 5mL의 멸균 수에 담그고 2분 동안 교반하여 미생물집단을 획득했다. 약 50  $\mu\text{L}$ 의 연속 희석된 샘플을 특정배지의 배양플레이트에 넣었다. 플레이트(박테리아)를  $37^\circ\text{C}$  및  $28^\circ\text{C}$ 에서 4일 동안 진균 성장을 위해 밤새 배양하였다. 그 후, 콜로니 카운터를 사용하여 미생물 개체군을 계산했다.

#### 다.37. 감각 평가

관능평가는 강원대학교 교직원과 학생을 포함한 20명의 인원들을 대상으로 진행됐다. 처리된 FCCa의 정기적인 평가를 통해 조사자는 설문지형태로 감각데이터를 수집했다. 설문지는 색, 냄새, 맛, 씹, 탄력과 같은 감각요인으로 구성되었으며, 감각적 척도는 1~10점으로 평가되었다. 1-2점 '매우불량', 3-4점 '불량(눈에 띄는 수분이 많은 상한 조직, 부분적인 판단)', 5-6점 '허용(약간 변색된 얇은 조직, 연화시작)', 7-8 '좋음(조직 가장자리의 선명도, 단단한 질감에 약간의 재생된 흔적)', 9-10 '우수(신선한 외관, 단단한 질감)'

#### 다.38. 통계 분석

모든 실험은 3반복으로 실행되었으며 데이터는 Duncan테스트를 사용하여 일원 분산분석(ANOVA)으로 표시되었다( $p < 0.05$ ).

### 다.39. 균주

접종물 준비를 위해, 스탁 배양액의 각 현탁액 (0.1ml)을 10ml의 tryptic soy broth (TSB; Becton Dickinson Diagnostic Systems, Sparks, Maryland; BD)에 개별적으로 옮기고 37° C에서 24시간 동안 배양했다. 배양이 후기 고정기에 도달했을 때, 세포를 원심 분리(3000g, 10분, 4° C)로 수확하고 펠릿을 세척 한 다음 10ml의 0.1% 멸균 펩톤 수 (PW, Difco, MD, USA)를 이용하여 최종 세포농도가 약 9.0log CFU /ml이 되도록 조정했다. 각 균주를 혼합하여 *L. monocytogenes* 및 *S. Typhimurium* 배양 카테일을 구성했다. 카테일은 다음 실험에 사용되었다. 혼합 배양물의 세포 수는 적절하게 희석된 카테일 0.1ml를 TSA 플레이트에 플레이팅하고 플레이트를 35° C에서 24간 동안 배양하여 확인했다.

접종물 준비를 위해, 살모넬라 및 *L. monocytogenes*의 경우 약 10<sup>5</sup>CFU.mL<sup>-1</sup>을 얻기 위해 각 세균 농축 현탁액의 분취량을 탈 이온수에 첨가했다. *L. monocytogenes*의 경우 살모넬라용 XLD(Xylose-Lysine- Desoxycholate Agar, Oxoid), Palcam agar(선택적 보충제가 포함된 Palcam Agar Base, Biokar Diagnostics, Beauvais, France)에 적절한 희석액을 분주하여 접종농도를 확인했다. 플레이트는 *Salmonella* 및 *L. monocytogenes*의 경우 각각 24시간 및 48시간 동안 37±1° C에서, 프로바이오틱 균주의 경우 37±1° C에서 48시간 동안 배양되었다. 실험을 시작하기 전에 파프리카샘플을 멸균 칼을 사용하여 비슷한 크기(30x30mm)로 10±0.2g의 조각으로 무균 절단했다. 그 후 *L. monocytogenes* 및 *S. Typhimurium* 현탁액으로 0.1ml의 약 9.0log CFU/ml를 샘플의 외부 표면에 분주했다. 샘플을 고르게 접종하기 위해 각 현탁액 (0.1ml)을 최소 20개 위치에 물방울이 있는 표면에 부착했다. 그 후, 접종된 샘플을 층류 후드에서 30분 동안 무균 건조하여 샘플에 박테리아가 충분히 부착되도록 했다. 이 절차 후에 약 6.0log CFU/g의 초기 병원체 수준을 얻을 수 있었다. FCBP는 다음 RSM으로 처리에 따라 150rpm에서 2분 동안 침지(1:2w/v)하여 만들어진다.

Factor	low	High
UV-C (Sec)	60	120
Chorine (ppm)	50	200
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)	0.5	2
SAEW (ppm)	5	30
Storage temperature (°C)	5	15
Storage time (Days)	0	15

**Table.1 Plackett-Burman design 설계에 의한 중요 매개변수 선별**

그 후, biosafety cabinet에서 건조시켰다. FCBP는 375mL 폴리프로필렌 트레이에 담아 23° C에서 110cm<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>의 O<sub>2</sub> 투과성과 23° C에서 10g m<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>의 수증기 투과성, 상대습도 90%의 두께 64mm의 비 박리성 폴리프로필렌 플라스틱 필름으로 밀봉하여 16조각의 샘플을 패시브 대기 중에 포장하였다. FCBP 트레이는 5° C에서 보관되었다. 샘플은 접종 당일 및 3, 6, 9, 12, 15일 후에 조사했다.

FCBP는 변화에 대해 자주 모니터링 되었으며, 텍스처, 색상, 총 용존 고형물, 수분 및 미생물 군집을 정기적으로 분석하기 위해 3일 간격으로 샘플의 분취량을 수집했다. 경도, 탄

력성 및 점성 분석과 같은 텍스처 매개변수는 텍스처 분석기(Bookfield, AMETEK GmbH, Lorch, Germany)를 사용하여 측정되었다. 색 변화는 L(밝기), a(적색), b(황색) 척도 (CR300; Minolta Co. Osaka Japan)의 색도계를 사용해 분석되었다. 수분 함량은 수분분석기 (MX50, Precision Weighing Balance, Bradford, England)를 사용하여 AOAC 방법을 사용하여 측정했다. 총 용해 된 고체는 PAL-1 포켓 디지털 0-53% BRUX 굴절계(Atago, Japan)를 사용하여 측정되었다.

#### 다.40. 스마트 식품 가공 시스템을 사용한 검증

신선한 파프리카 절단편의 유통기한에 영향을 미치는 중요한 요인은 Plackett-Burman 설계를 사용하여 검사되고 선택된 요인은 스마트 식품가공 시스템을 사용하여 최적화 및 검증되었다. 처리는 식품가공, T0 대조군, T1 박테리아 접종, T2 UV-C 처리, T3 염소 및 UV-C 처리, T4 과산화수소 및 UV-C, T5 UV-C 및 약산성 전해수 처리, T6 UV-C 및 박테리아 처리 군 등을 적용하였다.

#### 다.41. 미생물학적 품질분석

미생물학적 분석에서 총 세균수와 총 곰팡이 수는 앞서 설명한 표준 프로토콜을 사용하여 결정되었다 (Martínez-Ferrer et al., 2002). 대조군을 포함한 모든 처리에서 5g의 FCBP 분취량을 수집하고 10mL의 멸균수에 침지 후 무균상태로 연속 희석했다. 박테리아용 nutrient agar(NA) 배지 및 균류용 potato dextrose agar(PDA) 배지를 표준 미생물배지 제조방법에 따라 제조하고 9mL 페트리접시에 부었다. 연속 희석된 ( $10^3$ ) 샘플의 50  $\mu$ L를 NA 표면에 도말하여 총 세균수를, 총 곰팡이 수는 PDA에 도말하였다. 3반복으로 진행되었다. 박테리아 플레이트를 37° C에서 24시간 동안 배양하고 곰팡이 플레이트를 28° C에서 4일 동안 배양했다. 인큐베이션 기간 후, 콜로니카운터를 사용하여 콜로니 수를 세었다. *Salmonella*, *L. monocytogenes*의 개체군은 각 샘플링 시간에 3개의 샘플 트레이에서 결정되었다. 분석을 위해, 각 트레이에서 10g의 FCBP를 멸균 팩에서 완충된 펩톤수 90mL와 혼합하고 2분간  $230\text{min}^{-1}$ 로 흔들어서 균질화 했다. 식염수 펩톤(SP; 8.5g  $\text{L}^{-1}$ NaCl 및 1g  $\text{L}^{-1}$ 펩톤)으로 10배 희석의 추가세트를 만들고 이전에 설명한 바와 같이 이중으로 처리하였다. Agar 플레이트는 *Salmonella*의 경우 24시간 동안  $37\pm 1^\circ$  C에서, *L. monocytogenes*의 경우 48시간 동안 배양되었다. 각 트레이는 2반복 하였다. 각 처리 및 각 샘플날짜에 대해 3반복 하였다. 실험은 두 번 수행되었다. 결과를 평가하기 위해 단독으로 또는 길항제의 존재 하에 접종된 병원체의 집단을 비교하였다. 식품매개 병원균(FCBP)의 개체군 감소를 계산했다.

## 라. 연구개발 수행결과 (2차 년도)

- FCBP의 품질을 확장하기 위해 경제적으로 실행 가능한 다기능 신규 살균제를 개발하는 것을 목표로 연구는 유기산, SAEW 및 항산화 용액 세척이 신선한 빨간 파프리카 (R-FCBP) 및 황색 파프리카(Y-FCBP)의 품질에 미치는 개별 효과와 결합효과의 평가

### 라.1. 유기, 항산화 및 SAEW 처리가 FCBP에서 미생물 총 억제에 미치는 영향

미생물군집은 배양 일수에 따라 점차 증가했다. 그러나 살균제 처리는 R-FCBP 및 Y-FCBP에서 처리되지 않은 대조군(T0) 그룹에 비해 미생물 군집화를 유의하게 억제했다(표1 및2). 결과는 TBC가 Y-FCBP의 경우  $1576.67 \pm 37.67$ 에서  $2566.33 \pm 20.70$  CFU.g<sup>-1</sup>이고, 처리되지 않은 대조군(T0)에서 R-FCBP의 경우  $269.3 \pm 10.33$ 에서  $6352.66 \pm 10.42$  범위를 나타낸다. 그러나 복합살균처리(T6)는 다른 살균법에 비해 TBC를 현저히 감소시켰다. Y-FCBP의 TBC는 T0( $2566.33 \pm 20.70$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 높고 T6( $616.66 \pm 6.12$ )에서 더 낮은 것으로 나타났으며, 이는 15일 간격으로 T6로 살균했을 때 TBC 4.1배의 감소를 나타낸다. Y-FCBP의 경우 TBC의 콜로니 형성은 T6( $82.66 \pm 9.59$  CFU.g<sup>-1</sup>)보다 T0( $6352.66 \pm 10.42$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 높았다. 즉, T6처리는 R-FCBP에서 TBC를 T0에 비해 76.8배 감소시켰다. 실제로 TBC가 10<sup>7</sup>CFU보다 크면 박테리아 오염이 높고 유통기한이 끝났으며 사람이 섭취할 수 없음을 나타냈다(Tango et al., 2017). 그러나 본 결과는 T6처리와 함께 적용되고 4° C에서 보존될 때 TBC의 집락이 허용 가능한 수준(<10<sup>7</sup> CFU)에 있음을 나타냈다. 유사한 이전 보고서가 Apple의 박테리아 개체군 억제에 대한 FA, SAEW 및 CaO의 결합효과에 대해 이용할 수 있다.

또 다른 중요한 미생물 그룹은 다양한 신선한 농산물 절단제품에서 10<sup>2</sup>~10<sup>8</sup>CFU의 콜로니를 형성하는 곰팡이 및 효모이다. 그러나 FCBP에 대한 총 균류(TF) 콜로니 형성기반 손상에 대한 보고는 없다. 따라서 이 연구는 FCBP에서 TF 콜로니 형성을 분석하고 그 결과를 표 1과 2에 제시했다. 4° C에서 FCBP를 보존하는 동안 TF는 Y-FCBP의 경우  $1419.33 \pm 64.34$ 에서  $2845.66 \pm 31.52$  CFU.g<sup>-1</sup>로 R-FCBP의 경우  $516.66 \pm 1.45$ 에서  $1281.00 \pm 16.00$  CFU.g<sup>-1</sup>로 세척처리에 노출되지 않은 경우 증가하는 것으로 나타났다. T6의 조합처리는 15일 간격으로 T0에 비해 Y-FCBP의 경우 7.9배, R-FCBP의 경우 7.7 배까지 TF의 감소를 보였다. 이러한 결과는 R-FCBP 및 Y-FCBP 모두에서 처리되지 않은 대조군(T0)과 비교하여 T6처리의 효율성을 입증했다.

*Listeria* sp.,와 *Salmonella* sp.,는 FCP에 다량 서식하고 여러 건강문제를 일으키는 것으로 알려져 있다. 따라서 FCBP에서 *Listeria* sp 와 *Salmonella* sp 등의 식품매개 병원균의 콜로니 형성을 이해하여 식품 안전조치를 개선하여 억제하는 것이 중요하다. 결과적으로 본 연구는 서로 다른 살균제 처리, 보존일 및 보존온도에 대응하여 FCBP의 두 가지 유형에서 *Listeria* sp. (TLC) 와 *Salmonella* sp. (TSC)의 군집화를 비교분석 했다(표1 및 2).

표1. 다른 살균제 처리 및 5°C에서 보존된 신선한 노란색 파프리카(Y-FCBF)의 총박테리아 수(TBC), 총 곰팡이 수(TFC), 총 살모넬라 종(TSC), 총 리스테리아 종(TKC) 미생물 계수. (평균 ± SE (n-3)로 제시된 결과, 위 첨자의 알파벳은 처리방식 간에 유의하게 다르다 (p <0.05).)

Factors	Treatments	Storage intervals (Days)/ microbial counts (CFU.g <sup>-1</sup> )				
		3	6	9	12	15
TBC (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	1576.67±37.67 <sup>f</sup>	1681.67±0.88 <sup>g</sup>	1944.33±3.48 <sup>g</sup>	2079±332.36 <sup>f</sup>	2566.33±20.70 <sup>g</sup>
	T1	234.00±1.15 <sup>b</sup>	324.67±1.20 <sup>b</sup>	477.00±1.15 <sup>b</sup>	605.00±1.53 <sup>b</sup>	685.33±2.72 <sup>c</sup>
	T2	957.00±4.04 <sup>c</sup>	1144.00±1.53 <sup>f</sup>	1260.33±2.33 <sup>f</sup>	1317.33±35.84 <sup>c</sup>	1365.00±6.51 <sup>f</sup>
	T3	407.33±1.45 <sup>d</sup>	415.00±0.57 <sup>d</sup>	577.67±6.36 <sup>e</sup>	771.33±9.59 <sup>d</sup>	952.33±4.06 <sup>e</sup>
	T4	275.00±2.30 <sup>c</sup>	395.00±1.73 <sup>c</sup>	514.33±1.45 <sup>c</sup>	616.67±0.88 <sup>c</sup>	656.00±1.53 <sup>b</sup>
	T5	369.33±6.69 <sup>c</sup>	447.00±1.15 <sup>c</sup>	553.30±3.00 <sup>d</sup>	775.00±2.31 <sup>d</sup>	794.00±2.08 <sup>d</sup>
	T6	193.66±1.45 <sup>a</sup>	306.33±1.45 <sup>a</sup>	458.67±4.26 <sup>a</sup>	552.66±0.33 <sup>a</sup>	616.66±6.12 <sup>a</sup>
TF (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	1419.33±64.34 <sup>g</sup>	1522.33±0.33 <sup>g</sup>	1662.00±1.53 <sup>g</sup>	2039.33±0.88 <sup>g</sup>	2845.66±31.52 <sup>g</sup>
	T1	283.67±0.88 <sup>c</sup>	315.00±0.58 <sup>c</sup>	438.33±8.34 <sup>c</sup>	620.67±0.33 <sup>c</sup>	767.00±15.13 <sup>c</sup>
	T2	450.33±7.69 <sup>d</sup>	556.67±0.88 <sup>d</sup>	647.33±4.67 <sup>d</sup>	753.00±1.52 <sup>d</sup>	927.67±8.33 <sup>d</sup>
	T3	678.67±13.35 <sup>e</sup>	705.33±0.33 <sup>e</sup>	787.33±0.67 <sup>e</sup>	1051.33±7.87 <sup>e</sup>	1244.67±16.23 <sup>e</sup>
	T4	223.67±0.88 <sup>b</sup>	257.00±0.57 <sup>b</sup>	308.33±0.33 <sup>b</sup>	589.67±8.74 <sup>b</sup>	689.00±17.02 <sup>b</sup>
	T5	842.67±44.34 <sup>f</sup>	915.00±0.58 <sup>f</sup>	1169.00±8.02 <sup>f</sup>	1386.66±4.25 <sup>f</sup>	1521.33±13.00 <sup>f</sup>
	T6	115.67±4.70 <sup>a</sup>	145.33±0.33 <sup>a</sup>	255.00±1.55 <sup>a</sup>	310.00±2.65 <sup>a</sup>	357.67±18.85 <sup>a</sup>
TSC (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	741.00±2.08 <sup>g</sup>	855.67±21.18 <sup>g</sup>	1113.66±2.03 <sup>g</sup>	1263.66±50.33 <sup>g</sup>	1656.67±75.13 <sup>g</sup>
	T1	165.33±4.70 <sup>c</sup>	423.33±37.35 <sup>c</sup>	521.00±4.04 <sup>c</sup>	551.26±5.64 <sup>c</sup>	614.67±1.45 <sup>c</sup>
	T2	631.00±13.01 <sup>f</sup>	734.67±4.33 <sup>f</sup>	813.67±1.20 <sup>f</sup>	951.33±15.43 <sup>f</sup>	1129.00±3.46 <sup>f</sup>
	T3	339.33±6.35 <sup>d</sup>	573.67±2.40 <sup>e</sup>	664.67±3.17 <sup>e</sup>	721.00±7.77 <sup>e</sup>	914.33±1.76 <sup>e</sup>
	T4	159.33±3.71 <sup>b</sup>	313.33±1.20 <sup>b</sup>	405±2.00 <sup>b</sup>	510.33±3.38 <sup>b</sup>	606.00±2.08 <sup>b</sup>
	T5	348.00±2.08 <sup>e</sup>	463.00±1.15 <sup>d</sup>	559.33±4.37 <sup>d</sup>	618.33±4.41 <sup>d</sup>	754.00±18.50 <sup>d</sup>
	T6	109.00±8.02 <sup>a</sup>	259.00±7.09 <sup>a</sup>	267.00±14.25 <sup>a</sup>	331.33±0.33 <sup>a</sup>	336.33±0.33 <sup>a</sup>
TLC (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	238±8.02 <sup>d</sup>	374.33±1.76 <sup>f</sup>	441±2.08 <sup>g</sup>	577.67±0.88 <sup>g</sup>	747.33±4.48 <sup>f</sup>
	T1	180±4.04 <sup>b</sup>	210.21±1.04 <sup>c</sup>	325.67±9.74 <sup>c</sup>	367±0.57 <sup>c</sup>	540±8.18 <sup>d</sup>
	T2	217±6.03 <sup>c</sup>	305.67±2.03 <sup>e</sup>	353.67±2.03 <sup>d</sup>	469.67±6.89 <sup>d</sup>	613±2.08 <sup>c</sup>
	T3	216±2.08 <sup>c</sup>	263.33±20.30 <sup>d</sup>	358±2.65 <sup>e</sup>	485.67±6.98 <sup>e</sup>	615.33±2.60 <sup>e</sup>
	T4	176±1.15 <sup>b</sup>	192.14±12.05 <sup>b</sup>	221.33±13.04 <sup>b</sup>	274.33±13.12 <sup>b</sup>	301.33±0.33 <sup>b</sup>
	T5	321±2.08 <sup>e</sup>	258.66±5.92 <sup>d</sup>	366.00±32.00 <sup>f</sup>	496.66±2.33 <sup>f</sup>	506.33±1.76 <sup>c</sup>
	T6	112±0.58 <sup>a</sup>	115.01±1.25 <sup>a</sup>	116±5.15 <sup>a</sup>	267±0.58 <sup>a</sup>	281.25±1.54 <sup>a</sup>

표2. 다른 살균제 처리 및 5°C에서 보존된 신선한 빨간 파프리카(Y-FCBF)의 총박테리아 수(TBC), 총 곰팡이 수(TFC), 총 살모넬라 종(TSC), 총 리스테리아 종(TKC) 미생물 계수. (평균 ± SE (n-3)로 제시된 결과, 위 첨자의 알파벳은 처리방식 간에 유의하게 다르다(p <0.05).)

Factors	Treatments	Storage intervals (Days)				
		3	6	9	12	15
TBC (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	269.3±10.33 <sup>f</sup>	733.66±58.59 <sup>f</sup>	1040.33±15.63 <sup>e</sup>	1421±18.82 <sup>e</sup>	6352.66±10.42 <sup>g</sup>
	T1	165.33±0.33 <sup>c</sup>	113.33±0.88 <sup>c</sup>	116.66±2.40 <sup>b</sup>	114±12.65 <sup>b</sup>	191.33±1.33 <sup>b</sup>
	T2	163.00±1.15 <sup>c</sup>	348.33±7.21 <sup>d</sup>	432.00±2.25 <sup>d</sup>	452.33±31.24 <sup>d</sup>	941.66±23.25 <sup>d</sup>
	T3	174.66±0.66 <sup>d</sup>	868.00±8.32 <sup>g</sup>	1135.41±5.99 <sup>f</sup>	1977.66±97.88	1980±15.35 <sup>e</sup>
	T4	33.66±11.28 <sup>b</sup>	30.07±1.73 <sup>a</sup>	356.00±19.03 <sup>c</sup>	259.25±15.21 <sup>c</sup>	374.33±7.88 <sup>c</sup>
	T5	231.66±1.76 <sup>e</sup>	392.66±3.92 <sup>e</sup>	1346.33±5.23 <sup>g</sup>	1476.66±21.68 <sup>e</sup>	2803.33±73.10 <sup>f</sup>
	T6	20.33±2.72 <sup>a</sup>	43.66±5.78 <sup>b</sup>	37.66±10.39 <sup>a</sup>	76.66±60.57 <sup>a</sup>	82.66±9.59 <sup>a</sup>
TF (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	516.66±1.45 <sup>g</sup>	628.00±0.57 <sup>g</sup>	829.00±1.73 <sup>g</sup>	1169.00±14.73 <sup>g</sup>	1281.00±16.00 <sup>f</sup>
	T1	56.66±0.33 <sup>c</sup>	67.00±0.57 <sup>c</sup>	87.00±6.11 <sup>b</sup>	158.00±6.11 <sup>b</sup>	250.66±15.32 <sup>c</sup>
	T2	105.33±1.76 <sup>e</sup>	170.66±2.18 <sup>d</sup>	236.00±3.21 <sup>e</sup>	722.66±85.16 <sup>d</sup>	954.66±20.73 <sup>e</sup>
	T3	84.66±0.88 <sup>d</sup>	199.66±8.73 <sup>e</sup>	202.00±1.52 <sup>d</sup>	354.66±17.93 <sup>e</sup>	567.00±12.70 <sup>d</sup>
	T4	13.33±0.88 <sup>b</sup>	52.33±1.76 <sup>b</sup>	171.66±54.67 <sup>c</sup>	185.00±1.15 <sup>c</sup>	195.33±15.16 <sup>b</sup>
	T5	151.33±0.66 <sup>f</sup>	465.33±17.03 <sup>f</sup>	587.33±33.57 <sup>f</sup>	805.66±71.78 <sup>f</sup>	956.66±5.23 <sup>e</sup>
	T6	5.00±3.51 <sup>a</sup>	47.33±1.20 <sup>a</sup>	62.33±4.25 <sup>a</sup>	83.66±36.92 <sup>a</sup>	166.33±10.72 <sup>a</sup>
TSC (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	183.66±0.66 <sup>e</sup>	215.33±1.45 <sup>f</sup>	361.33±5.92 <sup>g</sup>	515.66±8.45 <sup>e</sup>	653.00±3.21 <sup>e</sup>
	T1	64.00±0.57 <sup>c</sup>	166.33±5.54 <sup>e</sup>	220.00±128 <sup>d</sup>	263.00±11.35 <sup>c</sup>	284.66±4.91 <sup>b</sup>
	T2	55.00±1.00 <sup>b</sup>	74.66±2.02 <sup>b</sup>	254.00±5.85 <sup>e</sup>	379.00±8.18 <sup>d</sup>	548.66±19.16 <sup>d</sup>
	T3	63.00±1.15 <sup>c</sup>	175.00±9.5	188.33±4.84 <sup>c</sup>	202.00±52.01 <sup>b</sup>	344.33±6.11 <sup>c</sup>
	T4	56.33±0.88 <sup>b</sup>	83.33±2.02 <sup>c</sup>	153.00±20.66 <sup>b</sup>	261.66±10.17 <sup>c</sup>	337.00±18.33 <sup>c</sup>
	T5	136.00±1.00 <sup>d</sup>	139.00±2.30 <sup>d</sup>	299.00±25.50 <sup>f</sup>	652.00±71.92 <sup>e</sup>	1960.33±5.04 <sup>f</sup>
	T6	51.33±0.88 <sup>a</sup>	72.00±1.52 <sup>a</sup>	119.00±135.52 <sup>a</sup>	131.33±12.66 <sup>a</sup>	154.33±12.44 <sup>a</sup>
TLC (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	346.66±1.85 <sup>f</sup>	435.00±5.00 <sup>g</sup>	567±11.13 <sup>g</sup>	710±5.03 <sup>g</sup>	960.66±11.72 <sup>g</sup>
	T1	123.33±1.76 <sup>c</sup>	151.26±1.52 <sup>c</sup>	161.33±6.17 <sup>c</sup>	251.25±15.14 <sup>c</sup>	272.33±49.34 <sup>c</sup>
	T2	281.66±3.71 <sup>e</sup>	357.66±4.33 <sup>f</sup>	498±2.30 <sup>f</sup>	565.33±19.34 <sup>f</sup>	645.33±19.74 <sup>e</sup>
	T3	163.00±13.01 <sup>d</sup>	244.00±7.63 <sup>e</sup>	436.33±7.96 <sup>e</sup>	537.33±18.02 <sup>e</sup>	697.33±57.85 <sup>f</sup>
	T4	82.66±1.45 <sup>b</sup>	100.66±0.66 <sup>b</sup>	126±1.73 <sup>b</sup>	132.12±12.41 <sup>b</sup>	150.66±0.66 <sup>b</sup>
	T5	167.33±1.20 <sup>d</sup>	186.66±1.20 <sup>d</sup>	242±1.52 <sup>d</sup>	325.00±1.73 <sup>d</sup>	429.00±9.59 <sup>d</sup>
	T6	74.66±10.34 <sup>a</sup>	86.00±0.57 <sup>a</sup>	94.66±3.75 <sup>a</sup>	121.66±27.87 <sup>a</sup>	140.00±6.11 <sup>a</sup>

결과는 TLC와 TSC가 살균제 처리, 보존 일수 및 보존 온도 사이에서 다양하다는 것을 나타낸다. TSC는 적색 및 황색 FCBP의 다른 처리에 비해 처리되지 않은 대조군에서 더 높게 발견되었다. TSC는 처리되지 않은 대조군 (T0)에서 보존하는 동안 741.00 ± 2.08에서 1656.67 ± 75.13 CFU.g<sup>-1</sup>로 증가했지만, T6 처리는 Y-FCBP의 T0에 비해 15일 간격으로 TSC 집락을 4.93배 감소시켰다(표1 및 2). R-FCBP의 경우 TSC는 T0의 보존 시간이 증가함에 따라 183.66 ± 0.66에서 653.00 ± 3.21 CFU.g<sup>-1</sup>로 증가했으며 콜로니 형성은 Y-FCBP의 경우 4.93배, R-FCBP의 경우 4.23배 감소했다. 15일 간격으로 T6 처리시 4° C에 보관한다. TLC는 또한 Y-FCBP의 경우 T6 처리에서 2.66배, R-FCBP의 경우 6.78배 현저하게 억제되는 것으로 나타났다. 전반적으로, 결과는 FA- 항산화제 용액으로 구성된 T6종합 처리제와 SAEW가 4° C에서 15일 동안 보관할 때 개별효과(T1-T5)보다 미생물 군집을 억제하는데 더 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 살균제기반 세척(T1-T6)은 15일 동안 4° C에 보관된 FCBP에서 미생물 군집화를 억제하는데 효과적 이었지만 FCBP를 15° C에서 보관할 때는 효과가 없었다(SI. 표1 및 2, 그림 1).

SI. 표1. 다른 살균제 처리에 따른 신선한 황색 파프리카(Y-FCBP)의 총 박테리아 수 (TBC), 총 곰팡이 수 (TFC), 총 살모넬라 종(TSC), 총 리스테리아 종(TLC) 및 DPPH 소거 (%), 총 페놀 (TP), 총 플라보노이드 (TF)와 같은 영양 및 항산화 결과는 평균치로 표시. (결과는 평균 ± SE (n-3)로 표시)

Treatments	Storage time (15°C)						
	TBC (CFU.g <sup>-1</sup> )	TF (CFU.g <sup>-1</sup> )	TSC (CFU.g <sup>-1</sup> )	TLC (CFU.g <sup>-1</sup> )	DPPH scavenging (%)	TP (OD760)	TF (OD450nm)
T0	7112±0.6	565±0.6	3276±122.3	2045±0.6	45.6±0.8	1.6±0.02	0.06±0.00
T1	3239±7.3	129±2.7	1025±0.6	1221±7.0	63.7±0.7	1.9±0.01	0.12±0.00
T2	4447±1.1	445±6.0	2938±23.3	1756±2.08	-	-	-
T3	5542±11.3	376±0.8	2525±19.6	1572±23.6	51.4±1.0	1.6±0/01	0.07±0.00
T4	3350±3.0	224±4.6	1530.6±2.4	1261±8.5	62.4±0.4	1.7±0.02	0.08±0.00
T5	4387±11.0	438±10.02	2028±13.6	1435±5.0	58.4±0.8	1.6±0.01	0.07±0.00
T6	3952.33±3.7	227±7.69	1518.6±2.4	1351±2.4	61.5±0.2	1.7±0.01	0.09±0.00

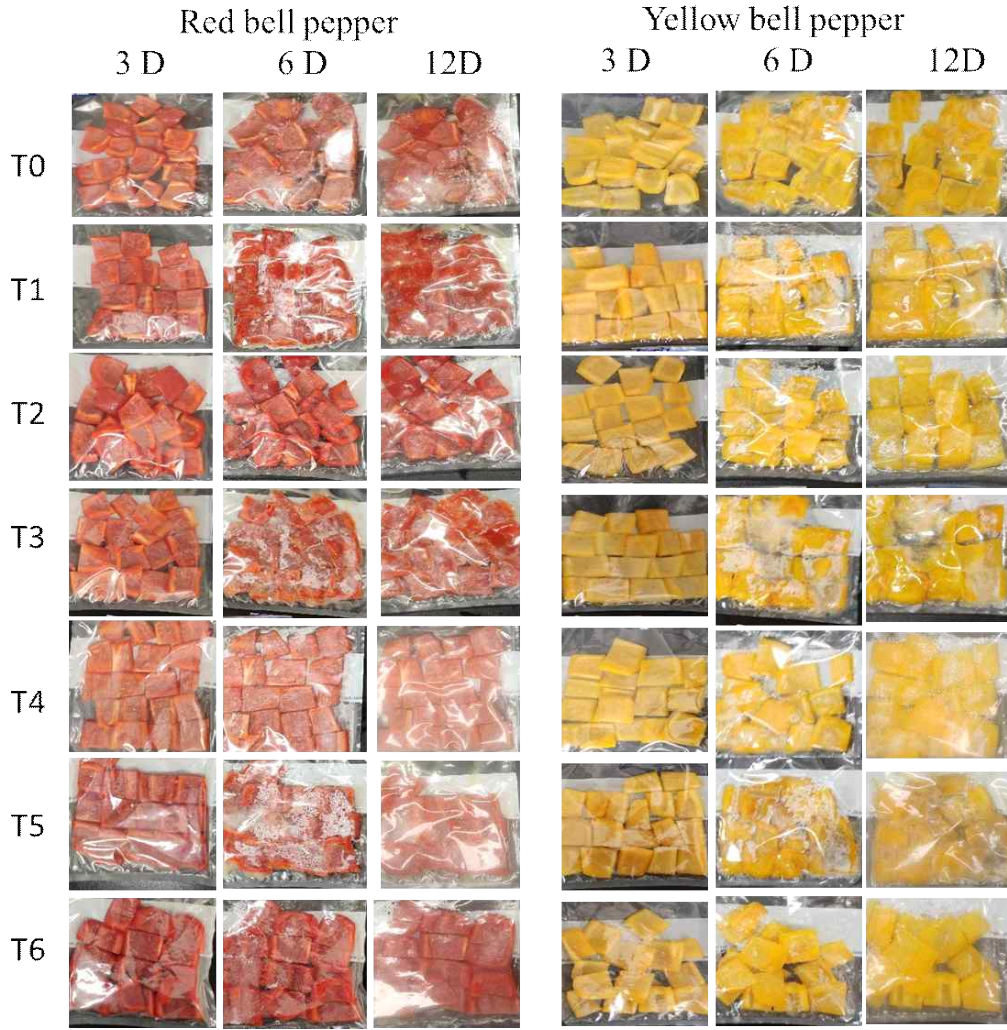


SI. 표1. 다른 살균제 처리에 따른 신선한 빨간색 파프리카(Y-FCBP)의 총 박테리아 수(TBC), 총 곰팡이 수 (TFC), 총 살모넬라 중(TSC), 총 리스테리아 중(TLC) 및 DPPH 소거(%), 총 페놀(TP), 총 플라보노이드 (TF)와 같은 영양 및 항산화 결과는 평균치로 표시. (결과는 평균 ± SE (n-3)로 표시)

Treatments	Storage time (15°C)						
	TBC (CFU.g <sup>-1</sup> )	TF (CFU.g <sup>-1</sup> )	TSC (CFU.g <sup>-1</sup> )	TLC (CFU.g <sup>-1</sup> )	DPPH scavenging (%)	TP (OD760 )	TF (OD450nm)
T0	7462±60.6	4542±6.0	3141±8.5	2814±15.6	-	1.4±0.02	0.06±0.00
T1	1990±2.0	445±3.8	1397±2.8	654±9.8	-	2.0±0.01	0.11±0.00
T2	4051±13.0	879±2.3	1527±18.6	1347±9.0	-	1.9±0.01	0.11±0.00
T3	6630±11.0	4433±17.3	2832±12.0	2466±5.0	-	1.8±0.01	0.08±0.00
T4	2458±1.4	852±1.1	1451±3.3	675±12.6	-	2.0±0.02	0.14±0.00
T5	4626±50.00	3543±41.0	2177±10.6	1459±32.6	-	1.8±0.01	0.06±0.00
T6	3484±13.3	956±6.9	1739±3.06	1090±2.3	-	1.9±0.03	0.11±0.00



SI. 그림 1. 다양한 유기 및 항산화 기반 살균제로 처리되고 15°C에서 보존되는 FCBP.



SI. 그림 1. 다양한 유기 및 항산화 기반 살균제로 처리되고 다른 시간 간격으로 4°C에서 저장된 FCBP의 품질.

## 라.2. FCBP의 영양 및 식물 화학적 변화

신선한 절단편의 농산물을 소비하는 이유는 영양성분을 손실 없이 얻기 위해서이다. 따라서 플라보노이드 및 폴리페놀과 같은 FCBP의 영양가를 확보하는 것이 필수적이다. 이 두 그룹의 화합물은 항산화작용에 크게 관여하기 때문에 만성질환 및 암 질환의 위험을 줄인다. 따라서 이 작업은 3일 간격으로 FA, SAEW의 개별 및 혼합 등 다양한 처리에 따른 FCBP의 DPPH 소거, 총 페놀함량(TPC) 및 총 플라보노이드(TFC)의 변화에 대한 분석을 진행했다. FCBP 샘플은 4° C 15일 동안 보관하였다(표3 및 4, SI 표1 및 SI 표2). FCBP는 15° C에서 3일 이상 보관할 때 불안정한 것으로 나타났다. 따라서 우리는 3일 간격으로 만 영양 및 식물화학적 변화를 테스트했고 나중에는 뚜렷한 변질을 확인(SI. 그림1)하여 15° C 보존실험을 중단하고 4° C 보존실험에 집중했다. DPPH 소거, 총 페놀 함량(TPC) 및 총 플라보노이드 함량(TFC)은 두 가지 유형의 FCBP에서 처리 및 보존일 사이에 유의하게 달랐다 ( $p < 0.05$ ). DPPH 소거활성은 보존일이 있는 모든 처리에서 유의하게 증가하였으나 15일에 T6으로 처리된 샘플은 Y-FCBP에서 처리되지 않은 T0보다 DPPH 소거가 더 높은 반면 R-FCBP는 더 낮은 DPPH 소거를 나타냄을 발견했다. T0보다 T6에서 (표3 및 4). T6로 처리된 R-FCBP 및 Y-FCBP의 이러한 다른 반응은 다양한 미생물 군집화 및 항산화활성에 기인할 수 있다. Y-FCBP는 R-FCBP보다 항산화활성에서 더 유망한 것으로 밝혀졌다(표3 & 4). 총 페놀(TP)은 Y-FCBP의 경우 T6( $1.79 \pm 0.02 \text{ OD}_{760}$ )보다 T0( $2.21 \pm 0.00 \text{ OD}_{760}$ )에서, R의 경우 T0( $1.58 \pm 0.01 \text{ OD}_{760}$ )보다 T6( $1.66 \pm 0.01 \text{ OD}_{760}$ )에서 더 높았다. -15d 간격의 FCBP (표 3 & 4). 총 플라보노이드 (TF)는 Y-FCBP의 T6 ( $0.08 \pm 0.01 \text{ OD}_{450}$ )보다 T0 ( $0.12 \pm 0.0 \text{ OD}_{450}$ )에서 더 높았으며, R-FCBP는 15일 간격에서 T0와 T6간에 유의한 차이를 보이지 않았다(표3 & 4). 결과는 TF와 TP가 건강에 유익한 특성을 가진 강력한 항산화제라는 것을 입증하여 초기 보고서를 뒷받침했다.

표 3. DPPH 소거(%), 총 페놀(TP), 총 플라보노이드(TF)와 같은 영양 및 항산화 인자의 결정 : 다른 처리로 처리되고 5°C에서 보존된 노란 파프리카의 총 플라보노이드(TF). 결과는 평균±SE (n-3), 위 첨자의 알파벳은 치료법에 따라 크게 다르다(p<0.05).

Factors	Treatments	Storage intervals (Days)				
		3	6	9	12	15
DPPH (%)	T0	59.55±1.00 <sup>f</sup>	64.38±0.09 <sup>g</sup>	68.83±0.74 <sup>f</sup>	70.84±0.07 <sup>f</sup>	72.74±0.22 <sup>g</sup>
	T1	43.69±0.04 <sup>a</sup>	45.57±0.24 <sup>a</sup>	50.61±0.25 <sup>a</sup>	55.62±0.19 <sup>a</sup>	57.06±0.04 <sup>a</sup>
	T2	55.22±0.10 <sup>d</sup>	60.18±0.03 <sup>e</sup>	61.76±0.14 <sup>d</sup>	69.72±0.12 <sup>e</sup>	70.56±0.58 <sup>e</sup>
	T3	53.46±0.33 <sup>c</sup>	59.57±0.28 <sup>d</sup>	61.44±0.06 <sup>d</sup>	63.20±0.87 <sup>d</sup>	64.77±0.11 <sup>d</sup>
	T4	51.64±0.21 <sup>b</sup>	55.46±0.13 <sup>b</sup>	59.22±0.04 <sup>b</sup>	60.55±0.0 <sup>b</sup>	61.38±0.18 <sup>b</sup>
	T5	56.24±0.70 <sup>e</sup>	61.44±0.33 <sup>f</sup>	66.51±0.20 <sup>e</sup>	69.68±0.34 <sup>e</sup>	71.68±0.28 <sup>f</sup>
	T6	52.72±0.16 <sup>c</sup>	57.38±0.23 <sup>c</sup>	60.76±0.09 <sup>c</sup>	62.25±0.12 <sup>c</sup>	63.47±0.65 <sup>c</sup>
TP (OD760nm)	T0	1.83±0.01 <sup>g</sup>	1.85±0.01 <sup>g</sup>	1.92±0.02 <sup>g</sup>	2.03±0.03 <sup>g</sup>	2.21±0.00 <sup>f</sup>
	T1	1.59±0.02 <sup>a</sup>	1.60±0.01 <sup>a</sup>	1.65±0.00 <sup>a</sup>	1.71±0.01 <sup>a</sup>	1.72±0.00 <sup>a</sup>
	T2	1.65±0.00 <sup>e</sup>	1.71±0.01 <sup>f</sup>	1.77±0.00 <sup>d</sup>	1.81±0.00 <sup>e</sup>	1.88±0.01 <sup>d</sup>
	T3	1.62±0.00 <sup>c</sup>	1.67±0.00 <sup>d</sup>	1.69±0.01 <sup>c</sup>	1.77±0.01 <sup>d</sup>	1.89±0.01 <sup>d</sup>
	T4	1.61±0.01 <sup>b</sup>	1.64±0.01 <sup>b</sup>	1.67±0.01 <sup>b</sup>	1.72±0.00 <sup>b</sup>	1.76±0.01 <sup>b</sup>
	T5	1.66±0.01 <sup>f</sup>	1.78±0.01 <sup>e</sup>	1.79±0.02 <sup>f</sup>	1.84±0.02 <sup>f</sup>	1.91±0.00 <sup>c</sup>
	T6	1.63±0.00 <sup>d</sup>	1.65±0.01 <sup>c</sup>	1.70±0.01 <sup>c</sup>	1.73±0.01 <sup>c</sup>	1.79±0.02 <sup>c</sup>
TF (OD450nm)	T0	0.08±0.01 <sup>d</sup>	0.09±0.01 <sup>e</sup>	0.09±0.01 <sup>d</sup>	0.10±0.01 <sup>d</sup>	0.12±0.01 <sup>c</sup>
	T1	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>
	T2	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.08±0.01 <sup>d</sup>	0.09±0.01 <sup>d</sup>	0.09±0.01 <sup>c</sup>	0.09±0.01 <sup>b</sup>
	T3	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>
	T4	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.09±0.01 <sup>b</sup>
	T5	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.08±0.01 <sup>d</sup>	0.08±0.01 <sup>c</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>
	T6	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.07±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>

표 3. DPPH 소거(%), 총 페놀(TP), 총 플라보노이드(TF)와 같은 영양 및 항산화 인자의 결정 : 다른 처리로 처리되고 5°C에서 보존된 빨간 파프리카의 총 플라보노이드(TF). 결과는 평균±SE (n-3), 위 첨자의 알파벳은 치료법에 따라 크게 다르다(p<0.05).

Factors	Treatments	Storage intervals (Days)				
		3	6	9	12	15
DPPH (%)	T0	56.21±1.21 <sup>c</sup>	45.23±0.87 <sup>b</sup>	53.37±0.29 <sup>d</sup>	46.22±1.30 <sup>f</sup>	34.29±0.02 <sup>b</sup>
	T1	41.25±0.54 <sup>a</sup>	49.39±0.12 <sup>c</sup>	48.49±0.08 <sup>c</sup>	46.47±0.45 <sup>f</sup>	43.26±1.00 <sup>d</sup>
	T2	54.12±0.81 <sup>b</sup>	57.67±1.11 <sup>e</sup>	48.69±0.63 <sup>c</sup>	35.68±2.65 <sup>a</sup>	29.74±0.17 <sup>a</sup>
	T3	65.21±2.26 <sup>d</sup>	45.39±0.31 <sup>b</sup>	44.93±0.53 <sup>b</sup>	43.92±0.75 <sup>e</sup>	35.07±0.72 <sup>b</sup>
	T4	65.25±0.14 <sup>d</sup>	43.89±3.13 <sup>a</sup>	42.09±0.30 <sup>a</sup>	40.15±0.14 <sup>c</sup>	36.30±0.40 <sup>c</sup>
	T5	41.25±1.24 <sup>a</sup>	45.34±0.68 <sup>b</sup>	44.44±1.25 <sup>b</sup>	42.25±0.89 <sup>d</sup>	35.68±0.73 <sup>b</sup>
	T6	71.25±0.12 <sup>c</sup>	55.32±1.30 <sup>d</sup>	55.01±0.32 <sup>c</sup>	39.80±0.85 <sup>b</sup>	36.00±1.13 <sup>c</sup>
TP (OD 760nm)	T0	1.73±0.12 <sup>b</sup>	1.72±0.01 <sup>b</sup>	1.65±0.02 <sup>a</sup>	1.60±0.02 <sup>bc</sup>	1.58±0.01 <sup>b</sup>
	T1	1.65±0.01 <sup>a</sup>	1.65±0.12 <sup>a</sup>	1.64±0.10 <sup>a</sup>	1.63±0.01 <sup>c</sup>	1.63±0.01 <sup>c</sup>
	T2	1.73±0.12 <sup>b</sup>	1.68±0.09 <sup>b</sup>	1.68±0.08 <sup>b</sup>	1.65±0.01 <sup>c</sup>	1.63±0.01 <sup>c</sup>
	T3	1.76±0.03 <sup>b</sup>	1.66±0.01 <sup>a</sup>	1.62±0.01 <sup>a</sup>	1.55±0.01 <sup>a</sup>	1.50±0.01 <sup>a</sup>
	T4	1.73±0.21 <sup>b</sup>	1.71±0.01 <sup>b</sup>	1.70±0.04 <sup>b</sup>	1.66±0.02 <sup>c</sup>	1.65±0.01 <sup>c</sup>
	T5	1.67±0.01 <sup>a</sup>	1.62±0.02 <sup>a</sup>	1.61±0.06 <sup>a</sup>	1.56±0.01 <sup>a</sup>	1.54±0.01 <sup>b</sup>
	T6	1.73±0.02 <sup>b</sup>	1.73±0.02 <sup>b</sup>	1.73±0.02 <sup>b</sup>	1.69±0.01 <sup>cd</sup>	1.66±0.01 <sup>c</sup>
TF (OD 450nm)	T0	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>d</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.02 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>
	T1	0.09±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>d</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>
	T2	0.13±0.02 <sup>c</sup>	0.07±0.01 <sup>c</sup>	0.06±0.02 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
	T3	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
	T4	0.08±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
	T5	0.06±0.01 <sup>a</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.02 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>
	T6	0.09±0.02 <sup>b</sup>	0.07±0.02 <sup>c</sup>	0.06±0.02 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>

### 라.3. 감각, 텍스트 및 색상특성

감각적 특성은 신선한 절단편 농산물의 마케팅을 위한 또 다른 중요한 요소이다. T0-T6에서 향미, 조직의 견고함, 즙, 맛 및 시각적 외관 (L, a, b)을 포함한 감각적 품질은 허용 가능한 점수를 받지 못했지만 T6는 보존 9일째다음에서 유통관련 허용 가능한 수준으로 점수를 획득했다(그림1 및 표5). 복합처리 T6(FA, SAEW 및 항산화 용액)는 FCBP의 영양 및 감각특성을 유지했다(그림 1). 이와 유사하게, 일부 화학 살균제와 결합된 SAEW는 미생물을 억제하고 체리, 토마토, 오렌지 및 사과를 포함한 신선한 과일 및 채소의 감각적 특성을 유지하는 것으로 입증되었다. 결과는 T6(FA, SAEW 및 항산화 용액)의 복합처리가 미생물 오염을 현저하게 억제하고 4°C에서 보존할 때 최대 9일까지 우수한 감각특성으로 FCBP를 유지한다는 것을 입증했다.

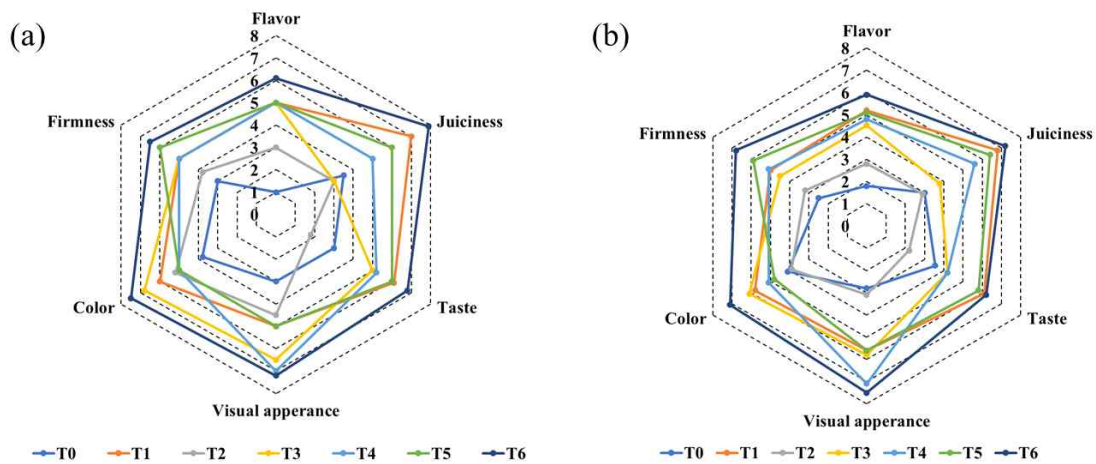


그림.1. 다양한 유기농 및 항산화 살균제의 치료제가 R-FCBP (a), Y-FCBP (b)의 품질 및 감각 평가에 미치는 영향

표.5. 여러 가지 살균제로 처리되고 5°C에서 보존되는 붉은 파프리카와 노란 파프리카의 질감 및 색상 변화 결정. 평균±SE(n-3)로 표시된 결과는 위첨자의 알파벳은 처리방식(p<0.05)간에 유의하게 다르다.

Factors	Treatments	Storage time (5°C)					
		Yellow			Red		
		3	6	9	3	6	9
Hardness (g)	T0	1127.14±1.83 <sup>d</sup>	1108.14±0.67 <sup>e</sup>	1007.09±0.09 <sup>g</sup>	1633.84±0.85 <sup>d</sup>	1024.07±6.59 <sup>a</sup>	767.15±7.52 <sup>a</sup>
	T1	1351.97±15.02 <sup>f</sup>	1253.86±1.26 <sup>g</sup>	962.65±3.23 <sup>f</sup>	1682.13±4.29 <sup>e</sup>	1547.54±20.77 <sup>f</sup>	1325.83±33.46 <sup>d</sup>
	T2	1029.34±0.50 <sup>b</sup>	947.19±0.47 <sup>a</sup>	643.96±68.00 <sup>a</sup>	1150.45±1.82 <sup>a</sup>	1139.82±20.05 <sup>b</sup>	990.16±2.96 <sup>b</sup>
	T3	1006.68±1.79 <sup>a</sup>	986.58±1.54 <sup>c</sup>	760.50±1.53 <sup>b</sup>	1177.52±0.36 <sup>b</sup>	1169.34±29.27 <sup>c</sup>	1148.17±14.15 <sup>c</sup>
	T4	1374.43±11.09 <sup>g</sup>	1120.10±5.90 <sup>f</sup>	931.18±5.57 <sup>e</sup>	1924.17±1.97 <sup>g</sup>	1532.85±16.39 <sup>e</sup>	1476.93±9.49 <sup>f</sup>
	T5	1148.01±7.41 <sup>c</sup>	950.12±2.07 <sup>b</sup>	843.93±18.82 <sup>c</sup>	1357.99±16.63 <sup>c</sup>	1334.48±12.36 <sup>d</sup>	1376.92±10.4 <sup>e</sup>
	T6	1244.75±40.26 <sup>e</sup>	1051.32±3.69 <sup>d</sup>	925.00±10.30 <sup>d</sup>	1763.02±6.04 <sup>f</sup>	1641.64±14.73 <sup>g</sup>	1547.78±3.67 <sup>g</sup>
<i>L</i>	T0	52.3±0.60 <sup>b</sup>	49.65±0.70 <sup>a</sup>	48.10±1.68 <sup>c</sup>	35.43±0.12 <sup>b</sup>	34.35±1.18 <sup>e</sup>	32.65±1.30 <sup>b</sup>
	T1	59.35±0.64 <sup>e</sup>	55.06±0.59 <sup>e</sup>	51.90±0.88 <sup>e</sup>	34.09±0.59 <sup>a</sup>	33.87±0.87 <sup>b</sup>	33.83±0.99 <sup>c</sup>
	T2	52.09±1.75 <sup>b</sup>	51.32±0.63 <sup>c</sup>	35.00±0.45 <sup>a</sup>	35.19±0.60 <sup>b</sup>	34.86±0.37 <sup>c</sup>	34.47±1.44 <sup>d</sup>
	T3	51.64±0.84 <sup>a</sup>	49.00±0.12 <sup>a</sup>	41.56±0.39 <sup>b</sup>	38.00±1.00 <sup>c</sup>	34.17±2.81 <sup>c</sup>	35.20±2.05 <sup>e</sup>
	T4	57.15±0.48 <sup>d</sup>	55.23±1.72 <sup>e</sup>	51.90±0.33 <sup>c</sup>	34.32±1.04 <sup>a</sup>	32.06±0.98 <sup>a</sup>	31.04±0.56 <sup>a</sup>
	T5	51.82±0.29 <sup>a</sup>	50.46±0.41 <sup>b</sup>	35.41±0.45 <sup>a</sup>	35.96±0.30 <sup>b</sup>	35.21±0.60 <sup>d</sup>	35.04±2.30 <sup>e</sup>
	T6	54.20±0.53 <sup>c</sup>	52.86±0.37 <sup>d</sup>	50.21±0.04 <sup>d</sup>	50.82±1.28 <sup>d</sup>	45.77±0.29 <sup>e</sup>	40.43±0.94 <sup>f</sup>
<i>a</i>	T0	6.38±0.10 <sup>a</sup>	6.04±0.11 <sup>b</sup>	5.31±0.13 <sup>b</sup>	25.46±2.3 <sup>e</sup>	23.75±0.79 <sup>d</sup>	16.07±0.42 <sup>b</sup>
	T1	18.46±0.61 <sup>f</sup>	15.55±0.15 <sup>f</sup>	14.96±0.32 <sup>f</sup>	22.40±1.43 <sup>b</sup>	21.16±0.44 <sup>b</sup>	20.4±0.15 <sup>c</sup>
	T2	15.28±0.23 <sup>e</sup>	13.61±0.18 <sup>d</sup>	11.37±0.48 <sup>e</sup>	24.36±1.57 <sup>d</sup>	24.4±1.58 <sup>e</sup>	22.12±0.51 <sup>d</sup>
	T3	9.39±0.14 <sup>c</sup>	8.28±0.16 <sup>c</sup>	6.37±0.16 <sup>c</sup>	23.08±1.23 <sup>c</sup>	22.06±0.41 <sup>c</sup>	5.72±0.28 <sup>a</sup>
	T4	15.91±1.75 <sup>e</sup>	14.60±0.19 <sup>e</sup>	14.28±0.43 <sup>f</sup>	20.63±0.88 <sup>a</sup>	20.01±0.39 <sup>a</sup>	5.71±0.28 <sup>a</sup>
	T5	8.48±0.11 <sup>b</sup>	5.24±0.00 <sup>a</sup>	4.44±0.18 <sup>a</sup>	23.07±1.78 <sup>c</sup>	22.3±0.56 <sup>c</sup>	5.57±0.33 <sup>a</sup>
	T6	14.23±0.61 <sup>d</sup>	11.41±0.94	10.26±0.23 <sup>d</sup>	25.82±0.39 <sup>e</sup>	23.16±0.54 <sup>d</sup>	5.56±0.33 <sup>a</sup>
<i>b</i>	T0	42.65±1.24 <sup>a</sup>	34.61±0.36 <sup>a</sup>	28.70±0.88 <sup>b</sup>	18.79±0.32 <sup>d</sup>	15.33±0.58 <sup>d</sup>	8.62±0.29 <sup>d</sup>
	T1	49.21±0.03 <sup>f</sup>	44.79±0.50 <sup>e</sup>	43.49±0.89 <sup>f</sup>	14.02±1.44 <sup>b</sup>	10.61±0.32 <sup>a</sup>	5.88±0.32 <sup>c</sup>
	T2	46.99±0.85 <sup>c</sup>	41.62±0.08 <sup>c</sup>	33.95±1.83 <sup>c</sup>	12.04±0.93 <sup>a</sup>	11.62±0.64 <sup>b</sup>	4.26±0.63 <sup>b</sup>
	T3	48.38±0.59 <sup>e</sup>	40.34±0.19 <sup>b</sup>	27.53±0.15 <sup>a</sup>	16.04±2.9 <sup>c</sup>	13.43±0.92 <sup>c</sup>	4.55±1.18 <sup>b</sup>
	T4	45.80±1.29 <sup>b</sup>	43.05±0.19 <sup>d</sup>	40.39±5.33 <sup>e</sup>	18.31±0.58 <sup>d</sup>	15.28±2.05 <sup>d</sup>	2.99±0.20 <sup>a</sup>
	T5	48.64±1.41 <sup>e</sup>	43.81±0.87 <sup>d</sup>	39.11±0.16 <sup>d</sup>	11.67±0.3 <sup>a</sup>	11.27±0.55 <sup>b</sup>	5.20±0.61 <sup>c</sup>
	T6	47.64±0.31 <sup>d</sup>	45.53±0.14 <sup>f</sup>	39.81±0.31 <sup>d</sup>	38.41±1.78 <sup>e</sup>	15.77±0.39 <sup>d</sup>	9.56±0.34 <sup>c</sup>

#### 라.4. 미생물 변화

식품매개 병원성 미생물을 억제하여 FCBP의 품질을 향상시키기 위해 천연첨가물 용액과 함께 프로바이오틱 박테리아 황용에 관한 보고는 지금까지 없다. 따라서 본 연구는 천연첨가물과 *L. rhamnosus* GG 개별 및 복합처리에 따른 FCBP의 품질과 저장수명에 대한 효과를 평가했다. 실제로 신선한 절단 농산물에 프로바이오틱스를 적용하면 식품매개 병원균을 억제하고 영양가를 풍부하게 하는데 유리한 것으로 밝혀졌다. 프로바이오틱스 처리된 과일의 섭취는 암 및 심혈관질환의 발생을 줄이는 것으로 보고되어 있다. 본 연구에서 FCBP의 미생물수는 처리, FCBP의 색, 온도 및 간격에 따라 유의하게 달랐다( $p < 0.05$ ; 표1). TBC는 처리에 대해  $1080.12 \pm 8.15$ 에서  $1161.71 \pm 15.26$  CFU.g<sup>-1</sup>의 범위이며, T2에서 더 높았고 T4에서 더 낮았다. FCBP의 색상은 R-FCBP( $1395.43 \pm 13.25$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 최대, T-FCBP( $826.60 \pm 9.12$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 최소로 나타났다. 저장온도의 경우 TBC는 4°C보다 15°C에서 더 많이 관찰되었다. 또한 TBC의 콜로니 형성은 저장기간이 증가함에 따라 현저하게 증가했다. 따라서 *L. rhamnosus* GG FCBP에서 세균 집락의 억제에 매우 효율적이었다. 실제로 유산균은 건강을 촉진하는 대사산물을 생산하기 때문에 박테리아 콜로니 형성을 잠재적으로 예방하는 것으로 알려져 있다. TSC는 T1( $495.68 \pm 2.86$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 높고 T4( $278.38 \pm 1.78$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 낮게 관찰되었다. TSC 콜로니형성은 Y-FCBP( $179.51 \pm 1.05$ )보다 R-FCBP( $561.50 \pm 2.02$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 많이 기록되었다. 저장온도가 15°C( $530.64 \pm 1.05$  CFU.g<sup>-1</sup>)일 때 더 높았고 4°C( $210.38 \pm 2.03$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 낮았다. TSC 또한 저장시간이 늘어남에 따라 증가세를 보였다. 천연첨가물과 *L. rhamnosus* GG의 혼합적용은 FCBP의 *Salmonella* 콜로니형성을 제어했다. TLC는 T2( $136.55 \pm 0.85$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 증가하고 T3( $19.45 \pm 0.72$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 감소했다. TLC의 집락은 R-FCBP( $90.31 \pm 0.58$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 많이 발견되었으며 Y-FCBP( $67.77 \pm 0.89$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 낮았다. 보존온도 15°C( $118.95 \pm 0.82$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 증가하고 4°C( $39.13 \pm 1.25$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 감소했으며 저장시간이 증가함에 따라 증가했다.

*L. rhamnosus* GG의 동시접종은 FCBP에서 *Salmonella* 보다 *Listeria*의 성장정도를 유의하게 억제하였다. 본 연구에서 TSC와 TLAB 사이의 부정적인 상관관계를 관찰하였다(표1). 이전에 보고된 유사한 연구의 사과꼭지의 *L. rhamnosus* GG 동시접종은 사과 꼭지속의 *Salmonella*보다 *L. monocytogenes*의 성장을 성공적으로 조절한다고 보고한바 있다. 여러 연구에서 식품매개 병원균에 대한 *L. rhamnosus* GG의 광범위한 길항활성을 보고했다. TFC 집락은 T1( $1198.92 \pm 1.52$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 높았고 T4( $735.81 \pm 2.83$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 낮았다. TFC의 집락은 R-FCBP( $1352.88 \pm 2.00$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 많이 발견되었고 Y-FCBP( $563.42 \pm 1.62$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 적게 발견되었다. 15°C( $1639.80 \pm 1.56$  CFU.g<sup>-1</sup>)의 보관 온도에서 더 높았고 4°C( $276.50 \pm 2.08$  CFU.g<sup>-1</sup>)에서 더 낮았으며 저장기간이 증가함에 따라 증가했다. 자연적인 항균첨가제와 생존세포의 저분자량 분자의 *L. rhamnosus* GG FCBP에서 곰팡이집락억제에 관여할 수 있다. 마찬가지로, 유산균은 유제품에서 곰팡이를 억제하는 것으로 알려져 있다. 유산균(LAB)은 T1과 T2에는 없었지만, T1과 T2에서는 LAB가 처리되지 않았기 때문에 T3와 T4에는 존재했다. 또한 *L. rhamnosus* GG 계수는 두 온도에서 T3 및 T4에서 최대 12일까지  $10^8$ CFU mL<sup>-1</sup>의 초기농도에서 변경되지 않고 유지되었다. LAB의 존재는 식품매개 병원성 미생물 군집을 크게 줄였다. *Salmonella*, *Listeria*, 총 박테리아와 총 곰팡이. 결과는 천연첨가용액이 *L. rhamnosus* GG 처리는 빨간색과 노란색 FCBP 모두에서 식품매개 병원성균 집락형성을 예방했다.



표 1. 다른 시간 간격(일)에서 *L. rhamnosus* GG 및 생화학적 제제로 처리되거나 처리되지 않은 R&Y FCBP의 미생물 개체군 변화 확인(4, 15° C) 그 결과는 추정 한계 평균  $\pm$ SE. \*\* 유의미함 ( $p < 0.01$ ); NS- 중요하지 않음. 총 박테리아 수(TBC), 총 살모넬라 수(TSC), 총 리스테리아 수(TLC), 총 곰팡이 수(TFC), 총 젖산 박테리아 수(TLABC).

Sources	Microbial counts (CFU g <sup>-1</sup> )				
	TBC	TSC	TLC	TFC	TLABC
Treatments					
T0	1959.30 $\pm$ 6.14	1.83 $\pm$ 0.23	1.57 $\pm$ 0.05	1000.87 $\pm$ 4.55	0
T1	911.6 $\pm$ 2.56	0	0	753.61 $\pm$ 6.23	0
T2	1031.21 $\pm$ 8.74	640.43 $\pm$ 2.34	431.36 $\pm$ 6.11	836.28 $\pm$ 2.56	0
T3	412.2 $\pm$ 2.89	0	0	115.57 $\pm$ 5.79	86.30 $\pm$ 3.55
T4	491.87 $\pm$ 7.25	245.43 $\pm$ 5.26	102.48 $\pm$ 2.13	619.59 $\pm$ 6.13	83.14 $\pm$ 0.84
Colors					
R-FCBP	1188.09 $\pm$ 9.25	225.56 $\pm$ 4.25	149.69 $\pm$ 1.96	932.94 $\pm$ 3.93	33.79 $\pm$ 2.84
Y-FCBP	863.96 $\pm$ 7.21	129.52 $\pm$ 2.15	64.47 $\pm$ 2.89	397.55 $\pm$ 3.71	33.98 $\pm$ 3.08
Temperature (°C)					
4	585.05 $\pm$ 8.25	115.98 $\pm$ 6.15	89.24 $\pm$ 2.13	199.06 $\pm$ 9.29	35.19 $\pm$ 1.85
15	1367.2 $\pm$ 4.25	239.16 $\pm$ 8.14	125.04 $\pm$ 1.69	1131.43 $\pm$ 2.30	32.58 $\pm$ 4.79
Intervals (Days)					
0	195.30 $\pm$ 4.26	210.83 $\pm$ 2.64	164.14 $\pm$ 3.73	24.38 $\pm$ 2.21	48.94 $\pm$ 1.97
3	672.58 $\pm$ 2.54	99.47 $\pm$ 6.12	110.58 $\pm$ 2.39	457.77 $\pm$ 2.14	32.29 $\pm$ 1.50
6	895.10 $\pm$ 4.27	125.44 $\pm$ 4.52	67.19 $\pm$ 1.62	724.84 $\pm$ 3.13	32.75 $\pm$ 3.65
9	1287.33 $\pm$ 2.21	234.83 $\pm$ 53.15	84.21 $\pm$ 5.85	891.25 $\pm$ 8.00	30.57 $\pm$ 1.07
12	1271.81 $\pm$ 9.25	153.40 $\pm$ 8.21	97.84 $\pm$ 1.00	912.70 $\pm$ 3.60	30.20 $\pm$ 2.51
15	1533.28 $\pm$ 5.26	192.67 $\pm$ 1.62	118.52 $\pm$ 2.65	980.75 $\pm$ 1.24	28.57 $\pm$ 1.35
Significance					
Treatments	(F=1115.24)**	(F=35445.03)**	(F=23970.39)**	(F=27561.41)**	(F=18963.46)**
Colors	(F=284.64)**	(F=5157.02)**	(F=6088.55)**	(F=85918.17)**	(F=0.019)NS
Temperature (°C)	(F=2489.02)**	(F=8512.48)**	(F=1054.36)**	(F=244433.7)**	(F=66.97)**
Intervals (days)	(F=500.68)**	(F=1138.20)**	(F=666.34)**	(F=17773.40)**	(F=421.33)**

#### 라.5. 식물 화학적 변화와 항산화 특성

천연첨가물 및 *L. rhamnosus* GG 15일 동안 2개의 온도에서 보관된 것은 표 2에 나와 있다. 그 결과 항산화제와 식물성 성분은 처리, FCBP 유형, 보관 온도 및 기간에 따라 유의하게 다른 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ). DPPH소거측면에서 항산화활성은 T4(천연첨가물 및 *L. rhamnosus* GG) 식품매개 병원균의 집락화를 통한 FCBP의 천연화합물 손실로 인해 T1(천연첨가물 단독처리) 및 T2(천연첨가물 및 FBC 처리)에서 더 낮은 것으로 나타났다. 또한, 현재의 결과는 FCBP에서 총 플라보노이드와 페놀 사이의 상관관계를 입증했다. 유사하게, 이전 연구에서 프로바이오틱 유산균의 적용은 신선한 절단 멜론의 품질에 영향을 미치지 않고 총 페놀과 항산화제를 유지한다고 보고했다. 천연첨가물은 FCBP의 품질을 유지했지만 그 효과는 *L. rhamnosus* GG. 사람이 섭취할 때의 안전성을 보장하기 위해 천연첨가물용액으로 처리된 FCBP의 벤조산나트륨 농도를 측정된 결과 일반적으로 안전하다고 간주되는 사람이 섭취하기에 안전한 0.001%로 밝혀졌다.

표2. *Lactobacillus rhamnosus* GG 및 생화학적 제제로 처리하거나 처리하지 않은 신선한 절단 파프리카(FCBP)의 항산화 및 식물 화학적 변화분석. 결과는 추정된 주변 평균  $\pm$  SE를 나타냄.

\*\* 유의미한 값을 나타냄( $p < 0.01$ ). 총 플라보노이드 함량 (TFaC) 및 총 페놀 함량 (TPC).

Sources	DPPH scavenging (%)	TFaC (OD450nm)	TPC (OD 760nm)
Treatments			
T0	51.75 $\pm$ 0.62	0.085 $\pm$ 0.018	1.28 $\pm$ 0.15
T1	17.37 $\pm$ 0.76	0.087 $\pm$ 0.005	1.81 $\pm$ 0.21
T2	16.16 $\pm$ 1.26	0.081 $\pm$ 0.007	1.88 $\pm$ 0.18
T3	23.27 $\pm$ 0.25	0.075 $\pm$ 0.010	1.76 $\pm$ 0.13
T4	16.95 $\pm$ 0.31	0.085 $\pm$ 0.004	1.88 $\pm$ 0.11
Color of FCBP			
R-FCBP	24.52 $\pm$ 2.61	0.084 $\pm$ 0.001	1.75 $\pm$ 0.17
Y-FCBP	25.69 $\pm$ 0.76	0.081 $\pm$ 0.010	1.70 $\pm$ 0.13
Temperature			
4	24.16 $\pm$ 0.37	0.081 $\pm$ 0.004	1.71 $\pm$ 0.16
15	26.04 $\pm$ 0.24	0.085 $\pm$ 0.001	1.73 $\pm$ 0.11
Intervals			
0	79.95 $\pm$ 0.13	0.117 $\pm$ 0.013	1.75 $\pm$ 0.01
3	17.11 $\pm$ 1.41	0.091 $\pm$ 0.015	1.86 $\pm$ 0.08
6	13.87 $\pm$ 0.76	0.091 $\pm$ 0.001	1.73 $\pm$ 0.09
9	15.16 $\pm$ 0.26	0.069 $\pm$ 0.02	1.71 $\pm$ 0.16
12	10.94 $\pm$ 0.77	0.072 $\pm$ 0.04	1.63 $\pm$ 0.08
15	13.58 $\pm$ 1.98	0.056 $\pm$ 0.011	1.66 $\pm$ 0.02
Significance			
Treatments	(F=16555.60)**	(F=12.15)**	(F=365.10)**
Color of FCBP	(F=20.24)**	(F=18.07)**	(F=19.48)**
Temperature	(F=52.51)**	(F=11.18)**	(F=8.6)**
Intervals (days)	(F=7175.76)**	(F=7.46)**	(F=30.63)**

#### 라.6. 색상, 질감 감각 변화

L(밝기), a(적색), b(황색) 및 질감을 포함한 물리적 및 시각적 매개변수의 분석은 신선한 절단편의 갈변상태를 이해하는데 필수적이다. 표3은 천연첨가제 또는 *L. rhamnosus* GG 로 처리되고 15일 동안 서로 다른 온도(4°C 및 15°C)에서 저장한 FCBP의 물리적·시각적 변화를 보여준다. 결과에 따르면 L, a, b, 질감과 같은 색상매개변수는 처리, 보관 온도, 저장 기간( $p < 0.01$ ), 색상변화(color change)에서 유의미한 차이를 보였지만 저장온도( $p < 0.05$ )간에는 차이가 없었다. 12일 후 FCBP의 상태 악화로 인해 물리적, 시각적 매개변수를 분석할 수 없었다. 색상매개변수 L은 저장기간이 늘어남에 따라 감소했다. 현재 결과는 저장온도가 FCBP의 갈변에 영향을 미치지 않음을 나타낸다. 병원체 FBC에 천연 첨가물의 접종은 L에 대해 FCBP의 색상 특성에 영향을 미치지 않았다. 신선한 절단 제품의 갈변에 해당하는 L값의 감소가 지표가 된다. 그러나 파프리카는 자연적으로 녹색, 노란색, 주황색, 빨간색 등 여러 가지 색상이 있기 때문에 색상매개변수만으로는 파프리카의 갈변을 결정하기가 어렵다. 그러나 FBC에 도전하는 FCBP에서 천연첨가물 또는 *L. rhamnosus* GG의 처리는 식품매개 병원성 미생물의 콜로니형성 억제로 인해 갈변을 유발하지 않았다(그림1). 또한 사용된 천연첨가제는 과일의 갈변을 방지하고 빨간사과, 석류 및 신선한 잘라낸 잭 프루트의 신선함을 유지하는 것으로 알려졌다. 또한, FCBP의 질감은 프로바이오틱 처리로 유지된다. 마찬가지로, *L. rhamnosus* GG의 적용은 사과, 파인애플 및 멜론의 품질에 영향을 미치지 않는다.

**표 3. Lactobacillus rhamnosus GG 및 생화학 물질로 처리하거나 처리하지 않은 신선한 피망 (FCBP)의 색상 및 조직변화의 물리적 특성측정 및 다른 시간간격(일)의 두 가지 온도(4, 15°C)에서 보존. 결과는 추정된 주변 평균 ± SE를 나타냄. \*\* 유의미 함 (p<0.01); NS- 중요하지 않음.**

Sources	L	a	b	ΔE	Texture (g)
Treatments					
T0	22.74±0.20	7.40±1.00	13.76±0.55	8.79±0.20	597.02±5.99
T1	23.36±2.04	9.05±1.38	12.95±1.01	9.32±0.25	693.54±5.49
T2	170.06±2.25	5.80±0.73	18.18±0.51	11.81±0.27	540.99±11.41
T3	27.40±1.99	7.99±0.21	17.56±1.99	8.53±0.69	739.02±2.15
T4	27.96±3.04	7.81±0.17	18.55±2.13	8.20±0.41	449.33±5.88
Color of FCBP					
R	28.92±1.20	17.99±0.18	12.93±0.63	22.46±0.44	659.12±4.87
Y	79.69±1.03	2.24±0.22	19.46±1.52	8.23±1.77	548.84±2.09
Temperature					
4	88.13±2.90	9.01±0.77	18.44±0.55	8.82±1.41	842.41±9.40
15	20.47±1.51	6.22±0.83	13.96±1.73	9.84±1.81	365.55±3.83
Intervals					
0	342.75±0.51	12.46±0.03	26.35±2.69	5.94±0.59	1018.74±8.53
3	240.86±0.72	13.18±0.51	24.95±1.53	6.12±0.44	1054.24±10.35
6	51.73±0.78	7.86±0.26	23.18±0.61	10.93±0.14	708.40±13.20
9	31.71±2.22	8.14±0.66	14.90±0.87	8.59±0.65	524.00±3.61
12	10.63±2.05	3.77±0.84	5.67±1.12	11.79±0.87	252.84±3.34
Significance					
Treatments	(F=3.97)**	(F=122.09)**	(F=53.07)**	(F=5.58)**	(F=83.89)**
Color of FCBP	(F=3.35)**	(F=13.51)**	(F=223.21)**	(F=14.93)**	(F=8.35)**
Temperature	(F=3.35)**	(F=619.08)**	(F=120.36)**	(F=0.11) <sup>NS</sup>	(F=872.56)**
Intervals (days)	(F=4.95)**	(F=1564.99)**	(F=668.91)**	(F=12.77)**	(F=831.22)**

저장된 절단편의 채소와 과일의 품질을 보장하기 위해 관능평가는 필수적이다. 본 연구에서는 두 개의 서로 다른 온도에서 15일간 저장된 FCBP에 대한 천연첨가물과 L. rhamnosus GG의 개별 및 복합처리에 대한 효과의 영향을 평가했다. 그러나 FCBP는 최대 12일까지 시험할 수 있었지만 이 후 미생물 및 식품매개 병원성 오염물질의 군집화로 인해 악화되었다. 따라서 12일 후 4°C 및 15°C에 보관된 천연 첨가물 및/ 또는 L. rhamnosus GG처리된 FCBP는 전문가 패널을 사용하여 관능평가를 진행했다. FCBP의 품질은 15°C에서 12일 동안 보관했을 때 매우 열악한 반면, 4°C 보관은 제한된 상품화가 유망한 감각품질을 보여주었다(그림 2a 및 b). 첨가제 용액 처리는 4일 간격으로 유의미를 보이지 않았으나, 이후 식품매개 병원균의 집락을 방지하고 최대 8일(T1)까지 품질을 유지하였으나 FCB와 천연 첨가액(T2) 접종 시에는 그렇지 않았으며 FCBP 저장을 위해 15°C에서는 효과적이 않다. 그러나 천연 첨가물과 L. rhamnosus GG 처리(T4 및 T3)는 영양가의 손실 없이 4°C의 보관온도에서 최대 12일까지 적색 및 황색 FCBP의 품질을 유지했다(그림 2a 및 b).



그림 1. 1일차, 4일차, 6일차, 12일차 간격과 관련하여 적색(R)과 황색(Y) 신선한 절단편 파프리카(FCBP)의 시각적 외관과 감각적 특성에 대한 *Lactobacillus rhamnosus* GG 및 생화학적 첨가제의 효과

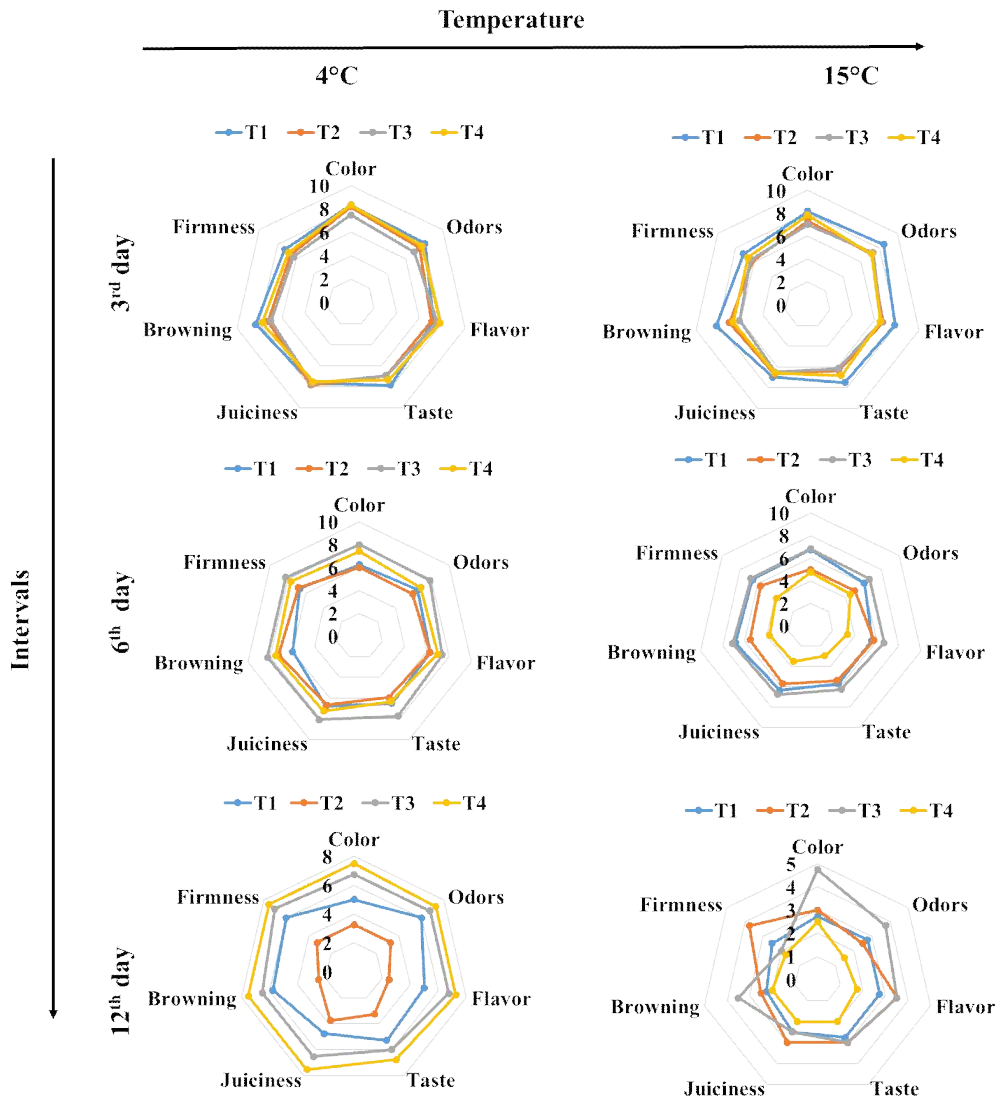


그림.2a. 4일차, 6일차, 12일차에 비교한 적색(R) 신선한 절단편 파프리카(FCBP)의 감각적 특성에 대한 *Lactobacillus rhamnosus* GG 및 생화학적 첨가제의 효과

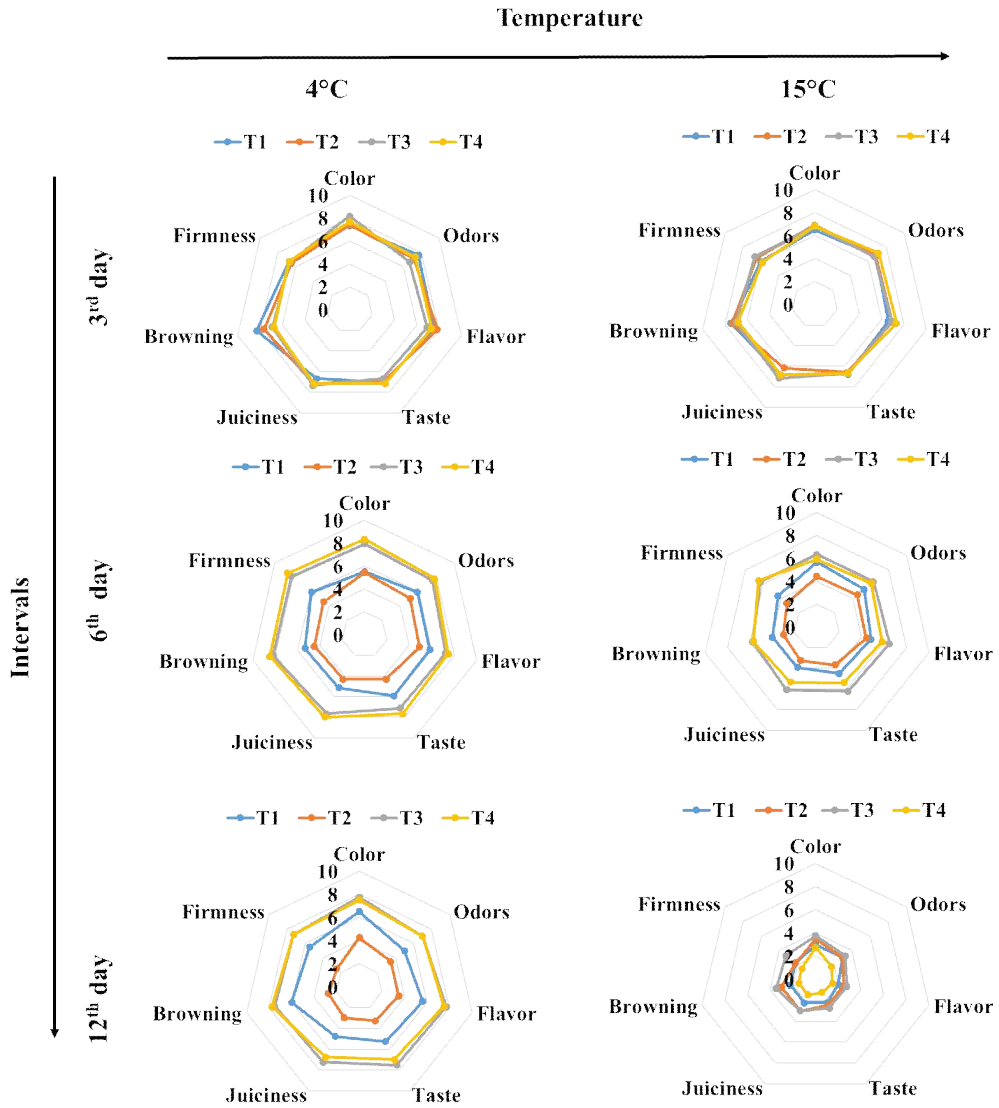


그림.2b. 4일차, 6일차, 12일차에 비교한 노란색(Y) 신선한 절단편 파프리카(FCBP)의 감각적 특성에 대한 *Lactobacillus rhamnosus* GG 및 생화학적 첨가제의 효과

### 라.7. LMWCS/TTO 나노 에멀전

제조된 나노 에멀전은 0.197 다 분산지수로 114.3nm에서 입자크기를 나타냈다(그림1). 나노 에멀전 코팅의 적용은 아래 섹션에서 논의되었다.

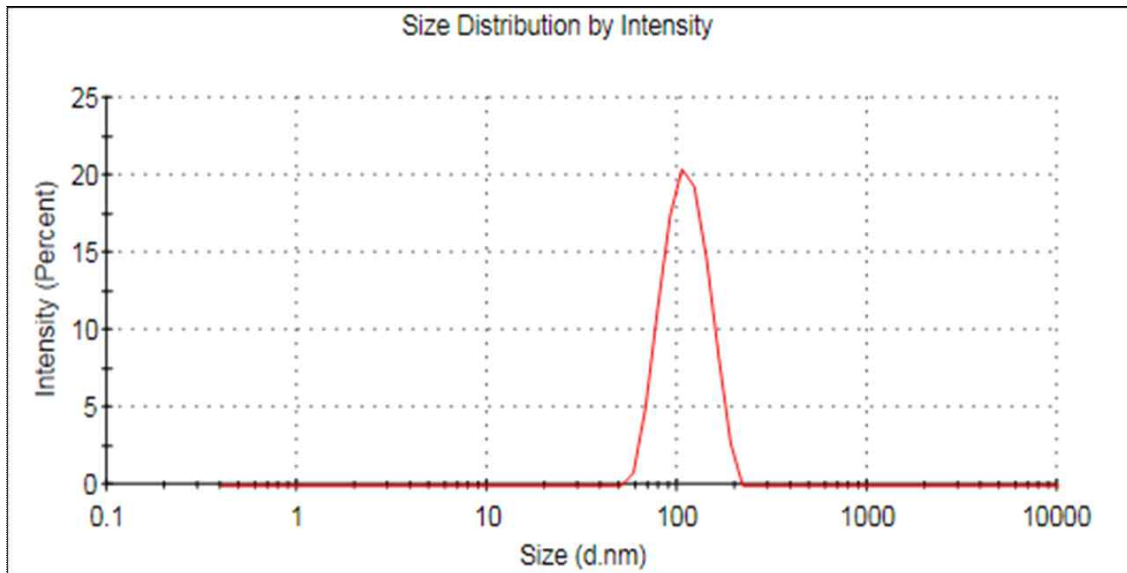


그림1. LMWCS / TTO 나노 에멀전의 입자 크기 분석.

### 라.8. 관능분석

FCRBP의 관능분석 (외관(AP), 색상(CO), 냄새(OD), 맛(TA), 탄력(FR), 과즙(JU) 및 전체 품질(OQ))에 대한 다양한 처리의 영향을 평가하고 결과를 그림2에 나타냈다. 방법섹션에서 설명한 바와 같이 관능적 변화는 점수(1-10)로 표현되었다. 대조군 샘플은 12일째부터 유의한 변화를 보였지만 다른 처리에서는 그렇지 않았습니다. 대조군 샘플의 맛은 15일차 6 점미만의 점수를 받았다. 대조샘플에서 냄새, 과즙 및 전반적인 품질손실이 관찰되는 동안 18일까지 색상에 큰 변화가 관찰되지 않았다.  $\text{CaCl}_2$ , LMWCS, LMWCS- $\text{CaCl}_2$  및  $\text{CaCl}_2$ -LMWCS/TTO 에멀전으로 처리된 샘플은 대조군 샘플과 비교하여 15일까지 전반적인 품질과 각 감각특성( $\geq 7$ )을 유지했다. 그중  $\text{CaCl}_2$ -LMWCS / TTO 에멀전의 병용처리는 18일까지 FCRBP의 전반적인 품질을 실질적으로 유지했다. 더욱이, 복합처리된 식품매개병원성 각테일이 사전 패치된 FCRBP는 박테리아 오염을 시너지로 억제하고 최대 15일까지 FCRBP 품질을 향상시켰다. 또한, TTO 처리된 샘플은 식품 산업의 추가 관심사로 간주되는 TTO에 관능분자(알파-피넨)의 존재로 인해 파프리카의 감각특성을 향상시키는 것으로 관찰되었다.

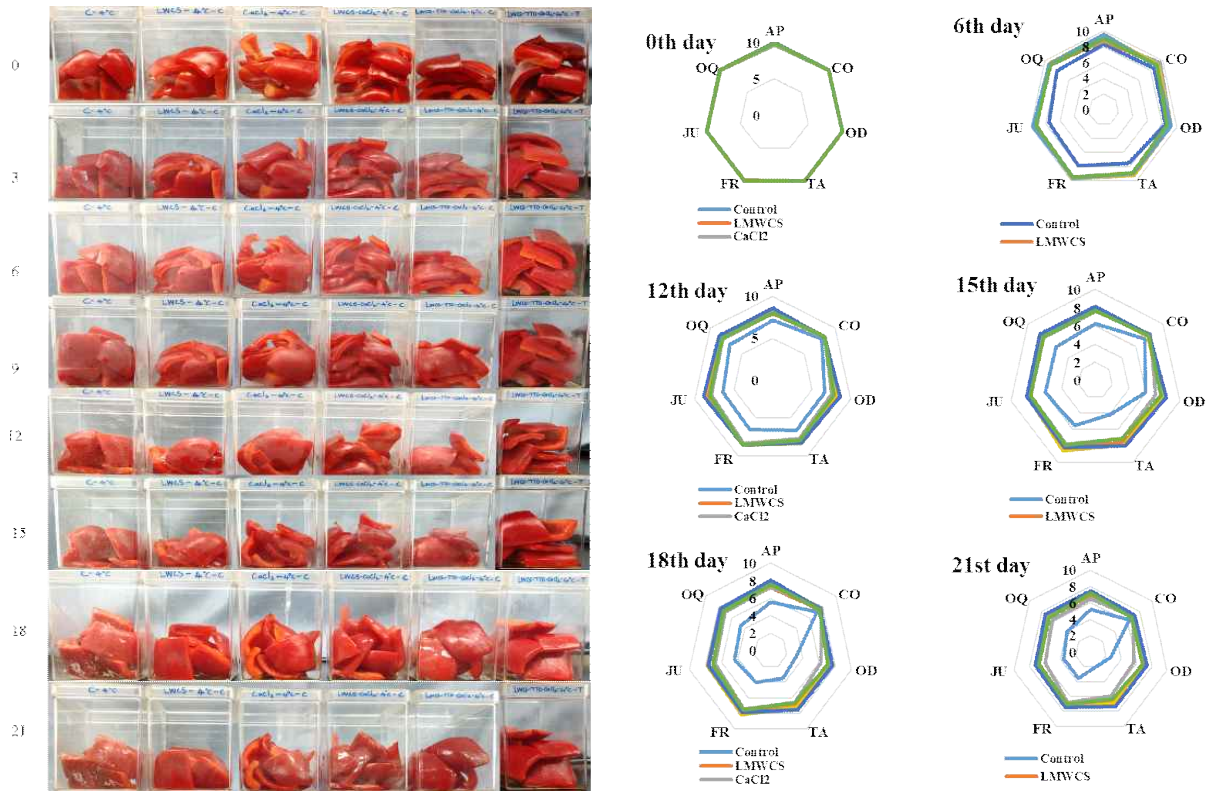


그림2. FCRBP 대조군과 다양한 처리 관능분석. 외관(AP), 색상(CO), 냄새(OD), 맛(TA), 경도(FR), 즙(JU), 전반적인 품질(OQ).

### 라.9. 색상 및 질감

매력적인 색상과 질감은 소비자가 과일이나 채소를 소비하는데 가장 중요한 요소이다. 따라서 신선하게 절단된 제품의 색상을 유지하는 것은 식품산업에서 중요한 문제이다. 색상 및 질감의 한계 추정치는 표 1과 2에 제시되어있으며, FCRBP의 21일까지 처리되지 않은(대조군) 및 처리한 다양한 제형의 색상분석 결과를 보여준다. 대조군과 처리샘플은 4°C에서 21일 동안 서로 다른 저장간격 동안 색상(L, a, b)의 유의한 변화가 나타나지 않았으나 그룹 간에 변화가 관찰되었다. 결합된 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO 에멀전 처리는 산화로 인한 갈변으로부터 FCRBP를 상당히 보호하고 21일까지 색상을 유지했다. 키토산 코팅이 박막을 형성하고 산화 및 기타 요인으로부터 보호하기 때문이다. 대조군 및 처리샘플의 발적(a)은 1일부터 12일까지 동일한 범위를 유지했지만 마지막 21일에는 더 적은 변화가 관찰되었다. 대조 샘플에서 12일째부터 색상이 감소하기 시작했으며 병용처리도 감소했지만 계속되지 않았다. 그러나 대조군과 처리 샘플 사이의 색차(ΔE)는 조합처리가 18일까지 색을 상당히 유지(p<0.001)하는 것으로 나타났다.



Treatment	L	a	b	ΔE
Control	37.10 ± 0.070c	34.74 ± 0.147a	13.42 ± 0.104a	67.74 ± 0.066a
LMWCS	36.17 ± 0.065b	38.11 ± 0.140c	16.87 ± 0.102	70.89 ± 0.061b
CaCl <sub>2</sub>	36.07 ± 0.055b	36.73 ± 0.135b	16.48 ± 0.098b	70.18 ± 0.065b
LMWCS+CaCl <sub>2</sub>	35.20 ± 0.062a	36.87 ± 0.130b	16.65 ± 0.105bc	70.92 ± 0.062c
LMWCS/TTO-CaCl <sub>2</sub> -C	35.17 ± 0.054a	39.28 ± 0.145d	16.49 ± 0.062b	72.46 ± 0.064d
LMWCS/TTO-CaCl <sub>2</sub> -T	35.36 ± 0.071a	43.47 ± 0.147c	18.44 ± 0.101d	74.74 ± 0.065e
Storage time (Days)				
0	37.476 ± 0.081c	41.421 ± 0.170e	18.744 ± 0.120d	71.966 ± 0.076c
3	36.745 ± 0.078b	40.574 ± 0.174e	18.359 ± 0.117d	72.109 ± 0.075d
6	36.436 ± 0.075b	40.034 ± 0.171e	17.410 ± 0.113c	71.815 ± 0.078c
9	36.249 ± 0.081b	38.935 ± 0.165c	16.991 ± 0.122b	71.232 ± 0.074c
12	35.953 ± 0.083a	37.809 ± 0.179b	15.878 ± 0.115a	70.626 ± 0.071b
15	35.182 ± 0.076a	36.980 ± 0.169b	15.512 ± 0.119a	70.787 ± 0.073b
18	34.439 ± 0.071a	35.123 ± 0.164a	14.172 ± 0.114a	70.297 ± 0.068b
21	34.299 ± 0.075a	34.745 ± 0.171a	14.097 ± 0.115a	70.440 ± 0.069b
F-value and Significance				
Treatments	114.462***	414.376***	246.004***	1254.515***
Intervals (D)	189.975***	212.58***	218.087***	90.485***

표1. FCRBP의 제어 및 다양한 처리 색 분석. 데이터는 평균 ± SD(DF=2)  
\*\*\*처리 및 간격이 크게 변화(P<0.001).

경도는 대조군에서 12일 후에 급격히 감소한 반면, 다른 처리군은 그렇지 않았으며 특히 혼합처리에서는 현저하게 감소했다(표3). 키토산과 염화칼슘 코팅은 식물성 물질 표면의 펙틴 및 분자와 결합하여 허니 듀 멜론 (*Cucumis melo* L.)의 견고성을 향상 시켰다. 결과는 대조군과 비교했을 때 혼합처리에서 탄력성, 점성성, 씹힘성 및 탄력성도 유지되었음을 보여주었습니다(표2). 결합 처리된 CaCl<sub>2</sub>와 키토산은 코팅 효율을 증가시켜 FCRBP의 조직 특성을 향상시키는 주요 이유이다. 따라서 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS /TTO 에멀전은 FCRBP의 색상과 질감을 크게 유지했다.

Treatment	Hardness (g)	springiness	Gumminess	Chewiness	Resilience
Control	1596.63 ± 19.76b	0.66 ± 0.012bc	590.16 ± 7.95c	391.82 ± 8.96c	0.19 ± 0.06
LMWCS	1801.95 ± 18.48d	0.68 ± 0.010c	638.69 ± 7.56c	402.82 ± 8.42c	0.18 ± 0.048
CaCl <sub>2</sub>	1735.08 ± 17.08c	0.78 ± 0.009e	607.02 ± 8.64c	411.45 ± 8.04c	0.20 ± 0.05
LMWCS+CaCl <sub>2</sub>	1792.49 ± 18.86d	0.78 ± 0.016e	646.19 ± 7.14c	375.39 ± 7.64c	0.22 ± 0.045
LMWCS/TT0-CaCl <sub>2</sub> -C	1865.58 ± 19.76d	0.77 ± 0.014e	677.12 ± 7.08c	396.07 ± 7.78c	0.19 ± 0.04
LMWCS/TT0-CaCl <sub>2</sub> -T	1641.15 ± 19.98c	0.69 ± 0.018d	711.31 ± 8.11d	378.01 ± 8.95c	0.18 ± 0.06
<b>Storage time (Days)</b>					
0	2268.59 ± 22.82g	0.85 ± 0.014f	811.30 ± 9.17g	493.75 ± 10.35f	0.19 ± 0.05c
3	2158.32 ± 22.96f	0.83 ± 0.013f	793.93 ± 9.15g	482.05 ± 10.20ef	0.18 ± 0.04ab
6	2095.33 ± 21.45f	0.77 ± 0.018e	762.53 ± 9.14f	467.49 ± 10.25ef	0.18 ± 0.05ab
9	1958.88 ± 23.45e	0.71 ± 0.013d	734.63 ± 8.25e	454.01 ± 10.14e	0.17 ± 0.04a
12	1773.83 ± 21.05d	0.68 ± 0.012cd	686.42 ± 8.62d	423.09 ± 10.21d	0.18 ± 0.05ab
15	1600.74 ± 22.16c	0.66 ± 0.015bc	590.80 ± 9.78c	346.78 ± 10.14c	0.19 ± 0.06b
18	1169.32 ± 20.12b	0.63 ± 0.011ab	447.96 ± 9.81b	271.72 ± 10.18b	0.24 ± 0.08c
21	885.515 ± 22.46a	0.61 ± 0.014ab	333.07 ± 10.4a	201.87 ± 10.32a	0.26 ± 0.07d
<b>F-value and Significance</b>					
Treatments	26.97***	15.50***	31.39***	2.44***	7.31***
Intervals (D)	467.47***	41.44***	360.20***	108.8***	36.1***

표2. FCRBP에 대한 제어 및 다양한 처리의 텍스처 분석. 데이터는 평균 ± SD(DF=2)  
\*\*\*처리 및 간격이 크게 변화(P<0.001).

#### 라.10. FCRBP에 대한 미생물 개체군 평가

신선하게 자른 과일과 채소의 미생물 오염은 일반적이지만 저장 온도는 미생물의 성장을 제어하지 않고 미생물 개체군에 영향을 미칠 수 있다. 이 연구는 4° C에 보관된 21일 동안 처리되거나 처리되지 않은 FCRBP의 총 박테리아, 총 곰팡이, 총 리스테리아 및 살모넬라 수를 다른 시간간격으로 열거함으로써 FCRBP의 미생물 오염에서 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TT0의 조합 제형의 억제효과를 조사했다. C (그림3 및 4). 총 박테리아 수 (TBC)는 첫 번째 간격 (3일)에서 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TT0 (4.10LogCFU/g)로 처리된 대조샘플, CaCl<sub>2</sub>처리, LMWCS-CaCl<sub>2</sub>및 박테리아 카테일 처리 샘플에서 관찰되지 않았다. TBC는 대조군 샘플에서 보존 기간이 증가함에 따라 크게 증가했으며, 18일 간격으로 4.515Log CFU/g을 발견했다(그림 3A). LMWCS 및 LMWCS / CaCl<sub>2</sub>처리는 TBC가 각각 2.64Log CFU/g 및 3.67Log CFU/g으로 증가한 반면 CaCl<sub>2</sub>처리는 18일에 다른 처리 그룹보다 더 많은 박테리아 성장 (4.18Log CFU/g)을 관찰했다. 21일째 대조군 샘플은 가시적인 미생물오염을 보여 주었기 때문에 미생물분석에서 제거되었다(그림3A). CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TT0에멸전 처리는 21일까지 박테리아 오염을 현저하게 억제한 반면, 박테리아 사전 처리 조건은 박테리아 성장이 3일부터 21일까지 점진적으로 감소했다 (4.10Log CFU/g에서 3.37Log CFU/g).

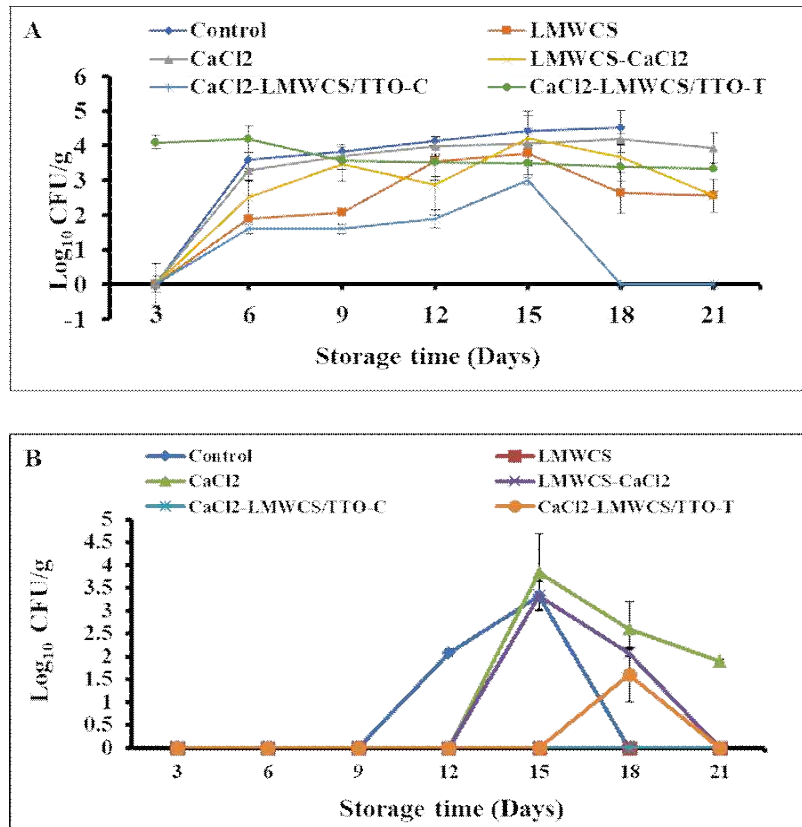


그림3. 다양한 처리를 실시한 다양한 간격으로 FCRBP의 총 세균 수 (A)와 총 진균 수 (B).

총 진균 수는 9일까지 대조군 및 처리샘플에서 관찰되지 않았고, 12일 대조군 샘플은 총 진균 수 (2.07 Log CFU/g)를 나타냈다. 곰팡이 오염은 대조군 (3.32 Log CFU/g), CaCl<sub>2</sub>(3.84LogCFU/g) 및 LMWCS- CaCl<sub>2</sub>(3.33LogCFU/g)처리 샘플에서 15일에 관찰되었지만 다른 처리 샘플에서는 관찰되지 않았다. LMWCS, CaCl<sub>2</sub>-LMWCS / TTO 에멀전은 사전 처리된 박테리아 및 접종되지 않은 샘플에서 처리된 후 21일까지 진균 성장을 나타내지 않았다(그림 3B). 상대적으로 곰팡이 오염은 세균오염보다 훨씬 적게 관찰되었다. TTO는 *Botrytis cinerea*, *Rhizopus* sp., *Colletotrichum* sp., *Penicillium* sp., 심지어 *Candida* sp.와 같은 곰팡이 병원균을 억제할 수 있는 것으로 보고되었다. LMWCS만으로도 상당한 항균 및 항진균활성이 있다. 따라서 혼합처리에 의해 미생물성장이 억제되었다고 결론지었다.

*L. monocytogenes* 및 *S. enterica* 집단은 박테리아 칵테일 (*L. monocytogenes*) 및 *S. enterica*) 처리 된 샘플을 제외하고 대조군 및 처리 샘플에서 관찰되지 않았으며 *L. monocytogenes* (3.8Log CFU/g) 및 *S. enterica*(3.3Log CFU/g)를 나타냈다(그림 4A 및 4B). LMWCS 및 TTO와 같은 항균활성물질의 존재에 *L. monocytogenes* 및 *S. enterica* 증식은 박테리아 사전 처리된 샘플에서 9일차에 종료되었다. 15일 간격에서 대조군과 CaCl<sub>2</sub> 처리군은 더 많은 수의 *L. monocytogenes* (3.53 및 3.50Log CFU/g) 및 *S. enterica* (4.19 및 4.20Log CFU/g) 콜로니 형성을 나타냈다. FCRBP의 처리에 관여하는 다양한 제제의 항균효율을 보장하며 다양한 식품매개 병원균에 대해 웰 확산분석을 통해 테스트되었다. 그 결과 LMWCS, CaCl<sub>2</sub>-LMWCS는 CaCl<sub>2</sub>에서 관찰되지 않는 동안 억제활성이 있음을 보여주었다. *B. cereus*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli* 및 *S. enterica*에 대한 실질적인 항균 활성

은 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TT0유제에서 관찰되었다. 식품기준에 따르면 호주와 뉴질랜드는 바로 먹을 수 있는 식품에서 허용가능한 미생물 오염수준으로 *E. coli*(3-100CFU/g), Staphylococci(10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>Log CFU/g), Bacillus spp(10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>Log CFU/g), Salmonella spp(검출되지 않음), *L. monocytogenes* (<10<sup>2</sup>Log CFU/g). 따라서, CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TT0에멸전 처리는 FCRBP에서 잠재적인 병원체의 성장억제에 효과적이다.

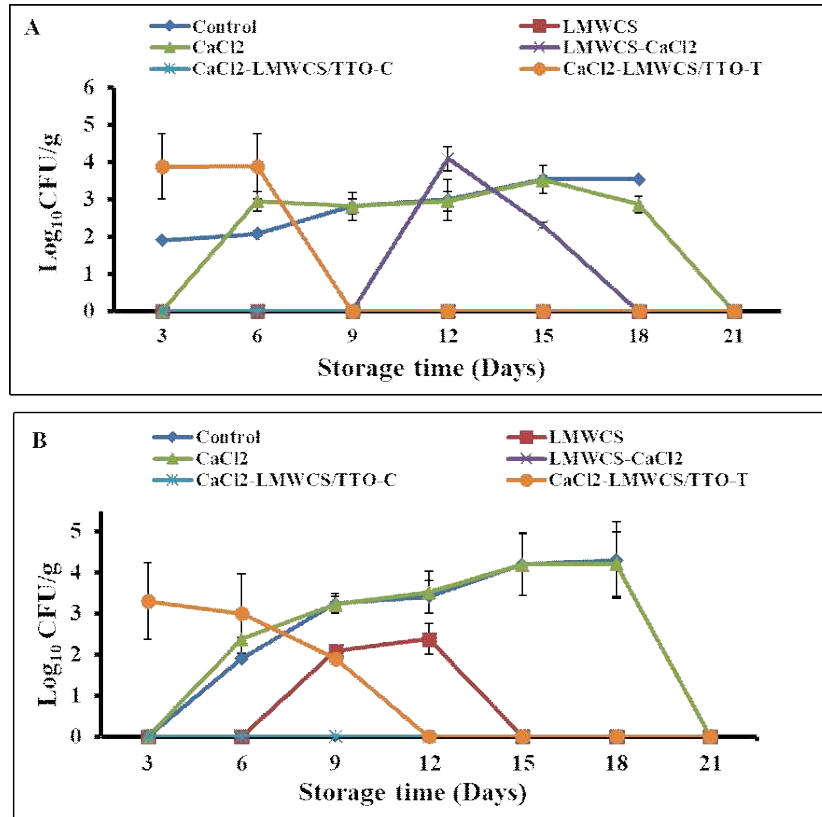


그림 4. *Listeria monocytogenes*의 총 수;  
 A- *Salmonella enterica* B- 다양한 처리를 통한 다양한 간격의 FCRBP

#### 라.11. UHR-SEM 분석

대조 및 처리 샘플의 표면 형태 FCRBP 및 세균콜로니 형성수를 간격 샘플의 18일에 초고해상도 스캐닝 전자현미경으로 관찰하였다(도5A-1). 샘플의 형태는 대조군과 처리과정에 따라 다양했다. LMWCS 처리된 FCRBP는 대조군 샘플과 비교했을때 표면에 조밀한 코팅을 보였고, CaCl<sub>2</sub>처리는 FCRBP표면에 미세입자가 완전히 코팅되었으며, 칼슘-펙틴 결정형성이 관찰되었다. FCRBP에 대한 LMWCS/CaCl<sub>2</sub>처리도 CaCl<sub>2</sub>처리와 동일한 표면패턴을 나타냈지만 더 많은 미립자가 포함되어 있었다. CaCl<sub>2</sub>와 LMWCS/TT0 에멸전의 조합 이중 코팅 에멸전의 완전한 불투명 접착과 키토산 필름형성능력에 따라 코팅의 새로운 고밀도 패턴을 따랐다. 표면의 박테리아 집단을 조사하기 위해 글루타알데히드로 고정된 시료를 검사하고 저전압 SEM에 따라 저전압으로 관찰한 결과, 대조 샘플의 표면에서 세균의 콜로니 형성이 높았다(그림 5A-C). 미 접종 (그림 5D-F) 또는 박테리아 각테일 접종(그림 5G-1). 혼합 처리는 적은 수의 박테리아 성장과 함께 FCRBP 표면의 박테리아 증식 및 부착을 실질적으로 억제하며 박테리아 형태 또한 제어 FCRBP 표면에 형성된 콜로니와 차이가 있다. 항균 양이온성 키토산과 TT0는 박테리아 및 곰팡이 증식과 부착 능력을 상승적으로 억제한다.

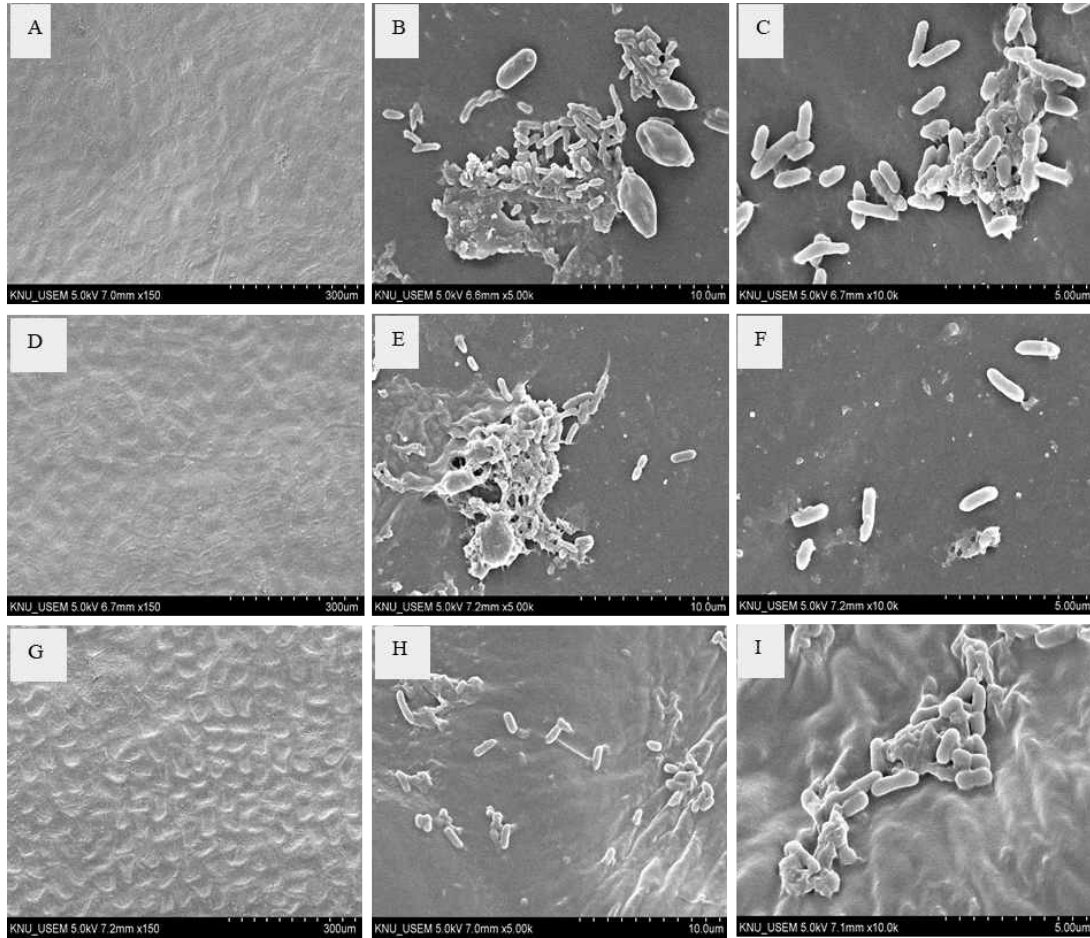


그림5. 18일의 FCBP의 표면형태. 다른 배율(A~C)에서 제어한다.  
 배율이 다른CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO 컨트롤(D-F) . 배율이 다른 CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO 처리(G-I).

## 라.12. 총 페놀 및 플라보노이드 측정

일반적으로 광합성 유기체는 엄청난 수의 생물 활성 분자를 포함하고 있으며, 특히 식물은 대사 조절을 보호하는 데 도움이 되는 풍부한 2차 대사산물을 가지고 있다. 결과적으로 녹색 잎, 채소 및 과일의 소비는 궁극적으로 소비자를 다양한 질병 및 장애로부터 보호하는데 도움이 된다. 붉은 파프리카는 엄청난 수의 식물분자(카로티노이드 등)로 보고되어 있다. 신선한 야채와 과일을 저장하면 수분보유, 산화, 미생물분해 및 효소분해로 인해 영양소가 손실된다. 그러나 이 조건은 신선절단식품가공 산업에서 더 어렵다. 4° C에서 21일 동안 FCRBP를 대조군 및 치료한 식물화학물질 (총 페놀 및 총 플라보노이드)을 평가한다. TPC와 TFC는 처리와 보존일 사이에 유의한 차이가 있었다(그림 6A와 6B). 폴리페놀함량은 1일째에 관찰된 플라보노이드 함량보다 높았다(그림6A 및 6B). 결합된 (CaCl<sub>2</sub>- LMWCS/ TTO) 에멀전 처리는 TPC (92.37mg/g의 GAE) 및 TFC (5.32mg/g의 QE)를 18일까지 유의하게 유지한 반면 대조군 샘플은 64.59mg/g의 GAE 및 3.37mg/g의 QE를 나타냈다. 처리되지 않은 샘플은 결합처리가 유지되는 동안 21일에 생리활성물질이 현저하게 느슨해졌고, 심지어 박테리아 사전 처리된 샘플(총 페놀(73.11mg/g의 GAE) 및 총 플라보노이드(3.59mg/g의 QE)), 결과는 위의 감각, 질감, 색상 및 미생물억제에 따라 반영된다.

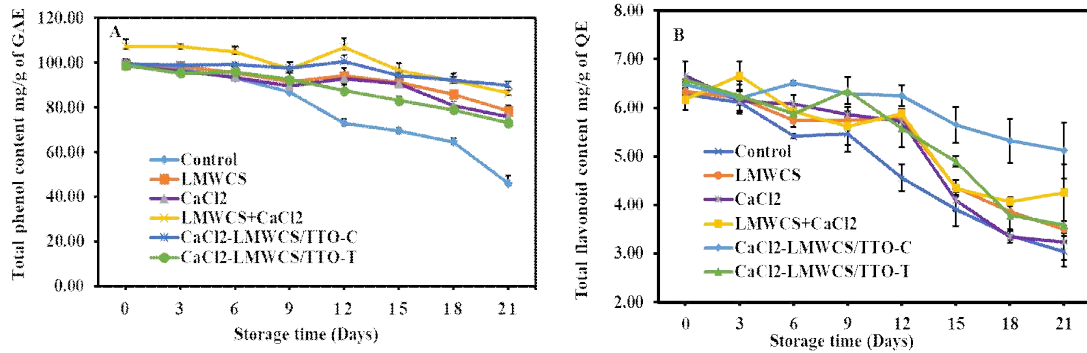


그림 6. 생리활성물질 분석 총 페놀 함량 - A; 총 플라보노이드 함량 - B.

### 라.13. 항산화 활성

파프리카는 상당한 항산화 특성으로 인해 주로 소비되었지만, 주요 관심사는 저장온도와 시간이 식물 화학물질의 지속성 및 항산화 활성과 양의 상관관계가 관련되어있다. FCRBP 항산화능력은 DPPH 및 ABTS+ 라디칼소거활성을 통해 최대 21일까지 다른 간격(3일 1회)으로 측정되었다. FCRBP의 DPPH 라디칼소거활성은 DPPH없이 파프리카의 선명한 붉은색으로 인해 판단할 수 없었다. 일관되지 않는 값이 얻어졌다(결과는 표시되지 않음). 따라서 ABTS+ 라디칼소거활성을 사용하여 그림7과 같이 각 간격에서 항산화 능력을 비교하였다. 대조군과 처리된 FCRBP 샘플은 초기에 ABTS+ 소거활성의 85% 이상을 보였다. 대조군 샘플의 항산화활성은 간격 12일에 70% 미만이었고 감소패턴은 21일(62.82%)까지 지속된 반면, CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO에멀전의 조합은 21일>80%까지 ABTS+ 양이온성 라디칼소거를 유지했다. 대조군 및 기타치료와 비교할 때, 박테리아 프리 패칭 샘플은 또한 혼합처리 (CaCl<sub>2</sub>-LMWCS/TTO)에 의한 FCRBP 샘플의 산화억제 및 직접노출방지로 인해 21일에 대조군보다 더 높은 항산화제(67.21%)를 유지했다.

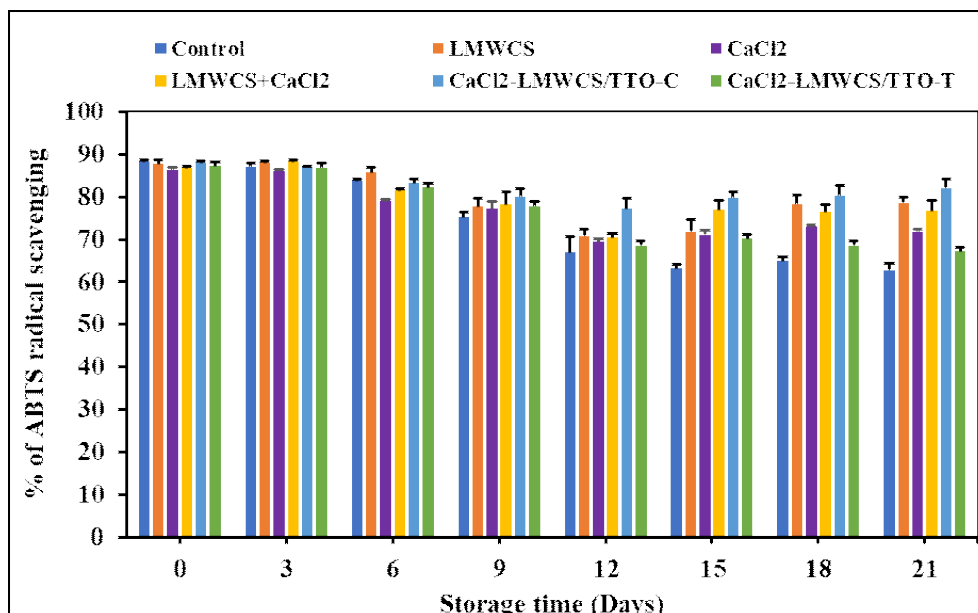


그림 7. 항산화 활성. 각 간격에서 FCRBP의 ABTS+ 라디칼 소거 활성.

#### 라.14. 티트리 오일(TTO)의 GC/MS 분석

이 연구는 혼합처리가 미생물오염 및 생리적변화를 억제함으로써 저장조건 동안 FCRBP의 전반적인 품질을 크게 향상 시켰다고 밝혔다. 처리의 모든 분자는 FCRBP의 보존을 보장하기 위해 중요한 역할을 한다. 상대적으로 TTO는 미생물오염을 억제한다. TTO의 활성분자를 알기 위해 GC/MS 분석을 통해 결정되었다(그림 8).

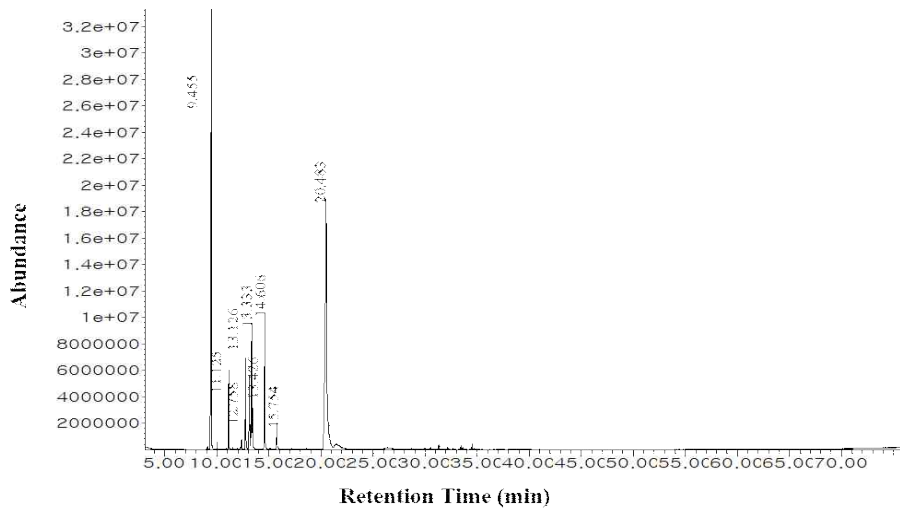


그림 8. 티트리 오일(TTO)의 GC / MS 크로마토그램.

결과는  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -terpinene, o-cymene, Limonene, Eucalyptol,  $\gamma$ -Terpinene, Terpinolene, Terpinen 4-ol 및 Camphene과 같은 주요 화합물의 존재를 확인하였다(표3). 유사하게, 이러한 화합물이 가진 잠재적인 생물학적 활성은 TTO에서 다양한 출처에 의해 보고된다. 그 중 가장 두 가지 주요 화합물이 ( $\alpha$ -pinene (22.81%)과 terpinen 4-ol(38.03))높은 피크 면적비율로 존재했다.  $\alpha$ -pinene은 항산화, 항염증 및 항암 작용을 하는 테르페노이드 화합물이다. Terpinen 4-ol은 TTO에 다른 활성분자가 존재하는 박테리아, 진균 및 칸디다 종에 대한 강력한 항균제로 널리 보고된 테르페노이드의 유도체이며 또한 항균 및 항산화 및 항암활성에 중요한 역할을 한다. 따라서 본 연구에서는 FCRBP보존을 위한 항균제로 TTO를 사용하였다.

Retention Time	Area %	Compounds name	Molecular formula	Molecular weight
9.455	22.81	$\alpha$ -Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23
11.125	3.56	$\beta$ -Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23
12.758	4.57	$\alpha$ -Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23
13.126	4.32	<i>o</i> -Cymene	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	134.22
13.333	6.82	Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23
13.426	2.09	Eucalyptol	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O	154.25
14.606	7.98	$\gamma$ -Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23
15.756	1.36	Terpinolene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23
20.483	38.03	Terpinen 4-ol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154.25
21.477	2.88	Camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136.23

표3. GC / MS에 의해 결정된 티트리 오일(TTO)의 화학성분.

### 라.15. 키토산 나노입자의 특성분석

CSNP는 EDS, UHR-SEM, 제타전위 크기분석, XRD 및 FTIR과 FE-TEM으로 특성화되었다(그림 1-4). UHR-SEM 및 FE-TEM 결과에 따르면 CSNP는 저분자량 키토산과 TPP 농도의 비율에 따라 평균크기가 20nm(그림1A 및 B)의 구형모양이었다. EDS 크로마토그램은 CSNP의 대부분의 원소가 탄소라는 것을 보여주었다(그림1C). 최적의 조건에서 합성된 CSNP의 제타전위는  $45.10 \pm 1.42$ mV였다(그림2A). 이것은 40에서 60까지의 표준 제타전위가 양호하고 안정적인 것으로 간주되기 때문에 CSNP의 품질과 안정성이 양호함을 보여준다. CSNP의 크기는  $22.55 \pm 1.69$ nm로 결정되었다(그림2B). CS 및 CSNP의 결정도는 XRD패턴으로 분석되었다(그림3). CS는 CSNP의 피크와 유사하게  $2\theta = 10^\circ$  및  $20^\circ$ 에서 두 개의 결정피크를 가졌다. 그러나 CSNP의 결정피크는 CS의 피크보다 약하고 TPP와 교차 결합된 CS로 인해 CSNP의 비정질구조가 증가가 나타난다. 유사한 결과가 이전 보고서에 나와 있다. FTIR 스펙트럼은 CS 및 CSNP의 작용기에 대한 정보를 제공한다. 그림4는  $3289\text{cm}^{-1}$  및  $2869\text{cm}^{-1}$ (O-H),  $1649\text{cm}^{-1}$ ,  $1577\text{cm}^{-1}$  및  $1374\text{cm}^{-1}$ 에서 CS의 피크를 보여준다. C-N, N-H 및 O-H에 해당하는  $1314\text{cm}^{-1}$ , C-O에 해당하는  $1059\text{cm}^{-1}$  및  $1025\text{cm}^{-1}$ 에 해당하는 C-N, C-O골격에 해당하는  $893\text{cm}^{-1}$ ,  $1025\text{cm}^{-1}$ 은 =CH<sub>2</sub> 및 -NH<sub>2</sub>에 해당하는 CS는  $3289\text{cm}^{-1}$ 과  $1649\text{cm}^{-1}$ 에서 피크를 보였고 CSNP는 피크가 사라지고 TPP 교차 연결로 인해 새로운 피크가  $2871\text{cm}^{-1}$ 과  $1572\text{cm}^{-1}$ 에서 나타났다. 전체적으로 FT-IR분석은 CSNP에서 1차 및 2차 아민과 같은 작용기, 히드록실기의 존재를 나타낸다.



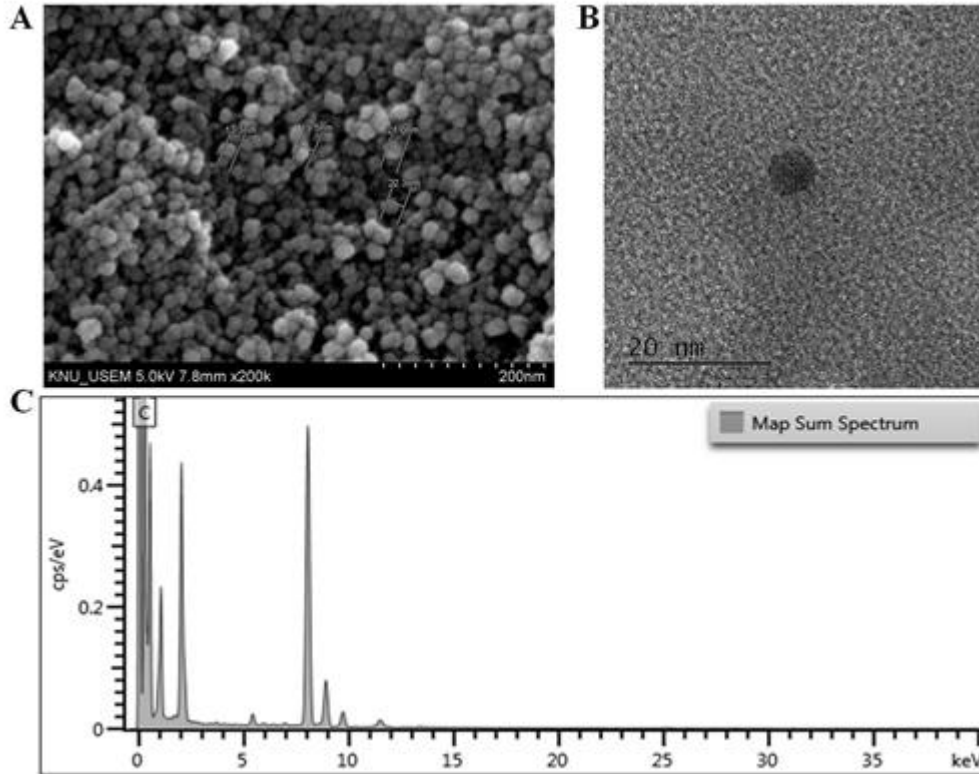


그림1. <200nm (A)>와 <20nm (B)의 FE-TEM 영상, 탄소(C)의 EDS 기반 매핑에 의한 EDS의 UHR-SEM 영상에 의해 결정되는 키토산 나노입자(CSNP)의 특성

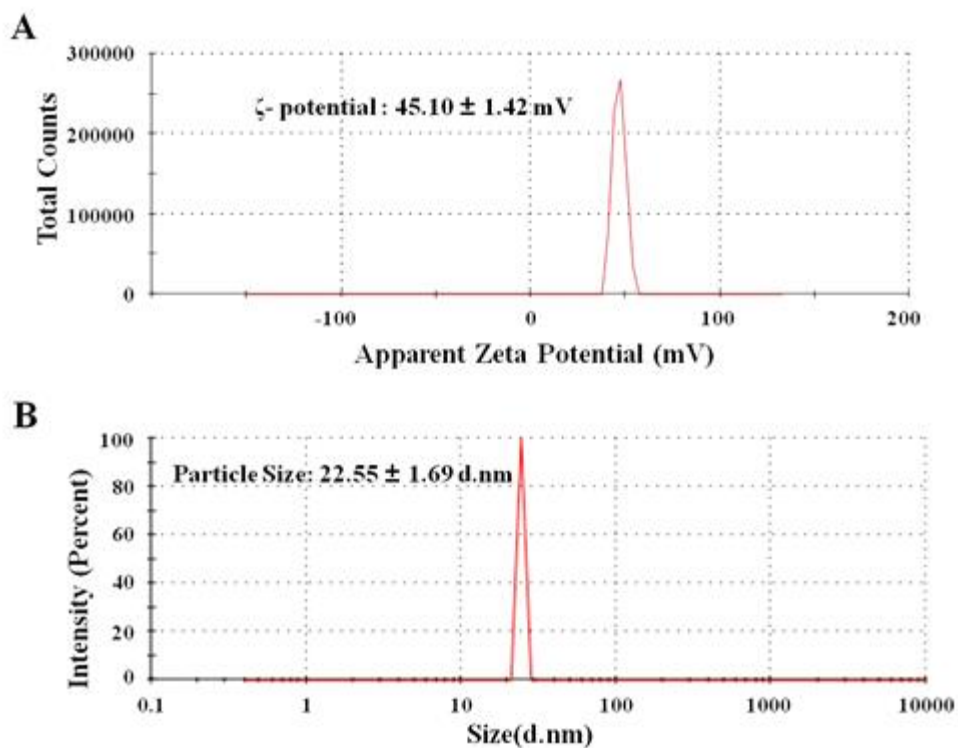


그림2. 키토산 나노입자(CSNPs)의 ζ전위(A)와 크기분석(B)

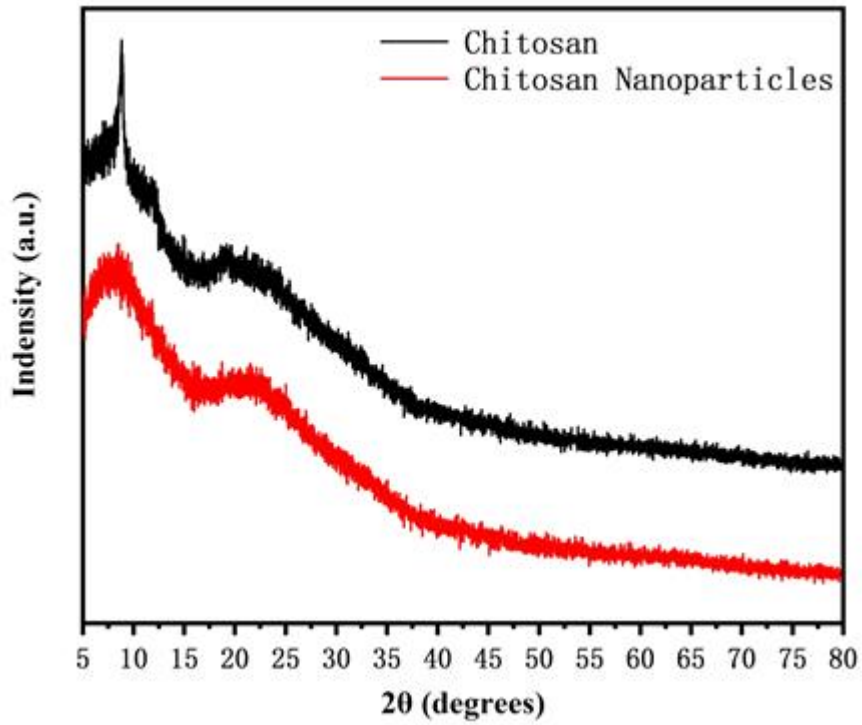


그림3. 키토산(CS)과 키토산 나노입자(CSNPs)의 XRD

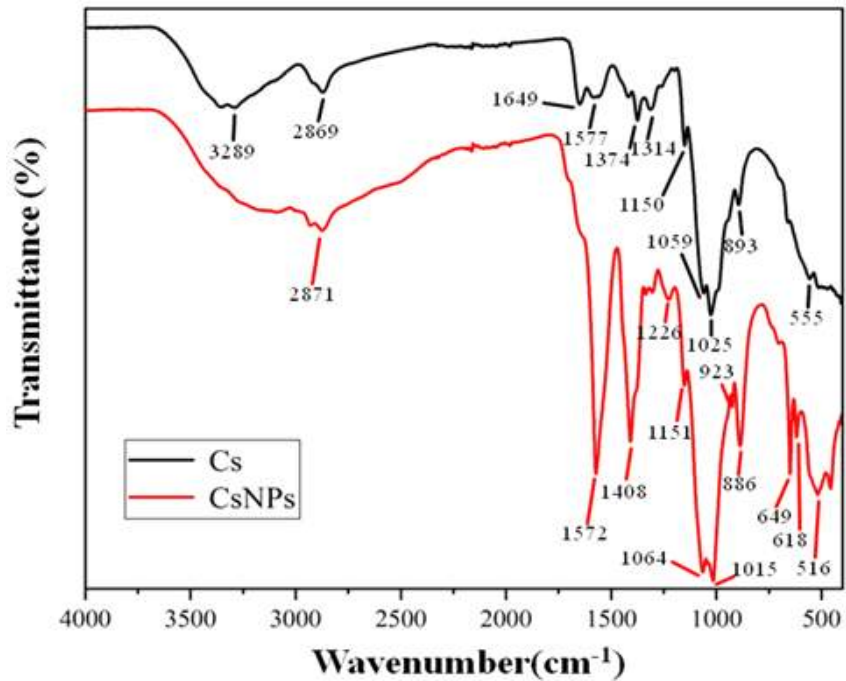


그림4. 키토산(CS)과 키토산 나노입자(CSNPs)의 모든 작용기 FT-IR 분석

### 라.16. 항산화 활성

CS 및 CSNP의 항산화활성은 DPPH 및 ABTS 소거분석에 의해 나타났다. 모든 샘플은 농도 의존적 방식으로 DPPH (그림5A) 및 ABTS (그림5B)를 소거하는데 상당한 효과를 나타냈다. 샘플 중 CSNP는 동일한 농도에서 CS보다 높은 활성을 보였다. 양성대조군인 아스코르브산은 DPPH 또는 ABTS 소거에 대해 가장 높은 활성을 나타냈다.

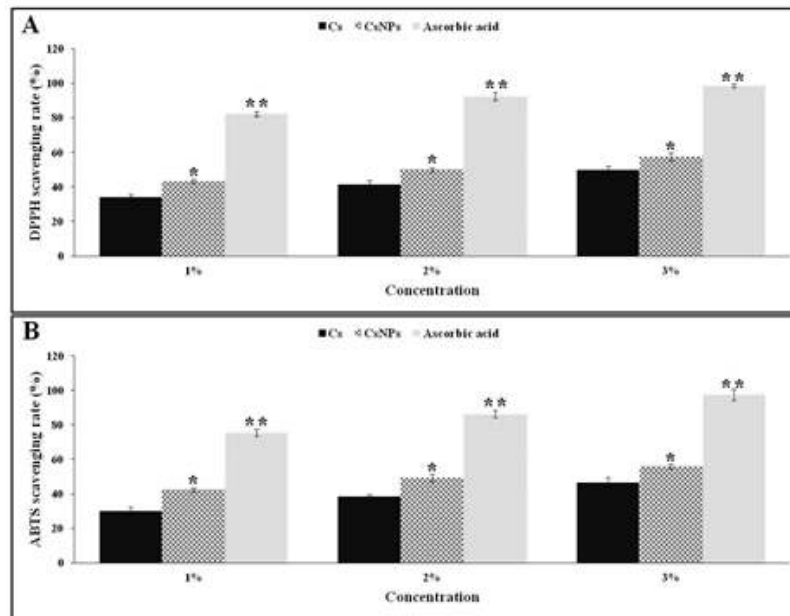


그림5. 키토산(CS)과 키토산 나노입자(CSNP)의 농도별 항산화 활성.

DPPH 소거활동(A)과 ABTS 소거 활동(B)을 통해 확인. 아스코르브산을 양성 대조군으로 사용.

### 라.17. 항균 활성

세 가지 병원성 박테리아(*L. monocytogenes*, *S. enterica* 및 *E. coli*)가 파프리카를 감염시킬 가능성이 가장 높다. 이러한 박테리아에 대해 CSNP는 MIC 및 MBC를 결정하기 위해 웰 확산 및 96- 웰 플레이트 탁도 테스트를 사용하여 테스트했다. 결과에 따르면 CSNPs는 세 가지 박테리아 모두에 대해 유의한 억제 효과를 보였으며 억제 효과는 CSNP의 농도에 비례했다. 가장 높은 농도의 CSNP의 항균효과는 이미 MBC 수준을 얻었다. CSNP에 비해 CS는 동일한 농도에서 활성이 적고 MBC는 3% 이상이었다. 또한 가장 높은 농도의 CSNP의 항균활성도 TEM 사진에 나와있다(그림6). CK와 비교할 때, 박테리아 세포막을 통해 나노크기의 CSNP가 침투하여 CSNP로 처리했을 때 박테리아 세포구조가 불완전하여 막과 뉴클레이드가 파괴되었다(그림6D-F).

Foodborne pathogenic bacterial strains	Zone of inhibition (mm) and MIC&MBC										
	Tetracyclin-hydrochlorid (50 µg/mL)	Chitosan(CS)					Chitosan nanoparticles (CSNPs)				
		1%	2%	3%	MIC	MBC	1%	2%	3%	MIC	MBC
<i>E.coli</i>	30	12.5	20.0	22.0	1%	>3%	14.0	22.5	24.0	1%	3%
<i>S.enterica</i>	29.5	10.5	17.0	19.5	1%	>3%	12.0	20.0	22.0	1%	3%
<i>L.monocytogenes</i>	32.5	12.0	22.0	23.5	1%	>3%	15.0	24.0	26.5	1%	3%

표 1. 식품 유래의 세균성 병원체에 CSNP에 의해 생성되는 저해 영역 최소 억제농도(MIC) 및 최소 살균농도(MBC)

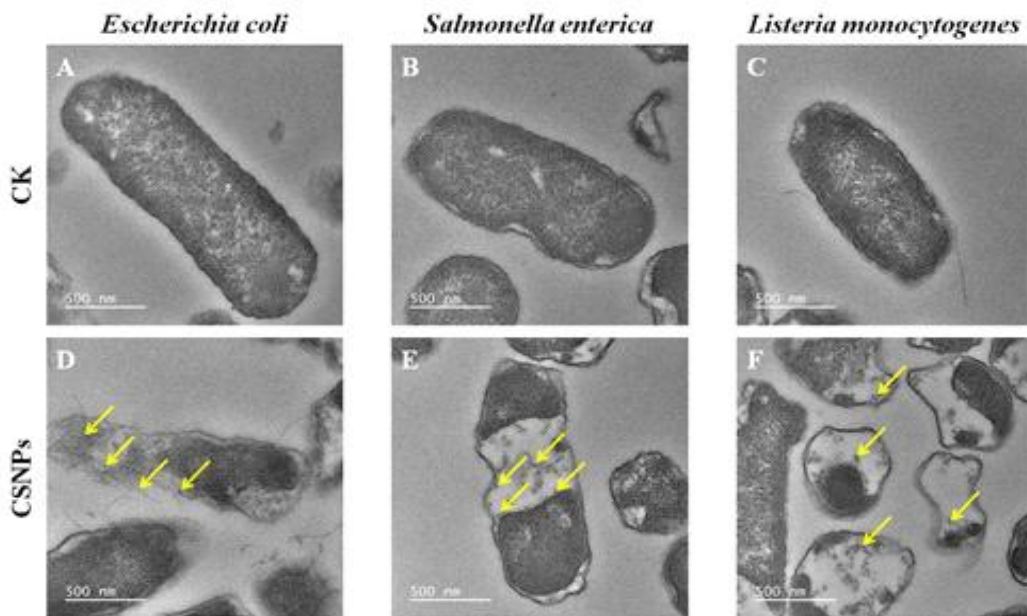


그림6. 키토산 나노입자(CSNP)의 항균 활성은 TEM에 의해 확인. 대장균(A), 살모넬라균(B), 리스테리아 모노키토제네(C)를 통제하는 미처리군(CK). CSNPs 처리그룹은 D-F에 해당. CSNP는 노란색 화살표로 표시.

### 라.18. Biofilm 형성 억제

미생물이 표면에 부착하는 일종의 부착물인 biofilm은 감염성과 약물내성이 강하며 세균감염 치료에 있어 해결해야하는 과제이다. 나노입자는 새로운 유형의 작은 크기의 물질로 biofilm을 잘 통과하고 거기에 존재하는 박테리아를 죽일 수 있으며 이를 통해 biofilm의 지속적인 형성을 방지한다. biofilm의 주성분은 다당류이므로 크리스탈 바이올렛을 사용하면 쉽게 관찰 및 확인할 수 있다. CSNP의 biofilm 형성의 저해는 크리스탈 바이올렛 분석에 의해 입증되었다(그림7). 현미경사진(그림7A)에서 24시간 배양 후 세 종류의 박테리아 모두 처리되지 않은 그룹(CK)의 96웰 플레이트에서 완전한 biofilm을 형성했다(그림7A (a-g)). 3% CSNPs 처리군의 biofilm은 세 가지 세균성 병원체 모두에 대해 불완전했다(그림7A (b-h)). 50 µg.mL<sup>-1</sup>의 tetracycline-hydrochloride(TC)를 사용한 양성대조군은 거의 모든 biofilm을 명확하게 저해했다(그림7A (c-i)). 결과에 따르면 CSNP는 박테리아 biofilm의 형성을 방지할 수 있었다(그림7B).

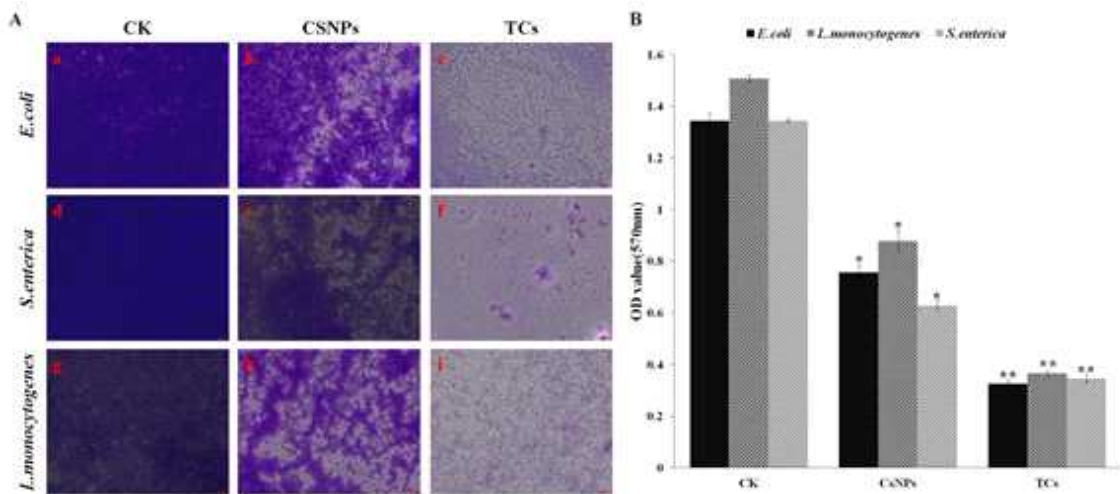


그림7. 대장균(Ab), S.enterica(Ae) 및 Lmonocytogenes(Ah)에 대한 3% 키토산 나노입자(CSNP)의 병원체 바이오필름 억제형성, Aa, Ad, Ag에서 대조군으로 처리되지 않은 그룹(CK). Ac, Af, Ai에서 양성 대조군으로 테트라사이클린-하이드로클로라이드(TCs)의 50µg/mL를 사용. UV-visible 결과 biofim(B)의 양이 확인됨.

라.19. 신선한 절단편 파프리카의 품질 측정

표2 및 3은 다른 처리 및 저장을 통한 FCP의 무게감소, 총 bacterial(TBC), 총 *Listeria monocytogenes* (TLC), 총 *Salmonella enterica*(TSC) 및 총 곰팡이(TFC)를 보여준다. CSNC를 사용한 FCP의 무게 감소는 CS 또는 증류수로 처리한 FCP의 무게 감소보다 훨씬 낮다. 이는 CSNC가 주로 과일과 채소의 내부의 수분손실을 보호하기 위해 과일과 채소의 무게 감소를 보호할 수 있음을 나타낸다. 이 결과는 이전작업과 매우 유사하며 표3의 결과에 따르면 증류수로만 처리한 CK군에서는 5°C 저장 9일, 15°C 저장 6일 후 TBC가 100 CFU/g를 초과했다. CSNC 그룹에서 TBC는 5°C에서 보관한 12일에 16 CFU/g에 불과한 반면 TBC는 15°C에서 보관한 9일에 100 CFU/g를 초과했다. 이것은 CSNC가 살균효과가 있으며 박테리아 오염으로부터 과일과 채소를 효과적으로 보호한다는 것을 나타낸다. CSNC 처리군의 미생물 군집(TBC, TLC TSC 및 TFC)의 수는 5°C 또는 15°C에서 12일간 배양하는 동안 CS 또는 증류수 처리(CK) 그룹보다 현저히 낮았다. CSNC그룹은 5°C에서 전체 저장시간동안 곰팡이 오염을 보이지 않았지만 CK그룹은 9일부터 곰팡이오염을 나타냈다(표2). CSNC 그룹은 15°C에서 9일째부터 곰팡이 오염을 나타냈지만, CK 그룹은 각각 3일째와 6일째에 오염을 나타냈다(표3). 이것은 CSNC가 과일과 채소로부터 곰팡이 성장을 억제하고 보호할 수 있는 기능을 가지고 있음을 나타낸다.

또한, FCP에서 CSNC 코팅은 SEM분석에 의해 입증되었으며 그 결과 CS로 코팅된 FCP는 대조군과 비교하여 두껍고 거친 표면을 나타냈다. 또한 CSNP 코팅으로 FCP표면에 NP로 관찰되었다(그림8). 관능평가는 레이더차트에 표시되어있다(그림9). 12일에 5°C에 저장된 FCP는 CSNC로 처리했을 때 고품질이였다. CS 처리그룹도 허용되는 품질이었지만 CK 그룹은 열악했다. 12일까지 15°C에 보관된 FCP는 CSNC 처리그룹은 허용 가능한 품질이었으며 다른 두 그룹의 품질은 매우 열악했다. 결과는 그림9의 사진에서 매우 명확하게 표시되어있다.

Factors	Treatments	Storage intervals (Days)/Weight Loss(g)/Microbial counts(CFU·g <sup>-1</sup> )				
		0	3	6	9	12
WL (g)	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	3.82±0.22 <sup>b</sup>	7.56±0.15 <sup>c</sup>	11.61±0.16 <sup>c</sup>	16.32±0.23 <sup>c</sup>
	CS	0±0.00 <sup>a</sup>	3.04±0.25 <sup>b</sup>	5.14±0.19 <sup>b</sup>	8.32±0.22 <sup>b</sup>	10.81±0.12 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	1.04±0.05 <sup>a</sup>	2.31±0.06 <sup>a</sup>	3.64±0.02 <sup>a</sup>	4.66±0.03 <sup>a</sup>
TBC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	1±0.00 <sup>a</sup>	8±1.53 <sup>c</sup>	36±3.21 <sup>c</sup>	88±2.31 <sup>c</sup>	288±4.16 <sup>c</sup>
	Cs	1±0.00 <sup>a</sup>	5±0.33 <sup>b</sup>	15±1.66 <sup>b</sup>	54±1.58 <sup>b</sup>	124±2.34 <sup>b</sup>
	CSNC	1±0.00 <sup>a</sup>	2±0.05 <sup>a</sup>	1±0.00 <sup>a</sup>	3±1.00 <sup>a</sup>	16±1.35 <sup>a</sup>
TLC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	5±0.66 <sup>c</sup>	15±1.73 <sup>c</sup>	31±2.64 <sup>b</sup>	88±1.34 <sup>c</sup>
	Cs	0±0.00 <sup>a</sup>	2±0.00 <sup>b</sup>	4±0.03 <sup>b</sup>	18±2.14	40±2.62 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	5±0.33 <sup>a</sup>
TSC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	2±0.05 <sup>c</sup>	18±2.38 <sup>c</sup>	44±1.94 <sup>b</sup>	101±2.51 <sup>c</sup>
	CS	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00	10±1.02 <sup>b</sup>	28±2.54	53±2.57 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	2±0.13 <sup>a</sup>	6±0.15 <sup>a</sup>
TFC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	8±0.58 <sup>b</sup>	20±1.78 <sup>c</sup>
	CS	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	12±2.08 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>

표2. 5°C에서 저장된 절단 파프리카의 무게감소, 총 bacterial (TBC), 총 *Listeria monocytogenes*(TLC) 총 *Salmonella enterica*(TSC) 및 총 곰팡이 (TFC)의 결과. 결과는 평균 ± SE (n-3)로 표현되며, 위 첨자 알파벳은 처리간에 크게 다르다(p<0.05).

Factors	Treatments	Storage intervals (Days)/Weight Loss(g)/Microbial counts(CFU·g <sup>-1</sup> )				
		0	3	6	9	12
WL (g)	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	6.56±0.14 <sup>c</sup>	13.41±0.11 <sup>c</sup>	20.82±0.21 <sup>c</sup>	27.53±0.17 <sup>c</sup>
	CS	0±0.00 <sup>a</sup>	3.62±0.41 <sup>b</sup>	6.32±0.51 <sup>b</sup>	11.34±0.31 <sup>b</sup>	18.22±0.26 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	1.12±0.09 <sup>a</sup>	4.49±0.13 <sup>a</sup>	6.69±0.06 <sup>a</sup>	10.48±0.13 <sup>a</sup>
TBC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	1±0.00 <sup>a</sup>	165±3.51 <sup>c</sup>	424±4.51 <sup>c</sup>	860±6.08 <sup>c</sup>	1807±5.44 <sup>c</sup>
	CS	1±0.00 <sup>a</sup>	24±1.15 <sup>b</sup>	100±2.64 <sup>b</sup>	160±3.21 <sup>b</sup>	484±3.04 <sup>b</sup>
	CSNC	1±0.00 <sup>a</sup>	8±2.52 <sup>a</sup>	8±1.16 <sup>a</sup>	104±2.06 <sup>a</sup>	216±4.04 <sup>a</sup>
TLC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	51±3.51 <sup>c</sup>	131±3.47 <sup>c</sup>	268±4.67 <sup>c</sup>	562±3.27 <sup>c</sup>
	CS	0±0.00 <sup>a</sup>	19±2.41 <sup>b</sup>	38±2.08 <sup>b</sup>	53±2.58 <sup>b</sup>	153±4.31 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	4±0.15 <sup>a</sup>	3±0.53 <sup>a</sup>	35±1.67 <sup>a</sup>	74±2.49 <sup>a</sup>
TSC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	88±2.05 <sup>c</sup>	178±4.25 <sup>c</sup>	304±2.04 <sup>c</sup>	618±4.31 <sup>c</sup>
	CS	0±0.00 <sup>a</sup>	3±0.28 <sup>b</sup>	45±3.18 <sup>b</sup>	66±3.21 <sup>b</sup>	170±3.52 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	1±0.00 <sup>a</sup>	4±0.36 <sup>a</sup>	50±1.55 <sup>a</sup>	86±3.11 <sup>a</sup>
TFC(CFU·g <sup>-1</sup> )	CK	0±0.00 <sup>a</sup>	32±1.31 <sup>b</sup>	88±2.51 <sup>c</sup>	157±3.26 <sup>c</sup>	328±4.04 <sup>c</sup>
	CS	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	24±1.47 <sup>b</sup>	48±2.61 <sup>b</sup>	148±3.56 <sup>b</sup>
	CSNC	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	0±0.00 <sup>a</sup>	13±0.00 <sup>a</sup>	38±0.29 <sup>a</sup>

표3. 15°C에서 다른 처리 및 저장으로 신선한 절단된 파프리카의 무게감소, 총 bacterial (TBC), 총 *Listeria monocytogenes*(TLC) 총 *Salmonella enterica*(TSC) 및 총 곰팡이 (TFC)의 결과. 결과는 평균 ± SE (n-3)로 표현되며, 위 첨자 알파벳은 처리간에 크게 다르다(p<0.05).

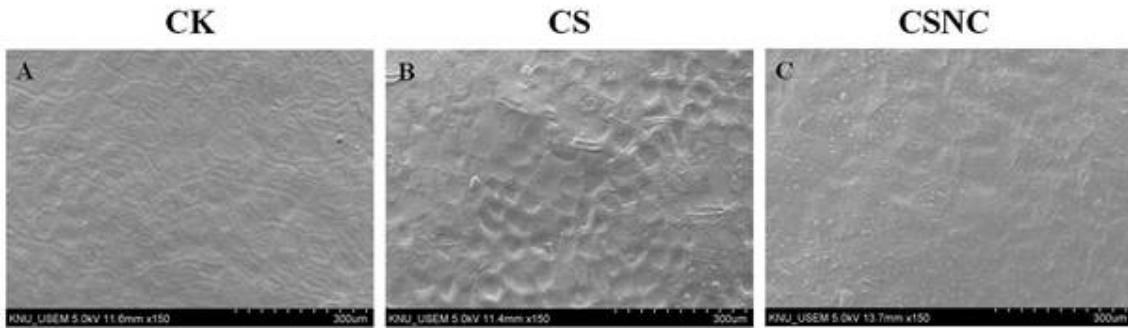


그림8. 각 처리군의 파프리카 표면. 아무것도 처리하지 않은 CK 그룹(A)에서는 다른 두 그룹과 비교하여 건조하고 거칠었다. CS그룹(B)과 키토산 코팅을 통해 표면은 선이 더 깨끗하고 부드러워 보였다. CSNC 그룹(C)의 파프리카 표면엔 나노입자가 선명하게 보였으며 CK 및 CS 그룹보다 가장 매끈해보였다.

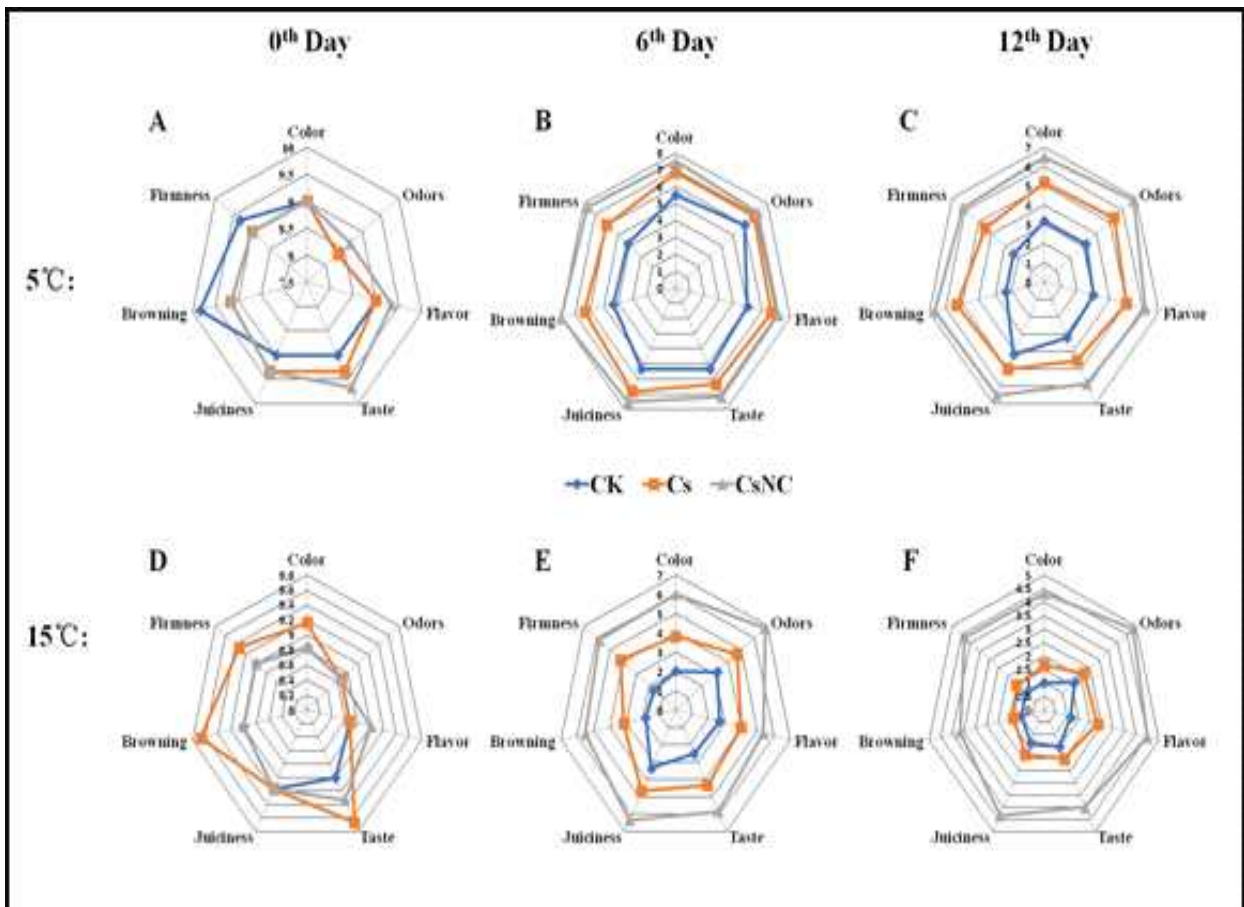


그림9. 다양한 처리된 신선한 절단편의 파프리카 0일(5°C:A, 15°C:D), 6일(5°C:B, 15°C:E), 12일(5°C:C, 15°C:F)차 관능평가. CK: 미처리군, CS: 키토산 코팅, CSNC: 키토산 나노코팅

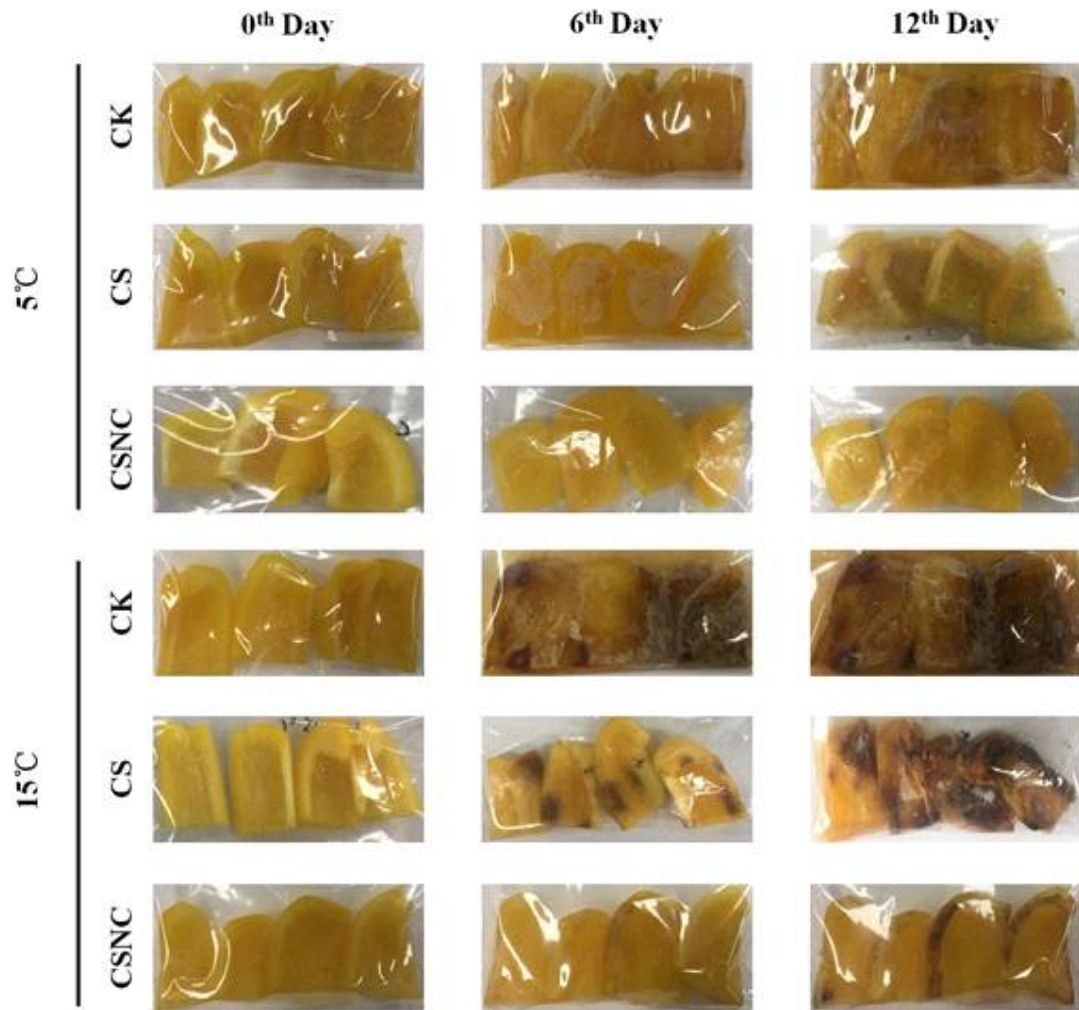


그림10. 신선한 절단편 파프리카(FCP)의 미생물오염 억제에 대한 키토산 나노코팅(CSNC)의 효과.  
 CK: 미처리군, CS: 키토산 코팅, CSNC: 키토산 나노코팅



## 라.20. 차아염소산 나트륨과 파프리카 추출물의 항균력

FCCa의 유통기한 연장을 위한 Ch-Sol 및 Ca-Ex 처리의 방어적 역할을 MIC 등 억제활성 등의 검출법을 통해 예비적으로 연구되었다(표1). Ch-Sol 및 Ca-Ex에서 클리어존을 통해 항균성을 확인했다. *L.monocytogenes*와 *S.enterica*에 대한 Ch-Sol과 Ca-Ex의 억제 값 영역은  $8.22 \pm 0.63 \sim 23.48 \pm 0.25$  사이였다. Ch-Sol의 125ppm은 *S.enterica*( $21.75 \pm 0.66$ mm)에 대한 유의한 억제활성이 있는 반면, Ca-Ex의 10%는 최대  $23.48 \pm 0.25$ mm까지 *L.monocytogenes*를 억제했다. 그러나 Ch-Sol과 Ca-Ex 조합의 처리는 *L.monocytogenes*( $17.85 \pm 1.00$ mm)와 *S.enterica*( $15.63 \pm 0.49$ mm)에 대해 최대의 ZOI에서 상당한 항균활성을 나타냈다.

	Chlorine Solution				
	25ppm	50ppm	75ppm	100ppm	125 ppm
<i>L.monocytogenes</i>	$10.12 \pm 0.12^a$	$12.40 \pm 0.35^b$	$13.24 \pm 0.0^b$	$15.63 \pm 0.49^c$	$19.48 \pm 1.93^d$
<i>S.enterica</i>	$8.28 \pm 0.63^a$	$11.33 \pm 1.10^b$	$14.42 \pm 1.7^c$	$17.85 \pm 1.00^d$	$21.75 \pm 0.66^e$
	Ethanolic extracts of <i>Capsicum annuum</i>				
	2.5%	5%	7.5%	10%	20%
<i>L.monocytogenes</i>	$13.37 \pm 0.23^a$	$16.34 \pm 0.09^b$	$25.49 \pm 1.16^c$	$23.48 \pm 0.25^d$	$21.08 \pm 0.80^d$
<i>S.enterica</i>	$10.42 \pm 4.26^a$	$13.62 \pm 4.95^b$	$15.75 \pm 4.07^{b,c}$	$20.08 \pm 2.86^c$	$18.67 \pm 3.69^d$
	Chlorine Solution+Ethanolic extracts of <i>Capsicum annuum</i>				
	1: 1	1:2	2: 1	2:5	1:10
<i>L.monocytogenes</i>	$15.81 \pm 1.85^a$	$23.93 \pm 1.82^b$	$14.78 \pm 0.24^c$	$17.24 \pm 1.77^d$	$17.91 \pm 0.84^d$
<i>S.enterica</i>	$13.71 \pm 0.59^a$	$20.73 \pm 0.97^b$	$17.93 \pm 1.81^{b,c}$	$14.23 \pm 1.35^c$	$15.71 \pm 0.35^d$

표 1 : 웰 확산법을 이용한 *Capsicumannuum* 염소 및 에탄올 추출물의 항균활성

## 라.21. Biofilm 형성 억제

biofilm 형성억제 분석은 크리스탈 바이올렛 염색법을 사용하여 연구되었다(그림1). Ch-Sol과 Ca-Ex의 비율에 따라 Ch-Sol과 Ca-Ex 농도를 높였을 때 바이오필름 억제 효과가 증가했다는 것을 의미하는 농도기반 바이오필름 억제 효과가 나타났다. Ch-Sol과 Ca-Ex의 다양한 비율 중 2:5의 비율에서 biofilm의 형성을 최대 32.45% 감소시키는 우수한 잠재력을 가지고 있었다. 이 감소율은 다른 비율보다 높았다. 또한 이것은 영역억제 결과와도 일치했다. 전반적으로 이러한 항균 및 biofilm 저해 분석 결과에 기초하여 FCCa 샘플의 수명 연장을 위한 추가 연구에 10%에탄올 추출물과 함께 Ch-Sol(125ppm) 용액의 2:5 비율 측정 결과를 사용하여 두 개의 서로다른 온도에서 연구되었다. 연속적으로 실험이 끝나면 FCCa 샘플에 대한 biofilm 형성을 기록하였다. 모든 샘플에서 관찰된 크리스탈 바이올렛 염색은 상온(15° C)에서 지속적으로 관찰되었다. 반면 4°C에서는 염색이 관찰되지 않았다.

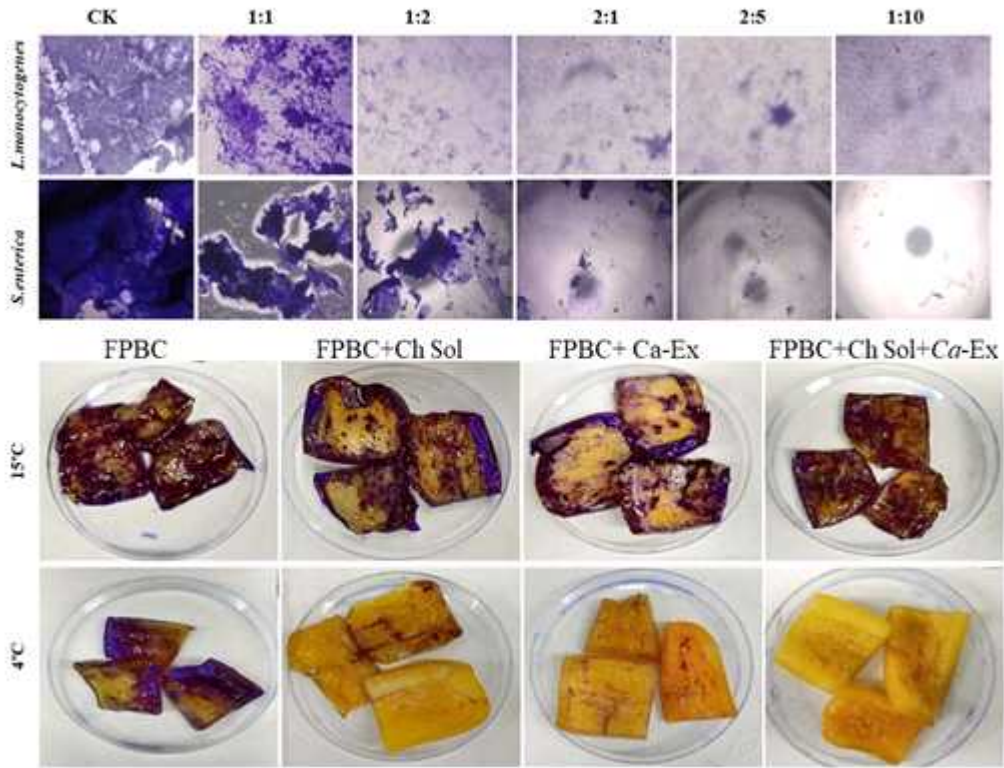


그림1. 크리스탈 바이올렛 염색법을 사용하여 biofilm 형성 분석의 저해를 연구

## 라.22. 무게감소 분석

샘플은 15° C에 보관하여 갈변, 조직손상 및 외관을 포함한 변화와 함께 급격한 무게감소를 보여주었다(그림2). 샘플을 15° C에서 저장한 4일차에 약55%의 중량손실이 관찰되었다. 반대로 4°C에서 저장한 샘플은 시험기간(12일) 종료 시에 최소한의 중량감소가 관찰되었다. FPBC 샘플의 중량감소와 온도가 직접적인 관계가 있음을 밝혔다.

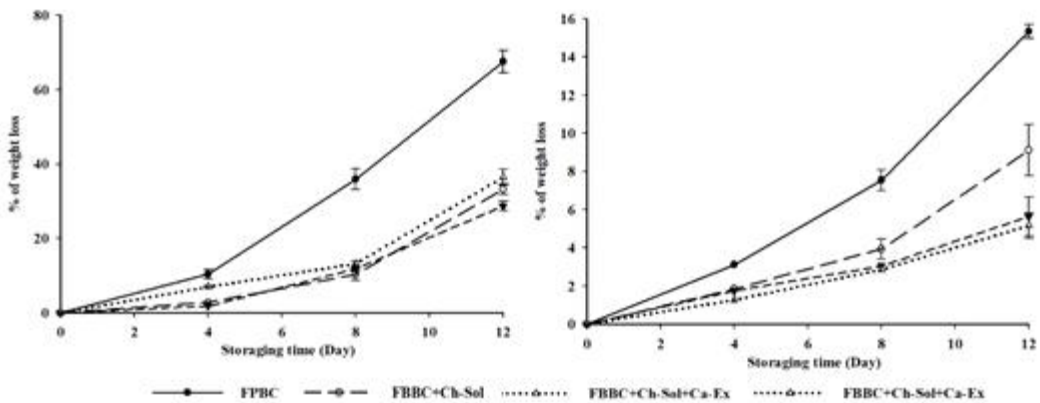


그림 2. FCCa 샘플의 중량감소 분석

### 라.23. 색상측정기를 이용한 FCCa 품질 측정

Hunter lab 색상측정기를 사용하여 두 개의 다른 온도에서 저장된 FCCa 샘플의 색상변화를 평가하였다(표2). 색상차이는 “L(밝은 vs 어두운)”, “a(빨강 vs 초록)”, “b(노란색 vs 파랑색)” 의 파라미터를 사용하여 측정하였다. 분석 초기단계에서는 다른 처리 그룹과 두 개의 서로 다른 저장온도 사이에 유의한 차이는 보이지 않았다. 박테리아 용액의 국소적 분주는 위의 색상 파라미터의 더 많은 변화를 준다. 값은 실온해서 보관된 샘플에서 증가했다. 미백효과 또한 나타났습니다. 동시에 FCCa(15° C 저장 샘플)에서 ‘L’ 값은 미처리 대조군과 Ch-Sol에서 약간 감소했다. 다양하게 L, a, b 값에서 유의한 변화가 나타났으며, 이 파라미터는 저장기간 동안 안정되었다. 단 b의 값은 저장기간 내내 유의한 차이가 있었다(p<0.01).

다른 그룹의 질감분석(단단함, 점성, 탄력성)의 변화는 표3에 정리했다. 15° C에서 저장한 샘플의 질감분석의 특성은 실험의 종속요인(일 및 온도)간에 유의한 변화를 보여주었다(p<0.05). Ch-Sol+Ca-Ex 용액의 침지는 박테리아의 오염으로부터 FCP 샘플의 질감을 유지할 수 있음을 확인했다.

Sources	L	A	B
<b>Group</b>			
G1-FPBC	67.66±1.63	9.59±0.18	61.75±2.46
G2-FPBC+ChSol	71.10±0.21	11.02±1.95	62.54±1.33
G3-FPBC+Ca-Ex	72.40±5.85	11.59±1.07	64.72±4.98
G4-FPBC+Ch Sol + Ca-Ex	82.13±7.99	63.26±0.36	64.08±2.17
<b>Temperature</b>			
4°C	78.15±0.56	27.00±1.83	72.13±0.34
15°C	68.50±2.34	20.73±2.69	164.27±4.30
<b>Intervals (Days)</b>			
Day-0	93.25±2.14	30.91±1.16	75.82±8.04
Day-4	74.64±2.03	25.23±2.08	285.18±5.31
Day-8	70.23±1.68	21.52±1.77	60.96±0.37
Day-12	55.18±0.99	17.80±1.39	50.85±0.61
<b>Significance</b>			
Treatments	* (F=119.46)	* (F=86401.76)	* (F=12.20)
Temperature	* (F=288.86)	* (F=4920.06)	* (F=2059.62)
Intervals (D)	* (F=763.46)	* (F=3909.43)	* (F=704.85)

표2. 15° C 및 4° C에서 보존된 빨간 절단 파프리카의 Hunter lab 색상분석 (G1:무처리 절단 파프리카(대조군), G2:Ch-Sol 처리 절단 파프리카, G3: Ca-Ex 처리 절단 파프리카, G4: Ch-Sol 및 Ca-Ex혼합처리 절단 파프리카), 결과는 평균 ± SE (n=3)로 표시

Sources	Hardness (g)	Gumminess	Chewiness	Resilience
<b>Groups</b>				
G1-FPBC	967.66±7.26	58.97±0.78	130.53±4.67	0.09±0.01
G2-FPBC+ChSol	862.96±12.34	166.64±13.25	195.58±3.92	0.20±0.03
G3-FPBC+Ca-Ex	861.72±6.24	176.67±5.43	278.97±10.13	0.18±0.02
G4-FPBC+ChSol + Ca-Ex	922.11±4.89	267.45±1.09	252.05±1.35	0.20±0.05
<b>Temperature</b>				
4°C	984.50±22.08	262.41±19.64	258.98±1.38	0.13±0.02
15°C	2126.45±38.59	72.46±0.91	169.58±6.47	0.21±0.07
<b>Intervals (D)</b>				
Day-0	294.68±13.50	137.67±2.35	415.11±4.80	0.10±0.09
Day-4	1011.64±126.07	132.12±7.91	182.33±0.53	0.30±0.01
Day-8	2033.36±14.53	151.63±1.52	142.26±3.78	0.12±0.05
Day-12	2882.22±142.09	248.32±2.88	117.41±9.57	0.16±0.02
<b>Significance</b>				
Treatments	* (F=420.21)	*(F=39461.59)	* (F=2.48)	* (F=1302)
Temperature	* (F=6509.59)	*(F=195473.49)	* (F=4.61)	* (F=34.60)
Intervals (D)	* (F=8073.68)	** (F=16117.75)	* (F=10.72)	* (F=34.02)

표. 3. 15°C 및 4°C에서 보존된 황색 파프리카의 Hunter lab 색상분석(G1:무처리 절단 파프리카(대조군), G2:Ch-Sol 처리 절단 파프리카, G3: Ca-Ex 처리 절단 파프리카, G4: Ch-Sol 및 Ca-Ex혼합처리 절단 파프리카) 결과는 평균 ± SE (n=3)로 표시.

#### 라.24. FCCa 식물성분 평가

FCCa의 신선함은 FCCa의 총 페놀함량(TPC), 총 플라보노이드 함량(TFC)에 직접적인 관련이 있다. 본 연구의 염소용액처리는 페놀 및 플라보노이드 함량의 손실을 방지하기 위한 안정제로 사용되었다. FCCa 샘플은 4°C에서 저장되고 박테리아 카테일 처리 샘플과 비교하여 높은 수준의 페놀 및 플라보노이드 함량을 나타냈다(표4). 실험 시작일은 모든 샘플에서 TPC와 TFC에 유의한 차이는 보이지 않았다. 총 페놀 및 플라보노이드 농도는 박테리아 카테일 처리된 샘플에서 급격하게 감소했다. 샘플은 상온(15°C)에 보관하여 초기 저장기간(8일 까지)에 총 페놀 및 플라보노이드 함량 수준의 증가를 나타냈다. 수분함량이 높기 때문에 빛, 공기, 온도 및 미생물 증식으로 인해 이러한 수준은 현저하게 감소했다(TPC: 1.66±0.32-0일차 ~ 0.09±0.02 -12일차; TFC: 0.039±0.01-0일차 ~ 0.091±0.03-12일차). 대조적으로 4°C에서 저장된 샘플은 침출 메커니즘에 의해 높은 수준의 페놀과 플라보노이드 함량을 나타냈다 (TPC: 1.69±0.02-0일차 ~ 2.81±1.65-12일차; TFC: 0.045±0.003-0일차 ~ 0.019±0.001-12일차)

Sources	Total Phenolic Content (OD 760nm)	Total Flavonoid Content (OD 450nm)	DPPH(%)	ABTS (%)
<b>Groups</b>				
G1-FPBC	2.28±0.57	0.088±0.01	58.10±0.67	45.82±1.68
G2-FPBC+Ch Sol	1.96±0.01	0.062±0.02	53.29±0.61	41.65±0.09
G3-FPBC+Ca-Ex	1.92±0.03	0.056±0.01	51.77±0.02	27.62±2.64
G4-FPBC+Ch Sol+Ca-Ex	2.07±0.57	0.049±0.01	49.93±1.63	35.46±0.13
<b>Temperature</b>				
4°C	2.495±0.95	0.071±0.001	63.81±2.73	45.94±1.52
15°C	1.64±0.43	0.057±0.001	42.74±1.64	29.34±0.33
<b>Intervals (Days)</b>				
Day-0	1.72±0.37	0.057±0.001	46.31±2.70	36.97±0.97
Day-4	3.478±0.46	0.084±0.002	63.82±3.14	45.49±1.33
Day-8	1.53±0.74	0.073±0.001	54.90±0.12	37.30±2.51
Day-12	1.54±1.56	0.042±0.001	47.74±1.83	30.81±0.76
<b>Significance</b>				
Treatments	* (F=5.931)	** (F=1.265)	*(F=196.03)	* (F=687.92)
Temperature	* (F=191.99)	* (F=0.821)	*(F=7111.89)	*(F=3017.67)
Intervals (D)	** (F=236.95)	* (F=1.404)	**F=1008.45)	* (F=397.36)

표4. 15° C와 4° C에서 저장된 노란 파프리카의 영양(페놀 및 플라보노이드함량) 및 항산화인자(DPPH 및 ABTS 소거)의 결정. 결과는 평균 ± SE (n-3)로 표시

#### 라.25. FCCa의 저장기간 연장을 위한 항산화제의 역할

FCCa 샘플의 항산화활성은 DPPH 및 ABTS 분석방법을 사용하여 정기적으로 측정하였다. 결과는 두 가지 다른 온도 및 기간에 따른 샘플에서 유의하게 차이(p<0.05)가 있음을 보였다 (표4). DPPH와 ABTS의 라디칼 소거 활성은 실험기간이 끝날 때 급격히 감소하였다(ABTS: 37.48±0.26 0일차 ~ 10.57±1.37 12일차; DPPH: 45.19±0.55 0일차 ~ 19.16±2.83 12일차). 12일 이후 Ch-Sol+Ca-Ex 처리된 샘플을 4° C에 보관하고 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성 관점에서 뛰어난 항산화 유지 능력을 보였다(ABTS: 36.18±0.45 0일차 ~ 54.68±1.97 12일차; DPPH: 49.93±3.37 0일차 ~ 64.36±4.98 12일차). 노란색 파프리카의 항산화제와 플라보노이드 및 카로티노이드 함량은 Ch-Sol과 UV기반 조합 처리에서 증가하는 것으로 나타났다.

## 라.26. FCCa 미생물 증식

FCCa 샘플의 총 bacterial(TBC), 총 곰팡이(TFC), 총 *L.monocytogenes*(TLC), 총 *S.enterica*(TSC)의 변화를 다른 온도에서 스크리닝했다(표5). 두 가지 서로 다른 온도에서 보관된 FCCa 샘플에서 위의 미생물 수의 현저한 차이가 관찰되었다. 샘플은 실온(15° C)에 보관하여 시간 의존적인 방식으로 미생물수를 증가시켰다. TBC는 501.26±9.73CFU.g<sup>-1</sup>(0일차)에서 4802.62±27.56CFU.g<sup>-1</sup>(15일차)로 증가했다. TSC는 124.56±11.83 CFU.g<sup>-1</sup>(0일차) ~ 1887.96 ±23.53 CFU.g<sup>-1</sup>(15일차)임을 확인했다. TLC는 287.75±11.03 CFU.g<sup>-1</sup>(0일차)에서 2536.78± 11.56 CFU.g<sup>-1</sup>(15일차)임을 나타냈다. 15° C가 미생물개체군의 빠른 성장에 작용했음을 알 수 있었다. CF-Ca처리 4° C 12일에서 미생물 증식억제를 알 수 있었다(TBC: 3256.89±33.62 ~ 769.26±3.28 CFU.g<sup>-1</sup>, TFC: 798.35±14.69 ~ 89.35±3.26 CFU.g<sup>-1</sup>, TSC: 1477.36±12.45 ~ 207.98±18.96 CFU.g<sup>-1</sup>, TLC: 896.57±7.94 ~ 236.69±4.91 CFU.g<sup>-1</sup>). Ch-Sol 및 Ca-Ex는 처리기간을 증가시킬 때 TBC, TFC, TSC, TLC의 성장을 유의하게 억제했다(p<0.05). FC-Ca 미생물 증식은 저장온도에 따라 달라지며, 이 결과는 샘플을 Ch-Sol로 처리하고 Ca-Ex를 4° C에서 12일간 보관될 가능성이 있음을 시사하고 항산화물질과 영양성분을 얻을수 있음을 보여준다.

Sources	TBC (CFU.g-1)	TFC (CFU.g-1)	TSA (CFU.g-1)	TTLC (CFU.g-1)
<b>Group</b>				
G1-FPBC	2215.53±2.56	569.49±1.98	871.62±3.48	1076.61±13.56
G2-FPBC+Ch Sol	1501.58±7.89	382.03±2.24	553.82±1.57	788.57±10.45
G3-FPBC+Ca-Ex	1334.79±4.92	356.76±0.75	518.20±2.98	761.70±2.26
G4-FPBC+Ch Sol+Ca-Ex	1170.01±0.89	344.03±4.69	557.41±2.09	768.77±1.73
<b>Temperature</b>				
4°C	984.50±5.34	160.19±11.25	336.91±15.38	315.18±6.24
15°C	2126.45±34.26	665.96±5.37	913.62±8.37	1382.68±6.91
<b>Intervals (D)</b>				
Day-0	294.68±2.24	32.67±2.45	103.23±0.37	218.75±1.95
Day-4	1011.64±5.57	306.35±4.31	307.78±7.39	642.96±5.64
Day-8	2033.36±19.83	530.91±7.80	974.16±11.02	1094.95±8.21
Day-12	2882.22±5.31	782.37±8.64	1115.81±34.15	1439.05±12.36
<b>Significance</b>				
Treatments	* (F=6651.04)	* (F=1036.96)	* (F=44.10)	* (F=5446.90)
Temperature	* (F=40920.09)	* (F=23848.45)	* (F=537.57)	* (F=267746.94)
Intervals (D)	* (F=40520.80)	* (F=9520.91)	* (F=396.40)	* (F=66438.24)

표5. 15° C와 4° C에서 저장된 신선한 황색 파프리카에서 총 bacterial (TBC), 총 곰팡이 (THC), 총 salmonella sp. (TSC), 총 listeria sp. (TLC)의 평가.

평균±SE (n=3)로 표시된 결과, (p<0.05).

## 라.27. 감각적 평가

색상, 냄새, 맛,즙, 조직의 단단함 등의 감각적 요인은 고객의 수용과 반복적인 구매에 있어 중요한 요소이다. 다른 pH에서 저장된 FCCa 샘플의 감각요소의 품질평가의 평균치는 그림3에 나타냈다. 샘플은 4° C에 저장되었으며 색, 냄새, 향미 등 매개변수는 실험기간동안 변경되지 않았음을 나타낸다. 그러나 15° C의 샘플에서는 급격한 점수저하가 관찰되었다. 위의 감각적 요소는 통계적으로 유의했다( $p < 0.05$ ). 전반적으로 이 결과는 차아염소산 나트륨 용액과 파프리카 추출물 처리(4° C)의 조합이 감각인자 보호에 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

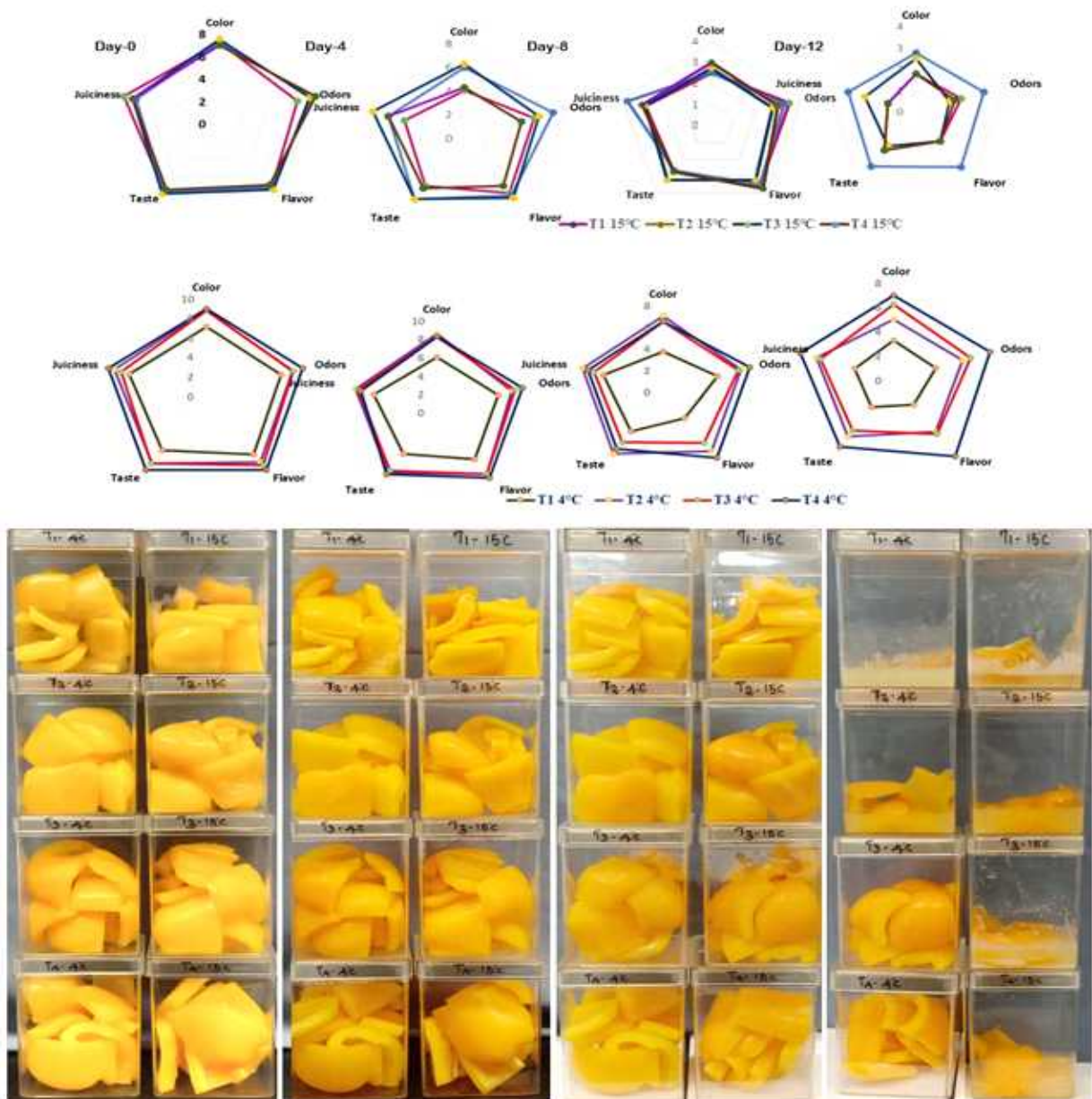


그림3. 온도에 따른 FCCa 샘플의 관능인자의 품질과 형태

### 라.28. Plackett-Burman 설계

본 연구는 Plackett-Burman 설계(표.2)에 기초하여 파프리카 저장수명에 긍정적인 영향을 미치는 중요한 요소를 확인하였다. 항균활성도는 hydrogen peroxide가 다른 용액보다 높게 나타났으며, hydrogen peroxide가 파프리카 저장수명의 개선을 위한 긍정적인 계수(표2)을 얻었기 때문에 동계적 모델 결과에서도 상당한 효과가 입증되었다. 본 연구에서 파프리카의 유통기한 향상을 위해 CCD를 이용한 파라미터 최적 조건과 상호작용을 연구하기 위해 더욱 강조하였으며, 스마트 식품가공공정 시스템을 이용하여 검증하였다.

Factors	Estimate for yellow	Estimate for red
	paprika	paprika
Intercept	165.6875	185.5625
A-Chlorine water	1.1875	93.7515
B-Hydrogen peroxide	44.6875	22.1875
E-Storage temperature	35.0625	23.4375
F-Cutting Size	-89.5625	-42.6875
G-Storage time	3.0625	119.813
UV-C	7.9375	20.9375

표3. 계수인자의 추정에 근거한 노란색 파프리카의 수명에 영향을 미치는 중요한 요소의 선택.



그림1. 신선한 절단 파프리카의 자동 스마트 식품가공시스템(UV-C 처리기기의 설치)



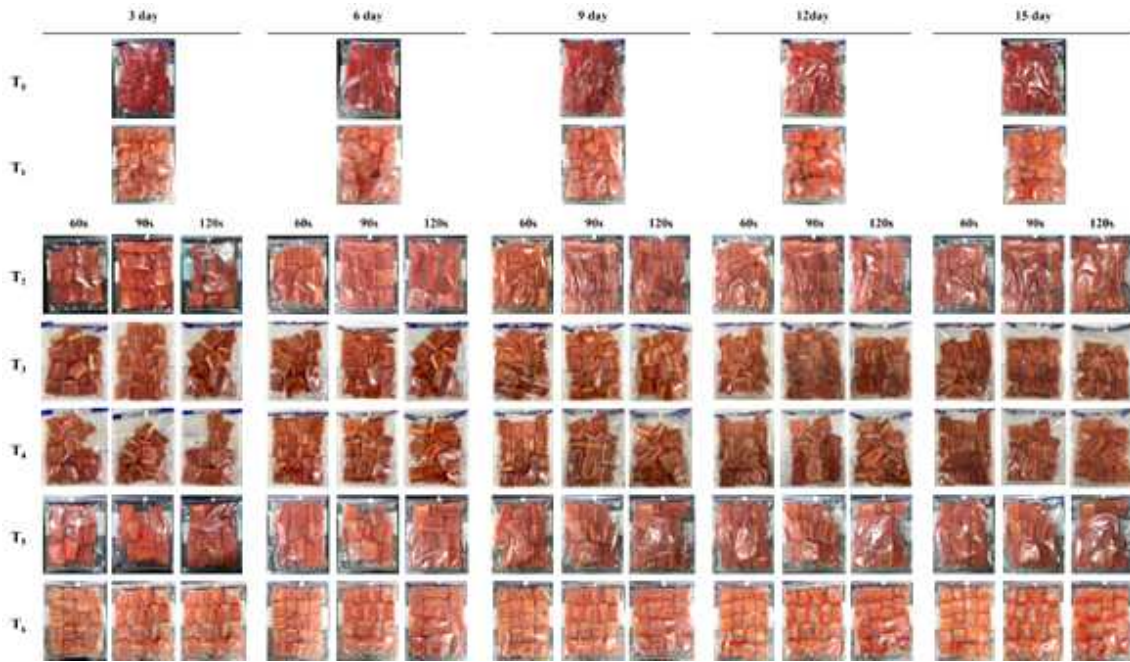


그림2. 다른 일차 간격의 신선한 빨간 파프리카 절단편의 형태학적 관찰

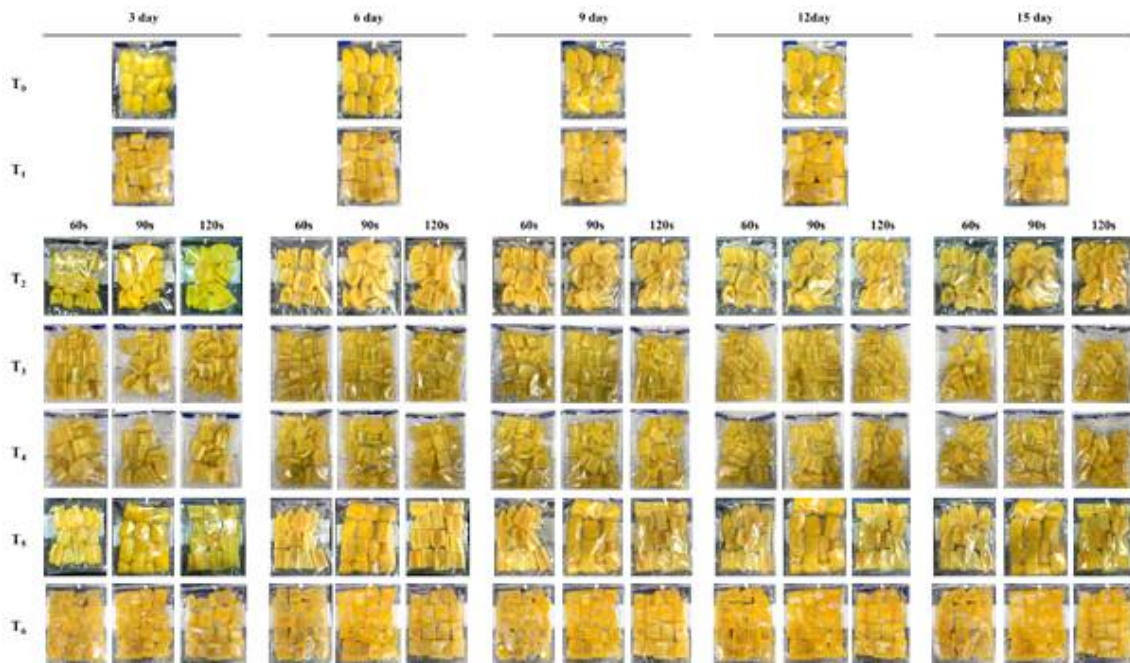


그림3. 다른 일차 간격의 신선한 노란 파프리카 절단편의 형태학적 관찰

## 라.29. 신선한 빨간 파프리카 절단편(FC)의 미생물 분석

FCRBP의 관리와 다양한 처리는 미생물 분석을 통해 품질을 결정했다. 총 박테리아 수(TBC)는 박테리아 사전 처리된 T1(1.84 log CFU/g)을 제외하고 0일차 처리(T0, T3-T6)군에서는 관찰되지 않았다(표1). T0은 3일차(2.06 log CFU/g)에서 박테리아를 관찰했으며, 15일차(3.31 log CFU/g)까지 증가했다. 또한 박테리아 대조 샘플은 TBC가 0일에서 15일로 증가(1.84~6.6 log CFU/g)를 보였다. 처리군(T3-T6)은 6일차까지 TBC가 관찰되지 않았다. 그중 T2와 T5는 90초와 12초의 UV-C처리 샘플의 12일차까지 박테리아를 관찰하지 못한 반면 T2 UV-C 60초 처리샘플에서 TBC(4.03 log CFU/g)를 관찰했다. 모든 UV-C 처리를 한 T3 및 T4의 샘플은 9일차부터 TBC를 보여주었고 15일차 까지 그 수가 증가했다. 그중 T2 및 T6 샘플은 12일차에서 박테리아에 의한 오염을 나타냈다. SAEW와 UV-C 처리(T6) 및 UV-C 단독처리(T2)는 FCRBP의 박테리아 군집 형성을 효과적으로 억제한다(표1). UV-C 처리와 함께 chlorine, hydrogen peroxide와 같은 다른 처리법은 박테리아 군집형성을 억제했다.

총 fungal(TFC), control(T0) 및 사전 박테리아 처리(T1)샘플은 0일부터 곰팡이 성장을 관찰했으며 15일까지 집락형성이 증가했으며 다른 처리에서는 6일차까지 TFC가 관찰되지 않았다(표1). 그중 UV-c 처리만으로도 15일차까지 TFC를 유의하게 억제되었으며 T6 90초 처리군에서 15일차에서 곰팡이 집락을 관찰하였다(0.13 log CFU/g). 박테리아가 접종된 샘플 T6 90초 처리샘플도 15일차에 총 곰팡이가 관찰되었다(0.13 log CFU/g). UV-C 처리와 함께 chlorine(T3) 및 hydrogen peroxide(T4)는 6일차까지 곰팡이의 성장을 억제할 수 있었다. 9일차부터 15일차까지 곰팡이의 집락이 증가했다.

총 salmonella균 수(TSC)는 대조군(T0)샘플에서 6일차까지 관찰되지 않았지만 9일차부터(0.94 log CFU/g) 15일차(1.23 log CFU/g)까지 살모넬라의 집락의 형성이 관찰되었다. 살모넬라 및 리스테리아 각테일이 처리된 샘플은 0일차(1.63 log CFU/g)부터 15일차(2.08 log CFU/g)에서 증가하는 추세를 나타냈다. T2 및 T3 샘플은 T0와 같은 추세를 보였다. T4-T6의 샘플군은 3일차부터 15일차까지 TSC를 나타내지 않았다. 박테리아 각테일을 사전 처리하고 UV-C 처리(T6)는 FCRBP에서 TSC를 크게 억제하는 흥미로운 결과를 나타냈다. UV-C와 함께 chlorine, hydrogen peroxide, SAEW를 처리한 FCRBP는 TSC를 유의하게 억제했다(표1).

T0 대조군 샘플에서는 실험을 수행하는 동안 총 리스테리아 수(TLC) 군집이 관찰되지 않았다(0-15일). 박테리아 각테일 처리 T1은 0일차(1.73 log CFU/g)부터 TLC를 나타냈고 15일차(6.83 log CFU/g)까지 증가하는 추세를 나타냈다. UV-c 처리만으로도 TLC 성장률이 모든 실험기간동안 억제된 것을 확인하였다. chlorine처리(T3) 및 hydrogen peroxide(T4)처리는 6일차까지 TLC를 억제할 수 있었지만 9일차부터 15일차까지 증가하는 TLC를 확인했다. SAEW(T5) 처리는 UV-C 처리와 함께 TLC 집락을 크게 억제했다. UV-C 120초 처리는 박테리아가 사전 처리된 샘플에서 12일차까지 TLC를 제어 할 수 있었다(표1). 결과적으로 UV-C 처리가 TBC를 상당히 억제할 수 있음을 나타낸다.

표.1. 총 bacterial (TBC), 총 fungal (TFC), 총 salmonella sp. (TSC), 총 listeria sp. (TLC)와 같은 미생물 수 (Total Fresh cut pell pepper, R-FCBP)는 서로 다른 처리로 처리되고 4° C와 15° C에서 보존된다. 결과는 평균 ± SE (n=3)로 제시되었다.

Factors	Treatments	UV-C (Sec)	Storage intervals (Days)/ microbial counts (log. CFU.g-1)					
			0	3	6	9	12	15
TBC (CFU.g-1)	T0	0	0±0	2.06±0.07	1.05±0.73	1.61±0.01	2.32±0.02	3.31±0.1
	T1	0	1.84±0.01	2.88±0.03	3.98±0.04	3.93±0.03	5.864±0.09	6.6±0.17
	T2	60	0	0	0	0	4.03±0.03	4.76±0.15
		90	0	0	0	0	0	2.66±0.11
		120	0	0	0	0	0	3.13±0.05
	T3	60	0	0	0	3.54±0.20	5.33±0.25	5.60±0.40
		90	0	0	0	3.10±0.15	4.50±0.42	4.76±0.44
		120	0	0	0	2.16±0.03	2.19±0.09	4.01±0.0
	T4	60	0	0	0	3.46±0.55	5.34±0.25	5.60±0.40
		90	0	0	0	3.11±0.1	4.59±0.37	4.76±0.44
		120	0	0	0	2.26±0.05	2.32±0.08	4.01±0.00
	T5	60	0	0	0	0	0	1.96±0.71
		90	0	0	0	0	0	1.43±0.21
		120	0	0	0	0	0	2.56±0.57
	T6	60	0	6.05±0.06	0	6.36±0.09	8.42±0.34	5.3±0.26
		90	0	0	0	89±0.06	8.79±0.13	5.63±0.45
		120	0	0	0	1.39±0.06	4.62±0.32	6.5±0.36
	TSC (CFU.g-1)	T0	0	0	0	0	0.94±0.06	3.21±0.08
T1		0	1.63±0.15	2.42±0.28	1.87±0.55	1.93±0.40	2.67±0.21	2.08±0.55
T2		60	0	0	0	0.55±0.04	1.57±0.03	2.11±0.18
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0.04±0.01	1.24±0.07	1.23±0.11
T3		60	0	0	0	0.02±0.01	0.97±0.05	2.11±0.18
		90	0	0	0	0	0.02±0.01	0
		120	0	0	0	0	0	0
T4		60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
T5		60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
T6		60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
TLC (CFU.g-1)		T0	0	0	0	0	0	0
	T1	0	1.73±0.09	2.06±0.05	3.1±0.1	3.4±0.1	6.06±0.03	6.83±0.30
	T2	60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
	T3	60	0	0	0	2.72±0.20	5.40±0.19	2.22±0.18
		90	0	0	0	2.01±0.03	4.86±0.12	2.38±0.21
		120	0	0	0	1.82±0.13	2.46±0.15	1.37±0.24
	T4	60	0	0	0	2.90±0.10	3.19±0.7	2.22±0.18
		90	0	0	0	2.01±0.01	3.24±0.0	2.38±0.21
		120	0	0	0	1.91±0.08	2.58±0.59	1.37±0.24
	T5	60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0

	T6	60	0	0	0	4.43±0.51	2.18±0.16	1.66±0.80	
90		0	0	0	0	2.17±0.21	1.53±0.05		
120		0	0	0	0	0	1.5±0.1		
TFC (CFU.g-1)	T0	0	0.93±0.12	0.60±0.13	0.67±0.05	1.07±0.25	1.73±0.40	1.77±0.15	
	T1	0	0.40±0.12	0.43±0.09	0.77±0.16	0.67±0.14	0.57±0.14	0.63±0.15	
	T2	60	0	0	0	0	0	0	
		90	0	0	0	0	0	0	
		120	0	0	0	0	0	0	
	T3	60	0	0	0	3.30±0.07	3.41±0.02	3.09±0.12	
		90	0	0	0	0.33±0.02	2.26±0.02	2.22±0.09	
		120	0	0	0	0	3.09±0.13	0	
	T4	60	0	0	0	1.41±0.15	1.90±0.03	3.09±0.12	
		90	0	0	0	2.03±0.02	2.11±0.15	2.22±0.09	
		120	0	0	0	1.02±0.01	1.44±0.16	0	
	T5	60	0	0	0	0	0	0.43±0.21	
		90	0	0	0	0	0	0.13±0.06	
		120	0	0	0	0	0	0.40±0.20	
	T6	60	0	0	0	0	0	0.50±0.08	
		90	0	0	0	0	0	0.43±0.04	
		120	0	0	0	0	0	0	
	Factors	Treatments	UV-C (Sec)	Storage intervals (Days)/ microbial counts (log. CFU.g-1)					
				0	3	6	9	12	15
	TBC (CFU.g-1)	T0	0	0±0	2.06±0.07	1.05±0.73	1.61±0.01	2.32±0.02	3.31±0.1
		T1	0	1.84±0.01	2.88±0.03	3.98±0.04	3.93±0.03	5.864±0.09	6.6±0.17
		T2	60	0	0	0	0	4.03±0.03	4.76±0.15
			90	0	0	0	0	0	2.66±0.11
			120	0	0	0	0	0	3.13±0.05
		T3	60	0	0	0	3.54±0.20	5.33±0.25	5.60±0.40
			90	0	0	0	3.10±0.15	4.50±0.42	4.76±0.44
			120	0	0	0	2.16±0.03	2.19±0.09	4.01±0.0
T4		60	0	0	0	3.46±0.55	5.34±0.25	5.60±0.40	
		90	0	0	0	3.11±0.1	4.59±0.37	4.76±0.44	
		120	0	0	0	2.26±0.05	2.32±0.08	4.01±0.00	
T5		60	0	0	0	0	0	1.96±0.71	
		90	0	0	0	0	0	1.43±0.21	
		120	0	0	0	0	0	2.56±0.57	
T6		60	0	6.05±0.06	0	6.36±0.09	8.42±0.34	5.3±0.26	
		90	0	0	0	89±0.06	8.79±0.13	5.63±0.45	
		120	0	0	0	1.39±0.06	4.62±0.32	6.5±0.36	
TSC (CFU.g-1)		T0	0	0	0	0	0.94±0.06	3.21±0.08	1.23±0.11
		T1	0	1.63±0.15	2.42±0.28	1.87±0.55	1.93±0.40	2.67±0.21	2.08±0.55
		T2	60	0	0	0	0.55±0.04	1.57±0.03	2.11±0.18
			90	0	0	0	0	0	0
			120	0	0	0	0.04±0.01	1.24±0.07	1.23±0.11
		T3	60	0	0	0	0.02±0.01	0.97±0.05	2.11±0.18
			90	0	0	0	0	0.02±0.01	0
			120	0	0	0	0	0	0
		T4	60	0	0	0	0	0	0
			90	0	0	0	0	0	0
	120		0	0	0	0	0	0	
	T5	60	0	0	0	0	0	0	
		90	0	0	0	0	0	0	
		120	0	0	0	0	0	0	
	T6	60	0	0	0	0	0	0	

		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
TLC (CFU.g-1)	T0	0	0	0	0	0	0	0
	T1	0	1.73±0.09	2.06±0.05	3.1±0.1	3.4±0.1	6.06±0.03	6.83±0.30
	T2	60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
	T3	60	0	0	0	2.72±0.20	5.40±0.19	2.22±0.18
		90	0	0	0	2.01±0.03	4.86±0.12	2.38±0.21
		120	0	0	0	1.82±0.13	2.46±0.15	1.37±0.24
	T4	60	0	0	0	2.90±0.10	3.19±0.7	2.22±0.18
		90	0	0	0	2.01±0.01	3.24±0.0	2.38±0.21
		120	0	0	0	1.91±0.08	2.58±0.59	1.37±0.24
	T5	60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
	T6	60	0	0	0	4.43±0.51	2.18±0.16	1.66±0.80
		90	0	0	0	0	2.17±0.21	1.53±0.05
		120	0	0	0	0	0	1.5±0.1
	TFC (CFU.g-1)	T0	0	0.93±0.12	0.60±0.13	0.67±0.05	1.07±0.25	1.73±0.40
T1		0	0.40±0.12	0.43±0.09	0.77±0.16	0.67±0.14	0.57±0.14	0.63±0.15
T2		60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
T3		60	0	0	0	3.30±0.07	3.41±0.02	3.09±0.12
		90	0	0	0	0.33±0.02	2.26±0.02	2.22±0.09
		120	0	0	0	0	3.09±0.13	0
T4		60	0	0	0	1.41±0.15	1.90±0.03	3.09±0.12
		90	0	0	0	2.03±0.02	2.11±0.15	2.22±0.09
		120	0	0	0	1.02±0.01	1.44±0.16	0
T5		60	0	0	0	0	0	0.43±0.21
		90	0	0	0	0	0	0.13±0.06
		120	0	0	0	0	0	0.40±0.20
T6		60	0	0	0	0	0	0.50±0.08
		90	0	0	0	0	0	0.43±0.04
		120	0	0	0	0	0	0

### 라.30. 신선한 황색 파프리카 절단편(FCYBP)의 미생물 분석

FCYBP 품질은 여러 항목에 맞는 매생물 분석 방법에 의해 결정되었다. 총 세균수(TBC)는 3일차(2.11 log CFU/g)부터 15일차(5.53 log CFU/g)까지 증가가 관찰되었다. 박테리아가 사전 처리된 대조샘플(T1)은 0일차 5.53 log CFU/g에서 15일차(6.50 log CFU/g)의 TBC계수를 나타냈다. UV-C 90초 및 120초가 처리된 T2샘플은 12일차까지 TBC의 성장을 크게 억제하였다. chlorine(T3) 및 hydrogen peroxide(T4)는 6일차까지 TBC의 성장을 현저히 억제했다. SAEW(T5)처리 샘플의 경우 12일차까지 억제했다. 박테리아 사전처리 및 UV-C 60초 처리샘플(T6)의 경우 9일차(6.26 logCFU/g) TBC가 관찰되었다. 결과적으로 UV-C 및 SAEW처리가 12일차까지 세균군집을 현저하게 억제한다는 것을 밝혔다(표2).

총 곰팡이(TFC) 대조군(T0) 및 박테리아 사전처리 샘플(T1)은 3일차부터 곰팡이의 증식을 관찰하고 15일차까지 집락의 형성을 증가시켰으며 다른 처리에서는 6일차까지 TFC가 관찰되지 않았다(표2). 그중 UV-C 처리만으로 15일까지 TFC를 현저하게 억제하고 60초 처리한 샘플(T6)은 9일차(2.29 log CFU/g)에 TFC가 관찰되었다. 박테리아 사전 처리 및 UV-C처리 90초와 120초는 15일차까지 TFC가 관찰되지 않았다. UV-C와 함께 chlorine(T3) 및 hydrogen peroxide(T4) 처리는 6일차까지 샘플의 곰팡이증식을 억제할 수 있었다. 9일차부터 15일차까지 FCYBP에서 곰팡이 집락형성이 증가하였다.

총 살모넬라 수(TSC)는 15일차까지 대조군(T0)샘플에서 TSC가 관찰되지 않았다. 살모넬라와 리스테리아 각테일이 사전 처리된 샘플은 0일차(2.43 log CFU/g)부터 15일차(8.21 log CFU/g)까지 증가추세를 보였다. 샘플 T2는 15일차까지 TSC 집락형성을 유의하게 억제된다. T3와 T4 샘플은 9일차까지 TSC 계수를 나타내지 않았다. UV-C와 SAEW처리는 15일차까지 TSC를 현저하게 억제했다. 박테리아각테일 패치 및 UV-C처리(T6 120초)는 FCYBP에서 TSC를 유의하게 억제했다. UV-C처리와 함께 chlorine, hydrogen peroxide, SAEW의 처리는 FCYBP에서 TSC를 현저하게 억제했다(표2).

총 리스테리아 수(TLS)는 T0 대조군 샘플에서 15일차까지 관찰되지 않았다. 박테리아각테일 처리 샘플 T1은 0일차(4.12 log CFU/g)부터 15일차(7.43 log CFU/g)까지 TLC의 증가추세를 보였다. UV-C처리(T2)만이 실험기간동안(0-15일) 모든 일차에서 TLC의 성장을 억제했다. chlorine(T3)와 hydrogen peroxide(T4) 처리로 9일차까지 억제할 수 있었지만 12일차와 15일차부터 TLC가 증가했다. SAEW(T5) 처리는 12일차까지 UV-C 처리와 함께 집락형성을 현저하게 억제했다. UV-C가 120초 처리된 그룹은 박테리아 각테일이 사전 처리된 샘플에서 9일까지 TLC를 억제할 수 있었다(표2). 결과적으로 UV-C처리가 FCYBP에서 TBC, TFC, TSC 및 TLC를 현저하게 억제할 수 있음을 보여준다.

표2. 총 bacterial (TBC), 총 fungal (TFC), 총 salmonella sp. (TSC), 총 listeria sp. (TLC)와 같은 미생물 수 (Total Fresh cut pell pepper, Y-FCBP)는 서로 다른 처리로 처리되고 4° C와 15° C에서 보존된다. 결과는 평균 ± SE (n-3)로 제시되었다. CK- 제어 (수돗물 세척), T1- 전해수 처리, T2-오존수 처리, T3-냉수처리, T4-온수처리.

Factors	Treatments	UV-C (Sec)	Storage intervals (Days)/ microbial counts (log. CFU.g-1)					
			0	3	6	9	12	15
TBC (CFU.g-1)	T0	0	0	2.11±0.04	1.24±0.02	1.83±0.03	3.03±0.02	5.53±0.30
	T1	0	5.53±0.15	7.56±0.17	2.37±0.03	1.78±0.08	5.86±0.10	6.50±0.23
	T2	60	0	0	0	2.02±0.03	2.08±0.04	3.26±0.30
		90	0	0	0	0	0	2.21±0.60
		120	0	0	0	0	0	2.49±0.11
	T3	60	0	0	0	0	3.28±0.28	4.72±0.29
		90	0	0	0	0	3.53±0.13	4.55±0.17
		120	0	0	0	0	3.29±0.19	4.72±0.14
	T4	60	0	0	0	0.11±0.01	3.52±0.48	3.25±0.01
		90	0	0	0	0	2.58±0.41	4.23±0.02
		120	0	0	0	0	2.16±0.16	5.22±0.06
	T5	60	0	0	0	0	0	1.86±0.55
		90	0	0	0	0	0	1.66±0.20
		120	0	0	0	0	0	2.21±0.60
	T6	60	0	0	0	6.26±0.96	1.45±0.03	2.33±0.66
		90	0	0	0	8.41±0.17	8.75±0.16	9.42±0.15
		120	0	0	0	0	3.51±0.14	4.66±0.20
	TSC (CFU.g-1)	T0	0	0	0	0	0	0
T1		0	2.43±0.86	2.77±0.02	4.53±0.06	5.40±0.20	6.50±0.61	8.21±0.07
T2		60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
T3		60	0	0	0	0	1.16±0.09	0.85±0.06
		90	0	0	0	0	0.15±0.01	0.93±0.08
		120	0	0	0	0	0.12±0.03	0.18±0.01
T4		60	0	0	0	0	0.9±0.07	1.76±0.09
		90	0	0.03±0.00 5	0	0	1.25±0.08	1.89±0.08
		120	0	0	0	0	0.03±0.00 2	0.98±0.08
T5		60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
T6		60	0	0	0	0	0.47±0.08	0
		90	0	0	0	0	0.27±0.07	0
		120	0	0	0	0	0	0
TLC (CFU.g-1)		T0	0	0	0	0	0	0
	T1	0	4.12±0.13	8.23±0.25	3.34±0.19	3.23±0.05	7.68±0.10	7.43±0.20
	T2	60	0	0	0	0	0	0
		90	0	0	0	0	0	0
		120	0	0	0	0	0	0
	T3	60	0	0	0	0	1.89±0.07	2.27±0.16
		90	0	0	0	0	0.88±0.11	1.36±0.63
		120	0	0	0	0	0.96±0.02	1.11±0.12
	T4	60	0	0	0	0	1.68±0.05	1.80±0.51
90		0	0	0	0	1.56±0.09	1.90±0.06	

	T5	120	0	0	0	0	1.80±0.05	1.90±0.04	
		60	0	0	0	0	0	1.86±0.55	
		90	0	0	0	0	0	1.66±0.20	
		120	0	0	0	0	0	2.21±0.60	
	T6	60	0	0	0	6.26±0.09	1.45±0.03	2.33±0.66	
		90	0	0	0	8.41±0.17	8.75±0.16	9.42±0.15	
		120	0	0	0	0	3.51±0.14	4.66±0.20	
	TFC (CFU.g <sup>-1</sup> )	T0	0	0	0.60±0.07	1.13±0.45	1.33±0.72	2.01±0.12	2.16±0.06
		T1	0	0	4.17±0.16	4.16±0.19	2.43±0.51	1.76±0.07	1.57±0.05
		T2	60	0	0	0	0	0	0.87±0.03
			90	0	0	0	0	0	0.50±0.06
			120	0	0	0	0	0	0.43±0.02
T3		60	0	0	0	3.3±0.07	3.41±0.02	3.09±0.12	
		90	0	0	0	0.33±0.02	2.26±0.02	2.22±0.09	
		120	0	0	0	0	3.09±0.13	0.00	
T4		60	0	0	0	0	0.51±0.05	1.50±0.18	
		90	0	0	0	0	0.28±0.01	1.76±0.03	
		120	0	0	0	0	0.20±0.04	0.80±0.09	
T5		60	0	0	0	0	0	0	
		90	0	0	0	0	0	0	
		120	0	0	0	0	0	0	
T6		60	0	0	0	2.29±0.29	1.18±0.17	0.87±0.35	
		90	0	0	0	0	0	0	
		120	0	0	0	0	0	0	



### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표달성도

- \* 고유의 향과 맛은 유지하면서 유통기한은 15일 이상, 미생물 기준은 일반세균 100,000균 이하품질유지
- \* 개발기술의 현장 실증을 위한 설비설계, 시작품 제작, 시작품 설치 및 현장실증 실시  
생산설비 폭 1.8m이내, 길이 12m이내, 높이 4m이내

그림. 파프리카 컨벤션 건조기 (입구)





그림. 파프리카 컨벤션 건조기(출구)

### 3-2. 연구개발 성과

- 논문게재 성과

번호	논문명/저서명	게재지 (권, 쪽)	게재연도 (SCI 구분)	IF
1	In Vitro Biocidal Actions of Rhus verniciflua Bark Extract Wrapped Gold Nanoballs Against Biofilm-Forming Food-Borne Bacterial Pathogens	Journal of cluster science 30(6); 1489-1499	2019.05 (SCI)	1.731
2	Statistical Optimization to Augment the Photocatalytic Reduction of Brilliant Blue G-250 Using the Biogenic Semiconductor Nanorods: An Ecosafety Approach	Journal of cluster science 31(4); 709-718	2019.09 (SCI)	1.731
3	A comparative study on the phenolic composition, antioxidant and enzyme inhibition activities of two endemic Onosma species	Industrial crops and products 142; 1-5	2019.12 (SCI)	4.244
4	Biogenic silver nanoparticles-polyvinylpyrrolidone based glycosomes coating to expand the shelf life of fresh-cut bell pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt)	Postharvest biology and technology 160; 1-10	2020.02 (SCI)	4.303
5	Biopolymer K-carrageenan wrapped ZnO nanoparticles as drug delivery vehicles for anti MRSA therapy	International journal of biological macromolecules 144; 9-18	2020.02 (SCI)	5.162
6	Physical and bioactivities of biopolymeric films incorporated with cellulose, sodium alginate and copper oxide nanoparticles for food packaging application	International journal of biological macromolecules 153; 207-214	2020.06 (SCI)	5.162
7	Biocompatible fungal chitosan encapsulated phytochemical silver nanoparticles enhanced antidiabetic, antioxidant and antibacterial activity	International journal of biological macromolecules 153; 63-71	2020.06 (SCI)	5.162
8	Folic acid functionalized starch encapsulated green synthesized copper oxide nanoparticles for targeted drug delivery in breast cancer therapy	International journal of biological macromolecules 164; 2073-2084	2020.08 (SCI)	5.162
9	Lactobacillus rhamnosus GG and Biochemical Agents Enrich the Shelf Life of Fresh-Cut Bell Pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt)	Foods 9(9); 1252-1266	2020.09 (SCI)	3.701
10	Effects of yellow and red bell pepper (paprika) extracts on pathogenic microorganisms, cancerous cells and inhibition of survivin	Journal of Food Science and Technology	2020.09 (SCI)	1.654
11	Biogenic Synthesis of Rod Shaped ZnO Nanoparticles Using Red Paprika ( <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt) and Their in Vitro Evaluation	Journal of Cluster Science	2020.09 (SCI)	1.731

12	Preparation, characterization and anti-cancer activity of graphene oxide–silver nanocomposite	Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology 210; 111984	2020.07 (SCI)	4.383
13	Synthesis and characterization of nano-chitosan capped gold nanoparticles with multifunctional bioactive properties	International Journal of Biological Macromolecules 165; 747-757	2020.09 (SCI)	5.162
14	Chitosan nanoparticles as edible surface coating agent to preserve the fresh-cut bell pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt)	International Journal of Biological Macromolecules 165; 948-957	2020.09 (SCI)	5.162

### 3-3. 특허 출원 및 등록

번호	특허명	등록국가	출원번호 (등록번호)	등록일 (연월)	출원자명	발명자명
1	미강, 벚짚 및 기장을 포함하는 구강세정용조성물	대한민국	10-2017-0013465 (10-1963215)	2019.03	강원대학교 산학협력단	왕명현
2	초석잠 뿌리 추출물 또는 이의 분획물을 유효성분으로 포함하는 기능성 조성물	대한민국	10-2018-0025386 (10-1990000)	2019.06	강원대학교 산학협력단	왕명현
3	아연-키토산 나노입자를 포함한 급성 림프구성 백혈병 및 박테리아 감염 치료용 약학조성물	대한민국	10-2018-0033325 (10-2083481)	2020.02	강원대학교 산학협력단	왕명현
4	치자 종자 추출물을 이용하여 제조한 은나노입자 및 그 제조방법	대한민국	10-2018-0059539 (10-2091166)	2020.03	강원대학교 산학협력단	왕명현
5	트리코델마 β-D-글루칸 산화아연 나노입자 및 이의 제조방법	대한민국	10-2019-0087328	2019.07	강원대학교 산학협력단	왕명현
6	생합성 은나노 입자-폴리비닐 피롤리돈 기반 글리세로솜을 이용한 절단 파프리카의 제조방법	대한민국	10-2019-0101730	2019.08	강원대학교 산학협력단	왕명현
7	신선편이 파프리카 침지용 조성물 및 이를 이용한 신선편이 파프리카의 제조방법	대한민국	10-2020-0044703	2020.04	강원대학교 산학협력단	왕명현
8	락토바실러스 람노서스를 이용한 신선편이 파프리카 및 그 제조방법	대한민국	10-2020-0052187	2020.04	강원대학교 산학협력단	왕명현
9	파프리카로부터 추출한 기능성 식품 조성물 및 그 제조방법	대한민국	10-2020-0070216	2020.06	강원대학교 산학협력단	왕명현
10	염화칼슘, 저분자량키토산 및 티트리오일이 포함된 파프리카 침지용 조성물 및 그 제조방법	대한민국	10-2020-0085197	2020.07	강원대학교 산학협력단	왕명현
11	신선편이 파프리카 침지용 조성물 및 그 제조방법	대한민국	10-2020-0085198	2020.07	강원대학교 산학협력단	왕명현

### 3-4. 학술 발표

발표자	발표제목	발표장소 (발표일시)
Kandasamy Saravanakumar	Biogenic nanoparticles tailored antibacterial polymeric film for packaging of fresh-cut bell pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt)	인천 송도 컨벤시아 (2019.06.26)
Sekar Vijayakumar	Preparation and characterization of biodegradable chitosan film incorporated with $\kappa$ -carrageenan loaded ZnO nanoparticles for food wrapping application	인천 송도 컨벤시아 (2019.06.26)
Xiaowen Hu	Edible chitosan nanocoating for extending the shelf life of fresh-cut <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt.	인천 송도 컨벤시아 (2019.06.26)
Kandasamy Saravanakumar	Extraction and Gas chromatography mass spectrum based identification of bioactive metabolites from <i>Trichoderma harzianum</i> and their antibacterial and an	부산 벅스코 제2전시장 3층 (2019.08.13)
Xiaowen Hu	Antioxidant, Antibacterial and Anticancer activity of extract from <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt.	부산 벅스코 제2전시장 3층 (2019.08.13)
Kandasamy Saravanakumar	Slight acidic electrolyzed water and organic acid treatments inactivates the foodborne pathogens in fresh-cut paprika	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
Kandasamy Saravanakumar	Probiotics incorporated natural additive maintains the nutritional properties of fresh-cut paprika	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
Kandasamy Saravanakumar	Response surface methodology based optimization of preservation condition to expand the shelf life of red and yellow fresh-cut paprika	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
Arokia Vijaya Anand Mariadoss	The use of chlorine water and methanolic extracts of <i>Capsicum annuum</i> L. withstand the nutritional content and improve the shelf life fresh cut	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
Arokia Vijaya Anand Mariadoss	Influences of storing temperature to enhance the self-life of fresh cut bell pepper	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
신숙진	Effect of ultraviolet C on volatile compounds, antioxidants and shelf life of yellow and red fresh-cut paprika	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
Sathiyaseelan Anbazhagan	Tea oil incorporated chitosan-based coating for enhancement shelf-life and quality of fresh-cut bell pepper	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
Xiaowen Hu	Chitosan nano-coating expand the shelf-life of fresh-cut paprika through preventing biofilm formations	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)
Sathiyaseelan Anbazhagan	Combined effect of calcium and chitosan treatments on fresh-cut bell pepper for their self-life extension	광주 김대중컨벤션센터 (2020.07.01)

## 4. 연구결과의 활용 계획 등

### 4-1. 연구개발 결과의 활용방안

- \* 공급과 소비가 편리하고 기호도 높은 새로운 종류의 신선 식품 제품 개발을 함으로써 농가의 소득 확대.
- \* 공정을 적용한 다양한 형태의 가공 식재료를 개발해, 일본 내 시장을 선점.
- \* 미생물 제어기술을 확립해, 현재 개발된 제품 및 앞으로 개발될 제품들의 위생 및 유통 시 안정성 증대로 더욱 안전한 상품을 생산 가능
- \* 연중 균일한 품질의 공급이 가능한 기술 개발
- \* 품질유지 가능 기간 및 장기간 위생, 안정성 확보를 통해 다른 신제품에 적용 가능
- \* 원물 위주의 파프리카 수출을 벗어나, 가공품은 물류비 절감으로 가격 경쟁력을 확보

### 4-2. 기대성과 및 파급효과

- \* 원물 위주의 파프리카 수출을 탈피해 B급 원물을 활용하여 농가의 소득을 증대시키고, 물류비를 절감하여 가격 경쟁력을 확보하여 수출에서 경쟁력 강화.
- \* 다양한 형태의 가공을 하고, 점차 공급량을 확대해 초기 1일 1톤~20톤까지 증대시킬 수 있는 능력으로 점차 공급량을 확대해 일본내 식재료 시장 선점.
- \* 연중 균일한 품질을 공급할 수 있는 절단 가공 농산물을 공급하여 대외적으로 신인도 상승.
- \* 해당 공정을 타 작목에도 적용해, 학교 및 기업 등 단체에게 공급 및 소비 양 쪽 모두 쉬운 상품을 선정 및 가공하여 신제품 개발.

[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 절단 파프리카 및 신선편의 농산물의 유통기한 연장을 위한 공정개발				
	(영문) Development of process for extending shelf-life period of sliced papeika and fresh-cut farm-product				
주관연구기관	강원대학교		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 의생명과학대학	
참 여 기 업			(성명) 왕 명 현		
총연구개발비 (500,000천원)	계	500,000천원	총 연 구 기 간	2018.09.10. ~ 2020.09.09. (2년)	
	정부출연 연구개발비	250,000천원	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	16
	기업부담금	250,000천원		내부인원	8
	연구기관부담금			외부인원	8

○ 연구개발 목표 및 성과

**연구개발 목표 :** 절단된 농산물의 미생물 제어와 품질유지 기한을 증대하여 수출 및 소비시장 확대  
**연구 개발 성과:** 절단된 파프리카의 미생물 제어 기술을 제시하였고, 품질 유지 기한을 15일까지 증대하는 기술을 제시하였음.

○ 연구내용 및 결과

- 연구 내용 : 절단 파프리카를 모델로 신선편의 농산물 제조를 위한 최적공정 도출
- 세척, 브렌칭, 비가식부 제거, 절단, 세척, 탈수(절수), 건조, 포장, 보관 등
  - 공정 중 조직 손상에 의한 상품성 저하 최소화기술 제시
- 세척 후 브렌칭(품목류에 다름)을 통한 초기균수 제어기술 제시  
 세척 후 탈수(또는 절수)를 통한 초기균수 제어기술 제시  
 절단 후 15일 이상 상품성 유지 및 15일차 일반세균 100,000균 이하 유지  
 절단 후 미생물 저감 및 유통기한 중 품질유지가 가능한 공정설계 및 시작품제작
- 파프리카 최종산물 기준 500Kg/hr 이상 처리
  - 생산설비 폭 1.8m 이내, 길이 12m 이내, 높이 4m 이내
  - 최종 소비자 판매가 8,000만원 이내로 생산
- 개발기술의 현장실증
- 농협경제지주에서 지정하는 사업장에 시작품 설치 및 현장실증 실시

**연구 결과 :** 연구 내용을 충실히 연구 하여 절단 후 15일 이상 상품성 유지 기술을 개발하였고, 일반세균도 100,000rbs 이하가 유지하는 기술을 개발하여 시작품을 제작하여 **농협안성농식품 센터에 설치**하였음.

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- \* 시장 수요에 맞춰, 학교 및 기업체등의 단체에 공급과 소비가 편리하고 기호도 높은 새로운 종류의 신선편의식품용 제품을 개발함으로써 농가의 소득 확대.
- \* 원물 위주의 파프리카 수출을 벗어나, 가공품은 부가가치 제고 및 물류비 절감으로 가격 경쟁력을 확보
- \* 다양한 형태의 가공 식재료로 수출시장 진입로 개척
- \* 미생물 제어기술을 확립하여, 현재 개발된 제품 및 앞으로 개발될 제품들의 위생 및 유통 시 안정성 증대로 제품 고품질화
- \* 일정 기간 균일한 품질유지로 제품 신뢰도 제고



[별첨 2]

## 자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		318077-2	
사업구분	농식품부-농협 역매칭 시범사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	농식품부-농협 역매칭 시범사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	절단 파프리카 및 신선편의 농산물의 유통기한 연장을 위한 공정개발			과제유형	(기초,응용,개발)
연구기관	강원대학교			연구책임자	왕명현
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2018.9.10.-2019.9.9.	125,000	125,000	250,000
	2차년도	2019.9.10.,- 2020.9.9.	125,000	125,000	250,000
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
계					
참여기업	-				
상대국	-	상대국연구기관		-	

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020.10.23

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
강원대학교	교수	왕명현

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약

## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 아주우수

본 연구를 통한 연구개발에 있어 끊임없이 노력한 결과 연구기간동안 14편의 SCI급 논문발표와 11편의 특허 등록 및 출원실적, 14건의 학술발표 등 연구 실적이 매우 우수함

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

본 연구개발 성과는 신선편의 농산물의 유통기한 연장을 위한 공정개발 연구로서 편의식 시장이 증가하는 사회적 시점에서 파급효과는 매우 크다고 할 수 있음. 식용가능한 나노코팅 및 유통기한 연장을 위한 다양한 방법의 연구결과를 통해 다양한 절단편 농산물의 유통기한 증대에 기여할 것으로 예상

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

본 연구개발성과는 단순한 유통기한 증대를 넘어 다양한 응용력을 가지고 있어 유통기한 증가뿐만 아니라 항미생물성 등을 이용한 다양한 농산물의 소독제, 식품첨가제, 식품보조제 등으로 사용할 수 있을 것으로 예상

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 아주우수

본 연구의 연구진들은 끊임없이 실험수행 및 실험에 필요한 장비와 재료들의 유지에 힘쓰는 등, 근무상태에 있어 성실하고 일관된 모습을 보임. 또한 연구진들 모두 좋은 관계를 유지하여 보다 연구에 매진할 수 있는 환경을 가지고 있음

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 아주우수

논문발표: SCI급/14편  
기술개발: 특허(출원)/11건  
기술자문: 0건  
기타실적: 학술발표/14건

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
브렌칭에 의한 초기균수 최소화 기술	20	100	CaCl <sub>2</sub> -LMWCS/TTO 복합 에멀전 사용시 가장 효율이 높은 결과를 가져왔음
절단후 15일 이상 상품성 유지	20	100	파프리카를 15일 보관해도 상품성 유지
절단후 일반세균 100,000균 이하 유지	20	100	파프리카 일반세균이 21일간 3.37Log CFU/g 에서 4.10Log CFU/g로 억제함을 보여줌으로써 목표 달성하였음
파프리카 등 절단면 물기 최소화 시작품 제작 및 현장 실증	40	100	목표에 부합하여 시작품 제작 및 농협안성농식품센터에 설치 완료
합계	100점		

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

절단된 파프리카의 미생물 제어와 품질유지 기한을 증대하여 수출 및 소비시장을 확대하여 파프리카 농가의 소득증대를 도모하고자 절단 파프리카를 모델로 신선편이 농산물 제조를 위한 최적 공정을 도출하고자 다각적으로 연구를 수행하였음. 특히, 본과제의 주목적인 절단후 15일이상 상품성 유지 및 15일차 일반세균 100,000균 이하를 유지하기 위한 결과를 제시하였고, 이에 따라 시작품도 제작하여 농협안성농식품센터에 설치완료 하였음.

### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 연구사업은 농식품부-농협역매칭사업으로 파프리카의 유통기한을 연장할 수 있는 시작품(생산설비 폭 1.8m 이내, 길이 12 m 이내, 높이 4 m 이내)을 제작하여 농협경제지주가 지정한 농협안성농식품센터에 설치하여 관리 운영하기로 되어 있음.

### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 연구 개발에 따른 품질유지 증대 기계설비의 시작품은 주관연구기관에서 3년간 무상 보증서비스를 제공함.
- 농협경제지주가 지정한 농협 및 농협계열에 공급시 판매금액이 8천만원 이상일 경우 8천만원 이내의 금액 또는 20% 할인된 금액으로 공급한다.

#### IV. 보안성 검토

보완성 없음.

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

파프리카 농가의 소득증대를 위해 파프리카의 일반성분부터 기능성에 이르기까지 매우 광범위하게 연구가 이루어졌음.

특히, 연구 결과의 극대화를 성취하기 위하여 2년차에는 본 과제와 관련된 박사후 연구원을 2명 새로이 채용하여 매우 만족할 만한 결과를 가져왔다고 자부함.

과거에도 농식품부 과제를 수행하여 농림식품부장관상(2012)을 수여한 바가 있는 바, 본과제는 학문적으로 뿐만 아니라 본과제가 제시하는 연구 내용을 매우 성실하게 수행하여 연구책임자로서 매우 만족합니다.

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

연구과제를 수행함에 있어 과제 연구비 집행도 매우 절절하였고, 연구 결과 또한 연구 계획서에 의거하여 100% 수행하였음.



### 3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	30				20	20					15	15								
최종목표	4	3		1	3	40 0	70 0	2		1	1	2	1.5	7	4	2				
연구기간내 달성실적	7	4		1	1	12 0		2		1										
달성율(%)	10 0	10 0		10 0	33	33		10 0		10 0	10 0	10 0	10 0	10 0	10 0					

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	항산화제, fumaric acid 및 약산성 전해수 처리를 통한 신선한 절단 파프리카의 품질유지
②	<i>Lactobacillus rhamnosus GG</i> 와 천연항균제 처리를 통한 신선한 절단 파프리카의 영양소 및 저장기간의 증가
③	키토산 유화 티트리오일(TTO) 및 염화칼슘 식용코팅을 이용한 절단 파프리카의 유통기한 연장
④	식용 가능한 표면코팅제로서 키토산 나노입자를 이용한 신선한 파프리카 절단편의 유통기한 연장( <i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>grossum</i> (L.) Sendt)
⑤	Chlorine water 및 파프리카 추출물을 이용한 신선한 파프리카 절단편의 병원균 성장억제
⑥	본 연구에서 제작한 스마트식품가공시스템(파프리카 컨베이션 건조기)을 사용한 신선한 파프리카 절단편의 저장기간 연장 및 요인최적화

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술		0				0				
②의 기술		0				0				
③의 기술		0				0				
④의 기술		0				0				
⑤의 기술		0				0				
⑥의 기술		0								

\* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	이 연구에서 새롭게 구성된 살균제를 이용한 FCBP의 관능적 및 영양적 특성을 포함한 품질에 미치는 영향을 평가했다. 결과적으로 처리군 샘플 중 T6(FA, SAEW 및 antioxidant solution)는 4°C에서 9일차 동안 영양소의 손실없이 미생물군을 유의하게 억제하는 것을 확인했다. 이 살균방법은 향후 파프리카 절단편 등 농산물 절단편 살균방법으로서 상업화 가치가 있음을 시사.
②의 기술	이 연구는 FCBP에서 <i>L. rhamnosus GG</i> 와 천연 항균첨가제 처리가 15일간 두 저장기간에 미치는 효과를 평가했다. 결과적으로 천연 항균첨가제만 단독으로 처리한 샘플(T4)은 4°C에서 8일간 보관이 유효하며, <i>L. rhamnosus GG</i> 단독처리(T3)는 잠재적인 항산화작용으로 FCBP에서 식품매개 병원균의 집락형성을 방지하고 식물화학적 특성을 4°C에서 12일간 유지했다. FCBP와 프로바이오틱스 균주의 적용은 FCBP의 저장수명과 품질을 개선 및 소비자의 이익 및 건강증진적으로 잠재적인 이점을 제공.
③의 기술	이 연구의 복합 에멀전(CaCl <sub>2</sub> -LMWCS/TTO)처리는 4°C에서 18일간 보관하는 동안 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화활성, 질감 및 색상분석 등의 특성을 유지하여 FCBP의 저장기간을 연장시켰다. 신선한 빨간 파프리카 절단편(FCRBP)으로부터 <i>L. monocytogenes</i> 및 <i>S. enterica</i> 균을 포함한 총 박테리아와 곰팡이 오염등의 미생물증식을 억제한다. 따라서 이 연구는 식용 가능한 코팅(CaCl <sub>2</sub> -LMWCS/TTO)이 다양한 물리화학적 및 영양적 특성을 갖춘 FCBP의 저장기간을 연장시키는 유망한 전략임 시사.
④의 기술	이 연구는 키토산 나노입자를 사용해 식용가능 표면코팅제로서 신선한 파프리카 절단편의 저장향상을 위한 연구로 나노입자의 특성화, 항산화, 항균활성, FCBP에서의 생물막 억제, 유통기간의 평가는 무게감소 및 미생물형성 및 관능평가 등을 통해 연구되었다. 키토산 나노입자는 XRD등의 결과를 통해 안정성을 나타냈으며 식용 가능한 파프리카의 키토산 나노코팅은 항균활성 및 생물막 억제 형성, 관능평가 등의 결과에서 유의한결과를 나타냈다. 따라서 이결과는 향후 FCBP의 식품가공 및 보존처리로서의 유망한 방법임을 시사
⑤의 기술	이 연구의 Ch-Sol을 이용한 살균방법의 개선은 향후 파프리카 및 그외 과일과 채소의 유통기한 연장을 위한 효율적인 전략으로 작용한다. 샘플은 4°C에서 저장된 Ca-Ex를 포함한 약간의 Ch-Sol의 처리 결과로 이러한 조건은 FCCa의 플라보노이드와 페놀함량을 유지했다. 또한 항 미생물 특성을 통해 FCCa의 저장기간연장을 확인했다. 위의 결과를 바탕으로 기존 Ch-Sol 및 Ca-Ex의 처리방법은 FCCa의 색, 표면변색, 항산화상태를 개선하고, 병원성 세균균의 군집형성을 억제하여 FCCa의 저장기간을 향상시킨다고 결론지었다.
⑥의 기술	이 연구는 RSM에 의한 미생물의 집락형성을 억제하여 파프리카 절단편의 저장기간에 영향을 미치는 중요한 요인의 선별 후 스마트 UV-C 식품가공시스템을 사용하여 결과 검증했다. UV-C, chlorine, hydrogen peroxide, slightly acidic electrolyzed water, 보관온도 등의 요소는 통계적 스크리닝 분석 및 계수값을 기반으로 검증되었다. 유효성 검사에서 모든 처리는 총 곰팡이, 리스테리아, 살모넬라와 같은 미생물 집락 형성을 억제했다. 처리군 중 SAEW+UV-C의 조합은 FCBP의 저장기간을 12일간 연장하며 향후 FCBP의 식품가공 및 보존에 권장될 수 있음을 시사

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	30	30									10		10		20				
최종목표																			
연구기간내 달성실적	2	2									1	1	3		2				
연구종료후 성과창출 계획	2	2									1		2		1				

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	농산물 컨베션 살균 건조기		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input checked="" type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	2020.7 ~	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2020.7.
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	농식품부-농협 역매칭 시범사업으로 농협안성농식품센터에 설치하여 운영함		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리  
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)



주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.