

RS-2021  
-IP121025

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
고부가가치식품기술개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004613-01

# 분말(분체) 병합살균 장치 사업화

2024.6.12

주관연구기관 / (주)덕영엔지니어링  
공동연구기관 / 이화여자대학교산학협력단  
서울과학기술대학교산학협력단

2024

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “분말(분체) 병합살균 장치 사업화”(개발기간 : 2021. 4. ~ 2023. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024.06.12.

주관연구기관명 : (주)덕영엔지니어링

(박 영 환)

공동연구기관명 : 이화여자대학교산학협력단

(이 준 성)

서울과학기술대학교산학협력단

(김 동 화)

주관연구책임자 : 이 정 우

공동연구책임자 : 정 명 수

공동연구책임자 : 박 성 회

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

최종보고서								보안등급 일반[√], 보안[ ]			
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명			고부가가치식품 기술개발사업			
전문기관명	농림식품기술기획평가원			내역사업명	미래대응식품 기술개발						
공고번호	농축2021-19호			총괄연구개발 식별번호							
				연구개발과제번호	RS-2121-IP121025						
기술분류	국가과학기술 표준분류	1LB1706	60%	LB1704	20%	LV1708	20%				
	농림식품과학기술분류	PA0103	60%	PA03030	20%	PA0104	20%				
총괄연구개발명	국문	분말(분쇄) 병합살균 장치 사업화									
	영문	Commercialization of combined sterilization device for powder decontamination									
연구개발과제명	국문	분말(분쇄) 병합살균 장치 사업화									
	영문	Commercialization of combined sterilization device for powder decontamination									
주관연구개발기관	기관명	(주)덕영엔지니어링			사업자등록번호		[REDACTED]				
	주소	(17031)경기도 용인시 처인구 모현읍 곡현로 315번길 149-7			법인등록번호		[REDACTED]				
연구책임자	성명	이정우			직위	부장(연구소장)					
	연락처	직장전화	[REDACTED]			휴대전화	[REDACTED]				
		전자우편	[REDACTED]			국가연구자번호	[REDACTED]				
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31( 2년 9개월)									
	단계	1단계	1년차							2021. 04. 01 - 2021. 12. 31( 1년 9개월)	
		2단계	2년차							2022. 01. 01 - 2022. 12. 31( 1년 6개월)	
		2단계	1년차							2023. 01. 01 - 2023. 12. 31( 1년 6개월)	
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계		연구개발비 외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금		현물
	총계	550,000	13,334	170,000					563,334	170,000	733,334
	1단계	1년차	150,000		50,000				150,000	50,000	200,000
	2년차	200,000	6,667	60,000				206,667	60,000	266,667	
2단계	1년차	200,000	6,667	60,000				206,667	60,000	266,667	
공동연구개발기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고					
	역할	기관유형									
공동연구개발기관	이화여자대학교 산학협력단	정영수	교수	[REDACTED]	[REDACTED]	공동	대학				
	서울과학기술대학교 산학협력단	박성희	부교수	[REDACTED]	[REDACTED]	공동	대학				
연구개발담당자 실무담당자	성명	김주희			직위	과장					
	연락처	직장전화	[REDACTED]			휴대전화	[REDACTED]				
		전자우편	[REDACTED]			국가연구자번호	[REDACTED]				

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 29일

연구책임자:

이 정 우

주관연구개발기관의 장: (주)덕영엔지니어링

박 영 환

공동연구개발기관의 장: 이화여자대학교 산학협력단

이 준 성

공동연구개발기관의 장: 서울과학기술대학교 산학협력단 김 동 호

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]

### < 요약 문 >

사업명	고부가가치식품기술개발사업	총괄연구개발 식별번호					
내역사업명	미래대응식품 기술개발	연구개발과제번호	RS-2121-IP121025				
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB1706	60%	2순위 LB1704	20%	3순위 LV1708	20%
	농림식품 과학기술분류	1순위 PA0103	60%	2순위 PA0303	20%	3순위 PA0104	20%
총괄연구개발명	분말(분체) 병합살균 장치 사업화						
연구개발과제명	분말(분체) 병합살균 장치 사업화						
전체 연구개발기간	2021년4월01일 ~ 2023년 12월 31일 (2년 9개월)						
총 연구개발비	총 733,334천원 (정부지원연구개발비: 550,000천원, 기관부담연구개발비 : 183,334천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원: 천원)						
연구개발단계	기초[ ] 응용[ ] 개발[√ ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]	기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(6단계) 종료시점 목표(9단계)			
연구개발과제 유형							
연구개발과제 특성							

	최종 목표	<p>● 광펄스+콜드플라즈마+UV+음이온 병합살균 장비의 분말처리용량 증가에 따른 살균력 향상 및 지속적이고 안정적인 살균 능력 보유를 위한 장비 개선</p> <p>○ 세부목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 분말살균을 위한 생산현장용 광펄스+콜드플라즈마+음이온 발생(라디칼생성) 병합 살균 장비 개발</li> <li>- Lab scale 장치를 이용한 병합처리의 미생물 저감효과 및 살균메커니즘 규명.</li> <li>- 대용량 살균처리시스템 구축 및 대용량 장치를 이용한 병합 처리된 분말식품의 미생물 저감 확인</li> <li>- 병합 처리된 분말식품의 품질에 대한 영향 평가</li> <li>- 병합 처리 장비의 사업화</li> </ul>
연구개발 목표 및 내용	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>-분말살균을 위한 생산현장용 광펄스+콜드플라즈마+음이온 발생(라디칼생성) 병합 살균 장비 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 광펄스+음이온발생기, 콜드플라즈마+음이온발생기, 광펄스+콜드플라즈마+음이온발생기</li> <li>: 진공 챔버를 이용한 분체 분산 유도로 균일 처리</li> <li>: 마그네틱 피더를 이용한 균일 처리</li> <li>: Pilot scale→Scale up에 따른 기술정밀도 향상 및 안정성 검증, 최종 개발에 따른 성능 유효성 평가</li> <li>: 살균공정에 따른 하드웨어 및 처리시스템 방식 확립</li> <li>: 최적 살균성능을 유지할 수 있는 구조 및 설계 설정</li> <li>: 살균력 검증에 따른 살균 프로세싱 확립 및 자동화 프로그램 구축</li> <li>: 제품의 대량 가공 공정 기준 확립 및 CIP 시스템 마련</li> <li>: 마그네틱 피더의 분체의 부유유도 진동 강도, 최적 피더 속도 및 적정 플라즈마 분출 범위 확립</li> <li>: 진공 상태 해체에 따른 음이온 발생기에서 발생된 라디칼 이온과 음이온 침투 최적 조건 도출</li> </ul> </li> <li>-Pilot scale 장치를 이용한 병합처리의 미생물 저감효과 및 메커니즘 규명                             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 분말식품에 대한 잠재적 위해 세균과 부패 미생물에 대한 오염도 조사 및 오염 미생물 저감화 수준 비교 설정</li> <li>: 오염 일반 미생물 저감효과, 분말 살균 처리용량 증가에 대한 처리 최적화</li> <li>: 병합 처리에 의한 미생물 저해 시너지 효과 규명</li> <li>: 병합 살균 처리의 메커니즘 규명</li> </ul> </li> </ul>



	<p>전체 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대용량 장치(300kg/hr)를 이용한 병합처리의 미생물 저감 효과 확인             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 개발된 장비의 활용성 증대를 위한 대상 식품군 확대를 위한 기존 분말 4종(고춧가루, 참깨, 쌀눈, 후춧가루) 외 식품군 탐색</li> <li>: 대용량 처리장비의 분말식품 미생물 저감효과와 품질 특성에 대한 영향 평가</li> <li>: 기존 (광펄스+콜드플라즈마+UV) 병합 살균 장비와의 미생물 저감효과 비교 분석</li> <li>: 살균효과 가이드 라인 작성 및 경제성 분석</li> </ul> </li> <li>- 병합 처리된 분말식품의 품질에 대한 영향평가             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 처리 후 영양성분 및 관능적 품질에 대한 변화분석</li> <li>: 수분활성도, 색도 및 pH 평가</li> <li>: 전자코 활용 향미 평가</li> </ul> </li> <li>- 병합 처리된 분말식품의 독성 안전성에 대한 영향평가             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 병합살균 처리된 분말식품의 세포/동물 안전성 평가</li> </ul> </li> <li>- 병합 처리 장비의 사업화</li> </ul>
<p>연구개발 목표 및 내용</p>	<p>목표</p>	<p><b>[주관: ㈜덕영엔지니어링]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 분말살균을 위한 Lab scale &amp; Pilot scale 병합살균장치 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 광펄스+음이온발생기, 콜드플라즈마+음이온발생기</li> </ul> </li> </ul> <p><b>[제1협동: 이화여자대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Lab-scale 장치를 이용한 병합처리(광펄스+음이온)의 분말 토착 미생물 저감효과 확인 및 병합살균에 따른 미생물 살균 메커니즘 규명</li> <li>● Lab-scale 규모의 광펄스+콜드플라즈마+음이온 최종 병합 살균처리시스템 장치를 이용한 분말식품의 미생물 저감 효과 확인 및 최종 시너지 효과 규명</li> </ul> <p><b>[제2협동: 서울과학기술대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cold plasma-음이온 처리를 병합 살균 시스템의 분말 토착 미생물 저감 효과확인 및 공정조건 연구</li> <li>● 마그네틱 피더를 통한 회전형 cold plasma 처리 분체 공급조건 및 음이온 진공 살균 시험</li> <li>● 순차처리방법 연구: Cold plasma → 음이온, 음이온 → Cold plasma</li> </ul>
	<p>1단계</p>	<p><b>[주관: ㈜덕영엔지니어링]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 살균력 증대를 위한 광펄스+콜드플라즈마+UV 병합살균장비의 살균공정 수정 제작             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 광펄스 램프 위치 수정 (싸이클론 호퍼 외벽 → 이송 배관 외벽)</li> <li>: 콜드플라즈마 발생 노즐 방식 수정 (고정형 → 회전형)</li> <li>: 기존 병합살균 장치와 수정 병합살균 장치 살균력 비교</li> </ul> </li> <li>● 광펄스, 콜드플라즈마, UV 병합살균장비의 살균력 향상을 위한 신규 살균방법 도입             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 광펄스+음이온발생기 병합살균 장치 제작</li> <li>: 콜드플라즈마+음이온발생기 병합살균 장치 제작</li> </ul> </li> <li>● 분말이송으로 인한 빛 투과율 저하에 따른 살균력 감소 해결을 위한 방안으로 음이온발생기를 신규 도입하여 음이온발생기로 부터 발생한 음이온과 애라디칼 성분, 미량의 오존을 연속적으로 투입하여 분말살균 효과 향상 기대</li> <li>● 진공챔버를 통하여 분말시료가 들어 있는 상태에서 진공을 걸고 콜드플라즈마+음이온발생기를 통하여 생성된 물질들을 순간적으로 투입하여 진공을 깨트리면서 분말 및 입자형태의 물질 살균 검증</li> <li>● Pilot scale 장치를 이용한 병합처리의 미생물 저감효과 및 메커니즘 규명</li> <li>● Lab scale 광펄스+음이온발생기, 콜드플라즈마+음이온발생기를 통한 각각 살균 처리 된 분말의 교차 살균 효과 검증</li> </ul> <p><b>[제1협동: 이화여자대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 분말식품 잠재적 위해 세균 모니터링 및 토착 미생물 오염도 조사 및 오염 미생물 저감화 수준 설정</li> <li>● 처리 용량에 따른 광펄스+음이온 병합처리 후 분말식품 내 오염 미생물 저감화 확인 및 처리 최적화</li> <li>● 광펄스+음이온 병합처리의 미생물 살균 메커니즘 규명</li> <li>● 콜드플라즈마+음이온 병합장비와의 병합 및 교차실험</li> <li>● 분말식품 기초 품질 특성 및 영양성분 변화 확인</li> <li>● 병합 살균 시너지 효과 규명 및 최적 병합처리조건 설정</li> </ul>

연구개발 목표 및 내용	1단계	내용	<p><b>[제2협동: 서울과학기술대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cold plasma-음이온 처리를 병합 살균 시스템의 순차 처리 조건에 관해서 알맞은 처리 조건 개발</li> <li>● 마그네틱 피더 위에서 진동의 강도를 다르게 하여 분체를 부유시켜 회전형 플라즈마 노즐에서 분출된 플라즈마를 적정 노출 범위를 개발 진공 상태 해제 시 음이온 발생기에서 발생된 라디칼 이온과 음이온이 시료 내부로 용이하게 침투될 수 있는 최적 조건 도출</li> <li>● Cold plasma-음이온 병합 살균 시스템을 실제 미생물 저감 효과를 주요 미생물을 통한 살균 효과 검증</li> <li>● 분말 시료의 마그네틱 피더 이송 중 분체의 부유를 유도할 수 있는 최적 피더 속도 및 진동 강도 규명</li> <li>● 진공 조절에 의한 분말 식품 살균력 확인 및 진공 해제 시 분말 식품의 유동 특성 규명</li> </ul>
	2단계	목표	<p><b>[주관: ㈜덕영엔지니어링]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 광펄스, 콜드플라즈마, 음이온발생장치가 병합된 대용량 살균장치 개발</li> </ul> <p><b>[제1협동: 이화여자대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 대용량 분말 비가열병합살균장치(300 kg/hr)를 이용한 미생물 저감 효과 확인 및 품질 특성에 대한 영향 평가, 최종 살균 가이드라인 확립 및 살균시스템 구축</li> </ul> <p><b>[제2협동: 서울과학기술대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cold plasma-음이온 처리를 병합 살균 시스템의 순차 처리 조건에 관해서 알맞은 처리 조건 개발</li> <li>● 마그네틱 피더 위에서 진동의 강도를 다르게 하여 분체를 부유시켜 회전형 플라즈마 노즐에서 분출된 플라즈마를 적정 노출 범위를 개발</li> <li>● 진공 상태 해제 시 음이온 발생기에서 발생된 라디칼 이온과 음이온이 시료 내부로 용이하게 침투될 수 있는 최적 조건 도출</li> <li>● Cold plasma-음이온 병합 살균 시스템을 실제 미생물 저감 효과를 주요 미생물을 통한 살균 효과 검증</li> <li>● 분말 시료의 마그네틱 피더 이송 중 분체의 부유를 유도할 수 있는 최적 피더 속도 및 진동 강도 규명</li> <li>● 진공 조절에 의한 분말 식품 살균력 확인 및 진공 해제 시 분말 식품의 유동 특성 규명</li> </ul>
	2단계	내용	<p><b>[주관: ㈜덕영엔지니어링]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 처리용량이 300kg/hr인 병합살균 장치 개발</li> <li>● 최종 원료 저장 호퍼 진공 챔버로 제작 : 콜드플라즈마와 음이온발생기에서 생성된 성분(O<sub>3</sub>, 음이온, 아라디칼)을 순간적으로 진공을 깨트리면서 투입하여 분말 살균 살균효과 확인</li> <li>● 대용량 병합살균 장치를 이용한 병합살균 처리의 미생물 저감효과 및 메커니즘 규명 : 광펄스+콜드플라즈마+음이온 병합살균 장치의 분말 시료별 살균메커니즘 규명 : 병합살균 처리된 분말식품의 품질에 대한 영향평가 : 병합살균효과 가이드 라인 작성 및 경제성 분석</li> </ul> <p><b>[제1협동: 이화여자대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 최종 개발된 대용량 병합 살균시스템(300 kg/hr)의 광펄스+음이온 part에 대한 살균 효과 및 기초 품질 변화 평가</li> <li>● 현행 산업계 분말살균 장비 및 이전 버전의 비가열 병합장비와의 살균 효과 비교</li> <li>● 병합 처리 후 분말식품의 영양성분 및 관능적 품질 특성에 대한 변화 분석 및 조리 적용을 통한 관능적 품질 변화 평가</li> <li>● 최종 병합 살균 시너지 효과 규명 및 최종 살균 가이드라인 작성</li> </ul> <p><b>[제2협동: 서울과학기술대학교]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cold plasma-음이온 병합 병합살균 된 분말식품의 품질 특성을 주요 품질지표인 수분활성도, 색도를 분석하며 전자코 향미 분석을 통하여 병합 살균 시 분말 식품 이취 여부 확인</li> <li>● Cold plasma-음이온 병합 살균 미생물 저해 최적 처리 조건 및 살균 모델 개발</li> <li>● Cold plasma-음이온 병합 살균 조건에 따른 에너지 소모, 처리 효율 및 시료 손실 등을 고려한 경제성 분석</li> </ul>

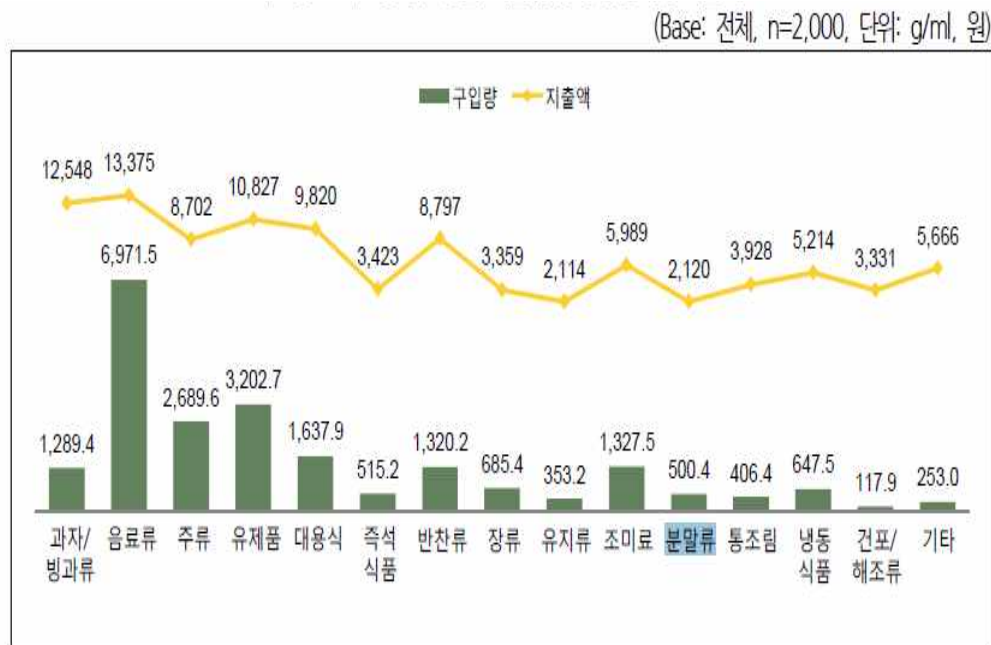
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분말살균을 위한 생산현장용 광펄스+콜드플라즈마+음이온 발생(라디칼생성) 병합 살균 장비 개발 : 광펄스 살균기+콜드플라즈마 살균기+음이온 발생기+마그네틱 피더(UV살균기 포함)가 혼합된 병합 살균장비 개발</li> <li>: 배관 형태를 직관, 곡관형태로 다르게 제작하여 광펄스 조사 면적을 넓힌 병합 살균 장비 개발.</li> <li>- 대용량 살균처리시스템 구축 및 대용량 장치를 이용한 병합 처리된 분말식품의 미생물 저감 확인 : 분말 원료에 따른 살균 방법(단독 살균, 2가지 이상의 병합 살균), 살균조건 등을 조절할 수 있는 병합 살균 장비 개발(자동/수동 선택 조절 가능)</li> <li>: 참깨, 쌀눈, 표고버섯 환, 고춧가루 분말 시료에 대한 미생물 저감 효과 확인</li> <li>- 병합 처리된 분말식품의 품질에 대한 영향 평가 : 병합 처리된 분말 시료에 대한 색도, pH, 수분함량, 전자코 향미 측정</li> <li>- 병합 처리 장비의 사업화</li> </ul>
<p>연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사회적 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 다양한 분말식품에 광펄스와 콜드플라즈마, UV, 음이온발생 병합살균기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미생물 살균기술 이론적 배경 확립</li> <li>• 미생물 및 spore에 의한 식중독 발생 감소</li> <li>• 각종 분말(분체)식품을 대상으로 살균한 식품별 살균 가이드라인 설정</li> </ul> </li> <li>◇ 광펄스+음이온발생 병합처리 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미생물 살균 기술 이론적 배경 확립</li> <li>• 식품안전을 확보하기 위한 기반 기술로 활용</li> </ul> </li> <li>◇ 콜드플라즈마+음이온발생 분말 살균 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 개발된 장치가 가지고 있는 미생물에 의한 위해 요소를 상당 부분 해결</li> <li>• 고품질 브랜드화 가능</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 학문적 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 병합처리를 이용한 살균방법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 분말식품에 존재하는 세균을 효과적으로 제어하는 기술 도입</li> </ul> </li> <li>◇ 기존 단독 살균 기술보다 효과적으로 살균 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 병합 살균장비에 대한 기초적인 배경 확립</li> <li>• 분말식품에 존재하는 세균을 효과적으로 제어하고 저장기간 연장</li> </ul> </li> <li>◇ 병합 살균장비로 세균 저감화 최적 조건 확립</li> <li>◇ 분말식품의 품질 규격 및 유통 기호 데이터 제공</li> <li>◇ 병합 살균의 메커니즘을 다각도로 규명, 분말(분체)식품 살균기술의 학문적 발전에 기여</li> </ul> </li> <li>- 산업적 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 병합살균의 실용화 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전한 신선편의식품 제품화 발전에 기여</li> </ul> </li> <li>◇ 빛 살균의 메커니즘 파악 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 식품 저장성 증진 기술 개발</li> <li>• 유통기한 증진 방법에 대한 해결방안 제시</li> </ul> </li> <li>◇ 다양한 식품군에 적용되는 병합살균 기술의 기준을 식품공전에 기재</li> <li>◇ 병합살균 가공기술 및 시스템의 산업화 개발.</li> <li>◇ 관련 장비 제조업체와 협조 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 규모의 병합살균 장치를 공동개발, 제작 판매</li> <li>• 장비제작 지원 사업을 통하여 병합살균 장비의 사업화 추진</li> </ul> </li> <li>◇ 식품 분야뿐만 아니라 분말 관련 보건, 생명공학 산업으로 파급 가능</li> <li>◇ 기업화 및 기술이전 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 지역 소규모 분말식품 생산업체</li> <li>• 미생물학적으로 안전한 병합살균 시스템 브랜드화</li> </ul> </li> <li>◇ 워크숍 및 심포지엄 개최 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 신 살균 병합기술을 이용한 위해세균 저감화 기술을 학계 및 산업계를 대상으로 발표</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

연구개발성과의 비공개여부 및 사유												
	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구개발성과의 등록·기탁 건수												
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	분말살균		병합살균		비가열 살균		살균 장치		미생물 제어			
영문핵심어 (5개 이내)	Powdered food decontamination		Combined treatment		Non-thermal technology		Sterilization equipment		Microbiological control			

## 〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요.....	8
1)분말식품의 개요.....	8
가. 분말식품의 산업적 배경.....	8
나. 대표적 분말의 종류별 특징, 세균 오염현황.....	13
다. 분말식품 살균방법 및 연구현황.....	15
라. 대량 분말 살균장치의 개발.....	16
마. 식품 용도별 병합살균의 필요성.....	19
2)연구개발 대상의 국내·외 현황.....	19
가. 국내 기술 수준 및 시장 현황.....	19
나. 국외 기술 수준 및 시장 현황.....	25
3) 연구개발의 중요성.....	29
가. 분말식품 시장의 지속적 증가.....	29
나. 안전한 식품에 대한 욕구 증대.....	29
다. 분말식품에서의 위해 미생물 안전성 요구 증대.....	29
라. 대체기술과 기존 기술과의 병합.....	30
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용.....	31
주관기관 : (주)덕영엔지니어링.....	31
제1협동기관 : 이화여자대학교 산학협력단.....	47
제2협동기관 : 서울과학기술대학교 산학협력단.....	79
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성.....	89
1) 연구수행 결과.....	89
(1) 정성적 연구개발성과.....	89
(2) 정량적 연구개발성과.....	132
(3) 세부 정량적 연구개발성과.....	133
2) 목표 달성 수준.....	168
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성).....	169
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도.....	170
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획.....	170





[가공식품 소비량 및 소비행태 조사\_통계보고서, 2015, aT FIS 식품산업통계정보]

그림 2. 한 달 평균 대분류별 식품 구입량 및 지출액

표 1. 국내 분말식품 종류별 현황


	제품명	용도	가격/용량/형태	비고
	고소한 청국장	즉석섭취식품	23,000원/500 g	
(주)다움	자연한끼	즉석섭취식품	1포/40 g 60,000원/30포	
부용농산	마분말 스틱	분말차	20,000원/300 g	

표 1. 국내 분말식품 종류별 현황(연속)

	제품명	용도	가격/용량/형태	비고
	고춧가루	김치 양념, 향신료 등	22,800원/1 kg	
BSN	신타 6엣지	운동보조제	69,500원/2 kg	
(주)움트리	1등급 후추	천연향신료 (흑후추)	5,350원/200 g	
주식회사딜리서스	바이칼허브	건강기능성식품	20,000원/30 g	
(주)짱죽	순수쌀눈	곡류가공품	43,000원/550 g	
(주)오뚜기	쇠고기 라면 스프	복합조미식품	2,880원/315 g	



표 1. 국내 분말식품 종류별 현황(연속)

제품명	용도	가격/용량/형태	비고
농산영농 조합법인 의성마늘분말 플러스 100	건강보조제	32,000원/180 g	

■ 현재 유통되고 있는 분말은 대부분이 상온보관이기 때문에 미생물 오염에 있어 매우 안전할 것이라는 소비자들의 인식이 있으나 실제로 시중에 유통되는 분말식품의 미생물 오염수준은 10 에서 10<sup>6</sup> CFU/g 정도로 매우 위험한 수준임(Mok et al., 2013). 미국 CDC (Centers for Disease Control and Prevention, 2010)에 의하면 후춧가루와 같은 향신료들이 식중독 발병의 원인이 되어왔다고 보고하였으며, 이 중 시중에 판매되는 향신료 및 허브가루의 오염도는 *Bacillus cereus*의 경우  $\geq 10^5$  CFU/g, *Clostridium perfringens*는  $\geq 10^3$  CFU/g, 그리고 *Escherichia coli*는  $\geq 10^2$  CFU/g 이라 보고하였음(Sagoo et al., 2009)

표 2. 국내 유통중인 후추의 오염도 현황

Table 1. Microbial contamination level of commercialized pepper

Sample No.	Total aerobic bacteria	Yeast & Mold	<i>Bacillus cereus</i>	<i>E. coli</i>	Purchase place (Shop name, Market name)	Pepper type	Country of Origin
Non-processed products in Traditional market							
A1	8.30-8.50×10 <sup>5</sup>	≤10	6.54-6.74×10 <sup>5</sup>	ND	N Food store, N market	Whole black	Malaysia
A2	1.67-1.85×10 <sup>5</sup>	≤10	1.21-1.32×10 <sup>5</sup>	ND	W Oriental medicine shop, N market	Whole black	Vietnam
A3	1.47-1.67×10 <sup>5</sup>	ND	1.15-1.24×10 <sup>5</sup>	ND	J Food store, N market	Whole black	China
A4	1.13-1.41×10 <sup>5</sup>	≤10	2.58-3.31×10 <sup>5</sup>	ND	Y Oriental medicine shop, N market	Whole black	Vietnam
A5	6.00-8.50×10 <sup>5</sup>	10-20	3.61-4.84×10 <sup>5</sup>	ND	L Oriental medicine shop, M market	Whole black	China
A6	1.08-2.16×10 <sup>5</sup>	ND	2.78-3.97×10 <sup>5</sup>	ND	B Oriental medicine shop, N market	Whole black	Indonesia
A7	5.20-7.00×10 <sup>5</sup>	≤10	4.33-5.24×10 <sup>5</sup>	ND	M Oriental medicine shop, N market	Whole black	Malaysia
A8	4.25-6.50×10 <sup>5</sup>	10-30	2.78-4.01×10 <sup>5</sup>	ND	G Oriental medicine shop, N market	Whole black	China
A9	4.90-6.70×10 <sup>5</sup>	≤20	3.11-3.27×10 <sup>5</sup>	ND	J Oriental medicine shop, J market	Whole black	China
A10	5.20-7.00×10 <sup>5</sup>	1.50-2.10×10 <sup>2</sup>	4.88-5.44×10 <sup>5</sup>	ND	Y Food store, J market	Whole black	Malaysia
Organic products in Local market							
B1	5.60-6.30×10 <sup>4</sup>	ND	3.10-3.44×10 <sup>5</sup>	ND	T Food store, J market	Whole black	India
B2	1.40-3.30×10 <sup>4</sup>	≤10	3.01-4.09×10 <sup>5</sup>	ND	N2 Food store, N market	Whole black	India
B3	1.38-1.44×10 <sup>4</sup>	≤10	1.48-1.66×10 <sup>5</sup>	ND	N2 Food store, N market	Powdered black	India
Processed products in Large discount store							
C1	8.00×10 <sup>4</sup> -1.30×10 <sup>5</sup>	ND	ND	ND	C, H mart	Whole black	Vietnam
C2	≤10	4.00×10 <sup>4</sup> -1.00×10 <sup>5</sup>	ND	ND	O, H mart	Whole black	Indonesia
C3	6.0×10 <sup>4</sup>	ND	ND	ND	T, H mart	Whole black	Indonesia
C4	1.00-2.00×10 <sup>5</sup>	≤10	ND	ND	T, H mart	Whole black	Vietnam
C5	2.40-3.70×10 <sup>5</sup>	9.00×10 <sup>4</sup> -1.00×10 <sup>5</sup>	1.77-2.24×10 <sup>5</sup>	ND	T, H mart	Powdered black	Vietnam
C6	3.00-5.00×10 <sup>5</sup>	3.90-4.00×10 <sup>4</sup>	ND	ND	E, E mart	Whole white	Vietnam
C7	6.00×10 <sup>4</sup> -1.24×10 <sup>5</sup>	1.00×10 <sup>4</sup> -1.00×10 <sup>5</sup>	3.59-4.17×10 <sup>5</sup>	ND	J, E mart	Powdered white	Malaysia
C8	2.20-2.30×10 <sup>5</sup>	ND	ND	ND	E, E mart	Powdered white	Vietnam
C9	2.00×10 <sup>4</sup> -1.00×10 <sup>5</sup>	ND	ND	ND	W, E mart	Whole black	Malaysia
C10	2.00×10 <sup>4</sup> -1.00×10 <sup>5</sup>	ND	ND	ND	M, L mart	Whole black	Vietnam
C11	6.50-7.00×10 <sup>5</sup>	3.00×10 <sup>4</sup> -1.20×10 <sup>5</sup>	4.55-5.48×10 <sup>5</sup>	ND	C1, L mart	Powdered black	Malaysia
C12	2.6×10 <sup>5</sup>	1.40×10 <sup>4</sup> -4.00×10 <sup>5</sup>	ND	ND	M L mart	Powdered black	Vietnam
C13	≤10	ND	ND	ND	W, L mart	Powdered white	Malaysia
C14	4.50-4.60×10 <sup>5</sup>	4.50-4.60×10 <sup>5</sup>	6.24-7.64×10 <sup>5</sup>	ND	C1, L mart	Powdered white	Malaysia
C15	5.00-1.56×10 <sup>5</sup>	ND	1.99-2.49×10 <sup>5</sup>	ND	M L mart	Powdered white	Vietnam
C16	1.00×10 <sup>4</sup> -2.00×10 <sup>5</sup>	≤10	ND	ND	W, L mart	Powdered white	Malaysia

○ 기존의 분말식품의 살균법(열처리)은 영양적, 관능적, 품질 저하의 주요인이 되며 매우 불안정한 살균 방식임

■ 기존의 열처리 살균법은 품질저하의 주요인이 되고, 장시간 저온 멸균의 경우 생산비가 증가하는 등의 문제가 있어 매우 소량 또는 부가가치 높은 소재를 제외하면 이러한 살균조차 없는 경우가 대부분임. 또한, 정치식 열처리가 대부분이기 때문에 고른 열 침투가 어렵고 균일한 온도로 진행되지 않는 등 기존의 살균방식은 매우 취약한 살균방식임. 불안정한 살균법은 오히려 세균 생존력 및 열 저항성을 증가시키는 요인이 됨

- 일반 분말의 경우 로스팅을 통해 가열살균하거나 열풍건조를 통해 120~150 ℃에서 열풍살균을 진행함. 또한 추출액 및 농축액의 경우 121 ℃, 4분 이상 멸균 진행하여 열풍건조 처리한 후 재분말화 하는 경우가 대부분임. 이런 살균처리 방법은 장시간 고온에 노출되기 때문에 색상이나 맛, 영양의 손실이 저하 될 우려가 있으며 교차오염에도 노출될 우려가 있음.
- 최근 이러한 단점을 보완하기 위하여 여러 가지 살균연구(초고온 증기 살균, 전자파 조사, 훈증 처리, 방사선 조사, 고주파 가열법, 자외선 조사 방식, 약품 살균과 방사선 살균 등)가 시도됐으나 이렇다 할 방도가 없는 것이 사실임. 그 이유로는 살균력 자체의 문제뿐 아니라 그에 따른 살균 프로세싱 및 수반되는 구동 기계가 없기 때문임

표 3. 식품종류별 멸균의 특성과 장·단점

분	적용분야	멸균방식	장단점
가공식품	음료, 유가공제품, 주류, 커피, 조미식품, 건조과일 등	고온고압 (열수식, 스팀식)	- 고온/고압으로 열을 가해도 되는 가공식품에 주로 사용, 신선식품 등 열을 가하면 안 되는 식품에는 적용할 수 없음
신선식품	채소, 과일, 축산물 및 수산물, 임산물, 발효식품 등	UV처리, 오존수, 방사선 조사	- 완전 멸균이 불가능하고, 살균수준이 불안정한 상태에서 유통 - 실제로는 살균과정을 생략하고 유통되는 경우가 대부분임
분말식품	고춧가루, 후춧가루, 마늘분말, 이유식, 밀가루, 감미료(라면 스프) 등	건열방식 고온고압 방식	- 120~150 ℃의 dry hot air로 1시간 이상 가열하여 살균상태 유지(완전 멸균 어려움) - 열처리에 취약한 제품은 품질저하를 일으킴 - 제품의 가열이 어려운 제품은 저온(70℃)에서 2시간 이상 저온살균처리(장시간 처리로 인한 생산성 및 품질 저하)

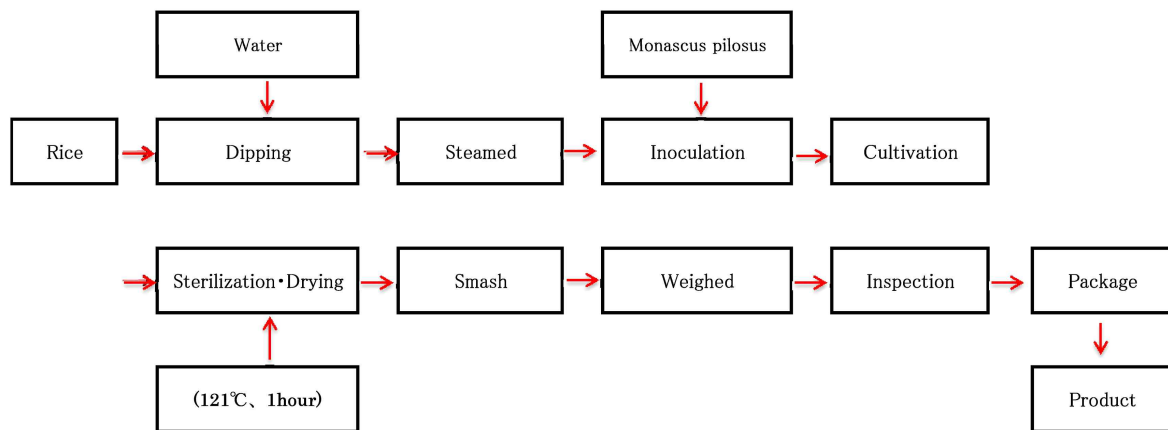


그림 3. 홍국 파우더의 제조과정 및 살균처리

## 나. 대표적 분말의 종류별 특징, 세균 오염현황

### ○ 후춧가루

- 전통적으로 우리나라 식생활에서 가장 많이 쓰이는 향신료의 하나인 후추는 다년생 열대성 관목인 *Piper nigrum* L.의 열매로 독특한 향기와 맛을 내며 육류의 냄새를 없애는 효과가 있는 향신료임
- 후추(pepper, *Piper nigrum*)는 구풍제, 매운맛, 건위제 등으로 사용되고 있으며, 식품 산업에서 많이 쓰이고 대량 소비되는 중요한 향신료임. 대부분 인도, 인도네시아, 말레이반도, 서인도제도 등지에서 재배하며 국내에 유통되는 후추는 전량 수입에 의존하고 있음(연간 약 4백만 톤). 주요성분으로 피페린 5-9%, 차비신 6%, 정유 1-2.5%를 함유하고 있으며, 주로 사용되는 후추는 블랙페퍼와 화이트페퍼의 두 종류로 블랙페퍼는 그린 페퍼가 익기 전에 따서 햇볕에서 7-10 일정도 말린 것이며 다양한 요리에 가장 널리 사용되고 있음. 화이트페퍼는 수확 후 껍질을 모두 벗겨 말린 것으로 고급스럽고 부드러운 맛을 지녀 생선요리나 수프 등에 사용함
- American Spice Trade Association에서는 후추를 포함한 여러 향신료가 미생물 오염으로 인해 리콜한 사례가 보고됨(ASTA. White papers-microbial safety in spices. American Spice Trade Association, Washington, DC, USA, 2013). American Spice Trade Association에서는 후추를 포함한 여러 향신료가 미생물 오염으로 인해 리콜한 사례가 보고됨(ASTA. White papers-microbial safety in spices. American Spice Trade Association, Washington, DC, USA, 2013)
- 후추는 재배, 수확 중 다량의 세균, 곰팡이, 내열성 포자 등에 노출되어 미생물 오염이 심함. 흑후추의 경우 일반세균이  $2.5 \times 10^6$  CFU/g, 효모 및 곰팡이가  $2.0 \times 10^1$  CFU/g, 병원성 대장균은  $7.0 \times 10^1$  CFU/g가 검출되는 것으로 보고되었음. 백후추는 일반세균이  $5.0 \times 10^2$  CFU/g, 효모 및 곰팡이는 검출되지 않았으며 병원성 대장균은  $1.0 \times 10^1$  CFU/g가 검출되는 것으로 보고되었음
- 일반세균의 경우 시중에서 판매하는 후추 중 시장에서 벌크상태로 판매하는 제품은  $10^6$  CFU/g 수준의 높은 오염도를 보였으며 마트에서 판매하는 가공제품의 오염도는  $10^3$  CFU/g 수준으로 비교적 양호한 상태였음
- 국내에서 유통되고 있는 후추를 수거하여 미생물 오염도를 조사한 결과에서도 전통시장에서 유통되고 있는 것은 포자형성균인 *Bacillus*의 경우  $10^6$  CFU/g의 오염도를 나타내었으며, 대형마트에서 포장상태로 판매되는 것도 일부에서는  $10^3$  CFU/g의 오염도를 나타내었음

### ○ 고춧가루

- 고추(*Capsicum annuum* L.)는 한국인의 식생활에서 필수적인 향신료로서 김치, 고추장 등 여러 식품의 기본 재료로서 또한 조미료로서 광범위하게 소비되고 있고, 재배면적의 경우, 채소작물 전체의 약 25~30%에 이르며 연간 총생산량이 평균 15만 톤에서 18만 톤 정도로 세계 7위의 고추생산국임
- 우리나라의 고추 1인당 소비량은 약 4.0 kg에 달함. 한국의 식생활은 고춧가루를 이용한 음식의 종류가 많고 특히 무침 등의 종류는 가열하지 않은 상태로 직접 식용하거나 혼합 향신료로 사용하기 때문에 오염 미생물에 기인한 식중독 발생이 의심되는 등 많은 문제점이 있음
- 고춧가루의 미생물 안전성에 대한 연구 결과에 의하면 시중에 유통되고 있는 고춧가루는 일반세균이  $10^3 \sim 10^6$  CFU/g, 곰팡이는  $10^1 \sim 10^6$  CFU/g, 대장균군은  $0 \sim 10^4$  CFU/g으로 보고됨.

최근 Song et al. (2012)은 2009~2010년에 국내 시중 유통 고춧가루의 병원성 대장균 오염도 조사 결과 시료 50점 중 1점에서 병원성 대장균이 검출되었다고 함. 병원성 대장균의 종류는 EAEC(장관 부착성 대장균, enteroadherent *E. coli*) 형으로 확인됨

표 4. 시중 유통되는 고춧가루의 미생물 오염도

Table 1. Microbiological quality of various red pepper powders available in Korean market (unit : CFU/g)

Sample <sup>1)</sup>	Total aerobic count	Yeasts & molds	Coliforms
RP-1	$3.60 \times 10^5$	$2.01 \times 10^5$	$2.00 \times 10^4$
RP-2	$2.25 \times 10^4$	$1.14 \times 10^4$	$7.75 \times 10^4$
RP-3	$2.25 \times 10^3$	$4.95 \times 10^2$	ND <sup>2)</sup>
RP-4	$8.50 \times 10^4$	$8.83 \times 10^4$	$1.65 \times 10^3$
RP-5	$3.93 \times 10^5$	$4.25 \times 10^5$	$4.65 \times 10^2$
RP-6	$4.40 \times 10^6$	$3.03 \times 10^6$	ND
RP-7	$5.85 \times 10^6$	$3.19 \times 10^6$	ND
RP-8	$4.05 \times 10^5$	$2.66 \times 10^5$	ND
RP-9	$1.84 \times 10^6$	$1.91 \times 10^6$	$8.20 \times 10^3$
RP-10	$9.50 \times 10^4$	$5.43 \times 10^4$	$1.63 \times 10^2$

<sup>1)</sup>Commercial red peppers samples collected from the local Korean market.

<sup>2)</sup>Not detectable. (the minimum detection level as 20 CFU per g).

- 현재 고춧가루 제조과정에서는 대부분 자외선 살균방식을 채택하고 있으나 자외선 살균 효과가 불충분함. 살균된 고춧가루 제품일지라도 일반세균수가 10 CFU/g 정도(Jung et al., 2013)로 조사되고 있으며, 특히 한국보건산업진흥원의 고춧가루 제조·가공업체 HAC콜드 플라즈마적용 일반모델 개발 보고서(2005)에 의하면 고추원초의 일반세균 오염도는  $(1.5\sim 3.2) \times 10^4$  CFU/g이지만 최종 고춧가루 완제품의 오염도는  $3.0 \times 10^5 \sim 3.3 \times 10^6$  CFU/g이라고 함. 가공 공장에서의 교차오염이 심각한 수준임

#### ○ 쌀눈

- 쌀눈은 쌀을 주식으로 하는 국내에 있어서 벼 도정 시 발생하는 부산물 중 하나로서 다양한 영양적 가치를 가지고 있음에도 불구하고 대부분 미강과 함께 사료로 사용되어 왔음. 그러나 최근 들어 쌀눈의 영양학적 가치가 재조명 되면서 이를 활용한 다양한 제품들이 개발되어 상품으로서 유통되기 시작하였음
- 쌀눈은 쌀이 가지고 있는 영양성분의 약 66%를 가지고 있으며, 옥타코사놀, 감마오리자놀, 가바, 식이섬유, IP6 등 다양한 기능성 성분을 지니고 있음
- 농산물의 오염도 곡류, 채소, 과일 등의 재배 중에 토양과 야생동물 등 외적 환경 인자에서 유래된 미생물이 표면에 부착되어 수확 직후의 농산물에는 1 g당  $10^{6-8}$  CFU 이상의 미생물이 존재하는 것으로 추정됨. 따라서 이들 농산물은 가공공장에서 세척, 박피, 절단, 분쇄, 착즙 등의 과정을 거칠 때 표면과의 접촉에 의하여 미생물 오염이 확산될 가능성이 높음
- 쌀에는 일반적으로 토양에서 기인하는 미생물이 많이 잔존하고 있으며, 보관 및 유통과정 중 병원성균, 곰팡이 등의 다양한 균에 오염될 수 있는 여지가 많아 상온유통의 가공식품 제조에 있어서 추가적인 살균 단계를 수행하고 있음.

- 일반적인 쌀 가공식품의 세척 살균기준은 수분 함량이 14-15%로 건조하거나, 65°C에서 15분 열풍처리, 700 W, 30분 마이크로파 처리 방법 등이 있음. 그러나 이러한 방법은 미생물 안전성을 보장하지 못하거나 최종제품의 품질을 저하시킴.

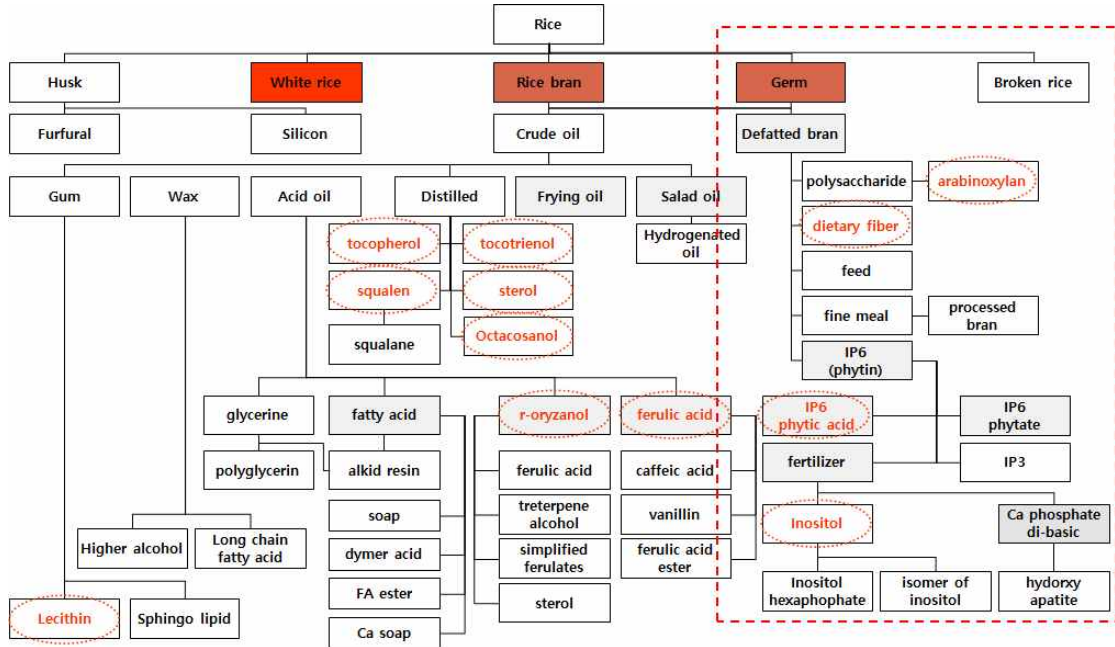


그림 4. 쌀눈으로부터 얻을 수 있는 기능성 소재

- 따라서 쌀 가공식품의 미생물 품질 유지를 위해 화학적 처리를 고려할 수 있지만, 이러한 처리는 쌀을 포함하는 가공식품의 품질을 저하할 수 있고, 화학적 살균제가 잔류할 수 있을 위험이 있음. 화학적 처리 대신 고온에 살균하는 방법이 제시되었으나, 고온의 열처리에 의한 품질 열화가 일어나게 되어 제품이 손상됨
- 따라서 쌀 가공식품의 세척 살균 과정 중 제품의 품질 저하 없이 미생물 안전성을 보장하기 위해 비열살균 과정이 필요함. 하지만 일반적인 비열살균과정을 한 가지만 적용하였을 경우에는 병원성 미생물을 충분히 제어하지 못함
- 본 연구진은 이러한 비열살균 방법의 단점을 보완하고자 광펄스, 광촉매, 콜드플라즈마, 그리고 UV 등을 병합 처리함으로써 제품의 품질을 유지하는 동시에 미생물을 안전한 수준으로 감소시키는 기술을 개발하고자 함

#### 다. 분말식품 살균방법 및 연구현황

- 현재 분말식품의 살균은 초고온 증기 살균, 훈증 처리, 방사선 조사, 자외선 조사 방식, 약품 살균 등이 사용되어 왔으나 제품 자체의 영양적, 관능적 특성 변화와 소비자의 강한 거부감으로 대안 마련이 시급함
- 후추나 허브류와 같은 향신료, 농산물을 분말로 가공한 식품류는 열매, 잎, 뿌리 등을 수확한 후 건조 전에 살균 방법으로 에틸렌옥사이드나 프로필렌옥사이드와 같은 약품을 이용한 훈증 처리, 방사선 조사, 증기처리 등의 전처리를 하고 있으며, 이후 세정 과정을 거쳐 분말식품의 경우에는 분쇄 후 포장, 저장 하고 일부의 제품은 세정 후 포장, 저장하여 제품을 생산함
- 전처리 과정에 사용되는 훈증 처리의 경우 휘발성 향기성분의 양을 감소시키고 인체에 유해한 독성물질을 형성할 수 있으며, 또한 공기와 반응하여 화염이나 폭발의 위험성이 있고, 방사선 처리의 경우에는 고가의 시설 초기 설비비용과 부정적인 소비자 인식이 있으며, 증기처리는 수분함량을 증가시켜 품질, 저장성 및 유통과정에서 문제가 발생할 수 있음

- 새로운 분말 살균기술로 관심을 받는 콜드플라즈마 처리와 UV 처리로 분말 식재료를 각각 처리했을 때 두 처리는 모두 오염된 미생물들을 효과적으로 저해하지 못함. 콜드플라즈마와 UV 처리 모두 가루 식품에 대하여 1 log cycle 정도의 낮은 총균수 저감 정도를 보였음. 대부분의 분말식품에 존재하는 많은 수의 총균이 *Bacillus* 포자인 것으로 추정되며, 따라서 콜드플라즈마와 UV의 단독 처리 모두 *Bacillus* 포자 저해에는 효과적이지 못하다고 평가됨
- 미생물 위해요소를 제거하고자 분말식품을 다루는 몇몇 업체에서는 대체적으로 열풍건조를 적용하고 있으나 처리 후 식품의 색 변화, 영양 성분 파괴 등의 품질 저하로 인해 소비자들의 선호도가 떨어지므로 신선하면서도 건강에 유익한 식품을 섭취하기를 원하는 소비자들의 요구에 부합하도록 분말식품의 미생물 위해요소를 제어하는 신가공 기술이 필요함

### 라. 대량 분말 살균장치의 개발

- 광펄스, 콜드플라즈마, 음이온발생기를 병합 활용한 대용량 분말 살균장치 개발

표 5. 대량 분말 살균장치 유동식 개념도

구 분	
기술 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비가열 살균(광펄스, 콜드플라즈마, 음이온발생기)을 병합한 처리를 통한 최초의 연구개발을 통한 효과적인 저감화가 입증된 대량 분말 살균</li> <li>- 소재별 살균처리 선택이 가능하며 실시간 모니터링이 가능</li> <li>- 대량 분말 살균 처리가 가능한 최초의 분말 살균장치</li> <li>- 파라미터 및 리사이클 횟수 제어를 통한 획기적 미생물 저감화 조절</li> <li>- PLC 컨트롤러를 통한 프로그램 구축 및 자동화 시스템 설정</li> </ul>
개 념 도	

- 광펄스, 콜드플라즈마, UV 살균 장치에 음이온발생기가 혼용된 hybrid 개념의 새로운 살균기술 및 장치를 개발하고자 함
  - 분말 살균의 경우 lab test용의 소량 살균 방식으로는 다양한 분말에 대하여 살균력을 검증할 수 있지만, 분말을 대량 취급하는 생산 현장의 경우 분말의 성상 변화가 없으면서 만족스러운 살균력(보통 3 log 정도 저감)을 얻기는 매우 어려움

- 그 이유로 빛(광)을 사용하는 살균방식의 경우 빛이 조사되지 않는 부분은 살균력이 저하되어 분말을 원료로 하는 제품의 가공/유통/저장되는 과정에서 미생물이 다시 번식하는 경우가 많음
  - 따라서 분말 전체에 고르게 빛(광)을 조사하여 살균력을 높이는 방법이 매우 중요하지만, 분말을 이송, 저장하는 단계에서 분말가루가 날려서 빛 투과율이 점차적으로 저하되어 빛(광) 조사에 의한 살균력이 낮아질 수 있다. 이에 빛(광) 이외에 음이온발생장치를 통하여 분말을 이송, 저장하는 과정에서 음이온발생장치를 통하여 음이온, 애라디칼, 소량의 오존 성분을 지속적으로 투입하여 살균력을 높이고자 함
  - (주)덕영엔지니어링은 1992년부터 지속적으로 분말에 대한 개량, 이송, 포장, 선별 등의 설비공사를 계속적으로 해 왔고 분말을 고르게 이송 분사하는 기술력을 가지고 있으며 광펄스, 콜드플라즈마, UV 살균 등의 기술력을 보유하고 있는 연구기관과 공유하여 분말을 살균하는 광펄스, 콜드플라즈마, UV 살균 장치에 음이온발생기가 혼용된 hybrid 개념의 새로운 살균기술 및 장치를 개발하고자 함
  - 1~2차년도에는 2가지 기술이 혼용된 살균장치를 개발하여 혼용된 장치의 살균력을 검증할 예정임. 이를 위하여 주관기관(덕영)에서는 참여대학들(1, 2 협동기관)에서 일정량의 분말을 원료로 살균실험을 할 수 있도록 ‘광펄스+음이온발생기’, ‘콜드플라즈마+음이온발생기’, ‘광펄스 + 콜드 플라즈마 + 음이온 발생기’ 의 2가지 이상의 살균 기술이 혼용된 lab scale의 살균장치를 제작함
  - 참여대학들(1, 2, 협동기관)에서는 2가지 이상의 기술이 혼용된 살균장치의 살균력을 검증하고 살균 메커니즘을 규명함. 이와 동시에 살균된 분말에 대한 미생물 저감, 품질 및 영양 특성 평가를 실행함
  - 1~2차년도의 검증과정을 통하여 3차년도에는 각각의 기술이 혼용된 살균장치를 순차적 또는 통합 혼용한 살균장치를 제작함. 예를 들어 한 챔버 내에 광펄스+콜드플라즈마+UV+음이온발생기가 동시 또는 순차적으로 살균하는 시스템을 개발하고자 함
  - 또한 각각의 혼용 살균장치에 대한 검증을 통하여 2가지 기술이 혼용된 살균장치 자체를 재혼용하여 살균력을 극대화할 수 있도록 살균 장치를 재조합하여 살균력을 높일 수 있는 반응 메커니즘을 규명함. 예를 들어, ‘광펄스+음이온발생기’ 기술이 혼용된 살균장치를 통하여 1차 살균된 분말을 ‘콜드플라즈마+음이온발생기’ 기술이 혼용된 살균장치, 또는 ‘UV+음이온발생기’ 기술이 혼용된 살균장치에서 2차 살균을 거치고 추가로 3차 살균을 거치면서 각각의 살균과정에서의 분말에 대한 살균력 및 품질특성 평가를 진행하면서 살균 메커니즘을 규명함
  - 위에서 설명한 혼용 살균장치에 대한 개략적인 개념도는 아래 [그림 5]과 같음
- Large scale mass production 단계에 따른 지속적 유효성 검증 및 프로세스 공정의 정립
- 예를 들면, 싸이클론 챔버 외벽에 설치된 광펄스 램프의 경우 초기 분말원료와의 접촉 효과는 좋으나 시간이 지날수록 싸이크로론 챔버 내벽에 분말시료가 달라붙는 현상이 발생하여 광펄스 빛에 의한 살균 효과가 저하되는 문제점이 발생한다. 이에 생산량 증가(30kg/hr → 300kg/hr)에 따라 챔버 내벽에 부착하는 분말시료의 양이 증가할 것으로 판단되어 원료가 수직 이송하는 배관에 광펄스 램프를 설치하여 원료가 이송하면서 배관외벽을 스치도록 하여 외벽에 원료가 붙는 현상을 줄이면서 광펄스 빛이 잘 조사되게 하여 살균효과를 높일 수 있게 하였다. [그림 5a]
  - 아울러 원료가 이송중인 배관에 음이온발생기에서 생성된 음이온 및 라디칼 이온이 압력차에 의해 빨려들어 갈수 있도록 설치하여 살균효과를 높일 수 있도록 하였다. [그림 5a]
  - 1협동기관에서 광펄스와 음이온발생기가 결합된 살균장치에 대한 살균력을 검증하고, 살균처리 전후의 분말의 품질특성 및 관능 특성 평가를 진행할 것임



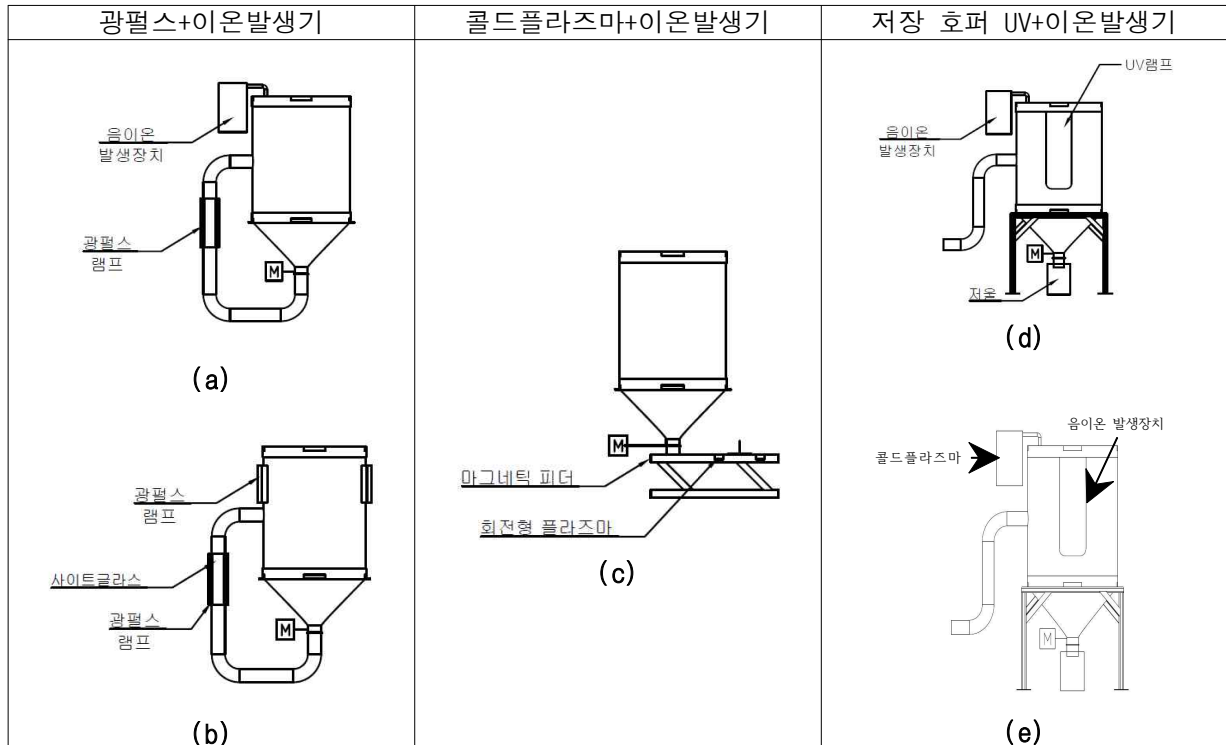


그림 5. 비가열살균 병합처리 장비 기능 향상 개념도

- 2협동기관에서는 콜드플라즈마와 음이온 병합처리에 대한 살균효과 시험을 진행할 예정임
- 선행 연구에서는 원료 이송 배관내부에 콜드플라즈마 노즐을 설치하여 이송중인 원료와 콜드플라즈마의 접촉이 원활하게 하여 높은 살균효과를 기대하였으나, 이송중인 원료와 배관 내 공기 흐름이 콜드플라즈마 노즐에 영향을 콜드플라즈마 살균에서 기대이상의 효과를 연속적으로 얻지 못하였다.
- 살균효과를 증대하기 위하여 배관내부에 설치하였던 콜드플라즈마 노즐을 새롭게 회전형으로 설계하여 magnetic feeder에 설치하여 살균력 검증할 것임 [그림 5b]
- Magnetic feeder에서 회전형 콜드플라즈마 노즐에 노출되어 살균된 분말시료는 음이온 발생장치로 이동되어 음이온의 라디칼 효과에 의한 추가적인 병합 살균이 가능함
- 아울러 원료 저장 호퍼에 진공을 걸어 순간적으로 진공을 깨뜨릴 때 콜드플라즈마와 음이온발생기에서 생성된 라디칼 이온과 음이온이 시료 내부에 침투하게 하여 분말 시료 또는 고형화 된 시료(예. 통후추 등)를 살균효과를 높이도록 함
- 콜드플라즈마 장비는 원료 이송 배관내부에 콜드플라즈마 노즐을 설치하여 이송중인 원료와 콜드플라즈마의 접촉이 원활하게 하여 높은 살균효과를 기대하였으나, 이송중인 원료와 배관내 공기 흐름이 콜드플라즈마 노즐에 영향을 콜드플라즈마 살균에서 기대이상의 효과를 연속적으로 얻지 못하였다. 이에 콜드플라즈마 살균 방식을 수정하여 배관내부에 설치 하던 것을 magnetic feeder에 회전형으로 설치하여 살균력 검증할 것임 [그림 5c]. 아울러 원료 저장 호퍼에 진공을 걸어 순간적으로 진공을 깨뜨릴 때 콜드플라즈마와 음이온발생기에서 생성된 라디칼 이온과 음이온이 시료 내부에 침투하게 하여[그림 5 d,e] 분말 시료 또는 고형화 된 시료(예. 통후추 등)를 살균할 수 있도록 하고자 함.
- 광펄스와 음이온발생장비, 콜드플라즈마 기능의 병합살균력을 검증하기 위하여 2개의 기능이 병합된 살균장치에 살균력을 1차 확인하고, 1차 살균된 분말을 다른 기능이 병합된 살균장치(예, 광펄스+음이온발생기, 콜드플라즈마+음이온발생기 등)에 각각 교환하여 2차 살균과정을 통하여 살균력의 변화를 측정할 것임



- 각각 다른 혼합 살균방법에 의해 살균 처리된 분말에 대한 살균력과 품질특성 및 관능 특성평가를 검증한 후 ‘광펄스+음이온발생기+콜드플라즈마’ 병합 살균장치의 살균력을 검증할 것임(주관기관, 1협동기관, 2협동기관 동시 진행)
- 최종적으로 개발하고자 하는 분말 살균 장치는 광펄스, 콜드플라즈마, UV, 음이온발생 살균기술이 동시 또는 순차적으로 작용하여 분말을 살균할 수 있는 장치로 각각의 살균처리 과정을 모니터링할 수 있으면서 필요에 따라 살균처리 과정을 반복하는 공정과 살균처리 종류를 선택적으로 조절할 수 있는 살균처리 장치를 개발하고자 함.

## 마. 식품 용도별 병합살균의 필요성

- 시료의 표면구조, 혼합성 시료의 균질성, 오염되어 있는 미생물 특성 등이 미생물 저감화에 영향을 미침. 뿐만 아니라 광펄스의 강도, 조사시간, 병합기술 간의 시너지효과 등의 외부적인 요인 또한 중요함. 따라서 살균을 진행하기 위해서는 다양한 요소들이 고려되어야 하는데, 예를 들면 시료 자체의 입자크기, 밀도 및 화학적 구성성분의 시료 흐름에 있어 생각되어야 하는 부분임.
- 앞선 여러 가지 요인들로 인해 광펄스, 콜드플라즈마, UV 단독 살균에 있어 제한적인 효과를 보이고 있음. 각각의 기술들이 가진 살균효과 한계를 넘는 기술을 이용하고자 함. 병합 기술을 적용하면 낮은 강도의 서로 다른 기술을 사용하여 품질 변화는 최소화시키면서 미생물 저감효과는 높일 수 있음.

## 2) 연구개발 대상의 국내·외 현황

### 가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

- 광펄스 기술
  - 기술현황
    - 국내에서 광펄스에 대한 연구는 배지에 배양된 미생물에 광펄스를 처리하는 기초 연구가 주로 진행되고 있으며 국외에서보다는 식품군에 처리하는 연구가 부족한 실정임
    - 이화여자대학교에서는 광펄스 기술을 이용하여 분말 및 신선식품에 존재하는 위해세균을 저감화하는 연구를 진행하였음. 본 연구에서는 광펄스 기술을 사용하여 *E. coli* 0157:H7을 약 3-6 log 저감하였고, *Listeria monocytogenes*를 약 1-6 log 저감하였음. *B. cereus*는 역시 1-6 log 저감되었고, *Pseudomonas aeruginosa*는 3-6 log 저감되었음
    - Cheigh et al. (2012)는 *L. monocytogenes*와 *E. coli* 0157:H7에 같은 시간동안 UV 처리와 광펄스 처리를 비교하는 연구를 통해 광펄스 처리가 UV 처리에 비해 매우 빠르고 효과적으로 미생물을 사멸시킨다는 것을 관찰하였음. 또한 광펄스는 전 파장의 강한 빛을 아주 짧은 시간 동안 가하여 식품의 표면을 살균하거나 표면 미생물 수를 감소시키는데 있으며 이는 사멸률과 처리시간에 있어 기존의 UV 살균과는 구별됨을 언급하였음
    - Shin & Kim (2015)은 병원성 대장균을 살균하기 위해 회분식 광펄스 살균기술을 적용하였고 빛의 세기, 펄스 수, 광원과 시료 사이의 거리와 살균 효과가 비례관계를 보이는 것을 확인하였으며 광펄스 처리에 의한 미생물 사멸은 세포막 파괴로 발생하는 세포내 물질의 유출 때문이라는 점을 언급하였음
    - Cho et al. (2002) 은 발효식품에 널리 산재되어 있는 젖산균을 대상으로 하여 광펄스 처리 기술의 주요공정요인인 광의 세기, 처리 시간, 시료 표면과의 거리 등에 의한 살균 효과에 관한 연구결과를 발표하였는데, 수행된 연구에 따르면 광펄스의 빛의 세기가 210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)

증가할수록 처리시간이 길수록, 시료 표면과의 거리가 짧을수록 높은 살균효과를 나타내었음

- 앞서 언급한 바와 같이 국내에서는 미생물 자체에 광펄스를 처리하여 사멸률을 파악한 연구가 대부분인데, 실제 식품에 광펄스 살균기술을 적용한 연구는 현재 본 신청과제의 제1협동 책임자인 이화여대 정명수 교수에 의해 가장 활발히 진행되고 있으며 다양한 예비실험을 통한 식품 살균을 위한 장치가 마련되어 있어 광펄스 살균 연구에 적합한 환경이 잘 갖추어져 있음
- 광펄스의 성질(파장, 세기, 펄스의 길이 및 수 등), 포장재, 적용식품의 특성(식품의 화학적 특성, 투명도, 색상 등), 액체식품의 경우 대상물의 깊이 등과 같은 주요공정요소(critical process factors)들이 미생물의 불활성화에 어떻게 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요함
- 특히 전통적으로 사용되고 있는 254 nm 부근의 파장을 가진 UV 살균과의 미생물 불활성화 측면에서의 차이점이 좀 더 명확히 밝혀져야 하고, 나아가 광펄스에 의한 미생물 불활성화 기작(mechanisms of microbial inactivation)에 대한 보다 심도 깊은 연구가 이루어져야 함
- 국내에서 광펄스 살균 시스템 개발 및 연속처리 시스템에 대한 연구개발이 최근에서야 진행되었기 때문에 국외의 연구 속도와의 격차를 줄이기 위한 노력이 필수적이며 다양한 식품군에 광펄스 기술을 적용하여 살균 효과를 확인한 후 광펄스 처리장치의 set-up 및 연속처리라인의 개발을 통하여 실제 산업화 공정에 적용하기 위한 토대를 마련해야 함

■ 시장현황

- 국외 연구 사례 및 상업적 적용 사례를 비교했을 때 국내의 경우 광펄스 살균기술이 비가열 살균기술로서 관심이 높고 해당 기술의 살균력을 높이 평가하고 있으나, 해당 기술에 관한 연구가 매우 적은 실정이며 현재까지 상업적 적용이 이루어지지 않고 있음

■ 경쟁기관현황

- 광펄스에 관한 연구는 본 지원 연구팀인 이화여대와 전주대에서 주로 활발한 연구 결과와 발표가 이루어지고 있음
- 본 지원 연구팀의 경우, 다양한 식품을 처리할 수 있는 광펄스 살균 장치를 보유하고 있으며 꾸준한 선행 연구들을 통해 데이터를 축적해왔으며 장치 사용의 노하우 및 경험을 가지고 있는 인력을 많이 보유하고 있으므로 해당 기술의 선두주자라 할 수 있음

■ 지식재산권현황

- 2015년 2월 13일 이화여자대학교 산학협력단에서 ‘식품용수 살균을 위한 연속식 광펄스 살균 장치 및 이의 살균 방법’에 대하여 특허를 출원하였음. 중공형 형상으로 이루어져 수직 방향으로 연장되며 형성된 챔버 속에 연속식 광펄스를 발생시키는 다수개의 램프가 챔버를 관통하여 수직방향으로 배열되어 있음. 이 장치는 여러 종류의 식품 및 포장재 살균에 적용됨

■ 표준화현황

- 없음

## ○ 콜드플라즈마 기술

## ■ 기술현황

- 질소, 헬륨, 수소, 산소, 복합기체 등 다양한 기체를 전극 사이로 흘러 보내 방전시키면 일부가 전리된 가스 형태의 물질이 생성되는데 이를 콜드플라즈마라 하며, 상온, 대기압에서 형성할 수 있는 기술이 개발되어 'cold' 라는 단어가 이름에 사용됨. 콜드플라즈마는 "제4의 물질" 이라 부르며, 양자, 전자, 이온화된 유리기, 여기(excitation)된 분자 등 수명이 매우 짧으면서 반응성이 매우 큰 다양한 입자들로 구성되어 있음. 현재 주로 병원에서 의료용 기구의 회분식 살균에 이용되고 있음
- 공기 중에서 콜드플라즈마를 발생시키면 보통 높은 에너지를 가진 원자/분자, 높은 반응성을 가진 라디칼(-OH, -H, -HO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O-, O<sub>2</sub>-, O<sub>3</sub>-, O<sub>3</sub>) 등을 생성하여 살균력을 가지며 공정 중 열이 발생하지 않아 식품 특성상 열처리가 불가한 식품뿐만 아니라 가공 식품 제조시설이나 식품 용기의 위생처리에도 유효한 기술임
- 콜드플라즈마 처리의 미생물 저감화 효과에 영향을 주는 요인에는 콜드플라즈마 형성 가스, 에너지 수준, 처리 시간 등을 포함한 처리 공정 요인들, 미생물의 종류 및 성장 단계, 그리고 식품의 조성 및 표면상태 등이 영향을 줌
- 식품 살균을 위한 콜드플라즈마 살균기술은 식품표면의 오염균을 효과적으로 사멸시킬 수 있는 이상적인 기술임. 절단한 야채, 아몬드 또는 분말식품 주위로 콜드플라즈마를 흘러보내면 콜드플라즈마에 존재하는 반응성이 매우 큰 reactive species와 UV radiation 등에 의하여 미생물 세포막과 세포성분의 화학결합이 파괴되고 DNA가 손상을 입어 미생물이 사멸되는 것으로 추정되고 있음
- 콜드플라즈마 처리는 기체가 에너지를 받고 높은 온도 상승 없이 형성된 <전리된 가스 형태>의 콜드플라즈마를 식품에 가해 주는 처리방식이며, 식품의 온도 상승을 최소화시키는 비가열(non-thermal) 처리임
- 콜드플라즈마는 atomic oxygen, ozone, singlet oxygen, metastable oxygen molecules, peroxide, superoxide, hydroxyl 라디칼, nitric oxide, 그리고 nitrogen dioxide와 같은 reactive oxygen species와 reactive nitrogen species를 가지고 있고, 그 외 자유 라디칼, 자외선 광자, electron, ion, atom들을 포함하고 있음. 콜드플라즈마가 식품에 조사될 때 이러한 다양한 reactive species들이 식품에 존재하는 미생물의 세포막 구성 물질들과 세포 물질들에 다양한 형태로 작용하여 식품 표면 미생물을 저해시킴. 현재 많이 인용되는 미생물 저해 메커니즘으로 자외선 광자에 의한 화학결합 파괴, 자유 라디칼과 excited molecule들의 미생물 세포 유입, 그리고 자유 라디칼의 세포막에 대한 직접적인 충돌(etching)에 의한 화학결합 파괴와 세포막 침식(erosion)이 있음
- 콜드플라즈마 처리 파라미터에는 처리 전압, 시간, frequency, 사용 가스, 가스 이동 속도, 시료 크기, 양, 시료의 수분함량, 미생물 종류, 미생물 오염 수준 등이 있음. 기본 구성으로 처리 반응기(reactor, chamber), 전원공급부, 전류/전압 측정기, 가스 유속 조절기가 있음 [그림 6]
- 식품에 대한 콜드플라즈마 처리는 비가열의 식품 보존 기술로서, 2000년 이후부터 최근 까지 미국, 일본, 그리고 유럽에서 활발하게 연구되고 있음. 콜드플라즈마 처리는 기존 미생물 저해 처리에 비해 식품으로의 열 유입이 최소화되고, 처리 시간이 짧으며, 물 사용이 없는 기술로서의 장점을 가지고 있음
- 식품 처리에 사용되는 콜드플라즈마는 기체 일부가 전리된 가스 형태의 물질로서 상온에서 온도의 높은 상승 없이 형성되므로 콜드플라즈마라고 명명함

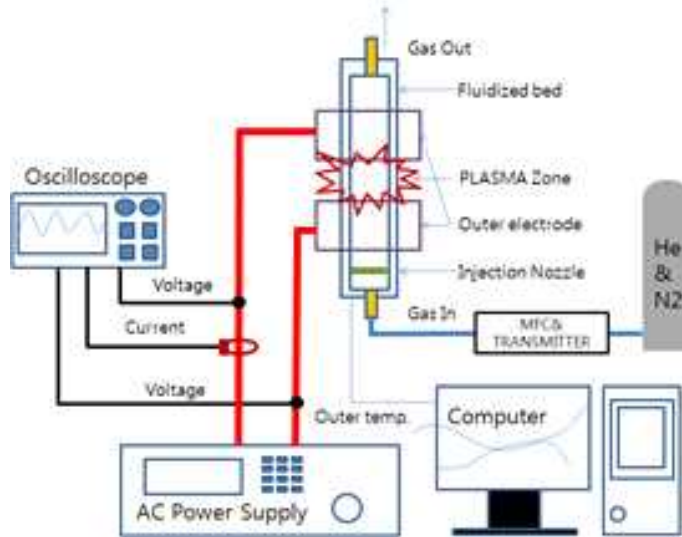
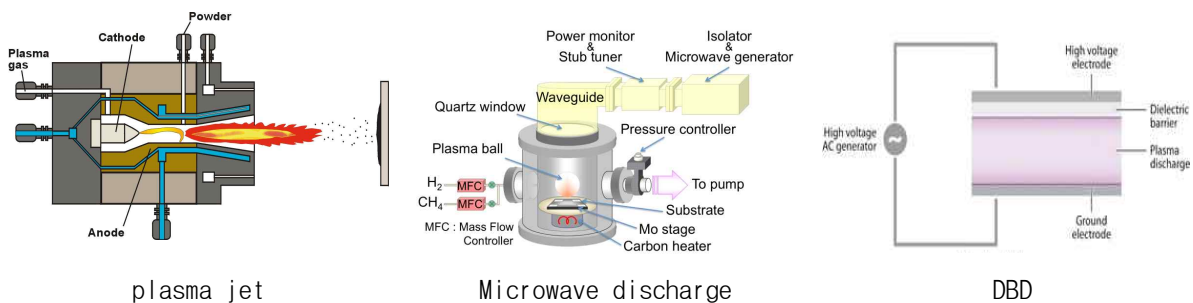


그림 6. 콜드플라즈마 처리 시스템(dielectric barrier discharge형태)

- 콜드플라즈마를 생성하기 위해 주로 plasma jet, microwave discharge, 그리고 dielectric barrier discharge (DBD) 방법들이 사용되고 있음. 각 방법의 콜드플라즈마 형성 원리를 [그림 7]에 나타내었음



plasma jet

Microwave discharge

DBD

그림 7. plasma jet, microwave discharge, 그리고 dielectric barrier discharge (DBD)

방식의 콜드플라즈마 형성 개념도

- 콜드플라즈마에는 UV photon, free radical, excited molecule, charged particle(ion, atom), electron 등의 다양한 reactive species들이 존재함. 예를 들어 대기 중의 공기를 콜드플라즈마형성 가스로 사용하면서 대기압에서 작동하는 DBD 시스템을 통해 형성된 콜드플라즈마(atmospheric DBD plasma)는 atomic oxygen, ozone, singlet oxygen, metastable oxygen molecules, peroxide, superoxide, hydroxyl radicals, nitric oxide, 그리고 nitrogen dioxide와 같은 reactive oxygen species와 reactive nitrogen species를 가지고 있고 그 외 free radical, UV photon, electron, ion, atom 들을 포함하고 있음
- 콜드플라즈마가 식품에 조사될 때 이러한 다양한 reactive species들이 식품에 존재하는 미생물의 세포막 구성 물질들과 세포 물질들에 다양한 형태로 작용함으로써 미생물을 저해시킴. 현재 많이 인용되는 미생물 저해 메커니즘으로 UV photon에 의한 화학결합 파괴, free radical과 excited molecule들의 미생물 세포 유입, 그리고 free radical의 세포막에 대한 직접적인 충돌(etching)에 의한 화학결합 파괴와 세포막 erosion이 있음. 콜드플라즈마 내 reactive species들은 콜드플라즈마를 형성하기 위해 사용된 공정 파라미터들(가스 종류, 에너지양 등)에 따라 종류와 농도가 다양함

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- *Salmonella*, *E. coli* 0157:H7, *L. monocytogenes* 등 식중독 세균과 부패 미생물을 사멸 시키기 위한 다양한 콜드플라즈마 장치 개발과 처리 조건들이 본 연구진에서도 활발히 보고되었으며, 이들 연구를 통해 식품에 대한 콜드플라즈마의 새로운 비열살균기술로서 가능성을 보여주고 있음
- 고춧가루 살균을 위해 Microwave방식의 콜드플라즈마 살균(900 W, 20 min/He)을 이용하여 *Aspergillus*에 대해 ~2.5 log spores(g), *B. cereus*에 대해 열과의 병합처리를 통해 ~3.5 log spores/g 저해한 연구가 발표되었음(Kim et al., 2014)
- 분유에서 He-O<sub>2</sub>의 혼합가스를 이용한 콜드플라즈마살균은 *Cronobacter sakazakii*에 대해 ~0.9 log CFU/g 저해함(Oh et al, 2015).
- 양파분말에 대해 유전체장벽 방전을 이용한 콜드플라즈마살균(He/9 kV/15 kHz/20분 처리)에서 *S. enteritidis*는 3.0 log CFU/cm<sup>2</sup>이상 저해하였고, *E. coli* 0157:H7와 *L. monocytogenes*도 90%의 저해율을 보임
- 콜드플라즈마와 UV 처리를 단독으로 사용하였을 때, 분말식품의 살균에 있어 일반세균 (호기성 중온균) 수를 효과적으로 저해시키지 못함
- 콜드플라즈마 기술과 UV는 두가지 모두 비열살균처리 기술로서 복합처리 시 제품의 맛과 향을 보존하면서 제품의 질을 향상할 수 있을 것으로 예상하며, 콜드플라즈마 처리와 UV 처리 등 기존의 살균기술 각각의 단독 살균 효과보다 뛰어난 효과를 가진 새로운 병합 살균기술 개발이 요구되고 있음

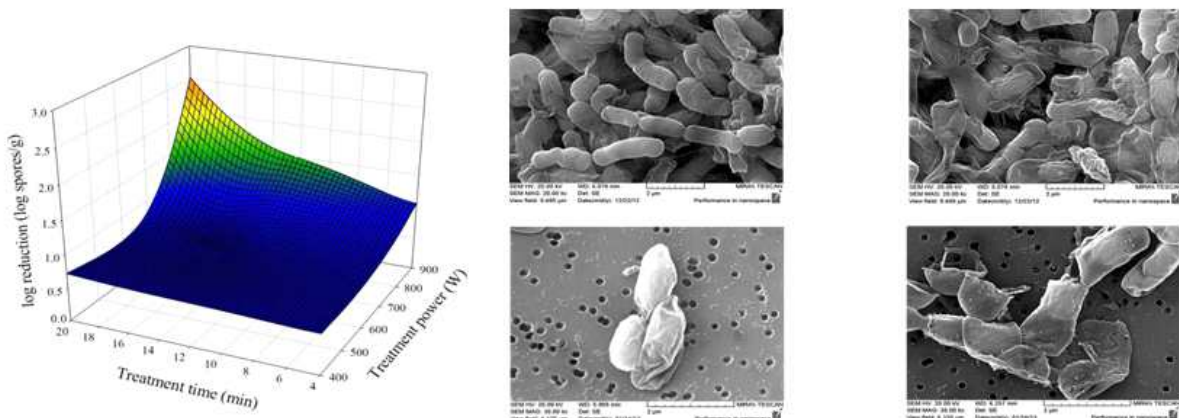


그림 8. 콜드플라즈마처리 시간과 전력에 따른 고춧가루에 접종된 미생물 저해 (kim et al., 2014)

■ 시장현황

- 콜드플라즈마 기술은 현재 제약, 의료계에서 이미 상용화되어 의료도구 멸균기를 제작하는 Renosem (부천) 등은 과산화수소와 콜드플라즈마 병합 처리를 이용하는 콜드플라즈마 멸균기를 제작 판매하여 연 50억 정도의 매출액을 올리고 있음
- 이제까지 콜드플라즈마 기술의 주요 응용 분야는 비교적 국한되어 왔으나 향후 발전 가능성과 적용될 수 있는 분야는 무궁무진하며 농 식품 분야로의 확대를 통해 기존의 농 식품 산업의 혁신 선도 기술이 될 것임. 콜드플라즈마 기술이 식품에 적용된다면 그 파급효과는 식품 분야뿐만 아니라 보건, 생명공학 산업으로 확장될 것으로 예상함

■ 경쟁기관현황

- 최근 국내에서는 본 지원 연구팀과 더불어 콜드플라즈마기술의 식품적용과 관련한 연구를 진행하는 곳은 서울대학교, 가천대학교, 그리고 한국식품연구원에서 활발한 연구 결과와 발표가 이루어지고 있으나 식품의 품목이 제한되어 있고 더 많은 확장된 조건에서의 연구가 부족함

- 본 지원 연구팀의 경우, 분말식품뿐만 아니라 다양한 식품에 대한 연구를 2010년 이후부터 계속해서 꾸준히 진행해왔으며 축적된 연구와 논문발표로 많은 데이터를 축적해 오고 있어 경쟁력 있고 심화된 연구를 할 수 있는 기반이 마련되어 있음

■ 지식재산권 현황

- 콜드플라즈마, 식품, 살균을 주요 키워드로 하여 5년 이내의 국내 특허 검색 결과 844건이었으며, 분말을 추가하면 4-5건이었음. 현재 콜드플라즈마 기술은 의료용 멸균기로 상용화되었으나, 식품산업에서의 상용화를 위해서는 식품에서의 안전성 검증과 다양한 식품에의 적용 연구가 필수적임
- 특허등록번호 10-1419386은 서울여자대학교에서 출원하였으며, 마이크로파를 이용하여 콜드플라즈마를 진공에서 생성하여 분말 살균하는 기술임
- 특허등록번호 10-1571238은 제주대학교에서 출원하였으며, 콜드플라즈마를 이용한 살균 장치 및 살균 방법으로 내용은 콜드플라즈마 방법을 이용하여 화산재 분말을 배치 타입으로 살균하는 장치에 관한 특허임
- 특허등록번호 10-0523724은 (주)진양플라텍에서 출원하였으며, 마이크로파를 이용하여 무전극 콜드플라즈마 램프를 작동시켜 자외선을 발생시키고, 오존을 발생시켜 살균하는 장치에 관한 특허로 콜드플라즈마와는 직접 관련성은 없음

■ 표준화 현황

- 콜드플라즈마 기술은 국내외적으로 의학, 제약 산업에서 살균 목적으로 상용화된 기술이지만 식품 분야에서는 아직 상용화된 기술이 아님. 콜드플라즈마 처리 기술이 식품 처리를 위한 상용화 기술로 발전하기 위해서는 콜드플라즈마 처리된 식품에 유해한 물질이 존재하는지에 대한 안전성 연구가 선행되어야 함
- 콜드플라즈마 처리 시스템에는 감압형태와 대기압형태로 나눌 수도 있고, 콜드플라즈마 생성 형식에 따라 plasma jet, microwave discharge, 그리고 dielectric barrier discharge (DBD) 등으로 구분할 수도 있음. 그러나 어느 종류의 시스템이든 식품 처리 관련하여 아직 표준화된 전력, 전압, 진동수 등의 공업규격이 정해져 있지 못한 실정임

○ 음이온 기술

■ 기술현황

- 음이온은 공기중에 포함되어 있는 소량의 전기를 띠고 있는 물질(원자, 분자 즉 분자집단) 말하며 유해 물질을 중화시키며 살균효과가 있다고 보고되고 있음
- 음이온의 주로 공기청정기 등을 이용하여 공기 살균에 이용되는데 음전극에 펄스성의 고전압을 가하여 대기중에 직접 전자를 방사하는 방식으로 이렇게 하면 방사된 음이온 전자가 대기중에 있는 산소나 수분과 결합하여 산소 음이온을 생성하는 방식임
- 음이온의 살균 효과는 공기 중에도 작용하기 때문에 분말 살균 시 분체가 공중에 부유하여 있는 상태에서도 적용할 수 있을 것으로 예상됨

■ 시장현황

- 없음

■ 경쟁기관현황

- 없음

■ 지식재산권현황

- 없음

■ 표준화현황

- 없음

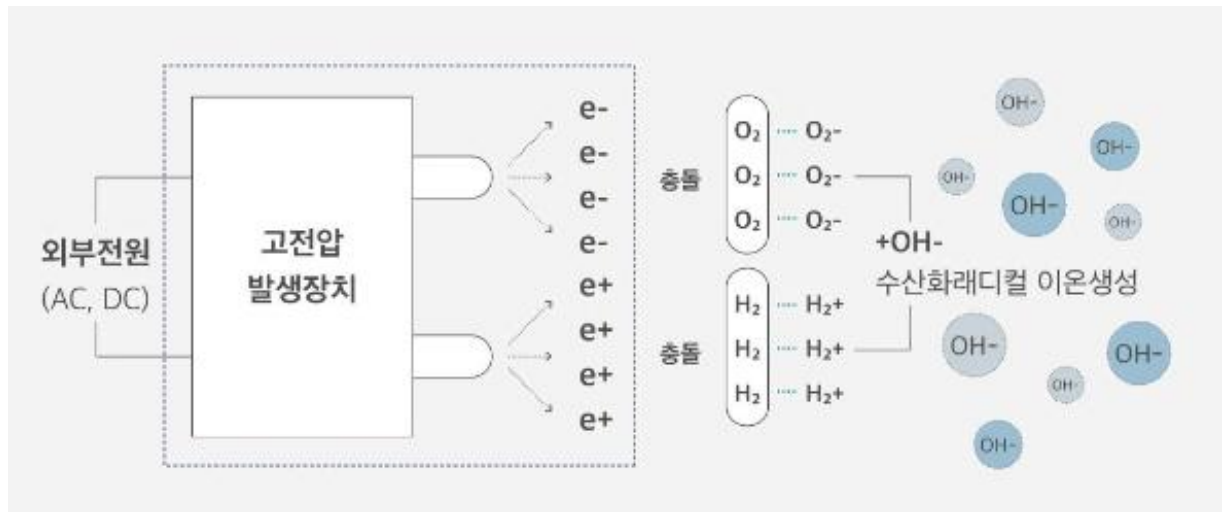


그림 9. 고전압 음이온 발생 방식.

## 나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

### ○ 광펄스 기술

#### ■ 기술현황

- 국외의 경우 배지에 배양된 미생물부터 액상, 분말, 야채, 빵, 어류, 육류 등 다양한 식품군 및 식품포장재 등에 광펄스를 처리하여 그 살균 효과를 연구하였으며, 해당 기술에 관한 review 논문들도 많이 있음 [표 6]
- 전반적인 국외 연구 결과를 보면 광펄스는 특히 식품 표면 처리에 탁월한 효과를 보이며 두껍고 불투명한 식품보다 빛이 잘 투과하기 쉬운 얇거나 투명한 식품에 적용했을 때 살균 효과가 높음. 또한 가열살균이나 UV 살균에 비해 색 및 텍스처 등의 물성 변화가 적음(Gomez-Lopez et al., 2007; Oms-Oliu et al., 2010; Elmnasser et al., 2007)
- 2000년 이후부터 광펄스의 미생물 사멸 mechanism 규명을 위한 연구가 많이 진행되어 왔으며 DNA 손상으로 인한 pyrimidine dimer 생성, cell membrane 파괴 등에 의해 미생물이 사멸되고 photothermal, photochemical mechanism이 동시에 작용하여 사멸한다는 연구결과가 있으나 현재까지도 정확한 사멸기작에 대해서는 해명하지 못하고 있는 실정임
- Artíguez et al. (2015)의 연구에서는 포자와 영양세포의 광펄스 사멸 효과를 비교 분석하였음. 광펄스 처리 강도와 초기균수에 따른 영양세포와 포자의 사멸 정도를 비교하였으며 초기균수가 증가함에 따라 포자와 영양세포 모두 광펄스 사멸 효과가 낮아짐을 확인하였음. 그뿐만 아니라 초기 균수를 고려하여 영양세포와 포자의 사멸효과를 비교하였는데 특정 초기균수와 광펄스의 세기에서는 영양세포의 사멸률이 오히려 낮게 나오는 결과가 도출되었고 이는 영양세포가 저항성이 더 낮지만 낮은 투과도에 따른 shading effect가 원인이 된다고 설명하고 있음
- Artíguez et al. (2015)는 *B. subtilis* 포자의 광펄스와 가열 처리의 병합처리 효과에 대한 연구를 보고하였음. 광펄스 처리를 한 뒤 열처리를 할 경우 광펄스만 단독 처리한 경우에 비하여 세포 사멸이 증가함을 확인함. 이는 광펄스 처리에도 살아남은 세포들은 sublethal damage를 받은 것으로 그 후 약간의 열만 가해도 사멸률이 증가하는 것이며, 광펄스 처리를 먼저 한 후 가열 처리하는 것이 가열 처리 후 광펄스 처리하는 것보다 사멸률을 증가시킬 수 있다는 것을 확인함. 또한 광펄스와 열처리의 병합처리를

이용하여 식품의 품질에는 영향을 최소화 하면서 광펄스를 통한 효과적 살균 가능성을 보여줌

- 최근에는 광펄스를 미생물 살균에만 적용하는 것이 아니라 식품의 기능성 물질 함량을 높이는데 이용하기 위한 연구를 진행하고 있음. Aguiló-Aguayo et al. (2014)은 3.6-14 J/cm<sup>2</sup>의 에너지로 광펄스 처리한 아보카도 단면에서 체내 유해산소 예방, 피부 건강, 건강 증진에 도움이 되는 chlorophylls이 기존보다 1.3배 증가하는 것을 확인하였음

표 6. 광펄스 처리를 통한 다양한 식품군의 미생물 저감 효과

	Food product	Pulse energy (J/cm <sup>2</sup> )	Log reductions	Reference
Agar media	<i>B. cereus</i>	3	4.9	Rowan et al. (1999)
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3	4.9	
	<i>L. monocytogenes</i>	3	6.3	MacGregor et al. (1997)
	<i>E. coli</i> 0157:H7	3	6.8	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	5.6	8.5	Krishnamurthy et al. (2004)
	<i>B. cereus</i>	7	5.9	Gomez-Lopez et al. (2005)
	<i>L. innocua</i>	9	7.0	Uesugi et al. (2007)
Packaging materials and food contact materials	Paper-polyethylene packaging	0.98	2.7	Turtoi & Nicolau (2007)
	Stainless steel surfaces	1.27	2.5	Woodling & Moraru (2005)
Solid food	Corn meal	5.6	4.9	Jun et al. (2003)
	Black pepper	31.1	2.9	Fine & Gervais (2004)
	Iceberg lettuce	7	1.2	Gomez-Lopez et al. (2005)
	Raspberries	72	3.9	Bialka & Demirci (2008)
	Strawberries	34.7	2.8	
Liquid food	Milk	12.6	2.0	Smith et al. (2002)
	Milk (25 또는 45% solid content)	8.4	<1	Miller et al. (2012)
	Apple juice	1.2	5.3	Pataro et al. (2011)
	Orange juice	1.2	3.2	

- Maftai et al. (2014)은 두 종의 wheat grain 의 자연 발생한 곰팡이를 광펄스로 처리 하였음, 최고 조건인 51.2 J/g 로 광펄스 처리 하였을 때, Romanian wheat grain의 mold가 4 log 감소함. 그러나 같은 조건에서 Romanian wheat grain의 발아율은 85%로 대조군 보다 15% 감소함을 보여, 유의적인 차이를 보이지 않았음

#### ■ 시장현황

- 상업적 적용의 국외사례를 보면 1970년대 말 일본에서 flash lamp를 이용한 연구가 수행된 이후 1984년 광펄스 기술에 대한 특허가 출원되었으며, 미국 Pure Technologies사에서는 Purebright라는 상용화 장치를 개발하여 의약품, 의료기기, 포장재, 생수 등의 살균에 적용하였고, 최근에는 의약품, 제약산업, 환경산업 등으로 적용 범위를 넓혀가고 있음



- 미국 Maxwell사 역시 PureBright system을 개발하여 pharmaceutical products의 살균에 이용하고 있고 미국 Xenon 사, 프랑스 Claranor사 등에서 상업적으로 사용 가능한 광펄스 시스템을 개발하여 식품 용기, 뚜껑 등에 실제 사용을 하고 있음 [그림 10]



그림 10. 광펄스 살균 장치의 해외 적용 사례

■ 경쟁기관현황

- 국외의 경우 미국 Cornell 대학을 중심으로 활발한 연구가 이루어지고 있으며, Cornell 연구팀은 2016년에 *L. monocytogenes* serotype 1/2a에 UV와 광펄스를 처리하여 gene 변화를 비교하였으며 두 기술이 gene의 transcription에 미치는 영향이 다름을 확인한 바 있음
- 비가열 살균기술 중 광펄스에 대한 연구는 미국의 Cornell, Washington 대학에서 주로 이루어지고 있으며 그 외 독일, 프랑스, 캐나다, 아일랜드 등에서 다양한 식품에 처리하여 연구하고 있음

■ 지식재산권현황

- 2003년 4월 26일 아틀랜티엄 레이저스 리미티드에서 ‘Disinfection through packing’에 대하여 특허를 출원하였고 2003년 10월 1일 특허로 등록되었음. 본 방법은 패키징을 통해 소독 및 살균을 하는 시스템으로 고강도 광원을 갖는 고 피크 전력 펄스 방사 유닛을 사용하여 물-기반패키지 제품을 소독하고 살균하는데 사용됨. 본 방법은 농업-식품 생산, 오염된 물 또는 음료수에 적용하기에 매우 적합함

■ 표준화현황

- 미국 FDA에서는 일정 조사량 범위( $12 \text{ J/cm}^2$  이하) 내에서 식품의 표면살균에 광펄스 사용을 허용하는 사용 권고 기준을 마련해 놓았음(Food and Drug Administration Issues Approval for 광펄스 in the Production, Processing and Handling of Food)

○ 콜드플라즈마 기술

■ 기술 현황

- 2000년 이후부터 최근까지 콜드플라즈마를 이용한 식품 살균에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있음. 많은 수의 연구가 포장 전 단계에서의 식품 종류별, 저해 미생물별 콜드플라즈마 처리 살균 효과 규명 연구임. 식중독균들과 부패 미생물 저해를 위한 다양한 콜드플라즈마 장치와 처리 조건들이 보고되고 있으며, 이를 통해 식품 살균 방법으로서의 콜드플라즈마 처리 가능성이 증명되고 있음
- SCOPUS를 통해 'plasma food' 중심으로 발표된 논문의 수를 확인한 결과 2011년도부터 2015년도까지 증가하고 있음
- 과거 콜드플라즈마 처리 연구를 통해 주요 파라미터들이 결정되었으나 최근 연구 발표를 보면 여전히 연구에 사용되는 파라미터들이 제한적이고 총체적이지 않으며 발표 내용들이 장치, 시료, 그리고 미생물에 의해 매우 제한적인 경우가 많음. 따라서 연구 시 공정, 식품, 미생물 파라미터들을 총체적으로 고려함으로써 연구로부터 얻어진 결과들의 적용성을 향상해야 함

■ 시장현황

- 미국 Enercon (Menomonee Falls, WI, USA)에서 Dyneamite라는 제품명으로 plasma jet를 제작 판매하고 있음 [그림 11]



- ▶ Input: 120 V, 50/60 Hz, 7 A
- ▶ Output: 3.4 kV, 30-60 kHz, 0.1 A

그림 11. Dyneamite plasma jet (Enercon Inc.)

■ 경쟁기관현황

- 세계적으로 많은 연구팀에서 콜드플라즈마 식품 살균에 대한 연구가 진행되고 있음. 그 중에서 가장 활발히 연구가 진행되는 연구팀에는 미국 농무부(USDA) ERRC 연구소 Dr. Niemira 연구팀, 호주 New South Wales 대학의 Dr. Cullen 연구팀, 그리고 독일 베를린 대학교의 Dr. Knorr 연구팀이 있음
- Dr. Niemira 연구팀:
  - Gliding arc를 이용한 콜드플라즈마 처리로 사과에 접종된 *Salmonella*와 *E. coli* O157:H7을 효과적으로 저해시켰음(Niemira & Sites, 2008)
  - Plasma jet를 이용하여 아몬드와 블루베리에 있는 미생물들을 효과적으로 저해시켰음.
- Dr. Cullen 연구팀:
  - 포장된 식품을 살균하는 in-package atmospheric 콜드플라즈마를 이용하여 양상추, 방울토마토, 그리고 딸기를 오염하고 있는 biofilm을 포함한 식중독균들과 토착미생물들을 저해 시켰 음(Misra et al., 2014; Ziuzina et al., 2014)
  - 포장된 식품을 살균할 때 처리되는 식품이 전극 사이에 직접 놓이지 않는 간접 처리 방식을 상용하였음

- 주로 대기 중 공기를 콜드플라즈마 형성 가스로 사용하였으며, 60-80 kV 전압, 50 Hz 진동수, 최대 300 s의 처리 시간을 사용하였음

- Dr. Knorr 연구팀:

- 옥수수 샐러드 위에 오염된 식중독균들과 토착미생물들을 효과적으로 저해 시켰음 (Baier et al., 2015; Hertwig et al., 2015)

- 지식재산권현황

- 콜드플라즈마, 식품, 살균을 주요 키워드로 하여 5년 이내의 국내 특허 검색 결과 844 건이었으며, 현재 콜드플라즈마 기술은 의료용 멸균기로 상용화되었으나, 식품산업에서의 상용화를 위해서는 식품에서의 안전성 검증과 다양한 식품에의 적용 연구가 필수적임
- Plasma, food, sterilization을 주요 키워드로 하여 5년 이내의 해외 특허 검색 결과 2016년 4월 현재 미국 24,544건, 일본 210건, 유럽 8,953건으로 관련 기술에 대한 다양한 식품에의 적용 관련 특허가 증가추세였음

- 표준화현황

- 국내 현황과 마찬가지로 콜드플라즈마+UV 식품처리와 관련하여 아직 처리 허용량 등을 포함해 아무런 규제가 없는 상황이므로 표준화는 이루어지지 않은 실정임

### (3) 연구개발의 중요성

#### 가. 분말식품 시장의 지속적 증가

- 현대 사회의 간편한 식이 트렌드와 함께 식품에서도 원재료 그대로를 사용하기보다 농축시켜 건조 분말로 만들어 간편하게 요리할 수 있도록 제조하거나, 간단한 식사 대응으로 가루를 타서 섭취하는 유형의 식품들이 증가하고 있음.
- 분말식품은 소비자들이 직접 구입하는 제품의 형태로 생산하는 경우도 많지만, 생산 공정에서 최종 제품의 맛과 향을 내기 위한 향신료와 대부분의 라면에 들어가는 가루수프 등 공장에서 직접 적용하여 완제품에 함께 넣어 판매하거나 인스턴트식품에서는 바로 생산라인에서 요리에 적용되는 경우가 대다수임.

#### 나. 안전한 식품에 대한 욕구 증대

- 안전하고 안심할 수 있는 식품에 대한 소비자의 욕구 증대로 현대 식생활은 신선하고 건강에 유익한 식품을 지향하고, 소비자들의 식품 안전과 위생에 대한 욕구가 강해져 가공식품뿐 아니라 사용하는 식품 원료 및 식품소재, 첨가물의 안전성에 관해서도 관심이 높아지고 있음.
- 단체급식의 증가로 식중독의 대형화와 경제적 손실이 증대되었고, 최근에는 식품 재료의 유통도 대량화되어 분말식품에서 발생하는 오염균에 의해 다수의 사람이 식중독 피해를 입을 가능성이 커지고 있음. 또한 분말식품의 경우, 입자의 크기로 인해 오염된 식품의 회수와 폐기도 어려움.

#### 다. 분말식품에서의 위해 미생물 안전성 요구 증대

- 미국 CDC 통계를 보면 지난 5년간(2010~2015년) 분말식품 섭취로 인한 식중독 발병 건수는 지속해서 증가했음 (Peppers, red pepper, white pepper, pepper ground).

- CDC 통계에 의하면 2010년부터 2015년까지 후춧가루 분말류, 고추, 후추 등의 원재료에서 오는 식중독 관련 발병률이 19,119 outbreaks, 373,531 illness, 14,681 hospitalization (3.9%), 337 deaths (0.1%)였음.
- 국내보다 미국, 중국, 인도 등에서는 향신료 제품의 소비가 더 많고 요리 과정 중에 필수 재료로 자주 사용되고 있음.
- 분말식품에서 식중독 미생물들의 내재화와 장기간의 휴면포자의 존재는 장기적으로 보존되는 분말형 식품의 특성상 초기 살균처리가 중요하다는 것을 보여줌.

## 라. 대체기술과 기존 기술과의 병합

- 분말식품의 제조 공정 중 에너지 소비량이 많고 최종품질에 가장 큰 영향을 미치는 공정은 건조와 살균공정임. 현재 식품산업에서 분말식품의 살균을 위해 연구되고 있는 방법으로 광펄스가 있음.
- 광펄스 살균 기술이란 비열 가공기술 중 하나로 식품에 빛을 조사하여 미생물을 제어하는 기술로, 태양광과 같이 170-2600 nm의 전 파장대의 빛을 사용하지만, 그 빛의 세기는 20,000배에 달하며 아주 단시간에 식품에 강한 에너지를 한꺼번에 전달한다는 점에서 기존의 UV 살균과 구별됨.
- 광펄스의 간단한 원리는 고전압 전류를 capacitor에 저장하였다가 램프의 전극을 통해 순간적으로 방전시키는 것으로, 고전류의 전기펄스가 램프 내의 불활성 가스(xenon)에 작용하여 전자와 가스 분자가 강력하게 충돌하게 되고 그 결과 가스 분자는 여기(excitation) 되어 태양으로부터 지구 표면에 가해지는 빛의 세기보다 훨씬 강한 매우 짧은 광펄스를 방출하게 됨.
- 앞서 언급한 바와 같이 광펄스에서 방출되는 빛의 영역은 전파장대역으로 자외선(UV) 영역뿐만 아니라 근적외선(NIR) 영역까지 포함한다는 점에서 기존의 UV 살균과는 구별되며, 빛의 세기가 일반적인 UV에 비해 100-1,000배 정도 높기 때문에 월등히 높은 살균력을 가지고 있음. 광펄스 처리 시 0.01-50 J/cm<sup>2</sup> 범위의 에너지밀도를 가지는 pulse가 식품에 가해지며, 광원으로는 일반적으로 xenon lamp가 사용됨.
- 광펄스 살균 기술은 UV 살균처럼 세포의 DNA 구조를 파괴함으로써 미생물이 사멸되는 것으로 보고 있지만, 그 살균력은 UV 살균보다 월등히 높다고 알려져 있음.
- 광펄스 살균은 미생물 불활성화의 근본적인 원인이 UV 살균과 비슷하나, UV 살균과 비교해 DNA 구조 및 cell membrane 파괴를 일으킬 확률이 높으며, 광펄스는 cell 손상 후 정상 상태로 회복될 수 있는 광회복(photoreactivation) system에도 영향을 미치기 때문에 UV 살균과 비교해 단시간에 효과적으로 미생물을 제어할 수 있는 기술이라 할 수 있음.

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

[ 주관기관 : (주)덕영엔지니어링 ]

### - 1단계 1차년도

#### (1) 분말살균을 위한 병합살균장치 살균 공정 수정 제작

- 기존 광펄스 살균장치의 경우 싸이클론 호퍼 외벽에 2개의 램프를 설치하였다. 이는 이송 중인 분말이 싸이클론 호퍼 중심을 기준으로 내벽을 타고 밖으로 흘러가면서 이송되기 때문에 광펄스 램프를 싸이클론 호퍼 외벽에 설치하여 이송 중인 분말과의 접촉거리를 최소화 하여 빛(광)에 의한 살균 효과를 높이고자 하였다. 하지만, 이송 중인 분말의 양이 많아지고 살균처리 시간이 길어질 경우 싸이클론 호퍼 내벽에 분말이 붙고, 호퍼 내부에 분말가루가 휘날려 빛(광) 투과율이 점차 떨어져 살균 효과가 일정하게 나타나지 않고 있다.
- 이에 분말이 위로 이송되는 배관 외벽에 광펄스 램프를 설치하여 빛(광)에 의한 살균력을 보완하고자 한다. 분말이 위로 이송되는 배관의 경우 분말이 뭉치지 않고 고르게 분산되어 이동(상승)하면서 배관외벽에 분말이 달라붙지 않아 빛(광) 투과율이 좋아 살균력이 일정하게 나타날 것으로 기대된다.

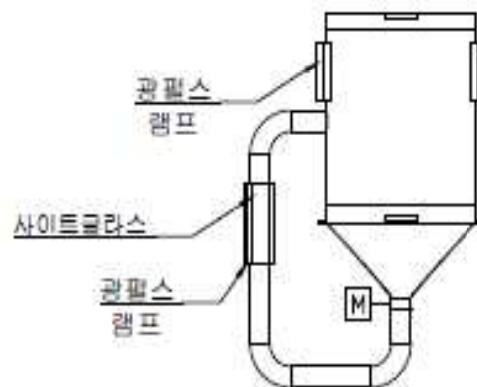


그림 12. 광펄스 램프 배관 외벽이동 설치 제작



## (2) 신규 장비 제작 : 2가지 살균 기술이 병합된 살균장치 개발

- 콜드플라즈마 + 음이온 발생장치가 혼합된 lab-scale 분말 살균장비 개발  
: 콜드플라즈마와 음이온 발생장치를 선택적으로 사용할 수 있고, 세기와 가동 시간을 조절하여 분말을 살균할 수 있는 장비 개발.



그림 13. 콜드플라즈마 장비 + 음이온 발생장치 병합 살균 장비 가조립



그림 14. 콜드플라즈마 장비 + 음이온 발생장치 병합 살균 장비 서울과학기술대학교 설치

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- 1단계 2차년도

(1) 분말시료 병합살균장치 살균 공정 수정 Lab test 장비 제작

- 저압 플라즈마 발생기 챔버에 분말시료를 넣고 외부로부터 O<sub>2</sub> gas를 투입하여 분말시료를 살균할 수 있는 장비를 제작.(그림 15. ①)
- 외부 진공 챔버에 오존발생장치를 설치하여 외부 진공 챔버 내부에 생성된 이온물질을 저압 플라즈마 챔버 내부로 투입하여 저압 플라즈마 단독 살균 공정(그림 15. ①)과 비교할 수 있는 장비 제작.(그림 15. ②)
- 외부 진공 챔버에 Microwave Plasma 발생 장비를 설치하여 외부 진공 챔버 내부에 생성된 이온물질을 저압 플라즈마 챔버 내부로 투입하여 저압 플라즈마 단독 살균 공정(그림 15. ①), 오존발생장치를 통한 살균 공정(그림 15. ②)과 비교할 수 있는 장비 제작(그림 15. ③)

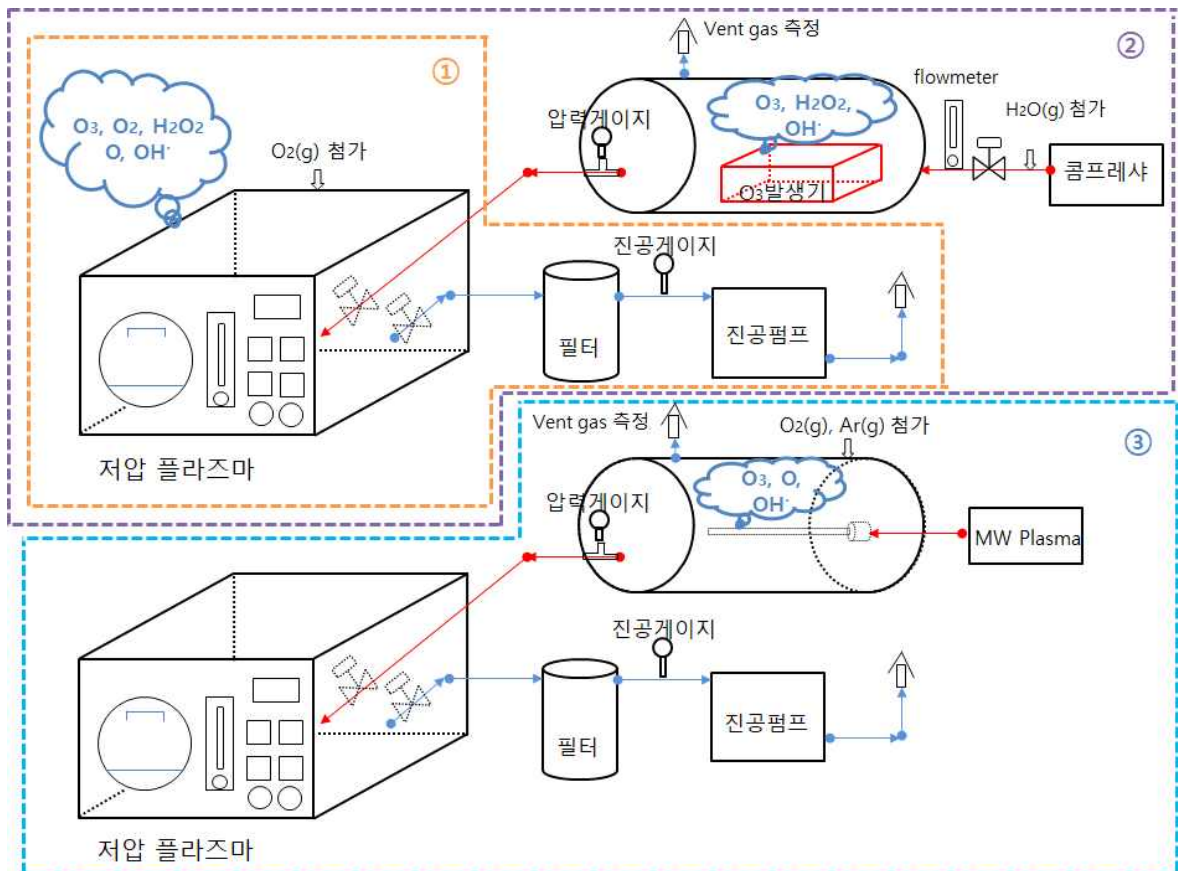


그림 15. 분말시료 병합살균 공정 수정 lab test 개념도

- Microwave Plasma 발생 장비를 통하여 생성된 이온물질을 이용하여 분말시료를 좀 더 효과적으로 살균하기 위하여 분말시료에 진공 및 가압을 할 수 있는 장비를 제작.(그림 16)
- Microwave Plasma 장비를 통하여 이온물질들이 발생하는 챔버와 분말시료가 담긴 챔버를 연결하고, 분말시료가 있는 챔버에 진공을 걸은 후 순간적으로 밸브를 열어 주면 Microwave Plasma 챔버 내부에 담긴 이온물질이 순간적으로 분말시료가 담긴 챔버로 이동하게 된다.
- 이때 분말시료가 살균되고 2차로 압을 가하여 이온물질들이 분말시료 내부로 침투할 수 있도록 하여 분말내부까지 효과적으로 살균할 수 있도록 한다(그림 17)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]



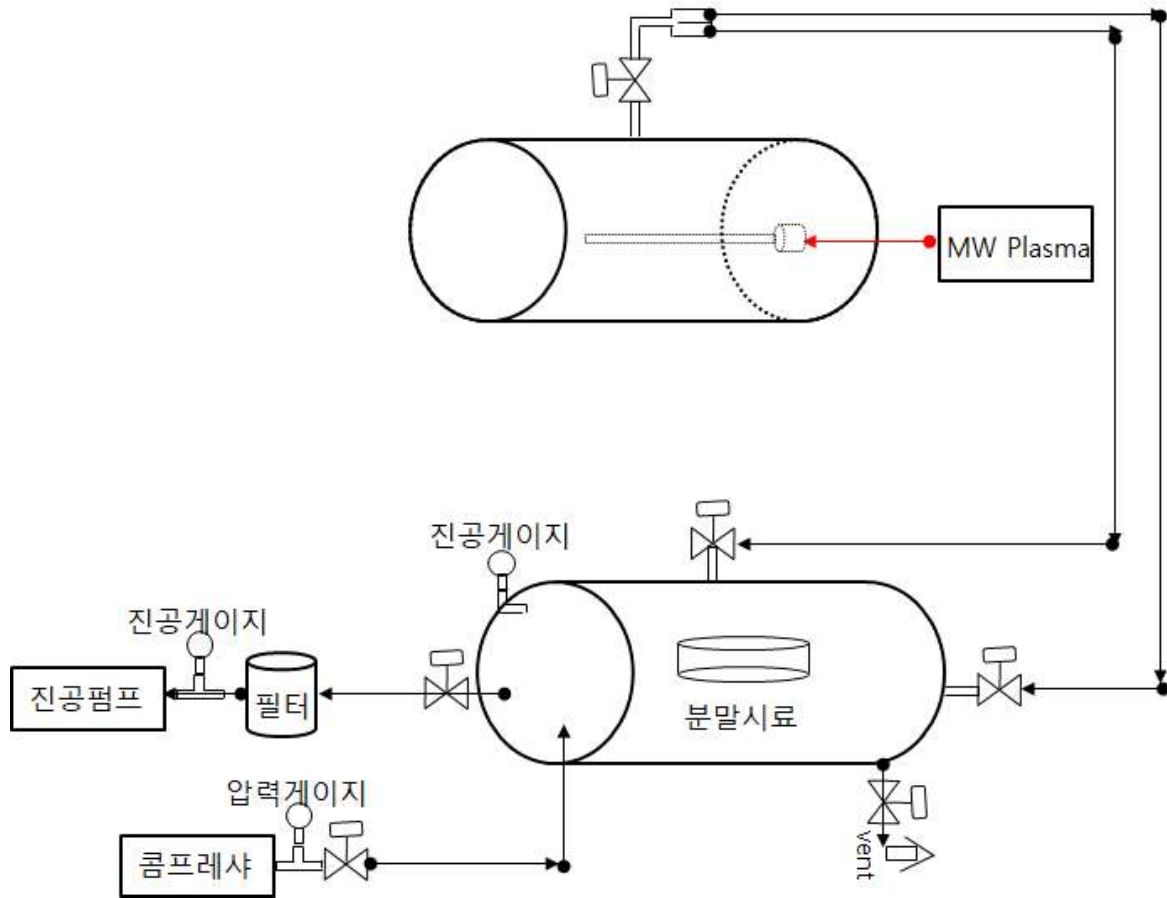


그림 16 Microwave Plasma 장비를 이용한 진공&가압 분말살균 장비 개념도

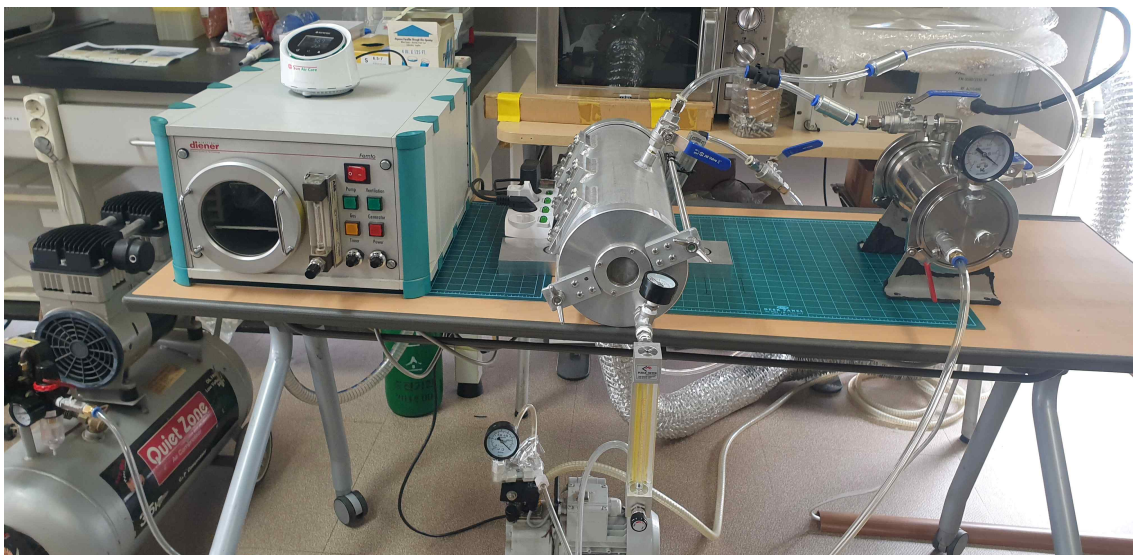


그림 17. Microwave Plasma 장비를 이용한 진공&가압 분말살균 Lab test 장비

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]



- 2.45GHz 2kW Microwave Plasma 발생 장비를 활용하여 생성된 이온물질이 분말시료가 채워진 챔버에 직접적으로 투입할 수 있도록 장비를 신규 제작하였다.(그림 18)

분말시료의 처리용량을 증가하기 위해서는 연속식으로 Microwave Plasma 발생 장비에서 생성된 이온라티칼 성분들이 직접적으로 이송중인 배관에 투입될 수 있도록 하기 위함이며, 처리용량에 따라 2.45GHz 6kW Microwave Plasma 장비로 power를 키우는 것도 검토 중이다.



그림 18. Microwave Plasma 장비를 이용한 분말살균 Lab test 장비

## (2) 광펄스-이온발생장비 병합살균장비 제작

- 1차년도에 이화여자대학교에 설치한 기존 싸이클론 호퍼 양쪽에 2개의 광펄스 램프 이외에 싸이클론 호퍼로 원료가 들어가는 배관을 일부 싸이트 글라스(재질:석영관)을 설치한다. 싸이트 글라스 양 옆으로 광펄스 램프 2개 추가 설치하여 분말시료가 위로 이동하면서 광펄스에 의해 살균하는 효과를 높일 수 있도록 하였다.

로타리 밸브 하단부에 있는 원료통에 음이온발생장치에서 생성된 이온물질을 원료통에 투입할 수 있도록 배관 연결 방식을 수정하였다.(그림 19, 그림 20)

이는, 광펄스와 음이온발생기에서 생성된 이온성분들의 시너지 효과로 병합살균 효과를 높일 수 있을 것이라 생각된다.

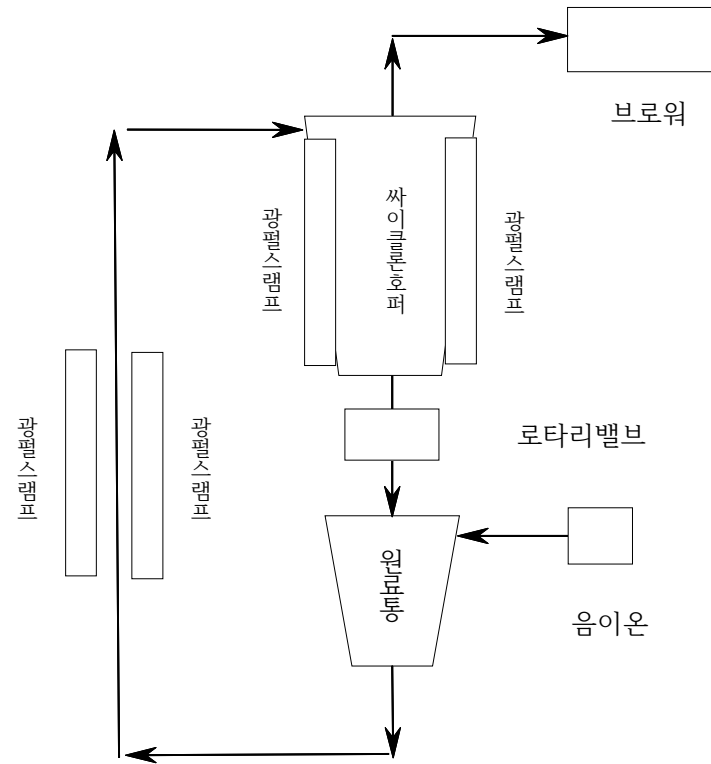


그림 19. 광펄스 & 이온발생장비 병합 살균장치 개념도



그림 20. 광펄스 & 이온발생장비 병합 살균장치

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]

### (3) 플라즈마-이온발생장비 병합살균장비 제작

- 1차년도에 서울과학기술대학교 설치한 기존 플라즈마 & 이온발생 병합 살균장비의 배관 연결을 수정하여 로타리밸브 하단부에 있는 원료통에 플라즈마와 이온발생장치에서 생성된 이온성분들이 직접 투입 될 수 있도록 하였다.(그림 21, 그림 22)

이는, 플라즈마와 음이온발생기에서 생성된 이온성분들의 시너지 효과로 병합살균 효과를 높일 수 있을 것이라 생각된다.

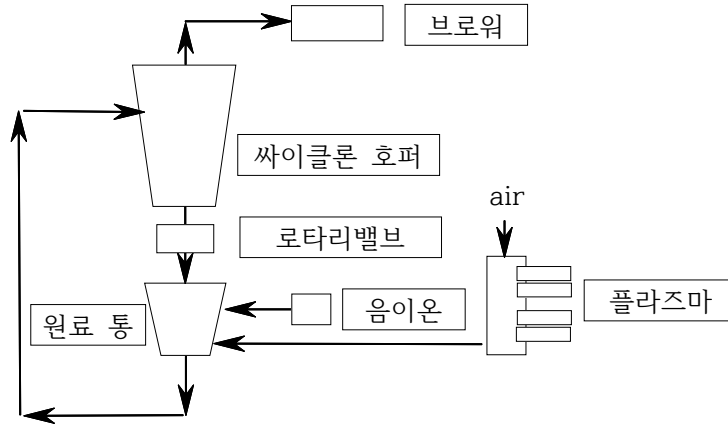


그림 21. 플라즈마 & 이온발생장비 병합 살균장치 개념도



그림 22. 플라즈마 & 이온발생장비 병합 살균장치

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- 2단계 1차년도

(1) Microwave Plasma 장비를 이용한 분말살균장치 제작

- 1단계 2차년도에 제작한 분말시료에 진공 및 가압을 할 수 있는 장비(그림 16 참고)에서 기존 2.45GHz 2kW Microwave Plasma 장비의 성능을 향상시키기 위하여 2.45GHz 6kW Microwave Plasma 장비로 성능을 향상 시켜 분말살균장치 제작하였다.

(2) 광펄스+콜드플라즈마+UV+음이온발생장치를 병합한 분말(분체) 병합살균장치 제작

- 광펄스, 콜드플라즈마, UV, 음이온 발생장치 병합 장비 제작(그림 22)하였으며, 원료투입 호퍼에 음이온발생장치를 설치하여 원료를 투입하는 과정에서부터 살균할 수 있는 조건을 마련하였다.
- 원료투입 호퍼에서 배관을 타고 이송된 분말은 사이클론 호퍼 외벽에 설치된 광펄스 램프에 의해 살균 할 수 있도록 하였으며, 로터리 밸브를 통하여 하부로 떨어지는 분말은 콜드 플라즈마를 통하여 다시 살균할 수 있도록 제작하였다. 이와 같은 광펄스와 콜드플라즈마 병합 살균은 원료의 종류에 따라 살균 방법과 살균시간을 선택하여 조절할 수 있다.

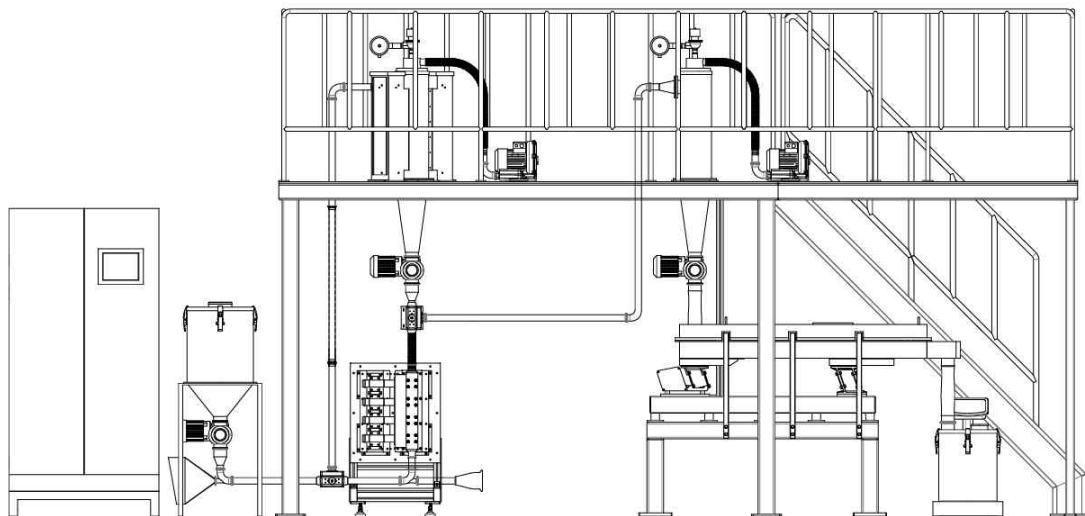


그림 22. 광펄스, 콜드플라즈마, UV, 음이온발생장치 병합 분말 살균장치 개념도

- 분말(분체)를 살균할 수 있는 병합 살균장치는 원료의 성상에 따라 살균조건(살균방법, 살균시간, 세기조절 등)을 선택적으로 조절할 수 있도록 하였으며, 이는 자동 및 수동으로 선택할 수 있다.(그림 23)

예를 들어 분말시료에 따라, 광펄스나 콜드플라즈마 단독 살균을 선택할 수도 있고, 광펄스+콜드플라즈마, 광펄스+UV, 콜드플라즈마+UV 등 2가지 살균방법이 병합된 살균방식을 선택할 수도 있으며, 광펄스+콜드플라즈마+UV 등 3가지 살균방법이 병합된 살균방식을 선택할 수도 있다.(그림 24, 그림 25, 그림 26)

각각의 살균 방법에 대한 세기조절, 살균시간 등의 조건을 조절 할 수 있도록 하였으며 (그림 27) 살균 모드 작동 중 오작동에 의한 알람이 울릴 경우 그에 대한 이력을 알아 볼 수 있도록 하여 오작동에 대한 적절한 조치를 취할 수 있도록 하였다.(그림 27)





그림 23. 광펄스, 콜드플라즈마, UV 병합 분말 살균장치 모니터 화면  
 (좌) 초기 모니터 화면 (우) 병합살균 작동 화면



그림 24. 단독 살균방법 선택 화면  
 (좌) 광펄스(IPL) 단독 살균 선택 화면 (우) 플라즈마 단독 살균 선택 화면

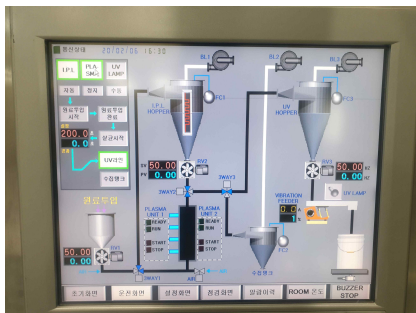


그림 25. 2가지 살균방법 병합 선택 화면  
 (좌) 광펄스(IPL)+플라즈마 병합 살균 (중) 광펄스(IPL)+UV 병합 살균 (우) 플라즈마+UV 병합 살균

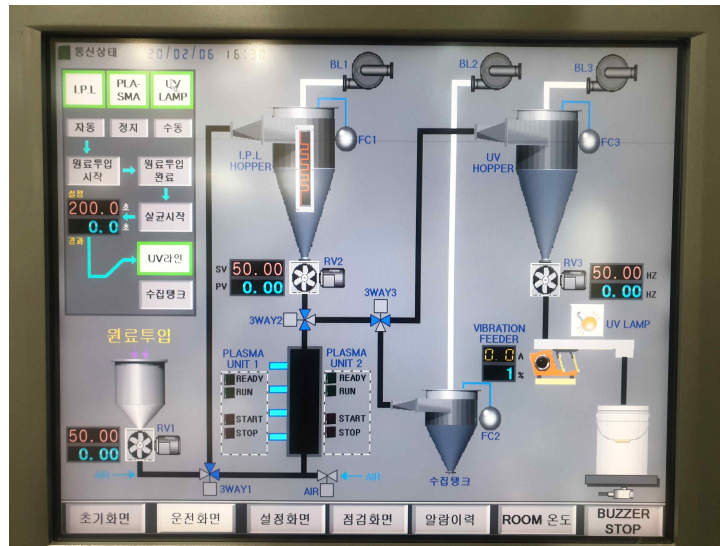


그림 26. 광필스(IPL)+플라즈마+UV 병합 살균 선택 화면



그림 27. 살균조건 설정화면(좌) & 알람 이력 화면(우)

- 분말 시료와 콜드플라즈마에서 생성된 라디칼 물질의 접촉 반응을 조금이나마 늘이기 위하여 콜드플라즈마의 위치를 조정하여 병합 살균을 비교하였다.(그림 28)  
분말 원료가 상승하는 방향으로 콜드플라즈마 장비를 설치하여 로터리밸브를 통하여 분말 시료가 아래로 떨어지는 것보다 브로워에 의하여 분말시료가 위로 상승하면서 흩어지며 콜드플라즈마에서 생성된 라디칼 물질과 더 효과적으로 접촉할 수 있을 거라 기대한다.
- 콜드플라즈마 장비의 살균력을 높이기 위하여 Microwave Plasma Torch(2.45GHz 6kW)를 흡입되는 공기 배관에 설치하여 컴프레샤 압축 공기를 공급하며 분말시료를 살균 할 수 있도록 Plasma 장비를 추가해서 제작하였다.(그림 29)  
Plasma의 경우 공급되는 gas 종류에 따라 생성되는 라디칼 물질에 변화가 있을 것이라 기대하여 컴프레샤 압축 공기 외에 질소(N<sub>2</sub>), 산소(O<sub>2</sub>), 아르곤(Ar)등으로 gas를 교체하며 분말시료의 살균력 비교해 볼 수 있도록 장비를 추가 수정하였다. (그림 30)  
그림 31은 공급되는 가스 종류별 플라즈마 화염 색깔 변화를 보여주고 있다.

콜드플라즈마 및 Microwave Plasma Torch로 공급되는 가스중 아르곤(Ar)의 경우, 분말(분체)에 대한 살균효과를 확인 후 식품에 사용이 가능한지에 대해서는 추후 확인 할 필요가 있다.

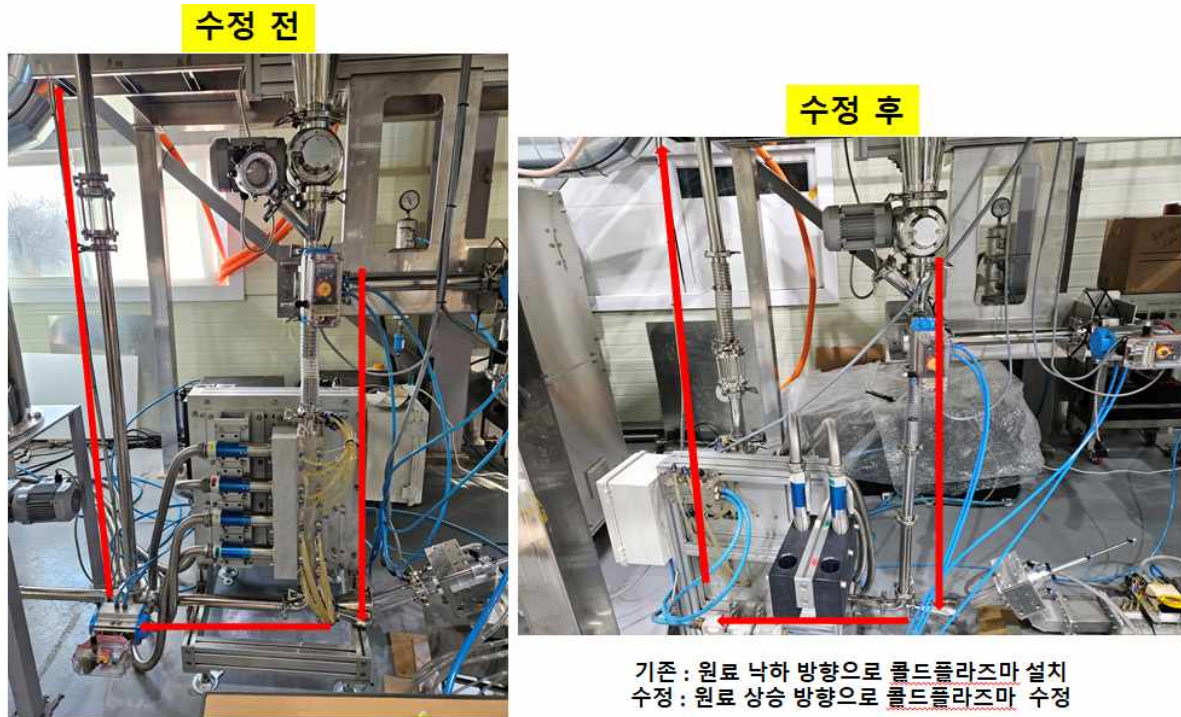


그림 28. 분말 진행 방향에 따른 콜드플라즈마 위치 수정

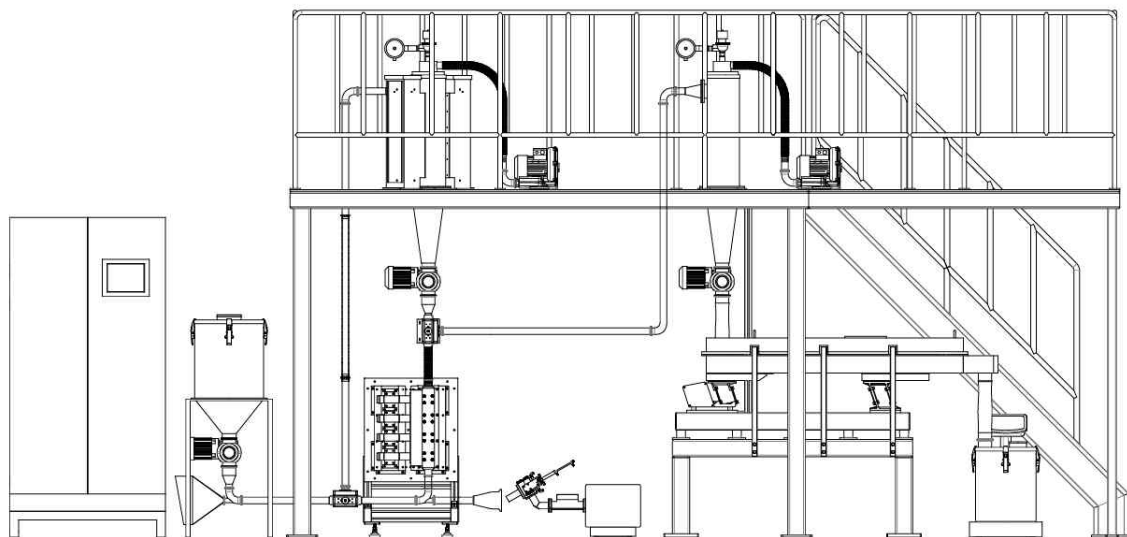


그림 29. 광펄스, 콜드플라즈마, UV 병합 분말 살균장치에 Microwave Plasma Torch 추가 된 분말(분체) 병합 살균장치 개념도

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]



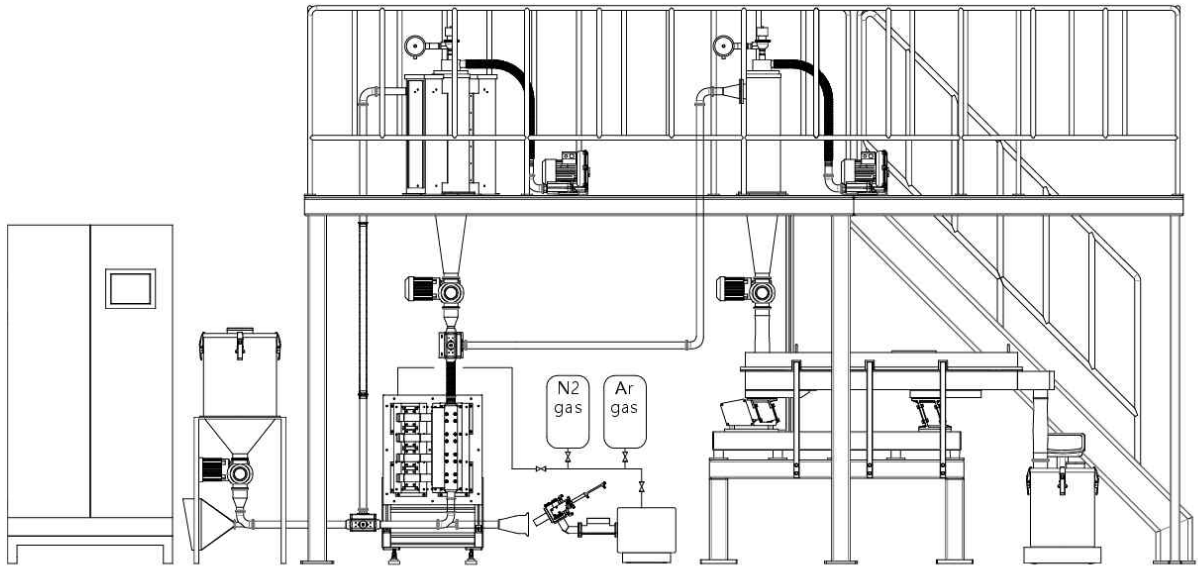


그림 30. 콜드플라즈마 & Microwave Plasma Torch 공급 gas 종류 교체

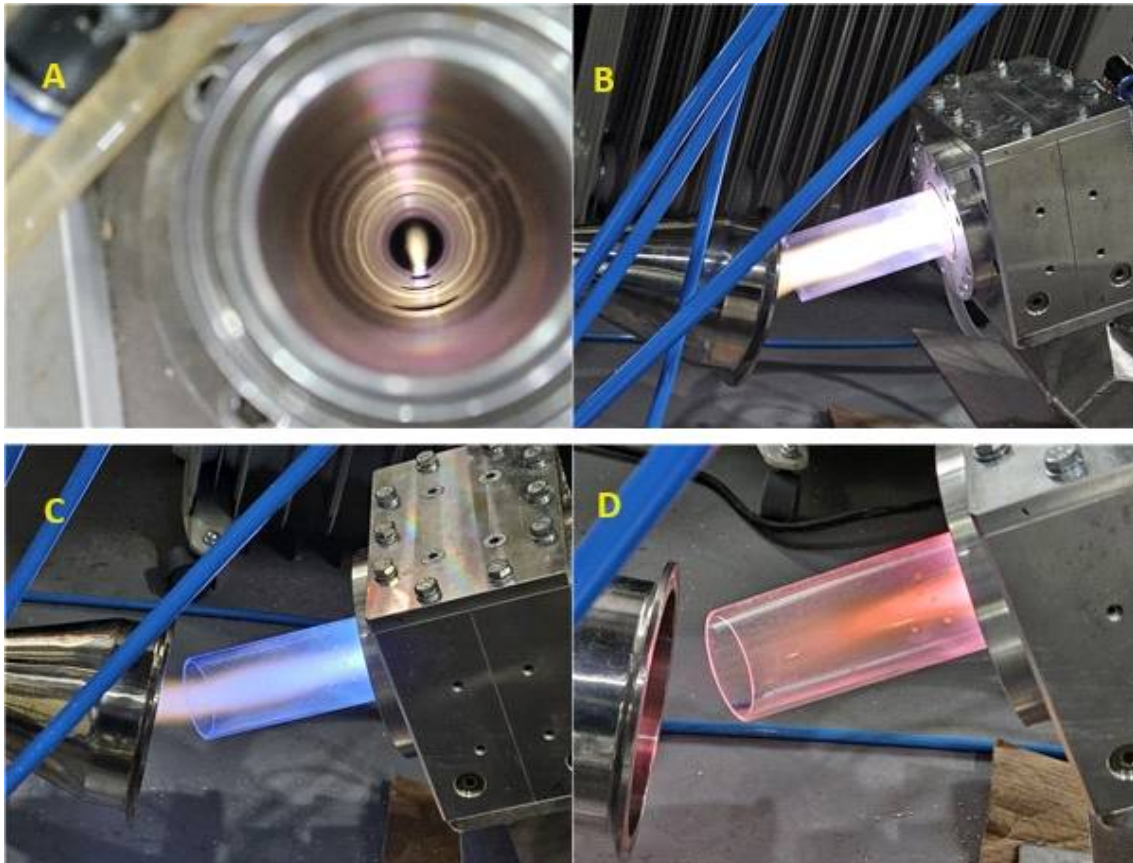


그림 31. 콜드플라즈마 & Microwave Plasma Torch 공급 gas 종류 교체

- A. 콜드플라즈마 air 공급
- B. Microwave Plasma Torch air 공급
- C. Microwave Plasma Torch 산소 공급
- D. Microwave Plasma Torch 질소 공급



- 광펄스 장비의 경우 광펄스 램프를 기존 사이클론 호퍼 외벽에 설치하였을 경우와 분말(분체)시료가 이송되는 배관 외부에 설치하여 램프 설치 위치에 따라 살균력의 변화를 볼 수 있도록 장비를 제작하였다.

또한, 이화여자대학교에서 1단계 lab-scale 실험결과에 따라 병합 살균장치에 더 큰 미생물 저감효과를 보인 curve type의 S자 곡관 짧은 것(이하 ver C라 표현)과 S자 곡관 긴 것(이하 ver C+ 이라 표현)을 이용하여 미생물 저감 정도를 확인하고자 하였다(그림 32, 그림 33)

ver C는 기존 직선 배관보다 3.19배 길고, ver C+은 기존 직선 배관보다 6.38배 길어 광펄스 램프 빛과 접촉할 수 있는 길이가 더 길게 제작되었다. 이는, 분말 이송 중 광펄스 램프에 노출되는 시간을 달리 하였을 경우 살균력의 변화를 측정할 수 있도록 하였다.

(그림 32, 그림 33)

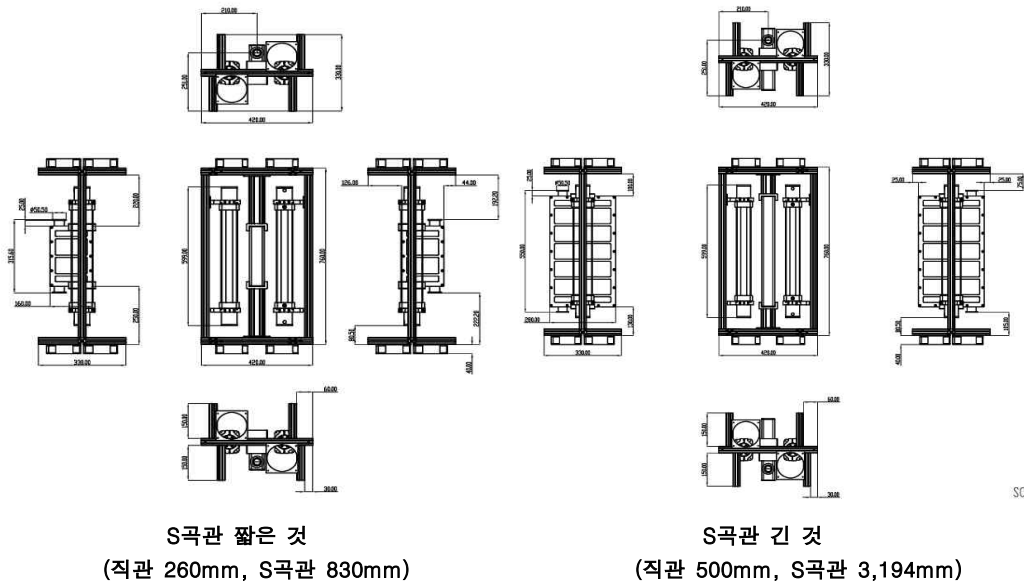


그림 32. 광펄스 램프 설치용 S곡관 짧은 것 & 긴 것 구조물 개념도



그림 33. 광펄스 램프 설치용 S곡관 짧은 것(ver C) & 긴 것(ver C+) 구조물

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]



그림 34. 분말(분체) 병합 살균장치

(2) 광펄스+콜드플라즈마 병합 살균장치를 이용한 살균 수행

(2-1) 플라즈마 공급 Gas 종류별 단독살균 및 병합 참깨 살균

- 그림 30과 같이 콜드플라즈마 살균기와 Microwave Plasma Torch 살균기에 컴프레서 압축공기(air)외에 질소(N<sub>2</sub>), 산소(O<sub>2</sub>)를 주입하여 플라즈마 단독 살균 및 광펄스 병합 살균을 진행하며 공급 가스별 살균효과를 비교하였다.(표 7)
- 콜드플라즈마는 4개의 노즐로 이루어 졌으며 최대 출력값이 3kW이며, Microwave Plasma Torch는 2.45GHz 6kw 장비로 출력값은 3kW로 고정하였다.
- 광펄스 살균기는 CP3939 xenon 램프를 싸이클론 호퍼 외벽에 설치하였으면 DC 3,000V, 2Hz 출력으로 광펄스를 공급하였다.

표 7. 플라즈마 공급 gas 종류별 단독살균 및 병합 살균처리 미생물 저감 효과

{미생물 단위: Log reduction(N/N<sub>0</sub>)}

참깨 (살균시간 5분)		콜드플라즈마 살균기 (3kW)			Microwave Plasma Torch 살균기 (2.45GHz 3kW)			광펄스 DC 3,000V, Frequency 2Hz
		air	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	air	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	
콜드플라즈마 살균기 (3kW)	air	-0.81				-2.07		-0.37
	N <sub>2</sub>				-1.24	-1.46		-1.24
	O <sub>2</sub>			-0.67			-0.59	-1.20
Microwave Plasma Torch 살균기 (2.45GHz 3kW)	air		-1.24		-0.12	-2.07		
	N <sub>2</sub>	-2.07	-1.46			-0.81		
	O <sub>2</sub>			-0.59			-0.45	
광펄스 DC 3,000V, Frequency 2Hz		-0.37	-1.24	-1.20				C.P(air)+MW(air)+광펄스: -1.60 C.P(N <sub>2</sub> )+MW(N <sub>2</sub> )+광펄스: -2.03 C.P(O <sub>2</sub> )+MW(O <sub>2</sub> )+광펄스: -1.42

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]

**(2-1-1) 플라즈마 공급 Gas 종류별 단독살균 및 병합 참깨 살균 결과**

- 표 7에서 보는 것과 같이 콜드플라즈마, Microwave Plasma Torch 단독 살균의 경우, Gas 종류에 상관없이 살균효과가 0.81log 감소로 미비하였다.
- 콜드플라즈마와 광펄스를 병합한 살균 방법의 경우 콜드플라즈마에 공급되는 gas가 N<sub>2</sub>인 경우 미생물이 1.24 log 감소하는 것으로 나타났다
- 콜드플라즈마와 Microwave Plasma Torch를 병합한 살균 방법의 경우 콜드플라즈마에 air를 공급하고 Microwave Plasma Torch에 N<sub>2</sub> gas를 공급하여 병합 살균한 경우 2.07log 까지 미생물이 저감되었다.
- 콜드플라즈마와 Microwave Plasma Torch에 동일하게 gas 종류를 변경하면서, 광펄스 살균을 병합하여 살균한 경우 콜드플라즈마와 Microwave Plasma Torch에 N<sub>2</sub> gas를 공급하면서 광펄스 살균을 병행할 때 2.03 log로 가장 많이 감소하는 것으로 나타났다.

**(2-2) 광펄스 싸이클론형(ver U)과 S자 곡관(ver C, ver C+)+콜드플라즈마 병합 참깨, 쌀눈 살균**

- 광펄스 램프는 CP3939 xenon 램프 2개를 사용하였고 두 램프 모두 싸이클론형(이하 U라 표시) 처리 시 싸이클론 외벽에, S자 곡관(ver C, ver C+)처리 시 분말이송 배관 외벽에 설치하였다.(그림 35)
- Power supply 출력전압 범위는 두 램프 모두 1,800 ~ 5,000V로 동일하다. 실험조건은 두 램프 모두 동일하게 DC 3,000V, Treatment time 5, 10, 15, 20분으로 하였으며 Frequency는 2Hz로 설정하였고, 장치의 시너지 효과를 확인하기 위해 광펄스와 콜드플라즈마 병합 살균 처리를 진행 하였다. 이때 콜드플라즈마로 공급되는 gas는 컴프레샤 air를 사용하였다.

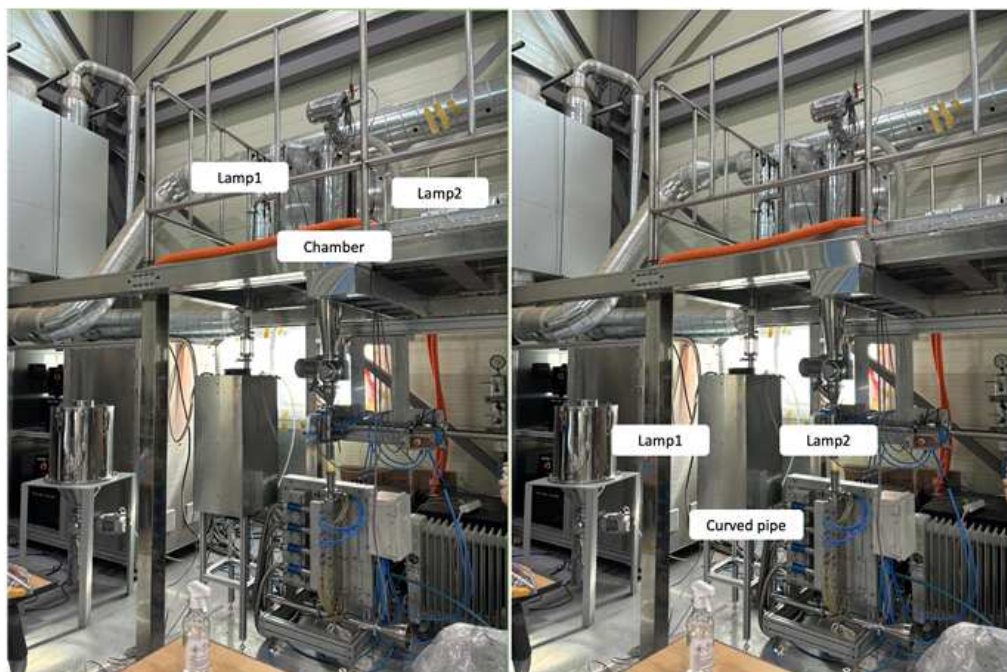


그림 35. 분말(분체) 병합 살균장치  
(원) ver U (우) ver C , C+

- 살균에 사용한 시료는 참깨, 쌀눈 각각 300g을 각 조건에 맞게 처리한 뒤, 일반세균에 대한 미생물 분석을 수행하였다. 미생물 분석은 처리한 시료를 clean bench에서 10g 무게를 전후, 0.85% NaCl 90ml와 균질화를 시킨 혼합액을 10<sup>5</sup>까지 희석하여 사용 하였다.
- 일반세균은 Plate count agar(PCA)에 각 단계의 희석액을 0.1ml씩 분주하여 도말하고, 이를 35±2℃로 설정한 배양기에서 48시간 배양하였다.

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]



(2-2-1) 광펄스 사이클론형(ver U)과 S자 곡관(ver C, ver C+)+콜드플라즈마 병합 살균 결과

- 각 처리 조건에 따른 참깨와 쌀논의 병합 살균 효과를 확인한 결과, 참깨의 경우 최대 1.63 log reduction의 결과를 보였으며, 쌀논의 경우 최대 1.19 log reduction의 결과를 보였다.
- 처리시간이 증가함에 따라 미생물 살균효과가 증가하며, 사이클론 챔버에 광펄스를 조사한 것(ver U)보다 S자 곡관 파이프 라인에 광펄스를 조사한 것(ver C, ver C+)이 살균효과가 증가하였다.

곡관 길이에 따라서는 ver C보다 ver C+를 적용한 것이 미생물 저감효과가 증가하였다.

(그림 36, 그림 37)

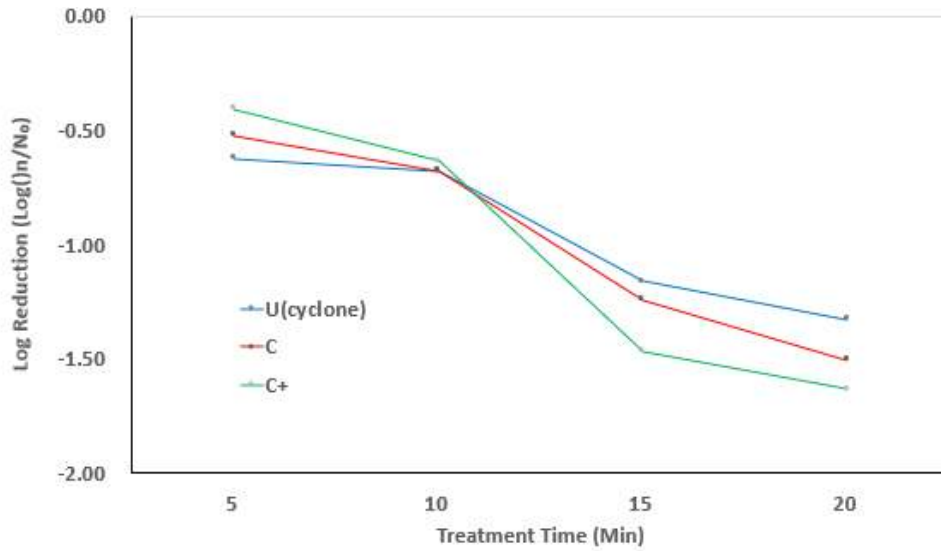


그림 36. 광펄스+콜드플라즈마 병합 살균처리(시료:참깨)

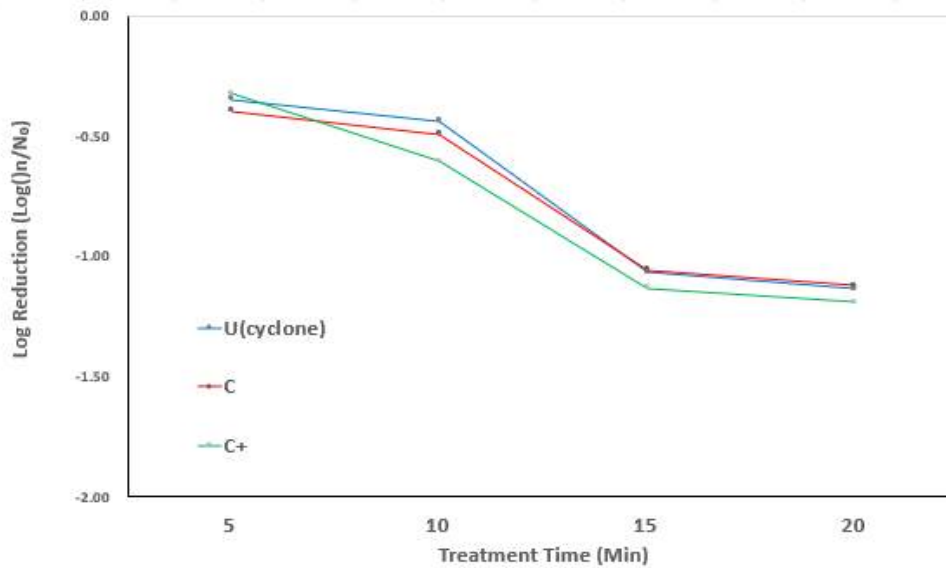


그림 37. 광펄스+콜드플라즈마 병합 살균처리(시료:쌀논)

[ 제1협동기관 : 이화여자대학교 산학협력단 ]

- 1단계 1차년도

(1) IPL 분말 살균 장비를 이용한 참깨 살균 수행

가. 시료의 선정 및 구매

- IPL은 고체물질에 대해서는 투과율이 낮기 때문에 주로 식품의 표면 살균에 사용함. 따라서 식품의 표면의 거친 정도에 따라 살균효율 역시 다르게 나타남. 기존의 선행 연구들에 따르면 표면이 매끄러울수록 살균력이 좋으며, 이러한 현상이 나타나는 이유는 표면의 틈 사이에 미생물이 존재하면서 충분한 빛을 받지 못하는 shadow effect가 일어날 확률이 적어지기 때문임.
- 따라서 표면이 비교적 매끄러우며 IPL 분말살균 장비 내부에서 충분히 순환이 가능한 입자 크기를 가진 참깨를 시료로 선정함.
- 참깨는 국내 시장에서 구매하여 초기 오염도를 분석하였으며, 최종적으로 초기 균수가  $10^6$  CFU/g이며 원산지가 중국인 참깨를 실험 샘플로 선정함.

나. IPL 분말살균 장비 구성 및 실험 조건

- 기존의 IPL 분말살균 장비는 처리 챔버의 양 옆에 2개의 CP3939 램프가 아크릴판으로 둘러싸인 형태로 부착되어있는 구조였으며, 이전 실험에서 분말살균을 진행하는 도중에 램프와 챔버 사이의 아크릴판 벽면에 시료가 달라붙어 처리 시에 램프의 빛이 시료까지 도달하지 못하고 아크릴판 벽면에 붙어있는 시료가 타는 현상이 발생한 바 있음.
- 따라서 이러한 단점을 보완하고자 빠른 속도로 시료가 이동하는 파이프 부분의 일부(길이45 cm)를 빛을 투과할 수 있는 석영관으로 제작하여 교체하고, 해당 파이프에서 7 cm 떨어진 거리에 CP3939 램프를 설치하여 시료가 타는 현상을 막으면서 광원에 더욱 오랜 시간 노출되도록 하였음.
- 처리 챔버 내부에는 NL9553 램프를 중앙 부분에 설치하였으며, CP3939와 NL9553 램프는 각각의 power supply system와 연결함. Power supply의 출력 전압 범위는 CP3939의 경우 1800-5000 V, NL9553은 800-2400 V임.
- NL9553 램프의 실험 조건은 DC voltage는 1200/1800/2400 V, Pulse duty는 0.5/1.3/2.1 ms로 각각 설정함.
- CP3939 램프의 실험 조건은 4200 V로 동일하게 설정함.
- 두 램프 모두 Frequency와 Treatment time은 각각 2 Hz, 300 sec로 동일하게 처리함.



그림 37. IPL 분말 살균장치

#### 다. xenon lamp의 energy fluence

- 실험에서 사용한 NL9553과 CP3939 램프의 energy fluence를 spectroradiometer (ILT950, International Light Technologies, Peabody, MA, USA)를 이용하여 측정함. 각 조건별로 발산하는 광펄스의 파장별 irradiance 값을 측정한 후 결과 data를 합산하여 시료에 처리된 pulse 수를 곱함으로써 최종 total energy fluence를 계산함. [그림 38, 39] [표 8, 9, 10]
- NL9553의 energy fluence는 pulse 당  $8.70 \times 10^{-2} - 1.60 \times 10^{-1} \text{ J/cm}^2$ 로 측정되었으며, 처리 조건인 2 Hz, 300 sec 동안 처리된 energy fluence는 52.20 - 96.24  $\text{J/cm}^2$ 로 측정됨. [표 8]
- CP3939의 energy fluence는 4200 V일 때 pulse 당  $1.56 \times 10^{-1} \text{ J/cm}^2$ 로 측정되었으며, 처리 조건인 2 Hz, 300 sec 동안 처리된 energy fluence는 93.63  $\text{J/cm}^2$ 로 측정됨. [표 9]
- 따라서 이론상의 total energy fluence는 NL9553과 CP3939의 각 조건의 energy fluence를 합산하여 145.83 - 189.87  $\text{J/cm}^2$ 로 계산함. [표 10]

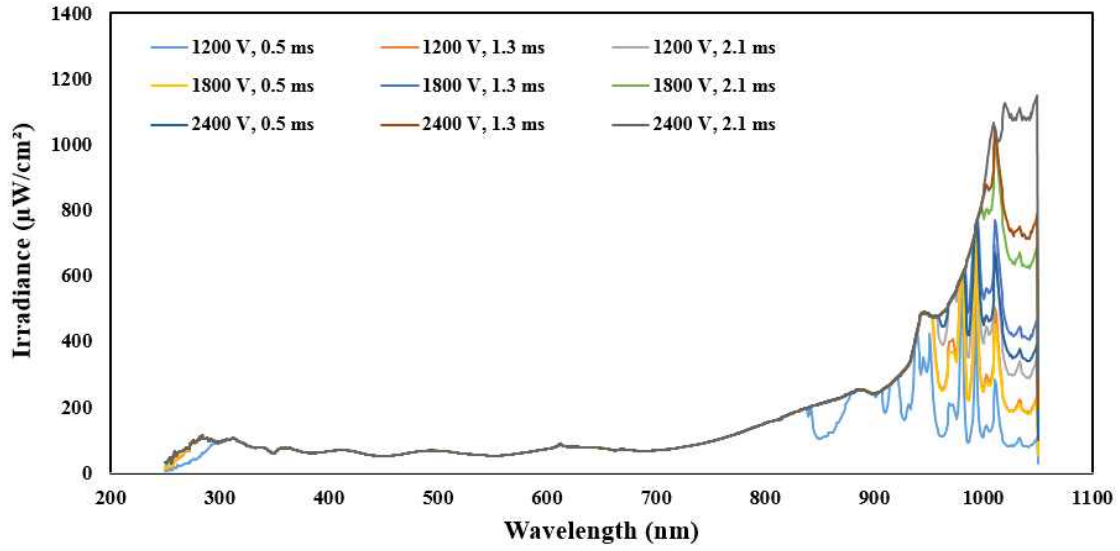


그림 38. NL9553 램프의 energy fluence

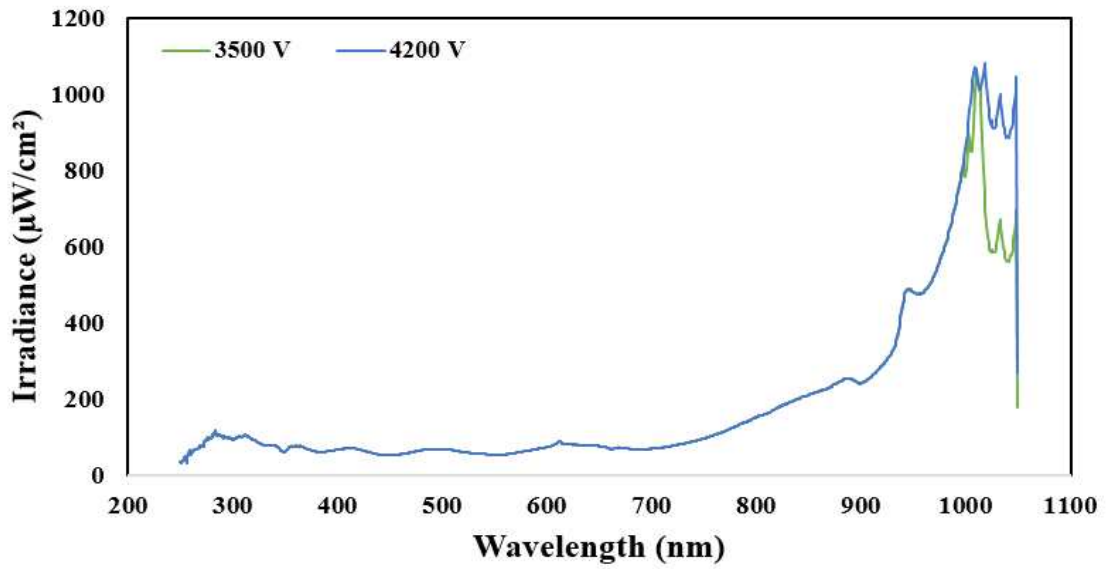


그림 39. CP3939 램프의 energy fluence

표 8. NL9553 램프의 조건별 energy fluence

DC voltage (V), Pulse duty (ms)	Energy fluence measured 8 cm apart ( $J/cm^2/pulse$ )	NL9553 Energy fluence ( $J/cm^2/600$ pulse)
1200 V, 0.5 ms	$8.70 \times 10^{-2}$	52.20
1200 V, 1.3 ms	$1.10 \times 10^{-1}$	66.22
1200 V, 2.1 ms	$1.23 \times 10^{-1}$	73.70
1800 V, 0.5 ms	$1.09 \times 10^{-1}$	65.47
1800 V, 1.3 ms	$1.31 \times 10^{-1}$	78.80
1800 V, 2.1 ms	$1.44 \times 10^{-1}$	86.55
2400 V, 0.5 ms	$1.26 \times 10^{-1}$	75.73
2400 V, 1.3 ms	$1.48 \times 10^{-1}$	88.86
2400 V, 2.1 ms	$1.60 \times 10^{-1}$	96.24

표 9. CP3939 램프의 energy fluence

DC voltage (V)	Energy fluence measured 7 cm apart ( $J/cm^2/pulse$ )	CP3939 Energy fluence ( $J/cm^2/600$ pulse)
4200 V	$1.56 \times 10^{-1}$	93.63



표 10. NL9553과 CP3939 램프의 total energy fluence

NL9553 Energy fluence (J/cm <sup>2</sup> /600 pulse)	CP3939 Energy fluence (J/cm <sup>2</sup> /600 pulse)	Total energy fluence (J/cm <sup>2</sup> /600 pulse)
52.20		145.83
66.22		159.85
73.70		167.33
65.47		159.10
78.80	93.63	172.43
86.55		180.18
75.73		169.36
88.86		182.49
96.24		189.87

## 라. IPL 처리 및 분말살균 결과

### ◆ 참깨 IPL 분말살균 실험 결과

- 각 조건에 대한 total energy fluence에 따른 참깨의 IPL 살균효과를 확인한 결과, 0.57 - 1.21 log reduction의 결과를 보였으며 전반적으로 total energy fluence가 증가함에 따라 살균력이 증가함. [그림 40]
- 살균효과는 최대 1.21 log reduction이며 살균력이 대략 1 log 초반 부분에 머물렀음. 본 과제를 수행하기 전 진행했던 광펄스 실험 결과(3.07 log)와 비교하면 현저히 떨어지는 수치이나, 이는 이전의 연구에서 사용되었던 광펄스 장비와 디자인이 다른 것에서 기인한 것으로 사료됨.
- 이전의 광펄스 장비는 높은 에너지 출력이 가능한 CP3939 램프 두 개를 chamber 바깥쪽에 마주보도록 설계하여 두 광원이 챔버 내부로 바로 들어오는 형태이고, 본 연구에 사용된 광펄스 장비는 에너지 출력이 비교적 낮은 NL 9553이 chamber 중앙에, 그리고 CP3939는 시료의 통로로 쓰였던 파이프 옆에 설치된 형태임.
- 석영관 파이프 부분으로 위치를 변경한 CP3939 램프를 통해 시료의 살균효과가 일어나는지 확인하기 위해 CP3939 램프만을 사용하여 참깨의 살균처리를 진행함. 처리 전압은 4200 V, frequency는 2 Hz로 동일하며 처리시간은 15 min, 30 min으로 설정함. [그림 41]
- 실험 결과, 15 min, 30 min 처리를 진행하였을 때 각각 0.66, 1.62 log reduction의 결과를 보였으며 이를 통해 시료가 파이프를 지나갈 때도 CP3939 램프를 통해 살균이 일어나지만 처리시간이 길다는 단점이 있는 것으로 확인됨.

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- 위와 같은 사항들을 고려하여 살균효율을 더욱 증가시키기 위해 과제 2차년도에서는 처리 챔버 내부에 NL9553 대신 광원 출력이 높은 CP3939를 설치하여 더욱 큰 에너지를 시료에 조사할 계획이며 이전 과제에서 사용하였던 장비의 재사용, 광원 램프 수명 확인 및 교체, 장비 디자인의 수정 등의 추가 개선 작업 및 연구를 통해 살균효과를 극대화하고자 함

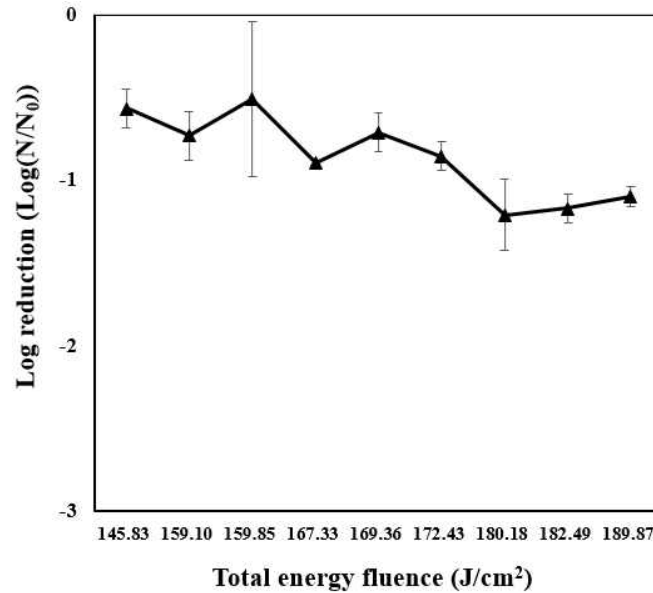


그림 40. Total energy fluence에 따른 챔개의 IPL 살균효과

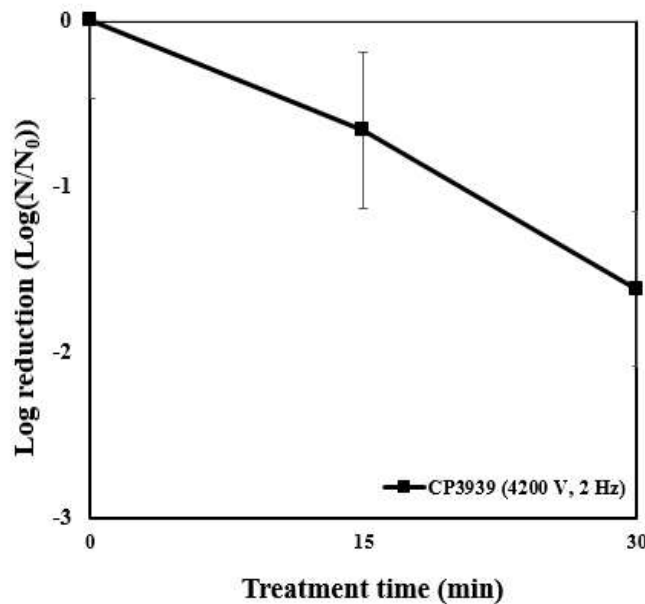


그림 41. CP3939 램프 처리 시 챔개 살균효과

◆ Blower의 조절을 통한 시료 간격 조절

- 석영관 파이프 부분에 설치된 CP3939 램프의 살균효과를 향상시키기 위해서 시료가 파이프를 통과하는 시간을 줄여보고자 하였음. 시료의 흐름을 돕는 Blower 배기관의 공기 배출 면적을

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

조절함으로써 파이프를 통과하는 시료의 속도를 낮추고 파이프를 이동하는 시료의 양을 기존보다 고르게 하여 IPL을 받는 시료의 표면적을 증가시키고자 하였음. [그림 42, 43, 44, 45]

- 기존의 Blower 조건은 control group으로, Blower 배기관의 공기 배출 면적을 조절한 조건은 experimental group으로 표기함.



그림 42. 기존 Blower 형태 (control)



그림 43. 배기구 조절 밸브를 설치한 Blower 형태 (experimental)



그림 44. 공기 배출 면적의 장·단축 길이

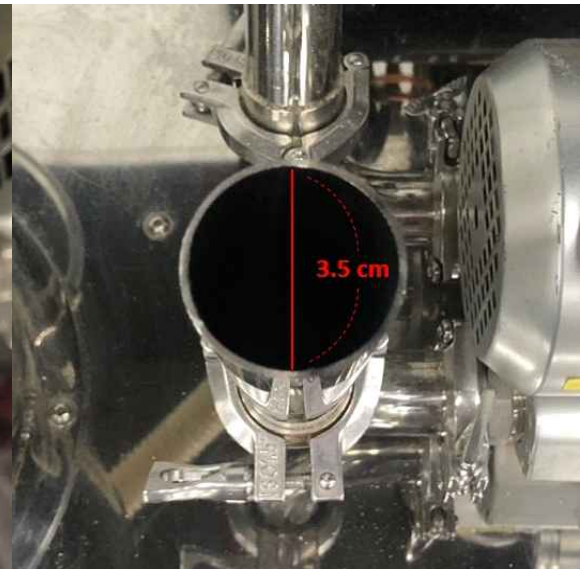


그림 45. 기존 Blower의 배기구 직경

- Blower 배기관의 면적을 감소시켰을 때 파이프를 통과하는 시료의 간격이 고르게 조절됨.
- 실험 결과, 기존 Blower 조건(control)으로 처리 시 최대 1.21 log reduction을 보인 반면 Blower의 배기구 면적을 줄인 조건(experimental design)으로 처리시 최대 0.99 log reduction을 보임. 이를 통해 시료의 이동 간격이 살균력 향상에 긍정적인 영향을 미치지 않

음을 확인함. [그림 46]다만 Blower 배기관의 면적을 감소시켜 살균처리를 진행할 경우 기존 조건보다 시료의 파손이 적었으며, 처리 과정 중 발생하는 weight loss가 감소하는 결과를 보임. [그림 47]

- 따라서 Blower 배기관 면적의 조절을 통한 시료 이동 형태의 조절은 추후 병합 살균장치에서 시료의 퀄리티와 경제성 측면에서의 향상을 위한 방안으로 고려해볼 수 있음.

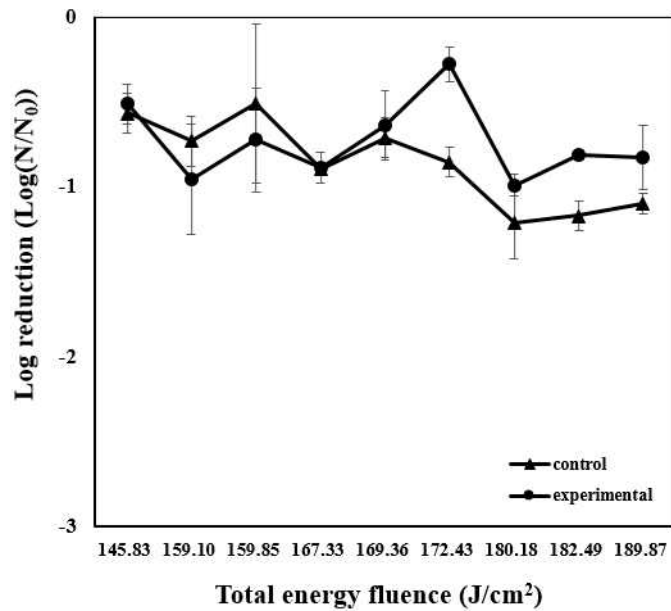


그림 46. Blower 조절 여부에 따른 참깨의 IPL 살균효과

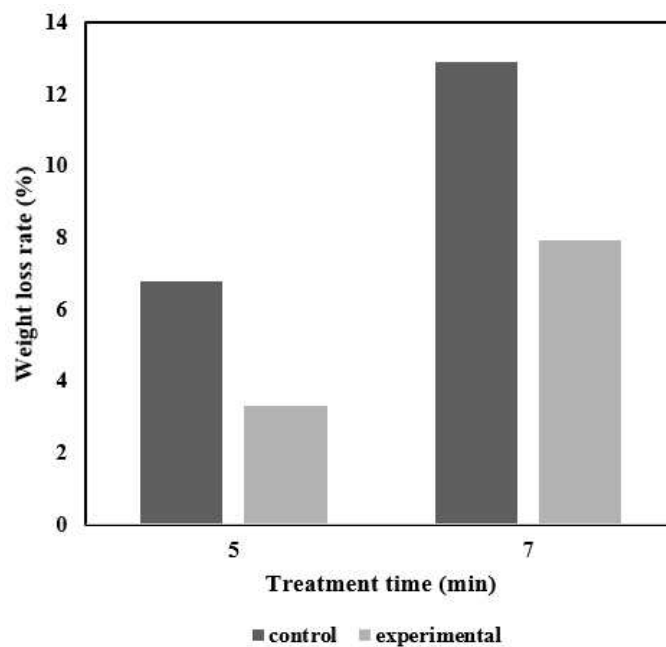


그림 47. Blower 배기관 조절 여부에 따른 weight loss

## - 1단계 2차년도

### (1) IPL 분말 살균 장비를 이용한 참깨 살균 수행

#### 가. Linear type IPL device (ver. L)

- 1차년도에서 사용한 광펄스 파일럿 장비는 시료가 회전하는 처리 챔버 내부에 NL9553 타입의 램프가 위치해 있었기 때문에 살균 처리 중 시료가 램프의 표면에 달라붙어 램프에서 빛이 방출되지 못하고, 램프 외벽에 엉겨 붙은 시료는 타는 현상이 발생함.
- 이를 해결하고자 장비 내부에 있는 NL9553 램프 대신 처리 챔버 외부에 CP3939를 부착하고 램프와 챔버 사이에는 투명한 석영판을 부착해 램프에서 방출된 빛이 챔버 내부까지 도달할 수 있도록 함.
- 해당 장비에는 CP3939 램프가 두 개 사용되었고, 각 램프에 Power supply system이 하나씩 연결되어 있음. Power supply의 출력 전압 범위는 두 램프 모두 1800-5000 V로 동일함.
- 실험 조건은 두 램프 모두 동일하게 설정했으며 DC voltage는 2800/3400/4000 V, Treatment time은 1/3/5/7/10 min, Frequency는 2 Hz로 실험을 진행함.
- 각 DC voltage에 따른 CP3939 xenon lamp의 energy fluence는 [그림 48]와 같으며, 처리된 total energy fluence는 14.84-345.05 J/cm<sup>2</sup>임.
- [그림 49]의 장비 디자인은 side lamp 바로 옆에 설치된 석영 파이프가 직선형인 점을 감안하여 ver. L (Linear type) IPL 장치라고 명명함.

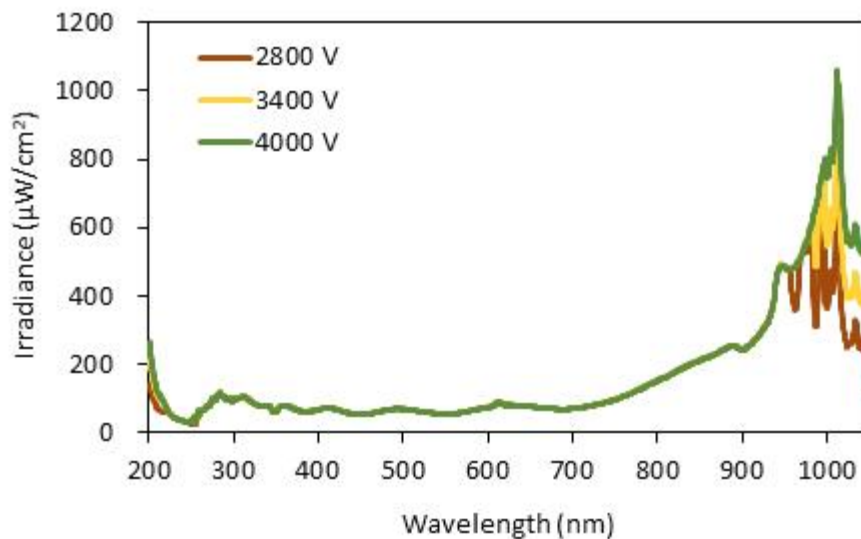


그림 48. CP3939 lamp의 파장별 irradiance 그래프

- 참깨 150 g을 각 조건에 맞게 처리한 뒤, 곧바로 일반세균과 진균류(곰팡이 및 효모)에 대한 미생물 분석을 수행함.
- 미생물 분석은 처리한 참깨를 clean bench에서 10 g을 무게를 잰 후, 0.85% NaCl 90 ml와 균질화를 시킨 혼합액을 10<sup>5</sup>까지 희석해 사용함.

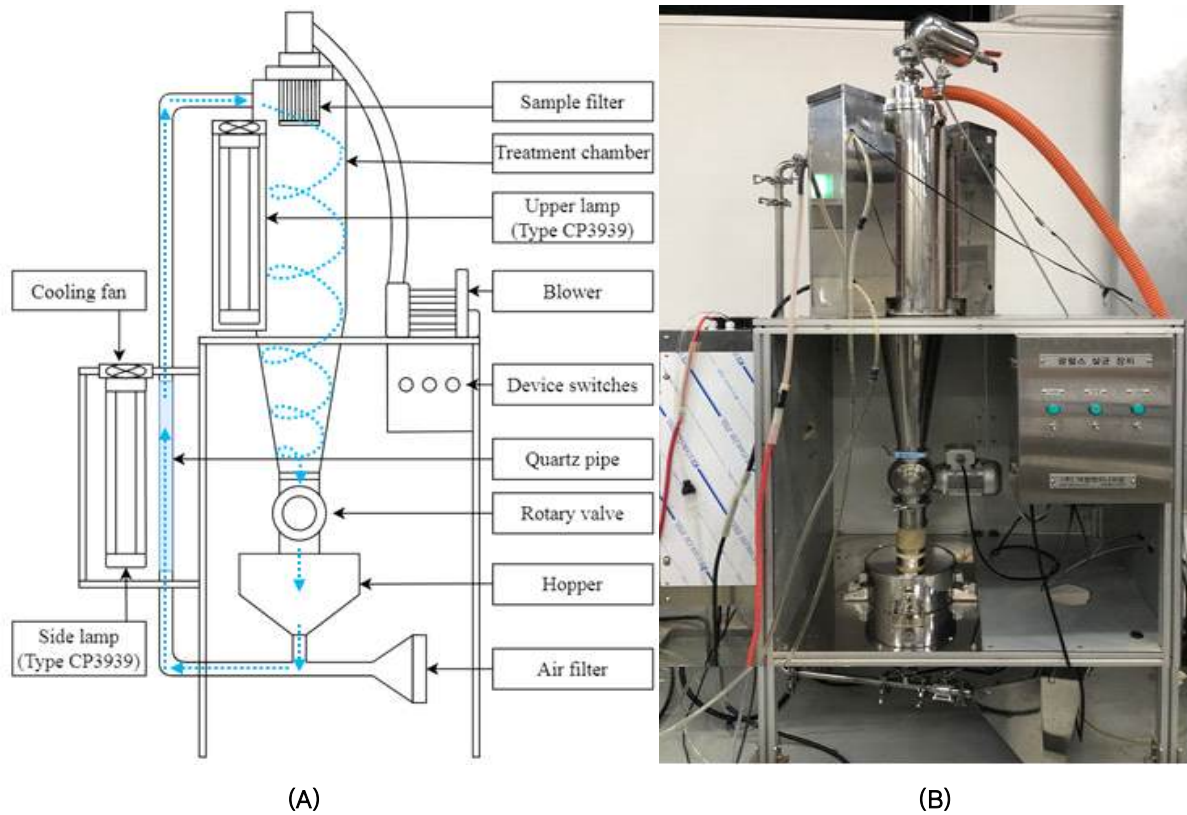


그림 49. Linear type IPL device의 모식도 (A)와 실제 장비 사진 (B)

- 일반세균은 Plate count agar(PCA)에 각 단계의 희석액을 0.1 ml씩 분주해 도말하고, 이를 35°C로 설정한 incubator에서 24시간 배양함.
- 진균류는 Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol(DRBC) agar에 각 단계의 희석액을 0.1 ml씩 분주해 도말하고, 이를 25°C로 설정한 incubator에서 5일간 배양함.
- 배양을 마친 고체배지에서 30~300개의 colony를 가진 배지를 계수한 후 식품공전을 참고하여 균수를 계산함.
- 실험 결과, [그림 50]과 같이 4000 V, 5 min 처리시 일반세균은 1.01 log reduction, 진균류는 1.60 log reduction의 최대 살균 효과를 보임.
- 2800 V 조건에서 일반세균은 5 min 처리시 최대 0.82 log reduction, 진균류는 10 min 조건에서 최대 1.14 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 3400 V 조건에서 일반세균은 5 min 처리시 최대 0.95 log reduction, 진균류는 5-7 min 처리시 최대 1.22 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 특히 일반세균의 모든 전압 조건과 진균류의 4000 V 조건에서 5 min 이상 처리할 경우 살균력이 감소하는 경향을 보이는데, 5 min 이상 처리 시 참깨 내부에서 새어 나온 기름이 석영관 내부 표면을 불투명하게 했기 때문이라 사료됨.
- 이는 side lamp에서 방출되는 빛의 투과력을 감소하여 살균 효과 역시 감소하는 결과를 나타냄.



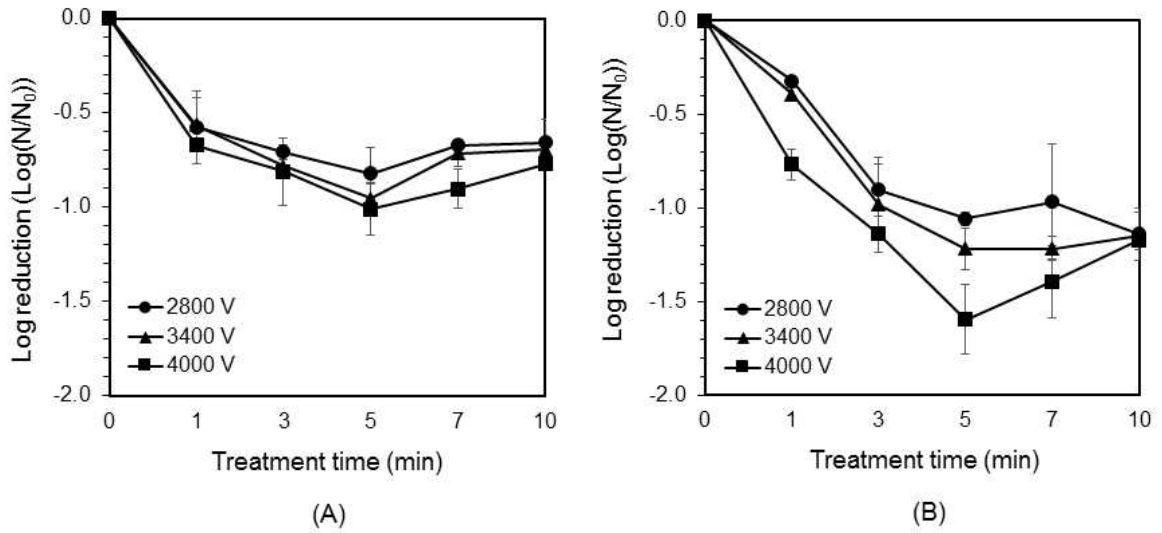


그림 50. ver. L 장비를 사용한 참깨의 일반세균 (A) 및 진균류 (B)의 살균 결과

#### 나. Curve type IPL device (ver. C)

- 살균력을 향상시키고자 [그림 51]과 같이 side lamp 옆에 설치된 직선형의 석영 파이프 대신 curve type의 cell을 설치하여 실험을 진행함.
- Side lamp의 빛을 받을 수 있는 시료의 경로가 ver.L 장비에서는 45 cm였으나 cell 교체를 통해 71 cm로 약 1.58배 증가함.

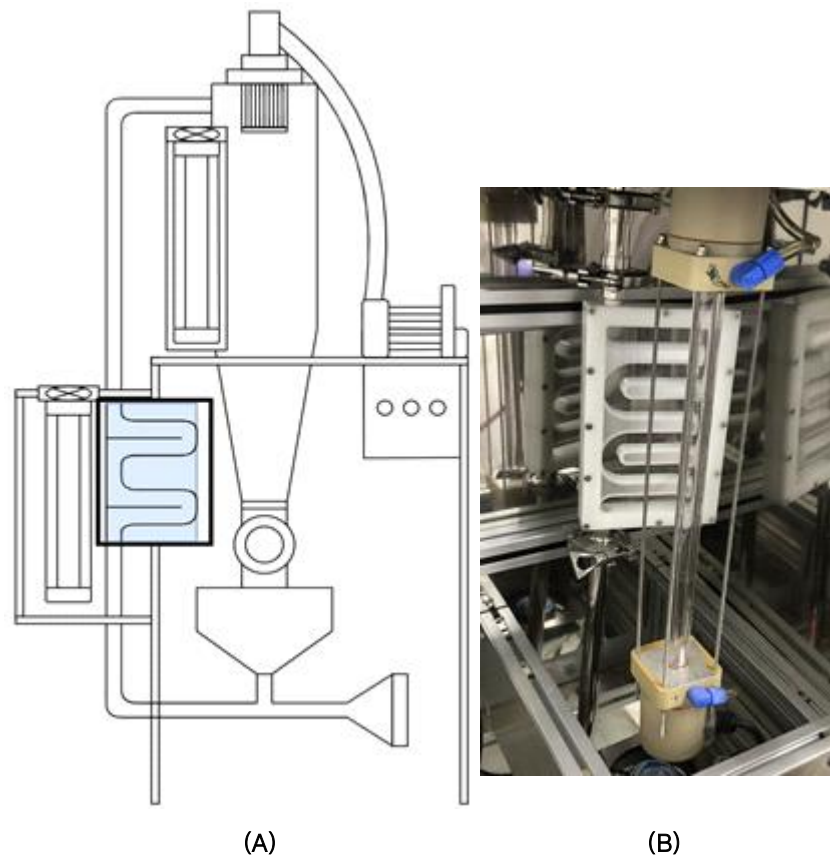


그림 51. Curve type IPL device의 모식도 (A)와 curve type cell이 설치된 모습 (B)



- 직선형에서 곡선형으로 변경됨에 따라 곡선 부분에서 시료가 자주 회전하는 현상을 관찰하였으며, 이로 인해 시료가 빛을 받는 표면적이 증가하게 될 것으로 판단하여, 여러 조건에 따른 살균 실험을 진행함.
- 실험 조건은 ver. L에서 수행한 조건과 동일하게 DC voltage는 2800/3400/4000 V, treatment time은 1/3/5/7/10 min, frequency는 2 Hz로 실험을 진행함.
- 실험 결과, [그림 52]과 같이 4000 V, 10 min 조건에서 일반세균은 최대 1.57 log reduction, 진균류는 최대 1.47 log reduction의 살균 효과를 나타냄.
- 2800 V 조건에서 일반세균은 7 min 처리시 최대 0.88 log reduction, 진균류는 10 min 조건에서 최대 1.06 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 3400 V 조건에서 일반세균은 7 min 처리시 최대 1.06 log reduction, 진균류는 5-7 min 처리시 최대 1.08 log reduction의 살균 효과를 보임.
- ver. L 장비와 달리 5 min 이상에서도 살균 효과가 증가하는 것을 확인하였고, 실험이 진행되는 10 min 이상의 조건에서도 curve type cell의 석영판 내부 표면이 투명하게 유지되는 것을 확인하였으며 이것이 살균 효과의 지속적인 증가에 영향을 미친 것으로 판단됨.

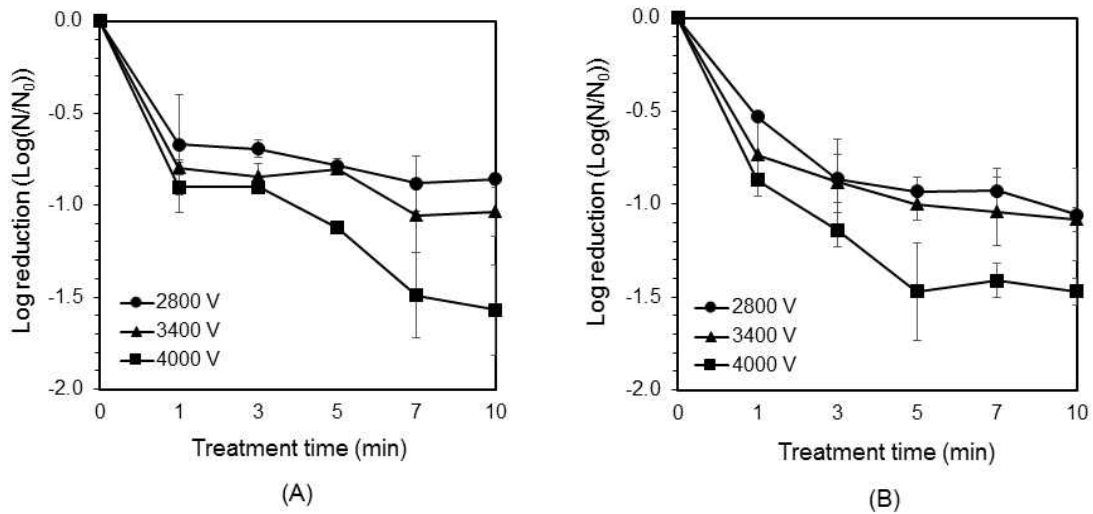


그림 52. ver. C 장비를 사용한 참깨의 일반세균 (A) 및 진균류 (B)의 살균 결과

- ver. L과 ver. C 장비로 실험한 살균 효과를 [그림 53]와 같이 비교했으며, 특히 4000 V, 7-10 min 조건에서 ver. C의 살균력이 큰 향상을 보였으며 4000 V, 10 min 조건에서 ver. C 장비가 최대 0.8 log reduction의 추가 살균 효과를 보임.
- 이는 시료가 빛을 받는 경로의 길이가 증가했고, 곡선 부분에서 시료가 회전됨에 따라 빛을 받을 수 있는 면적이 증가했기 때문임.
- 또한, 곡선형의 경로는 시료 흐름을 유연하게 해 시료가 부서지는 현상을 최소화했고, 이를 통해 석영 내부 표면이 투명하게 유지됨.

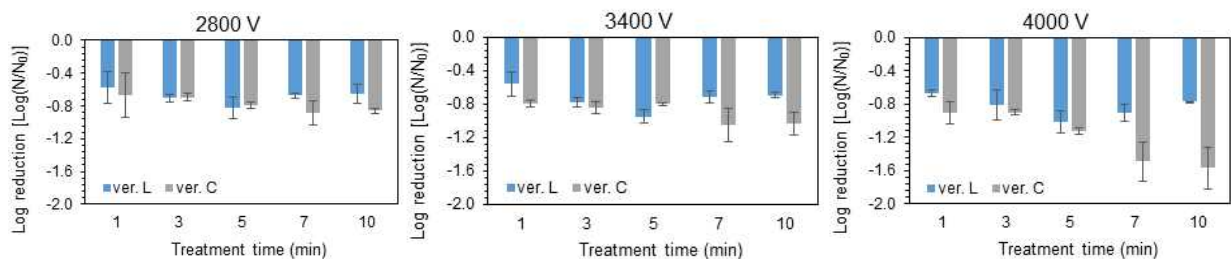


그림 53. ver. L과 ver. C 장비의 살균효과 비교

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- 추가로 Frequency에 따른 살균 효과를 확인하기 위해 ver. C 장비로 1 Hz의 조건에서 실험을 진행함.
- 실험 결과, [그림 54]과 같이, 4000 V, 10 min 조건에서 일반세균은 최대 1.56 log reduction, 진균류는 최대 1.66 log reduction의 살균 효과를 나타냄.
- 2800 V 조건에서 일반세균은 7 min 처리시 최대 0.90 log reduction, 진균류는 10 min 처리시 최대 1.37 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 3400 V 조건에서 일반세균은 10 min 처리시 최대 1.08 log reduction, 진균류는 10 min 처리시 최대 1.17 log reduction의 살균 효과를 보임.

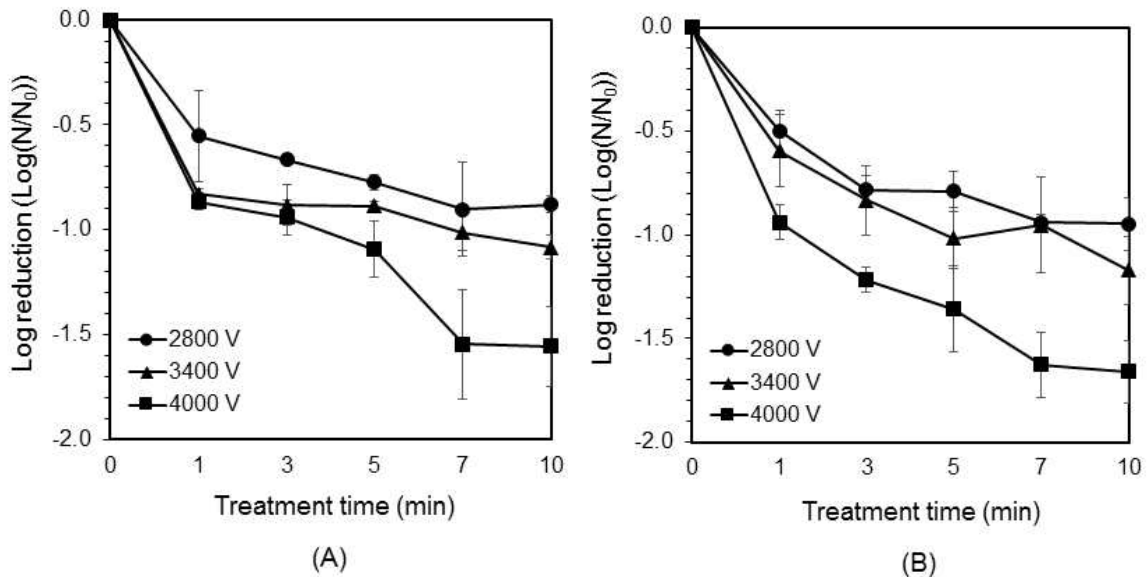


그림 54. ver. C 장비에서 1 Hz 조건으로 실험한 참깨의 일반세균 (A) 및 진균류 (B)의 살균 결과

- 두 가지 frequency 조건으로 실험한 결과를 [그림 54]과 같이 비교한 결과 유의수준 95%에서 모든 조건에 대해 유의한 차이를 보이지 않음.
- 따라서 1 Hz의 조건이 2 Hz에 비해 에너지 소비량은 2배 적지만 살균력에는 차이가 없기 때문에 frequency를 낮은 조건이 에너지 소비 측면에서 효율적임을 확인함.

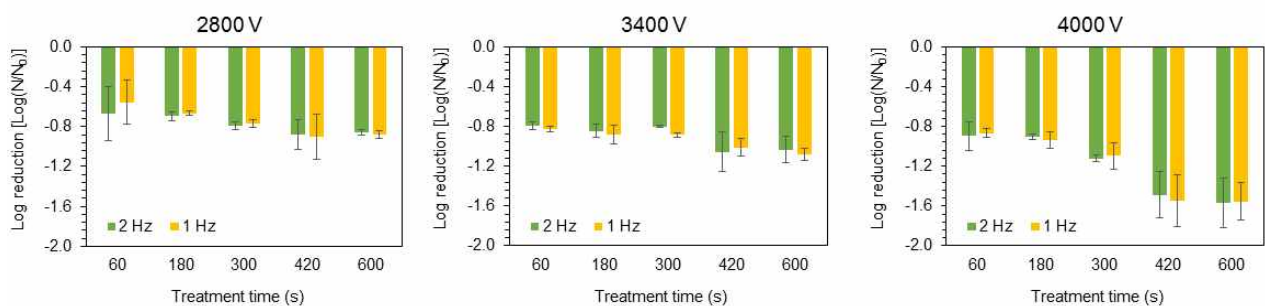


그림 54. ver. C 장비에서 Frequency 조건을 달리한 살균효과 비교

- 1 Hz 조건에서 Treatment time이 늘어남에 따른 살균 효과를 보기 위해 12/15/18/20 min 까지 IPL 살균 실험을 수행함.
- 실험 결과, [그림 55]과 같이 4000 V, 20 min 조건에서 일반세균은 최대 1.86 log reduction, 진균류는 최대 1.99 log reduction의 살균 효과를 나타냄.
- 2800 V, 20 min 조건에서 일반세균은 최대 1.30 log reduction, 진균류는 최대 1.37 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 3400 V, 20 min 조건에서 일반세균은 최대 1.64 log reduction, 진균류는 최대 1.69 log reduction의 살균 효과를 보임.

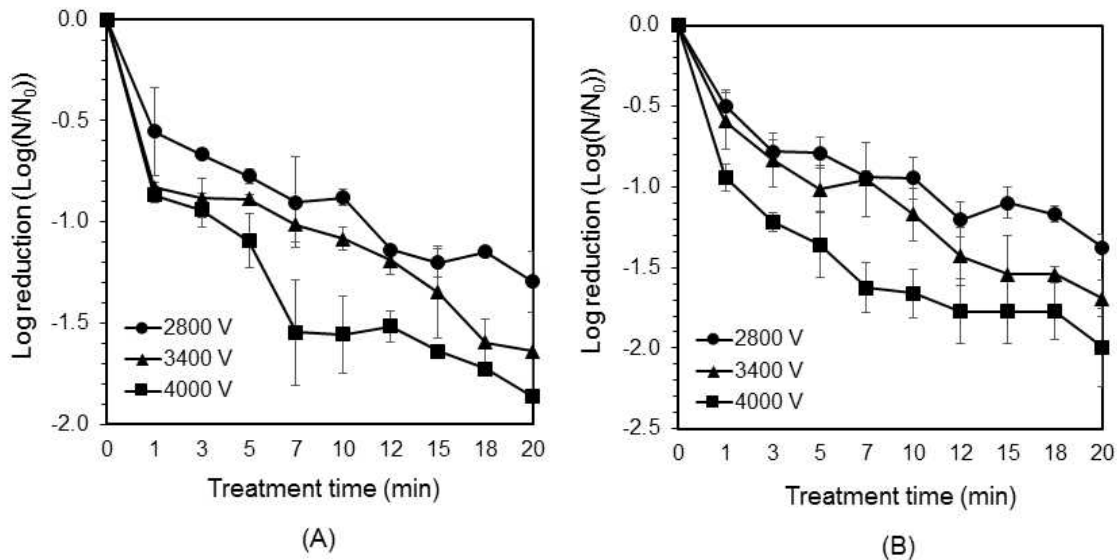


그림 55. ver. C, 1 Hz 조건으로 처리 시간을 늘린 참깨의 일반세균 (A) 및 진균류 (B)의 살균 결과

#### 다. Curve type IPL device (ver. C) + 음이온 발생장치 병합살균

- 살균 효과의 증대를 위해 [그림 56]와 같이 ver. C IPL 장비와 음이온 발생장치를 연결한 병합살균 장치를 이용해 참깨에 대한 살균을 진행함.
- 실험 조건은 DC voltage는 3400/4000 V, treatment time은 1/3/5/7 min, frequency는 1 Hz로 설정함.
- 음이온 발생장치는 세기를 4개의 단계로 조절할 수 있으며 실험에서는 단계 4의 조건으로 설정해 음이온을 최대로 발생시킴.

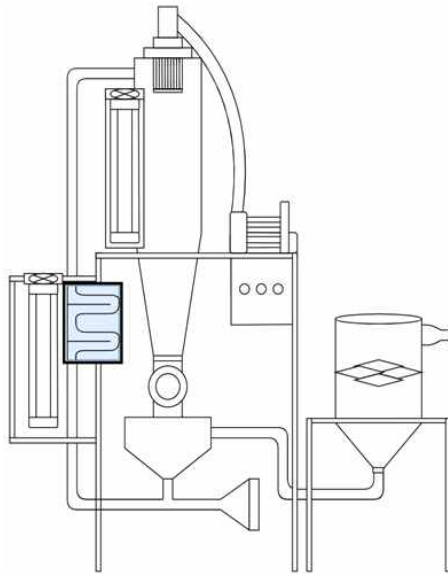


그림 56. Curve type IPL device와 음이온 발생장치를 연결한 모식도



그림 57. 음이온 발생장치 사진

- 실험 결과, [그림 58]과 같이 일반세균은 3400 V, 5 min 조건에서 최대 1.00 log reduction의 효과를 보였으며, 진균류는 3400 V, 7 min 조건에서 최대 1.17 log reduction의 살균효과를 나타냄.
- 4000 V 조건에서는 5 min 처리 시, 일반세균은 최대 0.98 log reduction, 진균류는 최대 1.09 log reduction의 살균효과를 나타냄.

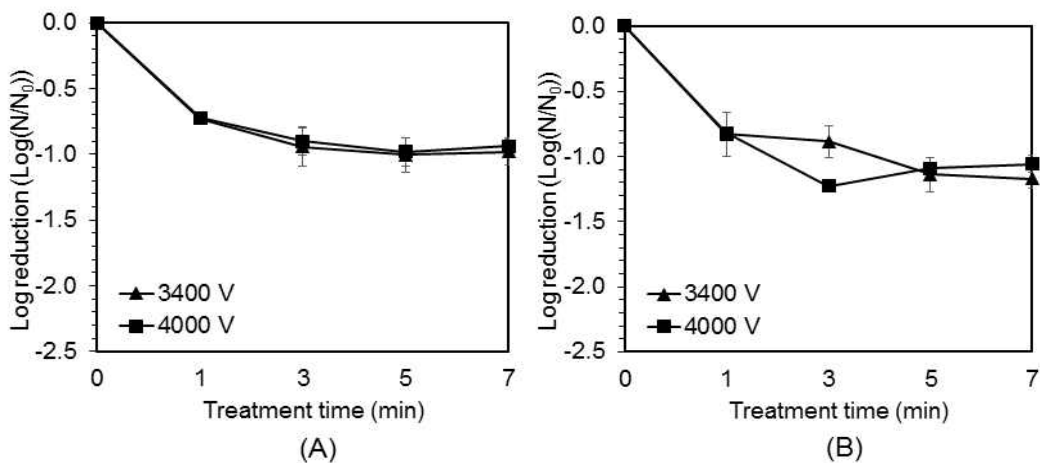


그림 58. IPL과 음이온 발생장치를 사용한 참깨의 일반세균 (A)과 진균류 (B)의 병합살균 결과

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- 병합살균 결과를 기존 IPL 살균 결과와 비교한 결과, [그림 59]와 같이 음이온의 병합처리는 살균효과 향상에 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함.
- 미생물의 저감효과를 log reduction으로 나타내어 제시하였으나, 병합살균장비 효과에 대한 이해의 용이성을 위하여 백분율로 계산함.
- 4000 V, 7 min의 처리 조건에서의 사멸율을 비교했을 때 일반세균의 경우, IPL 단독 처리 시 25.28%의 사멸율을 보이는 반면, IPL+음이온 병합 처리 시 15.32%의 사멸율을 보임.
- 동일한 조건에서 진균류의 경우, IPL 단독 처리 시 37.87%의 사멸율을 보이는 반면, IPL+음이온 병합 처리 시 24.60%의 사멸율을 보임.
- 따라서 살균 효과를 증대시키기 위해 다양한 위치에서 음이온을 적용하여 그 효과를 비교하거나 다른 기술과의 병합처리가 필요한 것으로 보임.

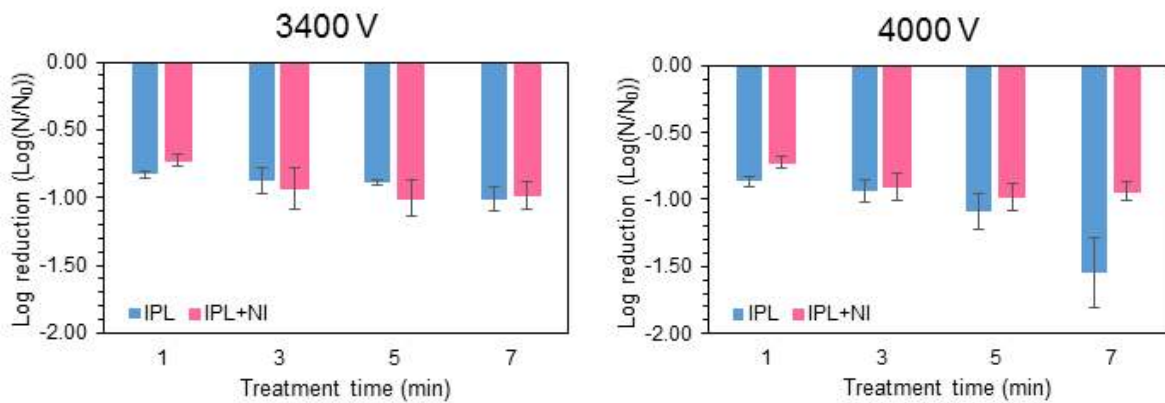


그림 59. 음이온 사용 여부에 따른 참가의 일반세균 살균 결과 비교

#### 라. Curve+ type IPL device (ver. C+)

- ver. C 장비를 이용하여 미생물 저감효과가 증가함을 확인함에 따라 곡선 형태의 시료 이동 경로를 더욱 확장해 설치하였으며 [그림 60]와 같음.

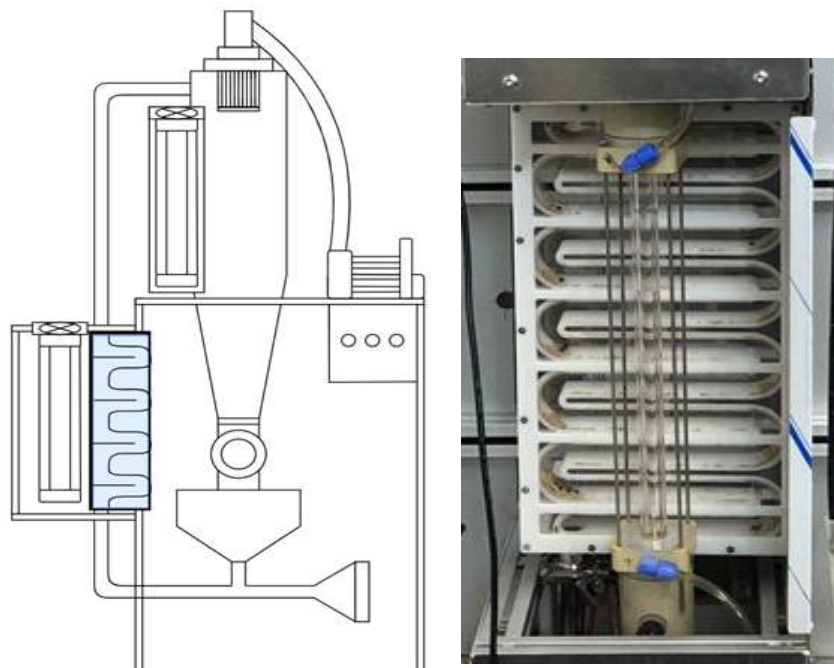


그림 60. Curve+ type IPL device의 모식도 (A)와 curve+ type cell이 설치된 모습 (B)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- 확장된 curve+ type cell의 시료 이동 경로 길이는 280 cm이며, 이는 ver. C에서 사용한 curve type cell보다 길이가 약 3.94배 연장됨.
- 해당 장비를 통해 side lamp의 빛을 받을 수 있는 시간을 늘려 더욱 높은 살균 효과를 얻고자 하였으며, 처리 조건은 DC voltage는 2800/3400/4000 V, treatment time은 1/3/5/7/10 min, frequency는 1 Hz로 설정함.
- 실험 결과, [그림 61]와 같이, 4000 V, 10 min 조건에서 일반세균은 1.90 log reduction, 진균류는 2.24 log reduction의 살균효과를 나타냄.
- 2800 V, 10 min 조건에서 일반세균은 최대 1.15 log reduction, 진균류는 최대 1.70 log reduction의 살균 효과를 보임. 3400 V 조건에서 일반세균은 7 min 처리시 최대 1.64 log reduction, 진균류는 10 min 처리시 1.69 log reduction의 살균 효과를 보임.

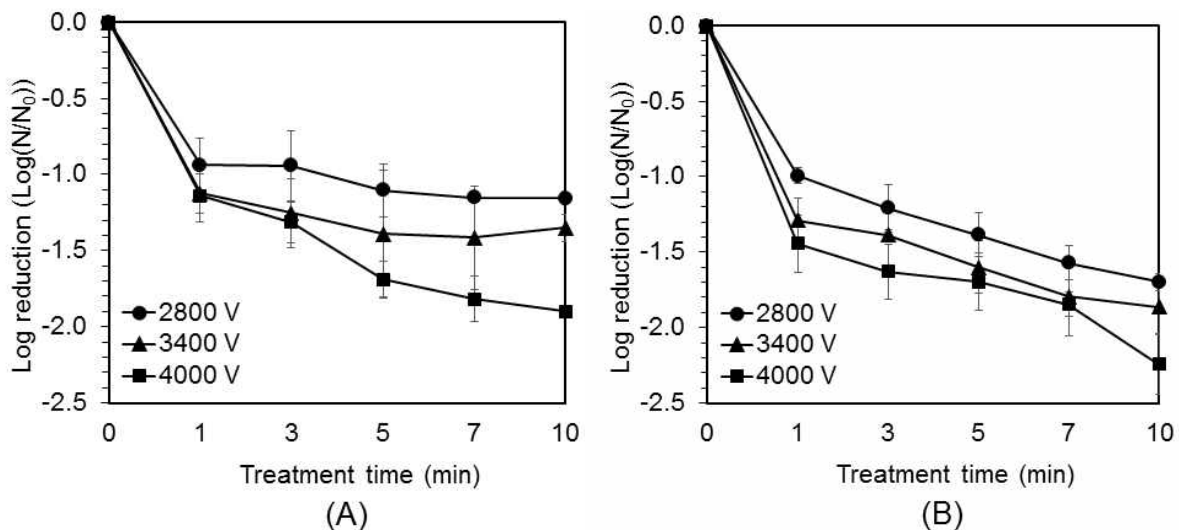


그림 61. ver. C+ 장비를 사용한 참깨의 일반세균 (A) 및 진균류 (B)의 살균 결과

- [그림 62]과 같이 ver. C+ 장비가 ver. C 장비보다 살균 효과가 높게 나타난 것을 확인함.
- 이를 통해, 빛을 받을 수 있는 경로가 증가함에 따라 살균 효과가 증가한다는 점을 확인함.

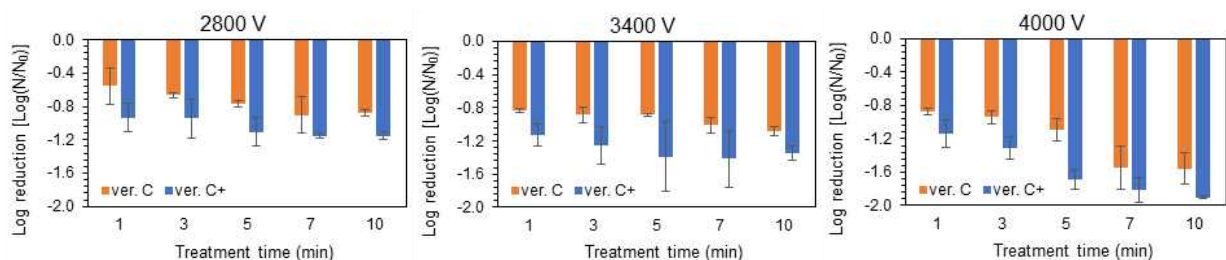


그림 62. ver. C와 ver. C+ 장비에서의 일반세균 살균효과 비교

- 추가적인 살균 효과를 확인하고자 [그림 63]과 같이 treatment time을 연장해 최대 20 min 까지 실험을 진행함.
- 실험 결과, DC voltage와 treatment time이 증가함에 따라 살균 효과가 증가하는 경향을 보였으며, 4000 V, 20 min 조건에서 일반세균은 최대 2.27 log reduction, 진균류는 최대 2.77 log reduction을 보임.
- 2800 V, 20 min 조건에서 일반세균은 최대 1.71 log reduction, 진균류는 최대 2.10 log reduction의 살균 효과를 보임.



- 3400 V, 20 min 조건에서 일반세균은 최대 1.99 log reduction, 진균류는 최대 2.46 log reduction의 살균 효과를 보임.

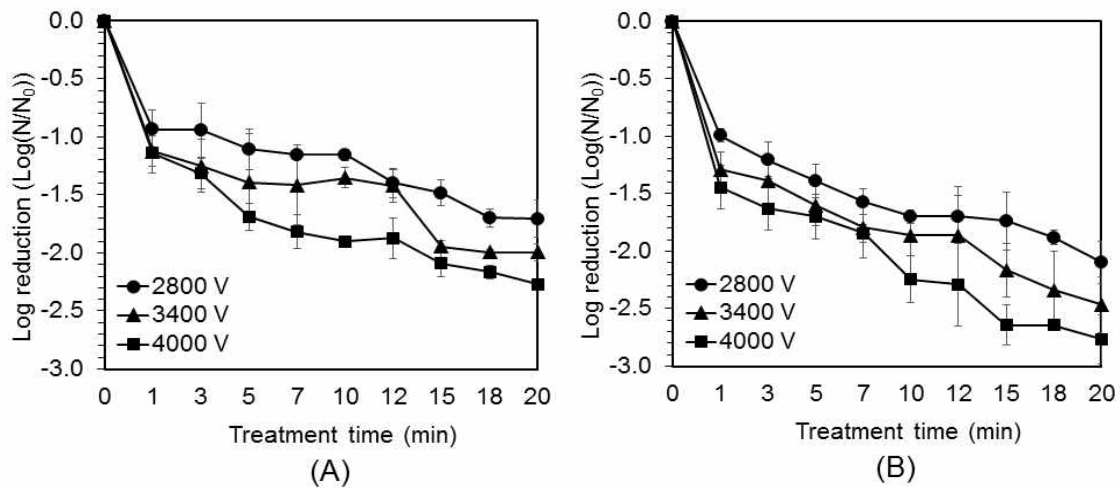


그림 63. ver. C+ 장비를 사용한 참깨의 일반세균(A) 및 진균류(B)의 처리시간을 연장한 살균 결과

- [그림 64]와 같이, 처리 챔버에 부착된 upper lamp를 side lamp의 위치로 변경하여 curve+ type cell의 앞뒤로 빛을 방출하여 시료가 빛을 받는 표면적을 늘림과 동시에 curve+ type cell의 사각지대까지 빛을 닿게 하고자 함.
- 실험 조건은 DC voltage는 2800/3400/4000 V, treatment time은 1-20 min, frequency는 1 Hz로 설정해 실험을 진행함.

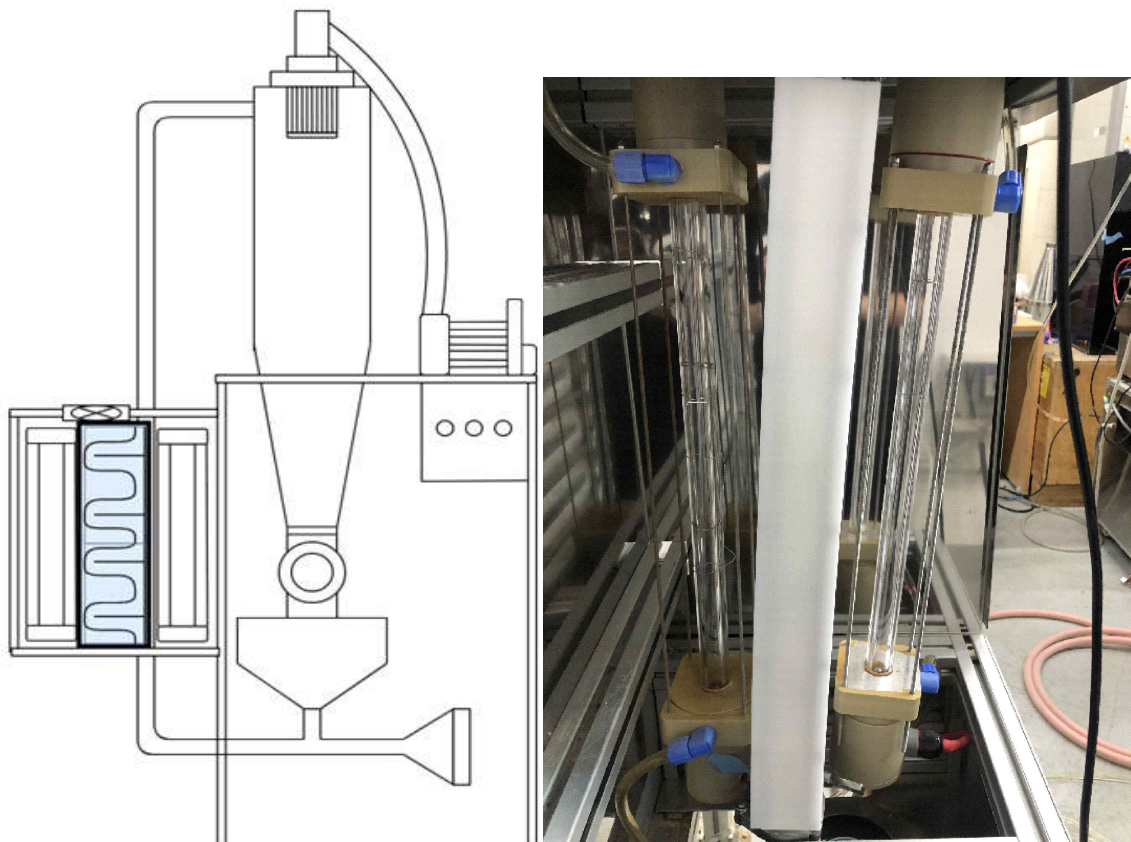


그림 64. Curve+ type IPL device의 램프 위치를 변경한 모식도 (A)와 curve+ type cell 앞뒤로 램프를 설치한 모습 (B)



- 실험 결과, [그림 65]과 같이 4000 V, 10 min 조건에서 일반세균은 1.49 log reduction, 진균류는 1.75 log reduction의 살균 효과를 나타냈으며, 최대 조건인 4000 V, 20 min 조건에서 일반세균은 1.94 log reduction, 진균류는 2.20 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 2800 V에서 20 min 처리시, 일반세균은 최대 1.47 log reduction, 진균류는 최대 1.94 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 3400 V에서 20 min 처리시, 일반세균은 최대 1.69 log reduction, 진균류는 최대 1.86 log reduction의 살균 효과를 보임.

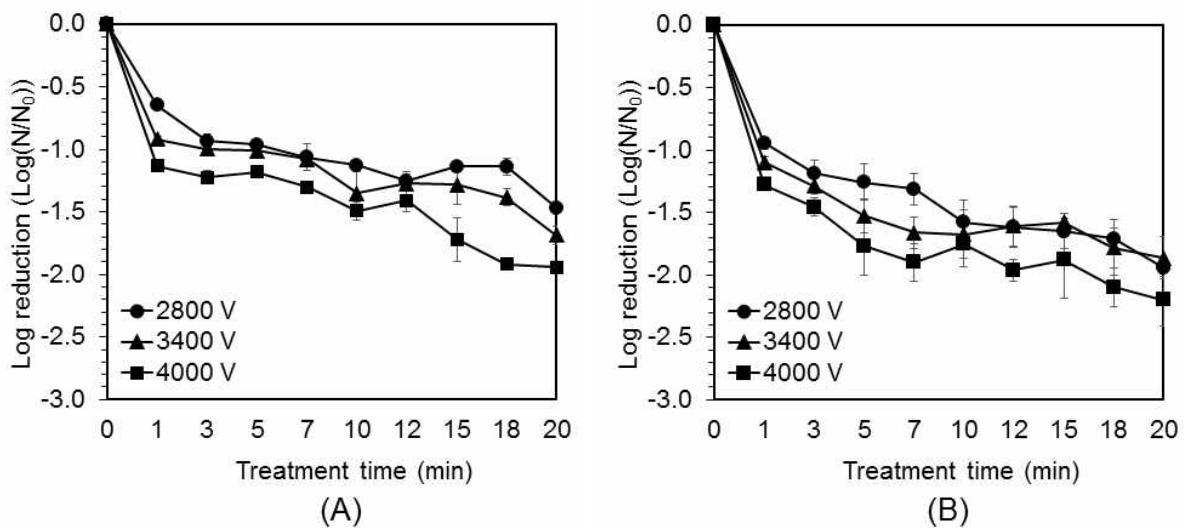


그림 65. ver. C+ 장비에서 램프의 위치를 변경한 참깨의 일반세균 (A) 및 진균류 (B)의 살균 결과

- upper 및 side lamp를 하나씩 사용한 ver. C+ 장비와 두 개의 side lamp를 사용한 ver. C+ 장비로 실험한 결과를 [그림 67]와 같이 비교함.
- 이를 통해 3400, 4000 V 조건에서 upper lamp와 side lamp를 사용한 조건이 살균에 더욱 효과적이라는 점을 확인함.

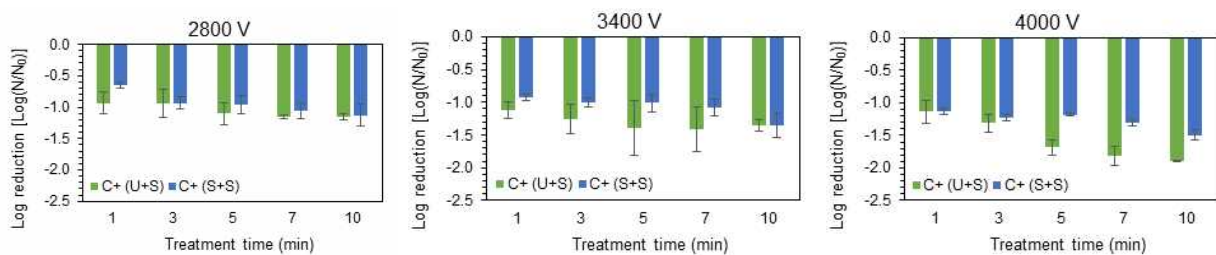


그림 66. ver. C+ 장비에서 램프 위치를 변경해 실험한 결과 비교 (U: Upper lamp, S: Side lamp)

- ver. C 장비를 사용한 실험 결과와 ver. C+ 장비의 램프 위치를 다르게 한 실험 결과를 [그림 67]와 같이 비교한 결과, ver. C+ 장비에 upper lamp와 side lamp를 적용한 디자인이 참깨 살균에 가장 효과적인 디자인임을 확인함.
- 해당 실험들을 통해 side lamp, 곡선형의 경로, 길이의 연장을 통해 살균 효과를 증가시킬 수 있다는 점을 확인함.
- 해당 디자인을 병합살균 장비에 적용함으로써 더 나은 살균 효과를 기대할 수 있음.
- 추가적으로 다양한 시료들에 대한 살균 효과를 확인하여 시료의 종류에 따라 살균 효과가 어떻게 달라지는지 확인해보고자 함.

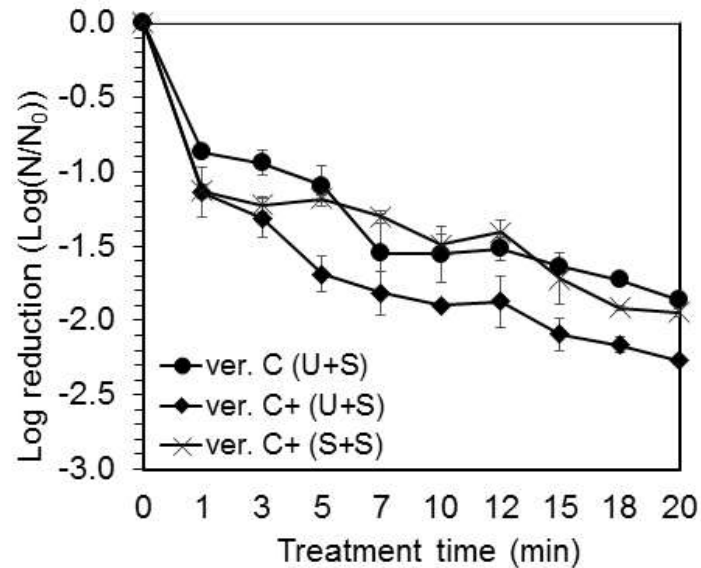


그림 67. 세 가지 디자인의 광펄스 장비를 이용해 4000 V 조건에서 참깨의 일반세균 살균 결과 비교

## (2) IPL 살균에 따른 물리적 특성 변화 확인

- 가장 살균효과가 좋았던 ver. C+ (U+S) 장비를 사용한 4000 V, 1-20 min, 1 Hz 조건의 실험에서 IPL 처리 전후로 각 물리적 특성을 측정하고 그 차이를 확인함.

### 가. 참깨의 기능성 성분 분석

- 참깨의 대표적인 기능성 성분인 sesamin과 sesamol을 HPLC를 이용해 정량분석을 실시함.
- 전처리 및 분석 방법은 N. Rangkadilok et al. (2010)을 참고하여 실험을 진행함.
- IPL을 처리한 참깨 2 g을 막자사발로 갈아준 뒤 0.5 g을 15 ml 플라스틱 튜브에 넣어주고, 80% methanol 5 ml를 넣어 30 분동안 1차 추출을 진행함.
- 1차 추출이 끝난 튜브를 원심분리기에서 4000 rpm, 15 min 동안 처리한 후, 상층액을 분리함.
- 남은 잔여물에 80% methanol을 넣은 후 1차 추출과 동일한 방법으로 2차 추출을 진행한 후 상층액을 분리해 1차 추출물과 혼합함.
- 추출물을 0.45  $\mu$ m PVDF filter를 이용해 남아있는 잔여물을 걸러준 뒤 이를 HPLC (High-performance liquid chromatography)와 Capcell PAK C18 column (5  $\mu$ m, 250 x 4.6 mm i.d.)을 통해 정량분석을 진행함.
- 이동상으로 HPLC용 water (solvent A)와 methanol (solvent B)를 사용해 gradient mode로 분석 방법을 설정했으며, 처리 시간에 따른 이동상의 비율은 [표 11]과 같음.
- Flow rate은 1.0 ml/min, injection volume은 20  $\mu$ l, UV detection은 280 nm, total run time은 26 min의 조건으로 실험을 진행함.

표 11. sesamin과 sesamolin의 정량분석을 위한 HPLC gradient system

Time (min)	Water (%)	Methanol (%)
0	95	5
5	82	18
10	65	35
15	38	62
18	20	80
22	20	80
23	95	5

- 분석 결과, [그림 69]과 같이 IPL 처리 전후의 참깨 내부에 존재하는 sesamin과 sesamolin의 성분의 함량에 차이가 없었음.
- 이를 통해 IPL 처리는 식품 내부 성분에 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함.

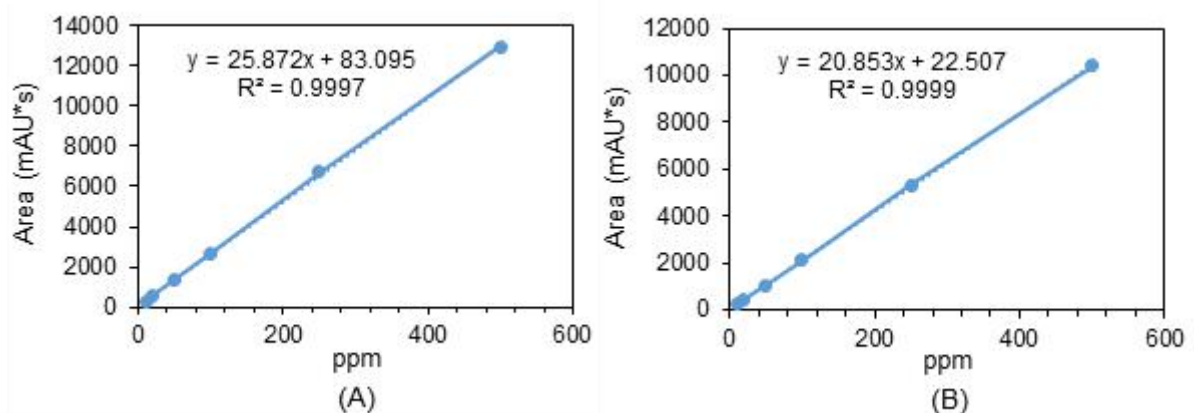


그림 68. sesamin (A)과 sesamolin (B)의 standard curve

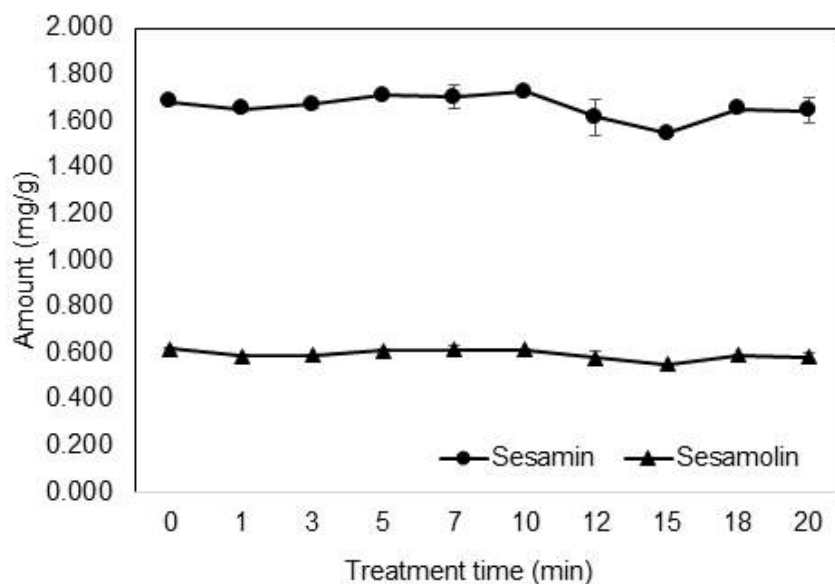


그림 69. 참깨의 IPL 처리 전후에 대한 sesamin과 sesamolin의 HPLC 정량분석 결과

### 나. pH

- pH meter (Orion 320, Thermo Electron Co., USA)를 이용해 시료 3 g과 증류수 27 ml를 혼합하여 균질화한 후 5°C의 온도로 맞춰 측정함.
- 참깨의 IPL 처리 전후에 대한 pH 분석 결과, [그림 70]와 같이 처리 조건 간에 유의적인 차이를 보이지 않음.
- 이를 통해 IPL 처리는 참깨의 pH에 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함.

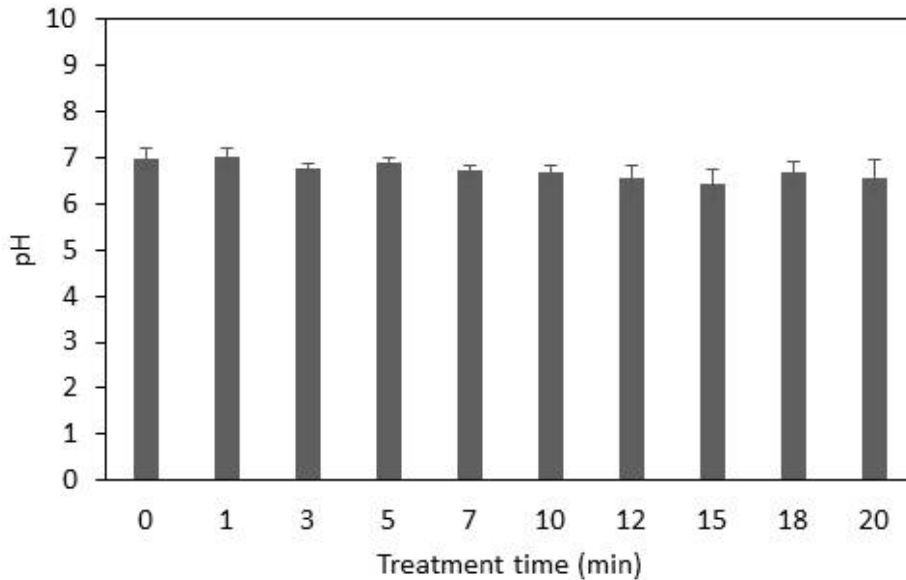


그림 70. 참깨의 IPL 처리 전후에 대한 pH 분석 결과

### 다. 수분함량

- IR water content analyzer (FD-660, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)를 이용해 시료 7 g을 130°C 조건으로 설정하여 IPL 처리 전후의 참깨 수분함량을 측정함.
- 측정 결과, [그림 71]과 같이 IPL 처리 전후의 참깨 수분함량에 대한 유의적인 차이가 없었으며, 이를 통해 IPL 처리는 참깨의 수분함량에 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함.

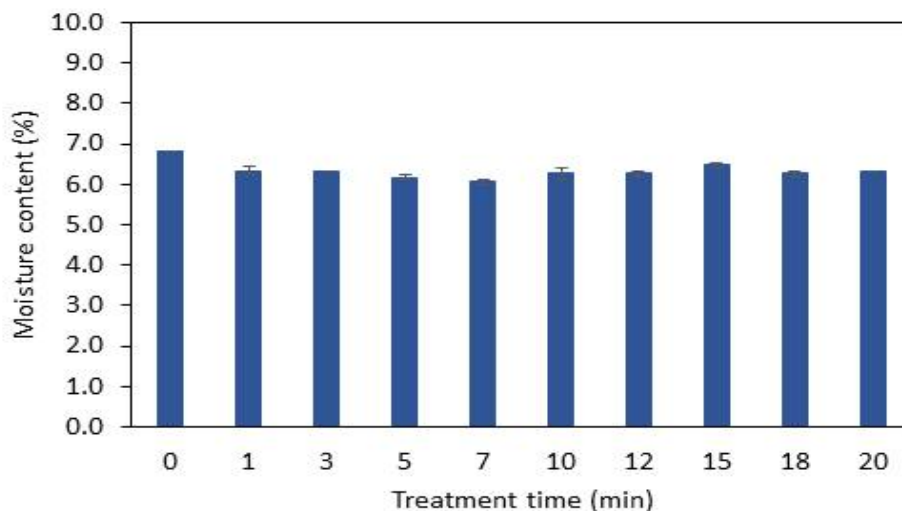


그림 71. 참깨의 IPL 처리 전후에 대한 수분함량 분석 결과

## 라. 참깨 표면 및 처리 챔버 내부의 온도

- 참깨의 표면 온도는 Non-contact infrared thermometer (IT700-1, CAS, Yangju, Korea)를 이용해 5 cm 거리에서 IPL 처리 전후로 온도를 측정함.
- 챔버 내부 온도는 F0 monitor (Ellab TrackSense<sup>®</sup> Prosensor, Hilleroed, Denmark)를 이용해 측정함.
- 실험 결과, [그림 72]과 같이 챔버 내부 온도는 20 min 처리 시 최대 17.33°C 증가했으나, 같은 시간 처리 시 참깨의 표면 온도는 최대 2.47°C 증가함.
- 이를 통해 IPL 분말살균 장비는 살균 처리 시 시료의 표면 온도에 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함.

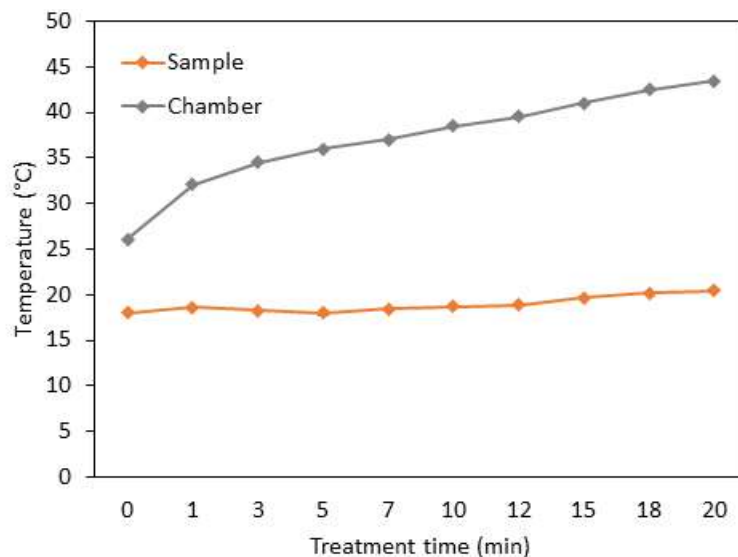


그림 72. 참깨의 IPL 처리 전후에 대한 온도 분석 결과

## (3) IPL 분말 살균 장비를 이용한 버섯환 살균 수행

### 가. 시료의 선정 및 구매

- 표고버섯은 필수 아미노산과 필수지방산인 리놀레산, 그리고 미네랄, 비타민 등의 영양성분이 풍부하여 원료 그 자체로서의 가치가 뛰어난 고부가 가치 식품임. 많은 버섯 가공 식품 중 현대인들에게 버섯을 섭취하기에 가장 간편한 형태로 가공함과 동시에 IPL 분말살균 장비 내부에서 충분히 순환이 가능한 입자 크기와 밀도를 갖춘 표고버섯 환을 실험 샘플로 선택함.
- 표고버섯 환은 국내 온라인 몰에서 구매하여 초기 오염도를 분석하였으며, 최종적으로 초기 균 수가  $4.3 \times 10^3$  CFU/g 임.

### 나. IPL 분말살균 장비 구성 및 실험 조건

- ver. L 장비로 실험을 진행했으며, 2개의 CP3939 램프가 사용되었으며, 하나의 램프는 챔버와 아크릴 판으로 접하는 부분에 설치하였고 또 다른 램프는 장비 중앙부에 설치된 길이 45 cm의 석영관 파이프에서 6 cm 떨어진 거리에 설치하였음.
- Power supply의 출력 전압 범위는 1800-5000 V이며, 실험 조건에 해당하는 DC voltage는 2800/3400/4000 V, frequency는 2 Hz 그리고 pulse duty는 0.5 ms로 설정함.

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>))

### 다. xenon lamp의 energy fluence

- 각 DC voltage에 따른 CP3939 xenon lamp의 energy fluence는 [그림 73]과 같으며, 처리된 total energy fluence는 14.84-345.05 J/cm<sup>2</sup>임.

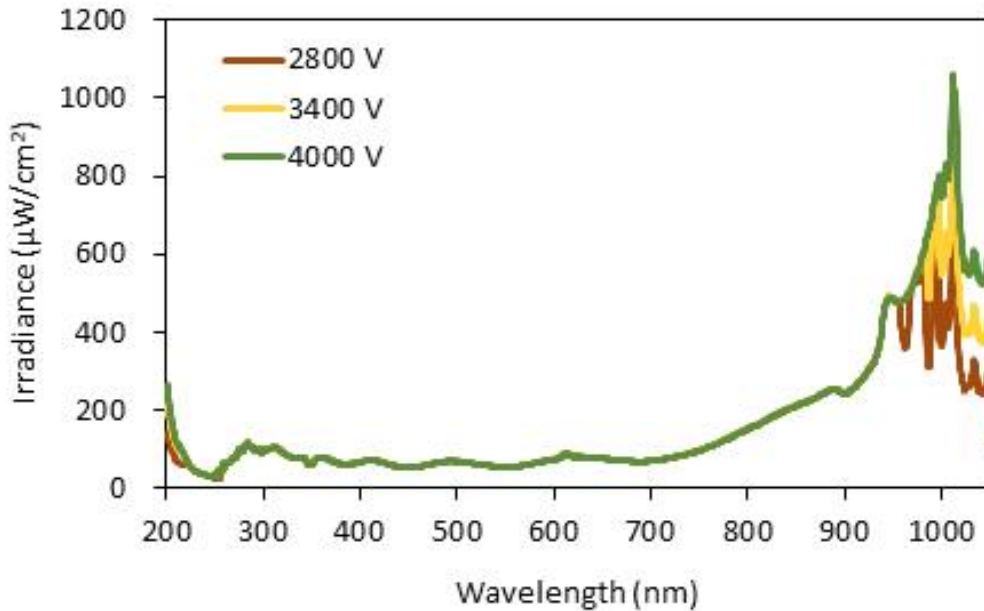


그림 73. CP3939 lamp의 파장별 irradiance 그래프

### 라. IPL 처리 및 표고버섯 환 살균 결과

- 각 처리 조건에 따른 표고버섯 환의 IPL 살균효과를 확인한 결과, 0.03-0.56 log reduction의 결과를 보였으며 전반적으로 전압과 처리 시간이 증가함에 따라 미생물 살균 효과가 증가함. [그림 74]
- 식품 표면에 빛을 조사하여 미생물을 살균하는 광펄스 특성상 지름 2 mm 수준의 구 형태를 가진 버섯 환의 경우 식품 내부까지 빛이 도달하지 못하는 한계가 있음.
- 표고버섯 환은 물과 같은 음료와 함께 가열 처리를 거치지 않고 바로 섭취하는 고부가 가치 식품으로 미생물 안정성이 무엇보다 중요한 식품에서 최대 0.55 log reduction의 살균 효과를 보였음에 의미가 있음.
- 분말 식품에 비해 상대적으로 밀도가 큰 식품의 살균효율을 증가시키기 위해 3차년도에는 장비 디자인의 수정 등의 추가 개선 작업 및 연구를 통해 다양한 식품에 광펄스 처리를 하여 광펄스 살균에 대한 실험 데이터를 구축할 계획임.



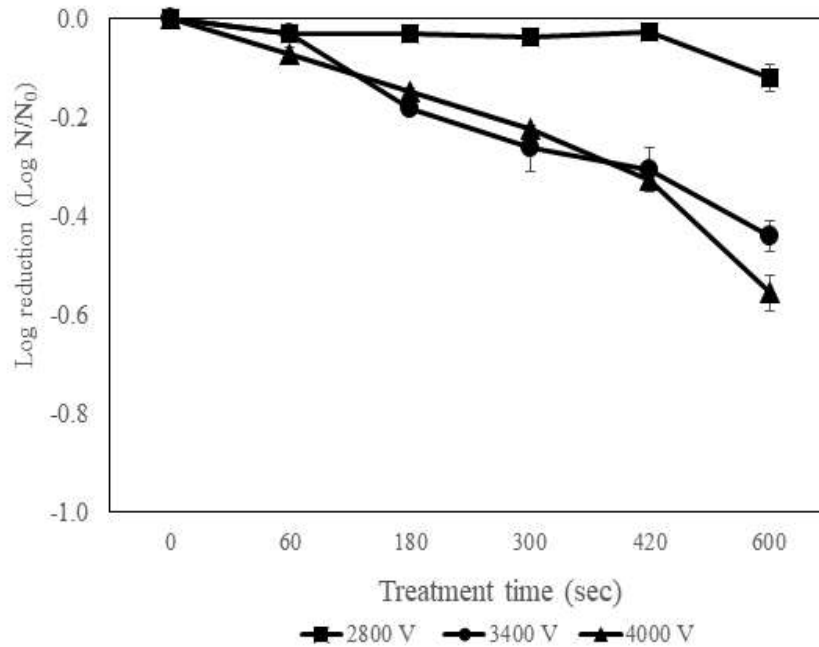


그림 74. Treatment time과 전압에 따른 표고버섯 환의 IPL 살균 효과

## - 2단계 1차년도

### (1) IPL 비가열 살균 장비를 이용한 표고버섯 환 살균 수행

#### 가. 시료의 선정 및 구매

- 표고버섯은 필수 아미노산과 필수지방산인 리놀레산, 그리고 미네랄, 비타민 등의 영양성분이 풍부하여 원료 그 자체로서의 가치가 뛰어난 고부가 가치 식품임. 많은 버섯 가공식품 중 현대인들에게 버섯을 섭취하기에 가장 간편한 형태로 가공함과 동시에 IPL 분말 살균 장비 내부에서 충분히 순환이 가능한 입자 크기와 밀도를 갖춘 표고버섯 환을 실험 샘플로 선택함.
- 표고버섯 환은 국내 온라인 몰에서 구매하였으며 초기 오염도를 분석한 결과, 일반미생물 수가  $4.3 \times 10^4$  CFU/g임.

#### 나. IPL 분말살균 장비 구성 및 실험 조건

- 이전년도에 수행했던 참깨 살균 공정 과정과 동일하게 ver. L 장비와 ver. C<sup>+</sup> 장비로 실험을 진행하였으며 각 장비는 [그림 75]과 같음. 장비에는 최대 3개의 CP3939 xenon lamp가 사용되었으며, 하나의 램프는 챔버의 상단부분에, 나머지 두 개의 램프는 장비 중앙부에 설치된 길이 45 cm의 석영관 파이프에서 6 cm 떨어진 거리에 하나 혹은 두 개를 설치할 수 있음.

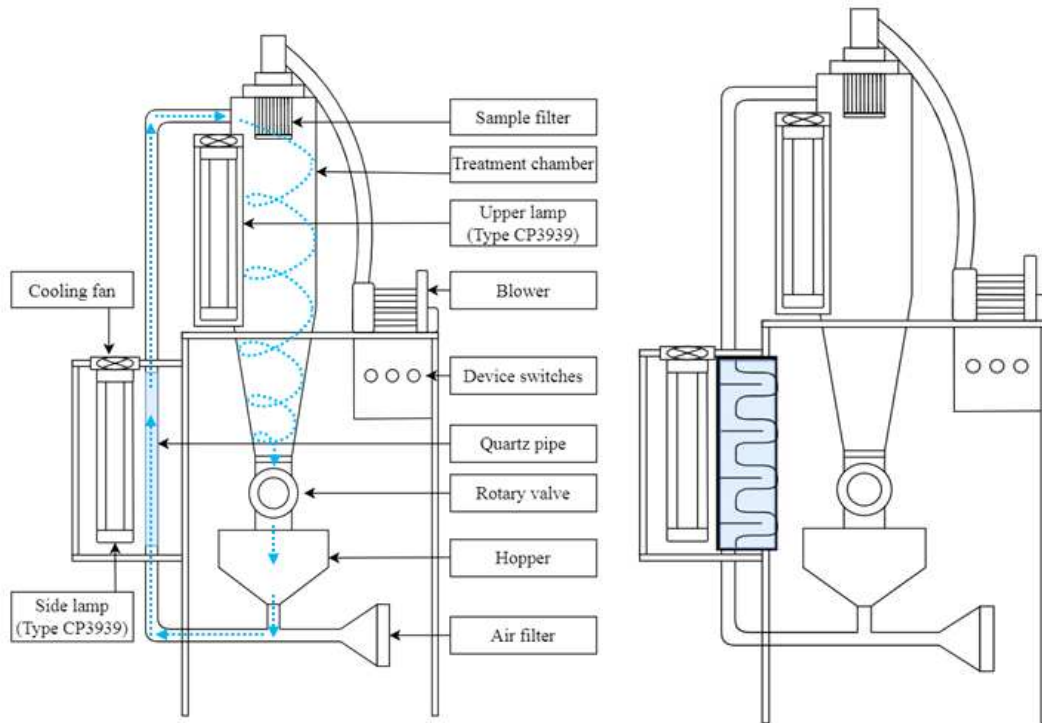


그림 75. 광펄스 살균 장치. (왼) ver. L, (오) ver. C\*

- Power supply의 출력 전압 범위는 1800-5000 V이며, 실험 조건에 해당하는 DC voltage는 2800/3400/4000 V, frequency는 2 Hz 그리고 pulse duty는 0.5 ms로 설정함.

#### 다. Xenon lamp의 energy fluence

- 각 DC voltage에 따른 CP3939 xenon lamp의 파장별 irradiance 분포는 [그림 63]와 같으며, 각 전압조건에서 처리된 total energy fluence는 14.84-345.05 J/cm<sup>2</sup>임.

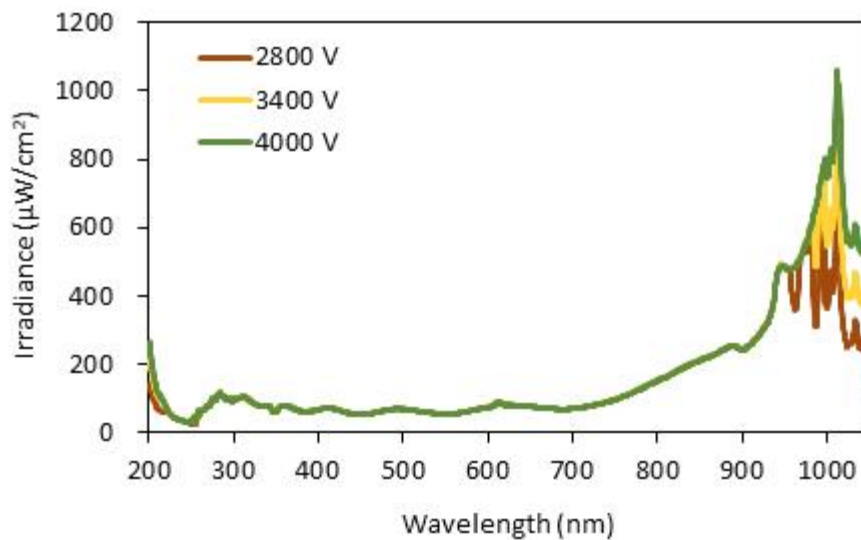


그림 76. CP3939 xenon lamp의 파장별 irradiance 그래프

### 라. IPL 처리 및 표고버섯 환 살균 결과

#### - Linear type IPL device (ver. L)

- 해당 장비에는 CP3939 램프가 두 개 사용되었고, 각 램프는 처리 챔버의 상단부분과 아래 시료 이동 파이프 옆에 부착되어있음.
- Power supply의 출력 전압 범위는 두 램프 모두 1800-5000 V로 동일함.
- 실험 조건은 두 램프 모두 동일하게 설정했으며 DC voltage는 2800/3400/4000 V, treatment time은 1/3/5/7/10/15/20 min, frequency는 2 Hz로 실험을 진행함.
- 표고버섯 환 100 g을 각 조건에 맞게 처리한 뒤, 일반세균에 대한 미생물 분석을 수행함.
- 미생물 분석은 처리한 표고버섯 환을 clean bench에서 10 g을 무게를 잰 후, 0.85% NaCl 90 ml와 균질화를 시킨 혼합액을 10<sup>5</sup>까지 희석해 사용함.
- 일반세균은 Plate count agar (PCA)에 각 단계의 희석액을 0.1 ml씩 분주해 도말하고, 이를 35±2°C로 설정한 incubator에서 48시간 배양함.
- 각 처리 조건에 따른 표고버섯 환의 IPL 살균 효과를 확인한 결과, 0.03-0.56 log reduction의 결과를 보였으며 전반적으로 전압과 처리시간이 증가함에 따라 미생물 살균 효과가 증가함 [그림 77].
- 최대 조건인 4000 V, 10 min 처리 시 일반세균은 0.56 log reduction, 3400 V 조건에서 20 min 처리 시 최대 0.50 log reduction, 2800 V 조건에서 20 min 처리 시 최대 0.23 log reduction의 살균 효과를 보임.
- 식품 표면에 빛을 조사하여 미생물을 살균하는 광펄스 특성상 지름 2 mm 수준의 구 형태를 가진 버섯 환의 경우 식품 내부까지 빛이 도달하지 못하는 한계가 있음.

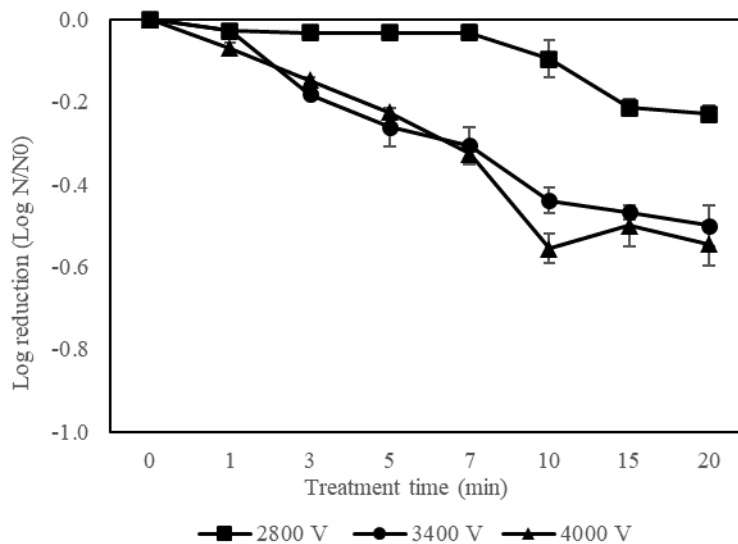


그림 77. Treatment time과 전압에 따른 표고버섯 환의 (ver. L) IPL 살균 효과

#### Curve+ type IPL device (ver. C+)

- ver. L 장비를 이용하여 미생물 감소 효과가 증가함을 확인함에 따라 참깨 살균 실험에서 사용된 Curve+ type cell을 설치함.

- 해당 장비를 사용할 때 램프는 각각 처리 챔버와 파이프라인의 옆에 위치시킴(ver. C+(U+S)).
- 실험 조건은 두 램프 모두 동일하게 설정했으며 DC voltage는 2800/3400/4000 V, treatment time은 1/3/5/7/10/15/20 min, frequency는 2 Hz로 실험을 진행함.
- 표고버섯 환 100 g을 각 조건에 맞게 처리한 뒤, 일반세균에 대한 미생물 분석을 수행함.
- 각 처리 조건에 따른 표고버섯 환의 IPL 살균 효과를 확인한 결과, 0.08-0.79 log reduction의 결과를 보였으며 전반적으로 전압과 처리시간이 증가함에 따라 미생물 살균 효과가 증가함 [그림 78]
- 4000 V, 15 min 처리 시 일반세균은 0.79 log reduction, 3400 V 조건에서 20 min 처리 시 최대 0.71 log reduction, 2800 V 조건에서 20 min 처리 시 최대 0.30 log reduction의 살균 효과를 보임.

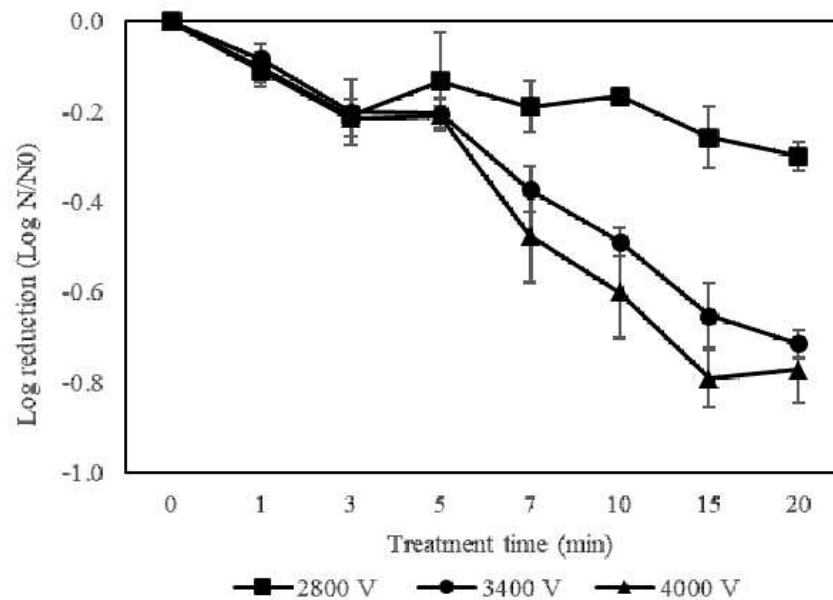


그림 78. Treatment time과 전압에 따른 표고버섯 환의 (ver. C+) IPL 살균 효과

- 램프의 위치에 따른 샘플의 미생물 저감효과 비교를 위해 처리 챔버에 부착된 upper lamp를 아래쪽 side lamp의 위치로 이동시켜 표고버섯 환의 광펄스 살균효율을 분석함.
- 실험 조건은 DC voltage는 2800/3400/4000 V, treatment time은 1/3/5/7/10/15/20 min, frequency는 2 Hz로 설정해 실험을 진행함.
- 각 처리 조건에 따른 표고버섯 환의 IPL 살균효과를 확인한 결과, 0.09-0.68 log reduction의 결과를 보였으며 전반적으로 전압과 처리시간이 증가함에 따라 미생물 살균 효과가 증가함 [그림 79].
- 4000 V, 15 min 처리시 일반세균은 0.68 log reduction, 3400 V 조건에서 15 min 처리시 최대 0.54 log reduction, 2800 V 조건에서 20 min 처리시 최대 0.30 log reduction의 살균 효과를 보임.

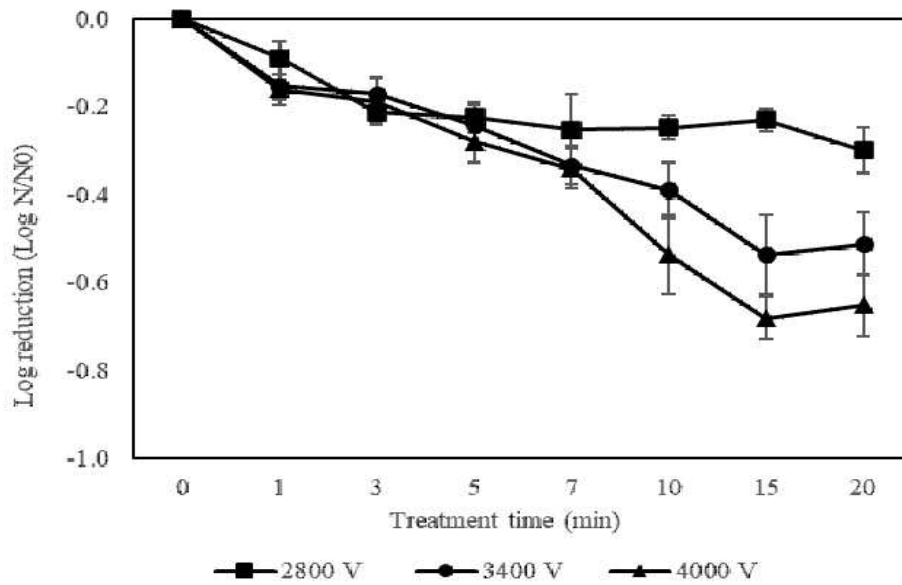


그림 79. ver. C+ 장비에서 램프의 위치를 변경한 표고버섯 환의 일반세균 살균 결과

- 표고버섯 환은 물과 같은 음료와 함께 가열 처리를 거치지 않고 바로 섭취하는 고부가 가치 식품으로 미생물 안정성이 무엇보다 중요한 식품에서 최대 0.79 log reduction의 살균 효과를 보였음에 의미가 있음.
- 분말 식품과 비교해 상대적으로 밀도가 큰 식품의 살균효율을 증가시키기 위해 다양한 식품을 대상으로 광펄스 살균에 대한 실험 데이터를 구축한다면 광펄스의 산업적 활용도가 높아질 것으로 기대됨.

## (2) IPL 비가열살균에 따른 표고버섯 환의 물리적 특성 및 영양성분 변화 확인

### 가. 표고버섯 환의 표면 및 처리 챔버 내부의 온도

- 표고버섯 환의 표면 온도는 Non-contact infrared thermometer (IT700-1, CAS, Yangju, Korea)를 이용하여 최대 살균효율을 나타냈던 ver. C+ (상부 램프&사이드 램프) 장비를 사용하여 4000 V에서 시간 조건에 따른 샘플의 온도를 측정함.
- 챔버 내부 온도는 2개의 서로 다른 위치에 부착된 wireless temperature data loggers (HiTemp 140, MadgeTech, NH, USA)를 이용해 측정함.
- 실험 결과, [그림 80]과 같이 챔버 내부 온도는 20 min 처리시 최대 37.94°C까지 증가했으나, 같은 시간 처리시 표고버섯 환의 표면 온도는 최대 22.63°C까지 증가함.
- 이를 통해 IPL 분말살균 장비는 살균 처리시 시료의 표면 온도에 큰 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함.
- 시료의 표면 온도는 처리 전 시료와 비교했을 때 최대 2.83°C 증가했고, 최대 조건에서 처리했을 경우 22.63°C로 실온을 넘어서지 않았기 때문에 광펄스 처리에 따른 온도 상승이 살균에 영향을 주는 요인이라고 볼 수 없음.

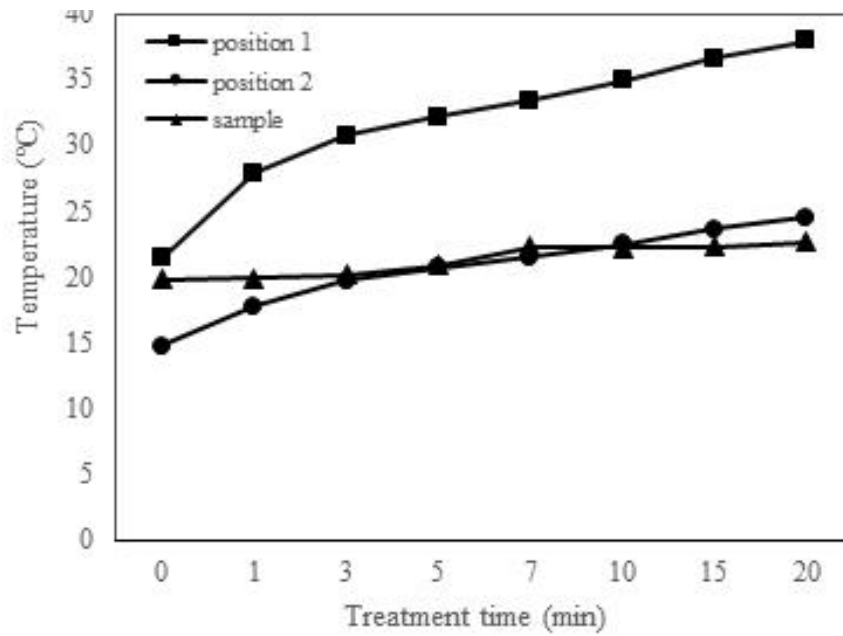


그림 80. 표고버섯 환의 IPL 처리 전후에 대한 온도 분석 결과

### 나. 수분함량

- IR water content analyzer (FD-660, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)를 이용해 시료 7 g을 120°C 조건으로 설정하여 ver. C+ (상부 램프&사이드 램프) 장비를 사용하여 4000 V에서 IPL 처리 전후의 표고버섯 환의 수분함량을 측정함.
- 측정 결과, [그림 81]과 같이 IPL 처리 전후의 표고버섯 환의 수분함량에 대한 유의적인 차이가 없었으며, 이를 통해 IPL 처리는 표고버섯 환의 수분함량에 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함 ( $p > 0.05$ ).

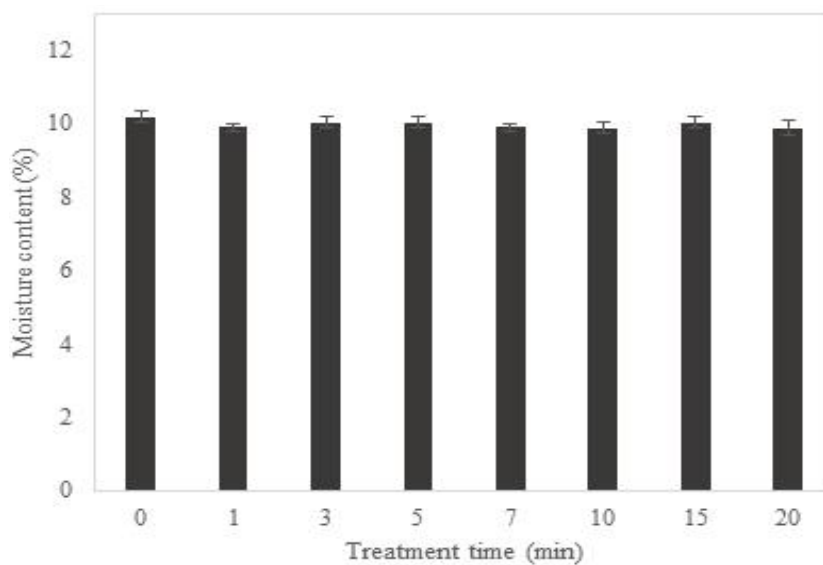


그림 81. 표고버섯 환의 IPL 처리 전후에 대한 수분함량 분석 결과



## 다. 색도

- Spectrophotometer (Color Quest XE, Hunter lab spectrophotometer, Reston, VA, USA)를 이용해 ver. C+ (상부 램프&사이드 램프) 장비를 사용하여 4000 V에서 IPL 처리 전후의 표고버섯 환의 수분함량을 측정함.
- 측정 결과, [표 12]과 같이 IPL 처리 전후의 표고버섯 환의 L\*(light-ness), a\* (redness), b\*(yellowness)를 측정하여 이를 통해 색 차를 나타내는  $\Delta E$  value를 계산함.
- 분석 결과, 모든 처리 조건에서  $\Delta E < 1.5$ 를 나타내어 미약한 차이를 보이는 것으로 확인됨.

표 12. 표고버섯 환의 IPL 처리 전후에 대한 색도 측정 결과

Shiitake mushroom pills				
Treatment time(min)	L*	a*	b*	$\Delta E$
0	29.20 <sup>b</sup> ±0.18	3.04 <sup>c</sup> ±0.09	4.81 <sup>abc</sup> ±0.18	
1	29.21 <sup>b</sup> ±0.24	3.90 <sup>ab</sup> ±0.025	5.30 <sup>ab</sup> ±0.25	1.00
3	29.21 <sup>b</sup> ±0.04	3.25 <sup>bc</sup> ±0.13	4.31 <sup>c</sup> ±0.29	0.55
5	29.73 <sup>a</sup> ±0.08	3.46 <sup>abc</sup> ±0.34	4.58 <sup>bc</sup> ±0.49	0.72
7	30.01 <sup>a</sup> ±0.12	3.92 <sup>ab</sup> ±0.13	5.71 <sup>a</sup> ±0.23	1.50
10	29.86 <sup>a</sup> ±0.15	3.99 <sup>a</sup> ±0.28	5.60 <sup>a</sup> ±0.58	1.40
15	29.94 <sup>a</sup> ±0.18	4.05 <sup>a</sup> ±0.26	5.59 <sup>a</sup> ±0.23	1.47
20	29.70 <sup>a</sup> ±0.02	3.93 <sup>ab</sup> ±0.12	5.66 <sup>a</sup> ±0.31	1.33

The data are means with their standard deviations (n=3)

## 라. 비타민 D<sub>2</sub>

- 광펄스 처리 전 표고버섯 환의 비타민 D<sub>2</sub>는 검출되지 않았음.
- Ver. L 광펄스 장비를 사용하여 표고버섯 환의 비타민 D<sub>2</sub> 함량 변화를 확인한 결과, 4000 V, 3 min 처리시 최대 14.9 µg/g 결과를 보였으며 전반적으로 광펄스 처리에 따라 급격한 비타민 D<sub>2</sub> 함량 증가가 관찰됨 [그림 82].
- Ver. C+ 광펄스 장비를 사용한 경우에는, 4000 V, 7 min 처리시 최대 16.8 µg/g 결과를 보였으며 ver. L과 마찬가지로 광펄스 처리에 따른 비타민 D<sub>2</sub> 함량 증가가 관찰됨 [그림 83].
- 버섯에 다량으로 함유되어 있는 비타민 D<sub>2</sub>의 전구체인 ergosterol이 빛을 조사받아 비타민 D<sub>2</sub>로 전환되는 매커니즘을 활용하여 광펄스 처리에 따른 비타민 D<sub>2</sub> 증가 효과를 확인함.
- ver. L와 ver. C+ (U+S)에 따라 비타민 D<sub>2</sub> 함량 변화에 차이가 있었으며, ver. C+를 사용했을 때 최대 비타민 D<sub>2</sub> 함량이 관찰됨.

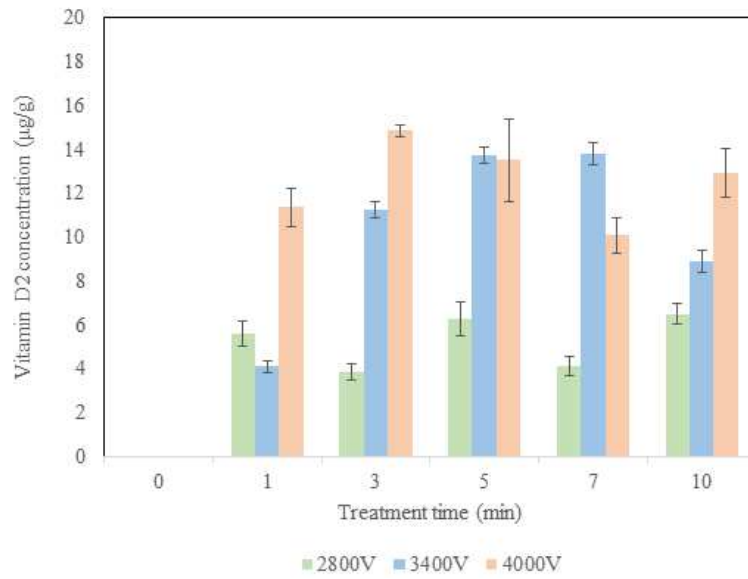


그림 82. IPL의 Treatment time과 전압에 따른 표고버섯 환의 (ver. L) 비타민 D<sub>2</sub> 함량 결과

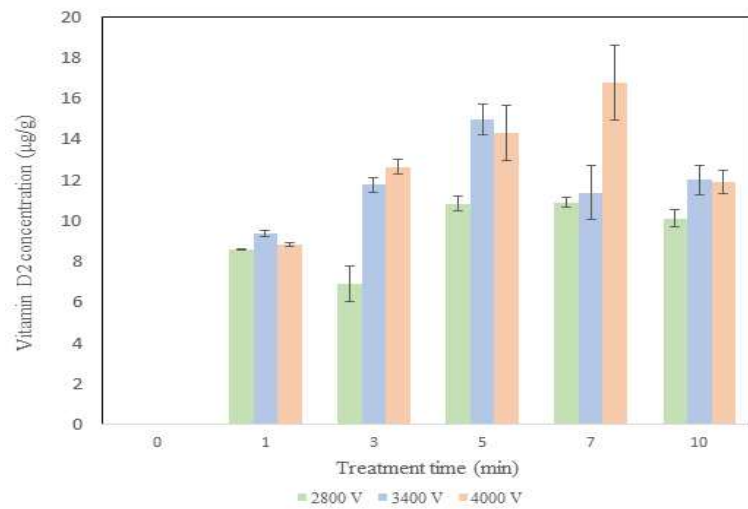


그림 83. IPL의 Treatment time과 전압에 따른 표고버섯 환의 (ver. C+) 비타민 D<sub>2</sub> 함량 결과

[ 제2협동기관 : 서울과학기술대학교 산학협력단 ]

- 1단계 1차년도

○ 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 분체 (참깨)살균 효과 검증

- 제2협동 연구기관인 서울과학기술대학교에서는 1차년도 연구기간 중 주관연구기관인 (주)덕영엔지니어링으로부터 플라즈마 살균 장비를 제공받아 분말식품 중 참깨의 토착 미생물 사멸 효과 및 품질지표를 시험함
- 그림 84는 1차년도 연구에서 활용된 플라즈마-음이온 병합 살균 시스템을 보여주고 있음

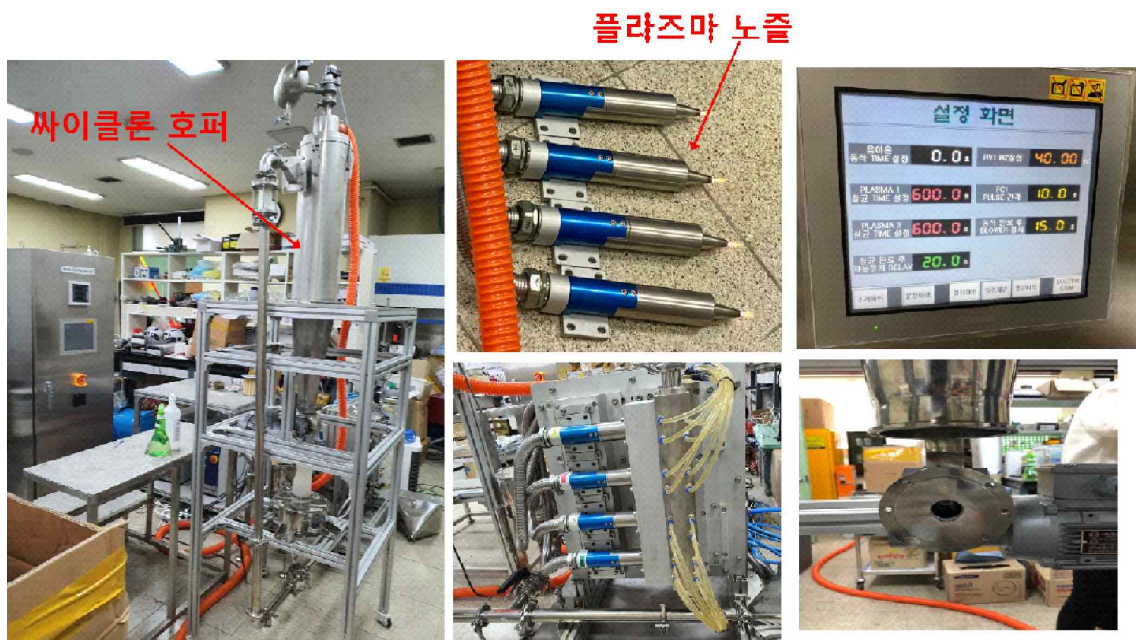


그림 84. 플라즈마-음이온 병합 살균 시스템.

- 시료 투입구를 통하여 공급된 분말 식품이 에어블로어(2RB, DAIJEON)를 통하여 형성된 음압으로 싸이클론 호퍼내에 형성된 진공에 의하여 살균 과정 중 참깨가 플라즈마 시스템을 96 m<sup>3</sup>/hr의 유량으로 계속적으로 순환하도록 설계되었음

■ 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 플라즈마 처리

- 싸이클론 호퍼 내 플라즈마 발생은 4개의 플라즈마 노즐로부터 라디칼이 발생되도록 하였으며, 1차년도 연구에서 플라즈마 발생을 위하여 사용된 가스는 공기로서 에어 컴프레셔(S352-120-3, 264/min, Sewon Compressor Inc., Gyeonggi, Korea)를 이용하여 공급하였으며, 발열을 방지하기 위하여 냉각수 순환기(Stereo 100, Hwashin Instrument Co., Seoul, Korea)를 플라즈마 노즐에 연결하여 냉각하였음
- 플라즈마 처리는 싸이클론 호퍼를 순환하는 참깨가 1, 3, 5 및 7분간 플라즈마에서 발생된 오존, 전자, 자유 라디칼에 노출되어 살균되도록 시험하였음

■ 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 음이온 처리

- 싸이클론 호퍼 내 음이온 처리는 그림 85에 제시된 음이온 발생기에서 발생된 음이온이 싸이클론 호퍼내를 순환중인 참깨 시료에 분산되도록 음이온 발생기를 살균 시스템내에 장착하여 싸이클론 호퍼를 순환하는 참깨가 1, 3, 5 및 7분간 음이온에 노출되도록 설계함

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>))

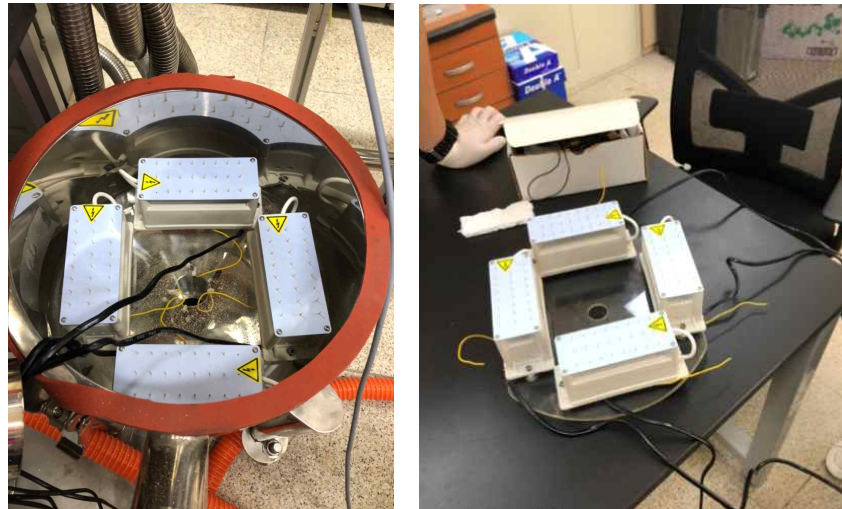


그림 85. 음이온 발생 시스템

■ 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 플라즈마 음이온 병합 처리

- 싸이클론 호퍼 내 플라즈마-음이온 병합처리는 처리 과정 중 플라즈마 flame 발생 장비와 음이온 발생기를 동시에 가동하여 싸이클론 호퍼를 순환하는 참깨가 1, 3, 5 및 7분간 플라즈마 라디칼과 음이온에 동시에 노출되도록 처리함

○ 미생물 저감 및 품질지표 평가

■ 미생물 저감 효율

- 플라즈마 단독처리, 음이온 단독처리 및 플라즈마-음이온 병합처리에 의한 토착 미생물 저감효과는 살균 전후의 참깨 시료 내 총균수 차이를 측정하여 분석함
- 총균수는 참깨 시료 10 g을 멸균된 0.85% NaCl 용액 90 ml과 stomacher bag에 1:9의 비율로 혼합 후 stomacher (WS-400, 원사이언스, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 3분간 균질 후, 균질액을 10배 희석배수로 희석 후 plate count agar(Plate Count Agar, Difco™, USA, New Jersey) 도말 후 48시간 배양하여 총균수를 측정하였음



그림 86. 미생물 저감 효율 시험.

■ pH

- pH는 처리 전후 참깨 시료 3 g를 증류수 용액 27 ml과 stomacher bag에 1:9의 비율로 혼합 후 stomacher (WS-400, 원사이언스, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 3분간 균질 후, 균질액을 50 ml

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)



conical tube에 주입 후 5°C에서 유리전극 pH meter (Orion™ Star A111 pH Benchtop Meter, Thermo Scientific™, Waltham, USA)을 이용하여 측정하였음

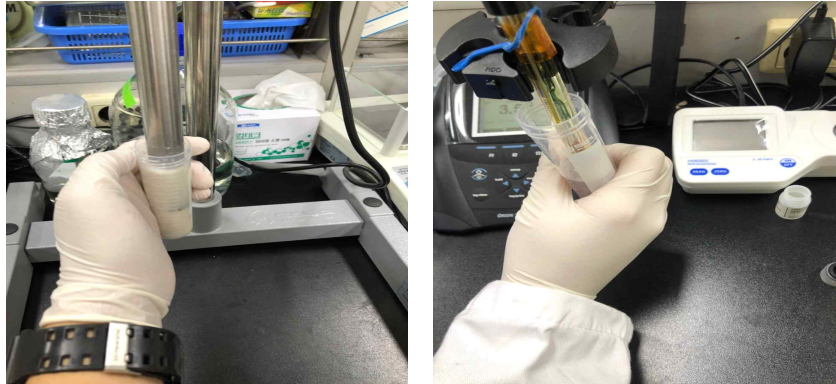


그림 87. pH 측정 시험.

### ■ 색도

- 색도는 처리 전후 참깨 시료 20g를 직경 50 mm의 petri dish에 상단까지 채운 후 colorimeter (CR-10, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)을 이용하여 백색도( $L^*$  value), 적색도( $a^*$  value) 및 황색도( $b^*$  value)를 측정하였음



그림 88. 색도 측정 시험.

### - 1단계 2차년도

#### ○ 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 분체(쌀눈, 고춧가루) 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 효과 검증

- 제2협동 연구기관인 서울과학기술대학교에서는 1차년도에 진행 한 싸이클론 호퍼 시스템의 참깨 살균 효과 검증에 이어서 쌀눈과 고춧가루의 살균 효과를 검증하였음
- 쌀눈과 고춧가루는 참깨와 마찬가지로 부재료로서 많이 사용되는 분말식품이기 때문에 2차년도 시험 대상으로 선정하였음
- 살균 효과는 1차년도와 마찬가지로 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 처리 1, 3, 5, 7분의 살균 유지 시간으로 효과를 검증하였음

- 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 분체(쌀눈, 고춧가루) 품질지표 평가
  - 2차년도 분말 살균 시료의 쌀눈과 고춧가루의 품질지표는 참깨와 마찬가지로 pH와 색도를 품질지표로 평가하였음
  
- 기류 교반 시스템 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 시스템 구축
  - 2차년도 연구에서는 1차년도에서 구축된 싸이크론 호퍼 시스템의 살균 효율을 개선하기 위하여 살균챔버내에 기류를 교반시킬 수 있는 임펠러(impeller)를 설치하고 분체 부양을 원활하게 하기 위하여 기류부양 에어컴프레셔를 추가적으로 설치함
  - 임펠러와 기류부양 에어컴프레셔는 분말식품이 살균 챔버내에서 원활하게 부양되어 플라즈마와 음이온에 노출되는 효율을 증대시킬 목적으로 설치함

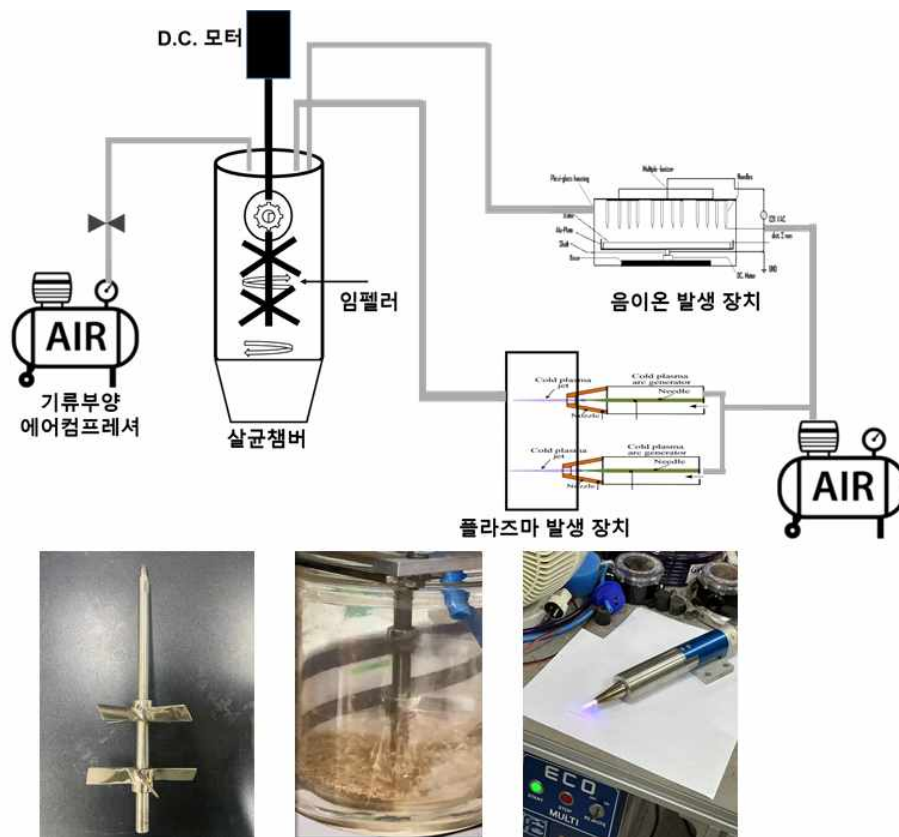


그림 89. 기류교반 시스템 플라즈마-음이온 병합 교반기 살균 시스템.

■ 기류 교반 시스템 플라즈마 처리

- 기류 교반 시스템 플라즈마 살균은 4개의 플라즈마 노즐로부터 발생된 플라즈마 라디칼을 에어 컴프레셔의 기류에 의해서 살균 챔버로 이송되게 한 후 교반기 임펠러를 100 rpm으로 회전시켜 플라즈마가 라디칼이 챔버내에서 확산되도록 함
- 동시에 기류부양에어 컴프레셔에 의하여 시험된 분말식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)가 부양되도록 유도함
- 기류교반시스템 플라즈마 처리는 1, 3, 5, 7, 10 분간 실시함



■ 기류 교반 시스템 음이온 처리

- 기류 교반 시스템 음이온 살균은 음이온 발생기로부터 생성된 음이온을 라에어 컴프레셔의 기류에 의해서 살균 챔버로 이송되게 한 후 교반기 임펠러를 100 rpm으로 회전시켜 음이온이 챔버 내에서 확산되도록 함
- 동시에 기류부양 에어 컴프레셔에 의하여 시험된 분말식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)가 부양되도록 유도함
- 기류교반시스템 음이온 처리는 1,3, 5, 7, 10 분간 실시함

■ 기류 교반 시스템 플라즈마 음이온 병합 처리

- 기류 교반 시스템 플라즈마 음이온 병합살균은 플라즈마 발생기로부터 생성된 플라즈마와 음이온 발생기로부터 생성된 음이온을 에어 컴프레셔의 기류에 의해서 살균 챔버로 이송되게 한 후 교반기 임펠러를 100 rpm으로 회전시켜 플라즈마와 음이온이 챔버 내에서 확산되도록 함
- 동시에 기류부양에 컴프레셔에 의하여 시험된 분말식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)가 부양되도록 유도함
- 기류교반시스템 플라즈마 음이온 처리는 1,3, 5, 7, 10 분간 실시함

○ 기류교반 시스템 플라즈마 음이온 병합 살균의 미생물 저감 및 품질지표 평가

■ 미생물 저감 효율

- 기류교반 시스템을 이용한 플라즈마 단독처리, 음이온 단독처리 및 플라즈마-음이온 병합처리에 의한 토착 미생물 저감효과는 살균 전후의 참깨, 쌀눈, 고춧가루 시료 내 총균수 차이를 측정하여 분석함
- 총균수는 각 분말 시료 10 g을 멸균된 0.85% NaCl 용액 90 ml과 stomacher bag에 1:9의 비율로 혼합 후 stomacher (WS-400, 원사이언스, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 3분간 균질 후, 균질액을 10배 희석배수로 희석 후 plate count agar(Plate Count Agar, Difco™, USA, New Jersey) 도말 후 48시간 배양하여 총균수를 측정하였음

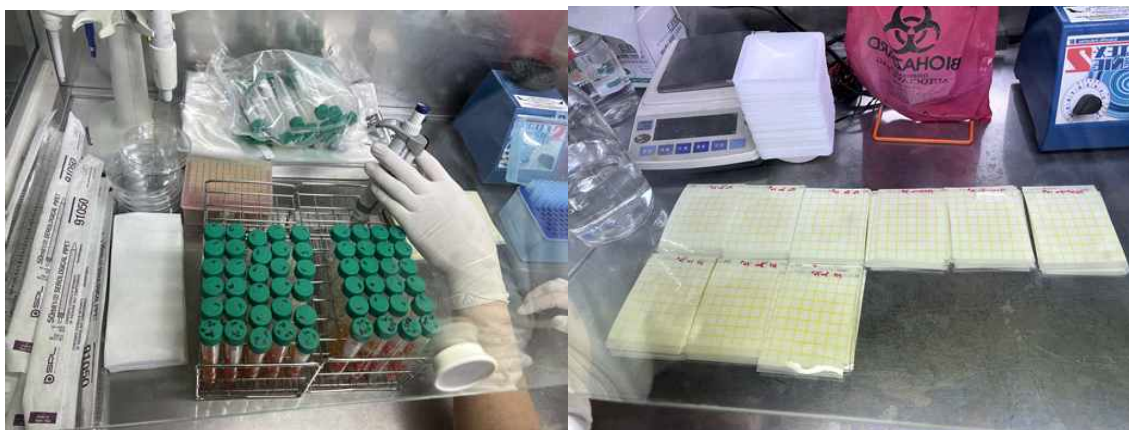


그림 90. 미생물 저감 효율 시험.

■ pH

- 플라즈마 음이온 병합 살균 전후 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 pH는 시료 3 g를 증류수 용액 27 ml과 stomacher bag에 1:9의 비율로 혼합 후 stomacher (WS-400, 원사이언스, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 3분간 균질 후, 균질액을 50 ml conical tube에 주입 후 5°C에서 유리전극 pH meter (Orion™ Star A111 pH Benchtop Meter, Thermo Scientific™, Waltham, USA)을 이용하여 측정하였음

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)



그림 91. 쌀눈 pH 측정 시험.

■ 색도

- 플라즈마 음이온 병합 살균 전후 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 색도는, 시료 20g를 직경 50 mm의 petri dish에 상단까지 채운 후 colorimeter (CR-10, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)을 이용하여 백색도( $L^*$  value), 적색도( $a^*$  value) 및 황색도( $b^*$  value)를 측정하였음



그림 92. 고춧가루 색도 측정 시험.

■ 수분함량

- 플라즈마 음이온 병합 살균 전후 참깨, 쌀눈, 고춧가루 시료의 수분함량은 105°C 상압 가열 건조법으로 측정하였음



그림 93. 수분함량 측정 시험.

- 2단계 1차년도

- 기류 교반 시스템 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 살균 효과 검증

- 2단계 1차년도에서는 1단계 2차년도에서 구축된 기류 교반 시스템의 살균 효율을 증대하기 위하여 플라즈마 생성가스를 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon)으로 다변화하여 살균 효과를 검증하기로 함

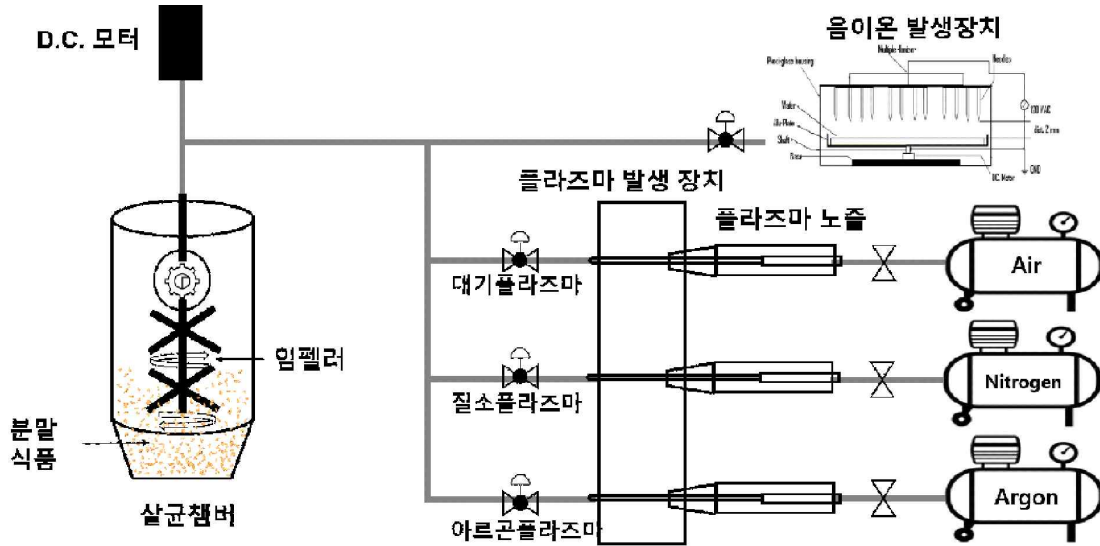


그림 94. 기류교반 시스템 가스별 플라즈마-음이온 병합 교반기 살균 시스템.

■ 기류 교반 시스템 가스별 플라즈마 처리

- 기류 교반 시스템의 플라즈마를 생성 가스를 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon)으로 다르게 투입하여 대기 플라즈마, 질소 플라즈마, 아르곤 플라즈마를 발생시킨 후 플라즈마 라디칼을 에어 컴프레셔의 기류에 의해서 살균 챔버로 이송되게 설계함
- 이송된 플라즈마는 살균 챔버 내에서 교반기 임펠러를 100 rpm으로 회전시켜 플라즈마가 라디칼이 챔버 내에서 확산되도록 하여 살균 효과를 증진하고, 동시에 기류부양에어 컴프레셔에 의하여 시험된 분말식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)가 부양되어 플라즈마 라디칼과의 원활한 접촉을 유도함
- 기류교반시스템 가스별 플라즈마 처리 시간은 1, 3, 5, 7, 10 분으로 설정함

■ 기류 교반 시스템 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리

- 기류 교반 시스템 플라즈마 음이온 병합살균은 플라즈마 발생기로부터 발생된 대기 플라즈마(air plasma) 라디칼, 질소 플라즈마(nitrogen plasma) 라디칼, 아르곤 플라즈마(argon plasma) 라디칼을 음이온 발생기로부터 생성된 음이온과 임펠러 회전 및 기류 부양에 의하여 병합하여 시험하였으며, 살균 시간은 1, 3, 5, 7, 10 분으로 설정함
- 음이온 단독처리는 1, 2차년도 연구 결과 효용성이 나타나지 않았기 때문에 연구의 효율성 증대를 위하여 3차년도에서는 실시하지 않음

- 기류 교반 시스템 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 미생물 저감 및 품질지표 평가

■ 미생물 저감 효율

- 기류교반 시스템을 이용한 가스별 플라즈마 단독처리, 가스별 플라즈마-음이온 병합처리에 의한 210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)

토착 미생물 저감효과는 살균 전후의 참깨, 쌀눈, 고춧가루 시료 내 토착 미생물 저감 효과를 측정하여 분석함

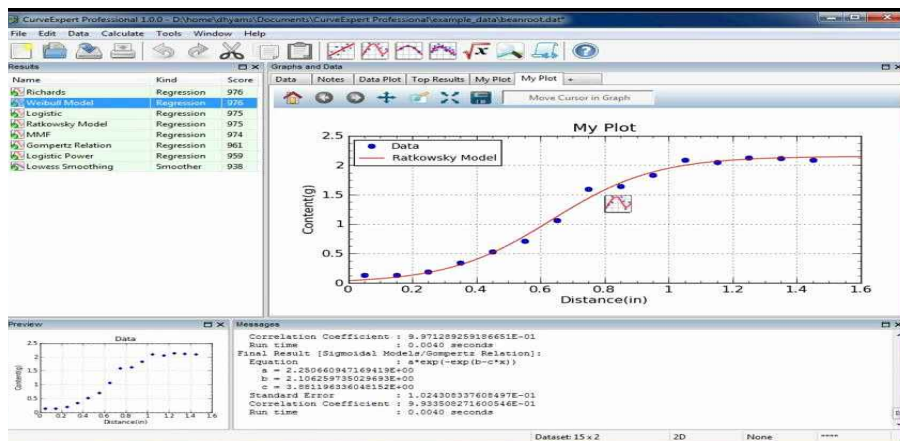
- 총균수는 각 분말 시료 10 g을 멸균된 0.85% NaCl 용액 90 ml과 stomacher bag에 1:9의 비율로 혼합 후 stomacher (WS-400, 원사이언스, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 3분간 균질 후, 균질액을 10배 희석배수로 희석 후 plate count agar(Plate Count Agar, Difco™, USA, New Jersey) 도말 후 48시간 배양하여 총균수를 측정하였음



그림 95. 미생물 저감 효율 시험.

■ 미생물 저감 모델 분석

- 기류교반 시스템을 이용한 가스별(대기, 질소, 아르곤) 플라즈마 단독처리, 가스별(대기, 질소, 아르곤) 플라즈마-음이온 병합처리에 의한 토착 미생물 저감효과를 비선형 모델링 프로그램인 CurveExpert (Basic 2.0, Hyams Development, United Kingdom)를 이용하여 2차 회귀 방정식으로 분석 후 저감 예측 모델을 제시함



$$\log(N / N_0) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + \beta_2 \cdot t^2$$

그림 96. 미생물 저감 모델 분석.

■ 수분활성도

- 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 전후 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 수분활성도는 시료별로 3 g을 채취하여 수분활성도기 (CH-8853, Novasina AG, Switzerland)을 이용하여 측정하였음  
210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)



■ pH

- 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 전후 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 pH는 시료별로 3 g를 증류수 용액 27 ml과 stomacher bag에 1:9의 비율로 혼합 후 stomacher (WS-400, 원사이언스, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 3분간 균질 후, 균질액을 50 ml conical tube에 주입 후 5°C에서 유리전극 pH meter (Orion™ Star A111 pH Benchtop Meter, Thermo Scientific™, Waltham, USA)을 이용하여 측정하였음

■ 색도

- 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 전후 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 색도는, 시료별로 20 g를 직경 50 mm의 petri dish에 상단까지 채운 후 colorimeter (CR-10, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)을 이용하여 백색도( $L^*$  value), 적색도( $a^*$  value) 및 황색도( $b^*$  value)를 측정하였음

■ 전자코 향미 시험

- 전자코 향미 시험은 플라즈마 라디칼이 분말 시료의 향미에 주는 영향을 분석하기 위하여 전자코 분석기(Heracles II, Alpha-MOS, Toulouse, France) 장비를 사용하여 시험하였음
- 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 처리한 분말 시료를 20mL Headspace vial에 6 g씩 넣고 측정하였음
- 각 시료는 50°C에서 5분간 균질하여 휘발성 향미성분을 포집할 수 있도록 처리 후 주성분 이취 분석(Principle Component Analysis, PCA)을 수행하였는데, PCA 이취 분석은 제1주성분(PC1)을 X축에 배열하고 제2주성분(PC2)을 Y축에 배열하여 대조구(control)를 기준으로 향미의 변화가 많이 발생할수록 PC1과 PC2의 좌표상 거리가 멀어지게 됨(그림 97)
- PC1과 PC2의 종합적 분석은 대조구(control)와의 거리 차이를 범용 좌표 분석프로그램인 Engauge Digitizer를 이용하여 수치화하고 대조구(control)와 처리 시료와의 거리는 무차원수로 표현되었으며 거리가 증대될수록 보다 많은 이취가 발생된 것으로 해석하였음

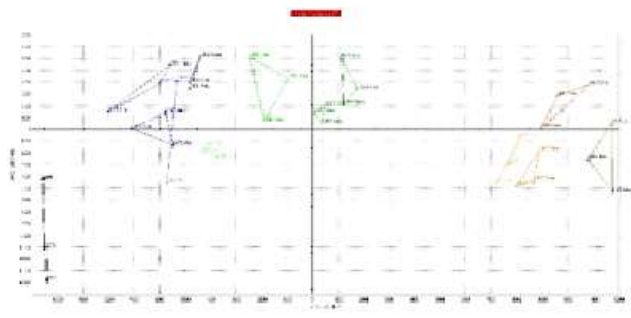
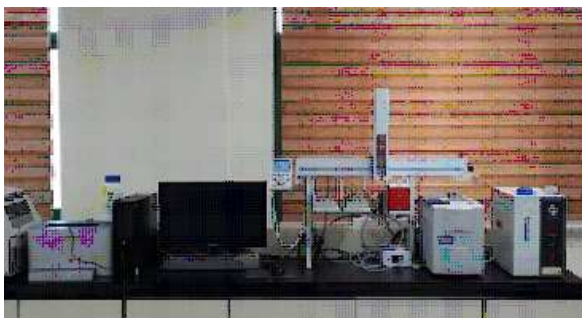


그림 97. 전자코 향미 분석.

○ 대용량 분말 병합 살균 장치 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 산소(oxygen) 플라즈마, 플라즈마-IPL 병합 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 살균 효과 검증

- 제2협동 연구기관인 서울과학기술대학교에서는 1, 2차년도에서 진행한 싸이클론 호퍼 시스템과 기류 교반 시스템, 가스별 기류 교반 시스템의 분말 살균 효과 검증에 이어서 대용량 분말 병합 살균 장치의 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 산소(oxygen)의 참깨의 살균 효과를 검증하였음
- 3차년도 최종 연구 목표인 대용량 분말 병합 살균 시험은 덕영 엔지니어링에서 제작한 콜드 플라즈마(cold plasma, CP) 살균 시스템과 광펄스(Intense pulsed light, IPL) 살균 시스템을 병합하여 진행함(그림 98)

- 대용량 병합 살균 조건 비교 시험은 대기 콜드 플라즈마 단독(CPair), 대기 콜드 플라즈마 광펄스 병합(CPair-IPL), 질소 콜드 플라즈마 단독(CPN2), 질소 콜드 플라즈마 광펄스 병합(CPN2-IPL), 산소 콜드 플라즈마 단독(CP02), 산소 콜드 플라즈마 광펄스 병합(CP02-IPL) 조건을 각 5 분 간 처리한 후 미생물 저감 효과 및 품질지표 변화 시험을 진행함
- 살균 효과는 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마 단독처리, 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마-IPL 병합 살균 효과를 5분 처리 시간으로 고정하여 시험하였음
- 음이온의 경우 Lab scale 플라즈마-음이온 병합 살균 시 효율성이 없었기 때문에 대용량 시험에서 제외하고, 제1협동 기관인 이화여자대학교에서 분말 식품의 살균 효과가 검증된 광펄스(Intense Pulsed Light, IPL)와의 병합 살균 시험을 진행하였음



그림 98. 대용량 분말 병합 살균 시스템.



### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

[주관기관 : (주)덕영엔지니어링]

- 플라즈마 살균기에 공급되는 Gas 종류(air, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>)를 변경하며 단독살균 및 병합살균을 실시한 경과, 플라즈마 단독살균의 경우, 공급되는 Gas 종류에 상관없이 살균력에 큰 변화가 없었다.
- 참깨 시료를 콜드플라즈마와 Microwave Plasma Torch 병합 살균의 경우, 콜드플라즈마 살균기에 air를 공급하면서 Microwave Plasma Torch 살균기에 O<sub>2</sub>를 공급하는 2가지 살균방법을 병합한 살균 장치가 2.07 log의 높은 살균력을 나타냈다.
- 콜드플라즈마와 Microwave Plasma Torch, 광펄스 3가지 살균방법을 병합한 살균 장치의 경우, 콜드플라즈마 살균기와 Microwave Plasma Torch 살균기에 N<sub>2</sub> gas를 공급하고 광펄스 살균을 병행하는 경우 2.03 log의 살균효과를 보이는 것으로 나타났다.
- 초기균수가 10<sup>6</sup> CFU/g인 참깨 및 쌀눈 시료를 S자 곡관(ver C, verC+) 외부에 광펄스 램프를 설치한 살균기에 콜드플라즈마 살균기(air 공급)를 병행한 병행 살균장치의 경우, 참깨는 최대 1.63, 쌀눈의 경우 최대 1.19 log reduction의 결과를 보였으며 살균효율은 처리시간이 증가할수록 증가하는 것을 확인하였다.
- 곡관의 길이가 기존 직관의 길이보다 길게 제작한 ver C+장비가 가장 살균효과가 컸음을 확인하였다.
- 전시회를 통한 '분말(분체) 병합 살균장치 및 기술'을 홍보한 결과 다양한 제품에 병합 살균장치를 적용하고자 의뢰.

표 13. 분말(분체) 병합 살균장치 분말 살균 및 장비제작 의뢰

고객사	의뢰자	내용	처리량
■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■ ■■■■■	블록형태 식빵 유통기한 연장을 위하여 밀가루 분말 곰팡이균 살균 의뢰	
■■■	■■■■■ ■■■■■	닭가슴살 분쇄 분말 식품첨가제로 사용 바실러스균 살균 의뢰	100kg/hr
■■■■■	■■■■■	분말형 식품첨가제(미분) 바실러스균 살균 의뢰	100kg/hr
■■■■■	■■■■■ ■■■■■	건강식품분말 살균 실험 의뢰	50kg/hr
■■■ ■■■■■■■■	■■■■■	광펄스+콜드플라즈마 병합 살균장치 실험실용 제작 의뢰	30kg/hr
■■■■■	■■■■■	쌀가루(미분) 살균 의뢰	100kg/hr
■■■■■	■■■■■ ■■■■■	광펄스+콜드플라즈마 병합 살균장치 제작 의뢰	30kg/hr
■■■■■	■■■■■ ■■■■■	곡물 분말 살균 의뢰	100kg/hr
■■■■■ ■■■■■■■■	■■■■■ ■■■■■	광펄스+콜드플라즈마 병합 살균장치 제작 의뢰	30kg/hr

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)]

- ‘분말(분체) 병합 살균장치 및 기술’에 대한 신기술인증, 녹색기술, 혁신제품 지정을 통한 기술력 인증과 투자유치를 통한 사업 활성화를 위하여 농림식품기술평가원에서 주관하는 농식품 기술인증 및 상용화 프로그램 설명회 적극 참여

표 14. 기술인증 및 투자유치 상담

기 관	내 용	담 당	비 고
농림식품기획평가원	유망기술상용화 안내	██████████ ██████████	
	혁신제품 지정 기술인증제도 안내	██████████	
농업정책보험금융원	현장 코칭 투자펀트 추천	██████████	

### [제1 협동기관 : 이화여자대학교 산학협력단]

#### [1단계 1차년도]

- 초기 균수가  $10^6$  CFU/g인 참깨 시료에 IPL 분말 살균 장비를 통한 살균을 적용하여 미생물 저감 효과를 확인한 결과, 0.57 - 1.21 log reduction의 결과를 보였으며 살균효율은 전반적으로 total energy fluence와 비례하여 증가함.
- 기존에 계획한 3 log reduction의 목표치와 처리 시 최대 살균 값을 비교하였을 때 약 40%의 미생물 저감률을 달성함.
- 이러한 이유는 참깨 입자들이 장비 내부를 순환하며 입자 간의 shadow effect가 발생함에 따라 광원에서 방출되는 빛을 온전히 받지 못하기 때문임. 또한 참깨의 표면에서도 shadow effect가 발생하여 미생물이 표면에 존재하는 미세한 틈 사이에 존재할 경우 빛이 그 내부까지 도달하지 못해 미생물의 사멸을 일으키지 못함.
- 또한, 해당 실험에서는 기존에 사용해왔던 램프를 적용하였으나 energy fluence 상으로 광원에서 방출되는 에너지가 낮아진 것을 확인함. 사용 기간이 오래된 램프를 사용했음에도 목표 살균치의 40%를 달성하였기 때문에 2차년도에는 램프의 교체 및 장비 디자인의 업그레이드를 통해 목표 살균치의 80% 이상을 달성할 계획임.
- 장비 디자인의 변경은 처리 챔버 부근에 더 높은 에너지를 방출하는 CP3939 램프를 설치할 예정이며, 현재 설치되어 있는 석영관 파이프 디자인은 그대로 유지함으로써 파이프 부분과 챔버 내부에서의 더욱 큰 살균효과를 얻고자 함.
- 석영관 파이프를 통과하면서 CP3939를 15 min, 30 min 동안 처리하였을 때 각각 0.66, 1.62 log reduction의 결과를 나타냈으므로 이전에 사용하였던 디자인을 복원하더라도 추가로 석영관 파이프 부분에서 추가적인 살균효과를 얻을 수 있을 것이라 기대함.
- 과거에 축에서 진행하던 음이온 발생장치를 추가로 광펄스 장비에 도입함으로써 광펄스-음이온 병합처리에 대한 분말 살균효과를 살펴볼 예정임.
- 위와 같은 사항들을 과제 1차년도가 종료되는 2022년 1월까지 교체 및 설치를 완료하고, IPL 분말 살균 장비에 알맞은 시료들을 선별하여 추가로 실험을 진행할 계획임.

#### [1단계 2차년도]

- IPL 분말 살균 장비의 디자인을 ver. L/ver. C/ver. C+(U+S)/ver. C+(S+S) 4가지 버전으로 변경하며 참깨 살균에서 가장 효과적인 디자인을 찾고자 함.

- ver. L의 실험 결과 4000 V, 5 min, 2 Hz의 조건에서 일반세균은 최대 1.01 log reduction, 진균류는 최대 1.60 log reduction의 결과를 보임.
- 특히 5 min 이상 처리 시 살균 효과가 감소하는 현상을 보였으며, 이는 참깨가 부서짐에 따라 석영관 내부가 유출된 기름으로 인해 뿌옇게 흐려져 램프에서 방출되는 빛이 투과되지 못했기 때문임.
- 이를 개선하고자 직선형에서 곡선형으로 경로의 형태를 변경한 ver. C 장비로 디자인을 변경했으며, 실험 결과 4000 V, 10 min, 2 Hz 조건에서 일반세균은 1.57 log reduction, 진균류는 1.47 log reduction의 결과를 보임.
- ver. L에 비해 시료 이동 경로가 증가하고 시료의 흐름이 유연해지면서 참깨의 부서짐 현상이 최소화되어 기름 유출이 확인되지 않음.
- Frequency에 따른 살균 효과를 확인하고자 ver. C 장비로 1 Hz 조건에서 실험을 진행했으며, 실험 결과 4000 V, 10 min, 1 Hz 조건에서 일반세균은 1.56 log reduction, 진균류는 1.66 log reduction의 결과를 보임.
- Frequency에 따른 살균 효과는 차이가 없다는 것을 확인했으며, 1 Hz의 조건으로 실험을 하는 것이 에너지 효율적임을 확인함.
- 음이온 발생장치를 IPL 분말 살균 장비와 연결해 실험을 진행했으며, 실험 결과 일반세균은 3400 V, 5 min, 1 Hz 조건에서 최대 1.00 log reduction의 결과를 보였으며, 진균류는 3400 V, 7 min, 1 Hz 조건에서 최대 1.17 log reduction의 결과를 보임.
- 음이온 발생은 참깨의 살균 효과를 향상시키지 못한다는 점을 확인함.
- Curve type cell을 확장시킨 ver. C+ 장비를 사용해 cell 확장에 따른 살균효과 증가를 확인한 결과, 4000 V, 10 min, 1 Hz 조건에서 일반세균은 1.90 log reduction, 진균류는 2.24 log reduction의 결과를 보였으며, 20 min 조건에서는 일반세균은 2.27 log reduction, 진균류는 2.77 log reduction의 결과를 보임.
- 램프의 위치에 따른 살균효과를 확인하고자 처리 챔버 외부에 있던 램프를 side lamp의 위치로 이동시켜 curve+ type cell의 앞뒤로 설치해 시료가 이동 중에 빛을 받을 수 있도록 함.
- 실험 결과, 4000 V, 10 min, 1 Hz 조건에서 일반세균은 1.49 log reduction, 진균류는 1.75 log reduction의 결과를 보였으며, 20 min 조건에서는 일반세균은 1.94 log reduction, 진균류는 2.20 log reduction의 결과를 보임.
- ver. C, C+(U+S), C+(S+S) 장비의 살균 효과를 비교한 결과, ver. C+(U+S) 장비가 가장 살균효과가 크다는 것을 확인하였고, 해당 장비로 4000 V 조건에서 살균한 시료에 대해 물리적 특성 변화에 대한 분석을 실시함.
- 물리적 특성은 참깨의 기능성 성분인 sesamin, sesamol의 정량 분석, pH, 수분함량, 참깨의 표면 온도를 측정했으며 모든 지표에서 IPL 처리 전후의 차이를 보이지 않음. 이를 통해 IPL 처리는 참깨 품질에 영향을 미치지 않는다는 점을 확인함.
- 고부가 가치 식품인 표고버섯 환을 시료로 하여 광펄스 살균을 적용한 미생물 살균을 실시하였음. 초기 균수가  $4.3 \times 10^3$  CFU/g인 표고버섯 환의 IPL 분말 살균 장비를 적용한 미생물 저감효과를 확인한 결과, 0.03 - 0.56 log reduction의 결과를 보였으며 살균효율은 전반적으로 처리시간과 전압에 비례하여 증가함.
- 과거 실시했던 IPL-Plasma-UV 병합 살균 장치에서 참깨를 시료로 하여 토착 미생물의 일반세균 살균 효율을 살펴본 결과, 4200 V, 2 Hz, 10 min 처리 시 IPL 단독 살균의 경우  $1.12 \pm 0.18$  log reduction, Plasma 단독의 경우  $0.59 \pm 0.06$  log reduction, 그리고 IPL-Plasma-UV 병합 살균은  $1.33 \pm 0.24$  log reduction의 결과를 보임.

- 참깨뿐만 아니라 과거 실시했던 쌀눈 처리를 통해서도 광펄스 단독처리시 약 0.20 log, 플라즈마 단독처리시 약 0.45 log의 저감효과를 보이는데 비해 병합처리를 통해 약 1.00 log의 일반미생물 저감효과를 얻음. 효모 및 곰팡이 역시 광펄스 단독처리시 약 0.30 log, 플라즈마 단독처리시 약 1.2 log, 병합처리시 약 2.0 log 의 저감효과를 얻으면서 쌀눈에서는 특히 시너지효과를 얻은 것으로 확인됨.
- 본 연구에서 아직 광펄스-플라즈마-음이온의 병합살균처리에 대한 실험이 본격적으로 실시되지 않았지만, 지난 연구 수행을 통해 얻어진 데이터를 비추어봤을 때 광펄스 단독 살균 처리보다 음이온, plasma, UV 등 다른 살균 장비와의 병합 살균 시 일정수준의 미생물 저감효과의 상승을 기대함.

## [ 2 1차년도]

- 고부가 가치 식품인 표고버섯 환을 시료로 하여 광펄스 살균을 적용한 미생물 살균을 시행하였음.
- PL 분말 살균 장비의 디자인을 ver. L/ver. C+(U+S)/ver. C+(S+S) 3가지 버전으로 변경하며 표고버섯 환의 살균에서 가장 효과적인 디자인을 찾고자 함.
- ver. L의 실험 결과 4000 V, 10 min, 2 Hz의 조건에서 일반세균은 최대 0.56 log reduction의 결과를 보임.
- 처리 시간과 투입 전압이 증가함에 따라 광펄스 처리에 따른 미생물 불활성화 효과가 증가하는 것으로 확인됨.
- 광펄스 살균효율을 증가시키기 위해 cell type을 직선형에서 곡선형으로 경로의 형태를 변경한 ver. C+ 장비로 디자인을 변경했음.
- 실험 결과 4000 V, 15 min, 2 Hz 조건에서 표고버섯환에 존재하는 일반세균이 최고 0.79 log reduction의 저감화를 보임.
- ver. L에 비해 시료 이동 경로가 증가하고 표면적이 증가함에 따라 시료가 받는 pulsed light 의 양이 증가한 것으로 보임.
- 램프 위치에 따른 살균 효과를 확인하고자 챔버 외부에 있던 램프를 side lamp 위치로 이동시켜 curve+ type cell의 앞뒤로 설치함.
- 실험 결과, 4000 V, 15 min, 2 Hz 조건에서 일반세균은 최고 0.68 log reduction의 결과를 보임.
- ver. L, C+(U+S), C+(S+S) 장비의 살균 효과를 비교한 결과, ver. C+(U+S) 장비가 가장 살균 효과가 컸음을 확인함.
- ver. L과 ver. C+는 시료가 통과하는 동안 빛을 받는 cell의 표면적이 증가함에 따라 시료가 받는 에너지가 증가했기 때문에 살균효율에 차이를 보였던 것으로 생각됨.
- ver. C+(U+S)와 C+(S+S) 장비의 경우, 램프가 동일한 위치에 부착되어있음으로써 빛의 상쇄 효과가 발생하여 미생물 살균효율의 차이가 있는 것으로 보임.
- 가장 살균효율이 컸던 장비로 4000 V 조건에서 살균한 시료에 대해 물리적 특성 변화분석을 시행함.
- 물리적 특성은 표고버섯 환의 표면 온도, 수분함량, 색도를 측정했으며 모든 지표에서 IPL 처리 전후의 차이를 보이지 않음.
- 영양적 특성은 표고버섯 환의 비타민 D<sub>2</sub> 함량을 측정했으며, 광펄스 처리에 따라 표고버섯 환의 비타민 D<sub>2</sub> 함량에 변화가 발생하는 것을 확인함.
- 광펄스 처리 전 검출되지 않았던 비타민 D<sub>2</sub>는 광펄스 처리 후 최대 16.8 µg/g 증가한 것을 확인하여 광펄스 비가열 살균기술의 부가가치를 창출함.

[ 제2 협동기관 : 서울과학기술대학교 산학협력단 ]  
[1단계 1차년도]

○ 토착 미생물 저감 효과

- 그림 99는 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합처리에 의한 참깨의 토착 미생물 저감 효과를 보여주고 있으며 초기 오염도는 평균  $2.4 \times 10^6$  CFU/mL 로 측정되었음
- 플라즈마 처리는 1분 처리를 제외하고는 처리 시간에 따라 토착 미생물의 저감 효율이 유의적으로 증대되어 초기 균수에 비하여 최대  $1.36 \pm 0.42$  log 감소효과를 보여주었음
- 음이온 처리는 1분 처리 시 0.76 log reduction을 보여 주었으며 처리시간에 따라 미생물 사멸률이 증대되어 5분 처리 시 최대 0.99 log reduction 으로 감소되었으며, 5분과 7분 처리의 유의차는 없음
- 플라즈마 음이온 병합 처리는 처리 시간에 따라 유의적으로 토착 미생물 감소 효과가 증가되어 최대 1.48 log 감소를 보여주었으며, 플라즈마 및 음이온 단독 처리보다 높은 미생물 저감 효과를 보여줌

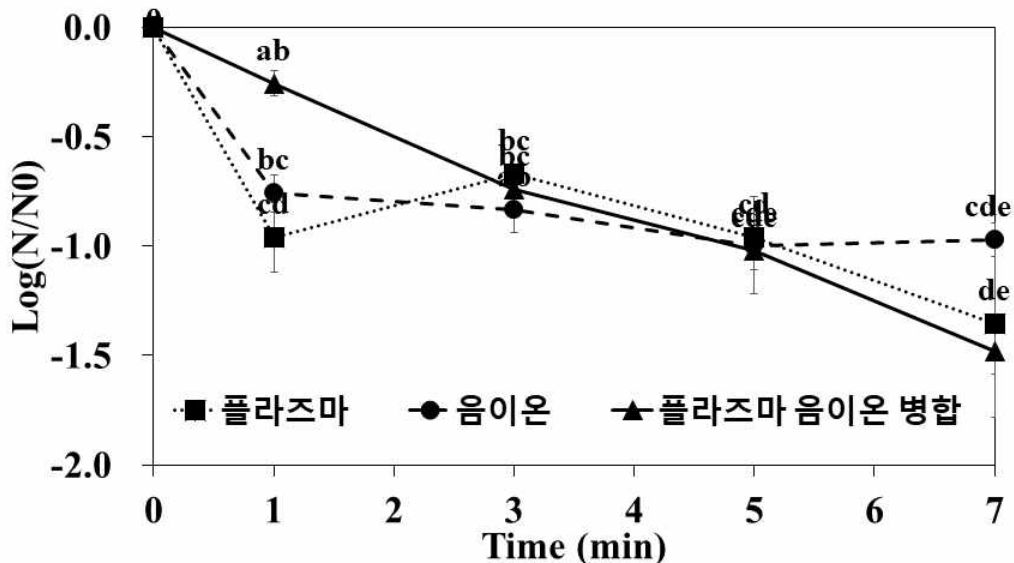


그림 99. 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균에 의한 참깨의 토착 미생물 저감 효과.

- 1차년도 참깨 시료의 토착 미생물 살균 시험에서 플라즈마 음이온 병합처리의 미생물 저감화가 가장 높은 것으로 나타나 플라즈마 음이온 병합 처리의 시너지 효과가 확인됨

○ pH 변화

- 그림 100은 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 병합처리 후 참깨 시료의 pH의 변화를 보여주고 있음
- 살균 전 대조구 참깨의 pH는  $6.89 \pm 0.09$ 를 보여주었으며, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합처리의 경우 대조구와 유의차는 없으나, 플라즈마 단독 처리가 음이온 및 음이온 플라즈마 병합 살균에 비하여 0.3 unit 수준에서 다소 높게 측정됨
- 플라즈마 처리는 처리 시간이 증대됨에 5분 처리까지 pH가 유의적으로 증대되는 것으로 나타났음
- Kim 등 (2016)의 대기압 플라즈마 처리에 의한 참깨 등 선식에 관한 연구에 의하여, 플라즈마 처리가 오히려 곡물시료의 pH를 다소 감소시켰다는 상반된 연구결과를 보고 하였음

- 이는 플라즈마, 음이온 처리 등의 물리적 처리에 의한 차이보다는 시료의 균질 과정에서 발생되는 실험오차에 의한 차이로 평가됨
- 본 연구결과 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합처리가 pH와 관련된 참깨의 품질에 부정적인 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

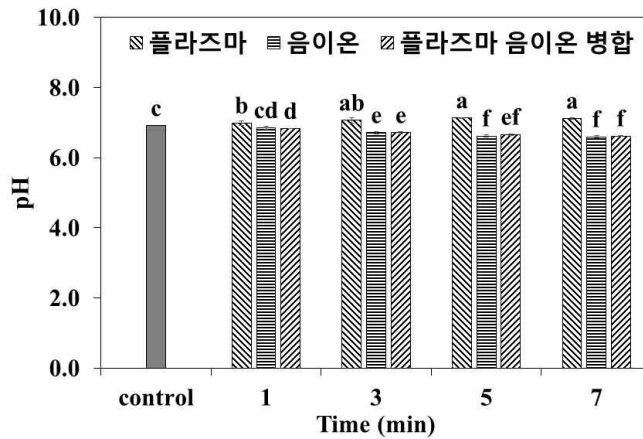
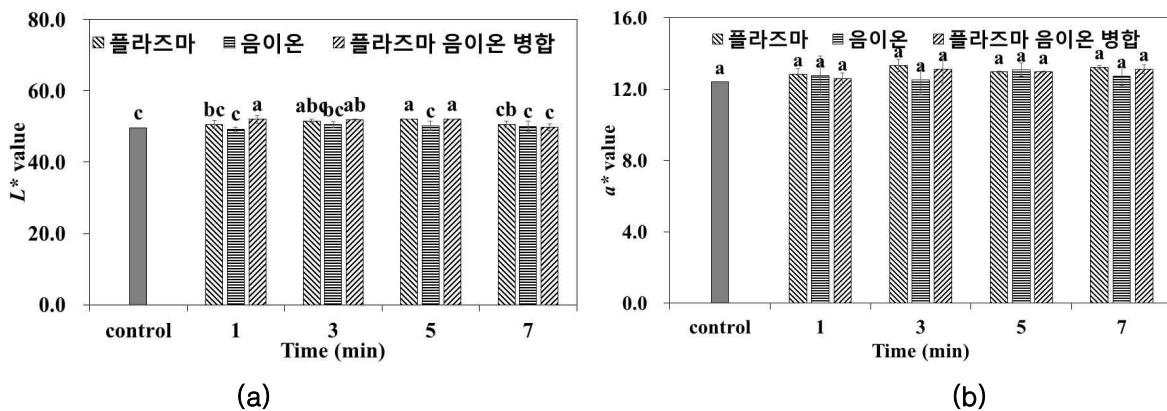


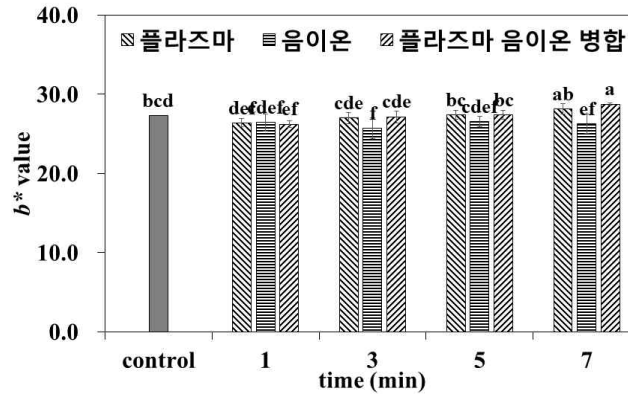
그림 100. 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 참깨 시료의 pH 변화.

○ 색도 변화

- 그림 101은 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 병합처리 후 참깨 시료의 색도 변화를 보여주고 있음
- 살균 전 대조구 참깨 시료의  $L^*$  value,  $a^*$  value 및  $b^*$  value는 50.7, 12.8 및 26.0을 보여주었음
- $L^*$  value(백색도)의 경우, 플라즈마 처리는 50.5~52, 음이온처리는 49.3~50.5, 플라즈마 음이온 처리는 49.8~52.5 수준을 보여주었으며 처리구간 경향성이 있는 유의차는 발견되지 않았음
- $a^*$  value(적색도)의 경우, 플라즈마 처리는 12.8~13.3, 음이온처리는 12.5~13.1, 플라즈마 음이온 처리는 12.6~13.1의 수치를 보여주었으며 95% 유의수준에서 처리구간 통계적 차이는 발견되지 않았음
- $b^*$  value(황색도)의 경우, 플라즈마 처리는 26.4~28.2, 음이온처리는 26.3~26.6, 플라즈마 음이온 처리는 26.2~28.8의 수치를 보여주었으며, 처리구간 유의차는 발견되지 않았음
- 본 연구에서 시험된 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 처리는 참깨 시료의 색도 특성에 유의적 영향을 주지 않는 것으로 나타나 참깨 시료 고유의 색도 품질을 잘 보존할 수 있는 것으로 판단됨







(c)

그림 101. 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 함께 시료의 색도 변화 : (a) L\* value, (b) a\* value, (c) b\* value.

[1단계 2차년도]

○ 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 분체(쌀눈, 고춧가루) 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 효과

■ 싸이크론 호퍼 시스템의 쌀눈 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 효과

- 그림 102은 싸이클론 호퍼시스템의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합처리 후 쌀눈의 토착 미생물 저감화 결과를 보여주고 있음
- 싸이클론 호퍼 시스템을 이용 시 시험 된 모든 비열살균 방법은 미생물을 유의적으로 감소시키지 못하였음
- 이는 싸이클론 호퍼내로 플라즈마 라디칼과 음이온의 분산이 효율적으로 이루어지지 않은 것으로 판단되며, 시료의 부양도 원활하게 이루어지지 않은 것으로 판단됨
- 따라서 플라즈마 라디칼과 음이온의 분산, 시료의 부양을 원활하게 할 수 있는 교반 시스템의 설치가 필요한 것으로 예상됨

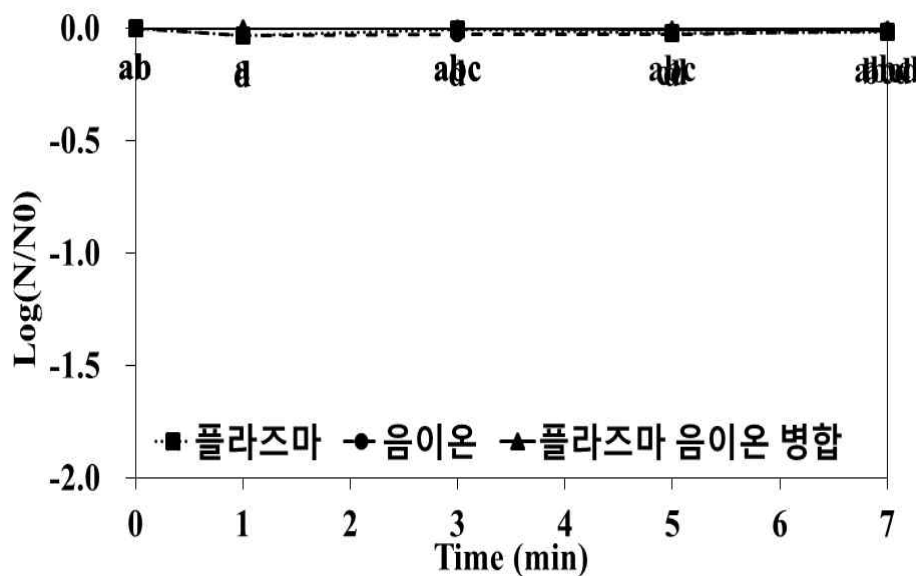


그림 102. 싸이클론 호퍼시스템의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균에 의한 쌀눈의 토착 미생물 저감 효과.

■ 싸이클론 호퍼 시스템의 고춧가루 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 효과

- 그림 103는 싸이클론 호퍼시스템의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합처리 후 고춧가루의 토착 미생물 저감화 결과를 보여주고 있음
- 고춧가루도 쌀눈과 마찬가지로 싸이클론 호퍼 시스템의 비열 살균 효과를 보여주지 못하였음
- 고춧가루의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균의 효용성을 높이기 위해서는 호퍼 내에 라디칼의 분산을 원활하게 유도할 수 있는 시스템의 보강이 필요한 것으로 판단됨

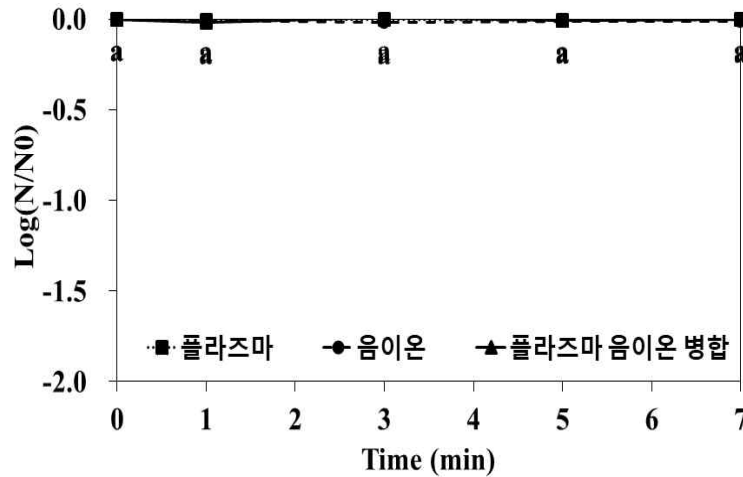


그림 103. 싸이클론 호퍼시스템의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균에 의한 고춧가루의 토착 미생물 저감 효과.

○ 싸이클론 호퍼 시스템(Cyclon Hopper System) 분체(쌀눈, 고춧가루) 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 품질지표

■ 쌀눈, 고춧가루의 pH 품질지표

- 그림 104은 싸이클론 호퍼시스템의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합처리 후 쌀눈의 pH 변화 결과를 보여주고 있음
- 살균 전 쌀눈의 pH는 6.98±0.04 였으며 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합처리 후에도 유의적 변화는 관찰되지 않았음

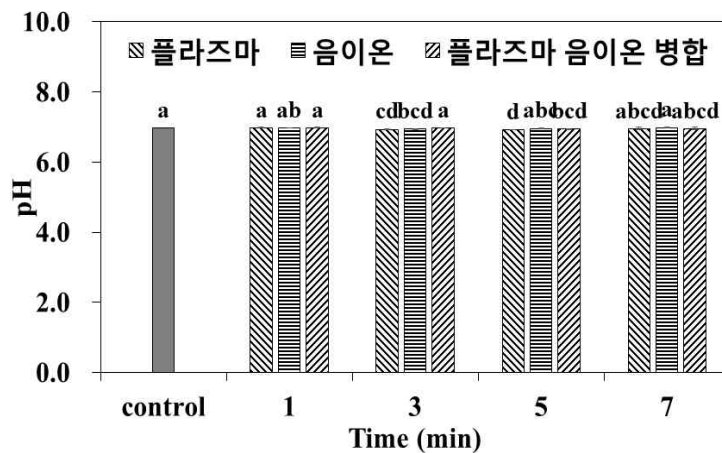


그림 104. 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 쌀눈 시료의 pH 변화.

- 그림 105에 제시되어 있는 고춧가루 비열 살균 결과에서도 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균은 고춧가루의 pH에 유의적 변화를 일으키지 않는 것으로 나타남

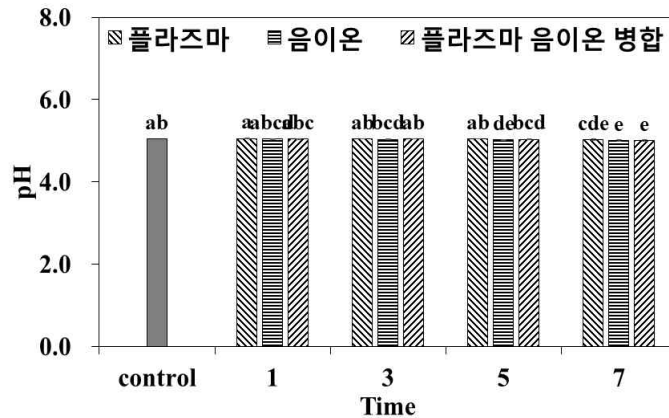


그림 105. 사이클론 호퍼시스템의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 고춧가루 시료의 pH 변화.

■ 쌀눈, 고춧가루의 색도 품질지표

- 그림 106는 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 쌀눈의 색도 품질지표를 보여주고 있음
- 대조구 쌀눈의 백색도( $L^*$  value)는  $53.5 \pm 0.5$ 를 나타내었으며, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후에도 쌀눈의 백색도는 변하지 않는 것으로 나타남
- 그림 b와 c에 제시된 바와 같이, 시험된 비가열 살균 방법은 쌀눈의 적색도와 황색도에도 영향을 주지 않는 것으로 나타남

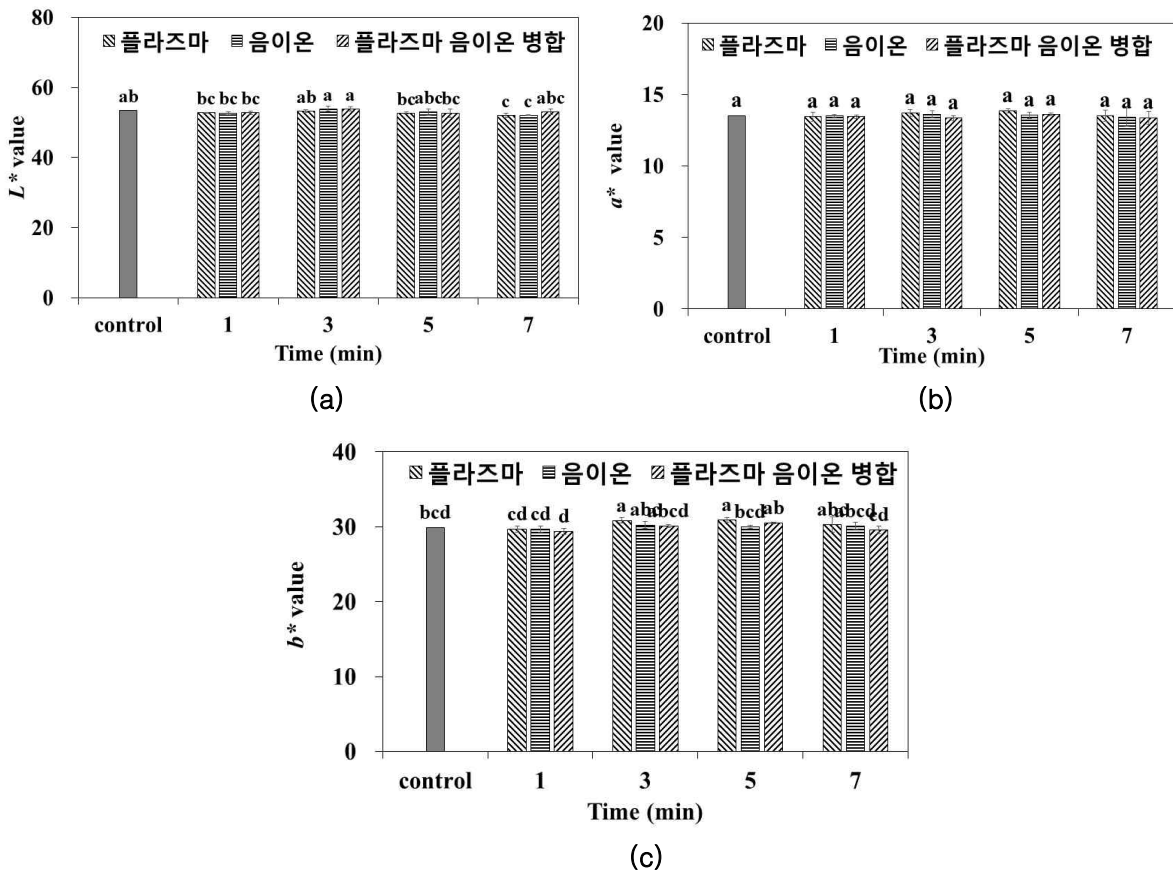


그림 106. 사이클론 호퍼시스템의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 쌀눈 시료의 색도 변화: (a)  $L^*$  value, (b)  $a^*$  value, (c)  $b^*$  value.

- 그림 107은 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 고춧가루의 색도 품질지표를 보여 주고 있음
- 고춧가루 대조구의 백색도( $L^*$  value), 적색도( $a^*$  value) 및 황색도( $b^*$  value)는 각각  $22.4 \pm 0.4$ ,  $33.9 \pm 1.6$ ,  $31.4 \pm 0.7$ 을 나타냈으며, 시험된 색도 지표 모두 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균에 의하여 영향을 받지 않는 것으로 나타남

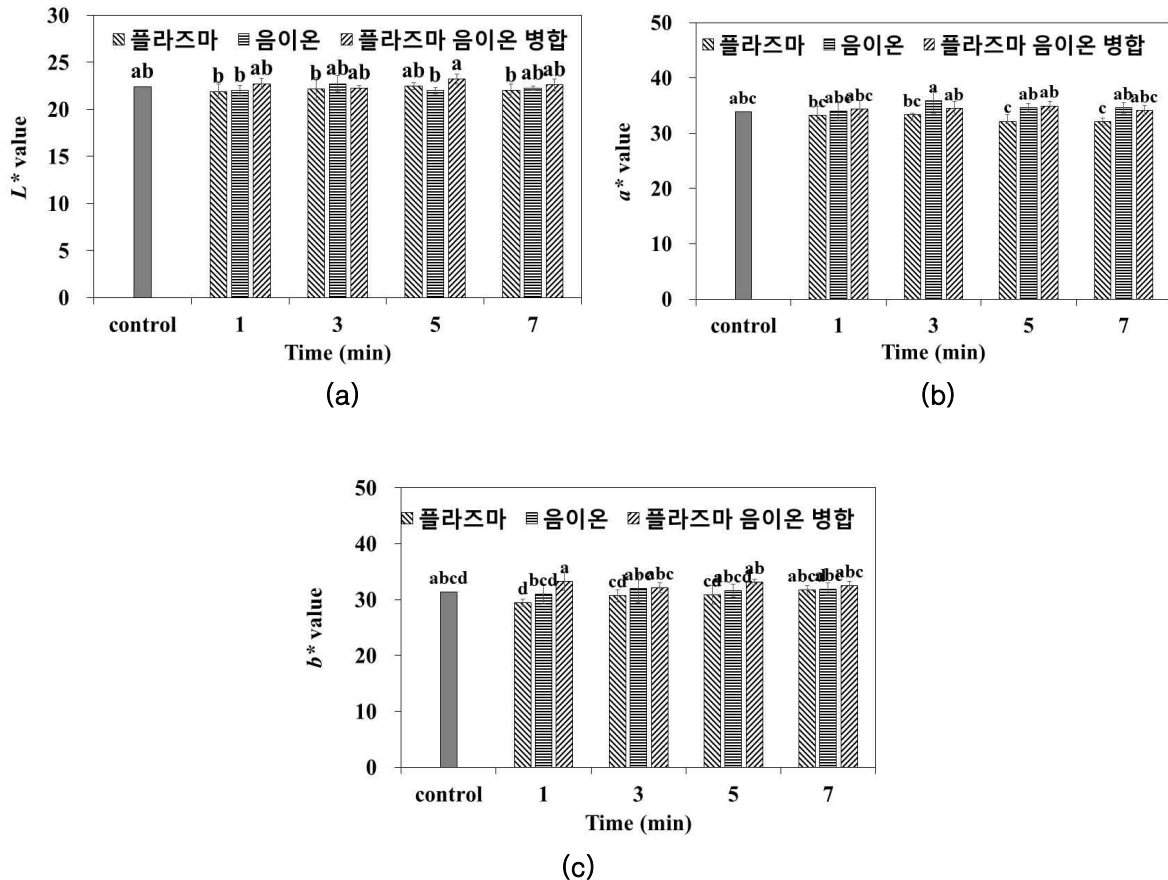


그림 107. 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 고춧가루 시료의 색도 변화 : (a)  $L^*$  value, (b)  $a^*$  value, (c)  $b^*$  value.

■ 쌀눈, 고춧가루의 수분함량 품질지표

- 그림 108는 쌀눈의 수분함량을 보여주고 있는데 대조구 쌀눈은  $8.7 \pm 0.4\%$ 의 수분 함량을 보여 줌
- 시험 된 플라즈마, 음이온, 플라즈마-음이온 병합 살균 방법은 고춧가루의 수분함량에 유의적 영향을 주지 않는 것으로 나타남
- 그림 109는 고춧가루의 수분함량을 보여주고 있는데 대조구 고춧가루는  $9.7 \pm 0.4\%$ 의 수분 함량을 보여 줌
- 고춧가루도 쌀눈과 유사하게 시험 된 플라즈마, 음이온, 플라즈마-음이온 병합 살균 방법에 의하여 수분함량이 영향을 받지 않는 것으로 나타남

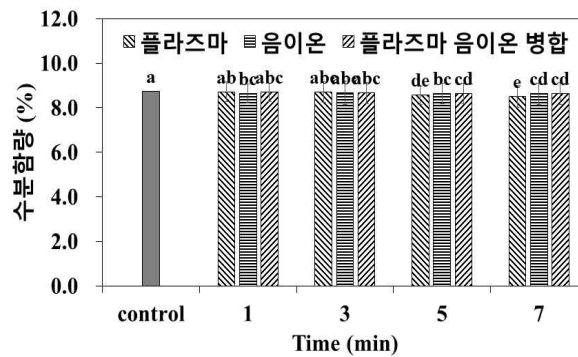


그림 108. 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 쌀눈 시료의 수분함량 변화.

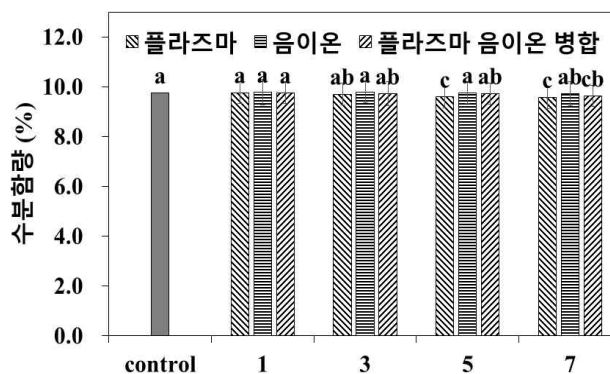


그림 109. 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 고춧가루 시료의 수분함량 변화.

○ 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 살균 효과

■ 기류 교반 시스템의 참깨 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 효과

- 그림 110은 2차년도에서 구축된 기류교반 시스템을 이용한 참깨의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 효과를 보여주고 있음
- 대조구 참깨의 초기 토착 미생물 총균수는  $6.11 \pm 0.16 \log \text{ cfu/ml}$ 을 나타내었으며, 플라즈마 1분처리부터  $0.45 \pm 0.02 \log$ 의 감소 효과를 보여주며 플라즈마 10분 처리 시  $1.32 \pm 0.07 \log$  감소를 보여줌
- Hwang 등 (2023)에 의하면 임펠러의 회전없이 플라즈마 10분 처리 시, 참깨는  $0.59 \pm 0.06 \log$  감소를 보여주어 2차년도 연구의 임펠러에 의한 기류 교반 시스템의 효용성을 보여줌
- 음이온 단독 처리는 10분간 살균 시 참깨 시료의 토착미생물을  $0.25 \pm 0.01 \log$  감소시켜, 그 효과가 플라즈마 단독처리 보다는 미약한 것으로 판단됨
- 플라즈마-음이온 병합처리는 10분간 처리 시 최대  $1.05 \pm 0.10 \log$  토착 미생물이 감소하여, 플라즈마 단독 처리와 비교 시 큰 효용성은 없는 것으로 판단됨
- 싸이클론 호퍼 시스템(1차년도 연구)과 기류 교반 시스템(2차년도 연구)의 플라즈마 처리의 직접적 비교는 참깨 원물의 초기 균수 및 수확 시점을 동일하게 유지하는 것이 불가능하여 효용성의 직접적 비교는 불가하였음
- 기류 교반 방식의 효용성을 증대하기 위해서는 1, 2차년도 연구에서 사용한 대기 플라즈마외에도 질소가스, 아르곤 가스 등의 플라즈마 생성 가스별 효과 시험이 필요한 것으로 판단되어 이를 2단계 1차년도 연구에서 진행하기로 함

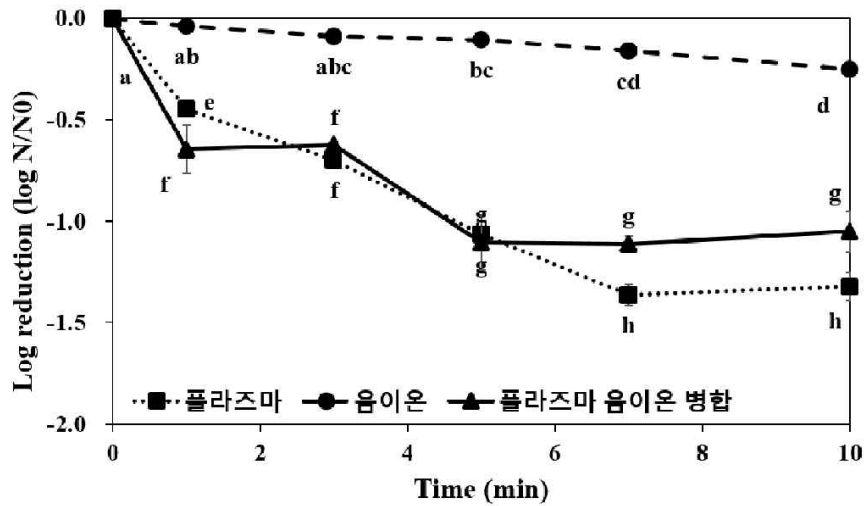


그림 110. 참깨 시료의 기류 교반 플라즈마, 음이온, 플라즈마-음이온 병합 토착 미생물 저감 효과.

#### ■ 기류 교반 시스템의 쌀눈 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 효과

- 그림 111은 2차년도에서 구축된 기류교반 시스템을 이용한 쌀눈의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 효과를 보여주고 있음
- 대조구 쌀눈의 초기 토착 미생물 총균수는 5.92 log cfu/ml을 나타내었으며, 플라즈마 1분 처리부터 0.67 log의 감소 효과를 보여 주었으며 7분 처리시 1.00 log cfu/ml까지 감소하였으며 10분 처리 시 사멸률이 다소 증가하여 1.08 log 감소를 보여주었음.
- 쌀눈의 토착미생물은 1차년도의 싸이클론 호퍼 시스템보다 획기적으로 살균 효과를 높여준 것으로 판단되며, 임펠러의 회전에 의해 플라즈마 라디칼의 분산과 시료의 부양을 원활하게 한 것으로 판단됨
- 0zen 등 (2022)에 의하면 플라즈마를 이용한 식품 살균 시 식품이 플라즈마 라디칼 분산이 원활할 수 있도록 챔버내 기류를 순환키는 것이 권장된다고 보고하였음
- 쌀눈의 음이온 단독 처리는 3분까지 0.46 log 감소를 보여주었으며, 그 이후에는 사멸률의 증가가 관찰되지 않았음
- 플라즈마-음이온 병합처리는 처리 시간의 증가에 따라 지속적으로 토착 미생물의 오염도를 감소시켰으며, 10분간 처리 시 최대 0.75 log 토착 미생물이 감소하였음
- 2차년도 연구결과 기류 교반 시스템의 쌀눈의 토착미생물 감소 효과는 플라즈마-음이온 병합 살균보다 플라즈마 단독 처리의 살균 효과가 더 나은 것으로 판단됨
- 음이온 병합 처리 시 투입되는 기류가 오히려 플라즈마의 라디칼의 농도를 낮추어 미생물 살균 효과를 저해한 것으로 판단됨



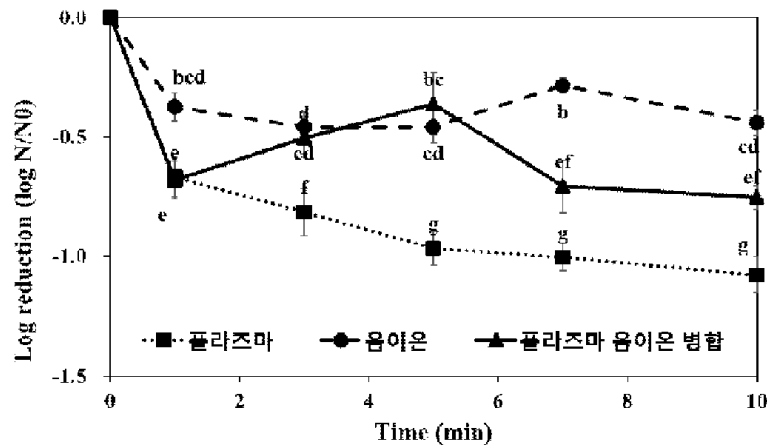


그림 111. 쌀눈 시료의 기류 교반 플라즈마, 음이온, 플라즈마-음이온 병합 토착 미생물 저감 효과.

■ 기류 교반 시스템의 고춧가루 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균 효과

- 그림 112는 2차년도에서 구축된 기류교반 시스템을 이용한 고춧가루의 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 결과를 보여줌
- 고춧가루의 경우, 최대 사멸률은 플라즈마 3분 처리 시 0.26 log 감소를 보여주어 다른 분체시료보다 플라즈마 및 음이온 살균에 강한 내성을 보여줌
- 이는 고춧가루 내의 Bacillus 속 포자의 저항성이 다른 시료 내 토착 미생물보다 큰 것으로 판단되며 고춧가루 내의 토착 미생물 사멸 효과를 높이기 위해서는 플라즈마 발생 시 대기(공기) 외에 질소, 아르곤 등 플라즈마 발생 가스를 조절하여 시험해 볼 필요가 있는 것으로 판단됨

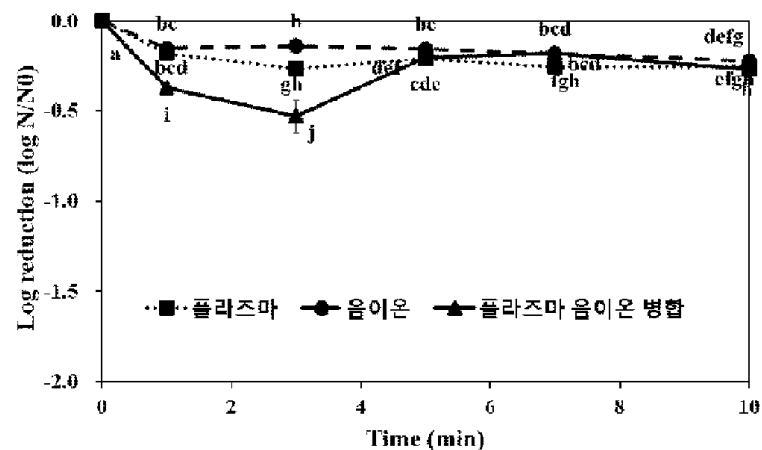


그림 112. 고춧가루 시료의 기류 교반 플라즈마, 음이온, 플라즈마-음이온 병합 토착 미생물 저감 효과.

○ 기류 교반 시스템 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 품질지표

■ 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 pH 품질지표

- 그림 113는 2차년도에서 구축된 기류교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 후 참깨 시료의 pH 변화를 보여주고 있음
- 참깨 대조구의 pH는 7.01±0.02를 나타내었으며, 시험된 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 및 유지 시간에 의해 영향을 받지 않는 것으로 판단됨

- 따라서, 2차년도에서 구축된 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균에 의해 참깨의 pH 품질지표에 부정적 영향을 미치지 않는 것으로 판단됨
- Smet 등 (2016)에 의하면 플라즈마 처리가 식품의 pH에 직접적 영향을 주지는 않지만, pH 조절에 의해 살균 효과를 높일 수 있는 것으로 보고됨

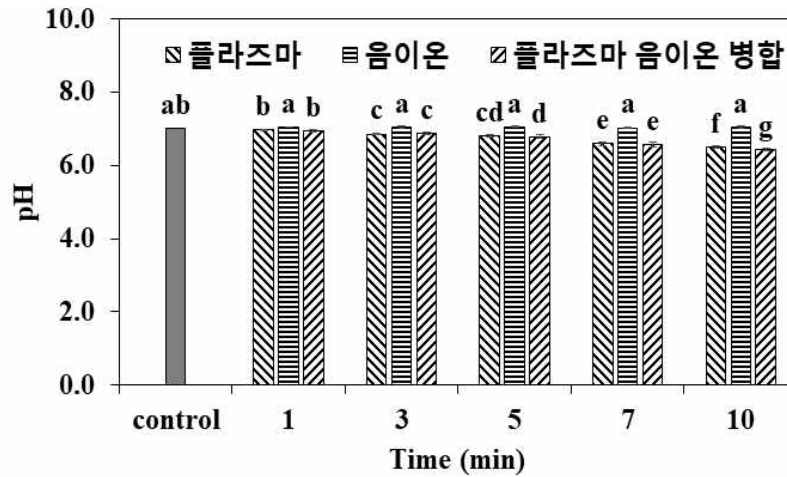


그림 113. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 참깨 시료의 pH 변화.

- 그림 114은 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 후 쌀눈 시료의 pH 변화를 보여주고 있음
- 살균 전 쌀눈의 pH는  $6.95 \pm 0.02$ 를 나타내었으며, 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 후에도 pH의 변화는 관찰되지 않음
- 따라서, 2차년도에서 구축된 기류 교반 시스템은 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균에 의해 참깨의 pH 품질지표에 부정적 영향을 미치지 않으며 pH와 관련된 저장 안전성에도 영향을 주지 않을 것으로 판단됨

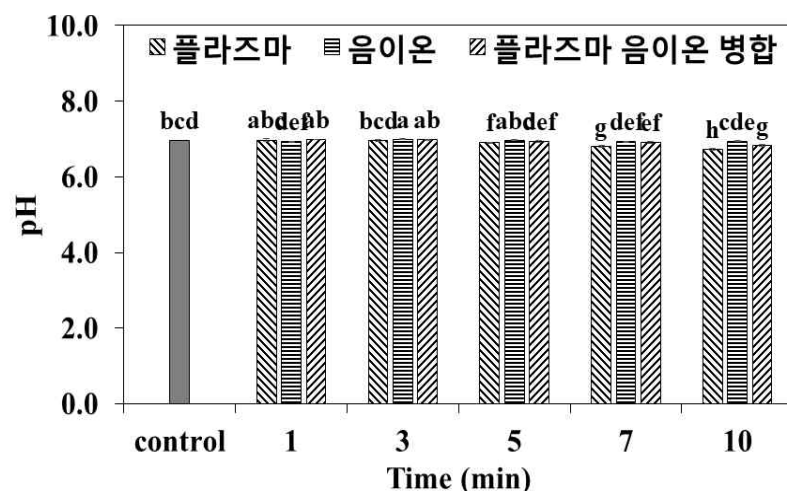


그림 114. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 쌀눈 시료의 pH 변화.

- 그림 115은 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균 후 고춧가루 시료의 pH 변화를 보여주고 있음
- 고춧가루의 초기 pH는  $5.07 \pm 0.02$ 를 나타내었으며, 플라즈마, 음이온 및 플라즈마-음이온 병합 살균은 참깨, 쌀눈과 마찬가지로 고춧가루의 pH 품질지표에 부정적 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

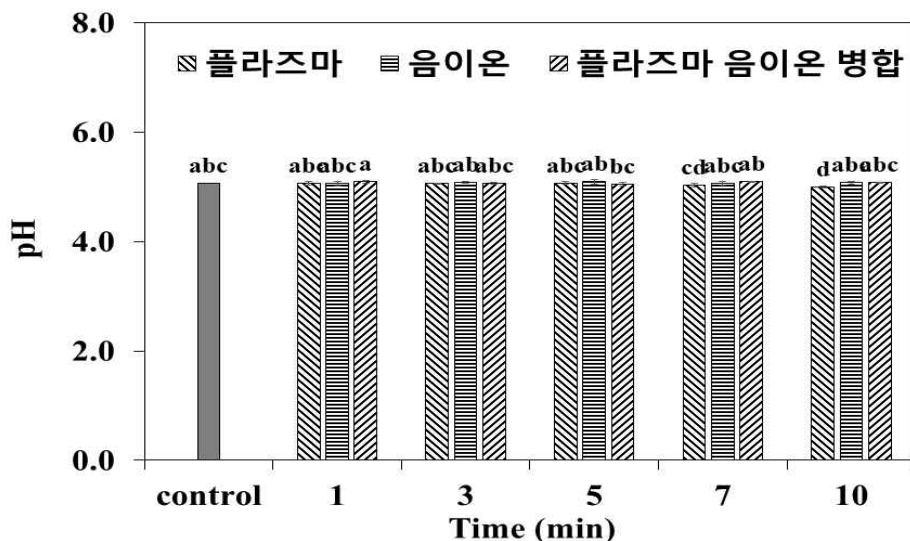
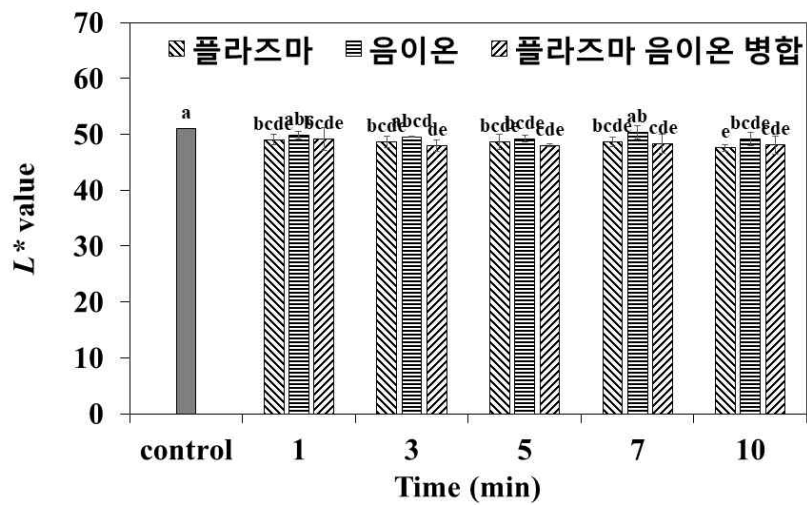


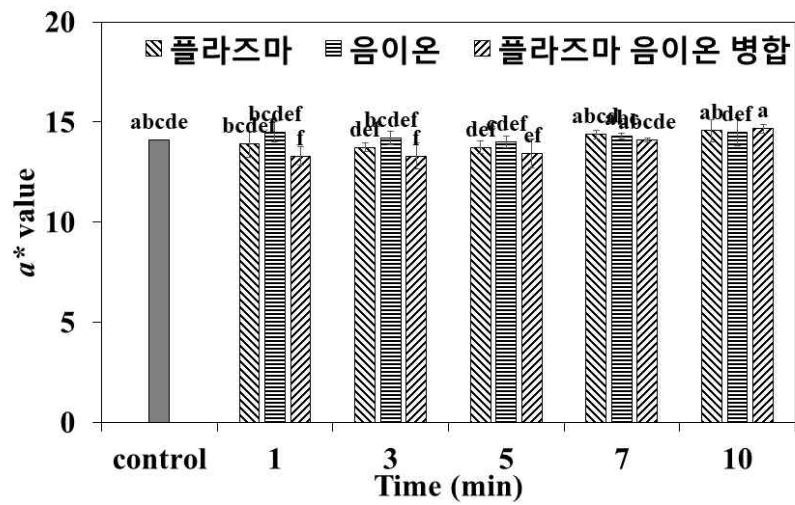
그림 115. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 고춧가루 시료의 pH 변화.

#### ■ 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 색도 품질지표

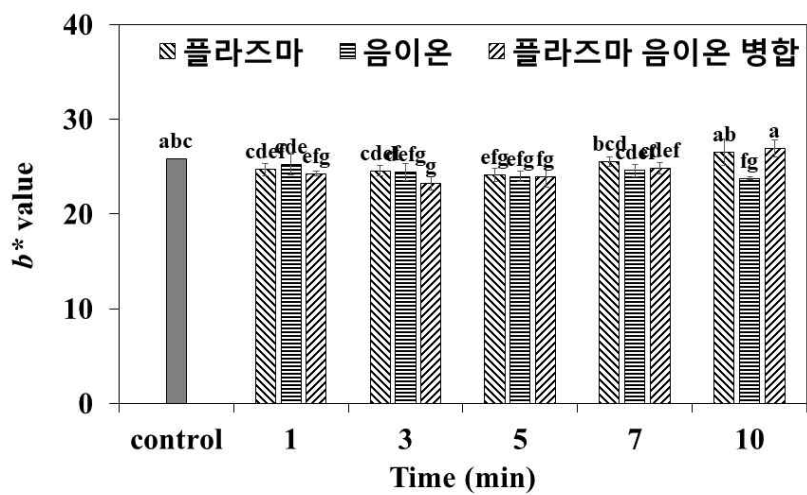
- 그림 116는 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후 참깨 색도 품질지표를 보여주고 있음
- 대조구 참깨의 백색도( $L^*$  value)는  $51.0 \pm 0.2$ 를 나타내었으며, 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후에도 참깨의 백색도는 변하지 않는 것으로 나타남
- 그림 116와 117에 제시된 바와 같이, 시험된 기류 교반 시스템 비가열 살균 방법은 참깨의 적색도와 황색도에도 영향을 주지 않는 것으로 나타남
- 그림 117는, 시험된 기류 교반 시스템 비가열 살균 후 참깨의 외관 변화를 보여주며 플라즈마, 음이온, 플라즈마 음이온 병합 살균이 외관과 관련된 참깨의 품질지표에 영향을 주지 않는 것으로 나타남
- 그림 118는 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후 쌀눈의 색도 품질지표 변화 유무를 보여주고 있음
- 쌀눈의 백색도( $L^*$  value)는 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후 유의적 변화를 나타내지 않는 것으로 나타남
- 적색도( $a^*$  value)의 경우, 대조구는  $13.6 \pm 0.5$ 를 나타냈으며 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 처리 시 다소 증가하여, 플라즈마 10분 처리 시  $15.7 \pm 0.2$ 까지 증가하였으나, 소비자의 기호도에 영향을 줄 수 있는 정도의 변화는 아닌 것으로 판단됨
- 황색도( $b^*$  value) 경우, 대조구는  $28.6 \pm 0.2$ 를 나타냈으며 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 처리 시 다소 증가하여, 플라즈마 10분 처리 시  $33.9 \pm 0.4$ 까지 증가하였으나, 살균 처리에 의한 변을 외관 상 관찰하기는 어려웠음
- 그림 119는 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후 쌀눈의 색도 및 외관 변화를 보여주고 있음
- Hwang 등 (2023)에 의하면 색도의 0.5-1.5 수치 변화는 미세한 것으로 품질 지표에 영향을 주지 않는 것으로 판단하였으며, 본 2차년도 연구에서도 약간의 변화로 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마 처리에서는 색도 품질지표에 유의적 영향을 주지는 않았음
- 외관상, 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균은 참깨시료의 외관에 유의적 변화를 주지 않는 것으로 판단됨



(a)



(b)



(c)

그림 116. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 참깨 시료의 색도



(a)

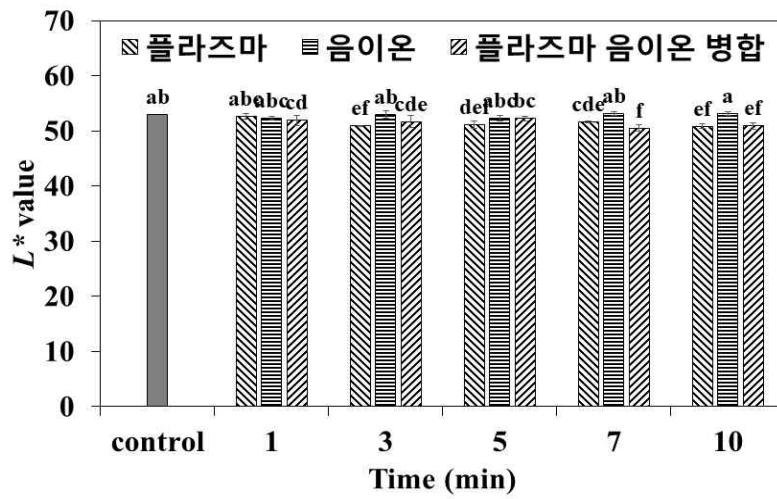


(b)

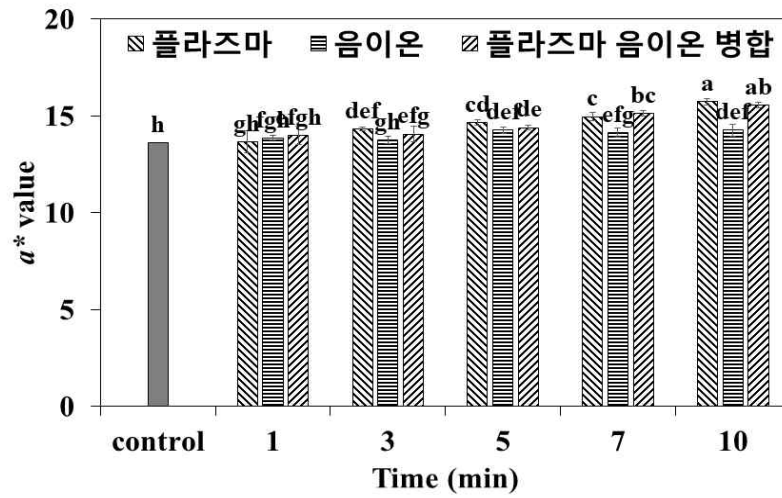


(c)

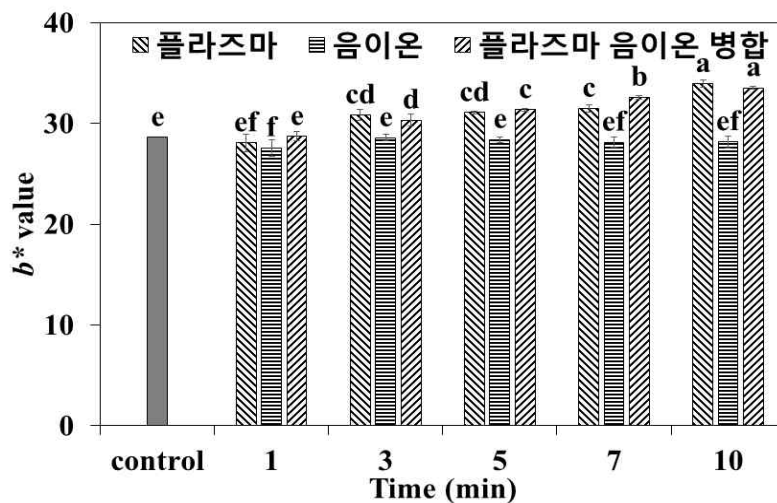
그림 117. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 교반기 살균 참깨 결과 : (a) 플라즈마 처리, (b) 음이온 처리, (c) 플라즈마 음이온 병합.



(a)



(b)



(c)

그림 118. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 쌀눈 시료의 색도 변화: (a)  $L^*$  value, (b)  $a^*$  value, (c)  $b^*$  value.





(a)



(b)

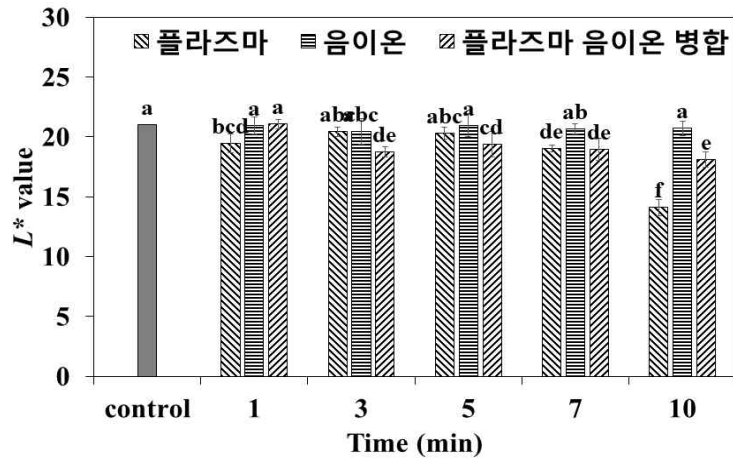


(c)

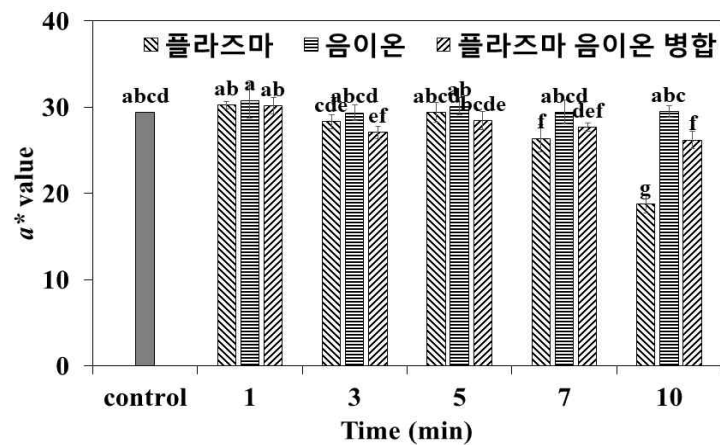
그림 119. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 교반기 살균 실험 결과 : (a) 플라즈마 처리, (b) 음이온 처리, (c) 플라즈마 음이온 병합.

- 그림 120은 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후 고춧가루의 색도 변화를 보여주고 있음
- 비열 살균 전 고춧가루의 백색도 ( $L^*$  value), 적색도( $a^*$  value) 및 황색도( $b^*$  value)는 각각  $21.0 \pm 1.0$ ,  $29.4 \pm 0.8$ ,  $29.2 \pm 1.0$ 를 보여주었음
- 고춧가루의 경우 플라즈마 단독 처리의 경우, 10분 처리 시 백색도 ( $L^*$  value), 적색도( $a^*$  value) 및 황색도( $b^*$  value)가  $14.1 \pm 0.7$ ,  $18.8 \pm 1.1$ ,  $20.5 \pm 0.6$ 까지 감소하여, 플라즈마 단독 처리의 경우 7분 이상 처리의 경우 고춧가루의 색도 품질지표에 다소 영향을 줄 것으로 판단됨

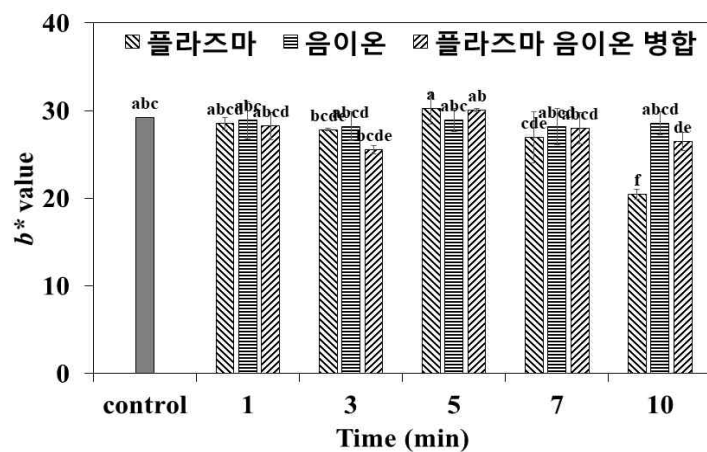
210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]



(a)



(b)



(c)

그림 120. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 고춧가루 시료의 색도 변화: (a)  $L^*$  value, (b)  $a^*$  value, (c)  $b^*$  value.

- 그림 121는 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후 고춧가루의 외관 변화를 보여주고 있음
- 색도 품질변화에서 관찰된 바와 같이 플라즈마 단독 10분 처리 시, 고춧가루의 변색이 외관 변화에서도 확인되었음

- Abdi (2019) 등에 의하면 플라즈마의 장시간 처리는 carotenoid 색소 변화에 의해 고춧가루의 색도에 부정적 영향을 준 것으로 보고됨
- 고춧가루의 2차년도 대기 플라즈마 기류 교반 시스템의 토착 미생물의 감소 효과가 없는 것으로 판명되었으며 2단계 1차년도 살균 방법을 플라즈마 생성 가스 등을 변경하여 개선할 필요가 있을 것으로 판단됨



(a)



(b)



(c)

그림 121. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 교반기 살균 고춧가루 결과 : (a) 플라즈마 처리, (b) 음이온 처리, (c) 플라즈마 음이온 병합.

■ 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 수분함량 품질지표

- 그림 122, 123, 124은 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 후 참깨, 쌀눈, 고춧가루의 수분함량 변화를 보여줌
- 비열 살균 처리 전 참깨, 쌀눈, 고춧가루 대조구의 수분함량은 각각  $5.20 \pm 0.25$ ,  $8.69 \pm 0.04$ ,  $9.71 \pm 0.05\%$ 를 보여주었으며, 시험된 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 처리에 의해 수분함량 변화가 일어나지 않음을 확인함

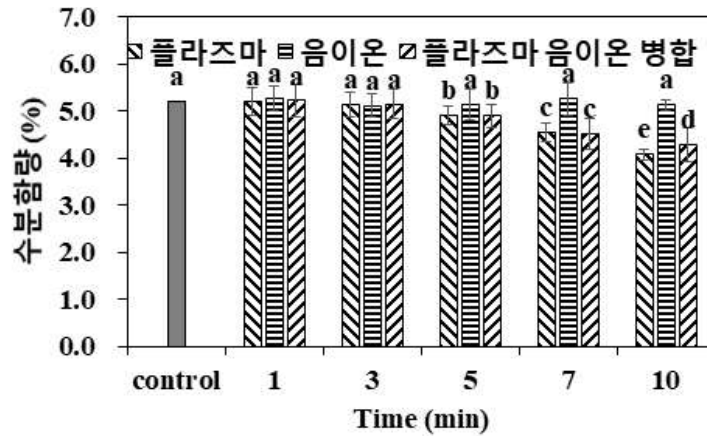


그림 122. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 참깨 시료의 수분함량 변화.

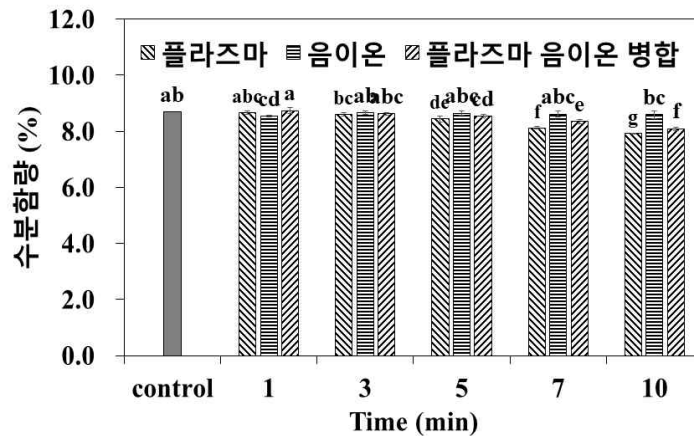


그림 123. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 쌀눈 시료의 수분함량 변화.

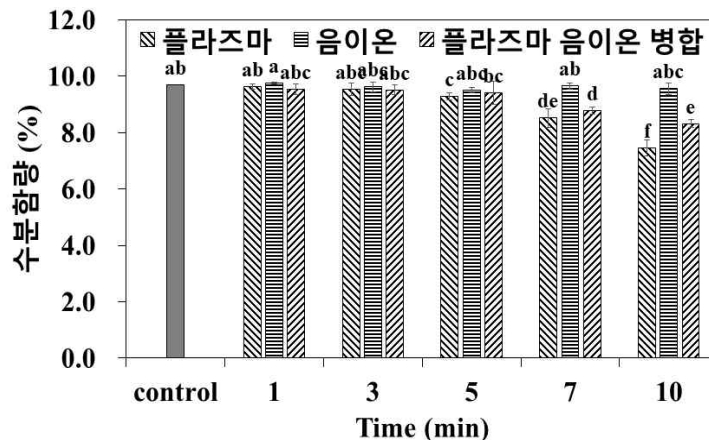


그림 124. 기류 교반 시스템 플라즈마, 음이온 및 플라즈마 음이온 병합 살균 고춧가루 시료의 수분함량 변화.

## [2단계 1차년도]

### ○ 기류 교반 시스템 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 살균 효과

#### ■ 참깨 가스별 플라즈마 단독 살균 효과

- 그림 125은 2단계 1차년도에서 기류 교반 시스템을 이용한 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마 처리 시 분말식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)의 살균 효과를 보여주고 있음
- 대조구 참깨의 미생물의 토착 미생물 초기 균수는  $6.11 \pm 0.16 \log \text{ cfu/ml}$ 을 나타내었으며, 대기 플라즈마 1분 처리부터  $0.45 \pm 0.02 \log$ 의 감소 효과를 보여주고, 5분 처리 시  $1.06 \pm 0.09 \log$  감소, 10분 처리 시  $1.32 \pm 0.07 \log$  감소 효과를 보였음
- 질소 플라즈마의 경우 1분 처리부터  $0.16 \pm 0.02 \log$  감소를 보여주고 7분 처리 시 최대 살균 효과인  $1.00 \pm 0.04 \log$  감소를 보여주었으나 7분 이후부터는 감소 효과가 없었음
- 아르곤 플라즈마의 경우 1분 처리 시  $0.77 \pm 0.10 \log$ 부터 7분 처리 시 최대 살균 효과인  $1.22 \pm 0.01 \log$ 를 보였고, 질소와 마찬가지로 그 이후 처리 시간에서는 감소 효과가 나타나지 않았음

#### ■ 쌀눈 가스별 플라즈마 단독 살균 효과

- 대조구 쌀눈의 초기 토착 미생물의 총균수는  $5.48 \pm 0.14 \log \text{ CFU/ml}$ 을 나타내었으며 대기 플라즈마 1분 처리부터  $0.67 \pm 0.08 \log$ 의 감소 효과를 보여주고 5분 처리 시  $0.97 \pm 0.07 \log$  감소 하였으며 그 이후는 유의적 감소를 보여주지 않아 최대 5분 처리가 쌀눈의 적정 플라즈마 단독 살균 시간으로 산출 되었음
- 질소 플라즈마의 경우 1분 처리부터  $0.59 \pm 0.09 \log$  감소를 보여주고 7분 처리 시 최대 살균 효과인  $1.24 \pm 0.07 \log$  감소를 보여준 후 사멸률에 변화가 없어 질소 가스 단독 플라즈마 쌀눈 살균 시 7분이 적정 살균 시간으로 산정됨
- 아르곤 플라즈마의 경우 1분 처리 시  $0.76 \pm 0.10 \log$  감소, 5분 처리 시  $1.13 \pm 0.11 \log$  감소 10분 처리 시 최대 살균 효과인  $1.34 \pm 0.10 \log$ 를 보여주었고, 아르곤 가스의 경우 플라즈마 노출 시간이 길어질수록 우수한 사멸 효과를 보여줌

#### ■ 고춧가루 가스별 플라즈마 단독 살균 효과

- 대조구 고춧가루의 초기 토착 미생물의 총균수는  $6.84 \pm 0.12 \log \text{ CFU/ml}$ 로 대기 플라즈마 1분 처리부터  $0.18 \pm 0.02 \log$ 의 감소 효과를 보여주며 10분 처리 시  $0.25 \pm 0.02 \log$  감소 효과를 보였고, 질소 플라즈마의 경우 1분 처리부터  $0.08 \pm 0.02 \log$  감소를 보여주고 5분 처리 시 최대 살균 효과인  $0.11 \pm 0.03 \log$  감소, 아르곤 플라즈마의 경우 1분 처리 시  $0.31 \pm 0.04 \log$ 부터 7분 처리 시 최대 살균 효과인  $0.45 \pm 0.05 \log$ 를 보여줌
- 고춧가루의 경우 사용된 질소, 산소, 아르곤의 모든 플라즈마 형성 가스가  $0.5 \log$  감소 이하의 살균도를 보여주어 고춧가루의 살균에는 플라즈마 살균의 적용이 어려운 것으로 판단됨

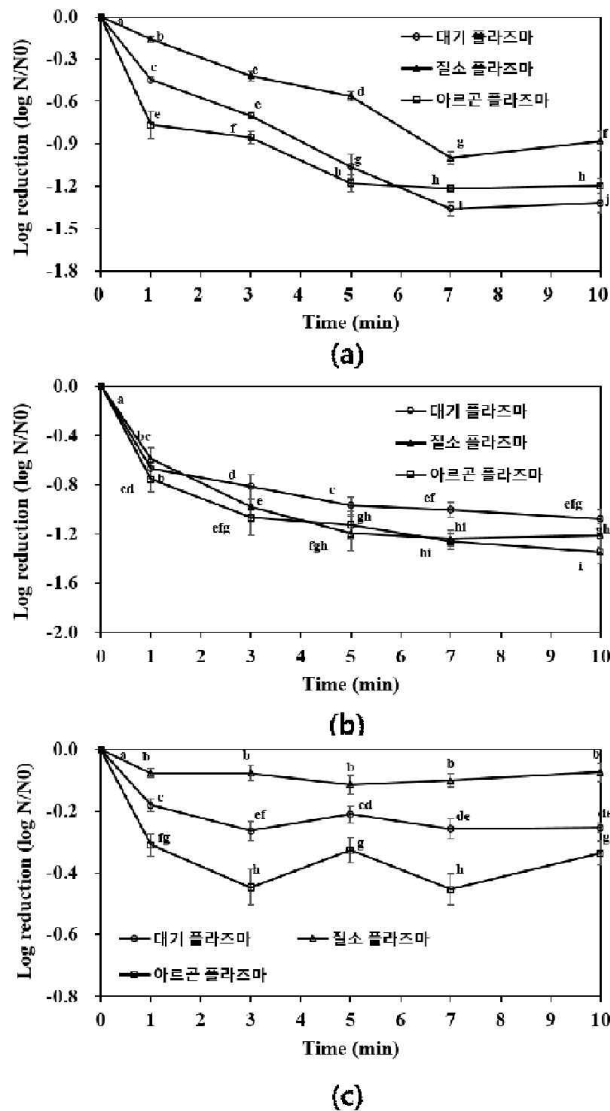


그림 125. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마 토착 미생물 저감 효과: (a)-참깨, (b)-쌀눈, (c)-고춧가루.

#### ■ 참깨 가스별(대기, 질소, 아르곤) 플라즈마-음이온 병합 살균 효과

- 그림 126은 2단계 1차년도에서 기류 교반 시스템을 이용한 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마-음이온 병합 처리 시 분체식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)의 살균 효과를 보여주고 있음
- 대조구 참깨의 초기 토착 미생물의 총균수는  $6.11 \pm 0.16 \log \text{CFU/ml}$ 을 나타내었으며 대기 플라즈마-음이온 1분 처리부터  $0.38 \pm 0.07 \log$ 의 감소 효과를 보여주었으며, 5분 처리 시  $1.21 \pm 0.10 \log$ , 10분 처리 시  $1.55 \pm 0.12 \log$  감소 효과를 보였음
- 질소 플라즈마-음이온의 경우 1분 처리부터  $0.18 \pm 0.04 \log$  감소를 보여주고, 5분 처리 시  $0.74 \pm 0.04 \log$ , 10분 처리 시  $0.86 \pm 0.06 \log$  감소가 확인 되었음
- 아르곤 플라즈마-음이온의 경우 1분 처리 시  $0.81 \pm 0.07 \log$ , 5분 처리 시  $0.98 \pm 0.05 \log$ , 10분 처리 시  $1.20 \pm 0.04 \log$  감소를 보여줌
- 플라즈마 생성 가스별 참깨의 토착 미생물 사멸효과 비교는 하단의 '플라즈마 생성 가스별 참깨 미생물 사멸 예측 모델'을 통하여 비교 분석함



**■ 쌀눈 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 효과**

- 대조구 쌀눈의 초기 토착 미생물의 총균수는  $5.48 \pm 0.14 \log$  CFU/ml을 나타내었으며 대기 플라즈마-음이온 1분 처리부터  $0.57 \pm 0.09 \log$ 의 감소 효과를 보여주며 7분 처리 시 최대 살균 효과인  $1.14 \pm 0.23 \log$  감소 효과를 보였고 그 이후는 추가적인 사멸을 보여주지 않았음
- 질소 플라즈마-음이온의 경우 1분 처리부터  $0.63 \pm 0.04 \log$ 를 보여주었고, 5분 처리 시  $1.19 \pm 0.01 \log$ , 10분 처리 시  $1.22 \pm 0.02 \log$  감소를 보여주어 5분 처리 살균 시간이 적합한 것으로 판단됨
- 아르곤 플라즈마-음이온의 경우 1분 처리 시  $0.71 \pm 0.09 \log$ 부터 7분 처리 시 최대 살균 효과인  $1.29 \pm 0.10 \log$ 를 보여주고 그 이후는 추가적인 사멸을 보여주지 않았음
- 플라즈마 생성 가스별 쌀눈의 토착 미생물 사멸효과 비교는 하단의 ‘플라즈마 생성 가스별 참깨 미생물 사멸 예측 모델’을 통하여 비교 분석함

**■ 고춧가루 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 효과**

- 대조구 고춧가루의 초기 토착 미생물의 총균수는  $6.84 \log$  CFU/ml을 나타내었으며 대기 플라즈마-음이온 1분 처리부터  $0.21 \pm 0.03 \log$  감소 효과를 보여주며 10분 처리 시  $0.24 \pm 0.03 \log$  감소 효과를 보였고, 질소 플라즈마-음이온의 경우 1분 처리부터  $0.25 \pm 0.03 \log$ 를 보여주고 10분 처리 시  $0.29 \pm 0.05 \log$  감소, 아르곤 플라즈마-음이온의 경우 1분 처리 시  $0.23 \pm 0.06 \log$ 부터 10분 처리 시  $0.31 \pm 0.04 \log$  감소를 보여줌
- 고춧가루의 경우 플라즈마 단독 처리와 마찬가지로 플라즈마-음이온 병합 살균의 효용성은 확인되지 않았음

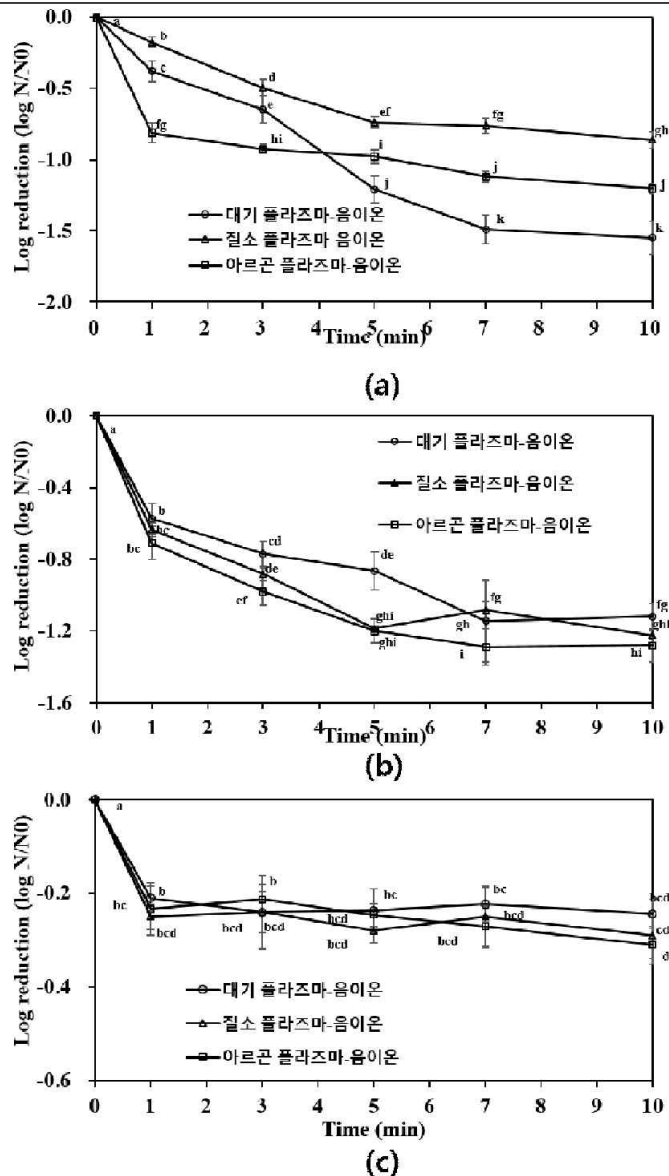


그림 126. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마-음이온 병합 토착 미생물 저감 효과: (a)-참깨, (b)-쌀눈, (c)-고춧가루.

■ 플라즈마 생성 가스별 참깨 미생물 사멸 예측 모델

- 표 15는 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 시 참깨의 토착 미생물 저감 예측 모델을 보여주고 있음
- 플라즈마 단독처리 시 참깨는 아르곤이 회귀 모델의 1차( $\beta_1$ ) 및 2차( $\beta_2$ ) 기울기 상수가 각각 -0.2945 및 0.0199로 높아 가장 큰 사멸률을 보여주는 것으로 나타났지만, 회귀 모델의 결정 계수(coefficient of determination,  $R^2$ )가 0.90 이하로 낮은 신뢰성을 보여주었음
- 따라서, 참깨의 경우는 예측 모델의  $R^2$  0.90 이상의 신뢰 구간 중 대기 플라즈마가 가장 사멸 효율이 좋은 것으로 판단되었음
- 대기 플라즈마-음이온 병합 모델의 경우 1차( $\beta_1$ ) 기울기 상수가 -0.3079로 단독 대기 플라즈마의  $\beta_1$  인 -0.2891보다 높지만 2차( $\beta_2$ ) 기울기 상수가 더 낮아 유의적 차이는 없는 것으로 판단되었음
- 미생물 사멸 예측 모델로 평가 시, 참깨의 경우 대기 플라즈마 단독처리가 미생물 사멸 효율 측면에서 우수한 것으로 판단됨

표 15. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 참깨의 토착 미생물 저감 예측 모델:  $\log(N/N_0)=\beta_0+\beta_1t+\beta_2t^2$

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2$
대기 플라즈마	-0.0551	-0.2891	0.0161	0.9789
질소 플라즈마	0.0232	-0.1851	0.009	0.9407
아르곤 플라즈마	-0.2025	-0.2945	0.0199	0.877
대기 플라즈마-음이온 병합	-0.0082	-0.3079	0.0151	0.9829
질소 플라즈마-음이온 병합	-0.0056	-0.1928	0.0109	0.9905
아르곤 플라즈마-음이온 병합	-0.2642	-0.2416	0.0153	0.7854

#### ■ 플라즈마 생성 가스별 쌀눈 미생물 사멸 예측 모델

- 표 16은 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 시 쌀눈의 토착 미생물 저감 예측 모델을 보여주고 있음
- 플라즈마 단독처리 시 참깨는 질소가 회귀 모델의 1차( $\beta_1$ )기울기 상수가 -0.3302로 가장 높아 큰 사멸률을 보여주는 것으로 나타났고, 회귀 모델의 결정 계수(coefficient of determination,  $R^2$ )가 0.90 이상으로 높은 신뢰성을 보여주었음
- 쌀눈의 경우 참깨의 대기 플라즈마와는 다르게 질소 플라즈마의 살균 효용성이 제일 큰 것으로 나타났는데, Mahnot 등 (2019)에 의하면 질소, 산소 등에 의해 생성된 플라즈마 가스는 활성 산소(reactive oxygen species), 활성 질소(reactive nitrogen species), NO 등 각기 다른 플라즈마 라디칼 활성을 가지기 때문에 살균효과가 다르며 적정 분말식품의 특성에 따라 적절한 플라즈마 생성 가스의 선택이 중요하다고 보고함
- 플라즈마-음이온 병합 모델의 경우 모두 질소 플라즈마 단독 처리보다 1차( $\beta_1$ ) 및 2차( $\beta_2$ ) 기울기 상수가 낮아 플라즈마-음이온 병합 처리는 효율적이지 않은 것으로 판단됨

표 16. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 쌀눈의 토착 미생물 저감 예측 모델:  $\log(N/N_0)=\beta_0+\beta_1t+\beta_2t^2$

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2$
대기 플라즈마	-0.1998	-0.2386	0.0156	0.8532
질소 플라즈마	-0.1358	-0.3302	0.0227	0.9532
아르곤 플라즈마	-0.2279	-0.2963	0.0191	0.8731
대기 플라즈마-음이온 병합	-0.1499	-0.2384	0.0143	0.9128
질소 플라즈마-음이온 병합	-0.1689	-0.2865	0.0188	0.9025
아르곤 플라즈마-음이온 병합	-0.1834	-0.3188	0.0214	0.9215

#### ■ 플라즈마 생성 가스별 고춧가루 미생물 사멸 예측 모델

- 표 17는 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 시 고춧가루의 토착 미생물 저감 예측 모델을 보여주고 있음
- 시험된 모든 플라즈마 가스 및 음이온 병합 살균에서 회귀 모델의  $\beta_0$  절편이 0.1 이하로 낮기 때문에 사멸 효율이 없는 것으로 예측 모델이 평가하였음
- 미생물 사멸 예측 모델로 평가 시에도, 고춧가루의 경우 플라즈마 살균은 큰 효용성이 없는 것으로 판단됨

표 17. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 고춧가루의 토착 미생물 저감 예측 모델:  $\log(N/N_0)=\beta_0+\beta_1t+\beta_2t^2$

	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$R^2$
대기 플라즈마	-0.0617	-0.0622	0.0045	0.7247
질소 플라즈마	-0.0192	-0.0304	0.0025	0.8096
아르곤 플라즈마	-0.0989	-0.1148	0.0089	0.6928
대기 플라즈마-음이온 병합	-0.0736	-0.0581	0.0043	0.644
질소 플라즈마-음이온 병합	-0.0862	-0.0609	0.0043	0.6221
아르곤 플라즈마-음이온 병합	-0.0792	-0.053	0.0032	0.6906

○ 기류 교반 시스템 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 분체(참깨, 쌀눈, 고춧가루) 품질지표

#### ■ 참깨 가스별 플라즈마 단독 살균 시 수분활성도 변화

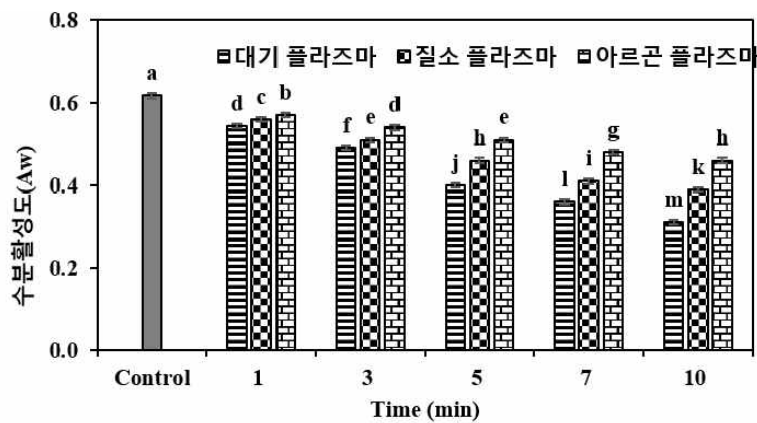
- 그림 127에서는 기류 교반 시스템 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마 처리 시간(1, 3, 5, 7, 10분)에 따른 분말식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)의 수분활성도의 변화를 보여줌
- 대조구 참깨의 경우 수분활성도는  $0.62 \pm 0.01$ 을 나타내었으며 대기 플라즈마 1분 처리 시  $0.54 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.40 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.31 \pm 0.01$ 로 감소되어 처리 시간에 따라 수분활성도가 대조구 대비 유의적으로 감소되는 것으로 판단 됨( $P < 0.05$ )
- 질소 플라즈마 살균도 1분 처리 시  $0.56 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.46 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.39 \pm 0.01$ 로 감소하여 대기 플라즈마와 유사하게 살균 처리 시간의 증대에 의하여 수분활성도가 유의적으로 감소함
- 반면에 아르곤 플라즈마 1분 처리 시  $0.57 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.51 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.46 \pm 0.01$ 으로 아르곤 플라즈마 처리 시 수분활성도의 감소가 낮은 것으로 나타남
- Won 등 (2016)은 양파 분말의 콜드 플라즈마 살균 시, 수분 활성도가 높을수록 미생물 저감 효과가 높았다고 보고하였음
- 본 연구의 플라즈마 살균 중 살균 시간이 5분 이상으로 증대할 경우 플라즈마 생성열이 축적되어 온도가 상승되는 것이 관찰되었는데, 분말 시료의 경우 기류 교반 시스템에서 분체 부양 시 공기와의 접촉에 의해 일부 수분이 소실되는 것으로 판단됨
- 따라서 분말 시료의 적정 플라즈마 살균 시간은 미생물 저감화와 품질지표를 동시에 고려하여 결정되어야 하는 것으로 판단됨

#### ■ 쌀눈 가스별 플라즈마 단독 살균 시 수분활성도 변화

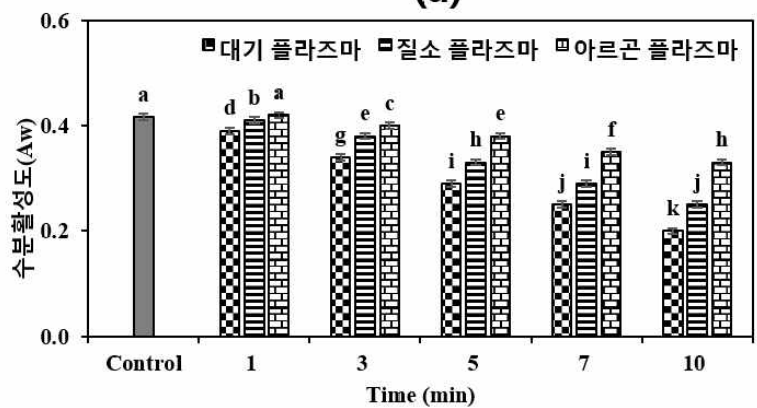
- 대조구 쌀눈의 경우 수분활성도는  $0.42 \pm 0.01$ 을 나타내었으며 대기 플라즈마 1분 처리 시  $0.39 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.29 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.20 \pm 0.01$ 로 감소되었음
- 질소 플라즈마 1분 처리 시  $0.41 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.33 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.25 \pm 0.01$ 로 감소되었음
- 아르곤 플라즈마 1분 처리 시  $0.42 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.38 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.33 \pm 0.01$ 으로 아르곤 플라즈마 처리 시 수분활성도의 감소가 낮은 것으로 보여짐
- 쌀눈의 경우도 참깨 시료와 유사하게 아르곤 플라즈마 생성 가스의 사용 시 수분활성도의 저하가 최대한 방지 되었는데 이는 아르곤 가스가 대기 및 질소 가스에 비하여 플라즈마 생성 축적열이 상대적으로 낮았기 때문으로 판단됨

■ 고춧가루 가스별 플라즈마 단독 살균 시 수분활성도 변화

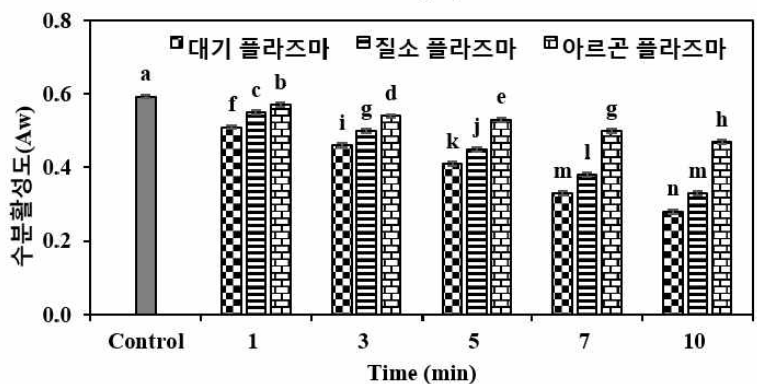
- 대조구 고춧가루의 경우 수분활성도는  $0.59 \pm 0.01$ 을 나타내었으며 대기 플라즈마 1분 처리 시  $0.51 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.41 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.28 \pm 0.01$ 로 감소되었음
- 질소 플라즈마 고춧가루 살균의 경우 1분 처리 시  $0.55 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.45 \pm 0.01$  10분 처리 시  $0.33 \pm 0.01$  감소를 보여줌
- 아르곤 플라즈마 고춧가루 살균의 경우 1분 처리 시  $0.57 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.53 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.47 \pm 0.01$ 로 아르곤 플라즈마 처리 시 수분활성도의 감소가 낮은 것으로 보여짐
- 본 연구에서 시험된 참깨, 쌀눈, 고춧가루 시료 모두 아르곤을 플라즈마 생성 가스로 사용 시 플라즈마 살균 중 수분활성도 저하를 방지할 수 있는 것으로 나타났음
- 따라서 수분활성도에 민감한 분말 시료의 살균 시에는 아르곤 가스의 사용을 적극적으로 고려해 볼 수 있음



(a)



(b)



(c)

그림 127. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마 수분활성도 변화: (a)-참깨, (b)-쌀눈, (C)-고춧가루.

#### ■ 참깨 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 시 수분활성도 변화

- 그림 128에서는 기류 교반 시스템 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마-음이온 병합 살균시간(1, 3, 5, 7, 10분)에 따른 분말식품(참깨, 쌀눈, 고춧가루)의 수분활성도의 변화를 보여줌
- 대조구 참깨의 경우 수분활성도는  $0.62 \pm 0.01$ 를 나타내었으며 대기 플라즈마-음이온 1분 처리 시  $0.52 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.39 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.29 \pm 0.01$ 로 감소되었음
- 질소 플라즈마-음이온 참깨 살균의 경우 1분 처리 시  $0.55 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.43 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.35 \pm 0.01$  감소를 보여줌
- 아르곤 플라즈마-음이온 참깨 살균의 경우 1분 처리 시  $0.57 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.50 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.44 \pm 0.01$ 로 아르곤 플라즈마-음이온 처리 시 수분활성도의 감소가 낮은 것으로 보여 졌으며, 이는 플라즈마 단독 처리 시와 동일하게 아르곤 가스의 플라즈마 축적열이 상대적으로 낮았기 때문으로 해석됨

#### ■ 쌀눈 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 시 수분활성도 변화

- 대조구 쌀눈의 경우 수분활성도는  $0.42 \pm 0.01$ 를 나타내었으며 대기 플라즈마-음이온 1분 처리 시  $0.36 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.28 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.18 \pm 0.01$ 로 감소되었음
- 질소 플라즈마-음이온 쌀눈 살균의 경우 1분 처리 시  $0.39 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.30 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.23 \pm 0.01$  감소를 보여줌
- 아르곤 플라즈마-음이온 쌀눈 살균의 경우 1분 처리 시  $0.41 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.35 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.28 \pm 0.01$ 로 아르곤 플라즈마-음이온 처리 시 수분활성도의 감소가 낮은 것으로 보여지며 이 역시 아르곤 플라즈마 생성 가스의 축적열이 상대적으로 낮았기 때문으로 판단됨

#### ■ 고춧가루 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 시 수분활성도 변화

- 대조구 고춧가루의 경우 수분활성도는  $0.59 \pm 0.01$ 를 나타내었으며 대기 플라즈마-음이온 1분 처리 시  $0.53 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.45 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.31 \pm 0.01$ 로 감소되었음
- 질소 플라즈마-음이온 고춧가루 살균의 경우, 1분 처리 시  $0.56 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.44 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.34 \pm 0.01$  감소를 보여줌
- 아르곤 플라즈마-음이온 고춧가루 살균의 경우, 1분 처리 시  $0.58 \pm 0.01$ , 5분 처리 시  $0.53 \pm 0.01$ , 10분 처리 시  $0.45 \pm 0.01$ 로 아르곤 플라즈마-음이온 처리 시 수분활성도의 감소가 낮은 것으로 보여짐
- 플라즈마-음이온 병합 살균 시에도 시험 된 대기, 질소, 아르곤 가스 중 아르곤을 플라즈마 생성 가스로 사용 시 수분활성도 저하를 방지할 수 있어 수분 활성도의 보존 측면에서는 아르곤 가스를 플라즈마 생성 가스로 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단됨



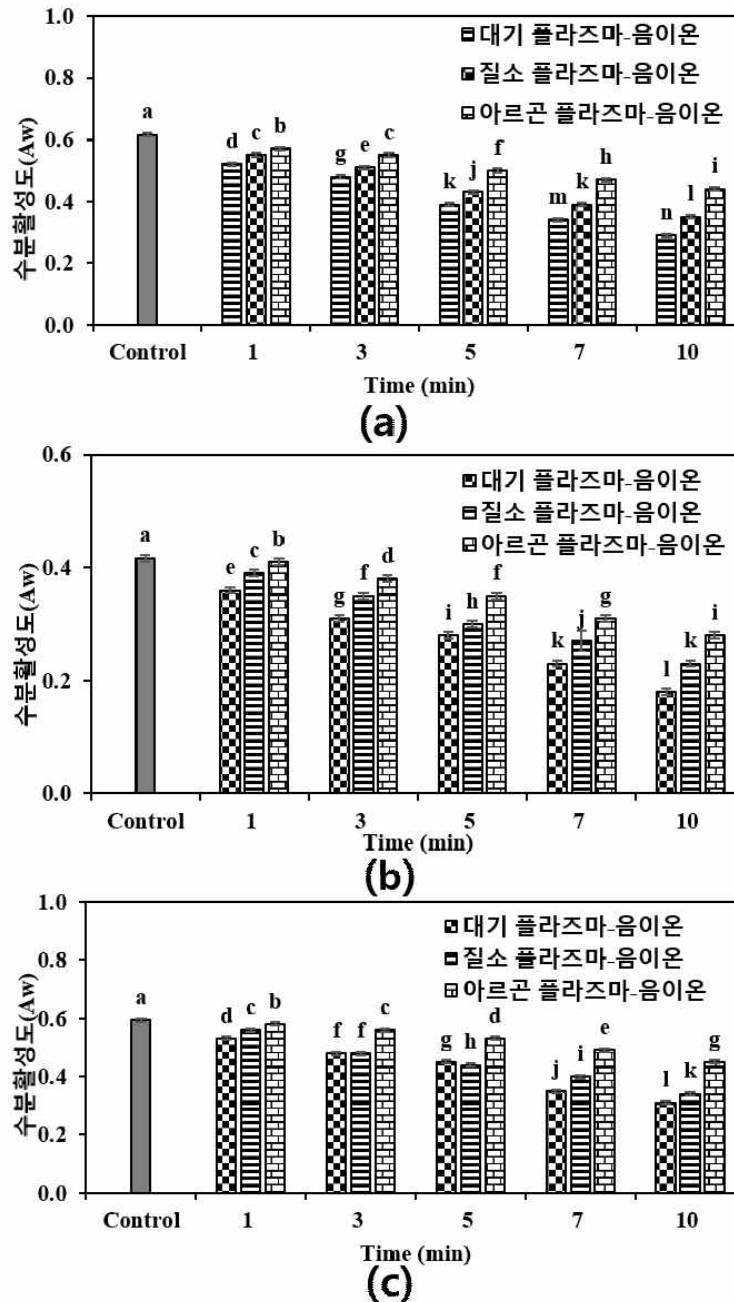


그림 128. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마-음이온 병합 수분활성도 변화: (a)-참깨, (b)-쌀눈, (c)-고춧가루.

#### ■ 참깨 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 시 pH 변화

- 그림 129에서는 기류 교반 시스템 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 시(1, 3, 5, 7, 10분) 참깨의 pH의 변화를 보여줌
- 참깨 대조구의 pH는  $6.87 \pm 0.06$ 을 나타내었는데, Yüzer and Genccep (2023)의 경우도 본 연구와 유사한 참깨의 pH  $6.41 \pm 0.03$ 를 보고함
- 플라즈마 단독 처리 시 생성 가스 및 처리 시간 범위 중 참깨의 pH는 6.77-6.80의 범위를 나타내며 플라즈마 생성 가스 및 처리 시간간의 유의차가 나타나지 않았음
- 따라서 본 연구에서 시험된 대기 플라즈마, 질소 플라즈마, 아르곤 플라즈마는 참깨의 pH 품질지표에 영향을 주지 않는 것으로 나타남

- 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 시에도 참깨 대조군과 처리군간 pH의 유의차는 발견되지 않아, 플라즈마-음이온 병합 처리도 참깨의 pH 품질지표에 부정적 영향을 주지 않는 것으로 결론 됨

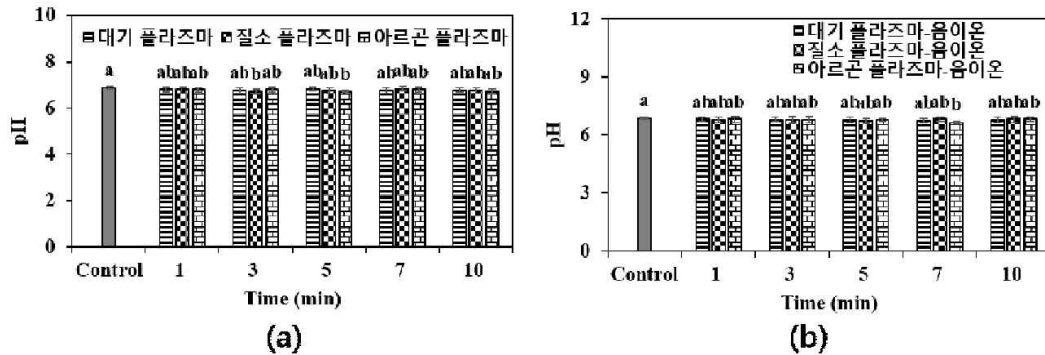


그림 129. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 참깨의 pH 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

■ 쌀눈 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 pH 변화

- 그림 130에서는 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 처리 시(1, 3, 5, 7, 10분) 쌀눈의 pH의 변화를 보여줌
- 쌀눈 대조구의 pH는  $5.81 \pm 0.09$ 를 나타내었으며, Song and Lee (2017)에 의하면 쌀눈의 pH 5.83~6.26으로 보고되었으으며 본 연구의 쌀눈 대조구와 유사한 값을 보임
- 시험된 가스별 플라즈마 단독 처리와 플라즈마-음이온 병합 처리 시료의 pH는 대조구와 유의적 차이가 발생되지 않아, 플라즈마 처리가 쌀눈의 pH 품질지표에 영향을 주지 않는 것으로 판단 됨

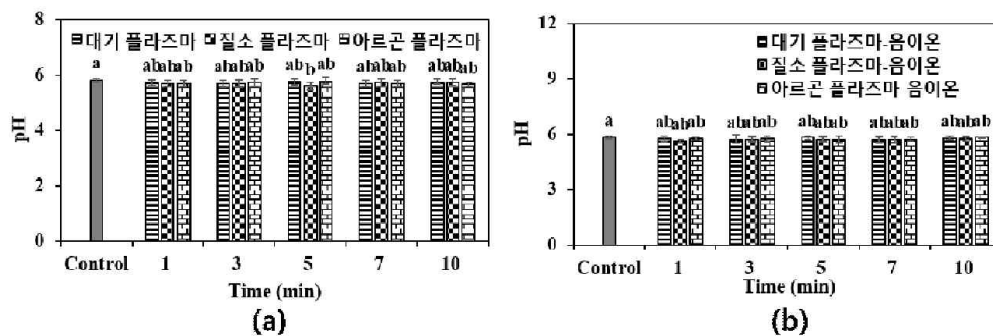


그림 130. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 쌀눈의 pH 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

■ 고춧가루 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 pH 변화

- 그림 131에서는 기류 교반 시스템 가스별(air, nitrogen, argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 처리 시(1, 3, 5, 7, 10분) 고춧가루의 pH의 변화를 보여줌
- 고춧가루 대조구의 pH는  $4.86 \pm 0.11$ 을 나타내었으며, Jeong 등 (2013)에 의하면 고춧가루의 pH는 4.70~4.90으로 유사한 수치가 나타남
- 시험된 가스별 플라즈마 단독 처리와 플라즈마-음이온 병합 처리 시료의 pH는 대조구와 유의적 차이가 발생되지 않아, 플라즈마 처리가 고춧가루의 pH 품질지표에 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

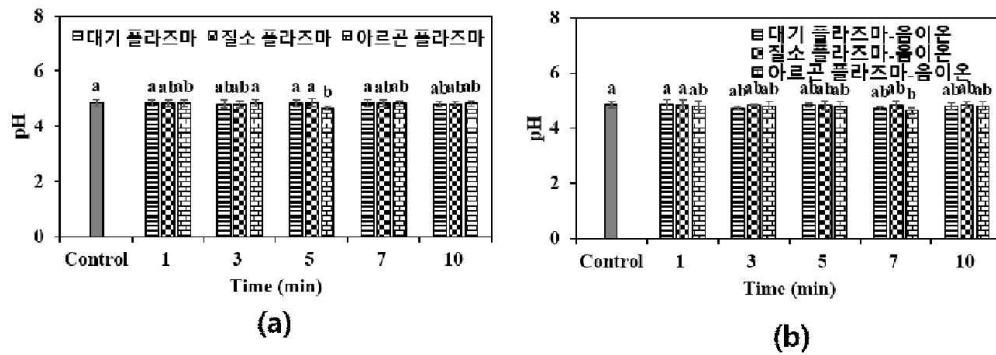


그림 131. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 고춧가루의 pH 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

■ 참깨 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 색도 변화

- 그림 132은 기류 교반 시스템을 이용한 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 후 참깨 색도 품질지표를 보여주고 있음
- 대조구 참깨의 백색도( $L^*$  value)는  $45.8 \pm 0.9$ 를 나타내었으며, 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 후에도 참깨의 백색도는 변하지 않는 것으로 나타남
- 대조구 참깨의 적색도( $a^*$  value)는  $14.1 \pm 0.2$ 를 나타내었으며, 가스별 플라즈마 10분 처리의 경우, 대기 플라즈마  $14.0 \pm 0.5$ , 아르곤 플라즈마  $14.1 \pm 0.5$ 로 차이를 보이지 않았고, 질소 플라즈마 처리의 경우  $13.4 \pm 0.5$ 로 적색도가 0.5 정도의 수치로 감소하였으나 유의적인 차이는 보이지 않음
- 황색도( $b^*$  value)의 경우 대조구는  $23.3 \pm 1.0$ 로 나타났으며, 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 후에도 변화가 없는 것으로 나타남
- 본 플라즈마 생성 가스별 참깨의 색도 품질지표 시험 결과 플라즈마 처리는 참깨의 색도에 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

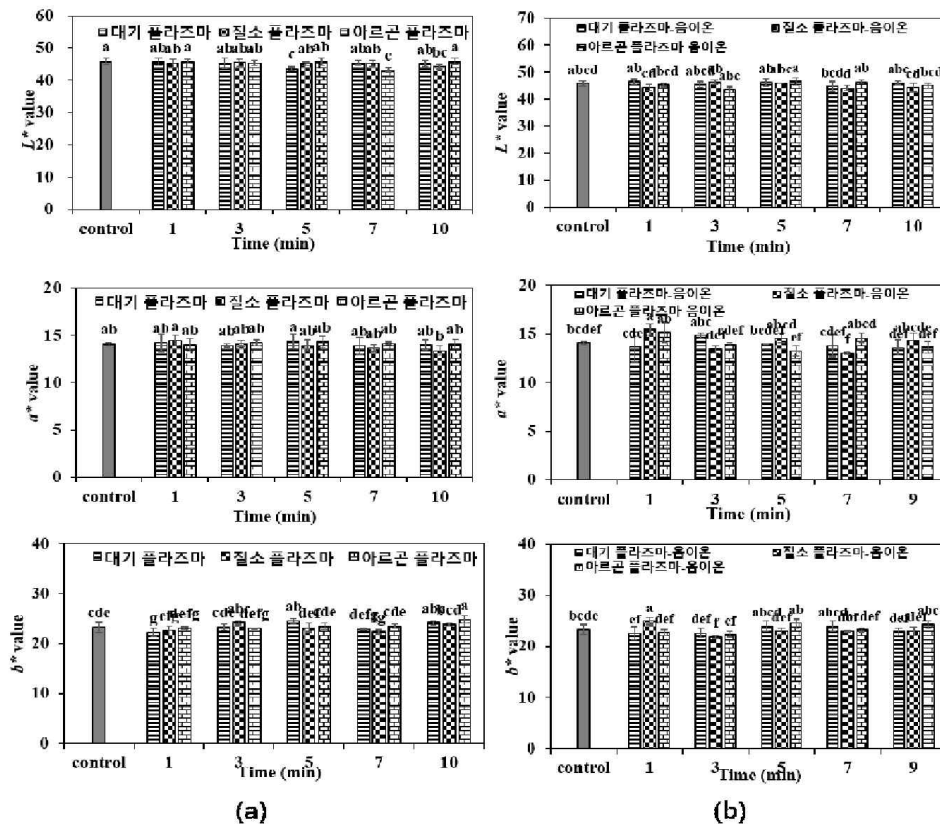


그림 132. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 참깨의 색도 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

■ 쌀눈 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 색도 변화

- 그림 133는 기류 교반 시스템을 이용한 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 병합 살균 후 쌀눈의 색도 품질지표 변화 유무를 보여주고 있음
- 쌀눈의 백색도( $L^*$  value)의 경우 대조구는  $48.5 \pm 0.7$ 을 나타내었으며, 대기 플라즈마의 경우 10분 처리 시  $47.0 \pm 1.3$ , 아르곤 플라즈마 10분 처리 시  $48.1 \pm 0.2$ 으로 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았음( $P > 0.05$ )
- 질소 플라즈마 10분 처리의 경우 백색도  $46.2 \pm 0.9$ 로 2.3 정도의 수치로 차이가 나지만 외관상의 큰 차이는 없음
- 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 후 쌀눈의 백색도는 유의적 변화를 나타내지 않는 것으로 나타남
- 적색도( $a^*$  value)의 경우, 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 살균 후 유의적 변화를 나타내지 않는 것으로 나타남
- 황색도( $b^*$  value) 경우, 대조구는  $28.2 \pm 0.6$ 를 나타냈으며 질소 플라즈마 처리 시 다소 증가하여, 질소 플라즈마 10분 처리 시  $32.0 \pm 0.6$ 까지 증가하였으나, 살균 처리에 의한 변화를 외관상 관찰하기는 어려웠음
- 따라서 본 시험에서 사용된 대기, 질소, 아르곤 가스에 의한 플라즈마 처리는 쌀눈의 색도 품질에 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

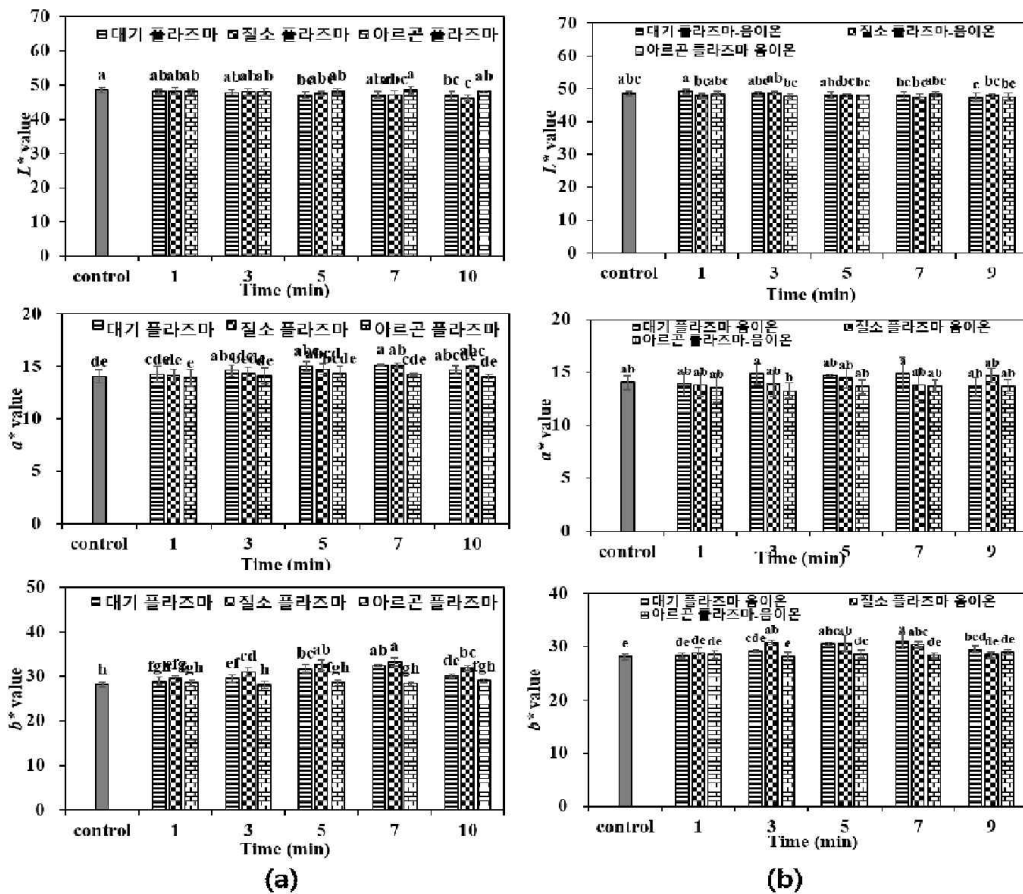


그림 133. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 쌀눈의 색도 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

■ 고춧가루 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 색도 변화

- 그림 134는 기류 교반 시스템을 이용한 플라즈마 생성 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마 및 플라즈마-음이온 병합 살균 후 고춧가루의 색도 품질지표 변화 유무를 보여주고 있음
- 고춧가루의 백색도( $L^*$  value)는 대조구 고춧가루의 경우  $21.0 \pm 1.3$ 으로 나타났고, 가스별 플라즈마 처리 시 18.9 - 20.6을 보여주어 플라즈마 처리가 고춧가루의 백색도에 영향을 주지 않는 것으로 나타남
- 플라즈마-음이온 병합 살균에서는 고춧가루의 대조구 백색도( $L^*$  value)가  $21.0 \pm 1.3$ 을 나타내는데 질소 플라즈마-음이온 병합 10분 처리 시  $21.7 \pm 0.8$ 으로 가장 유의적인 변화를 보이지 않음
- 고춧가루의 적색도( $a^*$  value)는 대조구의 경우  $29.4 \pm 0.7$ 을 나타냈고, 플라즈마 단독 처리 시 26.7-30.1을 나타내어 유의미한 차이를 발견할 수 없었음
- 반면 Hertwig 등 (2014)에 의하면 플라즈마 처리가 5분 이상이 될 경우 고춧가루의 적색도가 감소한다고 보고하였는데 이는 cartenoid의 변화와 연관이 있을 것으로 예상되며, 플라즈마 출력 및 생성 가스등의 변수에 의해 좌우된다고 보고함
- 본 시험결과 황색도는 플라즈마 처리에 의해 영향을 받지 않은 것으로 결론됨
- 고춧가루의 플라즈마 색도 품질지표는 본 연구에서 진행된 대기, 질소, 아르곤 플라즈마 생성 가스에 의한 영향이 미미한 것으로 판단됨

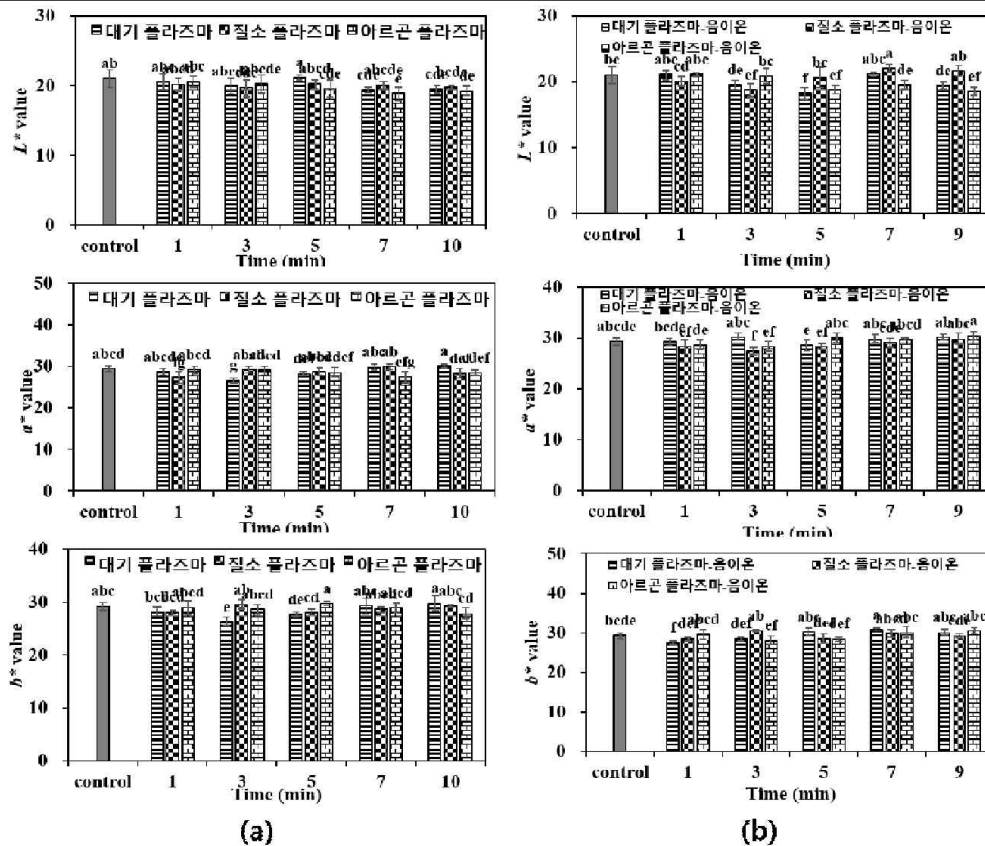


그림 134. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 처리 시 고춧가루의 색도 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

■ 참깨 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 전자코 향미 변화

- 그림135은 참깨의 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 처리 시 참깨의 전자코 향미 변화를 나타내는데 좌표 Distance 수치가 증가할수록 대조구와의 향미 변화가 큰 것으로 해석할 수 있음
- 대조구 참깨와 비교하여 대기 플라즈마 단독 1분, 3분, 5분, 7분 처리 시 각각 897±139, 836±108, 811±140, 344±122로 줄어다가 10분 처리 시 575±125로 다시 증가함
- 질소 플라즈마의 경우 단독 1분 처리의 경우 787±127, 3분 처리 시 815±179를 나타내어 증가 경향성을 보이다가 5분에서 770±141로 감소되는 경향을 보였으나 통계적으로 유의적 차이는 없는 것으로 나타났음 (P>0.05)
- 아르곤 플라즈마의 경우 1분 처리 시 907±116에서 7분 처리 시 1000±133 까지 증가하다 10분 처리 시 다시 996±177로 감소하는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의적 차이는 없었고 경향성 또한 뚜렷하지 않음
- 전반적으로 플라즈마 단독 처리 시 플라즈마 생성 가스별로 전자코 향미 변화의 유의적 차이에 관한 경향성을 발견할 수 없었고 수치적 차이 발생은 원물 자체에 기인하는 것으로 판단되어, 플라즈마 처리가 분말식품의 향미 품질 지표에 영향을 주지 않은 것으로 결론됨
- 대기 플라즈마-음이온 병합 처리의 경우 1분 처리 시 571±132, 3분 처리 시 901±192로 증가하였다가 5분 처리시 444±133로 유의적으로 감소(P<0.05) 후 10분 처리 시까지 769±122로 증가함
- 질소 플라즈마-음이온 병합 처리의 경우 5분 처리 시까지는 유의적 변화가 없다가(P>0.05) 7분 처리 시 1075±119로 증가 후 최대 10분 처리 시 398±112로 감소함



- 아르곤 플라즈마-음이온 병합 처리의 경우도 질소 플라즈마-음이온 병합 처리와 유사하게 처리 시간 증대에 따라 증가 후 다시 감소하는 추세를 보임
- 전반적으로 플라즈마 단독 처리와 유사하게 플라즈마-음이온 병합 처리의 경우도 향미는 원물 자체의 오차에 의한 차이로 보여지며, 플라즈마-음이온 처리에 의한 향미 품질의 부정적 저하는 발견되지 않음

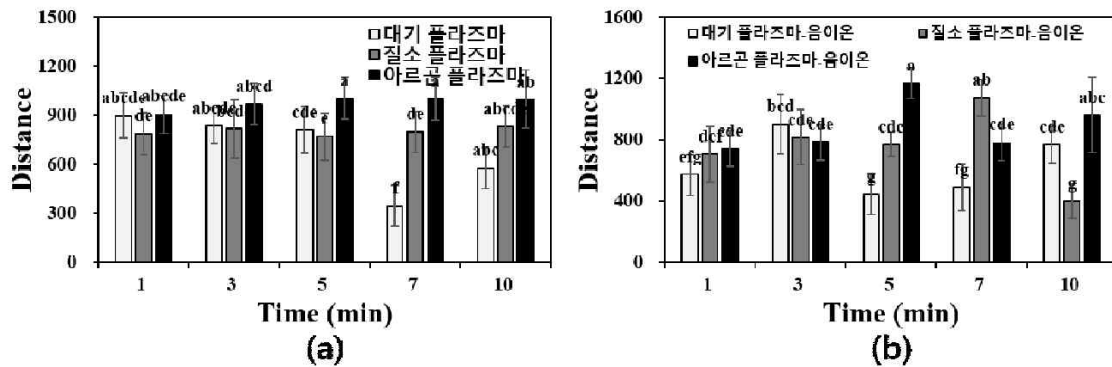


그림 135. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 처리 시 참깨의 전자코 향미 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 처리.

■ 쌀눈 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 전자코 향미 변화

- 그림136은 쌀눈의 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 처리 시 쌀눈의 전자코 향미 변화를 나타냄
- 대조구 쌀눈과 비교하여 대기 플라즈마 단독 1분 처리 시 456±37, 7분 처리 시 488±99, 10분 처리 시 418±117로 참깨의 대기 플라즈마와 마찬가지로 전자코 향미의 경향성을 보이지 못함
- 질소 플라즈마 단독 1분 처리의 경우 473±55, 5분 처리 시 484±56, 10분 처리 시 540±70을 나타내어 증가하는 경향이 있었으나 처리 시간에 의한 유의적 차이는 없었음(P>0.05)
- 아르곤 플라즈마의 경우 1분 처리 시 354±58에서 5분 처리 시 401±89까지 증가하다 7분 처리 시 385±87로 감소하는 것으로 나타났으나, 처리 시간에 따른 유의적 차이는 없었음(P>0.05)
- 플라즈마-음이온 병합 처리의 경우도 플라즈마 생성 가스 및 처리 시간에 따른 뚜렷한 변화의 경향성 및 유의차가 보여지지 않아, 플라즈마-음이온 병합 처리는 쌀눈의 향미 품질에 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

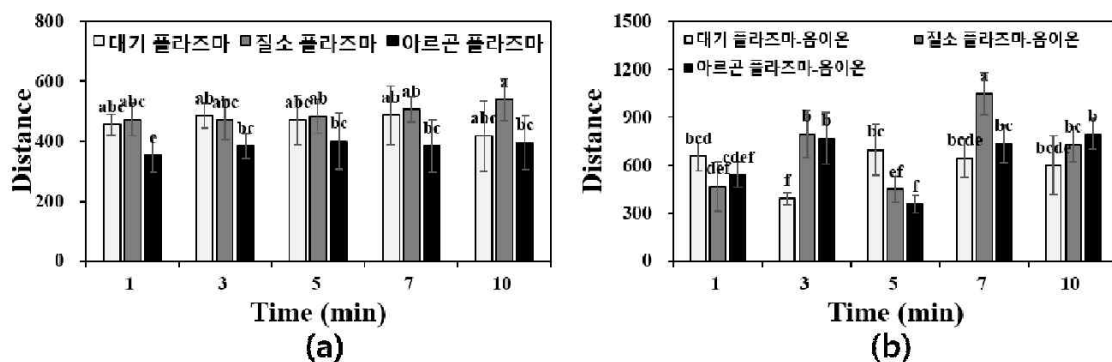


그림 136. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 쌀눈의 전자코 향미 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

■ 고춧가루 가스별 플라즈마, 플라즈마-음이온 살균 시 전자코 향미 변화

- 그림137은 고춧가루의 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 플라즈마-음이온 처리 시 고춧가루의 전자코 향미 변화를 나타냄
- 대기 플라즈마 단독 1분 처리 시 향미 품질 Distance는 437±127, 3분 처리 시 1177±115, 7분 처리 시 637±89로 나타나, 증가 후 감소 하였으나 유의차에 의한 경향성은 보이지 않음
- 질소 플라즈마 단독 처리의 경우 1분 처리 시 396±64, 3분 처리 시 1048±165, 7분 처리 시 801±216으로 나타났고, 최종 10분 처리 시 1003±109로 나타나 유의적 차이의 경향성을 발견할 수 없었음
- 아르곤 플라즈마 처리의 경우 1분 처리 시 634±247, 5분 처리 시 1039±49, 7분 처리 시 606±284로 나타났으며, 대기 및 질소 플라즈마 처리와 유사하게 처리 시간에 의한 경향성 및 유의차는 관찰되지 않았음
- 플라즈마-음이온 병합 살균의 경우도 플라즈마 생성 가스 및 처리 시간에 따른 유의차는 발생되지 않아 플라즈마 살균이 고춧가루의 품질 지표에 미치는 영향은 없는 것으로 판단됨

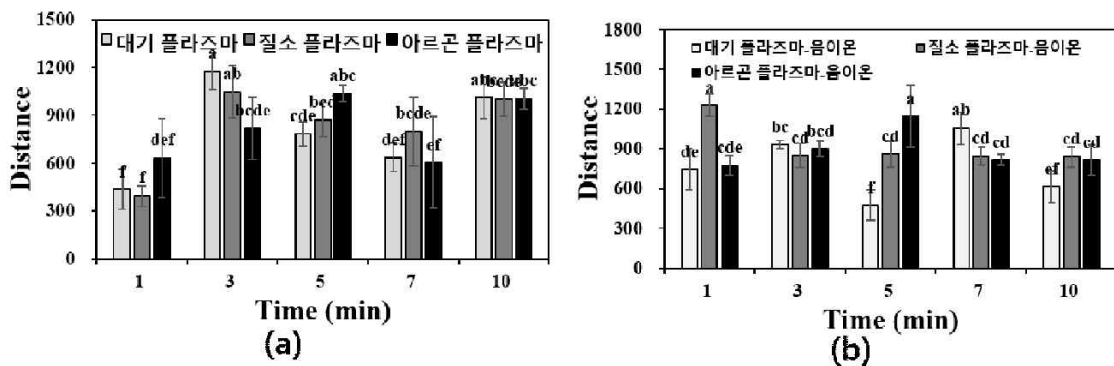


그림 137. 기류 교반 시스템 가스별 대기(air), 질소(nitrogen), 아르곤(argon) 플라즈마, 가스별 플라즈마-음이온 병합 처리 시 고춧가루의 전자코 향미 변화:(a)-가스별 플라즈마 처리, (b)-가스별 플라즈마-음이온 병합 처리.

○ 대용량 분말 병합 살균 장치 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 산소(oxygen) 플라즈마, 플라즈마-IPL 병합 참깨의 살균 효과

- 그림138는 참깨의 가스별(대기, 질소, 산소) 대용량 플라즈마, 가스별(대기, 질소, 산소) 대용량 플라즈마-IPL 병합 5분 처리 시 살균 효과를 보여주고 있음
- 참깨의 토착 미생물의 초기 균수는 4.90±0.09 log CFU/ml이며, CPair(대기 플라즈마 단독) 0.81±0.23 log, CPair-IPL(대기 플라즈마-IPL 병합 살균) 0.37±0.07 log, CPN2(질소 플라즈마 단독) 0.99±0.07 log, CPN2-IPL(대기 플라즈마-IPL 병합 살균) 1.24±0.17 log, CP02(산소 플라즈마 단독) 0.95±0.16 log, CP02-IPL(산소 플라즈마-IPL 병합 살균) 1.20±0.10 log 감소를 보여줌
- 가장 큰 토착 미생물 저감 효과는 1.24±0.17 log 감소율의 CPN2-IPL(질소 플라즈마-IPL 병합 살균)에서 보여주어, 플라즈마 단독 살균보다는 IPL 병합 살균이 저감 효율이 좋아 플라즈마-IPL 병합 살균의 시너지 효과를 보여주었음
- 산소의 경우도 CP02(산소 플라즈마 단독) 처리보다 IPL과의 병합 살균인 CP02-IPL(산소 플라즈마-IPL 병합)의 토착 미생물 저감 효용성이 좋아 플라즈마와 IPL 동시 처리의 시너지 효과가 관찰 됨
- Lee 등(2020)에 의하면 플라즈마와 광펄스(Intense pulsed light) 병합 살균이 플라즈마 단독 살균보다 토착 미생물 저감효과가 큰 것으로 보고하였는데 이는 미생물의 세포막 변화에 기인 하다고 설명하였음

- 본 연구 결과 플라즈마를 이용한 분말 식품의 토착 미생물 저감 효과는 플라즈마 단독 살균 시 약 1.0-1.4 log 저감 효과가 있었으며, 분말 식품의 초기 토착 미생물 오염도 및 수분함량 등의 분말 식품 원물 특성과 플라즈마 살균기의 용적에 따른 라디칼의 분산 및 안전성 등에 영향을 받는 것으로 판단됨

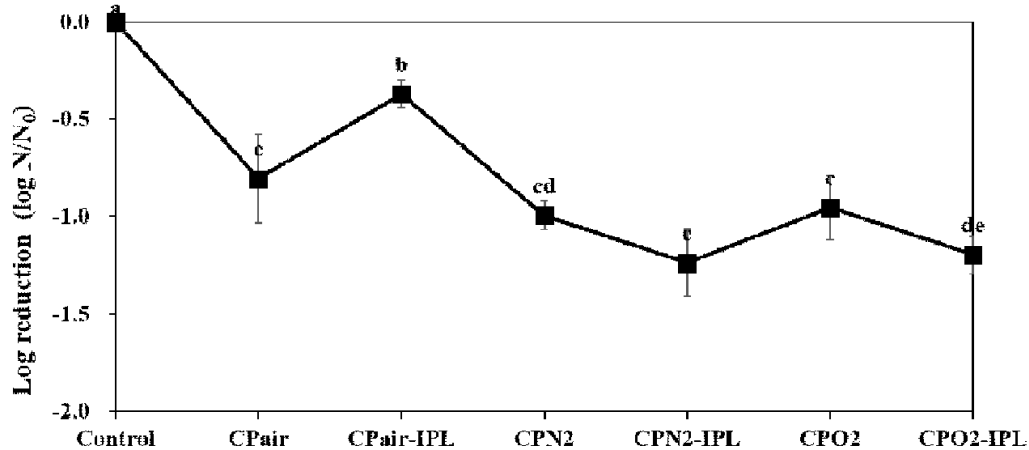


그림 138. 대용량 플라즈마 단독 및 플라즈마-IPL 병합 살균 처리의 플라즈마 생성 가스별 참깨 토착 미생물 저감 효과 (CPair: 대기 플라즈마 단독 5분 처리, CPair-IPL: 대기 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CPN2: 질소 플라즈마 단독 5분 처리, CPN2-IPL: 질소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CPO2: 산소 플라즈마 단독 5분 처리, CPO2-IPL: 산소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리)

○ 대용량 분말 병합 살균 장치 가스별, 대기(air), 질소(nitrogen), 산소(oxygen) 플라즈마, 플라즈마-IPL 병합 참깨의 품질지표

■ 참깨의 가스별 플라즈마, 플라즈마-IPL 병합 살균 수분활성도 변화

- 그림 139에서는 참깨의 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마, 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마-IPL 병합 5분 처리 시 수분활성도의 변화를 보여줌
- 대조구 참깨의 경우 수분활성도는  $0.74 \pm 0.01$ 을 나타내었으며 CPair(대기 플라즈마 단독)  $0.47 \pm 0.01$ , CPair-IPL(대기 플라즈마-IPL 병합 살균)  $0.64 \pm 0.01$ , CPN2(질소 플라즈마 단독)  $0.39 \pm 0.01$ , CPN2-IPL(질소 플라즈마-IPL 병합 살균)  $0.52 \pm 0.01$ , CPO2(산소 플라즈마 단독)  $0.51 \pm 0.01$ , CPO2-IPL(산소 플라즈마-IPL 병합 살균)  $0.54 \pm 0.01$ 의 변화를 보여 주었음
- 2차년도 Lab scale 플라즈마 살균 대기 플라즈마 단독 처리 시 수분활성도가 초기  $0.62 \pm 0.01$ 에서  $0.40 \pm 0.01$ 으로  $\Delta 0.22$  감소하였는데, 2단계 1차년도의 대용량 병합 살균 시스템에서는 CPN2(질소 플라즈마 단독) 처리 시 초기 수분활성도  $0.74 \pm 0.01$ 에서  $0.39 \pm 0.01$ 로  $\Delta 0.35$  감소하였음
- 플라즈마 및 플라즈마 병합 살균 중 수분활성도의 감소는 분말 식품이 살균 시스템에서 공기와 함께 순환 중 일부 수분의 소실로 인한 것으로 판단되며 초기 수분함량 및 순환 시스템의 밀폐 및 순환 속도를 조정하여 그 변화를 최소화 해야 할 것으로 판단됨

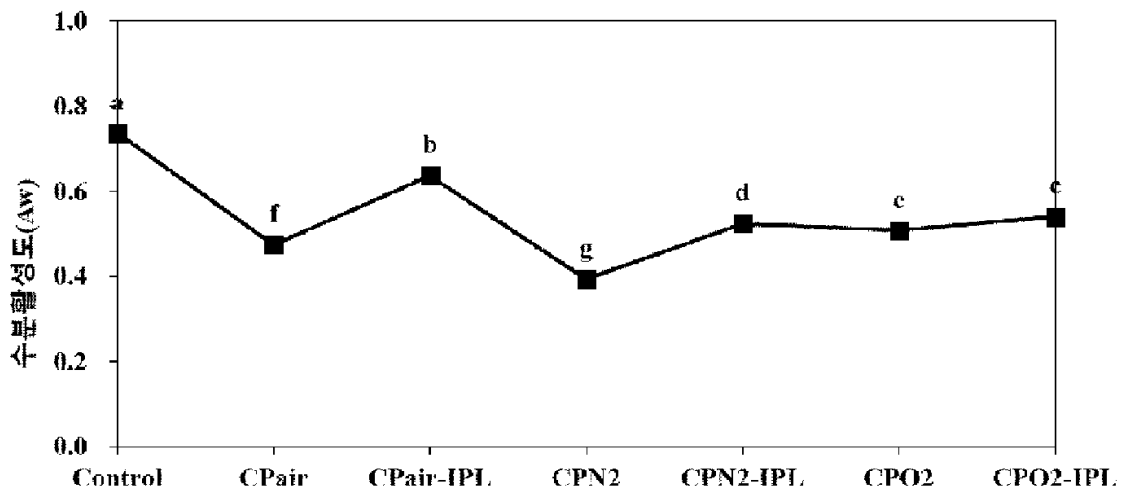


그림 139. 대용량 플라즈마 단독 및 플라즈마-IPL 병합 살균 처리 가스별 참깨의 수분활성도 변화(CPair: 대기 플라즈마 단독 5분 처리, CPair-IPL: 대기 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CPN2: 질소 플라즈마 단독 5분 처리, CPN2-IPL: 질소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CP02: 산소 플라즈마 단독 5분 처리, CP02-IPL: 산소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리).

#### ■ 참깨의 가스별 플라즈마, 플라즈마-IPL 병합 살균 pH 변화

- 그림 140에서는 참깨의 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마, 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마-IPL 병합 5분 처리 시 pH의 변화를 보여줌
- 대조구 참깨의 pH는  $5.75 \pm 0.05$ 를 나타내었고 CPair(대기 플라즈마 단독)  $5.81 \pm 0.01$ , CPair-IPL(대기 플라즈마-IPL 병합 살균)  $5.85 \pm 0.02$ , CPN2(질소 플라즈마 단독)  $5.95 \pm 0.03$ , CPN2-IPL(질소 플라즈마-IPL 병합 살균)  $5.88 \pm 0.02$ , CP02(산소 플라즈마 단독)  $6.10 \pm 0.02$ , CP02-IPL(산소 플라즈마-IPL 병합 살균)  $5.90 \pm 0.02$ 의 변화를 보여 줌
- 본 연구에서 참깨의 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마, 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마-IPL 병합 5분 처리 시 pH의 유의적인 차이를 보이지 않았음
- 1, 2, 3차년도 연구 결과를 종합하였을 때 플라즈마 살균의 분말 식품의 pH 품질지표에 부정적 영향을 주지 않는 것으로 판단됨

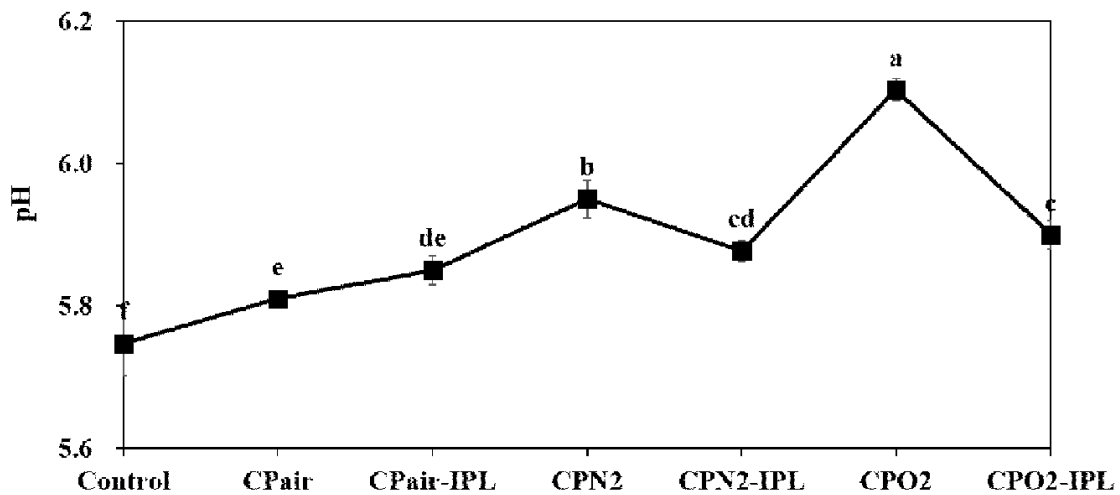


그림 140. 대용량 플라즈마 단독 및 플라즈마-IPL 병합 살균 처리 가스별 참깨의 pH 변화 (CPair: 대기 플라즈마 단독 5분 처리, CPair-IPL: 대기 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CPN2: 질소 플라즈마 단독 5분 처리, CPN2-IPL: 질소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CPO2: 산소 플라즈마 단독 5분 처리, CPO2-IPL: 산소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리).

#### ■ 참깨의 가스별 플라즈마, 플라즈마-IPL 병합 살균 색도 변화

- 그림 141에서는 참깨의 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마, 가스별(대기, 질소, 산소) 플라즈마-IPL 병합 5분 처리 시 색도의 변화를 보여줌
- 대조구 참깨의 경우 백색도( $L^*$ value)는  $41.07 \pm 1.34$ 로 나타났고, 대기 플라즈마 처리 시  $42.77 \pm 0.31$ , 대기 플라즈마-IPL 병합 처리 시  $42.27 \pm 0.42$ , 질소 플라즈마 처리 시  $43.47 \pm 0.67$ , 질소 플라즈마-IPL 처리 시  $43.33 \pm 1.3$ , 산소 플라즈마 처리 시  $42.73 \pm 0.70$ , 산소 플라즈마-IPL 처리 시  $43.90 \pm 0.17$ 로 대조구보다 백색도가 높았지만 외관상의 차이를 줄 정도의 유의적인 차이를 보이지 않았음
- 대조구 참깨의 경우 적색도( $a^*$ value)는  $12.27 \pm 0.15$ 로 나타났고, 가스별 플라즈마, 플라즈마-IPL 병합 처리 시 유의적인 차이를 보이지 않았음
- 대조구 참깨의 경우 황색도( $b^*$ value)는  $26.57 \pm 0.74$ 로 나타났고, 대기 플라즈마 처리 시  $28.20 \pm 0.61$ , 대기 플라즈마-IPL 처리 시  $27.30 \pm 0.44$ , 질소 플라즈마 처리 시  $28.63 \pm 0.78$ , 질소 플라즈마-IPL 처리 시  $28.27 \pm 0.45$ , 산소 플라즈마 처리 시  $27.60 \pm 0.70$ , 산소 플라즈마-IPL 처리 시  $28.47 \pm 0.32$ 로 대조구보다 황색도가 높은 값을 보였지만 외관상의 차이를 줄 정도의 유의적인 차이를 보이지 않았음
- 1, 2, 3차년도 연구 결과를 종합하였을 때 플라즈마 살균의 분말 식품의 색도 품질지표에 부정적 영향을 주지 않는 것으로 판단되었으며, 참깨 등의 분말 식품 토착 미생물 저감 효율 1.5 log 수준 충족을 위한 비가열 살균 방식으로 활용될 수 있을 것으로 결론됨

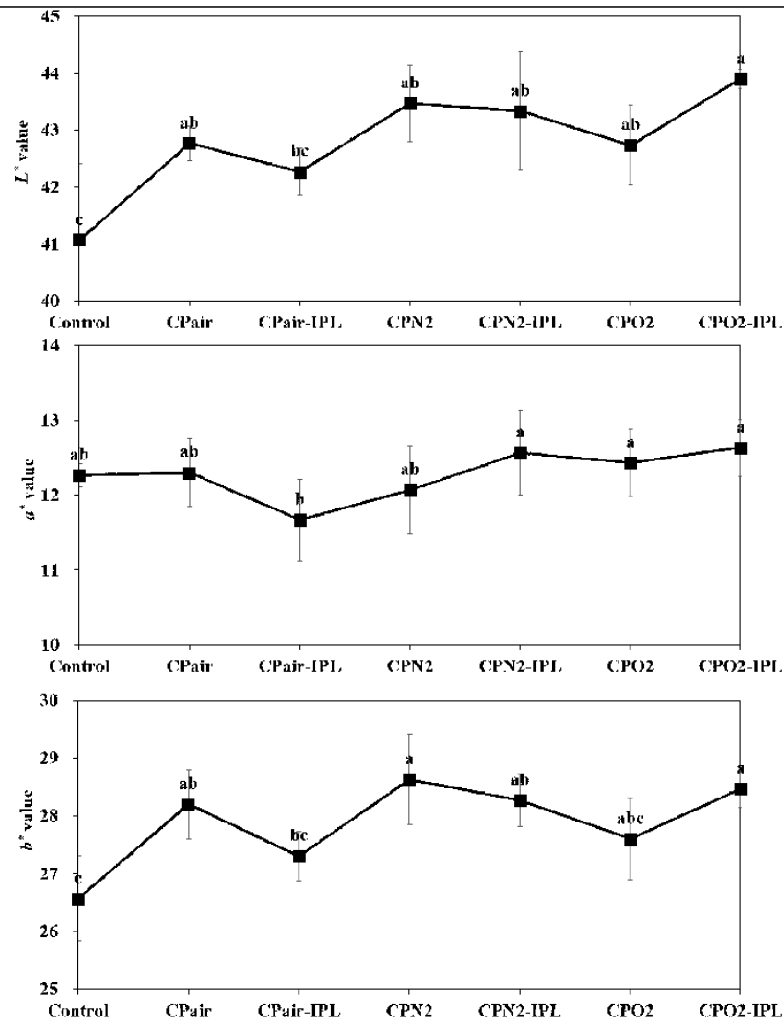


그림 141. 대용량 플라즈마 단독 및 플라즈마-IPL 병합 살균 처리 가스별 참깨의 색도 변화 (CPair: 대기 플라즈마 단독 5분 처리, CPair-IPL: 대기 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CPN2: 질소 플라즈마 단독 5분 처리, CPN2-IPL: 질소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리, CPO2: 산소 플라즈마 단독 5분 처리, CPO2-IPL: 산소 플라즈마-IPL 병합 5분 처리).

- 최종적으로 표 18는 본 연구의 1, 2, 3차년도 연구 결과를 종합한 분말 식품의 플라즈마-음이온 병합 살균 효과를 요약함
- 쿨드 플라즈마 단독처리의 경우 아르곤을 플라즈마 생성 가스로 사용 시 살균효과가 가장 좋은 것으로 나타났으며 사멸 한계는 참깨의 경우 1.22 log 감소, 쌀논의 경우 1.34 log 감소 효과가 있는 것으로 결론됨
- 음이온 단독 처리의 경우 분말 식품의 살균 효과는 살균도의 편차가 크고 경향성이 없으며, 최대 사멸률인 0.2 log 감소도 원물의 차이 및 살균 챔버 내 시료 순환 과정에 의한 실험 오차 수준으로 판단됨
- 쿨드 플라즈마-음이온 병합 처리의 경우 아르곤을 플라즈마 생성 가스로 사용 시에는 쿨드플라즈마 단독 살균보다 오히려 살균 효과가 저하된 것으로 나타났으며, 쿨드 플라즈마-음이온 병합 살균 시 대기(air)를 생성 가스로 사용할 경우 플라즈마 단독 처리보다 참깨와 쌀논의 경우 살균도가 다소 향상되는 결과를 보임(참깨: 1.55 log 감소, 쌀논: 1.19 log 감소)
- 시험된 참깨, 쌀논, 고춧가루 중 고춧가루의 경우 플라즈마와 플라즈마-음이온 병합 살균에서 살균 효과가 없는 것으로 판단되는데 이는 고추의 주요 토착미생물로서 강한 포자 형성균인 고초균(*Bacillus subtilis*)에 기인하는 것으로 판단됨



표18. 분말 식품의 가스별(대기, 질소, 아르곤) 플라즈마, 음이온, 플라즈마-음이온 병합 살균 효과

	대기(air)			질소(nitrogen)			아르곤(argon)		
	참깨	쌀눈	고춧가루	참깨	쌀눈	고춧가루	참깨	쌀눈	고춧가루
콜드 플라즈마	1.32 ± 0.07	0.97 ± 0.07	0.25 ± 0.02	1.00 ± 0.04	1.24 ± 0.07	0.11 ± 0.03	1.22 ± 0.01	1.34 ± 0.10	0.45 ± 0.05
음이온	*	*	*	*	*	*	*	*	*
콜드플라즈마-음이온 병합	1.55 ± 0.12	1.19 ± 0.23	0.24 ± 0.03	0.86 ± 0.06	1.22 ± 0.02	0.29 ± 0.05	1.20 ± 0.04	1.29 ± 0.10	0.31 ± 0.04

\* : 0.2 log 감소 미만(실험 오차)

- SEM측정을 통해 분말 식품의 표면을 관찰한 결과 참깨의 표면은 매끄러우나, 후춧가루, 고춧가루의 경우에는 표면이 매우 거칠고 고르지 않으며, cracks이 많음. 참깨에 비해 그 외 시료들의 미생물 저감화가 낮은 것은 미생물로 하여금 불균일한 cracks 내부에 숨을 수 있게 대주는, 즉 shadow effect로 인한 것으로 보임. 따라서 향후 표면이 거칠고 고르지 않은 시료의 살균효과를 높이기 위하여 광펄스 살균 장비 중 가장 살균력이 좋은 ver C+(U+S)의 싸이클론 챔버와 S자 곡관의 양쪽에 각각 2개씩의 광펄스 파워를 설치하여 총 4군데에서의 광조사를 행함으로써 고춧가루와 같은 시료의 살균력을 높이고자 함.

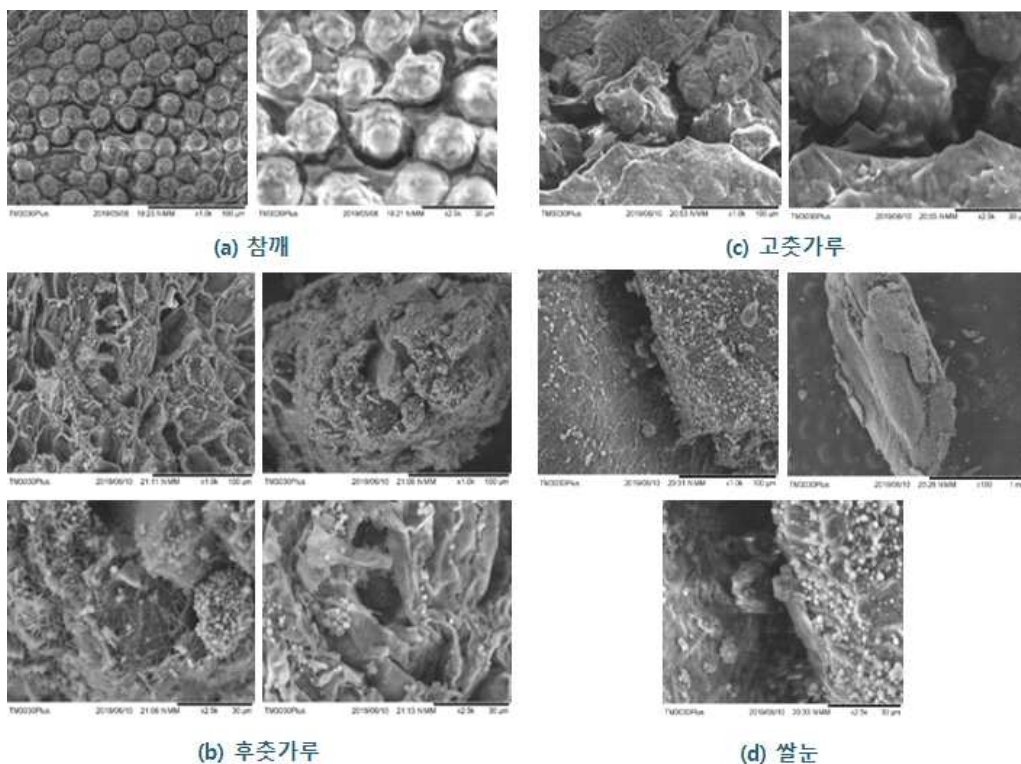


그림 142. 분말시료 종류별 SEM 측정 사진

(2) 정량적 연구개발성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용 홍보		기타 (타연구 활용액) (억)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논문				학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
													S C I	비 S C I						
단위	건	건	건	평 균 건 수	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	4	4			4		20	10	10	20				5	5	4	5	4	5	
최종목표	2	2			2		2	300	150	4			4	2		10	5	8	2	3
1단계 1차년도 (2021년)	목표									2			0			2	1	2		1
	실적									2			1		3.231	2	0	2		1
1단계 2차년도 (2022년)	목표	1				0		1	0		1		2	1	1.5	4	2	3		1
	실적	0				1		3	241		1		0	0		5	1	3		1
2단계 1차년도 (2023년)	목표	1	2			2		1	300	150	1		2	1	1.5	4	2	3	2	1
	실적	0	0			1		6	132	0	1		3	0	5.570	3	0	7	1	1
합 계	목표	2	2			2		2	300	150	4		4	2	3	10	5	8	2	3
	실적	0	0			2		9	373	0	4		4	0	5	10	1	12	1	3
	달성률 (%)	0	0			100		450	124	0	100		100	0	166	100	20	150	50	100
종료 1차년도								1,350	720											
종료 2차년도								2,400	900											
종료 3차년도								3,400	1,440											
소 계								7,150	3,060											

## (3) 세부 정량적 연구개발성과

## [과학적 성과]

## □ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Microbial inactivation in fresh and minimally processed foods by intense pulsed light (IPL) treatment	Food Science and Biotechnology	Hee-Jeong Hwang	30	대한민국	Springer	SCIE	2021.07	1226-7708	50
2	Application of intense pulsed light-plasma-ultraviolet combined system on granular and powdered foods for microbial inactivation	LWT-Food Science and Technology	Hee-Jeong Hwang	174	영국	ELSEVIER	SCIE	2023.01	0023-6438	33
3	Comparison of microbial reduction effect of intense pulsed light according to growth stage and population density of <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 using a double Weibull model	Food Research International	Hee-Jeong Hwang	164	미국	ELSEVIER	SCIE	2023.02	0963-9969	33
4	Effect of environmental water activity on microbial inactivation by intense pulsed light (IPL)	Food Science and Biotechnology	Hee-Jeong Hwang	33	대한민국	Springer	SCIE	2023.07	1226-7708	50

# 1. Microbial inactivation in fresh and minimally processed foods by intense pulsed light (IPL) treatment (임팩트팩터 3.231)



그림 142. Microbial inactivation in fresh and minimally processed foods by intense pulsed light (IPL)treatment

# 2. Application of intense pulsed light-plasma-ultraviolet combined system on granular and powdered foods for microbial inactivation (임팩트팩터 6.056)



그림 143. Application of intense pulsed light-plasma-ultraviolet combined system on granular and powdered foods for microbial inactivation

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 증질지(80g/m²)



### 3. Comparison of microbial reduction effect of intense pulsed light according to growth stage and population density of Escherichia coli ATCC 25922 using a double Weibull model (임팩트팩터 7.425)



그림 144. Comparison of microbial reduction effect of intense pulsed light according to growth stage and population density of Escherichia coli ATCC 25922 using a double Weibull model

### 4. Effect of environmental water activity on microbial inactivation by intense pulsed light (IPL) (임팩트팩터 3.231)

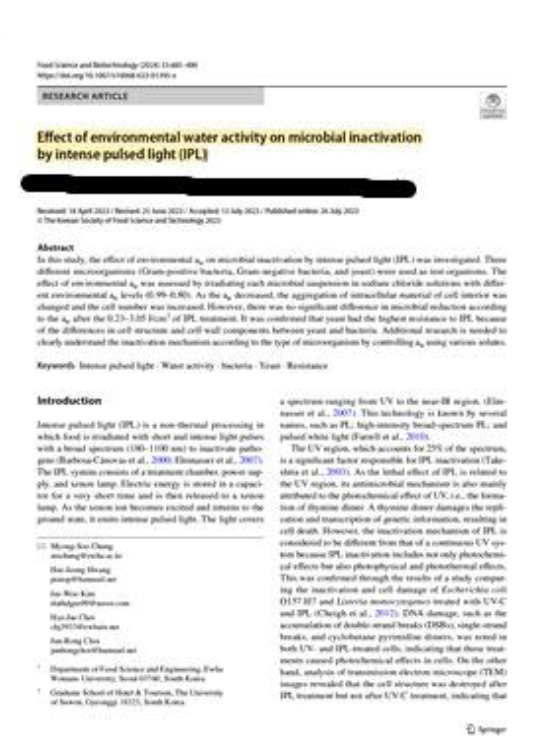


그림 145. Effect of environmental water activity on microbial inactivation by intense pulsed light (IPL) 210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)

## □ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	정명수 [이화여자대학교]	2021.07.09	대전 Convention center	대한민국
2	2021 한국산업식품공학회 추계 정기총회 및 학술대회	정은별 [이화여자대학교]	2021.10.14	강릉 라카이샌드파인 리조트 컨벤션센터 라카이볼룸	대한민국
3	2022 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	김기영 [이화여자대학교]	2022.07.06	부산 Bexco	대한민국
4	2022 Institute of Food Technologists (IFT) Expo	정명식 [이화여자대학교]	2022.07.10	Chicago McCormick Place	미국
5	2022 한국산업식품공학회 추계 정기총회 및 학술대회	배민지 [이화여자대학교]	2022.11.09	제주도, 해비치호텔 & 리조트 그랜드볼룸	대한민국
6	2023 한국산업식품공학회 춘계 정기총회 및 학술대회	정은별 [이화여자대학교]	2023.04.27	강릉 라카이샌드파인 리조트	대한민국
7	2022 (사)한국산업식품공학회 춘계 정기총회 및 학술대회	이형식 [서울과학기술대학교]	2022.04.21	한국식품연구원(전북, 완주군)	대한민국
8	2022 (사)한국산업식품공학회 추계 정기총회 및 학술대회	유승주 [서울과학기술대학교]	2022.11.09	제주도, 해배치호텔 & 리조트 그랜드볼룸	대한민국
9	2023 (사)한국산업식품공학회 춘계 정기총회 및 학술대회	김조원 [서울과학기술대학교]	2023.04.27	강릉 라카이샌드파인	대한민국
10	2023 (사)한국산업식품공학회 춘계 정기총회 및 학술대회	김예원 [서울과학기술대학교]	2023.04.27	강릉 라카이샌드파인	대한민국





3. 2022 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting <Carving a new era in food science & biotechnology>

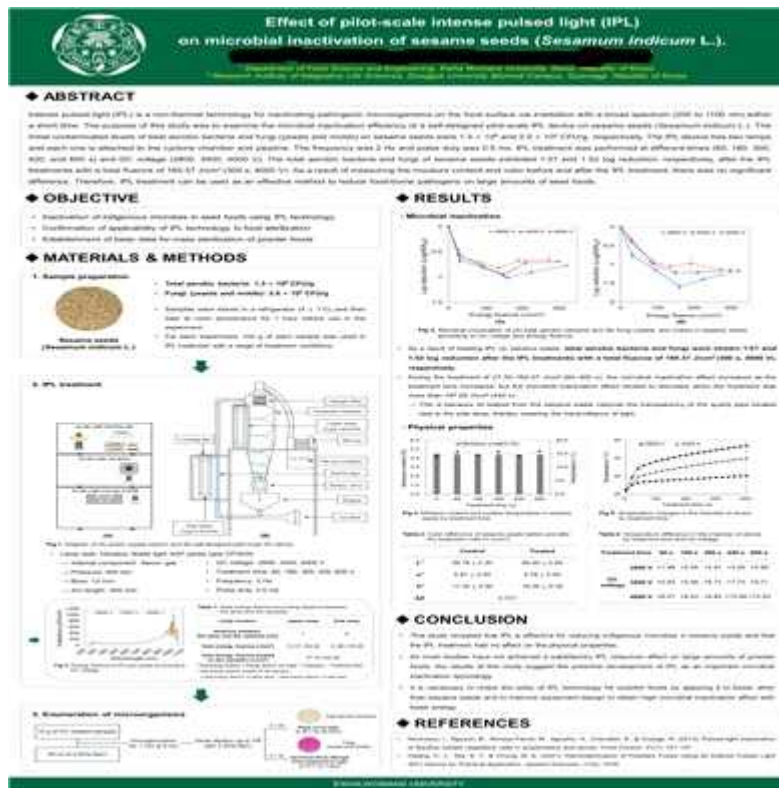


그림 148. 2022년 한국식품과학회 포스터

4. 2022 Institute of Food Technologists(IFT) annual meeting

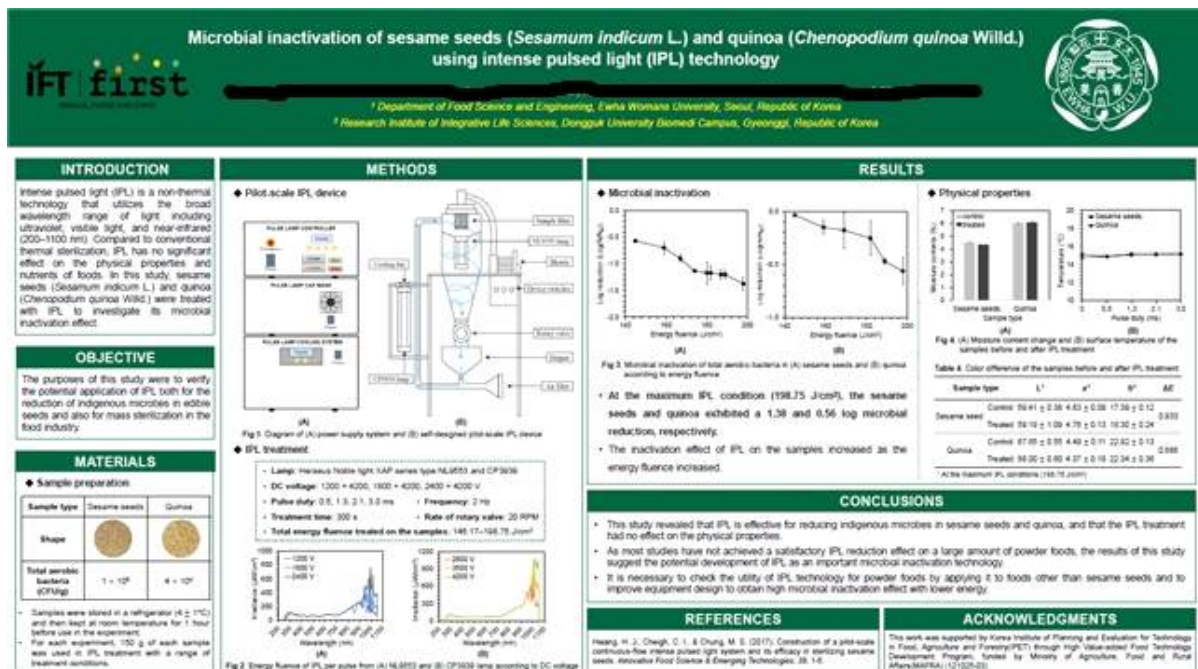


그림 149. 2022년 IFT 포스터

5. 2022 한국산업식품공학회 추계 정기총회 및 학술대회

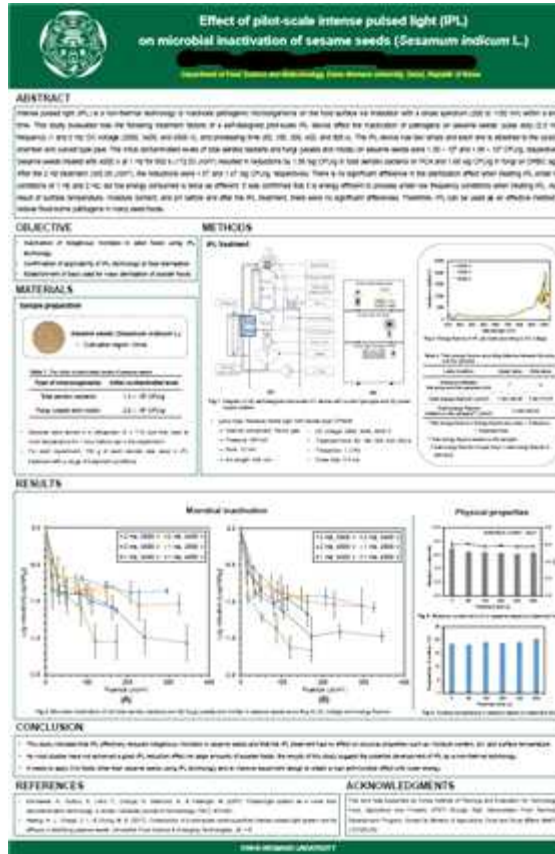


그림 150. 2022년 추계 한국산업식품공학회 포스터

6. 2023 한국산업식품공학회 춘계 정기총회 및 학술대회

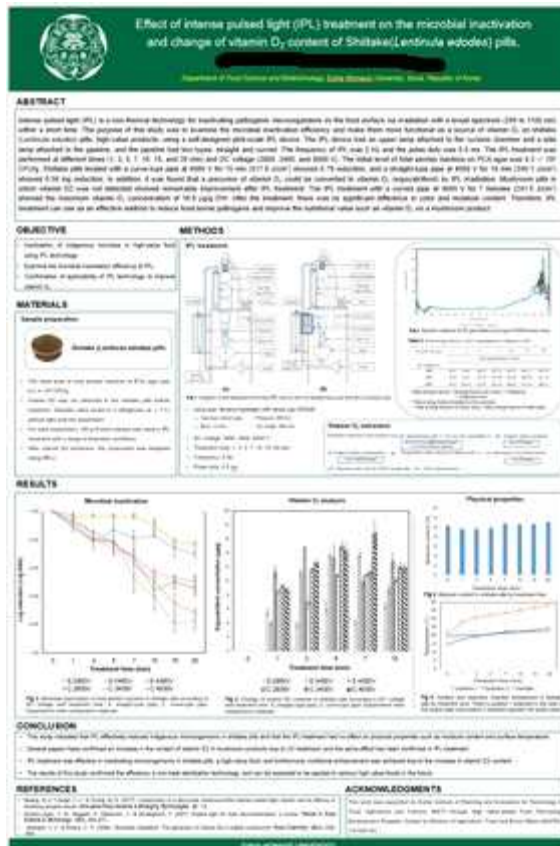


그림 151. 2023년 춘계 한국산업식품공학회 포스터

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

7. 2022 한국산업식품공학회 춘계학술대회 포스터 발표(서울과학기술대학교): Non-Thermal Pasteurization of Cold Plasma and Negative Ion treatment for Sesame and Its Quality Attributes (2022.04.21.)

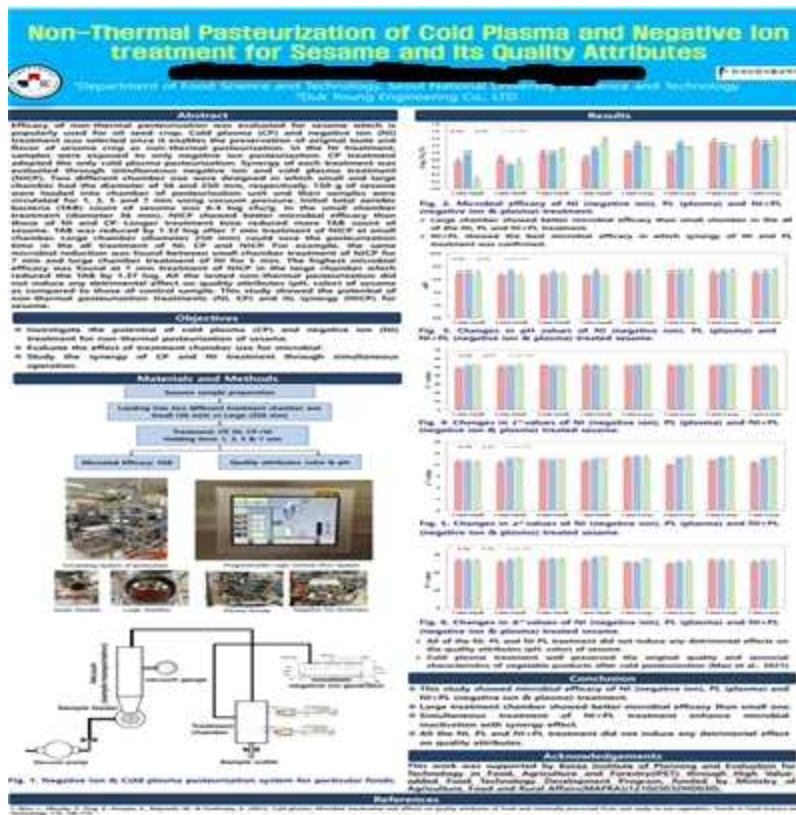


그림 152. (사)한국산업식품공학회 포스터

P-18

Non-Thermal Pasteurization of Cold Plasma and Negative Ion treatment for Sesame and Its Quality Attributes

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea  
<sup>2</sup>Duk Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13487, Gyeonggi-do, Republic of Korea

Efficacy of non-thermal pasteurization was evaluated for sesame which is popularly used for oil seed crop. Cold plasma (CP) and negative ion (NI) treatment was selected since it enables the preservation of original taste and flavor of sesame crop as non-thermal pasteurization. In the NI treatment, samples were exposed to only negative ion pasteurization. CP treatment adopted the only cold plasma pasteurization. Synergy of each treatment was evaluated through simultaneous negative ion and cold plasma treatment (N+CP). Two different silo sizes were designed in which small and large silo had the diameter of 36 and 250 mm, respectively. 150 g of sesame were loaded into silo of pasteurization unit, and then samples were circulated for 1, 3, 5, and 7 min using vacuum pressure. Initial total aerobic bacteria (TAB) count of sesame was 6.4 log cfu/g. In the small silo treatment (diameter 36 mm), N+CP showed better microbial efficacy than those of NI and CP. Longer treatment time reduced more TAB count of sesame. TAB was reduced by 1.32 log after 7 min treatment of N+CP at small silo. Large silo (diameter 250 mm) could save the pasteurization time in all treatment of NI, CP, and N+CP. For example, the same microbial reduction was found between small silo treatment of N+CP for 7 min and large silo treatment of NI for 5 min. The highest microbial efficacy was found at 7 min treatment of N+CP in the large silo, which reduced the TAB by 1.37 log. All the tested non-thermal pasteurization did not induce any detrimental effect on quality attributes (pH, color) of sesame as compared to those of control sample. This study showed the potential of non-thermal pasteurization treatments (NI and CP) and their synergy (N+CP) for sesame.

그림 153. (사)한국산업식품공학회 학회집 포스터 요약





- P-66 Expression and characterization of polyethylene terephthalate degrading enzyme (PETase) from *Pseudomonas* sp. gcc21  
Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea  
 Department of Agricultural Convergence Technology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea  
 Research Division for Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongseup 56212, Republic of Korea
- P-67 Efficacy of stirred cold plasma and negative ion system for non-thermal pasteurization and quality attributes of sesame  
Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea  
 Duk Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13487, Gyeonggi-do, Republic of Korea
- P-68 Effect of nano-foamed structure film packaging and supercooling storage in sliced kimchi: modeling microbial activity and changes in physicochemical properties  
Technology Innovation Research Division, World Institute of Kimchi  
 Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University
- P-69 Combined pretreatment of freeze-thaw and ultrasonic-assisted aqueous ethanol for the hot air drying of watery kimchi cabbage waste: effects on drying efficiency, physicochemical and microbiological characteristics, and microstructure  
Technology Innovation Research Division, World Institute of Kimchi  
 Department of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Graduate School of Chonnam National University
- P-70 Ready-to-eat sweet pumpkin flour enriches quality characteristics of its applied food products  
Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Korea
- P-71 Investigation of homocytic effects of six herbal medicine extracts in response to different concentrations of LPS treatment in RAW264.7 macrophages  
Department of Smart Green Technology Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea  
 Department of Food Science and Nutrition, Pukyong National University, 45 Yongso-Ro, Nam-Gu, Busan 48513, Republic of Korea

Efficacy of Stirred Cold Plasma and Negative Ion System for Non-Thermal Pasteurization and Quality Attributes of Sesame

*Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Republic of Korea*  
*Duk Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13487, Gyeonggi-do, Republic of Korea*

Non-thermal pasteurization of cold plasma (CP) and negative ion (NI) has been studied to reduce the microbial contamination of powder foods. Uniform exposure to CP and NI is essential for enhanced microbial efficacy of powder foods. In this study, potential of stirred CP and NI system was studied to reduce the initial microbial contamination of sesame. Impeller was installed into silo of CP and NI treatment. Rotating impeller (1,000 rpm) provided the driving force for buoyance of sesame in the air of silo during CP and NI treatment. Three different conditions of CP, NI and NICEP were tested for holding time of 1, 3, 5, 7 and 10 min. CP, NI and NICEP represented the single treatment of cold plasma, single treatment of negative ion and simultaneous treatment of negative ion-cold plasma, respectively. Stirring system contributed on the inactivation of initial contamination for all the CP, NI and NICEP. When stirring system was not equipped into silo, NICEP indicated the log reduction of 1.32±0.18 for 7 min treatment. Stirred system showed the log reduction of 1.88±0.02 for 10 min treatment with enhanced microbial efficacy. In the stirring system, synergy of NICEP was also observed as compared to single NI or CP treatment. CP, NI and

그림 156. 한국산업식품공학회 학회집 포스터 세션 그림 157. (사)한국산업식품공학회 학회집 포스터 요약

9. 2023 한국산업식품공학회 춘계학술대회 포스터 발표(서울과학기술대학교): Efficacy of Different Plasma Forming Gases on Microbial Inactivation and Quality Attributes of Sesame during Cold Plasma Pasteurization (2023.04.27.)

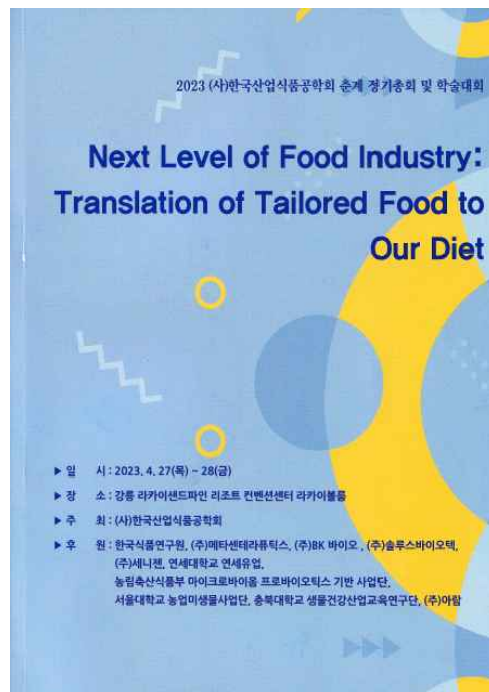


그림 158. (사)한국산업식품공학회 학회집

P-63 Properties of probiotic tablets prepared by high-shear granulation and tableting  
 Institute of Food Microbiome, Institute of Ocean Bio Science and Technology, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Republic of Korea  
 Yoon Seungyeop, Mgr., Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University, Pyeongchang 25354, Republic of Korea

P-64 Control of morphology and physicochemical properties of starch nanoparticles through molecular complexation with fatty acids  
 Graduate School of Biotechnology & Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Seoul, 17104, Korea

P-65 Inactivation of *Listeria monocytogenes* through the combination of plasma-activated water and organic acids  
 Department of Food and Animal Biotechnology, Department of Agricultural Biotechnology, Center for Food and Bioconvergence, and Research Institute for Agricultural and Life Sciences, Seoul National University, Republic of Korea  
 Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University, Seoul, Republic of Korea  
 Institute of Ocean Bio Science & Technology, Seoul National University, Republic of Korea

P-66 육산식품 고습형패키지를 위한 자기형성포도 분계  
 02-735-0270 / gsh@nongup.or.kr

P-67 Quality characteristics of wet noodles added with barley sprout powder  
 Dept. of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01871, Korea

P-68 Changes in physico-chemical properties of canned whilk according to retorting sterilization conditions  
 Department of Food Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul, Republic of Korea

P-69 Potential probiotic properties of exopolysaccharide-producing *Lactococcus parvaceus* EPS DA-BACS and prebiotic activity of its exopolysaccharide  
 Sung-Gyeong Lee<sup>1</sup>, Hee-Jin Lee<sup>1</sup>, Min-Ju Park<sup>1</sup>, Yur-Ju Joo<sup>2</sup> and Young-Sun Park<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University, Seongnam 13120, Republic of Korea  
<sup>2</sup>Research Laboratory, Dong-A Pharmaceutical Co., Ltd., Yongsu 17073, Republic of Korea

P-70 Efficacy of Different Plasma Forming Gases on Microbial Inactivation and Quality Attributes of Sesame during Cold Plasma Pasteurization  
 Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01871, Republic of Korea  
 Daik Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13487, Gyeonggi-do, Republic of Korea

**P-69**  
**Potential probiotic properties of exopolysaccharide-producing *Lactococcus parvaceus* EPS DA-BACS and prebiotic activity of its exopolysaccharide**

Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University, Seongnam 13120, Republic of Korea  
 Research Laboratory, Dong-A Pharmaceutical Co., Ltd., Yongsu 17073, Republic of Korea

The potential of a strain of *Lactococcus parvaceus* EPS DA-BACS, which was isolated from healthy human feces. The focus of the study was on the exopolysaccharide (EPS) produced by this strain and its potential as a prebiotic material, as well as the probiotic properties of *L. parvaceus* EPS DA-BACS itself. The EPS produced by *L. parvaceus* EPS DA-BACS was found to have a high phenotypic, which is a fusible state with potential health benefits. Further analysis revealed that the EPS was a heavily sulfated heteropolysaccharide (EPS) with a large molecular size of 15.7 ~ 128 Da. The study also examined the effects of EPS on the acid tolerance and gastrointestinal stress tolerance of *L. parvaceus* EPS DA-BACS. The results showed that EPS produced and administered stress tolerance of *L. parvaceus* EPS DA-BACS. This suggests that EPS could enhance the tolerance and provided cells with tolerance to gastrointestinal stress. To further evaluate the safety of viability and effectiveness of *L. parvaceus* EPS DA-BACS as a probiotic candidate. The results showed that the strain was sensitive to all antibiotics used, indicating an acceptable level of sensitivity to antibiotics. Finally, the study performed a whole genome sequencing analysis to identify potential antibiotic resistance genes and virulence genes in the genome of *L. parvaceus* EPS DA-BACS. The analysis did not identify any antibiotic resistance genes, indicating a low risk of developing antibiotic resistance. Additionally, no virulence genes were found in the genome of *L. parvaceus* EPS DA-BACS when compared to the sequences of five well-known pathogens. This suggests that *L. parvaceus* EPS DA-BACS is a safe probiotic candidate.

**P-70**  
**Efficacy of Different Plasma Forming Gases on Microbial Inactivation and Quality Attributes of Sesame during Cold Plasma Pasteurization**

Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01871, Republic of Korea  
 Daik Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13487, Gyeonggi-do, Republic of Korea

Three different plasma forming gases (air, nitrogen, argon) were used to evaluate the microbial efficacy of sesame pasteurization as well as quality attributes. Air, nitrogen and argon were respectively applied into plasma generation. These supplied the air plasma jet (AJP), nitrogen plasma jet (NJP) and argon plasma jet (AJP) on the sesame sample for 1, 3, 5, 7 and 10 min. Initial microbial contamination of sesame was 3.29x10<sup>6</sup> log cfu/ml. AJP reduced the initial microbial population by 0.74x10<sup>6</sup>, 0.64x10<sup>6</sup>, 0.18x10<sup>6</sup>, 0.15x10<sup>6</sup> and 0.06x10<sup>6</sup> log cfu/ml at the holding time of 1, 3, 5, 7 and 10 min. NJP showed enhanced microbial efficacy than those of AJP at the holding time of 3 and 5 min. Whereas, there was no difference of microbial inactivation between 5, 7 and 10 min of AJP and NJP. AJP showed the best microbial efficacy among tested plasma forming gases (air, nitrogen, argon). AJP reduced the initial microbial population by 0.42x10<sup>6</sup>, 0.49x10<sup>6</sup>, 0.34x10<sup>6</sup>, 0.12x10<sup>6</sup> and 0.10x10<sup>6</sup> log cfu/ml at the holding time of 1, 3, 5, 7 and 10 min. In the quality attributes, AJP and NJP induced the decrease and significant increase loss of sesame after 3 min holding time. It attributes to the temperature increase of plasma jet according to prolonged holding time. Whereas, there was no significant temperature increase of AJP. Therefore, prolonged holding time of AJP did not induce deleterious quality changes of sesame during plasma pasteurization. This study showed the potential of AJP for enhanced microbial efficacy and maintained quality losses of sesame during plasma pasteurization.

그림 159. 한국산업식품공학회 학회집 포스터 세션 그림 160. (사)한국산업식품공학회 학회집 포스터 요약

10. 2023 한국산업식품공학회 춘계 학술대회 포스터 발표(서울과학기술대학교): Microbial Efficacy of Different Plasma Forming Gases and Their Quality Attributes for Rice Embryo during Cold Plasma Treatment (2023.04.27.)

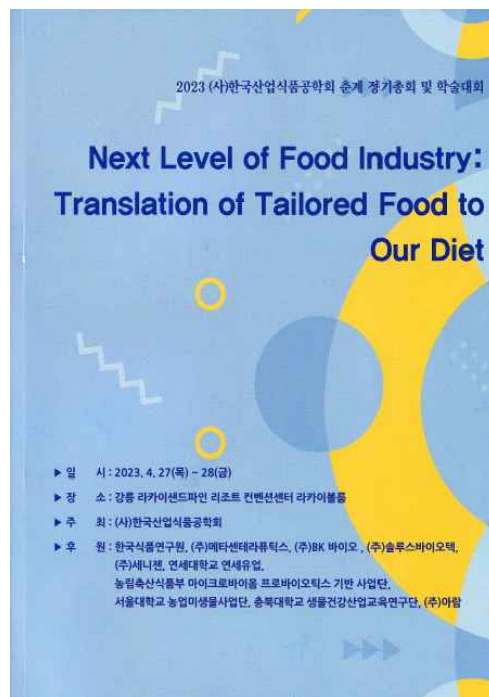


그림 161. (사)한국산업식품공학회 학회집



P-71 Microbial efficacy of different Plasma Forming Gases and their quality attributes for rice embryo during cold plasma treatment — 138  
 Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01911, Republic of Korea  
 \*Dae Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13651, Gyeonggi-do, Republic of Korea

P-72 Quality characteristics of Allium microdicion prokhi, based on pretreatment and pickling conditions — 138  
 Rice Vegetable Research Institute, Gyeongsang Agricultural Research and Extension Service

P-73 YOD-유형 유용한 수렴식품 효능지 정보 전달 방법 개발 — 139  
 YOD-유형 유용한 수렴식품 효능지 정보 전달 방법 개발

P-74 수확기를 안전정보 제공을 위한 상용 음성인식 API 성능 비교 분석 — 139  
 수확기를 안전정보 제공을 위한 상용 음성인식 API 성능 비교 분석

P-75 대용량 인제지 데이터 셋 구축을 위한 자동 촬영 기법 — 140  
 대용량 인제지 데이터 셋 구축을 위한 자동 촬영 기법

P-76 Anti-inflammatory effects of methanolic extracts in murine RAW 264.7 cells — 140  
 Department of Food and Biotechnology, Kyung Hee University, Korea

P-77 Identification of digestive characteristics by the structure of α-glucan type exopolysaccharides from lactic acid bacteria and its potential as a slowly digestible carbohydrates — 141  
 Department of Food Science & Biotechnology, Jeju University  
 Department of Functional Food and Biotechnology, Jeju University

P-78 Leached molecules affects the eating and textural qualities of cooked rice — 142  
 Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Korea

P-79 Utilization of thermally treated rice bran to improve physicochemical and sensory properties of layered energy bar — 142  
 Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Korea

P-80 Factors interconnecting nutritional, tribological and sensory properties to understand human food processing — 142  
 Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute, Ansan-gu, Gyeonggi-do, 41330, Republic of Korea  
 Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea, Bucheon-si, Gyeonggi-do, 14602, Republic of Korea

P-81 Exploring process parameter according to cooking steps in electric pressure cooker — 143  
 Department of Food Science and Biotechnology, Chon National University  
 Meichuan Co., LTD

P-71 Microbial efficacy of different Plasma Forming Gases and their quality attributes for rice embryo during cold plasma treatment — 138  
 Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01911, Republic of Korea  
 \*Dae Young Engineering Co., LTD, Seongnam-si 13651, Gyeonggi-do, Republic of Korea

Microbial efficacy of cold plasma penetration of rice embryo was compared through three different plasma forming gases (air, nitrogen, argon) as well as quality attributes. Plasma gas was generated from plasma reactor which was coupled into an nitrogen and argon storage tank. These were turned for use plasma jet (APF), nitrogen plasma jet (NPF) and argon plasma jet (APF). Rice embryo was exposed to APF, NPF and APF for 1, 3, 5, 7 and 10 min. Initial microbial concentration of rice embryo was 5.96x10<sup>6</sup> log cfu/ml. APF induced the initial microbial population by 1.47x10<sup>11</sup>, 1.84x10<sup>13</sup>, 2.83x10<sup>12</sup>, 2.01x10<sup>10</sup> and 1.97x10<sup>07</sup> log cfu/ml at the holding time of 1, 3, 5, 7 and 10 min. NPF slightly enhanced the microbial efficacy of rice embryo during plasma penetration. It reduced the initial microbial population by 1.00x10<sup>11</sup>, 1.27x10<sup>08</sup>, 1.52x10<sup>13</sup>, 1.54x10<sup>14</sup> and 1.80x10<sup>10</sup> log cfu/ml at the holding time of 1, 3, 5, 7 and 10 min. In this study, the maximum microbial inactivation was found at the APF penetration. APF reduced the initial microbial population by 1.12x10<sup>09</sup>, 1.53x10<sup>08</sup>, 1.76x10<sup>07</sup>, 2.15x10<sup>06</sup> and 2.10x10<sup>05</sup> log cfu/ml at the holding time of 1, 3, 5, 7 and 10 min. The quality attributes of rice embryo was significantly influenced by temperature increase during plasma penetration. Both APF and NPF induced the notable temperature increase after 5 min holding time. Therefore, significant discoloration and moisture loss was found after 5 min holding time of APF and NPF. Whereas, no significant quality degradation of rice embryo was found up to 10 min holding time of APF plasma treatment. This study showed the potential of argon as plasma forming gas for cold plasma penetration.

P-72 Quality characteristics of Allium microdicion prokhi, based on pretreatment and pickling conditions — 138  
 Rice Vegetable Research Institute, Gyeongsang Agricultural Research and Extension Service

In this study, pickles were prepared using only the stems of Allium microdicion prokhi. Pretreatment was divided into raw(RT), salt water(SW), and blanching treatments(BT), and seasoning liquids were prepared separately based on soy sauce and vinegar. The sugar content of vinegar pickle was 21.7 80w/w in RT, 22.8 80w/w in ST, and 23.8 80w/w in BT at 2 months after manufacture, and BT was the highest. Acidity was 0.9% in the RT, 0.97% in the ST, 0.94% in the BT, and acidity was higher in the order of RT < ST < BT. pH was 3.79 in RT, 2.72 in the ST, 2.72 in the BT, and pH 3.2 at all three treatments at 6 months. The sugar content of pickled soy sauce was 25.2 80w/w in RT, 25.5 80w/w in ST, and 26.3 80w/w in BT. The sugar content of pickled soy sauce was higher in the order of RT, ST, and BT. Acidity was 1.40% in the RT, 1.37% in the ST, and 1.48% in the BT. pH was 3.28 in the RT, 3.24 in the ST, and 3.28 in the BT, which was slightly higher than the vinegar pickle. Overall, soy sauce pickles showed higher sugar content, acidity, and pH than vinegar pickles, and BT vinegar pickles showed the lowest value of 36.79 at 6 months after manufacture. Vinegar pickles kept the taste firmer for longer when treated with SW than with blanching. As a result of preference survey on taste and texture for one month after manufacturing, vinegar pickle preferred RT and soy sauce pickle preferred ST. Two months later, the preference survey showed the same results. A large amount of Allium microdicion prokhi stem part is thrown away in the local package as by-product. It is expected that it will be possible to generate new income when making pickles using this.

그림 162. 한국산업식품공학회 학회집 포스터 세션      그림 163. (사)한국산업식품공학회 학회집 포스터 요약

□ 기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

□ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작권자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

- \* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

- \* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.


[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	직접실시	분말(분체) 병합 살균장치	(주)덕영엔지니어링	2022.11.15		
2	직접실시	분말(분체) 병합 살균장치	(주)덕영엔지니어링	2023.4.05		

기술실시 보고(확인)서					
(단위 : 원)					
사업명	고부가가치식품기술개발사업	연구과제번호	121025-03-1-CG000		
연구과제명	분말(분체) 병합살균 장치 사업화				
연구개발기관명	㈜덕영엔지니어링	연구책임자	이정우	참여기업명	
연구협약일	2021년4월01일	연구기간	2021. 4. 01 ~ 2023. 12. 31		
연구개발비	정부지원연구개발비	기관부담연구개발비	기타 ( )	계	
	550,000,000	183,334,000		733,334,000	
계약(기술)명	분말(분체) 병합살균 장치				
계약(확인)일	실시(활동)기간				
지재권 종류	매출발생일로부터 5년간				
기술실시계약 및 성과활동 현황	명 칭	일 자			
	번호	일 자			
	기관명	기관유형			
	주 소	대 표 자			
	사업자번호	전화번호			
	부서(담당자)	e-mail			
기술료	정액기술료	경상기술료	기타 조건		
	정수(예정)일	정수(예정)금액	정수(예정)일	정수(예정)금액	
		정수시작(예정)일	정수종료(예정)일	결산일	
		매출에 따른 기술료	2023년	12	
			정수종료(예정)일	정수율	
			2023년	%	
기타특기사항	「농림축산식품 연구개발사업 관리기준」 제35조제3항에 따라 위와 같이 기술실시 내용을 보고(확인)합니다. 붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증명자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부(타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발협력약서 사본 1부(직접실시시). 2022년 11월 15일 연구개발기관 (주)덕영엔지니어링 의 대표 [  ] 농림식품기술기획평가원장 귀하				


기술실시 보고서					
(단위 : 원)					
사업명	고부가가치식품기술개발사업	연구과제번호	121025-03-1-CG000		
연구과제명	분말(분체) 병합 살균장치 사업화				
연구개발기관명	(주)덕영엔지니어링	연구책임자	이정우	참여기업명	
연구협약일	2021년4월01일	연구기간	2021. 4. 01 ~ 2023. 12. 31		
연구개발비	정부지원연구개발비	기관부담연구개발비	기타 ( )	계	
	550,000,000	183,334,000		733,334,000	
계약(활동)명	분말(분체) 병합 살균장치				
계약(활동)일	실시(활동)기간				
지재권 종류	매출발생일로부터 5년간				
기술실시계약 및 성과활동 현황	명 칭	일 자			
	번호	일 자			
	기관명	기관유형			
	주 소	대 표 자			
	사업자번호	전화번호			
	부서(담당자)	e-mail			
기술료	정액기술료	경상기술료	기타 조건		
	정수(예정)일	정수(예정)금액	정수(예정)일	정수(예정)금액	
		정수시작(예정)일	정수종료(예정)일	결산일	
		매출에 따른 기술료	2023년	12	
			정수종료(예정)일	정수율	
			2023년	매출액의 (%)	
기타특기사항	「농림축산식품 연구개발사업 관리기준」 제35조제3항에 따라 위와 같이 기술실시 내용을 보고(확인)합니다. 붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증명자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부(타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발협력약서 사본 1부(직접실시시). 2023년 4월 05일 연구개발기관 (주)덕영엔지니어링  농림식품기술기획평가원장 귀하				

그림 164. 2022, 2023 기술실시 보고(확인)서

□ 사업화 투자실적


번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

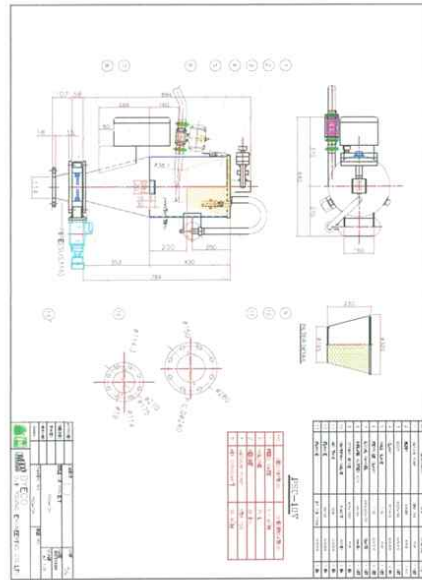
번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기 실시	제품화	국내	진공이송기	분말(분체) 진공이송 및 저장장치 (PSC-10V)	(주)덕영엔지니어링	241,450		2022	10년
2	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	광펄스&이온발생기 병합 분말살균장비	(주)덕영엔지니어링				10년
3	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	플라즈마&이온발생기 병합 분말살균장비	(주)덕영엔지니어링				10년
4	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	방폭형 분말이송장치 (PSC-3V)	(주)덕영엔지니어링	16,700		2023	10년
5	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	방폭형 분말이송장치 (PSC-5V)	(주)덕영엔지니어링				10년
6	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	방폭형 분말이송장치 (PSC-10V)	(주)덕영엔지니어링	115,740		2023	10년
7	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	방폭형 분말이송장치 (PSC-15V)	(주)덕영엔지니어링				10년
8	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	방폭형 분말이송장치 (PSC-25V)	(주)덕영엔지니어링				10년
9	자기 실시	제품화	국내	분말(분체) 병합살균장치 사업화	방폭형 분말이송장치 (PSC-30V)	(주)덕영엔지니어링				10년

<첨부3>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	분말(분쇄) 병합 살균장치 사업화			
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단	
연구책임자	이 정 우	연구기간	2021년 4월 ~ 2023년 12월 (총2년9개월)	
총 정부출연금	정부 지원연구개발비 550,000,000 원			
해당 기술의 제품출시 유형				
신제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	( √ )	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
진공이송기 (PSC-10V)		분말(분쇄) 이송장비	2022.1.10	100
*첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수 상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.				

제품 제작 도면



2023년 1월 26일

연구책임자 : 이 정 우 (서명 또는 인)


- 1 -

- 2 -

그림 165. 제품출시 확인서 (진공이송기 PSC-10V)

<첨부3>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	분말(분쇄) 병합살균 장치 사업화			
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단	
연구책임자	이 정 우	연구기간	2021년 4월 ~ 2023년 12월 (총2년9개월)	
총 정부출연금	정부 지원연구개발비 550,000,000 원			
해당 기술의 제품출시 유형				
신제품(제품출시 예정)	( √ )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	( )	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
광펄스&이온발생기 병합 분말 살균장비		분말 식품(원료)의 이송 중 살균 처리	2023년 2월	100 %
*첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수 상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.				

2022년 11월 16일


연구책임자 : 이 정 우 (서명 또는 인)

- 1 -

그림 166. 제품출시 확인서  
(광펄스&이온발생기 병합 분말살균장비)

<첨부3>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과 제 명	분말(분쇄) 병합살균 장치 사업화			
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단	
연구책임자	이 정 우	연구기간	2021년 4월 ~ 2023년 12월 (총2년9개월)	
총 정부출연금	정부 지원연구개발비 550,000,000 원			
해당 기술의 제품출시 유형				
신제품(제품출시 예정)	( √ )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	( )	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
플라즈마&이온발생기 병합 분말살균 장비		분말 식품(원료)의 이송 중 살균 처리	2023년 2월	100 %
*첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수 상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.				

2022년 11월 16일

연구책임자 : 이 정 우 (서명 또는 인)

- 2 -

그림 167. 제품출시 확인서  
(플라즈마&이온발생기 병합 분말살균장비)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 증질지(80g/m<sup>2</sup>)]



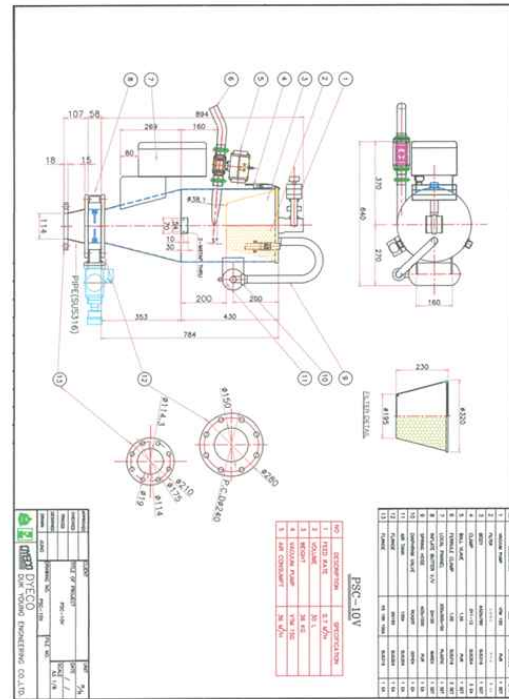


<첨부3>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과제명	분말(분쇄) 병합 살균장치 사업화			
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단	
연구책임자	이 정 우	연구기간	2021년 4월 ~ 2023년 12월 (총2년9개월)	
총 정부출연금	정부 지원연구개발비 550,000,000 원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(√)	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
방폭형 분말 이송장비 (PSC-10V)	제품 제작 도면 참고	분말(분쇄) 이송장비	2023.4.05	100
* 첨부 : 당해년도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수 상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.				

제품 제작 도면



2023년 11월 08일

연구책임자 : 이 정 우 (서명) (인)

- 1 -

- 2 -

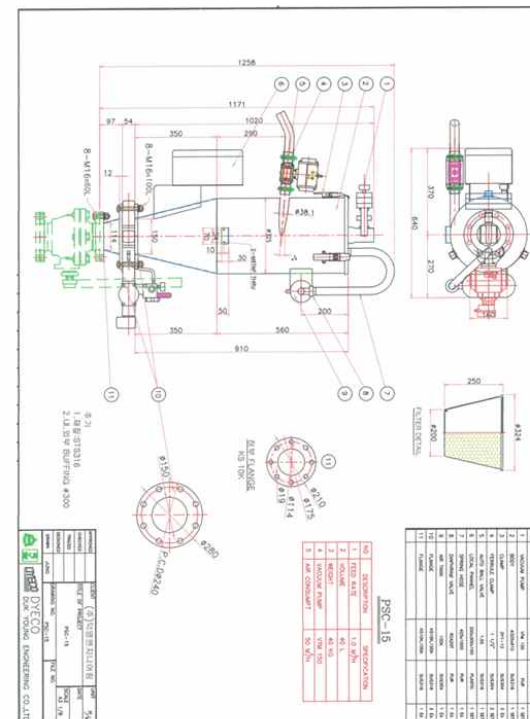
그림 170. 제품출시 확인서 (방폭형 분말 이송장비 PSC-10V)

<첨부3>

농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

과제명	분말(분쇄) 병합 살균장치 사업화			
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단	
연구책임자	이 정 우	연구기간	2021년 4월 ~ 2023년 12월 (총2년9개월)	
총 정부출연금	정부 지원연구개발비 550,000,000 원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(√)	기 타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
방폭형 분말 이송장비 (PSC-15V)	제품 제작 도면 참고	분말(분쇄) 이송장비	2023.4.05	100
* 첨부 : 당해년도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수 상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.				

제품 제작 도면



2023년 11월 08일

연구책임자 : 이 정 우 (서명) (인)

- 1 -

- 2 -

그림 171. 제품출시 확인서 (방폭형 분말 이송장비 PSC-15V)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]



<첨부3> 농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

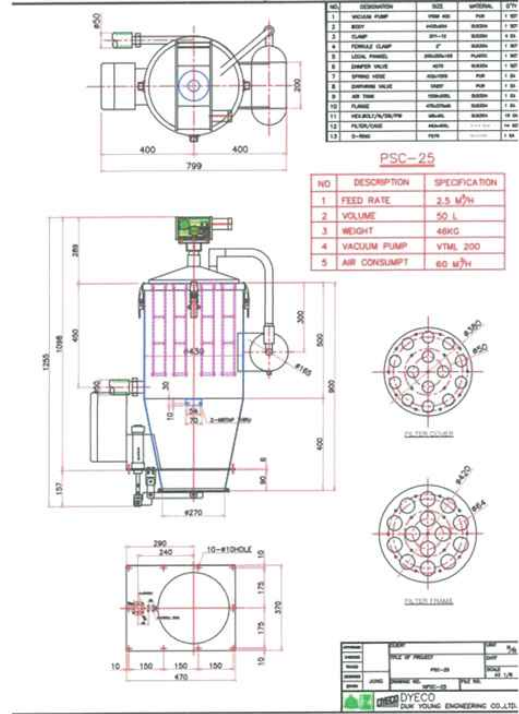
과제명	분말(분체) 병합 살균장치 사업화			
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단	
연구책임자	이정우	연구기간	2021년 4월 ~ 2023년 12월 (총2년9개월)	
총정부출연금	정부 지원연구개발비 550,000,000 원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(√)	기타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
방폭형 분말 이송장비 (PSC-25V)	제품 제작 도면 참고	분말(분체) 이송장비	2023.4.05	100
*첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수 상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.				

2023년 11월 08일

연구책임자 : 이정우 (서명인)

- 1 -

제품 제작 도면



- 2 -

그림 172. 제품출시 확인서 (방폭형 분말 이송장비 PSC-25V)

<첨부3> 농림축산식품 연구개발과제 제품출시 확인서

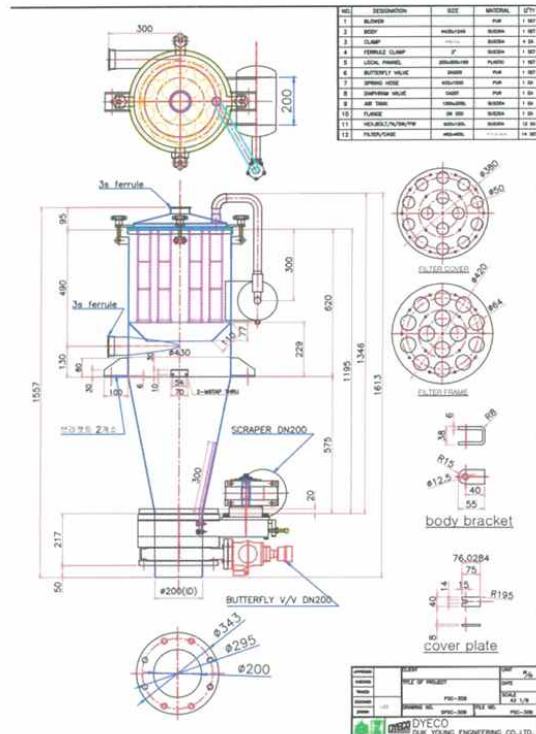
과제명	분말(분체) 병합 살균장치 사업화			
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단	
연구책임자	이정우	연구기간	2021년 4월 ~ 2023년 12월 (총2년9개월)	
총정부출연금	정부 지원연구개발비 550,000,000 원			
해당 기술의 제품출시 유형				
시제품(제품출시 예정)	( )	기존 제품 공정개선	( )	
신제품(제품출시 완료)	(√)	기타	( )	
제품 출시 실적				
제품명	제품사진	제품용도	제품 출시일	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
방폭형 분말 이송장비 (PSC-30V)	제품 제작 도면 참고	분말(분체) 이송장비	2023.4.05	100
*첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등) **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수 상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.				

2023년 11월 08일

연구책임자 : 이정우 (서명인)

- 1 -

제품 제작 도면



- 2 -

그림 173. 제품출시 확인서 (방폭형 분말 이송장비 PSC-30V)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계(천원)	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
진공이송기(PSC-10V)	2022	241,450	-	241,450	
분말(분체) 병합 살균장치 사업화 (방폭형 분말이송장치, PSC-3V)	2023	16,700	-	16,700	
분말(분체) 병합 살균장치 사업화 (방폭형 분말이송장치, PSC-10V)	2023	115,740	-	115,740	
합계		373,890	-	373,890	

농림축산식품 연구개발과제 매출 확인서

과제명	분말(분체) 병합 살균장치 사업화		
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단
연구책임자	이 정 우	연구기간	21년 4월 ~ 23년 12월(총2년9개월)
기업 정보	기업 매출 총액 : 5,800,000,000 원		
관련 실적	특허( ), 품종( ), 소프트웨어( ), 디자인( ), 상표( ), 기타(상세 )		
	명칭(번호) : 예. 전분물 이용형 쌀과자 개발(특허등록 10-1999771) 기술실시 명칭 :		
해당제품의 매출 실적			
제품명	제품사진	매출액(원)	해당 과제의 매출액 기여율(%)
진공이송기 (PSC-10V)		국 내	4.16 %
		국 외	
<p>• 첨부 : 당해연도 매출액을 확인할 수 있는 자료(매출전표, 세금계산서, 매출원장, 수출계약 등) 상기와 같이 R&amp;D 기술을 사업화하여 발생한 매출액을 보고합니다.</p>			

• 첨부파일 ; 계약서 및 세금계산서

2023년 01월 26일

연구책임자 : 이 정 우 (서명 또는 인)



그림 174. 진공이송기 PSC-10V 매출 확인서 (2022년)

### 발주서

발주번호: 202201/06-2	
수신: (주)이달엔지니어링	사업자등록번호: [REDACTED]
전화번호: 2021-144	회사명/대표: [REDACTED]
TEL: [REDACTED]	주소: [REDACTED]
FAX: [REDACTED]	담당/연락처: [REDACTED]
발주일자: 2022/01/10	

금액: 발주발심요양금 정 (₩ 90,850,000정) / VAT포함					
품목코드	품목명(규격)	수량 (단위 포함)	단가	공급가액	부가세
400009-148A(1)01	진공이송기 PSC-10V(백상지,세회)	7x	13,500,000	73,500,000	7,200,000
수신자확인전					
수량	7	공급가액	73,500,000	Nega 금액	총액/금액

**비고**  
 계약금액 : nego가 반영 부가세 별도  
 결제 방법 : 현물 및 현금결제  
 납품 장소 : 제일엔지니어링 본사  
 납품 시 계산서, 거래명세서, 성적서 등품

### 전자세금계산서

발행번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 01 일: 10 발행일자: 20220110	승인번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 01 일: 10 승인일자: 20220110
발행처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]	구매처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]
품목명: 진공이송기 PSC-10V(백상지,세회) 수량: 7 단가: 13,500,000 공급가액: 73,500,000 부가세: 7,200,000	총합계: 80,700,000 세금: 7,200,000 합계: 87,900,000

본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈택스지의 "조회/발급" 전자세금계산서 제3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 손택스에서 쉽게 확인할 수 있습니다.

### 전자세금계산서

발행번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 01 일: 10 발행일자: 20220110	승인번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 01 일: 10 승인일자: 20220110
발행처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]	구매처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]
품목명: 진공이송기 PSC-10V(백상지,세회) 수량: 7 단가: 13,500,000 공급가액: 73,500,000 부가세: 7,200,000	총합계: 80,700,000 세금: 7,200,000 합계: 87,900,000

본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈택스지의 "조회/발급" 전자세금계산서 제3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 손택스에서 쉽게 확인할 수 있습니다.

그림 175. 진공이송기 PSC-10V 발주서(20220106-2) 및 전자세금계산서

### 발주서

발주번호: 202203/14-11	
수신: (주)이달엔지니어링	사업자등록번호: [REDACTED]
전화번호: 2022-026	회사명/대표: [REDACTED]
TEL: [REDACTED]	주소: [REDACTED]
FAX: [REDACTED]	담당/연락처: [REDACTED]
발주일자: 2022/04/08	

금액: 발주발심요양금 정 (₩ 11,510,000정) / VAT포함					
품목코드	품목명(규격)	수량 (단위 포함)	단가	공급가액	부가세
400009-148A(1)01	진공이송기 PSC-10V(백상지,세회)	1x	10,500,000	10,500,000	1,010,000
수신자확인전					
수량	1	총 금액	10,500,000	부가세 포함 금액	11,510,000

**비고**  
 계약금액 : nego가 반영 부가세 별도  
 결제 방법 : 현물 및 현금결제  
 납품 장소 : 제일엔지니어링 본사  
 납품 시 계산서, 거래명세서, 성적서 등품

### 전자세금계산서

발행번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 03 일: 14 발행일자: 20220314	승인번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 03 일: 14 승인일자: 20220314
발행처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]	구매처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]
품목명: 진공이송기 PSC-10V(백상지,세회) 수량: 1 단가: 10,500,000 공급가액: 10,500,000 부가세: 1,010,000	총합계: 11,510,000 세금: 1,010,000 합계: 12,520,000

본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈택스지의 "조회/발급" 전자세금계산서 제3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 손택스에서 쉽게 확인할 수 있습니다.

### 전자세금계산서

발행번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 03 일: 14 발행일자: 20220314	승인번호: [REDACTED] 연도: 2022 월: 03 일: 14 승인일자: 20220314
발행처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]	구매처: [REDACTED] 대표: [REDACTED] 주소: [REDACTED] TEL: [REDACTED] FAX: [REDACTED]
품목명: 진공이송기 PSC-10V(백상지,세회) 수량: 1 단가: 10,500,000 공급가액: 10,500,000 부가세: 1,010,000	총합계: 11,510,000 세금: 1,010,000 합계: 12,520,000

본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈택스지의 "조회/발급" 전자세금계산서 제3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 손택스에서 쉽게 확인할 수 있습니다.

그림 176. 진공이송기 PSC-10V 발주서(20220314-11) 및 전자세금계산서

**발주서**    담당자    검토자    승인자

재    05/19    /    /

발판번호	2022/05/19-18		
수신	(주)이송테크(이메일)	목적/선정일자	
프로젝트명	2022-1188	사업자등록번호	[Redacted]
Tel	[Redacted]	회사명/대표	[Redacted]
Fax	[Redacted]	주소	[Redacted]
	발기일자 : 2022/05/19	발판/양척자	[Redacted]

금액 : 차량상계발판신청 양    (₩ 23,100,000) / VAT포함

품목코드	품목명(구체)	수량 (단위: 개)	단가	공급가액	부가세
400000-148401001	전공이송기 PSC-10V (백상지 80g/㎡ 제외)	500	10,500,000	21,000,000	2,100,000

수량	1	공급가액	21,000,000	Vat포함 금액		합계	
----	---	------	------------	----------	--	----	--

전자세금계산서		승인번호	
문구	[Redacted]	문구	[Redacted]
사업자명	(주)이송테크(이메일)	사업자명	[Redacted]
사업자등록번호	[Redacted]	사업자등록번호	[Redacted]
대표명	[Redacted]	대표명	[Redacted]
대표전화	[Redacted]	대표전화	[Redacted]
주소	[Redacted]	주소	[Redacted]
과목명	[Redacted]	과목명	[Redacted]
과목코드	[Redacted]	과목코드	[Redacted]
과목명	전자세금계산서	과목명	전자세금계산서
수량	500	단가	4200.000
공급가액	2,100,000	부가세	210,000
합계	2,310,000		

본 인쇄물은 국세청 홈택스(home.taxes.go.kr)에서 발급, 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 당기 홈페이지의 「조회/발급」 전자세금계산서 제 3차 발급사실 조회\*를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 순택스에서 실제 확인할 수 있습니다.

수정전자세금계산서		승인번호	
문구	[Redacted]	문구	[Redacted]
사업자명	(주)이송테크(이메일)	사업자명	[Redacted]
사업자등록번호	[Redacted]	사업자등록번호	[Redacted]
대표명	[Redacted]	대표명	[Redacted]
대표전화	[Redacted]	대표전화	[Redacted]
주소	[Redacted]	주소	[Redacted]
과목명	[Redacted]	과목명	[Redacted]
과목코드	[Redacted]	과목코드	[Redacted]
과목명	전자세금계산서	과목명	전자세금계산서
수량	1,475,000	단가	9,558.640
공급가액	14,700,000	부가세	1,470,000
합계	16,170,000		

본 인쇄물은 국세청 홈택스(home.taxes.go.kr)에서 발급, 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 당기 홈페이지의 「조회/발급」 전자세금계산서 제 3차 발급사실 조회\*를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 순택스에서 실제 확인할 수 있습니다.

그림 177. 전공이송기 PSC-10V 발주서(20220519-18) 및 전자세금계산서

**발주서**    담당자    검토자    승인자

재    05/19    /    /

발판번호	2022/06/29-5		
수신	(주)이송테크(이메일)	목적/선정일자	
프로젝트명	2022-098	사업자등록번호	[Redacted]
Tel	[Redacted]	회사명/대표	[Redacted]
Fax	[Redacted]	주소	[Redacted]
	발기일자 : 2022/06/19	발판/양척자	[Redacted]

금액 : 차량상계발판신청 양    (₩ 21,500,000) / VAT포함

품목코드	품목명(구체)	수량 (단위: 개)	단가	공급가액	부가세
400000-148401001	전공이송기 PSC-10V (백상지 80g/㎡ 제외)	500	10,500,000	21,000,000	2,100,000

수량	1	공급가액	21,000,000	Vat포함 금액		합계	
----	---	------	------------	----------	--	----	--

**비고**  
제각급에 : nago가 발행, 부가세 별도  
발급사실 : 확인 할 정기발판  
발판 주소 : 차량상계발판, 양척사 용량  
발판 시 : 계산서, 거래명세서, 양척사 용량

전자세금계산서		승인번호	
문구	[Redacted]	문구	[Redacted]
사업자명	(주)이송테크(이메일)	사업자명	[Redacted]
사업자등록번호	[Redacted]	사업자등록번호	[Redacted]
대표명	[Redacted]	대표명	[Redacted]
대표전화	[Redacted]	대표전화	[Redacted]
주소	[Redacted]	주소	[Redacted]
과목명	[Redacted]	과목명	[Redacted]
과목코드	[Redacted]	과목코드	[Redacted]
과목명	전자세금계산서	과목명	전자세금계산서
수량	500	단가	4200.000
공급가액	2,100,000	부가세	210,000
합계	2,310,000		

본 인쇄물은 국세청 홈택스(home.taxes.go.kr)에서 발급, 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 당기 홈페이지의 「조회/발급」 전자세금계산서 제 3차 발급사실 조회\*를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 순택스에서 실제 확인할 수 있습니다.

전자세금계산서		승인번호	
문구	[Redacted]	문구	[Redacted]
사업자명	(주)이송테크(이메일)	사업자명	[Redacted]
사업자등록번호	[Redacted]	사업자등록번호	[Redacted]
대표명	[Redacted]	대표명	[Redacted]
대표전화	[Redacted]	대표전화	[Redacted]
주소	[Redacted]	주소	[Redacted]
과목명	[Redacted]	과목명	[Redacted]
과목코드	[Redacted]	과목코드	[Redacted]
과목명	전자세금계산서	과목명	전자세금계산서
수량	7,200,000	단가	9,583.333
공급가액	7,200,000	부가세	720,000
합계	7,920,000		

본 인쇄물은 국세청 홈택스(home.taxes.go.kr)에서 발급, 또는 홈택스로 전송된 전자세금계산서입니다. 발급사실 확인은 당기 홈페이지의 「조회/발급」 전자세금계산서 제 3차 발급사실 조회\*를 이용하시기 바랍니다. QR코드를 통해 순택스에서 실제 확인할 수 있습니다.

그림 178. 전공이송기 PSC-10V 발주서(20220629-5) 및 전자세금계산서

210mm×297mm[(백상지(80g/㎡) 또는 증질지(80g/㎡)]





**발 주 서**

발주일: 2023년 6월 9일

수신처: (주)연방엔지니어링 TEL: [Redacted]

발주처: [Redacted] FAX: [Redacted]

발주명: [Redacted] 담당자/부: [Redacted]

제출명: [Redacted] 전화 / FAX / Email / 직권: [Redacted]

수량: [Redacted] 단위: [Redacted]

부품명: PSC-3V (백상지 용도)

lot: 8,500,000

\*결제기간: 통상거래 발송요청

2023 06 09

주요인계서

세금계산서: [Redacted]

결제금액: 8,500,000 (부가세액 850,000) 결제일: 9,350,000

결제방법: 현금 8,500,000 / 카드 결제

특기사항: 1. 부품 발송시 포장용역, 포장재료, 포장공을 포함하지 않습니다.  
2. 납품물품의 수량, 품명, 사양, 규격, 용도를 확인하십시오.  
3. 납품물품의 품질, 성능, 사양, 규격, 용도를 확인하십시오.  
4. 납기 지연으로 인한 손해, 손해배상책임은 당사 책임이 아닙니다.  
5. 기타 특기사항은, 사전에 연락하십시오.

**전자세금계산서**

구분	과목명	단위	수량	단가	합계	세액	세금
1	부품명	개	8,500,000	1,000.00	8,500,000.00	850,000.00	9,350,000.00
합계			8,500,000		8,500,000.00	850,000.00	9,350,000.00

본 전자세금계산서는 전자세금계산서시스템을 이용하여 작성된 것으로서, 전자세금계산서와 일치하지 않을 수 있습니다. 전자세금계산서와 일치하지 않을 시, 본 전자세금계산서를 폐기하십시오.

그림 181. 방폭형 분말 이송장비 PSC-3V 발주서(DCHE90) 및 전자세금계산서

**발 주 서**

발주일: 2023년 10월 29일

수신처: [Redacted] TEL: [Redacted]

발주처: [Redacted] FAX: [Redacted]

발주명: [Redacted] 담당자/부: [Redacted]

제출명: [Redacted] 전화 / FAX / Email / 직권: [Redacted]

수량: [Redacted] 단위: [Redacted]

부품명: PSC-10V (백상지 용도)

\*결제기간: 통상거래 발송요청

2023 10 29

주요인계서

세금계산서: [Redacted]

결제금액: 11,500,000 (부가세액 1,500,000) 결제일: 13,000,000

결제방법: 현금 11,500,000 / 카드 결제

특기사항: 1. 부품 발송시 포장용역, 포장재료, 포장공을 포함하지 않습니다.  
2. 납품물품의 수량, 품명, 사양, 규격, 용도를 확인하십시오.  
3. 납품물품의 품질, 성능, 사양, 규격, 용도를 확인하십시오.  
4. 납기 지연으로 인한 손해, 손해배상책임은 당사 책임이 아닙니다.  
5. 기타 특기사항은, 사전에 연락하십시오.

**전자세금계산서**

구분	과목명	단위	수량	단가	합계	세액	세금
1	부품명	개	11,500,000	1,000.00	11,500,000.00	1,150,000.00	12,650,000.00
합계			11,500,000		11,500,000.00	1,150,000.00	12,650,000.00

본 전자세금계산서는 전자세금계산서시스템을 이용하여 작성된 것으로서, 전자세금계산서와 일치하지 않을 수 있습니다. 전자세금계산서와 일치하지 않을 시, 본 전자세금계산서를 폐기하십시오.

**전자세금계산서**

구분	과목명	단위	수량	단가	합계	세액	세금
1	부품명	개	11,500,000	1,000.00	11,500,000.00	1,150,000.00	12,650,000.00
합계			11,500,000		11,500,000.00	1,150,000.00	12,650,000.00

본 전자세금계산서는 전자세금계산서시스템을 이용하여 작성된 것으로서, 전자세금계산서와 일치하지 않을 수 있습니다. 전자세금계산서와 일치하지 않을 시, 본 전자세금계산서를 폐기하십시오.

그림 182. 방폭형 분말 이송장비 PSC-10V 발주서(2023-102-SUL) 및 전자세금계산서





그림 182. 방폭형 분말 이송장비 PSC-10V 발주서(2023-045-SEM) 및 전자세금계산서

농림축산식품 연구개발과제 매출 확인서

과 제 명	분말(분체) 병합 살균장치 사업화		
주관연구기관	(주)덕영엔지니어링	참여기관	이화여자대학교 산학협력단 서울과학기술대학교 산학협력단
연구책임자	이 정 우	연구기간	21년 4월 ~ 23년 12월(총2년9개월)
기업 정보	기업 매출 총액 : 6,400,000,000 원		
관련 실적	특허( ), 품종( ), 소프트웨어( ), 디자인( ), 상표( ), 기타(상생 )		
	명칭(번호) : 예, 권분을 이용한 병과자 개발(특허등록 10-1999771) 기술실시 명칭 :		
<b>해당제품의 매출 실적</b>			
제품명	제품사진	매출액(원)	해당 과제의 매출액 기여율(%)
방폭형 분말 이송장비 (PSC-10V)		국 내	53,240,000
		국 외	8.4 %
<p>• 첨부 : 당해연도 매출액을 확인할 수 있는 자료(매출전표, 세금계산서, 매출원장, 수출계약 등) 상기와 같이 R&amp;D 기술을 사업화하여 발생한 매출액을 보고합니다.</p>			
<p>• 첨부화일 : 계약서 및 세금계산서</p>			

2023년 12월 15일  
연구책임자 : 이 정 우 (서명 또는 인)

그림 183. 방폭형 분말 이송장비 PSC-10V 추가 매출 확인서 (2023년)  
(잔금 70% 40,040,000원 그림 182에 포함)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

발주서

발주처명 : 한국발전에너지  
 발주처명호 : 2021-03-23  
 발주처주소 : 서울특별시 중랑구  
 발주처전화 : 02-940-17000  
 발주처 : 464호 한국발전에너지(010-8100-0121)

구분	품명	단위	수량	단가 (원)	금액 (원)
1	PNEUMATIC SUCTION CONVEYOR	set	1	12,000,000	12,000,000
2	Model: PSC-10				
3	capacity: 1000L/H				
4	회전속도: 2.55rev./Tone stage				
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
합계					₩12,000,000

전자세금계산서		송신번호	
발주처명	한국발전에너지	발주처명	한국발전에너지
발주처명호	2021-03-23	발주처명호	2021-03-23
발주처주소	서울특별시 중랑구	발주처주소	서울특별시 중랑구
발주처전화	02-940-17000	발주처전화	02-940-17000
발주처	464호 한국발전에너지(010-8100-0121)	발주처	464호 한국발전에너지(010-8100-0121)
품명	PNEUMATIC SUCTION CONVEYOR	품명	PNEUMATIC SUCTION CONVEYOR
수량	1	수량	1
단가	12,000,000	단가	12,000,000
금액	12,000,000	금액	12,000,000
세액	1,200,000	세액	1,200,000
합계	13,200,000	합계	13,200,000

한국발전에너지

그림 184. 방폭형 분말 이송장비 PSC-10V 발주서(2021-03-23) 및 전자세금계산서

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과		분말(분체) 병합 살균장치 및 분말(분체) 이송 장치		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2024년~2027년		
	소요예산(천원)			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
		373,890	3,400,000	4,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후
0.06			0.56	0.66
국외			-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	플라즈마 기술을 응용한 폐비닐 및 폐플라스틱 에너지 자원화			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후
	수출			

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2021년	2022년	2023년	
1	분말(분체) 병합 살균장치 사업화	(주)덕영엔지니어링	2 (공고일 기준 6개월 이전 고용 업호식 포함)	1	1	4
합계			2	1	1	4

출력일시 : 2022.03.15 08:59

4대 사회보험 사업장 가입자 명부																																																																																																																																																											
발급번호	2022011560838	발급일시	2022-03-15 08:57	사업장 관리번호																																																																																																																																																							
구분	국민연금	건강보험	신체보험	고용보험																																																																																																																																																							
사업자등록번호																																																																																																																																																											
사업장 명칭	직접관리사업(주)	(주)대영전자(주)	(주)대영전자(주)	(주)대영전자(주)																																																																																																																																																							
<p>■ 가입 내역(발급일차 현재기준) 1 / 2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">연번</th> <th rowspan="2">주인(회계인) 등록번호</th> <th rowspan="2">성명</th> <th colspan="4">자격 취득일</th> </tr> <tr> <th>국민연금</th> <th>건강보험</th> <th>신체보험</th> <th>고용보험</th> </tr> </thead> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td>2012.04.18</td><td>2012.04.18</td><td>2012.04.18</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td>2020.10.05</td><td>2020.10.05</td><td>2020.10.05</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td>1998.06.01</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td>2017.08.16</td><td>2017.08.16</td><td>2017.08.16</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td>1998.06.01</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td>2017.08.07</td><td>2017.08.07</td><td>2017.08.07</td><td>2017.08.07</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td>2020.01.08</td><td>2020.01.08</td><td>2020.01.08</td><td>2020.01.08</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td>2011.05.16</td><td>2011.05.16</td><td>2011.05.16</td><td>2011.05.16</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td>2002.06.01</td><td>2002.06.01</td><td>2002.06.01</td><td>2002.06.01</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td>2007.09.03</td><td>2007.09.03</td><td>2007.09.03</td><td>2007.09.03</td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td>1998.11.23</td><td>1998.03.01</td><td>1998.03.01</td><td>1998.03.01</td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td>2022.02.23</td><td>2022.02.23</td><td>2022.02.23</td><td>2022.02.23</td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td>2019.07.01</td><td>2019.07.01</td><td>2019.07.01</td><td>2019.07.01</td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td>2021.06.28</td><td>2021.06.28</td><td>2021.06.28</td><td>2021.06.28</td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td>2019.10.14</td><td>2019.10.14</td><td>2019.10.14</td><td>2019.10.14</td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td>2020.10.05</td><td>2020.10.05</td><td>2020.10.05</td><td>2020.10.05</td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td>2018.04.09</td><td>2018.04.09</td><td>2018.04.09</td><td>2018.04.09</td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td>2016.01.01</td><td>2016.01.01</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td>2016.01.01</td><td>2016.01.01</td><td>2016.01.01</td><td>2016.01.01</td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td>2020.08.10</td><td>2020.08.10</td><td>2020.08.10</td><td>2020.08.10</td></tr> </table>					연번	주인(회계인) 등록번호	성명	자격 취득일				국민연금	건강보험	신체보험	고용보험	1			2012.04.18	2012.04.18	2012.04.18		2			2020.10.05	2020.10.05	2020.10.05		3			1998.06.01				4			2017.08.16	2017.08.16	2017.08.16		5			1998.06.01				6			2017.08.07	2017.08.07	2017.08.07	2017.08.07	7			2020.01.08	2020.01.08	2020.01.08	2020.01.08	8			2011.05.16	2011.05.16	2011.05.16	2011.05.16	9			2002.06.01	2002.06.01	2002.06.01	2002.06.01	10			2007.09.03	2007.09.03	2007.09.03	2007.09.03	11			1998.11.23	1998.03.01	1998.03.01	1998.03.01	12			2022.02.23	2022.02.23	2022.02.23	2022.02.23	13			2019.07.01	2019.07.01	2019.07.01	2019.07.01	14			2021.06.28	2021.06.28	2021.06.28	2021.06.28	15			2019.10.14	2019.10.14	2019.10.14	2019.10.14	16			2020.10.05	2020.10.05	2020.10.05	2020.10.05	17			2018.04.09	2018.04.09	2018.04.09	2018.04.09	18			2016.01.01	2016.01.01			19			2016.01.01	2016.01.01	2016.01.01	2016.01.01	20			2020.08.10	2020.08.10	2020.08.10	2020.08.10
연번	주인(회계인) 등록번호	성명	자격 취득일																																																																																																																																																								
			국민연금	건강보험	신체보험	고용보험																																																																																																																																																					
1			2012.04.18	2012.04.18	2012.04.18																																																																																																																																																						
2			2020.10.05	2020.10.05	2020.10.05																																																																																																																																																						
3			1998.06.01																																																																																																																																																								
4			2017.08.16	2017.08.16	2017.08.16																																																																																																																																																						
5			1998.06.01																																																																																																																																																								
6			2017.08.07	2017.08.07	2017.08.07	2017.08.07																																																																																																																																																					
7			2020.01.08	2020.01.08	2020.01.08	2020.01.08																																																																																																																																																					
8			2011.05.16	2011.05.16	2011.05.16	2011.05.16																																																																																																																																																					
9			2002.06.01	2002.06.01	2002.06.01	2002.06.01																																																																																																																																																					
10			2007.09.03	2007.09.03	2007.09.03	2007.09.03																																																																																																																																																					
11			1998.11.23	1998.03.01	1998.03.01	1998.03.01																																																																																																																																																					
12			2022.02.23	2022.02.23	2022.02.23	2022.02.23																																																																																																																																																					
13			2019.07.01	2019.07.01	2019.07.01	2019.07.01																																																																																																																																																					
14			2021.06.28	2021.06.28	2021.06.28	2021.06.28																																																																																																																																																					
15			2019.10.14	2019.10.14	2019.10.14	2019.10.14																																																																																																																																																					
16			2020.10.05	2020.10.05	2020.10.05	2020.10.05																																																																																																																																																					
17			2018.04.09	2018.04.09	2018.04.09	2018.04.09																																																																																																																																																					
18			2016.01.01	2016.01.01																																																																																																																																																							
19			2016.01.01	2016.01.01	2016.01.01	2016.01.01																																																																																																																																																					
20			2020.08.10	2020.08.10	2020.08.10	2020.08.10																																																																																																																																																					

국민연금 가입자 명부

국민연금  
의사

건강보험 가입자 명부

건강보험  
의사

그림 185. 2021년( ), 2022년( ) 4대 사회보험 사업장 가입자 명부

출력일시 : 2023.10.26 13:08

4대 사회보험 사업장 가입자 명부																						
발급번호	20231026367996	발급일시	2023-10-26 13:07	사업장 관리번호																		
구분	국민연금	건강보험	신체보험	고용보험																		
사업자등록번호																						
사업장 명칭	직접관리사업(주)	(주)대영전자(주)	(주)대영전자(주)	(주)대영전자(주)																		
<p>■ 가입 내역(발급일차 현재기준) 1 / 1</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">연번</th> <th rowspan="2">주인(회계인) 등록번호</th> <th rowspan="2">성명</th> <th colspan="4">자격 취득일</th> </tr> <tr> <th>국민연금</th> <th>건강보험</th> <th>신체보험</th> <th>고용보험</th> </tr> </thead> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>2023.06.26</td> <td>2023.06.26</td> <td>2023.06.26</td> <td>2023.06.26</td> </tr> </table>					연번	주인(회계인) 등록번호	성명	자격 취득일				국민연금	건강보험	신체보험	고용보험	1			2023.06.26	2023.06.26	2023.06.26	2023.06.26
연번	주인(회계인) 등록번호	성명	자격 취득일																			
			국민연금	건강보험	신체보험	고용보험																
1			2023.06.26	2023.06.26	2023.06.26	2023.06.26																

국민연금 가입자 명부

국민연금  
의사

건강보험 가입자 명부

건강보험  
의사

그림 186. 2023년( ) 4대 사회보험 사업장 가입자 명부

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	3
		생산인력	4
	개발 후	연구인력	3
		생산인력	6

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
2021~2023년	분말(분체) 병합살균 장치 사업화			373,000		4	
기대 목표			150,000	300,000			

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/ 채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	병합 살균장치 인증 절차	식품의약품안전처 (식품안전정책국 식품안전정책과)	2024	식품과 직접 접촉하여 사용하는 기구에 해당하면 '기구 및 용기·포장의 기준 및 규격'에 적합해야 하나 '식품위생법'상 식품용 기구를 개발 판매시 별도의 인증절차를 규정하고 있지 않음. 식품을 살균할 때 사용하는 살균기의 인증절차에 대해 별도로 규정하고 있지 않음

민원 인쇄  
인쇄자: 이정우

<b>신청 정보</b>	
신청번호	1AA-2311-0285694
신청일	2023-11-08 09:46:30
신청인	이정우
신청인 구분	개인
주소	[17081] 경기도 용인시 처인구 모현읍 곡현리315번길 149-7 예산리465
진행상황 등지방식	전자우편, 누리집(홈페이지)
진행결과 등지방식	전자우편, 누리집(홈페이지)
보안 설정	예

<b>민원 신청 내용</b>	
민원종류 제목 내용	일반 민원 식품원료 분말 살균에 대한 기술인용 문의 식품 원료인 분말(분체)에 대한 살균 방법이 다양하게 있으나, 각 살균법에 결단점이 있고, 원하는 살균 력을 기대할 수 없을 수도 있고, 식품 원료인 분말(분체)의 성상이다 정분 변화 등이 있을 수 있습니다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 다양한 살균 방법이 진행되고 있는 것으로 알고 있습니다.  문의하고자 하는 것은 현재 분말(분체)을 살균하기 위하여, 광열스, 플드, 플라즈마, UV, 음이온 살균 등 의 방법을 병행한 살균 기술 등 장치에 대하여 연구를 진행하고 있습니다. 살균하고자 하는 원료의 종류나 용 종류에 따라 광열스, 플드, 플라즈마, UV, 음이온 등의 살균 반응용 개 별적으로 진행할 수도 있고, 2가지, 3가지, 4가지(연계)를 병행할 수도 있습니다. 위에서 설명해 드린 살균 기술 등 장치에 대한 기술인용을 취득하고자 할 때, 광열스, 플드, 플라즈마, U V, 음이온 살균 등에 대한 개별적인 인용을 취득한 후 전체 시스템에 대하여 인용을 취득해야 하는지 아 니면 전체 시스템에 대해서 인용을 취득하면 되는지 궁금합니다. 확인 후 답변 부탁드립니다.
첨부 파일	첨부 파일 만족도 결과

<b>처리기관 정보</b>	
처리기관	식품의약품안전처 (식품의약품안전처 식품안전정책국 식품안전정책과)
처리기관 접수번호	2AA-2311-0296162
접수일	2023-11-08 13:55:16
담당자(연락처)	황혜원 (043-719-3013)
처리예정일	2023-11-27 23:59:59

<b>답변 내용</b>	
응답일	2023-11-20 17:29:29
처리결과 (답변내용)	1. 문의하십니까? 귀하께서 국민신문고를 통해 신청하신 민원(신청번호: 1AA-2311-0285694)에 대한 결 과 결과를 다음과 같이 알려드립니다.

2. 귀하의 질의 내용은 '식품 원료인 분말을 살균하기 위한 장치 등 기술에 대한 인용 문의에 관한 것으로 판단되며, 검토할 의견은 다음과 같습니다.

가. 귀하께서 질의하신 사항으로는 분말 살균기가 식품과 직접 접촉되는지 여부가 명확히 판단되지 않으나, 식품과 직접 접촉하여 사용하는 경우라면 '기구'에 해당하며 '기구 등 용기 포장의 기준' 등 규격,에 적합해야 하거나 '식품위생법'상 식품용 기구를 개발 판매시 별도의 인증절차를 규정하고 있지 않습니다.

나. 참고로 현행 '식품의 기준 및 규격'(식약처 고시) 제 2.2에서 '15) 식품용 살균제품은 그 내용물 중 온도를 65℃ 이상에서 30분간 가열살균 하거나 또는 이와 동등이상의 효력이 있는 방법으로 가열 살균하여야 하며, 오염되지 않도록 위생적으로 포장 또는 취급하여야 한다.'라고 규정하고 있으므로, 문의하신 분말 살균기는 식품을 가열 살균할 수 있어야 하나 현행 '식품위생법'상 식품용 살균용 때 사용하는 살균기의 인증절차에 대해 별도로 규정하고 있지 않습니다.

다. 참고로, 국가기술위원회에서 kc인용, ks인용 등 안전인용을 관리하고 인용을 알려드리니 문의하신 분말 살균기가 인증대상인지 여부 등 인증사항에 대해서는 소관부처인 산업통상자원부에 문의하여 주시기 바랍니다.

라. 문의하신 내용에 기초하여 답변을 드린 것이며, 실제 사실관계가 다른 경우에는 답변이 달라질 수 있으나 이 점 유의하시기 바랍니다.

3. 기타 궁금한 사항이 있는 경우 우리 처 종합상담센터(☎ 02-1255-1577-1255) 또는 식품안전정책과(담당 황혜원 ☎ 043-719-3013)로 연락주시길 친절하고 신속하게 상담하여 드리겠습니다.

\*식품위생법 관련 주요 문의응답 정보를 제공하고 있으니 많은 이용바랍니다.  
○ 식품안전나라 홈페이지: 분말 위생정책(FAC2) 주요 문의 정보 제공  
! 식품안전나라(http://www.foodafatykorea.go.kr) > 전문정보 > 법령유권해석(FAQ) > 키워드  
○ 국민신문고 홈페이지: 민원 사례, 유사 사례 검색 기능  
! 민원 사례 검색 국민신문고(http://www.speople.go.kr) > 민원사례

질문	답변
민원 처리 과정에 대해 만족하십니까?	만족
민원처리과정에 대해 불만이 있으신 경우, 사유를 선택해 주시기를 바랍니다.	
귀하가 신청하신 민원이 해결되었습니까?	부분해결
관마디 더	

그림 187. 병합 살균장치 인증 절차 정책건의(식품의약품안전처)

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

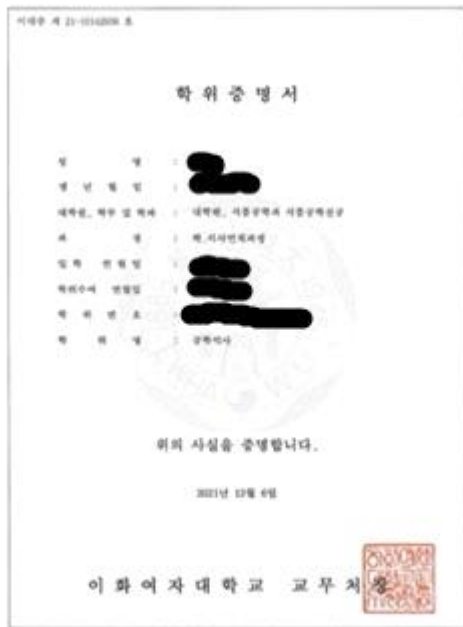
번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	■■■■■■■■■■	2021		○				○	○				
2	■■■■■■■■■■	2022		○				○	○				
3	■■■■■■■■■■	2023		○				○	○				
4	■■■■■■■■■■	2023		○				○	○				
5	■■■■■■■■■■	2023		○				○	○				
6	■■■■■■■■■■	2023		○				○	○				
7	■■■■■■■■■■	2023		○				○	○				
8	■■■■■■■■■■	2021		○			○		○				
9	■■■■■■■■■■	2022		○				○	○				
10	■■■■■■■■■■	2022		○			○		○				
11	■■■■■■■■■■	2023		○			○		○				
12	■■■■■■■■■■	2024		○			○		○				



문서확인번호 : 320-000-012-4700



문서확인번호 : 0207-0004-7941-0000



그림 188. 전문연구인력양성

문서확인번호 : 3000-000-4040-2203



문서확인번호 : 0300-000-0400-0007



그림 189. 전문연구인력양성

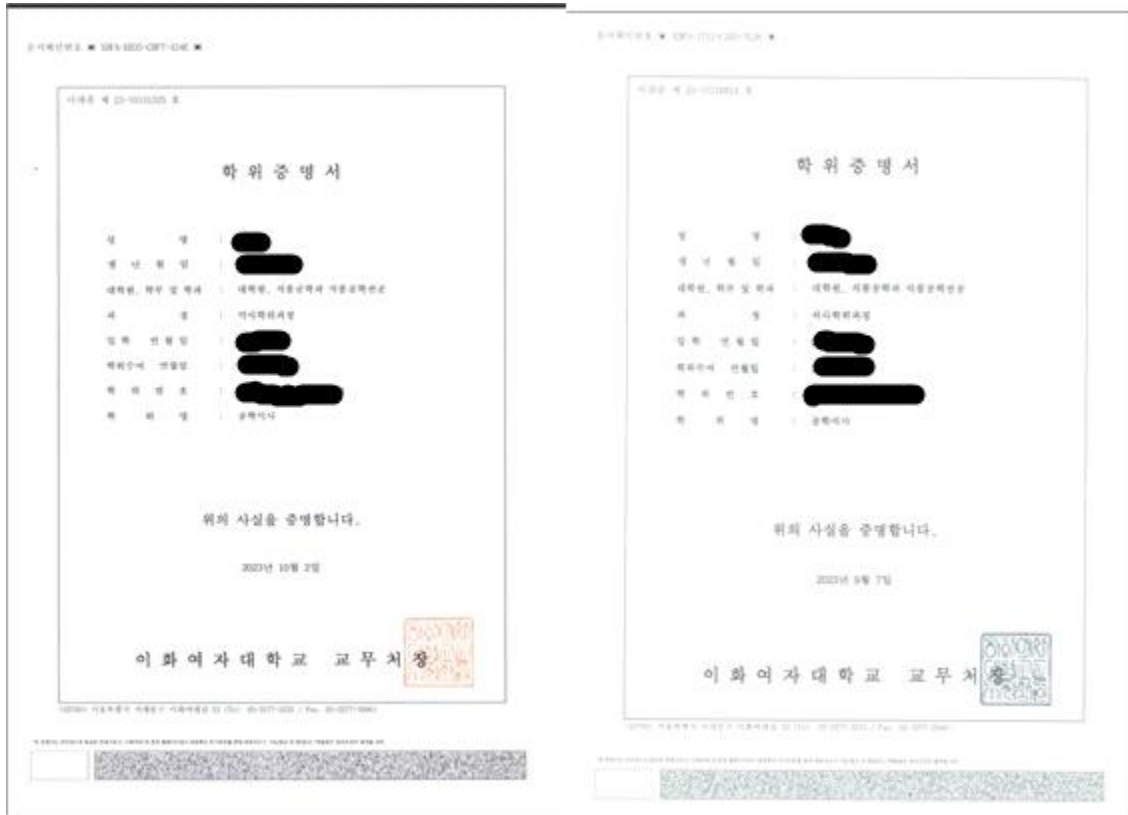


그림 190. 전문연구인력양성



그림 191. 전문연구인력양성

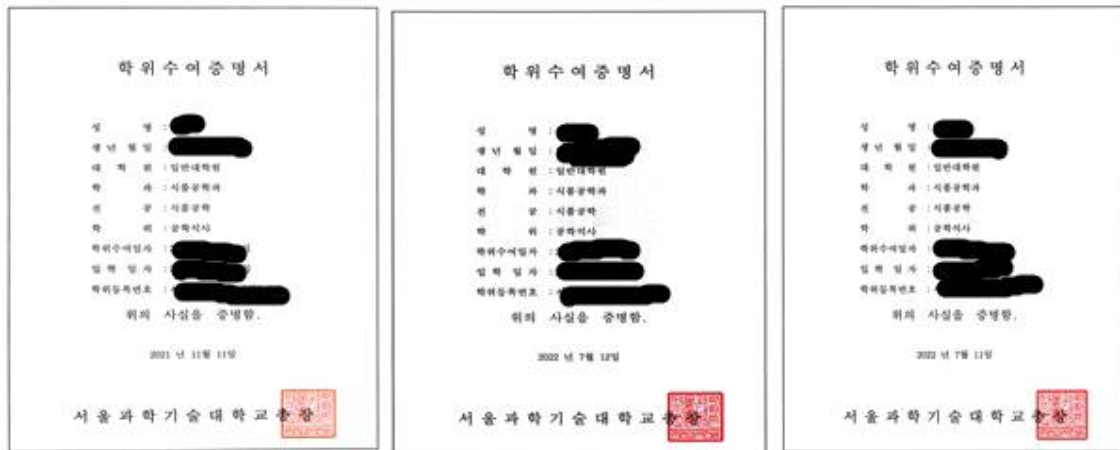


그림 192. 서울과학기술대학교 전문 연구 인력양성 학위증명서

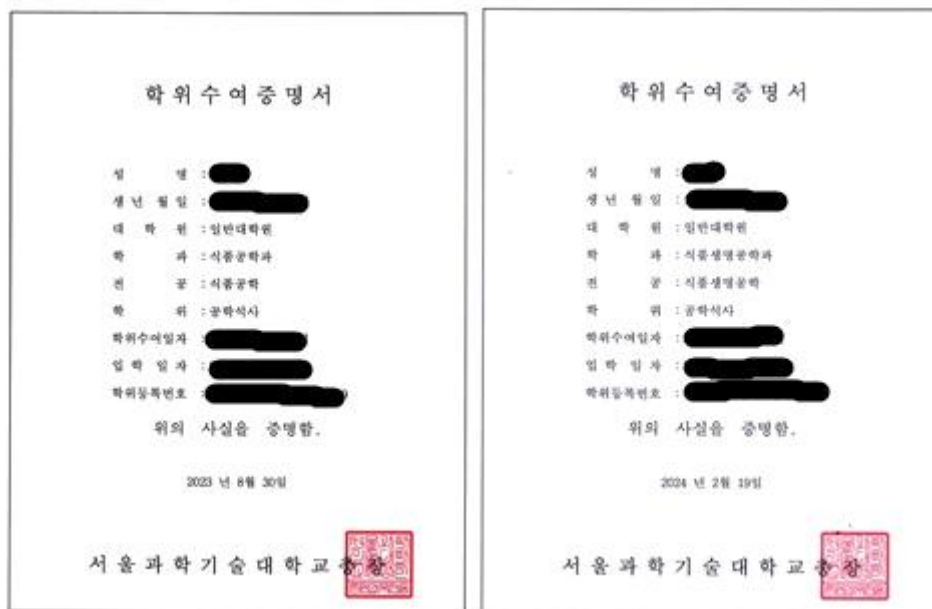


그림 193. 서울과학기술대학교 전문 연구 인력양성 학위증명서

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회	한국식품과학회	식품산업전시회	2021.7.07~7.09
2	기타	농림식품기술기획평가원	2022년 농식품 R&D 유망기술 발표회 재배환경 제어기술	2022.11.29
3	전시회	농림식품기술기획평가원	AFTER2023 농림축산식품 과학기술대전	2023.11.27.~11.29

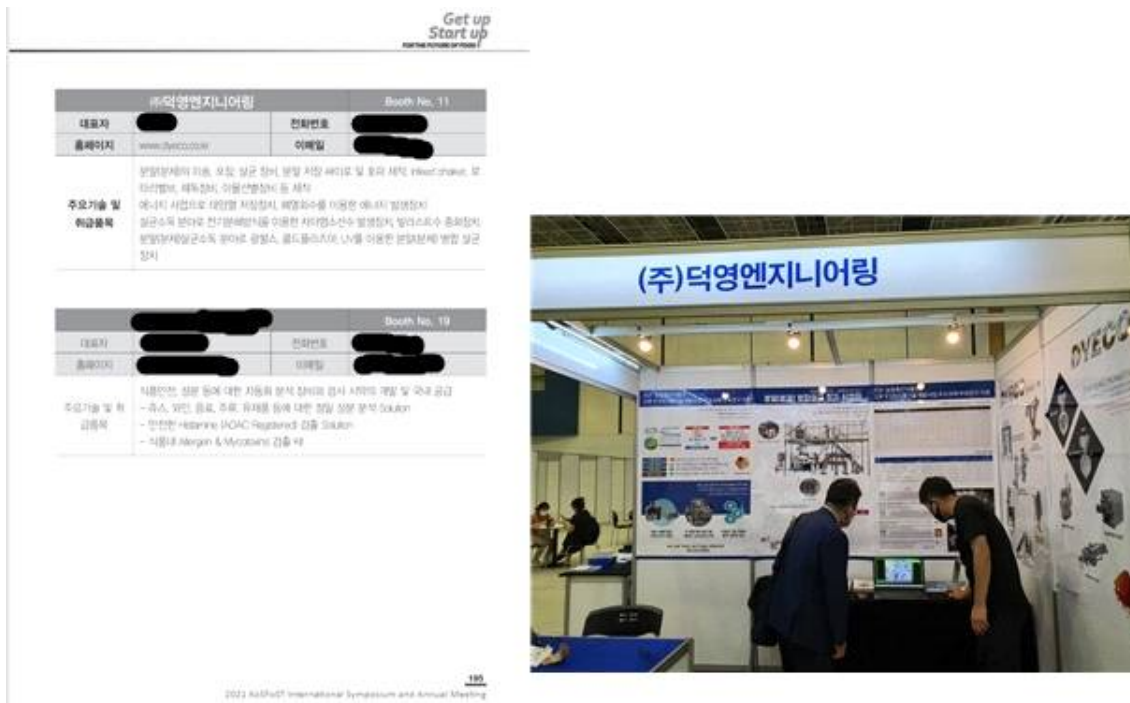


그림 194. 식품산업대전 전시회 참가



그림 195. 2022년 농식품 R&D 유망기술 발표회 재배환경 제어기술 우수 기술 소개자료



그림 196. AFTER 2023 농림축산식품 과학기술대전 참가



□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

\* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과]

- IPL 분말 살균 장비를 사용한 분말 식품의 대량 살균 효과와 관련해 이화여자대학교 식품공학과 학생들을 대상으로 교육을 진행해 당초 계획했던 교육지도 1건을 달성함. [그림 198]



그림 197. IPL 분말 살균 장비를 활용한 연구 교육 지도



## (4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도 (%)
<p>○ 분말살균을 위한 생산현장용 광펄스+콜드플라즈마+음이온 발생(라디칼생성) 병합 살균 장비 개발</p>	<p>○ 분말(분체) 원료의 연속 이송 공정 및 분말 저장 중에도 광펄스 살균기, 콜드플라즈마 살균기, 음이온 발생(라디칼생성) 살균 기능을 갖춘 병합 살균 장비를 제작, 살균하고자 하는 분말(분체) 원료의 종류에 따라 살균 방법 및 살균 조건을 선택할 수 있는 병합 살균 장비 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단독살균 기능 :광펄스 살균, 콜드플라즈마 살균, 음이온발생 살균, UV 살균</li> <li>- 2가지 살균방법 병합 살균 기능 : 광펄스 살균+콜드플라즈마 살균, 광펄스 살균+음이온발생 살균, 광펄스 살균+UV 살균, 콜드플라즈마 살균+음이온발생 살균, 콜드플라즈마 살균+UV 살균, 음이온 발생 살균+UV 살균</li> <li>- 3가지 살균방법 병합 살균 기능 : 광펄스 살균+콜드플라즈마 살균+음이온발생 살균 : 광펄스 살균+콜드플라즈마 살균+UV 살균 : 광펄스 살균+음이온발생 살균+UV 살균 : 콜드플라즈마 살균+음이온발생 살균+UV 살균</li> <li>- 살균 시간, 살균기 조건(V, Hz등) 선택적 조절</li> <li>- 자동 살균 및 수동 살균 선택 조절 가능</li> </ul>	<p>○ 100</p>
<p>○ Lab scale 장치를 이용한 병합 처리의 미생물 저감효과 및 살균메커니즘 규명.</p>	<p>○ Lab scale용 광펄스 살균+음이온 발생 병합 살균 장치 와 콜드플라즈마 살균+음이온 발생 병합 살균 장치 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참깨, 쌀눈, 표고버섯 환, 고춧가루 미생물 저감 확인</li> <li>- 광펄스 램프 위치를 싸이클론 챔버 외벽에 설치한 것과 분말 배관 외부에 설치한 살균력 비교</li> <li>- 분말 이송 배관을 직관과 곡관으로 다르게 제작하여 광펄스 램프가 분말 시료에 조사되는 조건을 달리하여 살균력 비교</li> </ul>	<p>○ 100</p>

추진목표	달성내용	달성도 (%)
○ 대용량 살균처리시스템 구축 및 대용량 장치를 이용한 병합 처리된 분말식품의 미생물 저감 확인	○ 광펄스 살균+콜드플라즈마 살균+UV 살균 병합 장비를 통하여 참깨, 쌀눈, 표고버섯 환, 고춧가루에 미생물 저감 확인. - 살균방법 및 살균조건을 조절하며 살균 - 콜드플라즈마에 공급되는 Gas 종류를 교체(air, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , Ar gas)하며 살균력 비교	○ 100
○ 병합 처리된 분말식품의 품질에 대한 영향 평가	○ 병합 살균 처리된 분말식품의 pH, 색도, 전자코 향미, 수분활성도 평가를 통하여 병합 살균에 의한 분말(분체) 시료의 품질 변화가 없음을 확인	○ 100
○ 병합 처리 장비의 사업화	○ 사업화(제품화) 현황 - 광펄스*이온발생기 병합 분말 살균장비 - 플라즈마+이온발생기 병합 분말 살균장비 - 분말(분체) 진공이송 및 저장장치 - 방폭형 분말이송장치(6종류)  총 9개 제품 사업화 등록	○ 100

#### 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

##### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

##### 2) 자체 보완활동

##### 3) 연구개발 과정의 성실성

- 년차 별로 살균장비를 제작하여 협동기관에서 다양한 분말시료로 살균력 실험을 하면서 미생물 살균효과 및 원료의 성상변화 등 유무를 지속적으로 측정 하였다. 또한, 실험실용 장비로 실험을 하면서 발생하는 문제점들을 주관기관과 소통하면서 지속적으로 살균장비 성능개선을 할 수 있도록 하였다.
- 각 기관별 실험결과에 대한 정보를 공유하면서 논문 투고 및 학회발표를 적극적으로 하여 정량적 연구개발성과를 달성 할 수 있었다.
- 과제 3차년도(2단계1차년도)에는 광펄스 살균+콜드플라즈마 살균+음이온발생기+UV 살균의 병합 살균장치를 주관기관(덕영엔지니어링) Test 공장(용인시 처인구 매산리)에 설치하였으며, 협동기관의 대학원생들이 용인으로 출퇴근하면서 적극적으로 실험을 하였다.

위에 나열한 사항으로도 과제 진행에 기관별로 적극적이면서 성실하게 임했다고 자신 있게 말할 수 있다.

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

### ○ 기술적 측면

- ◇ 콜드플라즈마 살균 공정을 기반으로 콜드플라즈마와 음이온발생 병합 살균시스템 개발.
  - 분말식품 생산라인의 공정 변경 최소화.
  - 살균도 증대 범위 및 한계 제시
- ◇ 광펄스+콜드플라즈마+음이온발생 병합살균 처리된 분말(분체)식품의 보존성 향상.
  - 품질 경쟁력 및 식품 생산 기업에 경제성 향상 도모
  - 분말(분체)식품의 장기보존.
- ◇ 식품 안전성 증대, 저장성 향상, 품질 변화 최소화.
  - 생산자의 수익 향상.
  - 안전한 분말제품 생산을 소비자 구매욕구 증가.
  - 국제적인 식품 수출 경쟁력 확보.

### ○ 사회적 측면

- ◇ 광펄스+콜드플라즈마+음이온발생 병합살균처리 기술 정보 활용.
  - 기업의 기술적 평가와 경제성 평가에 사용.
  - 정부의 기술규제 방안 제정과 공정 표준화 작업에 사용.
- ◇ 안전성 연구를 통하여 소비자들의 부정적 시각 감소 및 신뢰성 회복 형성.

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### 1) 사업화 계획

#### (1) 사업화 전략

#### ◇ 상용화 형태

##### ■ 연구용 & 양산용

- 2가지 기술이 병합된 살균 장치  
: 광펄스+콜드플라즈마 병합, 광펄스+음이온발생장치 병합, 광펄스+UV 병합  
콜드플라즈마+음이온발생장치 병합, 콜드플라즈마+UV 병합
- 자동화 살균 프로그램에서 시료별 살균 조건 자료를 선택하여 자동 실행.

##### ■ 양산용

- 3가지 이상의 기술이 병합된 살균 장치  
: 광펄스+콜드플라즈마+음이온발생장치 병합살균 장비  
: 자동화 살균 프로그램에서 시료별 살균 조건 자료를 선택하여 자동 실행.

#### ◇ 수요처

##### ■ 연구용

- 식품관련 학과 보유 대학교
- 식품회사 연구소(예. 농심, 농심태경, 오뚜기, CJ, 하림 등)
- 지역특성화 공공사업단

##### ■ 양산용

- 기존 고객사 우선 홍보 판매(농심, 오뚜기, 삼양, 롯데등)
- 식품회사 생산라인  
: 농심 안양공장 건면 생산라인, 농심태경 대구공장 건스프라인,  
농심 안성 라면 분말스프 생산라인, CJ 인천 만두 등 밀가루 가공 생산라인
- 한약재 관련 분말 가공업체(광동제약)
- 고추 유통공사, 거창군 아로니아사업단 등 분말관련 취급
- 지방특산물 유통공사 홍보 판매

#### ◇ 예상 단가

- 광펄스+콜드플라즈마+UV 병합살균기술 (1억5천만원)
- 광펄스+콜드플라즈마(1억원), 콜드플라즈마+UV(5천만원)
- 광펄스+음이온발생장치(5천만원), 콜드플라즈마+음이온발생장치(5천만원)

◇ 판매 예상 단가 인하 방안

- 전원 공급장치 및 광펄스 램프, UV 램프를 대량으로 구매하여 제작 단가를 낮춤
- 병합 살균장치의 챔버 및 배관을 간략화 하여 제작 단가를 낮춤
- 개발완료 후 1차년도에 3가지 이상의 기술이 병합된 복합살균 장비의 판매 가격을 1억5천만원으로 책정하였으나, 제작 완료 후 2년차부터 제작 단가를 더 낮추어 1억원정도로 판매 계획.

◇ 상용화 능력 및 자원보유

- 주관기관 : (주)덕영엔지니어링
  - 1991년 창사이후 현재까지 분말이송, 계량, 혼합, 선별, 포장등의 장비 제작, 설치공사
  - 분말 이송, 혼합, 계량에 대하여 실험할 수 있는 demo center 보유.
  - 병합장비 설치 고객 test 장소 보유
  - 분말 이송 관련 특허 보유
  - 싸이클론 호버 장비 제작, 납품 실적 보유
  - 광펄스 및 플라즈마 선행연구 기술 보유
  - 마이크로웨이브 제작 납품 실적 보유
  - 자체 CAD 및 3D 프로그램 보유
  - 자체 장비 제작 공장 보유(구로 1곳, 남양주 1곳)
  - 자재 구매 관리 전문 기술인력 보유
  - 해외(유럽) 기술협력 업체 다수 보유

◇ 상용화 계획 및 일정

- 사업종료 후 1년
  - 장비 제작 업체 선정 협력사 등록.
  - 대학 연구소 연구 목적용 판매.
  - 제품 디자인 개선. (전시효과 극대화)
  - 해외전시회 추진. (중국 전시회 우선 진행)
  - 부품 교체 주기 및 단가 산정.
  - 제품 품질관리 기준 마련
- 사업종료 후 2년
  - 해외 전시회 참가(독일) 제품홍보
  - 부품 간소화 및 소모품 대량 구매로 판매 단가 낮춤.
  - 제품 성능인증 추진.
  - 우수조달 상품 등록 추진.
- 사업종료 후 3년
  - 연구용 제품과 양산용 제품을 구분한 영업 마케팅 구성
  - 인터넷 및 전시회를 통한 제품홍보

(2) 마케팅 전략

◇ 진부화 전략

- 분말 병합 살균 시스템 시료별 살균 조건 자료 축적
  - 분말 병합 살균 시스템에 대한 기술적 우의를 유지하기 위해 분말 살균력에 대한 지속적인 실험결과를 국내/외 학회에 발표.
  - 다양한 분말에 대한 살균 검증을 위하여 전시회를 통한 제품 홍보로 고객이 원하는 분말에 대한 살균 실험 진행.
- 연구용 및 양산용 분말 병합 살균 시스템의 살균 조건 자료 업그레이드
  - 연구용과 양산용 분말 병합 살균 시스템 살균 조건 자료를 본사 홈페이지를 통하여 분기마다 업그레이드 하여 고객회원에 한하여 자료를 다운 받을 수 있도록 조치.

◇ 차별화 전략

- 분말 병합 살균 시스템을 연구용과 양산용으로 구분하여 판매.
- 연구용 제품은 2가지 이상 살균 기술(예. 광펄스+콜드플라즈마, 광펄스+음이온발생장치, 콜드플라즈마+magnetic feeder, 콜드플라즈마+음이온발생장치+진공챔버)을 병합하여 대학교 및 식품관련 연구소에 판매.
- 양산용 제품의 경우 3가지 이상의 살균 기술(광펄스+콜드플라즈마+음이온발생장치+UV+magnetic feeder+진공챔버)을 병합하여 분말 관련 제품을 취급하는 업체에 판매.
- 가정용(소형)으로 쉽게 사용할 수 있도록 UV 살균 기술이 적용된 소형 분말 저장용 살균기를 제작하여 보급용으로 판매.

**(2) 투자 계획**

- 과제 종료 후 중소기업부처를 통한 구매연계형 사업 추진 예정
- 금융권 용자를 저리 금리로 지원 예정
- 매출의 5%를 RnD 및 영업확장 투자 예정

**(3) 생산 계획**

- 현재 용인공장에 복합장비를 설치하여 분말살균 test를 지원하고 있으며, 추가로 용인쪽에 공장부지를 매입할 계획임.
- 과제 진행 중 장비제작 및 연구지원 인원을 해마다 1명씩 채용할 예정이며, 과제 종료 후 2차년도 이내로 장비 생산라인을 구축할 계획임.

**(4) 해외시장 진출 계획**

- 국내 농심공장을 통한 분말스프 및 건스프, 밀가루, 건면 생산라인에 설치하여 살균효과를 검증하고 농심 중국 청도공장, 농심 미국 라면공장, 아프리카 신라면 공장으로 병합살균 장치를 생산라인에 설치하여 제품의 우수성을 선전할 예정.
- CJ 미국 만두생산라인 공장에도 병합살균 장치를 판매할 예정임.
- 그 외 유럽 분체 및 식품관련 전시회에 참가하여 살균장비에 대한 기술력을 홍보할 예정

**(5) 사회적 활용계획**

- ◇ 다양한 분말식품에 광펄스와 콜드플라즈마, UV, 음이온발생 병합살균기술
  - 미생물 살균기술 이론적 배경 확립
  - 미생물 및 spore에 의한 식중독 발생 감소
  - 각종 분말(분체)식품을 대상으로 살균한 식품별 살균 가이드라인 설정
- ◇ 광펄스+음이온발생 병합처리 기술
  - 미생물 살균 기술 이론적 배경 확립
  - 식품안전을 확보하기 위한 기반 기술로 활용
- ◇ 콜드플라즈마+음이온발생 분말 살균 기술
  - 기존 개발된 장치가 가지고 있는 미생물에 의한 위해 요소를 상당 부분 해결
  - 고품질 브랜드화 가능

**(6) 학문적 활용계획**

- ◇ 병합처리를 이용한 살균방법 개발
  - 분말식품에 존재하는 세균을 효과적으로 제어하는 기술 도입
- ◇ 기존 단독 살균 기술보다 효과적으로 살균
  - 병합 살균장비에 대한 기초적인 배경 확립
  - 분말식품에 존재하는 세균을 효과적으로 제어하고 저장기간 연장
- ◇ 병합 살균장비로 세균 저감화 최적 조건 확립
- ◇ 분말식품의 품질 규격 및 유통 기초 데이터 제공
- ◇ 병합 살균의 메커니즘을 다각도로 구명, 분말(분체)식품 살균기술의 학문적 발전에 기여

**(7) 산업적 활용계획**

- ◇ 병합살균의 실용화
  - 안전한 신선편의식품 제품화 발전에 기여
- ◇ 빛 살균의 메커니즘 파악
  - 식품 저장성 증진 기술 개발
  - 유통기한 증진 방법에 대한 해결방안 제시
- ◇ 다양한 식품군에 적용되는 병합살균 기술의 기준을 식품공전에 기재
- ◇ 병합살균 가공기술 및 시스템의 산업화 개발.
- ◇ 관련 장비 제조업체와 협조
  - 다양한 규모의 병합살균 장치를 공동개발, 제작 판매
  - 장비제작 지원 사업을 통하여 병합살균 장비의 사업화 추진

- 
- ◇ 식품 분야뿐만 아니라 분말 관련 보건, 생명공학 산업으로 파급 가능
  - ◇ 기업화 및 기술이전
    - 지역 소규모 분말식품 생산업체
    - 미생물학적으로 안전한 병합살균 시스템 브랜드화
  - ◇ 워크숍 및 심포지엄 개최
    - 신 살균 병합기술을 이용한 위해세균 저감화 기술을 학계 및 산업계를 대상으로 발표
-



## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품 기술개발사업 미래대응식품 기술개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원 전문기관)에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.