

818006
-2

플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능
평가를 통한 산업화

2020

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농식품연구후속지원사업 2020년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003260-01

플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화

2020.09.04

주관연구기관 / (주)진진이앤티

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화”(개발 기간 : 2018.04.30 ~ 2020.04.30)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020.09.04

주관연구기관명 : (주)진진이앤티 (대표자) 박태섭
참여기업명 : (주)진진이앤티 (대표자) 박태섭



주관연구책임자 : 박 태 섭
참여기업책임자 : 박 태 섭

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

보고서 요약서

과제고유번호	818006-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.04.30 ~2020.04.30	단 계 구 분	2차년도/ 2차년도
연구사업명	단 위 사 업	농림축산식품연구개발사업			
	사 업 명	농식품연구성과후속지원사업			
연구과제명	대 과 제 명	플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화			
	세부 과제명	플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화			
연구책임자	박태섭	해당단계 참여연구원 수	총: 5명 내부: 1명 외부: 4명	해당단계 연구개발비	정부: 80,000천원 민간: 27,000천원 계:107,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 8명 내부: 1명 외부: 7명	총 연구개발비	정부:155,000천원 민간: 52,000천원 계:207,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)진진이앤티			참여기업명 (주)진진이앤티	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 선문대학교 산학협력단			연구책임자: 권준영	
※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유					

9대 성과 등록·기탁번호

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

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

- 플라즈마 살균장비의 개발은 완성 단계이나 효용성 대한 기술적 시험이 미흡한 상황이므로 실험실 및 현장 효능 평가를 통해 효용성을 확인하고 제품 상용화를 목표로 함
- 1차년도에는 플라즈마 살균장비의 기체오존을 이용한 살균 효능 평가
 - 공인기관을 통한 세균 2종(*E. coli*, 황색포도당균)에 대한 효능 평가
 - 유기물(10%) 조건하에서 세균 4종에 대한 효능평가
- 2차년도에는 목표시장인 수산양식분야에서 플라즈마 살균장비의 살균수를 이용한 실험실 및 현장 효능 평가를 함
 - 수계 세균 2종 및 바이러스 1종에 대한 플라즈마 살균장비의 살균 효능을 평가
 - 틸라피아 순환여과식 양식시스템에 플라즈마 살균장비를 적용하여 수질개선효과 및 생물학적 영향을 분석함
 - 수산양식 적용을 위한 가이드라인 및 개선점 제시

보고서 면수
: 152 page

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구 목적 실험실 및 현장 효능 평가를 통해 효용성이 검증된 플라즈마 살균장비 개발 및 산업화 ○ 연구 내용 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 플라즈마 살균장비의 기체오존을 이용한 세균에 대한 살균 효과 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 병원성 세균 2종에 대한 살균력 효과 검증 (한국건설생활환경시험연구원) - 유기물 조건하에서 세균 <i>E. coli</i> 외 4종에 대한 효력성 평가를 통한 현장 적용가능 여부를 판단 ▪ 목표시장인 수산양식분야에 플라즈마 살균수에 대한 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 살균력 효과 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 병원성 세균 2종, 바이러스 1종에 대한 살균효과를 측정 - 양식현장에 플라즈마 살균기의 설치 효과 모니터링 - 플라즈마 살균장비를 설치한 사육조와 설치하지 않은 사육조 사이의 수질 변화, 어류 성장지표 및 생존율 조사 - 플라즈마 살균장비를 설치한 사육조와 설치하지 않은 사육조의 물을 채수 하여 일반 세균 수 및 UVT% 측정 				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장적용 가능한 플라즈마 기체의 효력평가 시험방법 제시 및 효력시험 <ul style="list-style-type: none"> - 실험실용 챔버형 시스템 개발 - 환경조건(유기물 10%)을 반영한 <i>E. coli</i> 외 4개 균종에 대한 효과 검증 : 목표치 4 log 이하의 감소로 유기물 조건하에서 기체오존에 대한 효과 미흡 (플라즈마 살균수 적용 검토 필요) - 병원성 세균 2종(<i>E. coli</i> 및 황색포도상구균)에 대한 99.9% 살균력 검증 (한국건설생활환경시험연구원_KCL) ○ 목표시장인 수산양식분야에 플라즈마 살균수에 대한 살균력 효과 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 대표 수산 병원체 <i>Aeromonas salmonicida</i>, <i>Streptococcus iniae</i> 및 VHSV 에 대한 살균효과 규명 - 플라즈마 살균장비의 수질, 어류 성장지표 및 생존율에 대한 효과 규명 - 주요 표적시장에 대한 살균장비의 효능 검증을 통한 제품 신뢰성 확보 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 플라즈마 기체의 살균력 검증 결과를 활용해 저온저장창고등의 신선도 유지기 사업화에 적극 활용 함 ○ 수산양식 적용을 위한 가이드라인 제시 ○ 본 지원사업으로 효능이 검증된 팜키피 플라즈마 살균장비의 살균력을 유사 업종 영업시 마케팅 자료로 활용하여 팜키피 플라즈마 살균장비의 제품 신뢰성 및 인지도 향상 효과 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>플라즈마</p>	<p>살균</p>	<p>바이러스</p>	<p>스마트 팜</p>	<p>양식업</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>					

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

1. 연구개발의 개요	
1-1. 연구개발 목적	6
1-2. 연구개발의 필요성	6
1-3. 연구개발의 범위	15
2. 연구수행 내용 및 결과	
2-1. 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계	19
2-2. 연구내용 및 결과	
가. 플라즈마 살균장비의 실험실적 효능 평가 (1차년도, 건국대학교 산학협력단)	
(1) 실험용 플라즈마 살균장비 제작	22
(2) 실험용 챔버형 시스템 제작	25
(3) 플라즈마 살균장비 살균소독 실험	30
(4) 플라즈마 살균장비 살균력 시험 (한국건설생활환경시험연구원)-	35
나. 수산생물 유해 병원균에 대한 플라즈마 살균수의 살균력 및 억제 력 평가 (2차년도, 선문대학교 산학협력단)	
(1) 플라즈마 살균장비(수처리장비포함) 상품화	75
(2) 수산생물 유해 병원체에 대한 플라즈마 살균수의 살균력 및 증식억제력 평가	81
다. 플라즈마 살균장비 효능 평가 - 어류양식장 적용 실험	
(1) 송어양식장 현장 효능 평가	106
(2) 틸라피아 양식 시설 현장 효능 평가	112
라. 플라즈마 살균장비 효능 평가 결론	123
2-3. 사업성과 및 매출실적	
가. 연구개발성과 및 평가방법	125
나. 목표달성여부	126
다. 매출 미달성사유 및 향후계획	126
라. 매출달성을 위한 판로확보 계획	130
마. 해외시장 진출계획	139
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	
3-1. 목표	141
3-2. 목표 달성여부	141
3-3. 목표 미달성 시 원인 및 차후대책	142
4. 연구결과의 활동 계획 등	143
※ 붙임 1. 참고문헌	144
붙임 2. 논문(한국어병학회지)	146

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

가. 플라즈마(오존발생 또는 OH라디칼)를 이용한 살균장비를 활용한 분야에 대한 기술적 시험 및 평가를 통해 효용성을 검증

- (1) 플라즈마를 이용한 플라즈마 살균장비를 실험을 통해 바이러스, 세균 등에 대한 살균효과 검증
- (2) 표적시장에 대한 살균장비의 효능 검증

나. 플라즈마 살균장비의 효능이 뛰어난 점을 소비자에게 인식시켜 사업화 성공목표를 달성코자 함

: 현장 검증 자료를 이용한 홍보용 전단 제작

1-2. 연구개발의 필요성

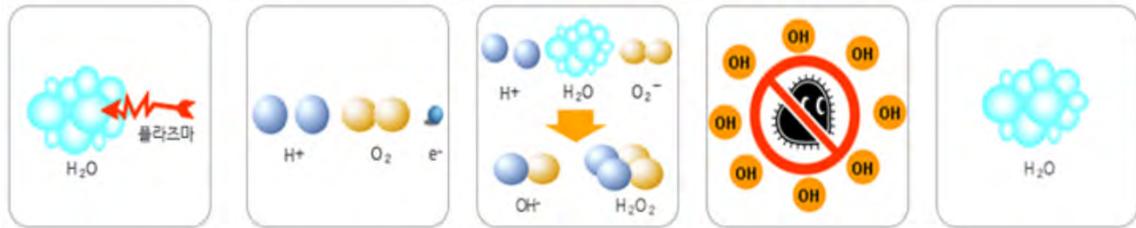
가. 연구개발의 개요

- (1) 플라즈마를 산업용으로 이용하는 방법으로서 오존(O₃) 기체로 이용 또는 기체를 물에 희석 시켜 OH 라디칼 수로 만드는 방법을 이용하는 것으로서, 이장비들은 기계식 타입으로서 전문가들만 사용 가능한 특수한 용도로 사용되어 지고 있음. 농수축산식품 분야에는 두 가지 방법을 겸용으로 이용 되어야 할 분야가 80% 이상 존재함을 시장 조사를 통하여 알게 되었으며, 농촌에서 누구나 편리하게 사용 가능한 플라즈마 살균장비를 개발 보급하고자 함.
- (2) 플라즈마를 이용한 살균 시스템은 기체오존이나 OH라디칼수를 발생시키는데 기체오존과 OH라디칼은 분자 성질상 매우 불안정하기 때문에 세균의 세포막에 있는 수소이온을 빼앗아 물로 환원되려는 성질이 강한 프리라디칼 상태의 물질임.
- (3) 이때 세균의 세포막에서 수소이온(H)을 제거당한 세균들은 세포막이 파괴되어 비활성화 되면서 무해한 물질로 변하게 됨 또한 OH라디칼은 난분해성 유기화합물을 빠른 속도로 산화시켜 쉽게 제거할 수 있음.

순위	물질명	산화력(V)	순위	물질명	산화력(V)
1	불소(F)	3.06	5	과산화수소	1.77
2	OH 라디칼	2.80	6	이산화염소	1.50
3	산소원자(O)	2.42	7	치아염소산	1.49
4	오존(O ₃)	2.07	8	염소	1.36

< 표 1 > 물질의 산화력 순위

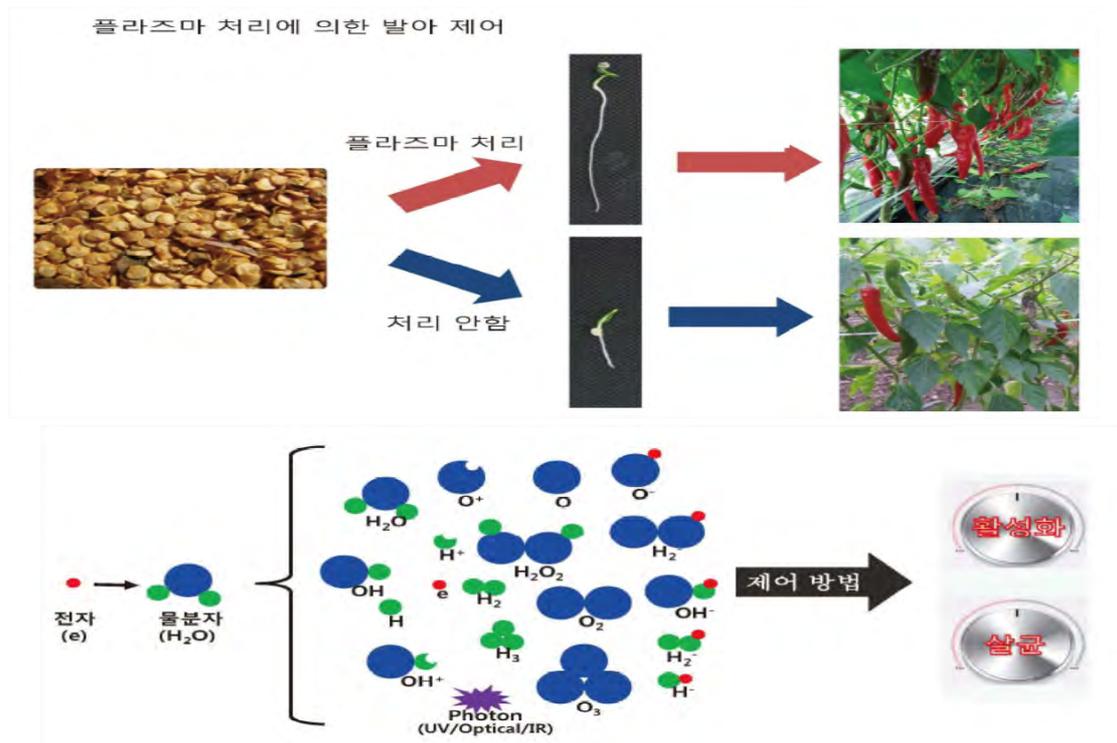
(4) 또한, OH라디칼과 산소음이온은 살균작용 후 다시 물로 환원되어 2차오염이 없는 친환경적 방법임.



< 그림 1 > OH라디칼수의 환원

(5) 일반생활수를 플라즈마 상태로 만들어 물 자체를 강력한 살균력을 가진 OH라디칼 변환시키고 세균을 살균 후 물로 환원하는 천연 물질로 미래의 환경적 문제(독성물질 산화, 탈취,탈색,살균,정화)를 해결하는 유일한 대안물질로 부각됨.

(6) 최근에 플라즈마를 농축산 분야에 활용하기 위하여 많은 연구를 시행하고 있으며 저온 플라즈마는 전자와 이온을 많이 포함하고 있어 제어를 통해 농산물의 발아 활성화와 살균 부문에서 연구가 많이 되고 있음.



< 그림 2 > 플라즈마를 이용한 고추씨 발아 활성화

(국가핵융합연구소 플라즈마기술 연구센터 자료)

(7) 친환경 농업에 적합한, 사용이 편리한, 약취제거 및 살균효과가 있는 플라즈마 살균장비를 개발하여 농수축산분야에 적용함.

나. 연구개발 대상의 국내·외 현황

(1) 국내 기술 수준 및 시장 현황

(가) 기술 현황

① 플라즈마에서 새로운 농업 기술을 찾기 위한 정부지원 적극 추진

- 2014년 국회 정책 발표회에서 농식품 분야에 플라즈마 산업을 미래 산업으로 인정하고 많은 투자를 계획함.
- 플라즈마 농식품 융합기술개발의 연구개발 및 미래 신산업으로 육성하고 있음.

② 국내 플라즈마 제작업체는 11곳으로 일부 2~3개 기업을 제외하고 기술개발이 안되어 성장을 하지 못하고 있음.

- 대부분 기업은 환경과 반도체, 디스플레이 산업에 집중되어 있고, 고가격으로 판매하여 전문 인력이 사용하는 제품으로 인식됨.
- 경쟁기업의 경우 산업용으로만 사용하여 디자인 개발이 안 되어 있고, 전자방식보다 실리를 추구하는 기계식 방식이 주류를 이루고 있음.

③ 국내에서 플라즈마 기술을 활용한 산업분야 확대를 위해 국가핵융합연구소에 플라즈마 기술연구센터를 통해 여러 분야에 적용하는 기술을 개발 중으로 특히 농수산, 식품 관련 분야, 하수처리 분야 등에 연구하고 있다. 수산분야는 플라즈마를 수중에 방전하여 OH라디칼, 오존, 과산화수소 등 강력한 산화력을 갖는 활성산소종을 만들어 낸다(Deng et al., 2006). 활성산소종은 살균력이 뛰어나고 수중의 난분해성 유기물 처리에도 효과적이다. 플라즈마는 수영장 및 선박의 평형수 살균, 오폐수 처리 등 다양한 산업에서 응용되고 있으며, 플라즈마 기술을 활용한 녹조억제장치의 개발 연구도 추진 중임(이경훈 등, 2013)

④ 수산양식 분야에서도 환경적으로 경제적으로 보다 더 지속가능한 양식을 위해 새로운 수처리 기술이 요구된다. 수중 플라즈마 방전 기술을 이용하여 수계 병원성 미생물을 살균하고 수질을 개선하려는 노력이 진행되고 있지만, 현재까지는 오존발생기를 더 사용한다(박상덕 등, 2018). 플라즈마 발생 및 살균력에 대한 효과가 검토되고 있고, 실제 양식장에 적용하기 위한 실용화 연구도 진행되고 있다 (Lee et al., 2013 ; Hong et al., 2019).

(나) 시장현황

① 농·축산분야 플라즈마 살균장비의 잠재수요는 크나, 활용은 도입기에서 성장기로 진입 수준임

- 농·축산용 플라즈마 살균장비는 제품수명주기(PLC, Product Life Cycle)상 도입기에서 성장기로 진입에 해당됨.
- 농·축산업자들은 대부분 화학적 소독제 등을 이용하여 소독 및 탈취를 하고 있으며, 일부 앞서가는 농·축산업자들이 플라즈마 살균장비를 채소재배, 축사 등에서 사용하고 있음.

- ② 정부 및 관련 기관은 농·축산용 플라즈마 살균장비의 확산을 지원하고 있음
- ‘국가핵융합연구소 플라즈마기술연구센터’ (전북 군산 소재)에서는 플라즈마를 이용한 농식품 융합기술을 연구하고 있음.
 - 전라북도는 플라즈마 융합기술(농·축산용 포함)을 5대 성장 동력산업으로 지원하고 있음 (2014년).
- ③ 악취방지 관련 법령은 플라즈마 살균장비의 수요에 긍정적임
- : 정부는 ‘악취방지법’ 을 통하여 사업 활동으로 인하여 발생하는 악취발생을 억제하고 있으며, 동법 시행령 제5조에서는 축산시설 등을 ‘과징금 처분대상 악취배출시설’ 로 규정하고 있어, 뛰어난 탈취 기능이 있는 플라즈마 살균장비의 시장 수요가 존재하고 있음.

(농축산용 플라즈마 살균장비 산업의 SWOT 분석)

강 점 (Strength)	<ul style="list-style-type: none"> · 제품생산 및 조립에 필요한 국내 후방산업의 부품기술이 발달되어 있음 · 국내 제조업체들은 기계, 제조, 전자 등의 융합기술 적용에 익숙함
약 점 (Weakness)	<ul style="list-style-type: none"> · 작물의 생육, 병해충 진단, 가축의 영양상태의 실시간 진단 해결 등 관련 산업기반이 취약함 · 농축산 분야의 인프라 및 지식정보 DB 구축 등 기초 연구기반이 약함
기 회 (Opportunity)	<ul style="list-style-type: none"> · 정부가 스마트워크 확산정책을 농업에도 확대 적용하여 도시와 농촌의 균형발전을 도모하고 있음 · 농·축산 분야의 플라즈마 적용은 세계적으로 시장 잠재력이 큼 · 정부에서 농기자재 구입 시 일정금액의 보조금을 지원하고 있음 · 플라즈마는 농업·축산 분야에서 소독, 살균, 탈취 등 사용도가 다양하고 효과가 우수함
위 험 (Threat)	<ul style="list-style-type: none"> · 농가에서 ‘플라즈마’ 라는 용어를 생소하게 생각하고 있음 · 고령의 농업인 비중이 높음 · 영세 농가 비율이 높음

< 표 2 > 농축산용 플라즈마산업 SWOT 분석

(다) 경쟁기관 현황

- ① 시장의 경쟁상황 보다는 소비자들에게 제품의 효능을 소개하는 것이 관건임
- 국내 시장의 경우 농·축산용 플라즈마 업체는 10여 개 사가 있으며, 모두 기체 오존 발생기 전용 또는 OH라디칼水 전용 플라즈마 살균장비를 생산하고 있음.
 - 경쟁업체들은 주로 기계식 제품을 산업용(목욕탕, 골프장, 폐수, 오수 처리장, 상수원 등)으로 고가로 판매하고 있는 실정임.
 - 농·축산가는 소독 . 악취제거 . 축산생산성 향상 등을 위해 화학제품 . 농업미생물 제품 등을 주로 사용하고 있어, 플라즈마 살균장비 사업화시 소비자들에게 높은 가격에도 불구하고 제품의 효능이 뛰어난 점을 인식시키는 것이 사업화 성공의 관건이라고 판단됨

(라) 지식재산권 현황

① 플라즈마 살균 살균장비에 관한 특허 및 실용신안 건수

년도	2013	2014	2015	2016	2017
등록/공개	4	4	3	5	2

② 플라즈마 살균 전기장비에 관한 특허 및 실용신안 건수

년도	2013	2014	2015	2016	2017
등록/공개	26	61	59	59	19

(2013~2017년 KIPIRIS 특허 및 실용신안 등록 검색결과)

(마) 표준화 현황

- ① 플라즈마 멸균기에 관하여서는 식품의약품안전평가원 의료기기 심사부 ‘의료기기 저온 멸균기에 대한 안전성 및 멸균성능 평가 가이드 라인’ 존재
- ② 오존 살균 소독 장비를 통해 오존이 주변에 영향을 미칠 수 있는데 “다중 이용시설 등의 실내공기질 관리법” (2006년 12월 30일) 실내공기질 권고 기준(제4조 관련)에 따라 오존을 관리하고 있다. 도서관, 여객 터미널 등 다중이용시설 대다수에서는 실내기준 0.06 ppm 이하, 연면적 2,000m² 이상의 실내주차장에는 0.08ppm이하로 관리한다.
- ③ 소비자 안전을 확보하려는 취지하에 식품에 사용되는 오존수에 대해 2007년 11월 9일에 식품첨가물 ‘식품의약품 안전청 고시 제 2007-74호’ 로 고시되었다.

(2) 국외 기술 수준 및 시장 현황

(가) 기술 현황

- ① 국외의 경우 선진국을 중심으로 상하수도 살균처리로 많이 사용하고 있고 특히 최근에는 중국에서 플라즈마 살균장비 사용이 활성화되고 있으며, 질병관리예방연구소에서는 DBD 플라즈마 기술을 수중 세균의 살균 및 수처리에 이용하기 위한 연구를 진행하고 있다(Zhang et al., 2016).
: 플라즈마 살균장비는 단순 수처리 이외에도 냉장고, 세탁기, 공기청정기 등과 결합하여 사용하는 경우가 많이 증가하고 있음
- ② 전 세계적으로 여러 분야에 지속적으로 플라즈마 기술을 적용하여 가고 있으나, 아직 농수축산. 식품 분야에 플라즈마기술을 적용하는 것이 활성화되지 않고 있고, 잠재적으로 9,000억 원 이상의 시장이 활성화되면 고도로 성장할 가능성이 있음

(나) 시장 현황

- ① 농.축산 분야에서 소독 및 탈취의 수요는 크게 존재하고 있으나 플라즈마를 축산분야에 이용하기 시작한 것은 세계적으로 4~5년에 불과함.

② 국외 플라즈마 살균장비 적용현황

구분	분 야		적 용
미국	축 산	친환경 축산	사육시설 위생관리, 가축병관리
		육가공 공장	육가공품의 위생관리 및 저장기간 증대
	기공식품	원료 및 재료의 위생관리	오존수 얼음 생산
일본	농산물	안전한 세척농산물 생산	오존수 세척농산물 생산기술개발 야채 저장관리 적용
	가공식품	원료 및 재료의 위생관리	식품제조 전공정에 오존수 살균시스템 적용

〈 표 4 〉 국외 오존발생 살균장비 적용 현황
(한국 보건산업 진흥원 자료)

(나) 시장 현황

① 각 국의 플라즈마 살균장비 제조 현황

구 분	제조회사	제조품
미 국	O ₃ Ozone	DC PRO-450 등 22개 제품
	Ecosensors	A-21ZX 등 12개 제품
	PAcificozone	M series 등 13개 제품
일 본	실버 세이코	SMART OZONE FX2000 등 3 제품
	Tamura Teco	TMO-3GNK 등 3 제품
	GS 유아산업	OZWU-500
독 일	BMT	BMT 964 BT 등 46 제품
	Ozonos	ISO9000ff
	AIR TREE	C-Lasky series 외 2개 제품
네덜란드	Lenntech	OT series 외 2개 제품
캐나다	OZOMAX	4VTT
중 국	Shandong NIPPON	NPF10(S) 외 66개 제품

〈 표 5 〉 각국의 플라즈마 살균장비 제조 현황

(다) 표준화 현황

- ① 미국은 FDA는 2001년 21 CFR part 173에서 가금육과 식육 등을 포함한 식품 등의 살균제로써 가스상 또는 액상으로 오존의 안전한 사용을 위해 식품첨가물로 허가함.
: FDA에서는 규정만 잘 지켜 진다면 기존의 자료들을 바탕으로 오존의 식품 첨가물 사용이 안전하며 기술적 효과가 있다고 결론 내림
- ② 유럽에서는 오존에 대해 식품첨가물로 허용하지 않지만 지침서 98/83/EC(1998)에 따라 수처리제로 허용되고 있다. 프랑스에는 정수처리에 관련하여 오존의 농도를 규제하지 않고 있으며 식수살균에 농도의 제한 없이 사용 가능함
- ③ 일본에서는 1998년 후생성 제56호 후생성 생활위생국장 통지 식품위생법에 근거 하여 식품첨가물로 등재되었음
 - 농산가공품 수산가공품 살균과 상하수도 살균등에 사용됨
 - 제조용제로 농도에 제한 없이 사용가능함
 - 일본 산업위생 협의회에서 권고하는 작업 환경 오존 농도 기준: 0.1ppm 이하 (단 1일 8시간 주 40시간 이내)
- ④ 호주의 경우 식품제조가공시 가공보조제로 GMP 기준이 적용되는 경우 모든 식품에 사용이 허가되고 사용농도에 대한 규정 없음

(라) 국가별 오존의 실내 환경 허용기준

오존 농도	노출한계	비 고
실내환경	0.005 ppm (미국, ACGIA)	8시간 평균
	0.03 ppm (뉴질랜드)	8시간 평균
	0.08 ppm (WHO Europe)	8시간 평균
	0.1 ppm (WHO Europe)	1시간 평균
대기환경	0.12 ppm (USA EPA)	1시간 평균
	0.06 ppm (일본)	1시간 평균
	0.082 ppm (캐나다 보건성)	1시간 평균
작업환경	0.1 ppm (USA ACGIA)	최대허용
	0.3 ppm (USA ACGIA)	한계치
	0.1 ppm (일본 산업위생학회)	단기노출농도

< 표 6 > 국가별 오존의 실내환경 허용기준

다. 연구개발의 중요성

(1) 연구개발의 독창성 및 혁신성

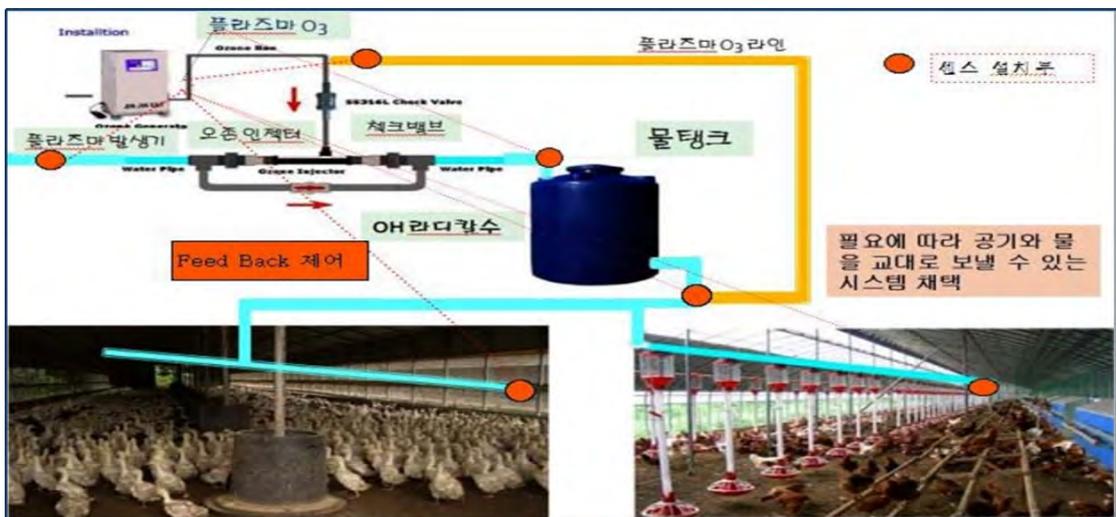
(가) 경쟁 제품과의 차별점

사 양	개발제품	경쟁사	비 고
작동방법	전자식 원터치방식	기계식 수동방식	
발생 플라즈마	기체오존 + OH라디칼수 겸용	기체오존용, OH라디칼수용 별도적용	타사의 경우 2대의 기계를 구입
플라즈마 용량	발생량 관넬에서 확인 사용량 조정 세팅	경험치에 의한 임의세팅(비전문가 사용불가)	보관제품의 불량 원인 제공
습기제거 장치	습기제거를 위한 3분 예열시간 설정	습기에 의한 작동불량 다수 발생	일부 적용회사 있음
냉각장치	플라즈마 발생장치 외부에 냉각장치 설치	미설치로 인하여 가동 후 1시간 자연냉각	
용량조절 장치	센서 설치로 필요에 따라 설정 사용	불가(전류값 조정으로 일부 임의 조정 사용)	정확한 수치로는 사용 불가
제품사용자	일반 누구나 사용가능	전문 사용자	교육이수 관리자

< 표 7 > 경쟁 제품과의 차별점 비교

(나) 국내에서 처음으로 기체오존과 OH라디칼수를 동시에 사용할 수 있는 플라즈마 살균 장비를 개발하여 2대 구입 사용의 불편함을 해소하고 살균 및 탈취기능이 우수함

- 용도에 따라 기체오존과 OH라디칼수를 이용한 플라즈마 살균장비를 따로 구입하여 사용함으로 구입비용 증가 및 활용도가 저하되는 문제 해결
- 기체오존과 OH라디칼수를 동시에 사용가능하여 살균 및 탈취기능이 우수함



< 그림 3 > 플라즈마 사용 흐름도

- (다) 농수축산식품용 플라즈마 관련 특허등록(1건) 및 3건의 특허출원이 진행 중
- 제충국 균일혼합 및 투입량조절이 용이한 OH라디칼수 플라즈마 오존 살균장치 (특허 제 10-1808687호 _ 2017년 12월)
 - 플라즈마 오존 살균장치 (출원번호 : 10-2017-0054414 _ 2017년 4월)
 - 플라즈마 살균장치를 구비한 스마트팜 (출원번호:10-2017-0054415 _ 2017년 4월)
 - 오존 발생 장치 (출원번호 : 10-2018-0036417 _ 2018년 4월)
- (라) 플라즈마 살균장비에 천연 살충제인 달마시안 제충국이 사용 가능하도록 개발하여 친환경 농산물 생산에 효율성을 높여 6차 산업의 경쟁력을 강화시킴.
- (마) 농수축산 분야에서 일반인도 사용이 가능하도록 개발하여 플라즈마 발생 시스템 통제 및 관리가 쉽도록 함
- 현재는 기계식타입이 주류로 전문가만 관리가 가능하여 사용이 어려움
 - 기계식으로 플라즈마 발생량 조절 및 농도 조절이 어려워 농작물 피해가 발생
- (바) 현재 농축산 분야에서 많이 사용하는 염소, 락스 소독 방식을 탈피하여 친환경적으로 안전하고 성능이 뛰어남.
- 각종 세균 5~90초 이내 박멸 (표7)
 - 각종 병충해, 바이러스, 구제역, AI 등 위험에서 안전을 확보

미생물 종류	오존농도 (ppm)	미생물 농도 (개/mL)	온도 (°C)	PH7.0	접촉 시간	사멸균 (%)
대 장 균	0.96	100,000 Cells	21.0	7.0	5 초	100
포도상구균	1.08	100,000 Cells	21.0	7.0	5 초	100
녹 농 균	1.01	100,000 Cells	21.0	7.0	5 초	100
인푸렌자	0.96	100 Cells	21.0	7.0	5 초	100
견과보 바이러스	0.96	3,000,000 Cells	21.0	7.0	5 초	100
계뇌적수염 바이러스	0.72	10 Cells	21.0	7.0	5 초	100
곰팡이	0.3~0.5	100,000 Cells	20.0	6.5	19 초	99.9
고 초 균	0.3~0.5	100,000 Cells	20.0	6.5	30 초	99.9
효모	0.3~0.5	100,000 Cells	20.0	6.5	90 초	99.9

< 표 8 > 한국식품연구원 살균시험 데이터

(2) 연구개발 지원의 필요성

- (가) (주)진진이앤티는 플라즈마 살균장비를 정부 R&D 지원 사업으로 개발하고 있으며, 상용화를 위한 개발을 수행하는 과정 중에 하이브리드형 전자식 플라즈마 발생장치(제품 브랜드명 : 팜키피)의 개발은 완성 단계에 있으나 시장 출시에 필요한 상품시장에 개발 제품이 적용될 수 있는 잠재 및 표적 시장에서 개발 제품이 어떤 효용성 및 효과성이 있는지에 대한 기술적 시험이 미흡한 상황임
- (나) 이에, 플라즈마를 이용한 오존발생 또는 OH라디칼 살균장비를 활용한 각 분야(농산물 분야 등)의 개발 제품의 효용성, 효과성, 안전성 등에 대한 기술적 시험 및 평가를 통하여 시장진출 시 영업 및 마케팅의 방향설정 및 홍보자료 등에 활용 하고자 함.
- (다) 그러나 개발 제품의 효용성, 효과성 및 안전성 등에 대한 기술적 시험 및 평가와 관련하여 기술력 및 전문인력 부족으로 어려움이 있어 건국대학교 수의과대학 수의학과 및 선문대학교 수산생명의학과(과제수행기관)와 매칭을 통해 전문 기술력·인력·장비 등의 고급자원을 지원받아 경쟁력있는 제품의 상용화를 추진 하고자 함
- (라) 또한, 건국대학교 수의과대학의 위탁연구는 공인기관에서는 의뢰할 수 없는 다양한 환경조건(농산물 저온창고, 원예농가, 가금류사육시설 등)을 적용한 실험실 및 현장 효능평가를 진행할 수 있음. 그 검증 자료로 한국농기계공업협동 조합에 농기계 모델 등록 가능여부를 확인하였고 추진 예정임
- (바) 결론적으로, 본 지원 사업을 통하여 소비자들에게 높은 가격에도 불구하고 제품의 효능이 뛰어난 점을 인식시켜 진진이앤티의 ‘팜키피 플라즈마 살균장비’ 사업화 성공 목표를 달성하고자 함

1-3. 연구개발 범위

가. 연구 목표

- 효용성이 검증된 플라즈마를 이용한 살균장비 개발 및 산업화
 - 플라즈마 살균장비에서 생성된 플라즈마를 실험을 통해 바이러스, 세균 등에 대한 살균 효과 검증
 - 표적시장 선정 및 시험 준비
 - 표적시장에 대한 살균장비의 효능 검증
 - 현장 검증 자료를 이용한 홍보용 전단 제작

나. 성능지표 목표 및 측정

주요 성능지표	단위	최종 개발목표	세계최고수준	가중치 (%)	객관적 측정방법	
					시료 수 (n≥5개)	시험규격
1. <i>E. coli</i>	%	3 log reduction	4 log reduction	20	5	한국건설생활환경시험연구원
2. 황색포도상구균	%	3 log reduction	4 log reduction	15	5	한국건설생활환경시험연구원
3. VHSV	%	4 log reduction	4 log reduction	25	50	농림축산검역본부고시 (소독제 효력지침)
4. <i>Aeromonas salmonicida</i>	%	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	20	50	상동
5. <i>Streptococcus iniae</i>	%	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	20	50	상동
<input type="checkbox"/> 시료수 5개 미만(n<5개)시 사유 없음						
<input type="checkbox"/> 측정결과의 증빙방법 제시 ◦ 1항목은 대장균으로서 미생물 개체수 10,000마리 이상 작동시간 2분내 사멸률 99.9% 이상 일것. ◦ 2항목은 식중독 균으로서 1번 항목과 동일 ◦ 3항목은 본 연구팀에서 보유하고 있는 바이러스 분리주(VHSV KJ2008)를 증식배양 후 사용한다. 바이러스를 1x10 ⁷ TCID ₅₀ /ml로 희석한 후 작동시간(1, 2, 5, 10, 30분)에서의 사멸효율을 평가한다. 이때 [소독제 효력지침]에 따라 표준시험조건 및 선택시험조건에 따라 사멸효율 변화를 평가한다. 또한 산업성의 가능 여부를 판단하기 위하여 4 log reduction 이상의 사멸조건 포인트를 확인한다. ◦ 4~5 항목은 무지개송어 양식장에서 발생할 수 있는 세균성 질병 원인체이며, 소독제 효력지침에 따라 10 ⁸ CFU/ml의 세균 희석액을 준비한 후 작동시간(1,2,5,10,30분)에서의 사멸효율을 평가 한다. 이때 [소독제 효력지침]에 따라 표준시험조건 및 선택시험조건에 따라 사멸효율 변화를 평가한다. 또한 산업성의 가능 여부를 판단하기 위하여 5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식되지 않는지를 확인한다.						

다. 연차별 개발목표 및 내용

(1) 1차년도

(가) 개발 목표

○ 주관연구기관 (진진이엔티)

- 실험실 실험을 위한 살균 장비(플라즈마 살균장비 5g급, 10급h, 20급)를 개발 완료하여 제공
- 살균장비의 효용성 시험평가를 위한 협조

○ 위탁연구기관 (건국대학교 산학협력단)

- 안전한 실험의 설계 및 실험실적 실험(다양한 환경조건 반영한 실험실 평가)을 통한 살균장비의 살균효과 측정

(나) 개발 내용 및 범위

○ 주관연구기관 (진진이엔티)

- 실험실 실험을 위한 살균장비(플라즈마 살균장비 5g급, 10g급, 20g급)를 개발 완료하여 제공
- 실험실 실험을 위한 챔버형 시스템 준비를 위한 참여 협의
- 실험실 효능이 검증된 자료를 Data화 하여 살균장비 프로그램에 반영

○ 위탁연구기관 (건국대학교 산학협력단)

- 실험실 실험을 위한 챔버형 시스템 준비 (온도, 습도, 플라즈마 오존농도 조절)
: 진진이엔티 협조
- 다양한 환경조건 반영한 in vitro 실험을 통한 바이러스 및 세균등에 대한 살균효과 측정

(2) 2차년도

(가) 개발 목표

○ 주관연구기관 (진진이엔티)

- 살균장비(플라즈마 살균장비 5g급, 10g급, 20g급) 제공 (플라즈마 수처리 장비 포함)
- 살균장비의 효용성 현장 평가를 위한 협조

○ 위탁연구기관 (선문대학교 산학협력단)

- 선정된 주요 표적시장에 대한 살균장비 효능 검증

(나) 개발 내용 및 범위

○ 주관연구기관 (진진이엔티)

- 표적시장 선정 및 시험준비
- 플라즈마를 이용한 살균장비 상용화
- 선정된 주요 표적시장에서 효용성이 검증된 자료를 Data화 하여 플라즈마 살균장비 프로그램에 반영
- 표적시장의 현장 검증 자료를 이용한 홍보용 전단 제작

○ 위탁연구기관 (선문대학교 산학협력단)

① 플라즈마 살균장비 효능 검사

- 농림축산검역본부 고시 [소독제 효력지침]에 따라 바이러스 1종, 세균 2종에 대한 살균효과를 측정
- 사용할 바이러스와 세균 및 살균효과 측정방법은 <최종 목표>부분에 제시한 바와 같음

② 양식현장 실험

- 양식현장에 플라즈마 살균기의 설치 효과 모니터링
- 플라즈마 살균기를 설치한 사육조와 설치하지 않은 사육조 사이의 성장률, 생존율, 질병발생 상황 비교
- 플라즈마 살균기를 설치한 사육조와 설치하지 않은 사육조의 물을 떠서 바이러스 역가 및 세균수를 비교하여 살균 효과 검증

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 연구개발 추진전략·방법 및 추진체계

가. 연구개발 추진전략

○ 전략 1. 분야별 전문가로 구성된 연구팀

: 다수의 소독제 효능 실험을 수행한 경험과 전문화된 연구원으로 구성된 연구팀.

(1) 건국대학교 산학협력단은 위탁연구기관으로서 연구과제 업무 총괄, 실험실적 실험을 통한 플라즈마 살균장비의 살균효과 검증

- 소독시설 개발 및 유효성 평가 관련 연구실적 보유
- 소독제 효력평가 관련 연구실적 다수 보유

(2) 선문대학교 산학협력단은 위탁연구기관으로서 연구과제 업무 총괄, 표적시장(양식장)에 대한 살균장비의 효능 검증

- ‘수산생물질병 관리대책 및 기술개발종합계획을 위한 연구’ 수행을 통한 수산생물질병 관리 전반에 관한 연구실적 보유
- 본 연구 수행에 적합한 어류 질병 진단, 세균 및 바이러스 배양 등에 경험 보유
- 본 연구 수행에 필요한 어류양식실험실 보유

○ 전략 2. 다양한 환경을 조정하고 오존 농도를 측정할 수 있는 시스템

- 주관 기관은 온도 습도 농도 등 다양한 환경 조건으로 조정되며 살균장비의 효용성을 평가할 수 있는 챔버형 시스템 준비

: 진진이앤티는 개발한 살균장비의 오존 농도 측정 및 다양한 환경 조건을 설정할 수 있는 시스템 준비

- 주관기관은 실험실적 실험 및 표적시장에 대한 살균 효과 검증에 필요한 플라즈마 살균 장비 제공 (플라즈마 살균수 생성을 위한 플라즈마 살균 수처리 장비 포함)

나. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총참여연구원	
과제명	플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화	주관연구책임자 박태섭 외 총 6명	
기관별 참여 현황			
구분	연구기관수	참여연구원수	
중소기업	1	1	
대학 (건국대)	1	3	
대학 (선문대)	1	3	

구분	주관기관 : (주)진진이엔티
개발목표	플라즈마 살균장비 산업화
개발내용	- 플라즈마 살균장비 상용화 - 표적시장 효과성 및 효과성이 검증된 자료를 data화 하여 살균장비반영

구분	위탁(1) : 건국대학교 산학협력단
개발목표	플라즈마 살균장비의 실험실 효능평가
개발내용	- 실험을 위한 챔버형 시스템 준비 - 실험실적 실험을 통한 바이러스, 세균등에 대한 살균효과 검증 (기체오존)

구분	위탁(2) : 선문대학교 산학협력단
개발목표	표적시장에 대한 플라즈마 살균장비의 효능 평가
개발내용	- 플라즈마 살균수에 대한 살균효과 검증(세균, 바이러스) - 표적시장에 대한 살균장비 효능검증

< 그림 4 > 주관기관과 위탁연구기관의 연구개발 추진체계도

다. 연구개발 추진일정

(1) 1차년도 추진일정(건국대학교 산학협력단)

일련번호	연구 내용	월별 추진 일정												책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	계획수립 및 자료 조사														최농훈 (건국대)
2	실험실을 위한 장비 및 부품 준비														최농훈 (건국대)
3	실험실용 챔버형 시스템 개발														최농훈 (건국대)
4	제품의 효용성 시험 평가 (환경조건을 반영한 실험실 평가)														최농훈 (건국대)
5	검증자료 살균장비 반영 (프로그램)														박태섭 (진진이엔티)

(2) 2차년도 추진일정(선문대학교 산학협력단)

연구 개발 내용	수행기관 (주관/위탁)	개발 일정																비고								
		2019												2020												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4									
1. 플라즈마 살균장비의 효능검사 (기체오존 살균력 시험)	주관																									
2. 플라즈마 살균장비 효능 검사 (오존수 살균력 시험)	위탁/주관																									
1) 플라즈마 살균장비 제작,설치 (기체오존/오존수 살균장비)	주관																									
2) 오존수 살균력 시험 : 바이러스 1종, 세균 2종	위탁																									
3. 양식현장 실험 (오존수 살균시험)	위탁/주관																									
1) 표적시장 선정 (평창 원북 송어 양식장)	주관/위탁																									
2) 플라즈마 살균장비 설치 (살균장비 및 배관라인)	주관																									
3) 표적시장 재 선정 (선문대학교 어류 사육실)	주관/위탁																									
4) 실험 준비 (실험 수조 및 실험어 준비)	위탁																									
5) 실험 수조내 오존수 농도셋팅	주관																									
6) 살균효과 검증 (살균수수조 / 일반수조) - 성장률,생존율,질병발생 상황 비교 - 총 세균수 비교	위탁																									
7) 보고서 작성	위탁																									
4. 완료보고서 작성	주관/위탁																									

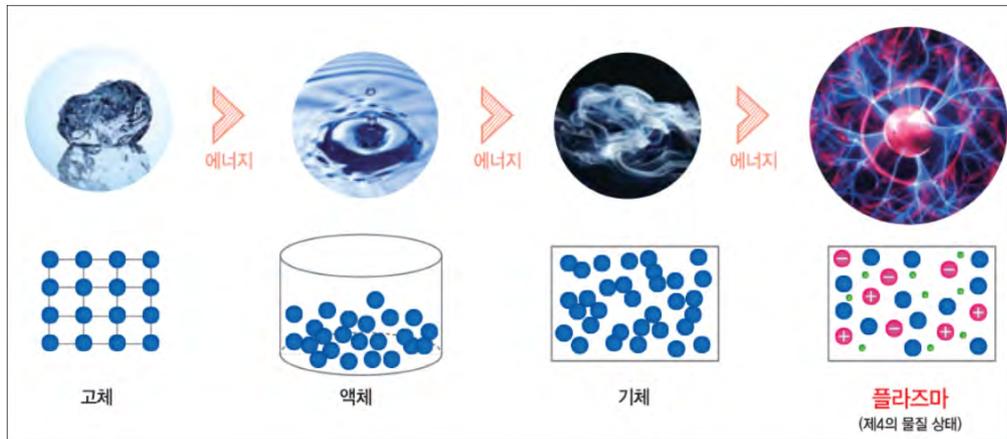
2-2. 연구내용 및 결과

가. 플라즈마 살균장비의 실험실적 효능 평가 (1차년도, 건국대학교 산학협력단)

(1) 실험용 플라즈마 살균장비 제작

(가) 플라즈마(기체오존)의 특징

- 플라즈마는 고체, 액체, 기체 다음의 제 4의 물질 상태로 불리며, 전자, 중성입자, 이온 등 입자들로 나누어진 상태를 말한다. 그러므로 중성의 원자나 분자들로만 이루어진 보통의 기체와는 전혀 다른 성질을 갖고 있다. 플라즈마는 아크 등의 방전현상에 대해 연구하던 미국의 물리학자 랭뮤어가 1928년 처음으로 이 용어와 개념을 도입한 것으로 알려져 있으며, 그 발생 방식에 따라 각기 다른 특징을 지녀 반도체, 조명, 디스플레이, 의료장비 분야 뿐 아니라 오염된 공기, 물, 토양의 정화와 같은 환경개선 분야와 태양 전지, 석탄가스화와 같은 신에너지 개발 분야 등 다양한 방식으로 융복합적으로 적용이 가능하다. 그리고 자연에도 우리의 일상생활에도 깊숙이 자리 잡고 있으며, 최근에는 산업계에서 플라즈마 응용한 제품들이 대거 선보이고 있고 수산업에서도 활발하게 이용하고 있다.



< 그림 5 > 제4의 물질 상태 플라즈마

- 세상에서 가장 강력한 산화제 중의 하나로서 3개의 산소(O_3)로 이루어진 산소의 불안정한 형태로 정상(대기 중) 온도와 압력하에서는 독특한 자극성을 가진 무색의 가스로 존재한다. 오존은 산화력이 강력하여 살균, 바이러스나 미생물 등의 불활성화 또는 치료 등에 이용된다. 또한, 강력하고 유용한 살균 소독제이면서 독성의 부산물이나 잔유물을 생성하지 않는 친환경적인 도구이다. 그리고 반응성이 매우 좋으며 공기와 수중에서 반감기가 매우 짧다는 특징을 갖는다.
- 기체오존의 물리적 성질은 분자량 48 g, 융점 $-212\text{ }^\circ\text{C}$, 비점 $-112\text{ }^\circ\text{C}$, 비중 1.7, 대기중 최대 허용농도 : 0.1 ppm, 냄새 감지농도 : 0.02 ppm 임.

- 기체오존에 의해 산화될 수 있는 물질은 AOX (흡착 가능한 유기 할로젠 화합물), NO₂ (아질산염), Mn, Fe, CN (시안화물), Nox (질소 산화물), PSM (농작물 보호 시약, 농약), H₂S, CHC (염화 탄화수소)

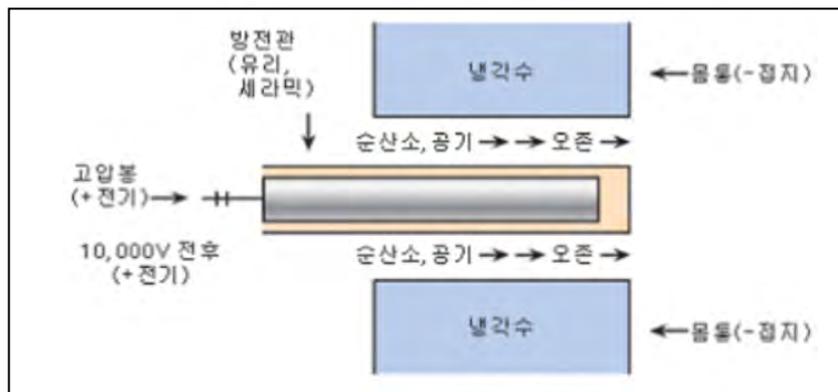
(나) 플라즈마(기체오존)의 발생 원리

- 기체오존 발생 방법

: 기체오존의 발생은 산소에 물리, 화학적인 자극으로 에너지를 가해 기체오존으로 변화 시킨다. 무성방전법, 전해법, 광화학법, 고주파 전계법, 방사선 조사법 등이 있으나 산업 쪽에서는 무성방전방식이 에너지 효율, 성능의 안전성, 조작 및 제어의 편리성으로 가장 널리 이용하고 있다.

- 기체오존의 생성(무성 방전법)

: 세라믹이라는 절연체 사이에 설치된 방전관 안에 고압을 가하여 (+)와 (-) 전기사이에 무성방전을 발생시켜 많은 전기적 에너지 발생시킨다. 그 사이를 지나가는 산소가 전기적 에너지와의 충돌에 의해 O₂에서 O+O로 일부가 깨지며 그 깨진 O가 안깨진 O₂와 재결합하여 기체 오존을 생성 한다(O₂ + O = O₃)



< 그림 6 > 무성방전법에 의한 기체오존의 생성

(다) 펌키퍼 플라즈마 살균장비

① FKC-5 (신선도 유지기)

■ 주요 사양

전 원	단상,220V/60Hz
플라즈마 발생량	3.8 ~ 6.5 g/hr
산소주입량	1 ~ 3 LPM
중 량	16 kg
외관치수	400 x 200 x 494 mm
사용용도	살균, 탈취, 농작물 신선도유지



■ 주요 특징

- 튜브형 플라즈마 발생장치 적용으로 내구성 향상
- 디지털 타이머 적용으로 가동시간 제어

② FKC-10T (신선도 유지기)

■ 주요 사양

전 원	단상,220V/60Hz
플라즈마 발생량	7.8 ~ 10.4 g/hr
산소주입량	1 ~ 3 LPM
중 량	28 kg
외관치수	400 x 340 x 600 mm
사용용도	살균,탈취,작물재배 등



■ 주요 특징

- 사용편이성을 높인 전자식 터치스크린 타입
- PLC 시스템을 적용하여 농도 및 가동시간 제어

③ FKC-20TH (하이브리형 전자식 플라즈마 살균장비)

■ 주요 사양

전 원	단상,220V/60Hz
플라즈마 발생량	12 ~ 22 g/hr
산소주입량	1 ~ 3 LPM
중 량	58 kg
외관치수	610 x 510 x 1,020 mm
사용용도	살균, 살충, 탈취, 작물재배 등



■ 주요 특징

- Air 및 Water 플라즈마를 동시에 사용
- 사용편이성을 높인 전자식 터치스크린 타입
- PLC 시스템을 적용하여 농도 및 가동시간 제어

(2) 실험용 챔버형 시스템 제작

(가) 제작 목적

- 팜키퍼 플라즈마 살균장비의 활성 기체오존 생성량 확인
- 활성 기체오존의 생물학적 살균 능력 평가

(나) 제작 방법

- 대인 소독기 크기의 Chamber 사용 (CP-300 ST)
- 챔버내 고농도 기체오존 환기를 위해 환기시설 설치
- 챔버내 온도, 습도 및 기체오존 농도 측정 기구 설치
- 챔버 제작 후 플라즈마 살균장비 연결하여 기체오존 공급
- 기체오존 농도 제어를 위해 별도로 포집용 챔버 제작은 추후 결정

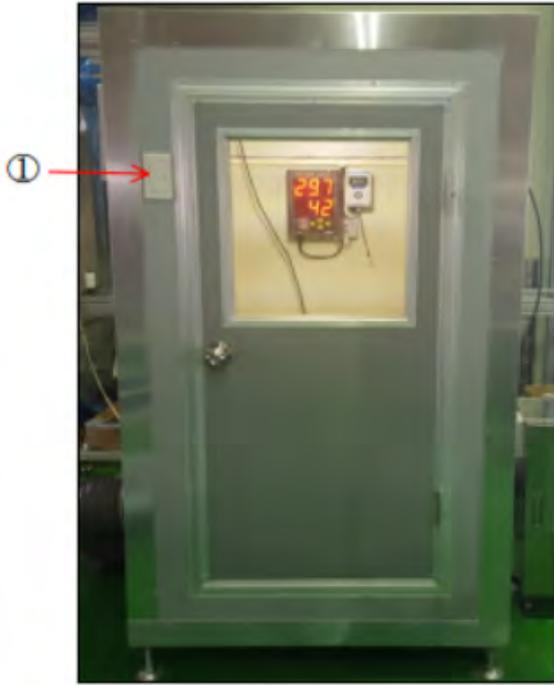


< 그림 7 > 대인용 소독기 (CP-300 ST)

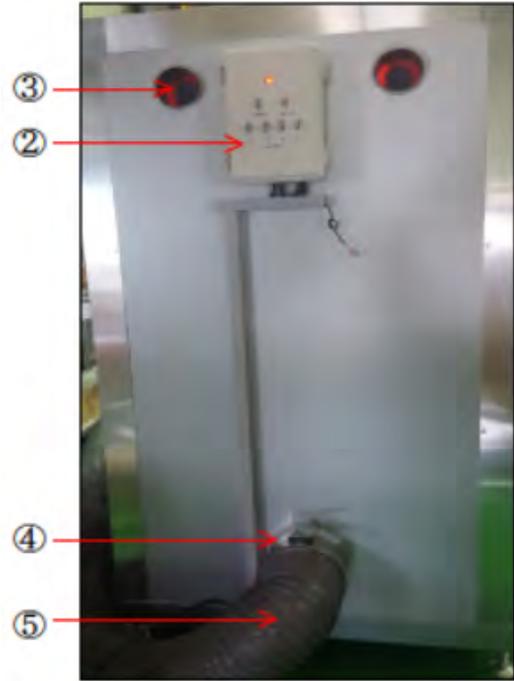
(다) 제작 내용

○ 챔버 정면 (그림 8)

- 챔버는 비용을 고려하여 별도로 제작하지 않고 시중 구입품인 방제용 개인소독기 적용 (중앙방역_CP-300 ST, 크기 : 1,130 x 1,030 x 1,800 mm)
- 챔버내에는 기체오존이 외부로 누수되지 않도록 실리콘으로 밀폐
- 챔버 내부를 관찰하기 위해 LED 램프를 설치하고 외부에서 컨트롤 할 수 있도록 ON · OFF 스위치(①)를 설치 함.



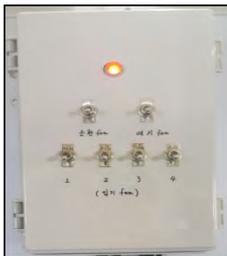
< 그림 8 > 챔버 정면



< 그림 9 > 챔버 좌측면

○ 챔버 좌측면 (그림 9)

- 제어함 (②) : 내부 순환 및 배기 FAN, 입기 댐퍼(4개)를 외부에서 제어
- 입기 댐퍼 (③) : 내부에 신선한 공기를 유입
- 배기 댐퍼 (④) : 챔버 내부의 기체오존을 강제로 배출시 최대로 Open (수동)
- 배출관 (⑤) : 사람이 없는 외부로 기체오존 배출



< 제어함 >



< 입기 댐퍼 >



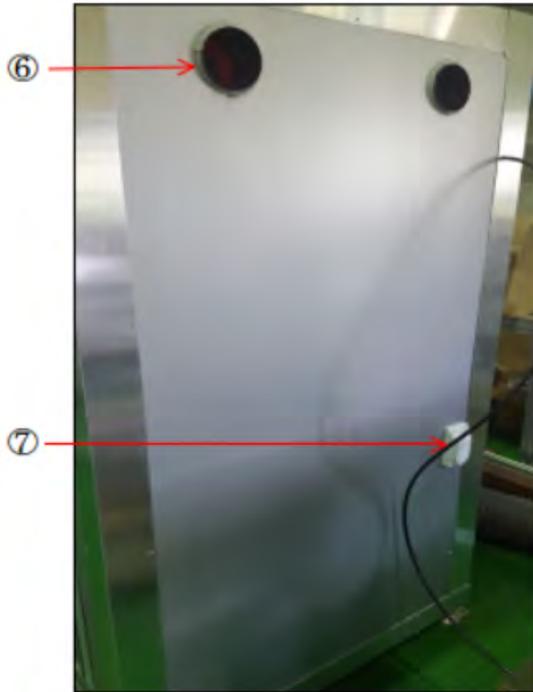
< 배기 댐퍼 >

○ 챔버 우측면 (그림 10)

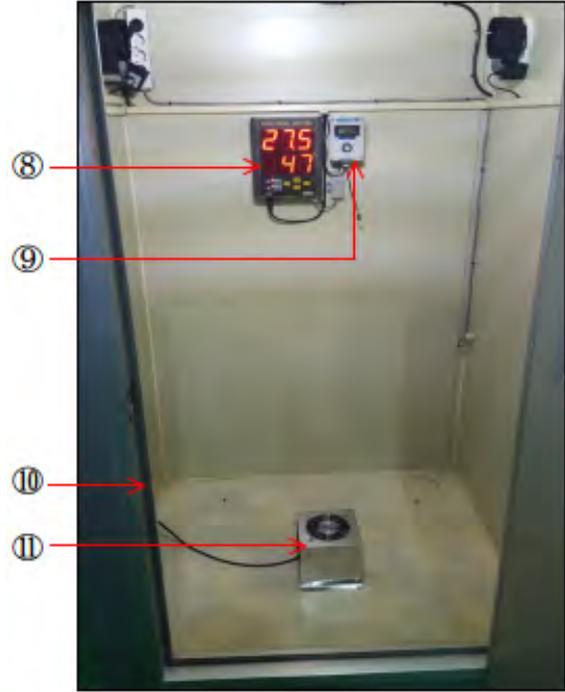
- 입기 댐퍼 (⑥) : 내부에 신선한 공기를 유입
- 전원 콘센트 (⑦) : 플라즈마 살균장비 전원 공급 (AC 220V)

○ 챔버 내부 (그림 11)

- 디지털 온습도계 (⑧) : 챔버 내부의 온도 및 습도를 측정하여 표시
(사용 범위: -40 ~ 65℃, 10 ~ 95% RH)



< 그림 10 > 챔버 우측면



< 그림 11 > 챔버 내부

- 기체오존 농도 측정기 (⑨) : 챔버 내부의 기체오존 농도를 측정하여 표시

< 설치형 SM70 오존측정기 주요 사양 >

- 가볍고 경제적인 설치형 오존 측정기
- 0 ~ 20 ppm 고농도 오존 센서 탑재 (해상도 : 0.01 ppm)
- 0 ~ 5 V 아날로그 출력 및 릴레이 접점 출력 가능
- RS 485, RS232 디지털 신호 출력 가능
- 사용 온도 및 습도 : -5 ~ 50 ℃, 5 ~ 95% RH
- Sampling method : Active sampling

- 배기 Fan (⑩) : 챔버 내부의 기체오존을 강제로 배출하여 신선한 공기로 환기가 필요 할 때 사용 함

- 내부 순환 Fan (⑪) : 챔버 내부 공기를 순환하여 기체오존 농도를 고르게 함.



< 온·습도계 >



< 오존농도측정기 >



< 배기 Fan >



< 내부 순환 Fan >

(라) 챔버 내 기체오존농도 측정 및 결과

○ 측정 목적

- 기체오존의 살균력 시험을 위한 챔버 내 필요 농도 확인 (0.1 ~ 최대 0.5 ppm)
- 목표 최대 농도 도달 후 플라즈마 살균장비 정지 후 유지 시간 확인 (최소 5분)

○ 측정 방법

- 챔버에 플라즈마 살균장비와 연결하여 기체오존 공급 한다 (그림.12)
 - * 적용 모델 : FKC-10T (10 g/h)
 - * 파워 서플라이 단수 : 5단 (중)
- 입기 및 배기 댐퍼는 닫아 챔버내부를 밀폐하고 내부 순환 FAN 가동
- FKC-10T 가동(오존 주입)하며 목표 농도 도달 시간 측정
- 건국대학교 실험 최소 농도 0.1 ppm, 최대 농도 0.5 ppm 측정
- 목표 농도 도달 후 제품 가동 중지하여 농도 유지 시간 측정(5분)
- 내부 순환 FAN 정지, 공기 유입 댐퍼 OPEN, 배출 댐퍼 OPEN 및 배출 FAN 가동 후 배출 시간 및 농도 측정



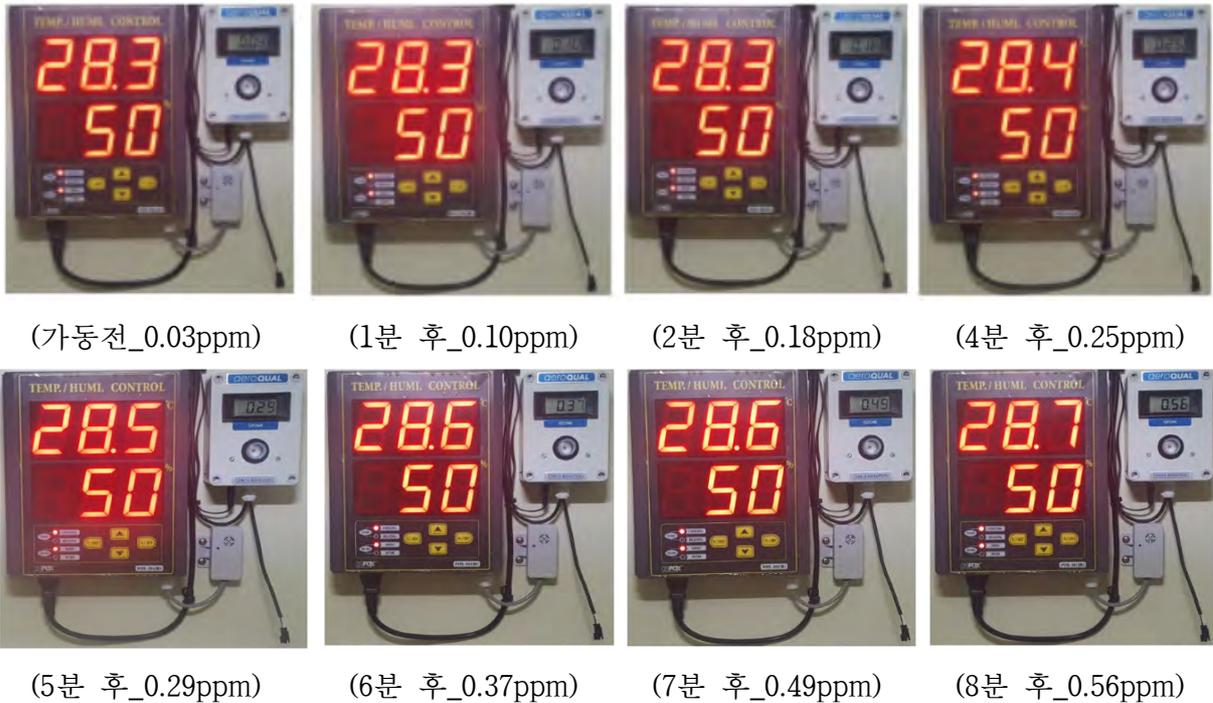
< 그림 12 > 챔버내 기체오존농도 측정 사진

○ 측정 결과

- 목표 기체오존농도 (0.5 ppm)
: 0.1 ppm 기준 농도 도달시간 약 2분, 0.5 ppm 기준 농도 도달시간 약 8분 소요
- 목표 최대 기체오존농도(5 ppm) 도달 후 유지시간은 5분 이상 임



< 그림 13 > 챔버내 기체오존농도



< 그림 14 > 온·습도 및 기체오존 측정 값

(3) 플라즈마 살균장비 살균소독 실험

(가) 시험 목적

코로나 방전으로 생성하는 진진이엔티의 플라즈마 살균장비에 대한 효력 평가를 세균 *Escherichia coli* 대한 효력시험을 농림축산검역본부 고시 제2017-29호의 ‘소독제 효력시험지침을 참고하여 수행하였다.

(나) 시험재료 및 방법

① 살균장비

- 제조사 : (주)진진이엔티
- 제품명 : 팜키피 플라즈마 살균장비

② 공시 균주 및 바이러스

다음과 같이 공시 균주 및 바이러스를 농림축산검역본부에서 분양받아 시험에 사용

병원체종류	병원체명	계통명	분양처
세균	<i>Salmonella typhimurium</i>	ATCC 13311	농림축산검역본부
세균	<i>Salmonella gallinarum</i>	ATCC 9184	농림축산검역본부
세균	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 11775	농림축산검역본부
바이러스	Avian influenza virus (AIV)	MS96/96(H9N2)	농림축산검역본부

③ 배지시약 및 담체

㉠ *Escherichia coli* (*E. coli*) 배지

고압 멸균된 영양배지(nutrient agar/broth)를 준비하여 사용.

Salmonella gallinarum (*S. gallinarum*) 배지

고압 멸균된 배지(trypticase soy agar/broth)를 준비하여 사용.

Escherichia coli (*E. coli*) 배지

고압 멸균된 영양배지(nutrient agar/broth)를 준비하여 사용.

Staphylococcus 배지

고압 멸균된 영양배지(trypticase soy agar/broth)를 준비하여 사용.

㉡ 중화배지

: 세균의 경우 영양배지에 20%(w/v)가 되도록 효모추출물(yeast extract)를 증류수에 녹인 다음 고압멸균하여 사용.

㉢ 희석액 : 세균의 경우 0.85% 멸균생리식염수를 사용.

㉣ 담체규격 및 전처리

: 담체는 스텐리스 스틸 (AISI 304 이상의 규격)을 사용하는 것을 기본으로 하며, 지름

2cm, 두께 1.2~1.5mm의 크기로 조각이 용이한 크기로 한다. 스텐리스 담체는 중성 세제로 세척하고 마지막 행균 시에는 증류수를 사용한다. 건조된 담체는 고압 멸균기를 이용하여 121℃에서 15분간 멸균한 것을 UV등이 켜진 클린벤치에서 건조시켜 실험에 사용.

㉞ 시약

- 경수 (증류수 1 L 중 CaCl₂ 0.305g MgCl₂ · 6H₂O 0.139g(w/v) 함유)
- 기타 실험용 등급의 시약

③ 시험 방법

소독제 효력시험은 농림축산검역본부 고시 제2017-29호 ‘소독제 효력시험지침’ 규정을 참고하여 다음과 같이 수행하였다.

㉠ 세균 배양 (E. coli)

계대 중의 공시균주 *S. typhimurium*, *E. coli*을 영양배지(nutrient broth)에 접종하고, *S. gallinarum*, *Staphylococcus* 는 영양배지(trypticase soy broth) 37℃에서 22-26시간 동안 배양하여 사용하고, 사용 직전까지 37℃를 유지하며, 세균의 농도는 10⁸ CFU/ml 이상으로 한다.

㉡ 유기물 조건

20% 효모추출물을 균액과 1:1비율로 희석하여 담체에 100μl 씩 접종하고 유기물의 농도를 최종농도가 10%가 되게 설정한다.

㉢ 시험균 및 대조균 수 설정

최소 3개 이상의 담체를 사용한다.

㉣ 균액을 접종한 담체의 건조

담체는 클린벤치 내에서 공기흐름이 있는 상태로 건조하며 건조시간은 60분을 넘지 않도록 하여야 하며, 건조에 대한 회수율을 구한다. 건조 후 회수한 균액은 10⁶ CFU/ml 이상이어야 한다.

㉤ 온도 및 습도

시험을 실시할 공간의 온도는 20±2℃, 습도는 65%~70%로 유지 한다.
단, 제품의 특성에 따라 달리 정할 수 있다.

㉥ 담체배치 및 위치설정

- 담체 배치: 가스 농도 측정장치에 근접한 위치에 배치한다.
- 가스 및 훈증제 발생 위치로부터 담체 거리: 작은 챔버를 고려하고 생성되는 가스를 고려 하여 살포장치 바로 아래에 배치한다.

㉔ 가스 농도 및 노출시간의 설정

시험을 실시할 공간에 가스 농도계를 이용하여 측정하고, 가스 농도가 최고점이 되는 순간을 CO₂ 농도가 최고점에 달하는 순간으로 하여 이시점부터 노출시간을 설정한다. 가스 및 훈증제의 농도를 20-50ppm/m³ 차이를 두고 5개 군으로 설정 한다.

㉕ 중화반응

- 소독제 노출 등의 조작 뒤 담체에 남아있는 균을 회수하기 위해서 20% 효모추출물 10ml이 들어있는 50ml 튜브에 담체를 무균적으로 넣고 10분 동안 강하게 교반한다.
- 중화반응이 끝난 액체를 희석액을 이용하여 10진 희석하여 고체배지에 접종하여 세균 함량을 측정한다.

④ 결과의 확인

대조군(소독제에 노출되지 않은 그룹)과 비교하여 세균의 경우 담체 당 10⁴ 이상 감소한 경우에 소독효과가 있는 것으로 판정하며, 실험을 3회 반복하여 감소치(reduction) 값이 통계적으로 유의하여야 한다.

(다) 효력시험 결과

① 가스 농도 및 노출시간의 설정

시험을 실시할 공간에 가스가 채워지는 농도를 알아보기 위하여 플라즈마 가스의 농도를 가스 농도계를 이용하여 생성단계에부터 1분 단위로 측정하였다.

구분	1회	2회	3회	4회
시간(min)	5	10	30	60
농도(ppm)	0.5	0.5	5	10

② 세균에 대한 효력시험 결과 (*E. coli*)

㉖ 세균 배양

실험 대상 균주인 *E. coli*, 사용 농도는 10⁸ CFU/ml 이상으로 배양하여 사용하였다.

단위: log(CFU/0.1ml)

공시균주	배양 농도				평균
<i>E. coli</i>	10.502	8.602	7.760	8.556	8.855

㉔ 실험 결과

단위: log(CFU/0.1ml)

공시균주	구분		1회	2회	3회	4회
<i>E. coli</i>	실험군	Ozone	5.954	6.204	6.602	6.301
			5.954	6.000	6.778	6.602
			5.903	5.903	6.778	6.255
	대조군	Control	5.301	8.778	6.000	6.000
			5.699	8.301	6.699	6.477
			5.602	8.602	6.699	6.279

- 플라즈마 처리 후 감소 정도 : log(CFU/0.1ml) reduction

공시균주	1회	2회	3회	4회	평균
<i>E. coli</i>	0.149	2.525	0.253	0.031	0.740

※ 감소정도 : 공시균주, 대조군(Control) 평균에서 각 회별 실험군 평균(상,중,하) 값을 뺀 값
 ※ log 변환 후 수치 계산하며, 단위는 log(CFU/0.1ml) 사용

③ 세균에 대한 효력시험 결과 (기타 균주)

㉕ *S. typhimurium*

단위: log(CFU/0.1ml)

공시균주	구분			수치	log(CFU/0.1ml) reduction
<i>S. typhimurium</i>	대조군	Control	상	7.602	0.983
			중	7.903	
			하	8.301	
			평균	7.935	
	실험군	Ozone	상	7.000	
			중	7.000	
			하	6.857	
			평균	6.952	
플라즈마 처리		농도	0.5 ppm		
		시간	10 분		

※ 감소정도 : 공시균주, 대조군(Control) 평균에서 각 회별 실험군 평균(상,중,하) 값을 뺀 값
 ※ log 변환 후 수치 계산하며, 단위는 log(CFU/0.1ml) 사용

㉔ *S. gallinarum*

단위: log(CFU/0.1ml)

공시균주	구 분		수치	log(CFU/0.1ml) reduction	
<i>S. gallinarum</i>	대조군	Control	상	8.000	0.827
			중	7.000	
			하	7.602	
			평균	7.534	
	실험군	Ozone	상	6.602	
			중	7.000	
			하	6.519	
			평균	6.707	
플라즈마 처리		농도	0.5 ppm		
		시간	10 분		

※ 감소정도 : 공시균주, 대조군(Control) 평균에서 각 회별 실험군 평균(상,중,하) 값을 뺀 값
 ※ log 변환 후 수치 계산하며, 단위는 log(CFU/0.1ml) 사용

㉕ *Staphylococcus*

단위: log(CFU/0.1ml)

공시균주	구 분		수치	log(CFU/0.1ml) reduction	
<i>Staphylococcus</i>	대조군	Control	상	7.301	0.466
			중	7.000	
			하	7.000	
			평균	7.100	
	실험군	Ozone	상	6.903	
			중	6.000	
			하	7.000	
			평균	6.634	
플라즈마 처리		농도	0.5 ppm		
		시간	10 분		

※ 감소정도 : 공시균주, 대조군(Control) 평균에서 각 회별 실험군 평균(상,중,하) 값을 뺀 값
 ※ log 변환 후 수치 계산하며, 단위는 log(CFU/0.1ml) 사용

(라) 종합 결론

코로나 방전을 이용한 플라즈마기체 발생으로 소독을 하는 방법을 통하여 세균 *Escherichia coli* 에 대한 효력시험 결과 10%의 유기물 조건에서 4 log(99.99%) 이하의 감소 효과를 확인하였다. 위 *E.coli*에 대한 결과를 바탕으로 다른 균주들을 0.5ppm에 10분간 노출한 균주에서 *S.typhimurium*, *S. gallinarum*, *Staphylococcus* 또한 4 log(99.99%) 이하의 감소 효과를 확인하였다.

실험을 수행한 장소는 온도, 습도 및 공기의 흐름이 제어되는 곳으로 현장에서 플라즈마 기체를 사용 시 이러한 사항을 참고하여 노출 시간 및 제품 사용 개수를 달리하여야 할 것으로 보인다.

또한, 플라즈마 생성 기체가 눈과 피부 및 호흡기에 심한 자극성 물질이므로 한국산업안전 보건공단에서 인증한 호흡용 보호구를 필히 착용하여 사용해야 할 것을 적극 권고한다.

(4) 플라즈마 살균장비 살균력 시험 (한국건설생활환경시험연구원_KCL)

공인기관인 한국건설생활환경시험 연구원(KCL)에서 세균 *E. coli* 및 황색포도상구균에 대한 살균력 시험을 통해 진진이엔티의 플라즈마 살균장비에 대한 효력평가를 하고자 함

(가) 시 료 : 플라즈마 살균기(FKC-20TH, FKC-10T, FKC-5_3종)

(나) 시험 균주 및 목표

주요 성능지표	단위	최종 개발목표	객관적 측정방법	
			시료 수 (n≥5개)	시험규격
1. <i>E. coli</i>	%	3 log reduction(99.9%)	5	한국건설생활환경시험 연구원
2. 황색포도상구균	%	3 log reduction(99.9%)	5	한국건설생활환경시험 연구원

- 1항목은 대장균으로서 미생물 개체수 10,000마리 이상 작동시간 2분내 사멸률 99.9% 이상 일것.
- 2항목은 식중독 균으로서 1번 항목과 동일

(다) 시험 방법

- 시험균주 혼합포자액이 접종된 배지를 플라즈마 살균장비의 기체오존 토출구로부터 5cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율을 측정
- 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독은 KCL-FIR-1002:2018 기준에 준함

(라) 시험 결과

① 플라즈마 살균장비 (FKC-20TH)

주요성능 지 표	단 위	최 종 개 발 목 표	시 료					객 관 적 측 정 방 법
			n1	n2	n3	n4	n5	
<i>E. coli</i>	%	99.9이상	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	한국건설생활 환경시험연구원
황색포도상구균	%	99.9이상	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	한국건설생활 환경시험연구원

※ 살균력 시험결과의 상세 내용은 시험성적서 참조

② 플라즈마 살균장비 (FKC-10T)

주요성능 지 표	단위	최종개발목표	시 료	객 관 적 측 정 방 법
<i>E. coli</i>	%	99.9이상	99.9	한국건설생활 환경시험연구원
황색포도상구균	%	99.9이상	99.9	한국건설생활 환경시험연구원

※ 살균력 시험결과의 상세 내용은 시험성적서 참조

③ 플라즈마 살균장비 (FKC-5)

주요성능 지 표	단위	최종개발목표	시 료	객 관 적 측 정 방 법
<i>E. coli</i>	%	99.9이상	99.9	한국건설생활 환경시험연구원
황색포도상구균	%	99.9이상	99.9	한국건설생활 환경시험연구원

※ 살균력 시험결과의 상세 내용은 시험성적서 참조

(라) 종합 결론

코로나 방전을 이용한 플라즈마기체 발생으로 소독을 하는 방법을 통하여 세균 *Escherichia coli* 및 황색포도상구균에 대한 효력시험 결과 목표 수준인 3 log(99.9%) 감소 효과를 확인하였다.

(마) 시험 성적서

① *Escherichia coli* 살균력 시험성적서

○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #1

the way to trust **KCL** 9884-3530-7431-5305

 **시험성적서**

1. 성적서 번호 : CT19-022761
2. 의뢰자
○ 업체명 : (주)진진이엔티
○ 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호
3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일
4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)
5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료1
6. 시험방법
(1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성명	장계승	장계승	기술책임자 성명	강병철
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.					

2019년 03월 18일
한국건설생활환경시험연구원 

군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1* VALLEY군포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지 양식QP-20-01-05(6)



시험성적서

성적서번호 : CT19-022761

7. 시험결과

시험 항목		시험방법	시험 결과			시험환경
			초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 대장균	BLANK	의뢰자제시	1.2×10^4	1.2×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료1		1.2×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 25922

※ 시료 : 제품 [플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료1]

※ 의뢰자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의뢰자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

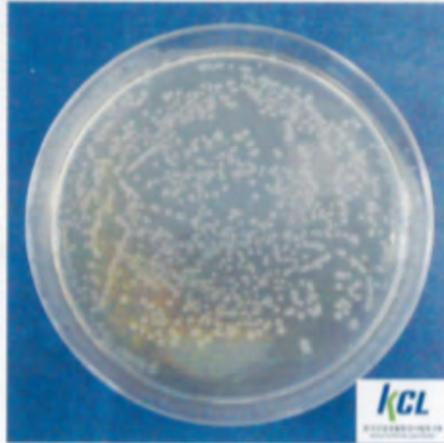
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)



시험성적서

성적서번호 : CT19-022761



<사진 1. 대장균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 대장균 - 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료1 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #2

the way to trust **KCL**

2166-6669-7364-2031



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022760

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이엔티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 - 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료2

6. 시험방법

- (1) 의뢰자 제시방법

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원



확인	작성자 성명	장계승	장계승	기술책임자 성명	강병철
<p>비고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.</p>					

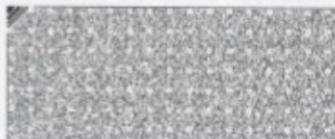
군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022760

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 대장균	BLANK	1.2×10^4	1.2×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료2	1.2×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 25922

※ 시료 : 제품 [플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료2]

※ 의외자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의외자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

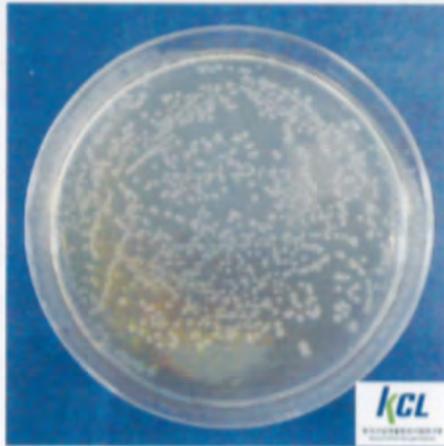
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)

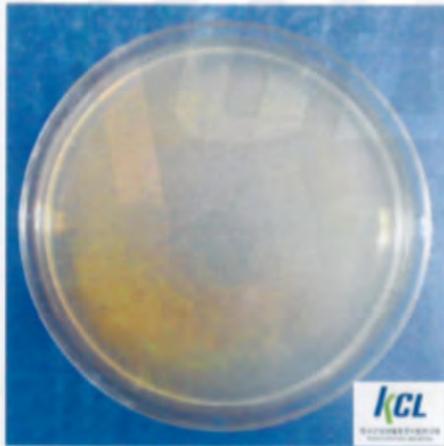


시험성적서

성적서번호 : CT19-022760



<사진 1. 대장균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 대장균 - 플라즈마 살균장비(FK-20TH) 시료2 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #3

the way to trust **KCL**

0071-6124-0000-2721



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022759

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이엔티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 - 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료3

6. 시험방법

- (1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성명	장계승	<i>장계승</i>	기술책임자 성명	강병철
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.					

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원

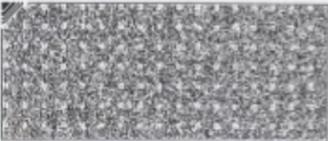


군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022759

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 대장균	BLANK	1.2×10^4	1.2×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료3	1.2×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 25922

※ 시료 : 제품 [플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료3]

※ 의뢰자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의뢰자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

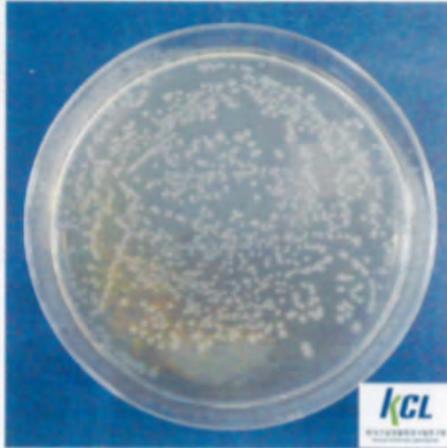
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)

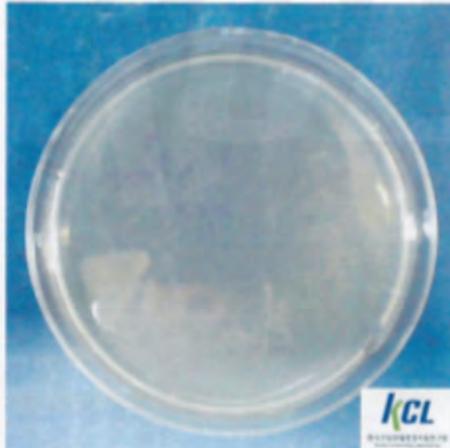


시험성적서

성적서번호 : CT19-022759



<사진 1. 대장균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 대장균 - 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료3 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #4

the way to trust **KCL**

9054-9590-9834-0070



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022758

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이앤티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료4

6. 시험방법

- (1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자명	장계승	장계승	기술책임자명	강병철
비교: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.					

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원



군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022758

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 대장균	BLANK	1.2×10^4	1.2×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료4	1.2×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 25922

※ 시료 : 제품[플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료4]

※ 의외자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의외자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

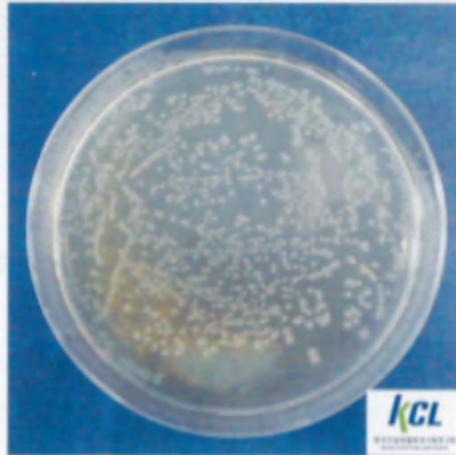
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)

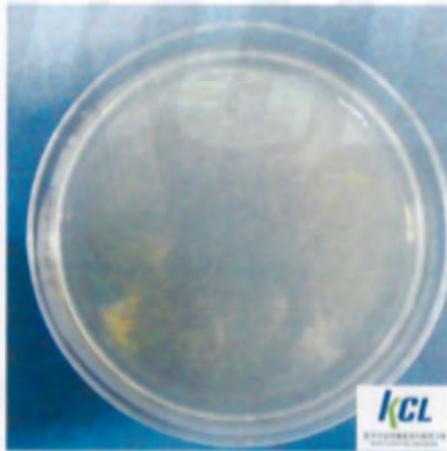


시험성적서

성적서번호 : CT19-022758



<사진 1. 대장균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 대장균 - 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료4 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #5

the way to trust **KCL**

1778-4828-2002-2107



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022757

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이엔티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료5

6. 시험방법

(1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성명	장계승	<i>장계승</i>	기술책임자 성명	강병철	<i>강병철</i>
----	-----------	-----	------------	-------------	-----	------------

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원



군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022757

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 대장균	BLANK	1.2×10^4	1.2×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료5	1.2×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 25922

※ 시료 : 제품 [플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료5]

※ 의외자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의외자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

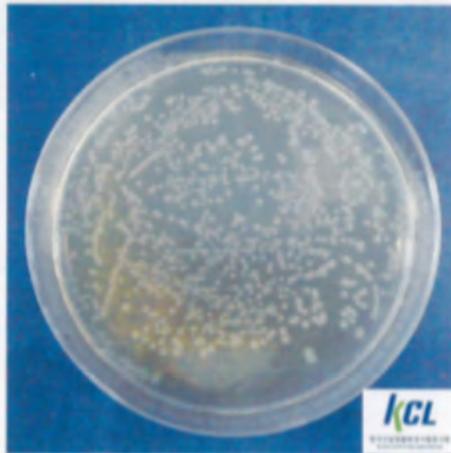
총 3페이지 중 2페이지

양식(QP-20-01-06(5))

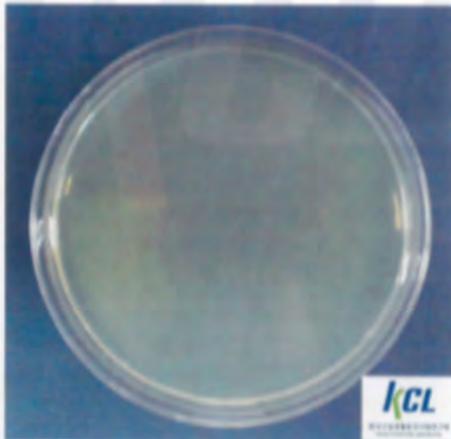


시험성적서

성적서번호 : CT19-022757



<사진 1. 대장균 - BLANK (0 h)>

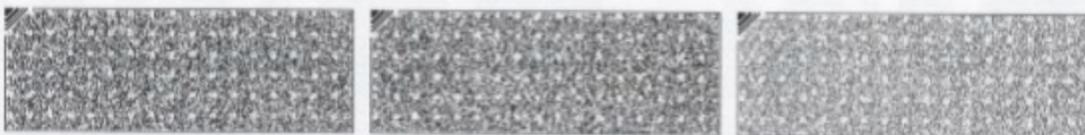


<사진 2. 대장균 - 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료5 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



- 플라즈마 살균장비(FKC-10T)
: *E. coli* 및 황색포도상구균 시험성적서



9073-050-2715-3646



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-029391
2. 의뢰자
 - 업체명 : (주)진진이앤티
 - 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호
3. 시험기간 : 2019년 03월 05일 ~ 2019년 03월 28일
4. 시험성적서의 용도 :
5. 시료명 : 팔키퍼 FKC-10 T
6. 시험방법
 - (1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성명	장계승	장계승	기술책임자 성명	김병철
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.					

2019년 03월 28일

한국건설생활환경시험연구원장



군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100
 결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 4페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-0516





시험성적서

성격서번호 : CT19-029391

7. 시험결과

시험 항목		시험방법	시험 결과			시험환경
			초기농도 (CFU/mL)	2시간 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 대장균	BLANK	의외지제시	1.1×10^4	1.1×10^4	-	(37.0 ± 0.2) ℃
	판키퍼 FKC-10 T		1.1×10^4	< 10	99.9	
항균시험 : 황색포도상구균	BLANK		1.0×10^4	1.0×10^4	-	
	판키퍼 FKC-10 T		1.0×10^4	< 10	99.9	

* CFU : Colony Forming Unit

* 시험균주 : *Escherichia coli* ATCC 25922
Staphylococcus aureus ATCC 6538

* 시료 : 제품[판키퍼 FKC-10 T]

* 의외지제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의외지가 제시한 제품 도출구로부터 5 cm 거리에서 2시간 동안 노출 시간 후 세균감소율 측정.

* 검증된 준비, 검증방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

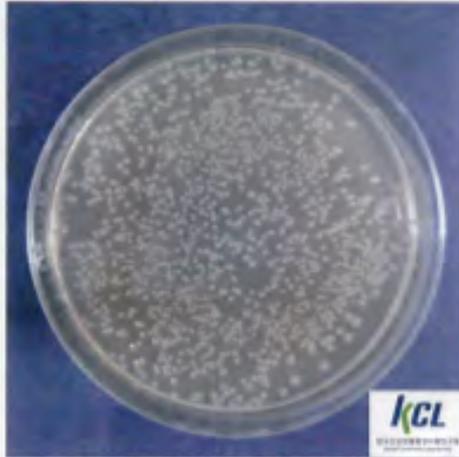
총 4페이지 중 2페이지

양식OP-20-01-06(5)



시험성적서

성적서번호 : CT19-029391



<사진 1. 대장균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 대장균 - 판키퍼 FKC-10 T (2 h)>

총 4페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)

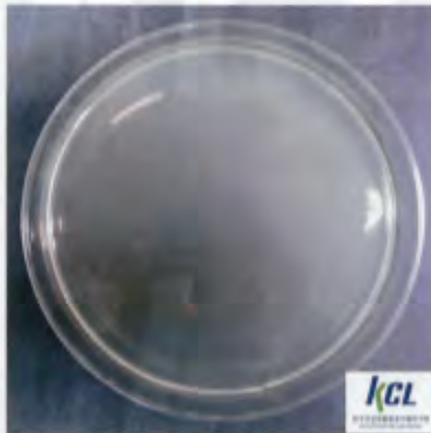


시험성적서

성적서번호 : CT19-029391



<사진 3. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>



<사진 4. 황색포도상구균 - 판키퍼 FKC-10 T (2 h)>

----- 이 하 어 백 -----

총 4페이지 중 4페이지

양식QP-20-01-06(5)



- 플라즈마 살균장비(FKC-5)
: *E. coli* 및 황색포도상구균 시험성적서

the way to trust **KCL**

024-050-299-435



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-029390

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이엔티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 03월 05일 ~ 2019년 03월 28일

4. 시험성적서의 용도 :

5. 시료명 : 팔키파 FKC-5

6. 시험방법

(1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성명	장계승	서명	기술책임자 성명	강병철
<p>비고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.</p>					

2019년 03월 28일

한국건설생활환경시험연구원



군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1F VALLEY군포 005호 (031)389-9100
 결과문의 : গ্রাফ소채센터 ☎ (031)389-9184

총 4페이지 중 3페이지





양식QP-20-01-05(5)



시험성적서

성적서번호 : CT19-029390

7. 시험결과

시험 항목		시험방법	시험 결과			시험환경
			초기농도 (CFU/mL)	2시간 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 대장균	BLANK	의외자제시	1.1×10^8	1.1×10^8	-	(37.0 ± 0.2) °C
	윌키퍼 FK-5		1.1×10^8	< 10	99.9	
항균시험 : 황색포도상구균	BLANK		1.0×10^8	1.0×10^8	-	
	윌키퍼 FK-5		1.0×10^8	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 25922
Staphylococcus aureus ATCC 6538

※ 시료 : 제품[윌키퍼 FK-5]

※ 의외자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의외자가 제시한 제품 도출구로부터 5 cm 거리에서 2시간 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

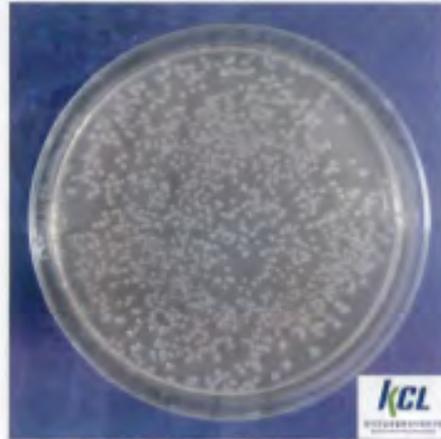
총 4페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)

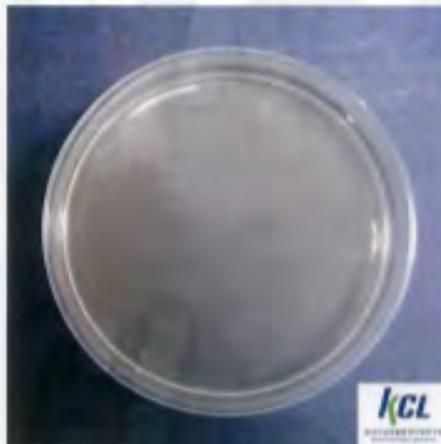


시험성적서

성적서번호 : CT19-029390



<사진 1. 대장균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 대장균 - 판키퍼 FKC-5 (2 h)>

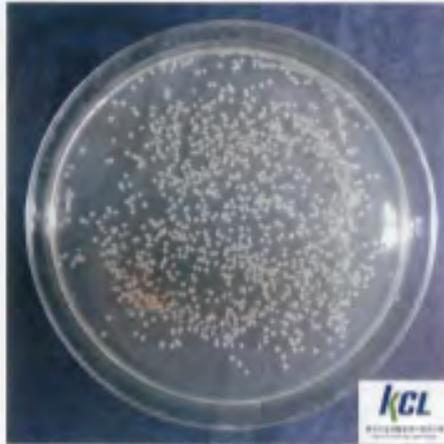
총 4페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)

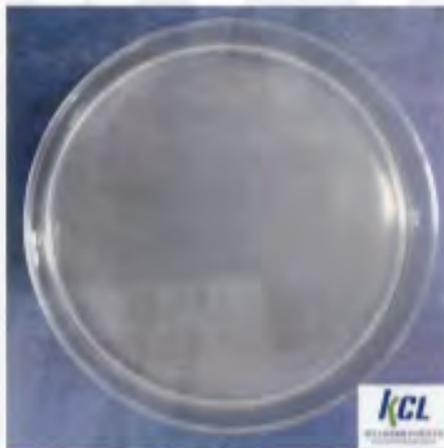


시험성적서

성적서번호 : CT19-029390



<사진 3. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>



<사진 4. 황색포도상구균 - 알키피 FK-5 (2 h)>

----- 이 하 여 백 -----

총 4페이지 중 4페이지

양식QP-20-01-06(5)



② 황색포도상구균 살균력 시험성적서

○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #1

the way to trust **KCL**



462-7439-6367-7323

시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022756
2. 의뢰자
 - 업체명 : (주)진진이앤티
 - 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호
3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일
4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)
5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료1
6. 시험방법
 - (1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성명	장계승	<i>장계승</i>	기술책임자 성명	강병철
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.					

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원



군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022756

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경	
		초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)		
항균시험 : 황색포도상 구균	BLANK 플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료1	의외자제시	1.4×10^4	1.4×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
			1.4×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

※ 시료 : 제품 [플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료1]

※ 의외자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의외자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

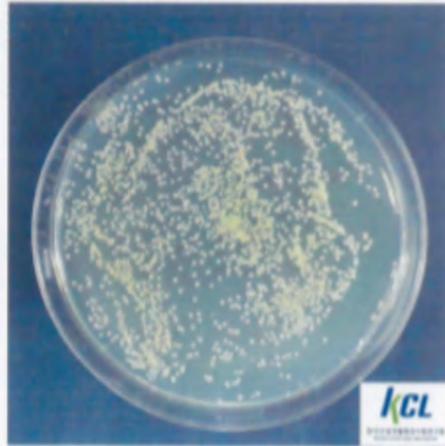
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)



시험성적서

성적서번호 : CT19-022756



<사진 1. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 황색포도상구균 - 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료1 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #2



the way to trust

2219-9998-7156-1599



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022755

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이엔티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경재진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료2

6. 시험방법

- (1) 의뢰자 제시방법

확인	작성자 성명	장계승	장계승	기술책임자 성명	강병철
비교: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.					

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원



군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022755

7. 시험결과

시험 항목		시험방법	시험 결과			시험환경
			초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 황색포도상 구균	BLANK	의뢰자제시	1.4×10^4	1.4×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료2		1.4×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

※ 시료 : 제품[플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료2]

※ 의뢰자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의뢰자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

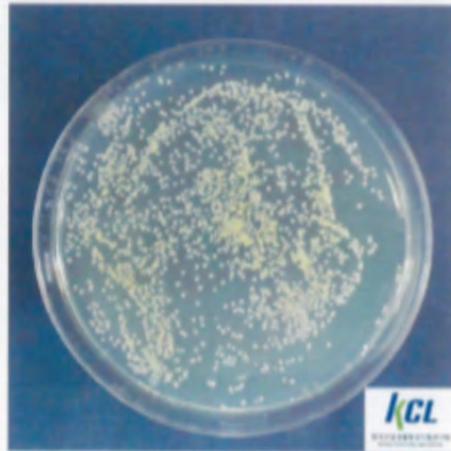
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)



시험성적서

성적서번호 : CT19-022755



<사진 1. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 황색포도상구균 - 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료2 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #3

the way to trust **KCL**

379-085-185-138



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022754

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이엔티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료3

6. 시험방법

(1) 의뢰자 제시방법

확인	작성 자명	장계승	<i>장계승</i>	기술책임자 성명	강병철
<p>비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.</p>					

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원



군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022754

7. 시험결과

시험 항목		시험방법	시험 결과			시험환경
			초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 :	BLANK	의뢰자제시	1.4×10^4	1.4×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
황색포도상 구균	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료3		1.4×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

※ 시료 : 제품[플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료3]

※ 의뢰자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의뢰자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

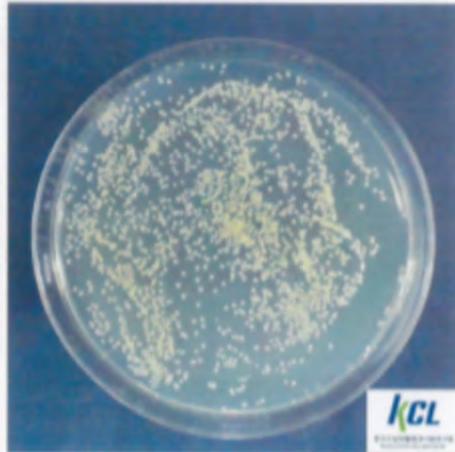
총 3페이지 중 2페이지

양식OP-20-01-06(5)

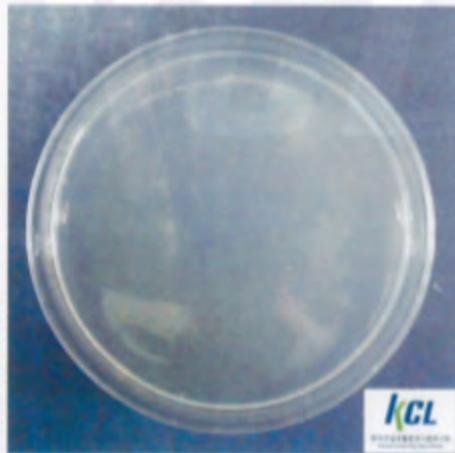


시험성적서

성적서번호 : CT19-022754



<사진 1. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>

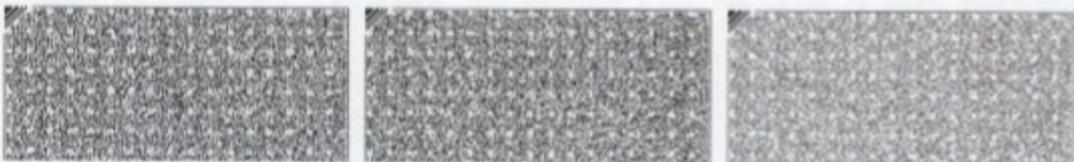


<사진 2. 황색포도상구균 - 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료3 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #4

the way to trust **KCL**

0943-2402-5255-2113



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022753

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이엔티
- 주소 : 충청남도 아산시 영치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(제출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료4

6. 시험방법

- (1) 의뢰자 제시방법

본 성적서는 COPY

확인	작성자 성명	장계승	<i>장계승</i>	기술책임자 성명	강병철	
<p>비고: 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.</p>						

2019년 03월 18일

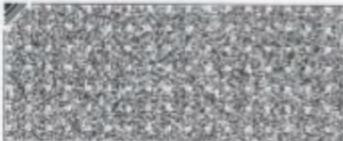
한국건설생활환경시험연구원 

군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식OP-20-01-05(6)


시험성적서

성적서번호 : CT19-022753

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 황색포도상 구균	BLANK	1.4×10^4	1.4×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료4	1.4×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

※ 시료 : 제품 [플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료4]

※ 의뢰자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의뢰자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시킨 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002-2018 준함.

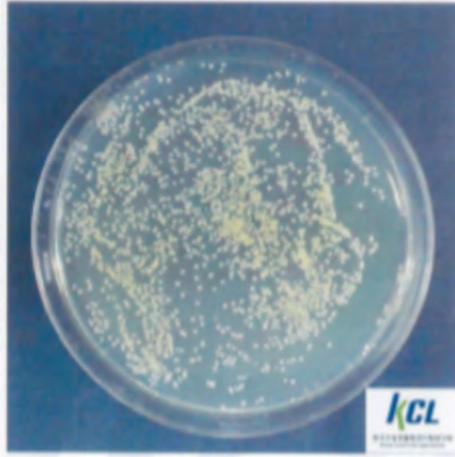
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)

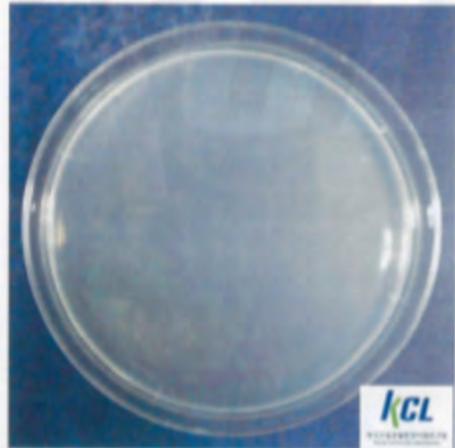


시험성적서

성적서번호 : CT19-022753



<사진 1. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 황색포도상구균 - 플라즈마 살균장비(FK-20TH) 시료4 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



○ 플라즈마 살균장비(FKC-20TH)_시료 #5

the way to trust **KCL**

0270-4955-7224-5374



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT19-022752

2. 의뢰자

- 업체명 : (주)진진이앤티
- 주소 : 충청남도 아산시 염치읍 은행나무길 223 (송곡리) 충남경제진흥원 316호

3. 시험기간 : 2019년 02월 15일 ~ 2019년 03월 18일

4. 시험성적서의 용도 : 거래처제출용(재출처:중소기업벤처부)

5. 시료명 : 플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료5

6. 시험방법

(1) 의뢰자 제시방법

ORIGINAL IS A COPY

확인	작성자 성명	장계승	장계승	기술책임자 성명	강병철
비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에 한정된 결과로서 전체제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다. 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다. 3. 이 성적서의 진위여부는 홈페이지(www.kcl.re.kr)에서 확인 가능합니다.					

2019년 03월 18일

한국건설생활환경시험연구원

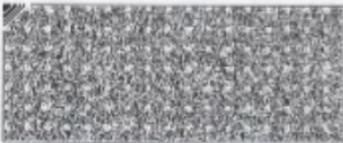


군포시험실 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1' VALLEY군포 805호 (031)389-9100

결과문의 : 그린소재센터 ☎ (031)389-9184

총 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(6)





시험성적서

성적서번호 : CT19-022752

7. 시험결과

시험 항목		시험방법	시험 결과			시험환경
			초기농도 (CFU/mL)	2분 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
항균시험 : 황색포도상 구균	BLANK	의외자제시	1.4×10^4	1.4×10^4	-	(37.0 ± 0.2) °C
	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH) 시료5		1.4×10^4	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

※ 시료 : 제품 [플라즈마 살균장비(FKC-20TH) 시료5]

※ 의외자제시방법 : 시험균주가 접종된 배지를 의외자가 제시한 제품 토출구로부터 5 cm 거리에서 2분 동안 노출 시간 후 세균감소율 측정.

※ 접종원 준비, 접종방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1002:2018 준함.

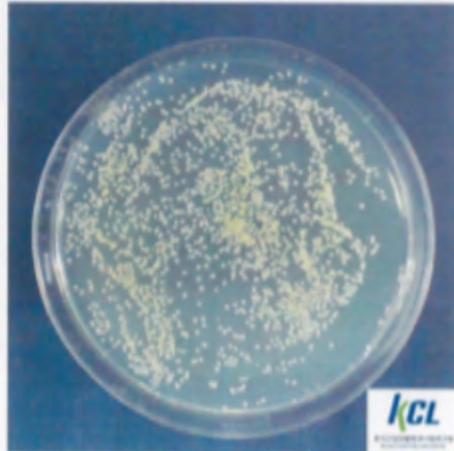
총 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)



시험성적서

성적서번호 : CT19-022752



<사진 1. 황색포도상구균 - BLANK (0 h)>

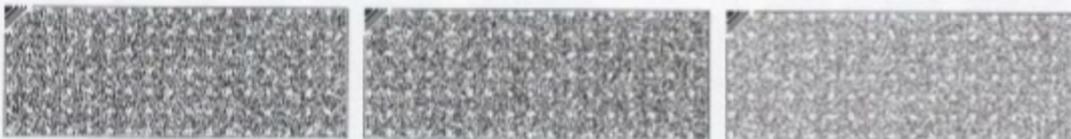


<사진 2. 황색포도상구균 - 플라즈마 살균장비(FK-20TH) 시료5 (2 min)>

----- 이 하 여 백 -----

총 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



2-2. 연구내용 및 결과

나. 수산생물 유해 병원체에 대한 플라즈마 살균수의 살균력 및 중식억제력 평가 (2차년도, 전문대학교 산학협력단)

(1) 플라즈마 살균장비(수처리장비포함) 상품화

(가) 플라즈마 살균수(OH Radical) 개요

○ 플라즈마 살균수(OH Radical) 정의

- 오염물질에 직접적으로 반응하여 분해시키고 살균하는 강력한 산화력과 빠른 산화속도를 가진 인체에 무해한 친환경 천연물질임.



< 그림 15 > 플라즈마 살균수 (OH Radical)

- 현존하는 물질 중에서 살균, 소독, 분해 및 악취제거의 능력을 부여하는 산화력이 불소(F) 다음으로 강력하며 오존(O₃)이나 염소(Cl₂) 보다 현저히 높지만 불소, 염소, 오존과 같이 인체에 해가 없는 천연물질이며 특히, 냄새가 없는 것이 특징이다

순 위	물질명(Symbol)	산화력(V)	순위	물질명(Symbol)	산화력(V)
1	불소 (F)	3.06	5	과산화수소 (H ₂ O ₂)	1.77
2	OH Radical	2.80	6	이산화염소 (ClO ₂)	1.50
3	산소원자 (O)	2.42	7	차아염소산 (HOCl)	1.49
4	오존 (O ₃)	2.07	8	염소 (Cl ₂)	1.36

< 표 9 > 물질의 산화력 순서

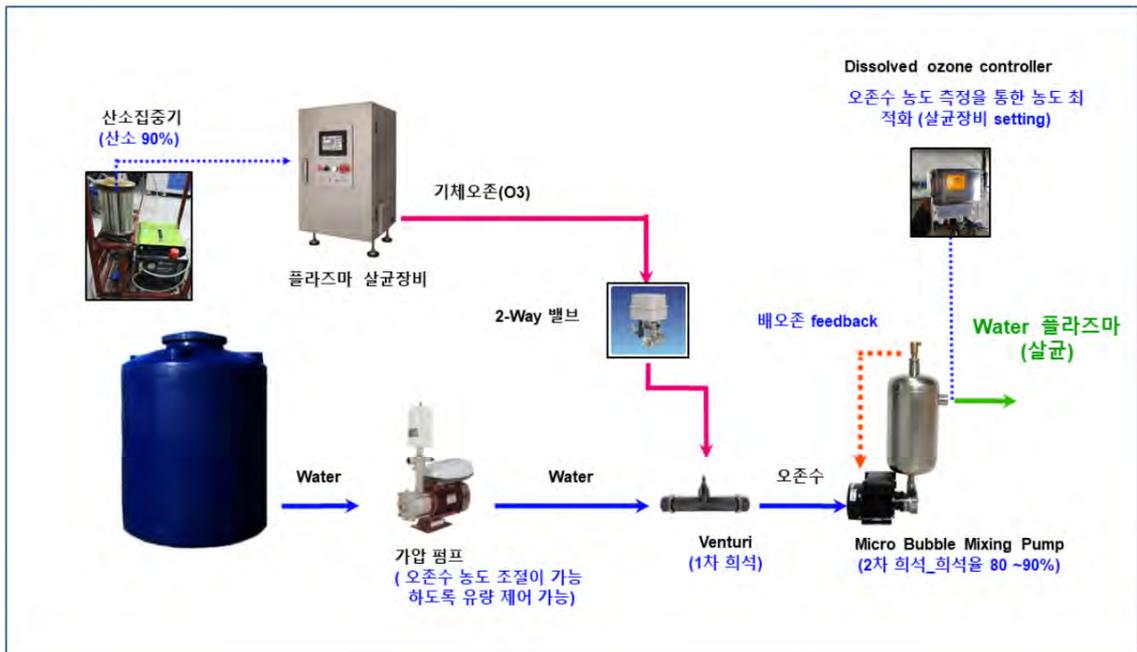
○ 플라즈마 살균수(OH-Radical) 특징

- 모든 오염물질을 살균, 소독하여 안전한 물(H₂O)와 이산화탄소(CO₂)로 환원 시킨다.
- 미래의 환경적 문제 (독성물질 상화, 탈취, 탈색, 살균, 정화)를 해결하는 유일한 대안 물질로 부각됨.
- OH Radical의 활용분야는 양식장, 원예 및 수경재배, 오·폐수처리장, 축산농가 및 식품공장등에 살균, 악취 제거 및 성장촉진등에 적용하고 있음

(나) 플라즈마 살균 장비(수처리 장비 포함) 상품화

① 플라즈마 살균수(OH-Radical) 생성

- 플라즈마 살균장비 본체(기체오존 발생)에 살균 수처리 장비의 희석시스템을 적용하여 플라즈마 살균수(OH Radical)를 생성 함
- 대기중에 산소 21%를 90%로 만들어 플라즈마 방전관을 통하여 공기 플라즈마를 발생 시켜 물속에 용존 시킬 때 벤츄리, 가압 펌프 및 마이크로 믹싱 펌프를 이용하여 혼합 시키면서 마이크로 버블과 함께 강한 에너지가 적용되면서, 순간적으로 OH-Radical 이 생성 된다



< 그림 16 > 플라즈마 살균수(OH Radical) 생성 시스템

- 플라즈마 살균수(OH Radical) 생성 시스템

- * 기체오존을 물에 희석시켜 오존수를 생성하는 라인 임
- * 희석 방법은 희석율을 높여 배오존을 방지하는 구조를 적용 함
: 1차 희석 : VENTURI . 2차 희석 : 믹싱 펌프
- * 희석을 위한 물공급은 VENTURI의 기능을 유지하기 위해 가압펌프를 적용함
- * 실시간으로 오존수의 농도를 제어하기 위해 오존수 출구에 오존수 농도 측정기를 설치하여 본체에 피드백하여 설정된 오존수 농도를 제어 함

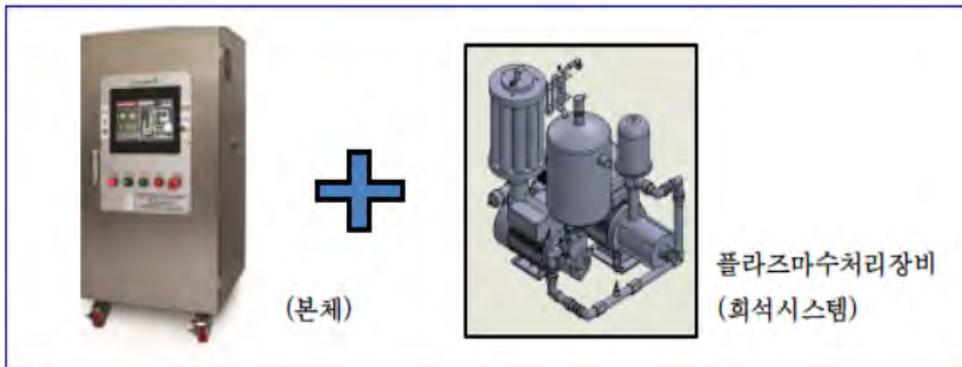
② 플라즈마 살균장비 (수처리장비 포함)

○ FKC-20TH (수처리장비 포함)

- 규격

제 품 명		플라즈마 살균장비(수처리장비포함)	
모 델 명		FKC-20TH	
공기 플라즈마 발생량		12 ~ 22 g/h	
플라즈마 살균수 발생량		2 ton/h (10 ppm)	
산소 주입량	2~3 LPM	전 원	220V/60Hz
외관 치수 (L×H×D)	본 체	610 × 510 × 1.020 mm	
	수처리장비	660 × 830 × 615 mm	

- 제품 구성도



< 그림 17 > 제품 구성도 (FKC-20TH)

- 주요 특징

- * Air 및 Water 플라즈마를 동시에 사용
- * 사용편이성을 높인 전자식 터치스크린 타입
- * PLC 시스템을 적용하여 농도 및 가동시간 제어
- * 마이크로 믹싱 펌프 적용으로 공기 플라즈마 용해도 향상
- * 잔유 공기 플라즈마 제거를 위한 공기 플라즈마 파쇄장치 적용



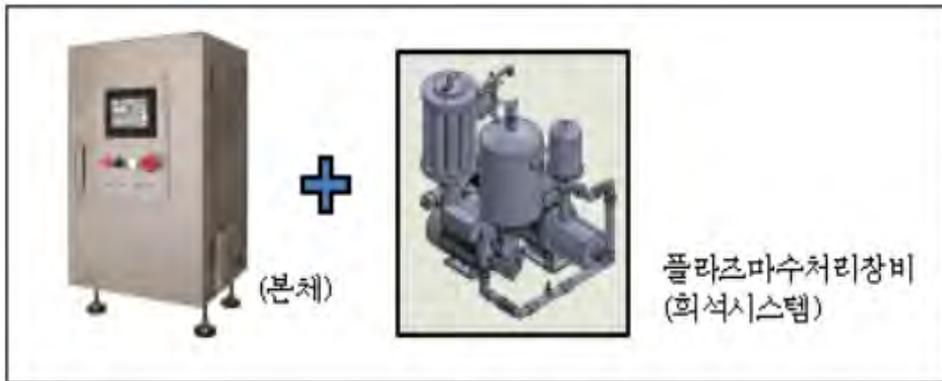
< 그림 18 > 플라즈마 자동 설정 및 다이얼

○ FKC-10TH (수처리장비 포함)

- 규격

제 품 명		플라즈마 살균장비(수처리장비포함)	
모 델 명		FKC-10TH	
공기 플라즈마 발생량		7.8 ~ 10.4 g/h	
플라즈마 살균수 발생량		2 ton/h (5 ppm)	
산소 주입량	2~3 LPM	전 원	220V/60Hz
외관 치수 (L×H×D)	본 체	370 × 615 × 360 mm	
	수처리장비	660 × 830 × 615 mm	

- 제품 구성도



< 그림 19 > 제품 구성도 (FKC-10TH)

- 주요 특징

- * 사용편이성을 높인 전자식 터치스크린 타입
- * PLC 시스템을 적용하여 농도 및 가동시간 제어
- * 마이크로 믹싱 펌프 적용으로 공기 플라즈마 용해도 향상
- * 잔유 공기 플라즈마 제거를 위한 공기 플라즈마 파쇄장치 적용



< 그림 18 > 플라즈마 자동 설정 및 다이얼

○ FKC-5H (수처리장비 포함)

- 규격

제 품 명		플라즈마 살균장비(수처리장비포함)	
모 델 명		FKC-5H	
공기 플라즈마 발생량		3.8 ~ 6.5 g/h	
플라즈마 살균수 발생량		2 ton/h (2 ppm)	
산소 주입량	2~3 LPM	전 원	220V/60Hz
외관 치수 (L×H×D)	본 체	400 × 200 × 494 mm	
	수처리장비	660 × 830 × 615 mm	

- 제품 구성도



< 그림 20 > 제품 구성도 (FKC-5T)

- 주요 특징

- * 튜브형 플라즈마 발생장치 적용으로 내구성 향상
- * 디지털 타이머 적용으로 가동시간 제어
- * 마이크로 믹싱 펌프 적용으로 공기 플라즈마 용해도 향상
- * 잔유 공기 플라즈마 제거를 위한 공기 플라즈마 파쇄장치 적용

(다) 플라즈마 살균장비 설치 및 점검 일정(선문대학교 어류사육실)

① 플라즈마 살균장비 설치 및 일정

No	내 용	일 자	적용모델	비 고
1	플라즈마 살균장비 첫 설치	2019-08-29	FKC-5H	
2	플라즈마 살균장비 점검	2019-09-17		
3	플라즈마 살균장비 배관사이즈 교체	2019-09-19		
4	플라즈마 살균장비 재 점검	2019-09-20		
5	플라즈마 살균장비 모델 교체	2019-10-04	FKC-10TH	살균수 농도향상
6	플라즈마 살균장비 RAS 설치	2020-01-21		
7	플라즈마 살균장비 살균수 농도 점검	2020-01-29		

② 플라즈마 살균장비 및 설치 사진

○ 설치 모델 (FKC-10TH)



< 그림 21 > 팜키퍼 플라즈마 살균장비 (FKC-10TH)

○ 설치 사진



< 그림 22 > 팜키퍼 플라즈마 살균장비 설치 및 점검

③ 플라즈마 살균수의 오존농도 측정

플라즈마 발생 시 오존, OH라디칼, 과산화수소 등과 같은 산화력이 높은 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)이 생성된다. 모든 활성산소종의 농도를 다 측정할 수 없어서 본 연구에서는 플라즈마 살균수의 오존 농도를 측정하여 처리 강도의 기준으로 활용하였다. 오존 농도는 DOZ5000 Ozone Detector를 사용하여 측정하였다.

(2) 수산생물 유해 병원체에 대한 플라즈마 살균수의 살균력 및 증식억제력 평가

(가) 소독제 효력 검증 실험 개요

플라즈마 살균장비를 표적시장인 수산양식 분야에 적용하기 위해서는 수산생물질병의 원인 병원체에 대한 살균 및 증식억제 능력에 대한 실험적 검증이 요구된다. 본 과제에서는 담수 및 해수 어류에 질병을 일으키는 세균 2종(세균성 질병의 병원체인 *Aeromonas salmonicida*와 *Streptococcus iniae*)과 바이러스 1종(바이러스성출혈성패혈증의 원인 병원체인 VHSV)을 대상으로 플라즈마 살균장비로 생산한 **플라즈마 살균수(OH 라디칼수)의 효능을** 검사하였다.

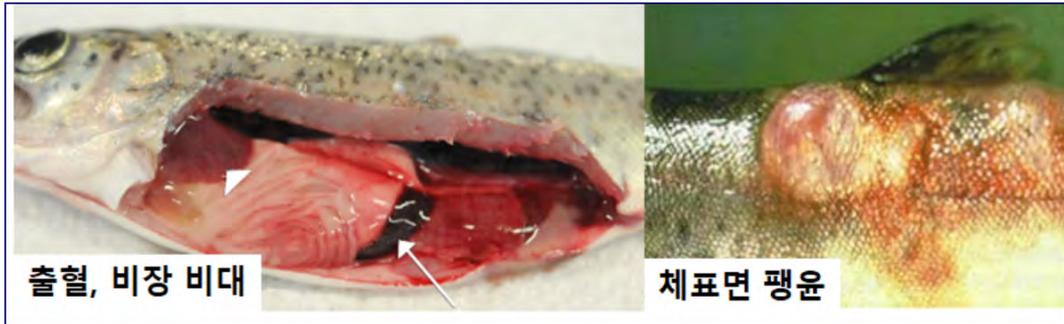
선택한 병원체에 대한 효능 평가는 **소독제 효력지침**(농림축산검역본부 고시)을 기준으로 하였으나, 플라즈마 처리수 내의 주요 살균인자가 기체인 오존이며 반감기가 짧다는 특성을 감안하여 부분적으로 조사방법을 변형하여 사용하였다. 또한 동일한 이유로 시험용 플라즈마 처리수의 채취 방법을 단계적으로 최적화하여 실험하였다.

(나) 실험에 사용한 수산생물 병원성 세균

① *Aeromonas salmonicida*

*Aeromonas salmonicida*는 절창병(Furunculosis)의 원인 병원체이며, 주로 연어과 어류를 감염시켜 질병을 유발한다. 이 병에 걸린 개체에는 체표에 1개 또는 여러 개의 팽윤된 환부가 형성되며, 모세 혈관 내에서 병원균이 증식해서 혈관 벽과 근육을 붕괴시켜 피와 농이 나오고 조직이 괴사되면서 피부에 궤양이 관찰된다(그림 23). 이 병은 당년 생이나 성어에서도 볼 수 있으나 일반적으로 고연령어에 많이 발생한다.

*A. salmonicida*는 내수면양식에 큰 피해를 초래하는 병원체이므로 본 실험의 살균 효능 평가 대상으로 선택하였다. 플라즈마 처리수의 *A. salmonicida* 살균효능은 소독제 효력지침에 따라 10^8 CFU/ml의 세균 희석액을 준비한 후, 플라즈마 처리수와 접촉 시간 1, 2, 5, 10, 30분에서의 사멸효율을 조사하여 평가하였다. 이 때 [소독제 효력지침]에 따라 표준시험조건 및 선택시험조건에 따라 사멸효율 변화를 평가하였다. 또한 산업적 활용 가능성 여부를 판단하기 위하여 5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식되지 않는지를 확인하였다. 실험을 위한 *A. salmonicida* (0601 RF1 신장)는 Tryptic Soy+ 1% NaCl (27°C, 48h) 조건에서 10^8 CFU/ml이 되도록 배양하여 준비 하였다.



〈그림 23〉 *Aeromonas salmonicida* 감염 개체에서 나타나는 증상
(출혈, 비장비대, 체표면 팽윤 등)

② *Streptococcus iniae*

*Streptococcus iniae*는 연쇄구균증의 원인 병원체이며, 담수어(무지개송어, 산천어, 은연어, 은어, 틸라피아 등) 및 해수어(방어, 조피볼락, 넙치, 돌돔 등)에 감염되는 질병이다. 연쇄구균증에 걸린 어체는 체색이 검어지고 안구가 돌출되며 충혈된다. 그리고 아가미 뚜껍의 충혈, 복부의 점상출혈이 뚜렷해지고 항문 가장자리가 붉어지며 종창이 생기고 용기된다(그림 24).

*S. iniae*는 담수어, 해수어 모두에게 큰 피해를 초래하는 병원체이므로 본 실험의 살균 효능 평가 대상으로 선택하였다. 플라즈마 처리수의 *S. iniae* 살균효능은 소독제 효력지침에 따라 10^8 CFU/ml의 세균 희석액을 준비한 후, 플라즈마 처리수와 접촉시간 1, 2, 5, 10, 30분에서의 사멸효율을 조사하여 평가하였다. 이 때 [소독제 효력지침]에 따라 표준시험조건 및 선택시험조건에 따라 사멸효율 변화를 평가하였다. 또한 산업적 활용 가능성 여부를 판단하기 위하여 5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식되지 않는지를 확인하였다. 실험을 위한 *S. iniae* (FP 4164)는 Brain Heart Infusion + 1% NaCl (27°C, 48h) 조건에서 10^8 CFU/ml이 되도록 배양하여 준비하였다.



〈그림 24〉 *Streptococcus iniae* 감염 개체에서 나타나는 증상
(신장 및 비장 비대, 안구돌출, 출혈, 지느러미부식 등)

(다) 수산생물 병원성 세균에 대한 살균력 평가 - 1차 실험

- ▶ 플라즈마 살균수 채수 방법: 플라즈마 살균수 저수탱크의 물을 떠서 시험
- ▶ 플라즈마 살균수를 피펫으로 실험용 튜브에 주입
- ▶ [소독제 효력지침]에 따라 검사 실시
- ▶ 플라즈마 살균수 접촉시간 1, 2, 5, 10, 30분

① 실험용 배지 및 희석액

- 경수 : CaCl₂ 0.0305 g과 MgCl₂ · 6H₂O 0.0139 g을 DW 100 ml에 용해
- 유기물 희석액 : 소독제의 희석을 위해 사용되는 유기물을 함유한 경수.
 경수에 yeast extract 20%가 되도록 용해한 후 고압멸균(4°C에 보관)
 사용 시 경수로 4배 희석하여 5% 용액을 만들어 씀.
 (1N 수산화나트륨을 사용하여 pH 7.0으로 조정)
- 중화배지: 보체를 불활화시킨(56°C에 30분 처리) FBS 5%를 함유한 영양배지(27°C 보관)

② 실험 매뉴얼

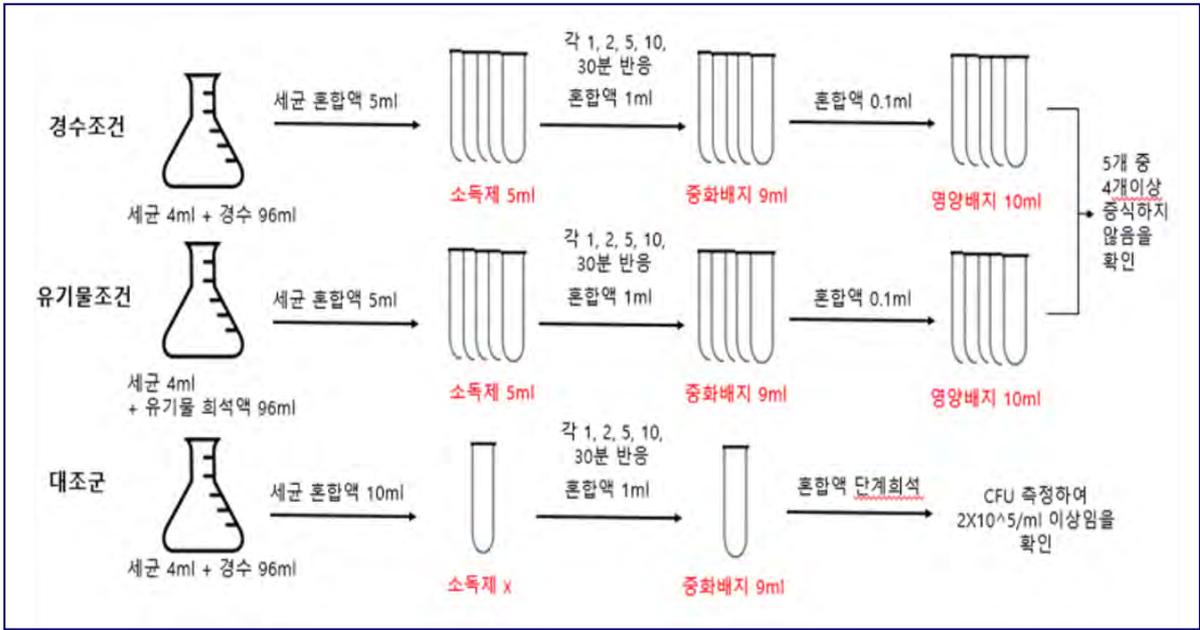
- 세균 원액 준비(10⁸CFU/ml, 27°C)
- 다음과 같이 세균 혼합액 5 ml를 소독제 5 ml가 들어 있는 5개의 시험관에 투입
 (시험관 5개를 1분 간격으로 차례대로 1개씩 처리)
 → 4°C에서 최대 30분간 반응 (도중 10분마다 혼합)

조건	세균 혼합액	소독제
경수	세균 4 ml + 경수 96 ml → 혼합액 5 ml	소독제 5 ml
유기물	세균 4 ml + 유기물희석액 96 ml → 혼합액 5 ml	소독제 5 ml
대조군	세균 4 ml + 경수 96 ml → 혼합액 10 ml	-

- 플라즈마 살균수 접촉시간 1, 2, 5, 10, 30분째에 세균+소독제 혼합액 1 ml + 중화배지 9ml을 섞어 중화시킨 후, 0.1 ml을 10 ml 영양배지 5개에 접종 → 27°C에서 48시간 증식
- 대조군은 중화배지 9 ml을 섞어 중화시킨 후 단계희석하여 평판배지에서 CFU를 측정함
 * 집락형성단위(Colony forming unit, CFU)
- 이후 모든 배양실험은 이 매뉴얼(그림 25)을 기준으로 진행하였으며, 필요시 접촉시간 등을 비롯 최소한의 변형을 주어 실험하였다(그림 26).

③ 판정

대조군에서는 2×10⁵ CFU/ml 이상의 세균이 자라야 하며, 영양배지 5개에 접종한 것 중 4개 이상 증식되지 않아야 해당 소독처리가 유효한 것으로 판정하였다.



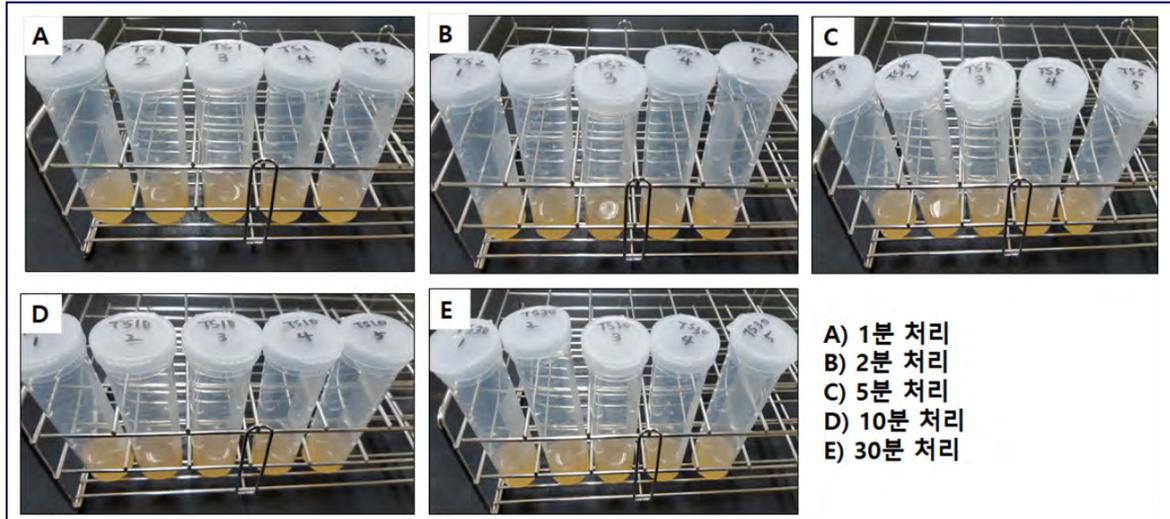
<그림 25> 세균 소독제 유효 희석배수 결정방법



<그림 26> 소독제 효력검증 실험 진행 모습

④ 1차 실험 결과 (*Aeromonas salmonicida*)

- 수산생물 병원체인 *A. salmonicida*에 대한 플라즈마 살균수의 살균능력을 조사하기 위하여 플라즈마 살균수 내의 오존농도가 약0.5 ppm이 되도록하여 전술한 매뉴얼에 따른 시험을 실시하였다. 시험결과 모든 영양배지에서 세균이 자랐으며, 접촉시간(반응시간) 조건 1분, 2분, 5분, 10분, 30분에 따른 차이는 없었다(그림 27). 따라서 이 방법으로 플라즈마 살균장비의 *A. salmonicida*에 대한 살균력을 확인할 수 없었다.

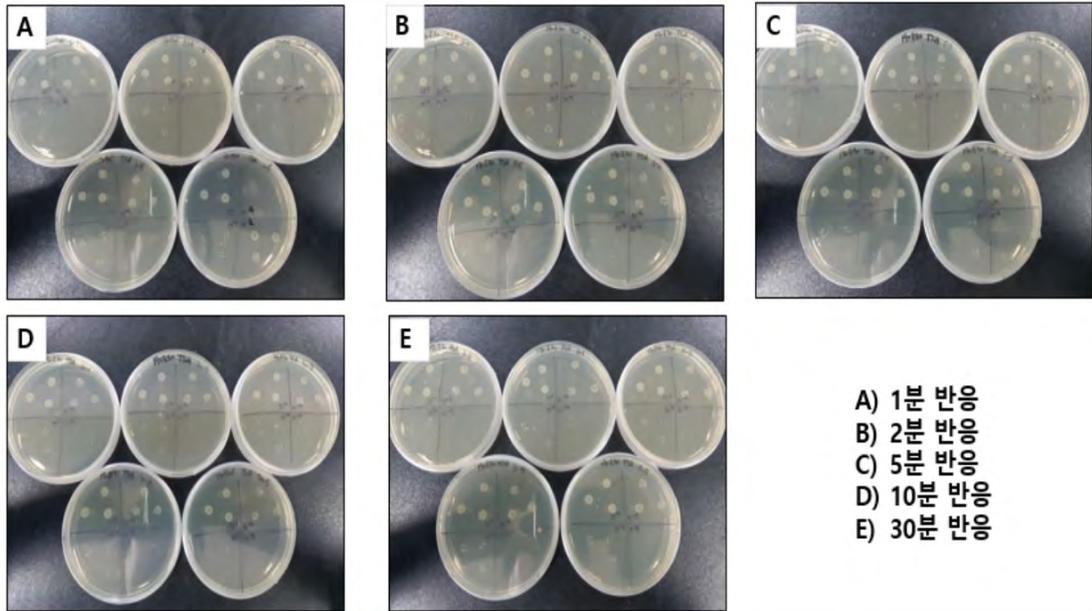


<그림 27> 플라즈마 살균수 내 오존농도 0.5 ppm, 저수탱크 채수방식으로 실시한 1차 실험 결과 모든 배지에서 세균이 성장.

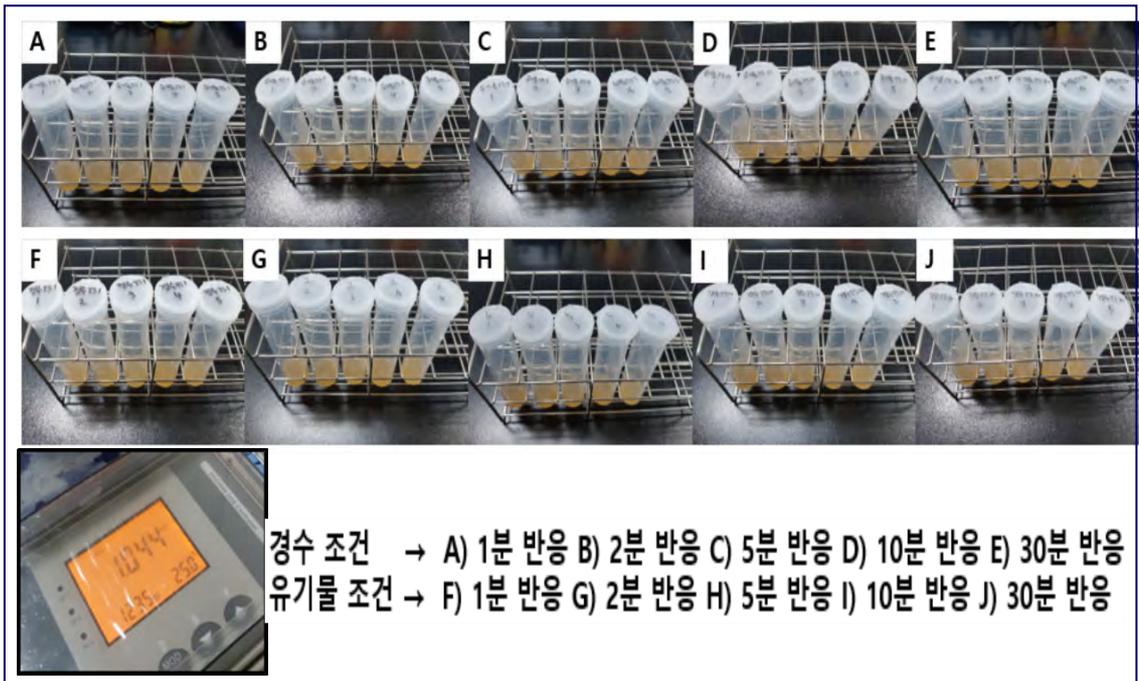
- 동일 병원체에 대한 플라즈마 살균수의 살균능력을 조사하기 위하여 플라즈마 살균수 내의 오존농도가 약1 ppm이 되도록하여 전술한 매뉴얼에 따른 시험을 실시하였다. 시험결과 모든 영양배지의 경구조건 및 유기물 조건에서 세균이 자랐으며, 접촉시간(반응시간) 조건 1분, 2분, 5분, 10분, 30분에 따른 차이는 없었다(그림 29). 모든 대조군에서는 2×10^5 CFU /ml 이상의 역가가 관찰되었으므로 사용한 배양시스템은 유효한 것으로 판정하였다(표 10, 그림 28). 따라서 이 방법으로도 플라즈마 살균장비의 *A. salmonicida*에 대한 살균력을 확인할 수 없었다.

대 조 군 (CFU/ml)				
1분 (1)	1분 (2)	1분 (3)	1분 (4)	1분 (5)
1×10^6	1×10^6	9×10^5	1.2×10^6	9.3×10^5
2분 (1)	2분 (2)	2분 (3)	2분 (4)	2분 (5)
1.3×10^6	1.7×10^6	9.6×10^5	3.6×10^5	8.3×10^5
5분 (1)	5분 (2)	5분 (3)	5분 (4)	5분 (5)
8.3×10^5	1×10^6	8.6×10^5	9.6×10^5	9.3×10^5
10분 (1)	10분 (2)	10분 (3)	10분 (4)	10분 (5)
8.3×10^5	9.6×10^5	7×10^5	1×10^6	8.3×10^5
30분 (1)	30분 (2)	30분 (3)	30분 (4)	30분 (5)
8.3×10^5	7.3×10^5	9×10^5	5.3×10^5	4.6×10^5

<표 10> 플라즈마 처리수내 오존농도 1 ppm, 저수탱크 채수방식으로 실시한 1차 실험대조군 CFU/ml 결과



<그림 28> 플라즈마 살균수내 오존 농도 1 ppm, 저수탱크 채수방식으로 실시한 1차 실험 대조군 CFU/ml 결과



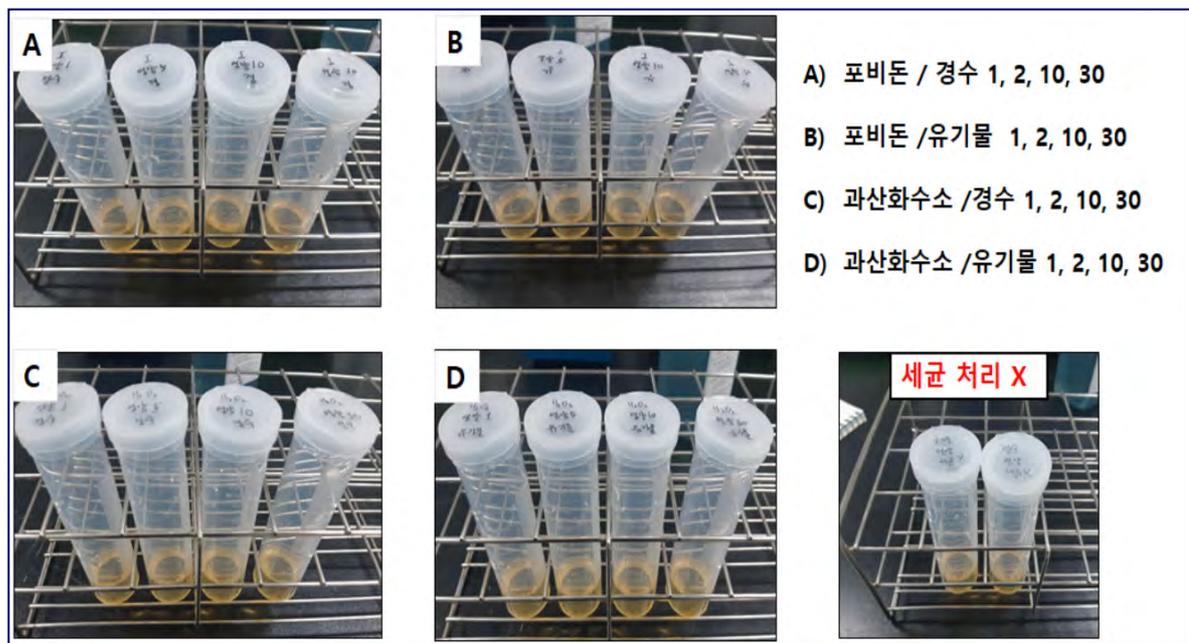
<그림 29> 플라즈마 살균수 내 오존농도 1 ppm, 저수탱크 채수방식으로 실시한 1차 실험 결과 모든 배지에서 세균이 성장.

⑤ 타 소독제를 이용한 소독제 효능 평가 시험

- 1차 실험에서 플라즈마 살균수의 효과를 전혀 확인할 수 없어서 본 연구실의 검사과정에 문제가 없음을 확인하기 위해 이미 소독력이 입증된 타 소독제(포비돈요오드 10%

& 과산화수소 35%)를 이용하여 *A. salmonicida*에 대한 살균력을 시험하였다.

- 실험 결과 포비돈요오드와 과산화수소를 처리한 모든 TS배지 경수 조건과 유기물 조건에서 세균은 자라지 못하였으며, 반응 시간에 따른 차이는 없었다. 세균을 처리하지 않은 음성대조군에서도 세균이 자라지 못하였다(그림 30). 모든 배지에서 세균이 자라지 못하였으므로 **본 연구실의 검사과정 과정에 문제가 없음이 확인**되었다. 따라서 소독제 효능검증 실험은 플라즈마 살균장비 살균수의 살균력을 평가하기에 부적합한 것으로 판단된다.
- 농림축산검역본부에서 고시한 소독제 효력지침에 따라 플라즈마 살균수의 살균효능을 검사하고자 하였으나, 연구진행 결과 반감기가 짧은 오존이 주 살균인자인 플라즈마 살균수의 효력을 입증하기에는 적절하지 않은 방법으로 확인되었다. 본 과제에서도 입증되었듯이 기체의 살균력 이미 입증되었기에 오존이 함유되어 있는 플라즈마 살균수가 살균능력이 전무하다는 것은 무리한 결론으로 판단되었다. [소독제 효력 지침]은 포비돈요오드, 과산화수소같은 시간이 지나도 농도가 크게 변하지 않는 소독제에 알맞은 실험이다. 반면에 오존은 시간이 지남에 따라 농도가 감소하기 때문에 소독제로서의 효력 입증이 불가능할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 세균과 처리수의 접촉용기, 접촉시간 등을 단계적으로 수정하여 2차 실험을 실시하였다.



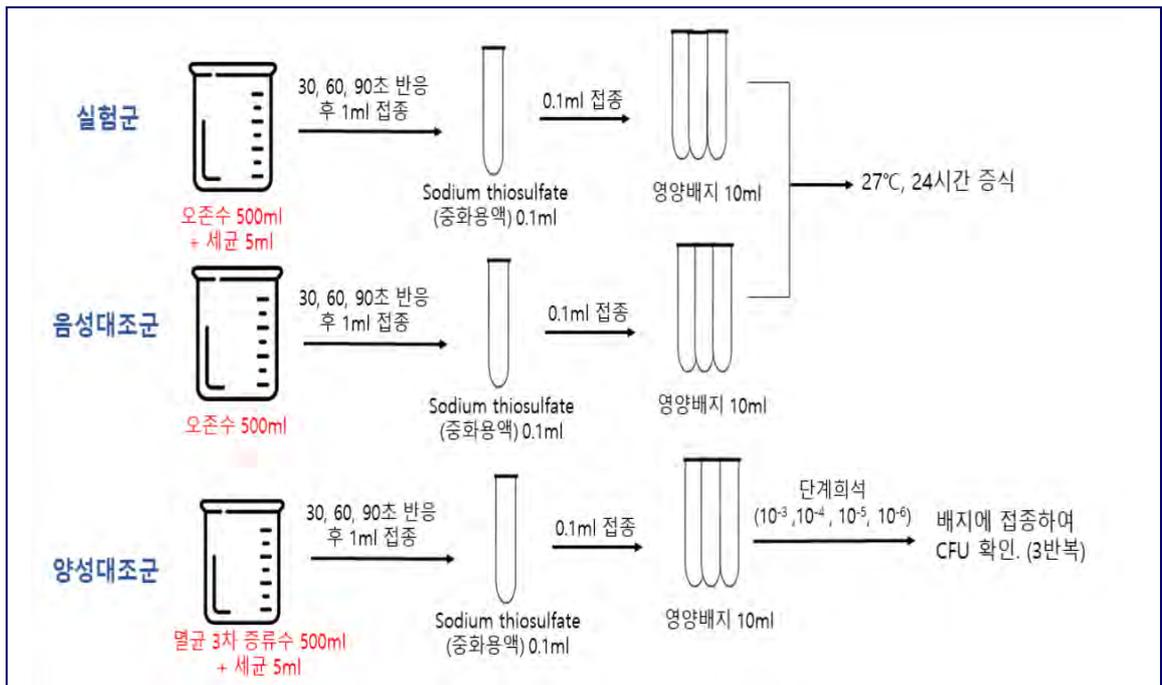
<그림 30> 포비돈요오드 & 과산화수소로 *Aeromonas salmonicida*에 대한 살균력을 실험한 결과, 어떤 조건에서도 세균이 성장하지 않았음.

(라) 수산생물 병원성 세균에 대한 살균력 평가 - 2차 실험

- ▶ 플라즈마 살균수 채수 방법: 플라즈마 살균수 저수탱크의 물을 떠서 시험
- ▶ 채수용기에서 세균이 플라즈마 살균수 바로 접촉
- ▶ [소독제 효력지침] 일부 조정
- ▶ 플라즈마 살균수 접촉시간: 30초, 60초, 90초

① 채수용기에서 세균(*A. salmonicida*)이 플라즈마 살균수 바로 접촉

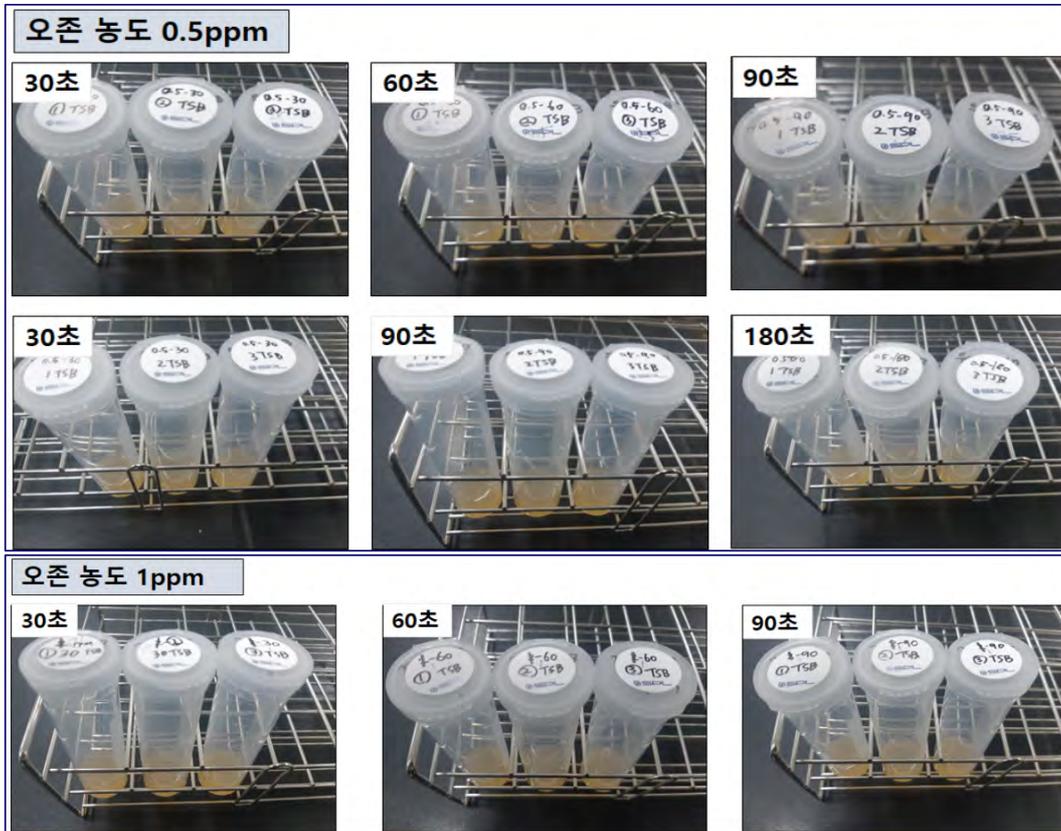
- 1차 실험에서 플라즈마 살균장비 살균수의 살균 효능을 판단할 수 없었기 때문에 실험 방법을 변경하여 다시 실험을 실시하였다. 플라즈마 살균장비를 작동시켜 저수탱크 내 오존 농도가 1 ~ 5 ppm이 되도록 유지하였다. 그리고 물탱크 내의 살균수 500ml를 비이커에 채수한 다음 오존 측정기를 사용하여 농도를 측정한 다음, 두 농도 조건(오존 농도 약 0.5 ppm, 1 ppm)에 대해 실험을 실시하였다. 두 조건의 비이커에 *Aeromonas salmonicida* (10^8 CFU/ml) 각각 5 ml씩 투여하여 30초, 60초, 90초 동안 반응시켰다. 그런 다음 sodium thiosulfate (중화용액)로 중화시켜 영양배지에 0.1 ml만큼 접종하고 27°C에서 24 시간 동안 배양하였다(그림 31).



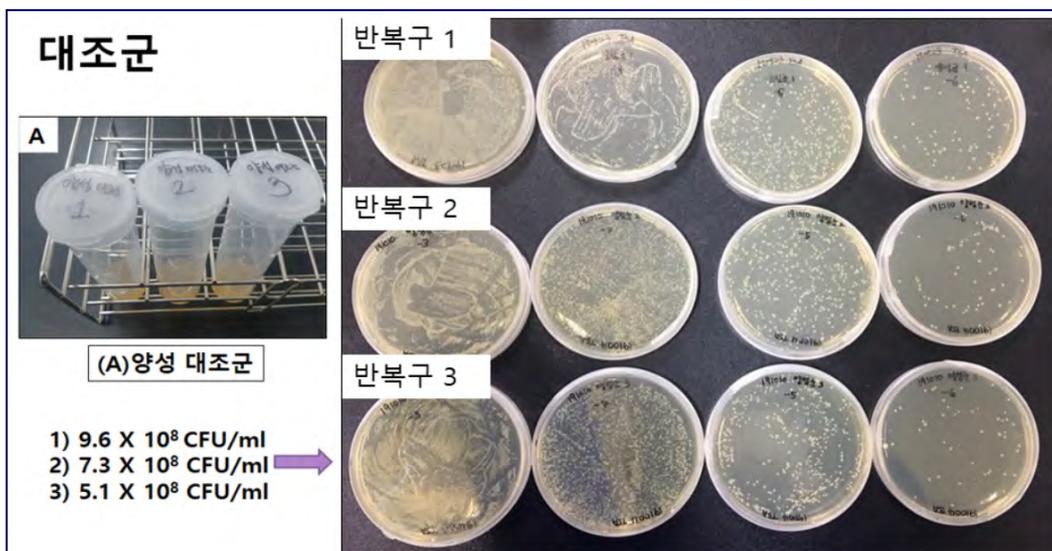
<그림 31> 채수용기에서 세균(*A. salmonicida*)과 플라즈마 살균수를 바로 접촉시킨 실험 과정

- 실험결과 두 조건(오존 농도, 0.5 ppm과 1 ppm) 모두에서 세균이 자랐으며, 반응시간 (30초, 60초, 90초)에 따른 차이는 없었다(그림 32, 그림 33). 그리고 두 플라즈마 살균수 (오존 농도, 0.5 ppm과 1 ppm) 모두 실험시작 30초 후 약 0.13 ~ 0.15 ppm 이하로 하락하였다. 결론적으로 플라즈마 생성장치의 저수탱크 내 살균수를 비이커에 채수할 때 살균수 오존농도가 급격히 감소하였으며, 이것이 *A. salmonicida*에 대한 살균 효과가 나타나지 않은 이유로 추정되었다. 또한 플라즈마 살균장비가 작동 중일 때는 살균수가 지

속적으로 뽑어져 나오기 때문에 저수탱크 내 오존 농도가 약 1 ~ 5 ppm로 유지되었지만 플라즈마 살균장비를 멈추었을 때는 저수탱크 내 오존 농도가 0.4 ppm 까지 급격히 감소하였다. 따라서 플라즈마 살균수를 채수하여 실험하는 것은 적합하지 않다고 판단하고 플라즈마 살균수 농도가 급격하게 감소하지 않는 방법으로 다시 실험을 계획하였다.



<그림 32> 채수용기에서 세균(*A. salmonicida*)과 플라즈마 살균수를 바로 접촉시켰을때, 살균수의 오존 농도 및 반응 시간에 따른 결과



<그림 33> 채수용기에서 세균(*A. salmonicida*)과 플라즈마 살균수를 바로 접촉시킨 실험의 대조군 결과

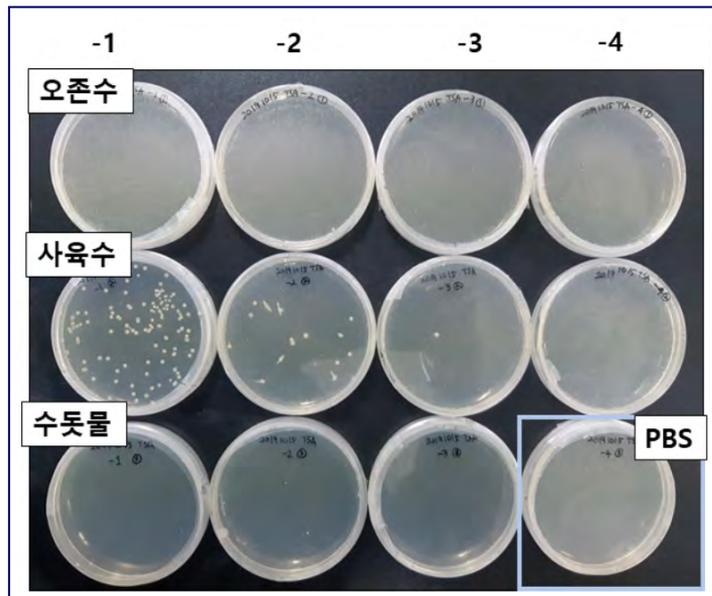
② 플라즈마 생성장치 저수탱크 내 일반세균 검사

- 플라즈마 생성장치에 연결된 저수탱크의 일반세균 존재 여부를 조사하여 플라즈마 살균장비의 기본 성능을 검증하였다. 이와 함께 티라피아 사육수조의 사육수 및 수돗물의 세균을 검사하고 비교하였다. 플라즈마 살균장비를 충분히 작동시키고(2시간 이상) 저수탱크의 물 1 ml 채수하였고, 티라피아 사육수, 수돗물도 각 1 ml씩 채수하여 그림 34와 같이 일반세균 배양실험을 실시하였다. 채수한 샘플을 단계희석 한 뒤, TSA배지에 100 μ l 접종하고 도말하였으며, 36°C 에서 24시간 동안 배양하였다.



<그림 34> 플라즈마 생성장치 저수탱크 내 일반세균 검사(사육수 및 수돗물과 비교)

- 실험 결과 플라즈마 생성장치 저수탱크 내의 물과 수돗물(지하수)에서는 일반세균이 검출되지 않았으며, 사육수에서는 세균이 검출되었다(그림 35). 따라서 플라즈마 살균장치와 직접 연결된 저수탱크에는 세균이 없으므로 플라즈마 장치가 기본적인 살균능력을 가지고 있음은 확실한 것으로 판단되었다.



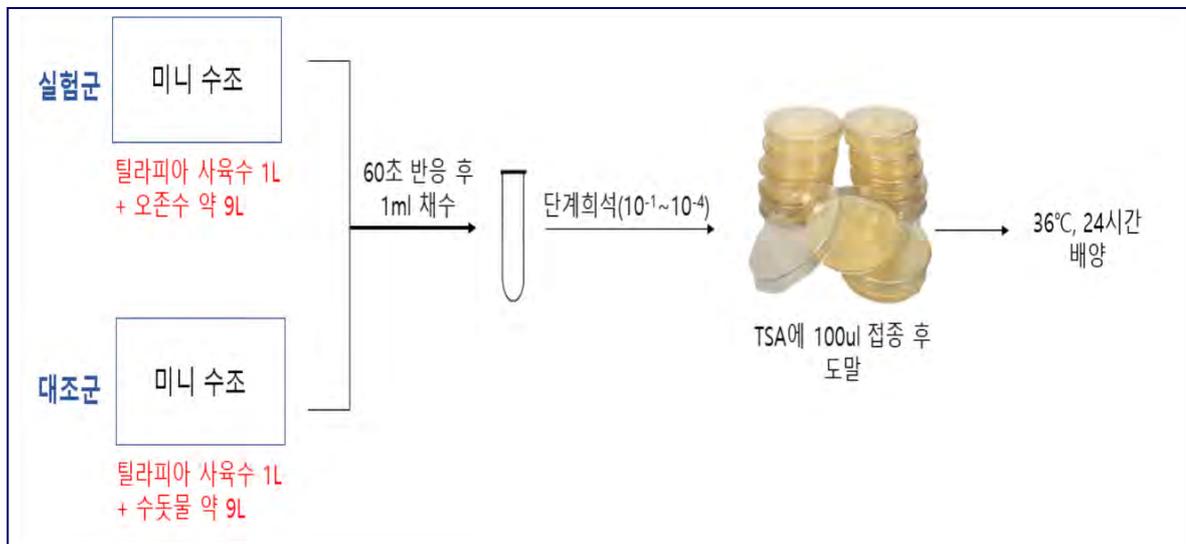
<그림 3-35> 플라즈마 생성장치 저수탱크 내의 플라즈마 살균수와 사육수 및 수돗물의 일반 세균배양 결과

(마) 수산생물 병원성 세균에 대한 살균력 평가 - 3차 실험

- ▶ 플라즈마 살균수 채수 방법: 저수탱크를 거치지 않고 살균수를 미니수조로 직접 주입
- ▶ 미니수조에서 세균이 플라즈마 살균수 바로 접촉
- ▶ [소독제 효력지침] 일부 조정
- ▶ 플라즈마 살균수 접촉시간: 60초

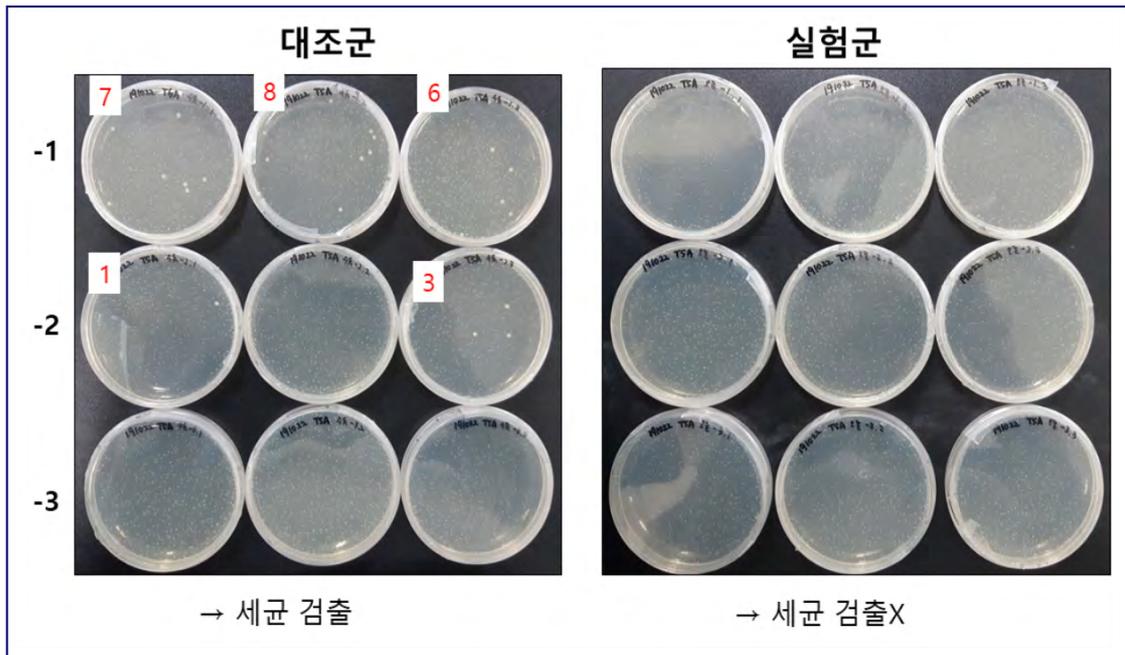
① 틸라피아 사육수의 일반세균 살균 시험

- 플라즈마 살균수를 채수하여 살균력을 평가한 실험은 모두 채수 과정에서 살균수 농도가 급속히 감소했기 때문에 제대로 된 살균 평가 실험을 할 수 없었다. 따라서 플라즈마 살균장비로부터 생성된 살균수를 직접 실험용 미니수조에 주입하여 살균력을 조사하였다. 수산생물 병원체에 적용하기 전에 직전 실험결과 일반세균이 검출된 틸라피아 사육수를 이 새로운 방법을 적용하여 시험하여 보았다. 틸라피아 사육수 1 L를 넣은 미니수조에 직접 플라즈마 살균장비 살균수를 약 9L 넣고 60초 동안 반응시킨 뒤 채수하였다. 대조군은 살균수 대신 수돗물을 사용하였으며, 채수한 샘플을 단계희석한 다음 TSA배지에 100 ul 접종하였다. 그리고 36°C에서 24시간 동안 배양하고 결과를 확인하였다(그림 36).



<그림 3-36> 플라즈마 살균수 직접 접촉에 의한 틸라피아 사육수 일반세균 살균 실험

- 플라즈마 살균수와 직접 접촉한 실험군은 세균이 검출되지 않았다. 반면에 수돗물과 접촉한 대조군은 세균이 검출되었다(그림 37). 따라서 **플라즈마 살균수를 직접 주입할 경우 세균에 대한 살균력이 있음을 확인**하였다. 그러나 대조군에서 검출된 세균의 콜로니가 많지 않았으므로 수산생물 병원성 세균을 대상으로한 실험시에는 세균의 농도를 고려하여 효능 시험을 할 필요가 있다.



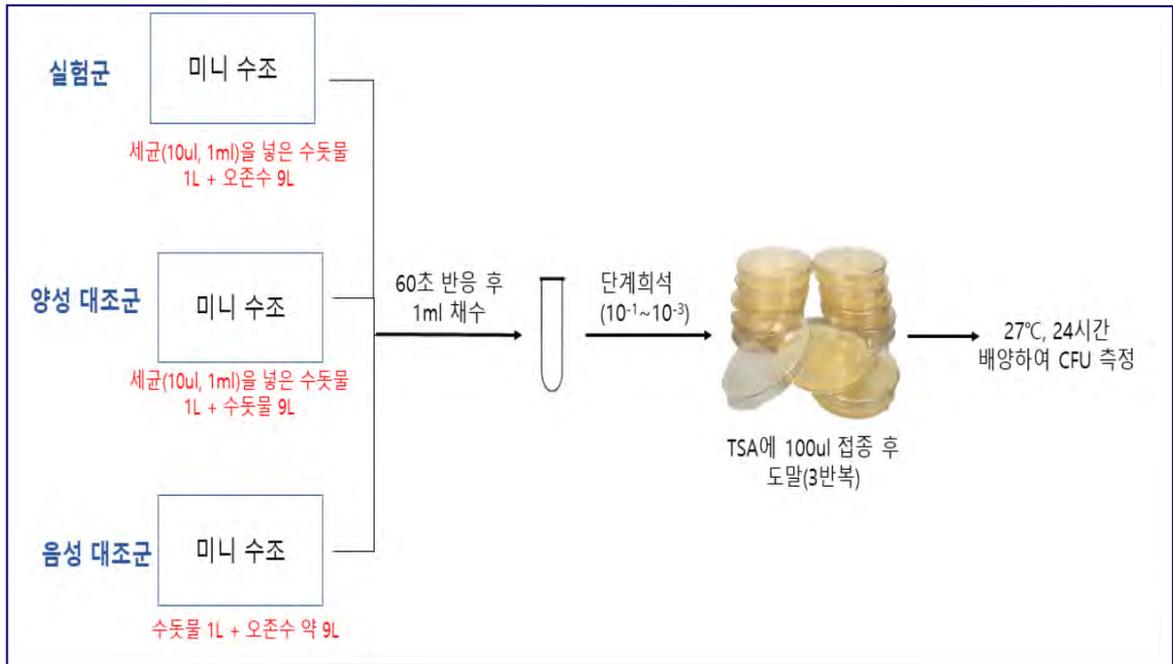
<그림 37> 플라즈마 살균수 직접 접촉에 의한 틸라피아 사육수 일반세균 살균 실험 결과

② 플라즈마 살균수 직접 접촉에 의한 *Aeromonas salmonicida*의 살균 시험 - 세균농도별

- 플라즈마 살균수를 직접 주입하여 세균과 접촉시킬 경우 살균력이 있음을 확인하였으므로, 본 연구과제의 목표 병원체의 하나인 수산생물 병원성 세균인 *A. salmonicida*에 대한 살균 효능을 판단하기 위해 본 실험을 진행하였다. 미니수조(1 L)에 *A. salmonicida* (10^8 CFU/ml)를 저농도($10 \mu\text{l}$)와 고농도(1 ml)로 구분하여 투여한 다음 플라즈마 살균수 9 L를 이 수조에 직접 주입하였다. 플라즈마 생성장비를 가동하여 살균수를 주입한 시간은 6초 전후였으며 접촉시간 동안 살균수의 오존농도는 0.34 ~ 5.38 ppm이었다(표 11). 양성대조군에는 플라즈마 살균수 대신 수돗물을 주입하였으며, 음성대조군에는 세균을 넣지 않았다. 각 그룹을 60초 동안 접촉시키고 1 ml씩 채수하였다. 채수한 샘플을 PBS로 단계 희석한 다음(10배, 100배, 1000배), 각각 TSA배지에 $100 \mu\text{l}$ 접종하였다. 그리고 27°C에서 24시간 동안 배양한 후 CFU/ml를 확인하였다(그림 38).

- 실험결과 저농도 세균(*A. salmonicida* $10 \mu\text{l}$)을 투여한 실험군 및 대조군은 두 그룹 사이에서 차이가 나타나지 않았다(그림 39). 그러나 고농도 세균(*A. salmonicida* 1 ml)을 투여한 실험군 및 대조군은 두 그룹 사이에서 명백한 차이를 보였다(그림 40). 고농도 실험군(플라즈마 처리수 접촉)은 세균이 검출되지 않았으며, 반면에 양성 대조군은 대략 1.9×10^4 CFU/ml 세균(100배 희석 시의 평균)이 검출되었다(표 12). 그리고 음성 대조군에서는 세균(*A. salmonicida*)이 검출되지 않았지만 일반세균은 검출되었다. 결론적으로 플라즈마 살균수가 *A. salmonicida*에 대해 살균력이 있다는 것을 확인하였다.

하지만 저농도(10 μ l)에서는 세균이 검출되지 않았고 고농도(1 ml)에서 검출된 세균 양도 높지 않았으므로 더 정확한 효능 평가를 위해 보다 높은 세균 농도에 대한 실험이 요구되었다.



<그림 38> 플라즈마 살균수 직접 접촉에 의한 *Aeromonas salmonicida*의 살균 세균농도별 실험 진행 과정. 희석에 사용한 용액은 PBS임.

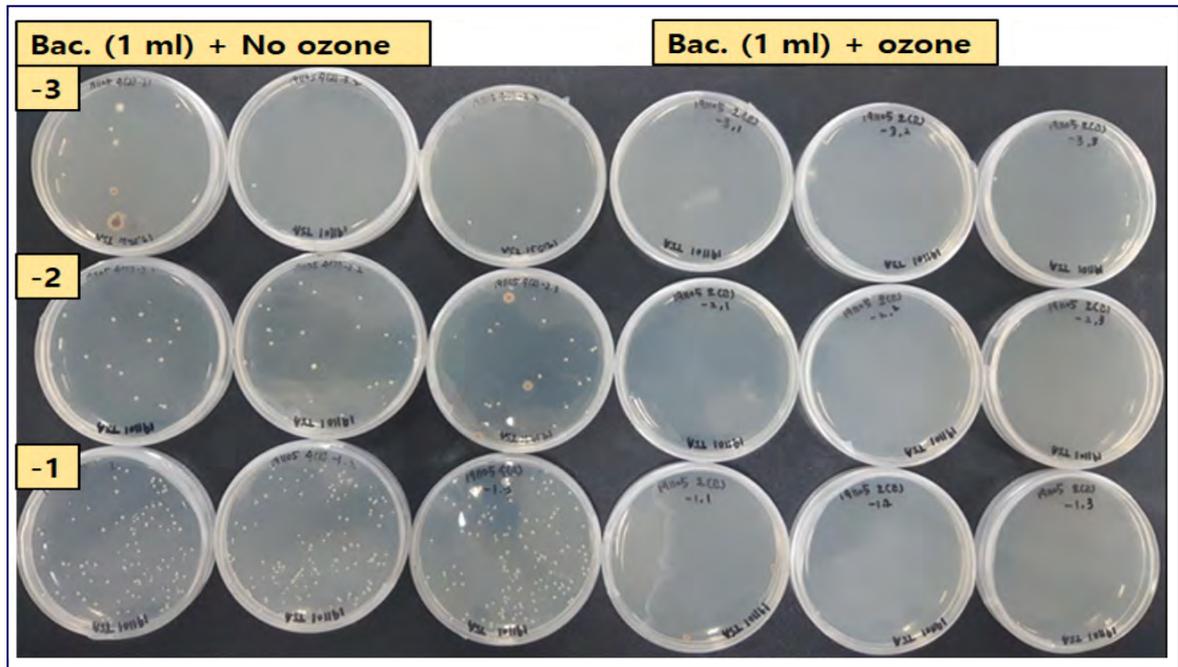
<표 11> 플라즈마 살균수 직접 접촉 시간 동안 미니수조 내 오존 농도 변화

ppm	오존(Bac. 1 ml)	오존(Bac. 10 μ l)
작동 전	0.13	0.18
시작	5.3	5.38
30초	0.5	1.33
1분	0.34	0.59

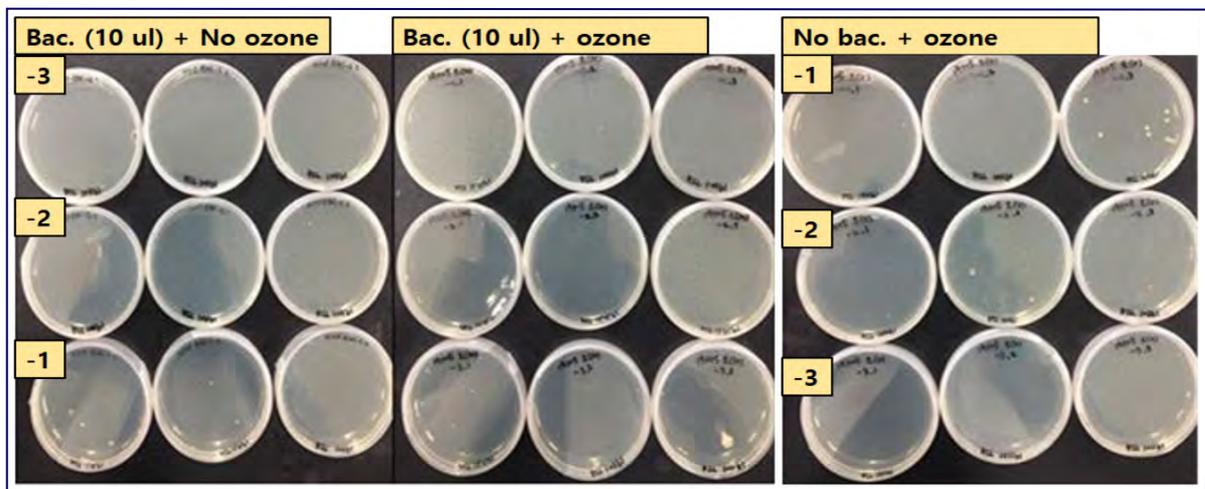
<표 12> 플라즈마 살균수 직접 접촉에 의한 *A. salmonicida* (1 ml)의 살균 시험 결과(CFU/ml, No ozone)

CFU/ml	Bac. (1 ml) No ozone 1	Bac. (1 ml) No ozone 2	Bac. (1 ml) No ozone 3
-1*	124 (1.24×10^4)	156 (1.56×10^4)	162 (1.62×10^4)
-2*	17 (1.7×10^4)	20 (2×10^4)	21 (2.1×10^4)
-3*	3 (3×10^4)	1 (1×10^4)	3 (3×10^4)

*는 단계 희석 배수(각각 10배, 100배, 1000배 희석)



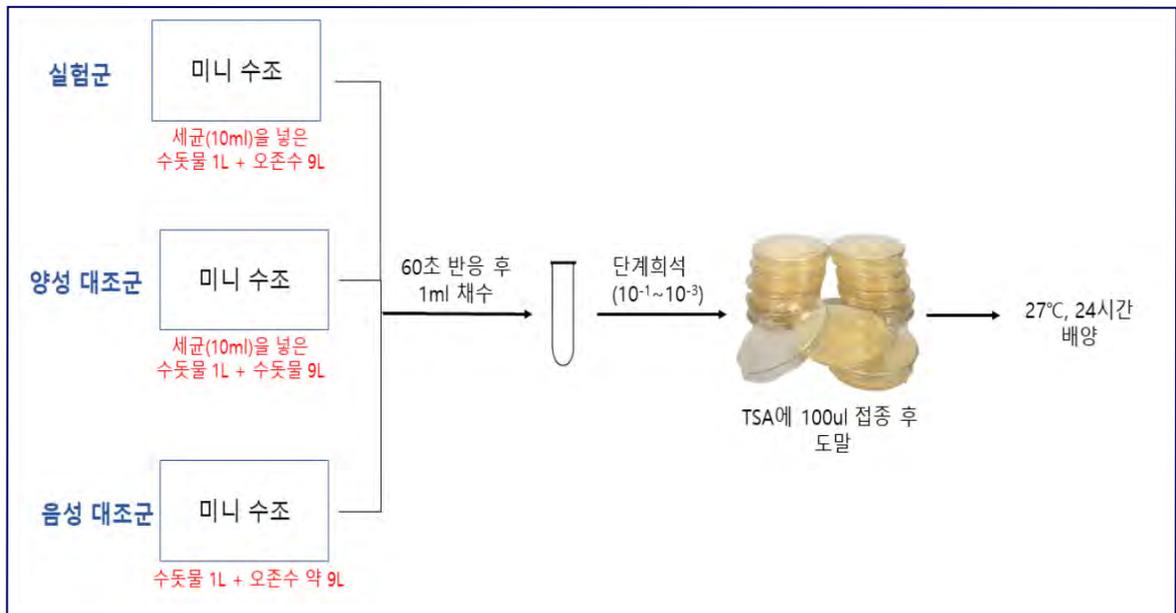
<그림 39> 플라즈마 살균수 직접 접촉에 의한 *A. salmonicida* (1 ml)의 살균 시험 결과



<그림 40> 플라즈마 살균수 직접 접촉에 의한 *A. salmonicida* (10 μ l)의 살균 시험 결과

③ 플라즈마 살균수의 *Aeromonas salmonicida*에 대한 최적화된 살균 효능 실험

- 수산생물 병원성 세균인 *Aeromonas salmonicida*에 대한 플라즈마 살균수의 살균 효능은 확인하였으나, 효능 검사 방법의 최적화를 위하여 직전 실험의 세균 농도를 10배 높여 동일한 실험을 실시하였다. 이를 위해 세균 *A. salmonicida* (10^8 CFU/ml)를 미니수조에 10 ml 투여 했으며, 미니수조에 직접 플라즈마 플라즈마 살균수를 주입하였다. 플라즈마 생성장비를 가동하여 살균수를 주입한 시간은 6초 전후였으며 접촉시간 동안 살균수의 오존 농도는 0.10 ~ 1.06 ppm이었다. 실험의 진행 내용을 그림으로 요약하면 다음과 같다 (그림 41).



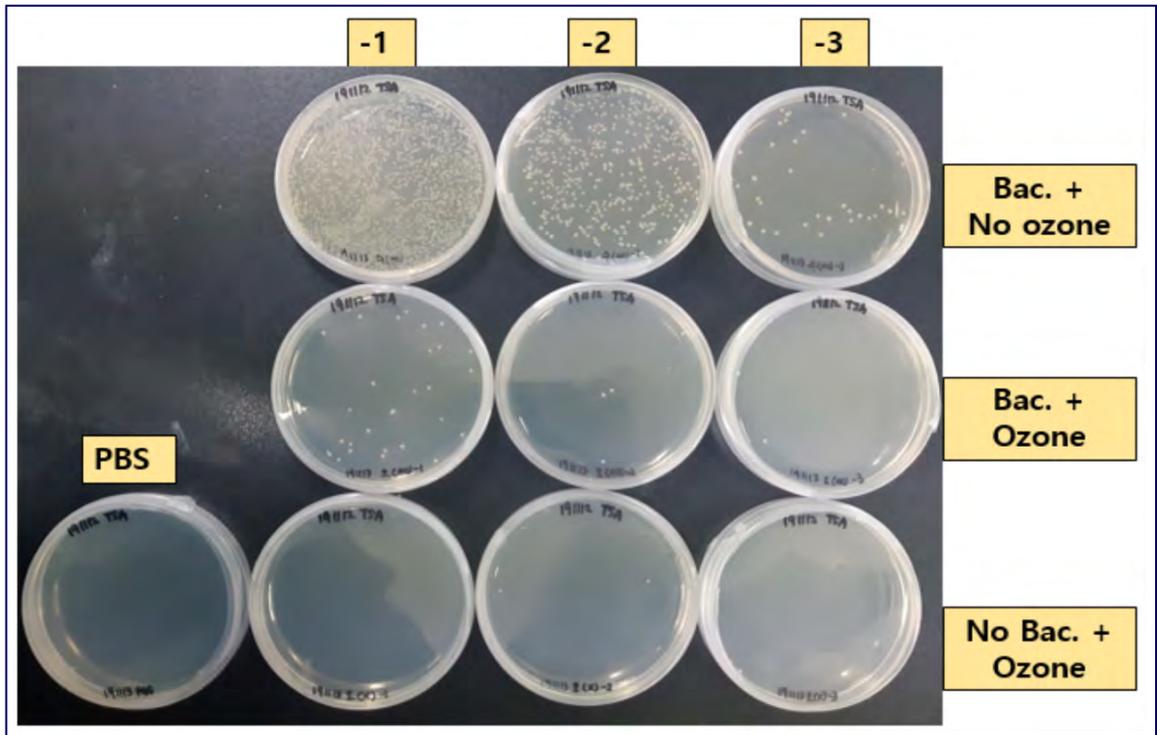
<그림 41> 플라즈마 살균수의 *A. salmonicida*에 대한 최적화된 살균 효능 실험 결과. 희석에 사용한 용액은 PBS임.

- 실험결과 및 고찰

실험결과 양성대조군은 4.1×10^5 CFU/ml 세균이 검출 되었으며, 실험군은 3.2×10^3 CFU/ml 세균이 검출되었다(표 13, 그림 42). 따라서 *A. salmonicida*에 대한 양성대조군과 실험군의 세균 검출량을 비교해 봤을 때 **99.21%** 살균율을 보였다. 99.9% 이상의 살균율이 나타나지 않은 것은 유입된 살균수의 오존농도 감소 때문인 것으로 생각된다. 따라서 플라즈마 살균장비를 가동하여 지속적인 살균수 유입이 가능하다면 더 높은 살균 효능 기대 할 수 있다. 그리고 살균 가능한 오존 농도가 일정하게 유지되도록 하는 것이 중요하다.

<표 13> 플라즈마 살균수의 *A. salmonicida*에 대한 최적화된 살균 효능 실험 결과.
세균 10 ml 처리 후 CFU/ml.

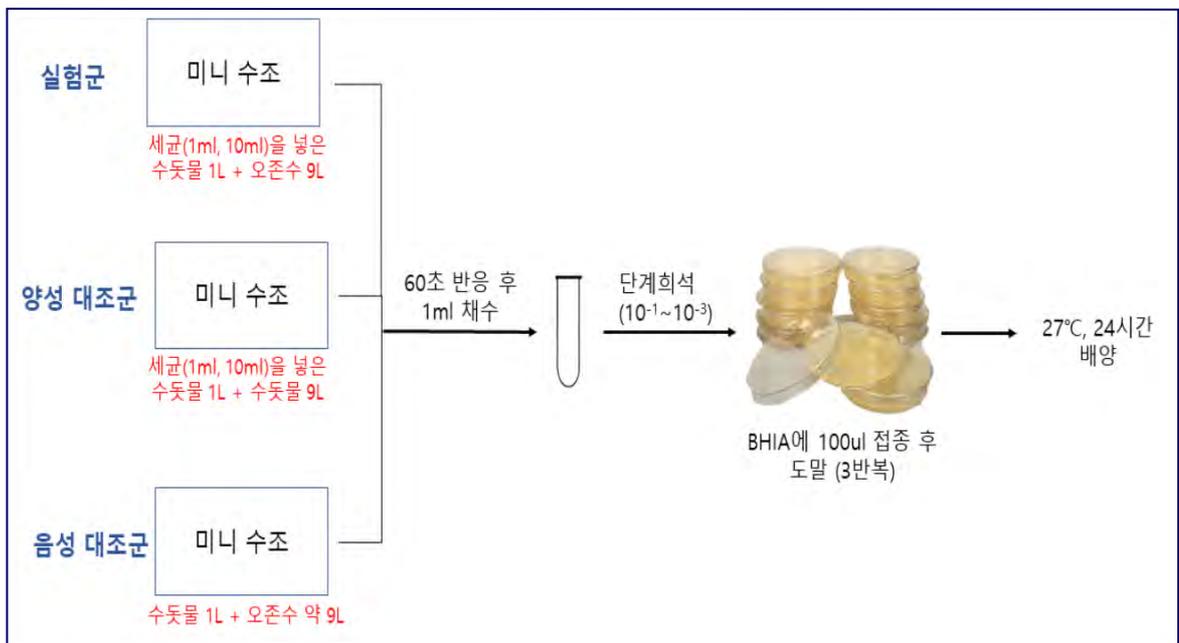
CFU/ml	Bac. (10 ml) + No ozone	Bac. (10ml) + Ozone	No Bac. + Ozone
-1	계수 불가	32 (3.2×10^3)	-
-2	612 (6.12×10^5)	6 (6×10^3)	-
-3	41 (4.1×10^5)	1 (1×10^4)	-



<그림 42> 플라즈마 살균수의 *A. salmonicida*에 대한 최적화된 살균 효능 실험 결과.
세균 10ml 처리 후 배양 결과.

④ 플라즈마 살균수의 *Streptococcus iniae*에 대한 최적화된 살균 효능 실험

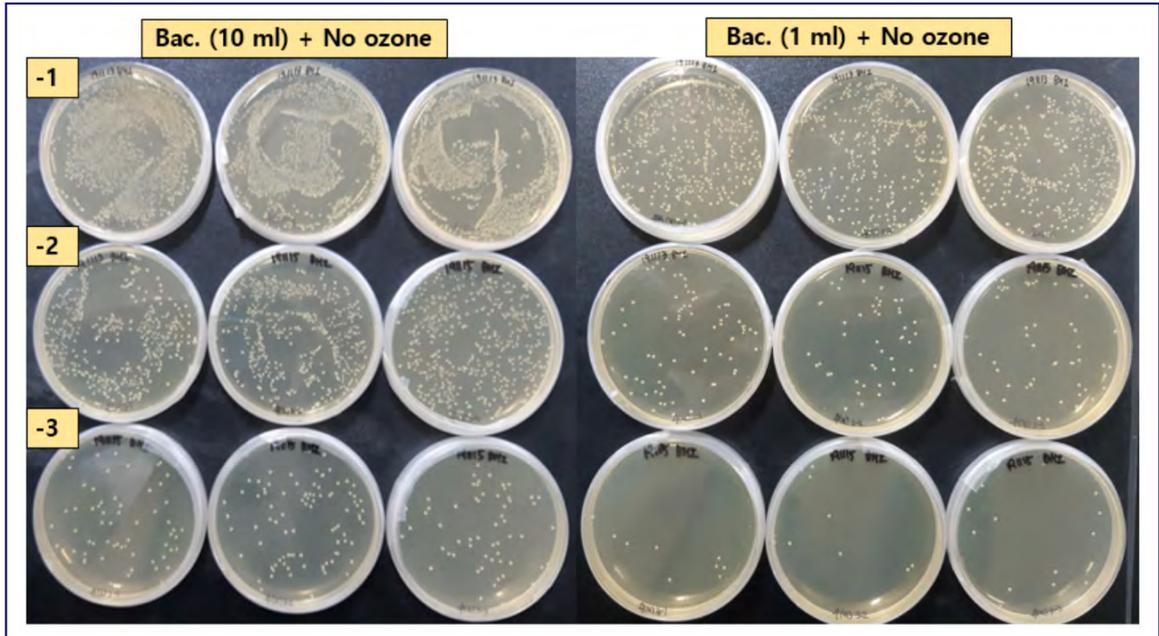
- *A. salmonicida*에 대한 효능실험을 통해 최적화한 방법을 적용하여 또 다른 수산생물 병원성 세균인 *Streptococcus iniae*에 대한 살균력 평가하였다. 미니수조(1 L)에 *S. iniae* (10^8 CFU/ml)를 저농도(1 ml)와 고농도(10 ml)로 구분하여 투여한 다음 플라즈마 살균수 9 L씩을 직접 주입하였다. 양성대조군은 플라즈마 살균수 대신 수돗물을 처리하였으며, 음성대조군은 세균을 넣지 않았다. 각 그룹을 60초 동안 반응시키고 1 ml씩 채수하였다. 플라즈마 생성장비를 가동하여 살균수를 주입한 시간은 6초 전후였으며 접촉시간 동안 살균수의 오존농도는 0.14 ~ 2.25 ppm이었다. 채수한 샘플을 PBS로 단계 희석한 다음 BHIA배지에 100 μ l씩 접종하였다. 그리고 27°C에서 24시간 동안 배양하고 CFU/ml를 확인하였다. 실험 과정은 아래 그림과 같다(그림 43).



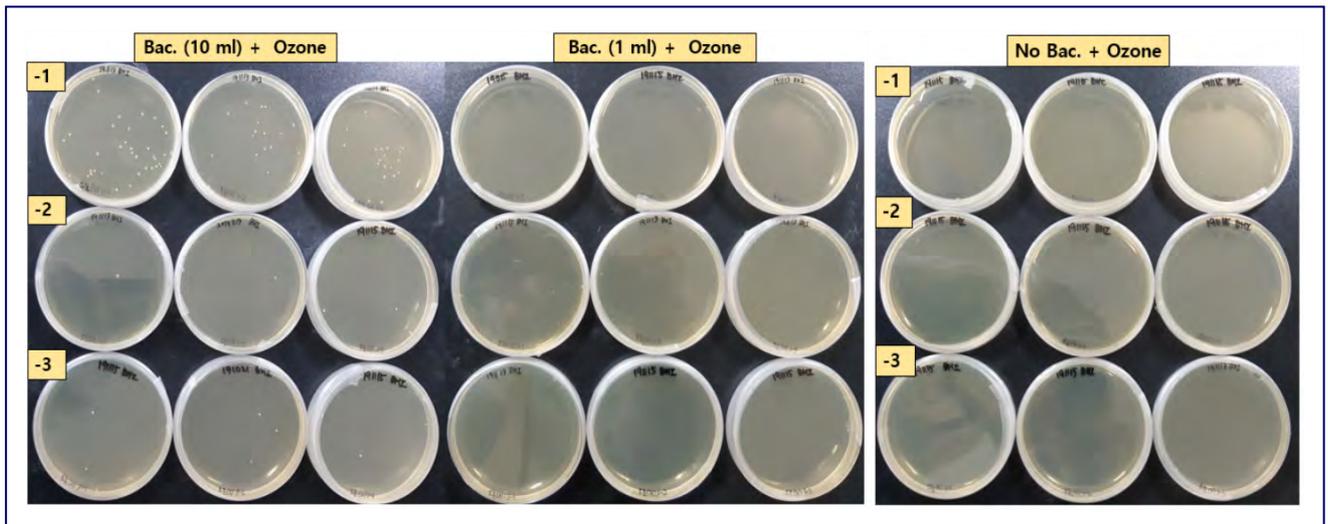
<그림 43> 플라즈마 살균수의 *Streptococcus iniae*에 대한 최적화된 살균 효능 실험 과정

- 실험 결과 및 고찰

고농도 양성대조군(10 ml)은 7×10^5 CFU/ml 세균이 검출 되었으며, 고농도 실험군(10 ml)은 2.5×10^3 CFU/ml 세균이 검출되었다(그림 44, 그림 45, 표 14, 표 15). 따라서 *Streptococcus iniae*에 대한 양성대조군과 실험군의 세균 검출량을 비교해 봤을 때 **99.64%** 살균율을 보였다. 그리고 저농도 양성대조군(1 ml)은 세균이 검출되었으며, 저농도 실험군(1 ml)은 세균이 검출되지 않았다. 결론적으로 플라즈마 살균장비는 *S. iniae*에 대해 강한 살균력을 나타내었다. 그리고 반응 시간과 세균 농도에 따라 살균력이 달라 질 것으로 예측되었다.



<그림 44> 플라즈마 살균수의 *Streptococcus iniae*에 대한 최적화된 살균효능 검사 결과 (No ozone, 세균 각 10 ml 또는 1 ml 투여 실험 결과)



<그림 45> 플라즈마 살균수의 *Streptococcus iniae*에 대한 최적화된 살균 효능 검사 결과 (Ozone, 세균 각 10 ml 또는 1 ml 투여 실험 결과)

<표 14> 플라즈마 살균수의 *Streptococcus iniae*에 대한 최적화된 살균 효능 검사 결과 (No ozone, 세균 10ml 또는 1 ml 처리 후 CFU/ml).

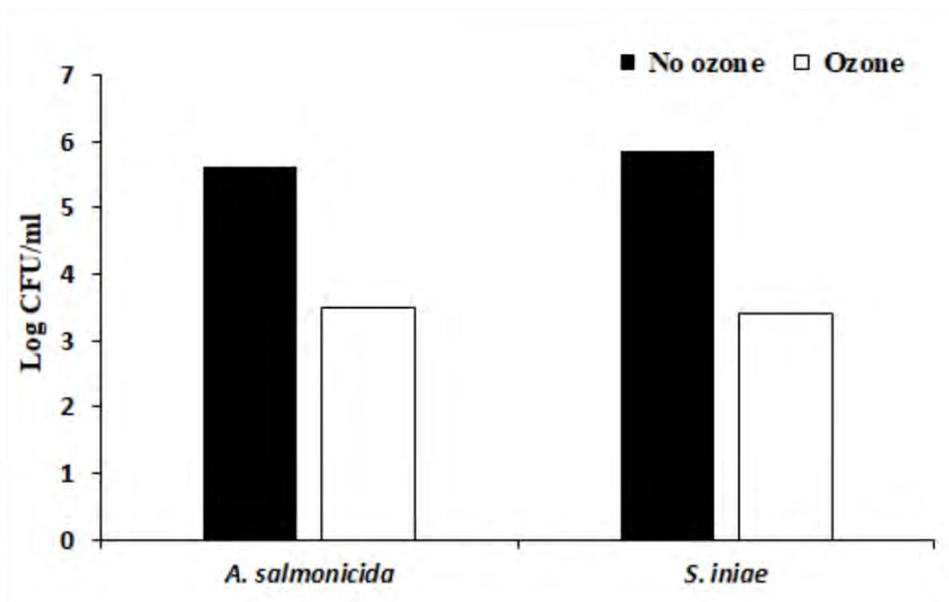
CFU/ml	Bac. (10 ml) + No ozone			Bac. (1 ml) + No ozone		
	-1	계수 불가	계수 불가	계수 불가	4.88×10^5	4.86×10^5
-2	5.9×10^5	6.97×10^5	5.77×10^5	7.6×10^5	5.3×10^5	5.6×10^5
-3	6.1×10^5	9×10^5	5.8×10^5	9×10^5	8×10^5	1.2×10^5

〈표 15〉 플라즈마 살균수의 *Streptococcus iniae*에 대한 최적화된 살균 효능 검사 결과 (Ozone, 세균 10 ml 또는 1 ml 처리 후 CFU/ml).

CFU/ml	Bac. (10 ml) + Ozone			Bac. (1 ml) + Ozone		
	-1	3.7×10^3	1.9×10^3	2.1×10^3	-	-
-2	1×10^3	2×10^3	4×10^3	-	-	-
-3	1×10^4	3×10^4	1×10^4	-	-	-

○ 수산생물 병원성 세균에 대한 플라즈마 살균수의 살균 효능 확인

이상의 검사방법 최적화 과정 및 살균 효능 검사 결과, 플라즈마 살균수는 수산생물 병원성 세균인 *A. salmonicida*와 *S. iniae*에 대해 99% 이상의 강력한 살균 효과를 보여주었다 (그림 46). 따라서 얻어진 결과에 근거하여, 플라즈마 살균장비를 어류양식장에 적용할 경우 질병 예방 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단한다.

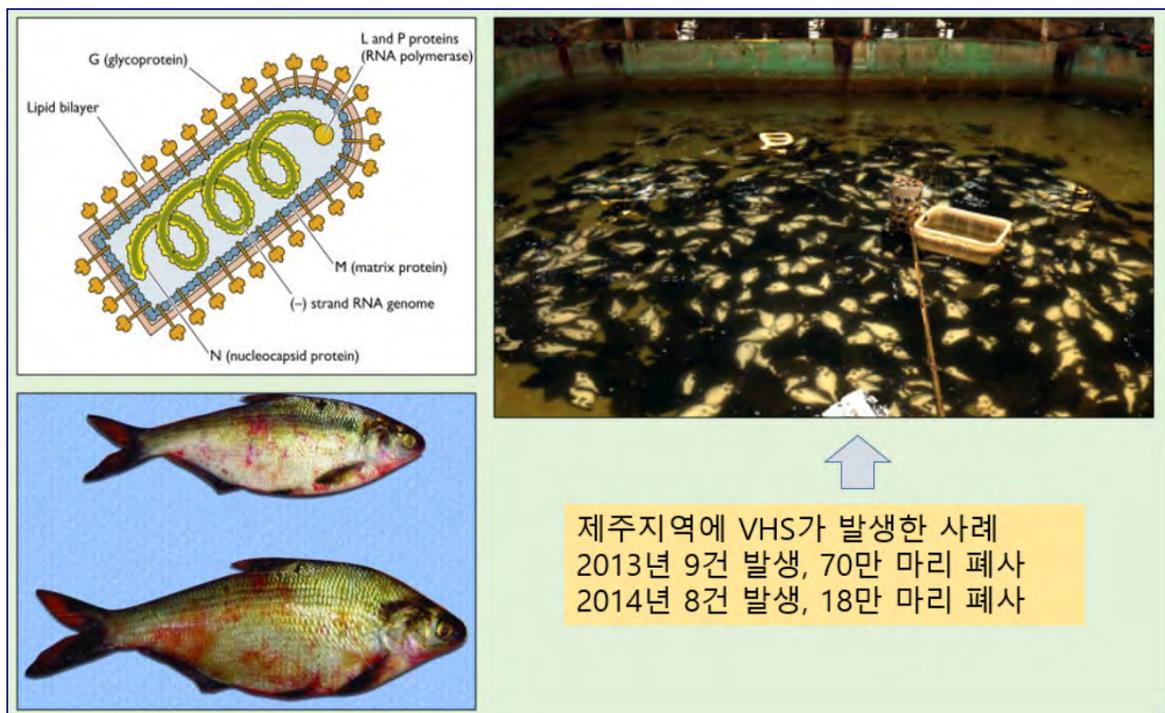


〈그림 46〉 플라즈마 살균수의 수산생물 병원성 세균 *A. salmonicida*와 *S. iniae*에 대한 살균효과

(바) 수산생물 병원성 바이러스에 대한 증식 억제력 평가

① 실험에 사용한 수산생물 병원성 바이러스(VHSV_Viral hemorrhagic septicemia virus)

VHSV는 *Rhabdoviridae*과에 속하며, 외막이 있는 ssRNA 바이러스이다. 주로 유럽 송어양식에 매우 치명적인 질병이지만 국내에서 무지개송어 양식장에서 검출된 기록은 아직 없다. 하지만 넙치와 같은 해산어류에 큰 피해를 일으키는 바이러스성출혈성패혈증의 원인병원체이므로(그림 47) 이 병원체의 구제 방안 수립에 대한 연구는 매우 중요하다. VHSV는 성어보다 치어에서 더 높은 감수성을 보인다. 본 병의 증상은 3가지로 나뉘는데 급성형은 체색흑화, 아가미와 지느러미 기저부 발적, 복강출혈, 간, 신장, 비장 종대, 복수가 차는 증상을 나타내며, 만성형은 체색흑화, 안구돌출, 복부 팽만, 아가미 탈색 및 빈혈, 내부장기 퇴색, 간, 신장, 비장 부종 증상을 나타낸다. 그리고 신경형은 신경질적인 회전유영을 하며 체색흑화, 안구돌출, 신장 비대가 나타낸다. 본 실험은 바이러스 분리주 VHSV, KJ2008을 사용하여 진행하였다.



<그림 47> 어류 바이러스성출혈성패혈증의 원인병원체인 VHSV의 형태와 발병 사례

② 플라즈마 살균수의 VHSV에 대한 증식 억제력 실험 (VHSV 1차 & 2차)

- ▶ 플라즈마 살균수 채수 방법: 저수탱크를 거치지 않고 살균수를 미니수조로 직접 주입
- ▶ 미니수조에서 바이러스가 플라즈마 살균수와 바로 접촉
- ▶ [소독제 효력지침] 일부 조정
- ▶ 플라즈마 살균수 접촉시간: 60초
- ▶ 1차 실험은 미니수조 내 수온을 23°C
- ▶ 2차 실험은 미니수조 내 수온을 15°C

■ 실험 목적과 내용

본 실험의 목적은 플라즈마 살균장비의 어류 병원성 바이러스 VHSV에 대한 증식억제력을 평가하는데 있다. 실험 준비 과정으로 VHSV (10^8 TCID₅₀^{*})를 희석하여 바이러스 희석액(10^7 TCID₅₀)을 제조하였다. 그리고 바이러스를 저농도(500 μ l)와 고농도(5 ml)로 나누어 미니수조에 VHSV 접종하였으며, 플라즈마 살균수를 주입한 실험군(A, B)과 플라즈마 살균수를 주입하지 않은 대조군(C, D) 그리고 음성대조군(E), 양성대조군(F)으로 구분하여 실험을 진행하였다.

플라즈마 살균수의 바이러스 증식 억제력을 평가하기 위해 미니수조에 플라즈마 살균수를 주입하고 1분 동안 반응시켰으며, 반응 완료 후 각 수조에서 water 샘플을 1 ml 채수하였다. 이때, 1차 실험은 미니수조 내 수온을 23°C로 유지하였으며, 2차 실험은 미니수조 내 수온을 15°C로 유지 시켰다. 채수한 샘플은 14 ml 튜브에서 단계희석을 하였고 총 4개의 96 well plate에 접종하였다. VHSV는 EPC에 접종하였으며, 15°C에서 7일 ~ 14일 동안 배양하였다. VHSV에 대한 플라즈마 살균수 효능 평가 과정은 그림 48 및 그림 49와 같이 진행하였다.

* TCID₅₀(tissue culture infective dose 50%, 세포반수감염용량): 희석시킨 바이러스 부유액을 각 희석배수별로 5개 이상의 세포 집단에 접종시켜 50%를 감염시키는 바이러스 희석배수를 titer로 나타낸 것. 각 배수별로 바이러스를 접종시킨 세포집단을 관찰하여 CPE 유무를 판정하여 감염된 well의 %를 계산함.

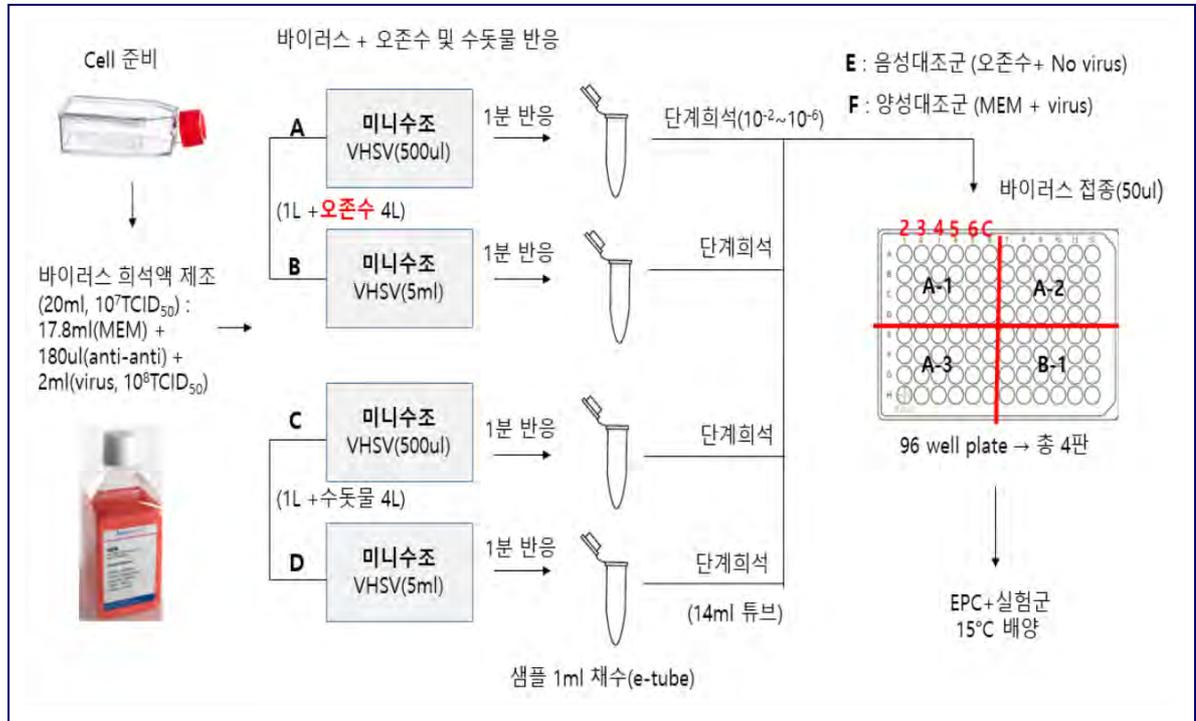
■ VHSV 1차 & 2차 실험 시 살균수의 오존 농도 변화

- 1차 VHSV (5 ml) → 가동 시작, 3.58 ppm ~ 1분 반응 후, 0.12 ppm로 감소
- 1차 VHSV (500 μ l) → 가동 시작, 6.52 ppm ~ 1분 반응 후, 0.58 ppm로 감소
- 2차 VHSV (5 ml) → 가동 시작, 1.47 ppm ~ 1분 반응 후, 0.32 ppm로 감소
- 2차 VHSV (500 μ l) → 가동 시작, 2.57 ppm ~ 1분 반응 후, 0.27 ppm로 감소

■ 실험 결과 및 고찰

양성대조군(F)에서는 $10^{7.3}$ TCID₅₀ /ml 역가가 나타났다. 하지만 음성대조군(E)을 포함한 모든 실험군(A,B), 대조군(C,D)에서 CPE가 관찰되지 않았다. 플라즈마 살균수를 주입한 수조는 VHSV가 불활성화되어 CPE가 나타나지 않았다고 생각할 수 있지만 플라즈마살

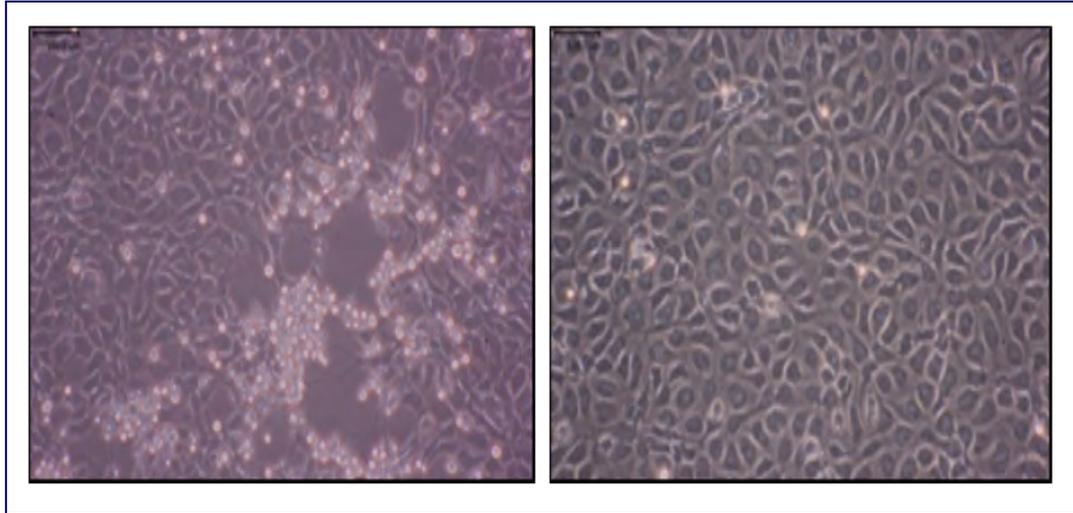
균수를 주입하지 않은 수조에서도 CPE가 나타나지 않아 그럴 가능성은 없어 보였다. CPE가 나타나지 않은 이유는 미니수조 내에 접종한 바이러스 농도가 너무 낮았거나 높은 희석배수가 문제가 되었다고 판단된다. 따라서 이 조건을 수정하여 VHSV 3차 실험을 진행하였다. * 세포변성효과(cytopathic effect, CPE)(그림 50)



<그림 48> VHSV에 대한 플라즈마 살균수 증식 억제력 효능 평가 과정 (VHSV 1차 & 2차)



<그림 49> VHSV에 대한 플라즈마 살균수 증식 억제력 효능 평가 실험 모습



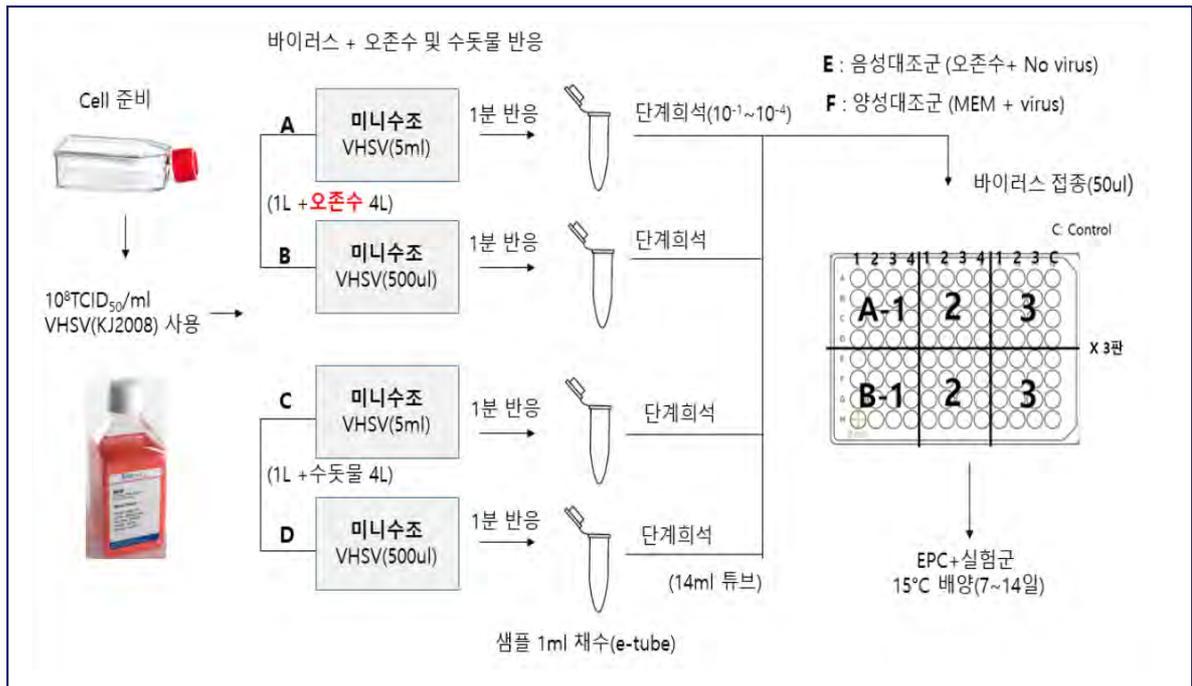
<그림 50> 바이러스에 의한 CPE가 나타난 세포(좌)와 정상세포(우)의 모습

③ 플라즈마 처리수의 VHSV에 대한 증식 억제력 실험 (VHSV 3차)

- ▶ 플라즈마 살균수 채수 방법: 저수탱크를 거치지 않고 살균수를 미니수조로 직접 주입
- ▶ 미니수조에서 바이러스가 플라즈마 살균수와 바로 접촉
- ▶ [소독제 효력지침] 일부 조정
- ▶ 플라즈마 살균수 접촉시간: 60초
- ▶ 미니수조 내 수온은 15°C
- ▶ 희석하지 않은 VHSV 사용(고농도)

■ 실험내용

VHSV 1차, 2차 실험에서 CPE가 나타나지 않은 이유를 접종한 바이러스의 농도가 너무 낮았거나 높은 희석배수가 문제가 되었다고 판단하였다. 따라서 VHSV 3차 실험에서는 바이러스 VHSV (10^8TCID_{50})를 희석하지 않고 고농도로 사용하였다. VHSV 1차, 2차 실험과 마찬가지로 바이러스를 저농도(500 μl)와 고농도(5 ml)로 나누어 미니수조에 VHSV 접종하였으며, 플라즈마 살균수를 주입한 실험군(A, B)과 플라즈마 살균수를 주입하지 않은 대조군(C, D) 그리고 음성대조군(E), 양성대조군(F)으로 구분하여 실험을 진행하였다. 미니수조에 플라즈마 살균수를 주입하고 1분 동안 반응시켰으며, 반응 완료 후 각 미니수조의 물을 1 ml 채수하였다. 미니수조 내 수온은 15°C로 유지시켰다. 채수한 샘플은 14 ml 튜브에서 단계희석(10배 ~ 10000배)을 하였고 총 4개의 96 well plate에 접종하였다. VHSV는 EPC에 접종하였으며, 15°C에서 7일 ~ 14일 동안 배양하였다. VHSV에 대한 플라즈마 살균장비 효능 평가 과정은 그림 51과 같다.



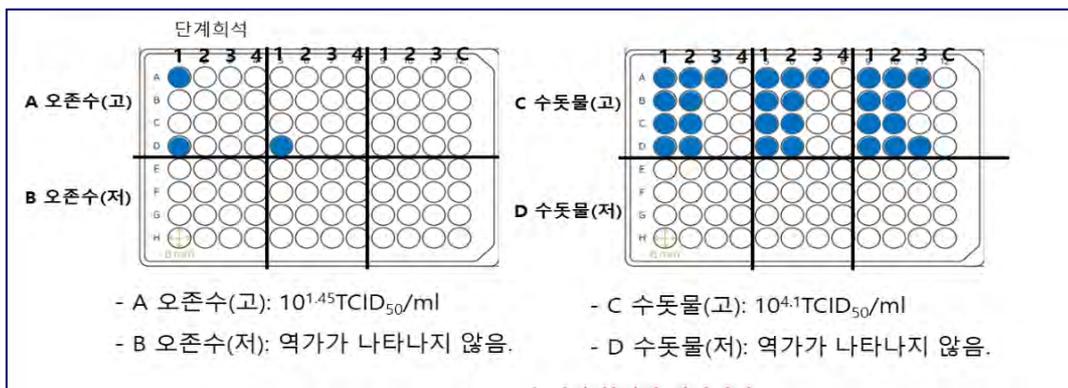
<그림 51> VHSV에 대한 플라즈마 살균수의 증식 억제력 효능 평가 과정 (VHSV 3차)

■ VHSV 3차 실험시 살균수의 오존 농도 변화

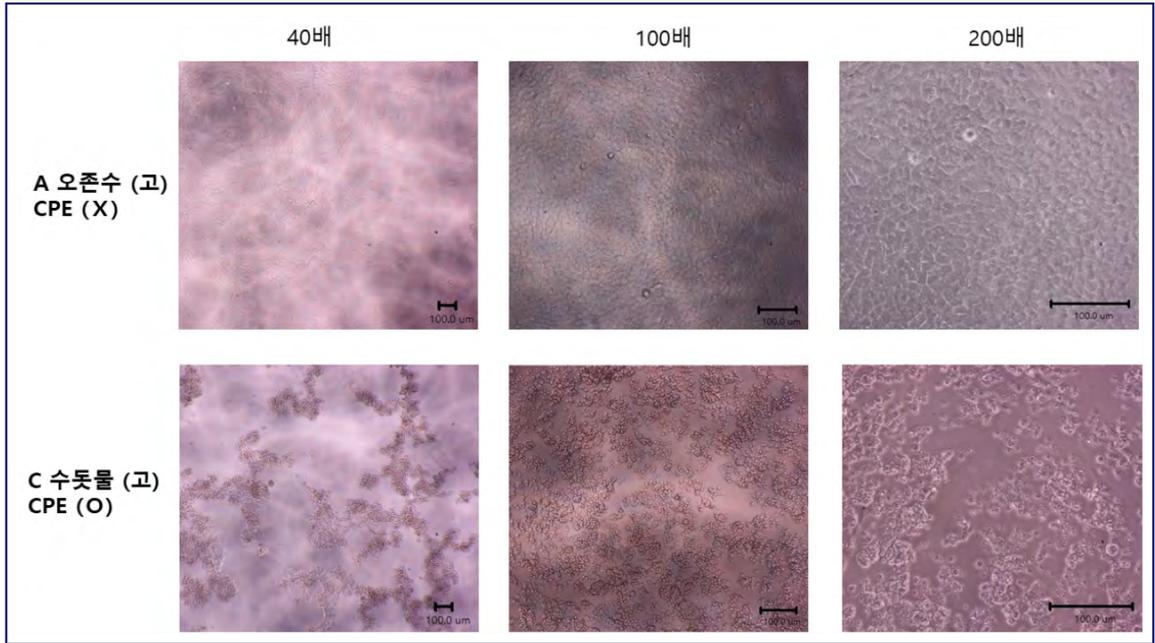
- 3차 VHSV (5 ml) → 가동 시작, 1.89 ppm ~ 1분 반응 후, 0.17 ppm로 감소
- 3차 VHSV (500 μl) → 가동 시작, 2.25 ppm ~ 1분 반응 후, 0.41 ppm로 감소

■ 실험 결과

- 본 실험 결과 실험군(A)와 대조군(C)에서는 CPE가 관찰되었으며, $10^{2.65}TCID_{50}/ml$ 의 역가 차이를 확인하였다. 그러나 실험군(B)와 대조군(D)에서는 CPE가 관찰되지 않았다(그림 52, 그림 53). 실험군(B)와 대조군(D)에서 CPE가 나타나지 않은 것은 바이러스 증식이 가능한 농도가 아니었기 때문으로 추정된다. 양성대조군(F)에서는 1차, 2차 시험과 비슷한 $10^{7.55}TCID_{50}/ml$ 의 역가를 나타냈으며, 음성대조군(E)에서는 역가가 나타나지 않았다. 고농도 VHSV를 접종한 실험군(A)와 대조군(C)를 비교하였을 때, 확실한 역가 감소가 나타났으므로 플라즈마 처리수가 VHSV 증식 억제에 효과가 있는 것으로 판단된다.



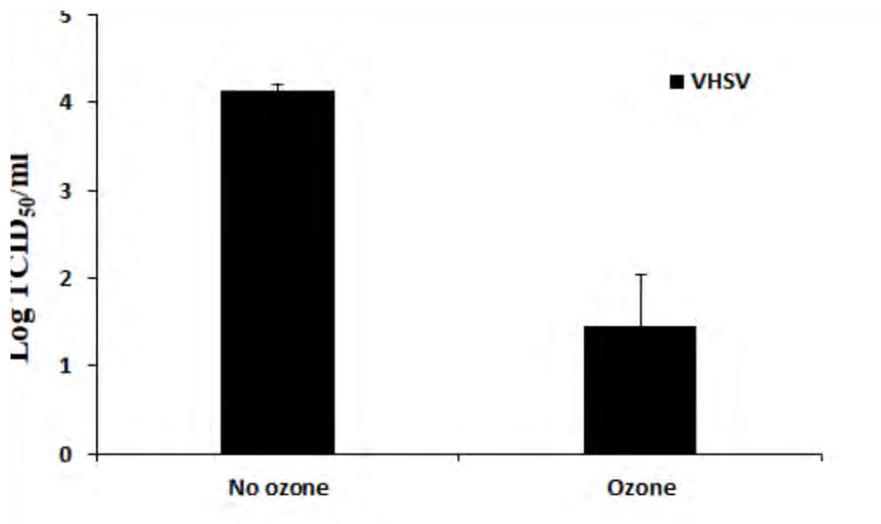
<그림 52> 플라즈마 살균수에 의한 바이러스 역가 조사 결과



〈그림 53〉 VHSV에 대한 플라즈마 살균수의 증식 억제력- EPC에서 관찰된 CPE의 차이(광학현미경, 40×, 100×, 200×).

○ 수산생물 병원성 바이러스 VHSV에 대한 플라즈마 살균수의 증식 억제력 확인

이상의 검사방법 최적화 과정 및 증식 억제력 효능 검사 결과, 플라즈마 처리수는 VHSV를 고농도로 접종한 실험군(A)와 대조군(C) 사이에서 $10^{2.65}TCID_{50}/ml$ 의 역가 차이가 나타났으며, 90% 이상의 증식 억제력을 보였다(그림 54). 그리고 본 실험은 플라즈마 살균수를 지속적으로 주입하지 않고 1분 동안 반응시킨 실험이므로 플라즈마 살균수를 지속적으로 주입시키는 방법으로 어류양식장에 적용할 경우 보다 확실한 바이러스성 질병 예방 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.



〈그림 54〉 플라즈마 살균수의 증식 억제력 평가 결과

다. 플라즈마 살균장비 효능 평가 - 어류양식장 적용 실험

(1) 송어양식장 현장 효능 평가

(가) 목표 및 내용

본 실험의 목적은 본 과제에서 선정된 표적시장인 수산양식업 분야 현장에 플라즈마 살균장비를 적용할 수 있는 지, 또 효율적인 적용 방안과 주의할 점은 무엇인지 등을 파악하는데 있다. 이 목적을 달성하기 위하여 현재 무지개송어를 생산하고 있는 강원도 평창 소재 원복송어양식장을 섭외하여 양식현장에 플라즈마 살균장비 설치하고 효능 시험을 실시하였다(그림 55). 무지개송어 종묘 생산 시 어린 개체가 감염성 질병에 취약하다는 해당 양식장의 요청을 반영하여 부화 자어를 대상으로 실험을 실시하였다. 수조 마다 플라즈마 살균수의 오존 농도를 다르게 설정하여 플라즈마 살균수의 농도 차이에 따른 성장률, 생존율, 질병 발생을 조사하고자 계획하였다.

(나) 기대효과

플라즈마 살균장비를 적용하여 사육수조 내 어류 병원성 미생물을 살균하여 질병 발생을 예방할 수 있다. 또한 사육수조의 수질 개선으로 생산성 향상을 기대할 수 있다.



<그림 55> 원복 평창송어양식장

(다) 양식어 소개(무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*)

① 무지개송어 특징

- 대표적인 냉수성 어종으로 몸 측면에 적색의 세로줄 무늬가 있어서 무지개송어라 하며(그림 56), 체표면에는 작은 흑점이 많이 산재해 있고 치어는 연어과 어류의 특징인 parr mark를 갖는다. 연어과 어류는 바다와 강을 오가는 왕복성 어종과 오로지 민물에서만 사는 육봉형 어종이 있다. 우리나라에 도입되어 우리가 일반적으로 무지개송어라고 부르는 것은 바다로 가지 않는 육봉형에 해당된다.

- 수온 10~20℃에서 생활하며 25℃ 이상이 되면 쇠약해져 폐사한다. 주된 먹이는 수생곤충, 부유생물, 작은 연체류와 갑각류 및 작은 물고기 등이다. 우리나라에 도입된 무지개송어의 산란기는 일반적으로 봄·가을 두 시기가 있으며, 주로 10월~3월에 산란하고 북미의 자연산 송어는 봄(4~6월)에 산란한다. 또한 다른 어류에 비해서 성장이 빠르고 번식력이 강하며 맛도 좋아 양식 대상 물고기로 인기가 있다.

② 국내 송어 양식 현황

국내 송어 양식은 1965년 미국에서 송어알 1만 개를 기증받아 화천댐 인근에서 송어 양식을 시작하였고 1966년 양식 환경이 보다 적합한 평창군 평창읍으로 이전하여 양식에 성공해 오늘에 이르고 있다. 현재 우리나라 송어 양식은 전국 200여 개이며 양식장이 90% 이상이 강원도, 충청북도, 경상북도에 위치하고 양식장에서 연간 약 4,000톤을 생산하고 있다. 국내에서는 주로 차가운 지하수를 이용한 유수식 방식으로 양식하고 있다.



<그림 56> 무지개송어 외형

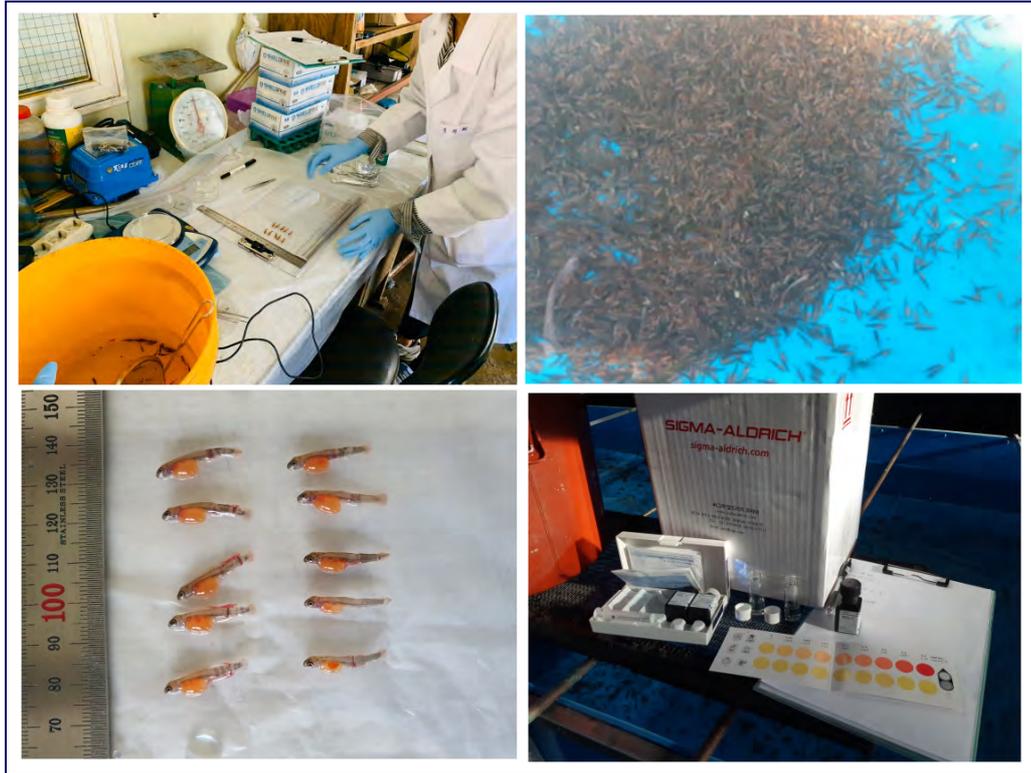
(라) 원북송어양식장 1차 채집

① 현장 채집 준비

정밀저울(0.00g), 장화, 계측도구, 계측장, 뜰채, 드라이아이스, E-tube, 락, 포르말린, 해부도구, 알콜솜(해부용), 일회용 10ml 피펫, 별문(채수용), 3차증류수 및 거즈(수질측정 기보준용), 글러브, 다목적 수질측정기(YSI)

② 현장상황 및 내용

양식장에 무지개송어 치어를 수용할 수 있는 수조는 총 6개 있었으며 6개의 수조 중 6번 수조에서 이미 생산된 치어를 사육하고 있었다. 플라즈마 살균장비를 바로 설치하고자 했지만 양식장 지하수 물탱크 문제로 플라즈마 살균장비 설치 및 수조내 오존 농도 설정이 지연되었다. 무지개송어 치어의 성장률 측정을 위해 무작위로 치어 30마리의 전장, 체고, 무게 계측하였다. 또한 질병 모니터링을 위해 무지개송어 치어를 3마리씩 채집하였으며, DNA용 샘플 및 RNA용 샘플을 각 3개씩 채집하였다(그림 57).



<그림 57> 무지개송어 치어 1차 샘플링 진행 과정

③ 수질 측정

다목적 수질 측정기(YSI pro1020)를 사용하여 무지개송어 치어가 사육중인 6번 수조의 수질을 측정하였다(그림 58). 측정결과 : 수온: 11.9 °C, pH: 8.01, 용존산소: 10.77 mg/L, 아질산염: 0 mg/L, 질산염: 1 mg/L, 암모늄: 0 mg/L



<그림 58> 실험수조 및 수질측정 모습

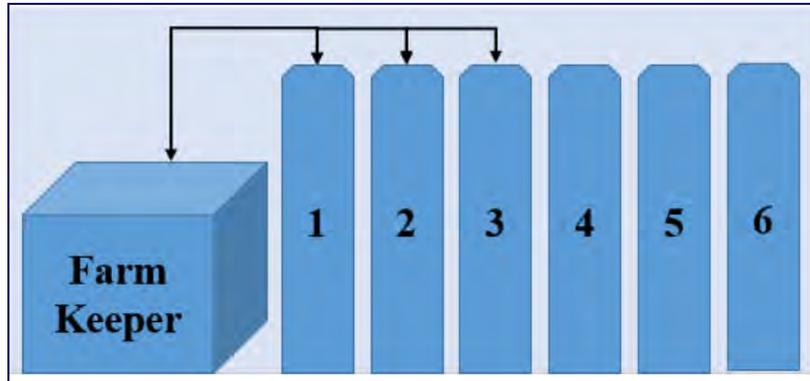
④ 성장률 비교를 위한 30마리 계측

- 무지개송어 평균 전장(cm) : 2.31 ± 0.12
- 무지개송어 평균 체고(cm) : 0.25 ± 0.06
- 무지개송어 평균 중량(g) : 0.11 ± 0.02

(마) 원복송어양식장 2차 채집

① 목표 오존 농도 설정 값

장기 사육 실험의 목표 오존 농도는 1번 수조 0.1 ppm, 2번 수조 0.07 ppm, 3번 수조 0.04 ppm (주입구로 부터 1 m 떨어진 곳에서 측정한 값)였으며, 플라즈마 살균장비는 1분 30초 운전, 15분 정지로 설정하였다(그림 59).



<그림 59> 플라즈마 살균장비 셋팅 모식도

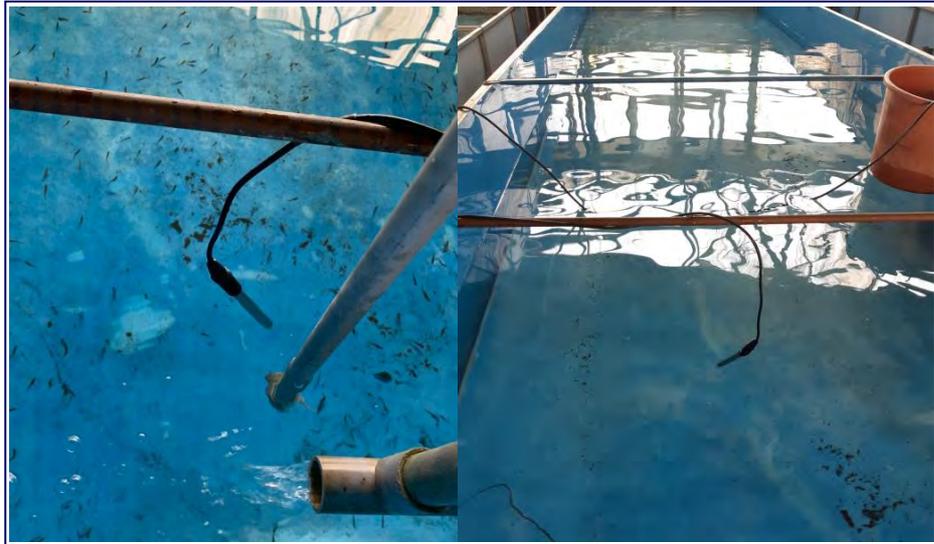
② 현장상황 및 내용

수조내 오존 농도 설정을 완료하였다(1번 수조 0.1 ppm, 2번 수조 0.07 ppm, 3번 수조 0.04 ppm, 1분 30초 운전 15분 정지). 하지만 수조내 오존 농도를 다시 확인한 결과 최초 설정한 값과 달라졌으며, 플라즈마 살균수 바로 앞에서는 상당한 차이가 있었다. (주입구 바로 앞, 주입구 1 m). 실험 수조의 오존 농도값은 표 16과 같다(그림 60). 농도 조정이 완료된 수조의 수온, 용존산소, pH를 측정하였으며(표 17), 무지개송어의 성장률을 알아보고자 무작위로 무지개송어 치어 30마리의 전장, 체고, 무게를 계측하였다. 무지개송어 치어는 1차 채집 시 보다 난황을 많이 흡수한 상태였다. 또한 질병 모니터링을 위한 치어를 1차 채집 시와 동일하게 진행하였으며, 오존 농도 조정이 완료된 실험수조에 무지개송어 치어를 나누어 투입하였다(대략 수조 당 3000 마리). 투입 이후 무지개송어 사육 실험을 진행하였다.

③ 수조내 수질 및 오존 농도 측정

<표 16> 무지개송어 치어 사육 실험 수조의 오존 농도 변화

실제 측정 값 (ppm)	1번 수조			2번 수조			3번 수조		
	작동전 (A)	최대값 (B)	실제 최대 값 (B -A)	작동전 (A)	최대값 (B)	실제 최대 값(B -A)	작동전 (A)	최대값 (B)	실제 최대 값(B -A)
주입구 앞	0.14	0.74	0.6	0.12	0.73	0.61	0.12	0.12	0
	작동 정지 후 50초 만에 원래 수치로 돌아옴			작동 정지 후 1분 만에 원래 수치로 돌아옴			거의 변화 없음		
주입구 1 m	0.14	0.20	0.06	0.14	0.15	0.01	0.12	0.13	0.01
	작동 정지 후 3~4초 이내에 원래 수치로 돌아옴			거의 변화 없음			거의 변화 없음		



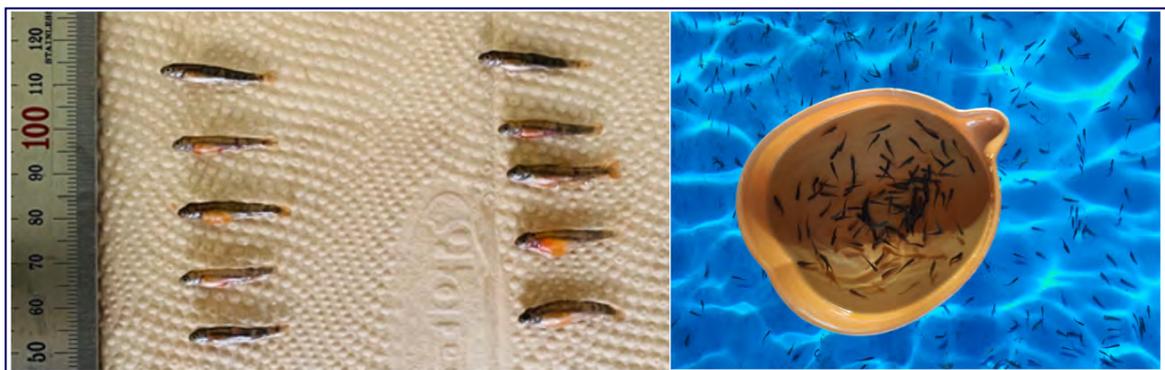
<그림 60> 무지개송어 치어 사육 실험 수조의 오존 농도 측정

<표 18> 무지개송어 치어 사육 실험 수조의 용존산소(DO) 및 pH

	수조1	수조2	수조3	수조4 (control)
온도(℃)	12.6	12.55±0.05	12.18±0.04	12.5
DO(mg/L)	12.64±0.22	11.79±0.17	11.44±0.09	10.89±0.09
pH	8.11±0.01	8.10	8.11±0.01	8.11

④ 성장률 비교를 위한 30마리 계측(그림 61)

- 평균 전장(cm) : 2.44 ± 0.12
- 평균 체고(cm) : 0.39 ± 0.06
- 평균 중량(g) : 0.13 ± 0.04



<그림 61> 무지개송어 치어 계측 (2차 채집)

(바) 실험어 폐사 및 개선점

① 실험 진행 3일 뒤, 플라즈마 처리수(오존 함유)를 공급한 모든 수조의 무지개송어치어 전 개체가 폐사하였다(2019.11.09.)

② 예상 폐사 원인

오존은 아주 낮은 잔류 농도로도 물고기 아가미와 신장 조직을 산화시킬 수 있다. 따라서 플라즈마 살균수에 포함된 오존이 직접적으로 사육수조에 공급되는 구조로 인해 무지개송어 치어가 높은 잔류 오존의 영향을 받아 폐사한 것으로 추정된다. 폐사한 개체의 외부 모습은 가스병으로 폐사한 개체의 모습과 유사하였다. 본 연구에서 사용한 플라즈마 장비로 원하는 오존 농도를 설정하고 유지하는 것이 어려워 무지개송어 치어 수조의 오존 농도가 급변하였을 가능성을 배제할 수 없다.

③ 개선점

유효 살균 농도로 설정하되 살균수가 직접 사육수조에 유입하는 것을 피하고 잔류 오존이 없을 만큼 충분한 탈기 과정을 거친 뒤 사육수조에 유입되도록 플라즈마 살균수의 유입경로를 설계하여야 할 것으로 판단된다. 또한 오존 농도가 일정하게 유지될 수 있도록 자동 농도 제어 기술을 개발할 필요가 있다. 또한 안전한 사용을 위해 정밀한 측정 기술 개발 및 살균장비 내에서 오존 농도를 확인할 수 있도록 농도센서 부착 및 알람장치 부착이 필요하다.

④ 실험 계획 변경

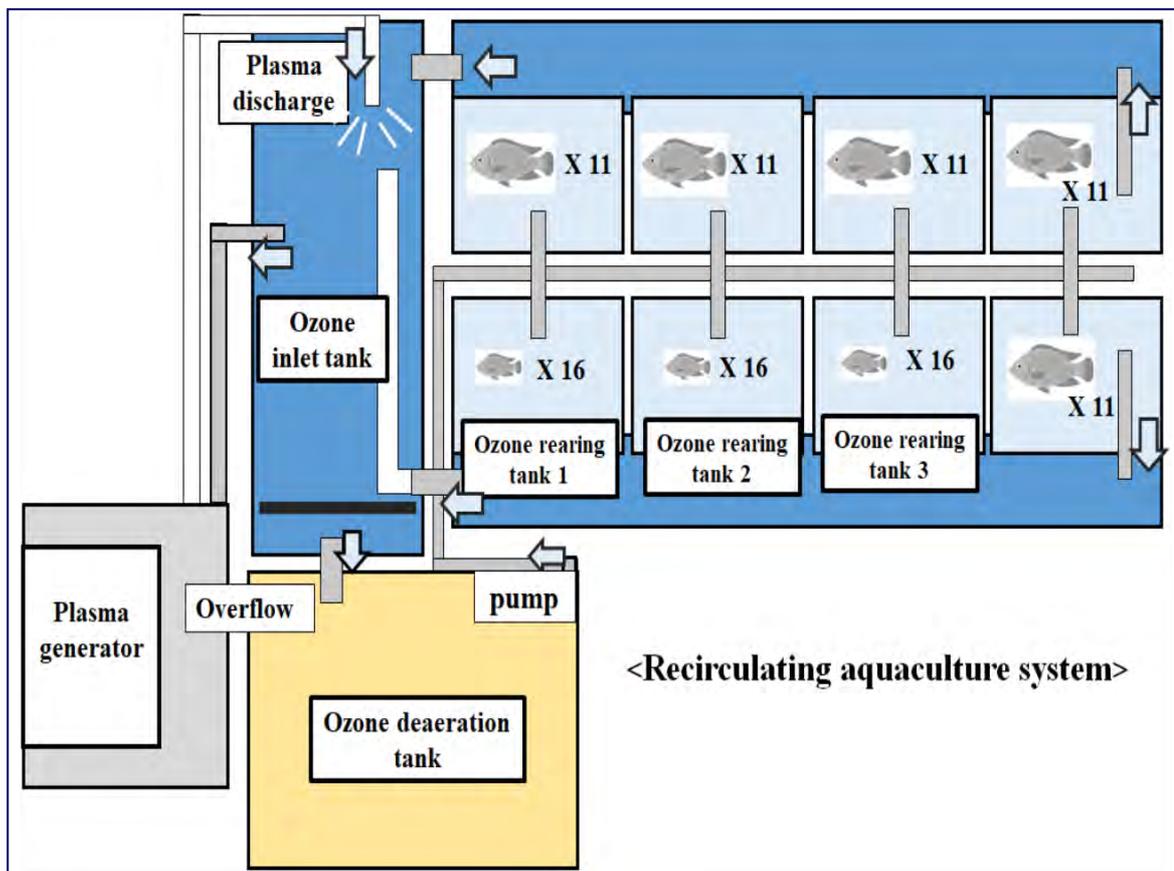
장기간 사육 실험 초반부에 모든 실험어가 폐사하였다. 그로 인해 평창 원복송어양식장 현장실험 진행이 불가능하게 되었다. 또한 양식현장 실험 진행중 장소와 실험어를 제공하기로 한 원복송어양식장(평창소재)의 무지개송어 부하가 늦어져 실험어 공급이 안되는 상황도 발생하였다. 뿐만 아니라 해당 양식장 자체 치어 생산일정과 실험 기간이 겹치게 되어 실험어종 및 실험장소가 변경되었다.

(2) 틸라피아 양식 시설 현장 효능 평가

(가) Recirculating aquaculture system (RAS) 및 실험 설계

① 목표 및 내용

본 실험의 목적은 플라즈마 살균장비를 순환여과식 사육시스템(RAS)에 적용하여 수질 및 생물학적인 영향을 알아보고 실제 양식장 적용에 도움이 되는 가이드라인을 제공하고자 함이다. 플라즈마 발생장치의 효능을 알아보기 위해 플라즈마 발생장치를 설치한 순환여과시스템과 설치하지 않은 대조 순환여과시스템을 이용하였다. 이 두 개의 순환여과시스템에서 틸라피아를 40일 동안 사육하였다. 1개의 순환여과시스템은 총 8개의 수조로 구성되었으며, 8개 수조 중 3개가 실험수조로 사용되었고 나머지 수조는 실험에 사용되지 않았다. 실험수조에 미성어 틸라피아를 수조 당 16마리씩 총 96마리를 넣어 사육하였으며(n=16), 나머지 수조에는 수조 당 11마리씩의 성어가 사육되었다(그림 62). 실험 진행과정 중 증발에 의해 자연적으로 소실된 물은 1주일에 2번 보충해 주었고(환수율: 전체 물량의 약 5.1%), UV램프는 사용하지 않았다. 그리고 실험을 진행하는 동안 매일 UVT%를 포함한 수질을 모니터링 하였으며, 일반세균 수 측정을 위해 10일 간격으로 사육수를 채수하였다. 또한 성장지표와 생존율을 알아보고자 실험 개시 시점의 전장 및 체중과 실험 종료 시점의 전장 및 체중을 측정하였으며, 매일 공급한 사료량을 기록하였다.



<그림 62> 순환여과식 사육시스템 모식도

② 실험 시스템 설계 내용

선문대학교 내 어류양식실험실에 있는 순환여과시스템(Recirculating aquaculture system,RAS)을 실험에 사용하였으며, 실험에 이용된 순환여과시스템은 사육조, 생물여과조, 저수조 및 탈기수조로 구성되었다. 플라즈마 발생장치는 저수조에 연결되도록 설치하였으며(그림 63), 이 저수조에 탈기수조(1×1×0.46 m)를 연결하여 플라즈마 발생장치로부터 생성된 플라즈마 살균수가 탈기수조를 거쳐 충분한 에어레이션 과정 이후 수중펌프에 의해 사육수조로 유입되도록 설계하였다. 플라즈마 발생장치는 1분 가동, 15분 정지로 실험 종료일 까지 자동 운전 되도록 설정하였다.



〈그림 63〉 플라즈마 살균장비 설치 & 완료 모습

(나) 실험어 소개 (틸라피아, *Oreochromis niloticus*)

① 틸라피아 생물학적 특징

틸라피아는 아프리카 원산의 열대성 담수어류이며(그림 64), 식성은 식물성을 주로 하는 잡식성이며 환경 및 수질 변화에 잘 견딘다. 또한 산소부족, 오염된 환경에서도 저항성이 강하며 고밀도 사육이 가능한 어류이다. 틸라피아 양식으로는 지수식, 순환여과식 양식법이 이용되고 있으며, 연중 고수온 유지가 필요하다.

② 기후변화 대응 양식 어종 개발 가능성

현재 우리나라 바다의 수온이 상승하고 있고 해수면 상승에 따라 많은 어류나 두족류 등에 큰 영향을 끼치고 있으므로 양식 난이도가 낮은 틸라피아가 대체 양식으로 적절하다. 틸라피아는 담수, 해수뿐만 아니라 해수보다도 높은 염분 농도에서도 잘 살고 다회성 산란어 이므로 종묘생산이 용이하다. 또한 한계온도의 범위가 매우 높아서 산란기를 제외하면 온도 조절에 따로 집중하지 않아도 된다. 따라서 서해나 동해보다 비교적 온도가 높은 남해에서는 한겨울을 제외하면 온도 조절장치가 필요하지 않으므로 양식장 비용을 절감할 수 있다. 결론적으로 틸라피아는 현재 우리나라를 포함한 전 세계에서 헛감 이나 여러 음식으로 판매되고 있으므로 미래 양식에 기여할 가능성이 있는 어종이다.



<그림 64> 틸라피아 외형

③ 실험어 틸라피아

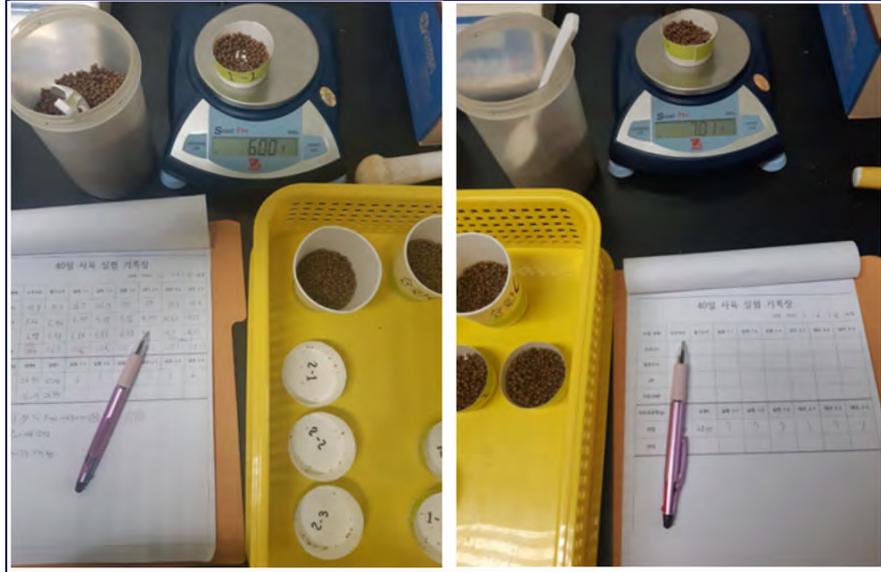
1개의 순환여과시스템은 총 8개의 수조로 구성되며, 8개 수조 중 3개가 실험수조로 사용되었고 나머지 수조는 실험에 사용되지 않았다. 실험수조에 미성어 틸라피아를 수조 당 16마리씩 총 96마리를 넣어 사육하였으며(n=16), 나머지 수조에는 수조 당 11마리의 성어가 사육되었다. 오존처리그룹에 사용된 틸라피아의 평균 전장 및 체중은 11.18 ± 1.59 cm, 25.25 ± 10.16 g이며, 대조그룹은 11.01 ± 1.3 cm, 25.87 ± 8.6 g이다. 틸라피아는 2일 동안 적응 시킨 뒤 본 사육 실험을 진행하였다(그림 65).



<그림 65> 틸라피아 계측, 분배 및 사육중인 모습

④ 사료 공급

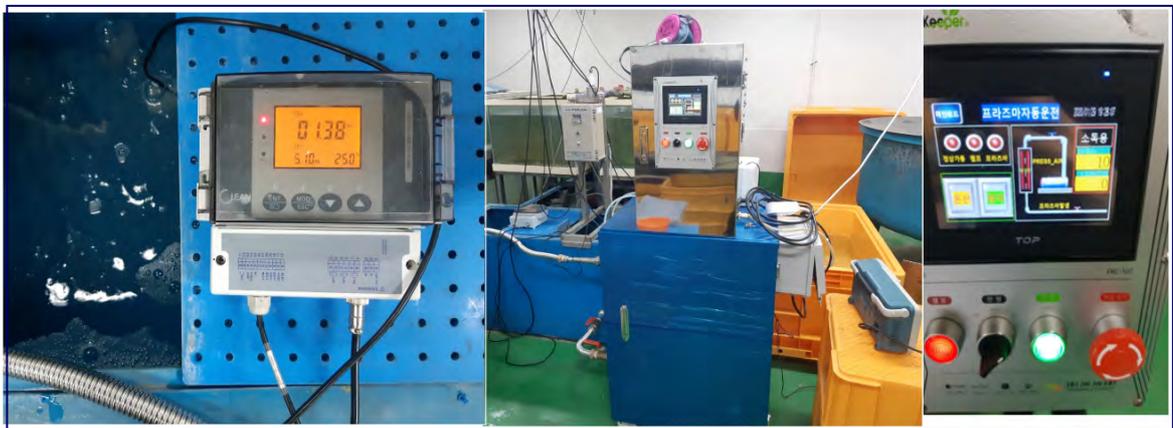
사료는 시판용 EP사료(우성사료)를 어체중의 3%(6 g)만큼 1~23일차 까지 하루에 두 번 공급하였으며, 실험어의 성장에 따라 24일차부터 실험 종료일까지는 7g 만큼 공급하였다. 그리고 매일 공급량을 기록하였다(그림 66).



<그림 66> 실험구와 대조구 전체에 동일한 사료공급을 위해 사료량 측정 및 사료 공급표 작성

(다) 플라즈마 살균장비 셋팅

플라즈마 살균장비는 1분 가동, 15분 정지로 24시간 자동 운전되도록 설정하였다. 그리고 플라즈마 발생량 조절 다이얼은 7로 설정하였다. 플라즈마 발생장비 가동 시 유입되는 플라즈마 살균수 내의 오존 농도는 1 ppm 이상이였으며, 탈기수조 내 오존 농도는 0.05 ppm 이하로 유지되었다(그림 67). ORP 센서(YSI pro1020, ORP probe 1002)를 사용하여 산화환원전위(Oxidation Reduction Potential, ORP)를 측정하였고, 가동 시 최대 약 700.0 mV 이상이였으며, 정지 시 점차적으로 줄어들어 평균 226.7 mV로 감소하였다.



<그림 67> 실험용 사육시설에 설치한 오존 농도 장치 및 플라즈마 살균장비의 실제 모습.

(라) 사육수조 수질 모니터링

실험 시작 시점의 수온, 용존산소(dissolved oxygen, DO), pH는 오존처리그룹이 27.0 ± 0.15 °C, 5.74 ± 0.29 mgL⁻¹, 7.44 ± 0.07 이었으며, 대조그룹은 26.9 ± 0.31 °C, 5.84 ± 0.12 mgL⁻¹, 6.50 ± 0.03 이었다. 틸라피아 40일 사육 실험 동안의 수질 변화를 모니터링하기 위해 오존사육수조(Ozone rearing tank), 대조사육수조(No ozone rearing tank), 탈기수조(Ozone deaeration tank) 및 오존수유입수조(Ozone inlet tank)의 용존산소, pH 및 수온을 매일 측정하였다. 수질 측정은 다목적 수질 측정기 YSI pro1020를 사용하였으며(그림 68, 그림 69), 항상 같은 포인트에서 측정하였다.



<그림 68> 용존산소량, pH 및 수온을 측정하는데 사용한 다목적 수질 측정기 (YSI pro1020).



<그림 69> 다목적 수질 측정기를 이용한 수질 모니터링 및 기록.

(마) 수질 모니터링 결과 및 고찰

40일 동안 수질 변화를 모니터링한 결과 수온은 대조그룹이 27℃로 오존처리그룹 26.7℃ 보다 다소 높았다. 용존산소는 실험그룹이 5mg/L로 대조그룹 4.61mg/L보다 더 높았지만 큰 차이는 없었다. pH는 실험그룹 6.35에 비해 대조그룹이 4.43으로 낮은 pH를 보였으며, 두 그룹 모두 처음 pH값 보다 감소하였다(표 19). 플라즈마 처리 시 생성되는 활성산소 종의 화학반응에 의해 pH가 감소할 수 있다(Ahmed et al., 2017 ; Hwang et al., 2018). 또한 양식어와 바이오필터에 의해 생성된 이산화탄소가 물과 반응하여 탄산가스를 형성시켜 탄산가스에 의해 순환여과시스템 내 pH가 감소할 수 있다(Masser et al., 1999). 따라서 본 실험에서 pH가 감소한 이유는 두 그룹 모두에서 pH 감소가 나타났으므로 플라즈마 살균장비의 영향보다 적은 환수량으로 인한 순환여과시스템 내 이산화탄소 축적으로 예상된다.

<표 19> 플라즈마 처리 실험 수조의 수질 측정값

	Ozone inlet tank	Ozone deaeration tank	Ozone rearing tank	No ozone tank
Temperature (°C)	27.3 ± 0.52	27.2 ± 0.49	26.7 ± 0.49	27.0 ± 0.63
DO (mg/L)	6.28 ± 0.76	6.21 ± 0.44	5.00 ± 0.45	4.61 ± 0.46
pH	6.31 ± 0.90	6.45 ± 0.96	6.35 ± 0.87	4.43 ± 0.76

(바) 성장지표 및 생존율

① 실험 내용 및 과정

플라즈마 살균장비가 성장에 미치는 영향과 플라즈마 살균장비로부터 생성되는 살균수가 생물에게 미치는 긍정적 또는 부정적인 영향을 판단하고자 실험을 진행하였다. 성장지표를 계산하기 위해 실험개시 시점의 전장 및 어체중과 실험종료 시점의 전장 및 어체중을 측정하였다. 그리고 사료계수를 계산하기 위해 하루 사료량을 동일하게 공급하였다. 실험 종료 후 다음의 계산식을 사용하여 성장지표 및 생존율 계산하였다.

② 성장지표 및 생존율 계산식

- 증체율(Weight gain, WG)

$$\text{증체율(\%)} = (W_f - W_i) \times 100/W_i$$
- 일간성장률(Specific growth rate, SGR)

$$\text{일간성장률(\%/day)} = 100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / \text{실험 기간(t)}$$
- 사료계수(Feed conversion ratio, FCR)

$$\text{사료계수} = \text{dry feed intake} / \text{wet weight gain}$$
- 생존율(Survival rate, SR)

$$\text{생존율} = (\text{실험 종료 후 개체} / \text{실험 시작 시 개체}) \times 100$$

- 총 증중량(total weight gain)

$$\text{총 증중량} = (\text{최종 어류의 총 무게} - \text{최초 어류의 총 무게})$$

(W_f : 실험 종료 무게, W_i : 실험 시작 무게)

③ 실험 결과 및 고찰

40일간의 실험 기간 동안, 전반적으로 플라즈마 처리그룹이 대조그룹 보다 상대적으로 더 높은 성장률을 보였지만 두 그룹 사이의 총 증중량을 제외한 성장지표와 생존율은 통계적으로 유의한 차이 없었다(표 20). 이러한 결과는 오존을 이용한 다른 실험 결과와 유사하다(Kim et al., 2018). 두 그룹의 생존율은 플라즈마 처리그룹 100%, 대조그룹 97.9%로 비슷한 결과를 보였다. 따라서 플라즈마 살균수를 사육수조에 직접 유입하지 않고 탈기수조를 거쳐 오존이 제거되도록 설계한다면 틸라피아의 성장과 건강에 부작용이 없다는 것을 확인할 수 있었다. 성장도 전반적으로 플라즈마 처리그룹 어류가 우수하였고 특히 두 그룹 사이의 총 증중량은 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 실험 결과 수질개선 효과가 확실하여 사육실험이 40일 보다 더 오래 진행될 경우 모든 지표에서 뚜렷한 성장 차이가 나타날 것으로 예상된다.

<표 20> 플라즈마 생성장치 설치 유무에 따른 틸라피아의 성장지표 및 생존율

Treatment	Initial weight	Final weight	WG	SGR	FCR	Survival	total weight gain
	(g/fish)	(g/fish)	(%)	(%/day)		(%)	(g)
Ozone rearing tank	25.23 ± 0.55	58.07 ± 1.66	130.3 ± 10.7	2.06 ± 0.08	0.85 ± 0.06	100 ± 0	525.4±28.5
No ozone tank	25.87 ± 0.93	56.40 ± 1.64	118.3 ± 4.7	1.95 ± 0.05	0.91 ± 0.03	97.9 ± 3.6	496.3±18.5

(사) 일반세균수 측정 실험

① 일반세균 수 측정

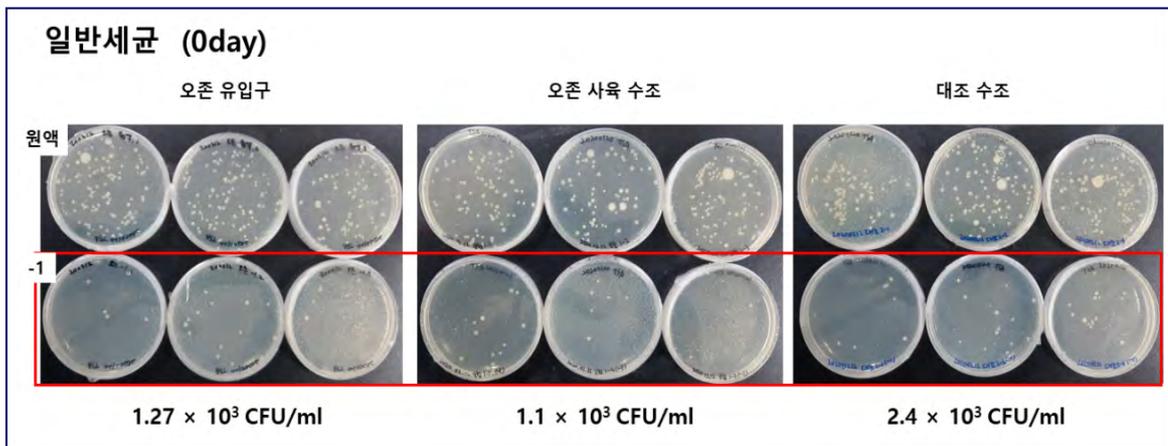
일반세균(Total Colony Counts)은 호기성, 통기성 등의 종속영양세균을 말하며, 일반적으로 어체에 무해하다. 살균처리효율의 지표로 이용되므로 본 실험에서도 일반 세균수를 측정하였다.

② 실험 내용 및 과정

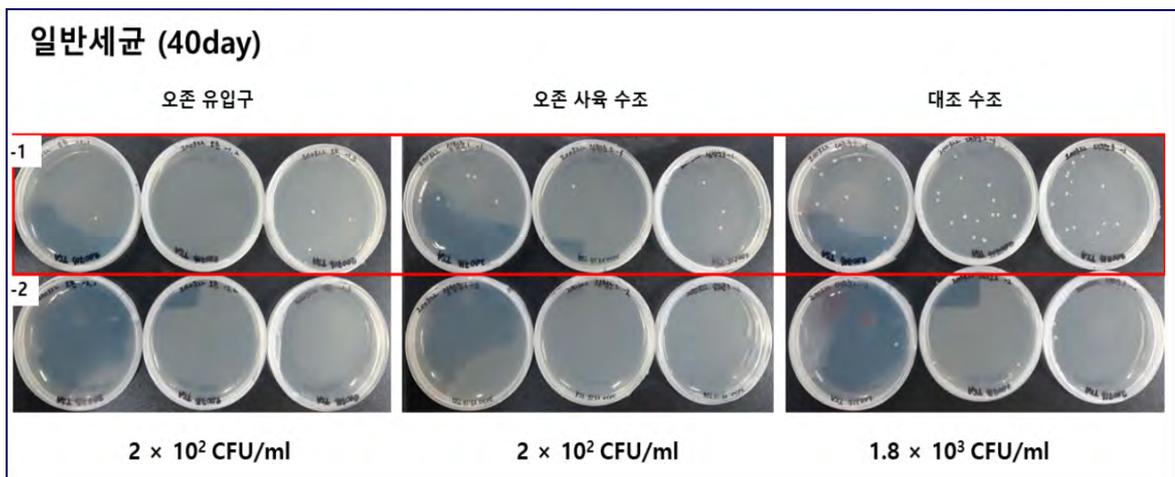
40일 동안의 수질 변화를 보기 위해 10일 간격으로(0, 10, 20, 30, 40일) 총 5번 실험구와 대조구의 물을 채수하였으며, 틸라피어를 사육하는 동안 일반세균수의 변화를 측정하였다. 채수한 샘플(1 ml)을 단계 희석한 다음 TSA배지에 100 μ l를 평판도말법으로 접종하여 36°C에서 24시간 배양하였다. 배양 후 형성된 집락을 계수하여 CFU를 계산하였다. (3반복)

③ 실험 결과 및 고찰

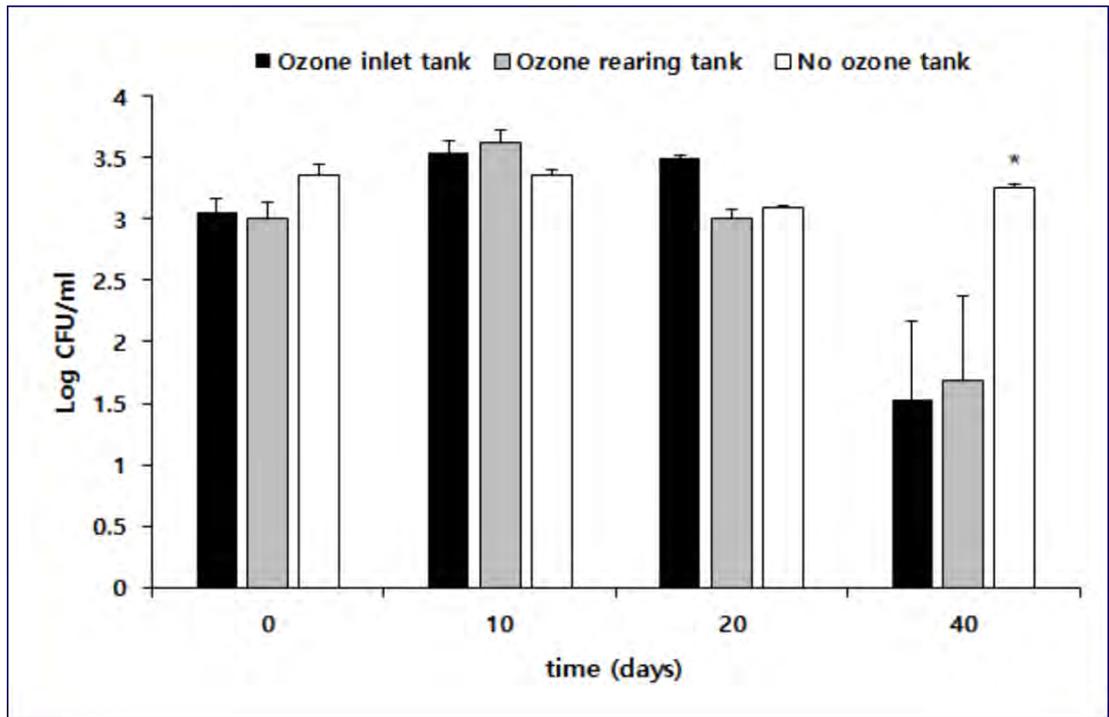
0 day부터 20 day까지는 플라즈마처리그룹과 대조그룹 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 40 day에 이르러서는 플라즈마처리그룹에서 명백한 세균 감소 효과가 나타났다. 0 day에서 플라즈마처리그룹의 일반세균수는 1.1×10^3 CFU/ml 이었으며, 대조수조는 2.4×10^3 CFU/ml였다(그림 70). 그러나 40 day에 이르러서 플라즈마 살균수 수조는 2×10^2 CFU/ml로 감소하였으며(그림 71), 대조수조는 1.8×10^3 CFU/ml로 차이가 없었다. 또한 40 day (100배 희석)결과 플라즈마처리그룹에서는 세균이 자라지 못하였고 반면에, 대조그룹에서는 세균이 발견되었다. 30일차 실험은 데이터가 정확하지 않아 표시하지 않았다(그림 72). 40 day에 이르러서 세균 감소 효과를 보였기 때문에 플라즈마 살균장비는 가동 시간이 늘어날수록 세균수 감소 효과가 뚜렷해지는 판단된다. 그러나 실험 기간(40일)이 짧아 일반 세균 수의 변화를 정확히 판단하기에 어려움이 있었다. 장기간 플라즈마 살균장비 적용 실험을 진행하였다면 더 큰 차이를 확인할 수 있었을 것으로 생각된다.



<그림 70> 플라즈마 생성장치 설치 유무에 따른 티라피아 사육수 일반세균 배양결과(0 day)



<그림 71> 플라즈마 생성장치 설치 유무에 따른 티라피아 사육수 일반세균 배양결과(40 day)

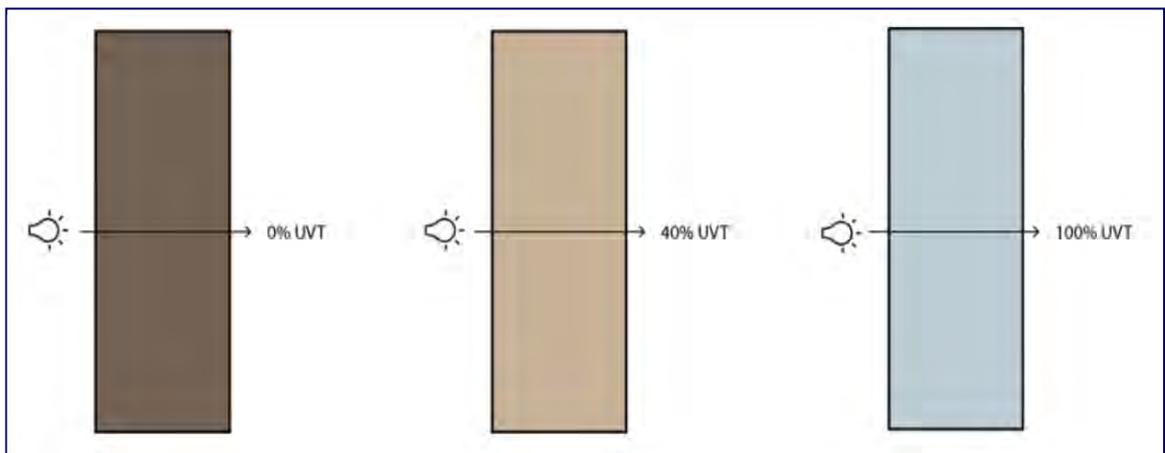


<그림 72> 플라즈마 생성장치 설치 유무에 따른 틸라피아 사육수 일반세균 cfu 변화

(사) UVT% 측정 실험

① UVT%란?

Ultraviolet transmission (UVT)는 물의 자외선 투과 능력의 지표로 수질을 나타내는데 사용된다. 일반적으로 254 nm에서 특정한 거리(1 cm)의 물 샘플을 통과할 수 있는 자외선(UV light)의 양을 측정하여 나타낸다. 100%에 가까울수록 맑은 물임을 뜻하며, 일반적으로는 먹는 샘물 98%, 상수도 원수 80~85%, 해수 80%, 하수 방류수 60~65%, 유색 음료 2~5% 값을 보인다(그림 73).



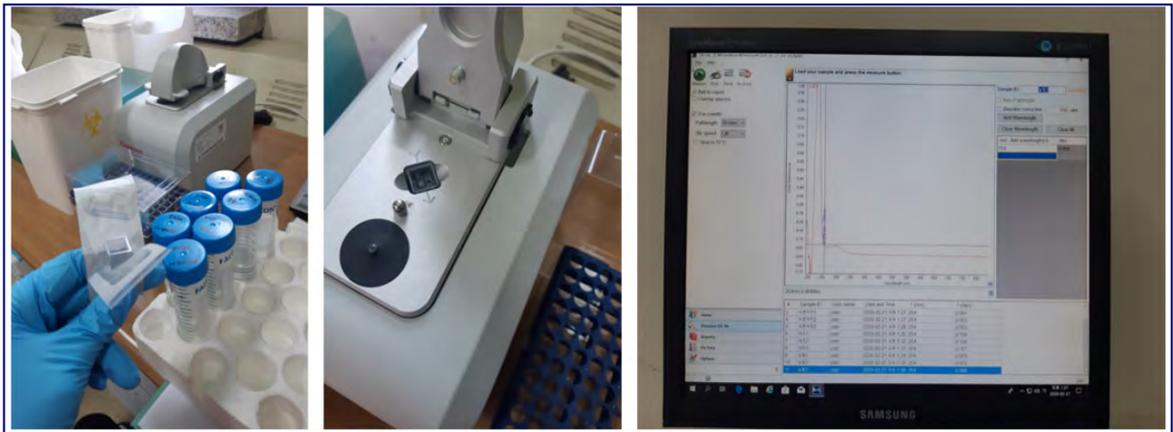
<그림 73> 수질과 UVT%의 관계(그림의 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 수질이 좋아짐).

② 실험 내용 및 과정

40일 동안의 수질 변화를 보기 위해 10일 간격으로(0, 10, 20, 30, 40일) 총 5번 사육수를 채수하였으며, UVT%를 측정하고 분석하였다. 채수한 물을 10 mm cuvette에 넣은 뒤 분광광도계(nanodrop 2000c)를 사용하여 254 nm파장에서 흡광도를 측정하였다(그림 74). 측정된 흡광도 값을 다음의 식으로 계산하여 UVT%를 나타내었다.

$$(UVA = A_{254 \text{ nm}} = -\log(I/I_0), \%UVT = 100 \times 10^{-UVA})$$

(I_0 = 물체에 입사하는 빛의 세기, I = 물체를 투과한 빛의 세기)



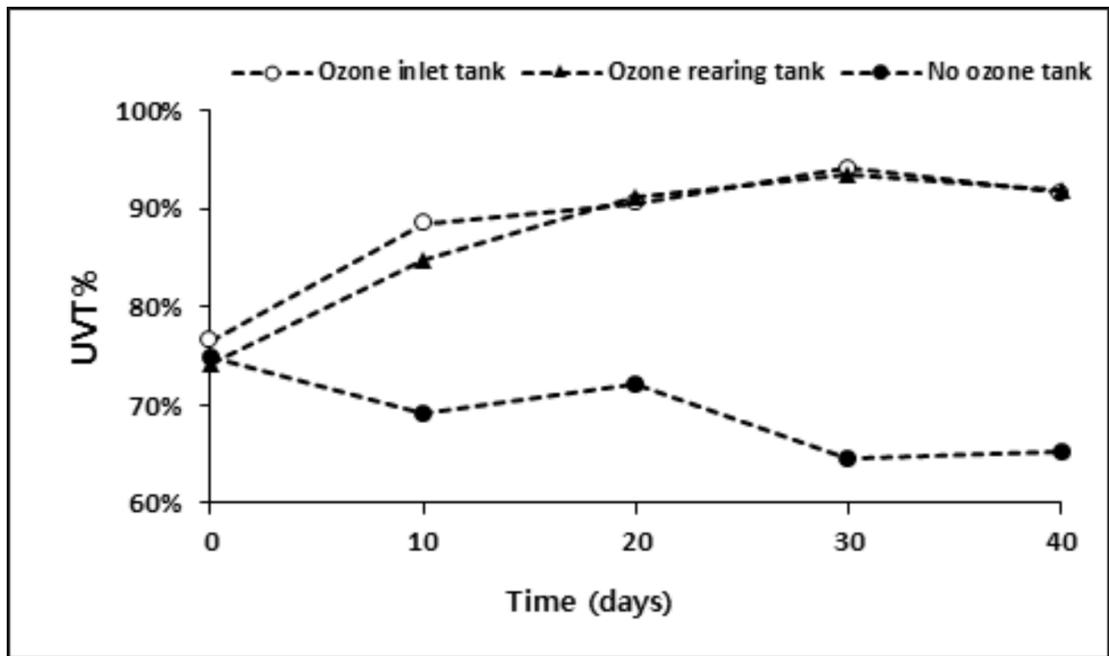
<그림 74> 사육수 UVT% 측정 모습

② 실험 결과 및 고찰

실험시작 직전(0 day) 채수한 사육수의 UVT%는 76.55%, 74.13%, 74.81%로 플라즈마유입수조(Ozone inlet tank), 플라즈마처리 사육수조(Ozone rearing tank), 대조수조(No ozone tank) 모두 유사하였다(표 21). 플라즈마 장비를 설치한 순환여과시스템의 플라즈마유입수조 (Ozone inlet tank) 및 사육수조(Ozone rearing tank)는 UVT%가 꾸준히 상승하여, 30일차 94.19%, 93.54%로 가장 높았으며, 40일차에서는 91.62%, 91.83%로 다소 감소하였다. 30일차에서 40일차 사이에 UVT%가 다소 감소한 이유는 실험 기간 동안 환수를 거의 안했기 때문에 유기물이 축적된 때문으로 추측된다. 반면에 플라즈마 장비가 설치되지 않은 대조수조(No ozone tank)는 0일차 74.81%에서 감소하여 40일차 65.16%를 나타냈다(그림 75). 오존 처리 수조와 대조수조는 눈으로 확인이 가능할 정도로 투과도에 차이가 있었다. 따라서 UVT%가 대조수조에 비해 꾸준히 상승한 것을 보아 플라즈마 살균장비는 확실한 수질 개선 효과가 있는 것으로 판단된다.

<표 21> 플라즈마 생성장치 설치 유무에 따른 UVT% 변화

UVT(%)	Time (days)	Ozone inlet tank	Ozone rearing tank	No ozone tank
2020.02.12.	0day	76.55%	74.13%	74.81%
2020.02.21.	10day	88.51%	84.72%	69.18%
2020.03.02.	20day	90.57%	91.20%	72.11%
2020.03.12.	30day	94.57%	93.54%	64.57%
2020.03.22.	40day	91.62%	91.83%	65.16%



<그림 75> 플라즈마 생성장치 설치 유무에 따른 UVT% 변화 추세

라. 플라즈마 살균장비 효능 평가 결론

○ 실험실 효능 평가 결론

대표적인 수산생물 병원체인 *Aeromonas salmonicida*, *Streptococcus iniae* 및 VHSV에 대한 플라즈마 살균수의 살균력 및 증식 억제력을 확인하였으며, 양식장에서 적용할 경우 질병 예방에 효과가 있을 것으로 예상된다.

○ 현장 효능 평가 결론

■ 살균 효과

일반 세균 수(총 세균 수)는 플라즈마유입수조, 플라즈마처리사육수조, 대조사육수조 모두 20일까지는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 40일차에 이르러서 유의하게 감소였다. 40일차에 나타난 결과만으로 세균 수 감소 효과가 확실하다고 말하기 어렵지만, 플라즈마 살균장비를 지속적으로 사용할 경우 순환여과시스템(RAS)의 세균수를 감소시켜 **질병을 예방할 수 있을 가능성이 높다**. 하지만 더 확실한 살균 효과를 알기 위해서는 적정 농도, 가동 시간, 실험 기간 등 추가 연구가 필요하다.

■ 수질개선 효과

플라즈마처리 사육수조는 지속적으로 UVT%가 증가한 반면에 대조수조는 감소하였으며, 두 그룹은 눈으로 보아도 확인될 정도로 뚜렷한 투과도 차이를 나타냈다. 따라서 플라즈마 살균장비를 순환여과시스템 양식장에 설치 시 확실한 수질 개선 효과가 나타날 것으로 판단되며, 생산성 증가도 기대해 볼 수 있다. 또한 실험 개시 후 순환여과시스템의 환수는 전체 물량의 5%에 불과하였음에도 뚜렷한 UVT% 개선 효과를 보였으므로 환수율을 높여줄 경우 **큰 폭의 생산성 개선도 가능할 것으로 판단된다**.

■ 성장지표 및 생존율

두 그룹 사이의 총 증중량을 제외하고 유의한 차이는 없었지만, 확실한 수질개선 효과가 보이므로 40일 보다 더 오래 사육 실험을 진행하였다면 유의미한 성장 차이가 나타날 가능성이 있다고 판단된다. 송어양식장 현장 실험에서 플라즈마 살균장비를 사육수에 직접 유입되도록 설계하면 잔류 오존이 직접적으로 양식어류에게 피해를 줄 수 있으며 심할 경우 폐사까지 일으킨다는 것을 확인하였다. 그러나 플라즈마 살균장비를 잔류오존이 남지 않도록 **충분한 탈기 과정을 거친다면 사육어(틸라피아)의 성장과 건강에 전혀 부작용이 없음을 확인하였다**.

○ 수산양식 적용 가이드라인

■ 가이드라인

잔류오존은 어류의 아가미, 신장 등을 산화시켜 막대한 피해를 줄 수 있으며 심할 경우 폐사에 이르게 한다. 따라서 플라즈마 살균장비를 양식장에 사용할 경우 플라즈마 처리수가 순환여과시스템의 사육수조에 직접 유입되지 않도록 해야 한다. 그리고 탈기수조를 두거나 사육수조와 연결된 통로를 길게 디자인 하여 반드시 잔류오존이 남지 않도록 만들어야 한다. 플라즈마 살균장비를 사용할 경우는 사전 오존 농도 테스트를 진행하여 사육생물에게 피해가 없도록 해야 한다. 그리고 플라즈마 살균장비로부터 방출되는 오존수량과 오존농도가 일정하지 않으므로 사용 시 주의해야 한다. 또한 안전을 위해 적절한 가동시간과 정지 시간을 선택해야 한다. 플라즈마 살균장비를 1분 가동, 15분 정지로 설정하였을 때, 충분한 살균 및 수질 개선효과가 나타났으므로 이를 참고하고, 사육 현장마다 조건에 차이가 있을 수 있음을 인지하고 적절히 선택해야 한다.

■ 개선점

오존은 매우 민감하여 농도를 측정하기 어렵다는 문제가 있지만, 오존 농도를 실시간으로 확인하고 컨트롤 하는 것은 대단히 중요하다. 따라서 플라즈마 살균장비에 오존 농도센서를 부착하여 잔류오존의 위험으로부터 대처하고 적절하게 컨트롤할 수 있도록 해야 한다. 또한 더 좋은 살균 효과를 내기 위해 플라즈마 살균장비의 오존 농도 유지시간을 증가시키고 오존을 더욱 미세하게 만들어 물과 잘 섞이도록 해야 한다. 그리고 플라즈마 살균장비 가동 시 발생하는 기체 오존은 특유의 냄새가 나며, 인체에 해롭기 때문에 대기에 오존 농도가 일정 수준을 넘지 않도록 브레이킹 장비를 개발하거나 기체(냄새)제거 장치를 추가해야 한다.

2-3. 사업화성과 및 매출실적

가. 연구 개발 성과 및 평가방법

성과지표명	세부항목
사업화	제품화, 매출발생

(단위:건수, 백만원,명)

성과목표	연구기반지표																		
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
											SCI	비SCI	논문평균IF						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치						50	50												
최종목표						3	375												
1차년도						3	0												
2차년도						0	375												
3차년도																			
4차년도																			
5차년도																			
소계						3	375												
종료 1차년도						1	1,500												
종료 2차년도						0	2,250												
종료 3차년도																			
종료 4차년도																			
종료 5차년도																			
소계						1	3,750												
합계						4	4,125												

나. 목표 달성여부

(1) 제품화 : 플라즈마 살균장비 제품화 목표 3건 대비 4건 완료 (125% 달성)

No	제품명	모델명	플라즈마 발생량		비 고
			기체오존	살균수	
1	신선도유지기	FKC-5	5 g/h	-	
2	신선도유지기	FKC-10T	10 g/h	-	
3	플라즈마 살균장비 (수처리장비 포함)	FKC-10TH	10 g/h	2 t/h(5 ppm)	추가개발
4	하이브리드형 전자제어식 플라즈마 살균장비	FKC-20TH	20 g/h	2 t/h(10 ppm)	

※ 각 모델별 상세 spec' 및 용도는 실험용 플라즈마 살균장비 제작 (page 22 ~ 24) 및 플라즈마 살균장비 (수처리장비 포함) 상품화 (page 75 ~ 79) 참조 할 것.

(2) 매출액

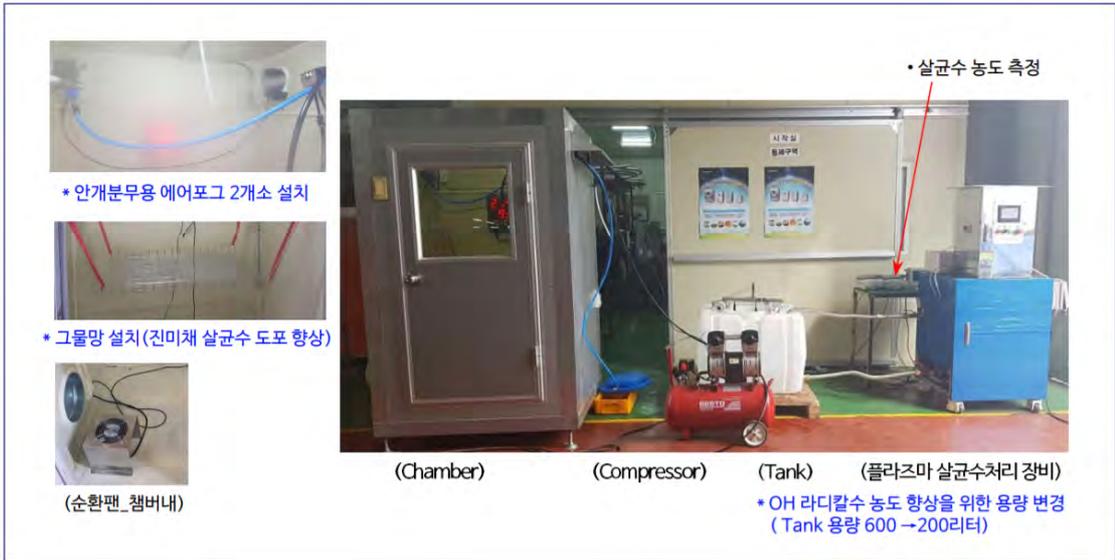
년 도	목 표	2019	2020	합 계	달성률
매출액(백만원)	375	1.7	25.5	27.2	7.3 %

※ 1. 2020년 7월 신선도 유지기 FKC-5 발주 3대 미 포함 (주)울진유통농업회사 법인)

다. 매출 미달성 사유 및 향후 계획

(1) 코로나 바이러스 감염증-19로 인한 식품, 양식장 및 농수축산 분야에 적용 예정중인 플라즈마 살균 시스템의 투자 지연 → 코로나 바이러스 19 완화시 재협의 예정

- 식품가공 공장 진미채 및 엽채류 살균 처리 (경기도 광주 P 식품가공 공장, 그림 76)
- 식품가공 공장 냉각탑 살균 처리 시스템 (진천 D식품, 그림 77)
- 송어 양식장 광천수(원수) 살균 처리시스템 (평창 Y양식장)
- 돈사 악취 저감 시스템 설치 (아산 Y 돈사, 보령 H 돈사 등, 그림 78)



(그림 76) 플라즈마 살균수를 이용한 진미채 살균처리 시스템



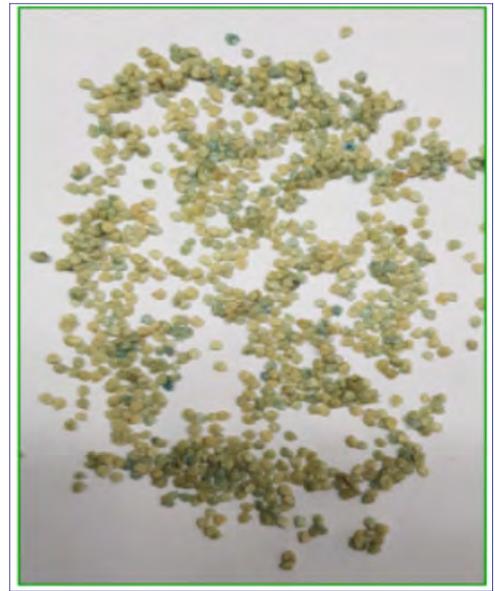
(그림 77) 플라즈마 살균수를 이용한 냉각탑 살균 시스템



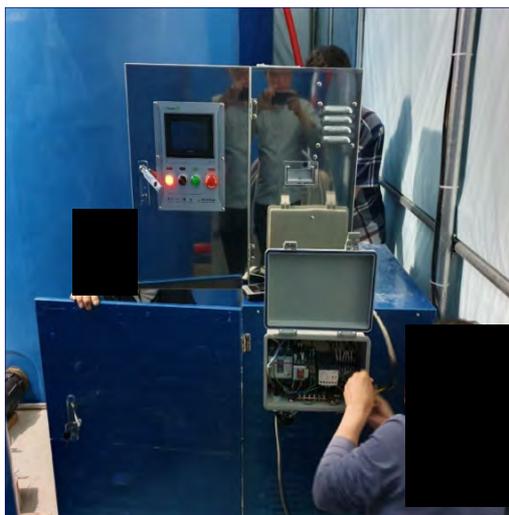
(그림 78) 돈사 약취제거 시스템_안개분무적용

(2) 플라즈마 살균장비에 대한 살균, 약취제거등의 효과 검증에 요구에 따른 시험 및 검사 등의 기간 소요로 단기적인 매출 증가에 어려움이 있고 현재 진행하고 있는 프로젝트는 향후 매출 예상 됨

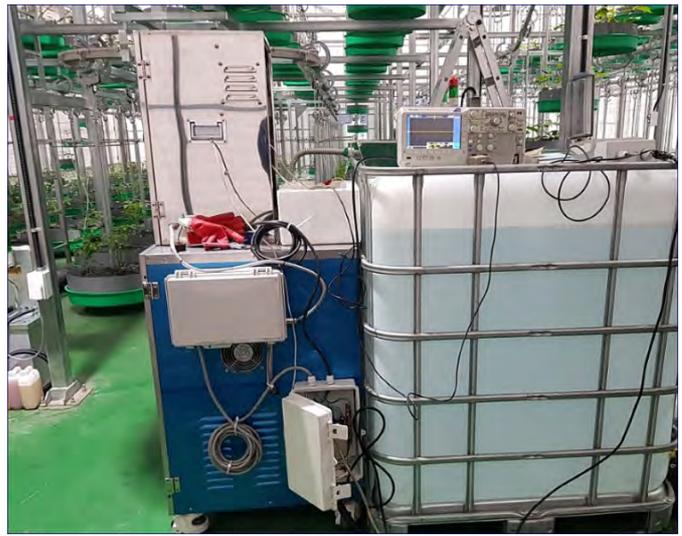
- 고추 씨앗(바이러스 감염 종자) 살균 처리 (광주광역시 D씨드업체, 그림 79)
- 콩나물 성장 촉진 (부산 콩나물 공장, 그림 80)
- 비닐하우스 재배 작물 성장 촉진 (보령 K 팜사, 그림 81)
- 양식장 원수 살균 처리 (평창 송어양식장, 전북 양식장, 그림 82)
- 저온저장창고 신선도 유지용 플라즈마 신선도 유지기 설치 (울진 저온창고, 그림 83)



(그림 79) 플라즈마 살균수를 이용한 감염종자(고추씨앗) 살균 처리



(그림 80) 플라즈마 살균수를 이용한 지하수 살균 처리



(그림 81) 플라즈마 살균수를 이용한 지하수 살균 처리 및 성장 촉진



(그림 82) 플라즈마 살균수를 이용한 지하수 살균 처리



(그림 83) 저온저장창고 신선도 유지기 설치 (양파등 엽근채류)

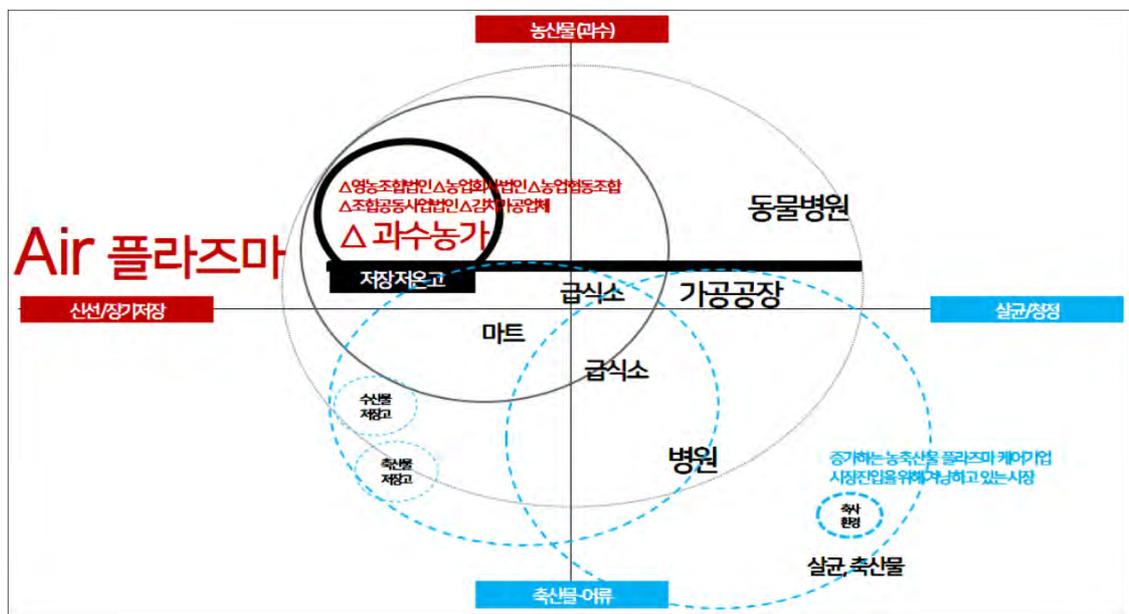
라. 매출 달성을 위한 판로확보 계획

(1) STP 전략

㉞ 시장 세분화 (Segmentation)

: 농.축산분야 플라즈마 발생기의 잠재수요는 크나, 활용은 도입기에서 성장기로 진입 수준임

- 플라즈마 기체를 활용한 한 농식품 · 축산물 시장 형성중이며, 주로 저온저장창고의 농산물 장기저장을 위한 신선도 유지 시장 형성
- 농.축산업자들은 대부분 화학적 소독제 등을 이용하여 소독 및 탈취를 하고 있으며, 일부 앞서가는 농.축산업자들이 Water 플라즈마를 채소재배, 축사 등에서 사용하고 있음
- 농수축산 분야에는 기체와 Water 플라즈마를 겸용으로 이용해야 할 분야가 증가 추세에 있으나 시장 형성은 미비함



<시장 segmentation >

㉟ 표적시장 선정 (Target Market)

- 기체 플라즈마를 활용한 농산물 신선도 유지 시장
: 저온저장창고를 보유한 과수농가, 종합 및 산지 유통단지
- 규모가 있는 축산농가 : 과수농가 및 수경재배 농가, 스마트 팜 농가
- 식품가공공장 : 농산물 및 수산물 살균 처리 시장

㊱ 포지셔닝 (Positioning)

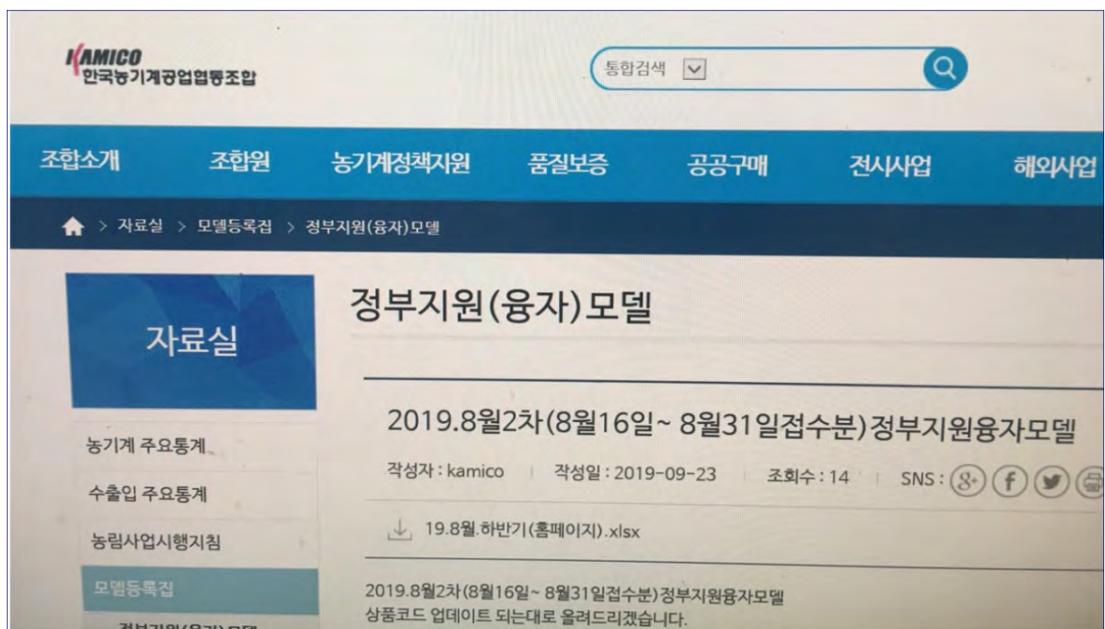
- 하나의 기계로 플라즈마 처리된 물과 공기(플라즈마 살균수 & 플라즈마 기체를 모두 이용 할 수 있는 하이브리드형 플라즈마 살균장비
- 플라즈마 기체 농도 조절이 가능하여 농산물에 피해없이 신선도 유지 가능

㉔ 유통 (Place)

○ 전국 시·군에 대리점 개설

- 전국 250개 시·군에 모두 대리점을 개설하는 것을 목표로 함.
- 대리점은 무점포 대리점을 신규 모집하는 방안과 기존의 농기구상점을 활용하는 방안을 모두 활용할 계획임.
- 무점포 대리점의 경우, 해당 지역에서 농업기술센터 등의 관련 공무원과 네트워크가 가능하고, 정부지원을 통한 농기자재 구매제도를 이해하고 있는 사람과 대리점 및 판매계약을 체결함.

: 정부지원(용자) 모델로 선정 (한국농기계공업협동조합, 2019년 9월)_ (그림 84)



상품코드	기종명	업체명	형식명	규격	지원한도액	비고
	신선도유지기	캡스타주	CAP-II		1,360	에틸렌가스제거기
2100045322575	신선도유지기	진진이엔티주	FKC-10T	81	4,960	오존량(16.8g)
2100045322582	신선도유지기	진진이엔티주	FKC-5	40	4,960	오존량(7.0g)

(그림 84) 정부지원(용자) 모델 선정 (한국농기계협동조합)

- 무점포 대리점은 농민신문·축산신문 등에 광고(그림 85)를 하는 한편, 네이버 및 다음에서 방문자 수가 가장 많은 ‘중고나라(하루 방문객 300만 명 수준)’ 등의 사이트 광고를 통해 모집할 계획임
- 아울러 기존의 농기구 상점을 당사의 대리점으로 활용할 계획임.



(그림 85) 전국총판 및 대리점 모집광고(농기자재신문)

- “기술개발제품 시범구매” 선정 및 “경쟁입찰 참가자격등록” 으로 전국 378개 공공기관에 시범구매제품으로 선정되어 공공기관 판로 개척 (그림 86, 그림 87)

『기술개발제품 시범구매』 선정결과 안내

과제 정보	기술개발제품 시범구매 (소액10차)		
접수 번호	2019-01005	기업 구분	첫걸음
기업명	(주)진진이엔티	사업자번호	██████████
제품명	HYBRID형 전자제어방식의 재충국용합플라즈마 발생장치		
규격명 (모델명)	플라즈마 살균장비 (FKC-20TH)		
선정결과	“선정”		
시범구매 지원기간	2019-12-20 ~ 2022-10-29		

※ 구매기관과 시범구매제품 계약·납품 시, 상기 시범구매 제품의 선정범위 (인증, 규격 등)를 세부적으로 안내 바랍니다.


중소기업유통센터
 Small & medium Business Distribution Center

(그림 86) 기술개발제품 시범구매 선정

경쟁입찰참가자격등록증

※입찰정보확인용QR코드

등록분야	물품 <input checked="" type="checkbox"/> 공사 <input type="checkbox"/> 용역 <input type="checkbox"/> 외자 <input type="checkbox"/>
현금상호(영문상호)	주식회사 진진이엔티
사업자등록번호	██████████
회사주소	충청남도 아산시 영지읍 은행나무길 223 충남경재진흥원 3층
전화번호	041-541-9873
법인등록번호	██████████

국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙 제15조의 규정에 의하여 공공기관 경쟁입찰 참가자로 등록된 자임을 증명합니다.
 (단, 입찰 집행기관에서 국가종합전자조달 시스템을 통하여 위 등록내용을 확인할 수 있는 경우에 한하여 등록증으로서의 효력을 갖게 됩니다.)

※ 입찰에 참여할 시에는 등록된 자기정보를 확인하고 필요한 경우 변경·갱신한 후 입찰에 참여하여 불이익을 받지 않도록 주의해 주시기 바랍니다.

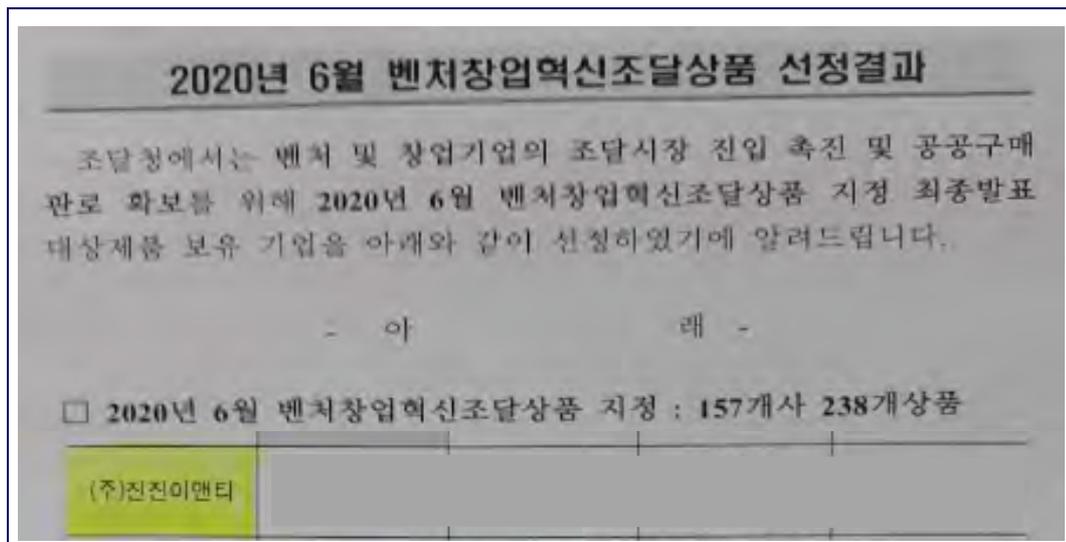
등록일자	2020/02/18
갱신일자	2020/02/18
자기정보 확인일자	2020/02/18
출력일자	2020/05/22

조달청 

발행기관명: 조달청
 전화번호: 1588-0800

(그림 87) 공공기관 경쟁입찰참가등록증

- 벤처 및 창업기업의 조달시장 진입 촉진 및 공공구매 판로 확보를 위해 “벤처창업 혁신조달상품 지정 보유기업”으로 선정 됨 (그림 88)



(그림 88) 벤처창업혁신조달상품 선정

○ 작목반의 대표 등 Opinion Leader를 활용한 판매를 실시 함

- 작목반(공동생산 및 공동출하를 하는 농민의 모임) 또는 농업인회의 대표를 상대로 인적 판매를 실시 함
- 작목반 대표의 협조를 받아 작목반원들과 같은 많은 수의 농·축산가를 대상으로 제품 설명회, 체험마케팅 등을 시행하여 동시에 여러 대의 제품을 판매할 수 있도록 함. (그림89)



(그림 89) 제품설명회 시행

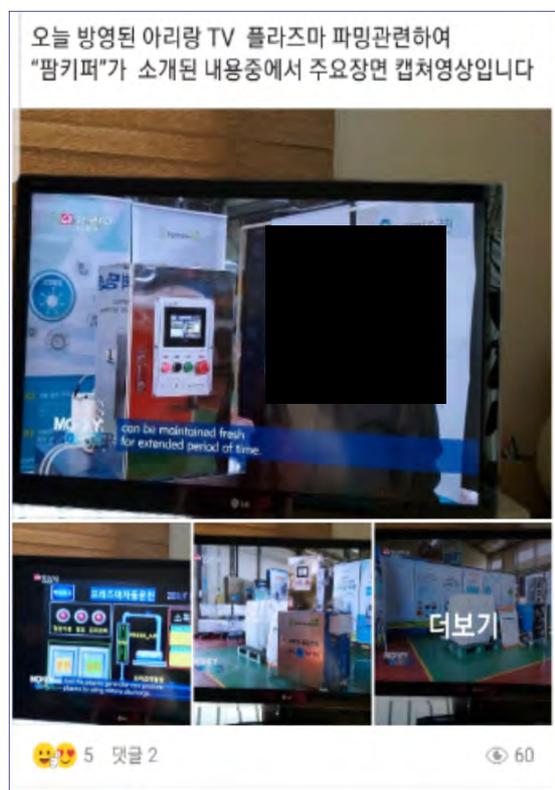
㉠ 촉진 (Promotion)

○ 농기가재 및 농수산물관련 일간지 및 TV 홍보

- 농기자재 신문인 “한국농기자재신문” 에 배너 및 전면광고로 제품 인지도 향상 (그림 90)
- 아리랑 TV “플라즈마 농업” 프로그램에 “팜키퍼 플라즈마 살균장비” 소개 (그림 91)



(그림 90) 한국농기자재 신문 광고(배너 및 전면광고)



(그림 91) 아리랑 TV 제품 홍보

○ 정부 지원 사업을 통한 전시회 참가로 팜키퍼 제품인지도 향상

▪ 2018년 박람회 참가

- 대한민국 국제 농기계 자재박람회 참가 (천안, 2018.10.31~11.03)



▪ 2019년 박람회 참가 (국내전시회 5회 참가)

- 2019 상주 농업기계박람회 참가 (경북 상주, 2019.04.02~04.05)



- 제13회 대전국제농업기술전 (대전광역시, 2019.09.25 ~ 09.27)



- 2019 국제농업박람회 참가 (전남 나주, 2019.10.17 ~ 10.27)



- 2019 진주국제농식품박람회 참가 (경남 진주, 2019.11.06 ~ 11.10)

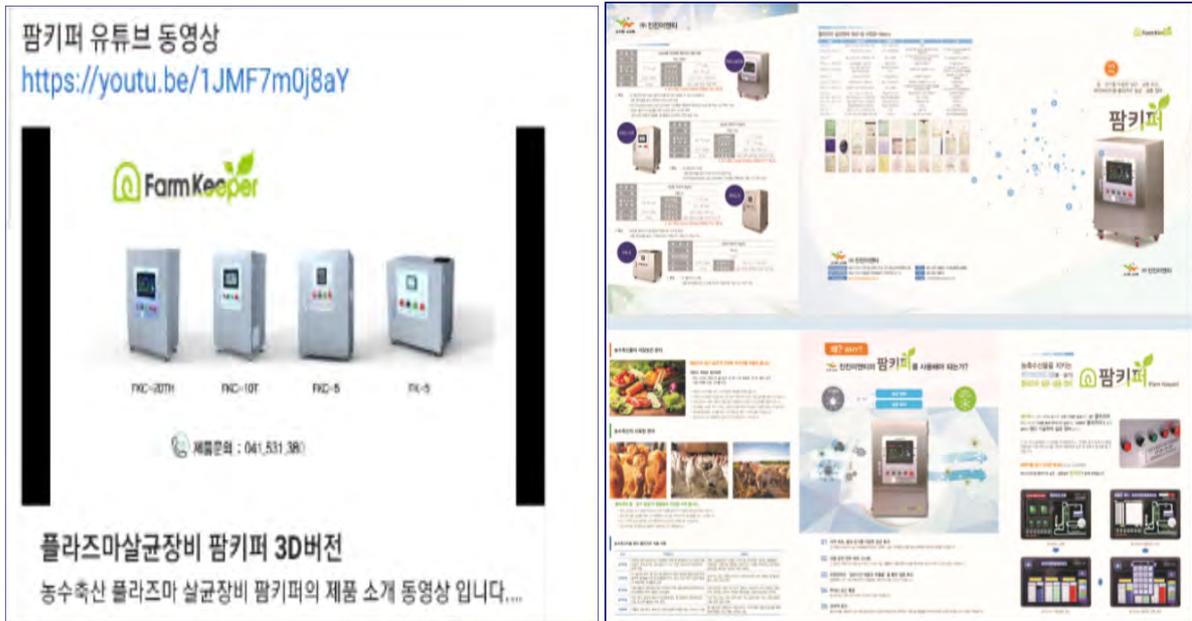


- 2019 제주감귤박람회 참가 (제주, 2019.11.08 ~ 11.12)



- 2020년에는 코로나 바이러스-19로 인해 일부 전시회가 취소 또는 연기 되었으나 농기계 전시회 관련 규모가 큰 “2020년 대한민국 국제농기계박람회_천안” 및 “2020년 진주 국제 농식품 박람회_진주” 참가 신청 완료 하였음

○ 홍보용 동영상 및 리플렛 등을 제작하여 살균효과가 검증된 팜키퍼 플라즈마 살균장비 홍보하여 브랜드 및 제품 인지도 향상 (그림 92)



(그림 92) 팜키퍼 동영상 및 리플렛

마. 해외시장 진출계획

1) 해외 마케팅 전략 및 제품 경쟁력

- 수출 제품은 처음에는 시간 당 기체오존 발생량 10g/5g용(내수용은 20g)으로 제작하여 수출가를 낮추고 추후 20g용으로 제품군을 확대할 계획임
- 수출 국가 대상별로 에이전트를 활용하여 수출을 추진함
- 국내외 전시회(KOTRA, 중소기업진흥공단, 충남테크노파크 지원)에 참가하여 제품을 홍보함
 - : 2018년 월드옥타 연계 동남아 홈쇼핑 전시, 수출상담회 (미안마, 2018.05.23~05.26)
- 무역사절단을 활용하여 제품을 홍보함

2) 해외시장(또는 고객) 발굴을 위한 정보수집 활동 계획

- 농기계 수출관련 정부지원을 활용
 - : 농기계 수출관련 정부의 지원은 농.축산용 플라즈마 발생기를 농기계로 등록 하여 정부의 수출 지원제도를 활용하고 동 수출 지원제도를 통해 해외시장 정보를 수집
- 중소기업청의 수출역량강화 사업을 활용함 (2020년에 진행)
- 지원 내용은 수출교육, 홍보용 디자인 개발, 시장정보제공 및 홍보, 수출마케팅

- 충남테크노파크의 수출활성화 지원 사업(수출 유망 중소기업 선정)을 활용함
- KOTRA의 수출지원제도(KOTRA 해외수출사업 지원단 등)을 활용하여 목표시장 국가의 농업. 축산 현황 및 농수산물 유통경로를 조사함



< 2018 월드옥타 연계 동남아 홈쇼핑 전시, 수출상담회 >

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

주요 성능지표	단위	최종 개발목표	세계최고수준	가중치 (%)	객관적 측정방법	
					시료 수 (n≥5개)	시험규격
1. <i>E. coli</i>	%	3 log reduction	4 log reduction	20	5	한국건설생활환경시험연구원
2. 황색포도상구균	%	3 log reduction	4 log reduction	15	5	한국건설생활환경시험연구원
3. VHSV	%	4 log reduction	4 log reduction	25	50	농림축산검역본부고시 (소독제 효력지침)
4. <i>Aeromonas salmonicida</i>	%	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	20	50	상동
5. <i>Streptococcus iniae</i>	%	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	20	50	상동
<input type="checkbox"/> 시료수 5개 미만 (n<5개)시 사유 없음						
<input type="checkbox"/> 측정결과의 증명방법 제시 ◦ 1항목은 대장균으로서 미생물 개체수 10,000마리 이상 작동시간 2분내 사멸률 99.9% 이상 일것. ◦ 2항목은 식중독 균으로서 1번 항목과 동일 ◦ 3항목은 본 연구팀에서 보유하고 있는 바이러스 분리주(VHSV KJ2008)를 증식배양 후 사용한다. 바이러스를 1x10 ⁷ TCID ₅₀ /ml로 희석한 후 작동시간(1, 2, 5, 10, 30분)에서의 사멸효율을 평가한다. 이때 [소독제 효력지침]에 따라 표준시험조건 및 선택시험조건에 따라 사멸효율 변화를 평가한다. 또한 산업성의 가능 여부를 판단하기 위하여 4 log reduction 이상의 사멸조건 포인트를 확인한다. ◦ 4~5 항목은 무지개송어 양식장에서 발생할 수 있는 세균성 질병 원인체이며, 소독제 효력지침에 따라 10 ⁸ CFU/ml의 세균 희석액을 준비한 후 작동시간(1,2,5,10,30분)에서의 사멸효율을 평가 한다. 이때 [소독제 효력지침]에 따라 표준시험조건 및 선택시험조건에 따라 사멸효율 변화를 평가한다. 또한 산업성의 가능 여부를 판단하기 위하여 5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식되지 않는지를 확인한다.						

3-2. 목표 달성여부

가. 인체 유해균에 대한 기체 플라즈마 살균력 시험 결과

공인시험기관인 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에서 세균 *E. coli* 및 황색포도상구균에 대한 살균력 시험을 통해 팜키피 플라즈마 살균장비에 대한 효력평가 결과 목표치인 3 log reduction(99.9%)를 달성 함

나. 수산생물 유해 병원체 3종(*Aeromonas salmonicida*, *Streptococcus iniae* 및 VHSV)대해서도 살균력 및 증식 억제력이 입증되었음. 뿐만 아니라 유망 양식대상어종인 틸라피아 순환여

과식 양식시설 설치한 팜키퍼의 탁월한 수질개선 효과가 입증되었으며, 생산성 향상에 기여 할 수 있을 가능성을 확인하였음.

다. 연구목표 달성도

(1) 인체 유해균에 대한 기체 플라즈마 살균력 시험 결과

주요 성능지표	단위	최종 개발목표	시험 결과		가중치 (%)	객관적 측정방법	
			결 과	달성도		시료 수 (n≥5개)	시험규격
1. <i>E. coli</i>	%	3 log reduction	3 log reduction	100%	20	5	한국건설생활환경시험연구원
2. 황색포도상구균	%	3 log reduction	3 log reduction	100%	15	5	한국건설생활환경시험연구원

※ 한국건설생활시험연구원 살균력 시험성적서는 page 35~74 참조

(2) 수산생물 유해 병원체에 대한 살균력 시험 결과

주요 성능지표	단위	최종 개발목표	결 과		가중치 (%)	객관적 측정방법	
			결 과	달성도		시료 수 (n≥5개)	시험규격
3. VHSV	%	4 log reduction	90%	90	25	50	농림축산검역본부고시 (소독제 효력지침)
4. <i>Aeromonas salmonicida</i>	%	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	99.21%	90	20	50	상동
5. <i>Streptococcus iniae</i>	%	5개의 동일 소독제 희석배수의 영양배지에서 4개 이상 증식하지 않음	99.64	90	20	50	상동

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

오존농도 자동조절 장치 및 오존 알람 장치 등을 추가 개발하여 부착한다면 장비 실용성을 높일 수 있음. 이를 위한 후속 연구지원 요구됨.

4. 연구결과의 활용 계획 등

- 플라즈마 기체의 살균력 검증 결과를 활용해 저온저장창고등의 신선도유지기 사업화에 적극 활용 함
- 수산양식 적용을 위한 가이드라인 제시
- 담수어류 양식장 현장 적용 가능하여 매출 향상 기대됨.
- 순환여과식 양식시설 시공 업체와 공동 개발 필요.
- 본 지원사업으로 효능이 검증된 팜키피 플라즈마 살균장비의 살균력을 유사 업종 영업시 마케팅자료로 활용하여 제품의 신뢰도 및 인지도 향상 시킴
- 수산생물병원성전염병 전체로 확대하여 플라즈마 처리수의 살균 효과 및 증식 억제력 검사 필요함.
- 해산어류 양식장 현장 적용 가능성 검토 필요.
- 오존농도 자동조절 장치 및 오존 알람 장치 등의 추가 개발을 위한 후속 연구지원이 요구 됨.

붙임 1. 참고문헌

- Lee KH, Jang KS, Kim SH, Park SW. 2013. Performance assessment of apparatus for controlling algae bloom in aqua pet pank using by a cold plasma, J Kor Soc Fish Tech 49 (2), 126 - 135
- Park SD, Kim YH, Park JH, Kim PK. 2018. Changes in Water Quality and Bacterial Compositions in Culture Water of an Ozonated Flounder Farm, Korean J. Environ. Biol. 36(1) : 90~97.
- Mmanda FP, Zhou S, Zhang J, Zheng X, An S, Wang G. 2014. Massive mortality associated with *Streptococcus iniae* infection in cage-cultured red drum (*Sciaenops ocellatus*) in Eastern China. Afr. J. Microbiol. Res. 8(16), 1722-1729.
- Menanteau-Ledouble S, Kumar G, Saleh M, El-Matbouli M. 2016. *Aeromonas salmonicida*: updates on an old acquaintance. Dis Aquat Org, 120: 49-68.
- Zhang C, Fang Z, Liu W, Tian F, Bai M. 2016. Rapid removal of bacterial endotoxin and natural organic matter in water by dielectric barrier discharge plasma: Efficiency and toxicity assessment, Journal of Hazardous Materials 318 : 15-23.
- Deng X, Shi J, Kong MG (2006) Physical Mechanisms of Inactivation of *Bacillus subtilis* Spores Using Cold Atmospheric Plasmas. IEEE Trans Plasma Sci. 34 : 1310-1316.
- Masser JP, Rakocy J, Losordo TM (1999) Recirculating aquaculture tank production systems : management of recirculating systems. SRAC Publication, vol. 452
- Kim PK, Kim JW, Park JH (2018) Hematological and histological changes of black porgy *Acanthopagrus schlegeli* in ozonated recirculating systems. Fisheries and Aquatic Sciences 21: 1-8.
- Hong YC, Ma SH, Kim KI, Shin YW (2019) Multihole dielectric barrier discharge with asymmetric electrode arrangement in water and application to sterilization of aqua pathogens. Chemical Engineering Journal 374 : 133-143
- Lee YS, Jeon HJ, Han HG, cheong CJ (2013) Disinfective Properties and Ozone Concentrations in Water and Air from an Ozone Generator and a Low-temperature Dielectric Barrier Discharge Plasma Generator. Journal of Environmental Science International 22: 937-944.

- 진윤식, 조주현, 김대중. 2018. 플라즈마 활성수 제조기술 기초연구. 연구보고서 국가과학기술연구회
- 서정수. 2011. 내수면 어류 질병 및 대책 2. 국립수산과학원
- 황지연. 2010. 한국 넙치에 발병하는 VHSV의 발생동향과 대책. 아쿠아인포

붙임 2. 논문(한국어병학회지 2020.06.30일자 게재)

한국어병학회지 제33권 제1호 (2020)
J. Fish Pathol., 33(1): 063-069

www.ksfp.org
pISSN 1226-0819, eISSN 2233-5412
http://dx.doi.org/10.7847/jfp.2020.33.1.063

코로나 방전 플라즈마 처리수에 의한 어류 병원체 소독 효과

유진호 · 이지현 · 문성희 · 권세련 · 박태섭* · 권준영†

선문대학교 수산생명의학과, *㈜진진이엔터

Disinfection effect of corona discharged plasma water on fish pathogens

Jin Ho You, Ji Hyun Lee, Seong Hee Mun, Se Ryun Kwon,
Tae Sup Park* and Joon Yeong Kwon†

Department of Aquatic Life Medical Sciences, Sunmoon University, Asan 31460, Korea
*JIN JIN E&T Co., Ltd., Asan 31450, Korea

Fish culture is constantly threatened by various infectious diseases which are largely transmitted by water. Plasma technology is being used to sterilize polluted water in many industries. In this study, two bacterial pathogens *Aeromonas salmonicida* and *Streptococcus iniae*, and a virus (viral hemorrhagic septicemia virus, VHSV) were subjected to plasma water that was produced by a corona discharge system. Growth of *A. salmonicida* was greatly inhibited from $10^{5.61}$ CFU/ml in positive control to $10^{3.31}$ CFU/ml in treated group by only 60 sec contact with plasma water. Similarly, *S. iniae* was inhibited from $10^{5.85}$ CFU/ml to $10^{3.40}$ CFU/ml. VHSV titer also decreased from $10^{6.1}$ TCID₅₀/ml to $10^{1.45}$ TCID₅₀/ml by the same treatment. Activation of water by the plasma was confirmed by the existence of ozone in the plasma water. These results suggest that plasma water could efficiently disinfect fish pathogens, possibly by the action of reactive oxygen species contained in the plasma water.

Key words: Plasma, Corona discharge, Ozone, *Aeromonas salmonicida*, *Streptococcus iniae*, Viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV)

어류 양식장의 사육수는 수산생물 감염성 질병의 전파 경로 중 가장 큰 비중을 차지한다. 따라서 사육수를 소독하는 일은 어류 질병의 예방을 위한 필수 요소이다(OIE, 2009). 양식 시설 및 양식용 장비의 소독은 다양한 물리적 및 화학적 방법을 이용하여 일상적으로 이루어지고 있다. 하지만 생물이 생활하고 있는 사육수에 대한 화학적 소독은

양식 중인 생물에게 피해를 줄 수 있어서 조심스럽게 접근해야 한다. 적은 양의 물을 사용하며 고밀도로 사용하는 순환여과사육시스템에서 사육수의 소독은 더욱 중요하다(Sharrer and Summerfelt, 2007; Schroeder *et al.*, 2011). 이러한 이유로 병원체로 인한 질병 발생을 예방하고 수질 향상에 도움을 주기 위하여 다양한 소독 기술의 개발이 진행되고 있으며, 그 중 일부는 이미 양식장에서 이용되고 있다(OIE, 2009). 잔류 소독제를 최소화할 수 있는 소독 방법으로 대표적인 것은 UV light 또는 오존

처리 등이 있으며, 최근 플라즈마 처리수(plasma water)를 이용한 사육수 소독도 제안되고 있다.

플라즈마는 고체, 액체, 기체 어디에도 속하지 않는 제 4의 물질 상태로 불리며, 전자, 중성입자, 이온 등의 입자들로 나누어진 상태를 말한다. 수중 플라즈마 생성 공정은 저온 플라즈마(non-thermal plasma)에 속하는 코로나방전(corona discharge)이나 유전체장벽방전(dielectric barrier discharge, DBD) 등의 플라즈마 발생 장치에 의해 이루어진다. 이중 코로나방전 방식은 처리 공정이 비교적 간단하며, 강한 전기장을 이용하여 플라즈마를 생산한다. 이때 산소(O₂)를 주입하면 수중에 오존(O₃), OH 라디칼, 과산화수소(H₂O₂) 등 각종 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)이 생성된다(Deng *et al.*, 2006). 이러한 ROS들은 강력한 산화력으로 수중의 세균 및 바이러스의 외막과 DNA를 파괴하기 때문에 병원체 제거에 효과적일 것으로 예상되며, 반응 후 빠르게 분해되어 2차 오염이 없는 장점을 가지고 있다(Lee *et al.*, 2013a,b; Park *et al.*, 2013). 게다가 유기물, 난분해성 물질 제거 및 질소성 물질 감소 등 수질 향상에도 긍정적인 영향을 미친다고 알려져 있다(Schroeder *et al.*, 2011; Spiliotopoulou *et al.*, 2018). 플라즈마 처리 기술은 수영장 및 선박의 평형수 소독, 녹조 제거 등 다양한 수처리 분야에서 활발하게 이용되고 있다(Lee *et al.*, 2013a). 수산양식에 적용하기 위한 노력이 진행 중이지만 플라즈마 처리수의 어류 병원체 소독에 대한 연구는 아직 충분하지 않다.

*Aeromonas salmonicida*는 어류에 감염성 질병을 일으키는 병원체의 하나로 무지개송어를 포함한 연어과 어류에 절창병(furunculosis)을 일으켜 내수면 양식에 큰 피해를 준다(Janda and Abbott 2010). *Streptococcus iniae*는 연체구균종의 원인 병원체이며, 담수어 및 해수어 모두 감염되며, 특히 국내에서는 넙치 양식에 큰 피해를 주는 병원체이다(Shin *et al.*, 2006). 바이러스성출혈성패혈증(viral hemorrhagic septicemia, VHS)의 원인 바이러스(VHSV)는 Family *Rhabdoviridae*, Genus *Novirhabdovirus*에 속하며, 외막이 있는 RNA 바이러스이다. VHSV는 상어보다 치어를 더 잘 감염시키며, 유럽에서는 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)양식에 매우 치명적

인 질병으로 알려져 있지만, 국내에서는 넙치와 같은 해산어류에 치명적 질병을 일으키는 것으로 더 잘 알려져 있다(Kim *et al.*, 2009). 본 연구에서는 어류 병원성 세균 2종(*A. salmonicida*, *S. iniae*) 및 바이러스 1종(VHSV)에 대한 플라즈마 처리수의 소독 효과를 평가하였다.

재료 및 방법

플라즈마 발생장치

코로나 방전식 플라즈마 발생장치(corona discharge system, 하이브리드형 전자식 플라즈마 발생장치, model FKC-10TH, 진진이엔티)를 사용하여 생산한 플라즈마 처리수의 어류 병원성 세균 및 바이러스에 대한 증식억제 능력을 평가하였다. 이 장치에 의한 플라즈마 처리수 생성과정은 Fig. 1과 같다. 산소농축기로부터 플라즈마 발생장치에 산소를 공급하고, 방전판의 전극 사이에 높은 전압을 걸어 플라즈마를 생성시킨다. 생성된 플라즈마는 벤츄리, 가압펌프 및 마이크로 믹싱 펌프에 의해 물과 혼합되어 플라즈마 처리수가 된다. 이 처리수 안에는 오존, OH 라디칼, 과산화수소 등 다양한 ROS가 포함되어 있어 살균 및 소독효과를 가질 수 있다. 본 연구에서 사용한 플라즈마 발생장치의 산소주입량은 2~3 LPM이었으며, 플라즈마 발생량은 7.8~10.4 g/h이었다. 플라즈마 처리수 내의 화학적 활성종 모두를 정량적으로 측정할 수 없어서, 본 연구에서는 오존 측정기(DOZ5500, Clean In, China)를 사용하여 오존 농도를 측정할 후 이 농도를 실험 시 기준으로 활용하였다.

세균 소독효과 평가

*A. salmonicida*와 *S. iniae*는 각각 1% NaCl이 포함된 TSB (tryptic soy broth)와 1% NaCl이 포함된 BHIB (brain heart infusion broth)에서 48시간 동안 배양한 후(27°C) 10⁸ CFU/ml이 되도록 준비하였다. 소형실험수조(10 L)에 *A. salmonicida* (10⁸ CFU/ml) 10 ml를 넣은 수돗물 1 L를 투입한 다음 플라즈마 처리수 9 L를 이 수조에 직접 주입하였다. 실험 시 주입할 세균의 농도 및 배양조건 등은 일련의 최적화 실험을 통해 결정하였다. 양성대조군에는 플라

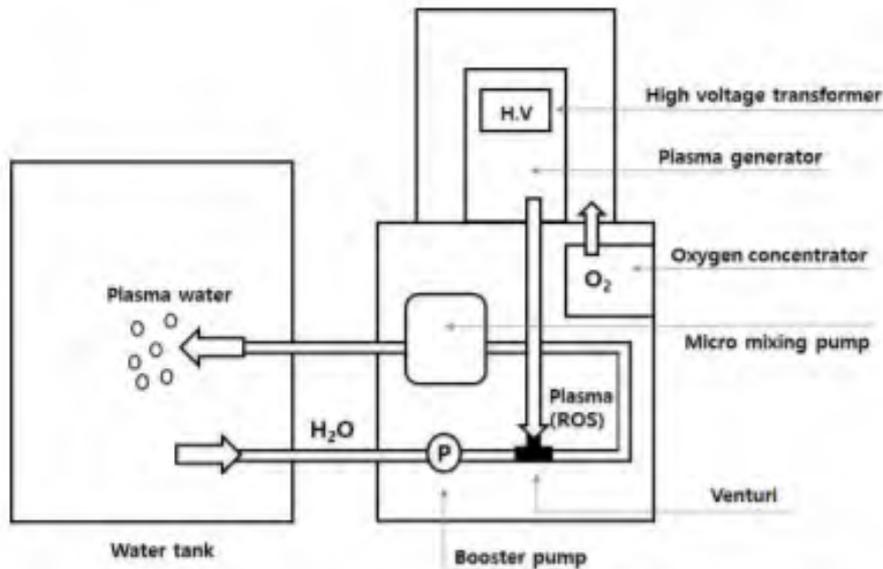


Fig. 1. Schematic diagram for the production of plasma water by a corona discharge system. ROS (reactive oxygen species).

즈마 처리수 대신 수돗물을 주입하였으며, 음성대조군에는 세균을 넣지 않았다. 각 그룹을 60초 동안 실험수조 내 용액과 접촉시키고, 1 ml씩 채수하였다. 플라즈마 발생장치 작동 시부터 세균과의 접촉 완료 시까지 플라즈마 처리수 내 오존 농도는 대략 0.1~1 mg/l 사이였다. 채수한 샘플은 PBS로 단계 희석한 다음 TSA (tryptic soy agar) 배지에 100 µl씩 접종하고 도말하였다. 이후 27°C에서 24시간 배양하고, 콜로니를 계수하여 CFU (colony forming unit)로 계산하였다. *S. iniae* (10⁸ CFU/ml)도 동일한 방법으로 실험을 진행하였으며, 배지의 종류만 BHIA (brain heart infusion agar)배지로 바꾸어 접종하였다.

병원성 바이러스 소독효과 평가

5% (v/v) fetal bovine serum (FBS)과 1% (v/v) antibiotic-antimycotic agent가 첨가된 minimum essential medium (MEM)을 이용하여 epithelioma papulosum cyprini (EPC) 세포를 20°C에 배양하였다. VHSV (KJ2008 분리주, Kim *et al.*, 2016)를 EPC에 접종하여 15°C에서 3~5일 배양 후 세포변성효과 (cytopathic effect, CPE)를 확인하였다. 배양액을

3,000 ×g에서 15분 동안 원심 분리 후 상층액을 수거하고 -80°C에 보관하였다. 실험에 사용할 바이러스의 농도 및 배양 온도조건 등은 일련의 최적화 실험을 통해 결정하였다. 50% tissue culture infectious dose (TCID₅₀) 방법으로 VHSV의 역가를 확인하였고, 최종적으로 얻어진 VHSV의 역가는 10⁶ TCID₅₀/ml였다. 소형실험수조(10 L)에 VHSV를 5 ml를 넣은 수돗물 1 L를 투입한 다음 플라즈마 처리수 4 L를 이 수조에 직접 주입하였다. 양성대조군에는 플라즈마 처리수 대신 수돗물을 주입하였으며, 음성대조군에는 바이러스를 넣지 않았다. 실험수조 내 온도는 15°C로 유지시켰으며, 플라즈마 처리수에 60초 동안 접촉 시키고 E-tube에 샘플 1 ml를 채수하였다. 오존 농도는 플라즈마 발생장치 작동 시부터 1분 반응 시간까지 대략 0.17~1.89 mg/l 사이를 나타냈다. 채수한 샘플은 10단계 희석한 다음 96 well plate에 미리 배양해 둔 EPC 세포에 50 µl 씩 접종한 후 TCID₅₀을 측정하였다.

통계처리

본 실험 결과는 mean±SD로 나타내었고, 통계처리는 SPSS program ver.23을 이용하여 진행하였으

며, one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

플라즈마 처리수는 어류 병원성 세균 2종(*A. salmonicida*, *S. iniae*) 및 바이러스 1종(VHSV)을 효과적으로 소독하였다. 플라즈마 처리수 내의 어떤 인자가 이러한 효과를 유도하였는지는 명확하지 않으나, 플라즈마 처리수에 포함되어 있는 ROS로부터 비롯되었을 가능성이 높다.

세균(*Aeromonas salmonicida*, *Streptococcus iniae*) 소독효과

코로나 방전식 플라즈마 처리수를 *A. salmonicida*와 *S. iniae*에 처리하여 증식억제 능력을 평가하였다. 그 결과 *A. salmonicida* 양성대조군은 $10^{5.61}$ CFU/ml이었던 반면 플라즈마 처리수를 주입한 실험군은 $10^{3.52}$ CFU/ml이어서 *A. salmonicida*에 대해 99.21%의 증식억제율을 보였다. 이와 비슷하게 *S. iniae* 양성대조군은 $10^{5.85}$ CFU/ml이었으며, 실험군은 $10^{3.40}$ CFU/ml이어서 *S. iniae* 실험군은 양성대조군에 비해 99.64%의 증식억제율을 보였다. 따라서 *A. salmonicida*와 *S. iniae* 모두에서 플라즈마 처리수에 의한 세균 소독 효과가 뚜렷이 확인되었다 (Fig. 2, Fig. 3). 음성대조군에서는 세균이 검출되지 않았다.

언어진 효과의 원인물질은 플라즈마 처리수 내의 ROS일 가능성이 높다(Guo *et al.*, 2015). 본 연구에서는 대표적 ROS의 하나인 오존의 농도를 모니터링하였고, 플라즈마 처리수가 세균과 접촉하는 시간 동안(60초), 처리수 내 오존 농도는 0.1~1 mg/l 사이였다. 오존의 살균 효과는 이미 오래전 보고된 바 있는데, 오존 농도 0.1~1.0 mg/l의 물을 60초 동안 세균 *A. salmonicida*, *Aeromonas liquefaciens*, *Pseudomonas fluorescens*, *Yersinia ruckeri* 등에 처리 하였을 때 99% 이상의 세균 감소 효과가 있었다(Colberg and Lingg, 1978). 또한 오존은 다양한 해산어류 병원체 *Enterococcus seriolicida*, *Vibrio anguillarum*, *Pasteurella piscicida* 등에 대해서도 살균 효능을 갖는 것으로 보고되었다(Sugita *et al.*,

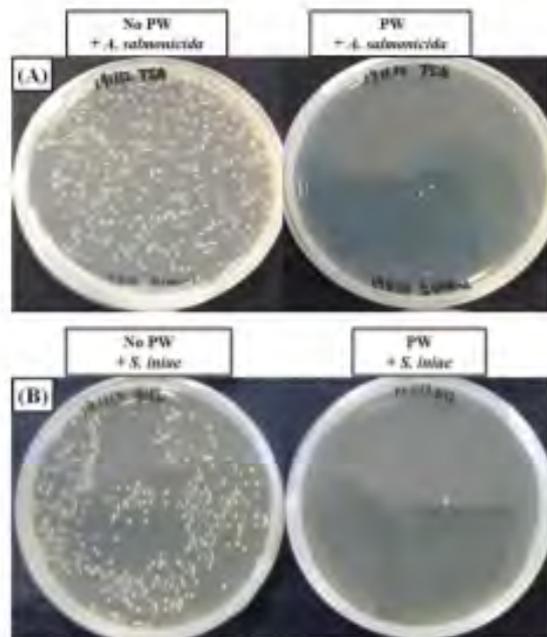


Fig. 2. Disinfection of pathogenic bacteria by treatment with plasma water. *Aeromonas salmonicida* (A) and *Streptococcus iniae* (B) were incubated in TSA plate and BHI plate, respectively. No PW: Not treated with plasma water, PW: Treated with plasma water.

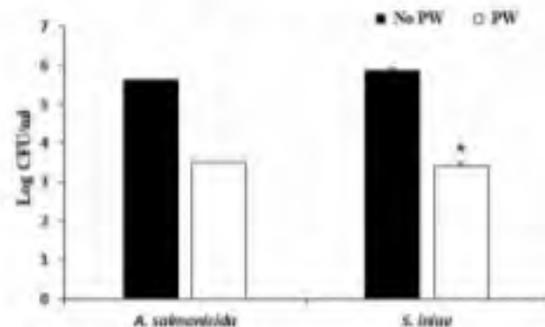


Fig. 3. Difference of bacterial growth (*Aeromonas salmonicida* and *Streptococcus iniae*) in log number of colony forming unit (CFU) between No PW (■, not treated with plasma water) and PW (□, treated with plasma water). (1 = 1 log₁₀ CFU/ml). * indicates significant difference between No PW and PW ($P < 0.05$).

1992). 플라즈마 수중방전 장치를 사용한 실험에서는 슬팜울병 원인 병원체(*Aeromonas hydrophila*)를 관상어 사육수조에 투입하였을 때, 플라즈마 장

치가 설치된 수조에서는 세균 투입 2일 만에 세균 98%가 제거되었고 대조구에 비해 관상어의 생존율도 유의하게 높았다(Lee *et al.*, 2013a). 한편, 전기 분해장치에서 발생한 mixed oxidant (MO)에 노출된 *Streptococcus parauberis*에 대한 살균효과도 확인되었다(Park *et al.*, 2018). 이상의 모든 실험에서 소독 효과는 여러 종류의 ROS와 관련되어 있었다.

바이러스(VHSV) 소독효과

플라즈마 처리수를 VHSV에 처리하여 소독효과를 평가한 결과 VHSV 대조군은 $10^{4.1}$ TCID₅₀/ml 역가를 보였으며, 실험군은 $10^{1.45}$ TCID₅₀/ml 역가를 보였다. 따라서 실험군은 대조군과 비교하여 $10^{2.65}$ TCID₅₀/ml의 역가 차이가 나타났으며, 명백한 바이러스 불활성화 효과를 확인하였다(Fig. 4). 음성대조군에서는 세포변성효과(CPE)가 나타나지 않았다. 세균 실험에서와 마찬가지로 플라즈마 처리수의 바이러스 소독효과도 ROS에 의해 비롯되었을 것으로 추측된다(Filipic *et al.*, in press). 바이러스 실험 시 오존의 농도는 접촉 시간 동안(60초) 0.17 ~ 1.89 mg/l 사이였다. 오존은 VHSV와 같은 *rhabdoviridae*에 속하는 단환형 바이러스인 vesicular stomatitis Indian virus (VSIV)를 효과적으로 불활성화 시켰다(Murray *et al.*, 2008). Ultraviolet C (UVC) radiation에 노출된 infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV)와 VHSV도 모두 불활성화되었는데 (Afonso *et al.*, 2012), UV 처리가 ROS를 생성하는

것은 잘 알려진 사실이다. ROS는 바이러스의 외막 (Envelope) 또는 단백질외각(Capsid)에 처음으로 접촉하며, 외막과 캡시드가 파괴되면 보호되지 않은 핵산(nucleic acid)과 반응하여 바이러스를 불활성화 시킨다.

플라즈마 처리수는 오존뿐만 아니라 OH 라디칼, 과산화수소 등 다양한 화학적 활성종들을 포함하고 있으며 이들이 복합적으로 작용하여 난분해성 물질 및 병원체를 제거할 수 있기 때문에 다양한 산업분야에서 활용하고 있다. 하지만 수산양식 분야에서 플라즈마 처리수의 적절한 활용 방법은 아직 개발되지 않았다. 플라즈마 처리수의 살균 효능에 영향을 주는 인자들은 여러 가지가 있지만 가장 중요한 인자는 농도와 접촉시간이다. 오존 농도는 물속 유기물이 많을수록 빨리 낮아지며 물과 접촉 후 시간이 경과함에 따라 급격히 낮아진다 (Lee *et al.*, 2012; Sharrer and Summerfelt, 2007). 본 연구에서 플라즈마 처리수에 60초 동안 접촉시켰을 때 살균력이 99.9% 보다 낮았던 것은 투입된 세균량이 많았고, 오존의 빠른 반감기로 인해 살균력이 감소된 것으로 추정된다. 또한 이 때문에 플라즈마 처리수와 접촉시간을 60초 이상 3분, 5분, 15분으로 늘려주어도 살균력이나 소독효과가 더 증가하지 않았다(data shown). 플라즈마 처리수가 ROS를 통해 살균력을 갖는 시간은 매우 짧다. 따라서 수산양식 분야에서 플라즈마 처리수를 “살균력이 있는 물”로 사용하기 보다는 ROS 제거 후 “살균이 완료된 물”로 활용하는 것이 더 적절할 수 있다.

결론적으로 본 연구에서는 플라즈마 처리수의 어류 병원체 *A. salmonicida*, *S. iniae*, VHSV에 대한 소독효과를 확인하였다. 양식장 사육수의 병원체 제거에 활용할 수 있을 것으로 예상되나, 플라즈마 처리수의 효과가 ROS를 통해 발휘되므로 ROS의 독성(Ritola *et al.*, 2002)과 물질적 불안정성을 고려하여 안전하고 효율적인 이용을 위한 추가 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림

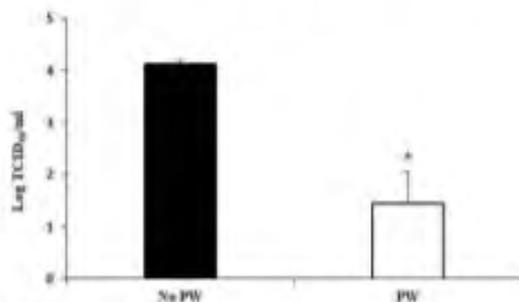


Fig. 4. Difference of infectivity titers of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) between No PW (■, not treated with plasma water) and PW (□, treated with plasma water). (1 = 1 log₁₀ TCID₅₀/ml). * indicates significant difference between No PW and PW (P<0.05).

식품기술기획평가원의 농식품연구성과후속지원 사업의 지원을 받아 연구되었음(818006-02).

References

- Afonso, L.O.B., Richmond, Z., Eaves, A.A., Richard, J., Hawley, L.M. and Garver, K.A.: Use of Ultraviolet C (UVC) Radiation to Inactivate Infectious Hematopoietic Necrosis Virus (IHNV) and Viral Hemorrhagic Septicemia Virus (VHSV) in Fish Processing Plant Effluent. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 3:1-5, 2012.
- Colberg, P.J. and Lingg, A.J.: Effect of ozonation on microbial fish pathogens, ammonia, nitrate, nitrite, and BOD in simulated reuse hatchery water. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35:1290-1296, 1978.
- Cho, M.Y., Ha, H.J., Min, J.G., Kim, T.J., Jee, B.Y., Park, S.H., Hwang, S.D., Kim, K.I., Jang, Y.H. and Park, M.A.: Improvement and application of assessment criteria on disease control level in olive flounder aquaculture farms. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 27:1646-1655, 2015.
- Deng, X., Shi, J. and Kong, M.G.: Physical Mechanisms of Inactivation of *Bacillus subtilis* Spores Using Cold Atmospheric Plasmas. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 34:1310-1316, 2006.
- Filipic, A., Gutierrez-Aguirre, I., Prme, G., Mozetic, M. and Dobnik, D.: Cold plasma, a new hope in the field of virus inactivation. *Trends in Biotechnology*, (in press) 1-14, 2020.
- Guo, J., Huang, K. and Wang, J.: Bactericidal effect of various non-thermal plasma agents and the influence of experimental conditions in microbial inactivation: A review. *Food Control*, 50:482-490, 2015.
- Janda, J.M. and Abbott, S.L.: The Genus *Aeromonas*: Taxonomy, Pathogenicity, and Infection. *Clinical Microbiology Reviews*, 23:35-73, 2010.
- Kim, W.S., Kim, S.R., Kim, D.W., Kim, J.O., Park, M.A., Kitamura, S.I., Kim, H.Y., Kim, D.H., Han, H.J., Jung, S.J. and Oh, M.J.: An outbreak of VHSV (viral hemorrhagic septicemia virus) infection in farmed olive flounder *Paralichthys olivaceus* in Korea. *Aquaculture*, 296:165-168, 2009.
- Kim, H.J., Park, J.S., Choi, M.C. and Kwon, S.R.: Comparison of the efficacy of Poly(I,C) immunization with live vaccine and formalin-killed vaccine against viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 48:206-211, 2016.
- Lee, Y.S., Kim, Y.B., Kim, K.S. and Han, H.G.: Disinfection Properties and Variation in the Ozone Concentration in Seawater Generated Using a Low-Temperature Dielectric Barrier Discharge Plasma Reactor. *Journal of Environmental Science International*, 21:1181-1186, 2012.
- Lee, K.H., Jang, K.S., Kim, S.H. and Park, S.W.: Performance assessment of apparatus for controlling algae bloom in aqua pet park using by a cold plasma. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology*, 49:126-135, 2013a.
- Lee, Y.S., Jeon, H.J., Han, H.G. and Cheong, C.J.: Disinfective Properties and Ozone Concentrations in Water and Air from an Ozone Generator and a Low-temperature Dielectric Barrier Discharge Plasma Generator. *Journal of Environmental Science International*, 22:937-944, 2013b.
- Murray, B.K., Ohmine, S., Tomer, D.P., Jensen, K.J., Johnson, F.B., Kirs, J.J., Robison, R.A. and O'Neill, K.L.: Virion disruption by ozone-mediated reactive oxygen species. *Journal of Virological Methods*, 153:74-81, 2008.
- OIE (Office International des Epizooties): Methods for disinfection of aquaculture establishments. *In Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals*. 2009.
- Park, J.H., Kim, P.K., Lim, T.H. and Daniels, H.V.: Ozonation in seawater recirculating systems for black seabream *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker): Effects on solids, bacteria, water clarity, and color. *Aquacultural Engineering*, 55:1-8, 2013.
- Park, C.M., Kim, K.H., Moon, H.N. and Yeo, I.K.: Effect of Mixed Oxidants and Sodium Hypochlorite on Pathogenic Microorganisms in Olive flounder *Paralichthys olivaceus* Aquaculture on Jeju Island. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51:389-396, 2018.
- Ritola, O., Peters, L.D., Livingstone, D.R. and Lindstrom-Seppa, P.: Effects of in vitro exposure to ozone and/or hyperoxia on superoxide dismutase, catalase, glutathione and lipid peroxidation in red blood cells and plasma of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 33:165-175, 2002.
- Sugita, H., Asai, T., Hayashi, K., Mitsuya, T., Amanuma, K., Maruyama, C. and Deguchi, Y.: Application of Ozone Disinfection To Remove *Enterococcus ventriosus*, *Pasteurella piscicida*, and *Vibrio anguillarum* from Seawater. *Applied and Environmental Microbiology*, 58:4072-4075, 1992.

- Sharrer, M.J. and Summerfelt, S.T.: Ozonation followed by ultraviolet irradiation provides effective bacteria inactivation in a freshwater recirculating system. *Aquacultural Engineering*, 37:180-191, 2007.
- Schroeder, J.P., Croot, P.L., Von, Dewitz, B., Waller, U. and Hanel, R.: Potential and limitations of ozone for the removal of ammonia, nitrite, and yellow substances in marine recirculating aquaculture systems, *Aquacultural Engineering*, 45:35-41, 2011.
- Spiliotopoulou, A., Rojas-Tirado, P., Chhetri, R.K., Karsholm, K.M.S., Martin, R., Pedersen, P.B., Pedersen, L.F. and Andersen, H.R.: Ozonation control and effects of ozone on water quality in recirculating aquaculture systems, *Water Research*, 133:289-298, 2018.
- Shin, G.W., Palaksha, K.J., Yang, H.H., Shin, Y.S., Kim, Y.R., Lee, E.Y., Kim, H.Y., Kim, Y.J., Oh, M.J., Yoshida, T. and Jung, T.S.: Discrimination of streptococcosis agents in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Bull. Bulletin- European Association of Fish Pathologists*, 26:68-79, 2006.

Manuscript Received : Jun 8, 2020

Revised : Jun 11, 2020

Accepted : Jun 12, 2020

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화				
	(영문) Industrialization of plasma sterilizer through laboratory and field efficacy evaluation				
주관연구기관	(주)진진이엔티		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 대표이사	
참 여 기 업	(주)진진이엔티			(성명) 박 태 섭	
총연구개발비 (207,000천원)	계	207,000천원	총 연구 기 간	2018.04.30. ~ 2020.04.30.(2년)	
	정부출연 연구개발비	155,000천원	총 참 여 연구 원 수	총 인 원	8
	기업부담금	52,000천원		내부인원	1
	연구기관부담금	-		외부인원	7

○ 연구개발 목표 및 성과

- 개발목표 : 실험실 및 현장 효능 평가를 통해 효용성이 검증된 플라즈마 살균장비 개발 및 산업화
- 연구성과 :
 - 실험실용 챔버형 시스템 개발
 - 병원성 세균 2종(*E. coli* 및 황색포도상구균)에 대한 99.9% 살균력 검증(KCL)
 - 대표 수산 병원체 *Aeromonas salmonicida*, *Streptococcus iniae* 및 VHSV에 대한 살균효과 규명
 - 플라즈마 살균장비의 수질, 성장지표 및 생존율에 대한 효과 규명
 - 주요 표적시장에 대한 살균장비의 효능 검증을 통한 제품 신뢰성 확보

○ 연구내용 및 결과

- 플라즈마 살균장비의 기체오존을 이용한 세균에 대한 살균 효과 검증
 - 병원성 세균 2종에 대한 살균력 효과 검증 완료
 - 유기물 조건하에서 세균 *E. coli* 외 4종에 대한 효력성 평가를 통한 현장 적용가능 여부를 판단
- 목표시장인 수산양식분야에 플라즈마 살균수에 대한 실험실 및 현장 효능평가를 통한 살균력 효과 검증
 - 병원체 세균 2종, 바이러스 1종에 대한 살균효과를 측정
 - 양식현장에 플라즈마 살균기의 설치 효과 모니터링
 - 플라즈마 살균장비를 설치한 사육조와 설치하지 않은 사육조 사이의 수질변화, 성장지표 및 생존율 조사
 - 플라즈마 살균장비를 설치한 사육조와 설치하지 않은 사육조의 물을 채수하여 일반 세균 수 및 UVT% 측정

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 플라즈마 기체의 살균력 검증 결과를 활용해 저온 저장 창고등의 신선도 유지기 사업화에 적극 활용 함
- 수산양식 적용을 위한 가이드라인 제시
- 본 지원사업으로 효능이 검증된 팜키피어 플라즈마 살균장비의 살균력을 유사 업종 영업시 마케팅 자료로 활용하여 팜키피어 플라즈마 살균장비의 제품 신뢰성 및 인지도 향상 기대

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		818006-2	
사업구분	농림축산식품연구개발사업				
연구분야	농업시설·환경기계·시스템		과제구분	단위	
사업명	농식품연구성과후속지원사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화		과제유형	개발	
연구기관	(주)진진이엔티		연구책임자	박태섭	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.04~2018.12	75,000	25,000	100,000
	2차연도	2019.01~2020.04	80,000	27,000	107,000
	3차연도				
	4차연도				
	5차연도				
	계	2018.04~2020.04	155,000	52,000	207,000
참여기업	(주)진진이엔티				
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020. 06. 15

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)진진이엔티	대표이사	박태섭

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	
----	---

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (~~아주우수~~, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 플라즈마 기체의 살균효과를 검증하기 위해 실험실용 챔버형 시스템을 개발 및 효력시험을 실시하였고, 효과적인 시험방법 제시함
- 반감기가 짧은 기체 오존 등과 같은 물질의 수산질병 병원체에 대한 소독제 효력 검증 방법이 확립되지 않았음에도 시행착오를 거쳐 순차적으로 효능을 검사할 수 있는 방법을 수립하여 과업을 완수하였음.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (~~아주우수~~, 우수, 보통, 미흡, 불량)

담수어 질병을 중심으로 연구하였으나 해산어류 질병으로의 확대 적용 가능성이 크며, 후속 연구를 발굴할 가능성이 높음.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (~~아주우수~~, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 플라즈마 기체의 살균력 검증내용을 활용하여 저온저장창고등의 신선도유지기 판매 활성화
- 수산질병을 예방하고 양식 현장의 생산을 향상시킬 수 있는 가능성이 높음.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (~~아주우수~~, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 플라즈마 기체 및 살균수의 반감기 특성 및 잔유 오존으로 인해 살균력 효능검증에 어려움이 있었으나 실험용 챔버형 시스템 개발 및 시행착오를 거쳐 순차적으로 효능 검사를 함
- 특히, 2년차에는 건국대에서 플라즈마 살균수에 대한 효능평가 실험이 불가능하여 어류양식장을 보유한 선문대로 연구기관 변경하여 짧은 기간안에 2년치의 연구를 완수하였음. 매우 성실하게 열심히 실험하고 분석하였음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (~~아주우수~~, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 한국어병학회지 제33권 제1호 (2020) 논문 발표
: 코로나 방전 플라즈마 처리수에 의한 어류 병원체 소독 효과

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가	
1. <i>E. coli</i> 살균력 (3 log reduction _99,9%)	20	100	20	99.9% 살균효과 검증 완료 (한국건설생활환경시험연구원)
2. 황색포도상구균 살균력 (3 log reduction _99,9%)	15	100	15	99.9% 살균효과 검증 완료 (한국건설생활환경시험연구원)
3. VHSV (4 log reduction _99,99%)	25	90	22.5	- log reduction : 2.65 - 90% 이상의 증식 억제력 효과
4. <i>Aeromonas salmonicida</i>	20	90	18	- 99.21% 살균력 효과
5. <i>Streptococcus iniae</i>	20	90	18	- 99.64% 살균력 효과
6. 표적시장 현장 적용 시험 (어류 양식장 현장 실험)		100		- 세균수를 감소시켜 질병을 예방 - UVT% 개선으로 수질개선 효과
합 계	100점		93.5	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 인체 유해병원체 2종은 목표 99.9% 살균력 효과가 검증되었으며,
- 수산생물 유해 병원체 3종(*Aeromonas salmonicida*, *Streptococcus iniae* 및 VHSV) 대해서도 살균력 및 증식 억제력이 검증 되었음. 뿐만 아니라 유망 양식대상어종인 틸라피아 순환여과식 양식시설 설치한 팜키퍼의 탁월한 수질개선 효과가 입증되었으며, 생산성 향상에 기여할 수 있을 가능성을 확인하였음.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 연구개발 활동에 중요한 표적시장(양어장) 현장적용시험에 대한 연구활동내용이 세부연구 목표항목에 빠져 있으나 연구에 중요성을 고려하여 평가시 반영 되었으면 좋겠습니다 (살균효과, 수질개선, 성장지표 및 생존율에 대한 연구활동내용)

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 플라즈마 기체의 살균력 검증 결과를 활용해 저온저장창고등의 신선도 유지기 사업화에 적극 활용 함
- 수산양식 적용을 위한 가이드라인 제시
- 본 지원사업으로 효능이 검증된 팜키퍼 플라즈마 살균장비의 살균력을 마케팅 및 영업활동시 유사 관련업종에도 활용해 제품의 인지도 및 신뢰성 향상

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	농림수산식품·시스템	
연구과제명	플라즈마 살균장비의 실험실 및 현장 효능 평가를 통한 산업화			
주관연구기관	(주) 진진이엔티	주관연구책임자	박 태 섭	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	155,000,000	52,000,000	0	207,000,000
연구개발기간	2018.04.30 ~ 2020.04.30			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① <i>E. coli</i> 살균력 (3 log reduction _99,9%)	99.9% 살균효과 검증 완료 (한국건설생활환경시험연구원)
② 황색포도상구균 살균력(3 log reduction _99,9%)	99.9% 살균효과 검증 완료 (한국건설생활환경시험연구원)
③ VHSV (4 log reduction _99,99%)	- log reduction : 2.65 - 90% 이상의 증식 억제력 효과
④ <i>Aeromonas salmonicida</i>	- 99.21% 살균력 효과
⑤ <i>Streptococcus iniae</i>	- 99.64% 살균력 효과
⑥ 표적시장 현장 적용 시험 (어류 양식장 현장 실험)	- 세균수를 감소시켜 질병을 예방 - UVT% 개선으로 수질개선 효과

- 인체 유해병원체 2종은 목표 99.9% 살균력 효과가 검증되었으며,
- 수산생물 유해 병원체 3종(*Aeromonas salmonicida*, *Streptococcus iniae* 및 VHSV) 대해서도 살균력 및 증식 억제력이 검증 되었음. 뿐만 아니라 유망 양식대상어종인 틸라피아 순환여과식 양식시설 설치한 팜키퍼의 탁월한 수질개선 효과가 입증되었으며, 생산성 향상에 기여할 수 있을 가능성을 확인하였음.

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기 타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치						50	50													
최종목표						3	375													
연간내 달성실적						4	27.2													
달성율(%)						100	7.3													

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	인체 유해 병원체에 대한 플라즈마 기체 살균력 효과 검증
②	수산생물 유해 병원체에 대한 살균력 및 억제력 검증

5. 연구결과별 기술적 수준

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

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	플라즈마 기체의 살균력 검증 결과를 활용해 저온저장창고등의 신선도유지기 사업화에 적극 활용 함
②의 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 수산양식 적용을 위한 가이드라인 - 담수어류 양식장 현장 적용 가능하여 매출 향상 기대됨. - 본 지원사업으로 효능이 검증된 팜키피 플라즈마 살균장비의 살균력을 유사 업종 영업시 마케팅자료로 활용하여 제품의 신뢰도 및 인지도 향상 시킴 - 수산생물법정전염병 전체로 확대하여 플라즈마 처리수의 살균 효과 및 증식 억제력 검사 필요함.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		논문평균IF	학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치						50	50													
최종목표						3	375													
연구기간내 달성실적						4	27.2													
연구종료 후 성과창출 계획							350													

주 의

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