

710013
-03

지시계 · RFID-지시계 · 포장시스템 기술 개발
지능형 농식품 포장에 위한

2020

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

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

발간등록번호
11-1543000-003311-01

지능형 농식품포장을 위한 지시계, RFID-지시계, 포장시스템 기술 개발

2020.12.07.

주관연구기관 / 동국대학교 산학협력단
협동연구기관 / 경남대학교 산학협력단
경희대학교 산학협력단

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

제출문

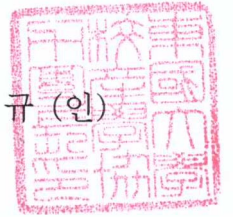
제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “지능형 농식품포장을 위한 지시계, RFID-지시계, 포장시스템 기술 개발”(개발기간 : 2017. 09. 01 ~ 2020. 08. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 12. 07.

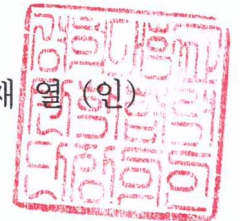
주관연구기관명 : 동국대학교 산학협력단 (대표자) 김 관 규 (인)



협동연구기관명 : 경남대학교 산학협력단 (대표자) 강 차 관 (인)



경희대학교 산학협력단 (대표자) 이 재 열 (인)



참여기관명 : (주)동호기계 (대표자) 이 정 익 (인)



한국지능형포장산업(주) (대표자) 정진서



(주)알앤에프케미칼

(대표자) 박동일



쉬운기술(주)

(대표자) 김정민



한그린테크

(대표자) 김대현



주관연구책임자 : 이승주

협동연구책임자 : 안덕순
임종환

참여기관책임자 : 이정익
정진서
박동일
김정민
김대현

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	710013-3	해당 단계 연구 기간	2017.09.01. - 2020.08.31	단계구분	3단계/ 3단계
연구사업명	사업명	농식품기술융합창의인재양성(연구지원)			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	지능형 농식품 포장연구센터			
	세부과제명	지능형 농식품포장을 위한 지시계, RFID-지시계, 포장시스템 기술 개발			
연구책임자	이 승 주	해당단계 참여연구원 수	총: 167명 내부: 75명 외부: 92명	해당단계 연구개발비	정부: 2,925,000천원 민간: 279,995천원 계: 3,204,995천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 805명 내부: 431명 외부: 374명	총 연구개발비	정부: 9,830,478천원 민간: 3,935,347천원 계: 13,765,825천원
연구기관명 및 소속 부서명	동국대학교 산학협력단/동국대학교 식품생명공학과			참여기업명: 동호기계(주), (주)한국 지능형포장산업, (주)알앤에프케이칼, (주)쉬운기술, (주)한그린테크	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	비공개(기술이전 및 사업화를 위하여 핵심원천기술의 기밀이 요구됨)
----------------------	--------------------------------------

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	52	26	-	1	-	-	-	-	-	-	-

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
동국대	시차주사열 량계	DSC4000	1	2015.07.01	57,454	(주)신코엠 앤티 02-3446-8 200	동국대 지능형 농식품 포장연구센터	20150924

요약
요약: 지능형 농식품 포장의 핵심 원천기술을 현장에 적용하여 산업화하였다. 그 배경은 1) ARC

보고서 면수

지능형 농식품 포장 연구센터의 7년간 연구 성과를 산업화에 활용하였다. 2) 지능형 농식품 포장의 시장은 매우 유망하다. 비록 국내에는 아직 산업화가 거의 이루어지지 않았지만 2021년 예상 세계시장 규모는 24조원으로 집계되고 있어 이와같은 세계 추세에 편승하여 곧 시장이 형성되고 증가할 것으로 예상된다. 사업화 성과는 다음과 같다.

- ◆ **지능형 농식품 포장 지시계의 산업화**
 - ▣ 시간-온도 이력 지시계(TTI)의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발
 - ▣ 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발
 - ▣ 지시계의 시장개척 및 사업화
- ◆ **4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화**
 - ▣ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축
 - ▣ 지능형 RFID-센서지시계의 제품/생산공정 설계 관리 기술 개발
 - ▣ 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화
- ◆ **농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화**
 - ▣ 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축
 - ▣ 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축
 - ▣ 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화
- ◆ **전문인력 양성**
 - ▣ 캡스톤디자인 교육 프로그램 실시
 - ▣ 인력의 글로벌화 프로그램 실시
 - ▣ 전문인력의 업계 진출을 위한 환경조성 프로그램 실시

4. 요약문

요약문

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>[연구 목적]</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 지능형 농식품 포장의 핵심 원천기술을 현장에 적용하여 산업화한다. 그 배경은 1) ARC 지능형 농식품 포장 연구센터의 7년간 연구 성과를 산업화에 활용한다. 2) 지능형 농식품 포장의 시장은 매우 유망하다. 비록 국내에는 아직 산업화가 거의 이루어지지 않았지만 2016년 세계시장 규모는 약 17조원, 2021년 예상 규모는 24조원으로 집계되고 있어 이와같은 세계 추세에 편승하여 곧 시장이 형성되고 증가할 것으로 예상된다. ◆ 산업화하고자 하는 구체적인 지능형 농식품 포장 대상을 다음과 같이 센터 사업 목표로 설정하였다. 산업화 수행과 병행하여 전문인력양성 프로그램을 실시한다. <ul style="list-style-type: none"> ▣ 지능형 농식품 포장 지시계의 산업화 ▣ 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화 ▣ 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화 ▣ 전문인력양성 프로그램 실시 <p>[연구 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 지능형 농식품 포장 지시계의 산업화 <ul style="list-style-type: none"> ▣ 시간-온도 이력 지시계(TTI)의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발: TTI 지시계의 생산을 위한 제품, 생산공정, 시범사업을 위한 지시계 사용 시스템을 설계하였다. 최종 제품 생산을 위한 품질 및 생산관리 시스템을 구축하여 사업화를 지원하였다. ▣ 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발: 신선도 가스 지시계의 생산을 위한 제품, 생산공정, 시범사업을 위한 지시계 사용 시스템을 설계하였다. 최종 제품 생산을 위한 품질 및 생산관리 시스템을 구축하여 사업화를 지원하였다. ▣ 지시계의 시장개척 및 사업화: 지시계의 시제품 및 완제품을 생산하였다. 제품 사용자 조사와 함께 업체를 발굴하여 시범사업을 실시하였다. 과제 3차년도에 사업화에 들어가 마케팅, 유통 및 판매, 품질 및 생산 관리를 수행하였다. ◆ 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화 <ul style="list-style-type: none"> ▣ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축: 횡성한우 브랜드화 및 김치 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집하였다. 최종 IT 기반 농식품 포장 유통시스템의 제품화 및 사업화를 지원하였다. ▣ 지능형 RFID-센서지시계의 제품/생산공정 설계 관리 기술 개발: RFID-센서지시계의 생산을 위한 제품, 생산공정, 시범사업을 위한 지시계 사용 시스템을 설계하였다. 최종 제품 생산을 위한 품질 및 생산관리 시스템을 구축하여 사업화를 지원하였다. ▣ 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화: 개발된 모듈을 기술 이전하였다. 횡성축산업협동조합 및 경기농협식품조합의 요구사항 및 현장 환경을 분석하여 시범사업을 실시하였다. ◆ 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화 <ul style="list-style-type: none"> ▣ 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축: 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선, 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립, 아파트 빌트인 냉장고에 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어작동방법 개선, 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용, 저장성 및 품질 보존 효과 평가 및 각종 지침서 설계, 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 개선 및 보급을 통하여 사업화를 지원하였다. ▣ 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축: 감자의 녹변방지용 포장재의 생산방법 확립, 자외선 차단성 포장재의 생산방법 확립, 제품의 규격화 및 관리방안 마련, 수분 저항성이 판지 포장재의 생산방법 확립을 통하여 사업화를 지원하였다.
------------------------	---

	<p>■ 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화: 제품의 제조 시스템 하드웨어 구축, 제품의 제조 시스템 소프트웨어 구축, 김치숙성냉장고 기존 스마트 홈 시스템에 장착 보완 및 급외식 업소 확대, 기획 관계자 제안서 작성 및 홍보, 확장된 판로 확보계획 및 판매전략 수립, 지속적인 품질관리 계획 수립을 통하여 최종 본 사업을 실시하였다.</p> <p>◆ 전문인력 양성</p> <p>■ 캡스톤디자인 교육 프로그램: 자기주도형 창의적 전문 인력으로 교육하였다. 학생들이 사업화에 필요한 지원 기술을 발굴하고 개발을 하는 과정을 교수 지도에 의한 교육 프로그램으로 실시하였다.</p> <p>■ 인력의 글로벌화 프로그램: 세계적 인지도 향상과 국외간 인력 및 기술 교류를 위하여 해외 기관과 MOU 체결 및 공동 연구를 실시하고, 외국인 학위 과정 및 연구원을 유치하였다.</p> <p>■ 전문인력의 업계 진출을 위한 환경조성 프로그램: 본 센터 성과물에 대한 업체와의 발표회 개최, 학술대회 및 언론 보도를 통한 연구 성과물의 발표, 업체와의 공동 연구 및 시범사업을 통하여 전문인력의 필요성 및 우수성을 홍보하였다.</p>																														
<p>성과</p> <p>연구개발 성과</p>	<p>◆ 사업화지표</p> <p>▷ 지식재산권: 특허 출원 16건, 등록 10건</p> <p>▷ 기술실시(이전) 9건(기술료: 48,000,000원)</p> <table border="1" data-bbox="418 896 1311 1111"> <thead> <tr> <th>업체</th> <th>관련기술</th> <th>유형</th> <th>건수</th> <th>기술료 (단위: 천원)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(주)한국지능형포장산업</td> <td>지시계</td> <td>통상실시권</td> <td>3</td> <td>17,000</td> </tr> <tr> <td>(주)쉬운기술</td> <td>포장용기</td> <td>통상실시권</td> <td>2</td> <td>8,000</td> </tr> <tr> <td>(주)한그린테크</td> <td>포장재</td> <td>통상실시권</td> <td>1</td> <td>10,000</td> </tr> <tr> <td>(주)더웨이브톡</td> <td>지시계</td> <td>통상실시권</td> <td>1</td> <td>5,000</td> </tr> <tr> <td>(주)디에이아이</td> <td>시스템</td> <td>비독점실시권</td> <td>2</td> <td>8,000</td> </tr> </tbody> </table> <p>▷ 사업화 실적</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제품화(33건) : 시간온도 이력지시계, 감자녹변방지필름, 김치숙성 냉장고 등 - 매출액 : 133,500,000원 - 고용창출 : 12명 - 기술인증 : 2건 <p>◆ 연구기반지표</p> <p>▷ 학술성과: SCI 47편, 비SCI 5편, 학술발표 35건</p> <p>▷ 정책활용·홍보: 11건</p>	업체	관련기술	유형	건수	기술료 (단위: 천원)	(주)한국지능형포장산업	지시계	통상실시권	3	17,000	(주)쉬운기술	포장용기	통상실시권	2	8,000	(주)한그린테크	포장재	통상실시권	1	10,000	(주)더웨이브톡	지시계	통상실시권	1	5,000	(주)디에이아이	시스템	비독점실시권	2	8,000
업체	관련기술	유형	건수	기술료 (단위: 천원)																											
(주)한국지능형포장산업	지시계	통상실시권	3	17,000																											
(주)쉬운기술	포장용기	통상실시권	2	8,000																											
(주)한그린테크	포장재	통상실시권	1	10,000																											
(주)더웨이브톡	지시계	통상실시권	1	5,000																											
(주)디에이아이	시스템	비독점실시권	2	8,000																											
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>◆ 인력양성: 석사 18명, 박사 13명, 취업인력 20명</p> <p>▷ 식품관련 업체, 정책연구소 및 대학의 '지능형 농식품 포장' 전문인력으로 취업</p> <p>◆ 인력양성 Program</p> <p>▷ 창의적 자기주도적 기업형 인재 양성 프로그램: 2회</p> <p>▷ '지능형 농식품 포장' 전문인력 양성 프로그램: 3회</p> <p>▷ 글로벌화 프로그램: 3회</p> <p>▷ 산업계 진출을 위한 환경 조성 프로그램: 4회</p> <p>◆ 지시계 제품은 센터 자립화 사업을 통하여 충분히 사업화될 수 있을 것으로 기대된다.</p> <p>◆ 농식품류의 수출입량이 높아지고 있는 현 시점에서 해상 컨테이너 유통 관리의 중요성이 날로 부각되고 있다. 지시계를 수출 농식품 전반에 적용한다면 그 시장규모가 매우 클 것으로 예상된다.</p> <p>◆ 농식품의 저장 및 유통 시, 제품의 유효 기간 및 올바른 유통 상황을 소비자에게 시각적으로 보여주는 지시계의 개발 및 사업화는 소비자의 입장에서는 유효 기간에 대한 믿음, 생산자에게는 저장 기간 확대를 통한 이익 증대 및 유통 조건에 대한 경각심을 그리고 유통 업체에게는 제품에 적합한 유통 조건 유지라는 이익을 동시에 실현함으로써 전반적인 식품 산업 발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.</p> <p>◆ 유통·관리 기술 사업화로 식품 손실의 사전 차단을 통한 제2의 생산효과를 기대할 수 있으며 고효율 물류시스템 구축으로 국내 식품재료의 가격 경쟁력을 보강할 수 있다.</p> <p>◆ 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템은 신선식품의 물류 배송시 품질 안심 솔루션</p>																														

	<p>선으로 상업화될 수 있을 것으로 기대된다. 국내의 경우, 코로나 19로 인해서 온라인 쇼핑의 증대와 제3자 물류업체의 신선식품 배송에 대한 관심의 증대로 산업화의 실현이 가속화될 것으로 기대된다. 국외의 경우, 선박에 의한 장기 운송시(예: 김치, 포도 등) 식품의 안심 모니터링 기술 솔루션 등으로 산업화 될 것으로 기대된다. 또한 머신 러닝에 의한 RFID 고도화 및 연관 기술의 발전도 기대된다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ ARC사업의 연구결과는 거의 모두 해외 우수학술지에 발표되어 관련 분야 학문발전에 크게 기여할 것으로 사료된다. ◆ 과제 종료 후에는 1차년도 6천만원, 2차년도 1억원, 3차년도 2억원, 4차년도 4억원, 5차년도 6억원의 연간 매출액을 예상하고 있다. ◆ 세계적으로도 아직 성장기에 있는 지능형 식품 포장 시장을 겨냥하여 본 센터의 사업화 성과를 수출할 수도 있을 것이다. 제품 성능 및 가격의 차별화를 통하여 충분히 가능할 것으로 예상된다. 				
국문핵심어 (5개 이내)	지능형 농식품 포장	지시계	4차 산업형 농식품 유통 시스템	포장재	포장용기
영문핵심어 (5개 이내)	Intelligent packaging for agri-foods	Indicator	4th industrial agri-food distribution system	Packaging materials	Packaging containers

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

5. 본문목차

< 목 차 >

1. 센터의 개요	10
2. 국내외 기술개발 동향	36
3. 연구개발내용 및 인력양성 프로그램 운영	46
4. 센터 운영 성과(1·2·3단계)	72
4-1. 핵심기술개발 성과 및 활용성과	72
4-2. 인력양성 및 활용성과	708
5. 목표달성도 및 관련 분야 기여도	711
6. 연구성과의 활용계획	724
7. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	744
8. 연구개발결과의 보안등급	755
9. 연구개발과제의 대표적 연구실적	756
10. 기타사항	773
11. 참고문헌	774

<별첨 1> 연구개발보고서 초록

<별첨 2> 연구성과 활용계획서

<별첨 3> 자체평가의견서

1. 연구개발과제의(센터의) 개요

1-1. 연구개발 목적

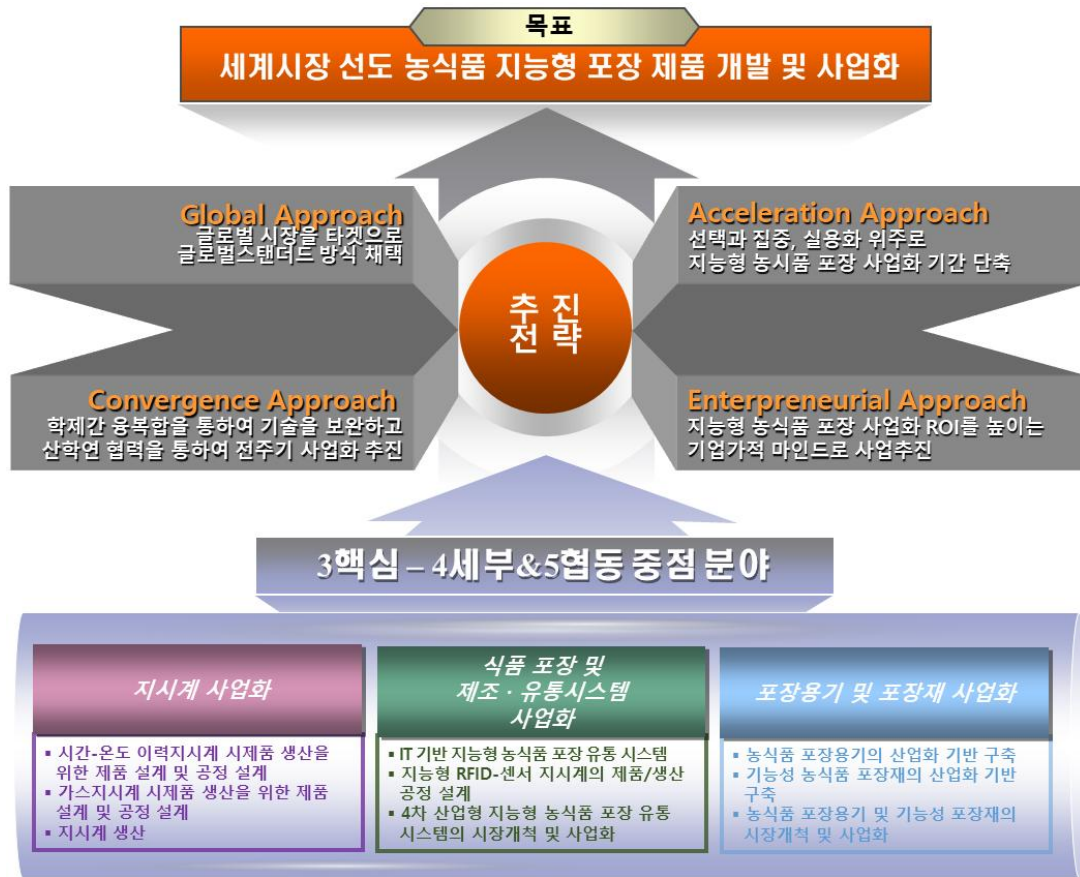
- 포장 산업의 최근 가장 중요한 이슈는 아래의 그림과 같이 기능성 포장, 친환경 포장, 물류 포장이라고 할 수 있음



- 기능성 포장은 포장의 고유 기능인 내용물 보호성, 소비자 편의성 등을 위해 다양한 재질 구성과 기능 구현을 위해 지속적으로 연구되고 중요성이 부각되어진 분야임
 - 포장된 내용물의 품질에 대한 정보를 유통과정에서 실시간으로 파악할 수 있는 기술을 확보하는 것이 중요해지고 있지만 식품, 음료, 의약품 등의 경우에는 품질에 대한 정보를 파악할 수 있는 카드, 라벨, 무선장치 등을 내용물에 직접 부착할 수 없기 때문에 포장에 이러한 기능을 부여하는 Intelligent Packaging 기술에 대한 관심이 높아지고 있음
 - Intelligent Packaging의 대표적인 기술은 포장 내의 환경 변화를 감지하여 눈으로 확인할 수 있도록 색이나 명암으로 표현할 수 있는 지시계(Indicators) 기술임
 - 최근에는 ICT 기술과의 융합으로 화물에 대한 Tracking & Tracing과 같은 Visibility 구현에 대한 요구 등으로 중요한 이슈가 되고 있음
- 선진국의 경우 식품 유통과정의 신뢰성과 안전성 확보, 저에너지 고효율 유통시스템 개발, 신선식품의 적합한 유통, 품질평가, 포장, 서비스 개발 및 노령인구 급증에 대비한 포장·디자인의 개발 등 시장의 요구에 맞는 다양한 기술개발이 진행 중이고, 선진국의 포장산업은 단순 제조업에서 물류·유통서비스를 포괄하는 종합컨설팅으로 발전하고 있으며, 포장 클러스터 조성 등 국가적 차원에서 전략적인 투자를 단행하고 있음
- 1·2단계에서 확보된 원천기술 및 융복합기술을 바탕으로 지능형 농식품 포장의 핵심 원천기술을 현장에 적용하여 산업화한다. 그 배경은 1) ARC 지능형 농식품 포장 연구센터의 7년간 연구 성과를 산업화에 활용한다. 2) 지능형 농식품 포장의 시장은 매우 유망하다. 비록 국내에는 아직 산업화가 거의 이루어지지 않았지만 2016년 세계시장 규모는 약 17조

원, 2021년 예상 규모는 24조원으로 집계되고 있어 이와같은 세계 추세에 편승하여 곧 시장이 형성되고 증가할 것으로 예상된다.

- 산업화하고자 하는 구체적인 「지능형 농식품 포장」 대상을 다음과 같이 센터 사업 목표로 설정하였다. 산업화 수행과 병행하여 전문인력양성 프로그램을 실시한다.



■ 1핵심 과제 : 지능형 농식품 포장 지시계의 산업화

- 1-1세부과제 : 시간-온도 이력 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발
- 1-2세부과제 : 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발
- 1-3협동과제 : 지시계의 시장개척 및 사업화

■ 2핵심 과제 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화

- 2-1세부과제 : IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축
- 2-2세부과제 : 지능형 RFID-센서 지시계의 제품/생산공정 설계
- 2-3협동과제 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화

■ 3핵심 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화

- 3-1세부과제 : 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축
- 3-2협동과제 : 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축
- 3-3협동과제 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화

1-2. 연구개발의 필요성

[지능형 식품 포장 전반]

- 지난 반세기 동안 농식품의 유통과 소비는 혁신적인 변화가 있었다. 소비자들은 보다 안전하고 높은 품질의 농식품을 소비하려는 요구를 나타내었고, 고품질로 생산된 농산물과 식품이 적절한 포장과 유통을 통하여 품질열화 없이 소비자에게 전달되도록 하는 것이 매우 중요한 과제가 되었고, 소비자 측면에서는 최종적으로 구매되는 농식품의 안전성과 품질 확인 방법이 필요하다. 이러한 필요를 만족시키는 수단으로서 지능형 포장관련 기술이 주목받고 있다.

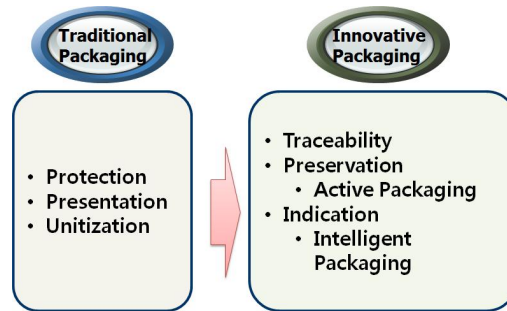


그림 1. 식품 포장의 트렌드 변화

- 농식품을 담아서 유통경로를 따라 이동되는 포장은 기본적으로 품질을 보존하고 각 유통단계에서 정보를 전달하며 소비 시에 편의성을 제공하는 기능을 가지고 있으며, 최근에 들어서 IT, BT, NT의 융복합적 응용기술에 의하여 과거에는 상상할 수 없었던 다양한 능력을 가지게 되었다.
- 농식품의 안전성 확보와 관련된 문제로서 원산지와 재배조건 등에 관한 정보를 소비자들에게 정확하게 전달하는 문제와 유통과정 중에서의 품질을 관리하고 실시간적으로 판단하여 처리하는 것이 현재의 농식품 유통에서 가장 중요한 관심사인데, 현재의 포장기술이 이를 어느 정도 해결해나가고 있다. 이러한 분야의 기술을 포괄적으로 **지능형 포장(intelligent packaging)**이라고 부르고 있다. 상품정보에 관한 내용이 지금까지는 주로 포장에 인쇄된 바코드(bar code)에 의하여 유통경로에서 확인되고 이용되어 왔지만, 앞으로는 RFID(Radio Frequency IDentification)에 의하여 보다 많은 정보가 빠르고 쉽게 전달될 수 있을 것이며, 식품의 품질도 포장에 인쇄된 고정된 유통기한의 설정에 의하여 이루어져 왔지만 실시간적인 품질 측정이나 예측이 가능해지고 있다. 특히 다양한 센서와 결합된 RFID 시스템은 농식품의 저장성과 안전성을 확보하기 위한 유통단계에서의 여러 의사결정을 주도하여 식품 폐기를 줄이며 소비자 만족도를 향상시킬 수 있다. 이러한 지능형 포장의 개념도는 그림 2와 같다.

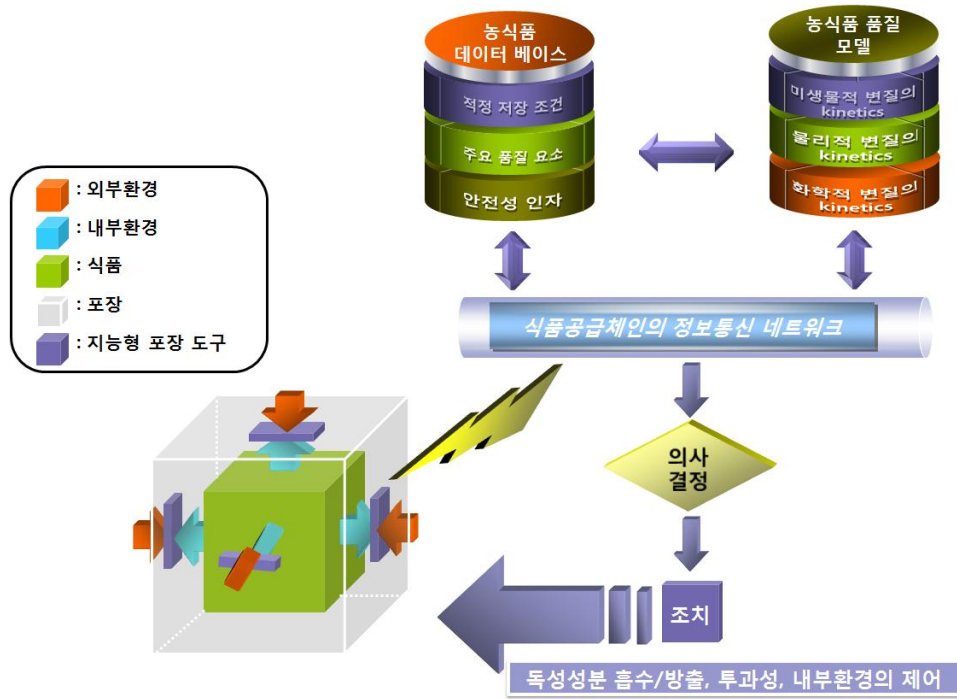


그림 2. 지능형 포장에 의한 식품 정보 공유 및 IT 기반 유통 관리 시스템의 개념도

- 지능형 포장의 개발과 적용에서 이미 미국·EU·일본을 포함한 선진국에서는 저장온도관리, 물류의 자동화에서 RFID의 사용이 확대되고 있고, 가전제품과의 정보전달과 의사결정의 통합화를 이루어서 상용화되고 있다. 국내에서는 RFID 기술개발은 이루어지고 있으나 식품산업과 연계하여 지능형 포장시스템을 개발하는 면에서는 낙후된 실정이다. 실제로 식품제조업체들은 근시안적인 제품 판매량에 주 의사결정을 두고 있기 때문에 중장기적 개발 및 투자에 매우 인색한 실정이고, 전반적인 물류체계에서 지능형 포장의 도입은 관련 당사자 간의 협력과 조화가 필요하기 때문에 국가적인 이니셔티브에 의한 선도적인 연구개발이 필요하다.
- 최근 품질 지시계 사용에 관한 미국과 벨기에 소비자 동향에 관한 조사(Use of Freshness Indicators on Perishable Food Products: An Assessment of Consumer Attitudes in the United States and Belgium) 결과를 보면 응답자의 80% 이상이 안전, 신선도, 유통기한에 관한 정보를 지시계로부터 직접 얻을 수 있어서 지시계 부착 식품을 구매하겠다고 하였다. 또한, 지시계 부착 식품이 있을 경우, 지시계가 부착된 제품의 브랜드로 바꾸겠다고 의사를 표시한 응답자가 75% 이상되었으며, 지시계 부착 식품이 어린이의 식품안전에 도움이 된다고 응답한 사람은 93% 였다고 응답된 것으로 보아 향후 지시계 적용 포장 분야 산업의 인식률 및 용의성에 대해 매우 긍정적으로 평가된다.

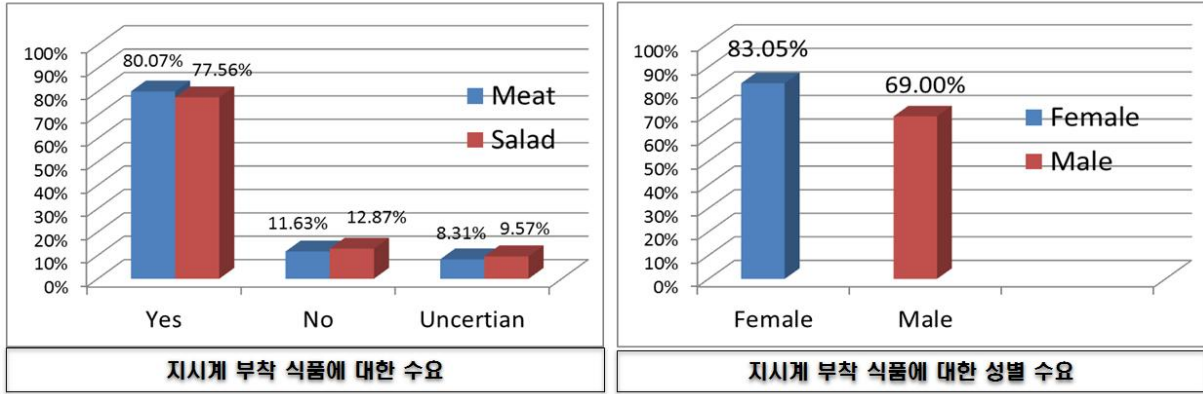


그림 3. 지능형 농식품 포장 소비자 트렌드 (참고문헌; Use of Freshness Indicators on Perishable Food Products: An Assessment of Consumer Attitudes in the United States and Belgium (2008))

- 최근 국내외 환경은 지능형 식품 포장 개발에 유리하다. 1) 개발도상국 시장에서 소비자는 경제 성장의 덕택으로 향상된 구매력을 보유하고 있다. 중국, 인도, 태국 같은 나라에서 기능성, 지능형 포장 제품의 사용이 점차 증가하고 있다. 이러한 개발도상국 시장은 향후 높은 성장 잠재력을 제공한다. 2) 적절한 정책 및 규제 부재에도 불구하고 미국, EU와 같은 주요국이 시장 성장에 많은 기여를 하고 있으며, 일본도 Mitsubishi Gas Chemical Co., Ltd., Toppan Printing Co., Ltd. and Nippon Soda Co., Ltd. 와 같은 회사를 보유하고 있는 주요국 중의 하나이다. 3) 건강에 대한 높은 관심으로 인해 소비자들은 신선하고 품질 좋은 식품을 찾고 있는데, 이를 충족시키기 위해 기업체들은 기능성/지능형 포장에 많은 비중을 두고 있다. 4) 최근 천연 및 유기농 식품에 대한 소비자들의 높은 수요는 원료 농산물의 재배생산 이력 정보를 제공하는 지능형 포장에 기회를 제공한다.
- 식품 및 음료의 기능성 및 지능형 포장과 관련된 글로벌 시장이 2015년까지 약 66억 달러 규모에 달할 것으로 예측되었다. 기능성 포장 시장은 53억 달러, 지능형 포장 시장은 13억 달러 규모에 이를 것으로 전망되었다. 기능성 포장분야는 높은 투자로 인해 1년에 평균 약 5.3% 성장했으며, 3.7% 성장한 지능형 포장분야는 더 개발될 필요가 있다 (Scripp Business Insights, 2010). 또한, 2011년 Visiongain 시장보고서에 따르면 기능성 및 지능형 포장과 관련된 글로벌 시장이 2021년까지 7.7%의 연평균 성장률로 확대할 것으로 전망했다. 시장 성장에 기여하는 주요 요인으로는 다양한 사회적 활동으로 인한 시간의 제약, 1인 가구의 급증, 인구의 노령화, 소득의 증대, 차별화 및 편의성 추구, 건강 및 환경에 대한 관심 등을 들 수 있다.

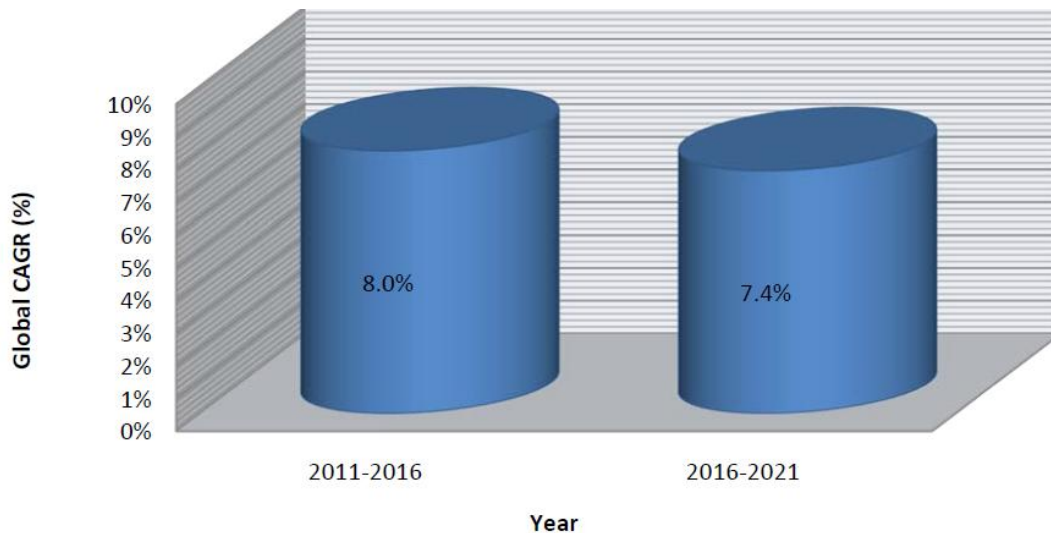


그림 4. 지능형 식품 포장의 연도별 성장 예상(출처; Visiongain 2011)

- 미국에서는 active and intelligent 포장의 시장은 매년 8.3% 증가율을 보이고 있으며 2013년에는 13억 USD(약 1.3조원)에 달할 것으로 한 경제분석보고서는 예측하였다(Active & Intelligent Packaging to 2013 - Demand and Sales Forecasts, Market Share, Market Size, Market Leaders, Company Profiles, Industry Trends. The Freedonia Group, Inc., Cleveland, OH; 에서도 볼 수 있음). 또한 유럽의 한 보고서(VTT Technical research center of Finland. Current situation and future research needs in active and intelligent food packaging in “R&D Opportunities in Food Packaging” , 4 June 2009, Elite World Hotel, Taksim-Istanbul)에 따르면 2009년의 지능형포장의 세계시장은 약 5억 USD(5,000억원)으로 전체 포장시장이 2000억 USD(200조원)인 것을 감안할 때 아직 시작단계에 있으며, 앞으로 점차 지능형포장으로 옮겨갈 경우를 대비하여 그에 상응하는 지능형포장 기술의 개발이 매우 시급한 것으로 보고하였다. 한편, 우리나라는 2009년 기준 아직 국제적인 database에 보고된 지능형포장에 대한 분석 자료가 타 국가에 비하여 부재하여 객관적인 자료를 본 계획서에 제시 못하였지만, 상기 보고에 따른 세계시장을 전망할 때 우리나라도 “지능형 농식품포장 연구센터” 유치를 통하여 지능형포장에 대한 원천기술을 확보한다면, 앞으로 국내의 농식품 포장은 물론이고 전세계 시장을 향한 지능형포장 농식품의 수출 및 자체기술에 대한 신산업을 창출할 수 있을 것이다.

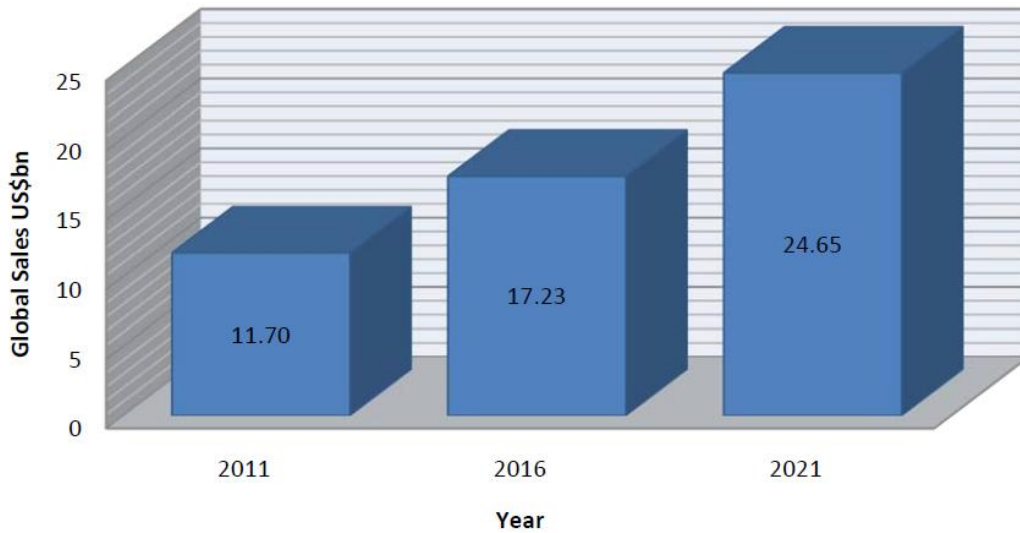


그림 5. 지능형 식품 포장의 연도별예상 시장 규모(출처; Visiongain 2011)

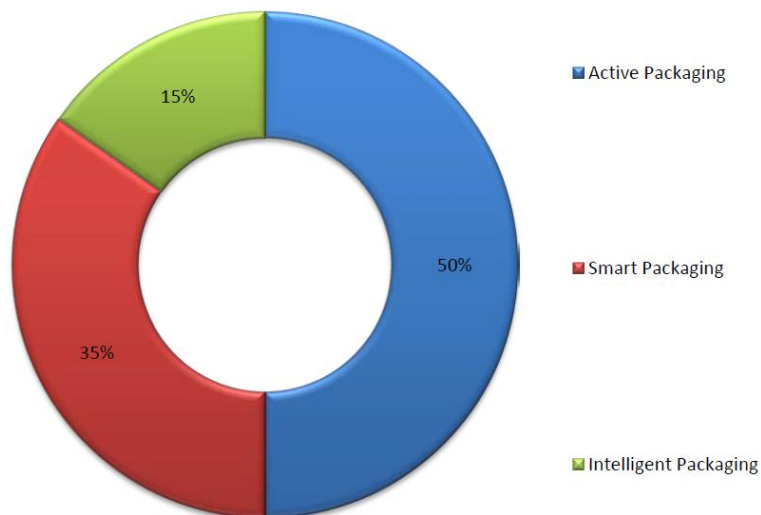


그림 6. 지능형 식품 포장의 분야별 글로벌 시장 동향(출처; Visiongain 2011)

- 지능형 포장의 경제적 효과와 더불어 사회적 효과로서 고품질/안전성이 보장된 포장 농식품을 소비자에게 제공함으로써 국민의 건강 및 안전을 보장할 수 있게 된다. 아래 그림은 신기술이 개발되고 최종 산업화될 때까지의 생애를 분석하는데 사용되는 Gartner hype cycle인데 초기에는 신기술에 대한 기대감이 갑자기 부풀다가 실제 적용하는데 가운데 현실과 부딪히는 여러 장애에 의하여 기대감이 감소하였다가 서서히 성숙해져가며 실용화를 거쳐 산업화돼가는 단계를 나타낸다. 본 지능형 포장의 현 위치는 성숙 단계에 있어 산업화를 앞두고 있는 것으로 분석되었다((주)델타텍코리아, 기술사업성 평가 보고서, 2017). 결론적으로 지능형 포장 기술의 사업화를 위한 정부 차원의 과제 수행은 절대적으로 필요하다고 사료된다.

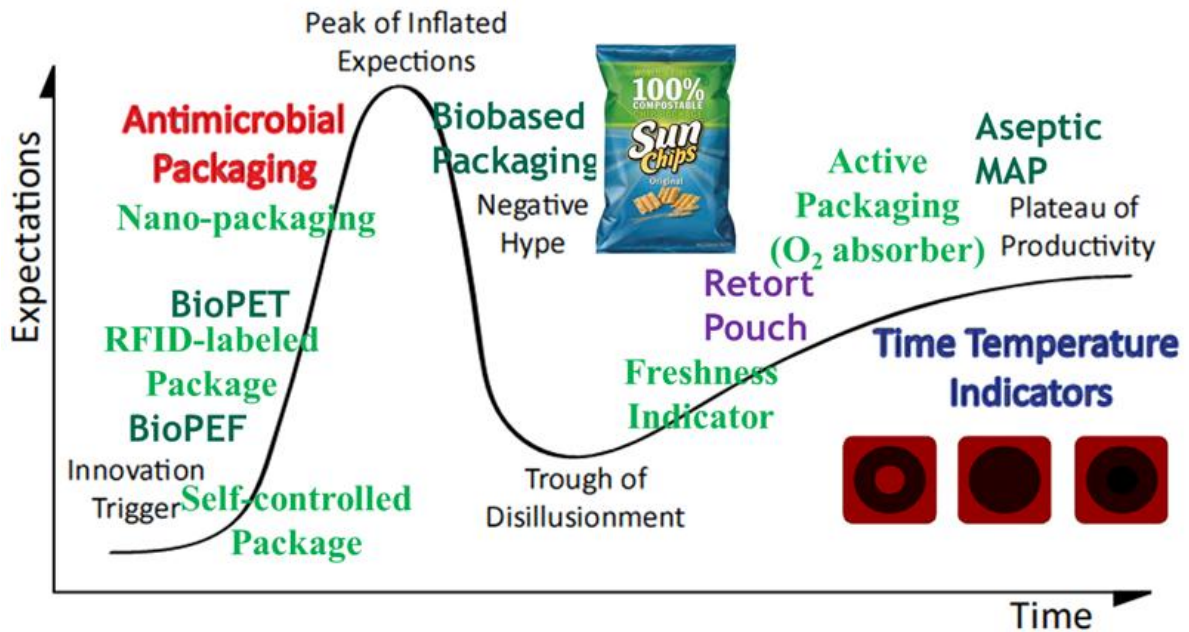


그림 7. Gartner Hype Cycle

- 국내·외적으로 식품의 안전성 확보 및 식품폐기/손실률 감소를 위해서는 생산/가공/유통/판매/소비 전 과정에서의 식품의 상태와 유통 상황 정보를 언제 어디서나 실시간으로 모니터링하고 제어/예측이 가능한 식품유통시스템 도입이 요구되고 있기 때문에 지능형 포장기술 개발이 필요하다.
- 복잡하고 다양한 가치사슬 경로를 가지는 농식품 시장에 지능형 포장기술을 접목시킨 안전한 식품유통시스템 도입을 통하여 부가가치 향상이 전망되며, 해외시장 진출 활성화 및 수출 증대에 기여할 수 있다.
- 현재 식품유통시스템 구축을 위한 전문 인력은 유관기관 전체 인력의 10%도 미치지 못하는 수준으로 중요성에 대비 매우 부족한 실정이므로 지능형 포장기술 개발 연구를 통하여 컨설팅 및 전문인력 양성을 위한 교육을 실시하여 체계적인 전문인력 양성프로그램 구축을 할 수 있다.

[지시계 분야]

- 2010년 발표된 ‘식품 및 음료의 기능성 및 지능형 포장의 미래 (The Future of Active and Intelligent Packaging in Food and Drinks)’ 라는 보고서에 따르면, 기능성 및 지능형 포장의 초점이 유통기한과 제품변질 같은 제조업자의 관점에서 신선함, 품질, 정보 등과 같은 소비자의 관점으로 이동되고 있다. 관련 업계 대표들은 다음 5년 동안 이 분야에서 가장 중요한 혁신 대상으로 신선함을 알리는 지시계를 손꼽았다. 품질 개선내용은 그 다음으로 중요한 분야로 꼽혔으며, 그 뒤를 온도와 시간 표시가 차지했다. 소비자들은 기능성 및 지능형 포장제품에 대해 건강, 편리함, 안전성, 개발 중인 제품 속성 등이 가장 중요하며, 이런 제품이라면 가격이 비용을 더 지불하겠다고 말했다. 유통기한이 더 긴 제품과 제품 정보를 이해할 수 있게 표시한 포장 또한 중요하다고 여겨졌다. 이번 보고서는 기능성 및 지능형 포장에 관한 관심이 제한적임에도(거의 60%에 달하는 소비자들이 포장기술에 대해서는 전혀 모르거나 약간 알 뿐

이었다.) 업계에서는 여전히 미래에는 기능성 및 지능형 포장의 중요한 역할을 하리라고 확신하고 있다는 사실을 알려준다. 이번 업계 조사결과는 코카콜라社와 유니레버社 같은 대기업이 기능성 및 지능형 포장 분야의 혁신에 있어 영향력이 크다는 사실을 말해준다. 식품안전성, 추적가능성, 식품 낭비량 및 지속가능성 우려와 같은 요소들 또한 이 기술 분야의 적용에 있어 매우 중요하다. 현재 기능성 및 지능형 포장의 관심은 값비싼 제품에 맞춰져 있으나, 이 기술이 보다 넓게 응용할 수 있게 되고 비용이 하락함에 따라 현재의 이러한 움직임이 저가품으로도 이동할 것으로 예측된다. 한편, 극복해야 할 중대한 문제점은 높은 제조 비용, 식품 안전에 관한 법률 준수, 소비자의 불신 등이다.

- 지능형 포장의 핵심 기술로는 지시계(Indicator)와 RFID(Radio Frequency Identification) 기술을 들 수 있다. 지시계는 품질을 색깔의 변화로 나타내 주는 기술로 온도와 시간의 이력을 알려주는 시간-온도 지시계(Time-Temperature Indicator)와 선도 지시계(Freshness Indicator)가 대표적이다. 2011년 4월 독일 뮌헨의 프라운호퍼 연구소(Fraunhofer Research Institute)는 포장 자체에 통합될 수 있고 식품의 품질 조절의 역할을 할 수 있는 센서 필름을 개발하였다고 발표하였다. 만약 음식이 상하게 되면 이 사실을 알려주기 위해 필름의 색상이 즉시 변하게 된다. 이 연구는 독일 교육연구부가 지원하였다. 센서 필름은 포장의 내부에 통합되어 있다. 포장의 내부에는 유기물에 의해 생긴 아민(amine)이 있는데, 아민은 음식 특히 육류와 생선이 부패될 때 많이 발생하여 불쾌한 냄새를 풍긴다. 만약 아민이 포장하는 동안에 공기 중에 배출되면 센서 필름에 있는 지시 염료는 아민과 반응하여 색상이 노란색에서 파란색으로 변한다. 이 시스템은 비교적 저렴하며, 센서 필름을 둘러싼 장벽 막은 단지 가스인 아민만이 통과할 수 있으며 지시 화학물질은 통과할 수 없어 안전하다.



그림 8. 시간-온도 지시계의 예

- 국내에서는 한국식품연구원에서 신선 식품의 선도 감지용 지시계 및 그 제조 방법을 개발하였다. 유통 중 포장된 식품의 품질 영향 인자와 직접 상호 반응해서 이를 정량화된 정보로 나타내주는 새로운 형태와 작동 방식으로서, 밀봉 포장된 과일, 채소류 신선 식품의 품질에 직접적으로 영향을 미치는 인자인 알코올류 및 알데하이드류의 이취 성분을 신속하고 정확하게 감지함으로써 다양한 과일, 채소류 신선 식품의 신선도를 소비자 입장에서 쉽게 인지하도록 돕는다. 또한 신선 식품의 저장성 및 상품성 연장을 위해 사용되는 기체치환포장(Modified Atmosphere Packaging)에서 포장 내부에 함유되는 이산화탄소와 반응하여 포장의 결손 또는

기체 누출 여부를 육안으로 감지할 수 있는 기체누출 감지 지시계도 개발되었다.



그림 9. 신선도 지시계의 예

- 신선채소류, 유제품 및 축산식품 등 다양한 식품군에서 유기농 제품의 확대에 따라 출하시부터 보관 유통 단계에 이르기까지 식인성질병 (foodborne disease)을 일으킬 수 있는 위해미생물에 식품오염에 대한 소비자의 관심이 증가함에 따라 식품에서 위해 미생물에 대한 존재 여부를 알기 위해서 Immunoassay나 PCR기법을 통한 검사법이 있으나, 이는 수거된 샘플을 대상으로 실험실에서 측정하는 방법으로 현장에서의 즉각적인 관리와 소비자 편의 위주의 시장 창출에는 제한이 있다.
- 농식품에 대해 포장 단계에서 이루어지는 정밀하고 신속한 최첨단 바이오센서 기술적용이 필요한 시점으로 식품 위해 미생물 포장형 항체 지시계의 제품 개발은 농식품 안전성 및 유통 효율성과 농식품 소비자 보건 증진에 기여할 것으로 생각 된다.
- 농식품의 포장 및 유통과정에서 품질상태의 변화를 나타내주는 선도지시계는 농식품의 생화학적 변화를 감지하여 표시한다. 식품의 품질변화 과정에서 나타나는 많은 선도표지 물질 중, 암모니아를 비롯한 질소계 화합물은 단백질의 부패과정에서 나타나는 대표적인 물질이다.
- 기존의 질소계 휘발성 화합물의 지시계는 기체농도의 변화에 따른 pH변화를 측정하는 단순한 지시약 수준이며, 낮은 민감도가 문제점으로 지적되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 적은 양으로 발생하는 기체와의 반응을 민감하게 증폭시킬 수 있는 지시계의 개발이 필요하다.
- 암모니아를 비롯한 질소계 물질은 아미노산 대사의 중요한 물질이므로 질소고정 반응을 할 수 있는 생체물질을 이용하면 효과적으로 신호를 증폭시킬 수 있는 바이오센서를 개발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 효소반응을 기반으로 질소계 지표물질을 선택적으로 민감하게 증폭할 수 있는 지능성 지시계를 개발하고자 한다.
- 식품 포장에서 품질의 지표로서 가장 중요한 것은 포장 내부 대기 (headspace) 중의 산소, 이산화탄소의 분압이다. 예를 들면, 산소는 세균의 증식에 인한 식품의 부패에 주요한 인자이고 견과류, 육류, 유제품의 지방 산패에 관여할 뿐만 아니라 녹차 폴리페놀, 비타민류의 산화변질 등을 초래한다.
- 포장 내 이산화탄소의 분압 프로파일은 저장 시간에 따라 변하며 식품의 종류, 호흡 특성, 포장재, 포장크기, headspace와 식품의 비율, 저장 조건 등에 영향을 받는다. 포장팩 내

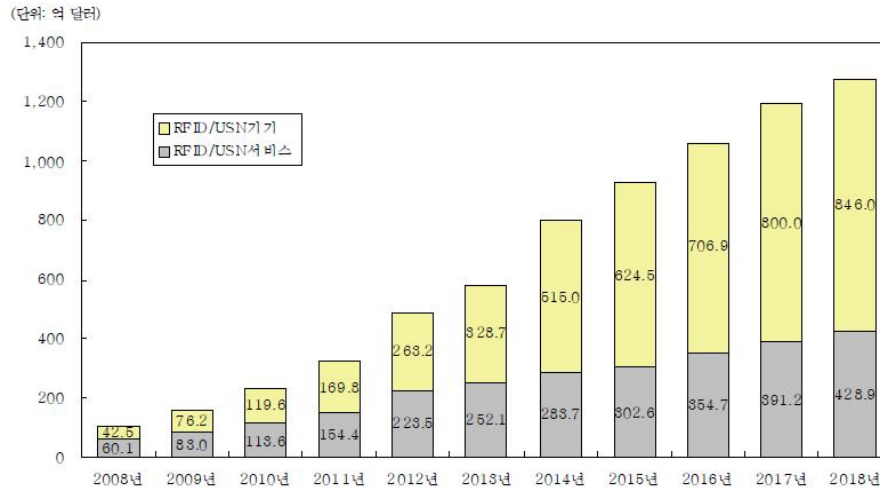
headspace에 있는 기체 성분의 변화 이력을 감지하고 이 결과를 색의 변화로 나타내는 지시계는 식품의 품질을 모니터링 할 수 있게 해 줌으로써 안전하고 품질 좋은 식품을 소비자에게 공급할 수 있는 가능성을 제공한다.

- 이산화탄소 지시계의 경우, 최근 2010년 Talanta 81호에 실린 지능형 색변화 이산화탄소 지시계는 이산화탄소의 농도변화에 다른 식품 품질변화를 감지할 수 있는 가능성을 제시한다. 본 지시계에서는 pH 변화에 민감한 bromothymol blue 및 methyl red 지시약을 이용하여 이산화탄소 농도 변화에 상응한 색변화를 유발하였다. 이러한 이산화탄소 농도 변화는 실시간 색변화로 감지되었으며 이 정보로부터 식품 품질의 상태를 추적할 수 있었다.
- 그러나 지금까지 개발된 지시계는 몇 가지 심각한 문제를 안고 있어 상용화의 큰 걸림돌이 되어 왔다. 대부분의 이산화탄소 지시계는 가역성이며, 포장 유무에 상관없이 활성화되어 있는 심각한 문제점을 가지고 있다. 예를 들면, 식품이 미생물에 오염되면 포장재 내 산소를 소모하고 이산화탄소를 생성하게 되어 이산화탄소 농도를 높게 유지한다. 결국 산소 및 이산화탄소 지시계는 정상을 표시하고 있으나, 이 식품은 더 이상 안전하지 않다. 2) 이산화탄소 지시계의 품질은 민감도와 신뢰성 측면에서 심각한 문제점을 가지고 있다. 특히, 지시계가 제조된 이후 식품 포장에 이용되기 전까지의 기간 동안, 지시계는 주변 환경과 반응하며 식품과 관련 없는 환경 정보를 지시계에 축적하는 문제점이 있었다. 그래서 식품 포장에 이용될 시점에서의 지시계의 초기 품질(freshness)은 매번 관리가 되기 어려웠으며 이러한 요인으로부터 유발되는 정보의 오류 때문에 식품 품질에 대한 정확한 정보를 얻기 어려웠다.
- 따라서 본 연구에서는 비가역적이며 포장 시에만 활성화되는 이산화탄소 이력 지시계를 개발하고자 한다. 이러한 가스 지시계는 지시계 자체의 성능을 일정하게 보존할 수 있으므로, 식품 품질 및 안전 지표인 이산화탄소를 정확하게 모니터링 할 수 있다. 또한 본 연구의 이산화탄소 지시계가 적용된 식품 포장 기술 개발을 통하여 이산화탄소 지시계의 실질적인 식품 적용을 이룰 수 있다. 이와 더불어 이산화탄소 지시계를 RFID와 접목시킴으로써 실시간적인 품질 측정이 가능해져 농식품의 품질 및 안전성을 크게 향상시킬 수 있다.

[RFID/USN/센서 기반 유통 시스템 분야]

- 농식품의 안전한 유통 및 소비를 보장하기 위해서는 농식품의 유통과정에서 온도를 포함한 환경정보에 대한 실시간 관리와 전체 유통망 상에서의 환경데이터에 대한 관리 프로세스를 최적화하여 농식품의 품질문제로 인한 손실 방지와 변질된 농식품으로 인한 일반 국민의 사회적 손실비용을 최소화하기 위한 기반기술과 관련 서비스 개발이 요구되고 있다. 특히, 2000년대부터 환경정보(온도, 습도 등)는 일반 소비자의 먹거리에 대한 안전성 요구증가와 항온, 항습관리가 중요한 농식품 및 의약산업 등에서 중요성이 부각되기 시작하였다.
- 한국전자통신연구원(ETRI) 에서 전 산업에 활용되고 있는 RFID/USN 세계시장은 특히 유통, 물류분야의 성장에 힘입어 2008년 약 103억 달러에서 2018년에는 1,275달러 정도에 이를 것으로 전망되며, 기기시장의 경우, 2008년 약 60억 달러에서 2018년에는 약 429억 달러에 이를 것으로 전망. 서비스 시장의 경우에는 2008년 약 43억 달러에서 2018년에는 846억 달러에 이를 것으로 전망되어 기기 시장보다 서비스 시장이 더 커질 것으로 예측된다. 한국 전자통신연구원(ETRI)에 따르면 2011년 RFID/USN 기업은 약 379개로 조사되었으며, 시장규

모는 총 3,839억원으로 전년 대비 4.8% 증가, 수출은 404억원, 수입은 100억원, 종사자수는 약 3,030명으로 집계된다. ABI 리서치는 글로벌 RFID 시장이 2011년도 53억 달러로 매년 16%씩 성장할 것으로 전망된다. 아이서플라이는 2010년 중국의 RFID 시장이 14억 달러에서 2014년 24억 달러로 증가될 것으로 예측된다. CJK RFID 산업동향 보고서는 2011년 일본 RFID 시장이 전년대비 2.7% 성장한 349억엔으로 전망된다.



<자료>: IDTechEx(2008)[2], VDC(2007)[3], BCC(2006)[4], Fuji-Keizai(2006)[5] 등의 자료를 기반으로 ETRI 추정, 2008, 8.

그림 10. 세계 RFID/USN 기기 및 서비스 시장전망

- 농식품 유통의 특성 상, 단위 농식품에 대한 RFID 및 센서의 직접적 부착/적용은 실효성이 낮 으며, 대신 유통과정에서 활용되는 포장재에 대한 RFID 및 센서 적용을 통한 위치, 환경정보에 대한 이력추적이 현실성 있는 대안으로 받아들여지고 있다. 현재, 유통/물류 전체 물동량 중 향 온, 향습 등과 관련된 제품이 35% 이상을 차지하고 있으나 부실한 환경정보 관리체제로 인해 전체 매출액의 45%에 달하는 손실피해가 발생하고 있는 실정이다.
- 대표적인 사례로 최근 강남구와 송파구에 있는 1,000세대 이상 아파트 주변 주요 하역지점을 중심으로 정육과 생선류 등 냉장·냉동식품 배송 과정을 점검한 결과, 택배 차량 49대 중 40.8%인 20대가 식품 운반업 신고 없이 불법영업을 했으며 냉장·냉동시설이 설치됐더라도 가 동하지 않은 채 운반한 것으로 주요 일간지에 보도된 바 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 포장의 ID정보 및 환경정보를 센싱하고 수집하는 기술, 수집된 데이터를 가공하여 목적성 정보 로 변환하는 서비스 인프라 기술, RFID 실제적인 활용을 위한 응용 기술의 개발이 요구된다.
- EPCglobal이 제시하고 있는 다양한 표준들은 RFID 기반의 물류추적을 위한 정보서비스에 대한 기본적인 참조 모델을 제시하고 있으며, 업계에서 사실표준으로 받아들여지고 있다. 그러나 이 는 주로 공산품의 물류추적에 초점이 맞춰져 있어, 온도를 포함한 다양한 환경정보를 포함한 품질 이력추적의 문제에 대해서는 해법을 제시하지 못하고 있다.
- 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 본 연구에서는 농식품의 유통물류 구간에서 발생할 수 있 는 품질문제에 대한 사전적 모니터링 및 사후적 진단에 활용하여 농식품의 유통품질 향상에 기여하는 것이 연구의 궁극적인 목적이며, 이를 위해서 지능형 포장에 부착된 센서 및 ID 정보 를 효과적으로 수집하고, 이를 기반으로 농식품을 실시간 모니터링 및 추적할 수 있는 제반 정

보 서비스 인프라 기술을 개발하는 것이 연구 개발의 필요성이다.

- 연구 개발의 결과로는 RFID/USN 기반 식품의 유통과정을 모니터링하고 관리하기 위한 정보수집 인프라 기술을 개발하고, RFID/USN 기반 유통 시스템 효율 향상을 위해 공급망 분석, 최적 운영 모델을 연구한다. 정보수집 인프라는 (1) 운송 및 저장 구간에서의 센서정보와 RFID 정보를 융합하여 수집하고 저장하기 위한 USN 기술의 개발, (2) RFID 물류추적을 위한 EPCglobal 네트워크 표준을 센서 정보까지 포함할 수 있도록 확장하는 기술의 개발, (3) 식품 품질문제 사후진단을 위한 센서융합 RFID 이력추적 기술의 개발로 구성되며, RFID/USN 기반 유통 시스템 효율 향상을 위한 연구로는 (4) RFID/USN 콜드체인 최적화, (5) 식품 유통망 프로세스 마이닝으로 구성된다.

[RFID 분야]

- 최근 약 10년간 전 세계적으로 RFID 기술은 유통/물류 분야를 시작으로 국방, 환경, 의료, 항공, IT 등 다양한 분야에 RFID를 적용하려는 연구가 활발히 전개되고 있다. 현재 추세는 RFID와 센서의 통합으로 전환되고 있으며 RFID와 센서의 통합 기술은 유통 및 물품 관리뿐만 아니라 보안, 안전, 품질, 환경 관리 등에 혁신을 선도할 것으로 전망한다.

표 1. RFID/USN 단계별 발전전망

발전단계	관련 서비스	특징 및 활용방안
1단계	ID인식(Read) 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 식별(ID) 기능을 가진 저가형 전자태그 부착 • 네트워크를 통해 서버에 저장된 제품정보 조회
2단계	이력관리(Read/Write) 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 읽기/쓰기가 가능한 전자태그 부착하여 공급망 관리 • 언제, 어디서나 실시간으로 자산의 위치/상태 추적
3단계	환경 정보 센싱 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 환경정보(온도, 습도, 압력 등)의 센싱 기능을 가진 전자태그를 가전제품에 부착하여 홈 네트워크로 연결하여 다양한 기능 자동 수행 • 사람의 신체 또는 주변장소에 혈압, 맥박 등을 측정할 수 있는 센서형 전자태그 설치를 통한 건강상태 관리
4단계	전자태그 간 통신(Ad-hoc) 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 통신 기능을 가진 센서 태그를 차량의 주요 부분에 장착하고 네트워크로 연결 • 도로, 신호등, 주요 교차로, 교통 거점 등에 센서 태그를 설치하고 네트워크로 연결
5단계	전자태그 제어(자율형USN) 서비스	<ul style="list-style-type: none"> • 자율 컴퓨팅 기능(상황판단, 의사결정, 예측, 실행)을 가진 전자태그를 제품에 부착 • 사물과 사물이 통신하여 상황을 인식하고, 제품 스스로 자신의 운명을 결정하는 에이전트 능력 보유 • 태그가 부착된 지능형 사물(단말기, 제품, 시스템)이 네트워크로 연결 • 자율 컴퓨팅 능력을 가진 사물이 사람을 대신하여 전자성거래 수행

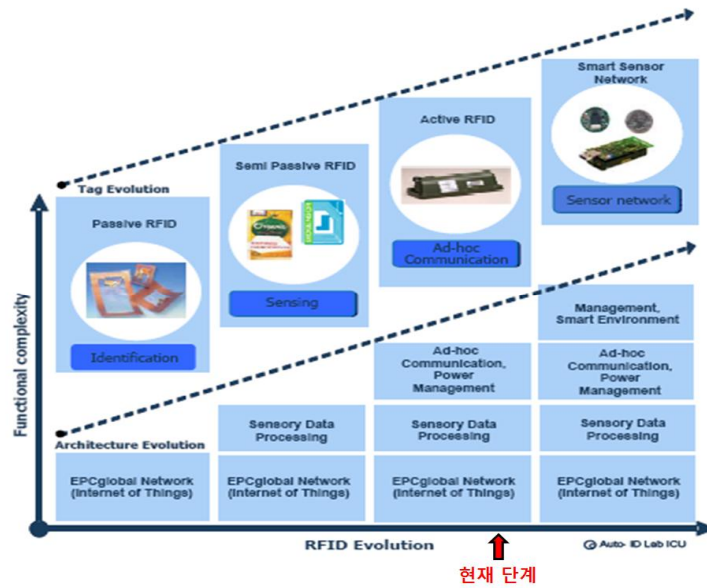


그림 11. RFID 기술의 진화

- 오늘날 삶의 질이 향상됨에 따라 식품 안전이 최대 이슈 중 하나로 부상하고 있고, 육류, 해산물, 유제품, 농식품 등 신선식품에 대한 안전관리는 생산부터 폐기에 이르기까지 확장되고 있는 추세이다. 하지만, 한국식량안보연구재단에 따르면 유통기한 초과 식품 폐기손실이 전체 4~12%를 차지하고 있으며, 한국수확후관리협회에 따르면 신선농식품 수확 후 관리손실이 20~30%를 차지하고 있다고 함. 또한, 한국소비자원 조사에 따르면 냉장식품의 표면 온도가 10도씨를 넘는 경우가 77.8%를 차지한다. 한편, 식품 유통 안전을 위해 우리나라는 쇠고기와 농산물을 중심으로 유통이력제가 도입되었으며 기술적으로 이를 지원하기 위해 RFID 기술이 활용되어져 왔다. 현재 RFID 기술은 센서와의 통합으로 전환되고 있으며, 식품의 유통과정에서 개별 온도/선도관리를 위한 솔루션으로 RFID 센서 융합 기술(예: RFID 센서 태그)이 각광받고 있다. RFID-센서 융합 기술을 통해 개별 식품의 이동 상황과 개별 식품의 온도를 수집하여 식품의 품질을 모니터링하고, 다양한 유통 운영 의사결정에 도움을 줄 수 있으며, 소비자에게 식품의 안전성을 제공할 수 있을 것으로 기대가 크다.
- 상품정보에 관한 내용이 지금까지는 주로 포장에 인쇄된 바코드(bar code)에 의하여 유통 경로에서 확인되고 이용되어 왔지만, 앞으로는 무선 주파수를 발신하는 RFID(Radio Frequency IDentification)에 의하여 보다 많은 정보가 빠르고 쉽게 전달될 수 있을 것이다. 식품의 품질도 포장에 인쇄된 고정된 유통기한의 설정에 의하여 이루어져 왔지만 실시간적인 품질 측정이나 예측이 가능해지고 있다. 특히 다양한 센서와 결합된 RFID 시스템은 농식품의 저장성과 안전성을 확보하기 위한 유통단계에서의 여러 의사결정을 주도하여 식품 폐기를 줄이며 소비자 만족도를 향상시킬 수 있다.
- 이미 미국·일본을 포함한 선진국에서는 저장온도관리, 물류의 자동화에서 RFID의 사용이 확대되고 있고, 가전제품과의 정보전달과 의사결정의 통합화를 이루어서 상용화되고 있다. 국내에서는 RFID 기술개발은 이루어지고 있으나 식품산업과 연계하여 지능형 포장시스템을 개발하는 면에서는 낙후된 실정이다. 실제로 식품제조업체들은 근시안적인 제품 판매량

에 주 의사결정을 두고 있기 때문에 중장기적 개발 및 투자에 매우 인색한 실정이고, 전반적인 물류체계에서 지능형 포장의 도입은 관련 당사자 간의 협력과 조화가 필요하기 때문에 국가적인 이니셔티브에 의한 선도적인 연구개발이 필요하다.

[포장재 및 포장용기 분야]

- 2013년 기준으로 세계 식품포장의 시장규모는 2518억 달러로 추정되며, 연평균 약 4.2%의 성장을 보이는 큰 산업을 차지하고 있다. 이 중 우리나라의 식품포장시장은 52.5억 달러로 평가되며, 매년 5.8%의 성장을 보일 것으로 전망되고 있다. 소비자들이 식품의 품질과 안전성에 보다 많은 관심을 가짐에 따라 식품포장을 통한 부가가치 향상의 요구는 지속적으로 증가될 것으로 전망된다. 따라서 보다 높은 기능성을 가진 포장재에 대한 수요는 증가할 것으로 전망된다. 하지만 이러한 식품포장의 품질보전 향상의 순기능에 대비되어 국내의 식품업계와 포장 산업계는 여러 도전과 문제에 직면하고 있다.
- 우선적으로 사회 전반적으로 포장폐기물을 줄이려는 압력이 식품 업계와 포장재 업계에 가해지고 있다. ‘자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률’ 이 이미 시행되고 있어서 포장 감량화에 대한 여러 방안이 시행되고 있지만, 환경부를 중심으로 포장소재의 형태와 특성에 따른 추가적인 감량화를 도모하고, 포장재의 recycle 증대를 위한 재질 및 구조를 개선하기 위한 여러 방안에 대한 연구과제를 수행하고 다. 이는 조만간 포장업계에 직간접적인 규제로 부가될 것으로 전망된다. 얼핏 보기에 식품의 보존성을 향상시키는 기능성 강화 포장과 환경적인 부담을 줄이는 친환경 포장이 충돌되는 개념으로 생각되기도 하지만, 적절한 포장 설계에 의하여 적은 환경적 부담을 가지면서도 식품의 신선도와 품질을 향상시키는 지속가능 포장에 대한 세계적 관심이 증대되고 있다. 내용물의 보호와 저장유통수명의 연장은 내용 식품의 변패를 막음에 의하여 총체적 시각에서 오염물질 배출, 지구온난화, 이산화탄소 발생 등의 환경적 부담을 완화할 수 있다는 것이 여러 연구에 의하여 밝혀지고 있다.

- ▷ Bakery Carry Out Packaging
- ▷ Beverage Packaging
- ▷ Catering Products
- ▷ Deli Containers
- ▷ Disposable Tableware
- ▷ Egg Packaging
- ▷ Entree, Chicken, Rib and Pizza
- ▷ Film, Foil, and Food Bags
- ▷ Meat, Poultry and Fish Trays
- ▷ Produce Packaging
- ▷ Salad and Fruit Bowls
- ▷ Serving and Carrying Trays
- ▷ Souffle Cups and Lids
- ▷ Specialty Shapes and Others
- ▷ Take Out and Carry-Out Packaging

그림 12. 식품 포장의 분야

- 따라서 식품포장 설계의 기초와 방향을 지속가능성에 두고, 식품의 보존성을 향상시키면서 환경적 부담을 경감시킬 수 있는 포장재의 개발이 절실히 요구되고 있다. 이러한 포장의 지속가능성은 물류와 포장의 융합화, 유통구조 혁신을 통한 재사용 포장의 운용, 보호성을 향상시킨 active 포장, 생분해성 포장재를 통하여 모색되고 있다.
- 물류 환경은 최근에 급속히 global화, 규격화되고 있으며, 식품포장에서는 냉장 유통이 확대되고 있다. 요구되는 유통기한을 고려하여 적절히 설계된 포장재가 환경적 부담과 비용을 줄이면서 식품 품질수준을 유지할 수 있다. 제품의 보호요구도를 과도하게 초과하는 과포장을 피하면서 물류환경과 유통기한에 적합한 포장시스템의 설계가 이루어져야 한다.
- 재사용 포장은 유통과정에 대한 효과적인 운용을 통하여 포장을 여러번 순환하여 사용하는 개념으로서 과일 채소의 2차포장에서 골판지 상자 대신에 회수용 플라스틱 상자를 도입하는 시도가 이루어지고 있다. 회수용 플라스틱 상자의 순환을 위해서는 상자의 흐름에 대한 정보전달체계의 구축이 함께 이루어져야 하며, 이러한 시도는 국제 무역에서도 이루어지고 있다. 아울러 과일 채소용 재사용 플라스틱 상자의 품질보존성을 향상시키는 시도로서 환경기체조절포장이 함께 시도되고 있다. 이에는 1차/2차 포장단위의 체계적인 조합이 필요하며, 식품유통 관행의 변화와 동반될 필요가 있는 것으로 생각된다.

- Safety of food packaging materials - migration
- Taste and smell neutral
- Barrier to light
- Barrier to oxygen
- Barrier to water vapour
- Barrier to CO₂
- Barrier to aroma
- Temperature at filling, storage and distribution
- Machinability and sealing properties
- Processability (high cadency packing, microwaveability, heat resistance)
- Reuse- recycling
- Price

그림 13. 식품 포장의 요구조건 및 고려사항

- 포장의 지속가능성과 친환경성을 향상시키는 시도로서 생분해성 포장에 대한 관심과 사용이 증대되고 있다. 대표적인 생분해성 포장재인 polylactic acid(PLA)가 유제품, 음료, 과일 포장에 사용이 시도되고 있다. 생분해성 포장소재 중 가장 시장 우호적인 PLA는 매년 시장 성장세가 약 19%에 이르는 급등세를 보여주고 있다. 생분해성 플라스틱을 포함한 바이오 플라스틱의 세계 생산량은 2010년 기준으로 72.5만 톤이며, 이중 PLA는 약 15%를 차지하고 있다. 우리나라에서는 바이오 플라스틱의 수요가 2003년 이후에 발생하기 시작하여 2008년에 약 4천톤으로 낮은 수준이었지만, 탄소저감형 바이오 베이스 포장재에 대한 관심 증대로 앞으로 급속히 증가될 것으로 전망된다. 하지만 PLA를 비롯한 많은 생분해성 포장재가 가격이 비싸면서 식품품질에 대한 보호성에서 충분하지 못한 물성과 기능성을 가지고 있

다. 이를 극복하기 위하여 여러 방안이 강구되고 있지만 생분해성 포장재에 항균성, 항산화성을 부여하는 데에 큰 관심이 일어나고 있다. 대표적으로 tocopherol을 PLA에 함입시켜 항산화성을 얻는 여러 시도가 있다. 포장재의 구조를 바꾸고 적절히 설계하여 항산화제의 이행을 제어하려는 연구가 여러 곳에서 진행되고 있다. 이러한 항균성, 항산화성을 최적화시키기 위하여 나노기술을 이용하여 포장재의 내부 구조와 물질전달 특성 등을 제어하려는 노력이 이루어지고 있다. Montmorillonite(MMT), layered double hydroxide(LDH), 셀룰로즈, 키토산, 전분 등의 나노 물질이 포장재에 함입되거나 코팅되고 있으며, 많은 경우 아직 실용화에 이르지 못하는 못하였지만, 생분해성 플라스틱을 포함한 여러 플라스틱 포장재의 물성과 기능성을 향상시키는 목적으로 개발되고 있다. 나노 생분해성 포장재는 적절한 적용처를 찾는다면, 포장의 기능성과 함께 친환경성을 얻는 좋은 수단이 될 수 있다.

- 최근에 건강에 대한 관심이 늘면서 신선 채소와 과일에 대한 수요가 증가하고, 신선도가 잘 보존되는 포장 및 배송 시스템에 대한 관심이 증가하고 있다. 구체적인 내용은 아래와 같다.
 - 관행적으로 유통되는 채소와 과일은 품질손실이 빨라서 소비자들이 구매하는 단계에서는 좋지 못한 품질상태로 도달되는 경우가 많음
 - 유통단계에서 온도조건에서 변이가 발생하여서 신선도 손실의 경우가 많으므로 신선도를 장기간 유지하는 포장방법에 대한 필요성이 있음
 - 내부 기체조성을 변형시키는 변형기체포장(modified atmosphere packaging, MAP) 기법이 농산물 신선도 유지에 기여할 수 있음
 - 최근에는 유통기간이 매우 짧은 신선 편의채소가 많이 등장하는 데, 이런 경우에는 MAP 기법이 도움이 될 수 있음
 - 국내의 농산물 MAP는 경험적으로 이루어지고 시행착오가 발생하며, 포장단위 및 유통조건에 따라 최적화되고 있지 않음
 - 생산자 및 판매업체에서 간편하게 적정 농산물 MAP를 설계할 수 있으면 MAP 기술의 확산을 가져오고, 농산물 유통에서의 선도 보존에 기여할 수 있음
 - 유통단계별로 다른 온도 조건에 대해서 적용되는 포장 시스템의 개념을 정립하면 생산자 단계 포장에서부터 1차/2차 포장의 결합/해체 시나리오를 예측하여 선도 유지가 가능한 적정 포장으로 설계 제조될 수 있음
 - 유통단계를 거쳐서 순환되며 재사용되는 MAP 수준의 용기는 포장 폐기물을 줄이는 환경적 이점을 가질 수 있음
 - 재사용 농산물 용기 시스템은 가정용 냉장고에서 야채 박스에 적용되어서 소비자 단계에서의 농산물의 신선도 유지에 활용될 수 있음
- 한국고유발효식품인 김치는 포장 후 유통 중에서 발효 숙성이 지속되어 산도가 변하고 이산화탄소 축적으로 부피팽창이 발생하므로 유통관리와 포장설계에서 어려움을 주고 있다.
 - 김치의 유통단계에서 산도 증가의 숙성도를 예측하게 되면 소비자의 선호되는 김치 숙성도에 맞추어줄 수 있고, 유통단계에서 품질유지기한을 관리할 수 있음
 - 숙성도 예측과 함께 이산화탄소의 발생과 흡수를 예측하고 관리하게 되면 포장김치의 유통 중 부피 팽창의 문제를 해결하는 포장설계가 가능함
 - 숙성도와 이산화탄소 거동을 예측하는 포장설계 기법은 포장 내부에 적절한 범위의 이산화탄소를 축적하면서 부피팽창과 압력발생을 방지하는 김치포장을 가능하게 하여, 유통에서의 효율성과 김치의 기호성을 향상시킬 수 있음

- 높은 이산화탄소 농도의 유지에 의하여 가정 단위의 냉장고에서 김치에 우수한 기호성을 부여 하면서 오랜 보관성을 주는 것이 가능함
- 최근의 가정용 냉장고에서 탄산가스(이산화탄소)를 공급하는 실린더 시스템이 등장하여 이를 김치 용기에 적용할 수 있는 가능성이 있음
- 가정용 냉장고에서 김치용기로 이산화탄소를 공급하여 김치의 품질과 보존성을 향상시키는 기술은 최근에 등장하는 스마트홈 기술과 연계되어 기술과급효과를 증가시킬 수 있음
- 최근에 건강에 대한 관심이 늘면서 신선 채소와 과일에 대한 수요가 증가하고, 신선도가 잘 보존되는 포장 및 배송 시스템에 대한 관심이 증가하고 있다. 구체적인 내용은 아래와 같다.
- 관행적으로 유통되는 채소와 과일은 품질손실이 빨라서 소비자들이 구매하는 단계에서는 좋지 못한 품질상태로 도달되는 경우가 많음
- 유통단계에서 온도조건에서 변이가 발생하여서 신선도 손실의 경우가 많으므로 신선도를 장기간 유지하는 포장방법에 대한 필요성이 있음
- 내부 기체조성을 변형시키는 변형기체포장(modified atmosphere packaging, MAP) 기법이 농산물 신선도 유지에 기여할 수 있음
- 최근에는 유통기간이 매우 짧은 신선 편의채소가 많이 등장하는 데, 이런 경우에는 MAP 기법이 도움이 될 수 있음
- 국내의 농산물 MAP는 경험적으로 이루어지고 시행착오가 발생하며, 포장단위 및 유통조건에 따라 최적화되고 있지 않음
- 생산자 및 판매업체에서 간편하게 적정 농산물 MAP를 설계할 수 있으면 MAP 기술의 확산을 가져오고, 농산물 유통에서의 선도 보존에 기여할 수 있음
- 유통단계별로 다른 온도 조건에 대해서 적용되는 포장 시스템의 개념을 정립하면 생산자 단계 포장에서부터 1차/2차 포장의 결합/해체 시나리오를 예측하여 선도 유지가 가능한 적정 포장으로 설계 제조될 수 있음
- 유통단계를 거쳐서 순환되며 재사용되는 MAP 수준의 용기는 포장 폐기물을 줄이는 환경적 이점을 가질 수 있음
- 재사용 농산물 용기 시스템은 가정용 냉장고에서 야채 박스에 적용되어서 소비자 단계에서의 농산물의 신선도 유지에 활용될 수 있음
- 한국고유발효식품인 김치는 포장 후 유통 중에서 발효 숙성이 지속되어 산도가 변하고 이산화탄소 축적으로 부피팽창이 발생하므로 유통관리와 포장설계에서 어려움을 주고 있다.
- 김치의 유통단계에서 산도 증가의 숙성도를 예측하게 되면 소비자의 선호되는 김치 숙성도에 맞추어줄 수 있고, 유통단계에서 품질유지기한을 관리할 수 있음
- 숙성도 예측과 함께 이산화탄소의 발생과 흡수를 예측하고 관리하게 되면 포장김치의 유통 중 부피 팽창의 문제를 해결하는 포장설계가 가능함
- 숙성도와 이산화탄소 거동을 예측하는 포장설계 기법은 포장 내부에 적절한 범위의 이산화탄소를 축적하면서 부피팽창과 압력발생을 방지하는 김치포장을 가능하게 하여, 유통에서의 효율성과 김치의 기호성을 향상시킬 수 있음
- 높은 이산화탄소 농도의 유지에 의하여 가정 단위의 냉장고에서 김치에 우수한 기호성을 부여 하면서 오랜 보관성을 주는 것이 가능함
- 최근의 가정용 냉장고에서 탄산가스(이산화탄소)를 공급하는 실린더 시스템이 등장하여 이를 김치 용기에 적용할 수 있는 가능성이 있음

- 가정용 냉장고에서 김치용기로 이산화탄소를 공급하여 김치의 품질과 보존성을 향상시키는 기술은 최근에 등장하는 스마트홈 기술과 연계되어 기술파급효과를 증가시킬 수 있음
- 위에서 기술한 연구개발의 필요성에 따라 개발된 농식품 포장용기 시스템의 사업화 및 일부 시제품화에 주안점을 두고, 고이산화탄소 농도 제어 김치 용기의 사업화, 간편 신선 농산물 용기의 시제품화, 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용 및 보급하는 것이다.
- 농식품 포장용기 시스템은 식품의 종류와 각 특성에 맞게 보관 및 저장이 가능한 시스템이고, 포장용기로써 한번 사용 후 버려지는 포장재와 달리 재사용이 가능하다. 식품의 종류에 따라 맞춤형 저장 시스템을 적용할 수 있어 용도에 맞게 프로그램을 적용할 수 있다. 유통 시스템에서는 포장용기를 대용량화 하여 스마트 품질유통 시스템에 적용 할 수 있고, 사용처에 따라 적절히 변형하여 적용가능하다.
- 일반 가정용 냉장고의 경우 과거 3-4년 전에는 가전업체들이 크기와 용량 부문에서 경쟁을 벌였다면, 최근에는 인공지능(AI)와 사물인터넷(IoT)을 적용한 냉장고 출시에 경쟁을 벌이고 있다. 이에 발맞추어 본 연구결과물인 농식품 포장용기는 냉장고 내 전자통신시스템과 결합이 가능하며, 홈 네트워크와 연결하여 포장용기내 저장된 식품의 상태를 온라인으로 확인할 수 있다.
- 기존에 소포장 플라스틱 파우치 또는 용기에 포장하여 판매되는 김치 포장의 내부에 이산화탄소 흡수제의 양을 경험적으로 정하여 사용하고 있다. 이는 유통 및 저장온도의 변화와 계절적인 요인으로 인해 이산화탄소 발생량이 과도하여 포장이 부풀어 터지는 현상이 종종 발생한다. 이러한 경험적인 사용 패턴을 과학적으로 규명하여 최적화 시킨 프로그램을 개발하면 다양한 조건에서 적정 포장조건을 쉽게 제시할 수 있다. 김치발효로 발생하는 이산화탄소의 양, 포장 내 김치의 양, 포장 내 헤드스페이스 공간, 유통 및 저장 온도를 복합적으로 고려하여 사용 가능한 이산화탄소 흡수제의 양에 대해서 최적화가 가능할 것이다. 이러한 맞춤형 김치 포장설계 프로그램은 여러 현장에서의 시제품 설계에 사용될 수 있다.
- 최근에 건강에 대한 관심이 늘면서 신선 채소와 과일에 대한 수요가 증가하고, 신선도가 잘 보존되는 포장 및 배송 시스템에 대한 관심이 증가하고 있다. 구체적인 내용은 아래와 같다.
- 관행적으로 유통되는 채소와 과일은 품질손실이 빨라서 소비자들이 구매하는 단계에서는 좋지 못한 품질상태로 도달되는 경우가 많음
- 유통단계에서 온도조건에서 변이가 발생하여서 신선도 손실의 경우가 많으므로 신선도를 장기간 유지하는 포장방법에 대한 필요성이 있음
- 농식품 포장용기 시스템은 식품의 종류와 각 특성에 맞게 보관 및 저장이 가능한 시스템이고, 포장용기로써 한번 사용 후 버려지는 포장재와 달리 재사용이 가능하다. 식품의 종류에 따라 맞춤형 저장 시스템을 적용할 수 있어 용도에 맞게 프로그램을 적용할 수 있다. 유통 시스템에서는 포장용기를 대용량화 하여 스마트 품질유통 시스템에 적용 할 수 있고, 사용처에 따라 적절히 변형하여 적용가능하다.
- 일반 가정용 냉장고의 경우 과거 3-4년 전에는 가전업체들이 크기와 용량 부문에서 경쟁을 벌였다면, 최근에는 인공지능(AI)와 사물인터넷(IoT)을 적용한 냉장고 출시에 경쟁을 벌이고 있다. 이에 발맞추어 본 연구결과물인 농식품 포장용기는 냉장고 내 전자통신시스템과 결합이 가능하며, 홈 네트워크와 연결하여 포장용기내 저장된 식품의 상태를 온라인으로 확인할 수 있다.
- 기존에 소포장 플라스틱 파우치 또는 용기에 포장하여 판매되는 김치 포장의 내부에 이산화탄소 흡수제의 양을 경험적으로 정하여 사용하고 있다. 이는 유통 및 저장온도의 변화와 계절적인 요인으로 인해 이산화탄소 발생량이 과도하여 포장이 부풀어 터지는 현상이 종종 발생한다. 이러한 경험적인 사용 패턴을 과학적으로 규명하여 최적화 시킨 프로그램을 개발하면 다양한 조건에서 적정 포장조건을 쉽게 제시할 수 있다. 김치발효로 발생하는 이산화탄소의 양, 포장 내 김치의 양, 포장 내 헤드스페이스 공간, 유통 및 저장 온도를 복합적으로 고려하여 사용 가능한 이산화탄소 흡수제의 양에 대해서 최적화가 가능할 것이다. 이러한 맞춤형 김치 포장설계 프로그램은 여러 현장에서의 시제품 설계에 사용될 수 있다.

화탄소 흡수제의 양을 경험적으로 정하여 사용하고 있다. 이는 유통 및 저장온도의 변화와 계절적인 요인으로 인해 이산화탄소 발생량이 과도하여 포장이 부풀어 터지는 현상이 종종 발생한다. 이러한 경험적인 사용 패턴을 과학적으로 규명하여 최적화 시킨 프로그램을 개발하면 다양한 조건에서 적정 포장조건을 쉽게 제시할 수 있다. 김치발효로 발생하는 이산화탄소의 양, 포장 내 김치의 양, 포장 내 헤드스페이스 공간, 유통 및 저장 온도를 복합적으로 고려하여 사용 가능한 이산화탄소 흡수제의 양에 대해서 최적화가 가능할 것이다. 이러한 맞춤형 김치 포장설계 프로그램은 여러 현장에서의 시제품 설계에 사용될 수 있다.

1-3. 연구개발 범위

연구개발 내용		연구개발 범위
■ 1핵심 : 지능형 농식품 포장 지시계의 산업화 □ 1세부 : 시간-온도 이력 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발		
1, 2단계 (원천기술&실용화 기술 개발)	- 효소형 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicators; TTI) 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● TTI 제작에 필요한 원천 효소물질계 탐색 및 선발 ● TTI 반응 메커니즘 규명 ● TTI 온도의존성 및 유효기간 조절 기술 개발 ● TTI 안정화 기술 개발 ● TTI의 식품 적용 연구
	- 미생물형 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicators; TTI) 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● TTI 제작에 필요한 원천 미생물물질계 탐색 및 선발 ● TTI 반응 메커니즘 규명 ● TTI 온도의존성 및 유효기간 조절 기술 개발 ● TTI 안정화 기술 개발 ● TTI의 식품 적용 연구
	- 센서형 시간-온도 이력지시계 (TTI) 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서형 TTI 제작에 필요한 원천 산화환원효소물질계 탐색 및 선발 ● 센서형 TTI 반응 메커니즘 규명 ● 센서형 TTI 온도의존성 및 유효기간 조절 기술 개발 ● 센서형 TTI 안정화 기술 개발 ● 센서형 TTI의 식품 적용 연구
	- 차세대 시간-온도 이력지시계 (TTI) 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 천연색소기반 고체형 TTI 제작에 필요한 원천 색소물질계 탐색 및 선발 ● 천연색소기반 고체형 TTI 반응 메커니즘 규명 ● 인쇄형 TTI 제작에 필요한 원천 효소물질계 탐색 및 선발 ● 인쇄형 TTI 반응 메커니즘 규명 ● 인쇄형 TTI 온도의존성 및 유효기간 조절 기술 개발 ● 인쇄형 TTI 안정화 기술 개발 ● 인쇄형 TTI의 식품 적용 연구
	- TTI 실용화 향상을 위한 case studies	<ul style="list-style-type: none"> ● 효소형 TTI, 미생물형 TTI, 센서형 TTI, 인쇄형 TTI의 시제품 제작 기술 개발 ● TTI의 열적성질, 크기 및 부착 위치, 포장식품의 열적성질 및 크기에 따른 TTI 예측능 simulation 및 최적조건 규명 ● 포장 식품 품질 관리에 TTI를 현장에 적용했을 때 유효성 증명 연구 ● TTI 색변화의 가시성 향상 기술 개발
3단계 (사업화)	- 시간-온도 이력지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● TTI 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 ● 시범사업을 위한 TTI 사용 시스템 설계 ● 사업화를 위한 TTI QC 지침 설계
□ 2세부 : 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발		
1, 2단계 (원천기술&실용화 기술 개발)	- 농식품 위해 미생물 항체지시계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 농식품 위해 미생물 타겟 ligand 발굴 및 DB 구축 ● 포도상 구균 감지 농식품 포장형 항체 지시계 적용성 확립 ● 위해미생물의 통합 탐지를 위한 농식품 포장형 항체 지시계 개발
	- 화학적 품질지표 검출 지시계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 화학품질 지시계 개발 ● 어류 제품용 신선도 지시계 개발 ● 어류 제품용 신선도 지시계 prototype
	- 비가역성 in-pack activation 산소 지시계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 비가역성 in-pack activation 산소 지시계 개발 ● 내수성 산소 지시계 개발 ● 천연소재 기반 산소 지시계개발
	- 이산화탄소 지시계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 키토산 기반 이산화탄소 지시계 개발 ● 이산화탄소 지시계의 반응촉진 기술 개발/ 키토산 기반 이산화탄소 지시계의 김치포장 적용 ● 이산화탄소 지시계의 반응 촉진 기술 개발/ 이산화탄소 지시계의 농산물 포장 적용
	- 발효 어류용 가스 지시계 (Gas indicators; GI) 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ● 발효 어류용 가스 지시계(GI) 개발 및 prototype 제작 ● 발효 어류용 가스 지시계(GI) 안정성 및 저장성 평가 ● 발효 어류용 가스 지시계(GI) 최적화 및 실용화

연구개발 내용		연구개발 범위
	- 이산화탄소 지시계(Carbon Dioxide indicators; CDI) 실용화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 이산화탄소 지시계(CDI) 발효식품(김치/막걸리) 유통기간 맞춤 기술 개발 ● 이산화탄소 지시계(CDI) 발효식품(김치/막걸리) 적용 연구 ● 이산화탄소 지시계(CDI) 발효식품(김치/막걸리) 실용화 기술 개발
	- 차세대 지시계 개발 및 식품 포장 적용 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 고감도 암모니아 가스 지시계 소재 물질의 탐색 및 원천기술 개발 ● 가스 지시계 용 효소 및 생체물질 소재의 반응 kinetics 규명 ● 가스 지시계 용 효소물질 소재의 고정화 기술 개발 ● 효소형 가스지시계의 식품 포장 적용 및 실용화 기술 개발
3단계 (사업화)	- 신선도 가스 지시계의 제품/생산 공정 설계 및 관리 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 제품을 커버부, 물질부, 접착부, 배경으로 나누어 설계 ● 공장 생산화 할 수 있도록 공정을 설계 ● 사용 시설/장치 및 관리 지침 설계 ● 사용 매뉴얼 설계 ● 신선도 가스지시계 품질 평가 및 업체 적용 의사에 대한 설문조사 ● 중점관리요소, 생산공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 ● 품질관리 지침 설계
□ 1협동 : 지시계의 시장개척 및 사업화		
3단계 (사업화)	- 지시계의 시장개척 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> ● 지시계 시제품 생산 ● 지시계 시제품의 시범사업 ● 지시계의 사업화
■ 2핵심 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화		
□ 1세부 : IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축		
1, 2단계 (원천기술&실용화 기술 개발)	- RFID-센서 데이터 수집을 위한 코드체계 연구	● RFID-센서 코드체계 개발
	- 운송/저장 구간의 RFID-센서 데이터 수집 및 융합 모델 개발	● RFID-센서 데이터 수집 및 융합 모델 개발
	- EPCglobal 표준 확장 모델의 핵심 컴포넌트 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID-센서 융합 EPCglobal 표준 확장 모델의 핵심 컴포넌트 개발 ● RFID-센서 태그 운영 모델 개발 ● RFID 센서 태그 기반 콜드체인 시뮬레이터 개발
	- RFID 기반 쇠고기 유통망 프로세스 마이닝 기술 개발	● 표준 RFID 시스템 기반 유통망 프로세스 마이닝 기술 개발
	- 한우 이력추적 테스트베드 구축을 위한 운영기술 개발	● 소시지 콜드체인 적용 및 최적 운영 파라미터 도출
	- RFID-센서 융합 환경에서 객체의 이력 및 온도 추적 알고리즘 개발 및 구현	● 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 개발
	- 최적의 쇠고기 상품성 유지를 위한 운영기술 개발	● 횡성 축협한우 유통망에 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 적용
	- 횡성 한우 이력추적 테스트 베드 구축	● 상온 노출에 따른 쇠고기 상품성 변화 모델 개발
	- 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 시제품 개발: ● 식품포장별 식품 품질인자와 품질열화 간의 Database 구축 ● 식품포장별 식품품질정보 및 식품유통환경정보 Database 구축 ● 식품포장별 식품품질 예측 모델 시스템화 ● 웹/스마트폰 앱 기반 사용자 인터페이스 개발
	- 식품 품질 기반 지능형 식품유통 운영 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID/USN 기반 센서 및 식품품질정보 통합 EPCglobal 네트워크 실용화: ● 대용량 센서 데이터를 저장할 수 있는 NoSQL 기반 EPCglobal 네트워크 솔루션 업그레이드
- 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통 관리 시스템 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ● 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통 관리 시스템 개발 ● 실시간 식품유통환경 모니터링 및 경고 모듈 개발: ● RFID/USN 기반 식품유통환경 모니터링 모듈 개발 ● 식품유통환경 기준에서 벗어난 유통식품 경고 모듈 개발 	
- 식품 품질 기반 지능형 식품유통 운영 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 식품 품질 기반 동적 계획 모델 개발: ● 사례기반 배송 시간 추론, 도착 시간의 식품 품질 예측 모델 개발 	

연구개발 내용		연구개발 범위
		<ul style="list-style-type: none"> ● 품질 기반 동적 배송계획 최적화 기법 개발 ● 문제 식품에 대한 최적 대안(폐기, 인접판매) 선택 모델 개발 ● 품질하락을 고려한 품질 가격 정책 모델 개발
	- 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통 관리 시스템 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ● 포장 유형별 지능형 유통 운영 모델 개발: ● RFID 센서 태그 기반 2차(중/대) 포장 최적 유통 운영 모델 개발 ● RFID/USN 융합 지시계 기반 1차(소)포장 최적 유통 운영 모델 개발
	- 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통 관리 시스템 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID/USN 융합 지시계 기반 1차(소)포장 최적 유통 운영 시스템 개발: ● 식품 모니터링 및 예측 시스템 개발 ● 지능형 포장 식품 유통 운영 관리 시스템 개발
	- 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID 센서 태그 기반 2차(중/대) 포장 최적 유통 운영 시스템 개발: ● 식품 모니터링 및 예측 시스템 개발 ● 지능형 포장 식품 유통 운영 관리 시스템 개발
	- 전체 시스템 통합	<ul style="list-style-type: none"> ● 실시간 식품 품질 모니터링 시스템과 1차, 2차 포장 식품유통 관리 시스템 통합 ● 통합 시스템의 지능형 식품유통 현장적용을 통한 검증 및 개선
	- 1차, 2차 식품포장을 대상으로 지능형 식품유통 관리 시스템 적용 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ● 상용화 수준으로 지능형 식품유통 관리 시스템 안정화 ● 1차, 2차 식품포장을 대상으로 지능형 식품유통 관리 시스템 적용 ● 지능형 식품유통 관리 시스템 실용화 및 마케팅 전략 수립
3단계 (사업화)	- IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축	<ul style="list-style-type: none"> ● 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(형성한우) ● 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(경기농협 김치) ● 식품 포장 및 제조/유통 시스템 솔루션화(SI), 산업화

□ 2세부 : 지능형 RFID-센서 지시계의 제품/생산공정 설계

1,2단계 (원천기술개발)	- 스마트 RFID 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID-센서 태그 개발 ✓ 센서 인터페이스 회로 설계 ✓ 다중 센서 환경에서 측정 노이즈 감소를 위한 Improved Kalman Filter 방식 제안 ✓ 무선 센서 네트워크 저전력 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> ● RFID-센서를 이용한 식품 품질 모니터링 시스템 개발 ✓ 이산화탄소 및 산소 센서를 이용하여 채소 신선도 모니터링 시스템 ✓ 무선 센서 네트워크 저전력 시스템 개발 ✓ 스마트 RFID 태그 시스템을 기반으로 하는 식중독지수 모니터링 시스템 개발 ✓ pH 센서 분석 및 인터페이스 회로 구성 ✓ 온도 및 pH 센서 값을 이용한 발효 식품의 품질상태 모니터링 시스템 개발 ✓ RFID 센서를 이용한 발효식품 유통기간 및 숙성도 모니터링 시스템 개발
	- RFID 태그용 소재 및 부품 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 기존 물질을 이용한 RFID용 소자 개발 ✓ 안테나/Capacitor 개발 <ul style="list-style-type: none"> ● 그래핀 기반 소재 및 부품 개발 ✓ 탄소공급재료로서 고체를 사용하여 그래핀 성장에 대한 연구 ✓ 절연체층 상에 그래핀 박막 형성 ✓ 고체 탄소원을 이용한 그래핀 층수 제어 방법
	- RFID 융합을 위한 센서형 산소 지시계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서형 산소 지시계 개발 ✓ 산소에 의해 색 뿐만 아니라 전기적 신호도 변하는 시스템 설계 ✓ 산소환원 효소, 염료, 전자전달 매개체 탐색 및 최적화 <ul style="list-style-type: none"> ● 자가발전형 센서형 산소 지시계 개발 ✓ 효소연료전지 기반 센서형 산소 지시계 개발 ✓ 금속공기전지 기반 센서형 산소 지시계 공기 전극, 금속 전극 및 고분자 겔 전해질 개발 ✓ 전극 및 고체 전해질 막 소형화 ✓ 작동 환경/보관 환경에 따른 성능/안정성 평가
	- RFID-지시계 태그 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 수동형 900 MHz 대역 스마트 RFID 태그를 이용한 식품품질 데모시스템 개

연구개발 내용		연구개발 범위
		<ul style="list-style-type: none"> 발 ✓ 스마트 RFID 태그 신호 처리 기술 개발 ✓ 스마트 연동 농식품 품질 모니터링 시스템 구축 및 UI 알고리즘 개발 ● 듀얼 밴드 스마트 RFID 태그 및 이를 이용한 식품품질 데모시스템 개발 ✓ 근거리 및 원거리 인식 가능한 듀얼 밴드 RFID 태그 개발 ✓ 듀얼 밴드 스마트 RFID 식품 품질 모니터링 시스템 개발 ● 자가발전형 센서형 산소 지시계와 최적 결합된 수동형 900 MHz 대역 RFID 태그 개발 ✓ 금속공기전지 기반 센서형 산소 지시계와 최적화된 수동형 900MHz 대역 RFID 태그 시제품 제작 ✓ 스마트 900MHz 대역 RFID 태그를 이용한 식품 포장의 산소 농도 모니터링 시스템 구축 ✓ 금속공기전지 기반 센서형 산소 지시계와 최적 결합된 수동형 900MHz 대역 RFID 태그 시제품을 위한 packaging 최적 설계 ✓ RFID-산소 지시계 태그 packaging 제작 및 성능 테스트
3단계 (실용화 기술 개발)	- 지능형 RFID 온도/산소 센서 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 지능형 RFID 센서 제품 설계 ● 지능형 RFID 센서 제조 공정 설계 ● 지능형 RFID 센서 성능 평가 ● 지능형 RFID 센서 시제품 제작
	- 농축산 식품 환경 정보 이력을 위한 NFC 온도, 습도 산소 센서 태그 시제품 및 앱 제작	<ul style="list-style-type: none"> ● 환경 정보 이력을 위한 NFC 온도/습도/산소 센서 태그 시제품 제작 ● 농축산 식품 환경 정보(온도, 습도, 산소 농도) 이력을 위한 이력시스템 구축 ● 농축산 식품 환경 정보(온도, 습도, 산소 농도) 이력을 위한 앱 제작 ● 농축산 식품 저장고 등에 환경 정보(온도, 산소 농도) 이력 시범 사업 ● 기술이전 업체를 통한 대량 생산 및 판매 계획 수립
	- 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 시제품 및 앱 제작	<ul style="list-style-type: none"> ● 간단한 환경 정보 이력을 위한 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 시제품 제작 ● 농축산 식품 유통 및 배송 과정의 간단한 온도 이력을 위한 이력시스템 구축 ● 농축산 식품의 간단한 온도 이력을 위한 앱 제작 ● 농축산 식품 유통 및 배송 과정의 간단한 온도 이력 시범 사업 ● 기술 이전 및 기술이전 업체를 통한 대량 생산 및 판매 계획 수립
□ 1협동 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장 개척 및 사업화		
3단계 (사업화)	- 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 하드웨어 제조 공정 설계 및 제품화	<ul style="list-style-type: none"> ● 산소지시계 및 적용환경(각종 포장용기, 대상 포장)에 따른 수동형 UHF Band RFID 플랫폼과 지시계 융합의 최적 디자인 및 물질 formulation ● 부품선정, Schematic 설계, Layout 등 FPCB 설계 시스템 구축 ● 3D에 의한 패키징 제작 시스템 구축 및 상품화
	- 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 사용 시스템 설계 및 시제품의 시범사업	<ul style="list-style-type: none"> ● 수동형 UHF Band RFID-지시계 태그 시제품 및 이를 이용한 모니터링 사용 시스템 설계 ● 식품 제조 유통관련 현장에 구축 및 적용
	식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(황성한우)	<ul style="list-style-type: none"> ● 산업화를 위해서 지능형 농식품 포장 유통 시스템에 기반한 쇼핑몰을 개발 ● 2-1세부과제에서 개발해온 지능형 온도 센서 기반의 시스템의 적용을 위한 기술을 개발하였으며 쇼핑몰과 연계 기술을 개발
	식품 포장 및 제조/유통시스템의 산업화 시제품의 시범사업	<ul style="list-style-type: none"> ● 브랜드 김치를 위한 쇼핑몰 확장을 위한 설계/적용 추진 ● 2-1세부과제의 빅데이터 기반의 저장소와 쇼핑몰을 연계하는 시스템을 개발하였음
■ 3핵심 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화		
□ 1세부 : 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축		
1, 2단계	- 신선 농산물 포장 설계 및 active	● 광범위한 농산물 품목의 호흡모델 parameter 데이터베이스 구축

연구개발 내용		연구개발 범위
(원천기술&실용화 기술 개발)	포장소재 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 포장의 기체이동모델 확립 ● 적정 MA 조건달성을 위한 신선 농산물 포장 설계 application 개발 ● 유통단계 중 적정 MA를 형성하는 1차/2차포장 연계의 마스터 포장시스템의 설계 구현 ● 생표고버섯의 마스터 포장을 농가-판매 단계까지의 현장적용 ● CO₂ 흡수/항균성/흡수성을 가진 생분해성 active 포장 소재 개발 ● 다기능 active 소재의 신선 농산물포장에의 맞춤형으로 적용
	- 기체제어 신선 농산물 용기 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 용기 내 적정 MA 유지를 위한 통기구 개폐의 시간적 자동제어 개념 확립 ● 다양한 통기구개폐 방법의 시도(고정개방비율, 시간변동형 개방비율) ● 통기구 개폐 운전조건의 최적화 ● 가정용 냉장고용 간이형 농산물 용기 개발 및 운전매뉴얼 확립 ● 산소/이산화탄소 센서에 반응하는 통기구 개폐 제어에 의한 적정 MA 형성 개념 확립 ● 산소지시계로의 단일화 사용 logic 개발 ● 실시간 호흡반응형 용기시스템 개발
	- 기체제어 발효식품(김치) 용기·포장 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 유통 포장김치의 품질, 부피, 압력변화를 예측하는 프로그램 개발 ● 이산화탄소 흡수제 조건을 선정가능한 프로그램으로 확장 ● 김치 용기에서 CO₂ 치환의 긍정적 효과 확인 ● 동기화된 CO₂ 주입/배기 방법에 의한 고이산화탄소 농도 유지 시스템 개발 ● 감압/CO₂ 주입의 사이클에 의한 절감형 용기 시스템으로의 개선
3단계 (사업화)	- 농식품 포장용기 시제품 제작	<ul style="list-style-type: none"> ● 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선 ● 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어자동방법 개선 ● CO₂ 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질 보존 효과 평가
	- 맞춤형 김치 포장 설계 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> ● 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립 ● 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용 ● 김치 포장에서 생성물질의 농도와 숙성도 상관관계 규명 ● 이산화탄소 흡수제 내장용 김치 포장에서 숙성도 표시 지시계와 품질 변화 상관관계 파악 ● 보조연구: 농산물 MAP 포장설계 app.
□ 1협동 : 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축		
1, 2단계 (원천기술&실용화 기술 개발)	- 나노 컴포지트 포장재 개발 및 산업화	<ul style="list-style-type: none"> ● 나노 입자(AgNPs, ZnO, CuO 등) 제조방법 확립 ● 나노입자의 대량생산 방법 개발 ● 생체최화성 환경친화성을 갖는 나노입자 (나노셀룰로오스, 나노키틴)의 제조 및 활용 ● 생고분자/나노입자 복합 필름 제조 ● 산업화를 위한 Scale-up 및 식품 포장 적용 연구
	- 항균성 나노 컴포지트 포장재 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 천연 항균제를 함유한 생고분자 나노 컴포지트 필름 개발 ● 자몽씨 추출물 (GSE)를 첨가한 항균성 포장 필름 제조 ● 생고분자/GSE 복합필름 제조 ● 바이오플라스틱 (PLA, PBAT)/GSE 복합필름 제조
	- 다기능성 복합필름 제조 및 응용	<ul style="list-style-type: none"> ● 복합 항균제를 사용한 생고분자 복합 나노 컴포지트 필름 개발 ● 생고분자/나노키틴/ZnO, 생고분자/나노키틴/AgNP 나노복합 포장재 개발 ● 기능성(항균성, 고수분 흡착성, 가스 흡착성) 바이오 나노 복합필름 제조 ● 기능성 블랜드 필름 제조 (PLA/PBAT, LDPE/PBAT, PP/PBAT 등) ● 감자의 녹변방지용 포장재 개발 및 산업적 생산/산업화 ● extrusion 방법에 의한 필름의 대량 생산 기술 개발 ● blow extrusion (LDPE-based film) ● cast extrusion (PP-based film)

연구개발 내용		연구개발 범위
3단계 (사업화)	- 감자의 녹변방지용 포장재의 개발 및 현장 적용 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 3개 업체에서 요구한 감자의 저장성 테스트 ● PBAT가 첨가된 필름의 감자녹변방지 효과 검증
	- 기능성 (항균성, 항산화성, 자외선 차단성) 포장재의 개발 및 응용연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 자몽씨추출물 (GSE)와 ZnO를 복합적으로 첨가한 필름 제조, 멜라닌 함유 포장재 제조 ● 항균성, 항산화성, 자외선 차단성을 갖는 기능성 포장지
	- 개발포장재의 신규포장응용 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 치즈의 포장 연구 ● 모짜렐라치즈에 대한 저장성 연장 효과 검증
	- 개발포장 필름의 산업화 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 필름의 배합비 결정 ● 매스터배치 제조 ● pilot scale 규모의 extrusion 필름 제조 ● 필름의 물성 조사 및 응용성 연구
□ 2협동 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화		
3단계 (사업화)	- 스마트 홈 시스템 냉장고에 접목 가능한 농식품 포장용기의 생산 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> ● 차년도에 미비된 사항을 보완하고 김치숙성 냉장고 시제품 생산 라인 구축 ● 빌트인에 장착된 제품에 대한 시운전 및 문제점 파악과 보완 ● 급외식 업소 냉장고에 시험 사례 공급 및 운전 매뉴얼 제공과 문제점 파악 ● 거래처 건설업체와 협의하여 IoT 홈네트워크 시스템의 적용성 설명 및 홍보
	- 기능성 포장재의 생산 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> ● 감자의 녹변방지용 포장재 사업화 ● 조각과일 용기용 필름 포장재 사업화
	- 농식품 포장용기의 시제품 생산 및 시범사업 적용	<ul style="list-style-type: none"> ● 농식품 포장용기의 시제품 생산 ● 시제품 20~30개 제작하여 각 업체에 배포 하여 시범 사업 적용 ● 사업화 및 매출 발생 ● 농식품 포장용기의 생산/품질 관리 지침 설계 ● 용기 시스템의 품질제고 및 사용처 확대 설계
	- 기능성 농식품포장재의 사업화	<ul style="list-style-type: none"> ● 녹변 방지 기능성포장재 사업화 및 매출발생 ● 항균 기능성 포장재의 추가 사업화 ● 친환경 생분해 포장재 사업화 추진

2. 국내외 기술개발 동향

- 지능형 포장의 개념은 전통적인 식품 포장의 기능에 부가적으로 식품의 품질 유지, 보존 향상 및 다양한 정보전달의 역할을 수행하는 포장을 포함한다. 이러한 개념은 **그림 1**로서 잘 표현되며, 능동적 포장(Active Packaging)이란 식품포장의 보존적인 기능을 향상시킨 포장의 형태를 의미하고, 지능형 포장(Intelligent Packaging)은 정보전달의 기능, 유통 및 소비의 편의성, 특수 기능을 포함하는 첨단 포장을 의미한다(Lee, 2006).

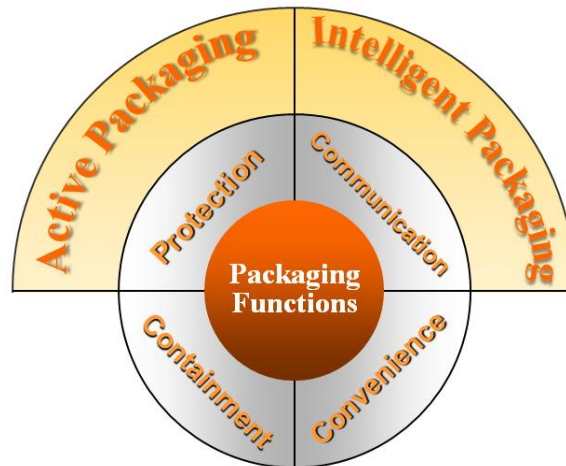


그림 1. 능동적 식품 포장과 지능형 식품 포장의 기능과 역할(Yam, 2005)

[지시계(Indicators) 관련 분야]

● 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicators; TTI)



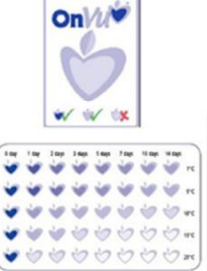

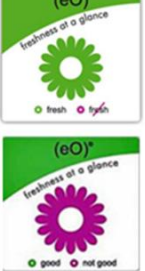
① 국외 현황

- 현재 상업적으로 이용 가능한 제품으로는 확산형(Diffusion-based TTI), 고분자형(Polymer-based TTI), 효소형(Enzyme-based TTI), 미생물형(Microbial-based TTI) 그리고 광색성형(Solid State Photochromic TTI: OnVu™)이 있다(Taoukis, 2001; Taoukis and Labuza, 2003).
 - **확산형 TTI(Diffusion-based TTI)**: 미국 3M의 Monitor Mark®는 점성 물질(예; fatty acid ester)가 종이 pad의 공극을 통하여 확산되는 속도의 온도의존성에 기초하여 제조된 대표적인 확산형 TTI이다. 최근 개발된 Avery Dennison의 TT Sensor™은 두개의 고분자층 사이에 있는 극성물질이 농도차이에 의하여 온도의존적으로 확산하는 원리를 이용한 것으로 지시 라벨에 투명 활성화 라벨을 붙여서 활성화 시켜서 온도에 따라 노란색에서 핑크색으로 비가역적 색 변화를 나타낸다.
 - **고분자형 TTI(Polymer-based TTI)**: 미국의 lifelines Technology의 Fresh-Check®과 Freshness Monitor®은 diacetylenic monomer가 중합되는 반응이 온도에 따라 속도가 달라지며, 반사율(reflectance)이 감소되는 원리에 기초하여 개발된 대표적인 고분자형 TTI이다. 색 변화 판정은 제품 중앙의 붉은색 반점(active)과 반점을 둘러싼 회색 고리(reference ring)의 색을 비교한다. 사용전의 고분자형 TTI는 고분자의 중합반응을 방지하

기 위하여 반드시 냉동보관(-18 oC 이하)하여야 한다.

- **효소형 TTI(Enzyme-based TTD)**: 스웨덴의 Vitsab사에 의하여 개발된 CheckPoint®은 지방의 가수분해에 의하여 발생하는 pH저하에 의하여 녹색에서부터 노란색을 걸쳐 주황색으로 변하는 반응을 이용하였다. 사용 전, 효소와 기질은 각각 분리되어 있으며 분리 격막을 파열하므로써 효소-기질 반응이 시작된다. 효소형 TTI는 기질 및 효소의 양과 종류를 달리하여 온도의존성을 조절할 수 있는 장점이 있다.
- **미생물형 TTI(Microbial-based TTD)**: 미생물형 TTI는 pH지시약의 색 변화를 점증적으로 유도하는 특정 유산균의 성장에 따른 산성화(acidification)에 기반을 둔 비가역적 지시계이다. 이들은 미생물의 생육에 의하여 발생하는 식품의 변질 정도를 지시계의 반응계에 존재하는 특정 미생물 생육이나 대사산물로 지시계의 비가역적 변화를 나타낼 수 있도록 고안되었다. 미생물형 시간-온도 이력지시계에는 TRACEO®, TRACEORESTAURATION® and eO®이 있으며, 다른 형태의 시간-온도 이력지시계에 비하여 식품의 품질을 잘 대변할 수 있다(Vaikousi et al., 2008).
- **광색성형 TTI(Solid State Photochromic TTD)**: 스위스의 Ciba Chemicals는 고체상태의 유기안료(organic pigments)의 색 변화가 온도에 따라 속도가 달라지는 원리에 기초하여 광색성형 TTI인 OnVu™을 개발하였다. 고체상태의 유기안료는 자외선이 조사되면 활성화되어 색 변화가 시작된다. 그러나 색 변화 시, 자외선에 의한 재활성화를 방지하기 위하여 반드시 필터(Filter)가 필요하다. OnVu™ TTI는 자외선을 조사하면 중앙의 heart 부분의 색이 짙은 파란색으로 활성화되며 자외선 차단 필름을 필터로 이용하여 재활성화를 방지하면서 색 변화를 유도한다. 현재 OnVu™ TTI는 라벨 형태 및 포장재에 직접 프린트하여 생산하고 있다.

표 1. 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicators; TTI)의 종류와 특성

제품명	CheckPoint® Types M, L (Vitsab, Sweden)	Fresh-Check® (Temptime, USA)	OnVu™ (Ciba Specialty Chemicals, Switzerland)	TT Sensor™ (Avery Denson, USA)	eO (Cryolog, France)
원리	Enzymatic	Polymeric	Photochemical	Diffusion	Microbiological
반응 형태	green to yellow to red 	colorless to blue 	dark blue to colorless 	yellow to pink 	green to red 
E _A 범위 (kJ/mol)	70 ~ 170	80 ~ 90	90 ~ 150	115 ~ 125	100 ~ 110
Activatable	Yes	No	Yes	Yes	No
가격 (cents)	5 ~ 15	1 ~ 5	1 ~ 5	5 ~ 15	5 ~ 15

② 국내 현황(본 센터의 TTI 개발 현황)

- TTI를 상용화하고 있는 선진국의 추세에 발맞추어 국내에서도 TTI의 개발과 사용이 필요하다. TTI 개발과 관련된 기술적 한계 등으로 사회적 요구를 충분히 반영하지 못하고 있다. 게다가 TTI를 수입하여 국내에서 식품에 성공적으로 사용한 예도 드물고 사용의 필요성에 대한 인식이 낮은 실정이다.
- 근래에 식품안전과 관련한 많은 규격들이 개발되어 국제적으로 운영되고 있다. 따라서 이 부문에서 국제적인 공조를 위해 국산 TTI의 개발과 식품산업에의 적용 확대가 시급하다. 이에 동국대학교 지능형 농식품포장 연구센터에서는 농림축산식품부의 농림축산식품연구센터 지원사업으로 국산 TTI를 개발하였다.
 - **ARCzyme® TTI**: ARCzyme® TTI는 ARCzyme(Laccase)와 기질(ABTS)의 산화-환원반응을 적용한 새로운 형태의 효소형 TTI로써 pH 저하에 의한 효소반응이 저해를 받지 않으며, 효소-기질 반응 및 TTI 보관 중 효소의 안정화를 위하여 PEGlation 기법을 적용하였다(Kim et al., 2012 ; Kim et al., 2013). 또한 기질 자체가 색을 발현할 수 있는 ARCzyme을 사용하였기 때문에 색을 나타내는 별도의 지시약이 필요하지 않다. 식품의 유통·저장 중, 발생하는 품질 변화를 TTI를 이용하여 정확하게 예측하기 위하여 식품의 활성화 에너지(Activation Energy; E_{a-Food})와 TTI의 활성화 에너지(Activation Energy; E_{a-TTI})가 일치하여야 한다. ARCzyme® TTI는 기질 및 효소의 변화를 통하여 다양한 활성화 에너지를 창출할 수 있으며, 이를 이용하여 소고기, 돼지고기 및 닭고기 등의 저장 중 품질변화 예측에 활용되었다(Han et al., 2012; Kim et al., 2012; Park et al., 2013). ARCzyme® TTI는 효소와 기질이 압력에 의하여 손쉽게 파열되는 격막에 의하여 각각 분리된 공간에 존재하고 있으며 사용 전, 격막을 파열시켜 효소-기질반응이 유도되면 무색에서 녹색으로 점진적 색 변화를 나타낸다.
 - **CUS® MT-1 TTI**: CUS® MT-1 TTI는 온도의존성이 있는 식품 유래 내냉성유산균(Psychrotropic lactic acid bacteria)의 glucose 소비에 따른 pH 저하를 지시약의 비가역적 색 변화로 식품의 품질을 예측하는 인쇄기법을 적용한 새로운 형태의 미생물형 시간-온도 이력지시계이다(Choi et al., 2014). 유산균은 산성환경, 동결 및 냉장 보관 중, 사멸 또는 생육에 영향을 받기 때문에 CUS® MT-1 TTI는 sodium alginate를 이용한 미세고정화(Micro-encapsulation)로 유산균을 안정화시켜 보관 및 사용 시, TTI의 정확한 반응을 유도할 수 있게 되었다. 또한 유산균이 고정화된 미세 비드(micro-beads)의 양을 조절함으로써 온도의존성과 Shelf-life를 조절할 수 있어 소고기와 닭고기의 품질 변화 예측에 활용되었다(Kim et al., 2012; Park et al., 2013; Rahman et al., 2015).
 - **인쇄형 TTI(Printable Time-Temperature Indicator)**: 인쇄형 TTI는 산화-환원 염료의 산화형과 환원형의 색깔이 다른 점을 원리로 하는 시간-온도 이력지시계로서 산소에 의하여 반응하는 산화-환원 염료는 환원 상태로 유지된 염료가 주변 환경의 산소에 의해 산화되어 원래 가지고 있던 색이 아닌 다른 색으로 변화되는 메커니즘을 이용한다. 인쇄형 TTI의 반응속도는 Cover film의 종류 및 두께를 이용하여 조절되어 진다(Jung et al., 2016). 또한 TTI의 단가를 낮추기 위한 대량 생산 방법으로 산화-환원 염료를 지지체에 전이하는 방법으로 인쇄 방식이 적용되었다.
 - **전지형 TTI(Self-powered Time-Temperature Indicator)**: 전지형 TTI는 RFID tag와 융합될 수 있는 센서 형태로 TTI 내의 용액 중 화학물질이 효소 등에 반응하여 얻어진 화학물질

의 변화량을 전기신호로 바꾸는 원리에 기반한 시간-온도 이력지시계 이다. 전지형 TTI는 두 개의 전극과 기질이 녹아있는 용액 상태의 전해질로 구성되어있다. 일반적으로 산화-환원효소에 의해 anode에서 산화반응이 일어나면 기질로부터 나온 전자가 cathode로 이동하게 되어 산소를 물로 환원시키는 메커니즘으로 작동한다. 또한 전지형 TTI에서 발생하는 전압과 우유의 품질 지표인 일반 세균수 사이에는 매우 높은 상관성이 있는 것으로 파악되었다(Kim et al., 2016).

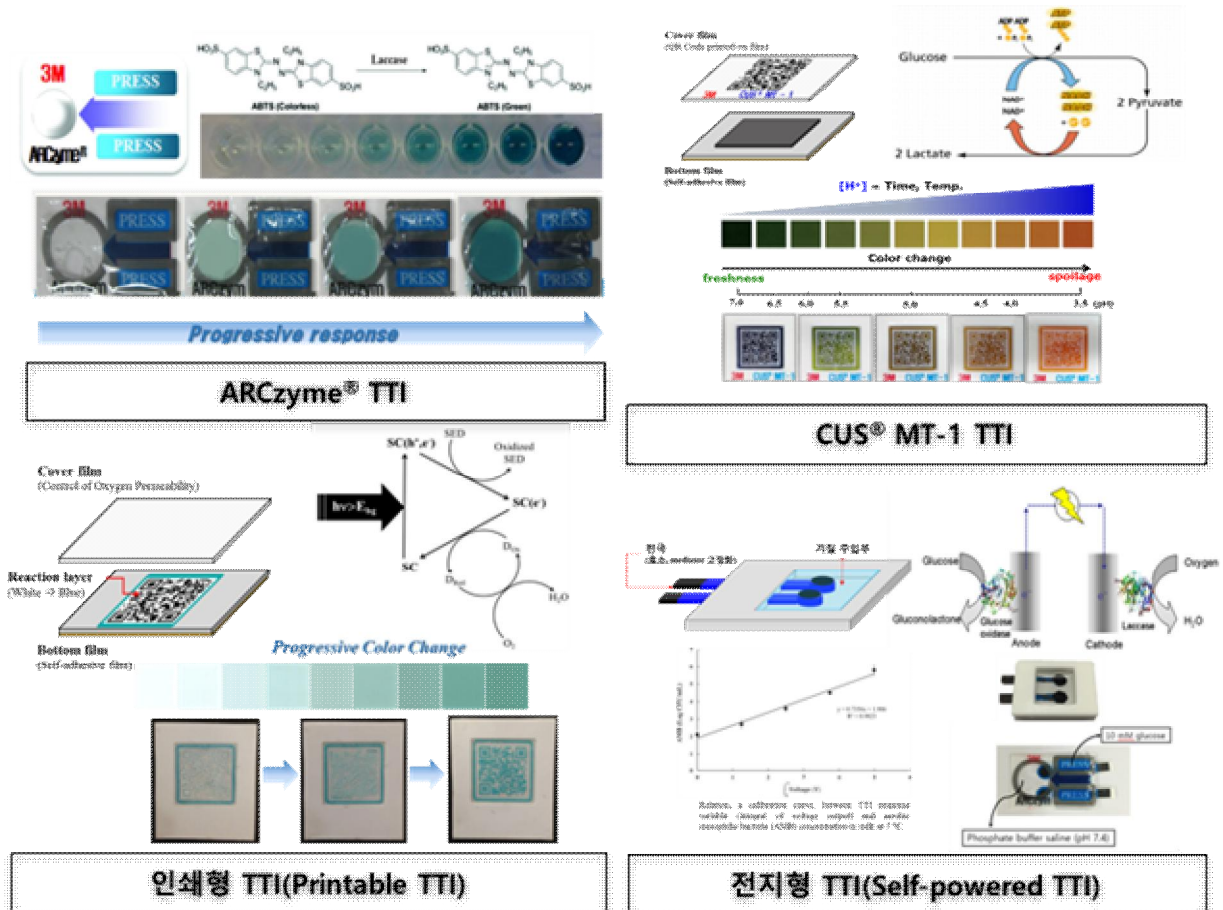


그림 2. 지능형 농식품 포장연구센터 개발 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicators; TTI)

● 가스 지시계(Gas Indicators)

① 국외 현황

○ 지질 산화(Lipid oxidation) 및 미생물 부패(Microbial spoilage) 등으로 인해 생성되는 기체는 포장 내부의 기체 조성을 변화시킬 수 있다. 따라서 라벨 형태 또는 포장 필름에 인쇄된 가스 지시계는 포장 내부의 가스 변화를 모니터링하고 식품의 안전성과 품질에 대한 정보를 제공할 수 있다. 이러한 가스 지시계는 화학적 또는 효소적 반응으로 인해 색이 바뀌어 산소 또는 이산화탄소의 유무에 대한 정보를 제공한다. 가스 지시계는 일반적으로 포장 내부에 인쇄되거나 고정되어 식품의 품질 변화 중에 생성되는 가스와 직접 접촉한다(Brody, 2001; De Jong et al., 2005; Yam et al., 2005).

- 화학 염료를 기반으로 한 가시적 이산화탄소 지시계(Carbon Dioxide Indicator)가 고분자 필름(Polymeric films) 형태로 개발되어 김치포장에 적용되었다. 이 같은 비파괴형 필름(Non-destructive film)은 김치포장 내의 이산화탄소 농도에 대한 정보를 제공 할뿐만 아니라 초기 부패의 정도를 감지할 수 있다. 이 시스템은 온도와는 관계없이 pH 의존적인 색 변화를 기반으로 CO₂의 농도가 변화함에 따라 pH가 변하여 결과적으로 지시계의 색 변화가 유도된다(Hong and Park, 2000).

② 국내 현황 (본 센터의 개발 현황)

- 어류제품용 가스 지시계: 우리나라의 어류 발효 식품의 소비를 촉진시키고 품질에 대한 정보를 쉽게 접할 수 있게 제공함으로써 소비자들의 신뢰를 높이기 위하여 개발된 가스 지시계는 홍어(Skate; *Raja kenojel*)가 발효되면서 생성되는 ammonia 검출에 기반을 두고 있다(Chun et al., 2014).

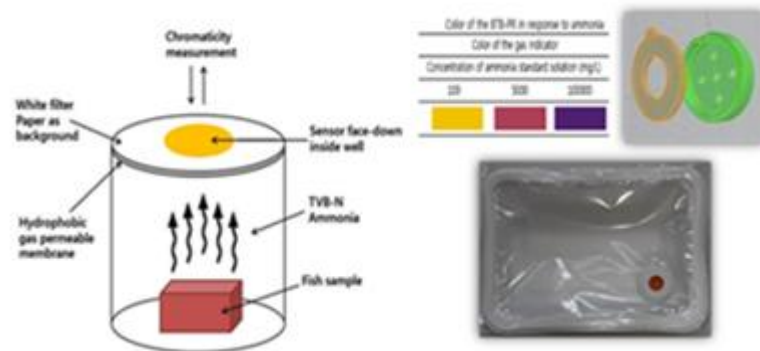


그림 3. 신선도 염기질소(VBN) 지시계

- Bromothymol blue-Phenol red 혼합 염료를 흡수시킨 패드를 PET substrate에 부착하고 hydrophobic gas permeable membrane을 코팅하여 홍어의 발효과정에서 생성되는 ammonia의 양을 정량적으로 검출하는 가역적 가스 지시계로 재사용이 가능하여 경제적이다. 그림 7에서와 같이 혼합 염료의 색 변화는 용기 내부의 ammonia의 양과 높은 상관성이 있으며 온도의존적으로 색이 변하기 때문에 홍어제품 이외에도 다양한 어류제품에 이용이 가능하다.
- 육류 제품용 가스 지시계 : 최근 육류의 소비 증가와 더불어 소비자들은 고품질이면서도 위생적으로 안전한 식육을 선호하는 경향이 강해지고 있으므로, 개발된 지시계는 식육의 경우 선도가 저하됨에 따라 단백질이 변성되어 암모니아, 트리메칠아민(TMA)등 에 검출에 기반을 두고 있다. (Lee et al., 2019).
- Methyl red 혼합 염료를 흡수시킨 패드를 PET substrate에 부착하고 hydrophobic gas permeable membrane을 코팅하여 소고기의 발효과정에서 생성되는 ammonia, 트리메칠아민(TMA)의 양을 정량적으로 검출하는 가역적 가스 지시계로 재사용이 가능하여 경제적이다. 그림 8에서와 같이 색 변화는 용기 내부의 ammonia, 트리메칠아민(TMA)의 양과 높은 상관성이 있으며 온도의존적으로 색이 변하기 때문에 소고기 이외에도 다양한 육류제품에 이용이

가능하다.



그림 4. 육류제품용 가스지시계

- 이산화탄소 가스지시계는 김치나 막걸리와 같은 발효식품이 발효되면서 발생하는 이산화탄소를 감지하여 특정 pH에서 일정한 색을 갖는 화합물인 지시약의 색변화를 이용하는 것을 원리로 하는 가스지시계이다. 이산화탄소 지시계의 원료로 사용되는 지시약 및 탄산 수소 나트륨 등은 상대적으로 인체에 유해정도가 낮기 때문에 식품포장에 적용하기에 적합하다. 특히, 이산화탄소 가스지시계의 민감도에 영향을 미치는 탄산 수소 나트륨의 농도를 조절하여 원하는 식품에 맞춰 제작이 가능하다는 장점이 있다. 또한 제작과 포장방법이 간단하고 저렴하다는 이점이 있다. 이산화탄소 가스지시계의 개발은 김치 등의 발효제품의 숙성정도 확인을 통한 소비자가 원하는 숙성정도의 제품 소비가 가능해질 뿐만 아니라 우리 식품의 세계시장 진출을 통하여 국내 식품 산업의 수익 증가를 기대할수 있으며, 고품질 안전식품 공급을 통하여 국민건강 확보로 비용 손실을 억제하고 식품 안심 및 건전한 식문화 구축에 기여할 수 있다.

● 국내 RFID 기술 동향

- 쇠고기나 돼지고기, 쌀 등의 작물을 중심으로 생산이력 및 유통관련 이력추적에 관한 연구가 활발히 수행되고 있으며, 정보통신부와 ETRI를 주축으로 2005년부터 UHF 대역 반능동형 센서 태그 시스템 기술 개발 등 각종 센서 태그 개발을 활발히 진행하고 있다.
- 2007년부터 정부 주도로 생산·유통 등 모든 단계에 RFID/USN 기술을 적용한 대관령 한우 RFID 시스템, 하동군 USN 활용 재배환경 모니터링 제어, 경상북도 RFID 기술을 이용한 농산물 이력관리시스템, 제주특별자치도 HACCP 관리, RFID 기술 활용 도축-가공-판매관리, 평택시 RFID 기반 쌀 이력 추적 시스템 등 다양한 시범사업이 추진되었다.
- 농림수산식품부에서는 2009년 6월부터 국내산 쇠고기에 유통단계를 포함한 쇠고기 이력제를 도입하여 전면 시행하고 있으며, 쇠고기의 품질등급, 농가명, 도축 및 가공일자과 장소 등의 생산이력정보를 스마트폰으로 조회할 수 있는 시스템을 제공하고 있다.
- 호서대학교에서는 RFID기술을 통해서 식품유통과정 중 관리와 감독 시스템을 개발하였다. 기존의 단순 이력정보 만을 제공하는 유통 관리시스템을 벗어나 식품의 유통 중 발생하는 다양한 상황을 온도센서 및 GPS를 이용하여 체계적으로 관리 시스템이다. 온도 센서를 이용하여 상품의 출고 시 실시간으로 상품의 온도를 파악함으로써 유통 중 발생하는 상품의 손실을 줄이고 좀 더 나은 유통 환경을 제공 할 수 있으며, GPS를 이용하여 운송 경로를 확인함으로써 문제의 원인 및 책임 분석을 통하여 좀 더 체계적으로 식품관리가 가능하다.
- 한국전자부품연구원에서는 온도센서를 내장한 RFID 센서 태그를 개발하였다. 극초단파 주

과수 대역에서 배터리 없이 동작하는 모드(Passive 모드)와 배터리에 충전하면서 동작하는 모드(Semi-active 모드)의 RFID 태그 핵심 기술과 정밀도 0.1이하의 CMOS 온도센서를 내장한 RFID 태그이다.

● 국외 RFID 기술 동향

- RFID/USN, GPS, QR cod 등의 유비쿼터스 기술을 이용하여 농식품의 생산이력 뿐만 아니라 유통 중의 환경까지 실시간으로 감시하고 관리할 수 있는 연구가 수행되어 실용화되고 있다.
- EU와 미국, 일본 등 선진국은 식재료 및 식품의 생산, 유통 분야에 u-IT 기술도입을 통해 식품 유통의 투명성 확보는 물론 생산관리, 유통물류관리(전자상거래, e-pedigree 등)등에 활용하고 있다.
- 미국은 이력추적제의 요소가 일부 포함된 식품회수 프로그램을 운영하고 있으며 식품산업 별 여러 정부기관에 의해 다양한 법률을 시행하고 있다. 미국 IBM에서는 GS1 표준규격에 따라 RFID 태그를 사용하여 전자상품코드정보 서비스표준(EPCIS) DB를 운영하고 있으며 전세계의 물류업체들의 생산지부터 소비자까지의 물품 재고 등을 관리하고 있다.
- 유럽에서는 2005년 Regulation EC/178/2002 규정을 시행하여 모든 식품과 사료, 모든 식품 및 사료업체에 적용되는 이력추적에 대한 일반 조항을 적용하고 있다. 또한 이력추적 실행 가이드(Good Traceability Practice guides)를 마련하여 광천수, 꿀, 닭고기, 씨리얼, 양고기, 햄에 적용하여 이력추적을 하고 있다.
- 일본은 2003년 정기국회에서 소의 개체식별번호의 관리와 전달에 관한 특별조치법이 채택됨에 따라 쇠고기에 대한 이력추적제가 의무화되었으며 2004년도에는 유통단계도 포함하여 이력 정보를 제공하고 있다. 농산물에 대해서는 각 지역별, 품목별로 자율적으로 도입하고 있으며, 농협을 중심으로 이력추적제도와 유사한 생산이력제도를 운영하고 있고, 식품사고가 발생할 경우 정부기관을 주축으로 각 지방자치체의 담당부서와 협력하여 이력추적을 실시하고 있다.
- 노르웨이에서는 2010년에 eTraceability Project를 완료하여 정부와 업계가 쇠고기, 곡류, 과채류, 어류 및 유제품에 대해 이력추적에 대한 재정적 지원을 하고 있다. 노르웨이 노투라/마티(Nortura/Matiq)사에서는 육류에 RFID기술을 이용하여 이력추적을 하고 있으며, 메트로(METRO)사에서는 RFID 기술을 이용하여 공급체계 가시화와 신선도 관리를 하고 있다. 또 바마/텔노(Bama/Telnor)사에서는 신선 농산물의 유통이력 추적을 실시하고 있으며 이로 인해 연 10%의 음식쓰레기를 절감하고 있다
- Alien Technology사, Identec Solutions사 및 Intellex 사 등에서는 자체적으로 RFID 센서 태그 기술을 개발하였으며, 반능동형 방식으로 센서 정보를 획득할 수 있는 상용 RFID 태그인 Alien사의 ALB-2484는 2.45GHz 대역에서 동작하는 보드 형태의 태그이며, 온도 센서와 RTC를 내장하고 있다.
- 미국의 Intellex사는 Manchester 코딩방식과 FSK 변조 방식을 바탕으로 최대 100m까지 통신이 가능한 반능동형 태그를 개발하였다.
- 이스라엘 스테팩(StePac L.A.,LTD)사에서는 능동형 센서태그, 통신유닛, 웹기반 애플리케이션, 바코드 리더로 구성된 농산물 실시간 모니터링 시스템을 개발하여 아보카도 등의 유럽 수출 과정의 실시간 온·습도 환경을 모니터링하여 수출 농산물의 신선도를 엄격하게 관리하고 있다.

- RFID 칩의 기술은 Hitach는 0.3×0.3mm² 크기의 무 칩, Alien은 0.35×0.35mm² 크기의 나노 블록 칩, Symbol과 Philips 등에서는 900MHz 대역의 태그 칩을 개발하였으며, EPCglobal C1 Gen2를 지원하는 칩은 Alien, Symbol, Philips, TI, Impinj 등이다.
- Impinj, Intermec, Alien, ODIN등 수동형 RFID 리더기 장치 개발 선도 기업에서는 RFID 리더기에 대한 원격 모니터링 및 장치 제어 기술 등 지능형 RFID 시스템 연구를 진행하고 있으며, RFID 장치에 대한 이상 상태 모니터링 및 장애 대응에 대해서는 MIT를 비롯한 Auro-ID Labs관련 대학 중심의 연구 단계가 진행 중이다.
- 네덜란드의 와게닝겐 대학에서는 온도, 습도, CO₂, 충격, pH 등의 정보를 실시간으로 측정할 수 있는 스마트 RFID 태그를 연구하고 있으며, 식품, 화훼류, 약품, 화학품 등의 실시간 품질계측에 의해 유통기한 만료제품을 먼저 폐기하는 새로운 유통전략을 진행 중이다.
- 스페인 Granada 대학교의 Martínez-Olmos 그룹에서는 오랫동안 광학방식의 기체 센서와 RFID를 연결시키는 연구를 수행해오고 있다. 포장내 산소 농도를 측정하기 위해 발광 기반 산소 센서가 연결된 RFID 태그를 개발하였으며, 이후 기체(산소 및 이산화탄소) 농도 측정용 수동형 RFID 태그의 전원 공급 장치로 태양 전지를 이용하였다. 최근에는 다양한 기체(산소, 이산화탄소, 암모니아, 수증기)를 측정할 수 있는 광학 센서와 NFC(Near Field Communication)를 연결한 태그를 개발하여 스마트폰을 통해 포장내 기체의 농도를 측정할 수 있었다.

● 스마트 RFID 태그 생산 동향

- 최근에 스마트화가 급성장하면서 스마트 RFID 태그도 단일 센서 태그에서 멀티 센서 태그 생산으로, 또한 item 레벨, package, box 레벨, pallet 레벨, container 레벨, movement vehicle 레벨 등 각 Level에 맞는 지능형 RFID-센서 태그를 경제성, 실용성 등을 고려하여 생산한다.

● 신선 농산물 active 포장 동향

- 신선 농산물의 신선도 유지를 위하여 여러 MAP 기법이 사용되고 있으며 active 포장 소재 적용에 대한 시도가 많이 이루어지고 있다.
- 품목이나 포장단위에 따라 포장필름을 선정하는 소프트웨어가 개발되어 유료 및 무료로 제공되고 있다.
- 농산물의 호흡과 특성이 그때그때 달라지므로 특성을 실시간으로 감지측정하여 포장을 설계하는 기술이 개발되고 있다
- 농산물의 신선도 유지를 위하여 흡습, 향균성 부여 등의 기능성을 가진 필름이 개발되고 있으며, 특히 천연소재를 사용한 필름소재의 개발이 활발하게 진행되고 있다.
- 농산물 용기에 대한 자동제어적인 기체제어 기술을 활용하는 연구는 일부 저장고 시스템에 대한 연구 이외에 발견하기 어렵다.
- 김치 등 한국발효식품에 대한 포장개발의 시도가 국내 연구기관을 중심으로 진행되고 있다.
- 세계김치연구소를 중심으로 김치 포장에 이산화탄소 흡수제, 이취 흡수제 등의 active 포장 소재를 적용하려는 시도가 있다.

- 일부 김치 숙성도 예측모델이 발표된 적이 있지만 김치가공업계에서는 효과적으로 이용되고 있지 않다.
- 김치 냉장고에서 이산화탄소 공급과 이용의 가능성이 있음에도 이를 시도한 경우는 아직 없다.
- 본 센터에서는 신개념의 신선 농산물 용기·포장 시스템이 개발되었다.
- 농산물의 호흡특성 (신선농산물 호흡특성 데이터 베이스)과 용기의 기체투과 특성 (용기 포장에서의 기체투과특성 computer model)을 기반으로 1차/2차 연계 포장 배송 시스템 (마스터 포장시스템 개발)을 완성하였다.
- 최적의 포장재와 이산화탄소 흡수제, 수분 흡수제를 적용하였다.
- 또한 포장 용기를 지능화하기 위하여 기체 제어를 포장재, 가스 흡수제에만 의존하지 않고 포장용기에 소형 밸브 개폐 및 센서 기반 자동화 장치를 설치하여 기체 조성을 제어하였다.

● 생분해성 나노복합 포장재 기술 동향

- 현재 국내 식품산업은 그 시장 규모가 130조원에 이르며 이중 가공식품이 차지하는 비중이 약 40조원에 이 이르고 있는 국가 산업의 근간을 이루는 큰 산업이다.
- 식품산업 뿐만 아니라 일반 소비자들은 식품의 가공, 저장 및 유통 중에 품질의 저하를 방지하고, 식품으로 인한 식중독의 발생을 방지하여 안전성을 확보할 수 있는 고품질의 안전한 식품에 대한 요구가 증대되고 있으며, 이러한 식품산업과 소비자들의 욕구를 만족시키고, 식품의 안전유통을 위하여 식품의 포장이 필수적이다.
- 식품포장에 널리 사용되고 있는 플라스틱의 사용문제가 심각하게 대두됨에 따라 플라스틱 포장재의 사용을 대체할 수 있는 방안으로 매년 재생이 가능하고 지속적인 발전이 가능한 원료를 사용하여 제조한 환경친화적인 포장재의 개발이 시급하게 요청되고 있으며, 이에 따라 생분해성 나노복합포장재의 개발이 필수적이다.
- 나노복합재를 제조하기 위해서는 서로 친화성이 있는 고분자와 나노충진제를 선택하고, 나노충진제를 고분자 내에 균일하게 분산시키는 것이 핵심기술이며, 특히 식품포장의 대상에 따라 요구되는 특성을 충족시키기 위해서는 환경 및 인체에 무해하고 다양한 기능성을 갖는 나노입자의 선택이 중요하다.
- 생분해성 나노복합 포장재는 신개념의 포장소재로서 현재 전 세계적으로 환경보전에 대한 관심이 고조되어 있기 때문에 환경친화적인 신소재 개발에 대한 연구는 기술적으로나 경제적으로 막대한 부가가치 창출 가능하다.
- 다양한 기능성을 갖는 생고분자 나노컴포지트의 개발은 식품포장 분야에서는 새로운 연구 분야로서 원천기술을 개발하여 우선적으로 산업화가 시급한 형편이며, 이들 포장재의 효용성과 용도 개발을 위해 적절한 식품을 선발하여 적용실험 및 안전성 실험을 통해 식품의 품질 향상과 shelf-life 연장 및 나노컴포지트 포장재의 안전성을 확인하여 개발된 포장재의 산업적인 이용 기반을 마련할 필요가 있다.

● 농산물 포장 기술 동향

- 신선 농산물의 신선도 유지를 위하여 여러 MAP 기법이 사용되고 있으며 active 포장 소재 적

용에 대한 시도가 많이 이루어지고 있다.

- 품목이나 포장단위에 따라 포장필름을 선정하는 소프트웨어가 개발되어 유료 및 무료로 제공되고 있다.
- 농산물의 호흡과 특성이 그때그때 달라지므로 특성을 실시간으로 감지측정하여 포장을 설계하는 기술이 개발되고 있다.
- 농산물의 신선도 유지를 위하여 흡습, 항균성 부여 등의 기능성을 가진 필름이 개발되고 있으며, 특히 천연소재를 사용한 필름소재의 개발이 활발하게 진행되고 있다.
- 농산물 용기에 대한 자동제어적인 기체제어 기술을 활용하는 연구는 일부 저장고 시스템에 대한 연구 이외에 발견하기에 어려움이 있다.
- 김치 등 한국발효식품에 대한 포장개발의 시도가 국내 연구기관을 중심으로 진행되고 있다.
- 세계김치연구소를 중심으로 김치 포장에 이산화탄소 흡수제, 이취 흡수제 등의 active 포장 소재를 적용하려는 시도가 있다.
- 일부 김치 숙성도 예측모델이 발표된 적이 있지만 김치가공업계에서는 효과적으로 이용되고 있지 않다.
- 김치 냉장고에서 이산화탄소 공급과 이용의 가능성이 있음에도 이를 시도한 경우는 아직 없다.

3. 연구개발 내용 및 인력양성 프로그램 운영

3-1. 연구개발 내용

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
<p>■ 1핵심 : 지능형 농식품 포장 지시계의 산업화 □ 1세부 : 시간-온도 이력 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발</p>		
<p>■ 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicators; TTI) 식품 포장 실용화</p>	<p>- TTI 발효식품포장(김치) 실용화 기술 개발</p> <p>- 김치 지능형 포장 기술 상품화</p> <p>- 효소형, 미생물형 및 인쇄형 TTI 실용화</p>	<ul style="list-style-type: none"> • TTI와 발효식품포장(김치)의 온도의존성 및 유효기간 맞춤 기술 개발(김치 숙성도를 효과적으로 관리할 수 있는 TTI의 개발 및 적용) • TTI와 포장식품 간 온도차 최소화 포장설계 기술 개발(TTI 부착 위치, 포장의 크기 및 현대 조건 규명) • 지능형 포장 IT용 라벨 상품 개발 : QR code 형태의 인쇄형 TTI 개발(다양한 인쇄기법을 이용하여 smart phone 스캐너가 인식할 수 있는 QR code 형태 인쇄형 TTI) : Smart phone용 TTI 화상인식 프로그램 개발(TTI 색변화에 해당하는 품질 상태를 나타내는 프로그램) • 효소형, 미생물형 및 인쇄형 TTI의 제품화/실용화를 위하여 규격 및 사용 매뉴얼 등을 작성하고 실용화 연구를 수행(제조 매뉴얼 구축, 규격 및 사용 매뉴얼 구축) : 효소형, 미생물형 및 인쇄형 TTI 실용화를 위한 성능보완(사용 전, 보관 안정성, 사용을 위한 활성화, 사용기간 표준화 및 품질관리, 온도의존성 표준화 및 품질관리, 포장재 상의 부착성 등의 수정/보완)
<p>■ 센서형 시간-온도 이력지시계(TTI) 개발</p>	<p>- 센서형 효소 기반 시간-온도 이력지시계(TTI) 개발</p> <p>- 전지형 시간-온도 이력지시계(TTI)의 소형화 및 실용화</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 효소형 TTI 센서 전극 개발 : Laccase- mediator-전극(cathode) 고정화 기술에 따른 전기 감응도 분석 : Laccase-mediator-전극의 전기신호 생성 kinetics 규명 : Laccase-mediator-전극의 온도의존성 규명 : 산화-환원 효소형 TTI 시스템 최적화 • 센서형 효소 기반 TTI 완성 : 바이오연료전지 기반의 효소형 TTI 센서 제작 : 센서형 TTI의 활성화유지 및 안정화 기술 개발 : 센서형 TTI의 전기신호처리 알고리즘 개발(식품의 품질변화와 연관성이 있는 온도에 따라 다르게 발생된 전압(혹은 전류) 신호 처리 알고리즘 개발) : 센서형 TTI와 RFID 융합 성능 테스트 • 전자전달을 최적화 할 수 있는 mediator 선정 및 Pyrrole의 중합 반응을 위해서 가장 효과적인 효소고정화 방법 선정 • MWCNTs를 이용하여 소형화한 carbon nano tube 전극 제작 및 Capacitor를 이용

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		<p>하여 TTI로부터의 전하의 축적을 확인</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전지형 TTI 본체 및 전극 소형화(3D printing 기술을 이용하여 소형화/여러 형태의 탄소 재료를 사용하여 탄소 전극을 최적화 및 소형화) • 소형 전지형 TTI의 성능 실용화(사용 전, 보관 안정성, 사용을 위한 활성화, 사용기간 표준화 및 품질관리, 온도의존성 표준화 및 품질관리, 포장재 상에 부착성 연구)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 차세대 시간-온도 이력지시계(TTI) 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 천연색소기반 고체형 시간-온도 이력지시계(TTI) 탐색 및 반응 kinetics 규명 	<ul style="list-style-type: none"> • 천연색소기반 고체형 TTI의 구성 및 고체 반응 kinetics 규명 • 천연색소의 고체 반응 온도의존성 규명 및 반응속도 조절 기술 개발 : activation 방법 확립 및 유효기간 내, 명확한 가시적 색 변화 유발 : 동반식품을 이용한 온도의존성 평가 및 TTI end-point 설정
	<ul style="list-style-type: none"> - 인쇄형 시간-온도 이력지시계(TTI) 시제품 개발 및 실용화 	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 printing 방법의 적용 및 smart phone 인식용 이미지 개발 : 실크스크린, 그라비아 및 오프셋 인쇄 방식을 통한 TTI 제작(인쇄 기법 비교를 통한 최적의 인쇄 기법 선정 및 잉크 성분 최적화를 통한 상품화) : smart phone 인식 프로그램을 위한 최적의 색변화 TTI 개발(Image 분석 및 소프트웨어 연도 가능성 재고) • 인쇄형 TTI의 제품화/실용화를 위하여 규격 및 사용 매뉴얼 등을 작성하고 실용화 연구를 수행(제조 매뉴얼 구축, 규격 및 사용 매뉴얼 구축, 성능보완)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계(TTI)의 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> - 인쇄형 시간-온도 이력지시계(TTI) 제품 생산 및 관리 시스템 설계 	<p>제품의 구성에 맞는 생산 공정 설계 : 제품 구성 (커버부, 물질부, 접착방지필름, 접착부)에 따라 필요한 재료의 규격 및 보관 방법 설계, 생산 공정 설계도 작성, 필요한 기기 설비 구상 및 구축, 제조 시스템 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> • 인쇄형 TTI의 사용 시설 및 장치 관리 지침 설계 : 사업화를 위한 현장상황 반영한 flow chart 작성, TTI 적용 시 거칠 수 있는 5 단계(구매, 운송, 보관, 활성화, 폐기)로 나누어 사용 매뉴얼 제작, 색밀도를 이용한 제품의 색변화 평가 • TTI 제품의 사업화를 위한 생산관리 및 품질관리 지침을 설계 : 중요관리요소 분석, 생산 공정 감사 및 생산관리 문서 지침 작성, 인쇄성, 제품균일성, 포장관리 3단계의 모니터링 기준값 및 조치사항 설계
	<ul style="list-style-type: none"> - 효소형 시간-온도 이력지시계(TTI) 제품 생산 및 관리 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> • 제품의 구성에 맞는 생산 공정 설계 : 제품 구성 (커버부, 물질부, 접착부)에 따라 필요한 재료의 규격 및 보관 방법 설계, 생산 공정 설계도 작성, 필요한 기기 설비 구상 및 구축, 제조 시스템 확립 • 인쇄형 TTI의 사용 시설 및 장치 관리 지

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		칩 설계 : 사업화를 위한 현장상황 반영한 flow chart 작성, TTI 적용 시 거칠 수 있는 5 단계(구매, 운송, 보관, 활성화, 폐지)로 나누어 사용 매뉴얼 제작, 색밀도를 이용한 제품의 색변화 평가 • TTI 제품의 사업화를 위한 생산관리 및 품질관리 지침을 설계 : 중요관리요소 분석, 생산 공정 감사 및 생산관리 문서 지침 작성, 실링완성도, 제품균일성, 포장관리 3단계의 모니터링 기준값 및 조치사항 설계
□ 2세부 : 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발		
■ 발효어류용 가스지시계(GI) 개발	- 발효어류용 가스지시계(GI) prototype 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 발효어류용 가스지시계의 prototype을 lab 수준으로 개발 및 수정 한 다음 이 제품을 실용화하기 위해 성능 향상에 초점을 두고 연구를 진행 • 발효어류용 GI의 제품화/실용화를 하여 제조매뉴얼, 규격 및 사용매뉴얼을 제작
	- 발효어류용 가스지시계(GI) 시제품 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> • 발효어류용 가스지시계의 식품포장이 최적 맞춤형이 될 수 있도록, 포장용량, 온도, 호흡량, 포장재의 종류, 식품포장의 기체투과도 등 식품포장 내외의 환경에 따른 발효어류용 가스지시계의 변화를 연구 및 이를 위하여 암모니아 센서-식품-포장재-포장 환경 간의 물질수지, 확산, 온도의존성 등에 관한 수학적 공학적 해석을 진행
	- 신선도 지시계용 고감도 소재물질 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 지시계 제조법 개선 (scale-up) • Lab scale 제조 공정을 기준으로 기업체 선정 • 지시계 제조에 사용되는 혼합기, 균질기 등의 조건 설정을 통한 생산공정 최적화 • 각 공정단위당 품질지표 설정을 통한 제조법 기준 마련 • 가스지시계 시작품을 이용한 연구 • lab scale -> pilot scale -> plant scale 3반복 생산을 통한 재현성 확보 • 각 단위 공정별 내부 지표 설정을 통한 관리 지침 마련 • 재현성 확보 된 지능형 포장 기구의 기준규격 및 품질 지표 설정 및 생산 공정 정립 • 변수를 고려한 실험 디자인 및 유통기간 확인 • 지시계의 저장 방법 및 유통방법에 따른 변화를 실측으로 검증하여 가이드라인 제시 및 지침마련을 위한 연구 • 실측 검정을 통한 결과를 토대로 지시계의 유통기간 설정
	- 고감도 신선도 가스 지시계 적용 및 실용화 - 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 가스지시계의 상품화 및 추가 연구 • 실제제품의 유통 중 계절성, 온도 변화, 빛

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		노출 등의 변수에 따른 지능형 포장 기구의 모니터링 • 실제제품의 진열 기간 동안의 변수에 따른 지능형 포장 기구의 모니터링 • 주기적인 모니터링을 통해 발생하는 문제점 해결 및 가이드라인 제시
<ul style="list-style-type: none"> ■ 이산화탄소 지시계 개발 	- 가스지시계 성능조절 기술을 통하여 포장 발효식품과 맞춘 식품 포장 개발	• 비가역성이 강화된 지시계의 개발을 통해 발효식품의 숙성도와 지시계의 변화가 충분한 연관성이 있는 지시계의 제작 • 발효식품(김치 및 막걸리)에 적용: 발효식품의 유통/저장 기간에 생성되는 이산화탄소 양의 측정을 통해 발효식품의 품질을 모니터링
<ul style="list-style-type: none"> ■ 신선도 가스 지시계의 제품/생산 공정 설계 및 관리 기술 개발 	- 신선도 가스지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 - 시범사업을 위한 신선도 가스지시계 사용 시스템 설계 - 사업화를 위한 신선도 가스지시계 QC 지침 설계	• 신선도 가스지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 : 어류, 육류, 발효식품 등 온도와 시간에 따라 소비자가 확인 할 수 있는 sensor 설계 : 커버부, 물질부, 접착부로 나누어 설계 • 신선도 가스지시계 사용 시스템 설계 : 원료 규격 및 보관, 제조시스템 구축 : 가스지시계 기기 성능 및 관리 • 신선도 가스지시계 매뉴얼 설계 : 신선도 가스지시계 유통과정 및 시스템 절차 설계 • 신선도 가스지시계 생산관리 지침 : 중점관리요서, 생산공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 • 신선도 가스지시계 품질관리 : 제품의 매뉴얼 설계, 품질관리 지침 요소 설계
□ 1협동 : 지시계의 시장개척 및 사업화		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 지시계의 시장개척 및 사업화 	- 인쇄형 시간-온도 이력지시계(TTI) 제품 생산 및 사업화	• 제품 구성에 따른 공정설계도 제작 : 잉크제조, 실크스크린 인쇄, 잉크 건조, TTI 열코팅, 접착부 부착, 컷팅, 재단, 품명 및 로고 부착, 질소 충전 포장 단계로 나누어 공정 설계도 제작 • 필요 기기 설비, 제조 시스템 구축 및 시제품 생산 : 제품 기준규격 및 공정 설계 표준화, 제품 생산 하드웨어, 소프트웨어 및 매뉴얼 구축 • 시제품의 시범적용 시행 : (주)매일유업의 상하목장 유기농 우유 제품에 인쇄형 TTI 시제품 부착하여 시범 적용 시행, (주)R&F chemical에 인쇄형 TTI 샘플 테스트 진행

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		<ul style="list-style-type: none"> • 대량 생산제조시스템 구축 : 대량 생산라인 구축, 기기의 자동화, 지시계 구성 및 생산구조 단순화하여 생산 공정 개선, 사용시스템 구축 • 제품의 시범사업 시행 : (주)원비엔피, (주)보성키위영농조합법인 제품에 인쇄형 TTI 적용, 적용에 따른 설문조사 및 피드백 진행 • 본 사업 측면의 지시계 제품 생산 : 대량 생산시스템을 통한 제품 생산, 생산관리 시행, 품질관리 시행, 제품 판매 및 판매 마케팅 전략 구축
	<ul style="list-style-type: none"> - 효소형 시간-온도 이력지시계(TTI) 제품 생산 및 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> • 제품 구성에 따른 공정설계도 제작 : 물질부 제조 라인, TTI 제작 라인, TTI 보관 라인으로 구분하여 공정설계도 제작 • 필요 기기 설비, 제조 시스템 구축 및 시제품 생산 : 제품 기준규격 및 공정 설계 표준화, 제품 생산 하드웨어, 소프트웨어 및 메뉴얼 구축 • 시제품의 시범적용 시행 : (주)에코트리코리아의 natural meat 닭가슴살 제품에 효소형 TTI 부착하여 시범 적용 시행 • 대량 생산제조시스템 구축 : 대량 생산라인 구축, 기기의 자동화, 지시계 구성 및 생산구조 단순화하여 생산 공정 개선, 사용시스템 구축 • 제품의 시범사업 시행 : (주)Pet club 제품에 효소형 TTI 적용, 적용에 따른 설문조사 및 피드백 진행 • 본 사업 측면의 지시계 제품 생산 : 대량 생산시스템을 통한 제품 생산, 생산관리 시행, 품질관리 시행, 제품 판매 및 판매 마케팅 전략 구축
	<ul style="list-style-type: none"> - 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 지시계 제품 생산 및 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> • 제품의 구성에 맞는 생산 공정 설계 : 제품구성 (커버부, 물질부, 접착부)에 따라 필요한 재료의 규격 및 보관 방법 설계 : 과거 연구 개발 하였던 prototype을 좀 더 생산에 적합하 제품으로 다시 시작품을 설계하여 원형 모양에서 사각 형태의 지시계로 제작 단가를 낮추고, 공정 단순화 : 제품의 시범업체 선정 및 제품 테스트 색변화 • 신선도 지시계 제품의 사업화를 위한 생산관리 및 품질관리 지침을 설계 : 중요관리요소 분석, 생산 공정 감사 및 생산관리 문서 지침 작성(설계) : 지시계 GI 품질 관리 (Sensor 인쇄, 제품 균일성 포장관리)
	<ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 가스 지시계 제품 생산 및 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> • 제품의 구성에 맞는 생산 공정 설계 : 제품 구성 (커버부, 물질부)에 따라 필요한 재료의 규격 및 보관 방법 설계, 생산 공정 설계도 작성, 필요한 기기 설비 구상 및 구축, 제조 시스템 확립

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		<ul style="list-style-type: none"> 패치형 CGI의 사용 시설 및 장치 관리 지침 설계 : 사업화를 위한 현장상황 반영한 flow chart 작성, CGI 적용 시 거칠 수 있는 5 단계(구매, 운송, 보관, 활성화, 폐지)로 나누어 사용 매뉴얼 제작, 색밀도를 이용한 제품의 색변화 평가 이산화탄소 가스지시계 제품의 사업화를 위한 생산관리 및 품질관리 지침을 설계 : 중요관리요소 분석, 생산 공정 감사 및 생산관리 문서 지침 작성, 실링완성도, 제품균일성, 포장관리 3단계의 모니터링 기준값 및 조치사항 설계
<p>■ 2핵심 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화 □ 1세부 : IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축</p>		
<ul style="list-style-type: none"> RFID 표준기반 식품 이동 및 온도 이력 추적 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - RFID-센서 코드체계 개발 - RFID-센서 데이터 수집 및 융합 모델 개발 - RFID-센서 융합 EPCglobal 표준 확장 모델의 핵심 컴포넌트 개발 - 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 온도, 습도, GPS 데이터 관련 RFID 센서 코드체계 개발 코드 내 각 필드의 길이가 고정된 고정형 코드 체계 설계 각 필드의 길이는 byte의 배수가 되도록 설계 저장/운송 구간에서의 데이터 수집 모델 센서 융합 EPCIS 확장 모델 온도 이력 저장 및 쿼리 기능 관련 RFID 센서 융합 EPCGlobal 표준 핵심 컴포넌트 개발 성능 모델 개발 EPCglobal 기반 이동 및 온도 이력 추적 알고리즘 개발 Supply chain modeler 개발 통합 이력 추적 사용자 인터페이스 개발
<ul style="list-style-type: none"> RFID 센서 태그 기반 유통망 최적 설계 및 분석 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - RFID-센서 태그 운영 모델 개발 - RFID 센서 태그 기반 콜드체인 시뮬레이터 개발 - 소시지 콜드체인 적용 및 최적 운영 파라미터 도출 	<ul style="list-style-type: none"> RFID 센서 태그 기반 시스템 모델러 개발 RFID 센서 태그, RFID 리더, 정보시스템 모델링 각 컴포넌트 별 사용 옵션 및 기능 정의 이클립스 플러그인 기반 GUI 개발 JAVA-DEVS 기반 콜드체인 시뮬레이터 개발 냉장 소시지 물류 적용 및 KPI 분석 RFID 센서 태그, 온도로거 비교분석 RFID 센서 태그 실증 실험을 통한 주요 연구 이슈 정리
<ul style="list-style-type: none"> 축산물 유통망 적용을 통한 모델 및 시스템 검증 	<ul style="list-style-type: none"> - 횡성 축협한우 유통망에 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 횡성 축협 한우 유통 모니터링 요구 조사 마트 및도매상납품용쇠고기유통망모델링 횡성 축협한우 유통망에 대한 RFID 센서 태그를 이용한 데이터 수집 부위별 포장 방법 조사 부위 별 유통과정 조사

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
	<p>- 표준 RFID 시스템 기반 유통망 프로세스 마이닝 기술 개발</p> <p>- 상온 노출에 따른 쇠고기 상품성 변화 모델 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 핵심 모니터링 요소 조사 • 온도 관리 미흡 구간 탐색 기법 개발 • 쇠고기 유통망 프로세스 마이닝 기법 개발 • 마트 납품용 쇠고기와 도매상 납품용 쇠고기에 대한 유통망 모델링 • 쇠고기의 이동 이력 및 온도 이력 추적 • 온도 관리 미흡 구간 탐색 • 유통망 프로세스 마이닝 기법 개발 • 육색 변화 실험
<p>■ RFID/USN 기반 센서 및 식품품질정보 통합 EPCglobal 네트워크 실용화</p>	<p>- MongoDB 기반 RFID 센서 데이터 분산 저장소를 설계하고 분산정책 설정 및 저장소 성능 검증</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 단계에 개발한 관계형 데이터베이스 기반의 EPCglobal 네트워크 솔루션 업그레이드 • 대용량 RFID, 센서 정보를 처리/저장/분석 할 수 있도록 RFID/센서 저장소를 MongoDB 기반으로 재설계 • 데이터 분산의 정도에 따라 분산 데이터베이스의 쓰기/읽기 성능을 좌우 • 고른 데이터 분산을 보장하고자 RIFD/센서 데이터 속성들의 특성 분석 후 분산 키 대안 설정 • 각 분산 키 대안에 대해 유통에서 사용되는 주요 쿼리에 대한 응답속도 실험 • 전체 쿼리의 응답 시간이 가장 짧은 최적 분산 정책 대안을 검증함 (readPoint, eventTime)
	<p>- MongoDB 기반 불량유통경로 및 식품탐색 서비스를 위한 추적 알고리즘을 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1단계에서 개발한 추적 시스템의 속도 향상을 위해 병렬 분산 처리 기술 도입
	<p>- 불량유통경로 및 식품 탐색 서비스를 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • MongoDB의 맵리듀스를 활용하여 규정 온도 위반 유통 구간 탐색 속도 향상
	<p>- 식품 품질 통합 데이터베이스 개발 (기준정보, 예측모델, 이력정보)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 식품품질 기준정보 관리 • 식품 기준 및 규격 관련 고시 또는 HACCP 등 기준정보 데이터베이스화하여 관리 • MY SQL 기반 저장 프로시저 제공(레코드 판독) • 기준정보 조회 및 입력 GUI 제공 • 식품품질 예측모델 관리 • 기존 연구 등으로 획득된 품질 예측모델(회귀식, 다항식 등)을 데이터베이스화하여 관리 • MY SQL 기반 저장 프로시저 제공(레코드 판독, 생성, 삭제) • 식품품질 예측모델 조회 및 입력 GUI 제공 • 식품품질 이력 관리 -식품의 유통과정에서 측정 또는 예측된 품질정보 저장 • MY SQL 기반 저장 프로시저 제공(레코드 판독)
<p>- RFID 센서 태그 기반 우유 유통과정에서의 온도 측정 실험 (테스트 베드)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 품질이력정보 조회 GUI 제공 • 2단계 목표인 지능형 유통 관리 시스템 	

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		<ul style="list-style-type: none"> 을 구현/테스트 하기 위한 테스트 베드 필요 • 품질기반 배송계획 최적화 모의실험을 위한 테스트 랩 구축; 대상 우유 유통
	<ul style="list-style-type: none"> - 변은 상황에서의 우유 품질 예측 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 덴마크 우유 정읍->안양/수원 지역 유통과정에 상용 RFID 센서태그(CAEN RFID A927Z) 수송차량 부착, 총 12개 지점 간 이동 및 각 지점 내부 상/하차 과정에서의 온도 측정 • 덴마크 우유 유통 데이터 (유통 경로, 온도 프로파일) 활용 테스트 랩 구축
	<ul style="list-style-type: none"> - 우유 유통 테스트 랩 및 동적 계획 시뮬레이션 모델 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 품질예측모델을 통해 도착지 품질을 예측, 도착지 요구 품질을 못 맞출 경우 동적으로 배송계획 변경 및 최적화 시뮬레이션 수행 (현재는 요구 품질만 달성 시키는 단순 모형)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 식품 품질 기반 동적 계획 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 지시계형 RFID 정보 저장 가능하도록 EPCIS 확장 	<ul style="list-style-type: none"> • 센서형 RFID 정보를 저장하는 데이터 구조를 확장하여 지시계형 RFID 정보 (PH)를 추가적으로 저장할 수 있게 함 • Extension 확장 영역에 PH 필드 추가 설계
	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 센서형 RFID 기반 품질 통합 데이터 베이스를 지시계 형 RFID 기반 품질 통합 데이터베이스 로 확장 	<ul style="list-style-type: none"> • EPCIS에 저장된 이벤트에서 필요한 정보만 추출하여 품질 통합 데이터베이스에 저장함. (정보와 대응되는 데이터베이스 테이블 필드 값으로 저장) • 실제 상용 DBMS(MySQL) 기반으로 지시계형 RFID 데이터 저장 가능한 데이터베이스 설계 및 구축 • 식품의 품질 이력 조회 기능 개발
	<ul style="list-style-type: none"> - 온도 변화에 따른 우유 품질열화 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 우유 품질 실험 데이터를 통한 품질열화 모델을 도출함. • 품질을 측정할 수 있는 다양한 식품에 대한 식품열화 기반 수리모델을 설계함.
	<ul style="list-style-type: none"> - 식품 품질 열화를 고려한 재고분배계획 시스템 구현 	<ul style="list-style-type: none"> • 고객 주문 입력 및 품질 열화 데이터를 이용한 재고분배계획 구현
	<ul style="list-style-type: none"> - RFID 센서 태그 기반 2차(중/대) 포장 최적 유통 운영 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 각 부처의 이력추적시스템 조사 및 포장 유형별로 사용될 코드(타임 바코드, 상품 코드, 제조년월일 코드, Lot No.코드),라벨링(barcode,RFID, QR-code, GSI databar) 체계를 수립
	<ul style="list-style-type: none"> - RFID/USN 융합 지시계 기반 1차(소)포장 최적 유통 운영 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 통합 식품품질안전관리 시스템 구축을 위한 각 부처 이력추적 시스템 연계 모형과 GSI 이력추적 표준 기반 각 이력추적 시스템 통합 모형 수립
<ul style="list-style-type: none"> ■ 지능형 포장 품질 모니터링 및 이력추적 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 이력추적 요구사항 조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 전 산업에 걸친 공통 이력추적 요구사항을 조사하고, 각 요구사항 별 이력추적 알고리즘 설계 (5가지)
	<ul style="list-style-type: none"> - 포장별 이력추적 알고리즘 설계 및 구현 	<ul style="list-style-type: none"> • RFID 센서 기반 2차(중/대) 포장 최적 유통 운영 모델 개발 • RFID/USN 융합 지시계 기반 1차(소)포장 최적 유통 운영 모델 개발
	<ul style="list-style-type: none"> - 벤치마크 실험을 통한 회귀분석 기반 성능모형 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 실험실에서 대용량 데이터를 발생시켜 주요 쿼리 별 응답시간 측정 후 회귀분석 수행, 데이터량에 따른 성능 모형을 개발함

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
	<ul style="list-style-type: none"> - 유통망 분석을 위한 프로세스 마이닝 기법 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 프로세스 마이닝의 ‘Conformance Checking’ 알고리즘을 이용하여 기대 유통망과 실제 유통망의 차이점 분석, 시각화를 통한 분실 및 도난 지점, 시간, 작업자 발견
	<ul style="list-style-type: none"> - 현장 요구사항 정의 	<ul style="list-style-type: none"> • IP카메라 기반의 김치 등 물류상자 인식 솔루션 개발(RFID 정보와 IP카메라 정보의 상호점검을 통한 오인식/미인식 문제 해결)
	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템 아키텍처 설계 	<ul style="list-style-type: none"> • Web기반 식품이력, 식품품질 기준 정보 • 센서형 RFID 및 지시계형 QR코드 기반 김치 식품 테스트베드 대상
	<ul style="list-style-type: none"> - 랩 테스트 및 필드 테스트를 통한 성능 검증 	<ul style="list-style-type: none"> • 김치 유통의 온도/품질 관리를 위한 현장 요구사항 조사 후 이를 만족시키는 시스템 설계 (RFID, 바코드, 지시계, 데이터베이스), 랩 테스트 및 필드 테스트를 통하여 요구사항 만족
<ul style="list-style-type: none"> ■ 통합 지능형 유통 관리 시스템 개발 및 실용화 	<ul style="list-style-type: none"> - 지능형 포장 유통 관리 시스템을 김치 유통 테스트베드에 적용하기 위한 비용 항목 도출 - 지능형 포장 유통 관리 시스템 도입에 대한 효과 항목 도출 	<ul style="list-style-type: none"> • 지능형 포장 유통 관리 시스템을 김치 유통 테스트베드에 적용하기 위한 비용 항목 도출(6가지 도출) • 지능형 포장 유통 관리 시스템 도입에 대한 효과 항목 도출(제조, 물류센터, 고개 부분 8가지 도출)
	<ul style="list-style-type: none"> - ROI 분석 도구를 이용한 비용-편익 분석 및 결과 보고서 작성 	<ul style="list-style-type: none"> • 시나리오별 제조, 물류센터 민감도 분석, ROI 제공(내부수익률, 재고비용절감, 순현재가 등)
	<ul style="list-style-type: none"> - 1단계: 센서를 통한 김치 포장의 온도 수집 및 실시간 빅데이터 처리 시스템 적용 - 2단계: 바코드 시스템 적용(QR 코드 포함) - 3단계: 완전한 김치 식품 포장 Pedigree 시스템의 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 김치 포장에 온도 센서 부착 후 스마트폰으로 온도 수집 • 대용량 처리 EPCIS를 통한 실시간 온도 정보 저장 및 처리 • 지시계형 바코드(GSI-128 또는 QR코드)를 김치 포장에 부착 • 김치 포장의 이동 및 품질 이력 EPCIS 저장 및 처리 • 김치 포장 이력 추적 앱 구현, 이력 추적 달성 • 개선사항 도출 및 개선
<ul style="list-style-type: none"> ■ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(횡성한우) 	<ul style="list-style-type: none"> • 한우, 유제품 등의 브랜드화를 위해서 식품 포장 및 제조·유통시스템 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원 연구 • 본 과제에 대한 수요기업의 요구사항 및 피드백을 수집하여 시스템 설계 및 개발에 반영 • 횡성한우를 대상으로 한 2-1세부 기술의 적용 및 2-1협동의 (주)이에스애니의 SI(시스템 통합)를 통한 시스템 구축은 횡성 한우 측의 사정으로 미진행되어 브랜드 한우(횡성한우 등)와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트를 구축 및 적용하함 • 2-1세부의 신선식품 배송시 온도 습도 관리의 안심 기술을 적용하여 2-1협동(주)이에스애니)에서 쇼핑몰 플랫폼을 설
	<ul style="list-style-type: none"> - 적용 유형별 마케팅 전략 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • STEEP분석, 시장상황분석도, SWOT 분석, 마케팅목표설정, STP 전략 수립

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
	<p>- 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(경기농협 김치)</p> <p>- 식품 포장 및 제조/유통 시스템 솔루션화(SI), 산업화</p>	<p>계합</p> <ul style="list-style-type: none"> • 경기농협에 대한 2-1세부과제의 기술과 2-1협동인 ㈜이에스애니와의 협업으로 시스템을 구축하는 연구를 진행 • 경기농협측의 사정과 제3자 물류업체(예: 쿠팡)가 시스템 구축비용과 관리를 하는 것이 비교적 영세인 생산업자에게 바람직하며 이에 따라 시스템 구축이 미진행 • 이에 과제의 1차년도에 개발한 신선식품 품질 안심 쇼핑물에 한우업체와 더불어 김치업체가 입점 할 수 있도록 하고, 이 때 대규모 생산 업자들의 입점 및 상품 거래시 물류 시스템의 안정성을 확보하기 위한 빅데이터 연구 및 개발이 진행됨 • 2-1협동인 ㈜이에스애니가 과제에서 빠짐에 따른 사업화 추진 주체의 부재에 따라서 2-1세부과제의 사업화를 과제 수행 이후 시점으로 예측하고 미국과 같이 제3자 물류회사(예: 쿠팡)에서 신선식품의 RFID 이력 추적 시스템과 신선식품의 온도, 습도의 실시간 모니터링 기술을 구매, 구축 관리하는 시기가 오면 바로 사업화를 가능하게 하기 위한 연구를 수행함 • 본 과제에서 개발한 시스템에 대한 제품화를 위한 지식을 종합화함. • 구체적으로는 김치산업을 주요 목표 시장으로 하고 본 과제에서 개발한 RFID 기반 이력 추적 시스템과 신선식품의 온도, 습도 정보의 실시간 모니터링을 위한 제품에 대해서 분석함 • 이를 위해서 김치 산업에 대한 본 과제 시스템 적용 시나리오 분석과 개발 제품의 특징점과 설계 포인트와 구축시 비용 등에 대해서도 정리함 • 또한 물류창고에서의 RFID 입출고의 도입에서의 주요한 기술적 문제중 하나인 입출고 정보의 정확도 개선과 RFID Gate 근처에서 RFID 태그를 부착한 상품과 배송자의 움직임 분석을 머신러닝을 통해서 수행함으로써 향후 물류 창고와 신선식품 물류 추적 시스템 도입이 활발하게 전개될 시점에서 적용가능한 본 과제만의 차별화된 기술을 구축함
<p>□ 2세부 : 지능형 RFID-센서 지시계의 제품/생산공정 설계</p>		
<p>■ 지능형 RFID 온도/산소 센서 개발</p>	<p>- 지능형 RFID 센서 제품 설계</p> <p>- 지능형 RFID 센서 제조 공정 설계</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 산화전극, 환원전극, 전해질의 3겹 구조 설계 • 금속판, 투명전극, 산화환원 염료 및 겔 전해질로 이루어진 자가발전형 센서 설계 • 은(Ag) 증착 고분자 필름을 산소 환원 전극으로 이용한 센서 설계 • 접착 및 전해질 코팅 공정을 이용한

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		<ul style="list-style-type: none"> 센서 제조 접착성 겔 전해질을 도입함으로써 기존 두 단계 제조 공정을 단일 공정으로 단순화
<ul style="list-style-type: none"> 농축산 식품 환경 정보 이력을 위한 NFC 온도/습도/산소 센서 태그 시제품 및 앱 제작 	<ul style="list-style-type: none"> - 지능형 RFID 센서 성능 평가 - 농축산 식품 환경 정보 이력을 위한 NFC 산소/온도 센서 태그 시제품 제작 - 농축산 식품 환경 정보 이력을 위한 NFC 산소/온도 센서 태그 앱 제작 	<ul style="list-style-type: none"> RFID 센서의 온도 및 산소 농도 의존성 측정 온도 및 산소 농도의 동적 변화에 따른 센서 전압 변화 측정 센서의 수명 측정 환경 정보 이력을 위한 NFC 온도/습도/산소 센서 태그 개발 <ul style="list-style-type: none"> : 멀티 센서 사용을 위한 태그 설계 및 인터페이스 회로 설계 환경 정보 이력을 위한 NFC 온도/습도/산소 센서 태그 제작 <ul style="list-style-type: none"> : FPCB 제작, 크기 및 경제성 고려한 태그 제작 농축산 식품 환경 정보(온도, 습도, 산소 농도) 이력을 위한 이력시스템 구축 농축산 식품 환경 정보(온도, 습도, 산소 농도) 이력을 위한 앱 개발 <ul style="list-style-type: none"> : 농식품 저장소 등의 장시간 온도/습도/산소 이력 사용
<ul style="list-style-type: none"> 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 시제품 및 앱 제작 	<ul style="list-style-type: none"> - 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 시제품 제작 - 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 앱 제작 	<ul style="list-style-type: none"> 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 개발 <ul style="list-style-type: none"> : 자가발전형 온도 센서와 태그 인터페이스 회로 설계 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 제작 <ul style="list-style-type: none"> : FPCB 제작, 크기 및 경제성 고려한 태그 제작 농축산 식품 유통 및 배송 과정의 간단한 온도 이력을 위한 이력시스템 구축 농축산 식품의 간단한 온도 이력을 위한 앱 개발 <ul style="list-style-type: none"> : 농축산 식품 유통 및 배송 과정의 단시간 온도 이력 사용
<p>□ 1협동 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 하드웨어 제조 공정 설계 및 제품화 	<ul style="list-style-type: none"> - 지능형 RFID-센서 지시계 라벨태그 제품 플랫폼 - 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 제품 플랫폼 - 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 상품화의 추진 방법 및 추진체계 	<ul style="list-style-type: none"> 라벨태그 제품 제조 시설 구축을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축 라벨태그 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축 PCB 태그 제품 제조 시설 구축을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축 PCB 태그 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축 라벨태그 시제품의 각 요소별 제품화 PCB 태그 시제품의 각 요소별 제품화
<ul style="list-style-type: none"> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 사용 시스템 설계 및 시제품의 시범사업 	<ul style="list-style-type: none"> - 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 및 이를 이용한 모니터링 사용 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> NFC기반 센서 지시계 개발 전하량 측정을 이용한 지능형 RFID-센서 지시계 태그 설계 온도이력을 위한 스마트폰 앱 개발

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
	- 지능형 RFID-센서 지시계 태그 제품 유통 관련 현장에 시범사업	• 식품 제조 유통관련 현장에 구축 및 적용
<ul style="list-style-type: none"> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업 	- 지능형 농식품 포장 유통 시스템에 기반한 쇼핑물 개발	<ul style="list-style-type: none"> 안심온도이력 기반의 b2b 쇼핑물 시작품 개발 html5기반의 반응형 웹으로 개발 개발언어 : JAVA ,JDK 1.8 미들웨어 : TOMCAT 8.0 DBMS(데이터베이스 시스템) : MYSQL
	<ul style="list-style-type: none"> 브랜드 김치 쇼핑물 확장을 위한 설계/적용 추진 빅데이터 기반의 저장소와 쇼핑물을 연계하는 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 브랜드 한우 및 김치를 위한 안심온도이력 기반의 b2b 쇼핑물 시작품 개발 2-1세의 빅데이터 기반의 온도, 습도 센서값의 저장 DB 연계기술 개발
<p>■ 3핵심 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화</p> <p>□ 1세부 : 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 신선 농산물 포장 설계 및 active 포장소재 개발 	- 신선 농산물의 호흡특성 정보의 데이터베이스 구축	• 문헌조사를 통해 과일 채소의 호흡특성에 대한 정보를 수집 및 자료를 분석하여 체계적으로 호흡모델에 따라 데이터베이스화하고, 일부 품목은 측정하여 보강
	- 포장/용기 시스템의 기체투과이동특성 모델링	<ul style="list-style-type: none"> 용기 포장 시스템의 내부 기체조성에 대한 computer 모델링화 기체투과제어의 여러 공학적 변수 분석 및 이의 현실적 구현
	- 실용적 신선 농산물 포장 설계 기술 개발(농산물에 따른 포장 기체 조성 맞춤 및 스마트 폰 application 개발)	• 신선 농산물의 품목 및 저장조건에 따른 적정 기체조성을 얻을 수 있는 기체 제어 포장 설계용 스마트 폰 application 개발 및 공개
	- 품목별 마스터 포장실험 및 현장 적용	<ul style="list-style-type: none"> 밤, 딸기, 큰느타리버섯, 복숭아에 대해서 1차/2차 포장 연계하는 마스터 포장시스템의 실험적 구현 생표고버섯에 대해서 1차/2차 연계포장시스템을 생산 농가에서 일반 판매처까지 보관 및 유통단계를 거치는 현장 조건에서 구현
<ul style="list-style-type: none"> 기체제어 신선 농산물 용기 시스템 개발 	- 시간제어식 재사용 농산물 용기 시스템 개발	• 개폐식 밸브를 시간적으로 제어하는 재사용 포장 시스템의 개념 설정 및 시작품 제작
	- 능동적 기체이동 기작의 발굴과 개선 및 지능형 포장용기 시스템의 적용	• 농산물 용기에서 시간제어형 통기구의 능동적 기체이동 기작의 발굴과 개선

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
	- MA를 형성하는 간이형 신선 농산물 용기 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 개발 지능형 포장용기 시스템의 시급치 및 팽이버섯에서의 적용성 확인 • 보편적 냉장고 사용환경에 적용가능한 감압/CO₂ 주입/통기수 개폐의 기작을 개발하고 기체조성과 농산물 품질에서 실험적으로 확인함
	- 기체농도 감지 제어식 농산물 용기 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 재사용 농산물 포장용기에서 내부 기체조성을 실시간으로 산소 및 이산화탄소 센서로 감지하여 자동제어하는 algorithm과 시제품의 제작 개발
	- 산소지시계를 사용한 실시간 호흡 반응형 기체제어 신선 농산물 용기포장의 구현	<ul style="list-style-type: none"> • 시간에 따라 변하는 호흡에 대응하여 최적의 MA를 형성하는 농산물 용기시스템을 산소 센서를 이용한 통기구의 개폐 제어시스템을 개발 • 온도 변이 조건에서 적용하는 산소 지시계 사용 통기구 개폐 제어의 농산물 용기 포장 시스템을 개발
<ul style="list-style-type: none"> ■ 기체제어 발효식품(김치) 용기·포장 시스템 개발 	- 유통조건에서 포장 김치의 품질변화 예측모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 동적온도의 유통조건에서 포장 김치의 품질변화 예측모델 개발 • 광범위한 김치 문헌으로부터 보편적으로 적용되는 총산변화 모델 parameter를 확립
	- 김치포장에서 이산화탄소 흡수제의 적정 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 이산화탄소 흡수제 함유 김치 포장에서 이산화탄소 조성을 예측할 수 있는 모델을 개발하고, 이산화탄소 흡수제의 특성과 김치의 발효특성을 결합하여 적정 이산화탄소 농도를 유지할 수 있는 시스템으로 구축을 시도 • 이산화탄소 농도의 시간적 제어가 가능한 물리적 흡수제 조건을 제시
	- 기체제어에 따른 김치의 저장성 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 진공, 질소, 이산화탄소 치환 김치포장의 발효 속도 및 이산화탄소 생산속도를 측정평가하고, 고이산화탄소 농도 포장 및 산소제거 포장의 긍정적 효과를 확인
	- 고이산화탄소 농도 제어 김치 용기포장의 개발 및 운전방법 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 시간적 프로그램에 따른 배기와 이산화탄소 유입의 동기화를 통한 고이산화탄소 김치 용기시스템의 개발 및 효과 확인 • 진공 및 이산화탄소 유입을 시간적으로 제어하여 이산화탄소 농도를 일정수준 이상으로 유지하는 용기 시스템의 개념을 개발
<ul style="list-style-type: none"> ■ 농식품 포장용기 시제품 제작 	- 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 기체 입출부, 연결부, 조작부 개선을 위해 기본 자료 조사와 필요시 밸브 구조에 따른 성능 확인 • 진공/이산화탄소 주입 알고리즘 개선을 위해 물이 포함된 용기와 김치가 포함된 용기로 구분하여 이산화탄소 용해도 확인 • 고이산화탄소 농도 조건하에서 김치의 저장성 및 관능성 향상 효과 검증

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
	<ul style="list-style-type: none"> - 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어작동방법 개선 	<ul style="list-style-type: none"> •아파트 빌트인 또는 급외식 업소에 장착된 김치 용기의 현장 테스트 통한 문제점 보완 및 개선 •아파트 빌트인 또는 급외식 업소 냉장고 장착을 위한 설치/운전 지침 설계 및 사용 매뉴얼 설계 •저장 중 전체 운전 알고리즘 확립 및 제품의 품질평가(기체조성, 관능적 평가 등)
	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질 보존 효과 평가 	<ul style="list-style-type: none"> •현장 조건(급외식 업소 및 교내식 업소 등)에 적용된 이산화탄소 치환 용기 시스템 제품의 성능에 대해 실험조건에서의 성능과 비교 분석 •현장에 적용된 이산화탄소 치환 용기 시스템의 성능을 사용자의 행동패턴에 맞추어 성능 확인 •사용자의 행동패턴을 고려한 알고리즘과 동작모드 수정 보완 •용기 시스템의 활용범위 확대에 다양한 식품에 대한 가스치환 가능성 여부 확인
<ul style="list-style-type: none"> ■ 맞춤형 김치 포장 설계 프로그램 	<ul style="list-style-type: none"> - 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립 - 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용 - 김치 포장에서 생성물질의 농도와 숙성도 상관관계 규명 - 이산화탄소 흡수제 내장용 김치 포장에서 숙성도 표시 지시계와 품질변화 상관관계 파악 - 보조연구: 농산물 MAP 포장설계 app. 	<ul style="list-style-type: none"> •저장온도와 김치 용량, 김치 포장형태에 따른 이산화탄소 흡수제 조건 최적화 •체계화된 맞춤형 김치 포장설계 프로그램을 김치업체에 소개하고, 희망업체 제품에 적용하여 시장에서 활용도 점검 •이산화탄소 흡수제 조건에 따른 김치 포장 내 이산화탄소 농도와 pH/산도의 상관관계 분석 •CO₂ 농도와 숙성도 상호 관련성 모델 •숙성도 표시 지시계를 활용하여 조건별 지시계의 색변화에 따른 김치의 품질 특성 확인 및 실용화 정보 제공 •12개 품목에 대한 호흡 model parameter를 정리 분석 및 기존 데이터베이스 업데이트 •㈜위운기술에 탑재와 관련하여 기술이전 실시 및 프로그램 활용도를 위한 홍보 진행
□ 1협동 : 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 다기능성 나노복합필름의 개발의 요소기술 확립 	<ul style="list-style-type: none"> - 생고분자 및 기능성 나노충진제를 이용한 다기능성 나노복합필름의 제조 	<ul style="list-style-type: none"> •생고분자 소재 (아가, 카라기난, 젤라틴 등)와 나노충진제 (나노메탈, nanoclay, 결정형 nanocellulose 등)의 복합필름 성형능력 및 제조방법 검토 •친환경 가소제를 사용한 nanocomposite 필름의 제조 및 물성 측정 •Nanocomposite 필름 포장재의 제조 및 구조 분석: FE-SEM, XRD, DSC, TGA 등 •Nanocomposite 필름 포장재의 기계적 특성 및 차단성 평가: 인장특성, 광학특성, 수분투과도, 기체투과도 등 •Nanocomposite 필름 포장재의 기능특성 조사: 항균성, 항산화성, 자외선 차단성,

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		방담성, 가스 흡착성, 가스 방출성 등 • 생고분자 소재 다기능성 나노복합필름의 제조 건조 필름, 하이드로겔 형 패드형(활성 포장용)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 나노충진제의 생산기술 확립 	- Green method를 이용한 나노충진제의 제조방법 개발 및 산업화를 위한 대량생산 방법 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 나노충진제: metallic, bimetallic, metallic oxide (silver, gold, ZnO, CuO, TiO₂); non-metallic 나노충진제 (chitin nanowhisiker, cellulose nanocrystals) • Green method를 이용한 나노충진제의 대량생산 방법 확립 • 나노충진제의 characterization: UV/vis spectroscopy, XRD, SEM, TEM, FT-IR • 나노충진제의 surface modification • 나노충진제의 바이오폴리머 및 바이오 플라스틱과의 필름 성형성 및 compatibility 조사
<ul style="list-style-type: none"> ■ 다기능 나노복합 식품포장재의 제조기술 확립 	- 생분해성 플라스틱을 기재로 사용하여 범용성의 다기능성 나노복합필름 제조	<ul style="list-style-type: none"> • 선발 소재를 사용한 최적 nanocomposite 포장재 제조방법 개발: solvent casting, melt-intercalation, extrusion blowing 등 • 항균성 nanocomposite 포장재 제조: ZnO, CuNPs, GSE 함유 포장재 • 폴리머 기재로서 천연 생고분자 외에 생분해성 플라스틱을 이용한 나노복합 필름 제조: PLA, PBAT 등 • Nanocomposite 포장재의 제조 및 구조 분석: FE-SEM, XRD, DSC, TGA 등 • Nanocomposite 필름코팅 종이 포장재의 제조 및 성능평가: 수분저항성, 기체 차단성 등 • 항균성 nanocomposite 포장재의 항균특성 평가: 대표적인 Gram+ 및 Gram- 식중독균에 대한 정성적 평가 (agar diffusion법) 및 정량적 평가 (total colony count법) • 항산화성 nanocomposite 포장재의 항산화특성 평가: DPPH, ABTS 라디칼 소거능 • 식품포장 응용: 유지함유식품에 대한 적용 저장 식품의 산패방지 효과 검증 (산가, 과산화물가 측정)
<ul style="list-style-type: none"> ■ 개발 필름의 산업화 연구 	- 필름의 배합비 결정 매스터 배치 제조 extrusion 방법에 의한 필름의 제조	<ul style="list-style-type: none"> • PLA, PBAT, ZnO, GSE, SNP 등을 일정한 배합비로 blending - twin screw extruder 사용 • 결정된 배합비에 따라 외부업체에 의뢰하여 매스터배치 제조 • 매스터배치를 사용하여 extrusion blowing 방법으로 필름 제조 • 필름의 characterization (SEM, FTIR, XRD, TGA 등) 및 물성 측정 (광학 특성, 투광도, 투습도, 인장강도, 연신율 등)

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
□ 2협동 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 시작품의 제조 시스템 하드웨어 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 공급 및 진공 오퍼레이션 장착 킷(Valve)제작 	<ul style="list-style-type: none"> • 이산화탄소실린더 밸브는 AC220V로 제어하는 솔레노이드 밸브로서 AC220V를 안정적으로 인가해야 동작함으로 무접점 릴레이를 장착하여 안정적으로 동작할 수 있도록 하였음 • 진공오퍼레이션은 DC3.3V 모터를 통해 진공을 생성되는 원리로 포토커플러를 통해 절연처리 뿐만 아니라 안정적으로 동작할 수 있도록 하였음
	<ul style="list-style-type: none"> - 스텐레스 케이스 전용 플라스틱 밀폐용기 덮개 제작 	<ul style="list-style-type: none"> • 실제 상용화 단계 전 시작품 제작을 하여 기존 10리터급 김치용기에 대응하도록 하였고, 단순화된 체크밸브 교체로 인해 미관의 우수성과 사이즈가 컴팩트함으로서 김치냉장고 내부 설계가 용이 • 교체된 체크밸브로 인해 진공오퍼레이션이 필요 없으므로 생산성 증대와 가격적인 측면이 우수
	<ul style="list-style-type: none"> - 서랍식 냉장고 슬라이드 On/Off 방식 구조물 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 호스방식 기체 공급으로 사용했으나 사용자의 불편함 요소를 제거하여 슬라이드 방식으로 김치통을 넣어 별도 호스가 없이 내부 구조 일체화시켜 사용자 편리성 증대 기여 • 밸브 선택 중요성 증대
<ul style="list-style-type: none"> ■ 시작품의 제조 시스템 소프트웨어 구축 	<ul style="list-style-type: none"> - 케이스 3ch 용 컨트롤 방식 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 방식은 1개의 실린더를 제어할 수 있었으나, 김치냉장고 설계에서 3개의 김치용기가 부착됨으로 3개의 김치용기를 개별제어가 아닌 동시 제어를 할수 있도록 함 • 그에 관련 용량이 큰 릴레이 교체와 시간 동기화가 맞도록 펌웨어 수정하여 적용
	<ul style="list-style-type: none"> - Main Chipset, 통신방식, I/O 제어 및 사용전력 확인 	<ul style="list-style-type: none"> • 전자부 상용화 개발을 진행하여 전원부 및 통신부의 모든 파트에 절연처리로 의한 안정화에 기여 • 통신은 유/무선으로 제어가 가능하여 IoT 기능을 살렸으며, 실제 스마트홈 디바이스와 호환이 가능 • 입력전압은 AC220V로 일체형 SMPS 채용으로 DC12V, DC5V, DC3.3V 정전압 출력 설계 진행
	<ul style="list-style-type: none"> - 냉장고 기본 시스템(컴프레서, 냉각기 등)과 호환성 안정화 증대 	<ul style="list-style-type: none"> • 김치냉장고는 윗칸 3개, 아랫칸 2개의 김치용기를 사용함으로서 총 50리터 소형 김치냉장고를 설계하였음 • 현재 50리터용 컴프레서 및 냉각기는 시중에 나오지 않아 별도 개발이 필요하며, 현재 전문가를 통해 설계 진행중이며 2차년도에 적용할 수 있도록 함
<ul style="list-style-type: none"> ■ 기능성 포장재의 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> - 감자 녹변 방지 필름의 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> • 3개 수요처 감자 활용 경희대학교 테스트 진행 • 테스트 진행 결과 수요처 공유 및 feedback • 1개 수요처 견적 제공 및 신규 개발 포장재 교체
	<ul style="list-style-type: none"> - 조각과일 용기용 필름 포장재 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> • 조각과일 탑실링용 PET합지 필름의 내

연구개발 내용	연구개발 수행내용	연구개발 수행방법 (이론적·실험적 접근방법)
		지로 사용되는 리드지 필름 포장재 적용 •안성농협 조각과일용 PET 용기 리드 필름 사업화

3-2. 인력양성 프로그램

3-2-1. 석박사 과정생을 위한 인력 양성 계획

- 창조적 지능형 농식품 포장 전문 인력 양성을 위하여 아래의 그림과 같이 3대 핵심 정책과제를 선정하여 전문인력을 양성한다.



▣ 창의적 자기주도적 기업형 인재 양성 프로그램

- 석·박사 과정 학생들에 대하여 실질적으로 현장에 적용할 수 있는 교육과정인 Capstone Design (창의적 종합설계) 프로그램을 제공하여 지능형 농식품 포장의 단계 별 기술요소에 대한 전문가를 양성한다.



- Capstone Design 교육과정을 통해, 최종적인 설계 과제를 학생들이 직접 수행하면서 제품의 개발에서 부터 생산까지의 과정을 이해할 수 있도록 학생들이 산업체에서 실제 필요로 하는 기술을 학생 스스로 설계, 제작, 평가하여 창의성, 실무능력, 팀워크 능력, 리더십 등의 능력을 갖도록 한다.
- 본 과제 참여 단과대학인 바이오시스템 대학, 이과대학 및 공과대학의 교수진과 산업체 연구진과의 코티칭을 활성화하는 Capstone Design 프로그램 과정을 운영하고, 이를 통해 석·박사 과정 학생들의 연구 능력 및 현장 적용능력을 강화하였다.
- 산학연 참여기관 전문가가 모인 핵심 세부과제별 Capstone Design 교육과정 운영위원회를 구성하고, 1년

2회의 정기적인 세부과제별 공동세미나 개최를 통해 농식품 관리, 포장, 유통 등에 대한 통합적 교육을 제 공하였다. 지능형 농식품 포장 전문인력양성 교육프로그램의 구체적인 내용은 다음과 같다.

교육 목표

본 프로그램의 교육목표는 캡스톤디자인(창의적 종합 설계)를 통한 지능형농식품포장 신 산업 분야의 전문인력 양성에 있다. 센터 과제 수행을 통하여 습득한 지능형농식품포장에 관한 이론 및 기술을 바탕으로 자기주도적으로 현장에서 가능한 문제를 도출하고 해결하 는 능력을 갖출 수 있도록 교육한다.

교육 주체

교육프로그램의 학생은 센터 과제 수행을 담당하는 대학원생(석사, 박사)을 대상으로 한 다. 교수진은 역시 센터 과제 수행을 담당하는 교수로 구성된다. 학생들은 1인당 1과제 참 여함을 원칙으로 하며, 지도교수는 2인 이상일 수 있으나 책임 지도교수 1인을 지정한다. 기업연계 교육의 경우, 센터 과제 수행 관련 기업체 관계자(멘토지도위원)를 1인 지정한다.

교과 과정표

교수명(소속)	담당 과목	매년 개설 시기
이승주(동국대) 홍광원(동국대) 정승원(동국대) 김기혁(우송대)	TTI 농식품 포장 및 센서형 TTI 개발	1학기(1월-6월)
신한승(동국대) 원기훈(동국대) 이재영(동국대) 고상훈(세종대)	가스지시계 농식품 포장 및 센서형 가스지시계 개발	1학기(1월-6월)
엄기환(동국대)	RFID와 센서형 지시계 융합 최적화	1학기(1월-6월)
이종태(동국대) 이용한(동국대)	RFID/USN융합 센서형 지시계 기반 식품 품질 모니터링 및 지능형 식품유통 관리 시스템 개발	2학기(7월-12월)
임종환(목포대)	식품반응공학 (신개념 농식품 포장재 개발: 천연항균/항산화제 의 열안정성 조사 및 이를 이용한 포장필름 개 발)	2학기(7월-12월)
이동선(경남대)	식품생명공학연구지도 (신개념 농식품 용기·포장 시스템 개발)	2학기(9월-12월)

교과 운영

교육은 6개월을 단위로 이루어지며 매주 1회 학생과 교수와의 만남을 통하여 캡스톤디자 인의 주제 선정, 지도, 중간보고, 최종보고를 수행한다. 최종보고는 기말에 학생 팀별 보고 서의 제출과 구두 발표로 수행된다. Capstone design 수행팀은 본 센터의 목적이 달성될 수 있도록 센터에서 정한 기간에 강의계획서를 제출하고 계획서에 준하여 교과를 성실히

운영한다.

Capstone design 수행팀 의무 사항

센터 사무국은 다음 각 호에 해당하는 의무사항에 관하여 정기적으로 점검하며, capstone design 수행팀(이하 수행팀)은 각 호에 해당하는 의무사항을 성실히 수행하여야 한다.

1. 수행팀 학생은 당 센터 사업기간 내 재학생으로 반드시 capstone design 교육프로그램을 이수하여야 한다.
2. 수행팀은 센터가 정한 기간에 최종보고서 및 결과물을 센터 사무국에 제출하여야 한다.
3. 수행팀은 센터가 개최하는 각종 행사(세미나 및 작품전시회)에 반드시 참가하여야 한다.
4. 수행팀은 센터가 정한 연차별로 정해지는 운영계획에 의거하여 교과를 성실히 운영하여야 한다.

지도교수의 의무 사항

지도교수는 원칙적으로 센터 사업에 참여하는 책임연구원 이상으로 정하며, 지도교수는 각 호에 해당하는 의무사항을 성실히 수행한다.

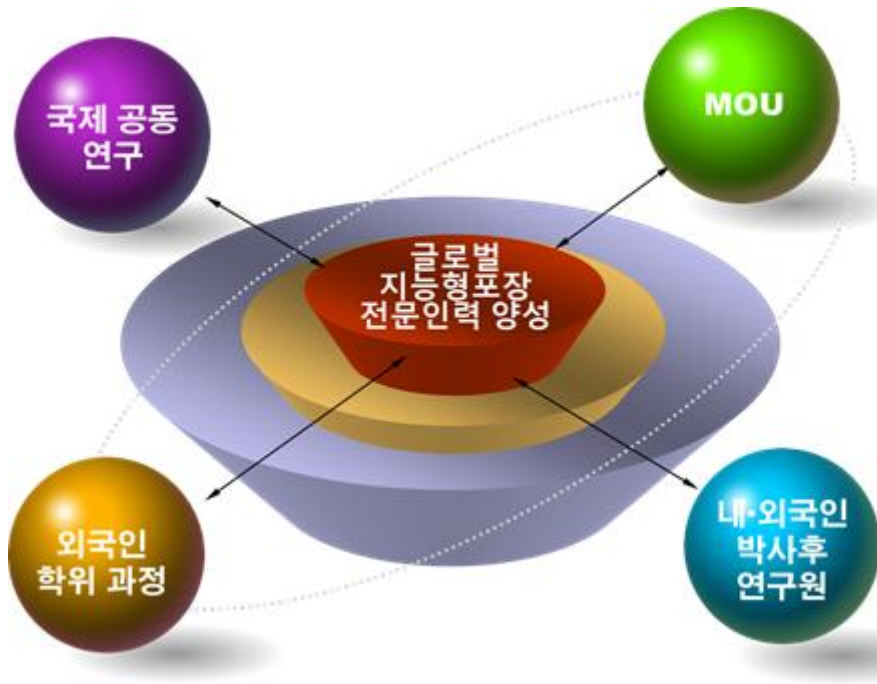
1. capstone design 수행팀(이하 수행팀)의 과제제안에 대한 자문 및 과제의 전반적 진행지도
2. 기술적인 문제 해결방법에 대한 조언
3. capstone design 운영과 관련된 연구비의 효율적인 집행 지도
4. 기업 연계과제 발굴

결과물의 저작권

캡스톤디자인 활동으로 얻어진 결과물의 저작권 등의 권리는 센터의 사업기간 동안에는 원칙적으로 센터와 캡스톤디자인 수행팀에 있으며, 단 그 사용권은 센터와 과제 수행팀이 공유한다. 이외의 모든 저작권과 관련된 세부사항은 동국대학교 지적재산권보호법 및 저작권 규정에 따른다.

■ 글로벌화 프로그램

- 아직 세계적으로 도입기에 있는 지능형 포장 기술을 국외 전문가 및 우수 대학(연구소)와 공유하여 글로벌 지능형 농식품 포장 전문 연구 인력을 양성하였다.
- 본 기술에 대외 인지도가 높은 국외 기관과 MOU를 체결하고 국제 공동 연구를 수행하였다. 이를 통하여 본 센터의 우수함에 대한 인지도를 해외에 알려서 앞으로 창출될 산업화에 있어서 세계적인 거점을 확보하고자 하였다. 또한 본 센터에서 양성된 전문 인력의 해외 진출의 기반을 구축하였다.
- 국제 학위과정을 통하여 외국인 전문 인력을 양성함으로써 국제적으로 역시 산업화의 거점을 마련하였다. 또한 국내 전문 인력과 교류를 통하여 미래에 산업화의 국제화 및 인력 진출에 기반을 마련하였다.
- 우수한 외국인 박사후 연구원을 유치하여 본 기술의 수준을 국제적으로 우위를 갖도록 하였다. 이를 통하여 본 센터의 참여 연구생들의 연구 역량을 높이는 데 기여토록 하였다.



▣ 산업계 진출을 위한 환경 조성 프로그램

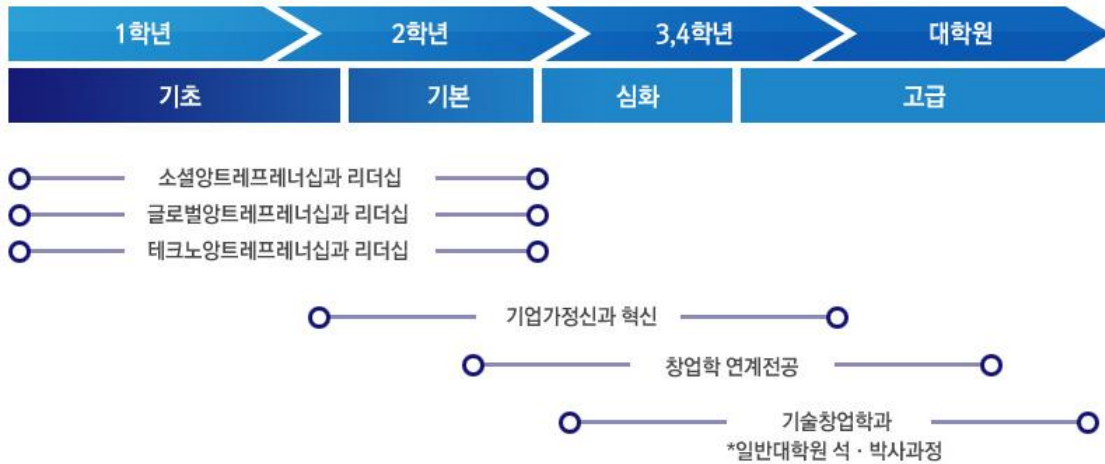
- 기술지식(Technology)과 경영능력(Business management)을 함께 갖춘 지능형 농식품 포장 전문인력이 산업계에 진출할 수 있도록 환경을 조성하였다.



- 산업계 맞춤형 인력양성을 위하여 관련 기업체 종사자들과 협력연구, 워크샵, 산학협력 심포지엄 및 설명회 개최를 통하여 교육의 기회를 제공하였다.
- 산업계 맞춤형 인력양성을 위하여 관련 기업들과 시범사업을 실시하였다.
- 학술대회, 심포지엄, 세미나를 개최하여 지능형 농식품 포장 관련 신 기술을 홍보하였다.
- 언론매체를 활용하여 지능형 농식품 포장 관련 신 기술을 홍보하였다.
- 창업지원 : 『동국대학교 창업지원단』과 연계하여 다양한 프로그램을 제공
 - 연구원 창업강좌 : 기업가 정신을 바탕으로 비즈니스 역량과 기술적 역량을 모두 갖춘 통합적 핵심 창업인재 양성
 - ▷ 강좌 신청 : 매 학기 수강신청 시스템을 통하여 신청
 - ▷ 창업강좌 운영 3대 목표

	추진전략	추진성과
①창업인식 전환	- 대학전체차원의 기업가정신 함양 - 창업문화 조성을 통한 인식 전환	- 저학년 교양필수 '앙트레프레너십' 창업교과 편성 - 사이버강좌 개설로 접근성 강화
②실무 현장중심사고력 배양	- 프로젝트 기반의 창업학습 강화 - 산업현장 맞춤형 창의인재 양성	- 창업 경험을 보유한 실전형 전문가 특강 진행 - 현장견학, 팀프로젝트 등 실습 확대
③창업역량내재화	- 창업과정 시뮬레이션 시스템 구축 - 창업 유관기관 간 유기적 연계	- 우수수료생 후속지원(프로그램 연계) - 대학원 창업교육 지도자 과정 개설

▷ 창업강좌 단계별 체계도



- 연구원 CEO 육성 사업 : 청년 CEO를 꿈꾸는 연구원들을 대상으로, 다양한 강좌와 실무 중심의 프로그램을 제공하여 새로운 일자리 창출 및 확산

▷ 지원 내용 : 창업교육 역량 및 인프라를 보유하고 있는 동국대학교의 인력·공간·장비 등을 활용하여 고급인력의 실전형 창업교육 지원

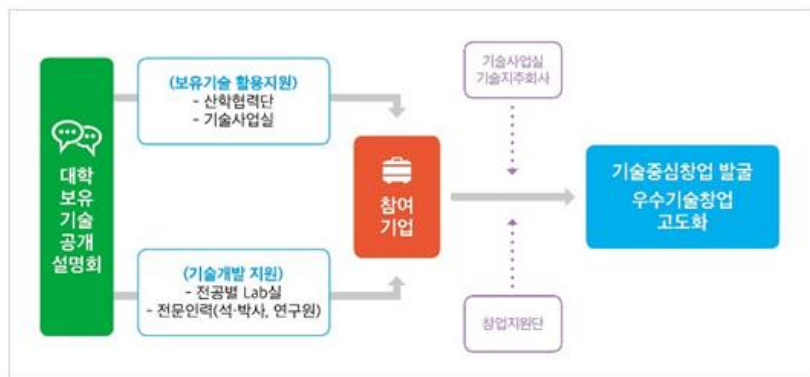
: 아이템 발굴부터 투자유치용 사업계획서 작성의 전(全)과정을 수행하고 내·외부 전문가로부터 평가받는 기회(수료식)를 제공하는 등 실전중심의 CEO 양성 교육과정 개설·운영

- 기술사업화 : 지능형 농식품 포장 전문인력의 창업생태계 유입을 통한 하이테크 (high-tech) 창업 확대 지원

▷ 지원 대상 : 센터 보유 특허기술을 기반으로 창업을 희망하는 연구원

▷ 지원 내용 : 교육 및 멘토링, 지원금(동국대학교 기술사업화 지원금 활용), 사후관리

▷ 프로세스



3-2-2. 기타 인력에 대한 양성지원 계획

□ 국내·외 학회 연계 ‘지능형 농식품 포장’ 전문인력 양성 프로그램

- 국내·외 학회에 참가하는 ‘지능형 농식품 포장’ 연구자 및 관련업계 종사자들을 대상으로 강의 및 실습(virtual Experiments)을 통하여 교육·홍보를 실시한다.

▷ 국내 대상 학회 : 한국식품과학회, 한국산업식품공학회, 한국포장학회

▷ 국외 대상 학회 : IFT(Institute of Food Technologist), SLIM(Self Life International Meeting)

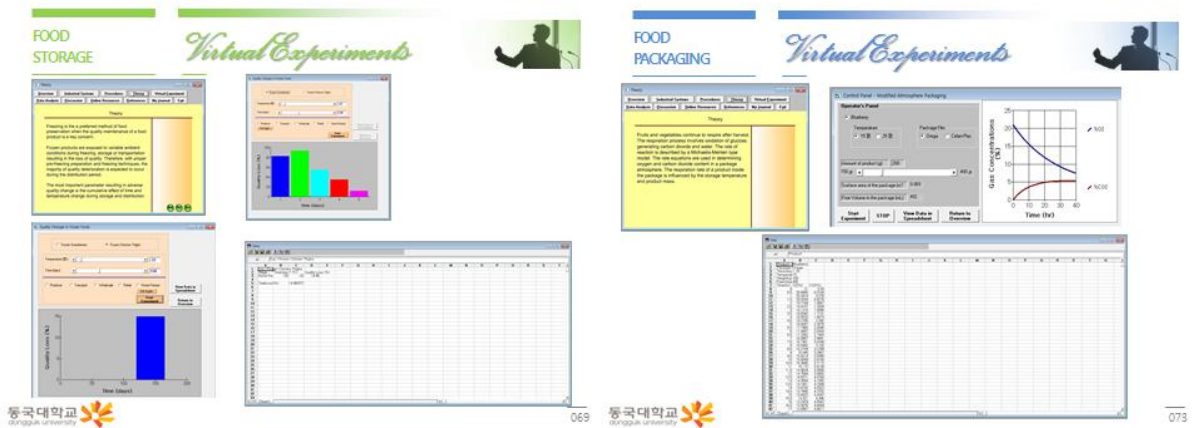
▷ 교육 대상 : 모든 학회 참가자

▷ 교육 프로그램

강의 : Food Storage, Food Packaging

Virtual Experiments : Shelf Life Testing Methodology and Data Analysis

▷ 프로그램 재원 : ‘지능형 농식품 포장연구센터’의 직접비 내, ‘과제추진비’

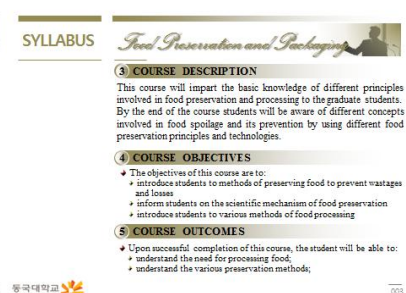


□ 주관기관(동국대학교) 대학교육 연계 강좌 실시

- 주관기관 대학교육과 연계하여 매년, ‘지능형 농식품 포장’ 관련 강좌를 개설하여 학부 및 대학원 학생들을 대상으로 강의 및 실습(virtual Experiments)을 통하여 교육·홍보를 실시한다.

▷ 개설 강좌 : 식품저장포장학(학수번호 : F007029-01, 담당교수 : 정승원)

강의 : Food Preservation & Packaging



1. Introduction



Food Preservation

- Food preservation is the process of treating and handling food in such a way as to stop or greatly slow down spoilage to prevent foodborne illness and extend its shelf-life.
- Food processing methods that are used to preserve foods include:
 - Refrigeration and freezing
 - Canning
 - Irradiation
 - Dehydration
 - Freeze-drying
 - Pickling
 - Pasteurizing
 - Fermentation
- Food preservation involves the use of particular methods to make food last longer.
 - changing raw products into more stable forms that can be stored for longer periods of time.
 - allows any food to be available any time of the year in any area of the world.

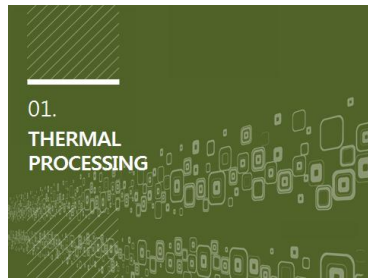


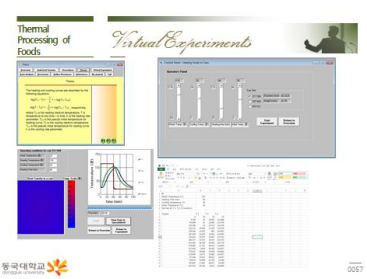
Food Packages


- Packages can be defined as a method to protect and contain foods with the aim of minimizing the environmental impact of our consumption.
- How a food is packaged also influences its shelf life.
- It is also important that foods are handled properly by the consumer at home.
 - Check "Use By" or expiration dates.
 - Follow storage or preparation instructions.
- The four main functions of a package:
 - Contain
 - Protect/Preserve
 - "Protect" refers to the prevention of physical damage. Specifics on what will cause loss of value (damage) must be known.
 - "Preserve" refers to stopping or inhibiting chemical and biological change and to the extension of food shelf life beyond the product's natural life or the maintenance of sterility in food or medical products.
 - Transport
 - Inform/Sell

2. Thermal Processing of Foods

- Virtual Experiments




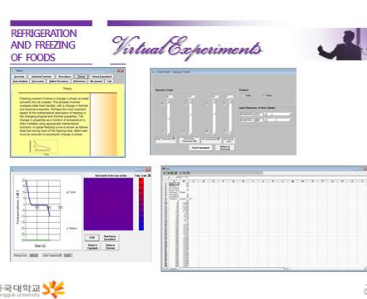


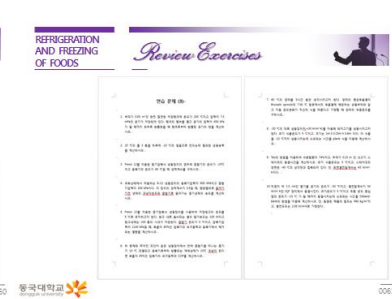


3. Refrigeration and Freezing of Foods

- Virtual Experiments






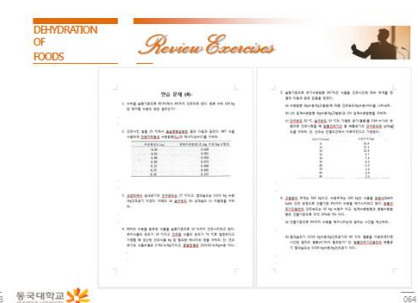


4. Dehydration of Foods

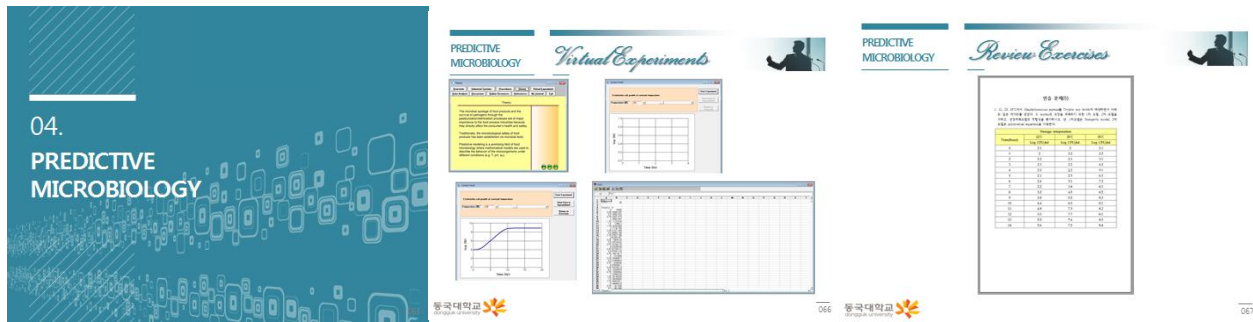
- Virtual Experiments



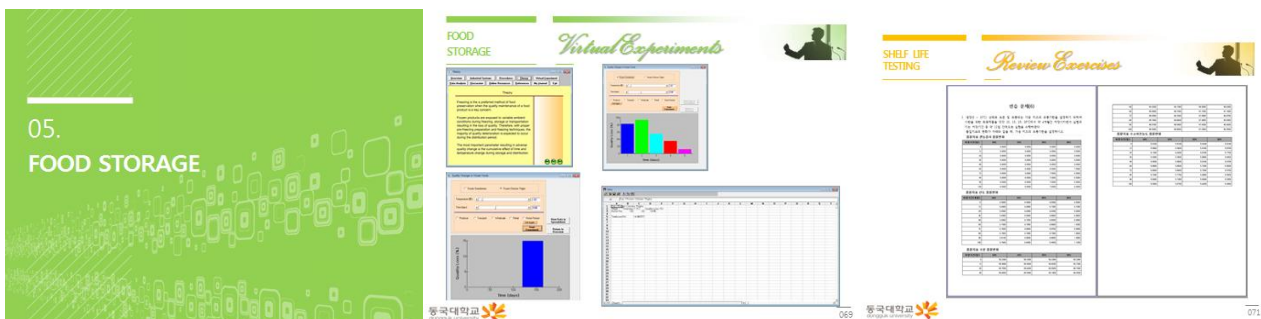




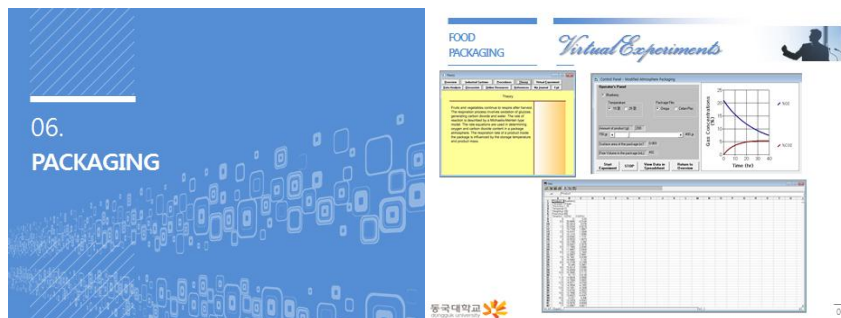
5. Predictive Microbiology
- Virtual Experiments



6. Food Storage & Determination of Shelf Life
- Virtual Experiments



7. Food Packaging
- Virtual Experiments



- ‘지능형 농식품 포장 신기술’ 정기 세미나 프로그램
 - 본 센터에서 추진 중인 모든 과제들에 대하여 2개월에 1회씩 정기 세미나를 개최하여 다양하면서도 전문적인 교육을 실시한다.
- 세부과제별 상호인력교류 프로그램
 - 각 핵심과제별, 세부과제별 소속 석·박사과정생을 서로 교류하여 교육시킴으로서의 전반적인 ‘지능형 농식품 포장 기술’을 이해시키고 함양시킨다.
- 국외 학회, 워크숍, 세미나 참가지원 프로그램

- 참여 석·박사과정생들의 폭넓은 지식의 함양을 위하여 국외에서 개최되는 학회, 워크숍, 세미나 등에 참가하는 것을 지원하도록 한다.

□ 공용기기교육 프로그램

- 센터에서 보유하는 고가의 첨단 공용기기에 대해서 필요할 때 마다 수시로 기기교육을 실시하여 원활하게 연구할 수 있도록 한다.

□ 동국대 산하센터 교육 프로그램 활용

- 동국대학교 산하의 기능성바이오콜로이드연구센터 및 생명공학연구센터에서 실시하는 심포지엄, 세미나, 기기교육 등의 교육 프로그램을 충분히 활용하여 가능한 센터간의 협동교육을 강화하도록 한다.

4. 센터 운영 성과(1·2·3단계)

4-1. 핵심기술개발 성과 및 활용성과

가. 사업수행실적 총괄

(1) 정량적 성과(총괄)

성과지표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과		인력양성			정책활용·홍보		기타	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용		홍보전시
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	10	10	-	20	20	-	-	-	-	-	-			5	10	10	10	-	5	-
최종목표	35	36	-	16	42	6	70	-	6	-	7	132	27	51	103	31	28	-	17	-
1단계	목표	0	8	-	0	0	0	-	0	-	0	57	0	14	34	10	0	-	2	-
	실적	28	5	-	0	0	0	-	0	-	0	67	8	33	75	10	38	-	1	-
2단계	목표	17	19	-	8	0	0	-	0	-	1	59	24	26	45	13	0	-	6	-
	실적	19	21	-	8	46.5	1	3	-	0	-	89	22	60	78	21	50	-	11	-
3단계	목표	18	9	-	8	42	6	70	-	6	-	16	3	11	24	8	28	-	9	-
	실적	16	10	-	9	48	33	133.5	-	12	-	47	5	35	18	13	20	-	11	-
최종	목표	35	36	-	16	42	6	70	-	6	-	132	27	51	103	31	28	-	17	-
	실적	63	36	-	17	94.5	34	136.5	-	12	-	203	35	128	171	44	108	-	23	-

(가) 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2011	1)	김원	홍광원	박은아	Food Science and Biotechnology	21(2)	국내	SCI
2011	2)	한진영	이승주	김민중, 심수동	Food Control	24(1-2)	국외	SCI
2012	3)	김원	홍광원	최우영	Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry	55(4)	국내	SCI
2012	4)	김기혁	이승주	김은지	Journal of Food Engineering	113(1)	국외	SCI
2012	5)	김민중	이승주	정승원, 박혜리	Journal of Food Engineering	113(3)	국외	SCI
2012	6)	김은지	이승주	김기혁, 김연아	Food Science and Biotechnology	21(5)	국내	SCI
2012	7)	김연아	이승주	정승원, 박혜리, 정구용	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	32(4)	국내	SCI
2012	8)	김은지	이승주	김기혁, 정승원, 정구용	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	32(5)	국내	SCI
2012	9)	이범식	신한승	-	Food Science and Biotechnology	21(5)	국내	SCI
2013	10)	박혜리	이승주	김기혁	Food control	32	국외	SCI
2013	11)	김민중	이승주	민상기	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	33(1)	국내	SCI
2013	12)	최동열	이승주	정승원, 이동선	Packaging Technology and Science	27(4)	국외	SCI
2013	13)	A.T.M. Mijanur Rahman	이승주	정승원, 최동열, 고상훈	Food Science and Biotechnology	22(5)	국내	SCI
2013	14)	강유진	이승주	정승원	Food Science and Biotechnology	23(1)	국내	SCI
2013	15)	박혜리	이승주	김연아, 정승원, 김현철	Food Science and Biotechnology	22(4)	국내	SCI
2013	16)	심수동	이승주	정승원	Mathematical Problems in Engineering	2013(2013)	국외	SCI
2013	17)	김태진	이승주	최동열, 김기혁	The Korean society for Applied biological Chemistry	56(4)	국내	SCI
2013	18)	최동열	이승주	정승원	Journal of Food Engineering	120(2014)	국외	SCI
2014	19)	손병현	홍광원	이윤주, 조혜진	J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.	57(3)	국내	SCI
2014	20)	임성환	홍광원	최우영, 손병현	Food Sci. Biotechnol.	23(2)	국내	SCI
2014	21)	박수연	이승주	강진원,	KOREA J. Packaging Sci.	20(3)	국내	비SCI

				최정화, 김민중, 이만희, 정승원	Technol.			
2014	22)	강진원	이승주	최정화, 박수연, 김민정, 김민중, 이만희, 정승원	KOREA J. Packaging Sci. Technol.	20(3)	국내	비SCI
2014	23)	최정화	이승주	박수연, 강진원, 황상민, 김민정, 김민중, 이만희	KOREA J. Packaging Sci. Technol.	20(3)	국내	비SCI
2015	24)	정승원	이승주	A.T.M. Mijanur Rahman	Food Sci. Biotechnol.	24(1)	국내	SCI
2015	25)	A.T.M. Mijanur Rahman	Seung Won Jung	Seung Ju Lee	J. Microbiol. Biotechnol	25(12)	국내	SCI
2016	26)	Min Jung Kim	Seung Ju Lee	Hye Ri Park	Food Sci. Biotechnol	25(3)	국내	SCI
2016	27)	Min Jung Kim	Seung Ju Lee	Hye Won Shin	Food Control	70(2016)	국외	SCI
2016	28)	Thanapat. Pattanasiri	Panuwat Suppakul	Wara Taparhude e	Aquacult. Int.	-	국외	SCI
2016	29)	Thanapat Pattanasiri	Panuwat Suppakul	Wara Taparhude e	Aquacult. Int.	-	국외	SCI
2016	30)	Panuwat Suppakul	Panuwat Suppakul	Rattanapor n Boonlert, Walairat Buaphet, Piyapong Sonkaew, Voraphat Luckanatin vong	Food Control	69(2016)	국외	SCI
2016	31)	Panuwat Suppakul	Panuwat Suppakul	Thitiporn Thanatham mathorn,	Food Control	70(2016)	국외	SCI

				Ornsiri Samerasut, Surachai Khankaew				
2017	32)	Seung Won Jung	Seung Ju Lee	-	Safe Food	11(4)	국내	비SCI
2017	33)	Panuwat Suppakul	Seung Ju Lee	Dong Youl Kim, Jung Hwa Yang, Sang Bong Lee	Journal of Food Engineering	223	국외	SCI
2018	34)	Jing Jing Meng	Seung Ju Lee	Jing Qian, Seung Won Jung	Food Sci Biotechnol	27(5)	국외	비SCI
2018	35)	A. T. M. Mijanur Rahman	Seung Ju Lee	Do Hyeon Kim, Han Dong Jang, Jung Hwa Yang	Sensors	18(6)	국외	SCI
2019	36)	Sang Bong Lee	Seung Ju Lee	Do Hyeon Kim, Seung Won Jung	Food control	101 (p. 89-96)	국외	SCI
2010	37)	허재영	이광근	이선미, 김상원	식품과학과 산업	43(3)	국내	비SCI
2010	38)	조민정	김소연	안지영, 이주형,	Oligonucleotides	21(2)	국외	SCI
2011	39)	김민주	신한승	-	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	31(4)	국내	SCI
2011	40)	Pradeep Puligundla	고상훈	정준호	Food Control	25(1)	국외	국외
2011	41)	정준호	정준호	Pradeep Puligundla	Food Chemistry	135(4)	국외	SCI
2012	42)	이유미	김왕준	김준수	Food Science and Biotechnology	21(3)	국내	SCI
2012	43)	조현경	신한승	-	Food Science and Biotechnology	21(4)	국내	SCI
2013	44)	Pradeep Puligundla	고상훈	-	Food Engineering Progress	17(2)	국내	비SCI
2013	45)	남동현	원기훈 김영환	이정오, 상병인	Applied Biochemistry and Biotechnology	170(1)	국내	SCI
2013	46)	임새롬	성정석	고은비, 고건, 신한승	Food Science and Biotechnology	22	국내	SCI
2013	47)	정준호	고상훈	이규호, Pradeep Puligundla	LWT-Food Science and Technology	2013	국외	SCI
2013	48)	Vu Chau Hai Thai	원기훈	-	Food Chemistry	29(2)	국외	SCI
2013	49)	Vu Chau Hai Thai	원기훈	-	Biotechnology Progress	69(5)	국외	SCI
2013	50)	여현구	이재영	박영우, 강진아	Acta Crystallographica Section F	69(5)	국외	SCI
2013	51)	문승은	신한승	-	Food Science and Biotechnology	22(2)	국내	SCI
2013	52)	이규호	고상훈	Pradeep	Food Science and	23(1)	국내	SCI

				Puligundla	Biotechnology			
2014	53)	Hae-Na Chun	Han-Seung Shin	Boram Kim	Food Science and Biotechnology	23(5)	국내	SCI
2014	54)	Hae-Na Chun	Han-Seung Shin	Joon-Hyeo ng Cho	Food Science and Biotechnology	23(5)	국내	SCI
2014	55)	Ju-Hyun Han	Han-Seung Shin	Min-Ji Kim	Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry	57(2)	국내	SCI
2014	56)	Min-Ji Kim	Han-Seung Shin	Ju-Hui Hwang	Food Science and Biotechnology	23(3)	국내	SCI
2014	57)	Sanghoon Ko	Sanghoon Ko	Sundaram Gunasekaran	International Journal of Dairy Technology	67(2)	국외	SCI
2014	58)	여현구	이재영	박영우	Acta Cryst. Sec. D	70(5)	국외	SCI
2014	59)	박영우	이재영	여현구	Bull. Korean Chem. Soc	35(9)	국내	SCI
2014	60)	Soyoung Lee	Jung-Suk Sung	Yoo-jung Lee	Journal of Biological Chemistry	58(3)	국내	SCI
2015	61)	Soyoung Lee	Han-seung Shin		Journal of Biological Chemistry	58(1)	국내	SCI
2015	63)	권현수	Han-seung Shin	Jae-Hyung Ko	Food Science Biotechnology	24(4)	국내	SCI
2015	64)	Kyuhoo Lee	Sanghoon Ko	Xiangpeng Meng, Tae-Young Kang	Food Science and Biotechnology	24(3)	국내	SCI
2015	65)	강진아	이재영	박영우, 여현구	Acta Cryst. Sec. F	71	국외	SCI
2015	66)	박영우	장원희	박영우, 김성민, 이재영	Mol cell Toxicol	11	국내	SCI
2014	67)	Meng Xiangpeng	Sanghoon Ko	Saehoon Kim, Pradeep Puligundla	JKABC	57	국내	SCI
2015	68)	Meng Xiangpeng	Sanghoon Ko	Kyuhoo Lee, Tae-Young Kang	Food Science and Biotechnology	24(1)	국외	SCI
2016	69)	박영우	이재영	강진아, 여현구	PLOS ONE		국외	SCI
2016	70)	Meng Xiangpeng	고상훈	류지나, 김범식	Clinical Nutrition Research	2016.07	국내	비SCI
2016	71)	Meng Xiangpeng	고상훈	정준호	한국산업 식품공학회	20(3)	국내	비SCI
2016	72)	Rahyl V. Patel	Bhupendra Mistry, Riyaz Syed, Anuj K. Rathi, Yoo-Jung Lee, Jung-Suk Sung, Han-Seung Shinf	Young-Soo Keum	European Journal of Pharmaceutical Sciences	88	국외	SCI
2016	73)	최영미	이재영	여현구, 박영우	PLOS ONE		국외	SCI
2016	74)	Ga-Young Lee	Sihyoung Lee	Han-Seung Shin	Food Science and Biotechnology	25(5)	국내	SCI

2016	75)	Jayanta Kumar Patra	Gitishree Das, Siros Paramithiotis	Han-Seung Shin	journal Frontiers in Microbiology	7(1493)	국외	SCI
2016	76)	Sushanto Gouda	Gitishree Das, Sandeep K. Sen, Han-Seung Shin	Jayanta Kumar Patra	journal Frontiers in Microbiology	7(1538)	국외	SCI
2016	77)	Gitishree Das	Sameer K. Singdevachan, Sushanto Gouda, Han-Seung Shin	Jayanta Kumar Patra	Journal Frontiers in Life Science	9(4)	국외	SCI
2017	78)	여현구	이재영	박영우	Nucleic Acids Research		국외	SCI
2017	79)	Ga-Young Lee		Han-Seung Shin	Food Science and Biotechnology	25(5)	국내	SCI
2017	80)	Ganesh Dattatraya Saratale	Rijuta Ganesh Saratale, Giovanni Benelli, Gopalakrishnan Kumar, Arivalagan Pugazhendhi, Dong-Su Kim	Han-Seung Shin	Journal of Cluster Science	2017.02	국외	SCI
2017	81)	Sanjeet Kumar	Gitishree Das, Han-Seung Shin	Jayanta Kumar Patra	journal Frontiers in Pharmacology	8(52)	국외	SCI
2017	82)	Geon Go	Jung-Suk Sung, Seung-Cheol Jee, Min Kim, Won-Hee Jang, Sihyoung Lee	Han-Seung Shin	Food Science and Biotechnology	26(1)	국내	SCI
2017	83)	Sanheet Kumar	Pradeep kumar, Jayanta Kumar Patra	Gitishree Das, Han-Seung Shin	Biological and Applied Sciences	60	국외	SCI
2017	84)	Rout George Kerry	Han-Seung Shin, Jayanta Kumar Patra	Sushanto Gouda, Bikram Sil, Gitishree Das, Gajanan Ghodake	Journal of Microbiology	56(5)	국외	SCI
2017	85)	Young Yoon Jang	Jae Young Lee	Young Woo Park, Hyun Kyu Joo	Department of Life Science	5(3)	국외	SCI

2018	86)	Rout George Kerry	Gitishree Das	Jayanta Kumar Patra, Sushanto Gouda, 박유현, 신한승	Journal of Food and Drug Analysis	26	국외	SCI
2018	87)	George Kerry Rout	Jayanta Kumar Patra	신한승, Sushanto Goud, Sabuj Sahoo, Gitishree Das, Leonardo Fernandes Fraceto	Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology	46	국외	SCI
2018	88)	Rahul V. Patel	신한승	Bhupendra M. Mistry, Surendra K. Shinde, Riyaz Syed, Vijay Singh	European Journal of Medicinal Chemistry	155	국외	SCI
2018	89)	Sushanto Gouda	Jayanta Kumar Patra	Rout George Kerry, Gitishree Das, Spiros Paramithio tis, 신한승	Microbiological Research	206	국외	SCI
2018	90)	박영우	이재영	장영운, 주현규	Scientific Reports	8	국외	SCI
2018	91)	주현규	이재영	박영우, 장영운	Scientific Reports	8	국외	SCI
2019	92)	이명연	이재영	이동원, 주현규, 정강화	PLOS ONE	14	국외	SCI
2019	93)	이은주	신한승		Food Science and Biotechnology	28(6)	국내	SCI
2019	94)	김종은	신한승	장슬기, 이창형, 이지연,	Journal of Food Biochemistry	43	국외	SCI

				박해님, 김중훈, 이시형, 김성한, 박은영, 이기원, 신한승				
2020	95)	이중훈	신한승	Jayanta Kumar Patra	Analytical Biochemistry	588	국외	SCI
2020	96)	장대길	신한승, 유희민	이익수	Biomolecules	10	국외	SCI
2020	97)	장대길	이익수, 신한승	정승현, 정지혜, 유희민	Journal of Microbiology and Biotechnology	30	국외	SCI
2020	98)	Ganesh Dattatraya Saratale	신한승	Rijuta Ganesh Saratale, Sunita Varjani, 조시경, Gajanan S. Ghodake, Avinash Kadam, Sikandar I Mulla, Ram Naresh Bharagava, 김동수	Industrial Crops & Products	150	국외	SCI
2020	99)	Ganesh Dattatraya Saratale	신한승	Rijuta Ganesh Saratale, 조시경, Gajanan S. Ghodake, Ram Naresh Bharagava, 박유현, Sikandar I Mulla, 김동수,	Journal of Alloys and Compounds	833	국외	SCI

				Avinash Kadam, Supriya Nair				
2020	100)	Gitishree Das	신한승	Jayanta Kumar Patra	Materials Science & Engineering C	114	국외	SCI
2011	101)	강용신	이종태	손경원, 이용한	IE Interfaces	24(2)	국내	비SCI
2012	102)	강용신	이용한	진희주, 류옥현	Journal of Food Engineering	113(1)	국외	SCI
2013	103)	진희주	이용한	김훈태	한국전자 거래학회 지	18(2)	국내	비SCI
2013	104)	강용신	이용한	-	Computers in Industry	64(5)	국외	SCI
2013	105)	강용신	이종태	염세경, 이용한	Journal of Food, Agriculture & Environment	11(3&4)	국외	SCI
2013	106)	강용신	이용한	이경훈	Korean Society for Food Science of Animal Resources	33(4)	국내	SCI
2013	107)	강용신	이용한	이종태, 윤중호, 진희주	Journal of Food, Agriculture & Environment	11(3)	국외	SCI
2014	108)	이종태	윤병운	간자르 알피양	Journal of Public Transportation	17(1)	국외	SCIE
2014	109)	간자르 알피양	윤병운	이종태	Computers & Industrial Engineering	70	국외	SSCI
2015	110)	류옥현	이용한	강용신, 진희주	Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers	41(2)	국내	비SCI
2015	111)	간자르 알피양	이종태	강용신, 윤병운	Sustainability	7	국외	SSCI&SCIE
2016	112)	강용신	이용한	박일하, 이종태	IEEE Sensors Journal	16(2)	국외	SCI
2016	113)	무하마드 파잘 일하즈	이종태	강용신, 간자르 알피양, 우타오	Sustainability	8(6)	국외	SCIE&SSCI
2016	114)	우마르 파루크	이종태	우타오, 간자르 알피양, 강용신	Sustainability	8(9)	국외	SCIE&SSCI

2017	115)	간자르 알피앙	간자르 알피앙	이종태, 안혜정, 이재호, 우마르 파루크, 무하마드 파잘 일하즈, 무함마드 알렉스 시아에코 니	Journal of Food Engineering	OA	국외	SCI
2017	116)	간자르 알피앙	간자르 알피앙	이종태, 무하마드 파잘 일하즈, 무하마드 샤프루딘, 노마 라티르 리트리아 니	Applied Sciences	7(6)	국외	SCIE
2017	117)	안혜정	이종태	이재호,간 자르	한국SCI학회지	17(2)	국내	비SCI
2019	118)	간자르 알피앙	이종태	무하마드 사이푸루 딘, 윤보환	Applied Science	9(6)	국외	SCI
2020	119)	간자르 알피앙	이종태	무하마드 사이푸루 딘, 우마르 파로크, 무하마드 리프퀴 마아리프, 알렉스 샤야코니, 노라 라프티 피트리야 니, 이재호	Food Control	110	국외	SCI
2011	120)	박종렬	엄기환	이승준,	Sensors	11(9)	국외	SCI
2011	121)	엄기환	엄기환	이승준, 경여선, 이창원, 김민철, 정경권	Sensors	11(11)	국외	SCI
2011	122)	이창원	엄기환	이승준, 김민철, 경여선	International Journal of Advanced Science and Technology	36	국외	일반
2012	123)	엄기환	엄기환	김민철, 이승준, 이창원	International Journal of Distributed Sensor Networks	2012	국외	SCI
2013	124)	엄기환	엄기환	이창원, 박소영, 김주용	International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering	8(3)	국외	Scopus
2013	125)	엄기환	엄기환	니아, 임삼, 정경권, 김주용	International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering	8(4)	국외	Scopus
2013	126)	엄기환	이창원	니아,	International Journal of	8(5)	국외	Scopus

				정경권, 김주용	Multimedia and Ubiquitous Engineering			
2013	127)	원기훈	이상현	김영후, 안슬지, 이혜정, 박새롬, 최영균, 김지현, 황학인, 김형주, 김형섭	Applied Biochemistry and Biotechnology	171(5)	국외	SCI
2014	128)	엄기환	현교환	임삼, 김주용	International Journal of Distributed Sensor Networks	2014	국외	SCI
2014	129)	장난영	원기훈	-	International Journal of Food Science and Technology	49(2)	국외	SCI
2014	130)	부타이하 이차우	원기훈	-	Journal of Agricultural and Food Chemistry	62(29)	국외	SCI
2014	131)	딘두후웅	원기훈	호낙안투, 강택진, 캐런 맥도널드	Journal of Chemical Technology and Biotechnology	89(9)	국외	SCI
2015	132)	손은진	원기훈, 박찬범	이준석, 이민아, 부타이하 이차우, 이하나	Sensors and Actuators B: Chemical	213	국외	SCI
2014	133)	엄기환	임삼	현교환 김주용 신지원	International Journal of Smart Home	8(5)	국외	Scopus
2014	134)	엄기환	현교환	임삼 김주용 신지원	International Journal of Control and Automation	7(10)	국외	Scopus
2015	135)	이창원	엄기환	현교환 김주용	The Asian International Journal of Life Sciences	24(3)	국외	SCI
2016	136)	엄기환	엄기환	이용건 신지애 이하나 원기훈	Contemporary Engineering Science	9(15)	국외	Scopus
2016	137)	딘두후웅	원기훈	이상천, 후진원	Journal of the Electrochemical Society	163(6)	국외	SCI
2016	138)	원기훈	원기훈	장난영, 전준수	Journal of Agricultural and Food Chemistry	64(51)	국외	SCI
2019	139)	엄기환	엄기환	최한주, 원기훈, 원서연,	International Journal of Smart Home	13(1)	국외	일반

				정경권				
2011	140)	정미진	이동선	안덕순 이승주	Jouranal of Food, Agriclutre and Environment	9(3&4)	국외	SCI
2012	141)	김환기	이동선	안덕순 이승주	Journal of Food, Agriclutre and Environment	10(3&4)	국외	SCI
2012	142)	정미진	이동선	안덕순 이승주	Food Science and Technology Research	18(4)	국외	SCI
2013	143)	정미진	이동선	안덕순 박우포	한국포장학회지	19(1)	국내	비SCI
2013	144)	권민지	이동선	조윤희 안덕순	Mathematical Problems in Engineering	2013 (Article ID 267629)	국외	SCI
2013	145)	조윤희	이동선	김남용 안덕순 이혁재	Biosystems Engineering	115(3)	국외	SCI
2013	146)	조윤희	이동선	안덕순	Journal of Food, Agriclutre & Environment	11(3&4)	국외	SCI
2013	147)	이동선	이동선	-	Journal of Food, Agriclutre & Environment	11(3&4)	국외	SCI
2013	148)	권민지	이동선	안덕순	Journal of Food Process Engineering	36(5)	국외	SCI
2013	149)	조윤희	이동선	안덕순	한국포장학회지	19(2)	국내	비SCI
2013	150)	조윤희	이동선	안덕순	한국포장학회지	19(3)	국내	비SCI
2014	151)	이동선	이동선	조윤희 권민지 안덕순	Mathematical Problems in Engineering	2014 (Article ID 363691)	국외	SCI
2014	152)	권민지	이동선	안덕순	International Journal of Food Science & Technology	49(11)	국외	SCI
2014	153)	이동선	이동선		한국포장학회지	20(1)	국내	비SCI
2014	154)	조윤희	이동선	안덕순	한국포장학회지	20(2)	국내	비SCI
2014	155)	조윤희	이동선	안덕순	Biosystems Engineering	125(1)	국외	SCI
2014	156)	안덕순	이동선	이지혜 이혜림	한국포장학회지	20(3)	국내	비SCI
2015	157)	이동선	이동선	안덕순	한국포장학회지	21(1)	국내	비SCI
2015	158)	왕홍강	이동선	조윤희 안덕순 임중환	Food Packaging and Shelf Life	4	국외	비SCI
2015	159)	왕홍강	이동선	안덕순 임중환	Packaging Technology and Science	28(12)	국외	SCI
2016	160)	안덕순	안덕순		한국식품영양과 학회지	45(3)	국내	비SCI
2016	161)	이지혜	이동선	안덕순 송재민 정용배	Biosystems Engineering	148(1)	국외	SCI
2016	162)	왕홍강	이동선	안덕순	Journal of Food protection	79(9)	국외	SCI

2016	163)	이혜림	이동선	안덕순	Packaging Technology and Science	29(8-9)	국외	SCI
2016	164)	이동선	이동선		Trends in Food Science & Technology	57	국외	SCI
2016	165)	이혜림	이동선	안덕순 정용배	한국포장학회지	22(3)	국내	비SCI
2017	166)	왕홍장	이동선	안덕순 임종환	Food Packaging and Shelf Life	11	국외	비SCI
2017	167)	Chalalai Jaisan	이동선		Food Packaging and Shelf Life	12	국외	비SCI
2018	168)	이지혜	이동선	안덕순	Biosystems Engineering	171	국외	SCI
2018	169)	이혜림	이동선	박수연 안덕순	Journal of Food Process Engineering	41(6)	국외	SCI
2018	170)	Chalalai Jaisa	이동선	안덕순	Journal of Food Science	83(12)	국외	SCI
2019	171)	안덕순	안덕순	조민경 박수연 이동선	한국포장학회지	25(2)	국내	비SCI
2019	172)	Chalalai Jaisa	이동선	안덕순	Food Packaging and Shelf Life	20	국외	SCI
2020	173)	박수연	이동선	안덕순	한국포장학회지	26(2)	국내	비SCI
2020	174)	정수연	안덕순	이동선	한국포장학회지	26(2)	국내	비SCI
2011	175)	임종환	임종환	이수빈 홍석인	J. Food Sci.	76(3)	국외	SCI
2011	176)	손석민	임종환	이준호	Food Sci. Biotechnol.	20(2)	국외	SCI
2011	177)	임종환	임종환		Carbohydrate Polymers.	86	국외	SCI
2011	178)	임종환	임종환		J. Food Sci.	76(8)	국외	SCI
2012	179)	홍석인	임종환		LWT-Food Science and Technology	48	국외	SCI
2012	180)	임종환	임종환		J. Food Sci.	77(12)	국외	SCI
2012	181)	임종환	임종환		Italian J. of Food Sci.	24(4)	국외	SCI
2013	182)	임종환	임종환		Food Research International	51	국외	SCI
2013	183)	임종환	임종환	Long-Feng Wang	Carbohydrate Polymers	96	국외	SCI
2013	184)	임종환	임종환	Long-Feng Wang, 홍석인	Food Hydrocolloids	33	국외	SCI
2013	185)	임종환	임종환		LWT-Food Science and	54	국외	SCI

					Technology			
2013	186)	임종환	임종환	박환만 하창식	Progress in Polymer Science	38	국외	SCI
2014	187)	Paulraj Kanmani	임종환		Food Hydrocolloids	35	국외	SCI
2014	188)	Paulraj Kanmani	임종환		Food Chemistry	148	국외	SCI
2014	189)	Paulraj Kanmani	임종환		Carbohydrate Polymers	102	국외	SCI
2014	190)	임종환	임종환	Long-Feng Wang, 이용훈, 홍석인	Carbohydrate Polymers	103	국외	SCI
2014	191)	Paulraj Kanmani	임종환		International Journal of Biological Macromolecules	68	국외	SCI
2014	192)	임종환	임종환	Long-Feng Wang	Applied Clay Science	97	국외	SCI
2014	193)	Shiv Shankar	임종환	Xinnan Teng	Carbohydrate Polymers	114	국외	SCI
2014	194)	Shiv Shankar	임종환		Materials Letters	132	국외	SCI
2014	195)	Shiv Shankar	임종환	Xinnan Teng	Korean J Packag Sci Technol	20(2)	국내	
2015	196)	Shiv Shankar	임종환	Xinnan Teng, Gaobin Li	Food Hydrocolloids	45	국외	SCI
2015	197)	임종환	임종환	Paulraj Kanmani	Materials Letters	141	국외	SCI
2015	198)	Shiv Shankar	임종환	Jeevan Prasad Reddy	Carbohydrate Polymers	117	국외	SCI
2015	199)	Ahmed A.	임종환		Carbohydrate Polymers	127	국외	SCI

		Oun						
2015	200)	Shiv Shankar	임종환		Carbohydrate Polymers	130	국외	SCI
2015	201)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	134	국외	SCI
2015	202)	Shiv Shankar	임종환	Jeevan Prasad Reddy	International Journal of Biological Macromolecules	81	국외	SCI
2016	203)	Shiv Shankar	임종환		Carbohydrate Polymers	135	국외	SCI
2016	204)	Long-Feng Wang	임종환		LWT - Food Science and Technology	68	국외	SCI
2016	205)	Ahmed A. Oun	임종환		Materials Letters	168	국외	SCI
2016	206)	Shiv Shankar	임종환	Long-Feng Wang	Carbohydrate Polymers	146	국외	SCI
2016	207)	Aungkana Orsuwan	임종환	Shiv Shankar, Long-Feng Wang, Rungsinee Sothornvit	Food Hydrocolloids	60	국외	SCI
2016	208)	Shiv Shankar	임종환		LWT - Food Science and Technology	72	국외	SCI
2016	209)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	150	국외	SCI
2016	210)	Long-Feng Wang	임종환		LWT - Food Science and Technology	74	국외	SCI
2016	211)	Shiv Shankar	임종환	Tanomrod, Rawdkeun	International Journal of Biological Macromolecules	92	국외	SCI
2017	212)	Long-Feng Wang	임종환	Shiv Shankar	Food Hydrocolloids	63	국외	SCI
2017	213)	Ahmed A. Oun	임종환		Food Hydrocolloids	67	국외	SCI
2017	214)	Shiv Shankar	임종환		Carbohydrate Polymers	163	국외	SCI
2017	215)	Aungkana	임종환	Shiv	J. Food Sci.	54(2)	국외	SCI

		Orsuwan		Shankar, Long-Feng Wang, Rungsinee Sothornvit,	Technol.			
2017	216)	Shiv Shankar	임종환		Carbohydrate Polymers	169	국외	SCI
2017	217)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	169	국외	SCI
2017	218)	Shiv Shankar	임종환		Food Hydrocolloids	71	국외	SCI
2017	219)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	169	국외	SCI
2018	220)	Shiv Shankar	Jong-Wha n Rhim	Ahmed A. Oun	International Journal of Biological Macromolecules	107	국외	SCI
2018	221)	Shiv Shankar	Jong-Wha n Rhim	Keehoon Won	International Journal of Biological Macromolecules	107	국외	SCI
2018	222)	Shiv Shankar	Jong-Wha n Rhim	Rudra Pangeni, Jin Woo Park	Materials Science & Engineering C	92	국외	SCI
2018	223)	Shiv Shankar	Jong-Wha n Rhim	Long-Feng Wang	Materials Science & Engineering C	93	국외	SCI
2018	224)	Shiv Shankar	Jong-Wha n Rhim		International Journal of Biological Macromolecules	120	국외	SCI
2018	225)	Shiv Shankar	Jong-Wha n Rhim	Stefan Kaspis	International Journal of Biological Macromolecules	118	국외	SCI
2019	226)	Long-Feng Wang	Jong-Wha n Rhim		LWT - Food Science and Technology	99	국외	SCI
2019	227)	Swarup Roy	Jong-Wha n Rhim	Shiv Shankar	Food Hydrocolloids	88	국외	SCI
2019	228)	Shima Jafarzadeh	Jong-Wha n Rhim	Abd Karim Alias, Fazilah Ariffin, Shahrom Mahmud	Journal of the Science of Food and Agriculture	99	국외	SCI
2019	229)	Shiv Shankar	Jong-Wha n Rhim		Environmental Chemistry Letters	17	국외	SCI
2019	230)	Swarup Roy	Jong-Wha n Rhim		Food Hydrocolloids	90	국외	SCI
2019	231)	Swarup	Jong-Wha		Food	94	국외	SCI

		Roy	n Rhim		Hydrocolloids			
2019	232)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim		Food Packaging and Shelf Life	21	국외	SCI
2019	233)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim	Long-Feng Wang	Food Packaging and Shelf Life	21	국외	SCI
2019	234)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim		Materials Science & Engineering C.	105	국외	SCI
2019	235)	Lily Jaiswal	Jong-Whan Rhim	Shiv Shankar	Carbohydrate Polymers.	224	국외	SCI
2019	236)	Yeong-Ju Bang	Jong-Whan Rhim	Shiv Shankar	Food Packaging and Shelf Life	22	국외	SCI
2020	237)	Swarup Roy	Jong-Whan Rhim		Food Hydrocolloids	98	국외	SCI
2020	238)	Yeong-Ju bang	Jong-Whan Rhim	Shiv Shankar	Packaging Technology and Science		국외	SCI

- 1) Development of a time-temperature integrator system using Burkholderia cepacia lipase
- 2) Application of Fuzzy reasoning to prediction of beef sirloin quality using time temperature integrators (TTI)
- 3) Development of lipase-based Time Temperature Indicator system for monitoring ground beef quality
- 4) New enzymatic time-temperature integrator (TTI) that uses laccase
- 5) Selection of an optimum pH-indicator for developing lactic acid bacteria-based time-temperature integrators (TTI)
- 6) Potential use of natural pigments on laccase-based TTI prototype: substrate specificities and variations in Arrhenius activation energy
- 7) Application of a prototype of microbial time temperature indicator (TTI) to the prediction of ground beef qualities during storage
- 8) Selection of beef quality factors represented by Time-Temperature Integrator (TTI)
- 9) Polymer-based time-temperature indicator for high temperature processed food products
- 10) Adjustment of Arrhenius activation energy of laccase-based time-temperature integrator (TTI) using sodium azide
- 11) Virtual simulation of temperature distribution throughout beef packages with time-temperature indicator (TTI) labels
- 12) Fabrication and characteristics of microbial time temperature indicators from the bio-paste using screen printing method
- 13) Investigation of the Temperature Dependence of Encapsulated Microbial Cells Based TTI by Applying a Variety of Color Parameters
- 14) Optimal Selection of Extraction Solvents and Purification Adsorbents to Produce Anthocyanins from

Black Rice (*Oryza sativa* cv. Heugjinjubyeo)

- 15) Response of Microbial Time Temperature Indicator to Quality Indices of Chicken Breast Meat during Storage
- 16) Mathematical Evaluation of Prediction Accuracy for Food Quality by Time Temperature Integrator (TTI) of Intelligent Food Packaging through Virtual Experiments
- 17) Application of mixture rule to determine arrhenius activation energy of time temperature integrator using mixture of laccase from *Pleurotus ostreatus* and PEGylated laccase from *Trametes versicolor*
- 18) A prototype of time temperature integrator (TTI) with microbeads-entrapped microorganism maintained at a constant concentration
- 19) New enzymatic time-temperature integrator (TTI) using porcine esterase for monitoring food quality.
- 20) Development of a Microbial Time-Temperature Integrator System Using Lactic Acid Bacteria
- 21) 시간-온도이력 지시계(TTI)에 의한 냉장 생선의 품질 모니터링: 모의상점에 적용
- 22) 상호 온도의존성의 차이에 따른 TTI의 식품 shelf life 예측 정확성에 대한 수리적 분석
- 23) 명태의 냉장유통 단계에서 시간-온도이력 지시계(TTI) 부착시점의 최적화
- 24) Identification and evaluation of psychrotrophic lactic acid bacteria from imitation crab sticks to develop a microbial time temperature integrator
- 25) Evaluation of Time-Temperature Integrators (TTIs) with Microorganism-Entrapped Microbeads Produced Using Homogenization and SPG Membrane Emulsification Techniques
- 26) Guideline for Proper Usage of Time Temperature Integrator (TTI) Avoiding Underestimation of Food Deterioration in Terms of Temperature Dependency: A Case with a Microbial TTI and Milk
- 27) A novel self-powered time-temperature integrator (TTI) using modified biofuel cell for food quality monitoring
- 28) Anaesthetic efficacy of clove oil-coated LDPE bag on improving water quality and survival in the Siamese fighting fish, *Betta splendens*, during transportation
- 29) Acute toxicity and anaesthetic effect of clove oil and eugenol on Siamese fighting fish, *Betta splendens*
- 30) Efficacy of superior antioxidant indian gooseberry extract-incorporated edible indian gooseberry puree/methylcellulose composite films on enhancing the shelf life of roasted cashew nut
- 31) Shelf life extension of “fios de ovos”, an intermediate-moisture egg-based dessert, by active and modified atmosphere packaging
- 32) Intelligent Food Packaging
- 33) Practical design of a diffusion-type time-temperature indicator with intrinsic low temperature dependency
- 34) Practicability of TTI Application to Yogurt Quality Prediction in Plausible Scenarios of a Distribution System with Temperature Variations
- 35) Preliminary Study on Biosensor-Type Time-Temperature Integrator for Intelligent Food Packaging
- 36) Air-activation of printed time&-temperature integrator: A sandwich package case study
- 37) 스마트 포장기술: 시간-온도 지시계와 신선도 지시계를 중심으로
- 38) Development of Single-Standed DNA Aptamers for Specific Bisphenol A Detection
- 39) Effect of Treatment with Ozonated water on Shelf life of refrigerated meat
- 40) Carbon dioxide sensors for intelligent food packaging applications
- 41) Proof-of-concept study of chitosan-based carbon dioxide indicator for food packaging applications

- 42) Optimization for the Maximum Bacteriacin Production of *Lactobacillus brevis* DF01 Using Response Surface Methodology
- 43) Analysis of Benzo[a]pyrene Content from Smoked Food Products in Korea
- 44) Chemical leachates from food contact packaging materials and health risks
- 45) Silaffin Peptides as a Novel Signal Enhancer for Gravimetric Biosensors
- 46) Antioxidative Mechanisms of Sea Buckthorn Fruit Extract in Mouse Embryonic Fibroblast Cells
- 47) Chitosan-based carbon dioxide indicator to communicate the onset of kimchi ripening
- 48) Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging
- 49) Bioinspired Molecular Adhesive for Water-Resistant Oxygen Indicator Films
- 50) Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis of a TetR family transcriptional repressor YhgD from *Bacillus halodurans*
- 51) Inhibition of Mutagenic 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b] pyridine (PhIP) Formation Using Various Food Ingredients in a Model Systems
- 52) Proof-of-concept study of Whey Protein Isolate-based Carbon Dioxide Indicator to Communicate Shelf-life of Packaged Foods
- 53) New pressure-activated compartmented oxygen indicator for intelligent food packaging
- 54) Evaluation of a Freshness Indicator for Quality of Fish products during storage
- 55) Influence of different storage conditions on production of trimethylamine and microbial spoilage characteristics of mackerel products
- 56) Evaluation of contaminants and risk assessment for infant formula
- 57) Evaluation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contents and Risk Assessment for Fish and Meat Products in Korea
- 58) Evaluation of Cheese meltability using convection and conduction melt profilers
- 59) Structural analysis and insight into metal ion activation of the iron-dependent regulator from *Thermoplasma acidophilum*
- 60) Structural Analysis of the NH₃-dependent NAD⁺ synthetase from *Deinococcus radiodurans*
- 61) Influence of roasting conditions on chemical property and antioxidant activity of perilla oils
- 62) Effect of lotus seed and seedpod extracts on oxidative stability against lard during storage
- 63) Evaluation of antioxidant activity and oxidative stability of spice-added mayonnaise
- 64) A Dye-incorporated chitosan based CO₂ indicator to monitor food quality focusing on Makgeolli quality during storage
- 65) Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis of the arginine repressor ArgR from *Bacillus halodurans*
- 66) Application of biosensors in smart packaging
- 67) Carbon dioxide and oxygen gas sensors-possible application for monitoring quality, freshness, and safety of agricultural and food products with emphasis on importance of analytical signals and their transformation
- 68) An irreversible ripeness indicator to monitor the CO₂ concentration in the headspace of packaged kimchi during storage
- 69) Structural Analysis and Insights into the Oligomeric State of an Arginine-Dependent Transcriptional Regulator from *Bacillus halodurans*
- 70) Application of iron oxide as a pH-dependent indicator for improving the nutritional quality
- 71) Performance improvement of chitosan suspension to indicate carbon dioxide concentration in the

packaged food

- 72) chrysin-piperazine conjugates as antioxidant and anticancer agents
- 73) Structural Analysis of Thymidylate Synthase from Kaposi's Sarcoma-Associated Herpesvirus with the Anticancer Drug Raltitrexed
- 74) Evaluation of gas freshness indicator for determination of skate (*Raja kenoei*) quality during storage
- 75) Kimchi and Other Widely Consumed Traditional Fermented Foods of Korea: A Review
- 76) Endophytes: A Treasure House of Bioactive Compounds of Medicinal Importance
- 77) Diversity of traditional and fermented foods of the Seven Sister states of India and their nutritional and nutraceutical potential: a review
- 78) Structural basis of operator sites recognition and effector binding in the TetR family transcription regulator FadR
- 79) Development of freshness indicator for quality of skate (*Raja kenoei*) during storage
- 80) Anti-diabetic Potential of Silver Nanoparticles Synthesized with *Argyrea nervosa* Leaf Extract High Synergistic Antibacterial Activity with Standard Antibiotics Against Foodborne Bacteria
- 81) *Dioscorea* spp. (A Wild Edible Tuber): A Study on Its Ethnopharmacological Potential and Traditional Use by the Local People of Similipal Biosphere Reserve, India
- 82) In vitro anti-obesity effects of sesamol mediated by adenosine monophosphate-activated protein kinase and mitogen-activated protein kinase signaling in 3T3-L1 cells
- 83) Evaluation of Medicinal Values of *Gymnopetalum chinense* (Lour.) Merr., a Lesser Known Cucurbit from Eastern Ghats of India
- 84) Cure of tuberculosis using nanotechnology An overview
- 85) Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis of a redox-sensing repressor Rex from *Thermotoga maritima*
- 86) Benefaction of probiotics for human health
- 87) Current advances in nanocarriers for biomedical research and their applications
- 88) Therapeutic potential of quercetin as a cardiovascular agent
- 89) Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture
- 90) Structural Analysis of Redox-sensing Transcriptional Repressor Rex from *Thermotoga maritima*.
- 91) Structural Analysis of Glutamine Synthetase from *Helicobacter pylori*
- 92) Structural analysis of the manganese transport regulator MntR from *Bacillus halodurans* in apo and manganese bound forms
- 93) Development of a freshness indicator for monitoring the quality of beef during storage
- 94) Beneficial effects on skin health using polysaccharides from red ginseng by-product
- 95) Analytical methods for determination of carbonyl compounds and nicotine in electronic No-Smoking aid refill solutions
- 96) 2α -Hydroxyeudesma-4,11(13)-Dien-8 β ,12-Olide Isolated from *Inula britannica* Induces Apoptosis in Diffuse Large B-cell Lymphoma Cells
- 97) The Antimelanogenic Effect of Inularin Isolated From Flowers of *Inula britannica* on B16F10 Melanoma Cells and Zebrafish Embryos
- 98) Development of ultrasound aided chemical pretreatment methods to enrich saccharification of wheat waste biomass for polyhydroxybutyrate production and its characterization
- 99) Investigation of photocatalytic degradation of reactive textile dyes by *Portulaca*

oleracea-functionalized silver nanocomposites and exploration of their antibacterial and antidiabetic potentials

- 100) Biosynthesis, and potential effect of fern mediated biocompatible silver nanoparticles by cytotoxicity, antidiabetic, antioxidant and antibacterial, studies
- 101) 모델 기반 EPCglobal 네트워크의 성능 분석
- 102) A simulation approach for optimal design of RFID sensor tag-based cold chain systems
- 103) RFID 기반 물류관리의 신뢰성 향상을 위한 상황인지 시스템
- 104) Development of generic RFID traceability services
- 105) RFID-based CO₂ Emissions Allocation in the Third-party Logistics Industry
- 106) RFID-based Supply Chain Process Mining for Imported Beef
- 107) Current status and future research issues of RFID sensor tags for food safety
- 108) Application of Simulation Method and Regression Analysis to Optimize Car Operations in Carsharing Service: A Case Study in South Korea
- 109) A simulation tool for prioritizing product-service system(PSS) models in a carsharing service
- 110) 콜드체인 시스템의 센서태그 운영 최적화를 위한 DEVS 기반 시뮬레이션 모델
- 111) Performance Comparison of Reservation Based and Instant Access One-Way Car Sharing Service through Discrete Event Simulation
- 112) MongoDB-based Repository Design for IoT-generated RFID/Sensor Big Data
- 113) Efficient Digital Signage Based Online Store Layout; An Experimental Study
- 114) ePedigree Traceability System for the Agricultural Food Supply Chain to Ensure Consumer Health
- 115) Integration of RFID, Wireless Sensor Networks, and Data Mining in an e-Pedigree Food Traceability System
- 116) Performance Analysis of a Forecasting Relocation Model for One-Way Carsharing
- 117) 지능형 식품 포장 및 유통관리 시스템 도입 대안별 경제성 분석에 관한 연구
- 118) False Positive RFID Detection Using Classification Models
- 119) Improving efficiency of RFID-based traceability system for perishable food by utilizing IoT sensors and machine learning model
- 120) The Design of RFID Conveyor Belt Gate System Using an Antenna Control Unit
- 121) Improved Kalman Filter Method for Measurement Noise Reduction in Multi Sensor RFID Systems
- 122) Capacitive Humidity Sensor Tag Smart Refrigerator System using the Capacitive to Voltage Converter (CVC)
- 123) The vegetable freshness monitoring system using RFID with Oxygen and Carbon dioxide Sensor
- 124) Fermentation Food Monitoring System Using the Smart RFID Sensor Tag
- 125) The Configuration of Fruit State Monitoring System Using the RFID System
- 126) Food poisoning prevention monitoring system based on the smart RFID tag system
- 127) Glucose Oxidase/Cellulose-Carbon Nanotube Composite Paper as a Biocompatible Bioelectrode for Biofuel Cells
- 128) The Meat Freshness Monitoring System Using the Smart RFID Tag
- 129) New Pressure-Activated Compartmented Oxygen Indicator for Intelligent Food Packaging
- 130) Leaching-Resistant Carrageenan-Based Colorimetric Oxygen Indicator Films for Intelligent Food Packaging
- 131) Salt-Free Production of γ -Aminobutyric Acid from Glutamate Decarboxylase Separated from *Escherichia coli*

- 132) Self-Adhesive Graphene Oxide-Wrapped TiO₂ Nanoparticles for UV-Activated Colorimetric Oxygen Detection
- 133) A Design of Smart RFID System for Toxic Gases Monitoring
- 134) Sweet Spot Search of Array Antenna Beam using the Modified Genetic Algorithm and Fuzzy Logic System
- 135) A Real-Life Safety System using a Dual-Frequency Smart Radio-Frequency Identification (RFID) Tag
- 136) Integration of an Oxygen Indicator Sensor with a Passive UHF Band RFID Tag
- 137) Diaphorase-Viologen Conjugates as Bioelectrocatalysts for NADH Regeneration
- 138) A Natural Component-Based Oxygen Indicator with In-Pack Activation for Intelligent Food Packaging
- 139) Temperature History System Using the NFC Self-Powered Temperature Sensor Tag
- 140) A master packaging system for preserving strawberries in the fresh produce supply chain
- 141) Dependence of individual primary package atmosphere on retail display temperature and micro-perforations in a master packaging system of chestnuts
- 142) The quality of king oyster mushrooms stored with a master packaging system consisting of inner individual packs and an outer liner bag to be dismantled at a retail display
- 143) 농산물 유통과정에서 복숭아의 품질유지를 위한 마스터 포장 시스템
- 144) Applicability of simplified simulation models for perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh produce
- 145) Modified atmosphere container equipped with gas diffusion tube automatically controlled in response to real-time gas concentration
- 146) Gas composition of micro-perforated individual package in master packaging system of strawberries
- 147) Comparison of control logics in fresh produce container with atmosphere modification responding to real-time gas concentration
- 148) Modified atmosphere container with time-controlled gas-diffusion tube for preserving fresh produce
- 149) Gas diffusion tube dimension in sensor-controlled fresh produce container system to maintain the desired modified atmosphere
- 150) 기체확산 튜브 부착 신선 농산물 용기에서의 실시간 산소농도 제어의 효과
- 151) Strategy and software application of fresh produce package design to attain optimal modified atmosphere
- 152) Development of a novel modified atmosphere container with a cycle-time-controlled perforation for enoki mushroom preservation
- 153) 신선 농산물의 마스터 포장 시스템
- 154) 실시간 O₂ 농도 제어 풋고추 용기에서 능동기체치환 시스템이 기체조성과 품질보존에 미치는 효과
- 155) Active air flushing in a sensor-controlled fresh produce container system to maintain the desired modified atmosphere
- 156) 생표고버섯에 대한 마스터 포장 시스템의 현장 적용
- 157) Compilation of respiration model parameters for designing modified atmosphere package of fresh produce
- 158) Properties of agar-based CO₂ absorption film containing Na₂CO₃ as active compound

- 159) A multi-fuctional biofilmused as an active insert in modified atmosphere packaging for fresh produce
- 160) 유통과정에서 생표고버섯에 대한 Active 마스터 포장 시스템의 효과
- 161) An adaptively controlled modified atmosphere container system for fresh produce
- 162) Development of multifunctional active film and its application in modified atmosphere packaging of shiitake mushrooms
- 163) Effect of initial gas flushing or vacuum packaging on the ripening dynamics and preference for kimchi, a Korean fermented vegetable
- 164) Carbon dioxide absorbers for food packaging applications
- 165) Container system actively maintaining high CO₂ concentration for improved sensory quality of kimchi
- 166) Shiitake mushroom packages tuned in active CO₂ and moisture absorption requirements
- 167) A mathematical model to predict ripening degree of kimchi, a Korean fermented vegetable for meeting consumer preference and controlling shelf life on real time basis
- 168) Fresh produce container adaptively controlled in its atmosphere modification under variable temperature conditions
- 169) A novel *Kimchi* container with an atmosphere actively controlled by time-programmed vacuumizing and CO₂ flushing
- 170) Application of physical gas absorbers in manipulating the CO₂ pressure of *Kimchi* package
- 171) 김치용기에서의 이산화탄소 농도 제어를 위한 주입 프로그램 조건 설정
- 172) Modeling volume change for active flexible package of CO₂-producing *kimchi*
- 173) Fresh produce container operated with a routine of hypobaric application, CO₂ injection and diffusion tube opening for keeping beneficial modified atmosphere
- 174) CO₂흡수제 함유 김치포장에서 CO₂ 농도와 제품 숙성도의 상호관련성
- 175) Preparation and characterization of agar/clay nanocomposite films: The effect of clay type.
- 176) Dehydration chracteristics of *Maesaengi (Capsosiphon fulvescens)* in hot-air drying.
- 177) Effect of clay contents on mechanical and water vapor barrier properties of agar-based nanocomposite films.
- 178) Water vapor adsorption isotherms of agar-based nanocomposite films.
- 179) Preparation and properties of melt-intercalated linear low density polyethylene/clay nanocomposite films prepared by blow extrusion.
- 180) Physical-mechanical properties of agar/ κ -carrageenan blend film and derived clay nanocomposite film.
- 181) Mechanical and water barrier properties of multicomponent (agar/carrageenan/konjac) hydrogel films.
- 182) Effect of PLA lamination on performance characteristics of agar/ κ -carrageenan/clay bio-nanocomposite film.
- 183) Mechanical and water barrier properties of agar/ κ -carrageenan/konjac glucomannan ternary blend biohydrogel films.
- 184) Preparation and characterization of agar/silver nanoparticles composite films with antimicrobial activity.
- 185) Preparation and characterization of silver coated PLA film and its antimicrobial activity.
- 186) Bionanocomposites for Food Packaging Applications

- 187) Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay.
- 188) Physico-chemical properties of gelatin/silver nanoparticles antimicrobial composite films.
- 189) Antimicrobial and physical-mechanical properties of agar-based films incorporated with grapefruit seed extract.
- 190) Preparation and characterization of bio-nanocomposite films of agar and silver nanoparticles: laser ablation method.
- 191) Development and characterization of carrageenan/grapefruit seed extract composite films for active packaging.
- 192) Preparation and characterization of carrageenan-based nanocomposite films reinforced with nanoclay and silver nanoparticles.
- 193) Properties and characterization of agar/CuNPs bionanocomposite films prepared with different copper salts and reducing agents.
- 194) Effect of copper salts and reducing agents on characteristics and antimicrobial activity of copper nanoparticles.
- 195) Effect of concentration of ZnO nanoparticles on mechanical, optical, thermal, and antimicrobial properties of gelatin/ZnO nanocomposite films.
- 196) Preparation, characterization, and antimicrobial activity of gelatin/ZnO nanocomposite films.
- 197) Synthesis and characterization of biopolymer agar mediated gold nanoparticles.
- 198) preparation, characterization, and antimicrobial activity of chitin nanofibrils reinforced carrageenan nanocomposite films.
- 199) Preparation and characterization of sodium carboxymethyl cellulose/cotton linter cellulose nanofibril composite films.
- 200) Amino acid mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial agar/silver nanoparticles composite films.
- 201) Effect of post-treatments and concentration of cotton linter cellulose nanocrystals on the properties of agar-based nanocomposite films.
- 202) Effect of lignin on water vapor barrier, mechanical, and structural properties of agar/lignin composite films.
- 203) Preparation of nanocellulose from micro-crystalline cellulose: The effect on the performance and properties of agar-based composite films.
- 204) Preparation of poly(lactide)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) blend films using a solvent casting method and their food packaging application.
- 205) Characterization of nanocelluloses isolated from ushar (*Calotropis procera*) seed fiber: Effect of isolation method.
- 206) Preparations and characterization of alginate/silver composite films: Effect of types of silver particles.
- 207) Preparation of antimicrobial agar/banana powder blend films reinforced with silver nanoparticles.
- 208) Tocopherol-mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial PBAT/silver nanoparticles composite films.
- 209) Isolation of cellulose nanocrystals from grain straws and their use for the preparation of

carboxymethyl cellulose-based nanocomposite films.

- 210) Grapefruit seed extract incorporated antimicrobial LDPE and PLA films: Effect of type of polymer matrix.
- 211) Preparation of pectin/silver nanoparticles composite films with UV-light barrier and antimicrobial properties.
- 212) Properties of alginate-based films reinforced with cellulose fibers and cellulose nanowhiskers isolated from mulberry pulp.
- 213) Carrageenan-based hydrogels and films: Effect of ZnO and CuO nanoparticles on the physical, mechanical, and antimicrobial properties.
- 214) Facile approach for large-scale production of metal and metal oxide nanoparticles and preparation of antibacterial cotton pads.
- 215) One-step preparation of banana powder/silver nanoparticles composite films.
- 216) Preparation and properties of carbohydrate-based composite films incorporated with CuO nanoparticles.
- 217) Preparation of multifunctional chitin nanowhiskers/ZnO-Ag NPs and their effect on the properties of carboxymethyl cellulose-based nanocomposite film.
- 218) Preparation and characterization of agar/lignin/silver nanoparticles composite films with ultraviolet light barrier and antibacterial properties.
- 219) Characterization of carboxymethyl cellulose-based nanocomposite films reinforced with oxidized nanocellulose isolated using ammonium persulfate method.
- 220) Preparation of antimicrobial hybrid nano-materials using regenerated cellulose and metallic nanoparticles.
- 221) Preparation of poly(lactide)/lignin/silver nanoparticles composite films with UV light barrier and antibacterial properties.
- 222) Preparation of sulfur nanoparticles and their antibacterial activity and cytotoxic effect.
- 223) Incorporation of zinc oxide nanoparticles improved the mechanical, water vapor barrier, UV-light barrier, and antibacterial properties of PLA-based nanocomposite films.
- 224) Preparation of antibacterial poly(lactide)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) composite films incorporated with grapefruit seed extract.
- 225) Alginate-based nanocomposite films reinforced with halloysite nanotubes functionalized by alkali treatment and zinc oxide nanoparticles.
- 226) Isolation and characterization of melanin from black garlic and sepia ink.
- 227) Melanin-mediated synthesis of silver nanoparticle and its use for the preparation of carrageenan-based antibacterial films.
- 228) Application of antimicrobial active packaging film made of semolina flour, nano zinc oxide and nano-kaolin to maintain the quality of low-moisture mozzarella cheese during low-temperature storage.
- 229) Effect of Zn salts and hydrolyzing agents on the morphology and antibacterial activity of zinc oxide nanoparticles.
- 230) Carrageenan-based antimicrobial bionanocomposite films incorporated with ZnO nanoparticles stabilized by melanin.

- 231) Agar-based antioxidant composite films incorporated with melanin nanoparticles.
- 232) Effect of types of zinc oxide nanoparticles on structural, mechanical and antibacterial properties of poly(lactide)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) composite films.
- 233) Effect of melanin nanoparticles on the mechanical, water vapor barrier, and antioxidant properties of gelatin-based films for food packaging application.
- 234) Eco-friendly antimicrobial nanoparticles of keratin-metal ion complex.
- 235) Carrageenan-based functional hydrogel film reinforced with sulfur nanoparticles and grapefruit seed extract for wound healing application.
- 236) *In situ* synthesis of multi-functional gelatin/resorcinol/silver nanoparticles composite films.
- 237) Preparation of carbohydrate-based functional composite films incorporated with curcumin.
- 238) Preparation of polypropylene/poly(butylene adipate-co-terephthalate) composite films incorporated with melanin for prevention of greening of potatoes

(나) 특허 성과

출원된 특허					등록된 특허			
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
2011	1)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011 -0063075				
2011	2)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011 -0089189				
2011	3)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011 -0089105				
2011	4)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011 -0089228				
2011	5)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011 -0115869				
2011	6)	동국대학교 산학협력단	대한민국	PCT/KR201 1/003087				
2012	7)	동국대학교 산학협력단	대한민국	PCT/KR201 2/005083				
2012	8)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012 -0096380				
2012	9)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012 -0097029				
2012	10)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012 -0097019				
2012	11)	동국대학교 산학협력단	대한민국	PCT/KR201 2/007052				
2012	12)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011 -0041622				
2012	13)	동국대학교 산학협력단	대한민국	US13/806,06 6				
					2013	14)	동국대학교 산학협력단	대한민국

					2013	15)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2013	16)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2013	17)	동국대학교 산학협력단	US	14/127,311				
2013	18)	동국대학교 산학협력단	미국	13/806,066				
					2014	19)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2014	20)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2015	21)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2015	22)	동국대학교 산학협력단	미국
2016	23)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016 -0005256				
2016	24)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016 -0001059				
					2016	25)	동국대학교 산학협력단	미국
2017	26)	동국대학교 산학협력단	대한민국	15/180,362				
					2017	27)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2018	28)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2018-01 62371				
					2018	29)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2019	30)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-00 16196				
2019	31)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-00 26487				
2019	32)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-01 00979				
2011	33)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-00 60362				
2011	34)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-00 11250				
2011	35)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-00 16331				
2012	36)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-00 92172				
2012	37)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-00 84675				
2012	38)	동국대학교 산학협력단	대한민국	US13/367,87 8				
2012	39)	동국대학교	대한민국	10-2012-01 44496				

		산학협력단						
					2013	40)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2014	41)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2015	42)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-00 92850				
					2014	43)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2015	44)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2018	45)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2018-00 45187				
2019	46)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-00 25084				
					2020	47)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2011	48)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-00 77760				
2012	49)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-00 95914				
					2013	50)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2014	51)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2014- 0004354				
					2014	52)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2014	53)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2014- 0188550				
2016	54)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016- 0035017				
2016	55)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016- 0096679				
					2019	56)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2020	57)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2020- 0091194				
2020	58)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2020- 0091197				
2010	59)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2010-01 26385				
2011	60)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-00 94122				
2011	61)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-01 34440				
					2012	62)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2013	63)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2014	64)	동국대학교	대한민국

							산학협력단	
2015	65)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-01 35529				
2015	66)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-01 08631				
2016	67)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-00 82734				
					2016	68)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2016	69)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2018	70)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2018	71)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2018-00 44656				
2019	72)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-00 56843				
2019	73)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-00 56844				
2012	74)	동국대학교 산학협력단 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-01 00071				
2012	75)	동국대학교 산학협력단 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-01 24943				
2013	76)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2013-01 35529				
					2014	77)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2014	78)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2015	79)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
2015	80)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-00 49261				

2015	81)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-01 46029				
2016	82)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-0 005469				
2017	83)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0 031733				
					2017	84)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2017	85)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2018	86)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
2018	87)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2018- 0048623				
					2019	88)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
2020	89)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2020- 0034279				
					2014	90)	동국대학교 산학협력단, 목포대학교 산학협력단	대한민국
2015	91)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-00 48114				
					2016	92)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2017	93)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-00 31052				
					2017	94)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	한국

					2018	95)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	한국
2020	96)	(주)한그린테크	대한민국	10-2020-00 52461				
2019	97)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-01 00979				
					2020	98)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2020	99)	(주)쉬운기술	대한민국	40-2019-01 35531				

- 1) 시간-온도 지시계, 시간-온도 지시계의 제조방법, 시간-온도 지시계를 이용한 품질보증 시스템 및 품질보증 시스템을 이용한 품질보증 방법 [출원번호 : 10-2011-0063075]
- 2) 미생물형 T T I 의 발색 반응 차수 조절 방법 [출원번호 : 10-2011-0089189]
- 3) 라카아제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계 [출원번호 : 10-2011-0089105]
- 4) 온도 의존성이 조절된 맞춤형 T T I 및 맞춤형 T T I 제조방법 [출원번호 : 10-2011-0089228]
- 5) 미생물형 T T I 용 인쇄 페이스트 및 이의 제조방법 [출원번호 : 10-2011-0115869]
- 6) T T I 를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 방법 [출원번호 : PCT/KR2011/003087]
- 7) 시간-온도 지시계, 시간-온도 지시계의 제조방법, 시간-온도 지시계를 이용한 품질보증 시스템 및 품질보증 시스템을 이용한 품질보증 방법 [출원번호 : PCT/KR2012/005083]
- 8) 미생물형 시간-온도 이력 지시계의 반응속도 제어를 위한 미세고정화된 미생물 비드를 포함하는 미생물형 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조 방법 [출원번호 : 10-2012-0096380]
- 9) 미생물 형 T T I 적합 지시약의 선별방법 [출원번호 : 10-2012-0097029]
- 10) 온도 의존성이 조절된 맞춤형 T T I 및 이의 제조 방법 [출원번호 : 10-2012-0097019]
- 11) 미세고정화된 미생물 비드를 포함하는 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조방법 [출원번호 : PCT/KR2012/007052]
- 12) TTI를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 방법 [출원번호 : 10-2011-0041622]
- 13) SYSTEM FOR PROVIDING FOOD EXPIRATION DATE INFORMATION USING TTI AND METHOD FOR PROVIDING FOOD EXPIRATION DATE INFORMATION USING THE SAME [출원번호 : US13/806,066]
- 14) TTI를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 방법 [등록번호 : 10-1205785]
- 15) 미생물형 TTI용 인쇄 페이스트 및 이의 제조방법 [등록번호 : 10-1224598]
- 16) 시간-온도 지시계, 시간-온도 지시계의 제조방법, 시간-온도 지시계를 이용한 품질보증 시스템 및 품질보증 시스템을 이용한 품질보증 방법 [등록번호 : 10-1247642]
- 17) Time-Temperature Indicators and manufacturing method thereof, quality assurancing system and methode using Time-Temperature Indicators [출원번호 :14/127,311]
- 18) TTI를 이용한 식품의 유통기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통기한 정보제공 방법 [출원번호 : 13/806,066]
- 19) 라카아제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계 [등록번호 : 10-0097036]
- 20) 미생물형 TTI 적합 지시약의 선별방법 [등록번호 : 10-1444809]

- 21) 미생물형 시간-온도 이력 지시계의 반응속도 제어를 위한 미세고정화된 미생물 비드를 포함하는 미생물형 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조 방법 [등록번호 : 10-1495555]
- 22) A SYSTEM INFORMING EXPIRATION DATE OF FOOD BY DETERMINING END POINT OF TTI AND A METHOD INFORMING EXPIRATION DATE OF FOOD USING THE SAME [등록번호 : 9,134,287 B2]
- 23) RFID 융합 전지형 TTI [출원번호 : 10-2016-0005256]
- 24) 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계용 잉크 조성물 및 이를 이용한 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계의 제조방법 [출원번호: 10-2016-0001059]
- 25) Time-Temperature Indicators and manufacturing method thereof, quality assuring system and method using Time-Temperature Indicators [등록번호 : 14/127,311]
- 26) RFID-Integrated Self-Powered TTI [출원번호 : 15/180,362]
- 27) RFID 융합 전지형 TTI [등록번호 : 10-1759900]
- 28) 공기활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계 [출원번호 : 10-2018-0162371]
- 29) 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계용 잉크 조성물 및 이를 이용한 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계의 제조방법, [등록번호 : 10-1868400]
- 30) 열코팅 필름이 적용된 공기활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조방법 [출원번호 : 10-2019-0016196]
- 31) 시간-온도 이력지시계, 그 제조 방법 및 그가 부착되는 포장재 [출원번호 : 10-2019-0026487]
- 32) 벨브 형태의 복합필름을 적용한 시간-온도 이력지시계 [출원번호 :10-2019-0100979]
- 33) 키토산을 이용한 이산화탄소 지시계 및 이를 포함하는 식품 포장재 [출원번호 : 10-2011-0060362]
- 34) 식품포장키트 [출원번호 : 10-2012-0011250]
- 35) 겔 형성 천연 고분자를 이용한 내수성 산소 지시계 및 이의 제조방법 [출원번호 : 10-2012-0016331]
- 36) 잔틴옥시다제와 니트로블루 테트라졸리움 지시약의 혼합액의 색 변화를 통한 수산물 선도 확인방법 [출원번호 : 10-2012-0092172]
- 37) 활성화 조절형 산소 지시계 [출원번호 : 10-2012-0084675]
- 38) CARBON DIOXIDE INDICATOR USING CHITOSAN AND FOOD PACKAGE COMPRISING THE SAME [출원번호 : US13/367,878]
- 39) 세균 검출용 식품 포장 키트 [출원번호 : 10-2012-0144496]
- 40) CARBON DIOXIDE INDICATOR USING CHITOSAN AND FOOD PACKAGE COMPRISING THE SAME [등록번호 : 10-1347282-0000]
- 41) 활성화 조절형 산소지시계 [등록번호 : 10-1361763]
- 42) 신선도 측정용 조성물 (composition for measuring freshness) [출원번호 : 10-2015-0092850]
- 43) 겔 형성 천연 고분자를 이용한 내수성 산소 지시계 및 이의 제조 방법 [등록번호 : 10-1451330]
- 44) 세균 검출용 식품 포장 키트 [등록번호 : 10-1494502]
- 45) 신선도 지시계 [출원번호 10-2018-0045187]
- 46) 이산화탄소 지시계 [출원번호 : 10-2019-0025084]
- 47) 신선도 지시계 [등록번호 : 10-2130159]
- 48) 음식물 상태 표시 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2011-0077760]
- 49) EPC 글로벌 네트워크 내 객체의 이동 추적방법 및 이를 이용한 공급망 프로세스 분석방법 [출원번호 : 10-2012-0095914]
- 50) 음식물 상태 표시 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1305143]
- 51) EPC 글로벌 네트워크 내 객체의 이동 추적을 이용한 공급망 프로세스 분석방법 [출원번호: 10-2014-0004354]
- 52) EPC 글로벌 네트워크 내 객체의 이동 추적 방법 [등록번호 : 10-1410252]

- 53) 이미지와 결합한 히든 코드 [출원번호: 10-2014-0188550]
- 54) 병렬 처리 기법을 이용한 사물인터넷 데이터 기반 프로세스 이상 현상 진단 방법 및 그 장치 [출원번호: 10-2016-0035017]
- 55) 컬러분포를 이용한 객체 인식 [출원번호: 10-2016-0096679]
- 56) 병렬 처리 기법을 이용한 사물인터넷 데이터 기반 프로세스 이상 현상 진단 기술 [등록번호 : 10-1985871]
- 57) RFID Gate에 대한 태깅 제품 움직임 및 방향 감지 시스템과 서버 [출원번호 : 10-2020-0091194]
- 58) 소매점용 RFID 기반 셀프 기반 고객 활동 인식 시스템 및 서버 [출원번호 : 10-2020-0091197]
- 59) 태그 리더 장치 및 그 동작 방법 [출원번호 : 10-2010-0126385]
- 60) 감광제를 이용하여 금속층에 그래핀을 제조하는 방법 [출원번호 : 10-2011-0094122]
- 61) 절연체층 상에 그래핀 박막을 형성하는 방법 및 이를 이용하여 생성한 그래핀 박막 [출원번호 : 10-2011-0134440]
- 62) 태그 리더 장치 및 그 동작 방법 [등록번호 : 10-1103829]
- 63) 감광제를 이용하여 금속층에 그래핀을 제조하는 방법 [등록번호 : 10-1249678]
- 64) 절연체층 상에 그래핀 박막을 형성하는 방법 및 이를 이용하여 생성한 그래핀 박막 [등록번호 : 10-1416713]
- 65) 이중 대역 스마트 RFID 태그 [출원번호 : 10-2015-0135529]
- 66) 자가발전형 비색 산소 센서-지시계 [출원번호 : 10-2015-0108631]
- 67) 센서형 산소지시계와 결합된 수동형 UHF 대역 RFID를 이용한 산소농도 측정 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2016-0082734]
- 68) 이중 대역 스마트 RFID 태그 [등록번호 : 10-1602784]
- 69) 자가발전형 비색 산소 센서-지시계 [등록번호 : 10-1691174]
- 70) 센서형 산소지시계와 결합된 수동형 UHF 대역 RFID를 이용한 산소농도 측정 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1828245]
- 71) 필름형 전지 및 자가발전형 산소/온도 지시계-센서 [출원번호 : 10-2018-0044656]
- 72) 필름형 온도 센서 [출원번호 : 10-2019-0056843]
- 73) 근거리 자가 발전형 온도 센서 태그를 이용한 차세대 온도 이력 시스템 [출원번호 : 10-2019-0056844]
- 74) 기체조성 감지를 통한 통기구 개폐제어에 의해 적정 변형 기체의 농도를 유지하는 농산물 신선도 유지 장치, 및 방법 [출원번호 : 10-2012-0100071]
- 75) 저장용기의 시간제어식 통기구 개폐를 통한 농산물의 신선도 유지 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2012-0124943]
- 76) 농산물 용기와 포장에서 통기구의 시간주기에 따른 개폐 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2013-0135529]
- 77) 기체조성 감지를 통한 통기구 개폐제어에 의해 적정 변형 기체의 농도를 유지하는 농산물 신선도 유지 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1406931]
- 78) 저장용기의 시간제어식 통기구 개폐를 통한 농산물의 신선도 유지 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1429715]
- 79) 농산물 용기와 포장에서 통기구의 시간주기에 따른 개폐 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1560711]
- 80) 신선한 농산물 및 발효식품의 포장용 다기능 이산화탄소 흡수제 및 이를 이용한 변패 방지방법 [출원번호 : 10-2015-0049261]
- 81) 김치 저장 방법 및 장치 [출원번호 : 10-2015-0146029]
- 82) 농산물 신선도 유지 방법 및 장치 [출원번호 : 10-2016-0005469]

- 83) 김치 저장 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2017-0031733]
- 84) 김치 저장 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1801135]
- 85) 농산물 신선도 유지 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1756846]
- 86) 김치 저장 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1891764]
- 87) 농산물 저장 시스템 및 방법 [출원번호 : 10-2018-0048623]
- 88) 농산물 저장 시스템 및 방법 [등록번호 : 10-2037991]
- 89) 김치 포장용 이산화탄소 흡수제 및 이를 포장하는 포장 김치 [출원번호 : 10-2020-0034279]
- 90) 생고분자와 나노점토를 포함하는 생체적합성 생분해성 흡습제 및 이의 제조방법 [등록번호 : 10-1440024]
- 91) 감자의 녹변방지용 생분해성 식품포장재 제조방법 [출원번호 : 10-2015-0048114]
- 92) 생고분자와 자몽씨 추출물을 포함하는 생분해성 자외선 차단용 필름 및 이의 제조방법 [등록번호 : 10-1692515]
- 93) 다기능성 바이오나노복합 하이드로겔, 그의 제조방법 및 그의 용도 [출원번호 : 10-2017-0031052]
- 94) 김치 저장 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1801135]
- 95) 김치 저장 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1891764]
- 96) 항산화 특성을 갖는 식품 포장용 필름 및 그 제조방법 [출원번호 : 10-2020-0052461]
- 97) 펠트 형태의 복합필름을 적용한 시간-온도 이력지시계 [출원번호 :10-2019-0100979]
- 98) 이산화탄소 지시계 및 이의 제조방법(Carbon dioxide indicator and its preparation method) [등록번호:10-2133379]
- 99) 냉장고 브랜드 특허 [출원번호 : 40-2019-0135531]

(다) 기술료징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
65,500,000원	29,030,000원		94,580,000원

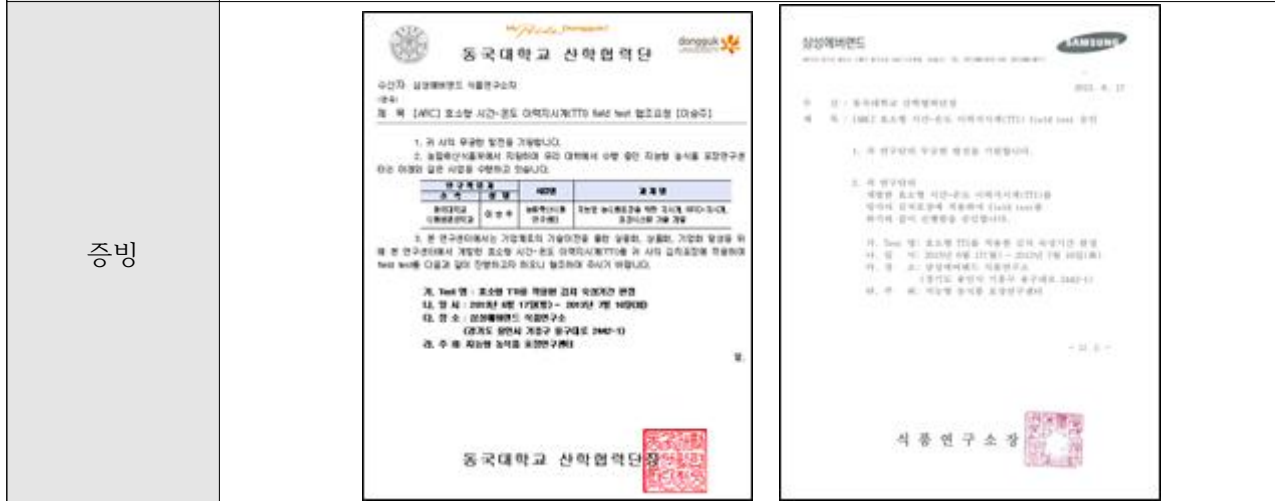
No.	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시	미생물형 TTI용 인쇄 페이스트 및 이의 제조방법	(주)동호기계	2016.07.01	5,000,000원	-
2	통상실시	자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계용 잉크 조성물 및 이를 활용한 자외선 활성화 인쇄형 TTI 제조 방법	(주)동호기계	2017.03.15	10,000,000원	-
3	통상실시	라카아제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계	(주)한국지능형포장산업	2018.11.19	7,000,000원	-
4	통상실시	키토산을 이용한 이산화탄소 지시계 및 이를 포함하는 식품 포장재	한국식품경영연구원	2017.03.13	7,000,000원	-
5	통상실시	신선도 지시계	더웨이브톡	2019.10.01.	5,000,000원	-
6	통상실시	이산화탄소지시계	(주)한국지능형포장산업	2020.07.01	3,000,000원	-
7	통상실시	Big Data기반 EPCIS	(주)팬더아이	2017.03.13	4,000,000원	-

		구축을 위한 몽고 DB 적용 노하우	앤씨			
8	통상실시	Big Data기반 포장형 식품 유통관리 시스템을 위한 ePedigree 적용 노하우	(주)네오비엔에스	2017.08.04	4,000,000원	-
9	통상실시	자가발전형 온도측정장치 및 이를 갖는 온도측정시스템	(주)한국지능형포장산업	2019. 7. 1	7,000,000원	-
10	통상실시	김치 저장 방법 및 장치	(주)쉬운기술	2017.03.19	6,000,000원	-
11	통상실시	신선농산물 MAP 설계 Application	(주)쉬운기술	2018.03.01	2,000,000원	-
12	통상실시	김치 저장 장치 및 방법	(주)쉬운기술	2020.04.01	6,000,000원	-
13	통상실시	생고분자와 나노접두를 포함하는 생체적합성 생분해성 흡습제 및 이의 제조방법	(주)웬믹스	2013.06.27	5,500,000원	-
14	통상실시	다기능성 바이오나노복합 하이드로겔, 그의 제조방법 및 그의 용도	(주)메디플랜	2017.03.19	5,000,000원	-
15	통상실시	생고분자와 자몽씨 추출물을 포함하는 생분해성 자외선 차단용 포장필름 및 이의 제조방법	(주)한그린테크	2018.11.12	10,000,000원	-
16	비독점실시	신선식품 창고의 관리를 위한 열화상 카메라 제어 기술	(주)디에이아이	2020.08.24	3,630,000원	-
17	비독점실시	신선식품 창고의 열화상 카메라 기반의 온도 및 품질 관리 시스템	(주)디에이아이	2020.08.24	4,400,000원	-

명 칭	효소형 시간-온도 이력지시계 기술이전을 위한 field test 및 시범사업
관련업체명	삼성에버랜드 식품연구소, (주)진미푸드
지도내용	<p>◎ 기술지도</p> <p>삼성에버랜드에서 운영하는 welstory는 현재 경기도 용인시에 소재한 (주)진미푸드로부터 김치를 납품받아 관련 업장에 공급하고 있으나, 운반 및 숙성과정의 온도 변동에 의하여 균일한 품질의 김치를 공급하는데 어려움이 있어 ‘지능형 농식품 포장연구센터’의 효소형 시간-온도 이력지시계를 이용하여 운반 및 숙성과정의 규격화, 표준화를 도모하였다.</p> <p>Field test 및 시범사업장인 (주)진미푸드는 1차 및 2차 숙성된 김치를 납품할 때, 불균일한 김치 품질로 인하여 소비자들의 불만 및 제품 반송건이 발생하고 있다. 이에 ‘효소형 TTI’를 이용하여 정량화된 숙성 온도 조절이 가능하였으며, 제품을 개봉하지 않고 부착된 ‘효소형 TTI’의 색 변화를 관찰하여 김치 숙</p>

성도를 예측할 수 있어 소비자 불만과 반송건을 줄일 수 있다.

- 숙성관리의 문제점
 : 공장(충북 보은)에서 생산 후, 10℃의 냉장실에서 2일간 1차 숙성
 : 직영센터 냉장실에서 소비자의 요구에 맞는 2차 숙성도 조절
 => ‘삼성에버랜드 식품연구소’는 2차 숙성도를 0℃에서 8일로 요구
 => ‘지능형 농식품 포장연구센터’는 0℃에서 8일의 유통기한을 갖는 맞춤형 효소형 TTI를 제작하여 (주)진미푸드의 용인 숙성고에 보관된 김치에 부착하여 숙성고의 온도 조절 및 2차 숙성도를 파악



명 칭 : 생물형 시간-온도 이력지시계 개발을 위한 공동연구 및 관련자 교육

관련업체명 : 한국쓰리엠(주)

지도내용

[대상] : 3M Korea

- 김상필 ; 부장/마케팅, 식품안전팀, 의료사업본부
- 박덕성 ; 부장/기술연구소, 의료사업본부
- 강성일 ; 차장/기술연구소, 의료사업본부
- 최승호 ; 대리/마케팅, 식품안전팀, 의료사업본부
- 이근제 ; 대리/마케팅, 식품안전팀, 의료사업본부
- 이주연 ; 대리/기술연구소, 의료사업본부

3M Inovation Center

- Francine D. Savage ; Vice President/General Manager
- Jason L. Edgar ; R&D/Regulatory Director
- Bryant Ricker ; Global Marketing and Sales Director
- Liao Youn Wee : APAC Business Development Manager
- Alessandra O. Chiareli ; Global Key Accounts and Training Director
- Kevin McGoldrick ; Global Regulatory Affairs and Technical Service Manager

[내용 및 방법] : ‘생물형 시간-온도 이력지시계(TTI)’ 개발을 위한 공동연구 및 관련자 교육

- 기존 3M의 고분자형 TTI 제품인 ‘3M MonitorMark®’의 문제점 분석을 통하여 새로운 ‘생물형 TTI’를 개발하기 위한 공동연구의 일환으로 분기회의 및 상

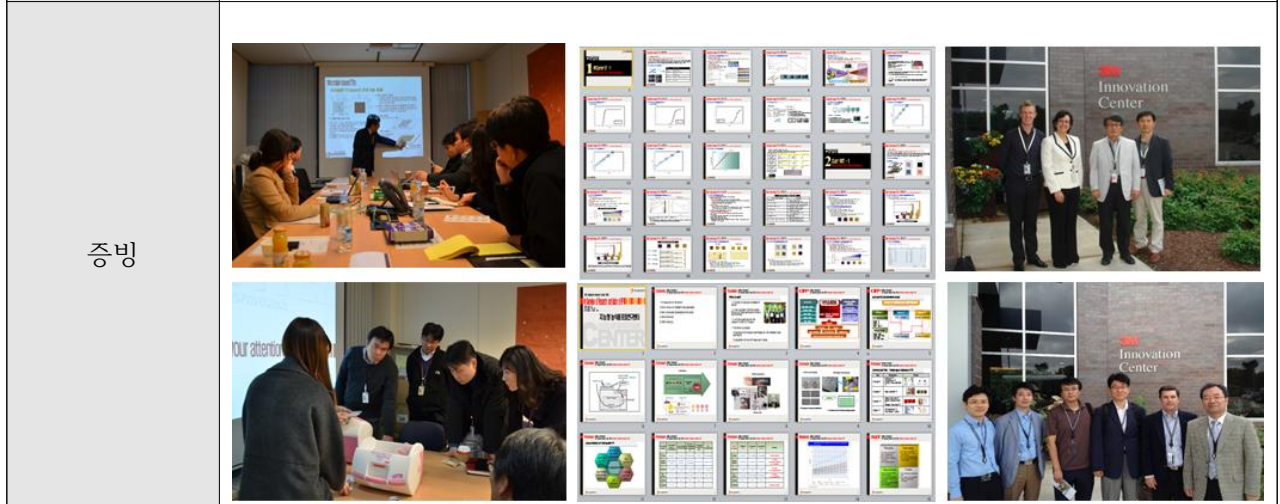
호 방문 연구를 통하여 효소형 TTI와 미생물형 TTI를 개발하였으며, 개발된 ‘생물형 TTI’의 위변조방지 장치 및 제조에 사용되는 film 기술을 한국쓰리엠에서 제공.

- 기술이전 및 사업화를 위하여 ‘1회/년’ 3M Innovation Center (St. Poul, USA)를 방문하여 제품 설명회 및 관련자 교육을 진행하였음.

[소요경비 부담] :

- 연구 개발비 : 정부출연금 및 기업체 부담금
- 제품 설명회 : 미국 현지 소요비용은 3M Korea에서 부담

[협력조건] : 참여 기업(현물 및 현금 부담)으로 센터 연구에 참여. 연구결과물(생물형 시간-온도 이력지시계) 기술 이전



명 칭

김치 지능형 포장 기술 상품화

- 지능형 포장 IT용 라벨 상품 개발
- 지능형 유통관리시스템 상품 개발

관련업체명

경기농협식품조합 공동법인(오색소반 김치)

지도내용

◎ 기술지도

- 동적 온도 조건에서 김치 유통·저장 중 숙성도 예측을 위하여 김치 포장 IT용 라벨 상품 및 지능형 김치 유통관리시스템을 개발하여 김치생산공장에 현장 적용하였다.
- 김치의 유통경로는 국내에 생산 기반을 둔 국내 제조업체와 중국에서 김치를 수입하는 수입업체로부터 시작되며, 도매 및 소매 유통 채널을 통하여 최종 소비자에게 판매되고 있다.
- 유통채널은 일반 소비자(가정용 김치)가 고객인 B2C 유통채널과 산업체가 고객인 B2B 유통채널로 구분할 수 있으며, B2B 유통 채널은 외식업체, 단체 급식업체, 군납, 일반기업 등의 유통 채널이 존재한다.
- B2B 유통채널의 경우 김치 제조업체와 판매처를 연결시켜 주는 중간 도매상, 대리점(디스트리뷰터) 등의 중간 유통업체가 존재하며, 온도 관리의 문제점이 발생할 수 있는 포인트가 된다.
- 김치 지능형 포장 기술을 B2B 유통채널에 적용하여 균일한 품질의 김치를 최종 소비자까지 유통할 수 있게 되었다.



증빙

SBS 188-081 서울특별시 양재동 920 751 / 02-022-8640

주 소 : 동국대학교
발송일자 : 2018년 7월 8일 금요일
계 목 : SBS 생생경제 후원광고 건
발 신 : 교양제작국 생생경제/

귀 학교의 후원한 발령금 기탁합니다.
계좌는 사서 교양제작국 프로그램 'SBS 생생경제' 외 계좌번호 프로그램 후원광고금 요청드립니다.

【 영조내용 】

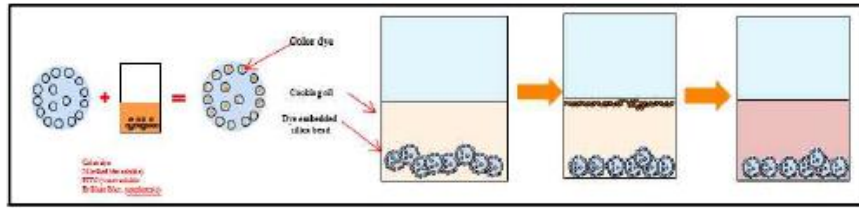
■ 프로그램 소개

□ 타이틀 및 코호명 : SBS 생생경제 <안드로이드>
□ 방송일자 : 월요일 오전 10시 40분 / 방송분량 60분 내외 (방송일과 비정기 7월 28일 또는 29일 예상)
□ 방송내용 : 매튜와 스타드만 식품안전대이-기운송도가 높아 위생환경이 깨끗하고, 식중독이 가장 많이 발생하는 여름철과 삼한 장마 등: 배타이 이 시기가 되면 '식품 위생' 문제로 인해 관련 정보가 쏟아질 텐데... '식품 위생과 인권을 지키기 위한 길' 이 문제입니다. 스마트한 방법을 만들어야 하며 농식품안전기술개발사업 농산물 미래핵심 사업화 기술개발 및 유통망 연구 등 성과를 보이는 농식품 연구 과제인가? 어떻게 개선인가, 지능형 농식품 포장시스템 개발 통해 식품 안전 기밀의 '위해상황관리시스템' 중 식품위생과 안전관리를 위한 스마트한 시스템 이 소개 할아본다.

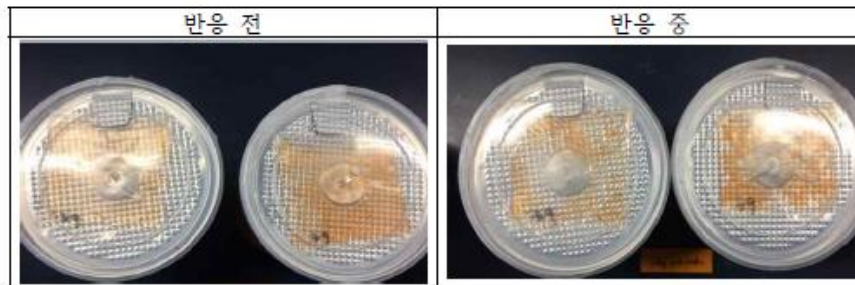
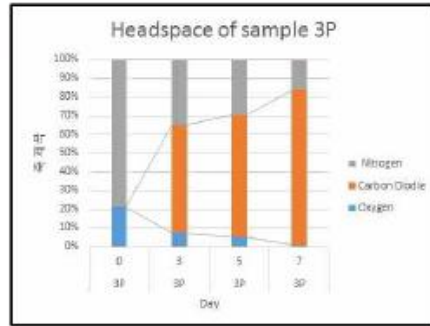
■ 영조내용

□ 동국대 연구소 후원 영조
- 지능형 농식품 포장시스템 개발 관련 시제품 및 연구 모습 등 촬영 소 인허가
□ 후원예정일 : 2018년 7월 14일 목요일 오후 2.5시 (오전 10시 : 경기농업, 오후 2.5시 : 동국대)
□ 후원금액 : 최대 2명 (SNG 카메라 1대)
□ 연락처 :

명 칭	이산화탄소 지시계의 기술이전 및 시범사업을 위한 test
관련업체명	한국식품경영연구원, (주)이삭식품
지도내용	<p>◎ 기술지도</p> <p>1. 원리</p> <p>√ 기술이전 업체인 “한국식품경영연구원” 과 본 기술을 적용하여 제품을 생산하고</p>



2. 적용 사례 (Lab test)



자 하는 “(주)이삭식품“의 요청사항을 반영하여 PET-Can type 의 포장용기에 김치를 담아 지시계의 반응속도를 관찰 함.
 ✓ 관찰되어진 반응속도에 따라 김치의 용량 조절 및 CO2 배출구의 사이즈 조절 그리고, 지시계의 부착 위치 등에 따른 변화를 추가로 관찰하여 적용 예정.
 ✓ 이후, 지시계의 색상 변화를 보다 뚜렷하게 확인할 수 있는 색상 및 지시계의 용량 설정 및 효율적인 지시계의 생산성을 고려하여 제작된 지시계로 시범사업 진행 예정임.

(라) 사업화 성과 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(백만원)	200			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0	5	10	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	30	60	90
국외		0	10	50	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	현재 신선도 휘발성염기질소(VBN), 이산화탄소 가스지시계의 제품단계까지 개발되어 설비 및 기기구축을 통해 대량 생산 예정			

무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)	0	1	5
	수출	0	2	10

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0억원
			향후 3년간 매출	1억원
		관련제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 90% 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 60% 국외 : 10%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 80% 국외 : 90%
			향후 3년간 매출	국내 : 60% 국외 : 30%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		2위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		1위

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(백만원)		200		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			0.535	3	6
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	30	50	75
국외			10	50	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		인쇄형 및 효소형 TTI의 개선된 모델 추가 개발과 나노 기술을 이용한 인쇄형TTI를 개발중에 있으며. 이산화탄소시계의 한국지능형포장산업(주)로의 기술이전으로 김치관련 제품에 시범적용 예정.			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	0	1	5	
	수출	0	2	10	

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.535 억원
			향후 3년간 매출	3억원
		관련제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 30% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 60% 국외 : 10%
관련제품		개발후 현재까지	국내 : %	

항목	세부항목		성 과
		향후 3년간 매출	국외 : %
			국내 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위	3위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위	2위

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3년			
	소요예산(백만원)	1억여원			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0.80	1.5	4	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	10	15	20
국외		0	5	10	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	- 김치숙성→식품숙성, 육류숙성으로 응용 가능 - 감자 및 타 식품에 포장필름 확장			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	1	2	3	
	수 출	0	1	2	

항목	세부항목		성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.80억원
			향후 3년간 매출	4억원
		관련제품	개발후 현재까지	0.5억원
			향후 3년간 매출	3억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 10% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 20% 국외 : 10%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 5% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 10% 국외 : 5%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위	1위(동종제품없음)	
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위	5위	

(마) 학술 및 국제협력 성과(해당사항이 있을 경우에만 기재함)

- 해당사항 없음

나. 세부과제별 사업수행 실적(여기에서부터 세부별 성과)

(1) 제 1-1 세부과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			인력양성			정책활용·홍보		기타
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	10	10	-	20	20	-	-	-	-	-	-			10	10	10	10	-	-	-
최종목표	4	8	-	3	7	0	0	-	-	-	1	23	5	14	23	9	7	-	3	-
1단계	목표	0	2	-	0	0	0	-	-	-	0	15	0	4	6	3	0	-	1	-
	실적	13	3	-	0	0	0	-	-	-	0	18	0	8	22	3	13	-	1	-
2단계	목표	2	5	-	2	0	0	-	-	-	1	6	5	8	11	3	0	-	2	-
	실적	5	6	-	2	15	1	3	-	-	0	10	4	10	23	3	20	-	5	-
3단계	목표	2	1	-	1	7	0	0	-	-	0	2	0	2	6	3	7	-	0	-
	실적	4	1	-	1	7	0	0	-	-	0	4	0	4	10	4	7	-	2	-
최종	목표	4	8	-	3	7	0	0	-	-	1	23	5	14	23	9	7	-	3	-
	실적	22	10	-	3	22	1	3	-	-	0	32	4	22	55	10	40		8	

① 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
1차년도 (2010년 09월 01일 ~ 2011년 08월 31일)								
2011	1)	김원	홍광원	박은아	Food Science and Biotechnology	21(2)	국내	SCI
2011	2)	한진영	이승주	김민중, 심수동	Food Control	24(1-2)	국외	SCI
2차년도 (2011년 09월 01일 ~ 2012년 08월 31일)								
2012	3)	김원	홍광원	최우영	Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry	55(4)	국내	SCI
2012	4)	김기혁	이승주	김은지	Journal of Food Engineering	113(1)	국외	SCI
2012	5)	김민중	이승주	정승원, 박혜리	Journal of Food Engineering	113(3)	국외	SCI
2012	6)	김은지	이승주	김기혁, 김연아	Food Science and Biotechnology	21(5)	국내	SCI
2012	7)	김연아	이승주	정승원, 박혜리, 정구용	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	32(4)	국내	SCI
2012	8)	김은지	이승주	김기혁, 정승원, 정구용	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	32(5)	국내	SCI
2012	9)	이범식	신한승	-	Food Science and Biotechnology	21(5)	국내	SCI
3차년도 (2012년 09월 01일 ~ 2013년 08월 31일)								
2013	10)	박혜리	이승주	김기혁	Food control	32	국외	SCI
2013	11)	김민중	이승주	민상기	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	33(1)	국내	SCI
2013	12)	최동열	이승주	정승원, 이동선	Packaging Technology and Science	27(4)	국외	SCI
2013	13)	A.T.M. Mijanur Rahman	이승주	정승원, 최동열, 고상훈	Food Science and Biotechnology	22(5)	국내	SCI
2013	14)	강유진	이승주	정승원	Food Science and Biotechnology	23(1)	국내	SCI
2013	15)	박혜리	이승주	김연아, 정승원, 김현철	Food Science and Biotechnology	22(4)	국내	SCI
2013	16)	심수동	이승주	정승원	Mathematical Problems in Engineering	2013(2013)	국외	SCI
2013	17)	김태진	이승주	최동열, 김기혁	The Korean society for Applied biological Chemistry	56(4)	국내	SCI

2013	18)	최동열	이승주	정승원	Journal of Food Engineering	120(2014)	국외	SCI
4차년도 (2013년 09월 01일 ~ 2014년 08월 31일)								
2014	19)	손병현	홍광원	이윤주, 조혜진	J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.	57(3)	국내	SCI
2014	20)	임성환	홍광원	최우영, 손병현	Food Sci. Biotechnol.	23(2)	국내	SCI
5차년도 (2014년 09월 01일 ~ 2015년 08월 31일)								
2014	21)	박수연	이승주	강진원, 최정화, 김민중, 이만희, 정승원	KOREA J. Packaging Sci. Technol.	20(3)	국내	비SCI
2014	22)	강진원	이승주	최정화, 박수연, 김민정, 김민중, 이만희, 정승원	KOREA J. Packaging Sci. Technol.	20(3)	국내	비SCI
2014	23)	최정화	이승주	박수연, 강진원, 황상민, 김민정, 김민중, 이만희	KOREA J. Packaging Sci. Technol.	20(3)	국내	비SCI
2015	24)	정승원	이승주	A.T.M. Mijanur Rahman	Food Sci. Biotechnol.	24(1)	국내	SCI
6차년도 (2015년 09월 01일 ~ 2016년 08월 31일)								
2015	25)	A.T.M. Mijanur Rahman	Seung Won Jung	Seung Ju Lee	J. Microbiol. Biotechnol	25(12)	국내	SCI
2016	26)	Min Jung Kim	Seung Ju Lee	Hye Ri Park	Food Sci. Biotechnol	25(3)	국내	SCI
2016	27)	Min Jung Kim	Seung Ju Lee	Hye Won Shin	Food Control	70(2016)	국외	SCI
2016	28)	Thanapat Pattanasiri	Panuwat Suppakul	Wara Taparhudee	Aquacult. Int.	-	국외	SCI
2016	29)	Thanapat Pattanasiri	Panuwat Suppakul	Wara Taparhudee	Aquacult. Int.	-	국외	SCI
2016	30)	Panuwat Suppakul	Panuwat Suppakul	Rattanaporn	Food Control	69(2016)	국외	SCI

				Boonlert, Walairat Buaphet, Piyapong Sonkaew, Voraphat Luckanatin vong				
2016	31)	Panuwat Suppakul	Panuwat Suppakul	Thitiporn Thanatham mathorn, Ornsiri Samerasut, Surachai Khankaew	Food Control	70(2016)	국외	SCI
7차년도 (2016년 09월 01일 ~ 2017년 08월 31일)								
2017	32)	Seung Won Jung	Seung Ju Lee	-	Safe Food	11(4)	국내	비SCI
8차년도 (2017년 09월 01일 ~ 2018년 06월 30일)								
2017	33)	Panuwat Suppakul	Seung Ju Lee	Dong Youl Kim, Jung Hwa Yang, Sang Bong Lee	Journal of Food Engineering	223	국외	SCI
2018	34)	Jing Jing Meng	Seung Ju Lee	Jing Qian, Seung Won Jung	Food Sci Biotechnol	27(5)	국외	비SCI
2018	35)	A. T. M. Mijanur Rahman	Seung Ju Lee	Do Hyeon Kim, Han Dong Jang, Jung Hwa Yang	Sensors	18(6)	국외	SCI
9차년도 (2018년 07월 01일 ~ 2019년 04월 30일)								
2019	36)	Sang Bong Lee	Seung Ju Lee	Do Hyeon Kim, Seung Won Jung	Food control	101 (p. 89-96)	국외	SCI

- 1) Development of a time-temperature integrator system using Burkholderia cepacia lipase
- 2) Application of Fuzzy reasoning to prediction of beef sirloin quality using time temperature integrators (TTI)
- 3) Development of lipase-based Time Temperature Indicator system for monitoring ground beef quality
- 4) New enzymatic time-temperature integrator (TTI) that uses laccase
- 5) Selection of an optimum pH-indicator for developing lactic acid bacteria-based time-temperature integrators (TTI)
- 6) Potential use of natural pigments on laccase-based TTI prototype: substrate specificities and variations in Arrhenius activation energy
- 7) Application of a prototype of microbial time temperature indicator (TTI) to the prediction of ground

beef qualities during storage

- 8) Selection of beef quality factors represented by Time-Temperature Integrator (TTI)
- 9) Polymer-based time-temperature indicator for high temperature processed food products
- 10) Adjustment of Arrhenius activation energy of laccase-based time-temperature integrator (TTI) using sodium azide
- 11) Virtual simulation of temperature distribution throughout beef packages with time-temperature indicator (TTI) labels
- 12) Fabrication and characteristics of microbial time temperature indicators from the bio-paste using screen printing method
- 13) Investigation of the Temperature Dependence of Encapsulated Microbial Cells Based TTI by Applying a Variety of Color Parameters
- 14) Optimal Selection of Extraction Solvents and Purification Adsorbents to Produce Anthocyanins from Black Rice (*Oryza sativa* cv. Heugjinjubyeo)
- 15) Response of Microbial Time Temperature Indicator to Quality Indices of Chicken Breast Meat during Storage
- 16) Mathematical Evaluation of Prediction Accuracy for Food Quality by Time Temperature Integrator (TTI) of Intelligent Food Packaging through Virtual Experiments
- 17) Application of mixture rule to determine arrhenius activation energy of time temperature integrator using mixture of laccase from *Pleurotus ostreatus* and PEGylated laccase from *Trametes versicolor*
- 18) A prototype of time temperature integrator (TTI) with microbeads-entrapped microorganism maintained at a constant concentration
- 19) New enzymatic time-temperature integrator (TTI) using porcine esterase for monitoring food quality.
- 20) Development of a Microbial Time-Temperature Integrator System Using Lactic Acid Bacteria
- 21) 시간-온도이력 지시계(TTI)에 의한 냉장 생선의 품질 모니터링: 모의상점에 적용
- 22) 상호 온도의존성의 차이에 따른 TTI의 식품 shelf life 예측 정확성에 대한 수리적 분석
- 23) 명태의 냉장유통 단계에서 시간-온도이력 지시계(TTI) 부착시점의 최적화
- 24) Identification and evaluation of psychrotrophic lactic acid bacteria from imitation crab sticks to develop a microbial time temperature integrator
- 25) Evaluation of Time-Temperature Integrators (TTIs) with Microorganism-Entrapped Microbeads Produced Using Homogenization and SPG Membrane Emulsification Techniques
- 26) Guideline for Proper Usage of Time Temperature Integrator (TTI) Avoiding Underestimation of Food Deterioration in Terms of Temperature Dependency: A Case with a Microbial TTI and Milk
- 27) A novel self-powered time-temperature integrator (TTI) using modified biofuel cell for food quality monitoring
- 28) Anaesthetic efficacy of clove oil-coated LDPE bag on improving water quality and survival in the Siamese fighting fish, *Betta splendens*, during transportation
- 29) Acute toxicity and anaesthetic effect of clove oil and eugenol on Siamese fighting fish, *Betta splendens*
- 30) Efficacy of superior antioxidant indian gooseberry extract-incorporated edible indian gooseberry puree/methylcellulose composite films on enhancing the shelf life of roasted cashew nut
- 31) Shelf life extension of “fios de ovos” , an intermediate-moisture egg-based dessert, by active and modified atmosphere packaging

- 32) Intelligent Food Packaging
- 33) Practical design of a diffusion-type time-temperature indicator with intrinsic low temperature dependency
- 34) Practicability of TTI Application to Yogurt Quality Prediction in Plausible Scenarios of a Distribution System with Temperature Variations
- 35) Preliminary Study on Biosensor-Type Time-Temperature Integrator for Intelligent Food Packaging
- 36) Air-activation of printed time&-temperature integrator: A sandwich package case study

② 특허 성과

출원된 특허				등록된 특허				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
1차년도 (2010년 09월 01일 ~ 2011년 08월 31일)								
2011	1)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0063075				
2011	2)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0089189				
2011	3)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0089105				
2011	4)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0089228				
2011	5)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0115869				
2011	6)	동국대학교 산학협력단	대한민국	PCT/KR2011/003087				
2차년도 (2011년 09월 01일 ~ 2012년 08월 31일)								
2012	7)	동국대학교 산학협력단	대한민국	PCT/KR2012/005083				
2012	8)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0096380				
2012	9)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0097029				
2012	10)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0097019				
2012	11)	동국대학교 산학협력단	대한민국	PCT/KR2012/007052				
3차년도 (2012년 09월 01일 ~ 2013년 08월 31일)								
2012	12)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0041622	2013	14)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2012	13)	동국대학교 산학협력단	대한민국	US13/806,066	2013	15)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2013	16)	동국대학교 산학협력단	대한민국
4차년도 (2013년 09월 01일 ~ 2014년 08월 31일)								

2013	17)	동국대학교 산학협력단	US	14/127,311	2014	18)	동국대학교 산학협력단	대한민국
5차년도 (2014년 09월 01일 ~ 2015년 08월 31일)								
2013	19)	동국대학교 산학협력단	미국	13/806,066	2014	20)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2015	21)	동국대학교 산학협력단	대한민국
6차년도 (2015년 09월 01일 ~ 2016년 08월 31일)								
2016	22)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016 -0005256	2015	24)	동국대학교 산학협력단	미국
2016	23)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016 -0001059	2016	25)	동국대학교 산학협력단	미국
7차년도 (2016년 09월 01일 ~ 2017년 08월 31일)								
2017	26)	동국대학교 산학협력단	대한민국	15/180,362	2017	27)	동국대학교 산학협력단	대한민국
8차년도 (2017년 09월 01일 ~ 2018년 06월 30일)								
2018	28)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2018-0 162371	2018	29)	동국대학교 산학협력단	대한민국
9차년도 (2018년 07월 01일 ~ 2019년 04월 30일)								
2019	30)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-0 016196				
2019	31)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-0 026487				
10차년도 (2019년 05월 01일 ~ 2020년 08월 31일)								
2019	32)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-0 100979				

- 1) 시간-온도 지시계, 시간-온도 지시계의 제조방법, 시간-온도 지시계를 이용한 품질보증 시스템 및 품질보증 시스템을 이용한 품질보증 방법 [출원번호 : 10-2011-0063075]
- 2) 미생물형 T T I 의 발색 반응 차수 조절 방법 [출원번호 : 10-2011-0089189]
- 3) 라카아제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계 [출원번호 : 10-2011-0089105]
- 4) 온도 의존성이 조절된 맞춤형 T T I 및 맞춤형 T T I 제조방법 [출원번호 : 10-2011-0089228]
- 5) 미생물형 T T I 용 인쇄 페이스트 및 이의 제조방법 [출원번호 : 10-2011-0115869]
- 6) T T I 를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 방법 [출원번호 : PCT/KR2011/003087]
- 7) 시간-온도 지시계, 시간-온도 지시계의 제조방법, 시간-온도 지시계를 이용한 품질보증 시스템 및 품질보증 시스템을 이용한 품질보증 방법 [출원번호 : PCT/KR2012/005083]
- 8) 미생물형 시간-온도 이력 지시계의 반응속도 제어를 위한 미세고정화된 미생물 비드를 포함하는 미생물형 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조 방법 [출원번호 : 10-2012-0096380]
- 9) 미생물 형 T T I 적합 지시약의 선별방법 [출원번호 : 10-2012-0097029]
- 10) 온도 의존성이 조절된 맞춤형 T T I 및 이의 제조 방법 [출원번호 : 10-2012-0097019]
- 11) 미세고정화된 미생물 비드를 포함하는 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조방법 [출원번호 :

PCT/KR2012/007052]

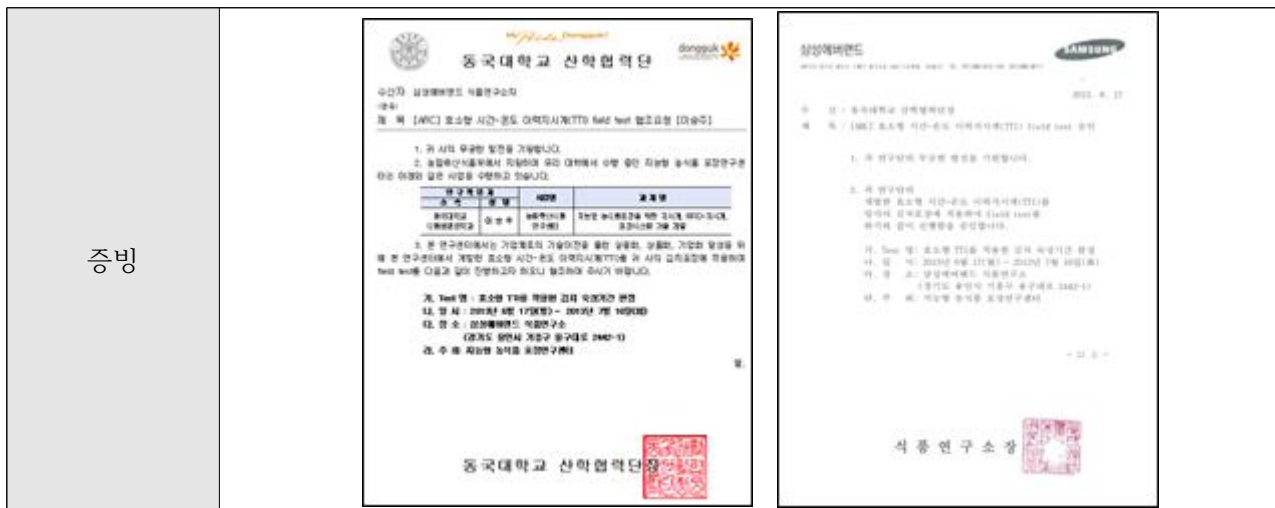
- 12) TTI를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 방법 [출원번호 : 10-2011-0041622]
- 13) SYSTEM FOR PROVIDING FOOD EXPIRATION DATE INFORMATION USING TTI AND METHOD FOR PROVIDING FOOD EXPIRATION DATE INFORMATION USING THE SAME [출원번호 : US13/806,066]
- 14) TTI를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통 기한 정보 제공 방법 [등록번호 : 10-1205785]
- 15) 미생물형 TTI용 인쇄 페이스트 및 이의 제조방법 [등록번호 : 10-1224598]
- 16) 시간-온도 지시계, 시간-온도 지시계의 제조방법, 시간-온도 지시계를 이용한 품질보증 시스템 및 품질보증 시스템을 이용한 품질보증 방법 [등록번호 : 10-1247642]
- 17 Time-Temperature Indicators and manufacturing method thereof, quality assuring system and method using Time-Temperature Indicators [출원번호 :14/127,311]
- 18 라카아제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계 [등록번호 : 10-0097036]
- 19) TTI를 이용한 식품의 유통기한 정보 제공 시스템 및 이를 이용한 식품의 유통기한 정보제공 방법 [출원번호 : 13/806,066]
- 20) 미생물형 TTI 적합 지시약의 선별방법 [등록번호 : 10-1444809]
- 21) 미생물형 시간-온도 이력 지시계의 반응속도 제어를 위한 미세고정화된 미생물 비드를 포함하는 미생물형 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조 방법 [등록번호 : 10-1495555]
- 22) RFID 융합 전지형 TTI [출원번호 : 10-2016-0005256]
- 23) 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계용 잉크 조성물 및 이를 이용한 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계의 제조방법 [출원번호: 10-2016-0001059]
- 24) A SYSTEM INFORMING EXPIRATION DATE OF FOOD BY DETERMINING END POINT OF TTI AND A METHOD INFORMING EXPIRATION DATE OF FOOD USING THE SAME [등록번호 : 9,134,287 B2]
- 25) Time-Temperature Indicators and manufacturing method thereof, quality assuring system and method using Time-Temperature Indicators [등록번호 : 14/127,311]
- 26) RFID-Integrated Self-Powered TTI [출원번호 : 15/180,362]
- 27) RFID 융합 전지형 TTI [등록번호 : 10-1759900]
- 28) 공기활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계 [출원번호 : 10-2018-0162371]
- 29) 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계용 잉크 조성물 및 이를 이요한 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계의 제조방법, [등록번호 : 10-1868400]
- 30) 열코팅 필름이 적용된 공기활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계 및 이의 제조방법 [출원번호 : 10-2019-0016196]
- 31) 시간-온도 이력지시계, 그 제조 방법 및 그가 부착되는 포장재 [출원번호 : 10-2019-0026487]
- 32) 벨브 형태의 복합필름을 적용한 시간-온도 이력지시계 [출원번호 :10-2019-0100979]

③ 기술료징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
15,000,000원	7,000,000원	총매출 5%	22,000,000원

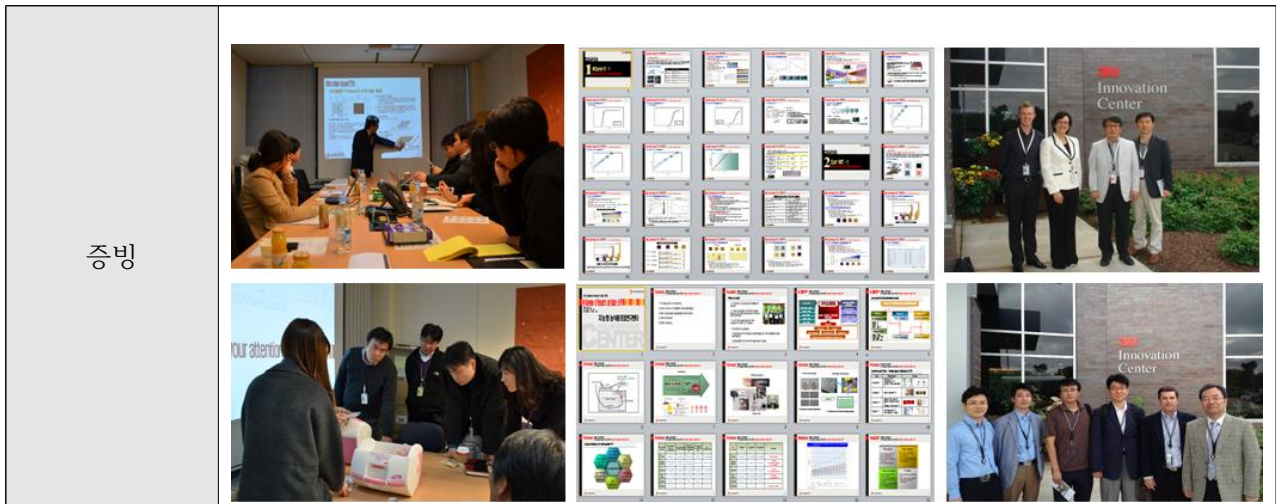
No.	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시	미생물형 TPI용 인쇄 페이스트 및 이의 제조방법	(주)동호기계	2016.07.01	5,000,000	-
2	통상실시	자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계용 잉크 조성물 및 이를 활용한 자외선 활성화 인쇄형 TPI 제조방법	(주)동호기계	2017.03.15	10,000,000	-
3	통상실시	라카아제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계	(주)한국지능형포장산업	2018.11.19	7,000,000	-

명 칭	효소형 시간-온도 이력지시계 기술이전을 위한 field test 및 시범사업
관련업체명	삼성에버랜드 식품연구소, (주)진미푸드
지도내용	<p>◎ 기술지도</p> <p>삼성에버랜드에서 운영하는 welstory는 현재 경기도 용인시에 소재한 (주)진미푸드로부터 김치를 납품받아 관련 업장에 공급하고 있으나, 운반 및 숙성과정의 온도 변동에 의하여 균일한 품질의 김치를 공급하는데 어려움이 있어 ‘지능형 농식품 포장연구센터’의 효소형 시간-온도 이력지시계를 이용하여 운반 및 숙성과정의 규격화, 표준화를 도모하였다.</p> <p>Field test 및 시범사업장인 (주)진미푸드는 1차 및 2차 숙성된 김치를 납품할 때, 불균일한 김치 품질로 인하여 소비자들의 불만 및 제품 반송건이 발생하고 있다. 이에 ‘효소형 TPI’를 이용하여 정량화된 숙성 온도 조절이 가능하였으며, 제품을 개봉하지 않고 부착된 ‘효소형 TPI’의 색 변화를 관찰하여 김치 숙성도를 예측할 수 있어 소비자 불만과 반송건을 줄일 수 있다.</p> <p>- 숙성관리의 문제점</p> <ul style="list-style-type: none"> : 공장(충북 보은)에서 생산 후, 10℃의 냉장실에서 2일간 1차 숙성 : 직영센터 냉장실에서 소비자의 요구에 맞는 2차 숙성도 조절 => ‘삼성에버랜드 식품연구소’는 2차 숙성도를 0℃에서 8일로 요구 => ‘지능형 농식품 포장연구센터’는 0℃에서 8일의 유통기한을 갖는 맞춤형 효소형 TPI를 제작하여 (주)진미푸드의 용인 숙성고에 보관된 김치에 부착하여 숙성고의 온도 조절 및 2차 숙성도를 파악



증빙

명 칭	생물형 시간-온도 이력지시계 개발을 위한 공동연구 및 관련자 교육
관련업체명	한국쓰리엠(주)
지도내용	<p>[대상] : 3M Korea</p> <ul style="list-style-type: none"> - 김상필 ; 부장/마케팅, 식품안전팀, 의료사업본부 - 박덕성 ; 부장/기술연구소, 의료사업본부 - 강성일 ; 차장/기술연구소, 의료사업본부 - 최승호 ; 대리/마케팅, 식품안전팀, 의료사업본부 - 이근제 ; 대리/마케팅, 식품안전팀, 의료사업본부 - 이주연 ; 대리/기술연구소, 의료사업본부 <p>3M Innovation Center</p> <ul style="list-style-type: none"> - Francine D. Savage ; Vice President/General Manager - Jason L. Edgar ; R&D/Regulatory Director - Bryant Ricker ; Global Marketing and Sales Director - Liau Youn Wee : APAC Business Development Manager - Alessandra O. Chiareli ; Global Key Accounts and Training Director - Kevin McGoldrick ; Global Regulatory Affairs and Technical Service Manager <p>[내용 및 방법] : ‘생물형 시간-온도 이력지시계(TTI)’ 개발을 위한 공동연구 및 관련자 교육</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 3M의 고분자형 TTI 제품인 ‘3M MonitorMark®’의 문제점 분석을 통하여 새로운 ‘생물형 TTI’를 개발하기 위한 공동연구의 일환으로 분기회의 및 상호 방문 연구를 통하여 효소형 TTI와 미생물형 TTI를 개발하였으며, 개발된 ‘생물형 TTI’의 위변조방지 장치 및 제조에 사용되는 film 기술을 한국쓰리엠에서 제공. - 기술이전 및 사업화를 위하여 ‘1회/년’ 3M Innovation Center (St. Poul, USA)를 방문하여 제품 설명회 및 관련자 교육을 진행하였음. <p>[소요경비 부담] :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 연구 개발비 : 정부출연금 및 기업체 부담금 - 제품 설명회 : 미국 현지 소요비용은 3M Korea에서 부담 <p>[협력조건] : 참여 기업(현물 및 현금 부담)으로 센터 연구에 참여. 연구결과물(생물형 시간-온도 이력지시계) 기술 이전</p>



증빙

<p>명 칭</p>	<p>김치 지능형 포장 기술 상품화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지능형 포장 IT용 라벨 상품 개발 - 지능형 유통관리시스템 상품 개발
<p>관련업체명</p>	<p>경기농협식품조합 공동법인(오색소반 김치)</p>
<p>지도내용</p>	<p>◎ 기술지도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 동적 온도 조건에서 김치 유통·저장 중 숙성도 예측을 위하여 김치 포장 IT용 라벨 상품 및 지능형 김치 유통관리시스템을 개발하여 김치생산공장에 현장 적용하였다. - 김치의 유통경로는 국내에 생산 기반을 둔 국내 제조업체와 중국에서 김치를 수입하는 수입업체로부터 시작되며, 도매 및 소매 유통 채널을 통하여 최종 소비자에게 판매되고 있다. - 유통채널은 일반 소비자(가정용 김치)가 고객인 B2C 유통채널과 산업체가 고객인 B2B 유통채널로 구분할 수 있으며, B2B 유통 채널은 외식업체, 단체 급식업체, 군납, 일반기업 등의 유통 채널이 존재한다. - B2B 유통채널의 경우 김치 제조업체와 판매처를 연결시켜 주는 중간 도매상, 대리점(디스트리뷰터) 등의 중간 유통업체가 존재하며, 온도 관리의 문제점이 발생할 수 있는 포인트가 된다. - 김치 지능형 포장 기술을 B2B 유통채널에 적용하여 균일한 품질의 김치를 최종 소비자까지 유통할 수 있게 되었다.



- 현재까지 많은 김치 중소기업체는 해당 공장이 입지한 지역을 거점으로 성장해 왔다. 그러나 공장이 입지한 지역만을 중심으로 성장하는 것에는 한계가 있으므로 향후 김치 수요가 많은 지역을 중심으로 물류 시스템을 구축하기 위하여 본 김치 지능형 포장 기술을 이용하다면 더 큰 시장기회가 있을 것으로 판단된다.

증빙

SBS 188-081 서울특별시 양천구 목동 920
Tel : 02-022-8540

주 소 : 동국대학교
발송일자 : 2016년 7월 8일 금요일
계 목 : SBS 생활경제 후원광고 건
발 신 : 교양제작국 생활경제/

의 광고의 무상한 발령을 거절합니다.
거처는 사서 교양경제 프로그램 'SBS 생활경제' 의 계약일으로 프로그램 후원광고료 요청 드립니다.

【 영조내용 】

■ 프로그램 소개

□ 배너용 영 조사항 : SBS 생활경제 <라이프 속 도넛>
□ 방송일자 : 월요일 오전 10시 40분~ / 방송분량 60분 내외
(방송일과 비정 : 7월 25일 또는 28일 예상)
□ 영조내용 : 여름워 스타드만 시즌안건대어-
기온 상승과 높아 위생환경이 확산하고, 식중독이 가장 많이 발생하는 여름철과 삼한 장마
로: 배타아 이 시기가 되면 '식품 위생' 문제로 인해 국민 정서들이 불안함을 겪는다...
'식품 위생과 인가를 지키기 위한 중 의 표준화'인 스타드만 정서를 만들어
이와 농식품안전기술개발사업 농산물 미래예상 사업화 기술개발 및 유통망 연구 중 성과를
보인 농식품 안전 위생인사 위해 제작인사, 지능형 농식품 표준화사업 개발 결과 발표 시
중 관련 기업회 '미래농산물관리시스템' 중 식중독예방 안전관리를 위한 스타드만 시스템
이 소개 되어본다.

■ 영조내용

□ 동국대 연구소 후원 영조
- 지능형 농식품 표준화사업 개발 관련 시제품 및 연구 모습 중 촬영 소 인화부
□ 후원계약일 : 2016년 7월 14일 목요일 오후 2:5시
(오전 10시 : 경기농림, 오후 2:5시 : 동국대)
□ 후원인명 : 배다 2명 (BNGC 카메라 1대)
□ 연락처 :

④ 사업화 성과 및 매출 실적 : 해당사항 없음

(2) 제 1-2 세부과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성;과			인력양성			정책활용·홍보		기타
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	10	10	-	35	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-		-
최종목표	6	7	-	3	7	-	-	-	-	-	-	43	4	13	39	11	13	-	1	-
1단계	목표	0	2	-	0	0	-	-	-	-	-	18	0	7	12	3	0	-	1	-
	실적	7	0	-	0	0	-	-	-	-	-	22	2	16	28	3	16	-	0	-
2단계	목표	4	4	-	2	0	-	-	-	-	-	23	4	4	15	5	0	-	0	-
	실적	1	4	-	1	7	-	-	-	-	-	20	2	21	21	12	9	-	0	-
3단계	목표	2	1	-	1	7	-	-	-	-	-	2	0	2	12	3	13	-	0	-
	실적	2	2	-	2	8	-	-	-	-	-	18	0	4	3	2	5	-	1	-
최종	목표	6	7	-	3	7	-	-	-	-	-	43	4	13	39	11	13	-	1	-
	실적	10	6	-	3	15	-	-	-	-	-	60	4	41	52	17	30	-	1	-

① 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2010	1)	허재영	이광근	이선미, 김상원	식품과학과 산업	43(3)	국내	비SCI
2010	2)	조민정	김소연	안지영, 이주형,	Oligonucleotides	21(2)	국외	SCI
2011	3)	김민주	신한승	-	Korean Journal for Food Science of Animal Resources	31(4)	국내	SCI
2011	4)	Pradeep Puligundla	고상훈	정준호	Food Control	25(1)	국외	국외
2011	5)	정준호	정준호	Pradeep Puligundla	Food Chemistry	135(4)	국외	SCI
2012	6)	이유미	김왕준	김준수	Food Science and Biotechnology	21(3)	국내	SCI
2012	7)	조현경	신한승	-	Food Science and Biotechnology	21(4)	국내	SCI
2013	8)	Pradeep Puligundla	고상훈	-	Food Engineering Progress	17(2)	국내	비SCI
2013	9)	남동현	원기훈, 김영환	이정오, 상병인	Applied Biochemistry and Biotechnology	170(1)	국내	SCI
2013	10)	임새롬	성정석	고은비, 고건, 신한승	Food Science and Biotechnology	22	국내	SCI
2013	11)	정준호	고상훈	이규호, Pradeep Puligundla	LWT-Food Science and Technology	2013	국외	SCI
2013	12)	Vu Chau Hai Thai	원기훈	-	Food Chemistry	29(2)	국외	SCI
2013	13)	Vu Chau Hai Thai	원기훈	-	Biotechnology Progress	69(5)	국외	SCI
2013	14)	여현구	이재영	박영우, 강진아	Acta Crystallographica Section F	69(5)	국외	SCI
2013	15)	문승은	신한승	-	Food Science and Biotechnology	22(2)	국내	SCI
2013	16)	이규호	고상훈	Pradeep Puligundla	Food Science and Biotechnology	23(1)	국내	SCI
2014	17)	Hae-Na Chun	Han-Seung Shin	Boram Kim	Food Science and Biotechnology	23(5)	국내	SCI
2014	18)	Hae-Na Chun	Han-Seung Shin	Joon-Hyeon Cho	Food Science and Biotechnology	23(5)	국내	SCI
2014	19)	Ju-Hyun Han	Han-Seung Shin	Min-Ji Kim	Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry	57(2)	국내	SCI
2014	20)	Min-Ji Kim	Han-Seung Shin	Ju-Hui Hwang	Food Science and Biotechnology	23(3)	국내	SCI
2014	21)	Sanghoon Ko	Sanghoon Ko	Sundaram Gunasekaran	International Journal of Dairy Technology	67(2)	국외	SCI
2014	22)	여현구	이재영	박영우	Acta Cryst. Sec. D	70(5)	국외	SCI
2014	23)	박영우	이재영	여현구	Bull. Korean Chem. Soc	35(9)	국내	SCI
2014	24)	Soyoung Lee	Jung-Suk Sung	Yoo-jung Lee	Journal of Biological Chemistry	58(3)	국내	SCI
2015	25)	Soyoung	Han-seung		Journal of Biological	58(1)	국내	SCI

		Lee	Shin		Chemistry			
2015	27)	권현수	Han-seung Shin	Jae-Hyung Ko	Food Science Biotechnology	24(4)	국내	SCI
2015	28)	Kyuho Lee	Sanghoon Ko	Xiangpeng Meng, Tae-Young Kang	Food Science and Biotechnology	24(3)	국내	SCI
2015	29)	강진아	이재영	박영우, 여현구	Acta Cryst. Sec. F	71	국외	SCI
2015	30)	박영우	장원희	박영우, 김성민, 이재영	Mol cell Toxicol	11	국내	SCI
2014	31)	Meng Xiangpeng	Sanghoon Ko	Saehoon Kim, Pradeep Puligundla	JKABC	57	국내	SCI
2015	32)	Meng Xiangpeng	Sanghoon Ko	Kyuho Lee, Tae-Young Kang	Food Science and Biotechnology	24(1)	국외	SCI
2016	33)	박영우	이재영	강진아, 여현구	PLOS ONE		국외	SCI
2016	34)	Meng Xiangpeng	고상훈	류지나 김범식	Clinical Nutrition Research	2016.07	국내	비SCI
2016	35)	Meng Xiangpeng	고상훈	정준호	한국산업 식품공학회	20(3)	국내	비SCI
2016	36)	Rahyl V. Patel	Bhupendra Mistry, Riyaz Syed, Anuj K. Rathi, Yoo-Jung Lee, Jung-Suk Sung, Han-Seung Shinf	Young-Soo Keum	European Journal of Pharmaceutical Sciences	88	국외	SCI
2016	37)	최영미	이재영	여현구, 박영우	PLOS ONE		국외	SCI
2016	38)	Ga-Young Lee	Sihyoung Lee	Han-Seung Shin	Food Science and Biotechnology	25(5)	국내	SCI
2016	39)	Jayanta Kumar Patra	Gitishree Das, Siros Paramithotis	Han-Seung Shin	journal Frontiers in Microbiology	7(1493)	국외	SCI
2016	40)	Sushanto Gouda	Gitishree Das, Sandeep K. Sen, Han-Seung Shin	Jayanta Kumar Patra	journal Frontiers in Microbiology	7(1538)	국외	SCI
2016	41)	Gitishree Das	Sameer K. Singdevachan, Sushanto Gouda, Han-Seung Shin	Jayanta Kumar Patra	Journal Frontiers in Life Science	9(4)	국외	SCI
2017	42)	여현구	이재영	박영우	Nucleic Acids Research		국외	SCI
2017	43)	Ga-Young Lee		Han-Seung Shin	Food Science and Biotechnology	25(5)	국내	SCI

2017	44)	Ganesh Dattatraya Saratale	Rijuta Ganesh Saratale, Giovanni Benelli, Gopalakrishnan Kumar, Arivalagan Pugazhendhi, Dong-Su Kim	Han-Seung Shin	Journal of Cluster Science	2017.02	국외	SCI
2017	45)	Sanjeet Kumar	Gitishree Das, Han-Seung Shin	Jayanta Kumar Patra	journal Frontiers in Pharmacology	8(52)	국외	SCI
2017	46)	Geon Go	Jung-Suk Sung, Seung-Cheol Jee, Min Kim, Won-Hee Jang, Sihyoung Lee	Han-Seung Shin	Food Science and Biotechnology	26(1)	국내	SCI
2017	47)	Sanheet Kumar	Pradeep kumar, Jayanta Kumar Patra	Gitishree Das, Han-Seung Shin	Biological and Applied Sciences	60	국외	SCI
2017	48)	Rout George Kerry	Han-Seung Shin, Jayanta Kumar Patra	Sushanto Gouda, Bikram Sil, Gitishree Das, Gajanan Ghodake	Journal of Microbiology	56(5)	국외	SCI
2017	49)	Young Yoon Jang	Young Jae Lee	Young Woo Park, Hyun Kyu Joo	Department of Life Science	5(3)	국외	SCI
2018	50)	Rout George Kerry	Gitishree Das	Jayanta Kumar Patra, Sushanto Gouda, 박유현, 신한승	Journal of Food and Drug Analysis	26	국외	SCI
2018	51)	George Kerry Rout	Jayanta Kumar Patra	Sushanto Goud, Sabuj Sahoo, Gitishree Das, Leonardo	Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology	46	국외	SCI

				Fernandes Fraceto				
2018	52)	Rahul V. Patel	신한승	Bhupendra M. Mistry, Surendra K. Shinde, Riyaz Syed, Vijay Singh	European Journal of Medicinal Chemistry	155	국외	SCI
2018	53)	Sushanto Gouda	Jayanta Kumar Patra	Rout George Kerry, Gitishree Das, Spiros Paramithio tis, 신한승	Microbiological Research	206	국외	SCI
2018	54)	박영우	이재영	장영윤, 주현규	Scientific Reports	8	국외	SCI
2018	55)	주현규	이재영	박영우, 장영윤	Scientific Reports	8	국외	SCI
2019	56)	이명연	이재영	이동원, 주현규, 정강화	PLOS ONE	14	국외	SCI
2019	57)	이은주	신한승		Food Science and Biotechnology	28(6)	국내	SCI
2019	58)	김종은	신한승	장슬기, 이창형, 이지연, 박해님, 김종훈, 이시형, 김성한, 박은영, 이기원, 신한승	Journal of Food Biochemistry	43	국외	SCI
2020	59)	이종훈	신한승	Jayanta Kumar Patra	Analytical Biochemistry	588	국외	SCI
2020	60)	장대길	신한승, 유희민	이익수	Biomolecules	10	국외	SCI
2020	61)	장대길	이익수, 신한승	정승현, 정지혜, 유희민	Journal of Microbiology and Biotechnology	30	국외	SCI

2020	62)	Ganesh Dattatraya Saratale	신한승	Rijuta Ganesh Saratale, Sunita Varjani, 조시경, Gajanan S. Ghodake, Avinash Kadam, Sikandar I Mulla, Ram Naresh Bharagava, 김동수	Industrial Crops & Products	150	국외	SCI
2020	63)	Ganesh Dattatraya Saratale	신한승	Rijuta Ganesh Saratale, 조시경, Gajanan S. Ghodake, Ram Naresh Bharagava, 박유현, Sikandar I Mulla, 김동수, Avinash Kadam, Supriya Nair	Journal of Alloys and Compounds	833	국외	SCI
2020	64)	Gitishree Das	신한승	Jayanta Kumar Patra	Materials Science & Engineering C	114	국외	SCI

- 1) 스마트 포장기술: 시간-온도 지시계와 신선도 지시계를 중심으로
- 2) Development of Single-Standed DNA Aptamers for Specific Bisphenol A Detection
- 3) Effect of Treatment with Ozonated water on Shelf life of refrigerated meat
- 4) Carbon dioxide sensors for intelligent food packaging applications
- 5) Proof-of-concept study of chitosan-based carbon dioxide indicator for food packaging applications
- 6) Optimization for the Maximum Bacteriacin Production of Lactobacillus brevis DF01 Using Response Surface Methodology

- 7) Analysis of Benzo[a]pyrene Content from Smoked Food Products in Korea
- 8) Chemical leachates from food contact packaging materials and health risks
- 9) Silaffin Peptides as a Novel Signal Enhancer for Gravimetric Biosensors
- 10) Antioxidative Mechanisms of Sea Buckthorn Fruit Extract in Mouse Embryonic Fibroblast Cells
- 11) Chitosan-based carbon dioxide indicator to communicate the onset of kimchi ripening
- 12) Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging
- 13) Bioinspired Molecular Adhesive for Water-Resistant Oxygen Indicator Films¹
- 14) Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis of a TetR family transcriptional repressor YhgD from *Bacillus halodurans*
- 15) Inhibition of Mutagenic 2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b] pyridine (PhIP) Formation Using Various Food Ingredients in a Model Systems
- 16) Proof-of-concept study of Whey Protein Isolate-based Carbon Dioxide Indicator to Communicate Shelf-life of Packaged Foods
- 17) New pressure-activated compartmented oxygen indicator for intelligent food packaging
- 18) Evaluation of a Freshness Indicator for Quality of Fish products during storage
- 19) Influence of different storage conditions on production of trimethylamine and microbial spoilage characteristics of mackerel products
- 20) Evaluation of contaminants and risk assessment for infant formula
- 21) Evaluation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contents and Risk Assessment for Fish and Meat Products in Korea
- 22) Evaluation of Cheese meltability using convection and conduction melt profilers
- 23) Structural analysis and insight into metal ion activation of the iron-dependent regulator from *Thermoplasma acidophilum*
- 24) Structural Analysis of the NH₃-dependent NAD⁺ synthetase from *Deinococcus radiodurans*
- 25) Influence of roasting conditions on chemical property and antioxidant activity of perilla oils
- 26) Effect of lotus seed and seedpod extracts on oxidative stability against lard during storage
- 27) Evaluation of antioxidant activity and oxidative stability of spice-added mayonnaise
- 28) A Dye-incorporated chitosan based CO₂ indicator to monitor food quality focusing on Makgeolli quality during storage
- 29) Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis of the arginine repressor ArgR from *Bacillus halodurans*
- 30) Application of biosensors in smart packaging
- 31) Carbon dioxide and oxygen gas sensors-possible application for monitoring quality, freshness, and safety of agricultural and food products with emphasis on importance of analytical signals and their transformation
- 32) An irreversible ripeness indicator to monitor the CO₂ concentration in the headspace of packaged kimchi during storage
- 33) Structural Analysis and Insights into the Oligomeric State of an Arginine-Dependent Transcriptional Regulator from *Bacillus halodurans*
- 34) Application of iron oxide as a pH-dependent indicator for improving the nutritional quality
- 35) Performance improvement of chitosan suspension to indicate carbon dioxide concentration in the packaged food

- 36) chrysin-piperazine conjugates as antioxidant and anticancer agents
- 37) Structural Analysis of Thymidylate Synthase from Kaposi's Sarcoma-Associated Herpesvirus with the Anticancer Drug Raltitrexed
- 38) Evaluation of gas freshness indicator for determination of skate (*Raja kenoei*) quality during storage
- 39) Kimchi and Other Widely Consumed Traditional Fermented Foods of Korea: A Review
- 40) Endophytes: A Treasure House of Bioactive Compounds of Medicinal Importance
- 41) Diversity of traditional and fermented foods of the Seven Sister states of India and their nutritional and nutraceutical potential: a review
- 42) Structural basis of operator sites recognition and effector binding in the TetR family transcription regulator FadR
- 43) Development of freshness indicator for quality of skate (*Raja kenoei*) during storage
- 44) Anti-diabetic Potential of Silver Nanoparticles Synthesized with *Argyrea nervosa* Leaf Extract High Synergistic Antibacterial Activity with Standard Antibiotics Against Foodborne Bacteria
- 45) *Dioscorea* spp. (A Wild Edible Tuber): A Study on Its Ethnopharmacological Potential and Traditional Use by the Local People of Similipal Biosphere Reserve, India
- 46) In vitro anti-obesity effects of sesamol mediated by adenosine monophosphate-activated protein kinase and mitogen-activated protein kinase signaling in 3T3-L1 cells
- 47) Evaluation of Medicinal Values of *Gymnopetalum chinense* (Lour.) Merr., a Lesser Known Cucurbit from Eastern Ghats of India
- 48) Cure of tuberculosis using nanotechnology An overview
- 49) Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis of a redox-sensing repressor Rex from *Thermotoga maritima*
- 50) Benefaction of probiotics for human health
- 51) Current advances in nanocarriers for biomedical research and their applications
- 52) Therapeutic potential of quercetin as a cardiovascular agent
- 53) Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture
- 54) Structural Analysis of Redox-sensing Transcriptional Repressor Rex from *Thermotoga maritima*.
- 55) Structural Analysis of Glutamine Synthetase from *Helicobacter pylori*
- 56) Structural analysis of the manganese transport regulator MntR from *Bacillus halodurans* in apo and manganese bound forms
- 57) Development of a freshness indicator for monitoring the quality of beef during storage
- 58) Beneficial effects on skin health using polysaccharides from red ginseng by-product
- 59) Analytical methods for determination of carbonyl compounds and nicotine in electronic No-Smoking aid refill solutions
- 60) 2α -Hydroxyeudesma-4,11(13)-Dien- 8β ,12-Olide Isolated from *Inula britannica* Induces Apoptosis in Diffuse Large B-cell Lymphoma Cells
- 61) The Antimelanogenic Effect of Inularin Isolated From Flowers of *Inula britannica* on B16F10 Melanoma Cells and Zebrafish Embryos
- 62) Development of ultrasound aided chemical pretreatment methods to enrich saccharification of wheat waste biomass for polyhydroxybutyrate production and its characterization
- 63) Investigation of photocatalytic degradation of reactive textile dyes by *Portulaca oleracea*-functionalized silver nanocomposites and exploration of their antibacterial and antidiabetic

potentials

64) Biosynthesis, and potential effect of fern mediated biocompatible silver nanoparticles by cytotoxicity, antidiabetic, antioxidant and antibacterial, studies

② 특허 성과

출원된 특허				등록된 특허				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
2011	1)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0060362				
2011	2)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0011250				
2011	3)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0016331				
2012	4)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0092172				
2012	5)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0084675				
2012	6)	동국대학교 산학협력단	대한민국	US13/367,878				
2012	7)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0144496				
					2013	8)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2014	9)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2015	10)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-0092850				
					2014	11)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2015	12)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2018	13)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2018-0045187				
2019	14)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-0025084				
					2020	15)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2020	16)	동국대학교 산학협력단	대한민국

- 1) 키토산을 이용한 이산화탄소 지시계 및 이를 포함하는 식품 포장재 [출원번호 : 10-2011-0060362]
- 2) 식품포장키트 [출원번호 : 10-2012-0011250]
- 3) 겔 형성 천연 고분자를 이용한 내수성 산소 지시계 및 이의 제조방법 [출원번호 : 10-2012-0016331]
- 4) 잔틴옥시다제와 니트로블루 테트라졸리움 지시약의 혼합액의 색 변화를 통한 수산물 선도 확인방법 [출원번호 : 10-2012-0092172]
- 5) 활성화 조절형 산소 지시계 [출원번호 : 10-2012-0084675]
- 6) CARBON DIOXIDE INDICATOR USING CHITOSAN AND FOOD PACKAGE COMPRISING THE SAME [출원번호 : US13/367,878]

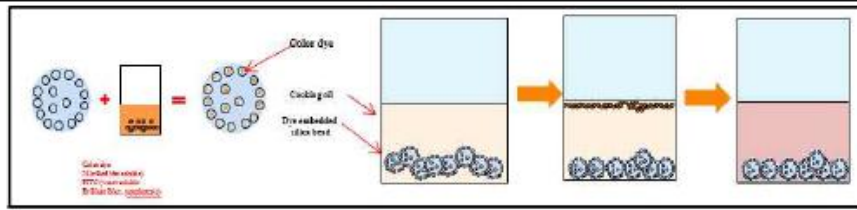
- 7) 세균 검출용 식품 포장 키트 [출원번호 : 10-2012-0144496]
- 8) CARBON DIOXIDE INDICATOR USING CHITOSAN AND FOOD PACKAGE COMPRISING THE SAME [등록번호 : 10-1347282-0000]
- 9) 활성화 조절형 산소지시계 [등록번호 : 10-1361763]
- 10) 신선도 측정용 조성물 (composition for measuring freshness) [출원번호 : 10-2015-0092850]
- 11) 겔 형성 천연 고분자를 이용한 내수성 산소 지시계 및 이의 제조 방법 [등록번호 : 10-1451330]
- 12) 세균 검출용 식품 포장 키트 [등록번호 : 10-1494502]
- 13) 신선도 지시계 [출원번호 10-2018-0045187]
- 14) 이산화탄소 지시계 [출원번호 : 10-2019-0025084]
- 15) 신선도 지시계 [등록번호 : 10-2130159]
- 16) 이산화탄소 지시계 및 이의 제조방법(Carbon dioxide indicator and its preparation method) [등록번호:10-2133379]

③ 기술료징수 현황

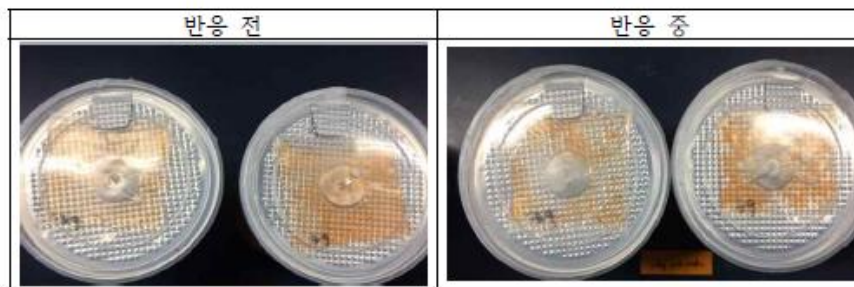
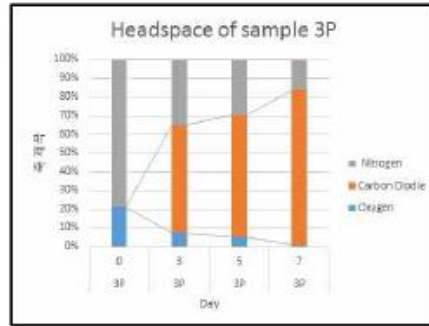
기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
7,000,000	8,000,000	-	15,000,000

No.	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시	키토산을 이용한 이산화탄소 지시계 및 이를 포함하는 식품 포장재	한국식품경영연구원	2017.03.13	7,000,000	
2	통상실시	신선도 지시계	더웨이브톡	2019.10.01.	5,000,000	
3	통상실시	이산화탄소지시계	(주)한국지능형 포장산업	2020.07.01	3,000,000	

명 칭	이산화탄소 지시계의 기술이전 및 시범사업을 위한 test
관련업체명	한국식품경영연구원, (주)이삭식품
지도내용	<p>◎ 기술지도</p> <p>1. 원리</p> <p>√ 기술이전 업체인 “한국식품경영연구원” 과 본 기술을 적용하여 제품을 생산하고 자 하는 “(주)이삭식품 “의 요청사항을 반영하여 PET-Can type 의 포장용기에 김치를 담아 지시계의 반응속도를 관찰 함.</p> <p>√ 관찰되어진 반응속도에 따라 김치의 용량 조절 및 CO2 배출구의 사이즈 조절 그리고, 지시계의 부착 위치 등에 따른 변화를 추가로 관찰하여 적용 예정.</p> <p>√ 이후, 지시계의 색상 변화를 보다 뚜렷하게 확인할 수 있는 색상 및 지시계의 용량 설정 및 효율적인 지시계의 생산성을 고려하여 제작된 지시계로 시범사업 진행 예정입니다.</p>



2. 적용 사례 (Lab test)



증빙

④ 사업화 성과 및 매출 실적

항목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(백만원)	200			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0	5	10	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	30	60	90
	국외	0	10	50	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	현재 신선도 휘발성염기질소(VBN), 이산화탄소 가스지시계의 제품단계까지 개발되어 설비 및 기기구축을 통해 대량 생산 예정			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	0	1	5	
	수출	0	2	10	

항목	세부항목		성 과
사업화 성과	매출액	개발후 현재까지	0억원
		향후 3년간 매출	1억원

항목	세부항목		성 과	
		관련제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 90% 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 60% 국외 : 10%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 80% 국외 : 90%
			향후 3년간 매출	국내 : 60% 국외 : 30%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		2위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		1위

(3) 제 1-1 협동과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과		인력양성			정책활용·홍보		기타	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용		홍보전시
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	5	5	-	-	-	20	20	-	5	-	5			-	-	-	-	-	40	-
최종목표	2	1	-	-	-	2	30	-	2	-	2	-	-	0	-	-	-	-	3	-
1단계	목표	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	실적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2단계	목표	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	실적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3단계	목표	2	1	-	-	2	30	-	2	-	2	-	-	0	-	-	-	-	3	-
	실적	1	0	-	-	20	53.5	-	2	-	0	-	-	1	-	-	-	-	3	-
최종	목표	2	1	-	-	2	30	-	2	-	2	-	-	0	-	-	-	-	3	-
	실적	1	0	-	-	20	53.5	-	2	-	0	-	-	1	-	-	-	-	3	-

① 논문게재 성과 : 해당사항 없음

② 특허 성과

출원된 특허					등록된 특허			
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
2019	1)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-010 0979				

1) 벨브 형태의 복합필름을 적용한 시간-온도 이력지시계 [출원번호 :10-2019-0100979]

③ 기술료징수 현황 : 해당사항 없음

④ 사업화 성과 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3년			
	소요예산(백만원)	200			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0.535	3	6	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	30	50	75
국외			10	50	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 다 모델, 제품 개발계획	인쇄형 및 효소형 TTI의 개선된 모델 추가 개발과 나노 기술을 이용한 인쇄형TTI를 개발중에 있으며, 이산화탄소 지시계의 한국지능형포장산업(주)로의 기술이전으로 김치 관련 제품에 시범적용 예정.			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	0	1	5	
	수 출	0	2	10	

항목	세부항목		성 과		
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.535 억원	
			향후 3년간 매출	3억원	
		관련제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 30% 국외 : 0%	
			향후 3년간 매출	국내 : 60% 국외 : 10%	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
			세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위	3위
				3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위	2위

(4) 제 2-1 세부과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과		인력양성			정책활용·홍보		기타	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문	학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용	홍보전시		
																				SCI
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	명	명				
3단계 가중치	10	10	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10	-	-	-
최종목표	6	4	-	4	8	-	-	-	-	-	-	14	3	4	8	3	2	-	-	-
1단계	목표	0	1	-	0	0	-	-	-	-	-	6	0	0	3	1	0	-	-	-
	실적	2	0	-	0	0	-	-	-	-	-	4	2	4	7	3	4	-	-	-
2단계	목표	4	2	-	2	0	-	-	-	-	-	6	3	2	4	1	0	-	-	-
	실적	4	2	-	2	8	-	-	-	-	-	9	1	5	6	3	13	-	-	-
3단계	목표	2	1	-	2	8	-	-	-	-	-	2	0	2	1	1	2	-	-	-
	실적	2	1	-	2	8	-	-	-	-	-	2	1	3	0	4	3	-	-	-
최종	목표	6	4	-	4	8	-	-	-	-	-	14	3	4	8	3	2	-	-	-
	실적	8	3	-	4	16	-	-	-	-	-	15	4	12	13	10	20	-	-	-

① 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
1차년도 (2010년 09월 01일~ 2011년 08월 31일)								
2011	1)	강용신	이종태	손경원, 이용한	IE Interfaces	24(2)	국내	비SCI
2차년도 (2011년 09월 01일~ 2012년 08월 31일)								
2012	2)	강용신	이용한	진희주, 류옥현	Journal of Food Engineerin g	113(1)	국외	SCI
3차년도 (2012년 09월 01일~ 2013년 08월 31일)								
2013	3)	진희주	이용한	김훈태	한국전자 거래학회 지	18(2)	국내	비SCI
2013	4)	강용신	이용한	-	Computers in Industry	64(5)	국외	SCI
2013	5)	강용신	이종태	염세경, 이용한	Journal of Food, Agriculture & Environme nt	11(3&4)	국외	SCI
2013	6)	강용신	이용한	이경훈	Korean Society for Food Science of Animal Resources	33(4)	국내	SCI
4차년도 (2013년 09월 01일~ 2014년 08월 31일)								
2013	7)	강용신	이용한	이종태, 윤종호, 진희주	Journal of Food, Agriculture & Environme nt	11(3)	국외	SCI
2014	8)	이종태	윤병운	간자르 알피양	Journal of Public Transporta tion	17(1)	국외	SCIE
2014	9)	간자르 알피양	윤병운	이종태	Computers & Industrial Engineerin g	70	국외	SSCI
5차년도 (2014년 09월 01일~ 2015년 08월 31일)								
2015	10)	류옥현	이용한	강용신, 진희주	Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers	41(2)	국내	비SCI
2015	11)	간자르 알피양	이종태	강용신, 윤병운	Sustainabi lity	7	국외	SSCI&SCIE
6차년도 (2015년 09월 01일~ 2016년 08월 31일)								
2016	12)	강용신	이용한	박일하, 이종태	IEEE Sensors Journal	16(2)	국외	SCI
2016	13)	무하마드 파잘 일하즈	이종태	강용신, 간자르 알피양, 우	Sustainabi lity	8(6)	국외	SCIE&SSCI

				타오				
2016	14)	우마르 파루크	이종태	우 타오, 간자르 알피양, 강용신	Sustainabili ty	8(9)	국외	SCIE&SSCI
7차년도 (2016년 09월 01일~ 2017년 08월 31일)								
2017	15)	간자르 알피양	간자르 알피양	이종태, 안혜정, 이재호, 우마르 파루크, 무하마드 파잘 일하즈, 무함마드 알렉스 시아에코 니	Journal of Food Engineerin g	OA	국외	SCI
2017	16)	간자르 알피양	간자르 알피양	이종태, 무하마드 파잘 일하즈, 무하마드 샤프루딘, 노마 라티프 피트리야 니	Applied Sciences	7(6)	국외	SCIE
8차년도 (2017년 09월 01일~ 2018년 06월 30일)								
2017	17)	안혜정	이종태	이재호, 간자르 알피양, 윤보한, 한희재	한국SCI학 회지	17(2)	국내	비SCI
9차년도 (2018년 07월 01일~ 2019년 04월 30일)								
2019	18)	간자르 알피양	이종태	무하마드 사이푸루 딘, 윤보한	Applied Science	9(6)	국외	SCI
10차년도 (2019년 05월 01일~ 2020년 08월 31일)								
2020	19)	간자르 알피양	이종태	무하마드 사이푸루 딘, 우마르 파루크, 무하마드 리프퀴 마아리프, 알렉스 사야코니, 노마 라티프 피트리야 니, 이재호	Food Control	110	국외	SCI

- 1) 모델 기반 EPCglobal 네트워크의 성능 분석
- 2) A simulation approach for optimal design of RFID sensor tag-based cold chain systems
- 3) RFID 기반 물류관리의 신뢰성 향상을 위한 상황인지 시스템
- 4) Development of generic RFID traceability services
- 5) RFID-based CO2 Emissions Allocation in the Third-party Logistics Industry
- 6) RFID-based Supply Chain Process Mining for Imported Beef
- 7) Current status and future research issues of RFID sensor tags for food safety

- 8) Application of Simulation Method and Regression Analysis to Optimize Car Operations in Carsharing Service: A Case Study in South Korea
- 9) A simulation tool for prioritizing product-service system(PSS) models in a carsharing service
- 10) 콜드체인 시스템의 센서태그 운영 최적화를 위한 DEVS 기반 시뮬레이션 모델
- 11) Performance Comparison of Reservation Based and Instant Access One-Way Car Sharing Service through Discrete Event Simulation
- 12) MongoDB-based Repository Design for IoT-generated RFID/Sensor Big Data
- 13) Efficient Digital Signage Based Online Store Layout; An Experimental Study
- 14) ePedigree Traceability System for the Agricultural Food Supply Chain to Ensure Consumer Health
- 15) Integration of RFID, Wireless Sensor Networks, and Data Mining in an e-Pedigree Food Traceability System
- 16) Performance Analysis of a Forecasting Relocation Model for One-Way Carsharing
- 17) 지능형 식품 포장 및 유통관리 시스템 도입 대안별 경제성 분석에 관한 연구
- 18) False Positive RFID Detection Using Classification Models
- 19) Improving efficiency of RFID-based traceability system for perishable food by utilizing IoT sensors and machine learning model

② 특허 성과

출원된 특허					등록된 특허			
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
1차년도 (2010년 09월 01일~ 2011년 08월 31일)								
2011	1)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0077760				
2차년도 (2011년 09월 01일~ 2012년 08월 31일)								
2012	2)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-0095914				
3차년도 (2012년 09월 01일~ 2013년 08월 31일)								
4차년도 (2013년 09월 01일~ 2014년 08월 31일)								
					2013	3) 동국대학교 산학협력단		대한민국
2014	4)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2014-0004354				
					2014	5) 동국대학교 산학협력단		대한민국
5차년도 (2014년 09월 01일~ 2015년 08월 31일)								
2014	6)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2014-0188550				
6차년도 (2015년 09월 01일~ 2016년 08월 31일)								
2016	7)	동국대학교	대한민국	10-2016-0035017				

2016	8)	산학협력단 동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-0096679				
7차년도 (2016년 09월 01일~ 2017년 08월 31일)								
8차년도 (2017년 09월 01일~ 2018년 06월 30일)								
9차년도 (2018년 07월 01일~ 2019년 04월 30일)								
10차년도 (2019년 05월 01일~ 2020년 08월 31일)								
					2019	9)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2020	10)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2020-0091194				
2020	11)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2020-0091197				

- 1) 음식물 상태 표시 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2011-0077760]
- 2) EPC 글로벌 네트워크 내 객체의 이동 추적방법 및 이를 이용한 공급망 프로세스 분석방법 [출원번호 : 10-2012-0095914]
- 3) 음식물 상태 표시 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1305143]
- 4) EPC 글로벌 네트워크 내 객체의 이동 추적을 이용한 공급망 프로세스 분석방법 [출원번호: 10-2014-0004354]
- 5) EPC 글로벌 네트워크 내 객체의 이동 추적 방법 [등록번호 : 10-1410252]
- 6) 이미지와 결합한 히든 코드 [출원번호: 10-2014-0188550]
- 7) 병렬 처리 기법을 이용한 사물인터넷 데이터 기반 프로세스 이상 현상 진단 방법 및 그 장치 [출원번호: 10-2016-0035017]
- 8) 컬러분포를 이용한 객체 인식 [출원번호: 10-2016-0096679]
- 9) 병렬 처리 기법을 이용한 사물인터넷 데이터 기반 프로세스 이상 현상 진단 기술 [등록번호 : 10-1985871]
- 10) RFID Gate에 대한 태깅 제품 움직임 및 방향 감지 시스템과 서버 [출원번호 : 10-2020-0091194]
- 11) 소매점용 RFID 기반 셀프 기반 고객 활동 인식 시스템 및 서버 [출원번호 : 10-2020-0091197]

③ 기술료징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
8,000,000원	8,030,000원	-	16,030,000원

No.	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시	Big Data기반 EPCIS 구축을 위한 몽고 DB 적용 노하우	(주)팬더아이앤씨	2017.03.13	4,000,000원	-
2	통상실시	Big Data기반 포장형 식품 유통관리 시스템을 위한 ePedigree 적용 노하우	(주)네오비엔에스	2017.08.04	4,000,000원	-
3	통상실시 (비독점실시)	신선식품 창고의 관리를 위한 열화상 카메라 제어 기술	(주)디에이아이	2020.08.24	3,630,000원	-
4	통상실시 (비독점실시)	신선식품 창고의 열화상 카메라 기반의 온도 및 품질 관리 시스템	(주)디에이아이	2020.08.24	4,400,000원	-

④ 사업화 성과 및 매출 실적 : 해당사항 없음

(5) 제 2-2 세부과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			인력양성			정책활용·홍보		기타
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	10	10	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	20	-	-	-
최종목표	5	5	-	1	7	-	-	-	-	-	-	14	4	4	11	3	2	-	-	-
1단계	목표	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0	0	5	1	0	-	-	-
	실적	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	5	9	1	4	-	-	-
2단계	목표	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	9	4	4	4	2	0	-	-	-
	실적	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	9	4	7	5	1	6	-	-	-
3단계	목표	2	1	-	1	7	-	-	-	-	-	2	0	0	2	0	2	-	-	-
	실적	3	1	-	1	7	-	-	-	-	-	0	1	3	2	0	1	-	-	-
최종	목표	5	5	-	1	7	-	-	-	-	-	14	4	4	11	3	2	-	-	-
	실적	9	6	-	1	7	-	-	-	-	-	12	8	15	16	2	11	-	-	-

① 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2011	1)	박종렬	엄기환	이승준,	Sensors	11(9)	국외	SCI
2011	2)	엄기환	엄기환	이승준, 경여선, 이창원, 김민철, 정경권	Sensors	11(11)	국외	SCI
2011	3)	이창원	엄기환	이승준, 김민철, 경여선	International Journal of Advanced Science and Technology	36	국외	일반
2012	4)	엄기환	엄기환	김민철, 이승준, 이창원	International Journal of Distributed Sensor Networks	2012	국외	SCI
2013	5)	엄기환	엄기환	이창원, 박소영, 김주용	International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering	8(3)	국외	Scopus
2013	6)	엄기환	엄기환	니아, 임삼, 정경권, 김주용	International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering	8(4)	국외	Scopus
2013	7)	엄기환	이창원	니아, 정경권, 김주용	International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering	8(5)	국외	Scopus
2013	8)	원기훈	이상현	김영후, 안슬지, 이혜정, 박새롬, 최영균, 김지현, 황학인, 김형주, 김형섭	Applied Biochemistry and Biotechnology	171(5)	국외	SCI
2014	9)	엄기환	현교환	임삼, 김주용	International Journal of Distributed Sensor Networks	2014	국외	SCI
2014	10)	장난영	원기훈	-	International Journal of Food Science and Technology	49(2)	국외	SCI
2014	11)	부타이하 이차우	원기훈	-	Journal of Agricultural and Food Chemistry	62(29)	국외	SCI
2014	12)	딘두후용	원기훈	호낙안투, 강택진, 캐런 맥도널드	Journal of Chemical Technology and Biotechnology	89(9)	국외	SCI

2015	13)	손은진	원기훈, 박찬범	이준석, 이민아, 부타이하 이차우, 이하나	Sensors and Actuators B: Chemical	213	국외	SCI
2014	14)	엄기환	임삼	현교환 김주웅 신지원	International Journal of Smart Home	8(5)	국외	Scopus
2014	15)	엄기환	현교환	임삼 김주웅 신지원	International Journal of Control and Automation	7(10)	국외	Scopus
2015	16)	이창원	엄기환	현교환 김주웅	The Asian International Journal of Life Sciences	24(3)	국외	SCI
2016	17)	엄기환	엄기환	이용진 신지애 이하나 원기훈	Contemporary Engineering Science	9(15)	국외	Scopus
2016	18)	딘두후웅	원기훈	이상천, 후진원	Journal of the Electrochemical Society	163(6)	국외	SCI
2016	19)	원기훈	원기훈	장난영, 전준수	Journal of Agricultural and Food Chemistry	64(51)	국외	SCI
2019	20)	엄기환	엄기환	최한주, 원기훈, 원서연, 정경권	International Journal of Smart Home	13(1)	국외	일반

- 1) The Design of RFID Conveyor Belt Gate System Using an Antenna Control Unit
- 2) Improved Kalman Filter Method for Measurement Noise Reduction in Multi Sensor RFID Systems
- 3) Capacitive Humidity Sensor Tag Smart Refrigerator System using the Capacitive to Voltage Converter (CVC)
- 4) The vegetable freshness monitoring system using RFID with Oxygen and Carbon dioxide Sensor
- 5) Fermentation Food Monitoring System Using the Smart RFID Sensor Tag
- 6) The Configuration of Fruit State Monitoring System Using the RFID System
- 7) Food poisoning prevention monitoring system based on the smart RFID tag system
- 8) Glucose Oxidase/Cellulose-Carbon Nanotube Composite Paper as a Biocompatible Bioelectrode for Biofuel Cells
- 9) The Meat Freshness Monitoring System Using the Smart RFID Tag
- 10) New Pressure-Activated Compartmented Oxygen Indicator for Intelligent Food Packaging
- 11) Leaching-Resistant Carrageenan-Based Colorimetric Oxygen Indicator Films for Intelligent Food Packaging
- 12) Salt-Free Production of γ -Aminobutyric Acid from Glutamate Decarboxylase Separated from *Escherichia coli*
- 13) Self-Adhesive Graphene Oxide-Wrapped TiO₂ Nanoparticles for UV-Activated Colorimetric Oxygen Detection
- 14) A Design of Smart RFID System for Toxic Gases Monitoring
- 15) Sweet Spot Search of Array Antenna Beam using the Modified Genetic Algorithm and Fuzzy Logic System

- 16) A Real-Life Safety System using a Dual-Frequency Smart Radio-Frequency IDentification (RFID) Tag
- 17) Integration of an Oxygen Indicator Sensor with a Passive UHF Band RFID Tag
- 18) Diaphorase-Viologen Conjugates as Bioelectrocatalysts for NADH Regeneration
- 19) A Natural Component-Based Oxygen Indicator with In-Pack Activation for Intelligent Food Packaging
- 20) Temperature History System Using the NFC Self-Powered Temperature Sensor Tag

② 특허 성과

출원된 특허					등록된 특허			
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
2010	1)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2010-0126385				
2011	2)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0094122				
2011	3)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2011-0134440				
					2012	4)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2013	5)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2014	6)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2015	7)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-0135529				
2015	8)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-0108631				
2016	9)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-0082734				
					2016	10)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2016	11)	동국대학교 산학협력단	대한민국
					2018	12)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2018	13)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2018-0044656				
2019	14)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-0056843				
2019	15)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2019-0056844				

1) 태그 리더 장치 및 그 동작 방법 [출원번호 : 10-2010-0126385]

- 2) 감광제를 이용하여 금속층에 그래핀을 제조하는 방법 [출원번호 : 10-2011-0094122]
- 3) 절연체층 상에 그래핀 박막을 형성하는 방법 및 이를 이용하여 생성한 그래핀 박막 [출원번호 : 10-2011-0134440]
- 4) 태그 리더 장치 및 그 동작 방법 [등록번호 : 10-1103829]
- 5) 감광제를 이용하여 금속층에 그래핀을 제조하는 방법 [등록번호 : 10-1249678]
- 6) 절연체층 상에 그래핀 박막을 형성하는 방법 및 이를 이용하여 생성한 그래핀 박막 [등록번호 : 10-1416713]
- 7) 이중 대역 스마트 RFID 태그 [출원번호 : 10-2015-0135529]
- 8) 자가발전형 비색 산소 센서-지시계 [출원번호 : 10-2015-0108631]
- 9) 센서형 산소지시계와 결합된 수동형 UHF 대역 RFID를 이용한 산소농도 측정 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2016-0082734]
- 10) 이중 대역 스마트 RFID 태그 [등록번호 : 10-1602784]
- 11) 자가발전형 비색 산소 센서-지시계 [등록번호 : 10-1691174]
- 12) 센서형 산소지시계와 결합된 수동형 UHF 대역 RFID를 이용한 산소농도 측정 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1828245]
- 13) 필름형 전지 및 자가발전형 산소/온도 지시계-센서 [출원번호 : 10-2018-0044656]
- 14) 필름형 온도 센서 [출원번호 : 10-2019-0056843]
- 15) 근거리 자가 발전형 온도 센서 태그를 이용한 차세대 온도 이력 시스템 [출원번호 : 10-2019-0056844]

③ 기술료징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
7,000,000	-	-	7,000,000

- 기술이전 및 기술지도 내용

No.	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시	자가발전형 온도측정장치 및 이를 갖는 온도측정시스템	(주)한국지능형포장산업	2019. 7. 1	7,000,000원	-

④ 사업화 성과 및 매출 실적 : 해당사항 없음

(6) 제 2-1 협동과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과		인력양성			정책활용·홍보		기타	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용		홍보전시
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	5	5	-	-	-	20	20	-	5	-	5			-	-	-	-	-	40	-
최종목표	2	1	-	-	-	2	20	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-
1단계	목표	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	실적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2단계	목표	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	실적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3단계	목표	2	1	-	-	-	2	20	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-
	실적	0	0	-	-	-	0	0	-	4	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-
최종	목표	2	1	-	-	-	2	20	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-
	실적	0	0	-	-	-	0	0	-	4	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-

- ① 논문게재 성과 : 해당사항 없음
- ② 특허 성과 : 해당사항 없음
- ③ 기술료징수 현황 : 해당사항 없음
- ④ 사업화 성과 및 매출 실적 : 해당사항 없음

(7) 제 3-1 세부과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			인력양성			정책활용·홍보		기타
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	10	10	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10	-	-	-
최종목표	4	5	-	3	7	-	-	-	-	-	-	14	11	12	13	3	3	-	4	-
1단계	목표	0	1	-	0	0	-	-	-	-	-	6	0	3	5	1	0	-	0	-
	실적	2	0	-	0	0	-	-	-	-	-	8	1	0	6	0	0	-	0	-
2단계	목표	2	3	-	1	0	-	-	-	-	-	5	8	6	6	1	0	-	4	-
	실적	5	4	-	1	6	-	-	-	-	-	8	11	12	17	2	0	-	6	-
3단계	목표	2	1	-	2	7	-	-	-	-	-	3	3	3	2	1	3	-	0	-
	실적	2	3	-	2	8	-	-	-	-	-	4	3	10	2	1	3	-	0	-
최종	목표	4	5	-	3	7	-	-	-	-	-	14	11	12	13	3	3	-	4	-
	실적	9	7	-	3	14	-	-	-	-	-	20	15	22	25	3	3	-	6	-

① 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2011	1)	정미진	이동선	안덕순 이승주	Jouranal of Food, Agriculture and Environment	9(3&4)	국외	SCI
2012	2)	김환기	이동선	안덕순 이승주	Journal of Food, Agriculture and Environment	10(3&4)	국외	SCI
2012	3)	정미진	이동선	안덕순 이승주	Food Science and Technology Research	18(4)	국외	SCI
2013	4)	정미진	이동선	안덕순 박우포	한국포장학회지	19(1)	국내	비SCI
2013	5)	권민지	이동선	조윤희 안덕순	Mathematical Problems in Engineering	2013 (Article ID 267629)	국외	SCI
2013	6)	조윤희	이동선	김남용 안덕순 이혁재	Biosystems Engineering	115(3)	국외	SCI
2013	7)	조윤희	이동선	안덕순	Journal of Food, Agriculture & Environment	11(3&4)	국외	SCI
2013	8)	이동선	이동선	-	Journal of Food, Agriculture & Environment	11(3&4)	국외	SCI
2013	9)	권민지	이동선	안덕순	Journal of Food Process Engineering	36(5)	국외	SCI
2013	10)	조윤희	이동선	안덕순	한국포장학회지	19(2)	국내	비SCI
2013	11)	조윤희	이동선	안덕순	한국포장학회지	19(3)	국내	비SCI
2014	12)	이동선	이동선	조윤희 권민지 안덕순	Mathematical Problems in Engineering	2014 (Article ID 363691)	국외	SCI
2014	13)	권민지	이동선	안덕순	International Journal of Food Science & Technology	49(11)	국외	SCI
2014	14)	이동선	이동선		한국포장학회지	20(1)	국내	비SCI
2014	15)	조윤희	이동선	안덕순	한국포장학회지	20(2)	국내	비SCI
2014	16)	조윤희	이동선	안덕순	Biosystems Engineering	125(1)	국외	SCI
2014	17)	안덕순	이동선	이지혜 이혜림	한국포장학회지	20(3)	국내	비SCI
2015	18)	이동선	이동선	안덕순	한국포장학회지	21(1)	국내	비SCI
2015	19)	왕홍강	이동선	조윤희 안덕순 임중환	Food Packaging and Shelf Life	4	국외	비SCI
2015	20)	왕홍강	이동선	안덕순 임중환	Packaging Technology and Science	28(12)	국외	SCI
2016	21)	안덕순	안덕순		한국식품영양과학회지	45(3)	국내	비SCI
2016	22)	이지혜	이동선	안덕순 송재민	Biosystems Engineering	148(1)	국외	SCI

				정용배				
2016	23)	왕홍강	이동선	안덕순	Journal of Food protection	79(9)	국외	SCI
2016	24)	이혜립	이동선	안덕순	Packaging Technology and Science	29(8-9)	국외	SCI
2016	25)	이동선	이동선		Trends in Food Science & Technology	57	국외	SCI
2016	26)	이혜립	이동선	안덕순 정용배	한국포장학회지	22(3)	국내	비SCI
2017	27)	왕홍강	이동선	안덕순 임종환	Food Packaging and Shelf Life	11	국외	비SCI
2017	28)	Chalalai Jaisan	이동선		Food Packaging and Shelf Life	12	국외	비SCI
2018	29)	이지혜	이동선	안덕순	Biosystems Engineering	171	국외	SCI
2018	30)	이혜립	이동선	박수연 안덕순	Journal of Food Process Engineering	41(6)	국외	SCI
2018	31)	Chalalai Jaisa	이동선	안덕순	Journal of Food Science	83(12)	국외	SCI
2019	32)	안덕순	안덕순	조민경 박수연 이동선	한국포장학회지	25(2)	국내	비SCI
2019	33)	Chalalai Jaisa	이동선	안덕순	Food Packaging and Shelf Life	20	국외	SCI
2020	34)	박수연	이동선	안덕순	한국포장학회지	26(2)	국내	비SCI
2020	35)	정수연	안덕순	이동선	한국포장학회지	26(2)	국내	비SCI

- 1) A master packaging system for preserving strawberries in the fresh produce supply chain
- 2) Dependence of individual primary package atmosphere on retail display temperature and micro-perforations in a master packaging system of chestnuts
- 3) The quality of king oyster mushrooms stored with a master packaging system consisting of inner individual packs and an outer liner bag to be dismantled at a retail display
- 4) 농산물 유통과정에서 복숭아의 품질유지를 위한 마스터 포장 시스템
- 5) Applicability of simplified simulation models for perforation-mediated modified atmosphere packaging of fresh produce
- 6) Modified atmosphere container equipped with gas diffusion tube automatically controlled in response to real-time gas concentration
- 7) Gas composition of micro-perforated individual package in master packaging system of strawberries
- 8) Comparison of control logics in fresh produce container with atmosphere modification responding to real-time gas concentration
- 9) Modified atmosphere container with time-controlled gas-diffusion tube for preserving fresh produce
- 10) Gas diffusion tube dimension in sensor-controlled fresh produce container system to maintain the desired modified atmosphere
- 11) 기체확산 튜브 부착 신선 농산물 용기에서의 실시간 산소농도 제어의 효과
- 12) Strategy and software application of fresh produce package design to attain optimal modified

atmosphere

- 13) Development of a novel modified atmosphere container with a cycle-time-controlled perforation for enoki mushroom preservation
- 14) 신선 농산물의 마스터 포장 시스템
- 15) 실시간 O₂ 농도 제어 풋고추 용기에서 능동기체치환 시스템이 기체조성과 품질보존에 미치는 효과
- 16) Active air flushing in a sensor-controlled fresh produce container system to maintain the desired modified atmosphere
- 17) 생표고버섯에 대한 마스터 포장 시스템의 현장 적용
- 18) Compilation of respiration model parameters for designing modified atmosphere package of fresh produce
- 19) Properties of agar-based CO₂ absorption film containing Na₂CO₃ as active compound
- 20) A multi-fuctional biofilmused as an active insert in modified atmosphere packaging for fresh produce
- 21) 유통과정에서 생표고버섯에 대한 Active 마스터 포장 시스템의 효과
- 22) An adaptively controlled modified atmosphere container system for fresh produce
- 23) Development of multifunctional active film and its application in modified atmosphere packaging of shiitake mushrooms
- 24) Effect of initial gas flushing or vacuum packaging on the ripening dynamics and preference for kimchi, a Korean fermented vegetable
- 25) Carbon dioxide absorbers for food packaging applications
- 26) Container system actively maintaining high CO₂ concentration for improved sensory quality of kimchi
- 27) Shiitake mushroom packages tuned in active CO₂ and moisture absorption requirements
- 28) A mathematical model to predict ripening degree of kimchi, a Korean fermented vegetable for meeting consumer preference and controlling shelf life on real time basis
- 29) Fresh produce container adaptively controlled in its atmosphere modification under variable temperature conditions
- 30) A novel *Kimchi* container with an atmosphere actively controlled by time-programmed vacuumizing and CO₂ flushing
- 31) Application of physical gas absorbers in manipulating the CO₂ pressure of *Kimchi* package
- 32) 김치용기에서의 이산화탄소 농도 제어를 위한 주입 프로그램 조건 설정
- 33) Modeling volume change for active flexible package of CO₂-producing *kimchi*
- 34) Fresh produce container operated with a routine of hypobaric application, CO₂ injection and diffusion tube opening for keeping beneficial modified atmosphere
- 35) CO₂흡수제 함유 김치포장에서 CO₂ 농도와 제품 숙성도의 상호관련성

② 특허 성과

출원된 특허					등록된 특허			
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
2012	1)	동국대학교 산학협력단 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-010 0071				
2012	2)	동국대학교 산학협력단 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2012-012 4943				
2013	3)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2013-013 5529				
					2014	4)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2014	5)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2015	6)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
2015	7)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-004 9261				
2015	8)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-014 6029				
2016	9)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2016-00 05469				
2017	10)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-00 31733				
					2017	11)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2017	12)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교	대한민국

							산학협력단	
					2018	13)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
2018	14)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2018-00 48623				
					2019	15)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
2020	16)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국	10-2020-00 34279				

- 1) 기체조성 감지를 통한 통기구 개폐제어에 의해 적정 변형 기체의 농도를 유지하는 농산물 신선도 유지 장치, 및 방법 [출원번호 : 10-2012-0100071]
- 2) 저장용기의 시간제어식 통기구 개폐를 통한 농산물의 신선도 유지 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2012-0124943]
- 3) 농산물 용기와 포장에서 통기구의 시간주기에 따른 개폐 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2013-0135529]
- 4) 기체조성 감지를 통한 통기구 개폐제어에 의해 적정 변형 기체의 농도를 유지하는 농산물 신선도 유지 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1406931]
- 5) 저장용기의 시간제어식 통기구 개폐를 통한 농산물의 신선도 유지 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1429715]
- 6) 농산물 용기와 포장에서 통기구의 시간주기에 따른 개폐 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1560711]
- 7) 신선한 농산물 및 발효식품의 포장용 다기능 이산화탄소 흡수제 및 이를 이용한 변패 방지방법 [출원번호 : 10-2015-0049261]
- 8) 김치 저장 방법 및 장치 [출원번호 : 10-2015-0146029]
- 9) 농산물 신선도 유지 방법 및 장치 [출원번호 : 10-2016-0005469]
- 10) 김치 저장 장치 및 방법 [출원번호 : 10-2017-0031733]
- 11) 김치 저장 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1801135]
- 12) 농산물 신선도 유지 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1756846]
- 13) 김치 저장 장치 및 방법 [등록번호 : 10-1891764]
- 14) 농산물 저장 시스템 및 방법 [출원번호 : 10-2018-0048623]
- 15) 농산물 저장 시스템 및 방법 [등록번호 : 10-2037991]
- 16) 김치 포장용 이산화탄소 흡수제 및 이를 포장하는 포장 김치 [출원번호 : 10-2020-0034279]

③ 기술료징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
6,000,000원	8,000,000원	-	14,000,000원

No.	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시	김치 저장 방법 및 장치	(주)쉬운기술	2017.03.19	6,000,000원	-
2	통상실시	신선농산물 MAP 설계 Application	(주)쉬운기술	2018.03.01	2,000,000원	-
3	통상실시	김치 저장 장치 및 방법	(주)쉬운기술	2020.04.01	6,000,000원	

④ 사업화 성과 및 매출 실적 : 해당사항 없음

(8) 제 3-1 협동과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			인력양성			정책활용·홍보		기타
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	10	10	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10	-	-	-
최종목표	4	4	-	2	6	-	-	-	-	-	-	24	-	4	9	2	1	-	-	-
1단계	목표	0	1	-	0	0	-	-	-	-	-	9	-	0	3	1	0	-	-	-
	실적	1	0	-	0	0	-	-	-	-	-	12	-	0	3	0	1	-	-	-
2단계	목표	2	2	-	1	0	-	-	-	-	-	10	-	2	5	1	0	-	-	-
	실적	1	2	-	2	10.5	-	-	-	-	-	33	-	5	6	0	2	-	-	-
3단계	목표	2	1	-	1	6	-	-	-	-	-	5	-	2	1	0	1	-	-	-
	실적	0	0	-	1	10	-	-	-	-	-	19	-	10	1	2	1	-	-	-
최종	목표	4	4	-	2	6	-	-	-	-	-	24	-	4	9	2	1	-	-	-
	실적	2	2	-	3	20.5	-	-	-	-	-	64	-	15	10	2	4	-	-	-

① 논문게재 성과

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2011	1)	임종환	임종환	이수빈 홍석인	J. Food Sci.	76(3)	국외	SCI
2011	2)	손석민	임종환	이준호	Food Sci. Biotechnol.	20(2)	국외	SCI
2011	3)	임종환	임종환		Carbohydrate Polymers.	86	국외	SCI
2011	4)	임종환	임종환		J. Food Sci.	76(8)	국외	SCI
2012	5)	홍석인	임종환		LWT-Food Science and Technology	48	국외	SCI
2012	6)	임종환	임종환		J. Food Sci.	77(12)	국외	SCI
2012	7)	임종환	임종환		Italian J. of Food Sci.	24(4)	국외	SCI
2013	8)	임종환	임종환		Food Research International	51	국외	SCI
2013	9)	임종환	임종환	Long-Feng Wang	Carbohydrate Polymers	96	국외	SCI
2013	10)	임종환	임종환	Long-Feng Wang, 홍석인	Food Hydrocolloids	33	국외	SCI
2013	11)	임종환	임종환		LWT-Food Science and Technology	54	국외	SCI
2013	12)	임종환	임종환	박환만 하창식	Progress in Polymer Science	38	국외	SCI
2014	13)	Paulraj Kanmani	임종환		Food Hydrocolloids	35	국외	SCI
2014	14)	Paulraj Kanmani	임종환		Food Chemistry	148	국외	SCI
2014	15)	Paulraj Kanmani	임종환		Carbohydrate Polymers	102	국외	SCI
2014	16)	임종환	임종환	Long-Feng Wang, 이용훈, 홍석인	Carbohydrate Polymers	103	국외	SCI

계재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2014	17)	Paulraj Kanmani	임종환		International Journal of Biological Macromolecules	68	국외	SCI
2014	18)	임종환	임종환	Long-Feng Wang	Applied Clay Science	97	국외	SCI
2014	19)	Shiv Shankar	임종환	Xinnan Teng	Carbohydrate Polymers	114	국외	SCI
2014	20)	Shiv Shankar	임종환		Materials Letters	132	국외	SCI
2014	21)	Shiv Shankar	임종환	Xinnan Teng	Korean J Packag Sci Technol	20(2)	국내	
2015	22)	Shiv Shankar	임종환	Xinnan Teng, Gaobin Li	Food Hydrocolloids	45	국외	SCI
2015	23)	임종환	임종환	Paulraj Kanmani	Materials Letters	141	국외	SCI
2015	24)	Shiv Shankar	임종환	Jeevan Prasad Reddy	Carbohydrate Polymers	117	국외	SCI
2015	25)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	127	국외	SCI
2015	26)	Shiv Shankar	임종환		Carbohydrate Polymers	130	국외	SCI
2015	27)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	134	국외	SCI
2015	28)	Shiv Shankar	임종환	Jeevan Prasad Reddy	International Journal of Biological Macromolecules	81	국외	SCI
2016	29)	Shiv	임종환		Carbohydrate Polymers	135	국외	SCI

계재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
		Shankar						
2016	30)	Long-Feng Wang	임종환		LWT - Food Science and Technology	68	국외	SCI
2016	31)	Ahmed A. Oun	임종환		Materials Letters	168	국외	SCI
2016	32)	Shiv Shankar	임종환	Long-Feng Wang	Carbohydrate Polymers	146	국외	SCI
2016	33)	Aungkana Orsuwan	임종환	Shiv Shankar, Long-Feng Wang, Rungsinee Sothornvit	Food Hydrocolloids	60	국외	SCI
2016	34)	Shiv Shankar	임종환		LWT - Food Science and Technology	72	국외	SCI
2016	35)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	150	국외	SCI
2016	36)	Long-Feng Wang	임종환		LWT - Food Science and Technology	74	국외	SCI
2016	37)	Shiv Shankar	임종환	Tanomrod, Rawdkeun	International Journal of Biological Macromolecules	92	국외	SCI
2017	38)	Long-Feng Wang	임종환	Shiv Shankar	Food Hydrocolloids	63	국외	SCI
2017	39)	Ahmed A. Oun	임종환		Food Hydrocolloids	67	국외	SCI
2017	40)	Shiv Shankar	임종환		Carbohydrate Polymers	163	국외	SCI
2017	41)	Aungkana Orsuwan	임종환	Shiv Shankar, Long-Feng Wang, Rungsinee Sothornvit,	J. Food Sci. Technol.	54(2)	국외	SCI
2017	42)	Shiv	임종환		Carbohydrate Polymers	169	국외	SCI

계재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
		Shankar						
2017	43)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	169	국외	SCI
2017	44)	Shiv Shankar	임종환		Food Hydrocolloids	71	국외	SCI
2017	45)	Ahmed A. Oun	임종환		Carbohydrate Polymers	169	국외	SCI
2018	46)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim	Ahmed A. Oun	International Journal of Biological Macromolecules	107	국외	SCI
2018	47)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim	Keehoon Won	International Journal of Biological Macromolecules	107	국외	SCI
2018	48)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim	Rudra Pangeni, Jin Woo Park	Materials Science & Engineering C	92	국외	SCI
2018	49)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim	Long-Feng Wang	Materials Science & Engineering C	93	국외	SCI
2018	50)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim		International Journal of Biological Macromolecules	120	국외	SCI
2018	51)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim	Stefan Kaspis	International Journal of Biological Macromolecules	118	국외	SCI
2019	52)	Long-Feng Wang	Jong-Whan Rhim		LWT - Food Science and Technology	99	국외	SCI
2019	53)	Swarup Roy	Jong-Whan Rhim	Shiv Shankar	Food Hydrocolloids	88	국외	SCI
2019	54)	Shima Jafarzadeh	Jong-Whan Rhim	Abd Karim Alias, Fazilah Ariffin, Shahrom Mahmud	Journal of the Science of Food and Agriculture	99	국외	SCI
2019	55)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim		Environmental Chemistry Letters	17	국외	SCI
2019	56)	Swarup Roy	Jong-Whan Rhim		Food Hydrocolloids	90	국외	SCI
2019	57)	Swarup Roy	Jong-Whan Rhim		Food Hydrocolloids	94	국외	SCI
2019	58)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim		Food Packaging and Shelf Life	21	국외	SCI
2019	59)	Shiv	Jong-Whan Rhim	Long-Feng	Food Packaging and Shelf Life	21	국외	SCI

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol.(No.)	국내외 구분	SCI구분
		주저자	교신저자	공동저자				
		Shankar	n Rhim	Wang				
2019	60)	Shiv Shankar	Jong-Whan Rhim		Materials Science & Engineering C.	105	국외	SCI
2019	61)	Lily Jaiswal	Jong-Whan Rhim	Shiv Shankar	Carbohydrate Polymers.	224	국외	SCI
2019	62)	Yeong-Ju Bang	Jong-Whan Rhim	Shiv Shankar	Food Packaging and Shelf Life	22	국외	SCI
2020	63)	Swarup Roy	Jong-Whan Rhim		Food Hydrocolloids	98	국외	SCI
2020	64)	Yeong-Ju bang	Jong-Whan Rhim	Shiv Shankar	Packaging Technology and Science		국외	SCI

- 1) Preparation and characterization of agar/clay nanocomposite films: The effect of clay type.
- 2) Dehydration characteristics of *Maesaengi* (*Capsosiphon fulvescens*) in hot-air drying.
- 3) Effect of clay contents on mechanical and water vapor barrier properties of agar-based nanocomposite films.
- 4) Water vapor adsorption isotherms of agar-based nanocomposite films.
- 5) Preparation and properties of melt-intercalated linear low density polyethylene/clay nanocomposite films prepared by blow extrusion.
- 6) Physical-mechanical properties of agar/ κ -carrageenan blend film and derived clay nanocomposite film.
- 7) Mechanical and water barrier properties of multicomponent (agar/carrageenan/konjac) hydrogel films.
- 8) Effect of PLA lamination on performance characteristics of agar/ κ -carrageenan/clay bio-nanocomposite film.
- 9) Mechanical and water barrier properties of agar/ κ -carrageenan/konjac glucomannan ternary blend biohydrogel films.
- 10) Preparation and characterization of agar/silver nanoparticles composite films with antimicrobial activity.
- 11) Preparation and characterization of silver coated PLA film and its antimicrobial activity.
- 12) Bionanocomposites for Food Packaging Applications
- 13) Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay.
- 14) Physico-chemical properties of gelatin/silver nanoparticles antimicrobial composite films.

- 15) Antimicrobial and physical-mechanical properties of agar-based films incorporated with grapefruit seed extract.
- 16) Preparation and characterization of bio-nanocomposite films of agar and silver nanoparticles: laser ablation method.
- 17) Development and characterization of carrageenan/grapefruit seed extract composite films for active packaging.
- 18) Preparation and characterization of carrageenan-based nanocomposite films reinforced with nanoclay and silver nanoparticles.
- 19) Properties and characterization of agar/CuNPs bionanocomposite films prepared with different copper salts and reducing agents.
- 20) Effect of copper salts and reducing agents on characteristics and antimicrobial activity of copper nanoparticles.
- 21) Effect of concentration of ZnO nanoparticles on mechanical, optical, thermal, and antimicrobial properties of gelatin/ZnO nanocomposite films.
- 22) Preparation, characterization, and antimicrobial activity of gelatin/ZnO nanocomposite films.
- 23) Synthesis and characterization of biopolymer agar mediated gold nanoparticles.
- 24) Preparation, characterization, and antimicrobial activity of chitin nanofibrils reinforced carrageenan nanocomposite films.
- 25) Preparation and characterization of sodium carboxymethyl cellulose/cotton linter cellulose nanofibril composite films.
- 26) Amino acid mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial agar/silver nanoparticles composite films.
- 27) Effect of post-treatments and concentration of cotton linter cellulose nanocrystals on the properties of agar-based nanocomposite films.
- 28) Effect of lignin on water vapor barrier, mechanical, and structural properties of agar/lignin composite films.
- 29) Preparation of nanocellulose from micro-crystalline cellulose: The effect on the performance and properties of agar-based composite films.
- 30) Preparation of poly(lactide)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) blend films using a solvent casting method and their food packaging application.
- 31) Characterization of nanocelluloses isolated from ushar (*Calotropis procera*) seed fiber: Effect of isolation method.
- 32) Preparations and characterization of alginate/silver composite films: Effect of types of silver particles.
- 33) Preparation of antimicrobial agar/banana powder blend films reinforced with silver nanoparticles.
- 34) Tocopherol-mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial PBAT/silver nanoparticles composite films.
- 35) Isolation of cellulose nanocrystals from grain straws and their use for the preparation of carboxymethyl cellulose-based nanocomposite films.
- 36) Grapefruit seed extract incorporated antimicrobial LDPE and PLA films: Effect of type of polymer matrix.

- 37) Preparation of pectin/silver nanoparticles composite films with UV-light barrier and antimicrobial properties.
- 38) Properties of alginate-based films reinforced with cellulose fibers and cellulose nanowhiskers isolated from mulberry pulp.
- 39) Carrageenan-based hydrogels and films: Effect of ZnO and CuO nanoparticles on the physical, mechanical, and antimicrobial properties.
- 40) Facile approach for large-scale production of metal and metal oxide nanoparticles and preparation of antibacterial cotton pads.
- 41) One-step preparation of banana powder/silver nanoparticles composite films.
- 42) Preparation and properties of carbohydrate-based composite films incorporated with CuO nanoparticles.
- 43) Preparation of multifunctional chitin nanowhiskers/ZnO-Ag NPs and their effect on the properties of carboxymethyl cellulose-based nanocomposite film.
- 44) Preparation and characterization of agar/lignin/silver nanoparticles composite films with ultraviolet light barrier and antibacterial properties.
- 45) Characterization of carboxymethyl cellulose-based nanocomposite films reinforced with oxidized nanocellulose isolated using ammonium persulfate method.
- 46) Preparation of antimicrobial hybrid nano-materials using regenerated cellulose and metallic nanoparticles.
- 47) Preparation of poly(lactide)/lignin/silver nanoparticles composite films with UV light barrier and antibacterial properties.
- 48) Preparation of sulfur nanoparticles and their antibacterial activity and cytotoxic effect.
- 49) Incorporation of zinc oxide nanoparticles improved the mechanical, water vapor barrier, UV-light barrier, and antibacterial properties of PLA-based nanocomposite films.
- 50) Preparation of antibacterial poly(lactide)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) composite films incorporated with grapefruit seed extract.
- 51) Alginate-based nanocomposite films reinforced with halloysite nanotubes functionalized by alkali treatment and zinc oxide nanoparticles.
- 52) Isolation and characterization of melanin from black garlic and sepia ink.
- 53) Melanin-mediated synthesis of silver nanoparticle and its use for the preparation of carrageenan-based antibacterial films.
- 54) Application of antimicrobial active packaging film made of semolina flour, nano zinc oxide and nano-kaolin to maintain the quality of low-moisture mozzarella cheese during low-temperature storage.
- 55) Effect of Zn salts and hydrolyzing agents on the morphology and antibacterial activity of zinc oxide nanoparticles.
- 56) Carrageenan-based antimicrobial bionanocomposite films incorporated with ZnO nanoparticles stabilized by melanin.
- 57) Agar-based antioxidant composite films incorporated with melanin nanoparticles.
- 58) Effect of types of zinc oxide nanoparticles on structural, mechanical and antibacterial properties of poly(lactide)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) composite films.

- 59) Effect of melanin nanoparticles on the mechanical, water vapor barrier, and antioxidant properties of gelatin-based films for food packaging application.
- 60) Eco-friendly antimicrobial nanoparticles of keratin-metal ion complex.
- 61) Carrageenan-based functional hydrogel film reinforced with sulfur nanoparticles and grapefruit seed extract for wound healing application.
- 62) *In situ* synthesis of multi-functional gelatin/resorcinol/silver nanoparticles composite films.
- 63) Preparation of carbohydrate-based functional composite films incorporated with curcumin.
- 64) Preparation of polypropylene/poly(butylene adipate-co-terephthalate) composite films incorporated with melanin for prevention of greening of potatoes

② 특허 성과

출원된 특허					등록된 특허			
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
					2014	1)	동국대학교 산학협력단, 목포대학교 산학협력단	대한민국
2015	2)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2015-0048 114				
					2016	3)	동국대학교 산학협력단	대한민국
2017	4)	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2017-0031 052				

- 1) 생고분자와 나노점토를 포함하는 생체적합성 생분해성 흡습제 및 이의 제조방법 [등록번호 : 10-1440024]
- 2) 감자의 녹변방지용 생분해성 식품포장재 제조방법 [출원번호 : 10-2015-0048114]
- 3) 생고분자와 자몽씨 추출물을 포함하는 생분해성 자외선 차단용 필름 및 이의 제조방법 [등록번호 : 10-1692515]
- 4) 다기능성 바이오토포복합 하이드로겔, 그의 제조방법 및 그의 용도 [출원번호 : 10-2017-0031052]

③ 기술료징수 현황

기 징수액	당해연도 징수액	향후 징수액	합계
10,500,000원	10,000,000원		20,500,000원

No.	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	통상실시	생고분자와 나노점토를 포함하는 생체적합성 생분해성 흡습제 및 이의 제조방법	(주)펜믹스	2013.06.27	5,500,000원	-
2	통상실시	다기능성 바이오나노 복합 하이드로겔, 그 의 제조방법 및 그의 용도	(주)메디플랜	2017.03.19	5,000,000원	
3	통상실시	생고분자와 자몽씨 추출물을 포함하는 생분해성 자외선 차단용 포장필름 및 이의 제조방법	(주)한그린 테크	2018.11.12	10,000,000원	

④ 사업화 성과 및 매출 실적 : 해당사항 없음

(9) 제 3-2 협동과제

(가) 정량적 성과

성과지표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과		인력양성			정책활용·홍보		기타	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용		홍보전시
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건		명	명	명			
가중치	5	5	-	-	-	20	20	-	5	-	5			-	-	-	-	-	40	-
최종목표	2	1	-	-	-	2	20	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-
1단계	목표	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	실적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2단계	목표	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	실적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3단계	목표	2	1	-	-	2	20	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-
	실적	2	2	-	-	13	80	-	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-
최종	목표	2	1	-	-	2	20	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-
	실적	2	2	-	-	13	80	-	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-

① 논문게재 성과 : 해당사항 없음

② 특허 성과

출원된 특허					등록된 특허			
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호	등록연도	특허명	등록인	등록국
					2017	1)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
					2018	2)	동국대학교 산학협력단, 경남대학교 산학협력단	대한민국
2020	3)	(주)쉬운기술	대한민국	40-2019-0135531				
2020	4)	(주)한그린테크	대한민국	10-2020-0052461				

- 1) 김치 저장 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1801135]
- 2) 김치 저장 방법 및 장치 [등록번호 : 10-1891764]
- 3) 냉장고 브랜드 특허 [출원번호 : 40-2019-0135531]
- 4) 항산화 특성을 갖는 식품 포장용 필름 및 그 제조방법 [출원번호 : 10-2020-0052461]

③ 기술료징수 현황 : 해당사항 없음

④ 사업화 성과 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3년			
	소요예산(백만원)	1억여원			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0.80	1.5	4	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	10	15	20
국외		0	5	10	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	-김치숙성→식품숙성, 육류숙성으로 응용 가능 -감자 및 타 식품에 포장필름 확장			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	1	2	3	
	수 출	0	1	2	

항목	세부항목		성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.80억원
			향후 3년간 매출	4억원
	관련제품	개발후 현재까지	0.5억원	
		향후 3년간 매출	3억원	

항목	세부항목		성 과	
시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 10% 국외 : 0%	
		향후 3년간 매출	국내 : 20% 국외 : 10%	
	관련제품	개발후 현재까지	국내 : 5% 국외 : 0%	
		향후 3년간 매출	국내 : 10% 국외 : 5%	
	세계시장	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		1위(동종제품없음)
	경쟁력 순위	3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		5위

(나) 정성적 성과

[제 1핵심 연구과제]

○ 성과 총괄

구분	연구목표	주요 연구 성과
1차년도 1단계	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p>	
	<p><input type="checkbox"/> Patented 효소형 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 맞춤형 미생물 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 고분자형 TTI 물질계 탐색</p>	<p>■ Laccase, β-glucosidase 및 <i>B. cepacia</i> Lipase 기반 TTI 개발 ■ 미생물형 TTI 반응계 구성 ■ 고온적용 필름형 TOPAS-BBS 고분자형 TTI 개발</p>
	<p>◎ 1-2 세부 연구과제</p>	
	<p><input type="checkbox"/> 유해 미생물 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 고분자형 시간-온도 이력 지시계 (TTI 포장 개발) <input type="checkbox"/> 비가역성 산소 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 키토산 기반 이산화탄소 지시계의 개발</p>	<p>■ 농식품 유해미생물 리간드 발굴 및 EB 구축 ■ 비가역적 이산화탄소 검출지시계 개발 ■ 농식품 휘발성물질 검출 지시계 개발 ■ 오염식품에서의 총 균수 및 SEB 분비량에 대한 정량 측정 ■ 포도상구균 감지 농식품 포장 적용 항체 지시계 ■ 자외선 활성형 산소 지시계 필름 개발 ■ 지시계 구성 성분의 영향 연구 ■ Off/On type 키토산-기반 이산화탄소 지시계 원천기술 개발</p>
2차년도	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p>	
	<p><input type="checkbox"/> Patented 효소형 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 맞춤형 미생물 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> TTI 제작 기술 개발</p>	<p>■ 환경친화적 천연색소 이용 laccase formulation 완성 및 NaN_2 또는 laccase isozyme을 이용한 맞춤형 Ea 조절 기술 개발 ■ 미생물형 TTI용 배지 최적화 및 미세고정화 기술 개발 ■ 김치숙성지표 반영 미생물형 TTI 개발 ■ Static mixer를 도입한 압력파열식 라벨형 Laccase TTI seal 디자인 특허기술 개발 ■ 인쇄기술을 적용을 위한 미생물형 TTI 미세고정화기술 개발 ■ 미생물형 TTI의 Ea 조절 기술 개발</p>
	<p>◎ 1-2 세부 연구과제</p>	
	<p><input type="checkbox"/> 위해 미생물 포장형 항체 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 어류 제품용 신선도 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 내수성 산소 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 지시 반응 촉진 및 지시 적용 연구</p>	<p>■ 독소 물질에 대한 압타머 기반 센서 시스템 개발 ■ 생육에서의 gram negative bacteria 성장 예측모델 개발 ■ 어육제품용 신선도 지시계 개발에 적합한 부패 지표물질 탐색 ■ 저장기간(부패정도)에 따른 지표물질 발생량과 신선도와의 상관관계 분석</p>

구분	연구목표	주요 연구 성과
3차년도		<ul style="list-style-type: none"> ■ 생체모방형 접착제를 이용한 내수성 산소 지시계 필름 개발 ■ 이온성 천연 고분자를 이용한 내수성 산소 지시계 필름 개발 ■ 이산화탄소 지시계의 반응 속도 촉진 ■ 이산화탄소 지시계의 김치 포장 적용 연구 ■ 이산화탄소 지시계의 비가역화 기술 개발
	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Patented 효소형 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 맞춤형 미생물 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> TTI 제작 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 우유 및 돼지고기의 품질인자 변화와 TTI 색 변화간 상관성 분석 ■ 미생물형 TTI prototype 완성 및 식품(소고기, 닭 가슴살)에 적용 ■ <i>W. koreensis</i> 기반 김치 숙성도 표시 TTI prototype 개발 및 김치포장 적용 ■ 막 유화법을 이용한 미세고정화 기술 적용 캡슐타입 유산균 기반 미생물형 TTI 개발 ■ 라벨형 laccase TTI 생산자동화를 위한 주형의 최적화 설계
	<p>◎ 1-2 세부 연구과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 암모니아 및 휘발성 화합물 지시계 소재 개발 <input type="checkbox"/> 어류제품용 신선도(화학품질) 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 활성화 조절형 산소 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 키토산 기반 이산화탄소 지시계 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 농식품 위해 미생물 통합형 항체 지시계 개발 ■ 암모니아에 대한 가스 지시계 소재 개발 ■ 어류제품용 신선도 지시계 제작 시 sensor에 포함될 polymer matrix solution 제조 ■ 어류 제품용 신선도 지시계 sensor의 pH sensitive dye의 반응 ■ 산소 지시계의 천연 소재 사용 ■ 이산화탄소 지시계의 반응 속도 지연 ■ On/Off type WPI-기반 이산화탄소 지시계 원천기술 개발
2단계 4차년도	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 센서형 TTI 개발 <input type="checkbox"/> 차세대 TTI 개발 <input type="checkbox"/> TTI 식품 포장 실용화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산화-환원 효소형 TTI 최적화(Laccase-mediator-전극의 전기신호 생성 kinetics 규명 및 온도의존성 규명) ■ 천연색소(안토시아닌) 기반 고체형 TTI 구성(반응 kinetics 및 온도의존성 규명, 반응속도도 조절 기술 개발) ■ TTI와 발효포장식품(김치)의 온도의존성 및 유효기간 맞춤 기술 개발 ■ TTI와 포장식품 간 온도차 최소화 포장설계 기술 개발
	<p>◎ 1-2 세부 연구과제</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 발효어류용 GI 개발 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 탐색 및 원천 	<ul style="list-style-type: none"> 1) 발효어류용 GI 개발 ■ 센서의 최적 농도 설정

구분	연구목표	주요 연구 성과
	<p>기술 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 발효식품 적용 연구 / WPI 기반 이산화탄소 지시계적용 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 센서의 kinetics 평가 ■ 센서의 색변화 관찰 ■ 센서의 온도의존성 평가 <p>2) 차세대 가스지시계 탐색 및 원천 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ NAD+ 합성효소와 글루타민 합성효소 분리정제 및 정량 ■ NAD+ 합성효소의 활성 정량 ■ NAD+ 합성효소의 3차원 구조 분석물을 통한 생화학적 특성 확인 <p>3) 이산화탄소 GI 발효식품 적용 연구 / WPI 기반 이산화탄소 지시계적용 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 이산화탄소 GI 김치 포장 적용 연구 ■ 이산화탄소 GI 막걸리 포장 적용 연구
5차년도	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 센서형 TTI 개발(효소/전자전달매개체/전극 고정화, 센서형 TTI의 활성유지 및 안정화 기술 개발, 전기신호처리 알고리즘 개발 및 RFID와 융합) ■ 인쇄형 TTI 물질 반응계 개발 및 제작(반응 속도 제어 방법 및 온도의존성 제어 방법 개발)
	<p>◎ 1-2 세부 연구과제</p>	<p>1) 발효어류용 GI Prototype 제작</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Prototype의 최적용량 설정 ■ Prototype의 용기종류 설정 ■ Prototype의 필름 종류 설정 <p>2) 차세대 가스지시계 및 소재의 반응 동력학 규명</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 수산화 암모늄(NH4OH) 수용액에서 발생하는 암모니아 기체의 농도의 이론 값과 측정된 값 간의 관계 도출 ■ 암모니아를 이용하는 다양한 생체물질(효소, 질화세균)의 산화, 환원 반응을 가시적으로 표현할 수 있는 방법 모색 ■ 비색적 소재를 지시계에 도입하여 정량, 정성 분석 <p>3) 이산화탄소 GI 발효식품 유효기간 맞춤 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 이산화탄소 GI 김치포장 유효기간 맞춤 기술 개발 ■ 이산화탄소 GI 막걸리 포장 유효기간 맞춤 기술 개발
	<p><input type="checkbox"/> 센서형 효소 기반 TTI 완성</p> <p><input type="checkbox"/> 차세대 인쇄형 TTI 시제품 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 발효어류용 GI Prototype 제작</p> <p><input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 및 소재의 반응 동력학 규명</p> <p><input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 발효식품 유효기간 맞춤 기술 개발</p>	
6차년도	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p>	

구분	연구목표	주요 연구 성과
	<input type="checkbox"/> 전지형 TTI의 실용화 연구 <input type="checkbox"/> 차세대 인쇄형 TTI 실용화 <input type="checkbox"/> 김치 지능형 포장 기술 상품화	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mediator, 고정화 기술의 최적화 ■ Carbon nano tube 전극 제작 ■ Software/hardware적 신호처리 기술 개발 ■ 다양한 printing 방법을 이용한 smart phone 인식용 image 개발 ■ 지능형 포장 IT용 라벨 상품 개발
	◎ 1-2 세부 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI 안정성 및 저장성 평가 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 식품 포장 적용 기술 및 소재탐색 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 발효식품 실용화 기술 개발	<p>1) 발효어류용 GI 안정성 및 저장성 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 저장실험 중 발효어류의 안정성 평가 ■ GI의 물질이 식품으로 이전해오는지의 여부를 평가하여 안정성 확립 ■ 저장실험 중 발효어류의 저장성 평가 ■ 발효어류의 온도별 저장기간에 따른 GI의 색변화 확인을 통해 저장성 확립 <p>2) 차세대 가스지시계 식품 포장 적용 기술 및 소재탐색</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 육가공 식품을 대상으로 지시계 성능 평가 ■ 지시계의 새로운 비색적 소재 물질인 MTS 수용액의 선정 ■ MTS 수용액을 비색적 소재로 하여 지시계의 반응 kinetics 정량 ■ 지시계 소재 고정화 및 고체화를 위한 소재로써 Low melting agarose 선정 <p>3) 이산화탄소 GI 발효식품 실용화 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 이산화탄소 GI 부착 포장 김치 저장 실측 연구 ■ 이산화탄소 GI 부착 막걸리 저장 실측 연구
	◎ 1-1 세부 연구과제	
7차년도	<input type="checkbox"/> 전지형 TTI의 소형화 및 실용화 연구 <input type="checkbox"/> 개발된 TTI(효소형, 미생물형, 인쇄형)의 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전지형 TTI 본체 및 전극 소형화 ■ 소형 전지형 TTI의 성능 실용화(품질 예측 능력 분석, 사용 전, 보관 안정성, 사용을 위한 활성화, 사용기간 표준화 및 품질관리, 온도의 준성 표준화 및 품질관리, 포장재 상에 부착성) ■ TTI 규격, 제조 및 사용 매뉴얼 구축(성능 보완) ■ 기술 가치 평가 및 경제성 평가 ■ 기술이전 및 상품화/사업화
	◎ 1-2 세부 연구과제	
<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI 최적화 및 실용화 <input type="checkbox"/> 차세대 가스 지시계 식품 포장 실용화 기술 개발 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 제품적용 실용화 기술 개발	<p>1) 발효어류용 GI 최적화 및 실용화</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 발효어류용 GI 최적화 <ul style="list-style-type: none"> - 용량 범위를 확대한 가스지시계 포장 시스템의 규격을 설정 및 제조업자, 소비자를 대상으로한 정보 제공 	

구분	연구목표	주요 연구 성과
		<ul style="list-style-type: none"> ■ 발효어류용 GI 실용화 <ul style="list-style-type: none"> - 설정 규격으로 제조업자가 효율적인 대량생산시스템을 가능하도록 제조매뉴얼 제작 - 유통업자 및 소비자를 대상으로 가스 지시계(GI)의 색변화를 통해 발효어류제품의 발효정도 및 품질을 파악할 수 있도록 사용설명서 제작 2) 차세대 가스 지시계 식품 포장 실용화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ■ 차세대 지시계와 식품포장의 유효기간을 고려한 지시계 장기보관 방법 설계 ■ 다양한 지시계 소재의 제품화를 위한 주요소재 배합 방식 규격화 3) 이산화탄소 GI 제품적용 실용화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ■ 포장김치 품질 지시계 저품 적용 연구 ■ 품질 지시계 부착 포장 김치 실용화 연구
3단계 8차년도	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 제품 및 생산 공정 설계도 제작 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 제조 시스템 구축 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 제품 및 생산 공정 설계도 제작 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 제조 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인쇄형 및 효소형 TTI 지시계의 specification 확립 및 이를 토대로 생산 공정 설계도 작성 ■ 제품의 구성부분에 따라 필요한 재료의 규격 및 보관방법 설립 및 생산 공정 설계도 작성 ■ 기기 설비 구상 및 구축, 제작가능 여부 확인 ■ 제품의 구성부분에 따라 생산 공정 설계도 작성 및 제조시스템 확립
	<p>◎ 1-2 세부 연구과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 제품 및 생산 공정 설계도 제작 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 제조 시스템 구축 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 제품 및 생산 공정 설계도 제작 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 제조 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시작품 제품 설계도로 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 Specification 확립 및 시제품 공정 설계도 작성 (커버부, 물질부, 접착부) ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품의 재료의 규격 및 보관방법 설립 및 생산 공정설계도 작성 ■ 시작품 제품 설계도로 키토산을 이용한 이산화탄소 가스지시계 제작(커버부, 물질부, 접착부) ■ 키토산을 이용한 이산화탄소 가스지시계 제품의 재료의 규격 및 보관 방법 설립 및 생산 공정설계도작성 ■ 기기 설비 구상 및 구축 ■ 실제 유통중인 소고기,김치 제품 TEST

구분	연구목표	주요 연구 성과
	<p>◎ 1-1 협동 연구과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 제조시스템 구축 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어, 생산 매뉴얼 구축 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 제조시스템 구축 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어, 생산 매뉴얼 구축 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 제조시스템 구축 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어, 생산 매뉴얼 구축 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 제조시스템 구축 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어, 생산 매뉴얼 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 원료 보관-혼합-인쇄 및 포장 순으로 인쇄형 TTI 지시계 제조 시스템 구축 ■ 인쇄형 TTI 지시계 제품 생산을 위한 기기 설비 및 생산 매뉴얼 구축 ■ 원료 보관-배합 및 포장-접착능 부가 순으로 효소형 TTI 지시계 제조 시스템 구축 ■ 효소형 TTI 지시계제품 생산을 위한 기기 설비 및 생산 매뉴얼 구축 ■ 인쇄형 및 효소형 TTI 시제품 생산 ■ (주)매일유업, (주)R&F Chemical에 인쇄형 TTI 시제품 시범 적용 및 피드백 결정 ■ (주)에코트리코리아에 효소형 TTI 시제품 시범 적용 및 피드백 결정 ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 원료제조-도포-건조-커팅 순으로 제조 시스템 구축 ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품 생산을 위한 기기 설비 및 제품 공정 설계 구축 ■ (주)바보스, 체리부로 시범업체 선정 및 테스트 제품 선정 ‘ ■ 시중에 유통되는 소고기 제품 1-2세부와 협업하여 적용 ■ 키토산 비드 회수 - 세척- 생성 포장 용기 및 포장 순으로 이산화탄소 가스지시계 제조 시스템 구축 ■ 이산화탄소 가스지시계 시제품 제작 설비 공정
9차년도	<p>◎ 1-1 세부 연구과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 사용 매뉴얼 설계 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 품질평가 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 사용 매뉴얼 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 품질평가 <p>◎ 1-2 세부 연구과제</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 사용 시설/장치 및 관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 현장 상황 반영한 flow chart 작성, 이를 기반으로 한 사용시설/장치 및 관리 지침 설계 ■ TTI 적용을 5단계로 분리하여 사용매뉴얼 제작 ■ 색밀도 측정기를 이용하여 적용업체 방문 및 제품 색변화 평가 <ul style="list-style-type: none"> ■ 실제 유통중인 적용업체 방문 및 제품 신선도 휘발성 염기질소(VBN)가스지시계 색변화 평가 ■ 아가로스를 이용한 이산화탄소 가스

구분	연구목표	주요 연구 성과
	지시계 사용 매뉴얼 설계 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 품질평가 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 사용 시설/장치 및 관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 사용 매뉴얼 설계 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 품질평가	지시계 제품 품질 평가
	◎ 1-1 협동 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 시설 및 장치 구축 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI의 시범 사업 및 현장 적용 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 시설 및 장치 구축 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI의 시범 사업 및 현장 적용 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 시설 및 장치 구축 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 시범 사업 및 현장 적용 <input type="checkbox"/> 아가로스 이산화탄소 가스지시계 시설 및 장치 구축 <input type="checkbox"/> 아가로스 이산화탄소 지시계의 시범 사업 및 현장 적용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인쇄형 TTI 개선 생산방식 개요도 제작 및 대량 생산 설비 구축 ■ 인쇄형 TTI 사용시스템으로서 사용매뉴얼 구축 및 제품 보관방법 확립 ■ (주)지원비엔피, (주)보성키위영농조합법인에 인쇄형 TTI 시범 사업 및 설문조사 진행으로 피드백 개선 ■ 효소형 TTI 개선 생산방식 개요도 제작 및 대량 생산 설비 구축 ■ 효소형 TTI 제품의 가시성 개선 ■ 효소형 TTI 대량생산 제조시스템 구축 및 밸브 형태의 복합필름 특허 진행 ■ 효소형 TTI 사용시스템으로서 사용매뉴얼 구축 및 보관방법 확립 ■ (주)Pet club에 효소형 TTI 시범 사업 및 설문조사 진행으로 피드백 개선 ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 대량 생산 설비 구축 ■ 1-2세부와 협업하여 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 (주)바보스 시제품 적용 ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시범사업 업체와의 설문조사 후 피드백 개선 ■ 아가로스 이산화탄소 가스지시계 대량 생산 설비 구축, 설계 및 제조, 시제품 제작 및 1-2세부와 협업하여 추가 실험 적용 ■ 아가로스 이산화탄소 제조방법 설명서 제작
10차년도	◎ 1-1 세부 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 생산관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 품질관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 생산관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 품질관리 지침 설계	<ul style="list-style-type: none"> ■ TTI의 중점관리 요소, 생산공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 ■ TTI의 품질관리 요소 분석 및 품질관리 지침 설계
	◎ 1-2 세부 연구과제	

구분	연구목표	주요 연구 성과
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 사업화를 위한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 생산관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 사업화를 위한 이산화탄소 가스지시계 생산관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 품질관리 지침 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 실제 유통되는 닭가슴살 추가 실험 진행 ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 증점관리 요소, 생산공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 품질관리 지침 설계 ■ 이산화탄소 가스지시계의 대량 생산을 위한 생산 방식의 개선 ■ 이산화탄소 가스지시계의 생산 관리 및 품질관리 지침 설계
◎ 1-1 협동 연구과제		
	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 본 사업 측면의 인쇄형 TTI 제품 생산 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 생산, 품질관리 및 제품 설계 <input type="checkbox"/> 본 사업 측면의 효소형 TTI 제품 생산 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 생산, 품질관리 및 제품 설계 <input type="checkbox"/> 본 사업 측면의 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품 생산 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소 가스지시계(VBN) 생산, 품질관리, 및 제품 설계 <input type="checkbox"/> 본 사업 측면의 이산화탄소 가스지시계 제품 생산 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 생산, 품질관리, 및 제품 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 대량 생산시스템을 적용한 인쇄형, 효소형 TTI 제품 생산 및 복합필름 적용으로 생산 공정 개선 ■ 1-1 세부 협업을 통한 생산관리 및 품질관리 지침 및 관리 문서 시행 ■ 인쇄형, 효소형 TTI 제품 판매 확대를 위한 마케팅, 제품 유통, 현장 지도 부분의 전략 수립 ■ 실제 유통되는 닭가슴살 적용 저장실험 및 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 지시계 부착 ■ 1-2세부 협업을 통한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 생산관리 및 품질관리 지침 및 관리 문서 시행 ■ 1-2세부 협업을 통한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품생산, 마케팅, 현장지도 부분의 전략 수립 ■ 이산화탄소 가스지시계대량 생산을 위한 생산 방식의 개선 ■ 이산화탄소 가스지시계 원료 및 제조 방법 매뉴얼 제작 ■ 1-2세부 협업을 통한 생산관리 및 품질관리 지침 설계

[제 2핵심 연구과제]

○ 성과 총괄

구분	연구목표	주요 연구 성과
1차년도	<p>◎ 2-1 세부 연구과제</p>	
	<p>□ RFID-센서 데이터 수집을 위한 코드 체계 연구 □ 운송/저장 구간의 RFID-센서 데이터 수집 및 융합 모델 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ RFID-센서 코드체계 개발 ■ RFID-센서 데이터 수집 및 융합 모델 개발
1단계	<p>◎ 2-2 세부 연구과제</p>	
	<p>□ RFID-Sensor Demo System 개발 (13.56Mhz) □ 각종 센서 인터페이스 회로 설계 □ 각종 센서를 이용한 Demo System 성능 테스트</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 센서 인터페이스 회로 설계 ■ 다중 센서 환경에서 측정 노이즈 감소를 위한 Improved Kalman Filter 방식 제안 ■ 안테나/Capacitor 개발
2차년도	<p>◎ 2-1 세부 연구과제</p>	
	<p>□ EPCglobal 표준 확장 모델의 핵심 컴포넌트 개발 □ RFID 기반 쇠고기 유통망 프로세스 마이닝 기술 개발 □ 한우 이력추적 테스트베드 구축을 위한 운영기술 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ RFID-센서 융합 EPCglobal 표준 확장 모델의 핵심 컴포넌트 개발 ■ RFID-센서 태그 운영 모델 개발 ■ RFID 센서 태그 기반 콜드체인 시뮬레이터 개발 ■ 표준 RFID 시스템 기반 유통망 프로세스 마이닝 기술 개발 ■ 소시지 콜드체인 적용 및 최적 운영 파라미터 도출
3차년도	<p>◎ 2-2 세부 연구과제</p>	
	<p>□ Programmable Sensing Platform을 기반으로 하는 Smart RFID 개발 (900Mhz) □ 각종 센서 인터페이스 회로 설계 □ Smart RFID tag를 이용한 품질 연산 기능 테스트</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 이산화탄소 및 산소 센서를 이용하여 채소 신선도 모니터링 시스템 ■ 무선 센서 네트워크 저전력 시스템 개발 ■ Smart-RFID tag 시스템을 기반으로 하는 식중독지수 모니터링 시스템 개발 ■ 탄소공급재료로서 고체를 사용하여 그래핀 성장에 대한 연구 ■ 탄소공급재료로서 고체를 사용하여 그래핀 성장에 대한 연구
3차년도	<p>◎ 2-1 세부 연구과제</p>	
	<p>□ RFID-센서 융합 환경에서 객체의 이력 및 온도 추적 알고리즘 개발 및 구현 □ 최적의 쇠고기 상품성 유지를 위한</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 개발 ■ 황성 축협한우 유통망에 식품 유통

구분	연구목표	주요 연구 성과
	<p>운영 기술 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 횡성 한우 이력추적 테스트 베드 구축</p> <p>◎ 2-2 세부 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 스마트 RFID 태그의 온도 및 pH 센서의 연동을 통한 Demo System의 성능 테스트</p> <p><input type="checkbox"/> RFID 센서 태그를 이용한 발효식품 품질 상태 모니터링 시스템 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 발효식품의 pH 모델식 유도 및 유통기한 예측</p>	<p>이력 추적 시스템 (APLUS) 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 상온 노출에 따른 쇠고기 상품성 변화 모델 개발 <p>▪ pH 센서 분석 및 인터페이스 회로 구성</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 온도 및 pH 센서 값을 이용한 발효식품의 품질상태 모니터링 시스템 개발 ▪ RFID 센서를 이용한 발효식품 유통기간 및 숙성도 모니터링 시스템 개발
2단계 4차년도	<p>◎ 2-1 세부 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 식품 품질 기반 지능형 식품유통 운영 모델 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통관리 시스템 개발 및 실용화</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RFID/USN 기반 센서 및 식품품질정보 통합 EPCglobal 네트워크 실용화 <ul style="list-style-type: none"> - 대용량 센서 데이터를 저장할 수 있는 NoSQL 기반 EPCglobal 네트워크 솔루션 업그레이드 ▪ 실시간 식품유통환경 모니터링 및 경고 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - RFID/USN 기반 식품유통환경 모니터링 모듈 개발 식품유통환경 기준에서 벗어난 유통식품 경고 모듈 개발 ▪ 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 시제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 식품포장별 식품 품질인자와 품질열화간의 Database 구축 - 식품포장별 식품품질정보 및 식품유통환경정보 Database 구축 - 식품포장별 식품품질 예측 모델 시스템화 - 웹/스마트폰 앱 기반 사용자 인터페이스 개발 <p>◎ 2-2 세부 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 센서형 산소 지시계 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 스마트 RFID 태그를 이용한 식품 품질 데모시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 산소에 의해 색 뿐만 아니라 전기적 신호도 변하는 시스템 설계 ▪ 산소환원 효소, 염료, 전자전달 매개체 탐색 및 최적화 ▪ 스마트 RFID 태그 신호 처리 기술 개발 ▪ 스마트 연동 농식품 품질 모니터링

구분	연구목표	주요 연구 성과
5차년도		시스템 구축 및 UI 알고리즘 개발
	◎ 2-1 세부 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 식품 품질 기반 지능형 식품유통 운영 모델 개발 <input type="checkbox"/> 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통 관리 시스템 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 식품 품질 기반 동적 계획 모델 개발: 사례기반 배송 시간 추론, 도착 시간의 식품 품질 예측 모델 개발 - 품질 기반 동적 배송계획 최적화 기법 개발 - 문제 식품에 대한 최적 대안(폐기, 인접판매) 선택 모델 개발 - 품질하락을 고려한 품질 가격 정책 모델 개발 ■ 포장 유형별 지능형 유통 운영 모델 개발 - RFID 센서 태그 기반 2차(중/대) 포장 최적 유통 운영 모델 개발 - RFID/USN 융합 지시계 기반 1차(소)포장 최적 유통 운영 모델 개발
	◎ 2-2 세부 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계 (액체형) 개발 <input type="checkbox"/> 듀얼 밴드 스마트 RFID 태그 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 효소연료전지 기반 센서형 산소 지시계 개발 ■ 금속공기전지 기반 센서형 산소 지시계 개발 ■ 근거리 및 원거리 인식 가능한 듀얼 밴드 RFID 태그 개발 ■ 듀얼 밴드 스마트 RFID 식품 품질 모니터링 시스템 개발
6차년도	◎ 2-1 세부 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 식품 품질 기반 지능형 식품유통 운영 모델 개발 <input type="checkbox"/> 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통 관리 시스템 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ■ RFID 센서 태그 기반 2차(중/대) 포장 최적 유통 운영 시스템 개발 - 식품 모니터링 및 예측 시스템 개발 - 지능형 포장 식품 유통 운영 관리 시스템 개발 ■ RFID/USN 융합 지시계 기반 1차(소) 포장 최적 유통 운영 시스템 개발 - 식품 모니터링 및 예측 시스템 개발 - 지능형 포장 식품 유통 운영 관리 시스템 개발
	◎ 2-2 세부 연구과제	

구분	연구목표	주요 연구 성과
	<input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계 (고체형) 개발 <input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계와 RFID 태그와의 융합	<ul style="list-style-type: none"> ■ 금속공기전지 기반 센서형 산소 지시계 공기 전극, 금속 전극 및 고분자 겔 전해질 개발 ■ 수동형 Low Pass Filter와 Storage Capacitor로 구성된 인터페이스 회로 설계 및 제작 ■ 금속공기전지 기반 센서형 산소 지시계와 최적화된 수동형 900MHz 대역 RFID 태그 시제품 제작 ■ 스마트 900MHz 대역 RFID 태그를 이용한 식품 포장의 산소 농도 모니터링 시스템 구축
7차년도	<p>◎ 2-1 세부 연구과제</p>	
	<input type="checkbox"/> 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 식품 품질 기반 지능형 식품유통 운영 모델 개발 <input type="checkbox"/> 포장 유형(소/중/대)별 지능형 유통 관리 시스템 개발 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전체 시스템 통합 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 식품 품질 모니터링 시스템과 1차, 2차 포장 식품유통 관리 시스템 통합 - 통합 시스템의 지능형 식품유통 현장 적용을 통한 검증 및 개선 ■ 1차, 2차 식품포장을 대상으로 지능형 식품유통 관리 시스템 적용 및 실용화 <ul style="list-style-type: none"> - 상용화 수준으로 지능형 식품유통 관리 시스템 안정화 - 1차, 2차 식품포장을 대상으로 지능형 식품유통 관리 시스템 적용 - 지능형 식품유통 관리 시스템 실용화 및 마케팅 전략 수립
	<p>◎ 2-2 세부 연구과제</p>	
	<input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계 소형화 및 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전극 및 고체 전해질 막 소형화 ■ 작동 환경/보관 환경에 따른 성능/안

구분	연구목표	주요 연구 성과
	<input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계와 최적 결합된 RFID 태그 시제품 개발	정성 평가 <ul style="list-style-type: none"> ■ 금속공기전지 기반 센서형 산소 지시계와 최적 결합된 수동형 900MHz 대역 RFID 태그 시제품을 위한 packaging 최적 설계 ■ RFID-산소 지시계 태그 packaging 제작 및 성능 테스트
3단계 8차년도	◎ 2-1 세부 연구과제 <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(횡성한우)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 횡성한우의 요구사항 분석 - 2-1협동 (주이에스애니)와 횡성한우의 요구사항 분석 및 적용 시나리오 개발 ■ 브랜드 한우와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축 기술 지원 - 지능형 식품유통 관리 시스템의 산업화를 위해서 2-1협동 (주이에스애니)를 통한 온라인 마트 플랫폼 개발 - 신선식품 배송시 온도, 습도 관리의 안심 기술을 이용하여 쇼핑몰 플랫폼에 적용함(2-1협동 (주이에스애니)와한성한우와 협업)
	◎ 2-2 세부 연구과제 <input type="checkbox"/> 산화환원 염료 기반 RFID 센서 제품 및 제조 공정 개발 <input type="checkbox"/> RFID 센서 라벨 태그(UHF, HF)와 PCB 제품 및 제조 공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산화환원 염료, 접착제와 젤 전해질을 이용한 자가발전형 센서 제품 설계 ■ 바코딩 및 어셈블리 공정을 이용한 온도/산소 센서 제조 공정 설계 ■ RFID 센서 태그 (라벨 및 PCB) 설계
	◎ 2-1 협동 연구과제 <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(횡성한우) <input type="checkbox"/> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 제품화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 본 과제 기술을 적용하는 온라인 쇼핑몰 구축 및 온라인 쇼핑몰 시스템 개발 ■ 온도, 습도 센서 기반의 소고기 품질 인자 모니터링 시스템 적용 및 모니터링 앱 구축 ■ 라벨 태그 제품 제조 시설 구축을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축 ■ 라벨 태그 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축 ■ PCB 태그 제품 제조 시설 구축을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축

구분	연구목표	주요 연구 성과
9차년도		<ul style="list-style-type: none"> ■ PCB 태그 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축
	<p>◎ 2-1 세부 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(경기농협 김치)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 경기농협의 요구사항 분석 - 2-1협동 (주이에스애니)와 경기농협의 요구사항 분석 및 적용 시나리오 개발 ■ 브랜드 김치업체와 소비자의 직거래 온라인 마트 구축 기술 지원 - 지능형 식품유통 관리 시스템의 산업화를 위해서 2-1협동 (주이에스애니)를 통한 온라인 마트 플랫폼에 김치를 넣을수 있도록 MongoDB 기반의 빅데이터 모듈 연계 방안 설계
	<p>◎ 2-2 세부 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 은 촉매 기반 RFID 센서 제품 및 제조 공정 개발</p> <p><input type="checkbox"/> NFC RFID 센서 태그 제품 및 제조 공정 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 은 필름과 접착성 겔 전해질을 이용한 필름형 센서 제품 설계 ■ 어셈블리 공정을 이용한 온도/산소 센서 제조 공정 설계 ■ NFC RFID 센서 태그 설계 및 스마트폰 앱 제작
	<p>◎ 2-1 협동 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 경기농협 김치 유통망을 대상으로 설계 후 시범사업 적용</p> <p><input type="checkbox"/> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 시범사업</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 데이터 로거 및 스마트폰 앱 기반의 온도 습도 이력 모니터링 시스템 개발 ■ 사업화에 적합한 물류 관리 영역으로 무역 구간 설정 및 설계안 도출 ■ NFC 기반 센서 지시계 태그 개발 ■ 전하량 측정을 이용한 지능형 RFID-센서 지시계 태그 설계 ■ 온도이력을 위한 스마트폰 앱 개발
	10차년도	<p>◎ 2-1 세부 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 솔루션화(SD), 산업화</p>
<p>◎ 2-2 세부 연구과제</p> <p><input type="checkbox"/> 지능형 RFID 센서 성능 평가</p> <p><input type="checkbox"/> NFC RFID 센서 태그 시제품 및 앱</p>		<ul style="list-style-type: none"> ■ RFID 온도/산소 센서 성능 평가 ■ NFC RFID 온도/습도/산소 센서 태그

구분	연구목표	주요 연구 성과
	개발	시제품 제작 및 스마트 폰 앱 제작 ■ 커패시터를 이용한 NFC RFID 온도 센서 태그 시제품 제작 및 스마트 폰 앱 제작

[제 3핵심 연구과제]

○ 성과 총괄

구분	연구목표	주요 연구 성과
1차년도	◎ 3-1 세부 연구과제 <input type="checkbox"/> 신선 농산물의 호흡 특성 <input type="checkbox"/> 용기의 기체투과 특성의 평가 분석	■ 과일 채소의 호흡특성 정보의 데이터베이스화 및 호흡특성을 측정하고 모델화 ■ 용기/포장 시스템의 기체투과특성의 분석 및 기체투과제어의 여러 공학적 변수 분석 및 현실적 구현
	◎ 3-1 협동 연구과제 <input type="checkbox"/> 생고분자를 이용한 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 최적의 성분 및 배합비 결정	■ 기능성 나노복합필름의 제조를 위한 최적의 성분 및 배합비율 결정 (필름 성형능력 및 제조방법 검토) ■ 나노복합 필름의 제조 및 구조 분석 (extrusion) ■ 최적 소재의 배합비 구명
	◎ 3-1 세부 연구과제 <input type="checkbox"/> 1차 및 2차 포장단위의 특성 평가 분석 <input type="checkbox"/> 신선 농산물 유통체계에서 가능한 포장시스템 설계	■ 1차 및 2차 포장단위의 기체투과성과 온도조건에 따른 내부 환경 변화 평가 ■ 1차/2차 연계 포장시스템의 유통물류 조건(logistics) 설계
	◎ 3-1 협동 연구과제 <input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 항균 기능을 갖는 나노소재 선발 및 항균 특성 분석	■ 항균 기능을 가지는 나노소재 및 천연 항균소재 탐색 ■ 나노소재와 천연소재를 단일 혹은 혼합하여 사용 (항균성능 측정) ■ MA 포장용 CO2 scavenging film 개발 ■ 최적 혼합농도 도출 및 항균 특성 분석
1단계	◎ 3-1 세부 연구과제 <input type="checkbox"/> 선도유지 농산물 포장용기 시스템에서 제어 logic에 따른 기체농도 예측	■ 용기 벽면과 통기구를 통한 기체이동의 modeling을 통한 용기 내 산소 및 이
	◎ 3-1 협동 연구과제 <input type="checkbox"/> 선도유지 농산물 포장용기 시스템에서 제어 logic에 따른 기체농도 예측	■ 용기 벽면과 통기구를 통한 기체이동의 modeling을 통한 용기 내 산소 및 이
2차년도	◎ 3-1 세부 연구과제 <input type="checkbox"/> 선도유지 농산물 포장용기 시스템에서 제어 logic에 따른 기체농도 예측	■ 용기 벽면과 통기구를 통한 기체이동의 modeling을 통한 용기 내 산소 및 이
3차년도	◎ 3-1 세부 연구과제 <input type="checkbox"/> 선도유지 농산물 포장용기 시스템에서 제어 logic에 따른 기체농도 예측	■ 용기 벽면과 통기구를 통한 기체이동의 modeling을 통한 용기 내 산소 및 이

		<p>modeling</p> <p><input type="checkbox"/> 선도유지를 위한 능동적 기체이동 기작의 발굴과 개선</p> <p><input type="checkbox"/> 개발 지능형 포장용기 시스템의 대표적 품목에의 적용시험</p>	<p>산화탄소 농도의 예측</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 통기구 시스템과 제어 algorithm의 개발과 결합에 의한 용기내 적정 기체조성 형성 방법 개발 ▪ 개발된 지능형 포장용기 시스템의 대표적 품목에의 품질유지 효과 확인
		<p>◎ 3-1 협동 연구과제</p>	
		<p><input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 친환경소재를 이용한 나노입자의 제조</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 금속형 나노입자 제조 (나노은, CuNP, ZnO) 및 characterization ▪ 바이오플라스틱을 이용한 나노복합항균포장재 제조
2단계	4차년도	<p>◎ 3-1 세부 연구과제</p>	
		<p><input type="checkbox"/> 실용적 신선 농산물 포장 설계</p> <p><input type="checkbox"/> 기체제어/지시계 센서 병용 포장 설계 및 적용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 포장 특성에 따른 신선 농산물 기체 제어 포장 설계 기능을 가진 스마트 폰 application 개발; 농산물에 따른 포장의 기체투과도 맞춤(선정) 기술 개발 ▪ 지시계 센서에 의한 기체제어 포장의 확장과 기능강화; shelf-life 연장 및 신선도 유지를 위한 맞춤형 신선 채소 포장 용기의 최적화 기술 개발(생분해성 active 소재 활용)
	<p>◎ 3-1 협동 연구과제</p>		
	<p><input type="checkbox"/> 항균성 나노컴포지트 포장재 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 천연항균/항산화제를 함유하는 생고분자 나노컴포지트 필름 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기능성 나노입자의 제조 	
5차년도	<p>◎ 3-1 세부 연구과제</p>		
	<p><input type="checkbox"/> 기체제어에 따른 발효식품의 저장수명 평가</p> <p><input type="checkbox"/> 기체제어/active 포장의 농식품 맞춤 기술 개발</p> <p><input type="checkbox"/> 농식품 포장에서 산소지시계의 적용</p> <p><input type="checkbox"/> 농식품 포장에서 이산화탄소 지시계의 적용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MA 조건에 따른 김치의 발효 및 CO2 발생속도의 확인 ▪ 다기능 CO2 흡수 active 포장소재의 개발 및 농식품 포장에의 적용 ▪ 산소 지시계를 적용한 신선 농식품 용기포장 설계 및 구현 ▪ 이산화탄소 지시계를 적용한 발효식품 및 신선 농식품 용기포장 설계 및 구현 	
	<p>◎ 3-1 협동 연구과제</p>		
		<p><input type="checkbox"/> 복합항균제를 사용한 생고분자 복합 나노컴포지트 필름 개발</p> <p><input type="checkbox"/> extrusion 방법에 의한 생고분자 복합 필름 제조</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 항균성 나노복합포장재 개발

	6차년도	◎ 3-1 세부 연구과제	
		<input type="checkbox"/> 기체제어/지시계 농식품 포장 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 기체제어/지시계 농식품 포장 시스템의 현장장적용적 모듈화 <input type="checkbox"/> 기체제어/active/지시계 식품 포장 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 온도 변이 조건에서 적용하는 산소 지시계 사용 농산물 용기 포장 시스템 개발 ■ 시간제어/이산화탄소 지시계 사용 발효식품(김치, 장류) 용기 포장 시스템 설계 및 실용화 모델 개발 적용 ■ 유통조건에서 포장 김치의 품질변화 예측모델 개발 ■ 시간적 이산화탄소 제어 기능을 가진 김치 포장시스템의 개발 ■ CO2 흡수/항균성/흡습 시스템의 농산물 포장에의 적용
		◎ 3-1 협동 연구과제	
		<input type="checkbox"/> 다기능복합 Active포장재의 개발 및 응용 <input type="checkbox"/> 나노입자의 대량생산 방법 개발 <input type="checkbox"/> 기능성 나노바이오 컴포지트 포장재의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다기능성 나노복합필름 제조
3단계	8차년도	◎ 3-1 세부 연구과제	
		<input type="checkbox"/> 기체제어 기능을 갖는 지능형 용기 포장 시스템의 실용화 <input type="checkbox"/> 기체제어/active 김치포장의 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 냉장고 용 고이산화탄소 농도 제어 김치 용기 시스템의 시제품 ■ 냉장고 용 고이산화탄소 농도 제어 김치 용기 시스템의 운전 manual ■ 적정 MA 유지를 가능케 하는 간편 신선 농산물 용기의 시제품 ■ 간편 신선 농산물 용기의 운전 manual ■ 이산화탄소 흡수와 유통시간/온도를 결합한 김치 맞춤형 포장시스템의 설계 프로그램 ■ 이산화탄소 흡수 포장의 맞춤화 사용 manual
		<input type="checkbox"/> 산업화를 위한 Scale-up 시험 <input type="checkbox"/> Scale-up 생산 포장재의 식품포장 적용 연구	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다기능성 나노복합 필름의 제조 및 식품포장 적용 ■ 기술이전 ‘나노복합 하이드로겔제조 방법’
		◎ 3-1 세부 연구과제	
		<input type="checkbox"/> 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선 <input type="checkbox"/> 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기체 입출부, 연결부, 조작부, 진공/이산화탄소 주입 알고리즘 개선 ■ 저장온도와 김치 용량, 김치 포장형

	<input type="checkbox"/> 보조연구: 농산물 MAP 포장설계 app.	태에 따른 이산화탄소 흡수제 조건을 최적화하기 위해 기 완료된 포장 설계프로그램을 체계화 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 12개 품목에 대한 호흡 model parameter를 정리 분석 및 기존 데이터베이스 업데이트
<p>◎ 3-1 협동 연구과제</p>		
	<input type="checkbox"/> 향균성, 자외선차단성등의 기능성을 갖는 농식품포장재의 개발 및 산업화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 감자의 녹변방지용 포장재의 산업화 ▪ 나노멜라닌의제조 ▪ PP/nanomelaninblend film 제조 ▪ 감자의 녹변방지용 포장재의 현장적용 연구 ▪ 포장재의 spec결정 및 관리방안마련
<p>◎ 3-2 협동 연구과제</p>		
	<input type="checkbox"/> 시작품의 제조 시스템 하드웨어 구축 <input type="checkbox"/> 시작품의 제조 시스템소프트웨어 구축 <input type="checkbox"/> 기능성 포장재의 사업화 연구	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 이산화탄소 공급 및 진공 오퍼레이션 장치 킷(Valve)제작 ▪ 스텐레이스케이스 전용 플라스틱 밀폐용기 덮개 제작 ▪ 서랍식냉장고 슬라이드 On/Off 방식 구조물 개선 ▪ 케이스 3ch 용 컨트롤 방식 적용 ▪ Main Chipset, 통신방식, I/O 제어 및 사용전력 확인 ▪ 냉장고 기본 시스템(컴프레셔, 냉각기 등)과 호환성 안정화 증대 ▪ 기능성 포장재 필름 시제품 생산 제품의 배합 및 스펙 표준화 ▪ 잠재적 수요처 확보
<p>◎ 3-1 세부 연구과제</p>		
9차년도	<input type="checkbox"/> 아파트 빌트인 냉장고 또는 급외식 업소에 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어작동방법 개선 <input type="checkbox"/> 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 아파트 빌트인 또는 급외식 업소에 장착된 김치 용기의 현장 테스트를 통한 문제점 보완 및 개선 ▪ 아파트 빌트인 또는 급외식 업소 냉장고 장착을 위한 설치/운전 지침 설계 및 사용 매뉴얼 설계 ▪ 저장 중 전체 운전 알고리즘 확립 및 제품의 품질평가(기체조성, 관능적 평가 등) ▪ 체계화된 맞춤형 김치 포장설계 프로그램을 김치업체에 소개하고, 희망업체 제품에 적용하여 시장에서 활용도를 점검
<p>◎ 3-1 협동 연구과제</p>		

	<input type="checkbox"/> 기능성 포장필름의 개발 <input type="checkbox"/> 기능성 포장필름의 산업화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기능성 포장필름의 blending 성분 및 배합비율 결정, 시제품 제조 및 품질 특성 조사 ■ 기능성 포장 필름의 대량생산 및 산업화
	◎ 3-2 협동 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 농식품포장용기의 시제품 생산 및 시범사업 적용 <input type="checkbox"/> 기능성 농식품포장재의 사업화 <input type="checkbox"/> 다기능성 농식품포장재의 제품개발 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 농식품포장용기의 시제품 생산 ■ 시제품 20~30개 제작하여 각 업체에 배포 하여 시범 사업 적용 ■ 사업화 및 매출 발생 ■ 농식품포장용기의 생산/품질 관리 지침 설계 ■ 용기 시스템의 품질제고 및 사용처 확대 설계 ■ 녹변방지용 소재 기술 특허이전 ■ 기능성 포장재의 기술개발 ■ 기능성 포장재 수요처 확보/ 홍보
	◎ 3-1 세부 연구과제	
	<input type="checkbox"/> CO2 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질 보존 효과 평가 <input type="checkbox"/> 김치 포장에서 생성물질의 농도와 숙성도 상관관계 규명 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 흡수제 내장용 김치 포장에서 숙성도 표시 지시계와 품질변화 상관관계 파악	<ul style="list-style-type: none"> ■ 현장에 적용된 이산화탄소 치환 용기 시스템의 성능개선 및 사용자 행동패턴 고려하여 알고리즘 보완 ■ 육류에 대한 용기 시스템의 활용범위 확대 ■ 이산화탄소 흡수제 조건에 따른 김치 포장 내 이산화탄소 농도와 pH/산도의 상관관계 분석 ■ 숙성도 표시 지시계를 활용하여 조건별 지시계의 색변화에 따른 김치의 품질 특성 확인 및 실용화 정보 제공
10차년도	◎ 3-1 협동 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 기능성 포장 필름의 산업화 <input type="checkbox"/> 생분해성기능성 포장재 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기능성 나노입자제조 ■ 매스터배치제조 ■ 복합필름 제조 및 분석 (PP/melanin 복합필름)
	◎ 3-2 협동 연구과제	
	<input type="checkbox"/> 스마트홈시스템 냉장고에 접목 가능한 농식품포장용기의 생산 및 사업화 <input type="checkbox"/> 생분해성 기능성 포장기술의 대량생산	<ul style="list-style-type: none"> ■ 안드로이드 기반 앱 연동한 장치 개발 완료 ■ 제품 디자인 및 이산화탄소 조정 엔진 업그레이드 ■ 시제품 납품하여 기능 시험 테스트 진행 ■ 제품화를 위한 KC인증 진행

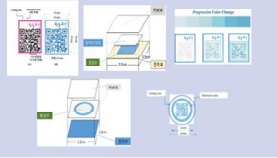


			<ul style="list-style-type: none"> ■ 매출 확보 및 기대 ■ 감가녹변방지필름 포장재 대량생산 ■ 대형마트 관련사 매출 실현 <p>상용화 제품 개발 2건 이상</p>
--	--	--	--

(다) 기타 주요연구 성과 (자유 기술)

[1-1세부]

■ 3 단계

[최종목표달성 및 요약]

	최종 목표	달 성	비 고
1차년도	TTI 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 제품을 커버부, 물질부, 접착부, 배경으로 나누어 설계 - 공장 생산화 할 수 있도록 공정을 설계 	
2차년도	시범사업을 위한 TTI 사용 시스템 설계	<ul style="list-style-type: none"> - TTI 사용시설/장치 및 관리 지침을 설계 - TTI 사용메뉴얼을 설계 - TTI 품질 평가 	
3차년도	사업화를 위한 TTI 생산 및 품질관리 지침 설계	<ul style="list-style-type: none"> - 중점관리요소, 생산공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 - 품질관리 지침 설계 	

- **TTI 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계:** 본 연구에서는 인쇄형 TTI 지시계와 효소형 TTI 지시계의 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정을 설계하였다. 우선적으로 시제품을 제조하는데 필요한 각 재료의 규격 및 보관 방법을 설립하였다. 인쇄형 TTI 지시계의 경우 접착부, 커버부, 물질부로 나누어 필요한 재료의 규격 및 보관방법 설립 및 각각의 설계도를 제작하였으며, 효소형 TTI 지시계의 경우 접착부, 커버부, 물질부, 배경으로 나누어 필요한 재료의 규격 및 보관방법을 설립하였다. 또한 TTI 시제품의 제조공정을 구축하였다. 인쇄형 TTI 지시계의 경우 원료보관, 혼합, 인쇄 및 포장의 3단계로 구축하였고, 효소형 TTI 지시계의 경우 원료 보관, 배합 및 포장, 접착능의 3단계로 구축하였다. 원료 혼합 및 배합의 경우 실험 scale과 대량생산 scale로 나누어 공정을 구축하였다. 제작한 TTI 지시계의 성능을 테스트하기 위하여 인쇄형 TTI 지시계의 경우 실험 온도에 차이를 주어 색 변화의 균일성을 실험하였으며, 제품의 재현성과 안정성 테스트를 진행하였다. 효소형의 경우 제품 제조의 정확도를 위하여 불량품 발생률을 계산하였으며 물질부 제조 과정에서의 불량품 발생률이 높은 것을 파악하였다. 실험실 차원에서 공장차원으로의 scale up하여 시범사업으로 대량 생산 시 발생할 수 있는 문제를 줄이기 위하여 중요관리점(Critical Control Point, CCP)을 결정하였다. 인쇄형 TTI의 경우, 잉크 제조 line에서는 시료의 칭량 및 교반 공정, TTI 생산 line에서는 인쇄, 건조 및 코팅 공정을 CCP로 결정하였다. 효소형 TTI의 경우, 물질부 제조 line에서는 시료의 칭량 및 교반 공정, TTI 제작 Line에서는 물질부를 film에 투입하는 공정, 마지막으로 보관 line의 경우, 제조 직후 냉동보관 하는 공정을 CCP로 결정하였다.

- **시범사업을 위한 TTI 사용시스템 설계:** 본 연구에서는 개발된 인쇄형 및 효소형 TTI의 사용 실용화를 위하여 시설/장치 및 관리 지침을 설계하고, 생산된 TTI의 사용 매뉴얼 및 품질평가가 진행되었다. 인쇄형, 효소형 TTI 모두 TTI 지시계를 생산하는데 있어 중점관리요소를 철저히 파악하여 제품 인쇄의 균일성을 확보하고, 생산된 제품의 적합한 포장이 이루어질 수 있도록 수정 및 재설계가 진행되었다. 또한 적용 현장을 파악하기 위해 업체를 방문하여 flow chart를 작성하였고, 이를 통해 식품의 종류에 따른 TTI의 포장 및 적용 설계를 보완할 수 있었다. 이러한 TTI 제품의 사용단계의 설계와 구체화를 포함하는 사용 매뉴얼을 설계함으로써, 제품명, 제품주의사항, 제조자, 보관방법, 유효기간 등의 정보를 카탈로그 형식으로 제작하여 소비자로 하여금 직접적으로 확인 가능하도록 진행하였다. TTI의 적합성을 파악하기 위하여 각 TTI의 품질평가를 진행하였다. 품질평가로는 인쇄형, 효소형 TTI 모두 실험실과 업체에서 지시계의 구현성을 비교하기 위해 적용업체에 지속적으로 방문하여 지시계의 end point, 즉 reference 색과 비교하여 색밀도측정을 통한 구체적인 TTI의 색변화 모니터링을 진행하였다. 이를 통해 예측된 시간에 맞는 TTI의 균일한 색변화를 확인할 수 있었으며, 제품의 색 다양화, 제품의 디자인 다양화를 통해 적용 단계를 발전시킬 수 있었다. 또한 제품의 대량생산을 하기 위하여 불량품 발생률 및 생산 중 생길 수 있는 문제요인을 분석하여 제품의 안정성을 확보하기 위한 연구가 진행되었다.
- **사업화를 위한 TTI 생산 및 품질관리 지침 설계:** 본 연구에서 1,2 단계의 시작품인 인쇄형 TTI 지시계와 효소형 TTI 지시계의 제품 사업화를 위한 생산 및 품질관리에 대한 지침을 설계하였다. 생산 QC 공정도를 기반으로 하여 제품 제작 시 중요하게 관리해야 할 중점관리요소를 파악하였다. 원료 및 중간제품의 이화학적 특성을 고려하여 원료의 보관, 원료의 배합, 제품 제작, 보관의 총 4단계로 나누어 진행하였다. TTI 제품 생산 환경이 정해진 규정에 적합한지 확인하기 위하여 TTI 제품의 생산공정에 대한 감사에 대한 지침을 설계하였다. 앞서 진행한 중점관리요소 및 생산 공정 감사를 기반으로 하여 TTI 제품 생산 시 측정대상 항목을 효율적으로 관리하기 위한 생산관리 문서 지침을 작성하였다. 또한 인쇄형 TTI 지시계와 효소형 TTI 지시계의 품질관리 지침을 설계하였다. 제품의 품질 평가에는 이화학적 분석을 선택하여 품질평가 결과 상 신뢰성과 객관성을 확보하였다. 인쇄형 TTI의 경우 제품 제작 시 중요한 품질 요소인 인쇄성, 유효기간의 모니터링 방법을 설계하였다. 각 품질요소에 대한 기준값을 설정하여 모니터링값과 기준값이 차이를 보일 때의 조치 사항을 설계하였다. 조치 사항은 앞서 기술된 생산관리 내용을 바탕으로 최적으로 설계하였다. 인쇄성은 TTI 커버의 부착성, 인쇄 상태, 파손 상태를 관능적으로 모니터링한다. 유효기간은 등온저장실험을 진행하여 end-point 도달 시 TTI의 색을 portable densitometer로 측정한다. 효소형 TTI의 경우 제품 제작 시 중요한 품질 요소인 실링완성도, 유효기간의 모니터링 방법을 설계하였다. 각 품질요소에 대한 기준값을 설정하여 모니터링값과 기준값이 차이를 보일 때의 조치 사항을 설계하였다. 조치 사항은 앞서 기술된 생산관리 내용을 바탕으로 최적으로 설계하였다. 실링완성도는 TTI의 용액 누출, 기포 생성 여부를 관능적으로 모니터링한다. 유효기간은 등온저장실험을 진행하여 end-point 도달 시 TTI의 색을 portable densitometer로 측정한다.

[1차년: TTI 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계]

1. 인쇄형 TTI

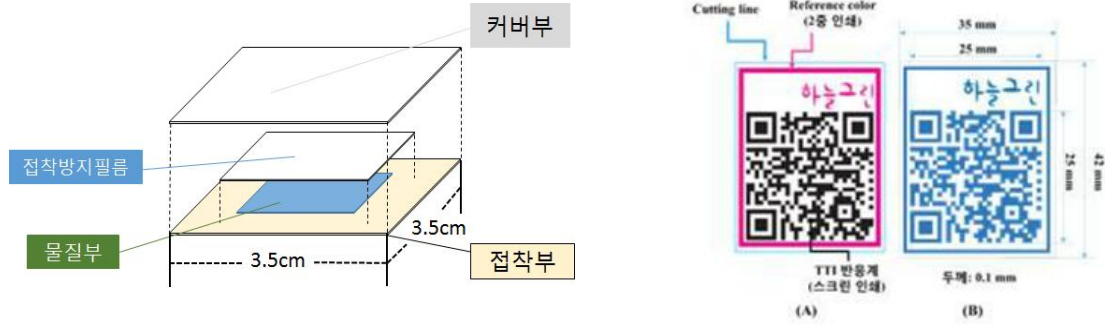


그림 1. 접착필름형 인쇄형 TTI 제품 설계도

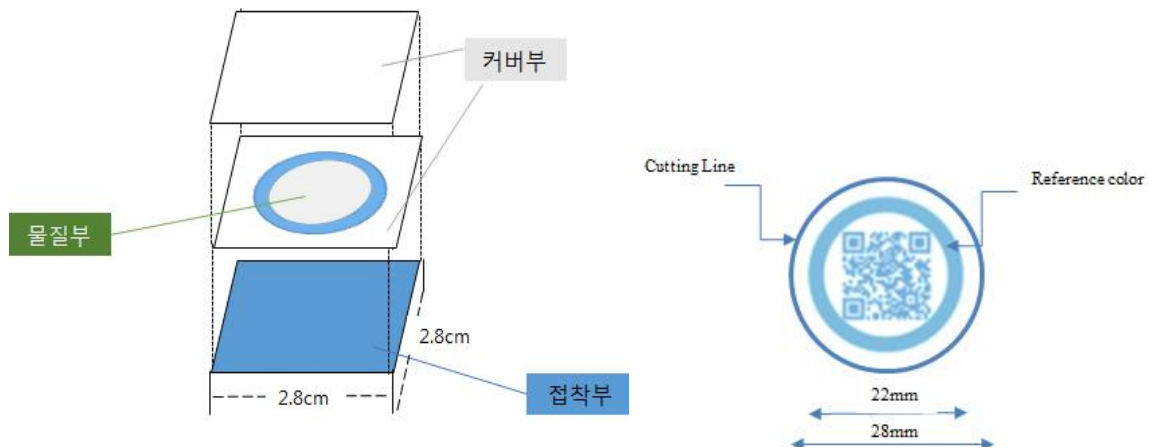


그림 2. 열코팅형 인쇄형 TTI 제품 설계도

1) 제품 설계

a) 접착필름형 인쇄형 TTI

- ㄱ. 접착부: PVC 재질의 스티커지를 이용하여 시제품이 완성되면 추가적인 장비 없이 바로 부착성이 있도록 설계
- ㄴ. 커버부: 공기노출형 인쇄형 TTI의 산소투과도를 조절하기 위해 산소투과도가 적은 필름을 이용
- ㄷ. 접착방지필름: 물질부인 인쇄형 TTI의 잉크가 커버부의 접착제에 의하여 활성화 되는 데 지장이 생기지 않도록 일정 크기의 필름을 사용
- ㄹ. 물질부: 기 완성된 시작품의 규격에서 불필요한 물질을 제거하고 산화방지제인 ascorbic acid, L-cysteine 등을 첨가하여 잉크를 제작

접착필름형 인쇄형 TTI의 시제품은 크게 접착부, 커버부, 접착방지필름, 물질부 4가지로 구성되어 있다. ㄱ) 접착부는 완성된 인쇄형 TTI를 포장지에의 부착성을 고려하여 선택한다. ㄴ) 커버부는 산소노출

형 인쇄형 TTI의 산소투과도를 조절하여 활성화에너지 및 종말점까지 도달기간 조절을 한다. ㄷ) 접착방지 필름은 물질부인 인쇄형 TTI의 잉크부분이 커버부의 접착제에 노출이 될 경우 제대로 작동하지 않는 것을 방지하기 위함이다. ㄹ) 물질부는 기 완성된 시작품의 규격에서 환원제를 추가하여 구성하였다.

b) 열코팅형 인쇄형 TTI

- ㄱ. 접착부: 코팅이 완료된 TTI에 양면테이프지를 부착 후 커팅을 통해 접착력을 부여하고 스티커와 같은 형태를 구현
- ㄴ. 커버부: 공기노출형 인쇄형 TTI의 산소투과도를 조절하기 위해 산소투과도가 낮은 열코팅 필름을 이용
- ㄷ. 물질부: 기 완성된 시작품의 규격에서 불필요한 물질을 제거하고 산화방지제인 ascorbic acid, L-cysteine 등을 첨가하여 잉크를 제작

열코팅형 인쇄형 TTI의 시제품은 크게 접착부, 커버부, 물질부 3가지로 구성되어 있다. ㄱ) 접착부는 완성된 인쇄형 TTI를 포장지에의 부착성을 고려하여 선택하였다. ㄴ) 커버부는 산소노출형 인쇄형 TTI의 산소투과도를 조절하여 활성화에너지 및 종말점까지 도달기간 조절을 한다. ㄷ) 물질부는 기 완성된 시작품의 규격에서 환원제를 추가하여 구성하였다.

2) 공정 설계

공기노출형 인쇄형 TTI의 시작품의 제조 공정은 다음과 같이 크게 3단계인 1)원료보관, 2)혼합, 3)인쇄 및 포장으로 구축하였다. 이 시작품 공정도 3단계를 공장생산화를 위하여 시제품 공정도로 설계하면 다음과 같다.

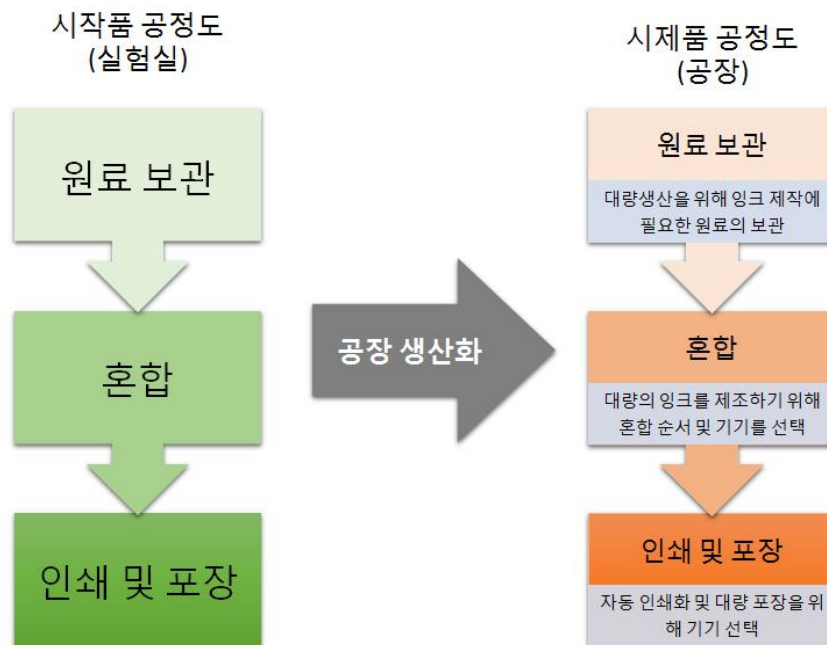


그림 3. 인쇄형 TTI 공정 설계도

a) 원료의 보관

시작품(실험실) 제작에서 필요한 원료는 Methylene blue trihydrate 98.5%, Glycerol, Sodium Alginate, Tween 80, PEG 300, Ascorbic acid 99.5%, L-Cysteine 및 증류수가 있다. 이의 규격 및 보관성은 아래의 표와 같다.

표 1. 인쇄형 TTI의 원료 규격 및 보관성

재료	구입처	규격	가격	보관
Methylene blue trihydrate , 98.5%	SAMCHUN	500g (CAS 7220-79-3)	64,000	상온
Glycerol	Sigma Aldrich	500ml (CAS 56-81-5)	112,000	상온
Sodium Alginate	DUKSAN	500g (CAS 9005-38-3)	27,000	상온
Tween 80	SAMCHUN	500g (9005-65-6)	8,800	상온
Polyethylene Glycol Mn 300	Sigma Aldrich	1Kg (CAS 25322-68-3)	94,000	상온
Ascorbic acid 99.5%	SAMCHUN	500g(CAS No.50-81-7)	43,000	상온
L-Cysteine, 99%	SAMCHUN	100g (P.NO. c2191)	16,000	상온

시제품(공장) 제작을 위하여 대량생산을 위해 인쇄형 TTI의 제작 공정에 따라 원료를 보관하였다. 또한 공기노출형 인쇄형 TTI의 원료는 모두 상온보관이 가능하고 신체에 영향을 줄 수 있는 분말성 시약과 액상 시약을 따로 보관하는 것이 좋다. 그리고 분말성 시약의 경우 분진이 날릴 수 있기 때문에 안전성을 위하여 원료의 상에 따라 시약을 나눠 아래의 Table 2와 같이 분류하였다.

표 2. 인쇄형 TTI 원료의 Phase

재료	Phase	시약명	Phase
Methylene blue trihydrate , 98.5%	분말	Polyethylene Glycol Mn 300	액상
Sodium Alginate	분말	Tween 80	액상
Ascorbic acid 99.5%	분말	Glycerol	액상
L-Cysteine, 99%	분말		

b) 원료의 혼합

공기노출형 인쇄형 TTI를 제작하기 위해 원료를 혼합하고 통해 잉크를 제조하였으며 시작품(실험실 제작)에서의 원료혼합 단계를 다음과 같이 크게 3단계로 정리하였다.

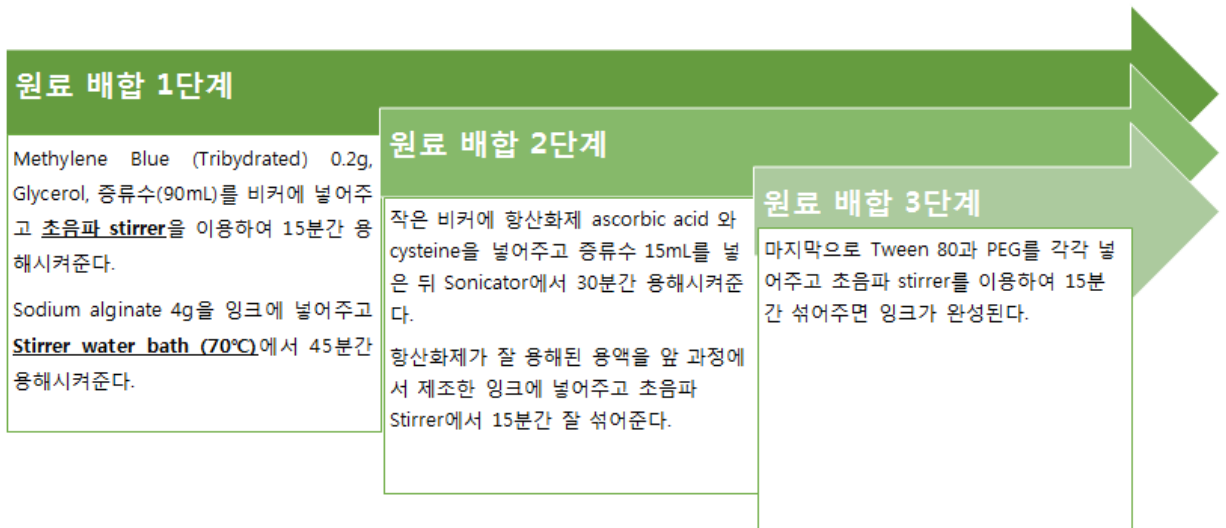


그림 4. 인쇄형 TTI 시작품의 원료 배합

시작품과 달리 시제품은 잉크를 대량으로 제조해야하기 때문에 기기 설비를 단순히 하는 것도 중요하지만 제조된 잉크의 상태 또는 성분이 달라서는 안 된다. 이를 고려하여 시제품의 원료 혼합 공정을 다음과 같이 나누어 설계하였다.

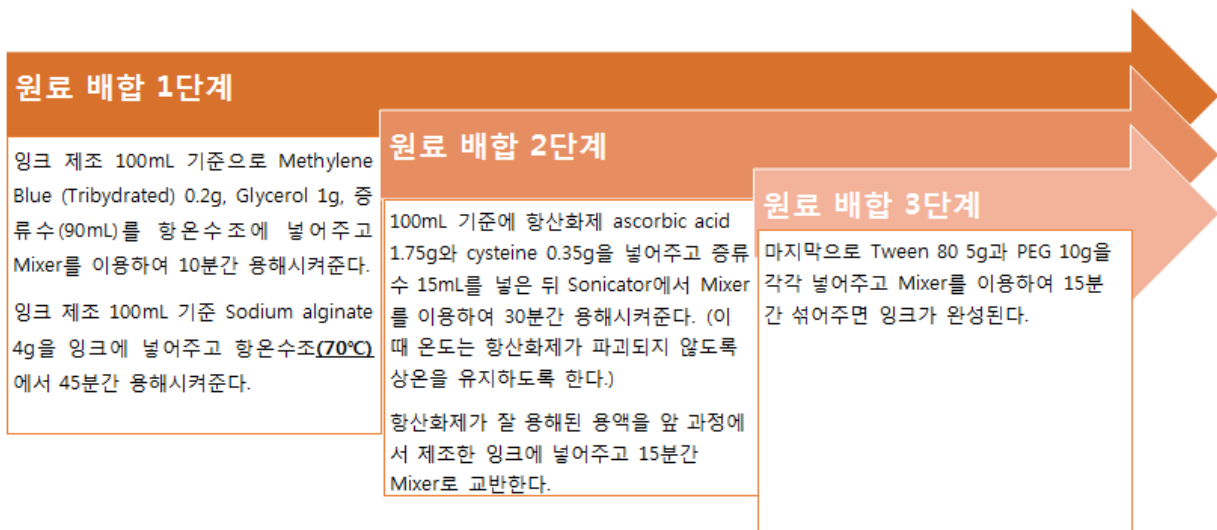


그림 5. 인쇄형 TTI 시제품의 원료 배합

c) 인쇄 및 포장

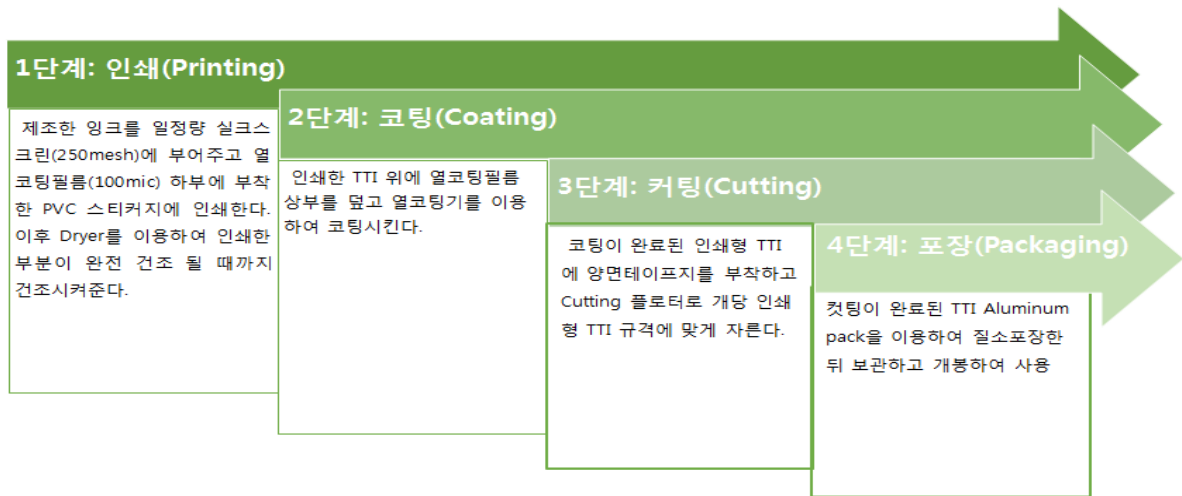


그림 6. 인쇄형 TTI(열코팅형)의 시제품 제조

공기노출형 인쇄형 TTI의 시제품(실험실)의 인쇄 및 포장 단계에서는 앞의 원료 혼합단계에서 제조한 잉크를 인쇄지에 인쇄하고 코팅 및 커팅을 하여 저장을 위해 포장하는 단계로 구성되어 있다. 각 단계를 접착필름형, 열코팅형으로 구분하여 세부적으로 보면 아래와 같다.

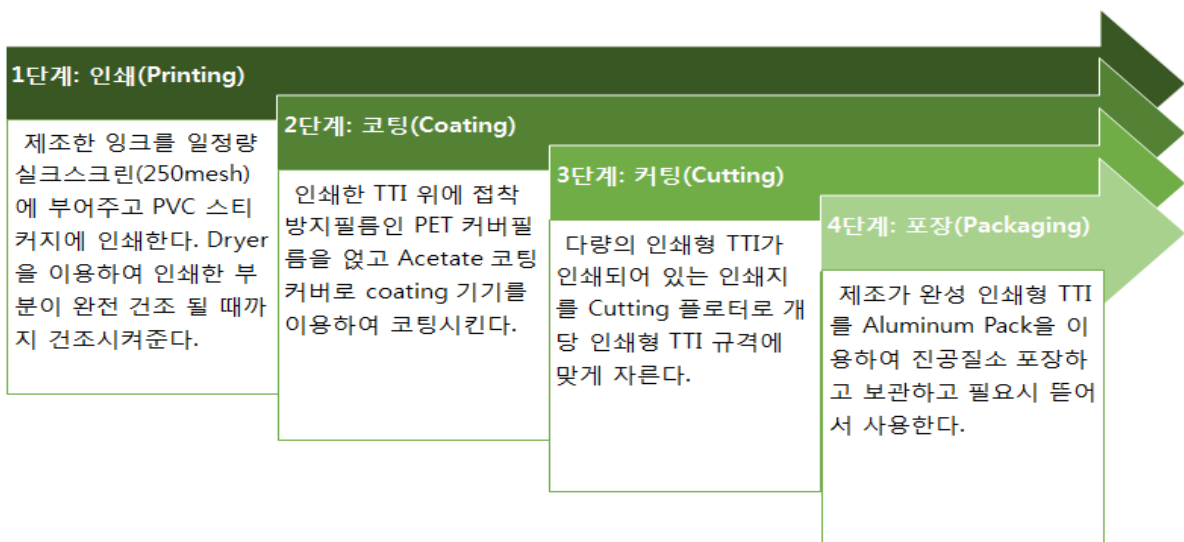


그림 7. 인쇄형 TTI(접착필름형)의 시제품 제조

시제품의 단계에서 인쇄 공정과 커팅 공정 사이에 Cutting 플로터로 공기노출형 인쇄형 TTI를 규격에 맞게 재단하였다. 이후 시제품 단계에서는 대량 생산을 위하여 제작 단계를 더 단순화 시켰다. 열접착필름형의 경우 커팅을 대형 도무송 기계로 진행하여 신속하게 대량의 시제품을 생산가능하도록 하였고 열코팅형의 경우 PVC지를 파우치형태의 열코팅필름과 합치시켜 코팅을 진행하고 커팅을 대형 도무송 기계로 하여 신속하게 대량의 시제품을 생산가능하도록 하였다. 합지된 PVC지 및 커팅에 사용한 대형 도

무송 기계는 다음과 같다.

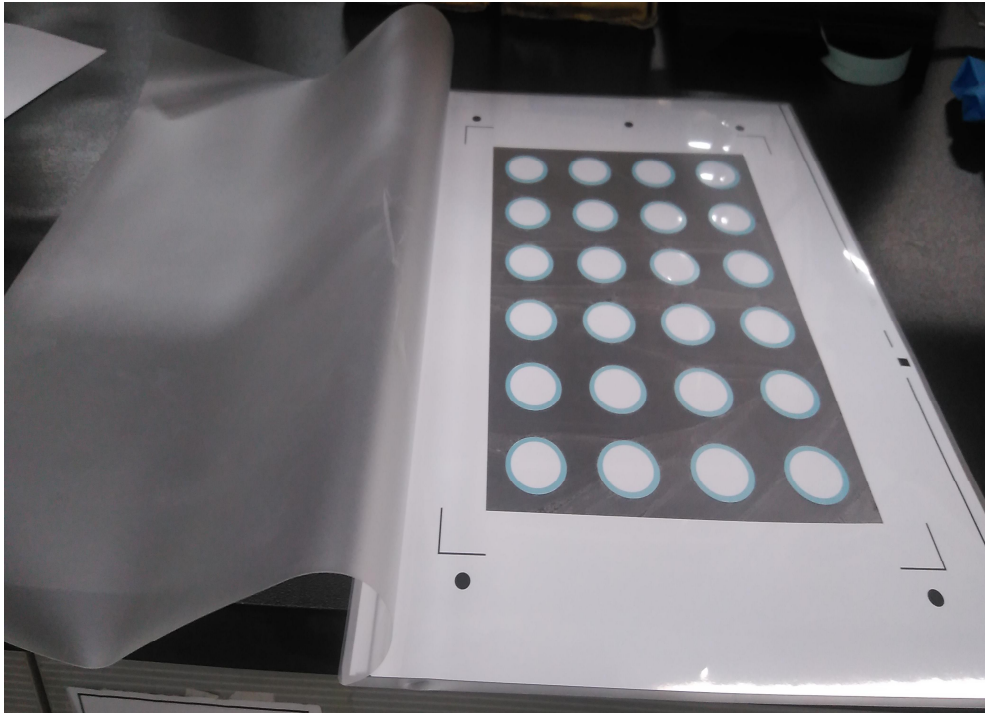
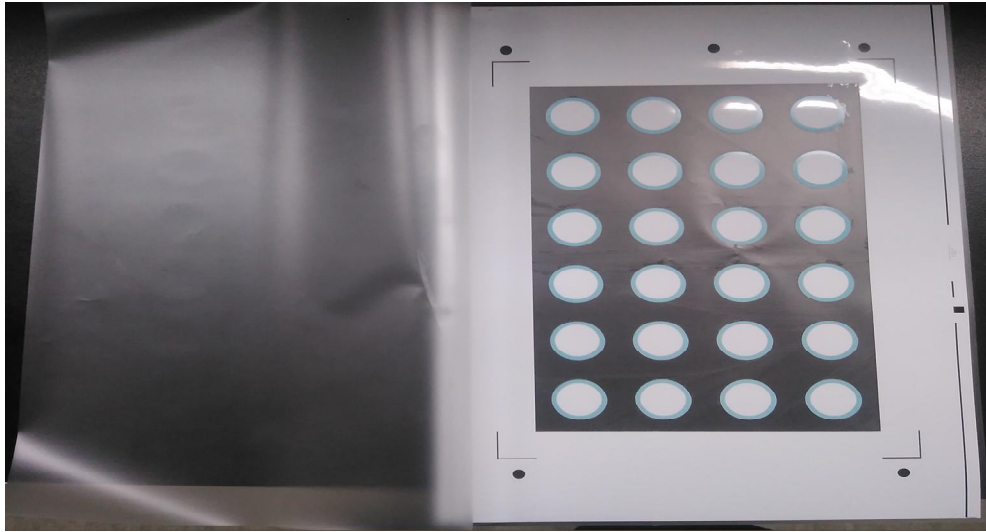


그림 8. 인쇄형 TTI(열코팅형) 인쇄 전 합지된 PVC지



그림 9. 시제품 커팅에 사용된 대형 도무송 기계

인쇄형 TTI 시제품의 인쇄 및 포장 단계를 4단계로 나누어 도표화 하면 다음과 같다.

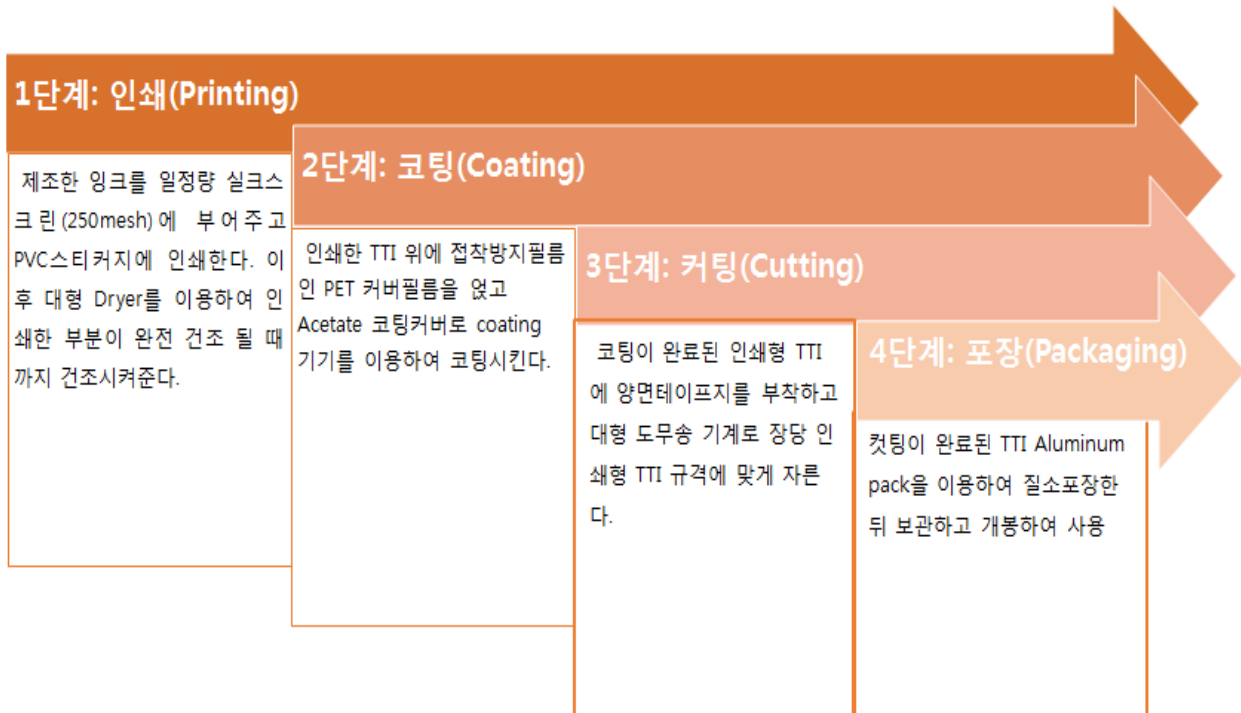


그림 10. 인쇄형 TTI(접착필름형) 시제품의 제조

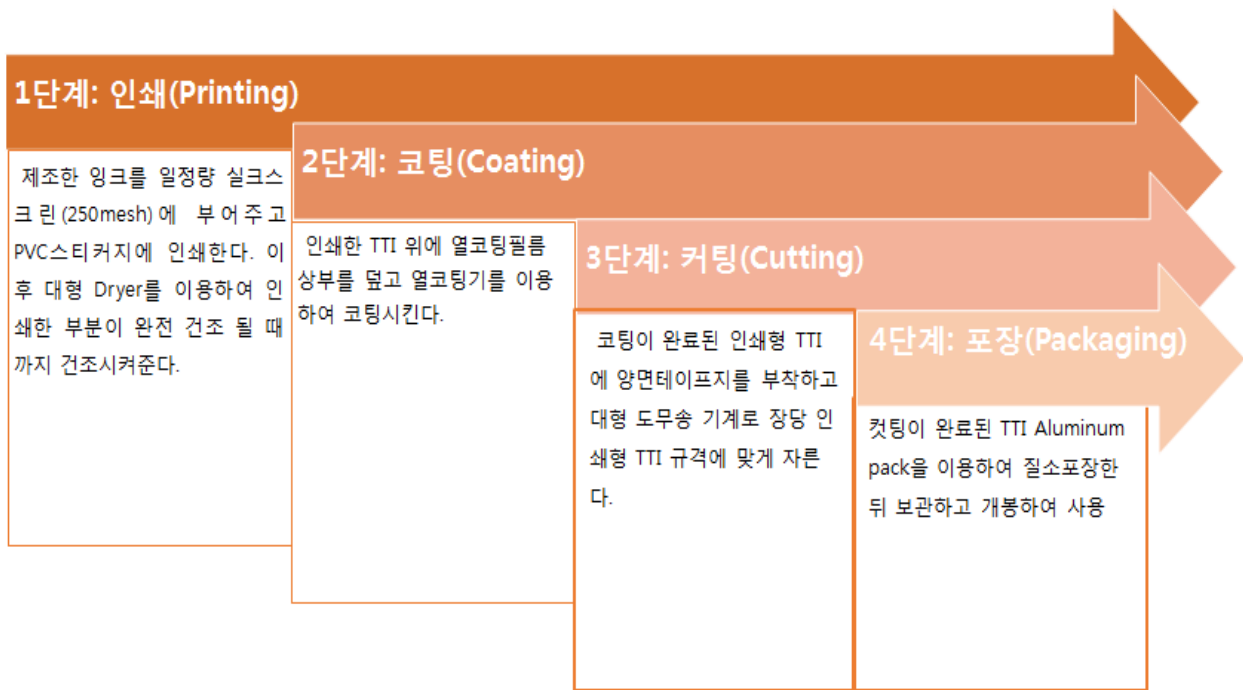


그림 11. 인쇄형 TTI(열코팅형) 시제품의 제조

3) 제품 성능 Test

a) 제품의 색변화 균일성

인쇄형 TTI의 각 온도별 색변화의 균일성을 테스트하기 위해 점착필름형과 열코팅형 제품을 각각 제작한 뒤 100개씩 질소포장하여 실온에 1주일간 방치하였고 이후 개봉하여 5, 10, 15, 25℃의 배양기에 넣은 뒤 색변화의 균일성을 Test하였다.



그림 12. 인쇄형 TTI(접착필름형)의 재현성 Test 결과(왼쪽 위부터 시계방향, 5, 10, 15, 25℃)



그림 13. 인쇄형 TTI(열코팅형)의 재현성 Test 결과(왼쪽 위부터 시계방향, 5, 10, 15, 25°C)

실험 결과 접착필름형과 열코팅형 모두 5, 10, 15, 25°C에서 육안으로 보기에 거의 동일한 색변화를 나타내었다. 온도별로 좀 더 명확히 비교하였을 때 상대적으로 저온인 15, 10, 5°C의 순서로 색변화의 선명도가 미세하게 약해지는 것을 관찰하였으며 가장 고온인 25°C의 경우 상대적으로 가장 반응이 빠르게 진행됨에 따라 선명도가 가장 높은 것을 확인할 수 있었다.

표 3. 인쇄형 TTI(접착필름형) 온도별 종말점 Lab값

Temperature	L	a	b
5°C	73.23	-8.87	-18.79
10°C	73.51	-9.23	-18.21
15°C	74.29	-10.88	-17.24
25°C	72.84	-12.08	-16.96

표 4. 인쇄형 TTI(열코팅형) 온도별 종말점 Lab값

Temperature	L	a	b
5°C	74.93	-9.67	-18.38
10°C	75.01	-9.83	-17.63
15°C	76.29	-10.28	-16.89
25°C	75.48	-11.59	-16.34

좀 더 정밀한 비교를 위하여 제작된 접착필름형, 열코팅형 인쇄형 TTI의 각 온도별 종말점의 Lab값을 색차

계를 이용하여 측정하였다. 색차계를 비교한 결과 접착필름형의 밝기가 상대적으로 높았으며 전반적인 Lab값의 변화가 열코팅형보다 컸다. 이러한 현상은 필름의 투과도 차이에 따른 반응속도 차이로 판단된다.

각 온도별로 비교했을 때 접착필름형과 열코팅형 모두 상대적으로 온도가 높아질수록 a값의 변화량이 커지고 b값의 변화량이 작아짐을 알 수 있다. 이러한 차이에 따라서 육안으로 보았을 때 미세하게 차이가 있는 것이 관찰되었지만 TTI의 작동 및 종말점 도달의 색변화 인식에는 전혀 문제가 없음을 확인할 수 있었다.

b) 제품의 재현성

인쇄형 TTI의 각 온도별 Shelf life의 재현성을 테스트하기 위해 접착필름형과 열코팅형 제품을 각각 제작한 뒤 100개씩 질소 충전 포장한 뒤 포장팩을 실온에 1주일간 방치하였고 이후 개봉하여 5, 10, 15, 25°C의 배양기에 넣은 뒤 Shelf life를 Test하였다.

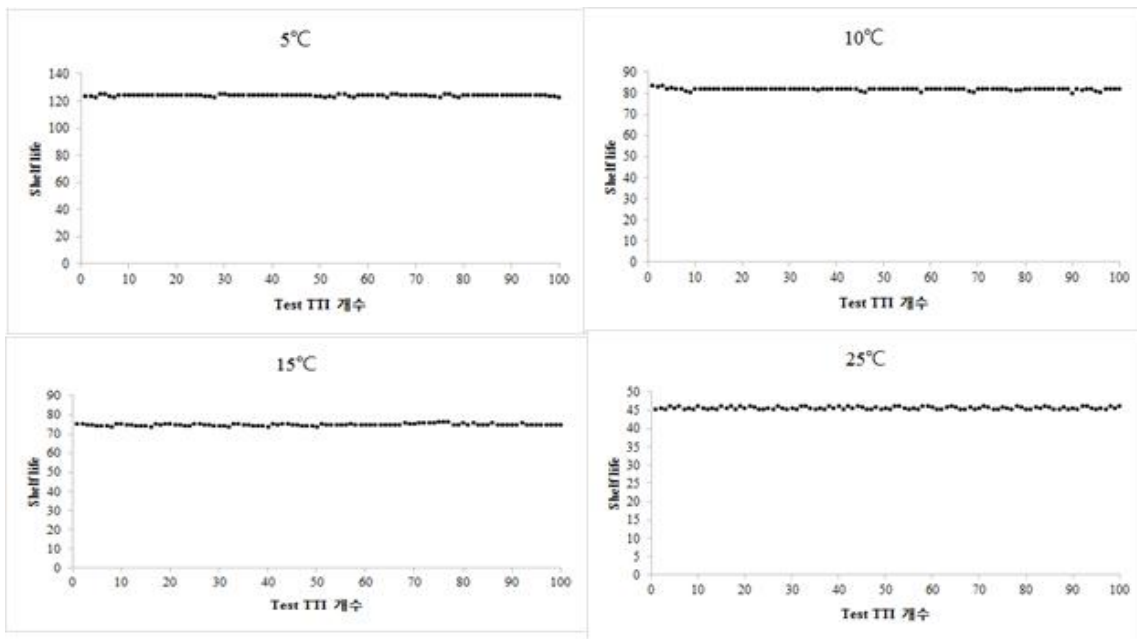


그림 14. 인쇄형 TTI(접착필름형)의 재현성 Test 결과

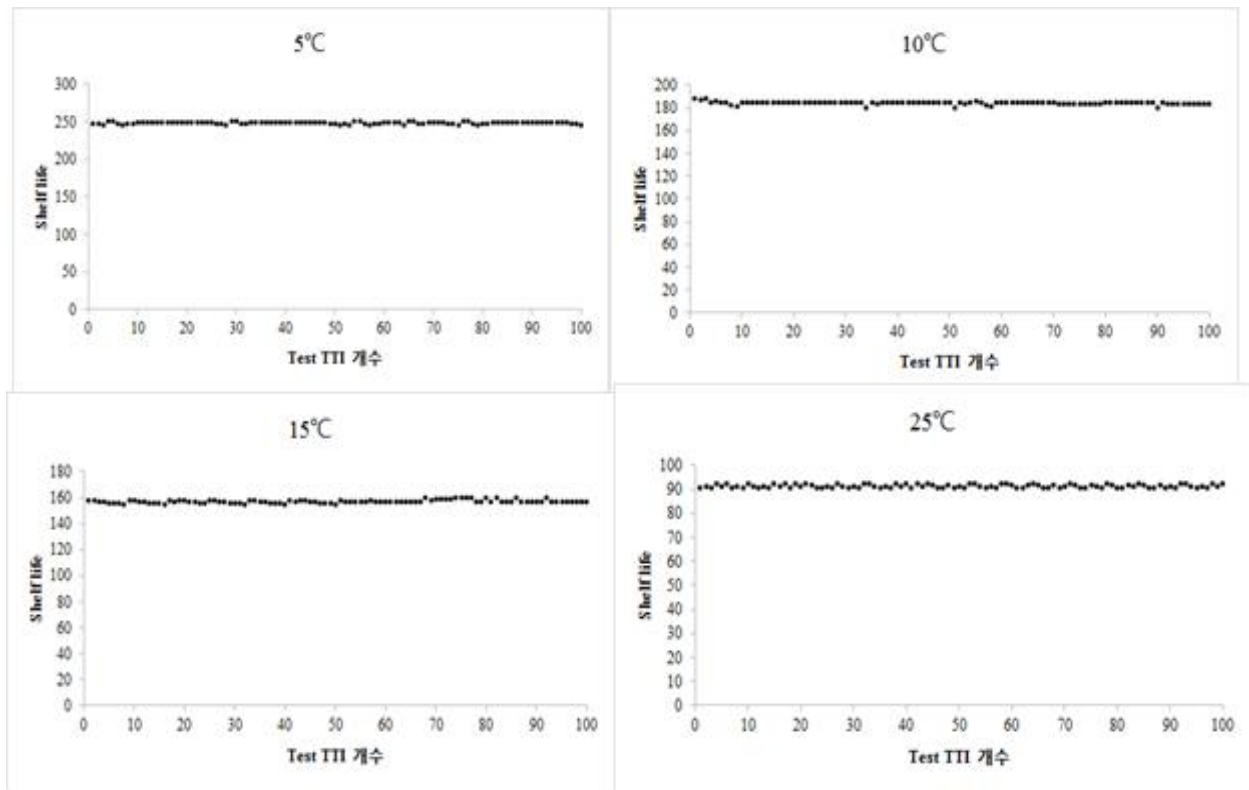


그림 15. 인쇄형 TTI(열코팅형)의 재현성 Test 결과

실험결과 접착필름형 인쇄형 TTI, 열코팅형 인쇄형 TTI 모두, 5, 10, 15, 25°C의 모든 온도군에서 거의 균일한 shelf life를 나타내었고 인쇄형 TTI의 안정성을 확인할 수 있었다.

c) TTI 사용 전 보관 안정성

인쇄형 TTI를 사용 전 보관 안정성을 Test 하기 위해 접착필름형과 열코팅형 인쇄형 TTI를 각각 제조 후 240개(24eaX10매)씩 질소 충전 포장하고 한달 간격으로 보관 후 활성화시켰을 때의 색 변화 및 shelf life를 살펴보았을 때 불량품 발생률을 비교하였다.

표 5. 인쇄형 TTI(접착필름형) 사용전 보관 후 활성화 안정성 실험 결과

	정상 작동	오작동	불량품 발생률
제작 후 바로 사용	240개	0개	0%
보관 1달 후 사용	235개	5개	2.08%
보관 2달 후 사용	238개	8개	3.33%
보관 3달 후 사용	224개	16개	6.67%

표 6. 인쇄형 TTI(열코팅형) 사용전 보관 후 활성화 안정성 실험 결과

	정상 작동	오작동	불량품 발생률
제작 후 바로 사용	240개	0개	0%
보관 1달 후 사용	238개	2개	0.80%
보관 2달 후 사용	238개	2개	0.80%
보관 3달 후 사용	237개	3개	1.25%

실험 결과 질소포장 후 개봉 시 1달, 2달, 3달까지의 인쇄형 TTI의 활성화 안정성을 확인했을 때 접착필름형, 열코팅형 모두 상당히 낮은 불량품 발생률을 나타내었다. 상대적으로 열코팅형에 비해 접착필름형의 불량품 발생률이 높았지만 이렇게 발생한 불량품도 활성화 안정성이 떨어진다고 판단되기보다 접착제가 일부 잉크가 인쇄된 물질부로 혼입되어 반응했거나 코팅 등에서 기포가 발생하여 일부 색변화가 미리 진행된 것이므로 전반적인 모든 제품에서 저장 시에 활성화 시 안정성이 높음을 확인할 수 있었다. 2차년도에 추가적으로 샘플의 개수를 늘려서 재현성 및 오작동율 감소 등과 같은 품질/기능 안정화 예정에 있다.

d) 잉크 제조 후 보관 안정성

인쇄형 TTI의 대량생산 시 실용성을 점검하기 위해 잉크 제조 후 일정한 TTI의 성능을 나타내는 잉크의 보관기간을 결정하기 위해 1시간 간격으로 인쇄를 진행한 후 코팅하고 25℃잉크 제조 후 보관 안정성을 Test하였다.

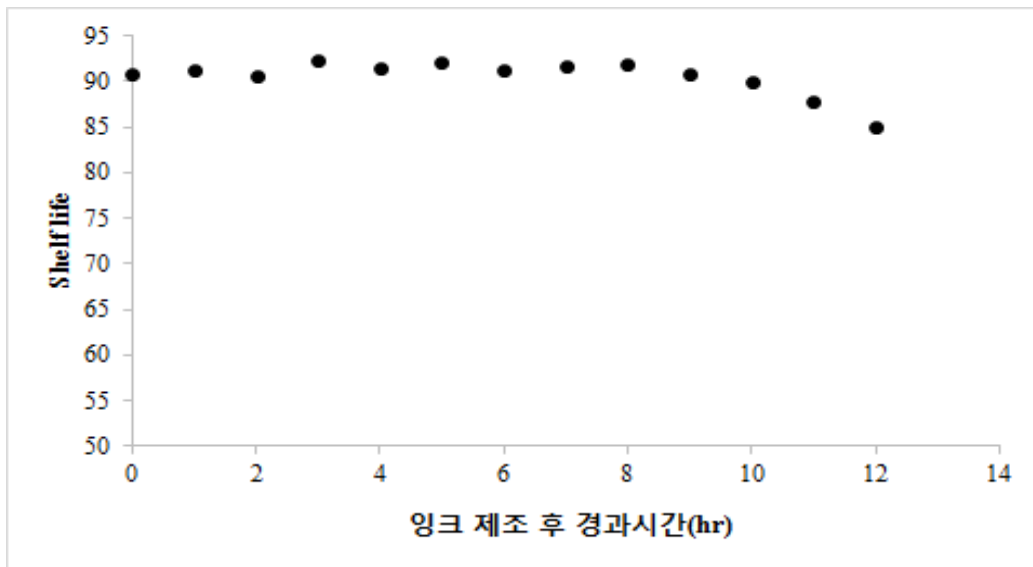


그림 16. 인쇄형 TTI의 잉크 제조 후 경과시간에 따른 shelf life

잉크 제조 후 보관 안정성을 Test하기 위해 1시간 간격으로 인쇄를 진행한 후 25℃에서 색변화를 관찰하였다. 실험결과 위의 그래프와 같이 제조 후 10시간이 경과된 이후로 점차 shelf life가 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 잉크 제조 후 TTI의 성능을 유지할 수 있는 시간은 10시간임을 확인하였다. 이렇게 도출된 유지시간은 보관 시 저온에서 보관하지 않고 실온에서 보관하였고, 완전한 기밀을 유지한 것이 아닌 단순한 형태의 덮개로 덮어만 준채로 보관한 상태였기 때문에 안정성을 고려하여 조건을 좀 더 정밀하게 설정한다면 10시간보다 더 제조 후 보관시간을 연장할 수 있고 실용성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

e) 온도별 Shelf life 및 사용법 표준화

사용자의 편의성을 도모하기 위해서 접착필름 TTI와 열코팅필름 TTI의 온도별 Shelf life를 반복실험을 통하여 결정하였고, 각 TTI의 해당식품, 보관방법 및 사용방법, 보관 가능기간을 명시하여 표로 작성하였다.

	온도	Shelf Life	해당식품
접착필름 TTI	5°C	120.9hr (약 5일)	즉석식품 (편의점샌드위치, 삼각김밥, 도시락, 김밥)
	10°C	82.5hr (약 3.5일)	
	15°C	74.6hr (약 3일)	
	25°C	44.5hr (약 2일)	
	35°C	26.8hr (약 1일)	
열코팅필름 TTI	5°C	247.6hr (약 10일)	유제품 및 신선식품, 의약품, 냉장포장육 (요구르트, 우유)
	10°C	187.5hr (약 7.5일)	
	15°C	157.9hr (약 6.5일)	
	25°C	90.4hr (약 4일)	
	35°C	58.8hr (약 2.5일)	

ARC 인쇄형 TTI 제품성능 및 사용법	
보관방법	<ul style="list-style-type: none"> ● 질소포장 된 TTI를 실온에서 보관 ● 사용 전 보관가능기간: 질소 포장 상태에서 3개월
사용법	<ul style="list-style-type: none"> ● Activation: 질소 포장 팩의 개봉 ● 품질예측: TTI의 색 변화를 관찰

그림 17. 인쇄형 TTI의 온도별 Shelf life 및 사용법 표준화

현재 인쇄형 TTI는 적용대상 식품군의 기본 디자인에 부합되는 형태로 일러스트레이터 프로그램을 이용하여 디자인한 뒤 인쇄가 가능하며 다양한 형태로 생산이 가능함. 예를 들어 3단계 1차년도에 매일유업에 적용한 인쇄형 TTI의 경우 기존의 사각형 형태가 아닌 매일유업측에서 요청한 대로 구형으로 인쇄 형태를 제작하였다. 또한 인쇄형 TTI 제작을 위하여 개발된 잉크를 이용하여, 그라비아 인쇄, 오프셋 인쇄 및 스크린 인쇄 방법을 적용한 결과 스크린 인쇄 방법이 가장 적합한 인쇄방법으로 확인되었으며, 기술 이전 업체인 (주)동호기계에서도 스크린 인쇄 방법을 활용하였을 때 생산량에 문제가 없음을 확인하였다.

4) 대량 생산을 위한 전수 및 생산 결과

시범사업 적용 전 대량생산을 위해 동호기계 측으로 동국대학교에서 설계한 제조공정을 전수하였다. 이후 4월 10일 공장에서 대량생산을 실시하고 4월 11일, 매일유업에 공급완료하였고 4월 12일에 시범 사업을 적용하였다. 시범사업 적용결과 공급한 인쇄형 TTI에 문제가 발생하였다. 색변화가 균일하게 나타나야 할 TTI에서 잉크가 오염되어 얼룩덜룩하게 색 변화가 불균일한 현상들이 발생하였다.

5) 시제품 생산 공정 중 Critical Control Point(CCP) 결정

연구소에서 제작한 게 아닌 공장에서 대량생산 시 발생한 공정상 시행착오로 시범사업 적용 시 문제가 발생하였다. 따라서 시제품 제작 공정 중 문제발생으로 실제 TTI 생산 시에 발생할 수 있는 결함 및 불량품을 최소화하고 제품의 재현성을 높이기 위해 위와 같이 인쇄형 TTI 생산 공정도를 제작하고

공정 중 중요관리점(Critical Control Point, CCP)를 결정하였다.

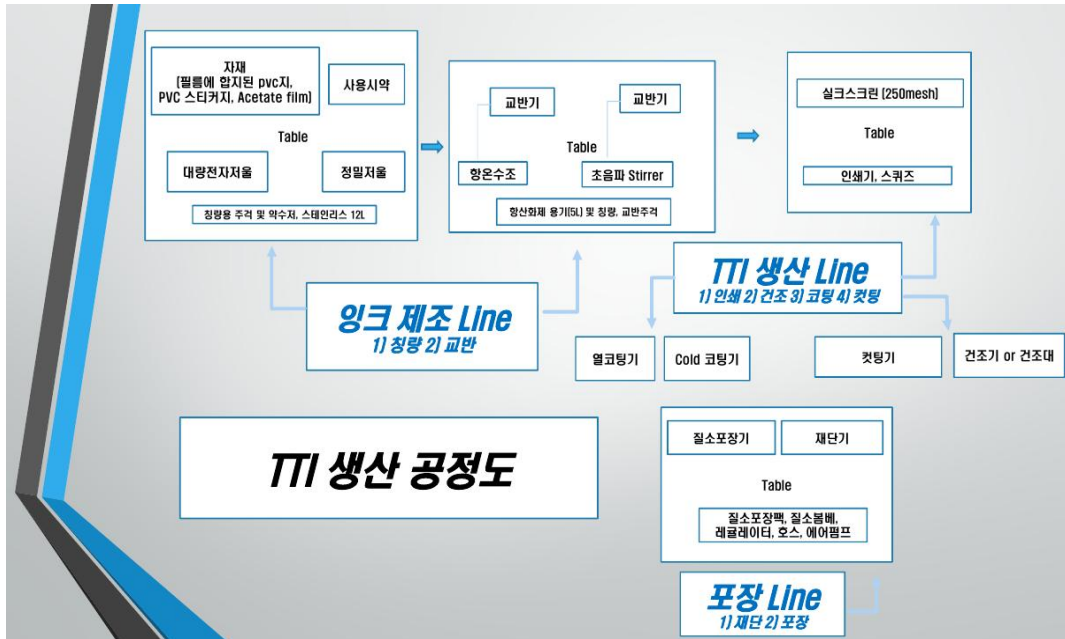


그림 18. 인쇄형 TTI 시제품의 생산 공정도

a) 잉크 제조 Line

잉크 제조 Line의 경우 칭량, 교반이 이루어지는 생산라인이다. 잉크 제조 Line에서는 정확한 성능 및 균일한 잉크의 제조하기 위해 사용되는 시약이 정확하게 칭량, 첨가되어 잉크를 제조하여야 균일한 잉크를 얻을 수 있으므로 각 시약의 정확한 칭량이 요구된다. 교반 공정의 경우 잉크 제조 시에 물성을 조절하는 Sodium alginate가 적절히 교반되지 않을 경우 잉크의 물성이 균일하지 않아 불균일한 색변화를 나타내는 인쇄형 TTI가 제조될 수 있으며 첨가될 향산화제가 가열되거나 제대로 분산되지 않으면 환원력이 균일하게 발휘되지 않아 TTI의 shelf life에 영향을 미칠 수 있다. 또한 잉크 원료 이외에 불순물이 첨가될 경우 산화 반응에 영향을 미쳐 색변화를 다르게 만들 수 있으므로 잉크 제조 Line 중 칭량 및 교반 공정을 CCP로 결정하였다.

b) TTI 생산 Line

TTI 생산 Line의 경우 인쇄, 건조, 코팅, 커팅 공정이 이루어지는 생산라인이다. TTI 생산 Line에서는 우선적으로 잉크를 PVC지에 인쇄 시 동일한 압력을 가하여 인쇄되어야 한다. 만약 균일한 인쇄물의 성상이 나타나지 않으면 QR코드의 인식이 되지 않고 직접적으로 인쇄된 문양이 관찰되므로 정확한 QR 코드의 인쇄가 요구된다. 건조 공정의 경우 잉크가 충분히 건조되지 않으면 코팅 시 색이 번지고 색 변화가 진행되지 않거나 각 부위별로 달라지는 문제가 발생한다. 또한 코팅 시에 기포가 들어가게 되면 Head space의 발생으로 인해 TTI 중에서도 일부만 색변화가 빠르게 진행되어 불량품이 발생하게 된다. 커팅의 경우 기본적으로 커팅 라인에 따라 커팅이 되는 부분이며 일부 커팅이 제대로 이루어지지 않는 경우 커팅 날 손상, 혹은 커팅이 진행되어야 할 TTI의 배치가 잘못된 것이므로 날을 교체해주거나 TTI의 배치를 올바르게 유지하여 주면 된다. 따라서 TTI 생산 Line 중 인쇄, 건조 및 코팅 공정을 CCP로 결정하였다.

c) 포장 Line

포장 Line의 경우 가장자리 부분의 재단 및 질소 포장에 이루어지는 생산라인이다. 포장 Line에서는 제품의

깔끔한 디자인을 위해 가장자리 부분의 균일한재단이 이루어져야 하고 이후 인쇄형 TTI의 activation을 막기 위해 산소와 반응하지 않도록 질소를 이용하여 포장하여야 한다. 재단의 경우 TTI의 가장 큰 품질요건인 색 변화와는 크게 관계가 없는 공정이므로 CCP로 결정되지 않았지만 포장의 경우 제대로 포장되지 않을 시 제품을 생산, 공급 후 제품의 보관 안정성이 떨어짐에 따라 산소와 반응하여 TTI 색이 변화하고 TTI를 사용할 수 없게 되므로 포장 Line 중 포장 공정을 CCP로 결정하였다.

TTI 제품의 안정성 확보를 위해 상기의 중요관리점들을 각 공정별로 결정하였고 이를 바탕으로 동호기계와 협업하여 TTI를 대량 생산 시 중요관리점을 관리하여 생산되는 제품의 안정성을 확보할 수 있을 것으로 기대 됨.

2. 효소형 TTI

1) 제품 설계

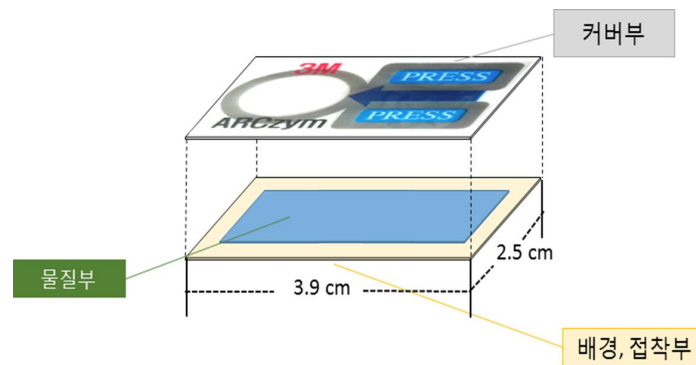


그림 19. 효소형 TTI 제품 설계도

- 커버부 : 색변화에 집중할 수 있도록 설계
- 물질부 : 기 완성된 시작품의 규격 유지
- 접착부 : 기 완성된 시작품의 규격에서 중앙 접착부 제거
배경 : 가시성을 높이도록 설계

커버부와 배경은 모두 얇은 필름 형태로, 커버부는 다기능을 갖도록 설계되었다. 동근 부분에 색이 표시되어서 색변화에 집중할 수 있으며, 브랜드를 기입하여 TTI의 원조가 ARCzyme이라는 것을 소비자들이 하여금 인식할 수 있게 하였다. 물질부는 효소부와 기질부로 나뉘지며, 기 완성된 시작품의 규격을 유지하였다. 그 자세한 formulation은 아래 시제품 생산에 기입하였다. 접착부는 기 완성된 시작품의 규격을 유지하되 중앙의 접착부는 제거하였다. 아래 필름 또한 투명이라 백색의 양면스티커를 접착하여 가시성을 개선하였고, 접착성도 부여하였다.

2) 공정 설계

효소형 TTI의 시작품의 제조 공정은 다음과 같이 크게 3단계인 1)원료 보관, 2)배합 및 포장, 3)접착 능 부가로 구축 하였다. 이 시작품 공정도 3단계를 공장생산화를 위하여 시제품 공정도로 설계하면 다음과 같다.

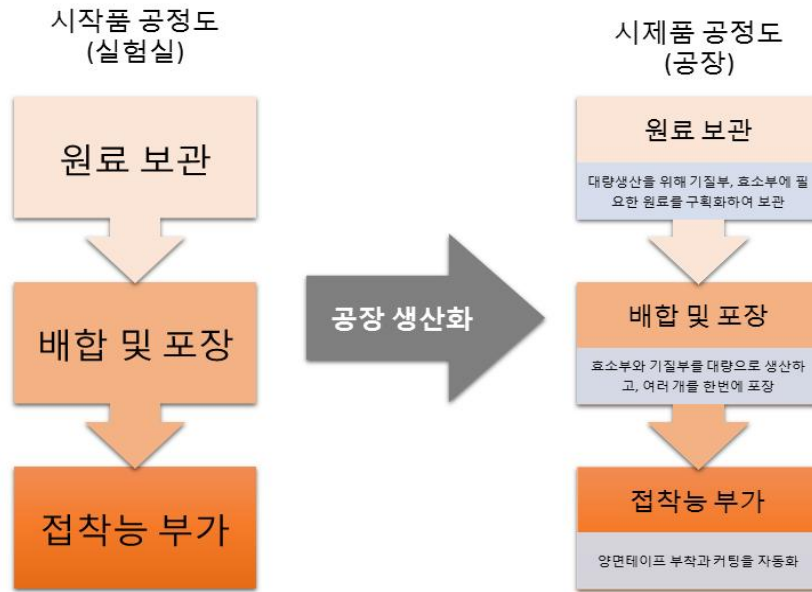


그림 20. 효소형 TTI 공정 설계

a) 원료의 보관

실험실 차원에서의 시작품 공정도는 위의 그림과 같이 원료 보관, 원료 배합 및 포장, 접착능 부가로 이루어진다. 실험실 수준에서 원료의 보관은 시약장, 연구실용 냉장·냉동고에 다른 시약들과 함께 보관하는 것으로 이루어졌지만, 공장 차원에서는 다른 원료들과 섞이지 않도록 구획화하여 보관하여야 한다. 그 자세한 원료와 보관 온도는 아래 표에 나타내었다.

표 7. 효소형 TTI의 원료 규격 및 보관

재료	구입처	규격	가격	보관
laccase from <i>Trametes versicolor</i>	Sigma aldrich	CAS: 80498-15-3 용량: 10 g 성상: powder 효소활성도: 0.5 U/mg 이상	1,115,000	2~8°C
ABTS	Sigma aldrich	CAS: 30931-67-0 용량: 5 g MW: 548.68 g/mol 순도: 98% 이상 (HPLC)	399,000	2~8°C
glycerol	Sigma aldrich	CAS: 56-81-5 용량: 1 L MW: 92.09 g/mol 밀도: 1.25 g/mL 순도: 99.5% 이상	177,000	상온
sodium azide	Daejung	CAS: 28-03964-01 용량: 500 g MW: 65.01 g/mol extra pure reagent	41,250	상온
BSA	Sigma aldrich	CAS: 9048-46-8 A2153 용량: 10g assay: 96% 이상 성상: lyophilized powder agarose gel electrophoresis pH: 6.5-7.5	135,000	2~8 °C
monomethoxy PEG activated with cyanuric chloride	Sigma aldrich	M3277 용량: 5 g MW: 5000 g/mol	2,744,000	-20 °C
Sodium acetate, anhydrous	Samchun	CAS: 127-09-3 Product code: S0292 용량: 500 g 순도: 98.5% 이상 extra pure	5,900	상온
Acetic acid solution	Sigma aldrich	CAS: 64-19-7 용량: 500 mL	266,000	상온
Sodium tetraborate decahydrate	Sigma aldrich	CAS: 1303-96-4 용량: 500 g MW: 381.37 g/mol BioXtra	107,000	상온
2M sodium hydroxide solution	ThermoFisher scientific	CAS: 1310-73-2 용량: 1 L	43,000	상온
Bradford reagent	Sigma aldrich	B6916 용량: 500 mL for 0.1-1.4 mg/mL protein	130,000	2-8 °C

b) 원료의 배합 및 포장

효소형 TTI의 제작을 위해 원료를 배합한 뒤 포장되어야 한다. 원료 배합을 위해 시작품(실험실)에서의 원료배합 단계를 다음과 같이 크게 3단계로 정리 할 수 있다.

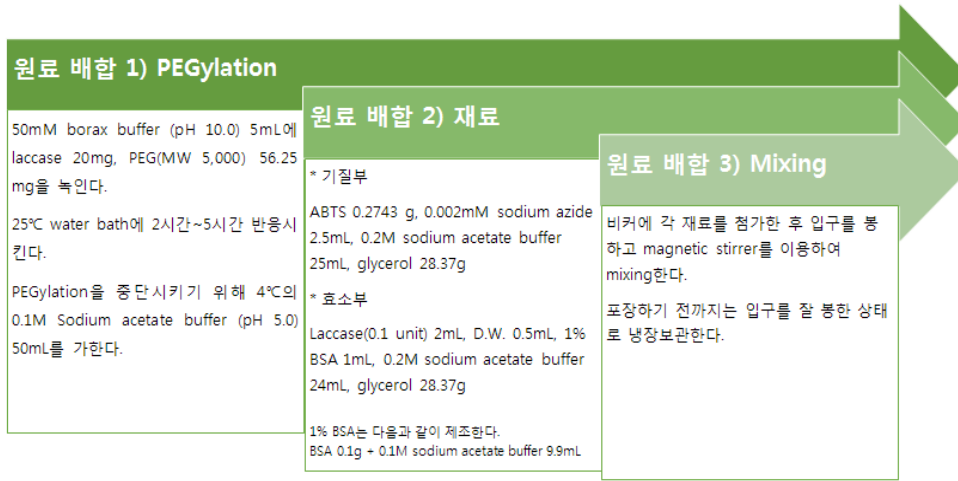


그림 21. 효소형 TTI 시작품의 원료 배합

배합 및 포장 단계에서 실험실 차원에서는 기질부와 효소부가 소량으로 제작되었다. 비커와 magnetic stirrer를 이용하여 원료를 배합하였고, 효소형 TTI 전용 제작 기계를 수작업으로 하여 한번에 2개를 만들 수 있었다. 배합된 원료를 포장하는 단계는 다음과 같이 크게 3단계로 이루어진다.

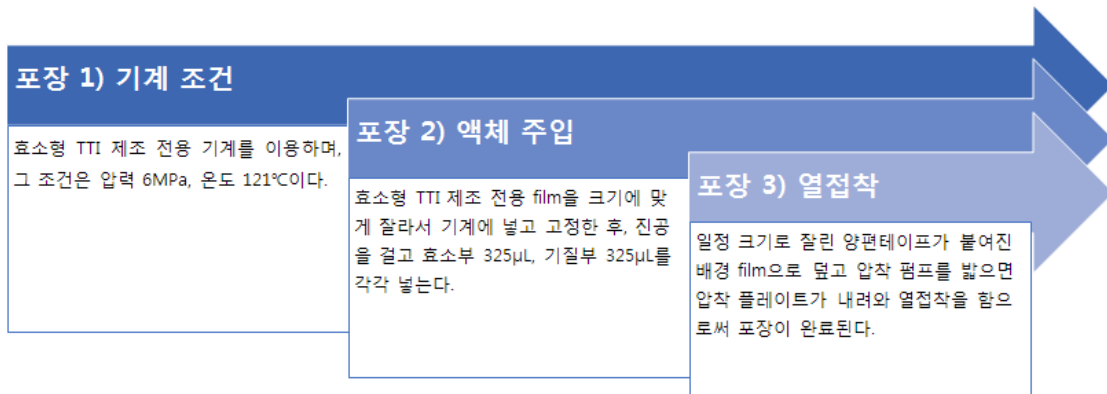


그림 22. 효소형 TTI 시작품의 포장

공장 차원에서는 원료 제작부터 접착능 부가까지 자동화되기 때문에 기질부와 효소부가 대량으로 생산되었으며, 비커가 아닌 큰 batch에서 혼합되었다. 또한 일정 크기로 잘려진 필름과 기질부, 효소부는 효소형 TTI 기계로 수동으로 공급되었으며, 열접착은 압착 펌프를 밟으면 자동으로 이루어졌다.

c) 접착능 부가

효소형 TTI의 시작품(실험실)의 접착능 부가 단계에서는 앞서 원료 배합 및 포장 단계에서 제조한 효소형 TTI 판에 양면테이프를 부착하여 반커팅한 뒤 냉동보관하는 단계로 구성되어 있다. 각 단계를 세

부적으로 보면 아래와 같다.

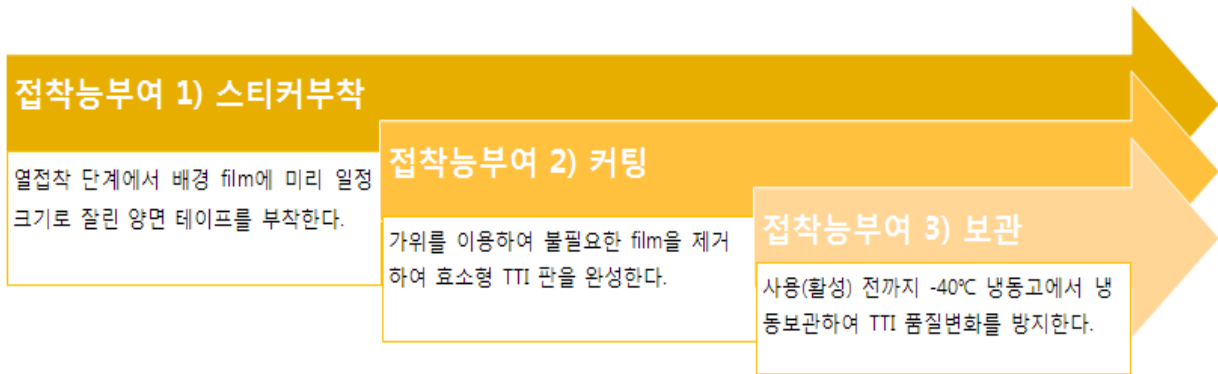


그림 23. 효소형 TTI 시작품의 접착능 부가

마지막으로 접착능 부가 단계에서 실험실 차원에서는 수작업으로 양면테이프를 붙이고 가위로 잘랐다. 공장 차원에서도 동일하게 적용되었다. 이렇게 완성된 TTI 제품을 활성화하기 전까지 -40℃ 냉동고에 보관하였다. 사용 시 해동을 통해 효소형 TTI를 활성화한다. 이러한 시작품을 기반으로 시제품을 생산하는 공정은 다음과 같이 크게 3단계로 나눌 수 있다.

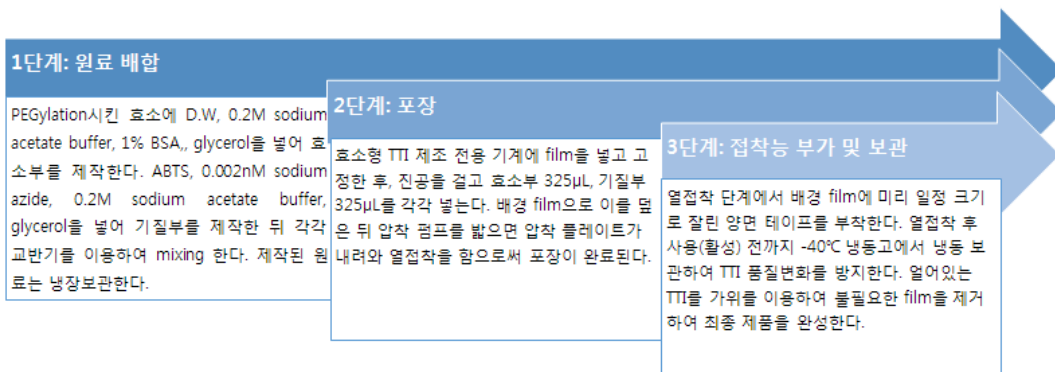


그림 24. 효소형 TTI 시제품의 제조

3) 제품 성능 Test

a) 제품의 색변화 균일성

효소형 TTI는 0℃에서 5일째에 반응이 완료되는 조건으로 물질부가 제작되었다. 일정 농도로 제작된 물질부를 효소형 전용 필름에 넣어 50개의 효소형 TTI를 제작한 뒤 0℃에 5일 동안 보관하였다. 24시간 간격으로 색 변화를 관찰하면서 기록하고 색변화의 균일성을 Test 하였다.



그림 25. 일정 농도로 제작된 효소형 TTI의 0°C에서 5일 간의 반응 결과

실험 결과, 50개의 효소형 TTI는 모두 5일 동안 일정한 색 변화를 보였다. 처음에는 무색에 가까웠으나 시간이 지남에 따라 진한 청록색으로 변하는 양상을 보였다. 결과적으로 주어진 온도와 기간의 조건에 따라 효소의 양과 기질의 양을 조절하여 효소형 TTI를 제작했을 때, 모든 TTI에서 균일한 색 변화를 보였다.

b) 제품 제조의 정확도

효소형 TTI 제작 시 각각의 제조과정에서 발생할 수 있는 실용성을 점검하기 위해 제조과정 별 제품의 불량품 발생률을 측정하였다. 불량품이 발생할 수 있는 제조과정은 작업자 및 기타 제조 환경에 의존하여 불량품 발생 확률이 높은 과정으로 하였으며 물질부 제조 과정, 물질부 주입 과정, 열접착 과정이 대표적이다. 각각의 제조 과정은 네 명의 작업자에 의해 시행되며 각각 제조 과정 별로 50개의 효소형 TTI를 제조하였다. 제조 후 주어진 조건인 0°C에서 5일 동안 반응시키면서 색 변화를 관찰하였고 정상적인 색 변화를 보이지 않는 TTI 수를 토대로 불량품을 계산하였으며 다음 표와 같다. 물질부 제조 과정에서의 불량품 발생률은 4, 6, 12, 8%, 평균 7.5%로 제조 과정 중 불량품 발생률이 가장 높다. 물질부 주입 과정에서는 2, 6, 4, 2%, 평균 3.5%이며 제조 과정 중 불량품 발생률이 가장 낮다. 열접착 과정에서는 2, 4, 8, 6%로 평균 5%이다. 결과적으로 네 명의 작업자가 제조한 효소형 TTI는 물질부 제조 과정에서 가장 높은 불량품 발생률을 보였으며 다음으로는 열접착 과정, 물질부 주입 과정 순이다. TTI의 불량 정도는 물질부의 효소-기질 반응에 의해 결정되는데 이는 효소와 기질의 양에 의존한다. 그 양은 물질부 제조 과정에서 결정되므로 모든 공정 중 가장 높은 불량품이 발생하였으며 그 차이는 칭량하는 작업자, 기계, 환경, 방식 등에 따라서도 크게 의존한다. 이를 토대로 효소형 TTI를 제작하는 각각의 공정에서 CCP를 결정할 때 불량품 발생률이 높은 순으로 그 중요도를 결정해야함을 알 수 있다.

표 8. 효소형 TTI 제품 생산 과정에서의 불량품 발생률

		정상적 색 변화	비정상적 색 변화	불량품 발생률
물질부 제조 과정	A	48개	2개	4%
	B	47개	3개	6%
	C	44개	6개	12%
	D	46개	4개	8%
	평균			7.5%
물질부 주입 과정	A	49개	1개	2%
	B	47개	3개	6%
	C	48개	2개	4%
	D	49개	1개	2%
	평균			3.5%
열접착 과정	A	49개	1개	2%
	B	48개	2개	4%
	C	46개	4개	8%
	D	47개	3개	6%
	평균			5%

c) TTI 사용 전 보관 안정성

효소형 TTI의 대량생산 시 실용성을 점검하기 위해 물질부 제조 후 일정한 TTI의 성능을 나타내는 물질부 보관기간을 결정하기 위해 보관 안정성을 결정하는 실험을 진행하였다. 먼저 효소부와 기질부 모두 동일한 농도로 하여 50개의 TTI를 제조한 뒤 이를 -18℃의 냉동고에서 보관하였다. 그 후 두 개씩 꺼내어 0℃에 보관한 뒤 하루 간격으로 5일 동안 색 변화를 관찰하였다. 그 결과, 50개의 TTI 중 48개는 정상적인 색 변화를, 2개는 비정상적인 색 변화를 보였다. 이는 4%의 불량률을 가지며 표와 같다. 이는 다소 높은 불량률로 TTI 생산 과정 중 물질부의 교반과 투입되는 물질부의 양이 보다 정확하다면 이러한 불량률을 낮출 수 있다. 2차년도에 추가적으로 샘플의 개수를 늘려서 재현성 및 오작동을 감소 등과 같은 품질/기능 안정화 예정에 있음.

표 9. 효소형 TTI 사용 전 냉동 보관 후 활성화 안정성 실험 결과

	정상적 색 변화	비정상적 색 변화	불량품 발생률
50개의 효소형 TTI	48개	2개	4%

d) 용도, 보관방법 및 사용법 표준화

효소형 TTI의 용도, 보관방법 및 사용법은 다음 그림 26.와 같다. 제작된 효소형 TTI는 냉장 및 냉동 신선 식품류를 대상으로하며 Shelf life는 4℃ 기준 60일까지이다. 보관하는 방법은 효소-기질 반응을 정지시키기 위해 제작 직후 -40℃ 이하에서 급속 동결을 시키고 -18℃ 이하에서 냉동상태로 보관한다. 사용 전 보관 가능기간은 -18℃ 이하에서 1개월 정도이며 사용하고자 할 때는 대상식품의 저장 온도에서 보관한다. 그 결과 냉동 상태에 있던 효소형 TTI가 녹으면서 자연스럽게 효소부와 기질부가 혼합되고 시간이 지남에 따라 색변화가 육안으로 관찰된다. 첨부되는 Reference의 색과 식품에 부착된 TTI의 색을 비교하여 반응의 종말점에 도달했는지 판단하여 식품의 품질을 예측한다.

	Shelf Life	해당식품
효소형 TTI	효소 농도에 따라 조정 가능하며 최대 4°C 기준 60일	냉장 및 냉동 신선 식품류 포장
ARC 효소형 TTI 제품성능 및 사용법		
보관방법	<ul style="list-style-type: none"> 급속 동결된 TTI를 -18°C 이하에서 냉동상태로 보관 사용 전 보관가능기간: -18°C 이하에서 1개월 	
사용법	<ul style="list-style-type: none"> Activation: 대상식품 저장 온도에서 보관 품질예측: TTI의 색 변화 관찰 	

그림 26. 효소형 TTI의 용도, 보관방법 및 사용법 표준화

4) 시제품 생산 공정 중 Critical Control Point(CCP) 결정

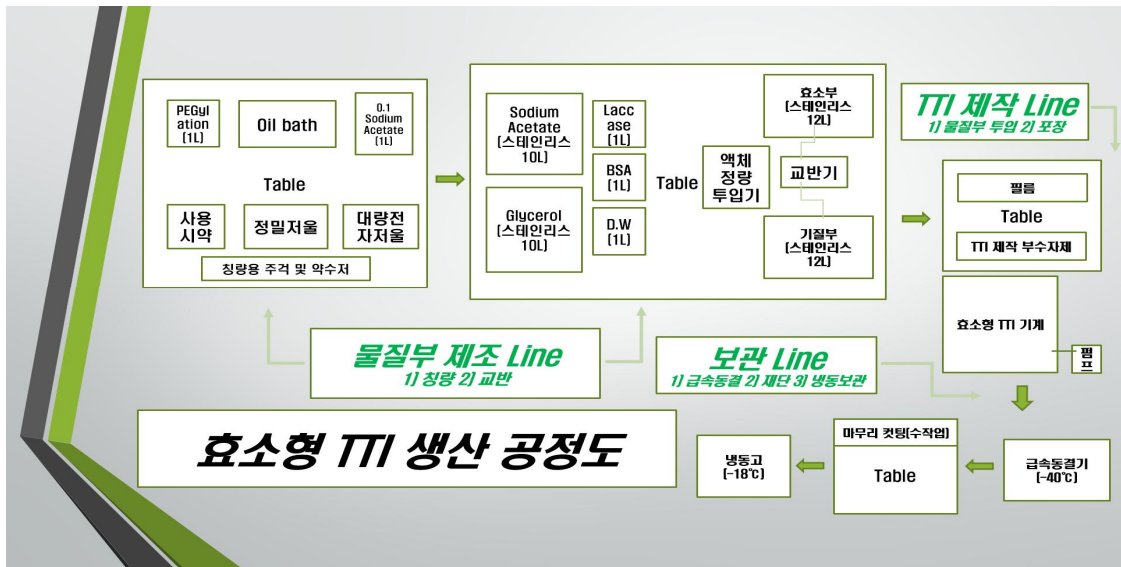


그림 27. 효소형 TTI 시제품의 생산 공정도

시제품 제작 공정 중 실제 TTI 생산 시에 발생할 수 있는 결함 및 불량품을 최소화하고 제품의 재현성을 높이기 위해 위와 같이 효소형 TTI 생산 공정도를 제작하고 공정 중 중요관리점(Critical Control Point, CCP)를 결정하였다.

a) 물질부 제조 Line

물질부 제조 Line의 경우 칭량과 교반이 이루어지는 생산라인이다. 이 공정에서는 정확한 성능 및 균일한 기질부와 효소부를 제조하기 위해 사용되는 시약을 정확하게 칭량하고 첨가하여야 한다. 특히 효소와 기질은 그 양이 조금이라도 달라지면 반응 속도와 양상 및 종말점이 모두 확연히 달라진다. 즉, 첨가되는 효소와 기질의 양에 따라 반응이 매우 민감하게 진행되므로 정확한 칭량이 요구된다. 또한 교반의 경우 제조 과정에서 점도가 높은 glycerol이 첨가되기 때문에 완전히 교반되지 않을 경우 물성이 균일하지 않아 효소-기질 반응이 제대로 이루어지지 않는다. 이는 TTI의 색 변화에 중요한 영향을 끼치므로 물질부 제조 Line 중 칭량 및 교반 공정을 CCP로 결정하였다.

b) TTI 제작 Line

TTI 제작 Line은 물질부의 투입과 TTI 전용 기계의 열접착에 의한 포장이 이루어지는 생산라인이다. 물질부의 투입은 TTI 전용 기계에 고정된 TTI 전용 film의 정해진 위치에 투입되는데 정확한 효소-기질 반응을 위해 효소부와 기질부 각각 정확히 325 μ L씩 투입되어야 한다. 만약 각각 정확한 양이 투입되지 않으면 효소-기질 반응이 일정한 속도로 이루어지지 않아 시간에 따른 올바른 색변화를 관찰할 수 없다. 포장의 경우 필름을 정확한 위치에 놓이게 하고 물질부가 새어나오지 않게 압착하는 것이 중요하다. 만약 필름이 정확한 위치에 놓이지 않으면 물질부가 새어나와 제대로 압착이 이루어지지 않는다. 또한 효소형 TTI 기계의 열이 충분히 올라야 일정 시간 압착을 했을 때 실링이 제대로 이루어져 물질부가 새어나오지 않는다. 하지만 이는 TTI의 색 변화보다는 제품의 완성도에 기여하는 공정이기 때문에 작업자가 주의하여 포장하면 된다. 따라서 TTI 제작 Line 중 물질부를 film에 투입하는 공정을 CCP로 결정하였다.

c) 보관 Line

보관 Line은 생산된 TTI의 -40°C 이하에서의 급속동결하고 이를 재단한 뒤 -18°C 이하에서의 냉동보관이 이루어지는 생산라인이다. 투입된 물질부의 효소부와 기질부는 기존 중앙의 격막이 없어졌기 때문에 생산한 직후 그대로 두면 바로 효소-기질 반응이 시작된다. 따라서 생산한 TTI는 그 직후 바로 -40°C 이하에서 급속동결되어야 한다. 빠르게 동결되지 않으면 그 사이에 반응이 일어나서 후에 일정한 속도로 반응하지 않기 때문에 급속동결은 TTI의 색 변화에 중요한 영향을 끼친다. 그 후 불필요한 필름 부분들을 재단하는데 이는 최종 시제품의 외관에 영향을 끼치므로 열접착 된 선에 맞춰 재단되어야 한다. 급속으로 동결된 TTI는 그 후에 -18°C 이하에서 냉동보관되어야 한다. 냉동 제품 부착 용도로 제작된 TTI는 일반 가정용 냉동고의 온도인 -18°C 에서 반응하지 않아야 한다. -18°C 의 냉동고에서 녹지 않고 보관되다가 사용해야 할 때 꺼내서 반응 온도에 두면 활성이 되어 반응이 시작된다. 따라서 보관 Line 중 제조 직후 -40°C 이하에서의 급속동결과 -18°C 이하에서 냉동보관 하는 공정을 CCP로 결정하였다.

TTI 제품의 안정성 확보를 위해 상기의 중요관리점들을 각 공정별로 결정하였고 이를 바탕으로 동호기계와 협업하여 TTI를 대량 생산 시 중요관리점을 관리하여 생산되는 제품의 안정성을 확보할 수 있을 것으로 기대됨.

[2차년도: 시범사업을 위한 TTI 사용시스템 설계]

1. 인쇄형 TTI

적용업체/목표	(1) 사용시설/장치 및 관리지침 설계	(2) 사용메뉴얼 설계	(3) 품질평가	비고
<p>(주)지원비엔피</p>	<p>1. 현장 flow chart 작성 (6 단계) 2. 각 단계별 지침 설계 (소비자에게 육류 제품이 최종적으로 유통까지 제공되는 신선도 지시용으로 사용하는 것을 고려)</p>	<p>- 인쇄형 TTI 사용 시 구분되는 6가지의 사용 단계 개요도를 기반으로 하여 실제 제품명, 제품주의사항, 제조사, 보관방법, 유효기간, 대상식품, 사용방법, 문의번호 등을 포함한 소비자에게 직접적으로 제공될 수 있는 카탈로그 형태의 사용메뉴얼을 제작함.</p>	<p>1. 재현 품질평가 2. 현장 품질평가 3. TTI 성능보완 - 소비자에게 직접 제공되므로 제품의 형태의 다양화를 요청함. (일반 참고용, 선물세트용)</p>	<p>육류 신선도 지시용</p>
<p>보성키위유통영농조합법인</p>	<p>1. 현장 flow chart 작성 (4단계) 2. 각 단계별 지침 설계 (사용자가 키위 수확 후 참고 저장 시 품질관리용으로 사용하는 것을 고려)</p>	<p>- 인쇄형 TTI 사용 시 구분되는 6가지의 사용 단계 개요도를 기반으로 하여 실제 제품명, 제품주의사항, 제조사, 보관방법, 유효기간, 대상식품, 사용방법, 문의번호 등을 포함한 소비자에게 직접적으로 제공될 수 있는 카탈로그 형태의 사용메뉴얼을 제작함.</p>	<p>1. 재현품질평가 2. 현장품질평가 3. TTI 성능보완 - 저장시 품질관리용으로 사용하므로 제품의 Shelf life의 다양화를 요청함. (10일, 20일, 30일, 1개월, 2개월, 3개월)</p>	<p>키위 저장시 품질관리용</p>

1) 인쇄형 TTI 사용시설/장치 및 관리지침 설계

a) 지침 설계를 위한 제작을 위한 현장 파악 필요 --> 적용업체를 방문하여 현장 flow chart 작성

(주)지원비애피 냉동육업체

냉동육 유통업체 현장 조사[Case A, 지원비애피]

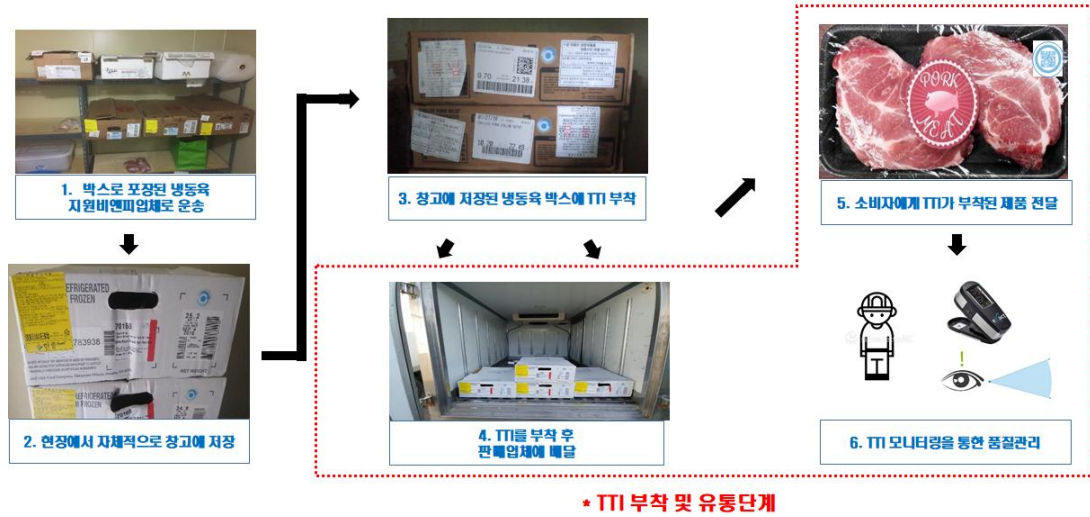


그림 28. 인쇄형 TTI 적용을 위한 현장 flow chart ((주)지원비애피)

I TTI 제작 및 부착, 유통단계 [Case A, 지원비애피]

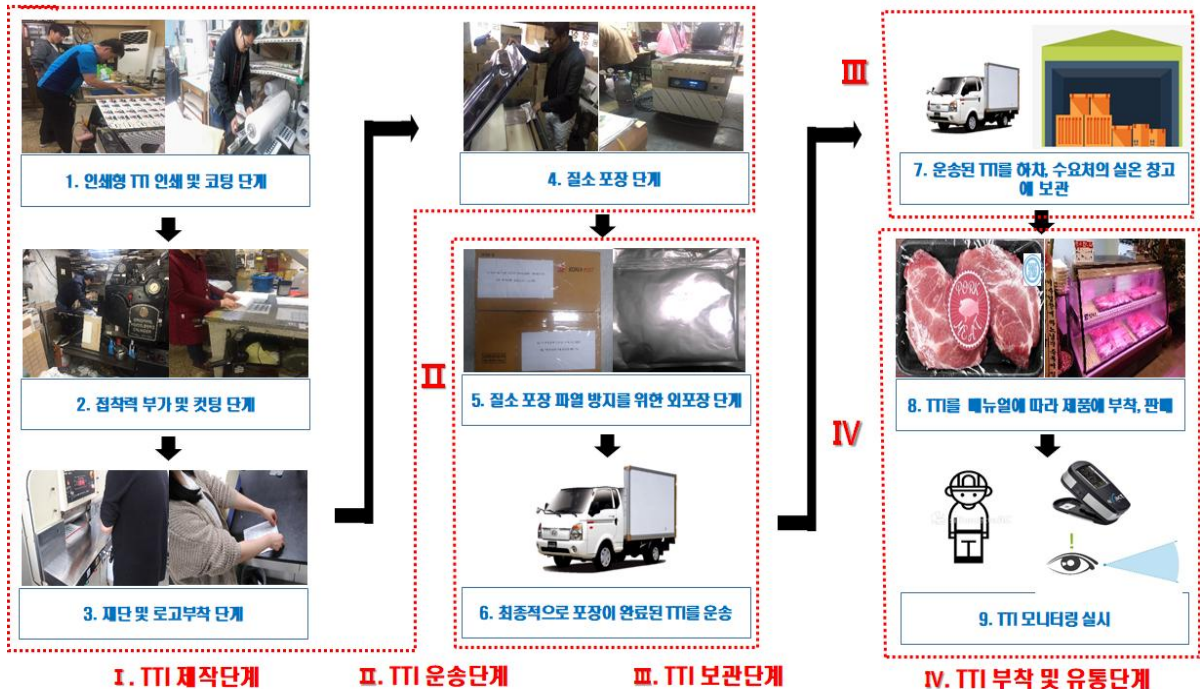


그림 29. 인쇄형 TTI 적용을 위한 현장 flow chart [TTI 제작 및 부착 유통단계] ((주)지원비애피)

키위 유통업체 현장 조사[Case B, 보성키위유통영농조합법인]



*** TTI 부착 및 유통단계**

그림 30. 인쇄형 TTI 적용을 위한 현장 flow chart ((주)보성키위유통영농조합법인)

I TTI 제작 및 부착, 유통단계 [Case B, 보성키위유통영농조합법인]



그림 31. 인쇄형 TTI 적용을 위한 현장 flow chart [TTI 제작 및 부착 유통단계] ((주)보성키위유통영농조합법인)

- 직접 현장을 방문하여 두 업체의 flow chart를 작성 완료하였다. 이 때 냉동육을 수입한 뒤 다시 소비자에게 판매하는 지원비엔피와는 달리 보성키위유통영농조합법인의 경우 TTI를 일종의 저온저장고에서의 키위숙성을 지시하기 위한 품질관리용으로 사용하므로 소비자에게 TTI가 부착된 상태로 제품이 전달되지 않아 Flow chart에서 소비자에게 판매단계를 제외하고 flow chart를 작성 완료하였다.

b) 현장 flow chart를 바탕으로 한 인쇄형 TTI 사용시설/장치 및 관리지침 설계

- 현장 Flow chart를 바탕으로 하여 인쇄형 TTI 사용시설/장치 및 관리지침을 설계하였다.

--> TTI를 사용하는 단계는 두 업체 모두 크게 1)운송 후 보관, 2)제품 활성화, 3) 부착 4) TTI 모니터링(품질평가), 5) 제품 폐기로 나뉜다. 이 때 추가적인 장비가 요구될지?, 인력이 요구될지? 추가적인 장치가 요구된다면 장치에 대한 GMP, 장치의 관리지침(조작)에 대한 SSOP를 설정해야한다.

ㄱ) 운송후 보관

- 제품 구매 시 소비자 입장에서 구매를 원하고자 할 때 기업에서 TTI를 적용하고자 하는 식품에 대해 인쇄형 TTI 제품 종류에 대한 advise 매뉴얼을 제공하고 이를 통해 주문 후 수요처까지의 제품의 운송이 진행될 것이다.
- 제품 운송 시에는 질소포장이 파열되지 않도록 외포장 시 파열을 방지하기 위해 보완재가 충분히 추가되어야 한다. 운송 시 포장이 파열될 경우 활성화가 진행될 수 있다. 인쇄형 TTI의 경우 산소와 반응하여 활성화가 진행되므로 지시계가 질소포장팩을 이용하여 질소포장되어 운송되므로 별도의 저온 보관 참고 없이 수요처에서 실온에서 보관할 수 있다.

ㄴ) 제품 활성화

- 제품의 활성화는 질소포장된 포장팩을 개봉 시 산소와 반응하여 활성화가 진행되므로 별도의 가압 혹은 온도변화등의 활성화 방법이 필요없다. 단 제품은 개봉하게 되면 활성화가 시작되므로 사용자는 소포장된 제품을 사용량을 명확히 하여 포장을 개봉, 활성화를 진행하여야 한다.

ㄷ) 식품 포장에 부착

- 현재 식품 포장에 부착하는 것은 Case A, B 업체 모두 TTI 부착을 위한 라벨 자동 부착기가 필요할 정도의 대량으로 제품이 판매된 것이 아닌 몇천장 단위로 제품이 판매되고 업체에서 작업자가 직접 TTI를 부착하는 시스템이므로 부착 시에 추가적인 장치가 요구되지 않는다.
- 상대적으로 TTI를 부착시키는 작업은 현장온도가 상대적으로 고온(25도 이상)에서가 아닌 비교적 저온(15도 부근)을 유지하며 진행되어 TTI의 색변화를 최소화, 제품의 예측능에 영향을 끼치는 것을 최소화 할수 있도록 한다.
- 작업자가 지시계를 부착 시 주의사항으로는 접촉력이 충분히 발휘될 수 있도록 Case A의 경우 지시계가 부착되는 위치의 식품포장의 습기를 제거한 뒤 부착하여야 하며 Case B의 경우 저온저장고에 장기간 부착되므로 부착되는 위치의 먼지 등을 제거 한 뒤 부착을 진행하여야 한다.

ㄹ) TTI 모니터링(품질평가)

- 실제로 제작한 제품을 적용업체가 적용한 식품이 겪는 온도와 동일한 온도로 보관하며 자체적으로

품질평가를 동시에 진행하여야 한다. 평가는 현장 방문을 통한 flow chart를 기반으로 실제 온도조건을 파악 후 품질평가가 진행되어야 한다.



그림 32. 실제온도조건을 기반으로 품질평가를 진행중인 인쇄형 TTI (키위 지시계, 냉동육 지시계)

- 또한 실험실에서의 품질평가를 진행하면서 동시에 제품의 모니터링의 경우 현장에서 육안으로 대조하기 위해 Reference chart 혹은 Reference로 제공될 수 있도록 지시계의 end point 색이 함께 제공되어야 하며 적용업체를 지속적으로 방문하여 densitometer를 이용, 색밀도측정을 통한 구체적인 TTI의 색변화의 모니터링이 실시되어야한다.

㉠) TTI 폐지절차

- TTI 폐지 절차에서는 TTI 제품 사용자의 측면, 그리고 TTI가 부착된 식품을 구매한 소비자의 측면 두 가지로 나눌 수 있다. 사용자가 처리해야하는 TTI는 사용 전 변질된 TTI 제품일 것이고, 사용자는 식품 포장을 버릴 때 포장에 부착되어있는 TTI제품일 것이다. 하지만 인쇄형 TTI의 경우 부피를 차지하거나 액상이 아니기 때문에 일반 폐기물과 동일하게 폐기처리한다.

2) 인쇄형 TTI 사용메뉴얼 설계



그림 33. 인쇄형 TTI 사용단계에 따른 매뉴얼 설계 개요도



그림 34. 인쇄형 TTI 사용단계에 따른 매뉴얼 설계 개요도

- 그림 6의 인쇄형 TTI 사용 시 구분되는 6가지의 사용단계 개요도를 기반으로 하여 실제 제품명, 제품주의사항, 제조사, 보관방법, 유효기간, 대상식품, 사용방법, 문의번호 등을 포함한 소비자에게 직접적으로 제공될 수 있는 카탈로그 형태의 사용메뉴얼을 제작함.

3) 인쇄형 TTI 품질평가

a) 제품 적용 조건 재현 품질평가

- 품질평가는 2가지 형태로 평가되어야 한다. 첫 번째로 실험실 차원에서 제품의 적용조건을 파악한 뒤 동일하게 조건을 구현하고 실제 설계한 대로 제품이 구현되는지 확인하여야 한다. 그리고 실제 현장 방문을 통하여 육안 및 densitometer를 통한 구체적인 색변화를 관찰해야한다.



그림 35. 인쇄형 TTI 재현 품질평가 색변화

- 실제 적용업체인 (주)지원비앤피의 경우 0도의 저장고에서 제품을 저장하고 보성키위유통영농조합법인의 경우에도 마찬가지로 0도에 가까운 온도에서 키위를 저장하므로 이와 동일한 조건의 저온저장고에서 제품을 저장하고 test를 진행하였다. 진행결과 기존에 설계해준 키위숙성도 지시계 10일, 20일, 30일의 경우 저장고에서의 위치별로 약간의 차이는 발생했지만 거의 동일하게 변화하였으며 한우 지시계 또한 실제 설계해준 end point인 0도에서 2주에 가깝게 변화함을 확인하였다.

b) 색변화 실제 현장 방문 품질평가(육안 및 densitometer 이용)

- 제품의 품질평가의 경우 현장에서 육안으로 대조하기 위해 Reference chart 혹은 Reference로 제공될 수 있도록 지시계의 end point 색이 함께 제공되어야 하며 적용업체를 지속적으로 방문하여 densitometer를 이용, 색밀도

측정을 통한 구체적인 TTI의 색변화의 모니터링이 실시되어야한다.



그림 36. 육안대조를 위해 제공된 Reference chart



그림 37. densitometer를 이용한 제품의 품질평가

- 실제 사용자에게 제품 색변화에 따른 육안대조를 위해 Reference chart를 제공하였으며 또한 후에 적용된 디자인에는 즉각적으로 제품의 색변화를 인지할 수 있도록 지시계 자체에 Reference 색을 포함시켜 지시계를 제공하였다. 현장방문을 통해 densitometer를 이용한 제품의 품질평가도 동시에 진행하였다. (주)지원비엔피의 경우 원형의 일반제품용, 선물세트용 모두 제품의 색변화가 실제 설계된 조건에 맞게 변화하였으며 저장 중 온도변동이 심한 위치에서는 색변화가 좀 더 빠르게, 상대적으로 안정한 곳에서는 안정하게 변화하여 지시계가 제대로 작동함을 확인하였다. (주)보성키위유통영농조합법인에서는 1개월, 2개월, 3개월의 제품을 10000장 생산하여 공급완료하였다. 현장모니터링 결과 일부제품에서 기포가 생기고 색변화가 다른 현상이 발생하였으며 이를 해결하기 위해 trouble shooting을 진행하였다.

c) 품질평가에 따른 수요처 의견 반영 제품 개선

- 제품의 품질평가는 단순히 평가에서 끝나는 것이 아닌 평가를 반영한 지시계의 성능 및 품질개선이 동반되어야 한다. 지시계를 적용하고 품질평가를 진행한 뒤 수요처의 의견을 반영하여 제품의 다양화를 추진하였다.

ㄱ) 제품의 색변화의 다양화

- 기존의 무색에서 푸른색으로 한정되어 있던 제품의 색변화를 다양화하여 무색에서 푸른색이외에도 노란색에서 초록색, 붉은색에서 보라색으로 색변화를 다양화하였으며 색변화에 맞게 TTI의 end point도 조절하여 적용대상에 맞게 세분화하였음.


제품군	Short PTTI	Medium PTTI	Long PTTI
End point			
Shelf life	5도에서 2-3일	5도에서 9-10일	5도에서 15-16일
적용 대상	신선식품 (샌드위치, 주먹밥, 육류업체)	신선식품 중에서 유통기한 이 상대적으로 긴 식품 (우유와 같은 유제품)	유통기한이 긴 식품 (김치, 햄, 베이컨류)

그림 38. 인쇄형 TTI 제품군 분류표

ㄴ) 제품의 디자인의 다양화

- 동일한 업체이더라도 다른 제품군의 적용할 경우 제품이 변경될 수 있으며 그에 따라 디자인 및 제품의 형태가 변할 수 있다. 적용업체의 요청에 맞게 제품군을 다양화하여 제품을 제공하였다.

- 단순히 제품의 디자인만 변화시킨 것이 아닌 제품에 사용방법을 포함시키길 원하는 경우, 지시 등급을 변화시키길 원하는 경우 등 적용업체의 다양한 요구사항을 반영한 실질적인 제품의 품질평가 및 성능개선을 진행하였다. 지원비앤피의 경우 기본적으로 식육업체에 제공되는 냉동육에 부착되는 원형의 TTI가 아닌 실제 선물세트용의 고급형 지시계를 요청하여 제품을 고안하였고 보성키위유통영농조합법인의 경우 키위의 숙성도를 지시하고자 end point를 장기간으로 한 지시계를 요청하였다. 이 때 효율적으로 지시하기 위하여 단순히 업체에서 요청한 장기간 지시계를 제작하여 공급하는 것이 아닌 사용자입장에서 고려했을 때 충분히 온도변동을 반영할 수 있는 단기간 지시계를 함께 공급, 부착하여 실질적으로 제품의 품질을 지시할 수 있도록 하였다.

4) 대량생산을 대비한 생산 방식의 개선

a) 생산효율이 증가된 생산방식 고안



그림 39. 인쇄형 TTI 생산방식에 따른 설계도

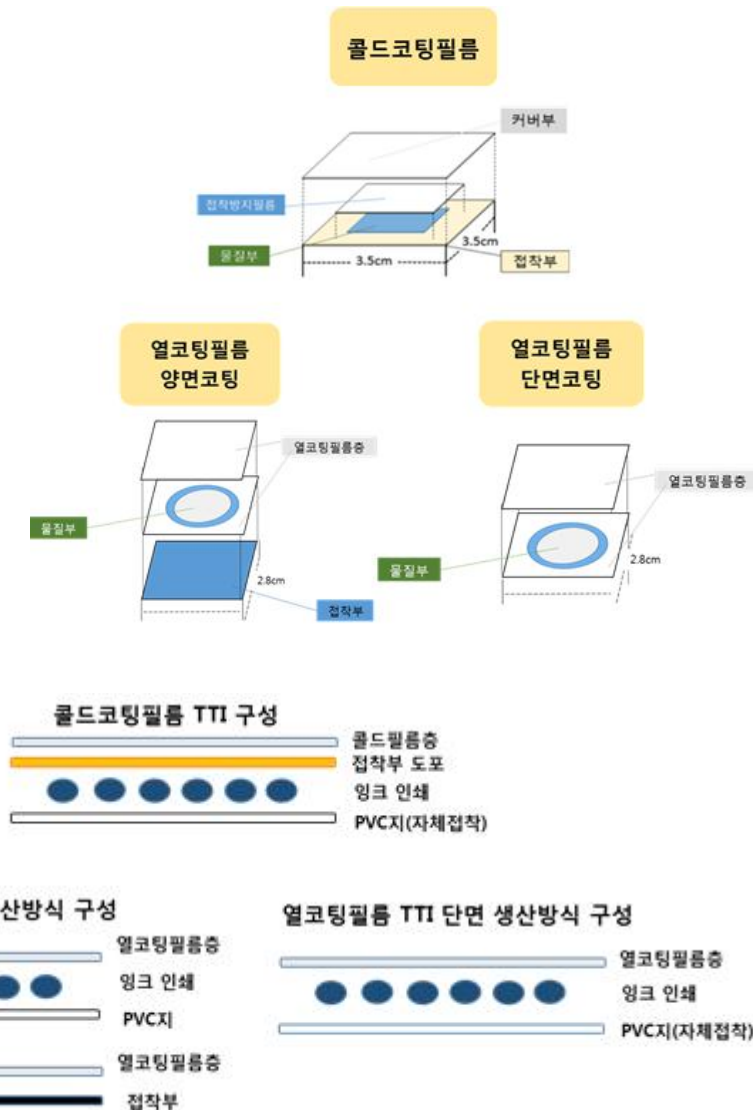


그림 40. 인쇄형 TTI 생산방식에 따른 물질 구성도

- 1-1협동과 협업하여 인쇄형 TTI의 생산방식을 좀 더 효율적으로 개선하기 위해 열코팅필름 TTI를 기존의 산소투과방지를 위해 양면의 코팅층을 구성하는 방식에서 단면으로 생산하여 생산시간 및 생산단가를 감소시킬 수 있는 방식을 고안하고 기존의 양면 생산방식과 비교했을 때 End point의 변화는 없는지 입증실험을 진행하였다.

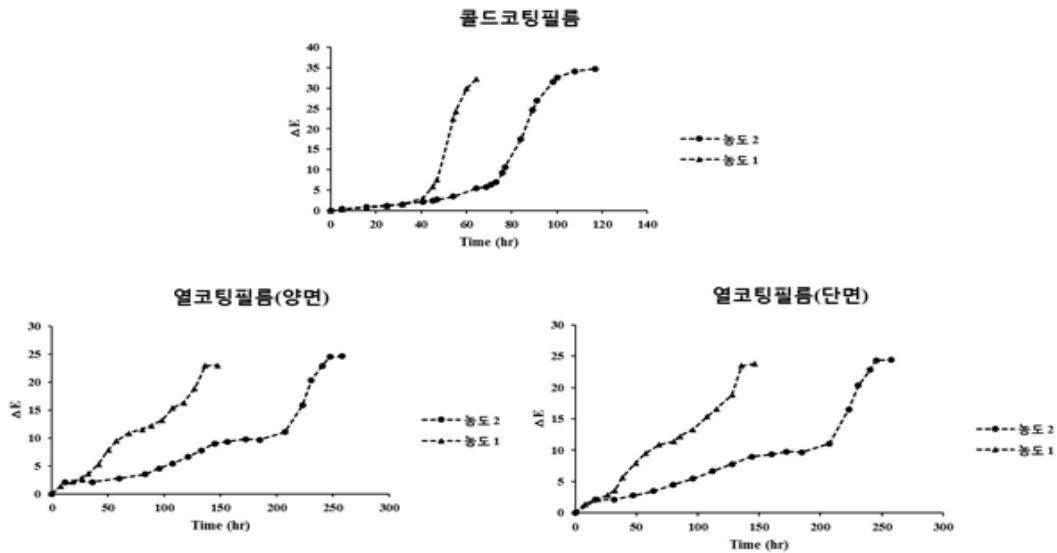


그림 41. 인쇄형 TTI 생산방식에 따른 색변화 (n=20)

- 인쇄형 TTI의 기존의 양면 생산방식과 단면의 생산방식의 End point를 비교한 결과 산화방지제의 농도가 1.00+0.20인 경우 양면은 136.5시간, 단면은 138.4시간으로 End point가 도출되었으며 산화방지제의 농도가 1.75+0.35인 경우 양면은 247.5시간, 단면은 246.9시간으로 End point가 도출되어 거의 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 단면으로 제품을 생산하더라도 충분히 제품의 품질을 유지하며 생산효율을 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

b) 기존 방식 대비 품질 균일성 확인

ㄱ) 제작시 불량품 발생률 비교

제작방식별로 인쇄형 TTI 2000개 생산한 뒤 발생하는 불량품 발생률을 비교하였다. 불량품은 균일하지 못한 코팅으로 발생하는 필름층과 피인쇄지 사이의 기포의 존재 여부에 의해 발생한 것으로 이후의 색의 변화에 영향을 미칠 수 있다. 제품을 제작한 뒤 직후 발생하는 불량품을 선별하여 필름형성법 및 코팅방식에 따른 불량품 발생률을 비교하였다.

표 10. 인쇄형 TTI 생산방식에 따른 제작 시 불량품 발생률

	콜드코팅필름	열코팅필름(양면)	열코팅필름(단면)
정상	97.2%	99.0%	98.8%
불량품 발생률	2.8%	1%	2%

위의 표에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 TTI는 보관 후 2달이 경과한 시점에서도 불량품 발생률이 매우 낮은 것으로 나타났으며 기존의 콜드코팅필름 방식과 비교하더라도 시간이 지나더라도 활성화가 안정적으로 일어나는 것으로 나타났다. 또한 양면을 코팅한 것과 단면을 코팅한 것의 유의적인 차이는 없는 것으로 관찰 되었다.

ㄴ) 저장 시 불량품 발생률 비교

1팩당 1000개씩 질소포장팩에 포장하여 실온조건에서 보관한 뒤 저장 기간에 따라서 진공질소 포장 시킨 팩을 뜯었을 때 인쇄형 TTI의 보존되어 있는 색이 처음 인쇄하여 저장한 색과 동일한지 확인을 통해 정확도를 확인하였다

표 11. 인쇄형 TTI 생산방식에 따른 저장 시 불량품 발생률

	콜드코팅필름		열코팅필름 (양면)		열코팅필름 (단면)	
	정상	불량품 발생률	정상	불량품 발생률	정상	불량품 발생률
1달 저장	98.0%	2.0%	99.0%	1.0%	98.9%	1.1%
2달 저장	95.4%	4.6%	98.9%	1.1%	98.8%	1.2%

위의 표에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 TTI는 제품 제작 시 불량품 발생률이 기존의 콜드코팅필름을 이용해서 제작한 TTI와 비교하더라도 매우 낮은 것으로 나타나 제품의 품질 균일성이 우수한 것으로 나타났으며 이는 양면을 코팅했을 때, 단면을 코팅했을 때와 거의 동일한 값이 도출되었다.

5) 대량생산 문제점 발생에 따른 trouble shooting

기존에 1000-2000장 단위로 제품을 생산하여 (주)지원비엔피에 공급, 품질변화 모니터링 결과 문제가 발생하지 않았지만 (주)보성키위유통영농조합법인에 키위숙성도지시계를 10000장 요청받고 공급하기 위해 제품생산을 Scale-up하여 실시하였고 공급된 제품들 가운데 일부 제품군들에서 기포가 발생하고 색변화가 이상하게 발생한 현상이 나타났으므로 이를 trouble shooting 하였다.

a) 생산라인 분석

- 제품 생산 공정을 분석하고 생산량이 scale-up 되었을 때 발생할 수 있는 문제 요인을 분석하였다.



그림 42. 인쇄형 TTI 생산 flow chart

1 단계: 원료 생산

- 원료 생산의 경우 기존과 같은 조성일 경우 해당되지 않으나 End point를 연장하기 위해 specification이 변경되는 경우 충분한 혼합을 위해 그에 상응하는 양만큼 교반 기간을 충분히 연장하여 잉크의 균일성을 보장하여야 한다. 키위의 경우 (주)지원비엔피에 공급된 지시계에 비해 상대적으로 장시간으로 설계되었기 때문에 원료를 생산할 때 그에 비례하여 교반시간을 더욱 연장하는 것이 요구된다.

2 단계: 스크린 인쇄

- 스크린 인쇄의 경우 scale up을 하더라도 별도의 변동요인이 발생하지 않는다.

3 단계: 건조

- 건조의 경우 현재 제품의 건조는 스크린 프린팅 전용 건조대를 사용하여 자연상태로 5분 건조 후 제품을 코팅작업을 진행한다. 이 때 scale-up함에 따라 상대적으로 제품 생산 시 제품의 건조상태가 불균일할 수 있고 그 상태로 건조될 경우 잉크가 건조되었을 때 수분활성도가 달라져 수분불균형에 의해 내부에서 기포를 발생시킬 수 있으므로 정확하고 일정한 시간 간격 및 온도로 건조를 하는 것이 요구된다.

4 단계: 코팅

- 코팅의 경우 이번 시범적용에 제품을 생산하기 위해 생산방식을 단면코팅으로 진행하였다. 이 때 단면코팅의 경우 양면코팅에 비해 코팅롤이 상부에 하나만 존재하기 때문에 충분한 코팅을 하기 위해서 충분한 열과 시간이 요구되어야 한다. 이 때 scale-up 함에 따라 각 공정별 속도를 공정 상 코팅기 1대만을 이용하여 따라잡기 위해 상대적으로 코팅속도를 늘린 것이 일부 제품들에 열코팅을 불균일하게 하여 내부로 수분 및 기체가 흡수되어 기포가 발생하고 색변화를 다르게 발생시킬 수 있으므로 균일한 열코팅을 위해 단위시간당 일정 속도 및 온도가 보장되어야 한다.

5 단계: UV코팅

- UV 코팅의 경우 실질적으로 잉크에 닿는 작업이 아닌 추가적인 작업이므로 scale-up을 하더라도 별도의 변동요인이 발생하지 않는다.

6 단계: 컷팅

- 컷팅의 경우 실질적으로 잉크에 닿는 작업이 아닌 추가적인 작업이므로 scale-up을 하더라도 별도의 변동요인이 발생하지 않는다.

TTI 제품의 생산량을 Scale-up 했을 때 불량률 감소를 위해 공정을 추가적으로 분석하고 trouble shooting을

진행하여 scale-up시 발생할 수 있는 문제점을 고려하였으며 이를 바탕으로 1-1협동과 협업하여 scale-up하여 생산 시 제품의 안정성 확보에 기여할 것으로 기대된다.

2. 효소형 TTI

적용업체/목표	(1) 사용시설/장치 및 관리지침 설계	(2) 사용매뉴얼 설계	(3) 품질평가	비고
(주) Pet Club	1. 현장 flow chart 작성 (6 단계) 2. 각 단계별 지침 설계 (사료용 육제품이 소비자에게 최종적으로 유통되기 까지 제공되는 신선도 지시용으로 사용하는 것을 고려)	- 효소형 TTI 사용 시 구분되는 6가지의 사용단계 개요도를 기반으로 하여 실제 제품명, 제품 주의사항, 제조사, 보관 방법, 유효기간, 대상 식품, 사용방법, 문의번호 등을 포함한 소비자에게 직접적으로 제공될 수 있는 카탈로그 형태의 사용매뉴얼을 제작함.	1. 재현 품질평가 2. 현장 품질평가 3. TTI 성능보완 - 유통업자 및 소비자에게 직접 제공되므로 식품의 품질을 가시적으로 명확히 판단할 수 있는 디자인 요청함.	사료용 육제품 신선도 지시용

1) 효소형 TTI 시제품 생산 및 적용

- 효소형 TTI의 시제품 생산 및 시범사업 적용을 위해 1-1 협동과 협업하여 시제품을 생산하였고 (주)Pet Club에 시범사업을 적용하였다. 기존의 방식으로 제조되던 효소형 TTI는 필름 구조를 재설계하여 개선된 시제품 제조를 성공적으로 이루었다. 이를 적용업체의 사료용 육제품에 시범 적용한 결과 색변화가 정상적으로 진행되었다. 개선되어 시범적용한 효소형 TTI의 제조 공정과 적용 업체인 (주)Pet Club에의 적용은 다음과 같다.



그림 43. 효소형 TTI 제조 공정

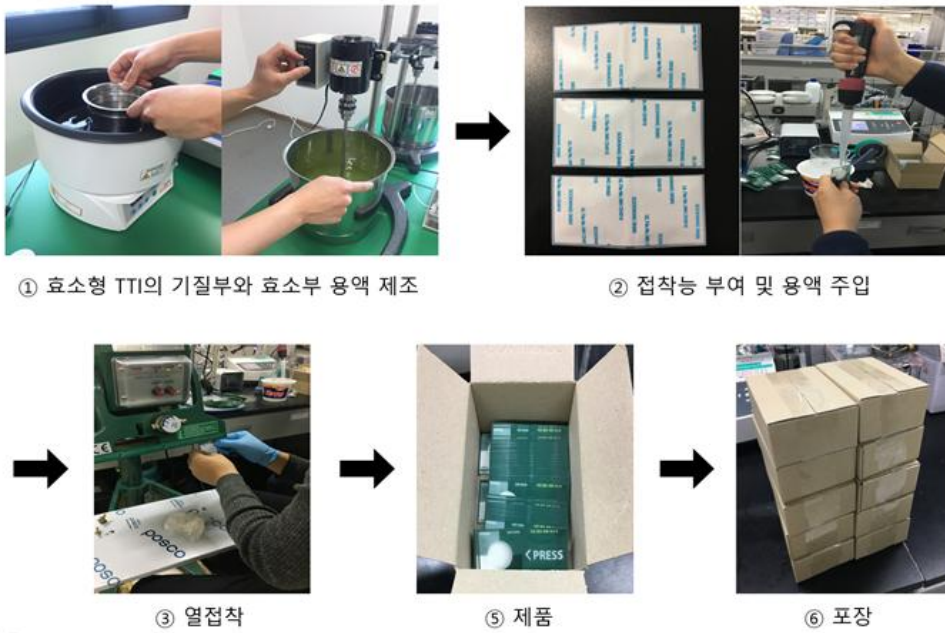
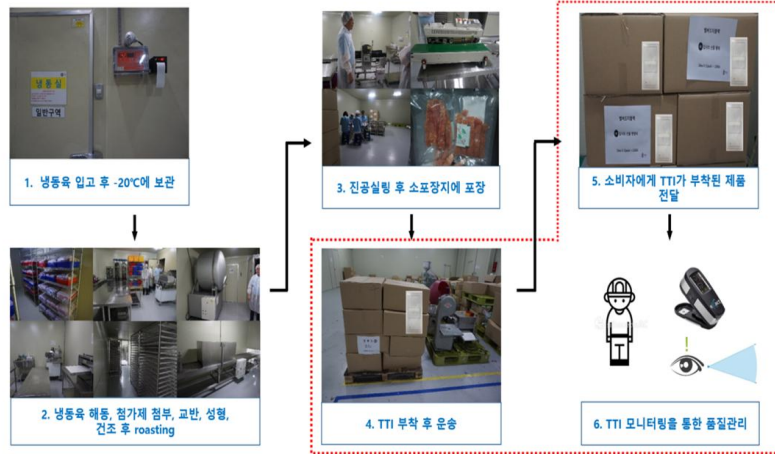


그림 44. 적용업체에 시제품 효소형 TTI 적용

2) 효소형 TTI 사용시설/장치 및 관리지침 설계

- a) 지침 설계 및 제작을 위한 현장 파악 필요 --> 적용업체인 (주)Pet club을 직접 방문하여 현장 flow chart 작성

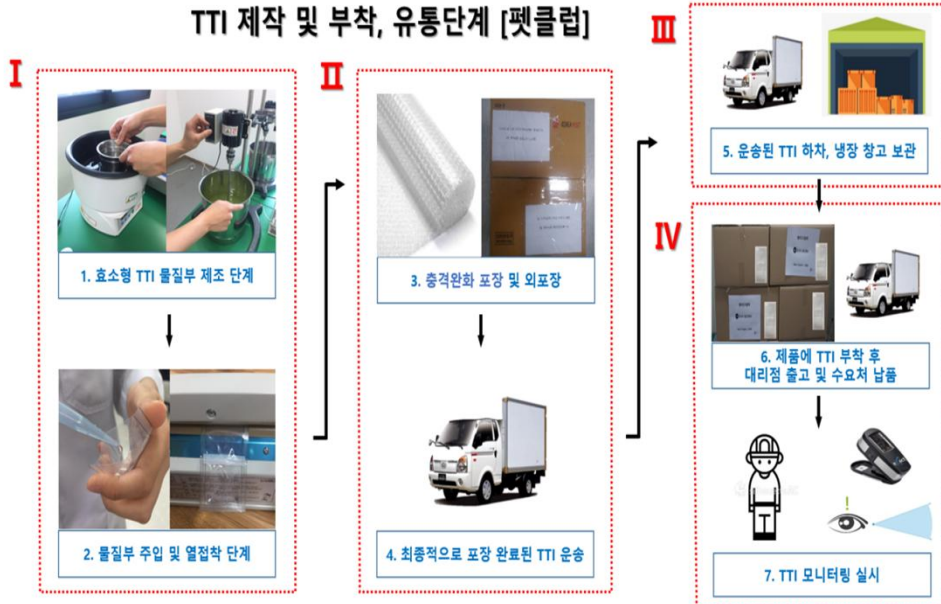
사료용 육제품 포장 현장 조사 [펫클럽]



* TTI 부착 및 유통단계

그림 45. 효소형 TTI 적용을 위한 현장 flow chart ((주)Pet Club)

TTI 제작 및 부착, 유통단계 [펫클럽]



I. TTI 제작단계 II. TTI 운송단계 III. TTI 보관단계 IV. TTI 부착 및 유통단계

그림 46. 효소형 TTI 적용을 위한 현장 flow chart [TTI 제작 및 부착 유통단계] ((주)Pet Club)

b) 현장 flow chart를 바탕으로 한 효소형 TTI 사용시설/장치 및 관리지침 설계

- 현장 Flow chart를 바탕으로 하여 효소형 TTI 사용시설/장치 및 관리지침을 설계하였다.

--> TTI를 사용하는 단계는 크게 1) 운송 후 보관, 2) 제품 활성화, 3) 부착 4) TTI 모니터링(품질평가), 5) 제품 폐기로 나뉜다.

ㄱ) 운송후 보관

- 소비자가 제품을 구매하고자 할 때 TTI를 적용하고자 하는 식품에 대한 정보 및 원하는 조건을 요구하면 효소형 TTI 제품에 대한 advise 매뉴얼을 제공하고 요구를 반영하여 주문 및 제작 후 수요처까지 제품의 운송이 진행될 것이다.
- 제품 운송 시에는 TTI의 중앙 격막이 파열되지 않도록 파열 방지를 위한 보완재가 충분히 추가되어야 한다. 운송 시 중앙 격막이 파열될 경우 활성화가 진행되어 제품으로 사용하지 못하게 된다. 효소형 TTI의 경우 중앙 격막 파열 시 두 물질이 만나 활성화가 진행되므로 별도의 보관 장치 없이 실온 보관도 가능하지만 수요처에서 저온 혹은 냉동 보관되는 것이 이상적이다.

ㄴ) 제품 활성화

- 제품의 활성화는 효소형 TTI의 중앙 격막 파열 시 효소용액과 기질용액이 만나서 반응하면서 활성화가 진행되므로 인쇄형 TTI와 같은 질소 포장은 필요하지 않지만 별도의 가압 공정이 필요하다. 제품의 격막을 파열하게 되면 활성화가 시작되므로 사용자는 소포장된 제품을 개봉한 뒤 활성화를 진행하여야 한다.

ㄷ) 식품 포장에 부착

- 현재 식품 포장에 부착하는 것은 TTI 부착을 위한 라벨 자동 부착기가 필요할 정도의 대량으로 제품이 판매된 것이 아닌 백 단위로 제품이 판매되고 업체에서 작업자가 직접 TTI를 부착하는 시스템이므로 부착 시 추가적인 장치가 요구되지 않는다.
- TTI를 부착시키는 작업은 현장온도가 상대적으로 고온(25도 이상)에서가 아닌 비교적 저온(15도 부근)을 유지하며 진행되어 TTI의 색변화와 제품의 예측능에 영향을 끼치는 것을 최소화 할 수 있도록 한다.
- 작업자가 지시계 부착 시 주의해야 할 사항으로는 접착력이 충분히 발휘될 수 있도록 지시계가 부착되는 식품 포장지 위치의 습기 및 먼지 등을 제거한 뒤 부착하여야 한다.

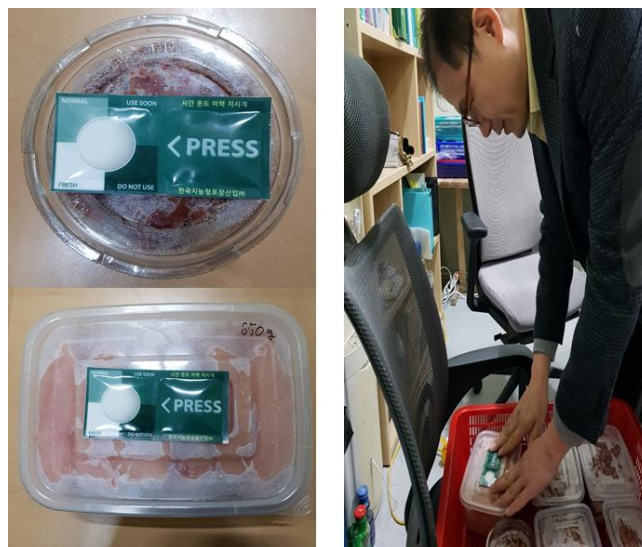


그림 47. 적용업체인 ㈜Pet Club에 부착된 효소형 TTI 제품

㉞) TTI 모니터링(품질평가)

- 실제로 제작한 제품을 적용업체가 적용한 식품이 겪는 온도와 동일한 온도로 보관하며 자체적으로 품질평가를 동시에 진행하여야 한다. 평가는 현장 방문을 통한 flow chart를 기반으로 실제 온도조건 파악 후 품질평가가 진행되어야 한다.



그림 48. 실제온도조건을 기반으로 품질평가 진행 중인 효소형 TTI (사료용 육제품 지시계)

- 실험실에서의 품질평가를 진행하면서 동시에 제품의 모니터링을 위해 현장에서 육안으로 대조하기 위한 Reference chart 혹은 Reference가 제공될 수 있도록 지시계의 end point 색이 함께 제공되어야 한다. 또한 적용업체를 지속적으로 방문하여 densitometer를 이용, 색밀도측정을 통한 구체적인 TTI의 색변화의 모니터링이 실시되어야한다.

㉟) TTI 폐지절차

- TTI 폐지 절차에서는 TTI 제품 사용자의 측면과 TTI가 부착된 식품을 구매한 소비자의 측면으로 나눌 수 있다. 사용자가 처리해야하는 TTI는 사용 전 변질된 TTI 제품이며 소비자는 식품 포장을 버릴 때 포장에 부착되어있는 TTI 제품이다. 효소형 TTI의 경우 유해하지 않기 때문에 두 경우 모두 일반 폐기물과 동일하게 폐기 처리한다.

- 효소형 TTI 사용메뉴얼 설계

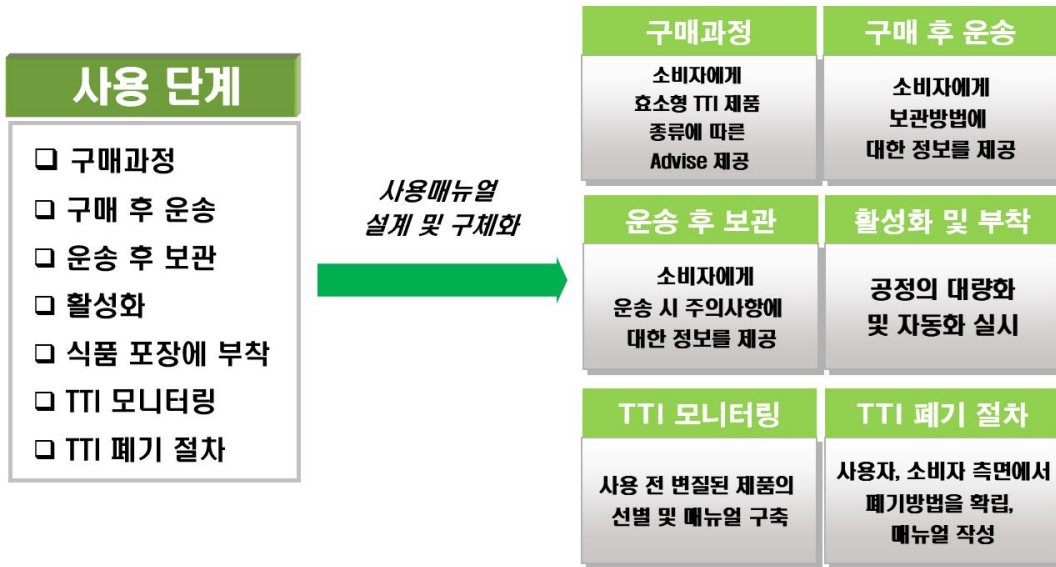


그림 49. 효소형 TTI 사용단계에 따른 매뉴얼 설계 개요도



그림 50. 효소형 TTI 사용단계에 따른 매뉴얼 설계 개요도

- 효소형 TTI 사용 시 구분되는 6가지의 사용단계 개요도를 기반으로 하여 실제 제품명, 제품주의사항, 제조사, 보관방법, 유효기간, 대상식품, 사용방법, 문의번호 등을 포함한 소비자에게 직접적으로 제공될 수 있는 카탈로그 형태의 사용매뉴얼을 제작하였다.

How to use and Cautions

- ▶ 효소형 TTI는 사용 전 냉장보관 되어야 하지만 활성화되기 전까지는 공기에 노출되어도 반응이 진행되지 않으므로 사용에 용이합니다.
- ▶ 사용 직전 TTI의 PRESS를 눌러 가운데 격막을 터트리면 활성화되어 반응이 진행됩니다.
- ▶ 접착력을 가진 스티커 형태이므로 해당식품에 부착이 용이합니다.
- ▶ 실온에서 뿐만 아니라 0°C 이하에서도 TTI가 작동하므로 다양한 식품에 적용할 수 있습니다.
- ▶ 강한 충격에 노출되면 가운데 격막이나 필름이 터지면서 색변화에 영향을 미칠 수 있으므로 충격에 주의해야 합니다.

TTI Color Change



- 제품명 : 효소형 시간-온도-이력 지시계
- 제조사 : (주)한국지능형포장산업
- 내용량 : 100ea
- 보관방법 : 직사광선이 없는 온·습도가 낮은 곳에 보관
- 유효기간 : 제조일로부터 3개월
- 대상식품 : 김치 및 냉장육과 같은 신선식품
- 사용방법 : PRESS를 눌러 중앙 격막을 터트리면 반응이 진행됩니다. 반응 전 연한 녹색에서 시간과 온도의 변화에 따라 점차 진한 녹색으로 변화합니다.
- 주의사항
TTI 부착 전 강한 충격이 가해지면 피손의 위험이 있습니다. PRESS를 눌러 중앙 격막을 터트리 뒤 용역을 모두 반대쪽으로 보내지 않으면 반응이 제대로 진행되지 않을 수 있습니다. 제품에 이상이 있을 경우 반품 및 교환문의 (상담번호 : 031-961-5661) 제조일 : 2018.10.10 17:30 정전서

효소형 시간-온도 이력 지시계 (TTI ARCzyme ^R)	
제품	효소형 TTI
End point	
Shelf life	<ul style="list-style-type: none"> · 적용 식품의 유통 과정에 맞춰 shelf life의 연장 및 단축 가능 · 특정 온도에서 특정 기간 설정 가능
적용 대상	<ul style="list-style-type: none"> · 대부분의 식품에 적용 가능 · 주로 냉동 및 냉장 신선식품류 포장에 적용
성능	<ul style="list-style-type: none"> · 유효기간 : 제조일로부터 6개월 · 사용 전 보관 가능기간 : -20°C에서 6개월
사용법	<ul style="list-style-type: none"> · Activation : PRESS를 눌러 중앙격막 파열 · 품질예측 : 활성화된 TTI의 색 변화 관찰

효소형 TTI ARCzyme ^R 제품성능 및 사용법	
용도/성능	<ul style="list-style-type: none"> ● 대상식품 : 냉장 및 냉동 신선식품류 포장 ● 유효기간 : 최대 4°C 기준 30일 ● 사용 전 보관가능기간 : -20°C에서 6개월
사용법	<ul style="list-style-type: none"> ● Activation : TTI의 중앙격막을 물리적으로 파열 ● 품질예측 : TTI의 색 변화를 관찰

그림 51. 효소형 TTI 사용 설명서 및 제품 성능

3) 효소형 TTI 품질평가

a) 제품 적용 조건 재현 품질평가

- 품질평가는 2가지 형태로 평가되어야 한다. 첫 번째로 실험실 차원에서 제품의 적용조건을 파악한 뒤 동일하게 조건을 구현하고 실제 설계한 대로 제품이 구현되는지 확인하여야 한다. 그리고 실제 현장 방문을 통하여 육안 및 densitometer를 통한 구체적인 색변화를 관찰해야한다.



그림 52. 효소형 TTI 재현 품질평가 색변화

- 시제품 적용업체인 (주)Pet Club의 경우 5도의 저장고에서 제품을 저장하므로 이와 동일한 조건의 5도의 항온항습기와 저온냉장고에서 제품을 저장하고 test를 진행하였다. 진행결과 5도씨 5일의 조건에 맞게 설계해준 사료용 육제품 지시계는 실제로도 거의 동일한 색 변화를 보임을 확인하였다.

b) 색변화 실제 현장 방문 품질평가(육안 및 densitometer 이용)

- 제품의 품질평가의 경우 현장에서 육안으로 대조하기 위해 Reference chart 혹은 Reference로 제공될 수 있도록 지시계의 end point 색이 함께 제공되어야 하며 적용업체를 지속적으로 방문하여 densitometer를 이용, 색밀도 측정을 통한 구체적인 TTI의 색변화 모니터링이 실시되어야한다.

TTI Color Change



- 제품명 : 효소형 시간 온도-이력 지시계
- 제조사 : ㈜한국지능형포장산업
- 내용량 : 100ea
- 보관방법 : 직사광선이 없는 온·습도가 낮은 곳에 보관
- 유효기한 : 제조일로부터 3개월
- 대상식품 : 김치 및 냉장육과 같은 신선식품
- 사용방법 : PRESS를 눌러 중앙 격막을 터트리면 반응이 진행됩니다. 반응 전 연한 녹색에서 시간과 온도의 변화에 따라 점차 진한 녹색으로 변화합니다.
- 주의사항
TTI 부착 전 강한 충격이 가해지면 파손의 위험이 있습니다.
PRESS를 눌러 중앙 격막을 터트린 뒤 용액을 모두 반대쪽으로 보내지 않으면 반응이 제대로 진행되지 않을 수 있습니다.
제품에 이상이 있을 경우 반품 및 교환문의
(상담번호 : 031-961-5661)
제조일 : 2018.10.10 17:30 정진서

그림 53. 육안대조를 위해 제공된 Reference chart

- 실제 사용자에게 제품 색변화에 따른 육안대조를 위해 Reference chart를 제공하였으며 또한 후에 적용된 디자인에는 즉각적으로 제품의 색변화를 인지할 수 있도록 지시계 자체에 Reference 색을 포함시켜 지시계를 제공하였다. 현장방문을 통해 densitometer를 이용한 제품의 품질평가도 동시에 진행하였다.

4) 대량생산을 대비한 생산 방식의 개선

- 대량생산 및 제품 향상을 위해 1-1 협동과 협업하였다. 대량생산을 위해 수직형 실러를 생산라인으로 구축하였으며 제품의 크기를 확대하여 제품의 가시성을 향상시켰다. 제품의 성능을 향상시키기 위해 기존 필름의 문제점을 개선하고 밸브 형태의 복합필름을 개발하였다.

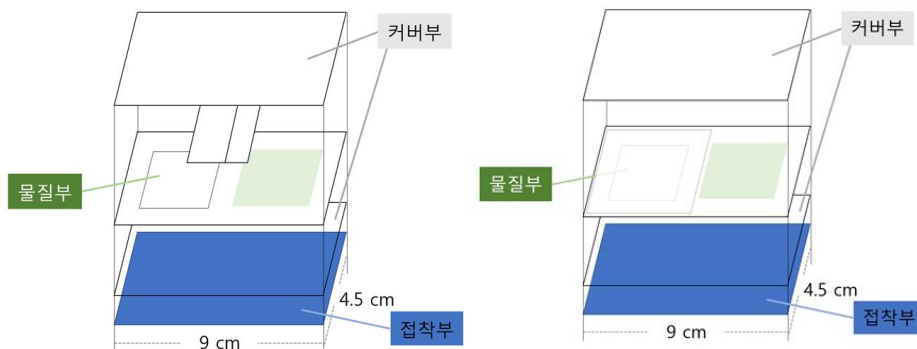


그림 54. 기존 필름의 문제점을 개선한 효소형 TTI 필름 설계

- 효소형 TTI의 시제품 생산 및 시범적용을 위한 시제품 생산에 앞서 TTI의 규격 및 형태를 명확히 하고 설계도를 작성한 뒤 연구실에서 시작품을 생산하였다. 효소형 TTI는 기존 구조에서 중앙에 점착필름이 추가되었으며 이는 물질부와 기질부를 분리해주는 중앙 격막 역할을 한다. 외부의 압력에 격막이 쉽

게 터져서 제품이 파손되는 것을 방지하며 유통 과정에서 물질부의 기질부와 효소부가 누설되거나 혼합되지 않게 한다. 또한 (주)R&F chemical과 협업하여 효소부쪽에만 점착필름을 추가하여 기능이 향상된 새로운 효소형 TTI 필름을 개발하였다. 가로 9 cm, 세로 4.5 cm로 커버부, 중앙점착필름, 물질부, 점착부로 구성된다. 열접착 line 내부에는 가로 세로 3.5 cm의 TTI 반응계인 기질부와 효소부가 주입되며 물질 주입 후 열접착 line을 따라 열접착된다.

[3차년도: 사업화를 위한 TTI 생산 및 품질관리 지침 설계]

1. 인쇄형 TTI

1) TTI 생산관리 지침 설계

a) 중점관리 요소 파악

제품 생산 공정의 흐름 및 각 공정별 중점관리요소 및 검사 항목을 한눈에 파악하기 위해 QC 공정도를 기반으로 중점관리요소를 파악하여 그에 대한 세부적인 내용을 설정하였다. 중점관리요소에는 원료의 입고 및 보관, 원료의 배합, 제품 제작 및 포장, 보관의 총 4단계로 파악하였다.

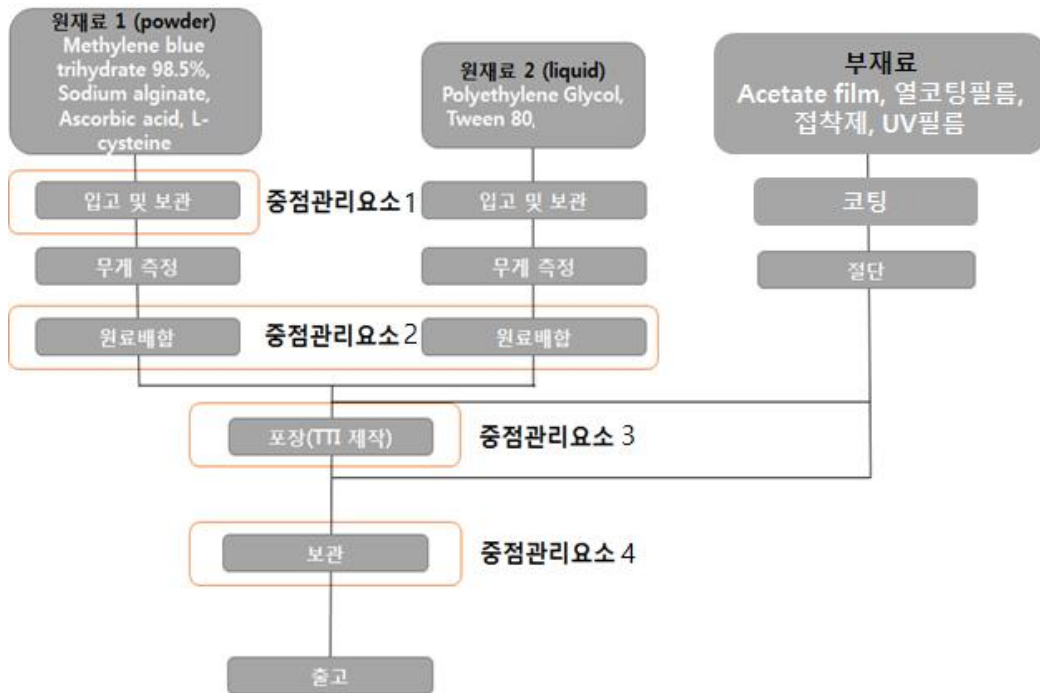


그림 55. 인쇄형 TTI 생산 QC 공정도

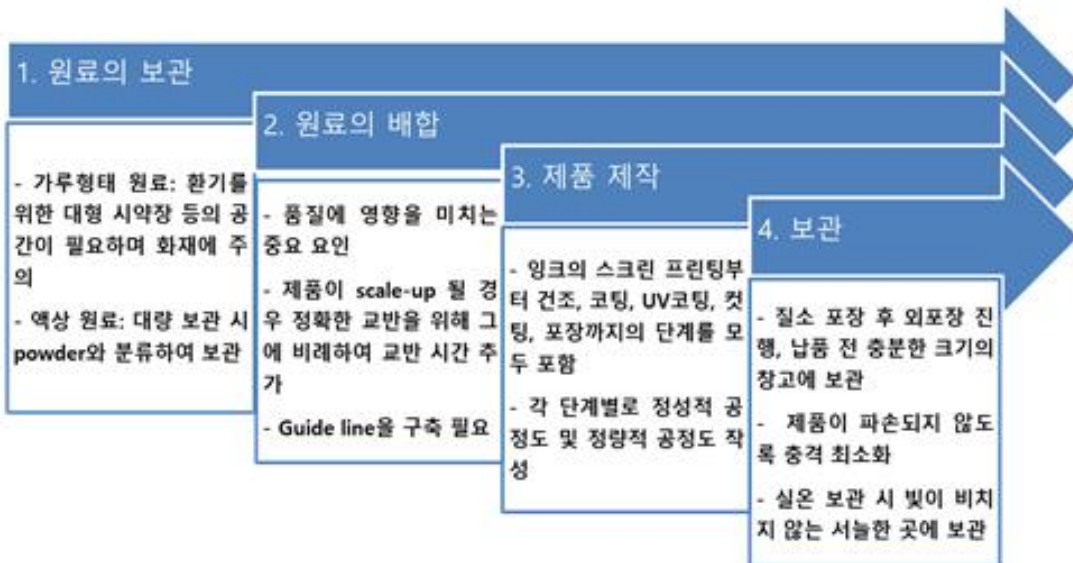


그림 56. 인쇄형 TTI 생산 중점관리요소

① 중점관리요소 1 : 원료의 보관

표 12. 인쇄형 TTI의 원료 및 보관성

재료	phase	보관	재료	phase	보관
Methylene blue trihydrate , 98.5%	분말	상온	Glycerol	액상	상온
Sodium Alginate	분말	상온	Tween 80	액상	상온
Ascorbic acid 99.5%	분말	상온	Polyethylene Glycol Mn 300	액상	상온
L-Cysteine, 99%	분말	상온			

- 인쇄형 TTI 제품을 제조할 시에 가루형태 원료와 액상 원료가 사용된다. 잉크 제조에 사용되는 methylene blue, ascorbic acid, L-cysteine, sodium alginate 등의 powder는 날림성이 있는 가루형태이기 때문에 수분에 민감하며 대량보관에 어려움이 있다. 그러므로 환기와 통풍이 잘 이루어지는 대형 시약장의 공간이 필요하며 화재에 주의해야한다. 그러나 가루 형태의 원료는 온도에 대한 영향을 비교적 적게 받으므로 상온에서 보관이 충분히 가능하므로 대형 시약장에 온도 조절 장치 등이 추가적으로 설치되지 않아도 된다. 두 번째 원재료인 liquid 계열에 속하는 tween80, polyethylene glycol, glycerol 원료의 경우 액상 형태로 되어 있기 때문에 대량 보관 시 powder과 따로 분류해 보관할 필요가 있다.

② 중점관리요소 2: 원료의 배합

- 두 번째 중점관리 요소는 원료 배합과정이다. 원료 배합은 잉크의 점도 및 색을 형성하는 1단계, 항산화 물질을 첨가하는 2단계, 마지막으로 잉크의 부착성을 조절해주는 3단계로 나누어진다. 각 단계에서 정확한 양으로 각각의 재료가 배합되지 않는다면 인쇄형 TTI 품질에 영향을 미치므로 중점적으로 관리해야한다. 원료 배합 1단계에서는 점도를 증진시키는 sodium alginate 시료가 뭉치지 않고 완전히 용해되기 위하여 정확한 양의 시료 사용과 알맞은 용해온도를 지켜야한다. 원료 배합 2단계에서는 반응에서 가장 중요한 항산화제가 첨가되므로 정확한 인쇄형 TTI 제품의 반응을 위하여 각 기간에 비례하는 정확한 양의 ascorbic acid를 칭량 및 첨가해야한다. 또한 이를 잘 용해하기 위하여 알맞은 기기를 사용해야한다. 원료 배합 3단계에서는 잉크가 접촉부 인쇄용지에 알맞게 부착되어 건조되었을 때 적절한 반응을 나타내기 위하여 정확한 양의 PEG와 tween80 시료를 칭량 및 첨가하여야 한다. 정확한 교반을 위해 그에 비례하여 교반시간이 추가되어야 하며 이에 대한 개선사항을 고안하였다.

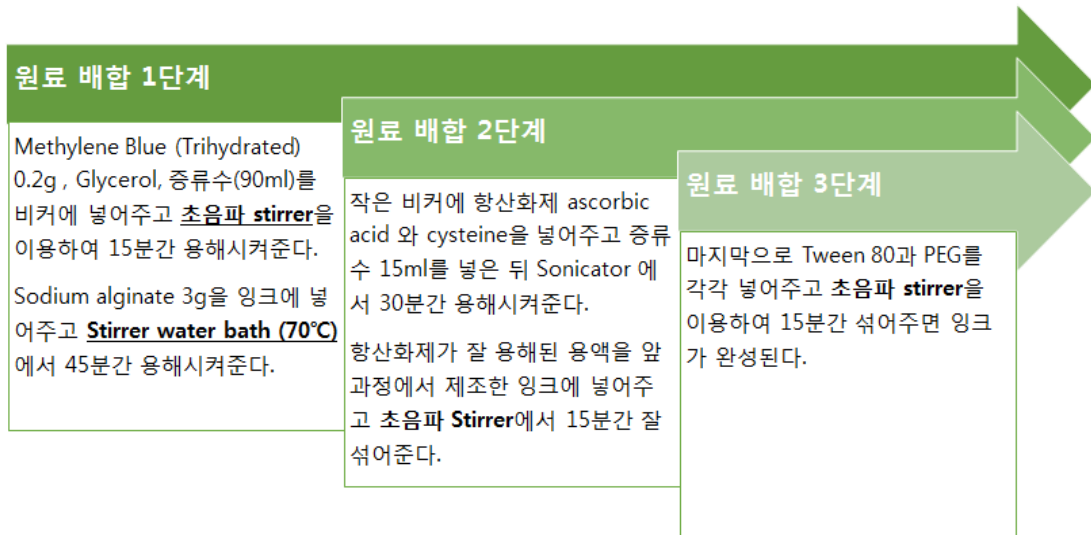


그림 57. 인쇄형 TTI 시작품의 원료 배합

③ 중점관리요소 3: 제품 제작

- 3번째 중점관리요소는 제품의 제작단계이다. 제품의 제작은 잉크의 스크린프린팅부터 건조, 코팅, UV코팅, 컷팅, 포장까지의 단계를 모두 포함한다. 각 단계별로 정성적 공정도를 작성하였다.

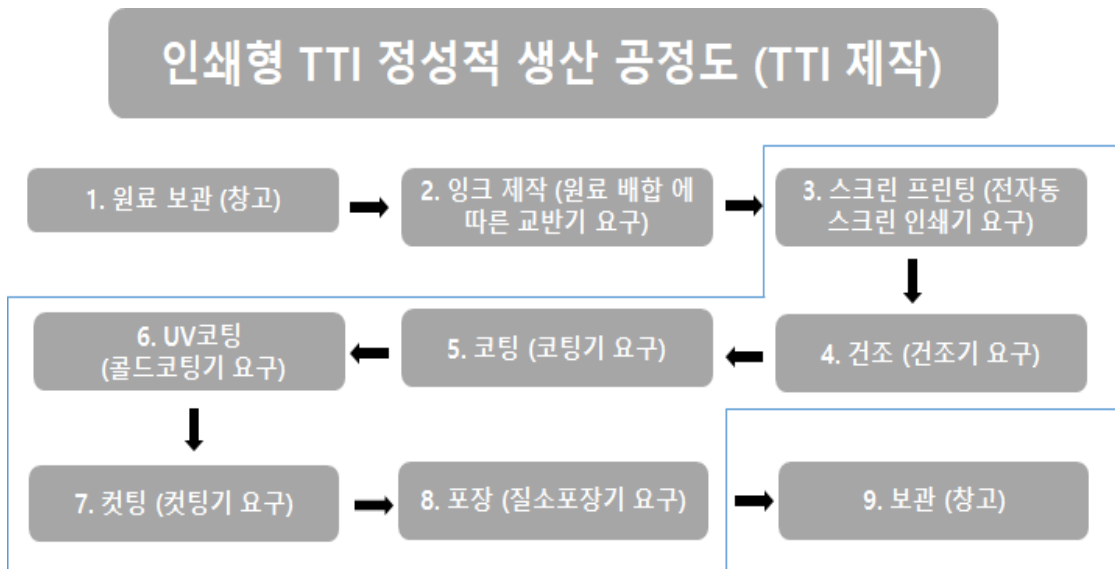


그림 58. 인쇄형 TTI 정성적 생산 공정도

정성도 공정도를 기반으로 하여 제품 제작 시 각 단계에서의 중점관리요소를 파악하였다.

- 스크린 프린팅: 대량생산 시 스크린 프린팅 할 경우 제품의 균일성을 위하여 전자동 스크린 인쇄기를 사용한다. 전자동 스크린 인쇄기를 사용할 때 각 단계별 사용법에 알맞게 진행하여야 하며 인쇄기에서 중요한 부분인 스크래퍼와 스퀴지를 제판에 알맞게 맞추고 target을 잡기 위한 기준점을 정확하게 맞추어야 인쇄가 정확하게 되므로 제품의 균일성을 확보할 수 있다.

- 건조: 자연송풍을 이용하여 건조할 경우 대량생산 시 공정상 제품마다 수분활성도가 달라져 균일한 건조정도를 유지하기에 어려움이 있다. 그에 따라 수분 불균일로 인하여 내부에 기포를 발생시킬 수 있고 제품의 품질에 차이를 발생시킬 수 있으므로 컨베이어가 형태의 건조기를 사용하여 인쇄형 TTI 제품마다 일정한 시간동안 일정한 풍량 및 풍속으로 건조될 수 있도록 하여야한다.
- 코팅: 인쇄형 TTI 코팅 시 커버부가 물질부와 접촉부에 완전히 밀착되어야 제품의 균일성 및 정확한 반응성을 확보할 수 있다. 열코팅필름을 커버부로 하여 TTI를 생산할 때 단위면적 당 충분한 열과 시간이 요구된다. 따라서 커버부를 코팅할 때에 필름을 코팅하는데에 필요한 정확한 온도와 시간으로 열코팅을 진행하여야 한다.
- UV코팅: 자외선으로부터 제품을 보호하여 제품의 품질 보호 및 향상을 위하여 UV 필름을 이용한 콜드코팅이 진행된다. 이 때 UV코팅의 경우 열을 사용하지 않으며 잉크와 필름이 직접적으로 맞닿는 공정이 아니므로 제품에 손상을 주지 않으나 생산 속도 확보를 위해서는 마찬가지로 1대 이상의 콜드필름 코팅기를 필요로 한다.
- 커팅: 2차 코팅이 진행된 후 인쇄형 TTI 제품을 스티커 형태로 개별분리하기 위하여 커팅 작업이 실시된다. 대량생산 시 커팅은 여러 가지 유형의 커팅기가 있으나 대량생산하여 공급량이 수십만장 단위로 증가할 경우 그에 맞춘 성능을 가진 설비의 구축이 필요하며, 커팅 시 개별분리된 상품의 불량품의 제조 여부를 확인하여야 한다.
- 포장: 포장 시 인쇄형 TTI 제품의 반응이 일어나지 않고 안정적으로 장기간 보관하기 위하여 질소포장을 이용하여 최종적으로 제작된 제품을 포장한다. 포장지 내부에 제작된 제품을 넣고 질소가스를 충전한 후 열실링을 이용하여 포장한다. 이 때 포장지의 열실링이 제대로 이루어지지 않을 경우 충전재인 질소 누출 및 공기 유입으로 인하여 제품이 공기 중에 노출되므로 반응이 진행될 수 있으며 품질 확보가 불확실해지는 영향이 있다. 따라서 대량생산 시 완벽한 포장 진행을 위한 질소포장설비를 사용하는 것이 중요하다. 인쇄형 TTI의 포장지로 어떤 것을 쓰느냐에 따른 포장기기의 열접착부의 온도가 관리되어야 일정하게 관리되어야 한다.

④ 중점관리요소 4: 보관

- 4번째 중점관리요소는 제품의 보관단계이다. 질소포장까지 완료되고 외부 노출이 차단된 1차 포장 후의 제품은 외포장을 진행한 뒤 납품 전 창고에 보관되어야 한다. 이 때 창고는 생산수량을 확보할 수 있는 충분한 크기의 창고여야 한다. 이 때 제품이 파손되지 않도록 충격을 최소화하기 위하여 제품 이동 시에 주의를 기울여야하며 비교적 저온의 냉동 보관이 요구된다. 제품을 실온보관하더라도 빛이 비치지 않는 서늘한 곳에서 보관되어야 한다.

b) 생산관리 감사

인쇄형 TTI 지시계의 생산관리 지침에는 생산자의 생산공정 감사 항목이 포함되어야 한다. 생산공정 감사항목은 크게 3가지로 구분된다.

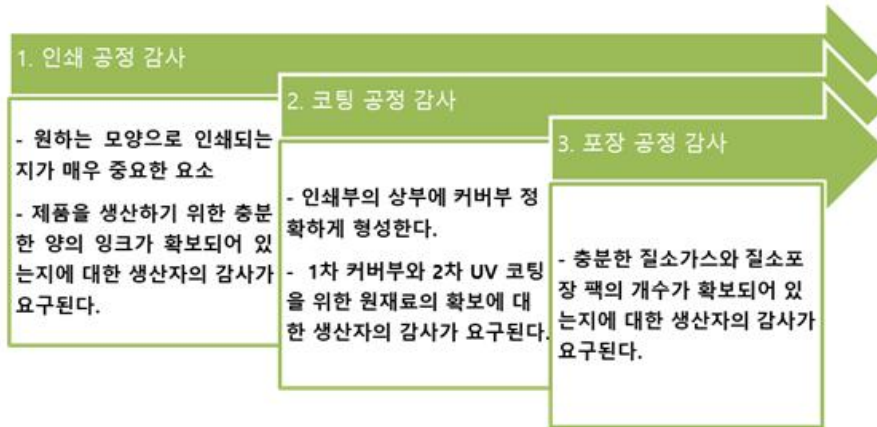


그림 59. 인쇄형 TTI 생산관리 감사

① 인쇄 공정 감사

- 첫 번째 감사는 인쇄 공정이다. 인쇄형 TTI에 사용되는 잉크는 실크스크린 프린트용 잉크이기 때문에 점도를 가지고 있으며 이를 전자동 스크린 인쇄기에서 인쇄 시 스퀴지와 스크래퍼가 제판과 수평을 이루지 않는다면 원하는 모양대로 인쇄되지 않으며 일정한 양의 잉크가 인쇄되지 않는다. 따라서 일정한 양과 모양으로 인쇄가 잘 되는지에 대한 생산자의 감사가 요구된다. 또한 전자동 스크린 인쇄기 사용 시 제품을 대량생산하기 위한 충분한 양의 잉크의 확보가 중요하며 이에 대한 생산자의 감사가 요구된다.

② 코팅 공정 감사

- 두 번째 감사는 코팅 공정이다. 코팅 공정은 인쇄부의 상부에 커버부를 형성하는 것으로 제품 품질 반응성에 큰 영향을 미치는 공정이므로 중요한 공정이다. 커버부가 제대로 형성되지 않을 시에 제품이 공기 중 노출 혹은 수분 유입 등이 일어날 수 있으며 산소투과도 등의 차이가 발생하여 제품의 색 변화 및 반응에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 코팅 공정 진행 시 생산자의 지속적인 감사가 요구되며, 1차 커버부와 2차 UV 코팅을 위한 원재료의 확보에 대한 생산자의 감사가 요구된다.

③ 포장 공정 감사

- 세 번째 감사는 포장 공정이다. 포장공정의 경우 인쇄형 TTI의 특성상 공기 중에 노출되면 산소와 반응하여 색 변화반응이 진행된다. 따라서 최종적으로 생산된 제품이 제대로 포장되지 않았을 때 보관 및 운송 중 반응이 일어나 제품으로서의 가치가 떨어진다. 이를 방지하기 위하여 충분한 질소가스가 확보되어 있는지, 충분한 질소포장팩의 개수가 확보되어 있는지에 대한 생산자의 감사가 요구된다.

c) 생산관리 문서

생산관리 프로세스		생산관리 프로세스 개요	
문서번호	CP-7500	문서번호	CP-7500
프로세스명	생산관리 프로세스	문서명	생산관리 프로세스 개요
제정일자	2007.05.04	제정일자	2007.05.04
제정인	신규 등록	제정인	신규 등록
승인일자		승인일자	
승인인		승인인	
1. 목적 범위		본 프로세스는 생산관리 프로세스의 개요를 설명하는 문서이다.	
2. 적용 범위		본 프로세스는 생산관리 프로세스의 개요를 설명하는 문서이다.	
3. 관련 부서		생산관리 프로세스	
4. 관련 문서		생산관리 프로세스	
5. 관련 법령		생산관리 프로세스	
6. 관련 표준		생산관리 프로세스	
7. 관련 규정		생산관리 프로세스	
8. 관련 지침		생산관리 프로세스	
9. 관련 절차		생산관리 프로세스	
10. 관련 양식		생산관리 프로세스	
11. 관련 기록		생산관리 프로세스	
12. 관련 정보		생산관리 프로세스	
13. 관련 기타		생산관리 프로세스	

생산관리 서식모음	
01. 생산확인표	생산확인표
02. 생산요청서	생산요청서
03. 생산설비 관리표	생산설비 관리표
04. 생산설비 이력부	생산설비 이력부
05. 생산시작 계획표	생산시작 계획표
06. 생산지시 확보서	생산지시 확보서
07. 생산설비 보전점검표	생산설비 보전점검표
08. 생산부서 재량조사표	생산부서 재량조사표
09. 생산계획 변경요청서	생산계획 변경요청서
10. 직립생산 확인서	직립생산 확인서
11. 연간 생산계획표	연간 생산계획표
12. 월별 생산현황표	월별 생산현황표
13. 주권생산 현황표	주권생산 현황표

그림 60. 생산관리 지침 문서

생산관리 지침에는 생산자의 생산관리 문서를 작성하는 항목이 포함되어야 한다. 인쇄형 TTI의 PSM(Product-Specific manufacturing procedure) 문서는 해당 규격에 적합한 제품을 경제적으로 생산하고 불량 요인을 사전에 예방하기 위해 지정된 제품의 생산 준비, 제품 생산, 제품 출하까지의 제반 업무 및 관리 절차를 포함한 내용을 담아야 한다. 현장 작업자는 생산 관리자의 '작업지시서'를 받아 '작업표준서'에 따라 작업을 진행한다. 작업 지시서에는 앞서 설계한 중점관리요소와 생산공정 감사 지침을 기반으로 하여 전반적인 공정에 대하여 생산관리 문서를 작성하여야 한다. 인쇄형 TTI 지시계의 경우 인쇄 공정, 코팅 공정, 포장 공정을 보다 자세하게 작성한다.

2) TTI 품질관리 지침 설계



그림 61. 인쇄형 TTI 품질관리 지침 설계

a) 잉크 제조 과정에서의 인쇄지에 대한 인쇄성

- 첫 번째는 잉크 제조 과정에서 인쇄지에 대한 인쇄성의 품질을 관리해야 한다. 인쇄형 TTI의 경우 인쇄의 유효여부로 제품의 가치의 유무를 판단할 수 있다. 인쇄 공정에서 제품이 일정한 양과 모양으로 인쇄되었는지를 평가해야 한다. 인쇄되는 모양에 따라 평가되는 품질이 다르다. QR코드 모양으로 인쇄될 경우 모든 QR 코드가 제대로 인쇄되었는지, 제대로 인쇄되었다면 제대로 인식 되는지를 평가하여야 한다. 글자의 모양으로 인쇄될 경우 글자의 모양대로 인쇄되었는지, 글자가 명확하고 가독성이 충분한지를 평가하여야 한다. 그 외에 도형을 인쇄할 경우 원하는 형태의 디자인대로 정확하게 도형이 인쇄되었는지에 대해서 품질관리가 이루어져야 한다. 또한 완제품의 기포 생성 여부와 코팅 후 필름의 접착능을 육안으로 평가하여야 한다.

b) 인쇄형 TTI의 생산 후 제품균일성

- 두 번째는 인쇄형 TTI의 제품 균일성을 확인하여야 한다. 우선적으로 생산이 완료된 제품의 제품으로서의 가치 판별 및 반응 여부를 확인하기 위하여 온도 의존성을 주기적으로 확인하여야 한다. 인쇄형 TTI가 생산된 뒤 일정기간 보관 후 제품의 변질 여부를 판단하기 위하여 제품을 개봉하여 부착했을 때 온도에 따라 end-point 도달시간이 처음 제조하였을 때와 동일한 지를 확인하여야 한다. 또한 색깔이 다 동일하게 변하는지에 대한 품질 균일성 여부가 주기적으로 확인되어야 하며 공급된 제품을 샘플링하여 품질평가가 진행되어야 한다.

c) 포장에 대한 관리

- 마지막으로 포장에 대한 관리이다. 보관을 하기 위해 질소진공포장을 실시하였을 때 포장이 제대로 이루어지지 않는다면 내부에 있는 모든 인쇄형 TTI가 공기에 노출되어 산소와 반응하므로 제품으로서의 가치가 떨어져 사용할 수 없게 된다. 따라서 이에 대해 관리가 이루어져야 할 것이다. Portable densitometer를 이용하여 end-point 도달 시간에서의 색을 측정하여야 하며, 이를 Hunter의 L값, a값, b값을 측정을 통해 비교한다.

표 13. 인쇄형 TTI 품질관리

품질 주요 변수	변수값의 기준	기준값을 벗어날 때 조치 사항
인쇄성	인쇄 모양의 가독성	- 향산화제 배합비 확인 - 원료의 충분한 교반 시간 확보 - 인쇄 후 충분한 시간동안 건조 - 전자동 스크린 프린터 스퀴지 및 제판 등의 설비 확인
	완제품의 기포 생성 여부	- 필름과 열코팅기의 정확한 장착 여부 확인 - 160℃ 이상의 고온에서 코팅 진행 여부 확인
	완제품의 필름 접착능	- 필름과 열코팅기의 정확한 장착 여부 확인 - 코팅기의 온도 확인
제품균일성	시간에 따른 TTI 색 변화가 레퍼런스와 다를 경우	- 향산화제 배합비 확인 - 원료의 충분한 교반 시간 확보 - 인쇄 후 충분한 시간동안 건조 - 무작위 샘플을 취해 kinetics와 온도의 존성 확인
제품포장	완제품의 충분한 질소 포장 여부	- 질소 가스통의 충전량 확인 - 가스 주입 압력 확인 - 실링기 온도 확인
	시간에 따른 TTI 색 변화가 레퍼런스와 다를 경우	- 무작위 샘플을 취해 kinetics와 온도의 존성 확인

2. 효소형 TTI

1) TTI 생산관리 지침 설계

a) 중점관리 요소 파악

제품 생산 공정의 흐름 및 각 공정별 중점관리요소 및 검사 항목을 한눈에 파악하기 위해 QC 공정도를 기반으로 중점관리요소를 파악하여 그에 대한 세부적인 내용을 설정하였다. 중점관리요소에는 원료의 입고 및 보관, 원료의 배합, 제품 제작 및 포장, 보관의 총 4단계로 파악하였다.

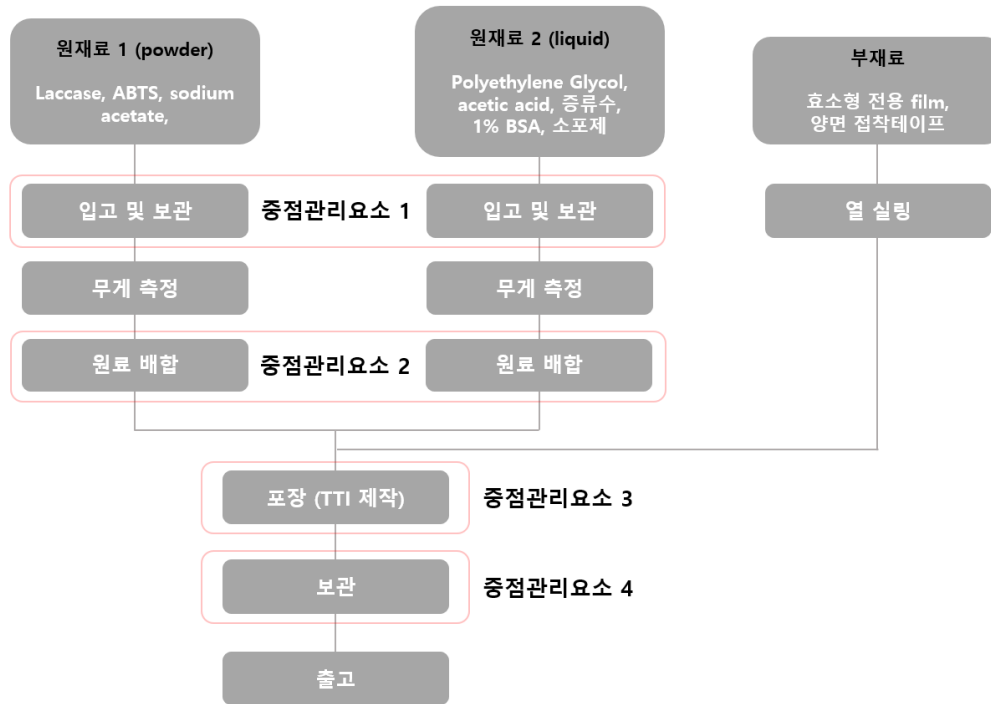


그림 62. 효소형 TTI 생산 QC 공정도

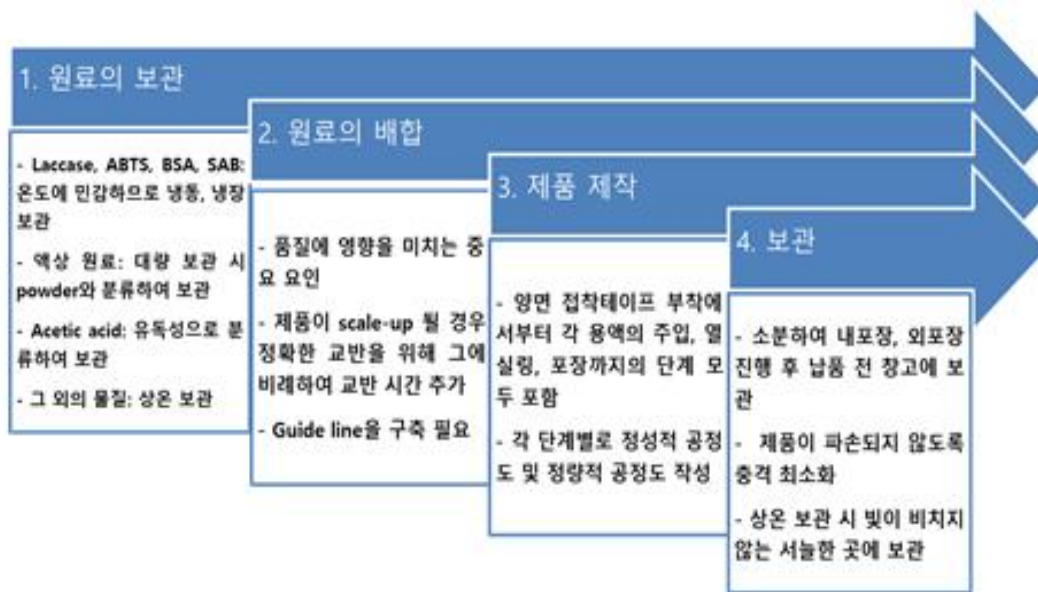


그림 63. 효소형 TTI 생산 중점관리요소

① 중점관리요소 1: 원료의 보관

표 14. 효소형 TTI의 원료 및 보관성

재료	phase	보관	재료	phase	보관
laccase from <i>Trametes versicolor</i>	분말	냉동	Sodium acetate, anhydrous	분말	상온
ABTS	분말	냉장	Sodium tetraborate decahydrate	분말	상온
glycerol	액상	상온	2M sodium hydroxide solution	액상	상온
BSA	분말	냉장	Acetic acid solution	액상	상온

- 첫 번째 중점관리 요소는 원료의 보관이다. 먼저 효소형 TTI의 용액 중 반응성을 나타내는데 가장 주요물질인 효소 laccase와 기질 ABTS의 경우 가루날림이나 화재의 위험성은 낮지만 온도에 민감하므로 이에 대하여 제대로 된 관리가 이루어지지 않는다면 TTI의 반응성에 영향을 주므로 품질에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 효소인 laccase의 경우 영하 18℃의 냉동보관이 요구되며, 기질 ABTS의 경우 냉장보관이 요구된다. 다른 원료 중 liquid 계열에 속하는 원료의 경우 액상 형태로 되어 있기 때문에 대량 보관 시 powder와 따로 분류해 보관할 필요가 있다. 그 중 BSA, sodium acetate buffer는 반드시 냉장 보관되어야 하며 polyethylene glycol, 증류수, 소포제는 상온에 보관가능하다. 또한 acetic acid는 유독성이 있으므로 다른 원료들과는 별도의 공간에서 보관되어야 한다.

② 중점관리요소 2: 원료의 배합

- 두 번째 중점관리 요소는 원료 배합과정이다. 대량생산 시 큰 batch를 이용하여 기질부와 효소부가 제작된다. 효소형 TTI의 반응물인 laccase와 ABTS의 경우 적은 양의 차이로도 반응이 매우 달라지기 때문에 정확한 양으로 재료가 배합되지 않는다면 효소형 TTI 품질에 영향을 미치게 된다. 따라서 원료의 배합 공정이 중점적으로 관리되어야 한다. 또한 큰 batch에서 혼합되므로 실험실 수준에서보다 양이 증가하므로 그에 따라 정확한 제품 제조를 위하여 교반시간이 증가된다. 정확한 교반을 위해 그에 비례하여 교반시간이 추가되어야 하며 이에 대한 개선사항을 고안하였다.

③ 중점관리요소 3: 제품 제작

- 세 번째 중점관리요소는 제품의 제작단계이다. 제품의 제작은 필름에 양면 접착테이프 부착에서부터 효소 용액과 기질 용액의 주입, 열 실링까지의 단계를 모두 포함한다. 각 단계별로 정성적 공정도를 작성하였다.

효소형 TTI 정성적 생산 공정도 (TTI 제작)

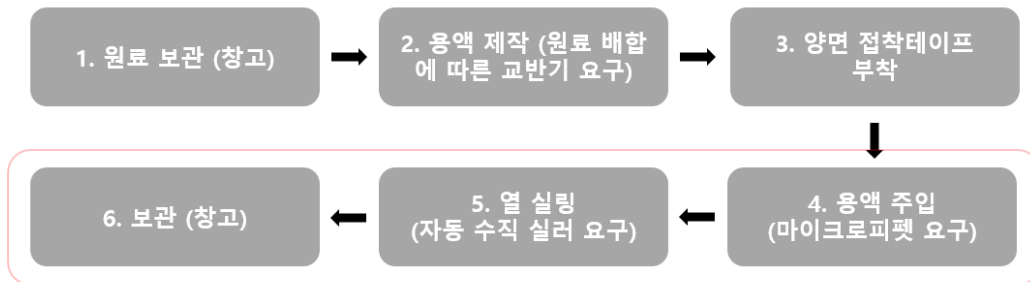


그림 64. 효소형 TTI 정성적 생산 공정도

정성도 공정도를 기반으로 하여 제품 제작 시 각 단계에서의 중점관리요소를 파악하였다.

- 접착능 부가: 기존에는 양면테이프를 직접 수작업으로 부착하였으나 대량생산 시 양면테이프 판이 필름에 자동적으로 붙어 생산속도와 생산량을 확보할 수 있는 설비를 사용하여야 한다.
- 용액 주입: 대량생산 할 경우 제작된 기질부와 효소부를 제작하여 일정한 용액의 용량을 정확하게 제품 파우치 내 적절한 각각의 위치에 신속하게 주입하여야 한다. 따라서 제품의 균일한 품질 확보와 생산속도 향상을 위해 한 번 주입 시 대량으로 주입할 수 있는 대용량 마이크로피펫을 사용하여야 한다.
- 열 실링: 기존의 수직 형태의 열 실링기는 수동으로 실링이 진행되므로 실링 시 일정하게 실링이 진행되지 않고, 실링 압력이 순간적으로 가해지고 한 번 실링 할 때 실링 가능한 개수가 제한되어 있다. 이로 인하여 충전 용액이 새는 현상이 발생하며 실링 시간이 길기 때문에 품질의 균일성 확보에 어려움이 있다. 이를 위하여 자동 수직 실러를 사용하여야 한다. 실링 시 일정하고 설정된 만큼의 압력이 가해지므로 안정적으로 실링되어 충전 용액의 누출을 방지하고 연속적으로 실링이 가능하여 실링 시간을 단축시켜 생산량을 증가시킬 수 있다.

④ 중점관리요소 4: 보관

- 네 번째 중점관리요소는 제품의 보관단계이다. 내포장 완료된 제품은 외포장을 진행한 뒤 납품 전 창고에 보관되어야 한다. 이 때 창고는 생산수량을 확보할 수 있는 충분한 크기의 창고여야 한다. 이 때 제품이 파손되지 않도록 충격을 최소화하기 위하여 제품 이동 시에 주의를 기울여야하며 품질 유지를 위하여 냉장·냉동 보관이 요구된다. 상온 보관하더라도 빛이 비치지 않는 서늘한 곳에서 보관되어야 한다.

b) 생산관리 감사

효소형 TTI 지시계의 생산관리 지침에는 생산자의 생산공정 감사 항목이 포함되어야 한다. 생산공정 감사항목은 크게 3가지로 구분된다.



그림 65. 효소형 TTI 생산관리 감사

① 용액 제작 감사

- 첫 번째 감사는 용액 제작 공정이다. 효소형 TTI의 색 변화는 효소 laccase와 기질 ABTS의 양에 따라 그 반응성이 달라지므로 이 두 가지 원료로 인하여 제품 품질에 큰 영향을 끼칠 수 있다. 적은 양의 차이로도 반응성이 달라지므로 이로 인하여 제품으로서의 가치가 떨어질 수 있다. 대량생산의 경우 비교적 많은 양의 시약을 사용하므로 시약을 칭량할 때 생산자의 감사가 요구된다. 또한 둘 다 가루 형태이기 때문에 용액에 균일하게 분포될 수 있도록 교반해주는 것이 매우 중요하다. 그러므로 정해진 배합으로 효소 용액과 기질 용액이 제작 되는지, 제작된 용액이 충분히 균질하게 제작되는지에 대한 생산자의 감사가 요구된다.

② 용액 주입 감사

- 두 번째 감사는 용액 주입 공정이다. 제품의 균일성을 확보하기 위하여 제작된 효소 용액과 기질 용액은 정해진 양만큼 효소형 TTI 파우치에 정확하게 주입되어야 한다. 효소와 기질의 양과 같이 효소 용액과 기질 용액의 양이 달라지면 반응성에 영향을 미쳐 제품의 균일성을 잃고, 제품이 올바르게 작동하지 못하게 되므로 제품으로서의 가치를 떨어뜨린다. 그러므로 효소 용액과 기질 용액이 정해진 양만큼 효소형 TTI 파우치에 정확하게 주입되는지에 대한 생산자의 감사가 요구된다.

③ 열 실링 감사

- 세 번째 공정은 열 실링 공정이다. 열 실링의 경우 앞서 주입된 효소 용액과 기질 용액이 새지 않아야 하며, 균일한 색 반응을 초래하기 위하여 기포가 최대한 생성되지 않게 실링하는 것이 중요하다. 열 실링 공정이 제대로 이루어지지 않을 경우 제품의 반응이 진행되지 않거나 반응성이 달라질 수 있으며 제품의 완성도를 떨어뜨린다. 제품을 거래처에 납품 시 제품의 성능과 완성도가 모두 중요하기 때문에 이를 결정짓는 열 실링 공정에 대한 감사가 매우 중요하다. 용액 주입 후 열 실링하는 과정에서 압력이 일정하게 가해지는지 실링 온도는 적절한지, 실링 후 용액이 새지 않으며 기포가 형성되지 않았는지에 대한 생산자의 감사가 요구된다.

c) 생산관리 문서

(문서 양식은 상기의 인쇄형 TTI와 동일함)

생산관리 지침에는 생산자의 생산관리 문서를 작성하는 항목이 포함되어야 한다. 효소형 TTI의 PSM(Product-Specific manufacturing procedure) 문서는 해당 규격에 적합한 제품을 경제적으로 생산하고 불량 요인을 사전에 예방하기 위해 지정된 제품의 생산 준비, 제품 생산, 제품 출하까지의 제반 업

무 및 관리 절차를 포함한 내용을 담아야 한다. 현장 작업자는 생산 관리자의 ‘작업지시서’를 받아 ‘작업표준서’에 따라 작업을 진행한다. 작업 지시서에는 앞서 설계한 중점관리요소와 생산공정 감사 지침을 기반으로 하여 전반적인 공정에 대하여 생산관리 문서를 작성하여야 한다. 효소형 TTI 지시계의 경우 용액 제작 공정, 용액 주입 공정, 실링 공정을 보다 자세하게 작성한다.

2) TTI 품질관리 지침 설계

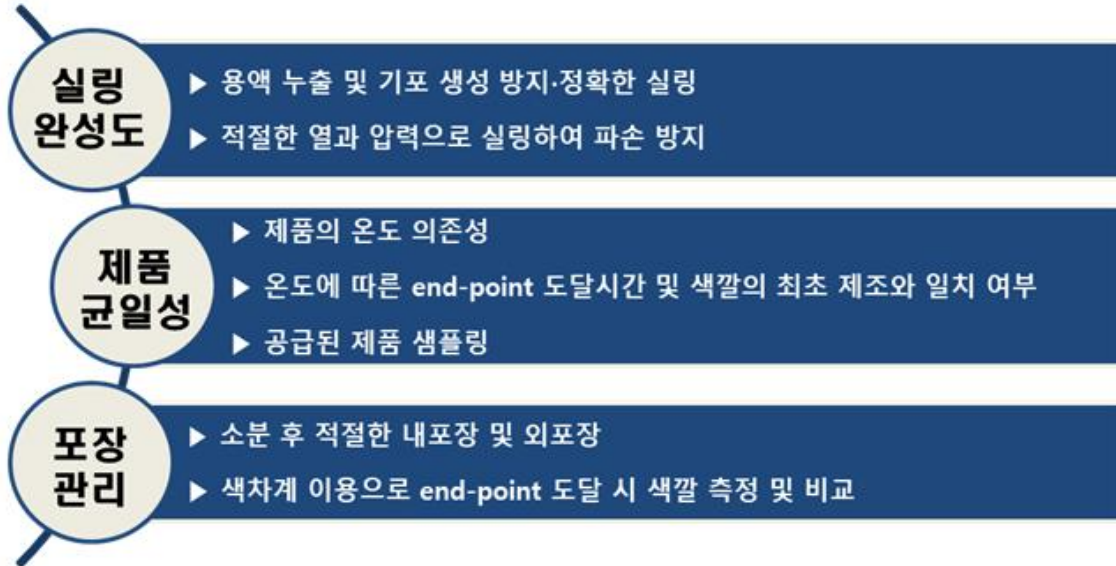


그림 66. 효소형 TTI 품질관리 지침 설계

a) 열 실링 공정에서의 실링 완성도

- 첫 번째는 열 실링 공정에서 실링 완성도를 관리해야 한다. 온전한 실링의 여부에 따라 제품의 반응성에 영향을 주므로 실링 시 용액이 새지는 않는지, 기포가 과다 생성되지는 않는지, 실링 line에 맞춰 깔끔하게 실링이 되었는지, 외부 충격에 의해 실링 부분이 파손되지 않을 정도로 적당한 열과 압력이 가해졌는지에 대한 품질 관리가 이루어져야 한다.

b) 효소형 TTI 생산 후 제품 균일성

- 두 번째는 효소형 TTI의 제품 균일성을 확인해야 한다. 우선 생산이 완료된 제품의 제품으로서의 가치 판별 및 반응 여부를 확인하기 위하여 온도 의존성을 주기적으로 확인해야 한다. 생산된 효소형 TTI를 일정기간 보관 후 활성화시켜 제품에 부착했을 때 온도에 따라 end-point 도달시간이 처음 제조하였을 때와 동일한지, 모든 제품의 색 변화가 동일하게 이루어지는지에 대한 품질 균일성 여부를 주기적으로 확인해야 한다. 동시에 공급된 제품을 샘플링하여 품질평가를 진행해야 한다.

c) 포장에 대한 관리

- 마지막으로 포장에 대한 관리가 이루어져야 한다. 보관을 위해 소분하여 내포장 후 외포장 했을 때 외부 충격을 견딜 수 있게 포장이 제대로 이루어지지 않는다면 내부에 있는 효소형 TTI가 외부 충격으로 인해 중앙 격막이 파열되면서 활성화되어 반응이 시작된다. 그러므로 이에 대한 관리가 철저히 이루어져야 한다. 또한 색차계를 이용하여 end-point 도달 시간에서의 색을 측정하여야 하며, 이를 Hunter의 L값, a값, b값을 측정을 통해 비교한다.

표 15. 효소형 TTI 품질관리

품질 주요 변수	변수값의 기준	기준값을 벗어날 때 조치 사항
실링 완성도	효소부, 기질부 용액 누출	- 용액 주입 시 피펫의 정확한 용량 측정 확인 - 열실링기의 온도 및 압력 확인 - 접착 line에 맞게 실링 여부 확인
	필름 내 기포 생성 여부	- 용액 주입 시 피펫의 정확한 용량 측정 확인 - 열실링기의 온도 및 압력 확인 - 접착 line에 맞게 실링 여부 확인
	접착 line에 알맞은 실링 여부	- 열실링기의 온도 및 압력 확인 - 필름의 정확한 인쇄 여부 확인
제품균일성	시간에 따른 TTI 색 변화가 레퍼런스와 다를 경우	- 용액 제조 시 buffer pH 측정 - 효소, 기질 등의 원료 배합비 확인 - 충분한 교반 시간 확보 - 분광광도계를 이용한 효소부의 activity 측정 - 무작위 샘플을 취해 kinetics와 온도의존성 확인
제품포장	시간에 따른 TTI 색 변화가 레퍼런스와 다를 경우	- 제품 파우치 중앙 격막 파손 여부 확인 - 충분한 양의 효소부 및 기질부 충전 여부 확인 - 무작위 샘플을 취해 kinetics와 온도의존성 확인

[1-2세부]

■ 3 단계

[최종목표 및 달성]

	최종 목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 신선도 지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 제품을 커버부, 물질부 접착부, 배경으로 나누어 설계 공장 생산화 할 수 있도록 공정을 설계 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 시험사업을 위한 신선도 지시계 사용 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 신선도 지시계 사용시설/장치 및 관리 지침 설계 신선도 지시계 사용 매뉴얼 설계 신선도 지시계 품질평가 	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 사업화를 위한 신선도 지시계 생산 및 품질관리 지침 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 중점관리요소, 생산공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 품질관리 지침 설계 	

- 신선도 지시계 제품 설계 및 공정 설계:** 본 연구에서는 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계와 이산화탄소 지시계의 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정을 설계하였다. 우선적으로 시제품을 제조하는데 필요한 각 재료의 규격 및 보관 방법을 설계하였다. 먼저, 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계는 접착부, 커버부, 물질부로 나누어 필요한 재료의 규격 및 보관방법 설립 및 각각의 설계도로 제작하였으며, 기존의 원형 타입에서 사각 형태의 타입으로 변형하였다. 시작품 공정도는 첫째 원료 배합 및 보관, 둘째 원료 분주 및 포장, 마지막으로 케이스 제작 및 포장용기 부착으로 진행된다. 제작한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 성능을 테스트하기 위해 실제 유통되는 신선육 부착 저장실험을 진행하였으며, 제품의 재현성과 안정성 테스트를 진행하였다. 이산화탄소 지시계는 포장 식품에서 생산된 이산화탄소는 물에 빠르게 용해되어 수용액의 pH를 감소시켜 D-glucosamine 단위로 이루어진 설탕 다당류 키토산은 산성의 조건에서 용해되어 투명한 수용액의 결과를 나타내고, 중성과 알칼리성의 조건에서는 불투명한 현탁액의 결과를 나타낸다. 이산화탄소의 감지 메카니즘은 이산화탄소로부터 유래된 산성 조건의 수용액에서 키토산 분말의 용해도를 기초로 하였다. 이산화탄소의 감지는 키토산 분자를 포함하는 수용액에서 이산화탄소가 용해되고 난 후에 시작된다. 지시계 내 이산화탄소의 농도가 증가하면 pH 감소의 결과로 키토산이 용해되기 시작한다. 이산화탄소의 농도가 증가하면, 이산화탄소는 물에 용해되어 탄산이 형성되고 물분자와 상호작용하여 수소이온과 중탄산염 이온으로 분리된다. 분리된 수소이온은 키토산 분자의 아미노그룹과 양성자화 반응에 참여하게 된다. 그 결과, 불투명한 현탁액은 키토산 분자의 용해로 인하여 투명한 수용액으로 변한다. 따라서, 식품 품질의 실시간 모니터링은 이산화탄소 농도에 의한 pH의 변화에 따라 키토산 수용액의 투과도의 변화를 통해 인식할 수 있다. 하지만 투명도의 차이가 극명하지 않아 보다 정확한 시각적인 정보를 위해 지시계의 물질과 제조법을 수정 보완해 나가야 했다. 지시계의 포장방식을 변화시켰고 기존 용매를 대체(pH 6.4 → pH3.5) 하여 지시계 정확성을 향상시켰다. 또한 이산화탄소 가스 지시계의 제작 효율을 높이기 위한 기존의 제작물질(sodium citrate)을 대체(sodium hydroxide) 하였다.

- **시범사업을 위한 신선도 지시계 사용시스템 설계** : 본 연구에서는 개발된 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 사용 실용화를 위하여 신선육을 유통하는 기업체와의 미팅을 통하여 실제로 고객에게 유통되는 양념 부채살에 저장실험 및 indicator 색도계 측정을 진행하여, 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 개발하였다. 또한 지시약에 따라 pH 범위를 조정가능하며, 확연한 색 변화가 있어 가시성이 좋다. 기존의 키토산을 이용한 이산화탄소 가스지시계는 키토산 비드의 용해를 육안으로 확인하고 구별하기 쉽지 않다는 단점이 있었기 때문에 새로운 형태의 이산화탄소 가스지시계 개발이 필요했다. 새롭게 개발한 이산화탄소 가스지시계에서 색변화를 통한 신선도 지표 역할을 하는 지시약은 그 자체가 약산 또는 약염기로, 특정 pH에서 일정한 색을 갖는 화합물이다. 지시약이 산 또는 염기와 반응하면 분자구조가 변하고, 그에 따라 색도 변하게 된다. 지시약의 종류에 따라 변색 범위가 다른데, 안토시아닌, 리트머스 그리고 크레졸 레드와 같은 다양한 지시약을 이용하여 지시계 제작이 가능하다. 이산화탄소 가스지시계는 포장 내부에 인쇄되거나 고정되어 발효 식품의 품질 변화 중에 생성되는 이산화탄소 탐지 및 비색 반응을 통하여 이산화탄소 유무 및 농도 정보를 제공한다. 이는 발효, 지질 산화 및 미생물 부패 등으로 인해 생성되는 이산화탄소 가스 변화를 모니터링해 식품의 품질 정보를 제공할 수 있다. 이산화탄소 가스지시계는 육안으로 확인이 가능하고 저렴하다는 이점을 지니고 있으며 제조와 포장 방법이 간단하다. 특히, 김치나 막걸리와 같은 발효제품에서 이산화탄소 가스지시계는 발효과정에서 발생하는 이산화탄소에 반응하여 발효 정도를 확인할 수 있다. 이들 지시약은 식품에 적용하기에 적당한 pH범위를 가지며, 확연한 색 변화가 있어 가시성이 좋다. 또한, 다른 지시약에 비해 인체에 유해한 정도가 낮기 때문에 식품포장에 적용하기에 적합하다. 식품포장 내부에서 이산화탄소가 발생되면, 이산화탄소의 농도는 지속적으로 증가한다. 이산화탄소 농도의 증가에 따라 지시약이 포함된 지시계의 pH가 낮아지면서 색이 변화하여 이산화탄소를 감지하는데 사용할 수 있다. 지시계의 초기 pH를 설정하기 위해 인체에 무해한 탄산 수소 나트륨을 이용하였는데, 탄산 수소 나트륨의 농도를 조절함으로써 초기 pH를 설정할 수 있으며, 이는 이산화탄소에 대한 민감도 조절로 이어진다.
- **사업화를 위한 신선도 지시계 생산 및 품질관리 지침 설계** 본 연구에서 1,2단계의 시작품인 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계와 이산화탄소 지시계의 제품 사업화를 위한 생산 및 품질관리에 대한 지침을 설계하였다. 먼저 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계는 생산 QC 공정도를 기반으로 하여 제품 제작 시 중요하게 관리해야 할 중점관리요소를 파악하였다. 또한 제품의 생산공정에 대한 감사에 대한 지침을 설계하였다. 앞서 진행한 중점관리요소 및 생산 공정 감사를 기반으로 하여 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품 생산 시 측정 대상 항목을 효율적으로 관리하기 위한 생산관리 문서 지침을 작성하였다. 또한 지시계의 품질관리 지침을 설계하였다. 제품의 품질 평가는 신뢰성과 객관성을 확보하기 위함이다. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계는 Sensor 인쇄, 제품 균일성, 포장 관리를 모니터링한다. 이산화탄소 지시계는 김치와 같은 발효식품이 발효되면서 발생하는 이산화탄소를 감지하여 발효정도를 확인할 수 있는 이산화탄소 지시계의 상품화를 진행하였다. 전년도에 이어 이산화탄소 가스지시계의 대량생산을 위한 공정기술 개발을 위해 프린팅과 염색을 통한 이산화탄소 가스지시계 개발을 진행하였다. 기존 물질부에서 지시계의 겔화를 위해 사용되었던 아가로스를 넣지 않고 제작하였다. 프린팅을 이용한 지시계는 지시약이 얇게 프린팅되어 포장 전에 지시약이 마르는 단점이 있었고 이를 보완하기 위해 부직포를 염색시키는 방법으로 지시계를 제작하였다.

[1차년: 신선도 가스지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계]

1. 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계

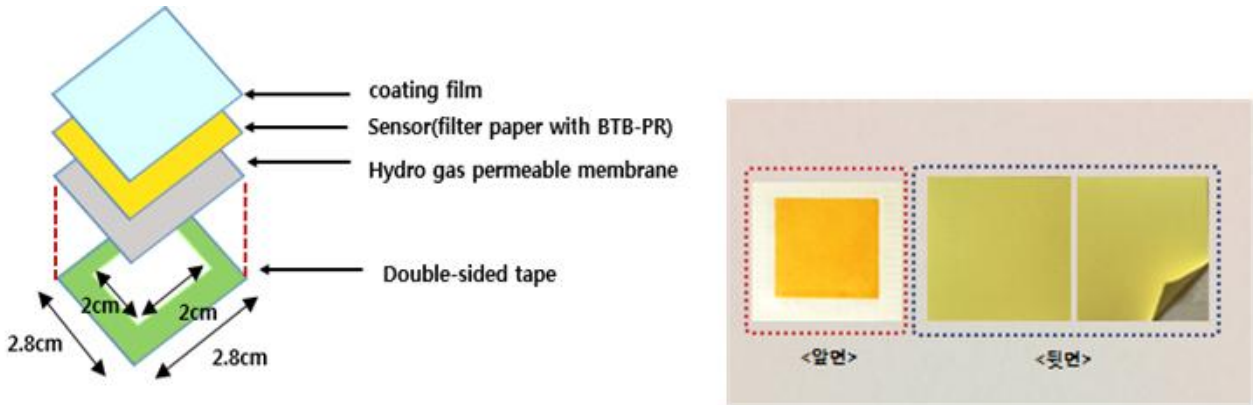


그림 1. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품 설계도

1) 제품 설계

a) 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시제품 제품 설계도 제작

과거 연구개발했던 prototype을 좀 더 대량생산에 적합한 제품으로 다시 시제품을 설계하였다. 따라서 제작 모양을 과거 원형에서 현재는 사각형태로 바꿔 지시계의 제작 단가를 낮추고 제작공정을 단순화 하였다. 이를 통해 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 대량생산에 좀 더 적합한 시제품이 생산 될

것이다. pH dye로 Bromothymol blue-Phenol red mixture를 이용하며 이것을 포함한 polymer matrix solution을 제조하였다. 이것을 filter paper에 흡수시킨 후 암소에서 overnight동안 정치시킨다. 다음으로는 laminating film 과 식품으로부터의 수분은 방지하고 가스는 잘 투과할 수 있게 도와주는 Hydrophobic gas permeable membrane을 sensor에 부착 후 코팅기를 이용해 105℃에서 coating한다. 그 후 뒷면에 double-sided tape을 이용하여 접착능을 부여하게 된다.

b) 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시제품 소재 및 규격

앞서 제작한 시제품의 구체적인 specificaton은 아래의 표와 같다. 아래에는 신선도 휘발성 염기질소 (VBN)가스지시계가 적용될 용기와 필름 그리고 지시계 부분의 시약과 구성 요소들이 상세히 기술되어 있다. 이를 바탕으로 추후 제작될 시제품의 sepcification을 확립할 수 있을 것이다. 또한 앞서 제작한 제조방법설명서와 생산설비 및 성능관리 지침서를 바탕으로 시제품 제작시 제품의 품질 보증과 관리가 잘 이루어질 수 있게 도울 것이다.

구분	사진	가스지시계 시작품 소재 및 규격
용기 및 필름		<ul style="list-style-type: none"> - 용기 추후 적용 업체와 미팅 후 결정 예정 - 필름 소재: NY(Nylon)+LLD-PE(linear low-density polyethylene)
가스지시계		<ul style="list-style-type: none"> - 시약 성분: BTB-PR(Bromothymol blue-Phenol red) 시약 분주량 : 32.00μl - GI(Gas indicator) 소재 : ADVANTEC filter paper no.2, PTFE(polytetrafluoroethylene) membrane filter, Laminating pouch film(PET(polyethylene terephthalate)) 규격(가로*세로/단위mm) : 지시계 20.00*20.00 <p>지시계(포장용지 포함) 28.00*28.00</p>

그림 2. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시작품 specification

2) 공정 설계

lab 수준의 시작품 공정도는 3단계인 1) 원료 배합 및 보관, 2) 원료 분주 및 포장, 3) 케이스 제작 및 포장용기 부착으로 진행된다. 이 시작품 공정도 3단계를 공장생산화를 위하여 시제품 공정도로 설계한다.

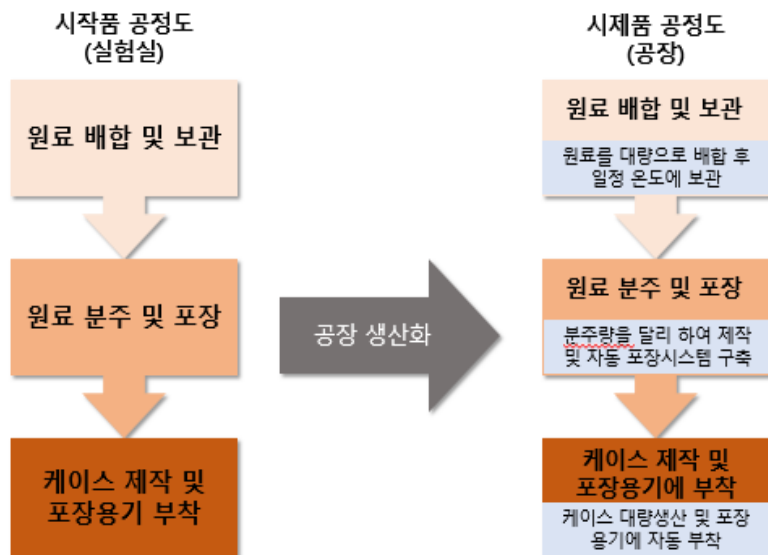


그림 3. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 공정 설계도

a) 원료의 보관

원료를 lab 수준에서는 한번에 20ml 정도로 제작하였다. 하지만 공장에서 시제품을 만들 시에는 이보다 더 대용량으로 제작이 가능해 짐으로써 배합 후 원료가 오염되지 않게 밀폐 용기에 넣어 일정한 온도에서

보관하는 것이 중요해 졌다. 자세한 원료와 보관온도는 아래의 표에 나타내었다.

표 1. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 원료 규격 및 보관성

재료	구입처	규격	가격	보관
cellulose acetate	Junsei Chemical Co.,Ltd	CAS: 9004-35-7 용량: 500 g 성상: powder	140,000	상온
acetone	SupraSolv®	CAS: 67-64-1 용량: 1L MW: 58.08 g/mol 순도: 98% 이상	126,000	상온
2-butanone	Junsei Chemical Co.,Ltd	CAS: 78-93-3 용량: 1 L MW: 72.11 g/mol 순도: 99.8% 이상	71,000	상온
Dibutyl phthalate	SIGMA - ALDRICH, Co., Ltd	CAS: 84-74-2 용량: 1L MW: 278.34 g/mol 순도 : 99% 성상 : liquid	87,000	25°C
Bromothymol blue Sodium salt	TCI (sanghai) Development Co., Ltd	CAS: 34722-90-2 용량: 25g MW: 646.37 g/mol 성상: powder pH range 6.0-7.6 yellow to blue	152,000	상온
phenol red	SIGMA-ALDRICH, Co.,	CAS: 143-74-8 용량: 125 g MW: 354.38 g/mol 성상: powder	153,000	상온

시제품(공장) 제작을 위하여 대량생산을 위해 신선도 휘발성 염기질소(VBN)의 제작 공정에 따라 원료를 보관하였다. 또한 상온 보관이 가능하고, 신체의 영향을 줄 수 있는 시약은 따로 보관하는 것이 좋다.

b) 원료의 혼합 및 분주

가스지시계를 제작하기 위해서는 먼저 원료를 filter paper에 일정량 분주해야한다. 이 때 분주량은 부착

할 포장용기의 용량에 따라 달라져야 한다. lab 수준에서는 수작업으로 이를 진행했지만 공장에서는 자동

화 시스템을 통해 이를 제어할 것이다. 또한 PET film을 비롯한 membrane 부착을 통해 이를 포장하는 것 역시 수작업이 아닌 고장 수준으로의 자동화 기계시스템이 필요할 것이다.



그림 4. 원료의 혼합 및 보관

c) 인쇄 및 포장

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 인쇄 및 포장 단계에서는 앞의 원료 혼합단계에서 제조한 원료를 분주하여 커팅후, 커버부 부분의 필름을 열을 가하고, 물질부와 접착부의 membrane을 부착한 뒤, 양면으로 붙일 수 있는 접착부 부분을 구분하여 세부적으로 보면 아래 그림의 순서와 같다.



그림 5. 제품의 분주 및 커팅, 필름, 접착

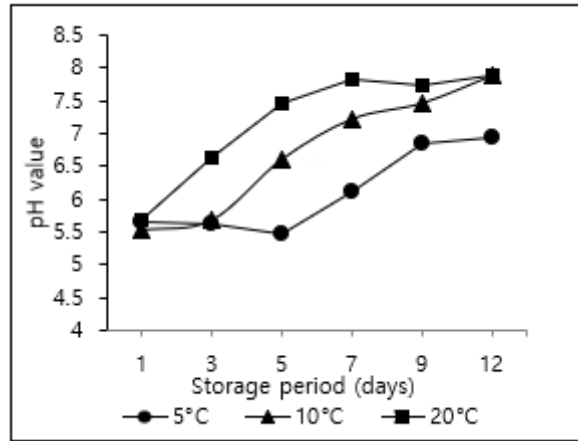
3) 제품 성능 TEST

a) 소고기 sample의 저장 실험, 지시계 부착 ΔE 값 측정, HS-GC-SPME (TMA) 분석

Indicator와 휘발성 염기질소(VBN)의 상관관계를 알아보기 위한 소고기를 5, 10, 20℃의 배양기에 넣은 뒤 pH 및 총균수, 대장균수 검사 시행하였다.

ㄱ) 소고기의 저장 실험 pH 기초 실험

해당 년차의 연구에서 적용할 제품은 신선식품 중에서도 식육제품으로써 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 실제 제품 적용에 앞서 식품의 부패여부에 대한 pH 기초실험을 진행하였다. 소고기의 경우 pH가 6.2~6.3에서 초기부패가 일어난다고 하였고 실험결과와 비교하여 5℃에서는 7~9일 사이에 20℃에서는 3일 이내에 초기부패가 일어남을 확인 할 수 있었다.



Temp.(°C)	pH value					
	Storage time (day)					
	1	3	5	7	9	12
5	5.64±0.06	5.62±0.02	5.46±0.01	6.11±0.02	6.86±0.09	6.95±0.03
10	5.54±0.04	5.69±0.28	6.61±0.18	7.22±0.18	7.46±0.11	7.88±0.13
20	5.68±0.07	6.2±0.28	7.45±0.06	7.82±0.14	7.74±0.07	7.90±0.02

그림 6. 소고기 sample의 pH 측정

ㄴ) 소고기 sample의 총균수 및 대장균수 기초실험

다음으로는 식품의 부패여부에 대한 총균수 및 대장균수 기초실험을 진행하였다. 소고기의 경우 일본의 식품 부패판정의 방법과 실례에 대한 일본식품분석센터(2008)의 자료에 의하면 일반미생물은 식육 1g 당 1×10^7 이상이면 초기부패, 1×10^8 이상이면 완전 부패로 보고 있으며 관능적으로도 변색이나 이취, 이미 등이 나타난다고 보고하였다. 저장 실험 결과 pH 실험과 마찬가지로 5°C에서는 5~7일 사이에 20°C에서는 3일 이내에 부패가 일어남을 확인 할 수 있었다.

Temp.(°C)	Storage time (hr)							
	0	12	18	24	36	48	60	72
TBC (log CFU/g)	3.81±0.34	5.19±0.02	6.42±0.06	7.36±0.02	7.98±0.12	8.33±0.08	8.46±0.10	8.74±0.20
Coliform group (log CFU/g)	ND	2.52±0.08	3.73±0.09	5.58±0.12	6.71±0.11	7.10±0.39	7.86±0.44	8.12±0.18

그림 7. 소고기 sample의 총균수, 대장균수 측정(20°C)

ㄷ) Indicator와 휘발성 염기질소(VBN)의 반응성 확인을 위한 색변화 측정

해당 년차의 연구에서 적용할 제품은 신선식품 중에서도 식육제품으로써 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 실제 제품에 적용해보았다. 그 결과 앞서 기초실험으로 진행한 pH와 총균수, 대장균수의 검사 시행결과와의 연관성을 파악할 수 있었다. 20°C로 소고기 등심 부위를 저장 실험한 결과 저장 기

간에 따라 L value는 감소, a value의 증가, b value의 감소 추세를 보였으며, 이를 통해 저장 및 발효 온도 별 저장 기간에 따른 GI의 유효성을 확인할 수 있었다.

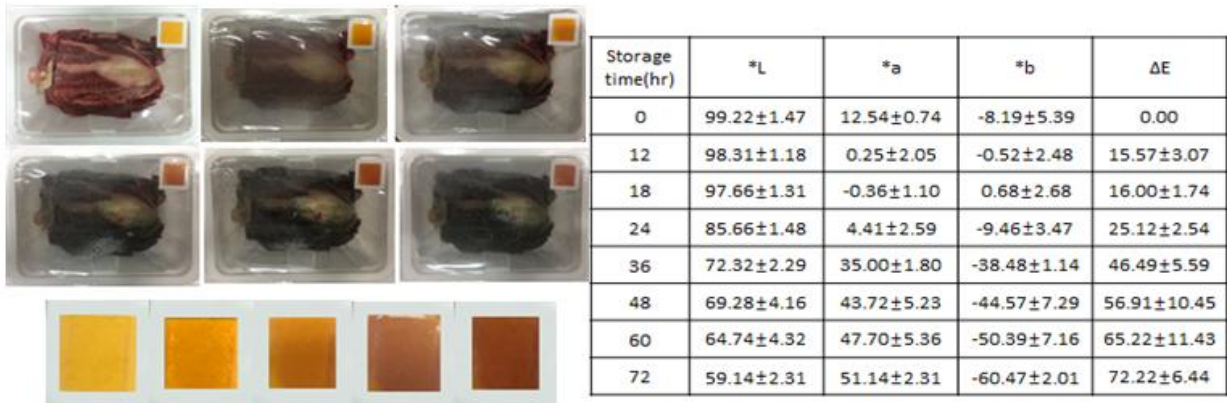


그림 8. 휘발성 염기질소(VBN)에 의한 BTB-PR indicator의 반응성 확인

⇒ 소고기 저장기간에 따른 HS-SPME GC TMA 분석

TMA standard를 순차적인 농도로 제조하여 standard curve를 그리고, validation를 통한 TMA의 R값이 약 0.994으로 바람직한 직선성을 보이는 것을 확인 하였으며, ΔE과 TMA의 분석 결과 둘의 상관관계를 확인하였다.

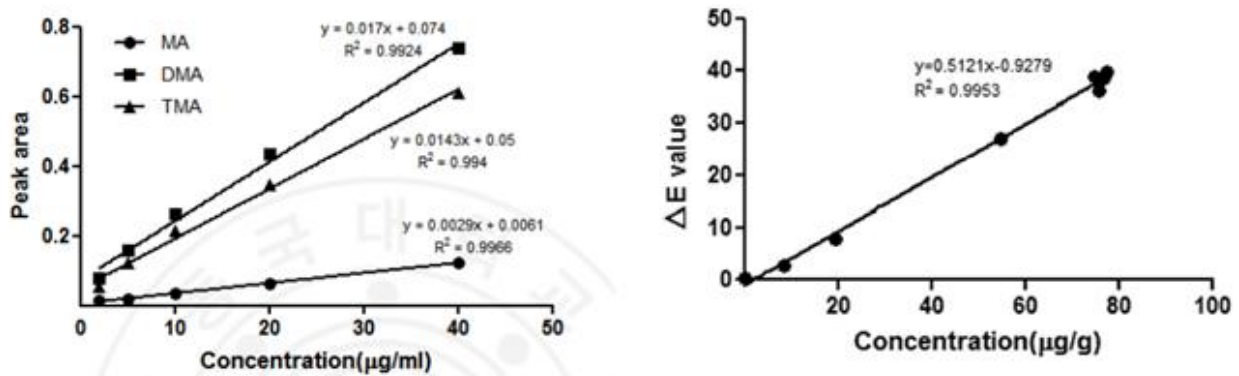


그림 9. validation 및 ΔE 와 TMA의 Correlation

4) 신선육 업체 MOU협약

위의 검증한 자료를 바탕으로 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 실제 MOU를 맺은 업체(㈜바보스, ㈜ 체리부로)의 제품을 통해 적용하는 중이다. 이 둘 업체를 통해 신선육 B2B(Business-to-Business) 사업자와 신선육 및 조리육을 납품받는 프렌차이즈 가맹점을 이용하여 대상제품으로 정해 실험 계획을 정해 앞으로의 시제품의 유효성을 확립할 예정이다.

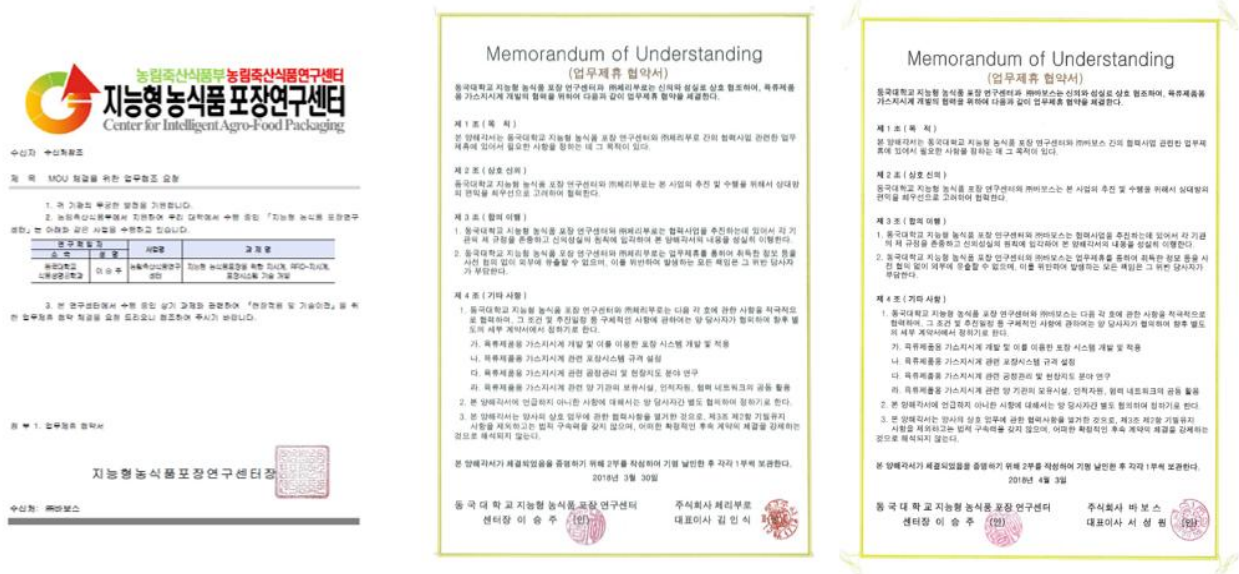


그림 10. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계에 대한 (㈜체리부로, (주)바보스와의 MOU 체결완료

5) 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품 생산 공정 설계도 제작 및 제조시스템 구축

앞서 진행한 기초실험(이화학적, 미생물학적 실험)과 색차계를 이용한 지시계의 색변화 측정을 통해 현재 제작한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 유효성을 확립하였다. 이 연구 결과를 토대로 가스지시계의 제품 생산 공정을 설계하고 기존에 제작한 prototype에서부터 더 나아가 향후 대량생산 공정에 좀 더 적합한 형태의 시작품을 제작하기 위한 공정 설계도를 작성하였고 이에 따른 제조 시스템을 구축하였다.

내 격 서

NO :1103-11135K

포장 자동화CE,ISO9001인증

동호기계주식회사
DONG-HO MACHINERY CO., LTD.

동국대학교 實中

주요 생산 품목

※재대 포장기: 증,통형 박스오븐형,가스지시계형
 ※수축포장기: 필로우형,롤/탄 롤 스타트형,스프링형
 ※제어시스템: PLC,모터/스피드/스피드,자동형
 ※로봇 팔장치: 이펙트 스타트형,접점 방식
 ※자동이송,공급,포장,계량,계수,출진 장치

구분	수량	단위	단가	합계	비고
2000 사양 대량 포장 포장기					-1-541
견적 내역					
1. 용리 베어리스 공회 장치	10구 용	-2-1	1,800,000	3,600,000	
2. 상부 용리 및 구동부	10구용	-1-1		2,500,000	
3. 용리 수반 연동	N:500	-1-1		3,500,000	
4. 진공 회어	진공 용리 및 제어	-1-1		1,800,000	
5. 예어 시판대 및 제어	2 부반, 감속제어	-1-1		800,000	
6. 전기 제어판	PLC 제어	-1-1		1,800,000	
7. 기계 설계비	1인7일	-1-1		1,400,000	
8. 조립 제작 테스트 인건비	10인공	-1-1		2,000,000	
9. 감수 납품 시운전	귀사 대학도	-1-1		700,000	
10. 제조공비 및 공과 잡비	15%	-1-1		2,720,000	
					이외대역-
TOTAL PRICE				₩20,820,000-	

특기사항: 1. 생산 자동 속도 : 약 5-6 회트 (50-60개) 이상 상자로 수동 작업속도에 맞먹는 다름
 2. 설비 재료 : 설비 부재명 : S541 분체 도장
 커버 재질 : ALL SUS304
 3. 작업 방법 : 1) 전부 필름 감광유에 수동 공급 2) 스프링 on 3) 사양 10개소 총경
 4) 상부 필름 공급 후 부러 모던 (자유으로 풀러로 이동 필름 편위치 복구)
 5) 재물 수동으로 흡수

동호기계 2000-01호 DONG-HO MACHINERY CO., LTD. 대단히 감사합니다.

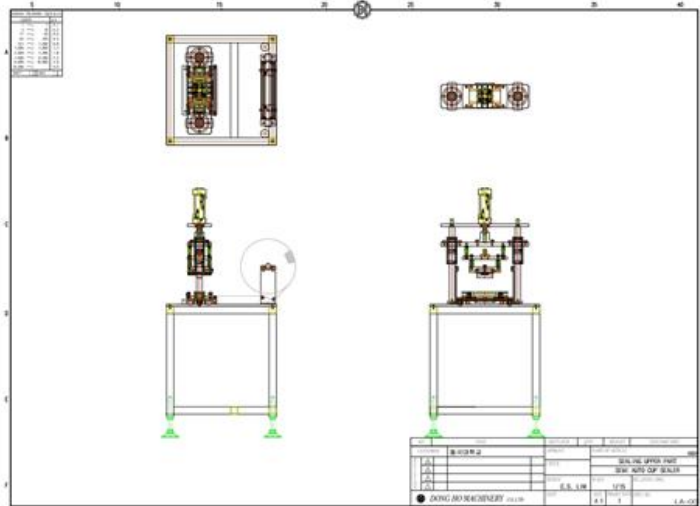


그림 11. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시작품 생산 공정 설비

2. 키토산을 이용한 비드형 이산화탄소 가스지시계

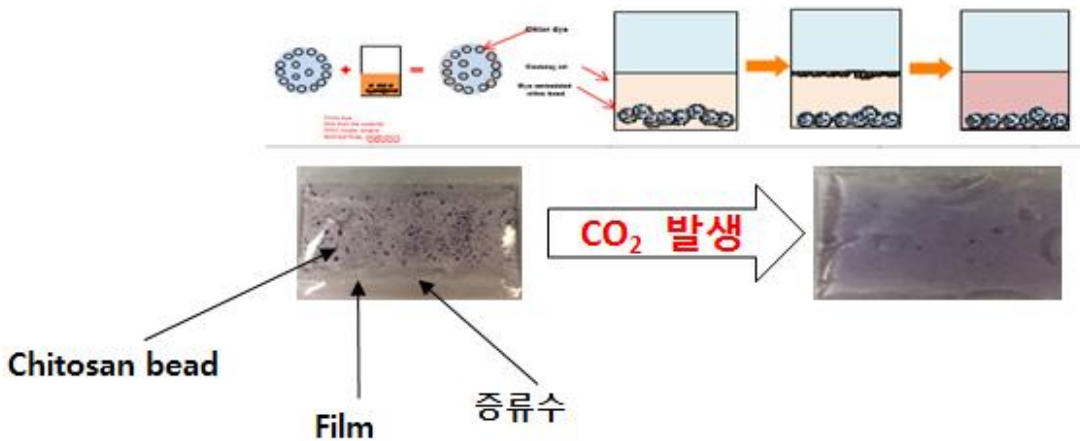


그림 12. 이산화탄소 가스지시계의 제작

1. 제품설계

1)물질부: 치자청색소(BP-17154, 삼청향료) 염색약을 포함한 키토산 지시계는 이산화탄소를 기반으로 하여 김치나 막걸리와 같은 발효 식품의 품질을 모니터링하기 위해 개발되었다. 각각의 pH에 따라 용해도가 변하게 되는데, 이 지시계의 현탁액은 저장 기간동안 발효 식품에서 이산화탄소의 양이 증가하게

되는데 이에 따라 pH가 감소하게 되고 지시약의 투명도가 흐린 상태에서 점점 투명하게 변하게 된다. 식용 색소인 치자청색소(BP-17154, 삼청향료) 염색액과 키토산 혼합액이 이산화탄소 변화도를 나타내기 위해 사용되었다.

키토산 파우더 5g을 5%(w/v) 구연산이 들어간 500mL 수용액에 넣고 교반하여 1%(w/v)의 키토산 용액을 제작하였다. 그리고 식용 색소인 치자청색소(BP-17154, 삼청향료)를 키토산 수용액에 넣어 키토산과 식용 색소의 혼합액(CEDC)을 준비하였다. 혼합액은 후에 2%(w/v)의 NaOH로 pH를 높여주어 키토산 비드를 제작하였다. 제작된 비드는 거름망에 의해 걸러졌으며 pH 중성화 과정을 거쳐 지시계의 지시물질로 사용되기 전까지 냉장보관 하였다.

2)커버부: 0.25%(w/v)의 키토산 비드가 들어간 현탁액을 LDPE film(0.03mm)에 5x5/3x3/1x1cm의 다양한 크기에 분주하며 열처리를 통해 포장한다.

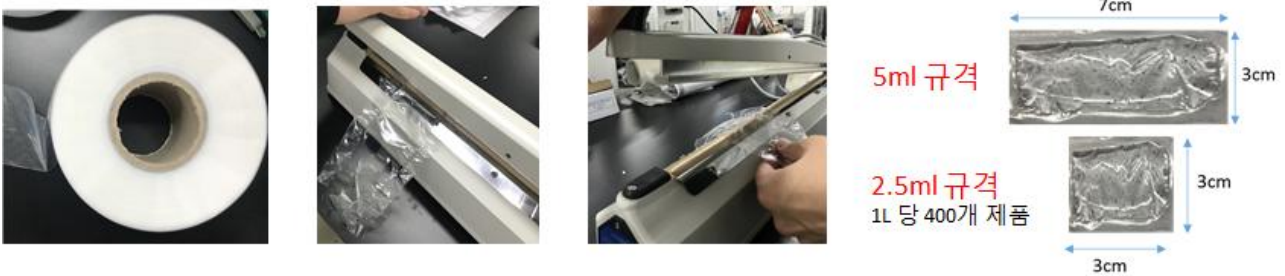


그림 13. 이산화탄소 가스지시계포장

3) 이산화탄소 가스지시계 시작품 제품 설계도 제작

이산화탄소 가스지시계의 포장을 위해 LDPE film(0.03mm)을 사용하여 포장방식을 완성하였다. 기존의 포장방식을 수정 보완해 다양한 크기의 지시계를 제작하였으며 크기에 따른 지시계의 성능도 확인하였다. 이를 통해 차세대 가스지시계의 대량생산에 좀 더 적합한 시작품이 생산될 것이다.

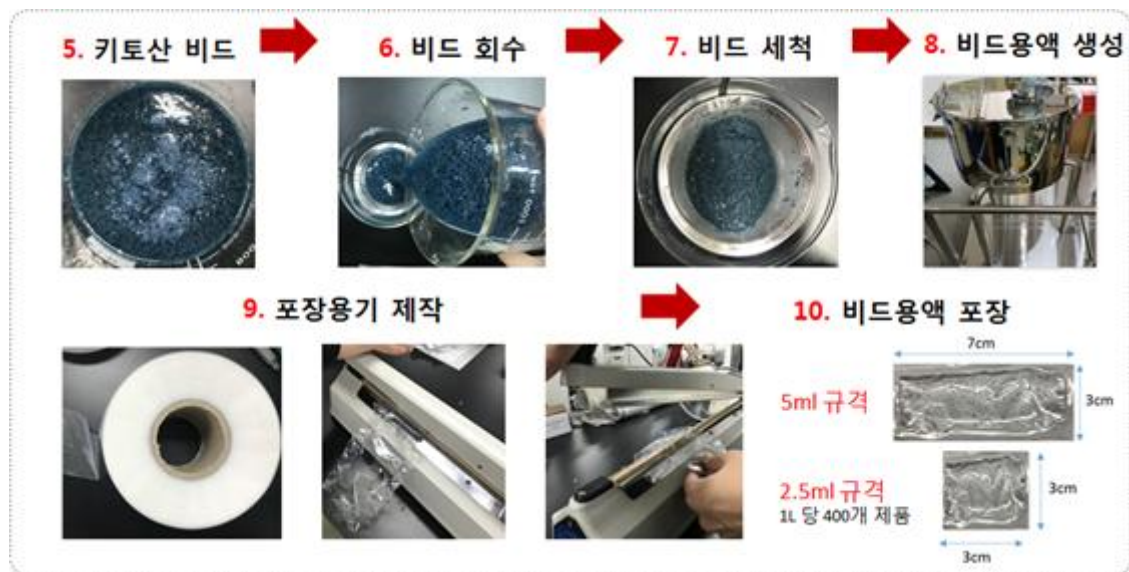


그림 14. 이산화탄소 가스지시계의 구성(시작품)

2. 공정설계

이산화탄소 가스지시계의 시작품의 제조 공정은 다음과 같이 크게 3단계인 1)원료 배합 및 보관, 2) 원료 분주 및 포장, 3)포장용기에 적용으로 구축하였다. 이 시작품 공정도 3단계를 공장생산화를 위하여 시제품 공정도로 설계하면 다음과 같다.

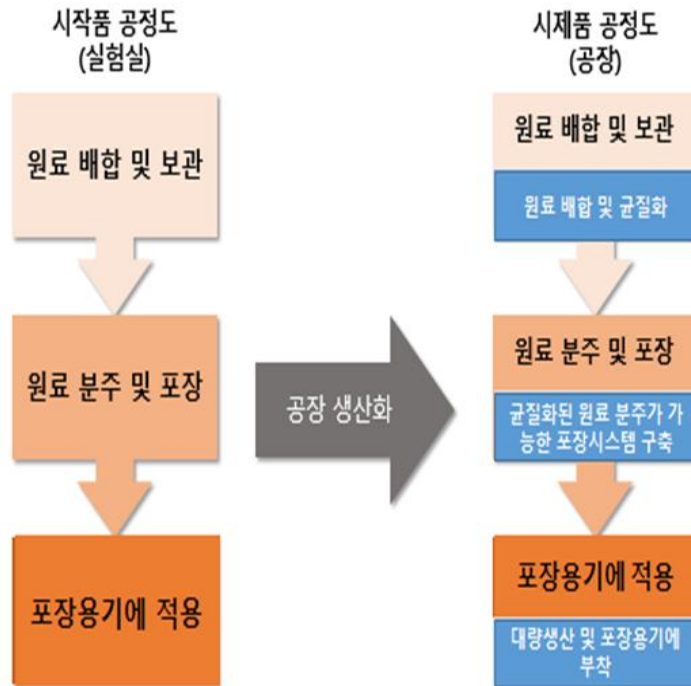


그림 15. 이산화탄소 가스지시계 공정 설계도

이산화탄소 가스지시계 포장시스템의 대량생산을 위한 제조방법 설명서를 제작하였다. 기존 시장에서 사용되는 제조방법 설명서 양식을 참고하여 작성하였으며, 다음과 같다.

<p>원료배합</p>	<p>- 이산화탄소 indicator 물질부 제조</p> <ol style="list-style-type: none"> 용액 2가지(염색용액, 키트산 용액)를 제조한다. <ol style="list-style-type: none"> 염색 용액 제조 <ol style="list-style-type: none"> 비커에 선택되어진 식용색소 0.3 g을 칭량한다. 위의 비커에 증류수 100 ml을 넣어준다. 교반기를 이용해 녹여준다. 키트산 용액 제조 <ol style="list-style-type: none"> 비커에 키트산 3 g을 칭량한다. 위의 비커에 0.1M HCl 용액 100 ml을 넣어준다. 용액의 pH를 5.5로 맞춘다. 교반기를 이용해 녹여준다. 제조되어진 용액 A와 B를 각각 10 : 1의 비율로 섞은 다음 교반기를 이용하여 1 시간동안 500 rpm으로 교반한다. 용액을 원심분리하여 제조되어진 비드만 취하고, 액을 버린다.
<p>포장 및 접착</p>	<p>- 이산화탄소 indicator 포장재 제작</p> <p>이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기 및 용량에 맞게 제작한다.</p> <p>실링 포장용기를 이용해 각 용량에 맞게 제품을 포장한다.</p> <p>균질화된 이산화탄소 indicator를 분주한 다음 적당한 온도로 접착한다.</p>

그림 16. 이산화탄소 가스지시계 제조방법 설명서

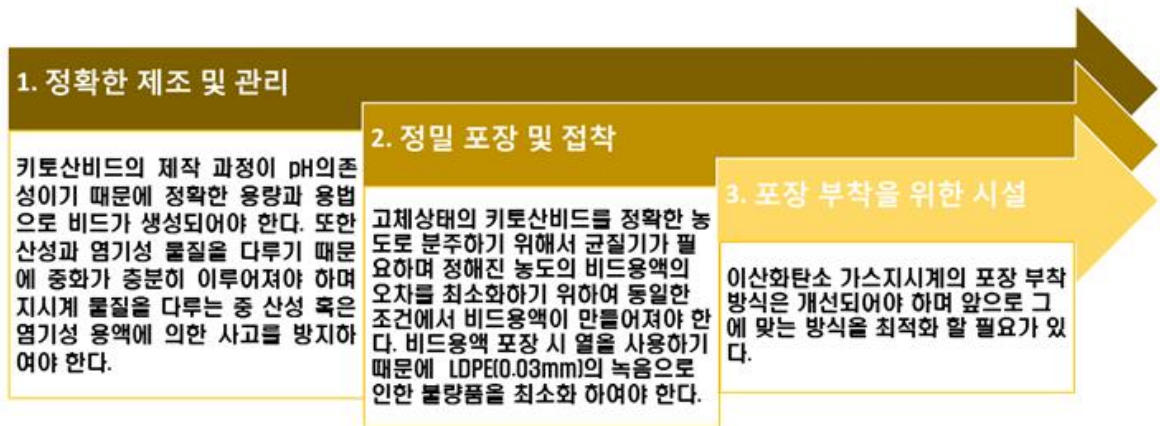


그림 17. 이산화탄소 가스지시계 구비 시설 및 장치 구축

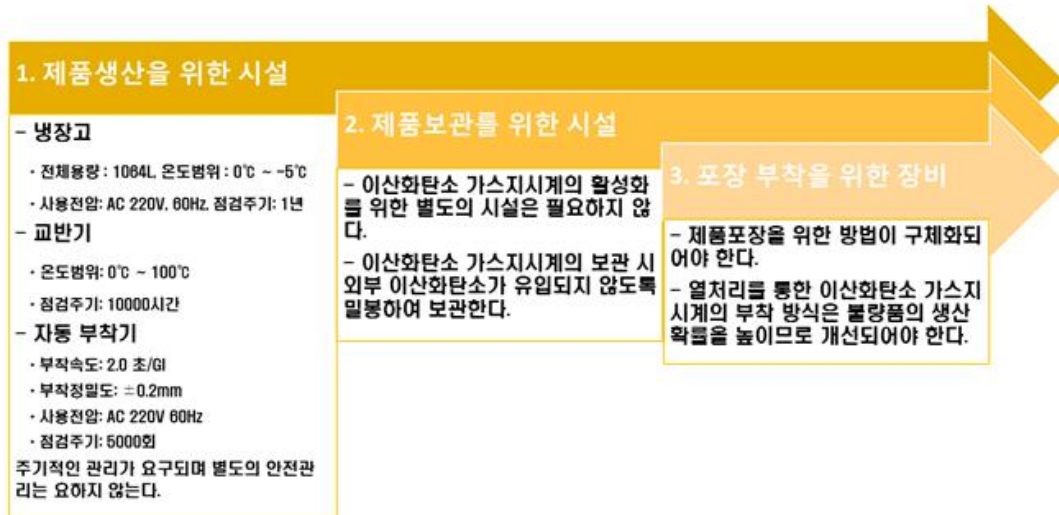


그림 18. 이산화탄소 가스지시계 생산요소

3. 이산화탄소 가스지시계의 반응성 확인

- 앞서 제작한 이산화탄소 가스지시계의 반응성 검사를 위해 맛김치(경기농협) 500g과 이산화탄소흡수제 5g가 포함된 용기 내에서의 김치 숙성도에 따른 지시계 투명도 변화를 관찰하였다. 키토산 현탁액은 pH가 감소할 때 불투명한 흰색에서 투명하게 변화하였으며 키토산 현탁액의 100%에 가까운 투과도는 pH 6.0 이하에서 관찰되었으나 pH 6.0 이상에서는 투과도가 거의 40%까지 급격하게 감소하였다. 키토산이 약산성에서 잘 용해되는 반면 중성이나 염기성 조건에서 불용성인 것은 잘 알려진 사실로, 이는 키토산 현탁액의 투과도가 키토산의 용해도와 밀접한 관련이 있다는 것을 말한다. 일반적으로 85% 탈아세틸화한 불용성 키토산이 pH 6.0과 8.0 사이에서 급격한 용해도 변화를 보인다고 발표되고 있으며 본 연구에서도 유사한 경향을 나타내었다. 키토산 현탁액은 pH가 감소할 때 불투명한 흰색에서 투명하게 변화하였으며 키토산 현탁액의 100%에 가까운 투과도는 pH 6.0 이하에서 관찰되었으나 pH 6.0 이상에서는 투과도가 거의 40%까지 급격하게 감소하였다. 키토산이 약산성에서 잘 용해되는 반면 중성이나 염기성 조건에서 불용성인 것은 잘 알려진 사실로, 이는 키토산 현탁액의 투과도가 키토산의 용해도와 밀접한 관련이 있다는 것을 말한다. 일반적으로 85% 탈아세틸화한 불용성 키토산이 pH 6.0과 8.0 사이에서 급격한 용해도 변화를 보인다고 발표되고 있으며 본 연구에서도 유사한 경향을 나타내었다.



그림 19. 이산화탄소 가스지시계의 투명도 변화

[2차년도 : 시범사업을 위한 신선도 지시계 사용시스템 설계]

1. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계

1) 실제 제품에 가스지시계를 반영할 제품 선정

- MOU협업을 체결한 선정업체를 직접 방문하여 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 실제 유통되고 있는 신선식품 신선육에 적용 하기 위해 시제품 선정을 하였다. 또한 제품을 적용하였을 경우 실제로 소비자들이 안전한 먹거리와 식유의 부패를 육안으로 쉽게 알아 볼수 있게 향후 가스지시계의 품질관리 및 문제점 개선 방안에 대해 논의 하였다.

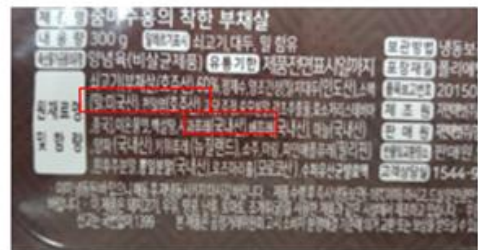
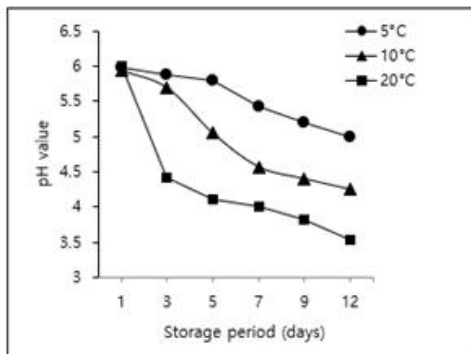


그림 20. 적용업체를 실제 방문하여 제품적용을 위한 시범사업체 회의

2) 실제 유통되는 업체 시제품 적용 TEST

ㄱ) 양념 부채살 sample의 저장 실험 pH 기초 실험

- 앞서 소고기(한우 등심)과 똑같은 방법으로 양념 부채살 실험을 진행하였다. indicator와 휘발성 염기질소(VBN)의 상관관계를 알아보기 위해 저장실험을 진행하였고, 양념 부채살의 경우 pH가 감소하는 경우를 보였는데, 이와같은 이유는 (파인애플,키위퓨레,유산균)이 원재료함량에 포함되어 있었으며, 단백질이 분해되면서 아미노산이 생겨 pH가 감소하였다. 또한 20°C 실험에서는 저장후 1~2(24~36hr)일 경과 이후 pH과 4.6~4.7에 도달하였다.



Temp. (°C)	pH value					
	Storage period(days)					
	1	3	5	7	9	12
5	5.98±0.04	5.87±0.03	5.79±0.04	5.43±0.02	5.20±0.03	5.00±0.03
10	5.95±0.05	5.70±0.01	5.05±0.05	4.57±0.03	4.40±0.03	4.25±0.05
20	6.00±0.04	4.42±0.01	4.12±0.02	4.00±0.05	3.82±0.03	3.54±0.03

그림 21. 시제품 양념 부채살 sample의 pH측정

ㄴ) 양념 부채살 sample의 총균수/대장균 측정

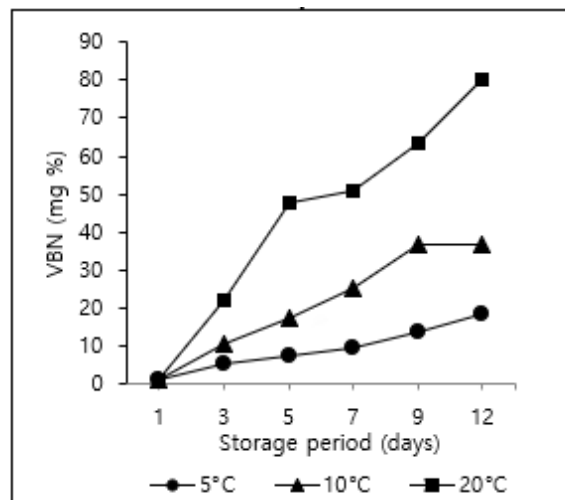
다음으로는 식품의 부패여부에 대한 총균수 및 대장균수 기초실험을 진행하였다. 소고기의 경우 일본의 식품 부패판정의 방법과 실례에 대한 일본식품분석센터(2008)의 자료에 의하면 일반미생물은 식육 1g 당 1×10^7 이상이면 초기부패, 1×10^8 이상이면 완전 부패로 보고 있으며 관능적으로도 변색이나 이취, 이미 등이 나타난다고 보고하였다.

Temp(°C)	Storage time (hr)							
	0	12	18	24	36	48	60	72
TBC (log CFU/g)	4.16±0.02	6.71±0.21	7.70±0.03	7.93±0.16	8.25±0.04	8.32±0.00	8.31±0.03	8.74±0.20
Coliform group(logCFU/g)	3.81±0.34	5.19±0.02	6.42±0.06	7.36±0.02	7.98±0.12	8.33±0.08	8.46±0.10	8.74±0.20

그림 22. 양념 부채살 sample의 총균수.대장균수 측정(20°C)

ㄷ) 양념 부채살 sample의 휘발성 염기질소 측정(VBN) Conway dish 법

VBN은 식육중 제품에 한하여 VBN함량이 (20mg%이하)초과일 때 부패를 판정한다.저장 실험 결과 VBN의 결과는 5°C는 4~5일에서 ,20°C는 2~3일 이내에 초기부패가 일어났다.



Temp. (°C)	VBN (mg%)					
	Storage period (day)					
	1	3	5	7	9	12
5	0.90±1.5	5.13±2.80	7.46±0.75	9.33±0.81	13.76±2.12	18.43±1.76
10	0.93±2.10	10.73±0.70	17.26±0.54	25.2±2.17	32.66±1.29	36.46±0.88
20	0.93±2.80	22.16±1.05	47.8±5.60	50.8±3.0	63.25±1.20	80.32±1.05

그림 23. 양념 부채살 sample의 VBN(volatile basic nitrogen) 측정

⇒ Indicator와 휘발성 염기질소(VBN)의 반응성 확인을 위한 색변화 측정

- 실제 (주)바보스에서 유통되고 있는 시제품인 “좁마홍의 착한 부채살”을 대상으로 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 적용하였다. 한우 등심에 사용하였던 BTB+PR 가스지시계와는 달리 pH range가 더 낮은 Bromocresol Green(BCG)의 시약을 배합하고 각 농도(mg%)에 따라 지시계를 적용한 뒤, 저장시간에 따라 L, a, b value 측정 값을 계산하여 ΔE값을 도출할수 있었다.



mg%	ΔE value							
	Storage time (hr)							
	0	12	18	24	36	48	60	72
60	0	9.46±0.88	13.73±0.50	15.98±0.78	16.73±0.90	16.5±1.17	16.31±0.69	16.72±0.37
80	0	10.32±0.76	13.98±0.40	15.92±0.72	15.82±1.20	14.58±0.88	15.57±0.80	16.24±0.64
100	0	5.16±0.12	9.55±1.22	11.90±1.01	13.56±0.88	12.05±0.64	12.37±0.45	12.01±0.15
140	0	5.76±1.12	10.68±0.90	12.37±1.05	13.48±0.55	17.03±0.99	20.51±0.78	30.22±0.78
200	0	3.92±1.15	6.29±0.08	8.66±0.77	9.51±0.45	9.68±0.87	9.81±0.55	9.49±0.45

그림 24. 휘발성 염기질소(VBN)에 의한 BCG indicator의 반응성 확인

3) 시제품에 적용할 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 prototype 소재 및 규격

-한우의 제작한 가스지시계를 기반으로 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계가 적용될 용기와 필름 그리고 지시계 부분의 시약과 커버부,접착부등 구성 요소들이 상세히 기술되어 있다. 이를 바탕으로 저장실험 및 지시계 제품적용을 통해 추후 제작될 신선식품 신선육 시제품의 sepcification을 확립할 수 있을 것이다. 또한 대량생산 및 설비공정에 앞서 지시계 디자인 및 문제점 개선을 통해 업체 측과 고려하여 디자인 측면에서도 관리 지침 방안을 설계 하도록 할 것이다.

구분	사진	가스지시계 prototype 소재 및 규격
용기 및 필름		<ul style="list-style-type: none"> • 용기 쥬 자연애벳 package 용기 • 필름 소재: NY(Nylon)+LLD-PE(linear low-density polyethylene)
신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계		<ul style="list-style-type: none"> • 시약 성분: BCG(bromocresol green) 시약 분주량 : 32.00μl • GI 소재 : ADVANTEC filter paper no.2, PTFE(polytetrafluoroethylene) membrane filter, Laminating pouch film(PET(polyethylene terephthalate)) 규격(가로*세로/단위mm) : 지시계 20.00*20.00 지시계(포장용지 포함) 28.00*28.00

그림 25. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시제품 prototype 소재 및 규격

2. 아가로를 이용한 겔형 이산화탄소 가스지시계

-기존 키토산을 이용한 이산화탄소 가스지시계는 키토산 비드의 용해 유무를 육안으로 확인하고 소비자가 구별할만큼 뚜렷하지 않다라는 단점이 있어서 이를 보완하기 위해 색변화를 뚜렷하게 확인할 수 있는 지시약을 이용하였다. 또한, 대량생산을 위하여 아가로를 활용한 겔형 이산화탄소 가스지시계를 개발하였고, 이에 맞는 공정 설계를 진행하였다

1) 제품설계

ㄱ) 물질부: 원료의 칭량은 정밀저울과 대량 전자저울을 이용하여 칭량하였다. 젤 타입의 이산화탄소 가스지시계 제작을 위해 아가로스 파우더를 이용하였고, 초기 pH를 설정하기 위해 인체에 무해한 탄산 수소 나트륨을 이용하였다. 또한, 이산화탄소 발생에 따른 색변화를 보여주기 위해 리트머스, 안토시아닌, 크레

졸 레드 등 다양한 지시약을 이용하였으며, 제품 생산에서는 색변화가 뚜렷한 크레졸 레드를 이용했다. 아가로스 파우더 0.5g을 42ml 증류수에 넣고 가열 및 교반한다. 그리고 0.01%(w/v) cresol red 용액 1ml, 1M KCl 용액 7.5ml을 넣어준다. 5mM 탄산수소나트륨 이산화탄소 가스지시계 기준으로 1M 탄산수소나트륨 용액 250ul을 넣어 이산화탄소 가스지시계 혼합액을 준비하였다. 혼합액을 준비된 틀에 넣고 굳힌 뒤 알맞은 크기에 맞게 자른다. 제작된 젤 타입의 이산화탄소 가스지시계는 포장 단계에 들어가기 전까지 건조하지 않게 보관한다.

ㄴ) 커버부: 물질부가 완성되면, 포장 단계를 거치게 된다. 이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기에 맞게 자른다. 포장재에 지시계를 넣어 열처리를 통해 밀봉시켜 지시계가 마르지 않도록 한다. 제작된 이산화탄소 가스지시계는 냉장보관한다.

2) 이산화탄소 가스지시계 시작품 제품 설계도

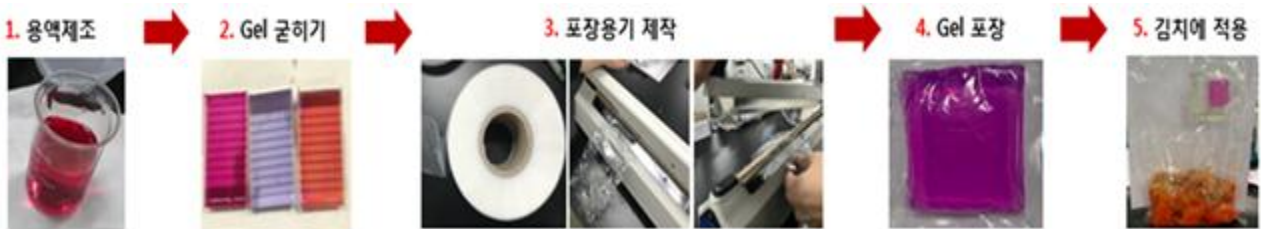


그림 26. 이산화탄소 가스지시계의 구성(시작품)

2. 공정설계

-이산화탄소 가스지시계의 시작품의 제조 공정은 다음과 같이 크게 3단계인 1)원료 배합 및 보관, 2)원료 분주 및 포장, 3)포장용기에 적용으로 구축하였다. 이 시작품 공정도 3단계를 공장생산화를 위하여 시제품 공정도로 설계하면 다음과 같다.

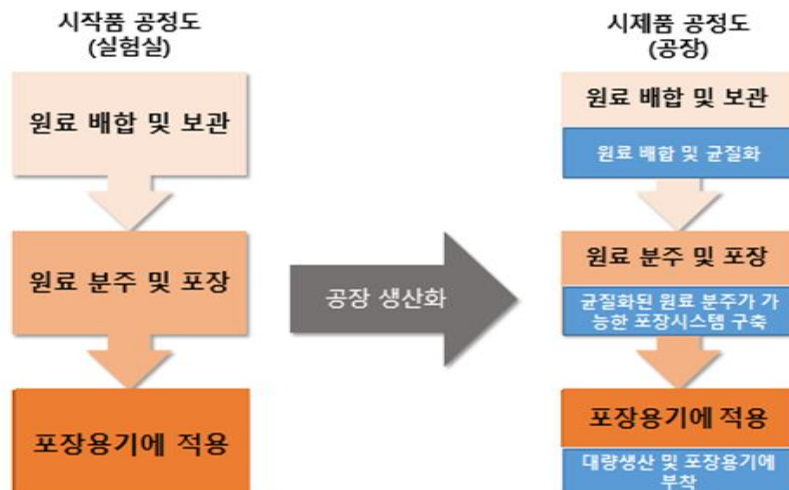


그림 27. 이산화탄소 가스지시계 공정 설계도

이산화탄소 가스지시계 포장시스템의 대량생산을 위한 제조방법 설명서를 제작하였다., 기존 시장에서 사용되는 제조방법 설명서 양식을 참고하여 작성하였으며, 다음과 같다.

원료 배합	<p>- 이산화탄소 indicator 물질부 제조 (50ml 기준)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 비커에 증류수 42ml 넣고 agarose 0.5g을 첨가한다. 2. Agarose를 넣은 용액을 끓여 녹인다. 3. 0.01% cresol red 용액 1ml를 넣어준다. 4. 1M KCl을 7.5ml 넣어준다. 5. 5mM NaHCO₃ 기준으로 1M NaHCO₃ 용액 250ul를 넣어준다. 6. 용액을 틀에 넣고 굳힌다. 7. 알맞은 크기에 맞게 자른다.
포장 및 접착	<p>- 이산화탄소 indicator 포장재 제작</p> <p>이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기에 맞게 제작한다.</p> <p>실링 포장용기를 이용해 각 크기에 맞게 제품을 포장한다.</p> <p>균질화된 이산화탄소 indicator를 분주한 다음 적당한 온도로 접착한다.</p>

그림 28. 이산화탄소 가스지시계 제조방법 설명서

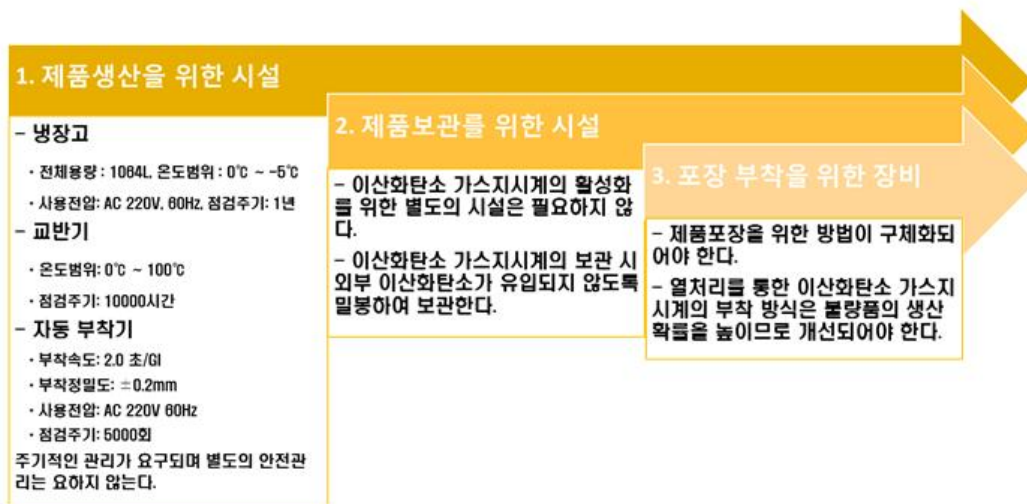


그림 29. 이산화탄소 가스지시계 구비 시설 및 장치 구축

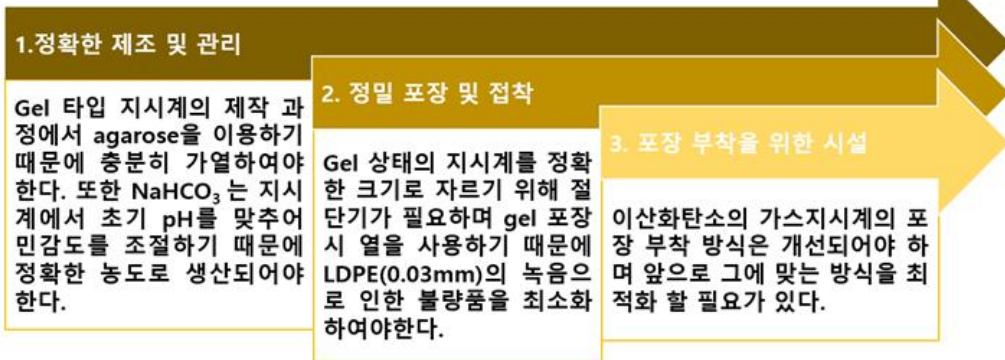


그림 30. 이산화탄소 가스지시계 생산요소

3. 이산화탄소 가스지시계의 반응성 확인

1) Cresol Red를 이용하여 제작한 이산화탄소 지시계를 포장김치에 적용하여 색변화를 관찰한 것이다. 또한, 각각 23℃ 와 7℃에서 실험을 진행하여 NaHCO₃의 농도 및 가스흡수제의 유무 이외에 온도에 따른 색변화를 관찰하였다. 상온에서는 8일 이내에 모든 지시계의 색이 변화하였지만, 7℃의 경우 이산화탄소 가스 흡수제가 포함된 김치에서의 지시계가 변화하는 데 1개월의 시간이 소요되었다. 또한, 이산화탄소에 반응하여 지시계의 색이 변화한다는 것을 보여주기 위해 지시계의 색이 변화하는 순간의 이산화탄소 농도를 측정하였고, 대조군 실험을 진행하였다.

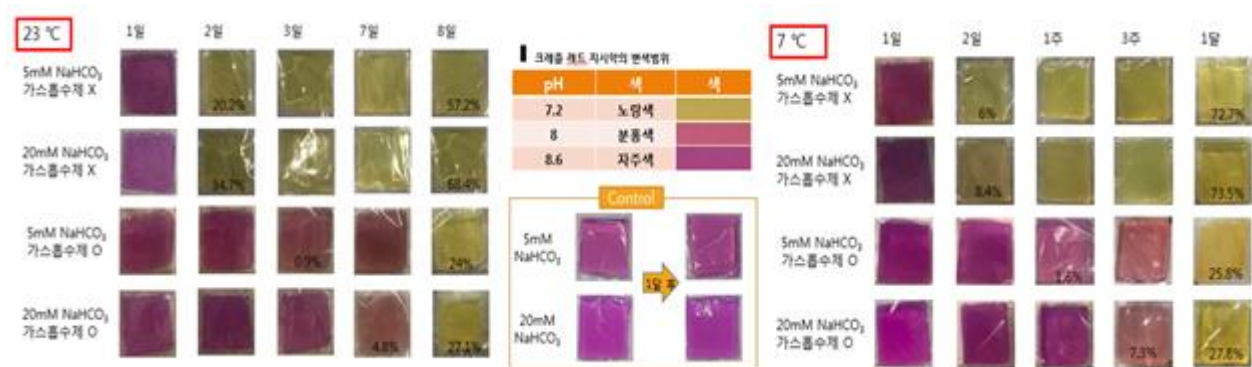


그림 31. 겔형 이산화탄소 가스지시계의 김치에서의 적용

2) 상온과 7℃에서의 NaHCO₃농도와 이산화탄소 흡수제 유무에 따른 이산화탄소 농도 그래프로, 온도에 따른 두 그래프는 전체적으로 비슷한 양상을 보이지만 7℃의 경우 이산화탄소의 발생량이 상온에 비해 적기 때문에 이산화탄소의 농도가 증가하는 데 오랜 시간이 걸리는 것을 알 수 있다. 가스흡수제가 포함되지 않은 김치에서는 온도에 관계없이 시간이 지남에 따라 이산화탄소의 농도가 약 70%까지 증가하는 것을 알 수 있는데 7℃에서는 초기 이산화탄소의 농도증가량이 상온에 비해 느린 것을 알 수 있다. 가스흡수제가 포함된 김치는 상온과 7℃에서 모두 일정 시간이 지난 후 이산화탄소 농도가 급증함

을 확인할 수 있다. 이는 가스흡수제의 이산화탄소 흡수 한계치를 초과하여 흡수되지 못한 이산화탄소의 발생으로 나타나는 양상이라고 유추할 수 있다.

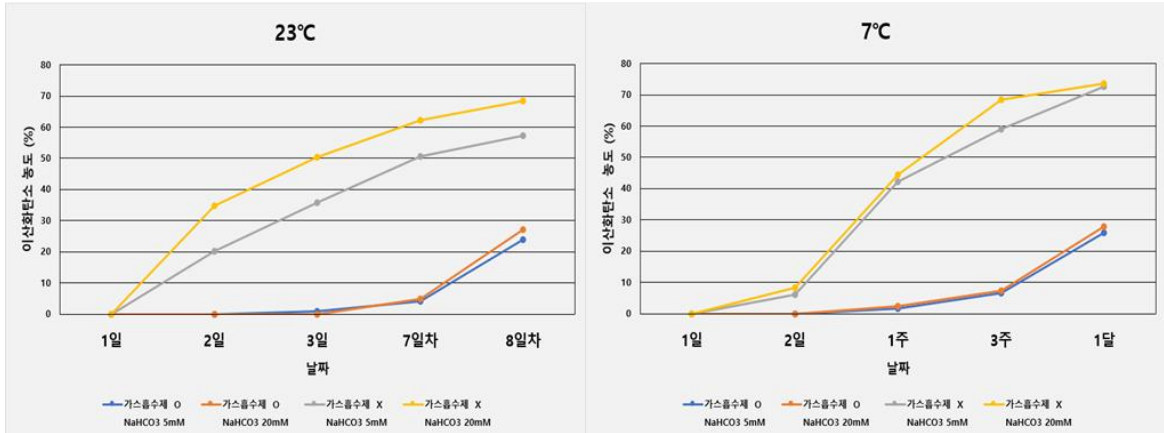


그림 32. 고품질 이산화탄소 가스지시계의 김치에서의 적용했을 때 이산화탄소 농도

3) 고품질 이산화탄소 가스지시계의 상품화를 위해 제작 변경하였다. 20% 이산화탄소에서 이산화탄소 가스지시계의 색변화를 확인하였으며, 제품에 따른 이산화탄소 발생량을 고려하여 제품에 맞는 민감도를 가진 이산화탄소 가스지시계의 사용이 가능하다. 이를 통해 김치 뿐 아니라 막걸리, 된장과 같은 발효제품에도 사용이 가능하다는 것이 보여진다.

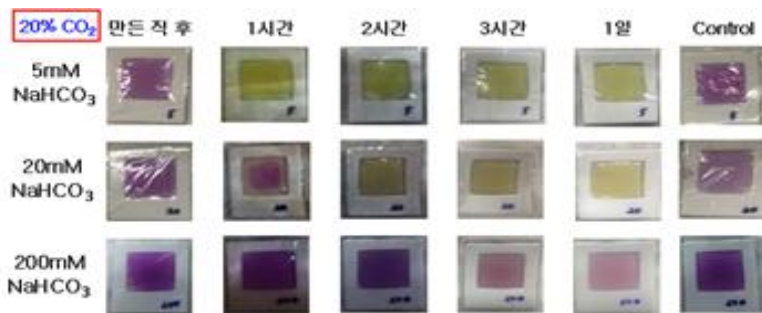


그림 33. 고품질 이산화탄소 가스지시계의 상품화를 위한 제작 변경

4) 민감도에 따른 색변화를 세부적으로 관찰하기 위하여 기존 실험보다 다양한 농도의 탄산수소나트륨을 이용하여 실험을 진행하였다. 이에 따라, 더 다양한 제품에서 적용할 수 있도록 다양한 조건에서의 데이터가 축적되었다. 또한, 가스지시계의 점진적인 색변화 관찰을 위하여 기존 20%에서 5% 이산화탄소 농도로 실험을 진행하였고, 지시약으로 사용된 크레졸 레드 의 농도를 2배 증가시켜 가시성을 개선하였다.

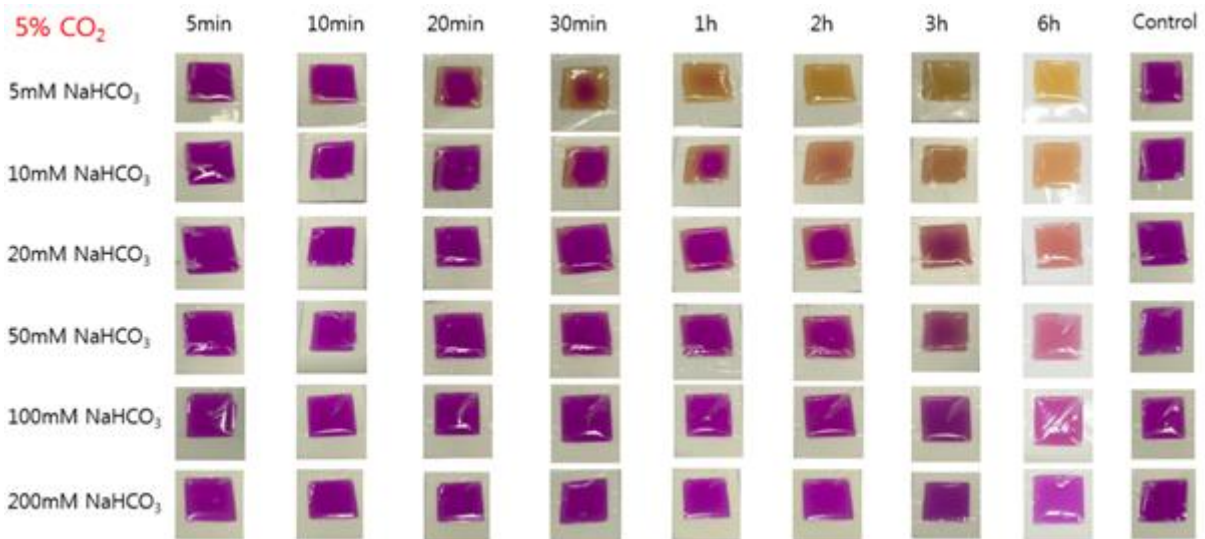


그림 34. 5% 이산화탄소 농도에서의 탄산 수소 나트륨 농도별 지시계의 색변화

5) 색변화의 정량적 측정을 위하여 자주색 빛의 반사 파장대인 400nm에서의 흡광도를 측정을 통해 색변화를 수치화하였다. 5% 이산화탄소에 가스지시계를 노출시켰을 때, 시간에 따라 자주색에서 노랑색으로 색변화가 일어남에 따라 흡광도가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 이산화탄소 가스지시계의 민감도에 큰 영향을 주는 탄산수소나트륨의 농도에 의해 색이 변화하는 속도가 다른 것을 통해 제품에 따라 맞는 이산화탄소 가스지시계를 적용할 수 있다.

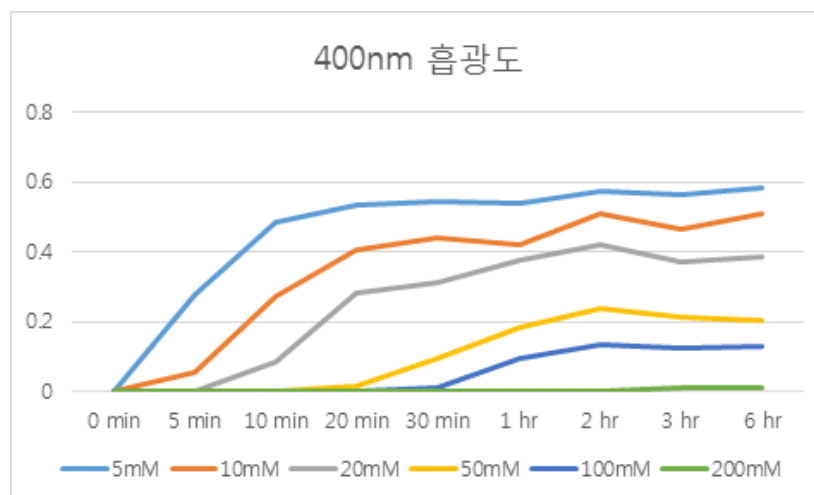


그림 35. 시계의 400nm에서의 흡광도지

[3차년도 : 사업화를 위한 신선도 지시계 생산 및 품질관리 지침 설계]

1. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계

1) 시제품 신선육 닭고기 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 추가 적용 실험

- 한우의 제작한 가스지시계를 기반으로 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계가 적용될 용기와 필름 그리고 지시계 부분의 시약과 커버부,접착부등 구성 요소들이 상세히 기술되어 있다. 이를 바탕으로 저장실험 및 지시계 제품적용을 통해 추후 제작될 신선식품 신선육 시제품의 sepcification을 확립할 수 있을 것이다. 또한 대량생산 및 설비공정에 앞서 지시계 디자인 및 문제점 개선을 통해 업체 측과 고려하여 디자인 측면에서도 관리 지침 방안을 설계 하도록 할 것이다.

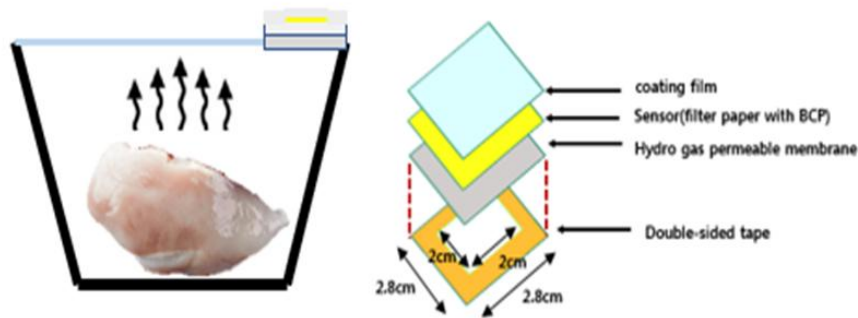
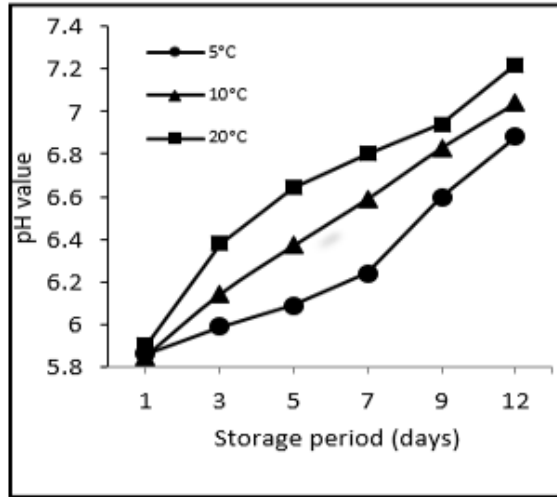


그림 36. 닭가슴살 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계

- 과거 연구개발했던 prototype을 좀 더 대량생산에 적합한 제품으로 다시 시작품을 설계하였다. 따라서 제작 모양을 과거 원형에서 현재는 사각형태로 바꿔 지시계의 제작 단가를 낮추고 제작공정을 단순화 하였다. 이를 통해 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 대량생산에 좀 더 적합한 시작품이 생산될 것이다. 또한 물질부,접착부,커버부로 나누어 설계했으며, 접착부는 시중 유통중에 안전과 관련이 있으므로 3M 접착테이프를 사용하였다.

ㄱ) 닭가슴살 sample의 저장 실험 pH 기초 실험

- 적용할 제품은 신선식품 중에서도 식육제품으로써 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 실제 제품 적용에 앞서 식품의 부패여부에 대한 pH 기초실험을 진행하였다. 닭가슴살의 경우 pH가 6.2~6.3에서 초기부패가 일어난다고 하였고 실험결과에 의 경우 5℃에서는 6~7일, 사이에 10℃에서는 3일~4일, 20℃에서는 3일 이내 (24hr)에 초기부패가 일어남을 확인 할 수 있었다.

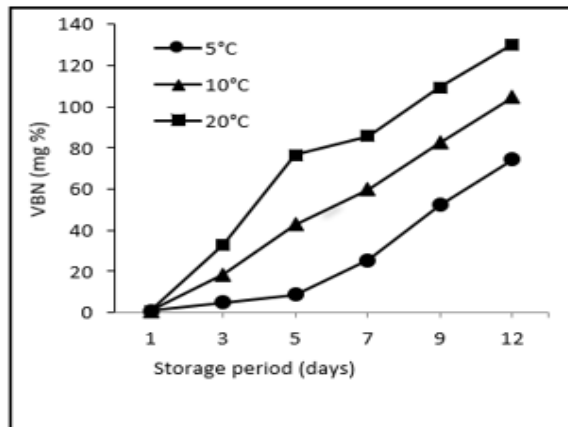


Temp. (°C)	pH value					
	Storage period (days)					
	1	3	5	7	9	12
5	5.86±0.03	5.99±0.05	6.09±0.04	6.24±0.02	6.6±0.09	6.88±0.03
10	5.85±0.01	6.14±0.09	6.37±0.15	6.59±0.18	6.83±0.05	7.04±0.13
20	5.90±0.01	6.38±0.04	6.64±0.01	6.80±0.14	6.94±0.07	7.22±0.02

그림 37. 닭가슴살 sample pH 저장 실험

ㄴ) 닭가슴살 휘발성 염기질소(conway dish법)

- Conway dish를 사용하여 닭가슴살을 측정 하였다. 마찬가지로 5°C에서는 6~7일 사이에 10°C 3~4 일 20°C에서는 3일(24hr) 이내에 부패가 일어남을 확인 할 수 있었다.

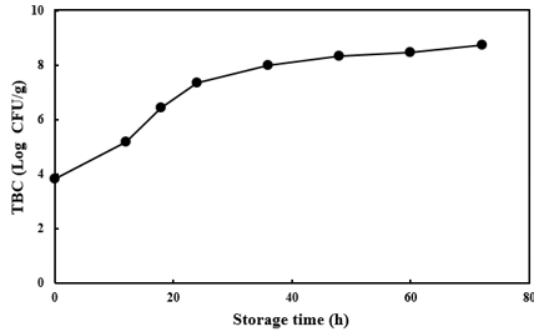


Temp. (°C)	VBN (mg%)					
	Storage period (day)					
	1	3	5	7	9	12
5	3.9±0.03	5.13±1.21	8.78±1.45	25.4±0.70	52.4±0.28	74.3±0.08
10	2.93±0.05	18.45±0.48	42.7±6.27	59.78±3.05	82.45±2.46	104.63±0.80
20	3.87±0.02	35.46±0.96	76.48±0.81	85.76±4.36	109.24±8.75	130.24±1.07

그림 38. 닭가슴살의 휘발성 염기질소(VBN) 측정

ㄷ) 식품의 부패여부에 대한 총균수 및 대장균수 기초실험을 진행하였다. 닭가슴살의 경우 일본의 식품

부패판정의 방법과 실례에 대한 일본식품분석센터(2008)의 자료에 의하면 일반미생물은 식육 1g당 1×10^7 이상이면 초기부패, 1×10^8 이상이면 완전 부패로 보고 있으며 관능적으로도 변색이나 이취, 이 미 등이 나타난다고 보고하였다. 저장 실험 결과 pH 실험과 마찬가지로 5℃에서는 6~7일 사이에 10℃ 3~4일 20℃에서는 3일(24hr) 이내에 부패가 일어남을 확인 할 수 있었다.



Temp. (°C)	Total bacterial counts (log CFU/g)							
	Storage time (hr)							
	0	12	18	24	36	48	60	72
20	3.81±0.34	5.19±0.02	6.42±0.06	7.36±0.02	7.98±0.12	8.33±0.08	8.46±0.10	8.74±0.20

그림 39. 닭가슴살 sample 총균수 측정

⇒ Indicator와 휘발성 염기질소(VBN)의 반응성 확인을 위한 색변화 측정

- 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 실제 제품에 적용해보았다. 그 결과 앞서 기초실험으로 진행한 pH와 총균수, 대장균수의 검사 시행결과와의 연관성을 파악할 수 있었다. 20℃로 닭가슴살을 저장 실험한 결과 저장 기간에 따라 L value는 감소, a value의 증가, b value의 감소 추세를 보였으며, 이를 통해 저장 및 발효 온도 별 저장 기간에 따른 GI의 유효성을 확인할 수 있었다.

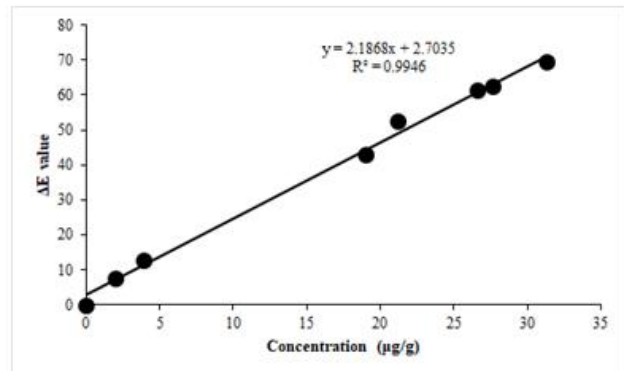
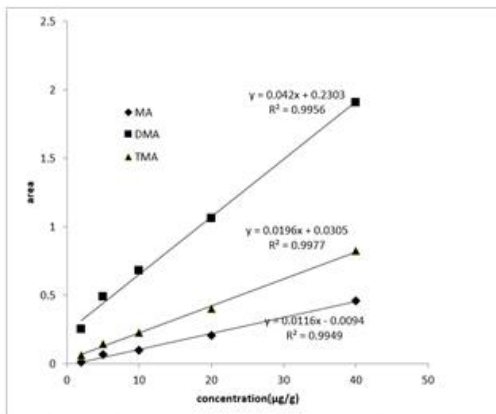
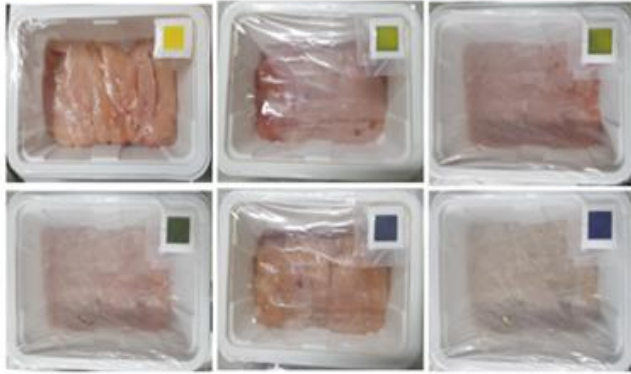


그림 40. validation 및 ΔE TMA의 Correlation



Storage time(hr)	*1	*2	*3	ΔE
0	87.73±4.29	-0.40±5.45	52.27±6.48	0
12	82.00±3.29	-3.10±3.04	48.20±10.78	7.75±0.09
18	78.10±6.40	4.50±2.20	44.90±3.29	12.92±10.76
24	68.70±5.10	0.43±6.40	14.03±3.04	42.82±9.08
36	56.77±2.80	-4.48±3.54	10.21±3.29	52.51±5.45
48	55.33±2.20	-2.12±1.35	0.10±8.93	61.43±8.71
60	54.84±1.39	-1.35±2.12	-0.52±6.60	62.49±11.21
72	52.74±1.19	-0.83±0.15	-8.03±2.21	69.60±4.12

그림 41. 휘발성 염기질소(VBN)에 의한 BCP indicator의 반응성 확인

2) 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 생산관리 지침 설계

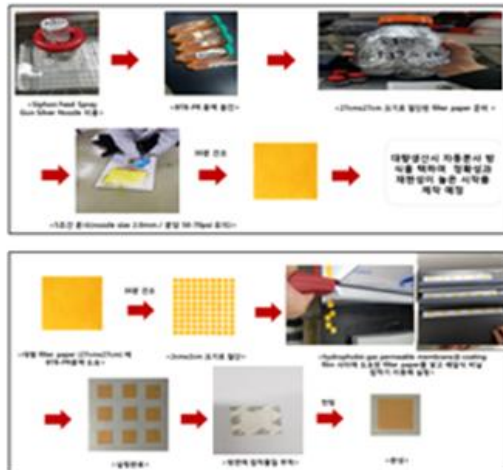


그림 42. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 생산 설계도

ㄱ) 중점관리요소

제품 생산 공정의 흐름 및 각 공정별 중점관리요소 및 검사 항목을 한눈에 파악하기 위해 QC 공정도를 활용하였다.

공정도에서 중점관리요소로 작용하는 것은 총 5가지로 나타내진다. 먼저 Dibutyl phthalate 의 경우 25℃에서 보관이 필요하다. 그 외의 원재료1들은 상온 보관이므로 Dibutyl phthalate 와 함께 25℃의 인큐베이터에서의 보관이 필요할 것이다. 그 다음 원료 배합 후, 필터페이퍼에 물질을 주입할 때에도 25℃로 온도를 가능한 유지해야 할 것이다. 1차 포장단계에서는 포장이 완료된 후에는 높은 온도를 가하지 않아 제품의 포장이 파손되거나 벗겨지지 않도록 주의해야한다.

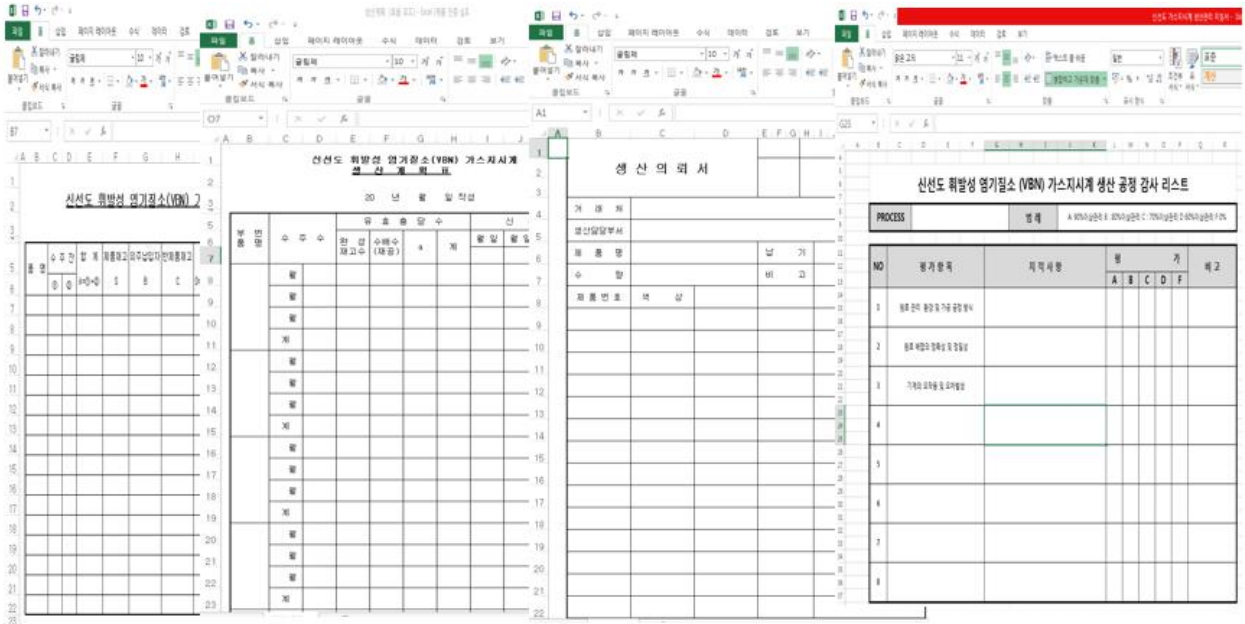


그림 43. 생산관리 지침서

ㄴ) 생산공정 감사

GI 생산과정이 정확하고 적합하게 이루어지는지 확인하기 위해서 GI 제품의 생산공정에 대한 평가를 실시해야 한다. 생산과정 중 영향을 주는 여러 요인들을 관리하기 위해서는 이에 대한 요소를 문서화 및 규격화가 필요할 것이다. 이러한 것들이 이루어지게 되면 제품의 불량률이 떨어질 뿐만 아니라 생산과정에서의 효율도 높아질 것이고 근로자들의 근무 환경에서도 긍정적인 영향을 불러일으킬 것이다. 따라서 아래와 같이 생산공정에 대한 여러 가지 요인들에 대한 관리가 필요할 것이다.

GI 생산공정의 평가는 하루에 한번씩 전반적인 요인을 체크하는 것 뿐 아니라 정기적으로 좀 더 정밀한 검사가 이루어 질 수 있게끔 조치를 취해야 한다. 이때, 수정사항으로 체크된 요인들은 다음 생산공정에 영향을 줄 수 있으므로 최대한 빠른 시일내에 수정될 수 있도록 노력해야 할 것이다. 평가요인으로는 원료 관리 환경 및 가공 공정 방식, 원료 배합의 정확성 및 정밀성, 기계의 오작동 및 오차 발생 여부 등등을 지정해야 할 것이다.

ㄷ) 생산관리 문서

신선도 GI의 제품생산공정에 대한 문서는 제품 생산에 관한 전반적인 내용을 모두 포함하고 있어야 한다. 제조공정, 제품 출하 및 운송 작업 등 여러 관리 요점이 필요한 모든 내용을 제품 생산자, 운송자 및 소비자에게 전달 될 수 있도록 진행해야 한다.

3) 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 지침 설계

ㄱ) 지시계 ΔE 값 측정

신선도 휘발성 염기질소(VBN) GI제품의 경우에는 품질관리 지점설정이 간단하다. 신선육의 지표물질인 휘발성 염기질소(VBN) (암모니아, TMA 등) 가스를 농도별로 포장용기 안에 주입 후 그에 따른 가스 지시계의 색변화를 관찰하면 된다. 암모니아 가스 농도에 따른 색변화를 표준화 하고 무작위로 가스지시계를 선택 후 오차범위에 맞게 색이 변하는지에 대한 확인이 필요할 것이다. 신선도 GI 제품의 색변화를 측정하기 위해서는 색차계를 이용한다. 색은 주관적 방법인 육안 평가와 동반되는데, 색차계를

이용하였을 때에는 Hunter의 L값, a값, b값을 측정한다.

ㄴ) 지시계 품질관리 항목

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 Sensor 제작 형태에 따른 정확한 시약도포, 적합한 디자인, 완제품에 있어 코팅 단계에서의 제품 균일성, 일정 크기 및 제품의 접착성, 공급된 제품 샘플링 유통 과정중에 있어 정확한 포장등 1-1협동과 협업하여 품질관리를 지침을 설계

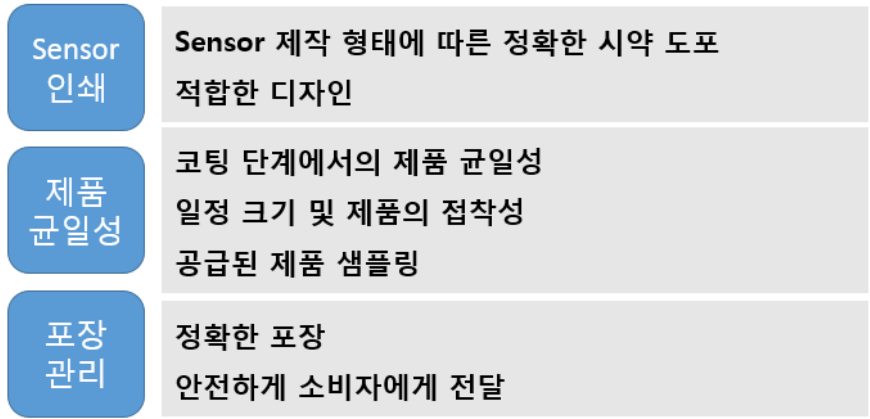


그림 44. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 항목

그림 45. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 지침서

2. 이산화탄소 가스지시계

1) 대량 생산을 위한 생산 방식의 개선

ㄱ)프린팅을 이용한 이산화탄소 가스지시계

대량생산을 위한 새로운 공정기술 개발을 진행하여 도입하였고, 이산화탄소에 대한 반응을 확인하였다. 하지만, 프린팅 과정에서 균일하게 프린팅이 되지 않고, 프린팅의 한계로 지시약이 쉽게 마르는 단점이 있어서 새로운 방식을 찾아야 했다.

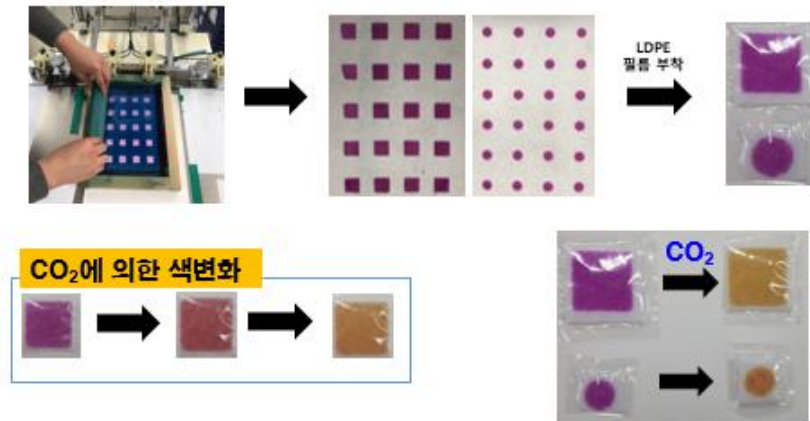


그림 46. 프린트형 지시계 제작 및 색변화 관찰

2)염색형 이산화탄소 가스지시계

-기존의 균일하게 프린팅 되지 않는 단점을 보완하기 위해 지시계를 부직포에 염색을 시키는 방식으로 제작하였다. 또한, 프린팅과는 달리 염색을 시키기 때문에 지시계를 오래 보관할 수 있었고, 마찬가지로 이산화탄소를 주입해서 색 변화를 관찰하였다.

a) 제품설계:

ㄱ. 물질부: 원료의 칭량은 정밀저울과 전자저울을 이용하여 칭량하였다. 원료 배합은 50ml 기준으로 0.1% cresol red 5ml, 증류수 42ml 및 1M NaHCO₃ 용액을 원하는 농도가 되도록 넣어준다(주로 100mM~200mM). 넣어준 용액을 잘 혼합시킨 후 부직포에 제조된 용액을 흡수시킨다.

ㄴ. 커버부: 만들어진 지시계를 2cm x 2cm로 절단한 후 PE필름으로 포장한다.

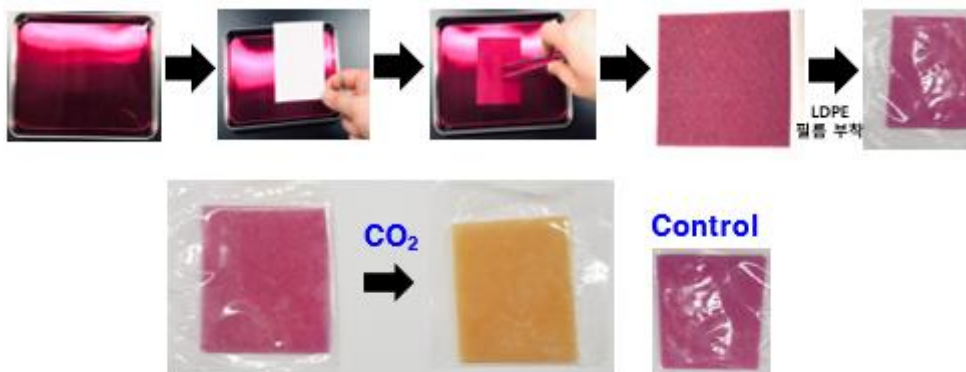


그림 47. 염색형 지시계 제작 및 색변화 관찰

b) 성능 test

ㄱ. 30% 이산화탄소 조건

30% CO₂ 조건 유지: 물이 든 밀폐용기

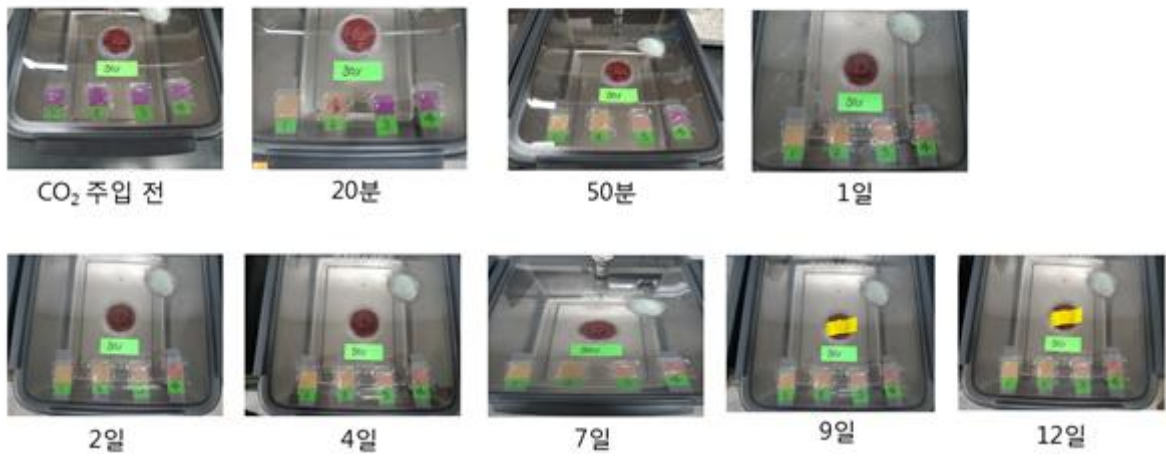
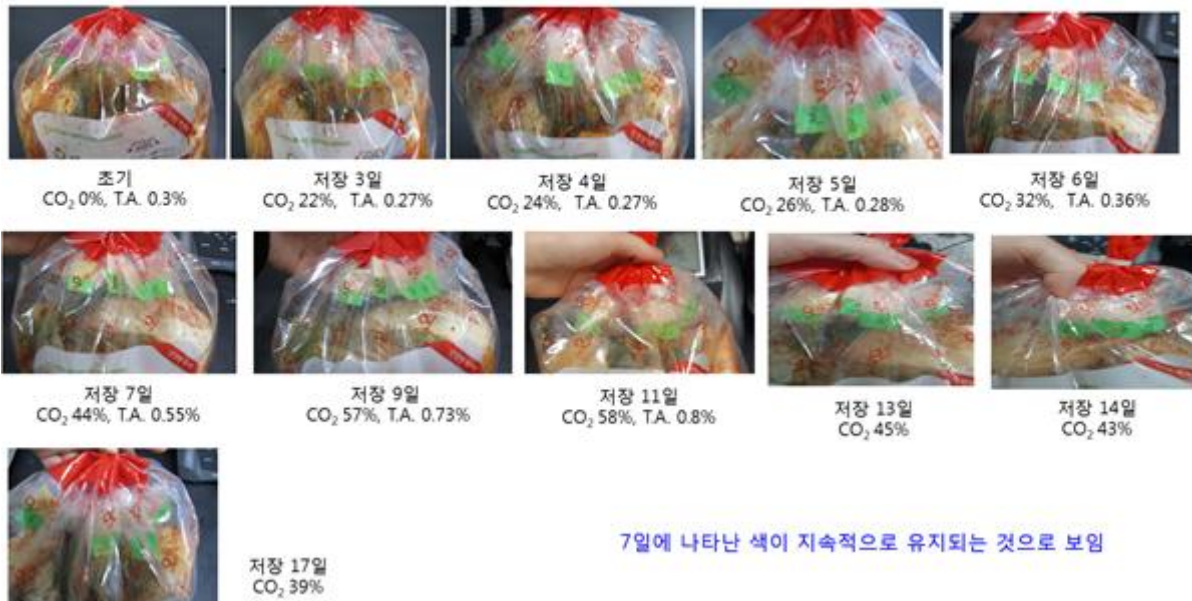


그림 48. 30% 이산화탄소 조건에서의 염색형 지시계 색변화 관찰

-탄산 수소 나트륨의 농도를 다양하게 하여 제작한 이산화탄소 가스지시계를 30% 이산화탄소 농도에서 시간에 따른 이산화탄소 가스지시계의 색변화를 관찰하였고, 시간에 따라 색변화가 나타나는 것을 확인하였다.

ㄴ. 실제 김치 조건

2.3 kg 김치 포장, 염도 2.75%



7일에 나타난 색이 지속적으로 유지되는 것으로 보임

그림 49. 김치에서의 지시계 색변화 관찰

-탄산 수소 나트륨의 농도에 따른 여러 이산화탄소 가스지시계를 실제 김치에 적용하여 김치가 발효되면서 발생하는 이산화탄소에 반응하여 이산화탄소 가스지시계의 색변화를 관찰하였고, 최적의 탄산 수소 나트륨 농도를 확인하였다.

3) 원료 및 제조방법 매뉴얼 제작

-성능 test를 기반으로 하여 최적의 원료배합 조건을 확인하였으며, 대량생산을 위한 원료 및 제조방법 매뉴얼을 작성하였다.

구분	신 고 내 용				
제품명	신선도 이산화탄소 가스저지제				
제품의 유형	식품의 숙성 정도를 알기 위해 만들어 졌음				
원재료명 또는 성분명	재료	구입처	규격	가격	보관
	Cresol red	SIGMA-ALDRICH Co. Ltd	CAS :1733-12-6 용량 : 5 g MW : 382.48 g/mol 형상 : powder pH range 7.2-8.8 yellow to red	35,800	상온
제조방법	Sodium bicarbonate	SIGMA-ALDRICH Co. Ltd	CAS : 144-55-8 용량 : 500 g MW : 81.04 g/mol 순도 : 99 % 형상 : powder	81,300	상온
	1. 원료배합	- 이산화탄소 indicator 물질부 제조 (50ml 기준) ① 비커에 0.1% cresol red 용액 5ml 넣어준다. ② 총용수 42.5ml 넣어주고 섞어준다. ③ 50mM NaHCO ₃ 기준으로 1M NaHCO ₃ 용액 2.5ml 넣어준다. ④ 섞은 용액을 autoclave를 통해 멸균한다. ⑤ 멸균된 용액을 식힌 후 넓은 용이 분주한다. ⑥ 액체를 잘 흡수할 수 있는 부직포에 제조된 용액을 흡수시킨다. ⑦ 만들어진 부직포를 알맞은 크기로 절단한다.			
2. 포장 및 정착	- 이산화탄소 indicator 포장재 제작 ① 이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기에 맞게 제작한다. ② 제작된 포장재에 이산화탄소 indicator를 넣는다. ③ 이산화탄소 indicator가 들어간 포장재를 적당할 온도로 정착한다.				
용도 용법	제품 포장된 용기의 상단에 부착				
보관방법 및 포장재질	빛이 없는 곳에 보관				
포장방법 및 포장단위	물집별 개당 포장				
성상	고체				

그림 50. 제조방법 매뉴얼

4) 사업화를 위한 기술이전

-사업화를 위하여 (주)한국지능형포장산업에 기술이전을 진행하였다.

기술이전계약서		기술이전계약서									
<p>【"갑"】 동국대학교 산학협력단 【"을"】 (주)한국지능형포장산업 【"기술"】</p> <table border="1"> <tr> <th>특허명</th> <th>출원번호</th> </tr> <tr> <td>이산화탄소 저지제</td> <td>10-2020-0027963</td> </tr> </table> <p>【이전형태】 통상 실시 【허여기간】 2020년 7월 1일 ~ 2023년 6월 30일 (3년) 【대금 지급방법】 현금지급 【기술료 및 지급시기】 1) 정액기술료 - 금3,000,000원(금삼백만원)(부가세포함) 2) 지급시기 : 계약 후 2주 이내 3) 경상기술료 : 기술 적용 매출액의 5%</p> <p>2020년 7월 1일</p>		특허명	출원번호	이산화탄소 저지제	10-2020-0027963	<p>기술의 보유자인 동국대학교 산학협력단(이하 "갑"이라 함)과 실시자인 (주)한국지능형포장산업(이하 "을"이라 함)은 기술의 실시에 관하여 다음과 같이 계약(이하 "계약"이라 함)을 체결한다.</p> <p>제1조 (기술의 표시) 계약의 목적이 되는 본 "기술"은 다음과 같다.</p> <table border="1"> <tr> <th>특허명</th> <th>출원번호</th> </tr> <tr> <td>이산화탄소 저지제</td> <td>10-2020-0027963</td> </tr> </table> <p>제2조 (실시범의 내용) ① "갑"은 "을"이 본 계약의 조건에 따라 "갑"에서 "기술"을 실시하는 데 동의하여 "을"에게 통상실시권을 부여한다. ② 인형의 실시범은 "기술"을 이용하여 제품을 생산, 판매하는 권리를 말한다. ③ "갑"은 "을"이 "기술"을 실시하지 아니하는 부분에 대하여는 실시권을 포기한 것으로 간주할 수 있다.</p> <p>제3조 (실시기간) ① 제2조①항에서 정하는 실시범의 실시기간은 2020년 7월 1일부터 2023년 6월 30일까지 총 3년으로 한다. "을"이 실시기간 연장을 요청할 경우, 별도의 계약을 체결하여 연장할 수 있다. ② "을"은 본 계약일로부터 1년 이내에 "기술"을 이용하여 생산에 착수하여야 하며, "생산개시일"을 서면으로 "갑"에게 통보하여야 한다. "생산개시일"에 대하여는 사전에 "갑"의 서면 동의를 득한 후 이를 연기할 수 있다.</p> <p>제4조 (기술실시대금) 본 계약에 따른 실시의 대가는 아래와 같이 지급하고, "을"은 "갑"이 지정한 다음의 계약로 현금 지급한다. 1. 정액기술료 "을"은 "기술"에 대한 기술실시의 사용대가로 정액기술료 금3,000,000원(금삼백만원)(부가세포함)을 계약체결 후 2주 이내에 지급한다. 2. 경상기술료 "을"은 계약기간 중 기술적용 매출액의 5%(부가세별도)를 경상기술료로 지급한다.</p>		특허명	출원번호	이산화탄소 저지제	10-2020-0027963
특허명	출원번호										
이산화탄소 저지제	10-2020-0027963										
특허명	출원번호										
이산화탄소 저지제	10-2020-0027963										
<p>【"갑"】 주 소: 서울 중구 필동3가 26 상 호: 동국대학교 산학협력단 단 장: 김관규 (인)</p>	<p>【"을"】 (10300) 경기도 고양시 일산동구 주 소: 용곡로32, 동국대학교 산학협력단 340호 상 호: 한국지능형포장산업(주) 대표이사: 정진서 (인)</p>										
<p>【발명자】 동국대학교 바이오시스템대학 생명과학과 교수 이재영 (인)</p>											

그림 51. 기술이전 계약서

3. 이산화탄소 가스지시계 중점관리요소 및 품질관리 지침 설계

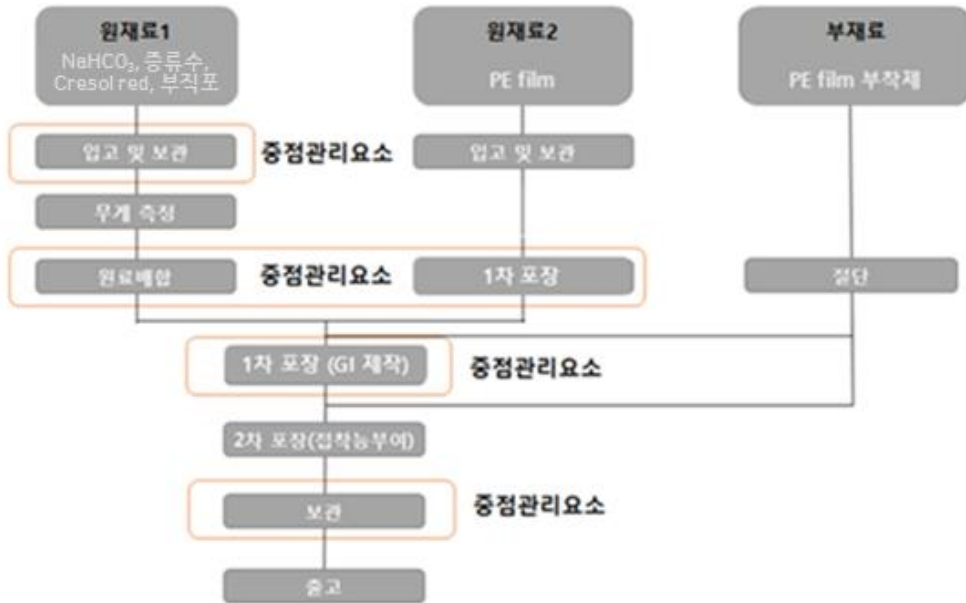


그림 52. 중점관리요소

이산화탄소 지시계 품질관리 지침 설계

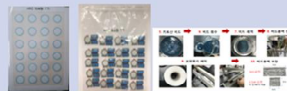


Sensor 염색	Sensor 제작 과정에 따른 정확한 시약 제조 균일하게 시약 염색
제품 균일성	코팅 단계에서의 제품 균일성 일정 크기 및 제품의 접착성 공급된 제품 샘플링
포장 관리	정확한 포장 안전하게 소비자에게 전달

그림 53. 품질관리 지침 설계

[1-1협동]

▣ 3 단계

[최종목표 및 달성]

	최종 목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 지시계 시제품 생산 	<ul style="list-style-type: none"> 제조시스템 구축 제품 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어, 생산 매뉴얼 구축 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 지시계 시제품의 시범 사업 	<ul style="list-style-type: none"> 사용자가 구비해야 할 시설/장치를 구축 시범 사업을 위한 제품 생산과 현장 적용 	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 지시계의 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> 본 사업 측면의 지시계 제품 생산 생산, 품질관리 및 제품 설계 	

● **지시계 시제품 생산:** 본 연구에서 인쇄형 TTI 제품 구성부분에 따라 제작한 공정설계도에 필요한 기기 장비 구축하고 시제품 제작 TEST를 진행 하였다. 공정 설계도에 따른 제품의 기준 규격 및 공정 설계의 표준화 등 제조 시스템을 구축하고 시제품 생산을 위한 제품생산 하드웨어, 소프트웨어 및 매뉴얼도 구축하였다. 인쇄형 TTI 지시계 시제품의 시범 적용 결과, 안정적인 시제품을 생산할 있게 되었고 추가적인 개선 및 연구가 필요한 실정이다. 효소형 TTI 또한 제품의 구성부분에 따라 제작한 공정설계도에 필요한 기기장비 구축 하였다. 인쇄형 TTI와 마찬가지로, 제조 시스템을 구축하고 시제품 생산을 위한 제품생산 하드웨어, 소프트웨어 및 매뉴얼도 구축하였다. 효소형 TTI 지시계 시제품의 시범 적용 결과, 시제품 제조시스템으로부터 안정적인 시제품을 제작하였으며 추가적인 시제품 시범사업 진행이 필요한 것으로 사료된다. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 시제품의 경우, 제품의 구성부분에 따라 제작한 공정설계도에 필요한 기기 장비 구축 및 시제품 제작 test에 이용하였다. 공정설계도에 따른 제품의 기준 규격 및 공정 설계의 표준화 등 제조 시스템 구축하였다. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계 시범 적용 결과, 시제품 제조시스템으로부터 안정적인 시제품을 생산하였다. 시제품의 안정적인 생산을 통한 향후 시범사업의 적용을 다음 차년도에 진행하였다.

● **지시계 시제품의 시범사업:** 지시계 시제품의 시범사업을 추진하기 위해 기존의 방식을 비교하여 개선된 대량 생산라인 개요도를 작성하였다. 대량 생산라인을 구축하는 과정에서 기존의 방식을 효율적으로 개선함으로써 생산효율을 증대시킬 수 있었고, 기존의 사용예산을 절감시킬 수 있는 경제적인 효과를 볼 수 있었다. 특히 최종제품을 만드는 과정에 있어서 불량품의 발생률을 감소시키기 위하여 기계의 자동화, 지시계의 구성 및 생산 구조의 단순화 등의 생산 공정을 개선하였다. 이를 통해 대량생산으로 생산된 지시계 완제품을 사용자로 하여금 보다 안전하고, 효과적으로 사용할 수 있도록 사용시스템을 구축하였다. 각 TTI의 제작된 사용매뉴얼을 토대로 TTI를 사용하기 위한 주의사항 및 보관방법에 관한 내용을 구축하여 TTI 제품의 사용화를 확립시킬 수 있었다. 완성된 제품을 판매하기 위하여 각 TTI 종류에 맞는 시범적용업체를 선정하고, TTI 제품을 판매 및 시범적용을 실시하였다. 각 현장업체에 식품 종류의 맞는 TTI를 적용함으로써, 대량생산 후 제품을 적용하는 단계까지의 과정에서 추가적으로 개선되어야할 사항을 파악할 수 있었다. 현장적용 및 시범 단계였기 때문에,

제품생산을 전보다 Scale-up하여 진행하였을 때, 불량품의 발생률이 존재하였고, 1-1세부에서 TTI 제품의 생산라인을 각 공정별로 trouble shooting 한 결과를 기반으로 feedback 하였다. 이를 통해 불량품의 발생률을 감소시키기 위한 개선된 생산 및 유통라인을 구축할 수 있었고, 소비자로 하여금 식품의 품질 및 유통기한 등을 확인할 수 있는 체계를 확립할 수 있었다.

- **지시계의 사업화:** 지시계의 사업화를 위하여 제품생산-생산관리-품질관리-제품판매에 초점을 두고 연구를 진행하였다. 1-1세부와 1-2세부의 「**사업화를 위한 지시계 생산 및 품질관리 지침 설계**」를 기반으로 대량생산시스템 구축과 생산공정관리 및 제품품질관리에 중점을 두었다. 1, 2단계 (2010.09.09. ~ 2017. 08. 31.)에서 연구한 원천기술이 확보된 Cus[®] PT-1을 기반으로 한 인쇄형 시간-온도 이력지시계(Printable Time-Temperature Indicator; TTI)를 사업화를 위하여 전자동 스크린 인쇄기를 이용한 대량생산 설비를 구축하였으며, 열코팅 시 복합 필름을 이용하여 공정의 단순화 및 시간적 효율을 증가시켰다. 따라서 시간당 최대 30000개의 제품을 생산하도록 공정을 설계하였다. 효소형 TTI의 경우 1, 2단계에서 연구한 원천기술이 확보된 ARCzyme을 기반으로 한 효소형 시간-온도 이력지시계(Enzymetic Time-Temperature Indicator; TTI)를 사업화를 위하여 압력-파열식 효소형 TTI 및 밸브형태의 복합필름을 적용한 효소형 TTI 2가지 제품 형태로 생산·판매를 실시하였다. 대량생산을 위하여 압력-파열식의 경우, 시간당 100,000개의 제품을 생산할 수 있는 특수 기계를 제작하였고 밸브형태의 복합필름을 적용한 효소형 TTI는 수직형 sealer를 이용하였던 방식에서 액상 파우치 자동충진 포장기계를 활용하여 대량생산이(20 ~ 45 eas/min) 가능하였다. 신선도 휘발성 염기질소 (VBN) 가스지시계는 제품생산에 있어 물질부 원료의 저장 설비를 보완하여 제품의 생산을 방해하지 않는 수준으로 구축하며 생산관리에서 중점관리요소, 생산공정 감사 및 관리 문서 지침 설계, 품질관리 지침을 설계하였다. 제품판매에서는 마케팅 ,유통, 현장지도를 구축하였다. 이산화탄소 지시계는 대량 생산을 위한 생산 방식의 개선으로 프린팅을 이용한 이산화탄소 지시계, 염색형 이산화탄소 지시계 및 제품설계, 색변화등을 토대로 원료 및 제조 방법 매뉴얼을 제작하였으며 생산 지침, 품질관리 지침을 설계하였다.

[1차년: 지시계의 시제품 생산]

1. 인쇄형 TTI

인쇄형 TTI 시제품 생산은 접착필름형과 열코팅형 중 해당 시범사업에 적합하다고 판단된 열코팅형 인쇄형 TTI를 대상으로 동국대학교 측에서 전수받은 공정에 따라 잉크 제조 - 실크스크린 인쇄 - 잉크 건조 - TTI 열코팅 - 접착부 부착 - 스티커 형태로 커팅 - 가장자리 부분 재단 - 품명 및 ARC 로고 부착 - 질소 충전 포장의 단계를 거쳐 시범사업에 적용하기 위한 최종 시제품을 생산하였으며 공정사진은 아래와 같다.



그림 1. 인쇄형 TTI 잉크 제조, 인쇄 및 건조 공정 사진

1) 잉크 생산 및 인쇄, 건조 공정

항온수조와 교반기를 연결하여 인쇄형 TTI에 사용될 잉크를 제조하였다. 이후 Air compressure가 연결된 공압식 인쇄기를 사용하여 250 mesh의 silk scree과 19cm squeeze로 인쇄하였다. 인쇄가 완료되고 silk screen 전용 건조대에서 실온조건으로 5분간 건조하였다.



그림 2. 인쇄형 TTI 코팅, 접착부 부착 및 커팅 공정 사진

2) 코팅 및 커팅

건조되어 완전히 무색이 되면 상부에 열코팅 필름을 덮은 뒤 대형 열코팅기를 이용하여 100℃에서 최저 속도로 하여 열코팅하였다. 코팅이 완료된 제품에 접착력 부여를 위해 양면 접착테이프지를 부착하고 대형 도무송 기계와 칼판을 이용하여 cutting line에 맞춰 cutting한 뒤 스티커 형태로 제작하였다.



그림 3. 인쇄형 TTI 재단, 로고 부착 및 포장

3) 재단 및 포장

종이 재단기를 이용하여 가장자리 부분을 재단한 뒤 상부에 ARC 품명 [ARC 인쇄형 TTI]를 부착하여 최종 제품 제작을 완료하였다. 최종 제품을 aluminum 팩에 10매씩 넣고 질소 포장기를 이용하여 질소를 충전하고 밀봉하였다.



그림 4. 제작이 완료된 인쇄형 TTI 최종 시제품 완료

ARC 인쇄형 TTI
Reference Chart

Progressive response

ARC 인쇄형 TTI Cus ® PT-1 제품성능 및 사용법	
용도/성능	<ul style="list-style-type: none"> ● 대상식품: 유제품 및 신선식품 포장 ● Shelf life : 최대 10°C 기준 7일까지 ● 사용전 보관가능기간: 질소 포장 상태에서 6개월
사용법	<ul style="list-style-type: none"> ● Activation: 질소 포장 쪽의 개봉 ● 품질예측: TTI의 색 변화를 관찰

그림 5. 최종제품과 함께 동봉된 Reference chart

4) 최종 시제품 제작 완료

위와 같이 최종적으로 시범사업체에 공급되기 위한 시제품을 제작 완료하였고 동국대학교에서 Reference Chart를 작성하여 첨부하였다.

2. 효소형 TTI

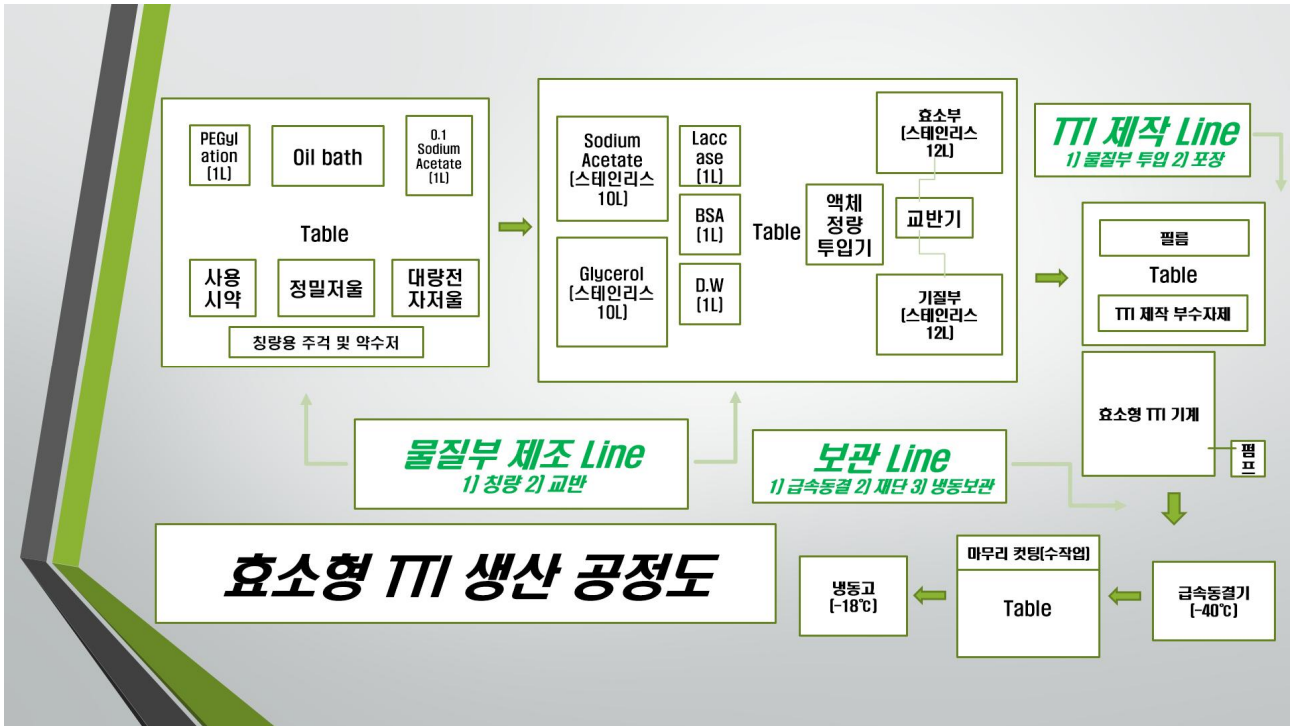


그림 6. 효소형 TTI 시제품의 생산 공정도

동국대학교에서 개발한 효소형 TTI의 공정을 전수 받아 본 사업체에서 효소형 TTI를 제작하였다. 본 사업체에서는 효소형 TTI 제작을 위해 물질부 제조 Line, TTI 제작 Line, TTI 보관 Line을 구성하였다. 세부적인 단계는 원료칭량 및 배합 - 필름(커버부) 투입 - 물질부 주입 - 접착능 부여 - 필름(배경부) 부착 - 열접착 - 급속냉동 - 재단 - 포장의 단계를 거쳐 시범사업에 적용하기 위한 시제품을 생산하였다. 각 공정별 공정 line은 아래와 같다.

1) 물질부 제조 line (원료 칭량 및 배합 공정)

원료의 칭량은 정밀저울과 대량 전자저울을 이용하여 칭량하였다. 원료 배합 공정은 PEGylation과 혼합공정 두 부분으로 나누어 진행하였다. PEGylation 공정에서는 먼저, 50 mM borax buffer (pH 10.0) 5 mL에 laccase 20 mg, PEG(MW 5,000) 56.25 mg을 녹인다. 다음으로 항온 수조에서 25°C에서 2-5시간 반응시킨 후, 4°C의 0.1M sodium acetate buffer (pH 5.0) 50 mL를 가한다. 혼합공정에서는 기질부와 효소부가 혼합된다. 기질부는 ABTS 0.2743 g, 0.002mM sodium azide 2.5 mL, 0.2M sodium acetate buffer 25 mL, glycerol 28.37 g이 재료로 사용된다. 효소부는 PEGylated laccase(0.1 unit) 2mL, D.W. 0.5mL, 1% BSA 1 mL, 0.2M sodium acetate buffer 24 mL, glycerol 28.37 g이 재료로 사용된다. 효소부와 기질부는 각 재료를 첨가한 후 교반기를 이용하여 혼합 후, 냉장보관 하였다.



그림 7. 물질부 제조 Line (원료 칭량 및 배합 공정)

2) TTI 제작 Line (필름(커버부)투입 → 물질부 주입 → 접착능 부여 → 필름(배경부)부착 → 열접착)

물질부 제조 Line에서 물질부가 완성되면, TTI 제작 Line을 거친다. TTI 제작 Line은 효소형 TTI 제작 전용 기계(반자동)를 중심으로 이루어져 있다. 전용 기계의 조건은 압력 6M·Pa, 온도 121℃이다. 포장 Line의 세부공정은 다음과 같다. 필름(커버부)의 경우, 전용 필름은 적당한 크기로 자른 후 진공으로 고정한다. 그 다음, 물질부(효소부 325uL, 기질부 325uL)를 각각 주입하고 접착능이 부여된 필름(배경부)을 덮어 열접착 한다. TTI 제작 Line 1cycle 당 1육음의 효소형 TTI를 제작할 수 있다. 1cycle은 약 3분 정도 소요되며, 1육음은 10개의 효소형 TTI로 이루어져 있다.

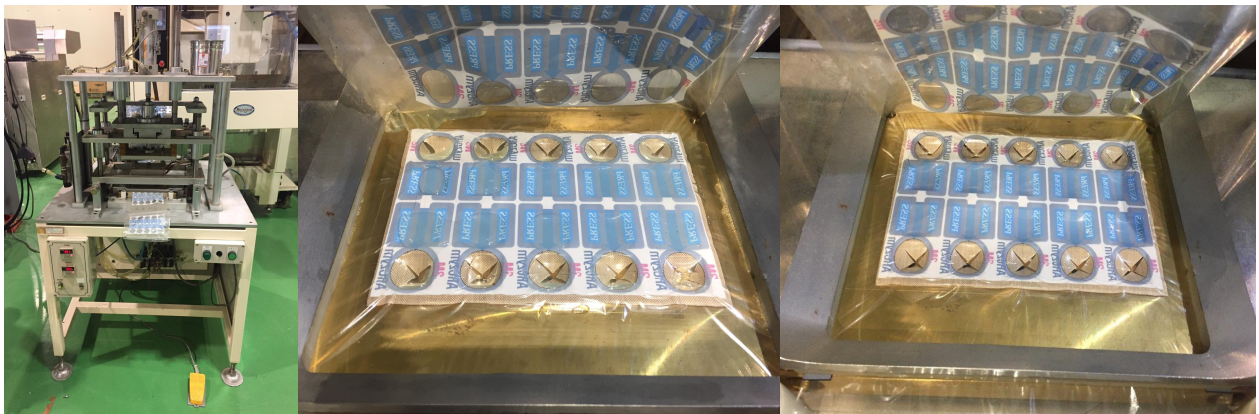


그림 8. 효소형 TTI 제작 Line 1 (효소형 TTI 제작 기계, 필름(커버부) 투입, 물질부 주입)

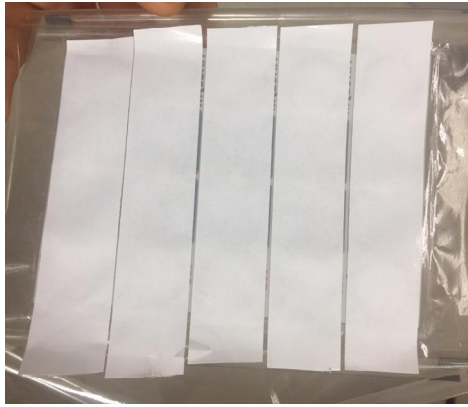


그림 9. 효소형 TTI 제작 line 2 (접착능 부여, 필름(배경부)부착, 열접착)

3) TTI 보관 Line (급속냉동 → 재단 → 포장 → 보관)

TTI 제작 Line에서 제작한 효소형 TTI는 급속동결, 재단, 포장 공정을 거친 후, 보관하였다. 급속동결은 -40°C 이하의 ethylene glycol을 이용하여 빠르게 냉각하였다. 급속동결된 TTI 묶음은 개개의 TTI로 재단하여 20개 단위로 포장하여 -18°C 이하의 냉동고에서 보관하였다. TTI 완제품은 reference card와 함께 제공되었다.



그림 10. 효소형 TTI 보관 line (급속냉동, 재단, 포장)



그림 11. 효소형 TTI 완제품

3. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시제품 생산(동호기계)

동국대학교 측과 함께 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시제품 생산을 진행하였다. 크게 2가지 공정으로 나누어 시제품을 제작하였다. 첫째, 일정한 비율로 제작된 시약을 filter paper에 도포 및 건조 공정을 거쳤다. 둘째, 일정한 크기로 커팅을 진행 후 열코팅 및 접착능 부여 순으로 공정을 진행하였다. 해당 공정 사진은 아래와 같다.

1) 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시약 제조, 도포 및 건조

Sonicator와 Shaker를 이용하여 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제작에 필요한 시약을 제조하였다. 이후 Air compressure가 연결된 Siphon Feed Spray Gun Silver Nozzle을 이용하여 대형 filter paper에 도포하였다. 그 후 상온에서 30분간 건조공정을 거쳤다.

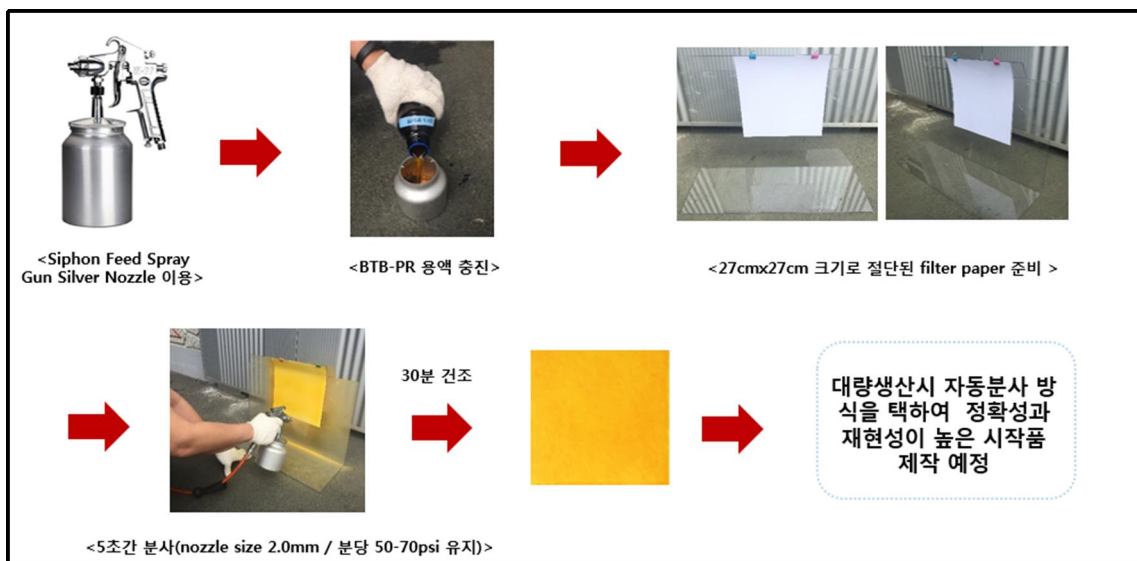


그림 12. 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 잉크 제조, 도포 및 건조 공정 사진

2) 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 코팅, 접착부 부착 및 커팅 공정 사진

시약이 도포된 filter paper가 건조되면 상부에 coating film을 하부에는 gas permeable membrane을 높은 뒤 열접착기를 이용하여 열코팅하였다. 코팅이 완료된 제품에 접착력 부여를 위해 양면 접착테이프를 부착하고 cutting line에 맞춰 cutting한 뒤 스티커 형태로 제작하였다.

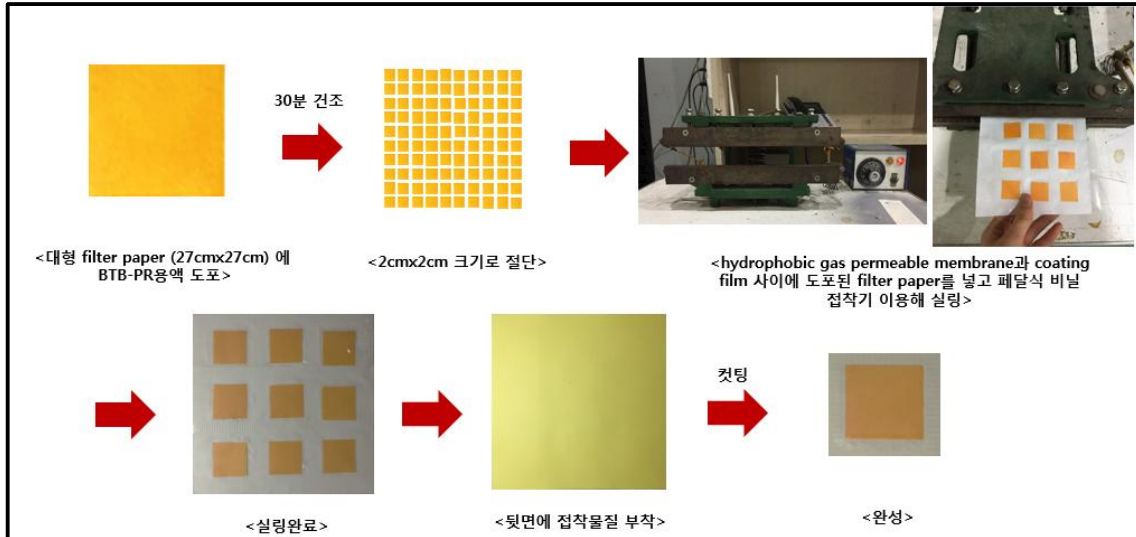


그림 13. 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 코팅, 접착부 부착 및 컷팅 공정 사진

3) 최종 시제품 제작 완료

위와 같이 시범사업체에 공급되기 위한 시제품을 제작 완료하였고 동국대학교와 함께 제조공정시 문제점 파악 및 피드백 과정을 거쳤다.

4. 이산화탄소 가스지시계 시제품 제작설비 공정

이산화탄소 가스지시계의 제품화를 위한 제작방법을 구체화하였다. 키토산을 이용한 이산화탄소 지시계는 크게 총 10단계의 실험방법으로 이루어져있으며 각각의 방식은 간단한 제작원료 배합을 요구한다. 해당 공정은 아래와 같다.

1) 이산화탄소 가스지시계의 키토산비드 제조

키토산은 낮은 pH(~2.3)에서 잘 녹기 때문에 우선 pH를 낮춘 용액에 키토산을 녹인 후 천연 염색물질을 첨가하고 다시 pH를 높여 키토산비드를 형성한다.

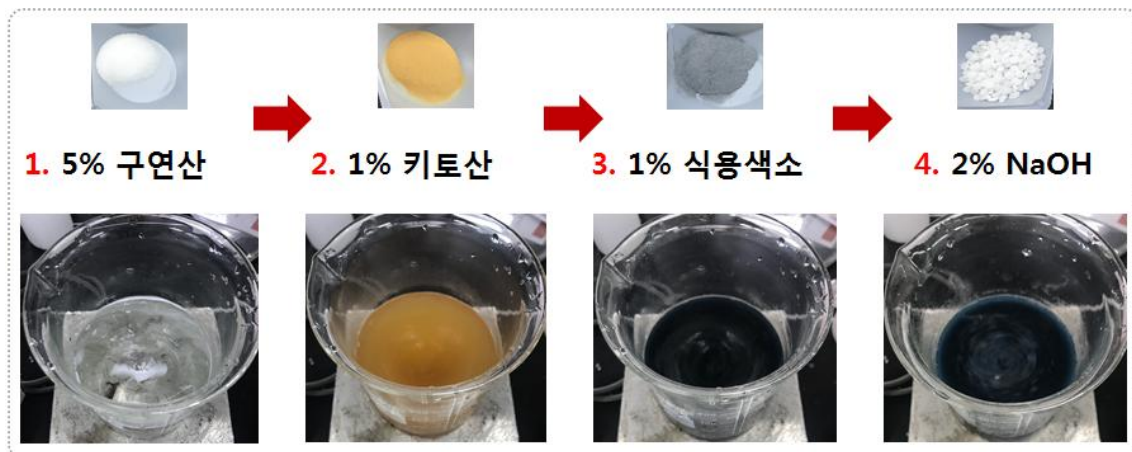


그림 14. 이산화탄소 가스지시계의 키토산 비드 제조

2) 이산화탄소 가스지시계의 키토산비드 취합 및 포장

제작된 키토산비드는 높은 pH의 상태로 존재하기 때문에 충분히 세척 및 중화시켜야하며 후에 이산화탄소의 작용에 의한 지시계 반응을 보기 위해 비드용액의 pH를 낮춰주어야 한다. 생성된 키토산비드는 약 1%의 농도(w/v)로 첨가되는 것을 추천하며 이는 후에 보안 개선될 수 있다. 키토산비드용액의 포장을 LDPE(0.03mm)필름에 포장될 것이며 지시계의 포장용량 또한 후에 개선 보안될 수 있다. 김치 지시계는 이산화탄소 발생량에 의해 결정되어지는데 팽창을 억제하기 위해 이산화탄소 흡수재를 다량 사용할 경우 지시계의 성능이 떨어질 수 있으므로 주의하여 제작한다.

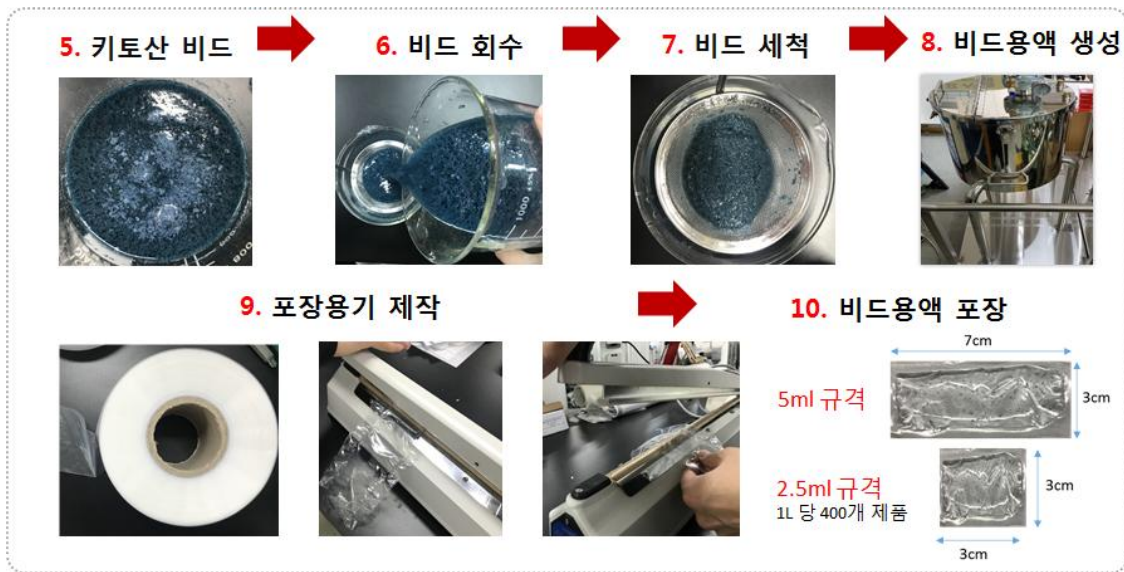


그림 15. 이산화탄소 가스지시계 비드용액 생성 및 포장

3) 최종 시제품 제작 완료

위와 같이 제작공정을 통해 시제품의 제작방식이 구체화되었으며 추후 시범업체와의 협력을 통해 시제품에 필요한 장치를 구축하였다.

4) 이산화탄소 가스지시계의 반응성 확인



그림 16. 이산화탄소 가스지시계 투명도 변화

5) 대량생산을 위한 공정설계

이산화탄소 가스지시계의 시작품의 제조 공정은 다음과 같이 크게 3단계인 1)원료 배합 및 보관, 2)원료 분주 및 포장, 3)포장용기에 적용으로 구축하였다. 차후 대량생산을 위해 이 시작품 공정도 3단계를 공장생산화를 위하여 시제품 공정도로 설계하였다.

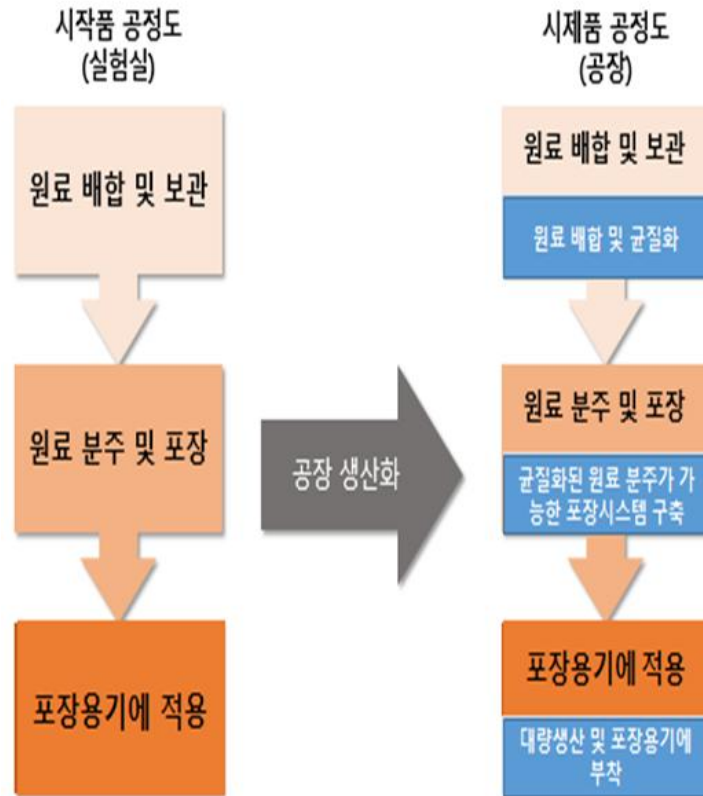


그림 17. 이산화탄소 가스지시계 구비 시설 및 장치 구축

6) 제조방법 설명서 제작

이산화탄소 가스지시계 포장시스템의 대량생산을 위한 제조방법 설명서를 제작하였다. 기존 시장에서 사용되는 제조방법 설명서 양식을 참고하여 작성하였다.

원료배합	<p>- 이산화탄소 indicator 물질분 제조</p> <p>1. 용액 2가지(염색용액, 키트산 용액)를 제조한다.</p> <p>A. 염색 용액 제조</p> <p>1) 비커에 선택되어진 식용색소 0.3 g을 칭량한다.</p> <p>2) 위의 비커에 증류수 100 ml을 넣어준다.</p> <p>3) 교반기를 이용해 녹여준다.</p> <p>B. 키트산 용액 제조</p> <p>1) 비커에 키트산 3 g을 칭량한다.</p> <p>2) 위의 비커에 0.1M HCl 용액 100 ml을 넣어준다.</p> <p>3) 용액의 pH를 5.5로 맞춘다.</p> <p>4) 교반기를 이용해 녹여준다.</p> <p>2. 제조되어진 용액 A와 B를 각각 10 : 1의 비율로 섞은 다음 교반기를 이용하여 1 시간동안 500 rpm으로 교반한다.</p> <p>3. 용액을 원심분리하여 제조되어진 비드만 취하고, 액을 버린다.</p>
포장 및 접착	<p>- 이산화탄소 indicator 포장재 제작</p> <p>이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기 및 용량에 맞게 제작한다.</p> <p>실링 포장용기를 이용해 각 용량에 맞게 제품을 포장한다.</p> <p>균질화된 이산화탄소 indicator를 분주한 다음 적당한 온도로 접착한다.</p>

그림 18. 이산화탄소 가스지시계 제조방법 설명서

7) 가스지시계 구비 시설, 장치 구축 및 생산요소

가스지시계의 대량생산을 앞서 알아야 할 제조, 관리, 포장 및 부착에 대한 주의사항과 제품생산에 위해 필요한 시설 및 장비들에 대해 작성하였다.

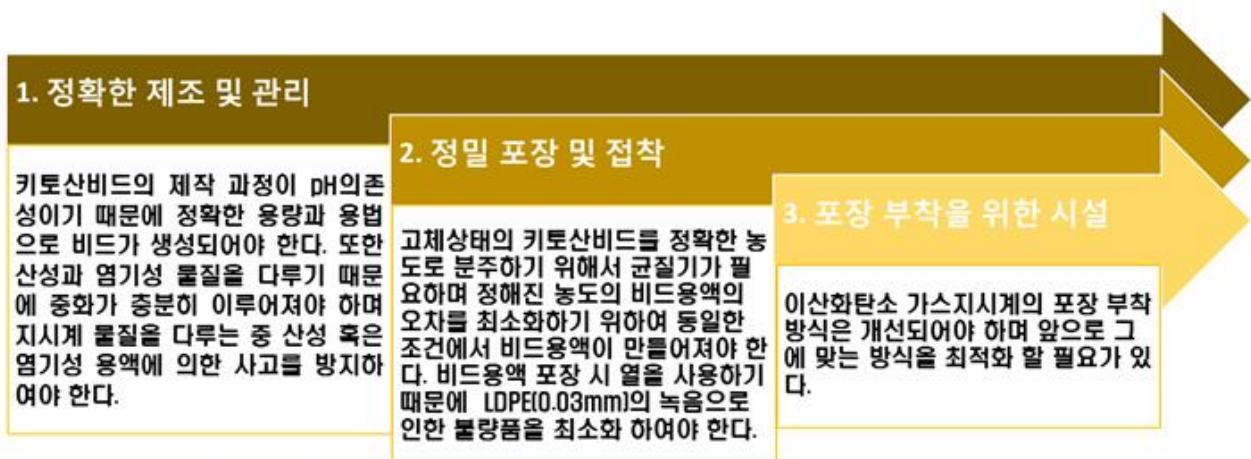


그림 19. 이산화탄소 가스지시계 구비 시설 및 장치 구축

1. 제품생산을 위한 시설

- 냉장고

- 전체용량: 1064L, 온도범위: 0℃ ~ -5℃
- 사용전압: AC 220V, 60Hz, 점검주기: 1년

- 교반기

- 온도범위: 0℃ ~ 100℃
- 점검주기: 10000시간

- 자동 부착기

- 부착속도: 2.0 초/GI
- 부착정밀도: ±0.2mm
- 사용전압: AC 220V 60Hz
- 점검주기: 5000회

주기적인 관리가 요구되며 별도의 안전관리는 요하지 않는다.

2. 제품보관을 위한 시설

- 이산화탄소 가스지시계의 활성화를 위한 별도의 시설은 필요하지 않다.

- 이산화탄소 가스지시계의 보관 시 외부 이산화탄소가 유입되지 않도록 밀봉하여 보관한다.

3. 포장 부착을 위한 장비

- 제품포장을 위한 방법이 구체화되어야 한다.

- 열처리를 통한 이산화탄소 가스지시계의 부착 방식은 불량품의 생산확률을 높이므로 개선되어야 한다.

그림 20. 이산화탄소 가스지시계 생산요소

5. 매일유업 시범적용

동호기계에서 제작이 완료된 최종 시제품은 당사의 전북 고창 상하공장에 배송되었고 시범적용을 진행하였다. 그 과정은 다음과 같다.



그림 21. (주)매일유업 상하목장 우유 생산 라인 및 공급된 인쇄형 TTI 시제품

1) 적용 전 TTI 색변화 및 제품불량 확인 및 우유 생산

시범적용은 전북 상하공장에서 진행되었으며 시범 적용 전 우선적으로 배송된 인쇄형 TTI 확인 결과 어떠한 포장 중 색변화나 제품 불량은 나타나지 않았다. 시범사업 적용 대상 품목은 상하목장 유기농우유 750mL 품목을 대상으로 하여 제품을 생산하였다.



그림 22. 시범적용 대상 품목: (주)매일유업 상하목장 유기농 우유 750mL



그림 23. 적용제품에 인쇄형 TTI 부착

2) 인쇄형 TTI 부착 및 포장

생산된 상하목장 유기농 우유 750mL 품목의 상부 뚜껑 부분에 인쇄형 TTI를 부착한 뒤 포장하였다. 적용수량은 700Ea로 총 59box의 인쇄형 TTI 부착 샘플 제품을 제작하였다. 판매액으로 환산 시 실제 약 350만원으로 환산된다.



그림 24. 적용제품 포장 및 대리점, 연구소 이송

3) 인쇄형 TTI 부착 샘플 제품 테스트

인쇄형 TTI가 부착된 제품을 (주)매일유업의 고창, 광주, 하남 대리점으로 이송되어 색 변화 테스트를 진행하였고 추가적으로 연구소에도 일부 이송하여 5℃, 15℃, 25℃, 35℃에서 매장 쇼케이스 환경을 유지하면서 TTI의 색 변화, 조도 테스트, (주)매일유업 유기농 우유 제품의 이화학, 미생물 테스트를 진행하였다.

4) 사용 후기

제조한 인쇄형 TTI를 (주)매일유업의 유기농 우유에 적용하여 산업화 적용 가능성 검토 및 개선점 도출을 위한 테스트를 진행하였다. 그 결과, 진공포장 상태와 제품 상태는 양호하였으며 각 대리점으로 유통하는 과정에서는 색 변화가 없어 양호한 냉장 유통 상태를 보였다. 하지만 향온 창고 보관 시 Reference chart 외의 색이 발현되었으며 제품의 품온이 35℃에 도달하였을 때 지시계의 색은 end-point에 도래하지 않았다. 또한 매대 조건에서 조도 테스트를 실행한 결과 동일 온도 향온 창고와 색 변화 양상이 다른 결과를 나타냈다.

입고된 840ea의 TTI는 입고 후 냉장보관 되었다가 유기농 우유에 부착되었으며 이후 20box는 각 대리점으로 유통되었으며 나머지는 연구소에서 추가적인 실험이 진행되었다. 대리점에 입고된 제품 사진은 다음과 같다.


















그림 25. 고창 대리점(좌)과 광주 하남 대리점(우) 입고






TTI 부착 후 연구소로 이송된 제품은 10, 15, 25, 35℃에서 온도 별 성능 테스트를 진행하였으며 이화학 적, 미생물학적 품질 테스트를 진행하였다. 그 결과, 향온 창고 보관 시 Reference chart 외의 색이 발현되었으며 10℃ 냉장창고와 10℃ 향온 향습 chamber 보관 TTI의 색 변화에 차이가 존재했다. 또한 35℃ 향온 창고 보관 시 TTI의 색 변화와 제품 품질 사이의 차이가 존재하였으며 색은 level 4-5 사이의 색을 띠었고 응고된 양상을 보였다.



그림 26. 온도 별 제품의 색 변화

각 온도 별 제품의 테스트 세부 결과는 다음과 같다. 대체로 시간이 지남에 따라 Reference chart에 없는 색이 발현되었으며 10, 15 35℃에서는 다른 색이 발현된 후 반응이 종료되었지만 25℃에서는 발현 후 원래의 색으로 돌아왔다. 10, 15℃에서는 산도, pH와 같은 이화학적 검사와 미생물 검사에서 특이사항이 나타나지 않았지만 25, 35℃에서는 반응이 종료되어감에 따라 제품이 응고되는 경향을 보였다.

구분		0일차	3일차	4일차	5일차	6일차
TTI 색 변화	10°C 항온 항습 Chamber					
	Reference Level	Level 1	Level 3	Reference chart 에 없는 색으로 발현		
	10°C 냉장 참고					
	Reference Level	Level 1	Level 3	Reference chart 에 없는 색으로 발현		
	15°C 냉장 참고					
	Reference Level	Level 1	Reference chart 에 없는 색으로 발현			
제품 검사 (10,15°C)	이화학	특이사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음
	미생물	특이사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음

구분		0 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr
TTI 색 변화	25°C 냉장 참고					
	Reference Level	Level 1	Reference chart 에 없는 색으로 발현		Level 4	Level 5
제품	제품 품온	10°C	22°C	25°C	25°C	25°C
	성상	특이 사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음	응고 (120 ea)	






구분		0 hr	2 hr	4 hr	12 hr	24 hr
TTI 색 변화	35°C 냉장 참고					
	Reference Level	Level 1	Reference chart 에 없는 색으로 발현			
제품	제품 품온	10°C	19°C	22°C	35°C	35°C
	성상	특이 사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음	특이사항 없음	응고 (120 ea)

그림 27. 온도 별 제품의 테스트 세부 결과

6. ㈜ R&F Chemical 시범적용

㈜ R&F Chemical



플라스틱 필름 전문제조업체로 현재 산소감지필름 적용을 위해 인쇄형 TTI(접착필름형, 열코팅형)를 송부하여 샘플 Test 진행하였고 고객사 평가를 진행하였다.

1) 인쇄형 TTI 샘플 Test 결과

a) 평가 항목 : 산소 감지필름 사용성, 산소노출 전 변색 여부, 변색 균일도

b) 평가 환경 : 20℃, 32% R.H.

c) 평가 결과

ㄱ) 사용성 : 기존 사각형태의 접착필름형 대비, 원형 스티커 형태의 열코팅형의 경우 형태성이 더욱 개선되어 필름 부착 작업성 향상된 것을 확인할 수 있었다.

ㄴ) 산소노출 전 변색 여부 : 개봉 직후, 육안으로 반응이 거의 진행되지 않은 연한 하늘색이 확인되었다.

* 산소 감지필름은 알루미늄파우치에 진공포장 되었으며(3/21, 동국대), 알루미늄파우치 개봉(산소 감지필름의 산소노출)은 우편물 수령 직후 실시(3/23, 알앤에프케미칼). 감지필름 질소포장에서 배송된 뒤 2일 경과하여 개봉하였다.



그림 28. 개봉(산소노출) 직후, 산소감지 필름 : 연한 하늘색 육안 확인



그림 29. 산소노출 10일 경과 후, 감지필름의 변색 정도 : 균일함

c) 변색 균일도 : 산소노출 10일 경과 후, 감지필름의 변색정도는 균일하였다.

* 기존 1차 샘플 대비, 변색 균일도 향상되었다. 1차 샘플은 동일한 파우치에 포장 되었어도, 변색정도가 달랐다. 보라색, 파란색, 하늘색 등 다양한 색상이 하나의 필름에서 감지되었다.

d) 결론 : 1차 샘플 대비, 2차 샘플은 사용성과 변색 균일도가 개선되었다.

단, 산소노출(개봉) 전 변색이 미세하게 진행된 것은 추가적인 개선이 필요하다.

7. 에코트리코리아 시범적용

* 냉동포장육 업체로 냉동포장육(닭고기) 유통 적용을 위한 효소형 TTI 샘플 Test 진행 및 현장 시연 진행 중 제작한 시제품을 전북 고창에 위치한 (주)에코트리코리아에 배송하여 시범사업을 진행하였다. 그 과정은 다음과 같다.

1) 배송 전 효소형 TTI 색변화 및 제품불량 확인

0℃에서 5일째에 end point에 도달하는 효소형 TTI 시제품을 제작한 후 최종 제품의 색변화나 제품의 불량은 나타나지 않았다.



그림 30. 제작한 효소형 TTI 시제품을 (주)에코트리코리아에 배송

2) 효소형 TTI 배송 및 부착

시범사업은 전북 고창 (주)에코트리코리아에서 진행되었으며, 효소형 TTI 시제품을 -18°C 이하의 냉동상태로 (주)에코트리 코리아에 배송하였다. 시범사업 적용 대상 품목은 NATURAL MEAT 닭가슴살이다.



그림 31. 시범사업 대상 품목: (주)에코트리 NATURAL MEAT 닭가슴살



그림 32. 효소형 TTI 부착 샘플

NATURAL MEAT 닭가슴살 제품의 상부에 효소형 TTI를 부착한 뒤 포장하였다. 적용 수량은 60Ea으로 현장 시연 및 테스트를 진행하였다.

3) 신선도지시계 시범적용

제조된 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계는 냉장 신선육 및 조리육 취급 업체인 (주)체리부로와 (주)바보스의 제품에 부착될 예정이다. 냉장 신선육 및 조리육 유통에의 적용을 위한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 샘플은 제품 테스트와 현장 적용 계획하였다.

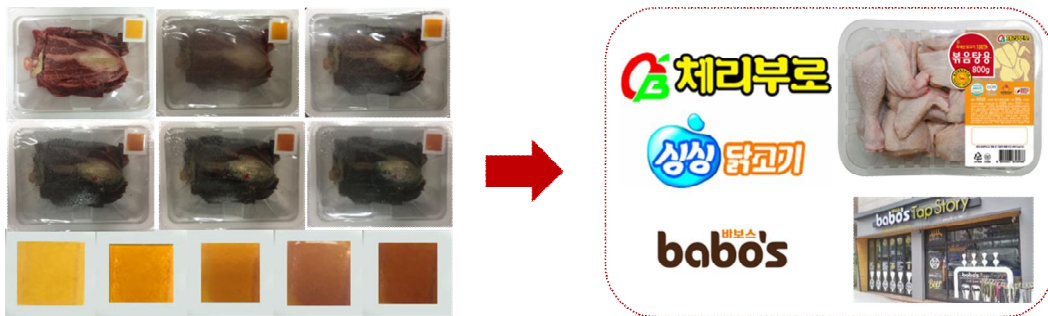


그림 33. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시범업체 선정 및 제품테스트

1핵심의 시제품들은 현재 생산 및 납품수량 미확정으로 부착설비 규모의 확정이 불가능하나 2차년도에 생산 및 납품수량이 확정된다면 포장재에 부착하기 위한 설비를 확정하고 포장재 부착법을 구체화 할 예정에 있음. 또한 1차년도 연구결과에 포함되어 있는 시범적용에 사용한 생산분은 샘플식의 소량 생산이며 공장화에 따른 시행착오를 고려하지 않았음. 따라서 2차년도엔 대량 생산을 위한 생산 및 부착의 자동화를 위한 연구, 개발이 요구되며 기본적으로 현존하는 기계중 각 지시계를 생산하기 위한 스펙에 가장 근접한 기계에 맞게 각 세부에 지시계의 물성 및 유의사항 개선을 요청하였고 1핵심의 세부들에서 결정된 중요관리점을 토대로 공장화에 따른 시행착오를 개선하였다.

[2차년: 지시계 시제품의 시범사업]

1. 인쇄형 TTI

1) 인쇄형 TTI 대량생산제조시스템 구축

a) 인쇄형 TTI 생산라인 개요도 제작

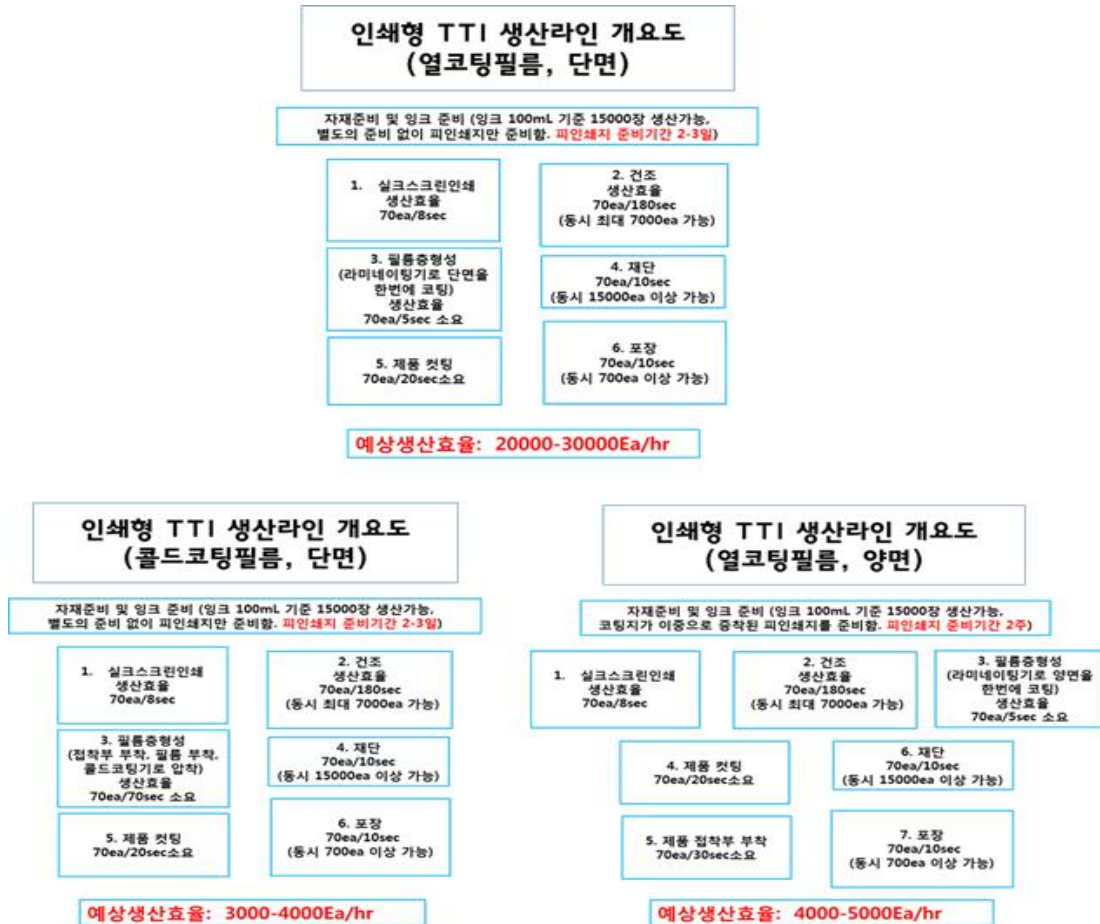


그림 34. 인쇄형 TTI 생산라인 개요도

1-1세부와 협업하여 대량생산을 위해 개선된 생산방식과 기존의 방식을 비교한 생산라인 개요도를 작성하였다. 새로운 방식으로 제작한 TTI와 기존의 방식으로 TTI를 생산했을 때 시간당 생산효율을 각 공정별 소요시간을 분석한 뒤 비교하였다. 위의 그림과 같이 기존의 콜드코팅필름으로 필름층을 형성하는 방식의 경우 다른 공정에서는 본 발명에 따른 TTI의 공정별 소요시간과 거의 동일하지만 필름층을 형성하는 공정에서 접착제를 도포하고 필름을 부착한 뒤에 다시 콜드코팅기로 압착해주는 과정이 들어가면서 열코팅필름으로 필름층을 형성하는 방식에 비해 거의 12배 이상 시간이 소요됨에 따라 예상생산효율이 감소하였다. 열코팅필름을 형성하는 방식 중에서도 양면을 코팅하는 방식의 경우 필름층 형성하는 시간은 단면과 동일하나 피인쇄지의 준비까지의 시간이 2주 이상으로 길고 필름층 형성 후 별도의 접착부를 부착해주어야 하므로 마찬가지로 예상생산효율이 감소하였으며 열코팅필름으로 제작함과 동시에 단면으로 필름층을 형성해주는 생산방식의 경우 예상생산효율이 20000-30000Ea/hr로 가장 높게 나타났다. 또한 열코팅필름을 단면으로 코팅하는 방식으로 TTI를 제작할 경우 피인쇄지 생산하는데에 발

생하는 인건비를 다른 방식에 비해 절감할 수 있으며 커팅에 소요되는 커팅 칼날의 소모 또한 막을 수 있어 재료비 또한 절감할 수 있다.

b) 대량생산을 대비한 생산설비의 구축



그림 35. 전자동 스크린 인쇄기



그림 36. 스크린 인쇄물 전용 건조기

인쇄형 TTI 제품의 대량생산을 대비한 생산설비라인 구축을 위해 비전장치가 부착된 전자동 스크린 인쇄기를 도입하였다. 인쇄형 TTI의 시간당 생산능력 향상 및 피인쇄지의 자동인식을 통한 자동스크린

인쇄가 가능해짐으로써 핀트가 약간 어긋나면서 발생하는 제품의 품질 감소 되는 부분을 개선할 뿐만 아니라 동시에 인건비 절감 효과를 가진다. 또한 대량생산을 대비 200장 이상의 피인쇄물을 수용 가능한 전용건조기를 구입하여 대량생산 설비를 구축하였다.

2) 인쇄형 TTI 사용시스템 구축

사용자 입장에서 사용시스템을 구축하였다. 사용시스템으로서 1-1세부와 협업하여 사용메뉴얼을 설계하고 가장 중요하다고 할 수 있는 운송 후 보관방법을 확립하였다. 인쇄형 TTI의 경우 질소포장팩에 질소포장된 상태로 배송되기 때문에 포장팩이 파손되지 않도록 충격이 가해지지 않는 것이 중요하며 그 외에 별도로 제품을 사용 전까지 콜드챔버에서의 냉장보관 뿐만 아니라 실온조건의 보관 창고에서 보관 가능하다.



그림 37. 질소포장되어 보관중인 인쇄형 TTI(좌: 콜드챔버, 우: 일반 창고보관)

3) 인쇄형 TTI 시범사업 적용 및 평가

a) 시범적용 업체 선정

인쇄형 TTI 제품을 판매하기 위해 시범적용업체로서 냉동육 유통업체인 (주)지원비엔피와 키위유통업체인 (주)보성키위유통영농조합법인을 선정하고 제품을 판매, 적용을 실시하였다.

b) 제품 판매

ㄱ) (주)지원비엔피

기존의 기업체에서 요구한 적용제품의 형태는 일반 제품에 부착할 원형의 상대적으로 작고 부착하기 편리하며 Reference 색이 같이 붙어있는 간단한 형태의 지시계를 요청하였다.

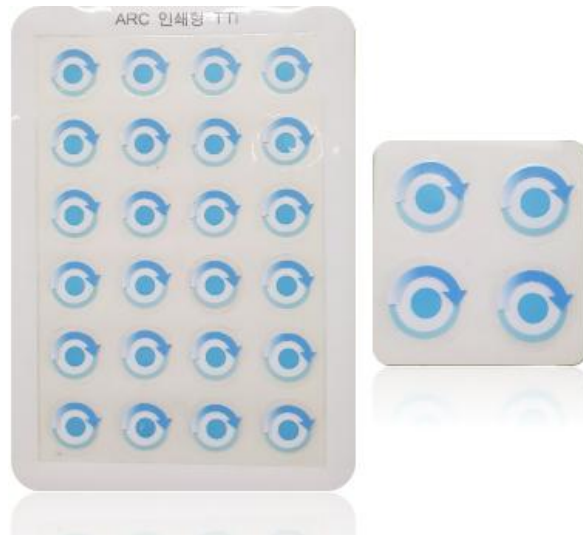


그림 38. 일반 냉동육 제품 부착용 인쇄형 TTI

위 그림과 같은 형태로 실제 냉동저장고에 제품을 4000장 판매하고 매출액 1,800,000원을 발생하였다. 추가적으로 지원비엔피측에서 일반 제품용이 아닌 선물세트용의 제품을 요청하여 1-1세부와 협업, 제품을 생산, 공급하였다.



그림 39. 선물세트용 제품 부착용 인쇄형 TTI

냉동육 유통업체 현장 조사[Case A, 지원비엔피]



* TTI 부착 및 유통단계

위 그림과 같은 형태로 실제 선물세트에 부착되어 제품이 적용되었으며 제품의 판매수량은 2000장 판매하고 매출액 3,600,000원을 발생하였다.

ㄴ) (주)보성키위영농조합법인

기존의 기업체에서 요구한 적용제품의 형태는 상대적으로 장시간의 지시가 필요한 6개월짜리 지시계를 요청받았으나 1-1세부와 협업하여 실질적인 지시계의 품질지시를 고려했을 때 1개월, 2개월 3개월의 제품을 공급하기로 결정하고 제품을 생산, 공급하였다. 이 때 제품은 Reference 색이 같이 붙어있는 간직사각형 형태의 지시계를 요청하였으며 신선 --> 나뻐를 지시하는 것이 아닌 미숙 --> 숙성을 지시하는 것으로 하여 제품을 제작하여 공급하였다.



그림 40. 장기간 키위 품질 지시용 인쇄형 TTI

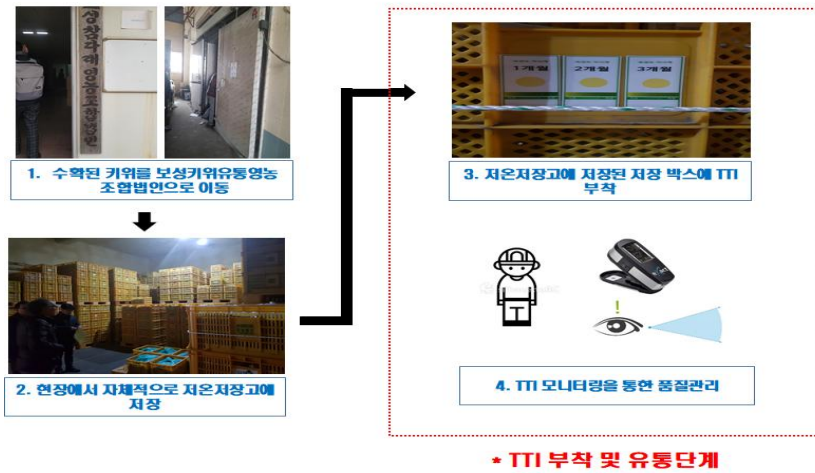
위 그림과 같은 형태로 키위저장고에 제품을 적용하였다. 제품의 판매수량은 4000장 판매하고 **매출액 1,500,000원**을 발생하였다. 품질관리를 위해 현장에 방문한 결과 일부 이상현상이 발생한 제품들이 나타났으며 이를 1-1세부와 협업하여 trouble shooting 및 피드백 작업을 진행하였다. 추가로 업체의 요청에 따라 상대적으로 빨리 출하될 키위 제품의 창고관리에 적용하기 위해 10일, 20일, 30일의 형태로 제품을 공급하였다.



그림 41. 단기간 키위 품질 지시용 인쇄형 TTI

위 그림과 같은 형태로 키위저장고에 제품을 적용하였다. 제품의 판매수량은 4000장 판매하고 **매출액 1,500,000원**을 발생하였다. 품질관리를 위해 적용 후 현장방문을 통해 품질평가를 진행하고 성능 보완하였다.

키위 유통업체 현장 조사[Case B, 보성키위유통영농조합법인]



c) 설문조사 실시

ARC 인쇄형 TTI 만족도 조사 결과

본 설문지는 ARC 인쇄형 TTI의 적용의사를 위하여 실시합니다.
 (A) 매우 그렇다, (B) 그렇다, (C) 그저 그렇다, (D) 그렇지 않다, (E) 매우 그렇지 않다 중 하나를 선택해 체크해 주시기 바랍니다.

설문 항목	A	B	C	D	E	합계
1. 제품에 대해 전반적으로 이해하는가?	16	3	1	0	0	20
2. 제품의 가격이 합리적인가?	9	6	5	0	0	20
3. 제품의 색 변화가 가시적으로 이루어진다고 생각하 는가?	11	4	4	1	0	20
4. 제품의 품질에 신뢰하는가?	10	5	4	1	0	20
5. 제품에 대하여 당사 제품을 적용할 의사가 있는가?	10	5	3	1	1	20
6. 제품의 정확성에 대해 신뢰할 수 있는가?	6	7	4	2	1	20
7. 제품을 사용함으로써 소비자에게 신뢰감을 줄 수 있다고 생각하는가?	10	5	5	0	0	20
8. 다른 회사에 저의 제품을 추천하겠는가?	10	6	2	2	0	20
9. 제품을 사용함으로써 당사 제품의 관리가 더 용이 할지 있다고 생각하는가?	6	7	4	1	0	20
10. 제품의 디자인에 만족하는가?	8	6	4	2	0	20
기타 사항						
- 제품의 디자인이 좀 더 다양해졌으면 좋겠다. - 대량구매 시 단가 등이 좀 더 저렴해지면 구매가 용이할 듯 하다.						

인쇄형 TTI 및 효소형 TTI의 시제품 적용의사를 확인하기 위해 지원비엔피가 유통하는 식육업체 기업 주, 보성영농조합법인에 속한 농장주 총 20인을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 설문조사 결과 제품에 대한 적용의사는 두 제품 모두 상당히 높았으며 제품의 색변화에 대한 부분도 긍정적인 평가가 나왔다. 전반적으로 제품의 디자인이 좀 더 다양화되었으면 좋겠다는 부분과 단가에 대한 부분이 기타의견으로 도출되었다.

4) 대량생산 문제점 발생에 따른 trouble shooting

기존에 1000-2000장 단위로 제품을 생산하여 (주)지원비엔피에 공급, 품질변화 모니터링 결과 문제가 발생하지 않았지만 (주)보성키위유통영농조합법인에 키위속성도지시계를 10000장 요청받고 공급하기 위해 제품생산을 Scale-up하여 실시하였고 공급된 제품들 가운데 일부 제품군들에서 기포가 발생하고 색변화가 이상하게 발생한 현상이 나타났으므로 1-1세부에서 각 공정별로 trouble shooting 한 결과를 기반으로 feedback 하였다.

a) 원료 생산에 대한 feed back

원료 생산의 경우 기존과 같은 조성일 경우 해당되지 않으나 End point를 연장하기 위해 specification이 변경되는 경우 충분한 혼합을 위해 그에 상응하는 양만큼 교반 시간을 충분히 연장하여 잉크의 균일성을 보장하여야 한다. 키위의 경우 (주)지원비엔피에 공급된 지시계에 비해 상대적으로 장시간으로 설계되었기 때문에 원료를 생산할 때 그에 비례하여 교반시간을 더욱 연장하는 것이 요구된다.

--> 원료 생산 시 조성이 변경될 경우 그에 상응하는 만큼 시간을 추가적으로 비례하여 교반, 잉크의 균일성을 보장하도록 한다. 즉, 교반기 시간을 specification 증가에 비례하게 셋팅하여 교반시간을 각 교반공정별로도 증가시켜 잉크의 균일성을 보장한다.

b) 스크린 인쇄

스크린 인쇄의 경우 scale up을 하더라도 별도의 변동요인이 발생하지 않는다.

c) 건조

건조의 경우 현재 제품의 건조는 스크린 프린팅 전용 건조대를 사용하여 자연상태로 5분 건조 후 제품을 코팅작업을 진행한다. 이 때 scale-up함에 따라 상대적으로 제품 생산 시 제품의 건조상태가 불균일할 수 있고 그 상태로 건조될 경우 잉크가 건조되었을 때 수분활성도가 달라져 수분불균형에 의해 내부에서 기포를 발생시킬 수 있으므로 정확하고 일정한 시간 간격 및 온도로 건조를 하는 것이 요구된다.

--> 건조의 경우 제품의 건조상태가 균일하게 이루어지는 것이 중요하므로 컨베이어 스크린 인쇄 건조기를 설비로 구축하여 자연송풍이 아닌 항상 일정한 형태의 건조가 이루어지도록 하고 수분활성도를 동일하게 하여 제품의 수분불균형이 발생하지 않도록 한다.

d) 코팅

코팅의 경우 이번 시범적용에 제품을 생산하기 위해 생산방식을 단면코팅으로 진행하였다. 이 때 단면코팅의 경우 양면코팅에 비해 코팅롤이 상부에 하나만 존재하기 때문에 충분한 코팅을 하기 위해서 충분한 열과 시간이 요구되어야 한다. 이 때 scale-up 함에 따라 각 공정별 속도를 공정 상 코팅기 1대만을 이용하여 따라잡기 위해 상대적으로 코팅속도를 늘린 것이 일부 제품들에 열코팅을 불균일하게 하여 내부로 수분 및 기체가 흡수되어 기포가 발생하고 색변화를 다르게 발생시킬 수 있으므로 균일한 열코팅을 위해 단위시간당 일정 속도 및 온도가 보장되어야 한다.

--> 코팅의 경우 scale-up 함에 따라 각 공정별 속도를 공정상 코팅기 1대만을 이용하여 따라잡을 수 없기 때문에 추가적인 코팅기 설비를 구축함으로써 대량생산 시 공정속도를 보장할 수 있도록 한다.

e) UV코팅

UV 코팅의 경우 실질적으로 잉크에 닿는 작업이 아닌 추가적인 작업이므로 scale-up을 하더라도 별도의

변동요인이 발생하지 않는다.

f) 커팅

커팅의 경우 실질적으로 잉크에 닿는 작업이 아닌 추가적인 작업이므로 scale-up을 하더라도 별도의 변동요인이 발생하지 않는다.

위와 같이 1-1세부와 협업하여 Trouble shooting한 결과 및 feed back을 바탕으로 scale-up시 발생할 수 있는 문제점을 최소화하여 대량생산하였다.

2. 효소형 TTI

1) 효소형 TTI 대량생산제조시스템 구축



그림 42. 효소형 TTI 생산라인 개요도

a) 효소형 TTI 생산라인 개요도 제작

1-1 세부와 협업하여 대량생산을 위해 생산방식을 개선하여 생산라인 개요도를 작성하였다. 접착지를 안정적으로 부여하기 위해 용액 주입 전으로 생산 순서를 조정했다. 또한 기존에는 용액을 주입하는 공정과 열접착하는 공정이 동시에 한 명의 작업자가 진행했었다. 하지만 이는 시간 당 생산능력이 떨어지기 때문에 대량생산에는 적합하지 않다. 이를 개선하기 위해 용액을 주입하는 공정과 이를 열접착하는 공정을 분리하였다. 각각의 공정에 작업자를 두어서 용액 주입 후 바로 열접착이 될 수 있게 하였다. 그 결과 시간 당 생산능력이 향상되었다. 개선된 방식으로 제품을 대량생산하였을 경우 예상생산효율은 150-250ea/hr로 나타났다. 보다 높은 생산효율을 얻기 위해서는 용액을 주입하고 열접착하는 공정에

자동화가 도입되어 반자동화 공정으로 개선된다면 생산효율을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 생산 비용 및 인건비도 절감할 수 있다.

b) 대량생산을 대비한 생산설비의 구축



그림 43. 대량 생산을 위해 구축된 수직형 열실링기

효소형 TTI 제품의 대량생산을 대비한 생산설비라인 구축을 위해 수직형 열실링기가 도입되었다. 수직형 열실링기를 사용함으로써 효소형 TTI의 시간당 생산능력이 향상되었으며 기존의 열접착 시 용액이 밖으로 튀어 손실이 일어나는 현상을 방지할 수 있게 되었다.

c) 제품의 가시성 향상

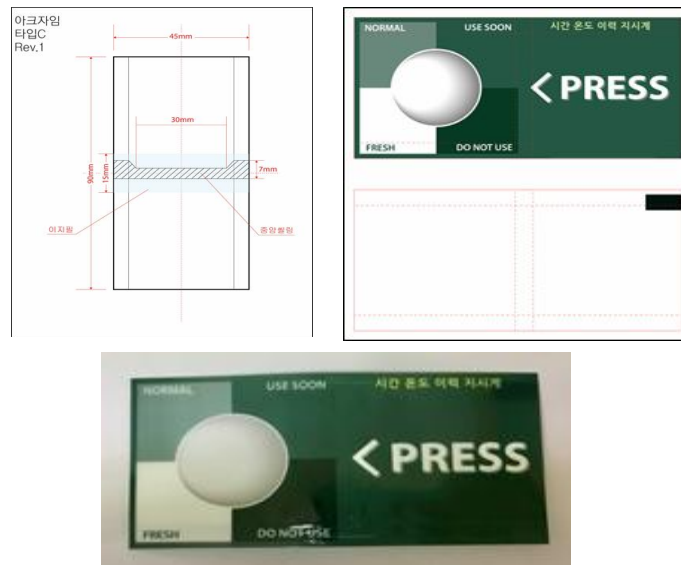


그림 44. 가시성이 향상된 효소형 TTI 필름

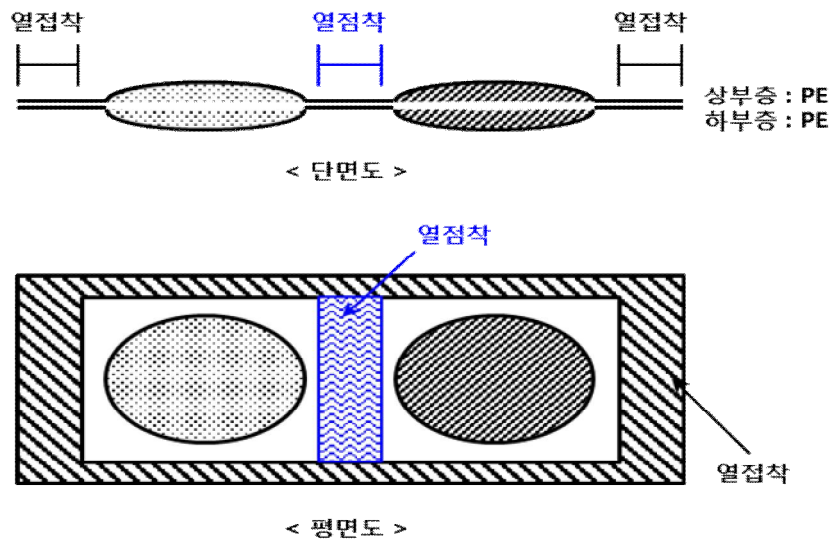
기존의 효소형 TTI에서 가로 세로 약 2배로 크기가 증가된 필름을 제작하였다. 이는 기존 필름보다 색 변화를 관찰할 수 있는 창의 크기가 커짐으로써 색 변화 관찰이 용이해졌다. 또한 기존과는 달리 reference 색이 필름에 반영됨으로써 소비자가 식품의 품질 변화를 쉽게 파악할 수 있다.

d) 밸브 형태의 복합필름 개발 및 특허 진행

(주)R&F chemical에서 1-1 세부와 협업하여 밸브 형태의 복합필름을 개발하였다. 기존 2액 분리형 열점착 복합필름에서 기존 상부필름과 하부필름을 밀봉하는 ‘열점착 방식’을 “자기점착 필름”을 사용하는 방식으로 대체하여 밸브형 복합필름을 구성하는 기술로 효소형 TTI 전용 필름을 개발하였다. 기존의 효소형 TTI 필름은 상부층과 하부층 간 열 점착력 차이를 두어 제조하였는데 이는 필름의 미세한 두께 편차로 인해 동일한 열점착력이 부여되지 못한다는 문제점이 있었다. 그로인해 활성화 이전에 액상 시료의 누수가 발생하거나 강한 압력을 가해도 두 액상 시료가 혼합되지 않는 등의 제품 불량 발생의 가능성이 있었다. 또한 계절이나 제조설비 주변 환경에 따라 열점착 온도를 변경 또는 관리해야하는 번거로움이 있었다.

이러한 단점을 개선하기 위해 기존의 분리형 열점착 복합필름에 자기점착 필름을 사용하여 밸브형 복합필름으로 재설계하였다. 그 결과 효소형 TTI의 활성화 공정 이전에 두 액상 시료의 누수 발생을 방지해주며 가압 후 두 액상 시료간의 원활한 혼합이 가능해졌다. 기존 방식과 동일하게 최종 사용자가 중간층이 점착된 부분에 압력을 가하여 분리된 우 액상 시료를 혼합하는 방식으로 사용할 수 있다.

이 기술은 현재 선행기술에 대한 조사가 완료되었으며 특허 작업 진행 중에 있다. 밸브 형태의 복합필름의 단면도 및 제조 방법은 다음과 같다.



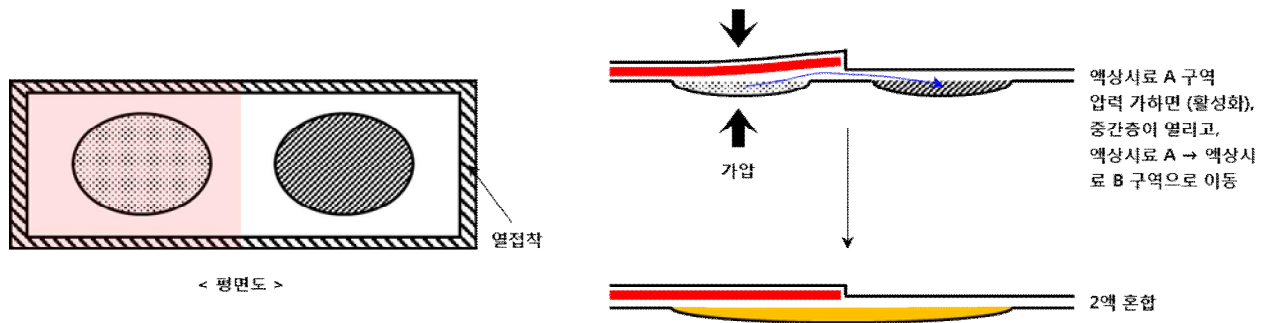


그림 45. 기존 2액 분리형 열접착 복합필름 단면도

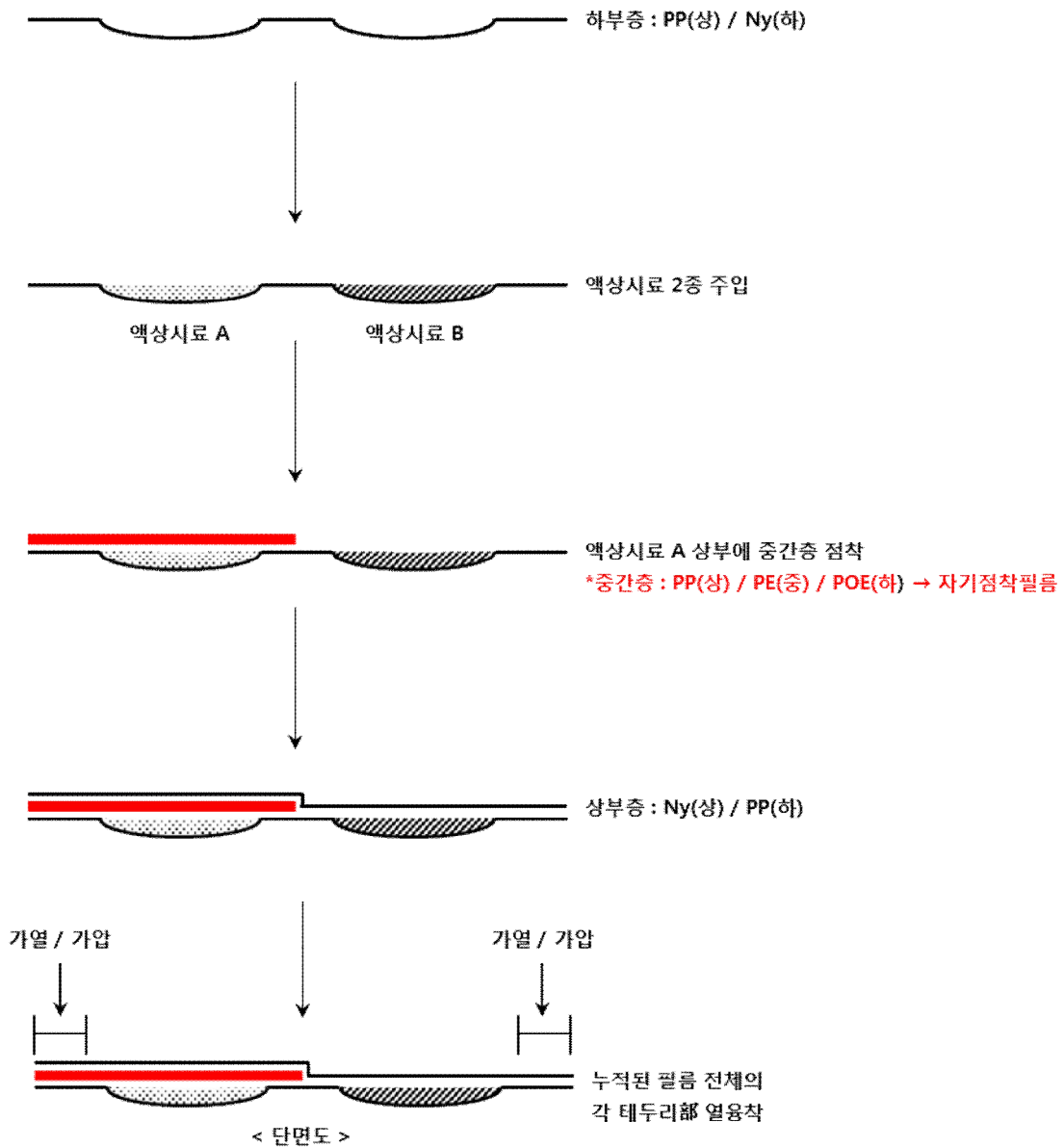


그림 46. 개선된 밸브 형태의 복합필름 단면도

압력을 가하는 활성화 공정 이전에 2종의 액상 시료의 누수 발생을 방지할 수 있으며 가압 이후에 2종의 액상 시료간의 원활한 혼합이 가능하다. 또한 실링부와 자기점착부의 점착력을 각각 상이하게 조절할 수 있다.

2) 효소형 TTI 사용시스템 구축

사용자 입장에서 사용시스템을 구축하였다. 사용시스템으로서 1-1세부와 협업하여 사용매뉴얼을 설계하고 가장 중요하다고 할 수 있는 운송 후 보관방법을 확립하였다. 효소형 TTI의 경우 종이 상자에 소포장되고 이를 다시 종이상자에 외포장하여 배송된다. 효소형 TTI가 외부 압력에 의해 중앙 격막 파열시 활성화된다는 특성 때문에 포장 상자가 파손되지 않도록 충격이 가해지지 않는 것이 매우 중요하다. 또한 제품을 사용하기 전까지 콜드챔버에서의 냉장 또는 냉동보관 뿐만 아니라 실온조건의 보관 창고에서 보관해야 한다.



그림 47. 소포장되어 보관중인 효소형 TTI

3) 효소형 TTI 시범사업 적용 및 평가

a) 시범적용 업체 선정

효소형 TTI 제품을 판매하기 위해 시범적용업체로서 애견 사료 판매업체인 (주)Pet Club을 선정하고 사료용 육제품을 적용 제품으로 하여 제품 판매, 적용을 실시하였다.

b) 제품 판매

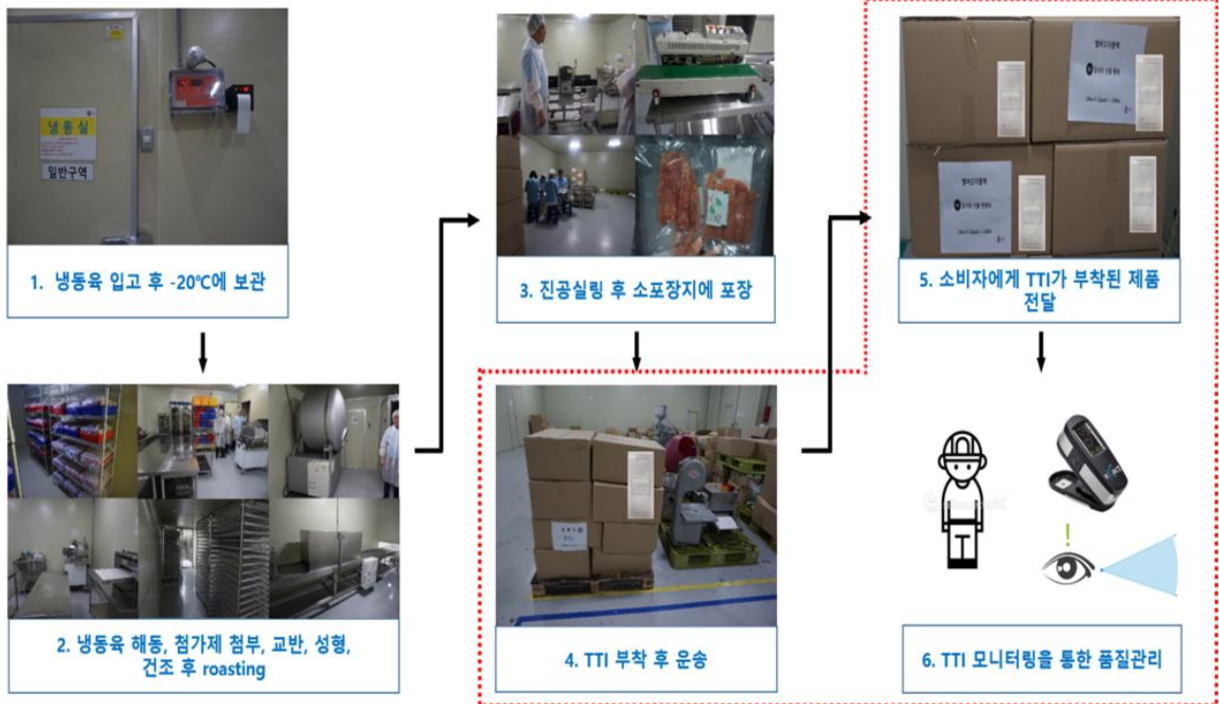
1-1 세부와 협업하여 500 ea의 효소형 TTI 제품을 생산 후 납품하였다. 적용 제품은 사료용 육제품으로, 제품의 유통 과정 점검을 위해 적용되었다. 총 4단계로 나누어 신선도를 지시해주며 활성화하여

제품에 부착 후 실제 유통 조건에서 유통되었다. 제품 납품 결과 KSPI로 기술 이전하여 매출액 250,000원과 경상기술료가 발생하였다.



그림 48. 사료용 육제품 유통과정에 부착된 효소형 TTI

사료용 육제품 포장 현장 조사 [펫클럽]



* TTI 부착 및 유통단계

c) 설문조사 실시

ARC 효소형 TTI 만족도 조사 결과

본 설문지는 ARC 효소형 TTI의 실행 만족도를 위하여 실시합니다.
(A) 매우 그렇다, (B) 그렇다, (C) 그저 그렇다, (D) 그렇지 않다, (E) 매우 그렇지 않다 중 하나를 선택해 체크해 주시기 바랍니다.

설문항목	A	B	C	D	E	합계
1. 제품에 대해 전반적으로 이해하는가?	17	3	0	0	0	20
2. 제품의 가격이 합리적인가?	12	3	5	0	0	20
3. 제품의 색 변화가 가시적으로 이루어진다고 생각하 는가?	10	5	4	1	0	20
4. 제품의 품질에 신뢰하는가?	5	6	7	2	0	20
5. 제품에 대하여 당사 제품을 적용할 의사가 있는가?	14	4	1	1	0	20
6. 제품의 정확성에 대해 신뢰하는가?	6	7	5	1	1	20
7. 제품을 사용함으로써 소비자에게 신뢰감을 줄 수 있 다고 생각하는가?	10	5	5	0	0	20
8. 다른 회사에 저희 제품을 추천하겠는가?	12	4	2	2	0	20
9. 제품을 사용함으로써 당사 제품의 관리가 더 용이 해질 수 있다고 생각하는가?	8	7	4	1	0	20
10. 제품의 디자인에 만족하는가?	10	6	4	0	0	20
기타 사항						
- 좀 더 크기가 작은 형태로 품목도 있으면 좋겠다 - 사각형태가 아닌 다른 형태는 없을지? 원형의 패형태라던지						

효소형 TTI의 시제품 적용의사를 확인하기 위해 (주)Pet Club이 유통 및 거래하는 식육업체 기업주 총 20인을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 설문조사 결과 제품에 대한 적용의사는 상당히 높았으며 제품

의 색변화에 대한 부분도 긍정적인 평가가 나왔다. 전반적으로 좀 더 다양한 크기의 제품도 제작되었으면 좋겠다는 부분과 제품의 디자인이 기존의 사각 형태 외에 보다 다양화되었으면 좋겠다는 의견이 도출되었다.

4) 시범사업 적용 feed back

납품받은 효소형 TTI를 제품의 실제 유통과정에 적용하였으며 그 결과에 대해 feedback 하였다.

a) 효소형 TTI는 사료용 육제품에 부착된 뒤 실제 유통 조건에서 약 39시간 동안 유통되었다. 유통이 끝난 제품을 개봉하여 TTI의 색 변화를 관찰한 결과, 색 변화는 정상적으로 진행되었지만 예상된 시간보다 더 빠른 색 변화가 이루어졌다. 납품받은 TTI는 5도씨에서 5일 동안 색 변화가 완료되는 조건으로 제작된 것이지만 실제 유통 과정에 적용하니 약 3일 내에 색 변화가 완료되었다. 이는 TTI가 제작된 조건과 실제 유통 조건이 완전히 일치하지 않음으로써 발생한 현상으로 추측된다. 이를 보완하여 다음 납품에서는 납품받기 전 실제 유통 조건에 대한 정밀한 조사가 이루어져야 한다. 또한 1-1 세부에서는 정밀하게 조사된 실제 유통 조건을 더 반영한 제품 설계가 이루어져야 한다.

b) 기존 디자인에서 가시성을 향상시키기 위해 개선된 디자인으로 제작된 TTI를 납품받아 실제 제품에 적용해보았다. 그 결과 크기가 큰 제품은 원활하게 제품을 부착할 수 있었지만 크기가 작은 제품에는 부착하기 애매하였다. 또한 냉동 보관되던 제품에 TTI를 부착하려다보니 제품면에 부착이 잘 안 되는 경우도 발생하였다. 이를 개선하기 위해서는 크기가 작은 제품에 부착할 수 있는 보다 작은 크기의 효소형 TTI 생산이 이루어져야 한다. 이는 효소형 TTI의 적용 제품 다양화를 위해 필요한 부분이다. 또한 제품의 부착면을 깨끗하게 한 뒤 부착시키거나 TTI 부착에 사용되는 접착테이프를 개선하여 부착이 잘 안 되는 점을 개선시킬 수 있다.

c) ㈜Pet Club에서는 제품의 유통 과정 점검을 위해 효소형 TTI를 유통 과정에 적용시켰다. 그렇기 때문에 적용된 TTI가 '신선'보다는 '신속, 안전' 등의 단어로 대체된다면 보다 유통 과정을 나타내기에 적합할 것이다. 또한 기존 TTI는 4단계로 신선도를 지시해주었는데 실제 유통 과정에 적용해보니 4단계보다는 3단계가 적합할 것으로 사료되었다.

3. 신선도 가스지시계

1) 신선도 가스지시계 생산 설비 및 구축



그림 49. 신선도 휘발성 염소질소(VBN) 가스지시계 구비 시설 및 장치 구축

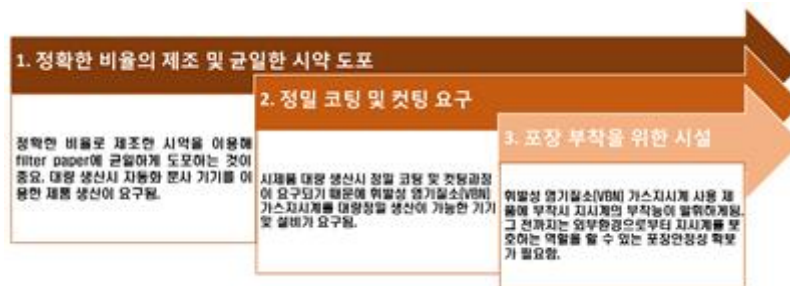


그림 50. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 생산요소

기존의 실험실에서 제작하던 소량의 지시계 공정이 아닌 신선도 가스지시계를 제작하였을 때, 제품을 보관하는 시설, 포장 부착을 위한 시설을 수립하였다. 또 한 신선도 가스지시계를 선정업체에 유통하기까지 지시계의 품질 및 생산관리를 구축하여 실제로 업체에 적용하여 유통이 원활 할 수 있게 진행하였다.

2) 시범적용 업체 선정

신선도 가스지시계를 판매하기 위해 시범적용업체로서 MOU협업을 체결한 신선육 유통업체인 (주)바보스와 (주)체리부로에 적용,계약을 실시하였다.

3) 제품적용 판매 계약완료

a) (주)바보스

기존의 시작품으로 제작한 신선도 가스지시계를 실제 유통되는 신선육에 부착하여 실험을 진행하였다.

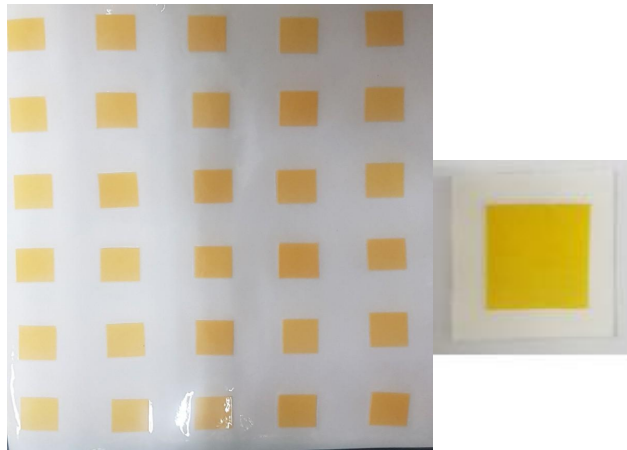


그림 51. 일반 냉동육 제품 부착용 신선도 지시계

위 그림과 같은 형태로 실제 신선육에 적용하기 위해 15,000장 생산을 계약완료하였다. 추가적으로 (주)바보스에서 지시계의 디자인 및 제품 설명서를 요청하여 1-2세부와 협업, 대량생산을 진행하였다.

지능형 농식품 포장연구센터 (지식서)		지능형 농식품 포장연구센터 (견적서)																																																																																																			
QUOTATION		QUOTATION																																																																																																			
<p>신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 설계도</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>순번</th> <th>종류</th> <th>수량</th> <th>수량</th> <th>단가</th> <th>금액</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>cellulose acetate</td><td>300g</td><td>1</td><td>90,000</td><td>90,000</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>acetone</td><td>1L</td><td>1</td><td>60,000</td><td>60,000</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>2-butanone</td><td>1L</td><td>1</td><td>50,000</td><td>50,000</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Dibutyl phthalate</td><td>1L</td><td>1</td><td>3,800</td><td>3,800</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Bromothymol blue sodium salt</td><td>100g</td><td>1</td><td>35,000</td><td>35,000</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>phenol red</td><td>1g</td><td>1</td><td>80,000</td><td>80,000</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Filter paper No.2</td><td>170 x 170mm</td><td>1</td><td>2,000</td><td>2,000</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Hydrophobic Membrane filter PTFE-D</td><td>170 x 170mm</td><td>1</td><td>11,600</td><td>11,600</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>coating film</td><td>170 x 170mm</td><td>1</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>일반직역으로</td><td>100 x 100mm</td><td>1</td><td>20</td><td>20</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="3">합 계</td> <td></td> <td></td> <td>935,420</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">부가세</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">합 계</td> <td></td> <td></td> <td>935,420</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		순번	종류	수량	수량	단가	금액	비고	1	cellulose acetate	300g	1	90,000	90,000		2	acetone	1L	1	60,000	60,000		3	2-butanone	1L	1	50,000	50,000		4	Dibutyl phthalate	1L	1	3,800	3,800		5	Bromothymol blue sodium salt	100g	1	35,000	35,000		6	phenol red	1g	1	80,000	80,000		7	Filter paper No.2	170 x 170mm	1	2,000	2,000		8	Hydrophobic Membrane filter PTFE-D	170 x 170mm	1	11,600	11,600		9	coating film	170 x 170mm	1	1,000	1,000		10	일반직역으로	100 x 100mm	1	20	20		합 계					935,420		부가세							합 계					935,420	
순번	종류	수량	수량	단가	금액	비고																																																																																															
1	cellulose acetate	300g	1	90,000	90,000																																																																																																
2	acetone	1L	1	60,000	60,000																																																																																																
3	2-butanone	1L	1	50,000	50,000																																																																																																
4	Dibutyl phthalate	1L	1	3,800	3,800																																																																																																
5	Bromothymol blue sodium salt	100g	1	35,000	35,000																																																																																																
6	phenol red	1g	1	80,000	80,000																																																																																																
7	Filter paper No.2	170 x 170mm	1	2,000	2,000																																																																																																
8	Hydrophobic Membrane filter PTFE-D	170 x 170mm	1	11,600	11,600																																																																																																
9	coating film	170 x 170mm	1	1,000	1,000																																																																																																
10	일반직역으로	100 x 100mm	1	20	20																																																																																																
합 계					935,420																																																																																																
부가세																																																																																																					
합 계					935,420																																																																																																
<p>신선도 휘발성 염기질소(VBN) 제작공정</p>		<p>Filter paper 1장 기준 163개의 20mm x 20mm 지시계 생산가능 1. 황산 80ml을 시안화칼륨-과산화수소 용액에 첨가하여 2.4g의 2-butanone을 생성한다. 2. 2-butanone을 2.4g의 2-butanone과 2.000g의 Dibutyl phthalate를 혼합하여 4.4g의 2-butanone을 생성한다. 3. 4.4g의 2-butanone을 2.000g의 Dibutyl phthalate와 1.000g의 Bromothymol blue sodium salt를 혼합하여 3.000g의 염색액을 생성한다. 4. 염색액을 1.000g의 phenol red와 1.000g의 Hydrophobic Membrane filter PTFE-D를 혼합하여 3.000g의 필터를 생성한다. 5. 필터를 3.000g의 coating film과 1.000g의 일반직역으로를 혼합하여 3.000g의 시제품을 생성한다.</p>																																																																																																			



그림 52. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시범적용

제작한 지시계 시제품을 이용하여 체결한 선정업체의 납품 받는 프랜차이즈 가맹점을 대상으로 지시계 대량부착 하였으며, 제품 적용후 안전한 먹거리와 소비자들이 식육의 부패여부를 쉽게 확인 할 수 있다.

b) (주) 체리부로

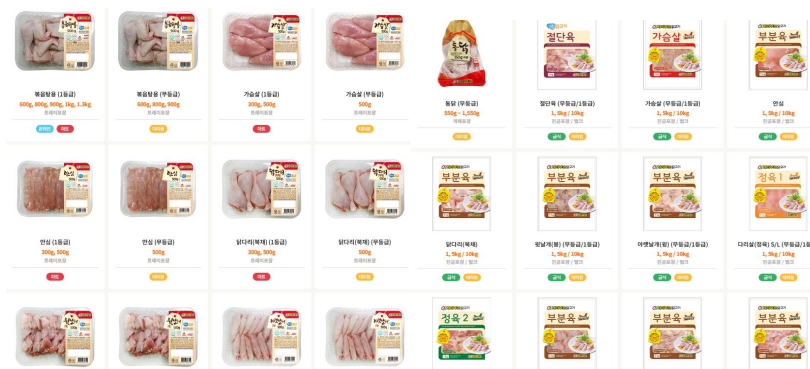


그림 53. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시범적용

신선육 중 닭고기는 가장 부패가 빨리 되는 육류로써, 1-2세부와외의 협업을 통해 실제 유통되는 닭고기에 신선도 가스지시계를 부착하여 저장 실험을 진행하였다.

체리부로와의 MOU협약을 맺으며, 시중에 유통되는 체리부로의 닭고기에 맞춘 신선도 가스지시계를 생산 예정이다. 1차년도에 시제품 공정도에 따라 제조 장치 시스템 구축을 활용하여 하드웨어의 성능, 작업 조건, cleaning과 안전 관리 등 전반적인 관리를 통해 생산 및 판매 진행하였다.

표 1. 신선도 휘발성 염기질소(VBN)가스지시계 기기 성능 및 관리

단계	기기 관리	작업 관리	Cleaning	안전 관리
원료 보관	1) incubator <ul style="list-style-type: none"> 전체용량 : 1176 L 온도범위 : -18℃ ~ 25℃ 사용전압 : AC 220V 60Hz 점검주기 : 1년 	1) incubator <ul style="list-style-type: none"> 작업온도 : 25℃ 	1) incubator <ul style="list-style-type: none"> 3개월 마다 세척 	
원료 배합	1) Portable Ultrasonic Cleaner <ul style="list-style-type: none"> 용량 : 2L 온도범위 : -20℃ ~ 50℃ 사용전압 : 100W 점검주기 : 1년 2) separatory funnel shaker <ul style="list-style-type: none"> 속도범위 : 60 ~ 350rpm 사용전압 : AC 230V 50/60Hz 1Ø 점검주기 : 1년 	1) Portable Ultrasonic Cleaner <ul style="list-style-type: none"> 조건 : 25℃, 30분 2) separatory funnel shaker <ul style="list-style-type: none"> 속도범위 : 60 ~ 350 rpm 1회 혼합량 : cellulose acetate 0.6g, acetone 20ml, butanol 20ml, Dibutyl phthalate 0.62g, Bromothymol blue 18mg, phenol red 12mg 	1) Portable Ultrasonic Cleaner <ul style="list-style-type: none"> 10회 사용 마다 증류수 완전 배수 후 알코올로 세척 2) separatory funnel shaker <ul style="list-style-type: none"> 1년마다 정기점검 	
포장 (GI 제작)	1) 실링포장기계 <ul style="list-style-type: none"> 사용전압 : AC 220V 60Hz 800W 사용용기 : 230x190mm 이내 점검주기 : 1년 2) 시료 주입기 <ul style="list-style-type: none"> 최대용량 : 1ml 작업용량 : 190μl 사용전압 : AC 220V 60Hz 점검주기 : 5000회 	1) 실링포장기계 <ul style="list-style-type: none"> 조건 : 165~180℃에서 10초간 필름 부착 2) 시료 주입기 <ul style="list-style-type: none"> 1회 주입량 : 포장용기별 사이즈에 따라 다름 	1) 실링포장기계 <ul style="list-style-type: none"> 1년마다 정기점검 2) 시료 주입기 <ul style="list-style-type: none"> 100회 주입 후 주입부분 부품 교체 	-안전장갑 (특히, 고온 고압부인 열 접촉부에 손이 닿지 않도록 주의)
접착능 부여	1) 양면테이프 자동 커팅기 <ul style="list-style-type: none"> 표지 사양 : 최대 550mm/ 최소 60mm 부착속도 : 31m/min 사용전압 : AC 220V 60Hz 점검주기 : 3개월 	1) 양면테이프 자동 커팅기 <ul style="list-style-type: none"> 조건 : 가로 80mm, 세로 25mm 	-	-작업 중 기계 근처 접근 자제
완제품 보관	1) incubator <ul style="list-style-type: none"> 전체용량 : 1176 L 온도범위 : -18℃ ~ 25℃ 사용전압 : AC 220V 60Hz 점검주기 : 1년 	1) incubator <ul style="list-style-type: none"> 작업온도 : 25℃ 	1) incubator <ul style="list-style-type: none"> 3개월 마다 세척 	-

c) 설문조사 실시

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 시제품 적용의사를 확인하기 위해 (주)바보스, 체리부호가 유통 및 거래하는 식육업체 대상으로 설문조사를 진행하였다. 설문조사를 바탕으로 제품의 색변화 균일성, 다양한 제품의 지시계 및 디자인 등을 고려하여 지시계의 생산 및 공정 설계, feed back를 토대로 수정 보완하였다.

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 만족도 조사

본 설문지는 ARC 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 실행 만족도를 위하여 실시합니다.
 (A) 매우 그렇다, (B) 그렇다, (C) 그저 그렇다, (D) 그렇지 않다 (E) 매우 그렇지 않다 중 하나를 선택해 체크해 주시기 바랍니다.

설문 항목	A	B	C	D	E	합계
1.제품에 대해 전반적으로 이해하는가?						
2.제품의 가격이 합리적인가						
3.제품의 색 변화가 가시적으로 이루어진다고 생각하는가?						
4.제품의 물질에 신뢰 하는가?						
5.제품에 대하여 당사 제품을 적용할 의사가 있는가?						
6.제품의 정확성에 대해 신뢰 하는가?						
7.제품을 사용함으로써 소비자에게 신뢰감을 줄 수 있다고 생각 하는가?						
8.다른 회사에 저희 제품을 추천하겠는가?						
9.제품을 사용함으로써 당사 제품의 관리가 더 용이해질 수 있다고 생각하는가?						
10. 제품의 디자인에 만족하는가?						

기타사항

4. 이산화탄소 가스지시계

기존 키토산을 이용한 이산화탄소 가스지시계는 키토산 비드의 용해 유무를 육안으로 확인하고 소비자가 구별할 만큼 뚜렷하지 않다는 단점이 있어서 이를 보완하기 위해 색변화를 뚜렷하게 확인할 수 있는 지시약을 이용하였다. 또한, 대량생산을 위하여 아가로스를 활용한 겔형 이산화탄소 가스지시계를 개발하였고, 이에 맞는 공정 설계를 진행하였다.

1) 이산화탄소 가스지시계 설계 및 제조

a) 물질부: 원료의 칭량은 정밀저울과 대량 전자저울을 이용하여 칭량하였다. 젤 타입의 이산화탄소 가스지시계 제작을 위해 아가로스 파우더를 이용하였고, 초기 pH를 설정하기 위해 인체에 무해한 탄산 수소 나트륨을 이용하였다. 또한, 이산화탄소 발생에 따른 색변화를 보여주기 위해 리트머스, 안토시아닌, 크레졸 레드 등 다양한 지시약을 이용하였으며, 제품 생산에서는 색변화가 뚜렷한 크레졸 레드를 이용했다.

b) 커버부: 물질부가 완성되면, 포장 단계를 거치게 된다. 이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기에 맞게 자른다. 포장재에 지시계를 넣어 열처리를 통해 밀봉시켜 지시계가 마르지 않도록

한다. 제작된 이산화탄소 가스지시계는 냉장보관한다.

c) 이산화탄소 가스지시계 시작품 제품 제작

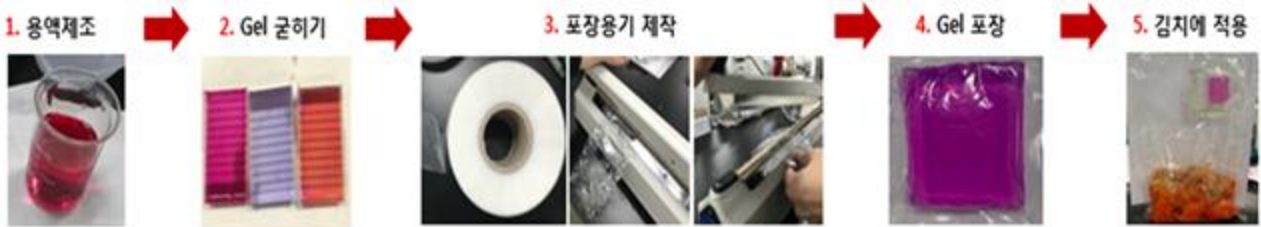


그림 54. 이산화탄소 가스지시계 제작과정(시작품)

2) 이산화탄소 가스지시계 적용 및 반응성 확인

a) Cresol Red를 이용하여 제작한 이산화탄소 지시계를 포장김치에 적용하여 색변화를 관찰하였다. 각각 23℃ 와 7℃에서 실험을 진행하여 NaHCO₃의 농도 및 가스흡수제의 유무 이외에 온도에 따른 색변화를 관찰하였다. 상온에서는 8일 이내에 모든 지시계의 색이 변화하였지만, 7℃의 경우 이산화탄소 가스 흡수제가 포함된 김치에서의 지시계가 변화하는 데 1개월의 시간이 소요되었다. 또한, 이산화탄소에 반응하여 지시계의 색이 변화한다는 것을 보여주기 위해 지시계의 색이 변화하는 순간의 이산화탄소 농도를 측정하였고, 대조군 실험을 진행하였다.

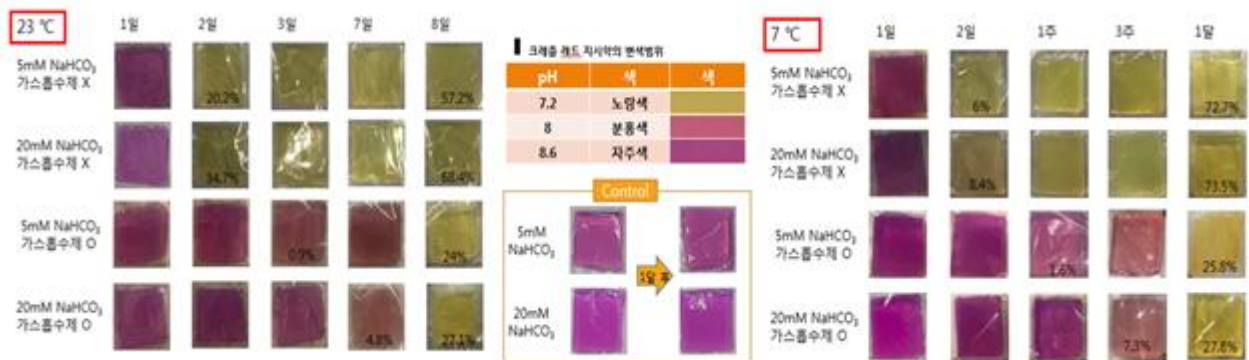


그림 55. 겔형 이산화탄소 가스지시계의 김치에서의 적용

b) 이산화탄소 농도에 따른 색변화를 관찰하기 위해 관찰하기 위해 김치포장지 내의 이산화탄소 농도를 측정하고 이에따른 그래프를 작성하였다. 상온과 7℃에서의 NaHCO₃농도와 이산화탄소 흡수제 유무에 따른 이산화탄소 농도 그래프로, 온도에 따른 두 그래프는 전체적으로 비슷한 양상을 보이지만 7℃의 경우 이산화탄소의 발생량이 상온에 비해 적기 때문에 이산화탄소의 농도가 증가하는 데 오랜 시간이 걸리는 것을 알 수 있다. 가스흡수제가 포함되지 않은 김치에서는 온도에 관계없이 시간이 지남에 따라 이산화탄소의 농도가 약 70%까지 증가하는 것을 알 수 있는데 7℃에서는 초기 이산화탄소의 농도증가량이 상온에 비해 느린 것을 알 수 있다. 가스흡수제가 포함된 김치는 상온과 7℃에서 모두 일정 시간이 지난 후 이산화탄소 농도가 급증함을 확인할 수 있다. 이는 가스흡수제의 이산화탄소 흡수 한계치를 초과하여 흡수되지 못한 이산화탄소의 발생으로 나타나는 양상이라고 유추할 수 있다.

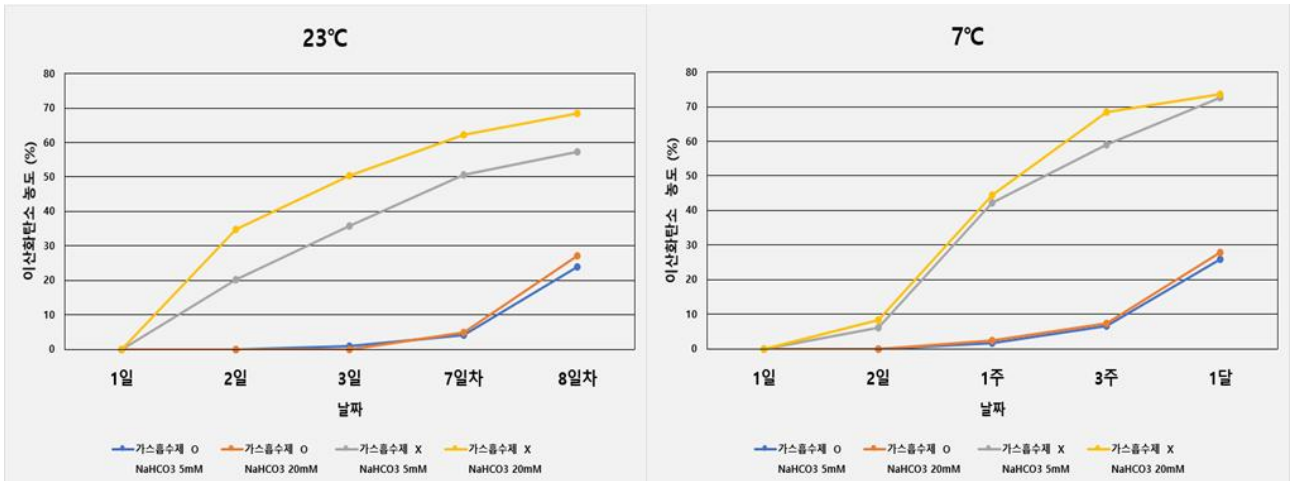


그림 56. 겔형 이산화탄소 가스지시계의 김치에서의 적용했을 때 이산화탄소 농도

3) 가스지시계 제작 형태 변경 및 추가 색변화 실험

a) 대량생산을 위해 기존 젤만 사용하여 포장하는 방법에서 더 규격화된 형태로 변경하였으며 민감도에 따른 색변화를 세부적으로 관찰하기 위하여 기존 실험보다 다양한 농도의 탄산수소나트륨을 이용하여 실험을 진행하였다. 이에 따라, 더 다양한 제품에서 적용할 수 있도록 다양한 조건에서의 데이터가 축적되었다. 또한, 가스지시계의 점진적인 색변화 관찰을 위하여 기존 20%에서 5% 이산화탄소 농도로 실험을 진행하였고, 지시약으로 사용된 크레졸 레드의 농도를 2배 증가시켜 가시성을 개선하였다.

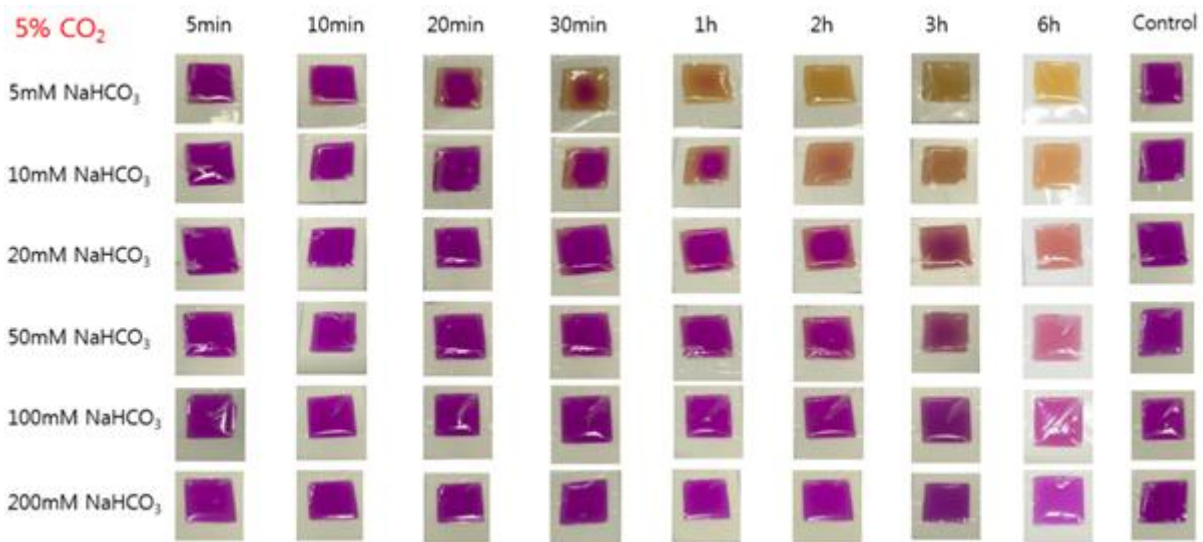


그림 57. 5% 이산화탄소 농도에서의 탄산 수소 나트륨 농도별 지시계의 색변화

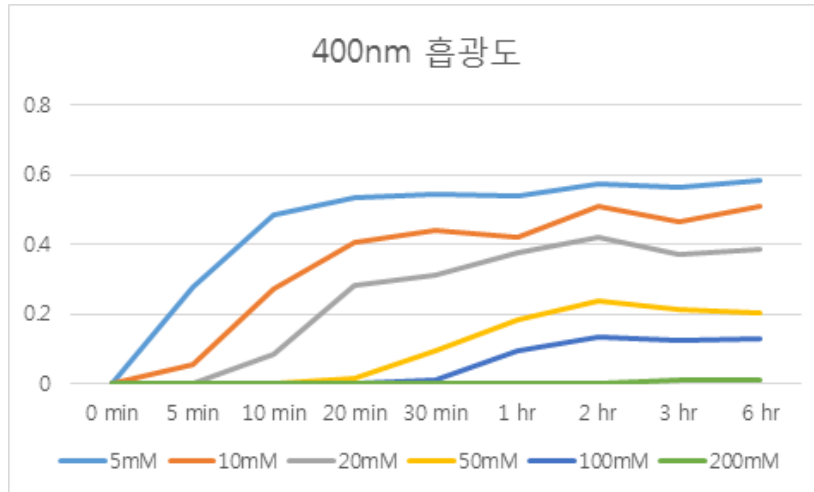


그림 58. 지시계의 400nm에서의 흡광도

4) 제조방법 설명서 제작

원료 배합	<p>- 이산화탄소 indicator 물질부 제조 (50ml 기준)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 비커에 증류수 42ml 넣고 agarose 0.5g을 첨가한다. 2. Agarose를 넣은 용액을 끓여 녹인다. 3. 0.01% cresol red 용액 1ml를 넣어준다. 4. 1M KCl을 7.5ml 넣어준다. 5. 5mM NaHCO₃ 기준으로 1M NaHCO₃ 용액 250ul를 넣어준다. 6. 용액을 틀에 넣고 굳힌다. 7. 알맞은 크기에 맞게 자른다.
포장 및 접착	<p>- 이산화탄소 indicator 포장재 제작</p> <p>이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기에 맞게 제작한다.</p> <p>실링 포장용기를 이용해 각 크기에 맞게 제품을 포장한다.</p> <p>균질화된 이산화탄소 indicator를 분주한 다음 적당한 온도로 접착한다.</p>

그림 59. 이산화탄소 가스지시계 제조방법 설명서

이산화탄소 가스지시계 포장시스템의 대량생산을 위한 제조방법 설명서를 제작하였다. 기존 시장에서 사용되는 제조방법 설명서 양식을 참고하여 작성하였다.

5) 가스지시계 구비 시설, 장치 구축 및 생산요소

가스지시계의 대량생산을 앞서 알아야 할 제조, 관리, 포장 및 부착에 대한 주의사항과 제품생산에 위해 필요한 시설 및 장비들에 대해 작성하였다.

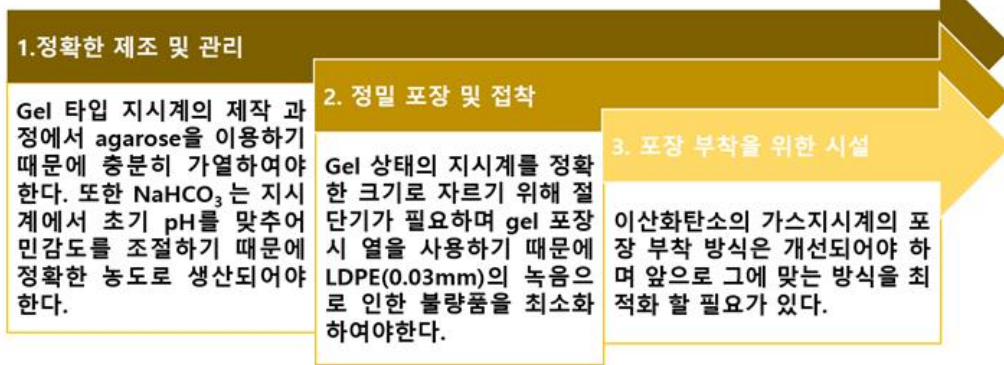


그림 60. 이산화탄소 가스지시계 구비 시설 및 장치 구축

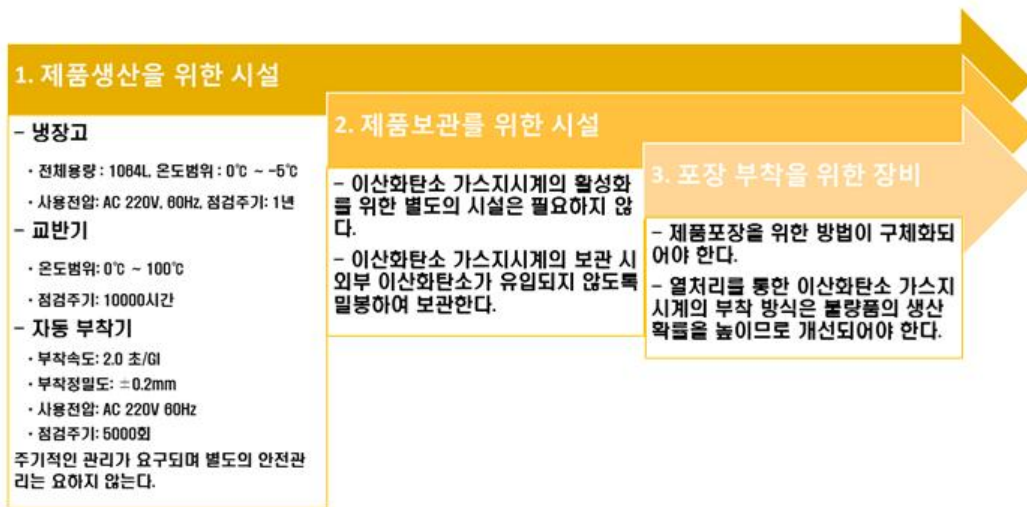
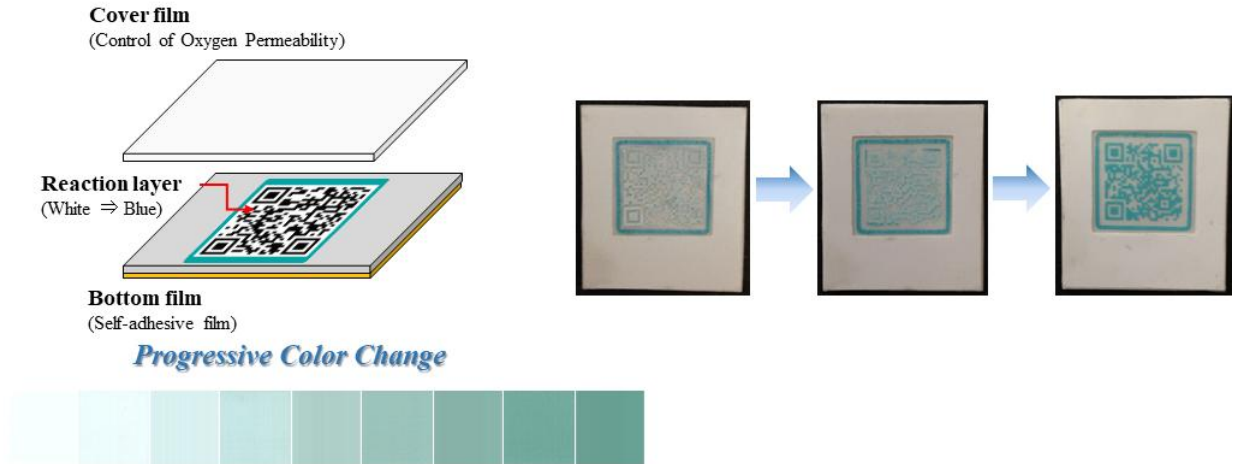


그림 61. 이산화탄소 가스지시계 생산 요소

[3차년: 지시계의 사업화]

1. 인쇄형 TTI



1) 제품 생산

a) 기존의 인쇄형 TTI는 열코팅 방식으로 제작되며 이때 여러 종류의 필름을 순차적으로 열을 가하여 코팅한다. 이러한 방식을 적용할 때 필름별로 적정 코팅 온도가 다르기 때문에 코팅 시 항산화제가 포함된 잉크에 열적으로 영향을 줄 수 있으므로 이를 단순화시켜 코팅에 이용하는 필름을 합치시켜 사용하는 방법을 채택하였으며, 이로 인하여 열코팅 공정 시간을 단축시켜 열에 의한 영향을 최소화하고 제품의 완성도 증가 및 시간적 효율을 증가시켰다. 또한 2차년도에 구축한 대량생산 설비를 적용하여 전자동 스크린 인쇄기를 사용함으로써 균일하고 완성도가 높은 인쇄형 TTI를 제작할 수 있는 생산라인을 구축하였다.



그림 62. 인쇄형 TTI 디자인 도안

인쇄형 TTI 생산라인 개요도 (열코팅필름, 단면)

자재준비 및 잉크 준비 (잉크 100mL 기준 15000장 생산가능,
별도의 준비 없이 피인쇄지만 준비함. **피인쇄지 준비기간 2-3일**)

1. 실크스크린인쇄 생산효율 70ea/8sec	2. 건조 생산효율 70ea/180sec (동시 최대 7000ea 가능)
3. 필름중형성 (라미네이팅기로 단면을 한번에 코팅) 생산효율 70ea/5sec 소요	4. 재단 70ea/10sec (동시 15000ea 이상 가능)
5. 제품 컷팅 70ea/20sec소요	6. 포장 70ea/10sec (동시 700ea 이상 가능)

예상생산효율: 20000-30000Ea/hr

그림 63. 인쇄형 TTI 생산라인 개요도

b) 1-1 세부와 협업하여 생산방식을 개선하여 대량 생산라인을 구축하였다. 기존에는 인쇄지에 잉크를 인쇄하는 공정과 열을 가하여 코팅하는 공정이 수작업을 통하여 진행되어 시간 당 생산능력이 떨어지기 때문에 대량생산에는 적합하지 않다. 뿐만 아니라 여러 필름을 순차적으로 코팅할 경우 코팅에 필요한 적정 온도가 필름마다 다르기 때문에 향산화제의 적정 온도를 벗어났을 경우 인쇄형 TTI의 기능에 영향을 미칠 수 있다. 이를 개선하기 위해 전자동 스크린 인쇄기(Daeshin I tech, Korea)를 이용하여 자동으로 인쇄지에 잉크를 동일한 양과 모양으로 인쇄되게 함으로써 생산 시간을 단축하고 대량 생산에 적합한 생산 라인을 구축하였다. 또한 PET (25 μ m), EVOH (50 μ m), OPP (12 μ m), PVC (80 μ m)를 합치하여 제작한 복합 필름으로 코팅 필름을 개선하였다. 개선된 방식으로 제품을 대량생산하였을 경우 예상생산효율은 333 ~ 500 ea/min으로 나타났다.



그림 64. 전자동 스크린 인쇄기

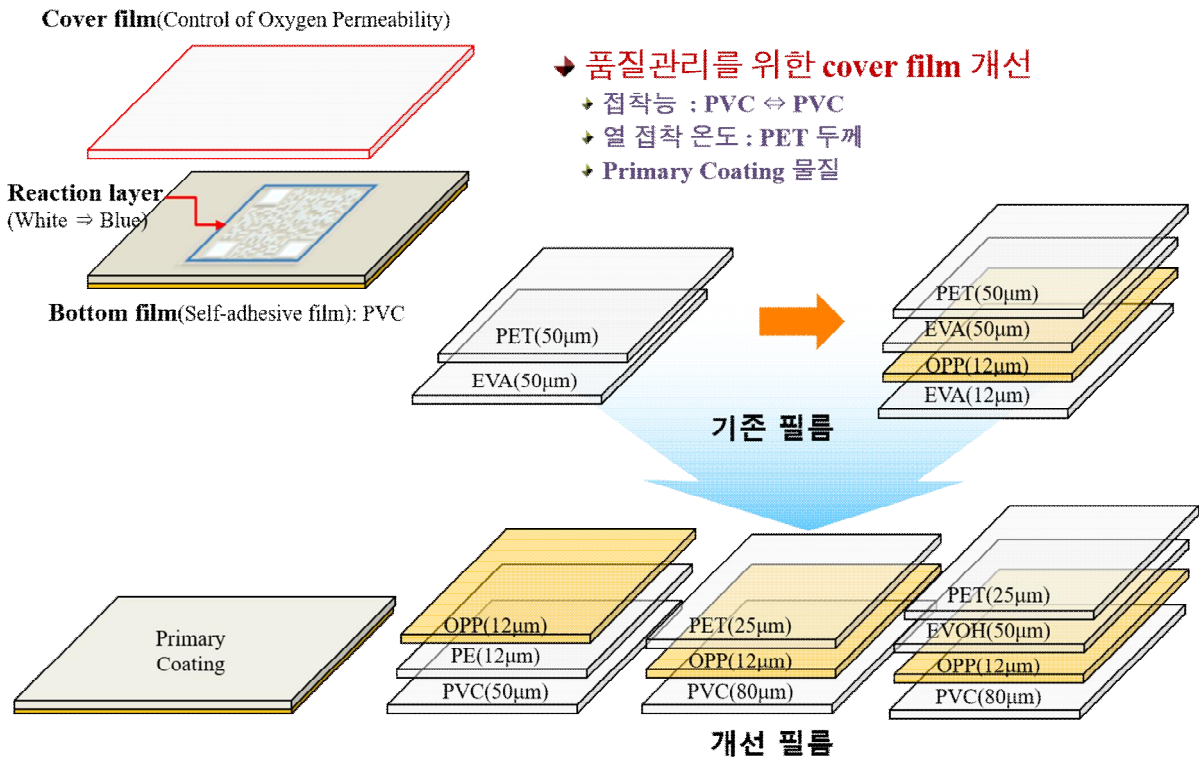


그림 65. 인쇄형 TTI 복합필름 구성

인쇄형 TTI 생산 공정 및 대량생산 시스템

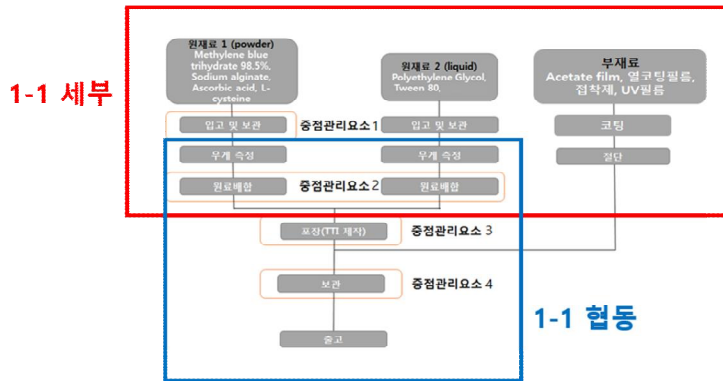


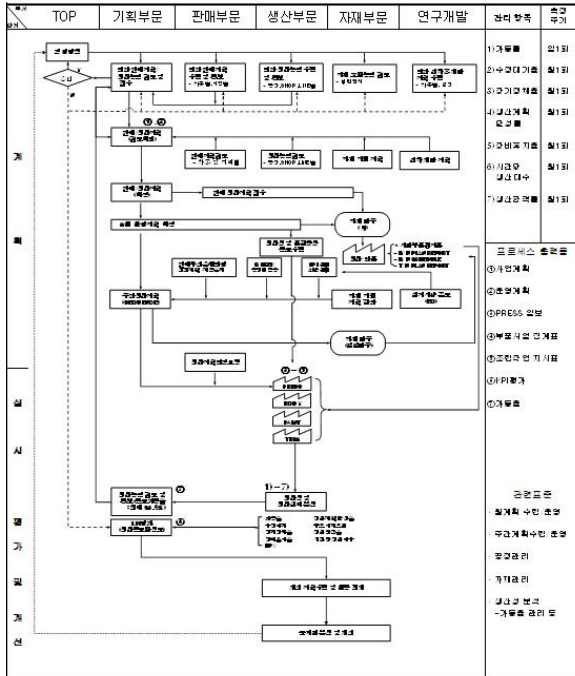
그림 66. 생산공정을 고려한 인쇄형 TTI 자동 대량생산 시스템

2) 생산 관리

인쇄형 TTI의 생산공정개선을 통하여 원가 절감, 생산성 및 품질향상, 공정 관리 등의 업무를 수행하기 위하여 1-1세부의 「TTI 생산관리 지침 설계」를 기반으로 원활한 라인 가동과 적절한 인원배치를 통하여 불량률을 최소화하며 원가절감을 이루며 제품생산이 원활하게 이루어 질 수 있도록 하였다.

VI. 프로세스 관리

생산관리 체계도



VI. 프로세스 관리

공정관리 체계도

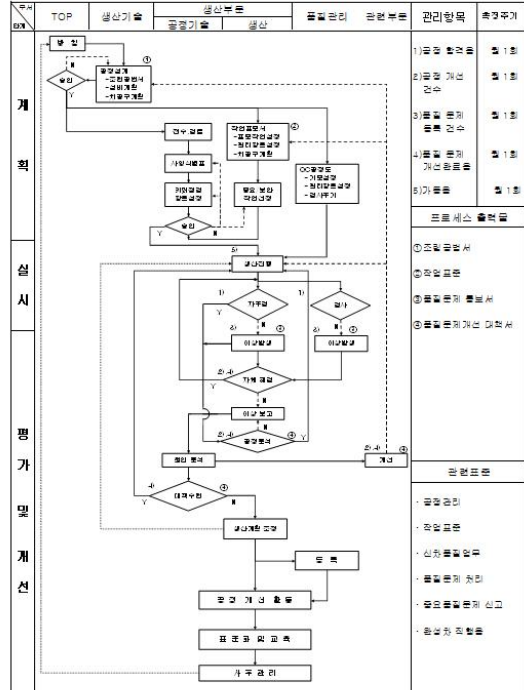


그림 67. 인쇄형 TTI 생산 관리 프로세스

* 생산 관리를 위한 주요 사항

- 생산계획 :
 - 판매 및 납품계획에 의한 연간, 연동, 일별 생산계획 작성
 - 다양한 factor에 의한 생산계획 수립
 - 생산계획을 작업지시 module과 연계하여 실적분석
 - 영업의 판매계획 및 실제실적에 대한 비교분석 자료 산출
- 작업공정/순위 :
 - 자동으로 품목에 대한 결품예상 내역 분석
 - 작업지시별 자재변경 및 할당변경 요청
 - 미처리 작업에 대한 공정별 일정 자동 계산
- 작업보고/실적 :
 - POP 또는 PDA system간 연계하여 현장의 작업실적을 실시간으로 수집
 - 공정 품질검사에 대한 check를 중간 또는 최종공정에 삽입할 수 있는 기능 제공
 - 작업실적 수집 시, 부적합, 불량, 폐기에 대한 자료를 수집하여 분석 자료 제공
 - 공정에 대한 생산성 분석 (효율, 가동율, 능률)
- 외주관리 :
 - 작업지시에 의한 자동외주 의뢰 가능
 - 외주의뢰와 관련한 사급자재 출고예정자료 자동 생성
 - 외주처별 재고관리

- 외주 입고를 기준으로 자동으로 공정실적 생성 (공정재고 관리기능)

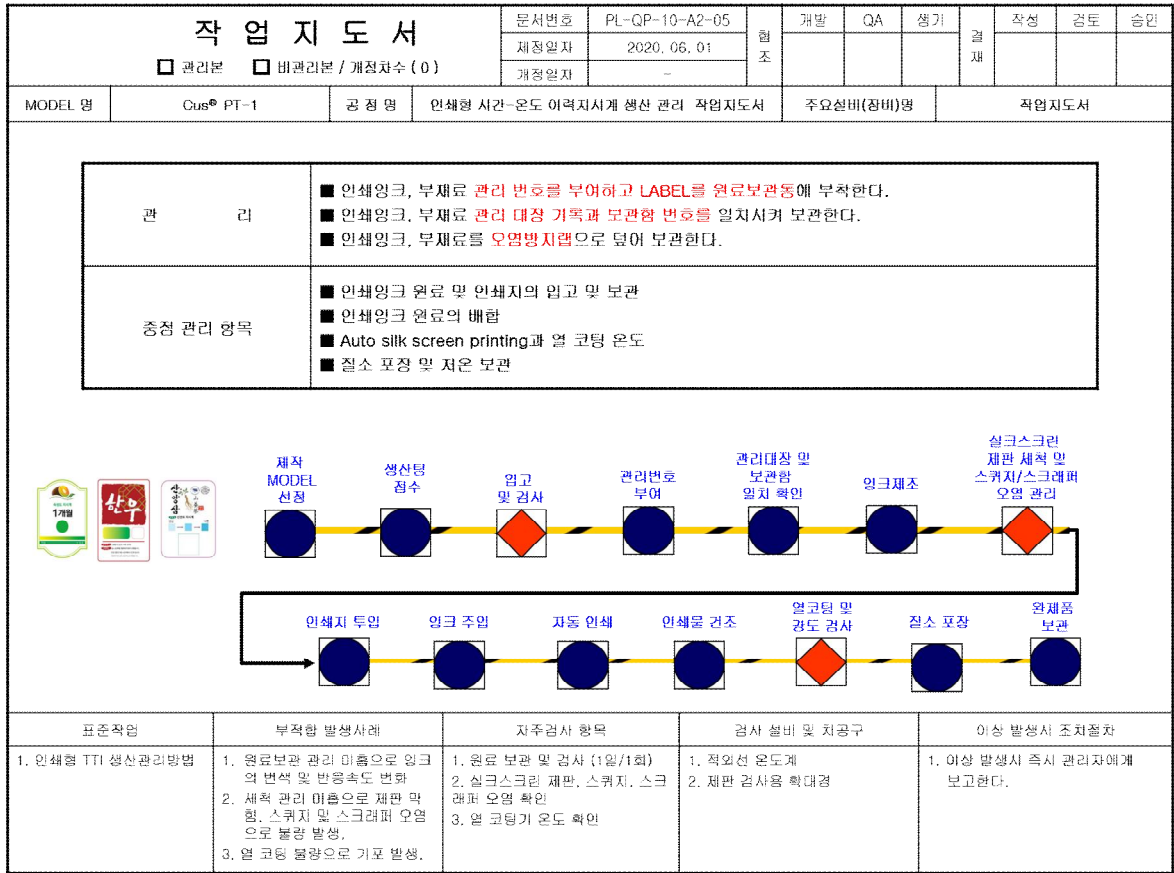


그림 68. 인쇄형 TTI 작업지도서

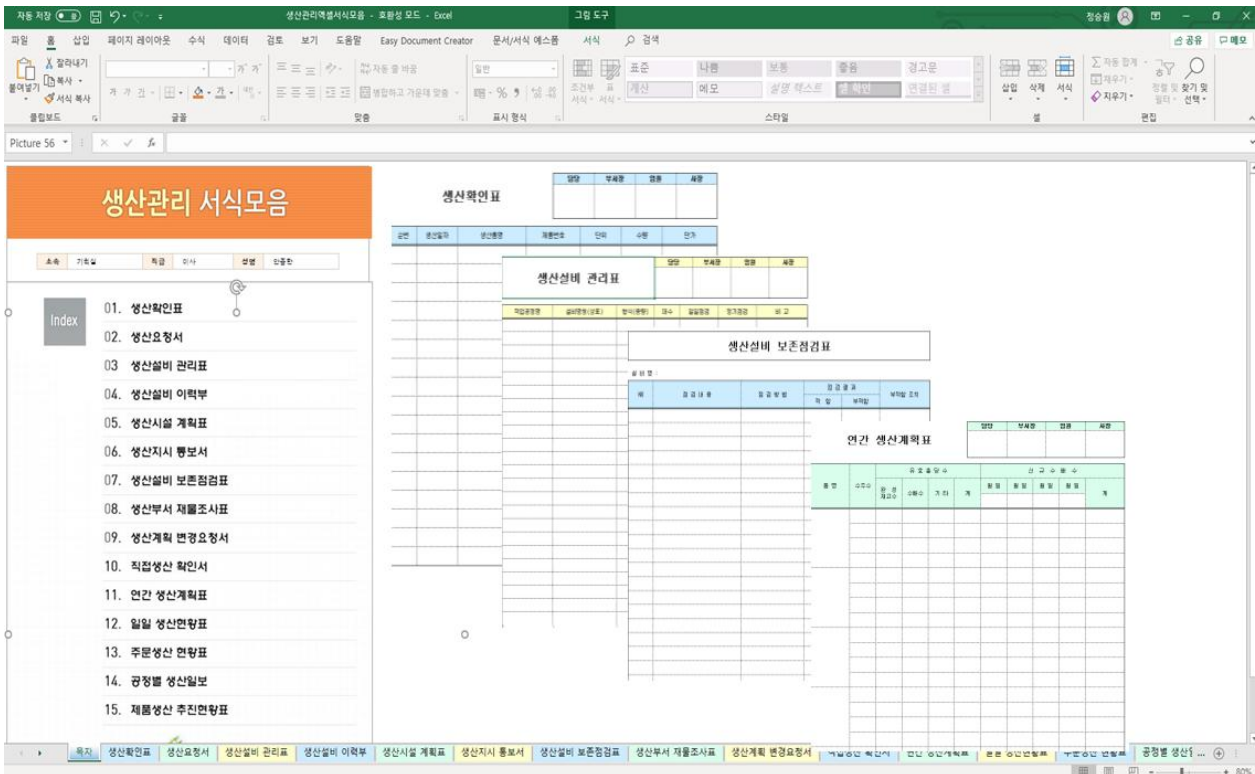
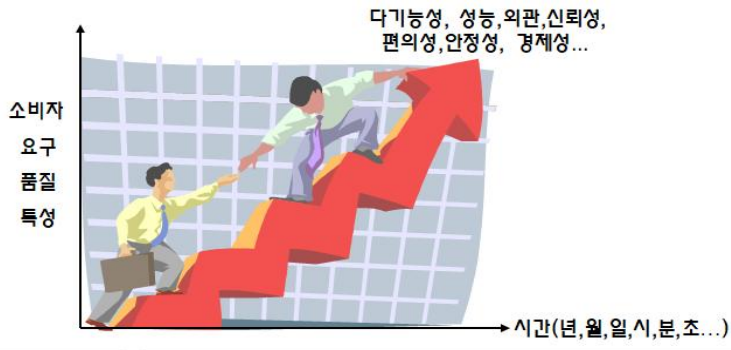
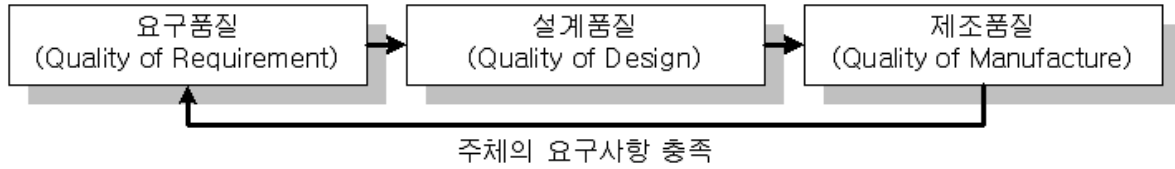


그림 69. 인쇄형 TTI 생산 관리를 위한 Excel 문서

3) 품질 관리

품질관리란, 수요자의 요구에 맞는 품질의 제품을 경제적으로 만들어 내기 위한 모든 수단의 체계라고 정의하고 있다(한국공업규격 KSA3001). 본 연구에서는 효소형 TTI의 품질은 제품의 유용성을 결정하는 성질 또는 그 제품이 사용목적에 달성하는데 있어 갖추어야 할 성질로 규정하였다.



특성 항목	특성
일반적 특성 (협의의 특성)	성능, 순도, 강도, 치수, 중량, 공차, 외관, 신뢰성, 수명, 불량율, 포장성, 안전성
코스트, 수익관계	수율, 원단위, 로스, 원재료비, 생산비, 불량율, 원가, 판매가격, 이익
생산량, 소비량관계	생산량, 대체에 대한 로스, 공차의 결정법, 소비량, 생산계획의 변경, 납기
제품 출고후의 문제	보증기간, 운전방법, 부품의 호환성, 설명서, 저장방법, 수리의 난이도, 손질방법, 보급부품, 크레임, 사용기한, 서비스, 조사와 처리, 소비자의 불만과 요구, 시장조사 제품의 폐기처리,

이에 본 연구에서는 1-1 세부과제와 협업하여 인쇄형 TTI의 품질특성을 파악하여 품질에 가장 크게 영향을 미치는 3가지 인자를 선정하여 인쇄형 TTI 품질관리 지침을 설계하였다.

a) 전자동 프린팅 스크린에서의 인쇄지에 대한 인쇄성

첫 번째는 전자동 프린팅 스크린을 이용한 인쇄지에 대한 인쇄성의 품질을 관리해야 한다. 전자동으로 자동 인쇄할 경우 실크스크린 제판과 스쿠지 및 스크래퍼의 수평이 맞아야 균일한 잉크의 도포를 단할 수 있다. 또한 인쇄 공정에서 제품이 일정한 양과 모양으로 인쇄되었는지를 평가해야 한다. 인쇄되는 모양에 따라 평가되는 요소가 다르다. QR코드 모양으로 인쇄될 경우 모든 QR 코드가 제대로 인쇄되었는지, 제대로 인쇄되었다면 제대로 인식 되는지를 확인용 기기를 이용하여 평가하여야 한다. 도형 모양으로 인쇄할 경우 정확하게 도형이 인쇄되었는지에 대한 품질관리가 이루어져야 한다. 또한 잘못된 조건의 열코팅으로 인한 완제품의 기포 생성 여부와 코팅 후 필름의 접착능을 육안으로 평가하여야 한다.

b) 인쇄형 TTI의 생산 후 제품균일성

두 번째는 인쇄형 TTI의 균일한 활성화를 확인하여야 한다. 우선적으로 완성도가 높은 제품으로서의 가치 판별 및 반응 여부를 확인하기 위하여 잉크 제조 과정 중 항산화제의 배합비율을 계속적으로 점검해야 한다. 또한 인쇄형 TTI 생산 후, 완성된 제품의 변질 여부를 판단하기 위하여 기준 온도에서 시간에 따른 색변화를 매뉴얼의 reference와 비교하여 점검하여야 한다. 또한 공급된 제품을 샘플링하여 품질

평가가 진행되어야 한다.

c) 포장에 대한 관리

마지막으로 포장에 대한 관리이다. 인쇄형 TTI 생산 후, 제품에 부착되기 전에 보관을 하기 위해 질소 포장을 실시한다. 이때, 질소가 포장지 안에 충분히 충전되지 않고, 열접착이 잘 되지 않는다면 내부에 있는 모든 인쇄형 TTI가 공기에 노출되어 산소와 반응하므로 제품으로서의 가치가 떨어져 사용할 수 없게 된다. 따라서 이에 대해 관리가 이루어져야 할 것이며, 질소포장기기를 정기적으로 점검하여야 한다.


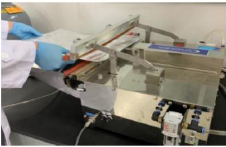




품질지도서		TYPE		작성일		결	
		품명		발행처		작성	검토
공정명: 인쇄형 TTI 대량 생산		약도		재			
<p>작업방법</p> <p>원료 배합 2단계 Methylene Blue (Tributylammonium salt) 용액 2.0g, Glycine 2.0g, 0.5M NaOH 용액 1.0g을 각각에 넣고 교반하여 혼합한다. 이 용액을 15분간 용해시킨다.</p> <p>원료 배합 3단계 이 용액을 1.0g의 Sodium alginate 1g용 용액의 부피와 같은 부피로 혼합한다. 이 용액을 15분간 용해시킨다. 이 용액을 1.0g의 Sodium alginate 1g용 용액의 부피와 같은 부피로 혼합한다. 이 용액을 15분간 용해시킨다.</p> <p>원료 배합 4단계 이 용액을 1.0g의 Sodium alginate 1g용 용액의 부피와 같은 부피로 혼합한다. 이 용액을 15분간 용해시킨다.</p>		  					
공정특성	세척 미흡으로 인한 재판 인쇄구 마킹, 열코팅기의 온도 이상						
특성	End-point 도달 시간 불일치						
중점관리	정확한 잉크 배합비, 인쇄 균일성, 코팅 온도, 질소포장						
관리항목	모든 제품의 색 변화가 동일하게 이루어지는지에 대한 품질 규명성 여부 주기적 확인	관리항안		  			
관리기준	샘플에 대한 주기적 색 변화 확인(색차계 이용)						

그림 70. 인쇄형 TTI 품질지도서

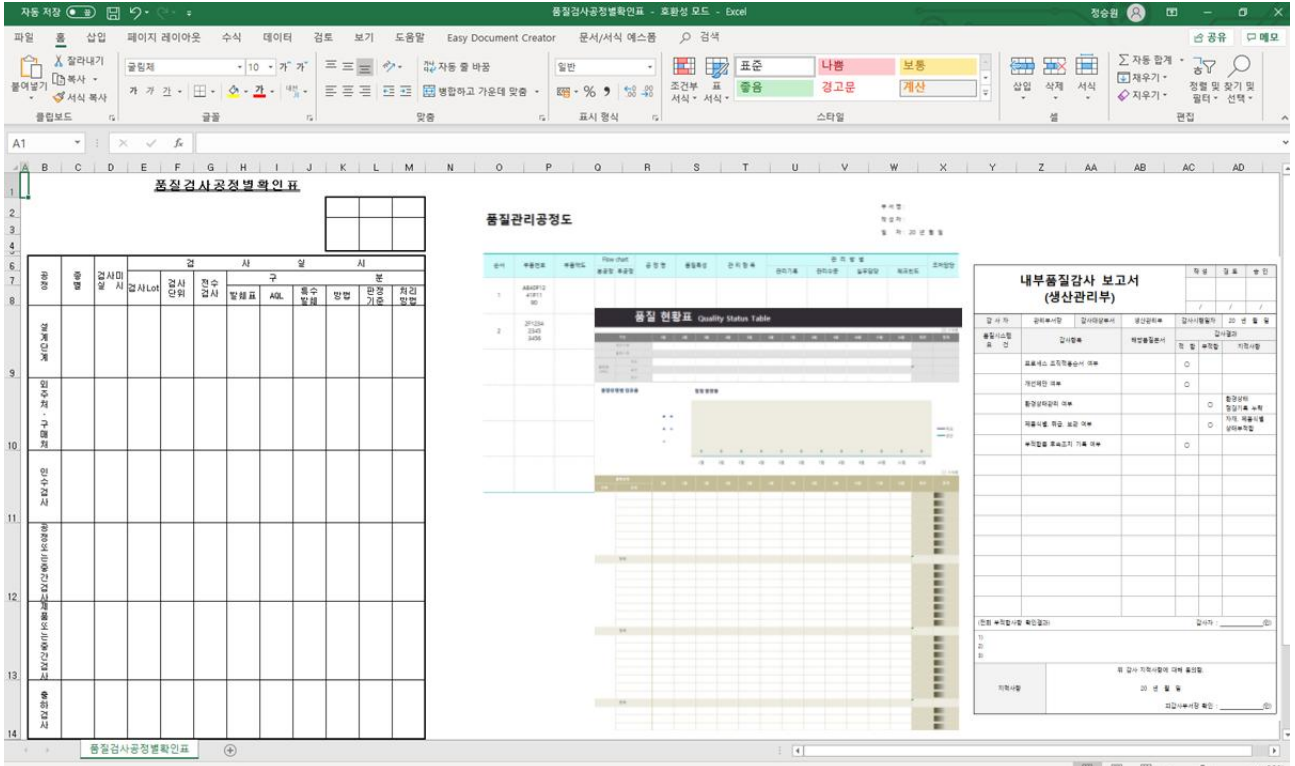


그림 71. 인쇄형 TTI 품질 관리를 위한 Excel 문서

품질 규정서식								

그림 72. 인쇄형 TTI 품질 관리를 위한 품질 규정 및 서식

4) 제품 판매

제품 판매 요소

마케팅	제품 유통	현장 지도
<p>효소형 TTI와 인쇄형 TTI의 특성상 다양한 적용성을 가지고 있는점을 부각하여 TTI를 효과적인 마케팅을 통하여 대량생산, 판매가 이루어지도록 한다.</p>	<p>1. 효소형 TTI: 제품 특성상 물리적 충격과 온도에 민감하기 때문에 이를 고려, 유통조건을 결정함. 2. 인쇄형 TTI: 제품 특성상 물리적 충격에 강하지만 온도에 민감하므로 절소진공포장 후 유통함.</p>	<p>2차년도에 구축한 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침을 사용자가 실행할 수 있도록 지원하고 이미 구축된 사용 매뉴얼을 함께 제공하여 기술 지원한다.</p>

a) 판매실적

표 2. 인쇄형 TTI 판매 실적

제품명	수량/1회	판매총액	판매처	비고
[중가형] 키위 숙성도 지시계	3000Ea/1회	5,400,000원	보성키위영농조합법인	키위 저장고 온도관리용 타깃
[고가형] 냉동육 선물세트용 지시계	2000Ea/1회	8,000,000원	지원비엔피	여름철 및 연말선물, 명절추석 설날제품 타깃
[저가형] 지원비엔피 냉동육 유통용 지시계	5000Ea/1회	4,000,000원	지원비엔피	일반 냉동유통육 제품 타깃
사료용 육제품 신선도 지시계	1000Ea/1회	2,000,000원	Pet club	애견 사료 제품류 타깃
(신선육 유통제품) 신선도 가스지시계	2500Ea/1회	5,500,000원	(주)바보스	신선육 유통제품
(닭고기유통제품) 신선도 가스지시계	4000EA/1회	7,400,000원	(주)체리부로	신선육 유통제품
합계	17500Ea/1회	32,300,000원		

ㄱ. 지원비엔피



ㄴ. 보성키위영농조합법인



- 지원비엔피에서 요청한 냉동육 부착용 인쇄형 TTI 4000장 판매 → 1,800,000원 매출 발생.
- 추가로 요청한 선물세트 부착용 인쇄형 TTI 2000장 판매 → 3,600,000원 매출 발생.
- 창고관리용 인쇄형 TTI 8000장 판매 → 3,000,000원 매출 발생.

5) 판매 확대를 위한 향후 마케팅 전략

a) 마케팅

인쇄형 TTI는 한 가지 식품군이 아닌 다양한 신선식품에 적용이 가능하기 때문에 활용 범위가 매우 넓다. TTI 필름의 디자인은 식품 종류에 맞춰 적절하게 디자인 할 수 있으며, 식품 용기의 크기에 맞는 크기로 설계한 TTI를 제품에 부착할 수 있다. 또한 인쇄형 TTI의 사용메뉴얼을 기업에 제공하여 인쇄형 TTI를 적절하게 사용가능하도록 한다. 또한 SNS (인스타그램, 페이스북 등), 동영상 플랫폼을 활용하여 소비자들이 제품에 쉽게 노출되게 하여 접근성을 증가시킨다. 기존 시범사업을 적용했던 업체제품에 인쇄형 TTI를 적용함으로써 다른 업체 제품과의 차이를 부각시켜 현재 적용중인 업체 이외에도 추가적으로 수요처를 발굴할 수 있도록 마케팅 전략을 수립한다.

b) 제품 유통

인쇄형 TTI는 제품 특성상 산소 노출에 큰 영향을 받는다. 운송 시 질소포장된 제품이 강한 물리적 충격을 받게 되면 포장팩에 손상이 가해질 수 있어 포장팩이 파손될 가능성이 있다. 이로 인해 인쇄형 TTI가 산소에 노출되면 제품의 반응이 진행될 수 있어 상품성의 가치가 저하된다. 따라서 충분한 질소를 충전하고 포장된 제품을 운송할 때 박스 등의 보관용기를 활용하여 운송을 진행한다. 또한 일반 실온 조건에서도 운송될 수는 있지만 냉장·냉동 보관이 최적 유통 조건이므로 이를 충족시킬 수 있는 운송 시설이 구축되어야 한다.

c) 현장 지도

실제로 사용자가 제품을 사용할 때 2차년도에 구축한 인쇄형 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침을 사용자가 실행할 수 있도록 지원한다. 또한 이미 구축된 사용 매뉴얼을 함께 제공하여 기술 지원하여 제품의 사용성을 높여도록 한다. 또한 실사용자의 만족도 조사를 병행하여 실시한다.

2. 효소형 TTI

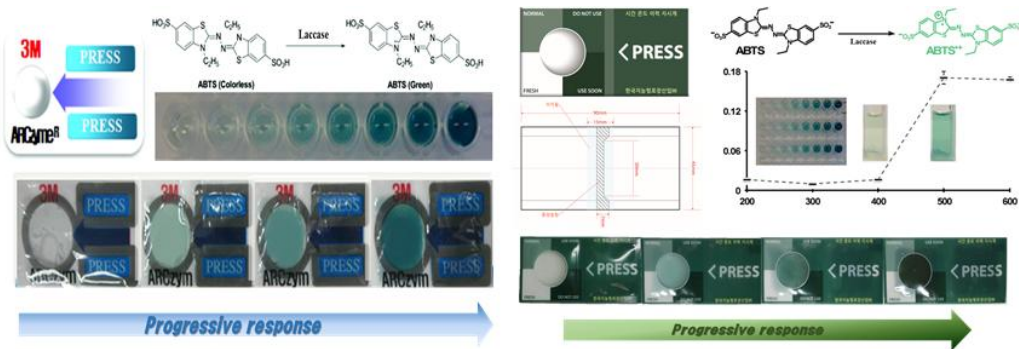


그림 73. 압력-파열식 효소형 TTI와 밸브 형태의 복합필름 적용 효소형 TTI

1) 제품 생산

a) 압력 파열식 효소형 TTI 제품 생산

기존의 효소형 TTI는 in-activation/activation 방식을 도입할 때, 효소와 기질을 각각의 다른 section에 저장하는 개념을 도입하였고, TTI가 제품에 부착되었을 때 효소와 기질을 혼합하는 방식을 채택하였다. 그러나 효소형 TTI 자체의 저장 수명 연장을 위하여 동결방지제 등이 첨가되어 점도가 증가하였다. 이러한 현상은 효소형 TTI를 activation 할 때, 효소와 기질의 혼합 방식에 많은 문제점을 야기하였다. 본 연구에서는 이러한 혼합 방식의 문제점을 개선하기 위하여 static mixer를 개념을 도입하였다. 각종 산업기구나 장치에 장착되어 고점도의 액을 혼합하여 주는 static mixer는 다른 용어로는 mixing nozzle라 한다.

ㄱ) Static mixer를 이용한 TTI 제품 설계

그림 2과 같이 본 연구에서는 다양한 static mixer 형태를 효소형 TTI에 적용하여 혼합 방식을 개선하여 최적의 효소형 TTI의 최적의 activation 방법을 고안하였다. 기존 two-pouch 형태에서 pouch간 static mixer를 통해 균일한 혼합이 되도록 design하였다. 라벨에 직접 혼합된 효소(저장소 1)와 효소의 기질(저장소 2)을 포함하는 시간에 따른 온도 변화를 나타내는 효소형 시간-온도 이력지시계(TTI) 개발을 위하여 효소형 TTI용 film을 제작 기계의 주형에 맞게 도안하였으며, static mixer의 개념을 포함하는 압력-파열식 실(seal)을 이용한 제 1저장소와 제 2 저장소로 격리된 주형을 제작하였다. 또한 단시간에 다량을 제품을 생산하기 위하여 열 접착방식을 이용한 효소형 TTI 자동 제조용 기계를 설계, 제작하였다.

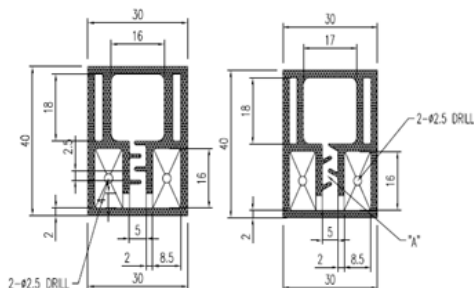
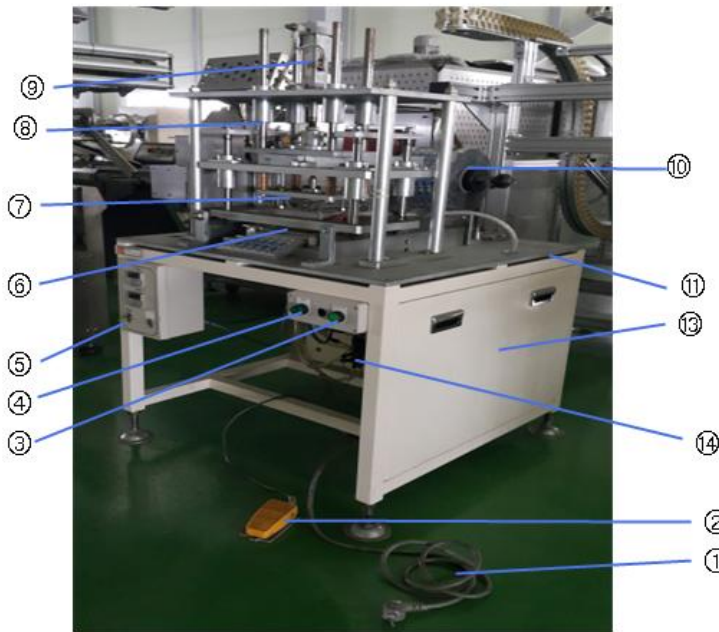


그림 74. Static mixer를 이용한 TTI 라벨 design

ㄴ) 효소형 TTI base의 라벨 제작 설비 구축

In-activation 방법을 고려한 효소(제 1 저장소)와 기질 (제 2 저장소)을 저장할 수 있는 오목부가 격리된 주형 제작 및 압력에 의하여 작동되는 압력-파열식 실(seal) 방법 확립 (버팀강도 측정) 하였다. 또한 물품 또는 패키지에 부착하기 위한 배면을 가지는 polymer 기초층과의 sealing 방법 개발하고 효소형 TTI 제작용 포장기계 설계 및 제작하여 prototype 효소형 TTI를 제작 하였다. 진공을 이용하여 chamber capacity를 미세 조정할 수 있도록 설계를 재조정하여 숙련된 제작인원 2인 1개조로 투입할 경우 시간당 60 ~ 90 label set의 생산이 가능하였다.

- 설비 구성개소 설명



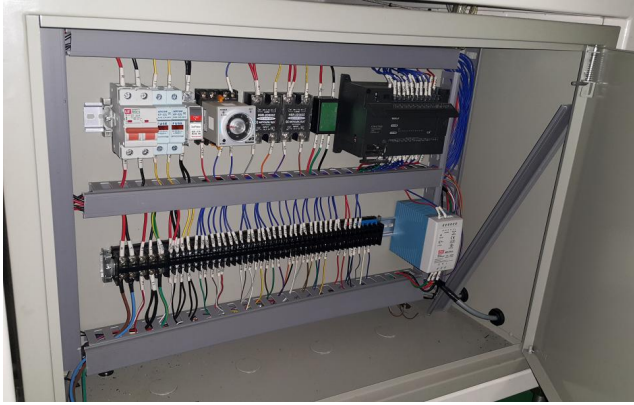
번호	명 칭
①	220V 단상코드
②	Foot Switch
③	필름고정 보턴
④	하부 필름 선행보턴
⑤	온도계 및 스위치
⑥	씰러 베이스
⑦	상부 씰러
⑧	씰러 구동부
	상하, 전, 후진구동
⑨	씰러 구동 실린더
⑩	롤 필름 걸이대
⑪	전기 제어함
⑫	에어 유니트
⑬	설비 후레임
⑭	진공 장치



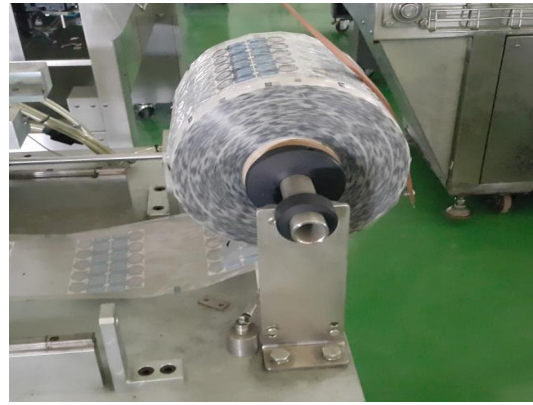
부품⑫ 에어유니트



부품⑨ 씰러구동 실린더



부품⑪ 전기제어반



부품⑨ 를 필름 걸이대

* 전기제어반 설명

- ① 전원차단기 ②회로보호용차단기 ③씰러타이머 ④ 2-상 온도계 스위치 (SSR)



- ⑤ 노이즈 필터
⑥ PLC
⑦ DC24V Power Supply

- * 씰링 시간 조정 : 타이머 핸들을 오른쪽으로 돌리면 씰링 시간이 길어진다.
- * 씰링 온도 조정 : 온도계의 셋팅 온도를 가감하여 조정한다.

- 설비 사용 설명

* 필요 유틸리티

- (1) 전기 전원 : 단상 220V 60Hz 3.5 Kw/H
- (2) 압력 공기 : 5-7 kg/cm² 100 Nl/min

* 설비 사용 방법

- (1) 유틸리티 (전기 및 에어)을 연결 하고 필름을 걸어서 위치를 맞춘다.
- (2) 온도계 스위치를 ON 하여 적정 온도 (약 120-150℃: 필름 재질에 따라서 변함) 상승을 기다려 (약 20분 소요) 확인한다.
- (3) 필름 고정 버튼을 누르면 씰러 베이스에 필름이 고정 되며 운전 스위치를 누르면 진공 작동 되어 하부 필름이 성형된다.
- (4) 성형된 베이스 필름에 일정량의 시약을 각 성형된 필름에 공급한다.



⑬ ⑭ 필름고정 및 진공 버튼

(5) 상부에 미리 준비된 필름을 공급하고 Foot Switch를 밟으면 상부 썰러가 전진 후 하강하여 설정된 시간만큼 썰링 후 상 승 복귀 후진하면 1행정의 작업이 종료된다.

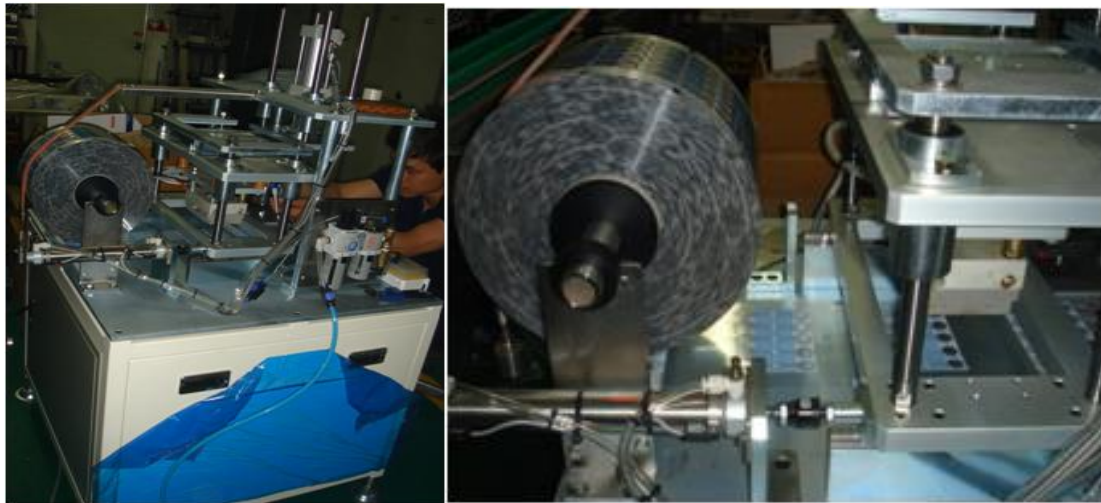


그림 75. TTI 라벨 포장용 제작기계 작동모습

b) 밸브 형태의 복합필름 적용 효소형 TTI 제품 생산

효소형 시간-온도 이력 지시계의 사업화를 위한 대량생산 시스템 적용을 위하여 밸브 형태의 복합필름을 개발하였다. 기존 2액 분리형 열점착 복합필름에서 기존 상부필름과 하부필름을 밀봉하는 ‘열점착 방식’을 “자기점착 필름”을 사용하는 방식으로 대체하여 밸브형 복합필름을 구성하는 기술로 효소형 TTI 전용 필름을 개발하였다. 효소형 TTI의 활성화 공정 이전에 두 액상 시료의 누수 발생을 방지해주며 가압 후 두 액상 시료간의 원활한 혼합이 개선되었다. 대량생산 시스템 적용을 위하여 초기 small sealer를 이용하였으나, small liquid auto-sealer를 이용하여 대량생산 시스템을 확립하였다. 단, 중간제품으로 밸브 형태 복합필름은 주문 생산하였고 원료 주입 및 실링은 자체 실시하였다.

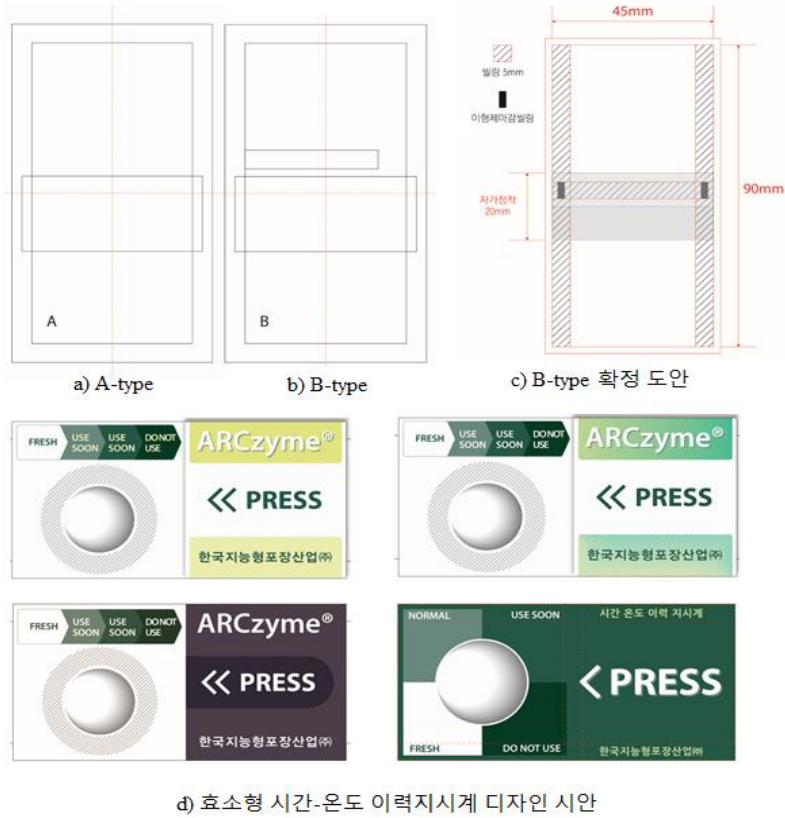


그림 76. 밸브형태 복합필름 적용 효소형 TTI 필름 제작을 위한 도안 및 디자인 시안



그림 77. 효소형 TTI 생산라인 개요도

- 효소형 TTI 대량 생산 시스템

1-1 세부와 협업하여 생산방식을 개선하여 대량 생산라인을 구축하였다. 기존에는 용액을 주입하는 공정과 열 접착하는 공정이 수작업을 통하여 진행되어 시간 당 생산능력이 떨어지기 때문에 대량생산에는 적합하지 않다. 이를 개선하기 위해 자동 액체 주입 파우치 포장기(Auto Filling and Sealing Machine SPEC 19C, Standard Pack Engineering CO., Chennai)를 이용하여 효소액을 주입하는 공정과 이를 열접착하는 공정을 자동화하였다. 개선된 방식으로 제품을 대량생산하였을 경우 예상생산효율은 20 ~ 45 ea/min으로 나타났다.

벨트형 필름적용 효소형 TTI 생산 공정 및 대량생산 시스템

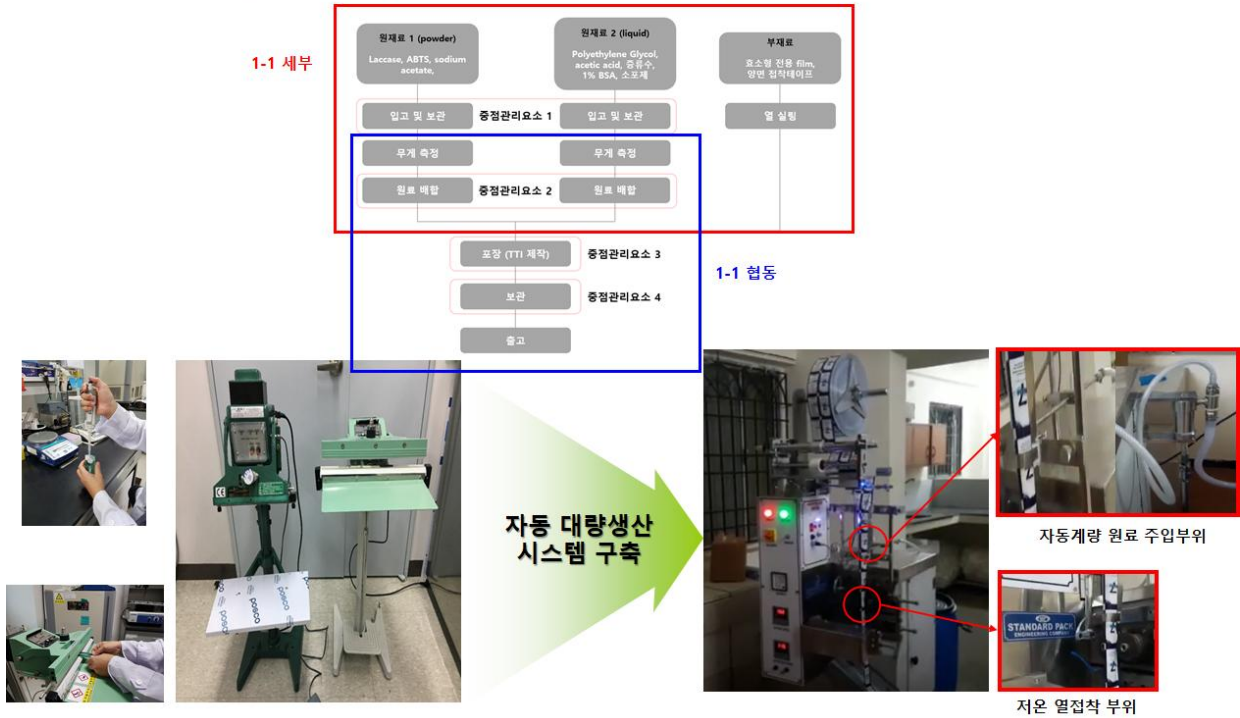


그림 78. 생산공정을 고려한 효소형 TTI 자동 대량생산 시스템

2) 생산 관리

효소형 TTI의 생산공정개선을 통하여 원가 절감, 생산성 및 품질향상, 공정 관리 등의 업무를 수행하기 위하여 1-1세부의 「TTI 생산관리 지침 설계」를 기반으로 원활한 라인 가동과 적절한 인원배치를 통하여 불량률을 최소화하며 원가절감을 이루며 제품생산이 원활하게 이루어 질 수 있도록 하였다.

(생산관리 프로세스 및 생산관리 문서 양식은 상기의 인쇄형 TTI와 동일함)

* 생산 관리를 위한 주요 사항

- 생산계획 :
 - 판매 및 납품계획에 의한 연간, 연동, 일별 생산계획 작성
 - 다양한 factor에 의한 생산계획 수립
 - 생산계획을 작업지시 module과 연계하여 실적분석
 - 영업의 판매계획 및 실제실적에 대한 비교분석 자료 산출
- 작업공정/순위 :
 - 자동으로 품목에 대한 결품예상 내역 분석
 - 작업지시별 자재변경 및 할당변경 요청
 - 미처리 작업에 대한 공정별 일정 자동 계산
- 작업보고/실적 :
 - POP 또는 PDA system간 연계하여 현장의 작업실적을 실시간으로 수집
 - 공정 품질검사에 대한 check를 중간 또는 최종공정에 삽입할 수 있는 기능 제공

- 작업실적 수집 시, 부적합, 불량, 폐기에 대한 자료를 수집하여 분석 자료 제공
- 공정에 대한 생산성 분석 (효율, 가동율, 능률)

- 외주관리 : - 작업지시에 의한 자동외주 의뢰 가능
 - 외주의뢰와 관련한 사급자재 출고예정자료 자동 생성
 - 외주처별 재고관리
 - 외주 입고를 기준으로 자동으로 공정실적 생성 (공정재고 관리기능)

작업지도서 <input type="checkbox"/> 관리본 <input type="checkbox"/> 비관리본 / 개정차수 (0)		문서번호	PL-QP-10-A2-05	협조	개발		QA		생기		결재	작성		검토		승인	
		제정일자	2020. 06. 01		주요설비(장비)명		작업지도서										
		개정일자	-														
MODEL명	ARCzyme®	공정명	효소형 시간-온도 이력자시계 생산 관리 작업지도서	주요설비(장비)명		작업지도서											
관 리	<ul style="list-style-type: none"> ■ 효소액, 기질부 및 부재료 관리 번호를 부여하고 LABEL을 원료보관통에 부착한다. ■ 효소액, 기질부 및 부재료 관리 대장 기록과 보관함 번호를 일치시켜 보관한다. ■ 효소액, 기질부 및 부재료를 오염방지랩으로 덮어 보관한다. 																
중점 관리 항목	<ul style="list-style-type: none"> ■ 효소액 및 기질부 원료의 입고 및 보관 ■ 효소액 및 기질부의 배합 ■ Auto filling and sealer에 의한 효소형 TTI 생산(액체 주입 및 열 접촉) ■ 효소형 TTI의 저온 저장 																
표준작업	부적합 발생사례	자주검사 항목	검사 설비 및 치공구	이상 발생시 조치절차													
1. 효소형 TTI 생산관리방법	1. 원료보관 관리 미흡으로 효소-기질 반응 불량 발생. 2. 세척 관리 미흡으로 원료 주입구 막힘 불량 발생. 3. 열접착 불량으로 누수 발생.	1. 열접착 강도 확인 (1일/1회) 2. 원료 주입구 세척 확인 3. 효소액 및 기질부의 보관 확인	1. 초음파 세척기 2. 원료 주입구 검사용 확대경 3. 적외선 온도계	1. 이상 발생시 즉시 관리자에게 보고한다.													

그림 79. 효소형 TTI 작업지도서

3) 품질 관리

품질관리란, 수요자의 요구에 맞는 품질의 제품을 경제적으로 만들어 내기 위한 모든 수단의 체계라고 정의하고 있다(한국공업규격 KSA3001). 본 연구에서는 효소형 TTI의 품질은 제품의 유용성을 결정하는 성질 또는 그 제품이 사용목적에 달성하는데 있어 갖추어야 할 성질로 규정하였다.

이에 본 연구에서는 1-1 세부과제와 협업하여 효소형 TTI의 품질특성을 파악하여 품질에 가장 크게 영향을 미치는 3가지 인자를 선정하여 효소형 TTI 품질관리 지침을 설계하였다.

a) 열 실링 공정에서의 실링 완성도

첫 번째는 열 실링 공정에서 실링 완성도를 관리해야 한다. 온전한 실링의 여부에 따라 제품의 반응성에 영향을 주므로 실링 시 용액이 새지는 않는지, 기포가 과다 생성되지 않는지, 실링 line에 맞춰 깔끔하게 실링이 되었는지, 외부 충격에 의해 실링 부분이 파손되지 않을 정도로 적당한 열과 압력이 가해졌는지에 대한 품질 관리가 이루어져야 한다.

b) 효소형 TTI 생산 후 제품 균일성

두 번째는 효소형 TTI의 제품 균일성을 확인해야 한다. 우선 생산이 완료된 제품의 제품으로서의 가치 판별 및 반응 여부를 확인하기 위하여 온도 의존성을 주기적으로 확인해야 한다. 생산된 효소형 TTI를 일정기간 보관 후 활성화시켜 제품에 부착했을 때 온도에 따라 end-point 도달시간이 처음 제조하였을 때와 동일한지, 모든 제품의 색 변화가 동일하게 이루어지는지에 대한 품질 균일성 여부를 주기적으로 확인해야 한다. 동시에 공급된 제품을 샘플링하여 품질평가를 진행해야 한다.

c) 포장에 대한 관리

마지막으로 포장에 대한 관리가 이루어져야 한다. 보관을 위해 소분하여 내포장 후 외포장 했을 때 외부 충격을 견딜 수 있게 포장이 제대로 이루어지지 않는다면 내부에 있는 효소형 TTI가 외부 충격으로 인해 중앙 격막이 파열되면서 활성화되어 반응이 시작된다. 그러므로 이에 대한 관리가 철저히 이루어져야 한다. 또한 색차계를 이용하여 end-point 도달 시간에서의 색을 측정하여야 하며, 이를 Hunter의 L값, a값, b값을 측정을 통해 비교한다.

(품질관리 문서 및 규정 서식 양식은 상기의 인쇄형 TTI와 동일함)

작업명: 효소-기질액 주입													A5														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
품질지도서																											
공정명: 효소-기질액 주입													약도														
작업방법 																											
목적 세척 미흡으로 인한 주입구 막힘, 부정확한 효소-기질액 반응													관리방안 														
특성 End-point 도달 시간 불일치																											
중점 정확한 효소액, 기질액 제조 및 정량 분주																											
관리 모든 제품이 섹 변화가 동일하게 이루어지는지에 대한 품질 관리를 세부 주기적 확인																											
기준 생품에 대한 주기적 색 변화 확인(색차계 사용)																											

그림 80. 효소형 TTI 품질지도서 - 효소-기질액 혼합 및 주입

4) 제품 판매

제품 판매 요소

마케팅	제품 유통	현장 지도
<p>효소형 TTI와 인쇄형 TTI의 특성상 다양한 적용성을 가지고 있는점을 부각하여 TTI를 효과적인 마케팅을 통하여 대량생산, 판매가 이루어지도록 한다.</p>	<p>1. 효소형 TTI: 제품 특성상 물리적 충격과 온도에 민감하기 때문에 이를 고려, 유통조건을 결정함. 2. 인쇄형 TTI: 제품 특성상 물리적 충격에 강하지만 온도에 민감하므로 질소진공포장 후 유통함.</p>	<p>2차년도에 구축한 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침을 사용자가 실행할 수 있도록 지원하고 이미 구축된 사용 매뉴얼을 함께 제공하여 기술 지원한다.</p>

표 3. 효소형 TTI 판매 실적

제품명	수량/1회	판매총액	판매처	비고
[중가형] 키위 숙성도 지시계	3000Ea/1회	5,400,000원	보성키위영농조합법인	키위 저장고 온도관리용 타깃
[고가형] 냉동육 선물세트용 지시계	2000Ea/1회	8,000,000원	지원비앤피	어름철 및 연말선물, 명절추석 설날제품 타깃
[저가형] 지원비앤피 냉동육 유통용 지시계	5000Ea/1회	4,000,000원	지원비앤피	일반 냉동유통육 제품 타깃
사료용 육제품 신선도 지시계	1000Ea/1회	2,000,000원	Pet club	애견 사료 제품류 타깃
(신선육 유통제품) 신선도 가스지시계	2500Ea/1회	5,500,000원	(주)바보스	신선육 유통제품
(닭고기유통제품) 신선도 가스지시계	4000EA/1회	7,400,000원	(주)체리부로	신선육 유통제품
합계	17500Ea/1회	32,300,000원		

[주]Pet Club



- [주]Pet Club에서 요청한 사료용 육제품 유통관리용 효소형 TTI 500장 판매
→ 250,000원 판매 달성, 기술이전 (KSPI), 경상기술료 발생
- 제품 적용 후 적용 과정, 결과 등을 1-1 세부에 feedback 하였음

5) 판매 확대를 위한 향후 마케팅 전략

a) 마케팅

효소형 TTI는 한 가지 식품군이 아닌 다양한 신선식품에 적용이 가능하기 때문에 활용 범위가 매우 넓다. TTI 필름의 디자인은 적용기업의 수요에 따라 디자인 할 수 있으며 크기를 조절하여 적용 식품에 부착시킬 수 있다. 이러한 장점을 부각하여 제품 설명서를 각 적용기업에 제품 공급 시 같이 배부하며 진행해야한다. 또한 SNS (인스타그램, 페이스북 등)를 활용하여 소비자들이 좀 더 쉽게 제품에 접근할 수 있도록 접근성을 높인다. 또한 시범적용을 진행했던 업체를 기준으로 실제 제품을 판매하는 적용업체로서 제품 판매를 진행할 수 있다. 추가적으로 현재 적용중인 업체 이외에도 추가적으로 수요처를 발굴할 수 있도록 마케팅 전략을 수립한다.

b) 제품 유통

효소형 TTI는 제품 특성상 물리적 충격에 약하다. 운송 시 강한 물리적 충격을 받게 되면 효소형 TTI의 중앙 격막이 파열되어 제품의 반응이 진행될 수 있으므로 충분한 보완재를 보충하여 운송이 진행되어야 한다. 또한 일반 실온 조건에서도 운송될 수는 있지만 냉장·냉동 보관이 최적 유통 조건이므로 이를 충족시킬 수 있는 운송 시설이 구축되어야 한다.

c) 현장 지도

실제로 사용자가 제품을 사용할 때 2차년도에 구축한 효소형 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침을 사용자가 실행할 수 있도록 지원한다. 또한 이미 구축된 사용 매뉴얼을 함께 제공하여 기술 지원하여 제품의 사용성을 높이도록 한다. 또한 실사용자의 만족도 조사를 병행하여 실시한다.

3. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계

1) 제품 생산

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 생산 공정은 1,2차년도 시범사업을 토대로 진행하며, 사업화 시범사업을 수행한 결과 부족한 점을 수정, 보완 할 예정이다. 제품의 생산에 있어 공장에서 생산 능력 결정에는 얼마나 많은 제품이 팔릴 수 있는가가 중요한 요인이다. 이는 시장 조사 결과에 근거하여 판매 부서에서 예측을 하여야한다. 사용처, 사용용도, 경쟁 회사의 계획, 경쟁 제품, 시장의 잠재력 등을 포함하여 예측하여야 하고 생산 능력은 기술적인 현황과 경제적인 형편에 따라 달라지게 된다. 본 사업체가 본사업의 대상이 되므로 해당사업체에 맞춰서 수정 보완을 진행 할 것이다.

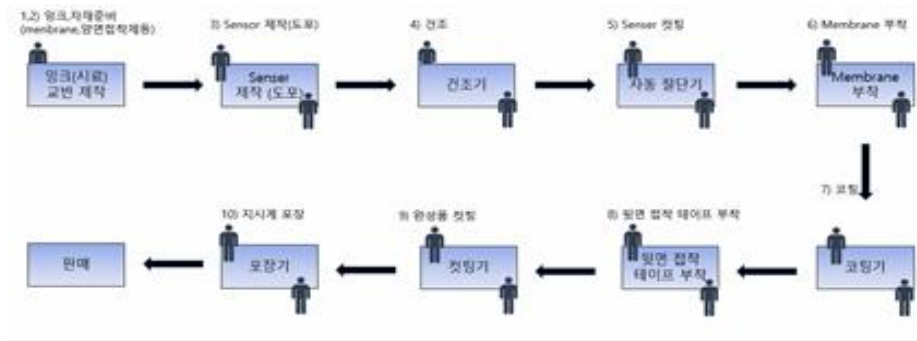


그림 81. 신선도 가스지시계 생산 단계별 공정

a) 물질부 원료의 저장 설비

Sensor에 도포하기 전 지시계 용액은 상온에 오래 노출되면 쉽게 휘발하는 특징을 가지고 있다. 저장 설비나 생산 설비가 제대로 갖추어지지 않아 공장이 가동 되지 않으면 큰 문제이기 때문이다. 또한 용액이 쉽게 휘발되면 원료가 공급될 수 있는 기간과 공장에서 저장할 수 있는 기간을 생각하여 저장 시설의 크기와 시간적 간격을 생각하여 원료의 주문을 결정한다. 원료의 저장뿐만 아니라 제품의 저장도 생산을 방해하지 않는 수준에서 충분하여야 한다.

재료	구입처	규격	가격	보관
cellulose acetate	Junsei Chemical Co.,Ltd	CAS: 9004-35-7 용량: 500 g 성상: powder	140,000	상온
acetone	SupraSolv®	CAS: 67-64-1 용량: 1L MW: 58.08 g/mol 순도: 98% 이상	126,000	상온
2-butanone	Junsei Chemical Co.,Ltd	CAS: 78-93-3 용량: 1 L MW: 72.11 g/mol 순도: 99.8% 이상	71,000	상온
Dibutyl phthalate	SIGMA - ALDRICH, Co., Ltd	CAS: 84-74-2 용량: 1L MW: 278.34 g/mol 순도 : 99% 성상 : liquid	87,000	25°C
Bromothymol blue Sodium salt	TCI (sanghai) Development Co., Ltd	CAS: 34722-90-2 용량: 25g MW: 646.37 g/mol 성상: powder pH range 6.0-7.6 yellow to blue	152,000	상온
phenol red	SIGMA-ALDRICH, Co.,	CAS: 143-74-8 용량: 125 g MW: 354.38 g/mol 성상: powder	153,000	상온

2) 생산 관리

단계별로 가스지시계를 생산할 때 예기치 못한 여러 변수들이 작용 할 수 있다. 따라서 중점관리 요소를 설정, 그에 따른 행동 요령과 대응책을 미리 준비하는 동시에 훈련이 필요하다. 그리고 진행사항 및 결과는 모두 문서로 기록하여야 하며 1-2세부와 회의를 통해 관리 지침을 설계하였다.

a) 중점관리요소

제품 생산 공정의 흐름 및 각 공정별 중점관리요소 및 검사 항목을 한눈에 파악하기 위해 QC 공정도를 활용하였다.



그림 82. 신선도 가스지시계 중점관리요소

공정도에서 중점관리요소로 작용하는 것은 총 5가지로 나타내진다.

★ 중점관리요소

- Dibutyl phthalate 25℃ 보관
- 원재료 1 상온보관
- 원료 배합 후, 필터페이퍼에 물질을 주입할 경우 25℃ 온도 유지
- 1차 포장 후 온도 가열 금지
- 포장지에 구멍을 뚫어 지시계를 부착하기 때문에 파손 및 제품이 벗겨지지 않도록 주의

b) 생산공정 감사 및 관리 문서 지침 설계

GI 생산과정이 정확하고 적합하게 이루어지는지 확인하기 위해서 GI 제품의 생산공정에 대한 평가를 실시 및 이에 대한 요소를 문서화 및 규격화 하였다. GI 생산공정의 평가는 하루에 한번씩 전반적인 요인을 체크하는 것 뿐 아니라 정기적으로 좀 더 정밀한 검사가 이루어 져야한다. 이때 수정사항으로 체크된 요인들은 생산 공정에 영향을 줄 수 있으므로(불량품 생산) 최대한 빠른 시일내에 수정될 수 있도록 1-2세부와 논의하여 생산관리 지침 설계를 하였다.

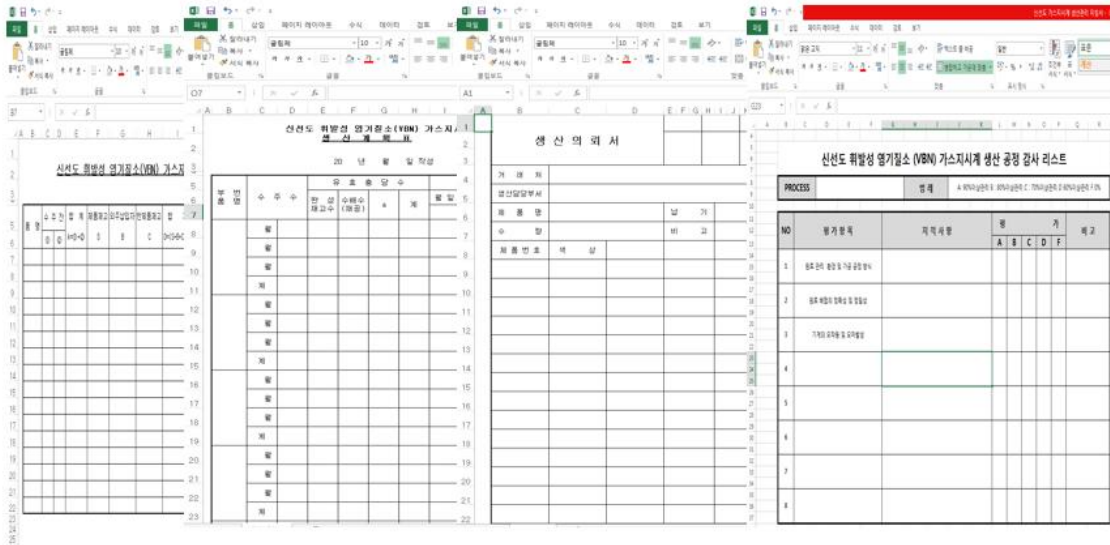


그림 83. 신선도 가스지시계 생산관리 지침서

3) 품질 관리

a) 신선도 가스지시계 GI 품질관리

- 설계품질에 부합한 제품 공정, 반제품, 재료품의 품질관리 기준 설정
- 품질 향상 및 개선, 원가절감을 위한 지속적인 혁신활동
- 종합 품질시스템 관리, 재료품/제품 품질분석 및 개선을 통한 품질보증, 고객불만관리

Sensor 인쇄	Sensor 제작 형태에 따른 정확한 시약 도포 적합한 디자인
제품 균일성	코팅 단계에서의 제품 균일성 일정 크기 및 제품의 접착성 공급된 제품 샘플링
포장 관리	정확한 포장 안전하게 소비자에게 전달

그림 84. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 항목

그림 85. 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 지침서

4) 제품 판매

a) 마케팅

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계는 육류, 어류 등 다양한 신선식품에 적용이 가능하기 때문에 판매자 입장에서 매우 매력적인 제품이 될 수 있다. 이런 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 장점을 부각시켜 효과적인 마케팅을 통하여 판매를 하여 대량 생산이 가능하도록 한다.

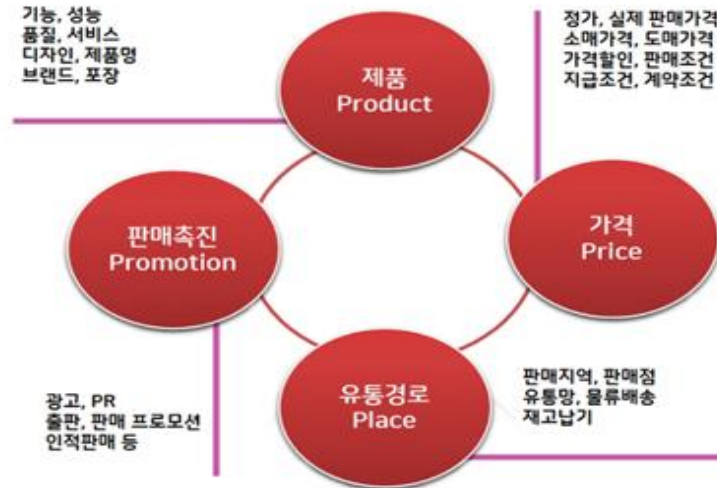


그림 86. 마케팅 전략 4P_제품, 가격, 유통경로, 판매촉진

b) 제품 유통

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계는 제품 특성 상 물리적 충격, 특히 커버부, 접착부 부분이 분리 될 수 있다. 두 부분 모두 접착과 열에 의해 완성된 지시계 및 식품의 포장용기에 구멍을 뚫어 직접 부착하기 때문에, 유통과정 중 충격에 의해 제품의 손실이 일어날 경우 식품의 안전과도 밀접한 관련이 있으므로 주의를 하며 carton box를 이용한다.



그림 87. carton box 도면 및 예시

c) 현장지도

지시계 사용자가 실행 할 수 있도록 지원하며, 1-2세부와 협업하여 사용 매뉴얼을 함께 제공하여 기술 지원을 할 예정이다.

신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계
freshness volatile base nitrogen gas indicator

How to use and Cautions

- ▶ 상온 보관이 가능합니다.
- ▶ 광기에 장시간 노출될 경우 Sensor부분 색이 변색 될 수 있습니다.
- ▶ 침착력을 가진 스티치 필터이므로 해당 식품 포장에 용이합니다.
- ▶ 소고기,아류,가금류등 다양한 신선육에 적용할 수 있습니다.
- ▶ 강한 충격에 노출되면 커버부, 침착부분이 분리되어 식품에 유입 될 수 있으니 충격에 주의해야 합니다.



신선도 가스지시계	
신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계	
개요	
End point	<p><소고기 부착 신선도 가스지시계></p> <ul style="list-style-type: none"> - pH 범위 지시약을 사용하여 신선육 적용가능 - 유통과정 중 부착하여 색 변화로 쉽게 제거 가능 - 신선육 계층 적용가능
유통기한	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 유통되는 냉장 신선육 식품에 적용 - 소피자 및 유통업자가 한눈에 쉽게 확인 할수 있음
적용대상	<ul style="list-style-type: none"> - 사용전 상온 보관 및 장기간 공기 노출 시 색이 변할수 있음 - 포장용 포장지에 구멍을 뚫어 침착제 부분을 제거하고 부착 - 유통예측 : 색 변화를 쉽게 볼 수있어 부패 확인 가능
생능	
사용법	

지시계 증질 (lab scale)	지시계 증질 (현장 적용)
다양한 온도에서 지시계 품질시험	실제 현장에서의 지시계 품질시험
신선육 증질 (미생물, VBN, pH)	생산 설비 및 성능 관리
다양한 온도에서 신선육의 품질평가	공정의 대량화 및 자동화 실시
신선도 지시계 모니터링	사용설명서 제작
지시계의 저장시험을 통한 유통기한 확립	품질평가를 토대로 사용자, 소비자 측면에서 매뉴얼 작성

신선도 휘발성 염기질소 (VBN) 가스지시계 사업화

그림 88. 신선도 가스지시계 사용매뉴얼 및 지시계 사업화 단계

4. 이산화탄소 가스지시계

1) 대량 생산을 위한 생산 방식의 개선

a) 프린팅을 이용한 이산화탄소 가스지시계

대량생산을 위한 새로운 공정기술 개발을 진행하여 도입하였고, 이산화탄소에 대한 반응을 확인하였다. 하지만, 프린팅 과정에서 균일하게 프린팅이 되지 않고, 프린팅의 한계로 지시약이 쉽게 마르는 단점이 있어서 새로운 방식을 찾아야 했다.

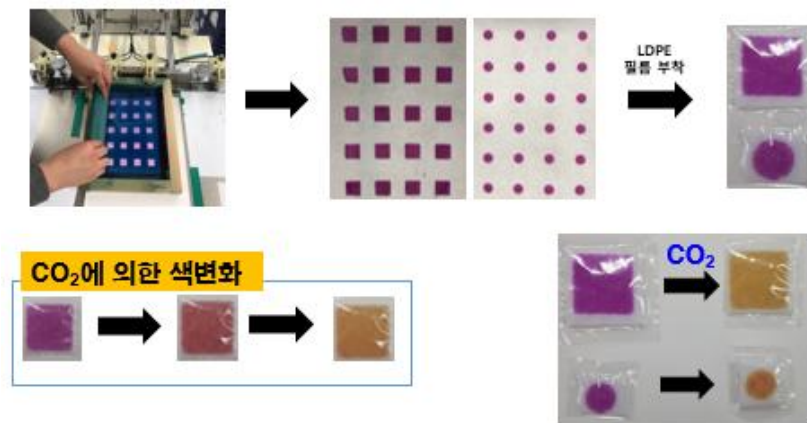


그림 89. 프린트형 지시계 제작 및 색변화 관찰

b) 염색형 이산화탄소 가스지시계

기존의 균일하게 프린팅 되지 않는 단점을 보완하기 위해 지시계를 부직포에 염색을 시키는 방식으로 제작하였다. 또한, 프린팅과는 달리 염색을 시키기 때문에 지시계를 오래 보관할 수 있었고, 마찬가지로 이산화탄소를 주입해서 색 변화를 관찰하였다.

2) 염색형 가스지시계 제품설계

a) 물질부

원료의 칭량은 정밀저울과 전자저울을 이용하여 칭량하였다. 원료 배합은 50ml 기준으로 0.1% cresol red 5ml, 증류수 42ml 및 1M NaHCO₃ 용액을 원하는 농도가 되도록 넣어준다(주로 100mM~200mM). 넣어준 용액을 잘 혼합시킨 후 부직포에 제조된 용액을 흡수시킨다.

b) 커버부

만들어진 지시계를 2cm x 2cm로 절단한 후 PE필름으로 포장한다.

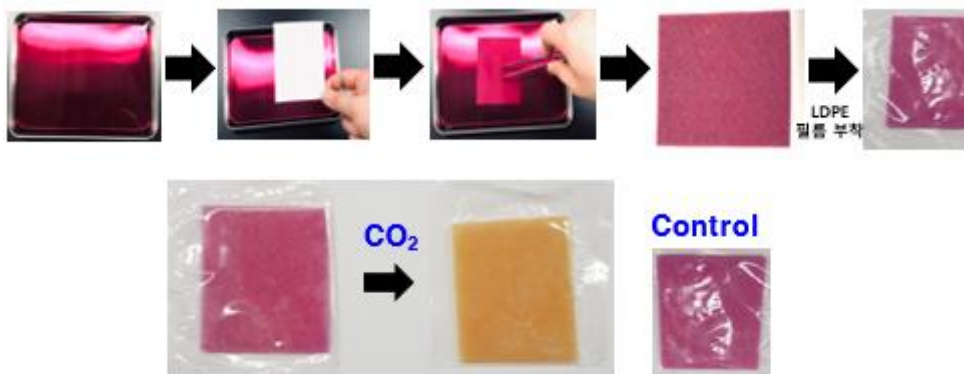


그림 90. 염색형 지시계 제작 및 색변화 관찰

3) 염색형 가스지시계 색변화 관찰

a) 탄산 수소 나트륨의 농도를 다양하게 하여 제작한 이산화탄소 가스지시계를 30% 이산화탄소 농도에서 시간에 따른 이산화탄소 가스지시계의 색변화를 관찰하였고, 시간에 따라 색변화가 나타나는 것을 확인하였다.

30% CO₂ 조건 유지: 물이 든 밀폐용기

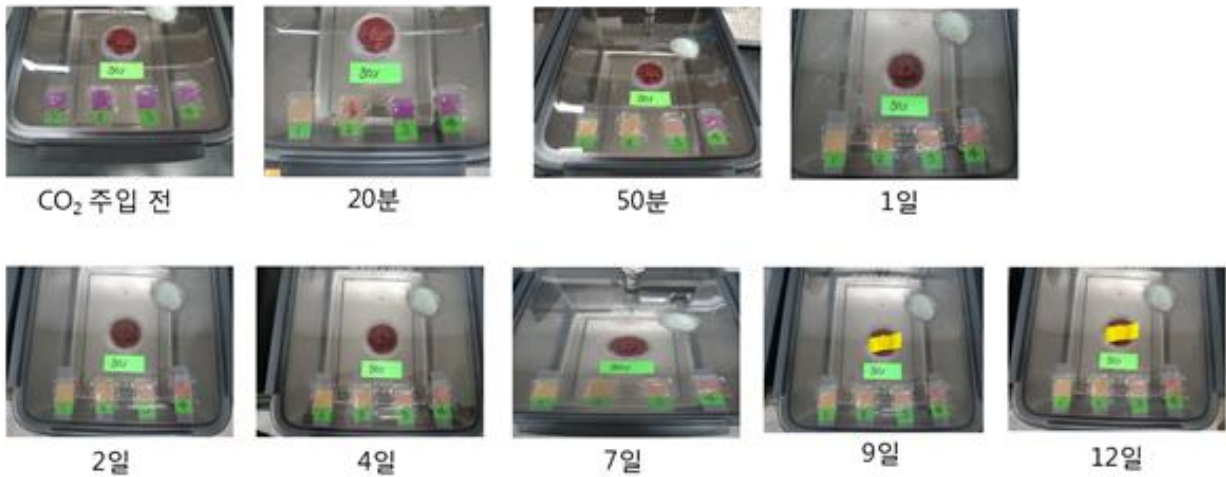
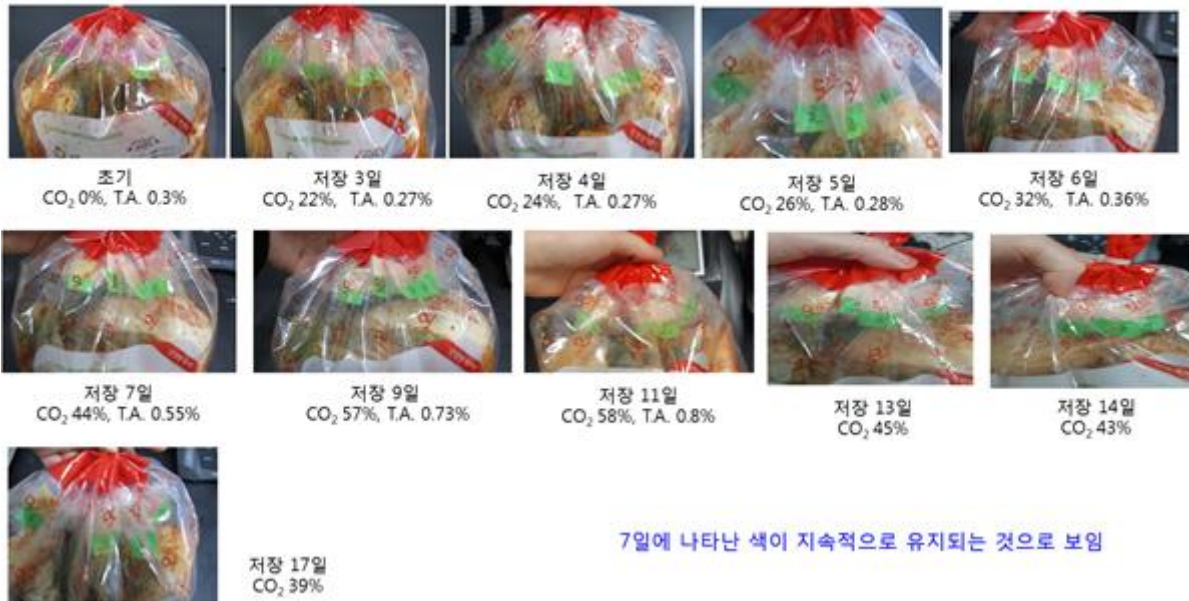


그림 91. 30% 이산화탄소 조건에서의 염색형 지시계 색변화 관찰

b) 탄산 수소 나트륨의 농도에 따른 여러 이산화탄소 가스지시계를 실제 김치에 적용하여 김치가 발효되면서 발생하는 이산화탄소에 반응하여 이산화탄소 가스지시계의 색변화를 관찰하였고, 최적의 탄산 수소 나트륨 농도를 확인하였다.

2.3 kg 김치 포장, 염도 2.75%



7일에 나타난 색이 지속적으로 유지되는 것으로 보임

그림 92. 김치에서의 지시계 색변화 관찰

4) 원료 및 제조방법 매뉴얼 제작

위 실험들을 기반으로 하여 최적의 원료배합 조건을 확인하였으며, 대량생산을 위한 원료 및 제조방법 매뉴얼을 작성하였다.

구분명	신고내용				
제품명	신선도 이산화탄소 가스지시계				
제품의 유형	식품의 숙성 정도를 알기 위해 만들어 졌음				
원재료명 또는 성분명	재료	구입처	규격	가격	보관
	Cresol red	SIGMA-ALDRICH Co. Ltd	CAS :1733-12-6 용량 : 5 g MW : 382.43 g/mol 성상 : powder pH range 7.2-8.8 yellow to red	35,900	상온
제조방법	1. 원료배합	- 이산화탄소 indicator 용질부 제조 (50ml 기준) ① 비커에 0.1% cresol red 용액 5ml 넣어준다. ② 증류수 42.5ml 넣어주고 섞어준다. ③ 50mM NaHCO ₃ 기준으로 1M NaHCO ₃ 용액 2.5ml 넣어준다. ④ 섞은 용액을 autoclave를 통해 멸균한다. ⑤ 멸균된 용액을 식힌 후 넓은 틀에 분주한다. ⑥ 액체를 잘 흡수할 수 있는 부직포에 제조된 용액을 흡수시킨다. ⑦ 만들어진 부직포를 일정한 크기로 절단한다. - 이산화탄소 Indicator 포장재 제작 ① 이산화탄소를 흡수할 수 있는 PE 재질의 포장재를 크기에 맞게 제작한다. ② 제작된 포장재에 이산화탄소 indicator를 넣는다. ③ 이산화탄소 indicator가 들어간 포장재를 적당한 온도로 접착한다.			
	2. 포장 및 접착				
용도용법	제품 포장된 용기의 상단에 부착				
보관방법 및 포장재질	빛이 없는 곳에 보관				
포장방법 및 포장단위	물질별 개당 포장				
성상	고체				

그림 93. 이산화탄소 가스지시계 제조방법 매뉴얼

5) 사업화를 위한 기술이전

사업화를 위하여 (주)한국지능형포장산업에 기술이전을 진행하였다.

기술이전계약서					
<p>【"갑"】 동국대학교 산학협력단 【"을"】 (주)한국지능형포장산업 【"기술"】</p> <table border="1"> <tr> <th>특허명</th> <th>출원번호</th> </tr> <tr> <td>이산화탄소 지시계</td> <td>10-2020-0027963</td> </tr> </table> <p>【이전형태】 통상 실시 【허여기간】 2020년 7월 1일 ~ 2023년 6월 30일 (3년) 【대금 지급방법】 현금지급 【기술료 및 지급시기】 1) 정액기술료 - 금3,000,000원(금삼백만원)(부가세포함) 2) 지급시기 : 계약 후 2주 이내 3) 경상기술료 : 기술 적용 매출액의 5%</p> <p style="text-align: center;">2020년 7월 1일</p>		특허명	출원번호	이산화탄소 지시계	10-2020-0027963
특허명	출원번호				
이산화탄소 지시계	10-2020-0027963				
<p>【"갑"】 주 소: 서울 중구 필동3가 26 상 호: 동국대학교 산학협력단 단 장: 김관유 (인)</p>	<p>【"을"】 (10326) 경기도 고양시 일산동구 주 소: 동국로32 동국대학교 산학협력단 340호 상 호: 한국지능형포장산업(주) 대표이사: 정진서 (인)</p>				
<p>【발명자】 동국대학교 바이오시스템대학 생명과학과 교수 이재영 (인)</p>					

기술이전계약서					
<p>기술의 보유자인 동국대학교 산학협력단(이하 "갑"이라 함)과 실시자인 (주)한국지능형포장산업(이하 "을"이라 함)은 기술의 실시에 관하여 다음과 같이 계약(이하 "계약"이라 함)을 체결한다.</p> <p>제1조 (기술의 표시) 계약의 목적이 되는 본 건 "기술"은 다음과 같다.</p> <table border="1"> <tr> <th>특허명</th> <th>출원번호</th> </tr> <tr> <td>이산화탄소 지시계</td> <td>10-2020-0027963</td> </tr> </table> <p>제2조 (실시권의 내용) ①"갑"은 "을"이 본 계약의 조건에 따라 국내에서 "기술"을 실시하는 데 동의하여 "을"에게 통상실시권을 부여한다. ②진행의 실시권은 "기술"을 이용하여 제품을 생산, 판매하는 권리를 말한다. ③"갑"은 "을"이 "기술"을 실시하지 아니하는 부분에 대하여는 실시권을 포기한 것으로 간주할 수 있다.</p> <p>제3조 (실시기간) ①제2조①항에서 정하는 실시권의 실시기간은 2020년 7월 1일부터 2023년 6월 30일까지 총 3년으로 한다. "을"이 실시기간 연장을 요청할 경우, 별도의 계약을 체결하여 연장할 수 있다. ②"을"은 본 계약일로부터 1년 이내에 "기술"을 이용하여 생산에 착수하여야 하며, "생산개시일"을 서면으로 "갑"에게 통보하여야 한다. "생산개시일"에 대하여는 사전에 "갑"의 서면 동의를 득한 후 이를 연기할 수 있다.</p> <p>제4조 (기술실시대금) 본 계약에 따른 실시의 대가는 아래와 같이 지급하고, "을"은 "갑"이 지정한 다음의 제1회로 현금 지급한다. 1. 정액기술료 "을"은 "기술"에 대한 기술실시의 사용대가로 정액기술료 금3,000,000원(금삼백만원)(부가세포함)을 계약체결 후 2주 이내에 지급한다. 2. 경상기술료 "을"은 계약기간 중 기술사용 매출액의 5%(부가세별도)를 경상기술료로 지급한다.</p>		특허명	출원번호	이산화탄소 지시계	10-2020-0027963
특허명	출원번호				
이산화탄소 지시계	10-2020-0027963				

그림 94. 이산화탄소 가스지시계 기술이전 계약서

6) 이산화탄소 가스지시계 중점관리요소 및 품질관리 지침 설계

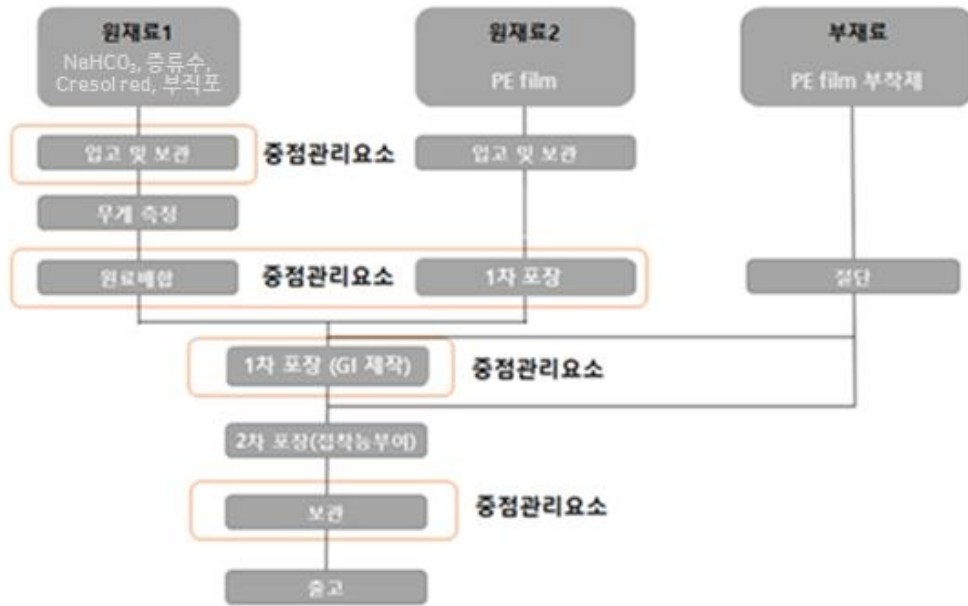


그림 95. 이산화탄소 중점관리요소

이산화탄소 지시계 품질관리 지침 설계


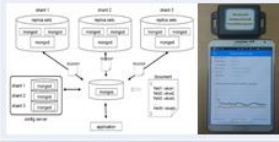
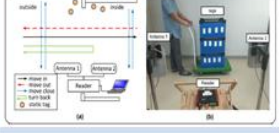
Sensor 염색	Sensor 제작 과정에 따른 정확한 시약 제조 균일하게 시약 염색
제품 균일성	코팅 단계에서의 제품 균일성 일정 크기 및 제품의 접착성 공급된 제품 샘플링
포장 관리	정확한 포장 안전하게 소비자에게 전달

그림 96. 이산화탄소 가스지시계 품질관리 지침 설계

[2-1세부]

■ 3 단계

[최종목표달성 및 요약]

3단계	최종 목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 황성한우, 유제품 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집 	<ul style="list-style-type: none"> 해당 시범사업 기업의 요구사항 및 현장 환경을 분석 피드백 수집 및 애로사항 분석 브랜드 한우와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축(기술개발지원) 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 경기농협 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집 	<ul style="list-style-type: none"> 경기농협의 시스템 요구사항 확립 식품이력 모니터링 시스템의 설계 및 분석 MongoDB 빅데이터 시스템 피드백 수집 및 애로사항 분석 	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 식품 포장 및 제조·유통시스템 제품화 지원(사업화 대상 기술에 대한 커스터마이제이션(customization) 및 기술지원) 	<ul style="list-style-type: none"> 패키지화된 제품화 지원을 위한 보고서 작성 개발 솔루션 기능 설명 보고서 지능형 RFID Gate 기술 개발 모듈로 개발된 모듈의 기술이전 (2건 진행중) 	

- 황성한우, 유제품 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집:** 본 연구에서는 황성한우, 유제품 브랜드화를 위해서 식품 포장 및 제조·유통시스템 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원을 수행하고자 하였으며 이에 대한 피드백을 수집하여 시스템 설계 및 개발에 반영하였다. 황성한우를 대상으로 한 2-1세부 기술의 적용 및 2-1협동의 (주)이에스애니의 SI(시스템 통합)를 통한 시스템 구축은 황성한우 측의 사정으로 진행되지 못하였고 이에 브랜드 한우(한성한우 등)와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트를 구축하고 2-1세부의 신선식품 배송시 온도 습도 관리의 안심 기술을 적용하여 2-1협동(주)이에스애니)에서 쇼핑물을 개발하였다.
- 경기농협 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집:** 본 연구에서는 경기농협에 대한 2-1세부과제의 기술과 2-1협동인 (주)이에스애니와의 협업으로 시스템을 구축하는 연구를 진행하였다. 이 과정에서 경기농협측의 사정과 제3자 물류업체(예: 쿠팡)가 시스템 구축비용과 관리를 하는 것이 비교적 영세인 생산업자에게 바람직하며 이에 따라 시스템 구축이 진행되지 못하였다. 이에 과제의 1차년도에 개발한 신선식품 품질 안심 쇼핑물에 한우업체와 더불어 김치업체가 입점 할 수 있도록 대규모 입점 및 상품 거래시 물류 시스템의 안정성을 확보하기 위한 빅데이터 연구가 진행되었다.
- 식품 포장 및 제조·유통시스템 제품화 지원(사업화 대상 기술에 대한 커스터마이제이션(customization) 및 기술지원):** 본 연구에서는 2-1협동인 (주)이에스애니가 과제에서 빠짐에 따른 사업화 추진 주체의 부재에 따라서 2-1세부과제의 사업화를 과제 수행 이후 시점으로 예측하고 미국과 같이 제3자 물류회사(예: 쿠팡)에서 신선식품의 RFID 이력 추적 시스템과 신선식품의 온도, 습도의 실시간 모니터링 기술을 구매, 구축 관리하는 시기가 오면 바로 사업화를 가능하게 하기 위한 연구를 수행하였다. 본 과제에서 개발한 시스템에 대한 제품화를 위한 지식을 종합화하였다(구체적으로는 김치산업을 주요 목표 시장으로 하고 본 과제에서 개발한 RFID 기반 이력 추적 시스템과 신선

식품의 온도, 습도 정보의 실시간 모니터링을 위한 제품에 대해서 분석하였다. 이를 위해서 김치 산업에 대한 본 과제 시스템 적용 시나리오 분석과 개발 제품의 특징점과 설계 포인트와 구축시 비용 등에 대해서도 정리하였다). 또한 물류창고에서의 RFID 입출고의 도입에서의 주요한 기술적 문제중 하나인 입출고 정보의 정확도 개선과 RFID Gate 근처에서 RFID 태그를 부착한 상품과 배송자의 움직임 분석을 머신러닝을 통해서 수행함으로써 향후 물류 창고와 신선식품 물류 추적 시스템 도입이 활발하게 전개될시 적용가능한 본 과제만의 차별화된 기술을 구축, 보유하였다.

[1차년: 황성한우, 유제품 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집]

1. 황성한우, 유제품 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집

1) 해당 시범사업 기업의 요구사항 및 현장 환경을 분석, 피드백 수집 및 애로사항 분석



그림 1. 2-1세부과제의 3단계 연구 목표인 황성한우, 경기농협 김치 식품 포장 및 제조/유통시스템 산업화를 위한 연구

황성한우, 유제품 등의 브랜드화를 위한 본 2-1세부과제의 연구 목표는 식품 포장 및 제조/유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집. 모듈로 개발된 모듈의 기술 이전, 해당 시범사업 기업의 요구사항 및 현장 환경을 분석, 황성한우 기업에 현장적용 지원, 피드백 수립 및 매뉴얼 구축이다.

황성한우에서의 본 시스템 적용을 위한 현장조사 및 협의 내용은 아래의 표와 같다.

표 1. 황성한우와의 기술 적용 논의 내용

논의 안건 항목	내용	비고
2-1세부 기술 소개	ARC 과제의 1, 2단계에서 개발된 RFID 기반의 물류 이력 추적 기술과 온습도 센서에 기반한 실시간 모니터링 시스템에 대한 기술 소개. 황성한우에 구축시, 얻게 되는 신선 식품 품질 보증에 대한 장점과 소비자 만족도 및 신뢰도 제고의 장점을 설명	
2-1협동과의 시스템 구축 방안 설명	2-1협동사인 (주)이에스애니의 시스템 구축과 이에 따르는 핵심 모듈의 개발시 협동 방안을 논의	

이를 위해서 본 과제에서 개발한 내용을 소개하였다.

a) 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템 제품 소개

- 통합 EPCglobal 네트워크 기반 이력 추적 모듈 : 황성 한우 유통망 최적화
 - 실시간 대용량 데이터(유통이력, 환경이력, 품질예측) 처리 및 모니터링 모듈 : 기 완성된 시작품의 규격 유지
 - 품질기반 유통망 최적화 모듈 : 기 완성된 시작품의 규격 유지
 - 지능형포장 기반 유통 프로세스 마이닝 모듈 : 기 완성된 시작품의 규격 유지
- 배경 : 황성 한우 생산, 가공, 유통 이력 추적을 지원

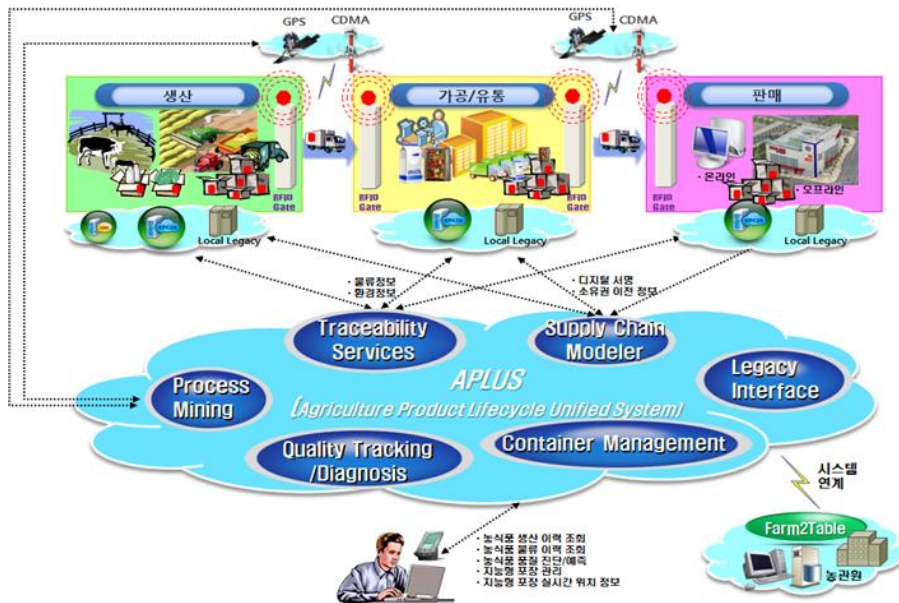


그림 2. 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템

통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템은 RFID 표준기반 식품 이동 및 온도 이력 추적 시스템으로 RFID 센서 태그 최적 운영 기술이 개발되었고, 축산물 유통망 적용을 통하여 모델 및 시스템 검증이 이뤄져 RFID 응용 핵심 컴포넌트 기술로 구성되어 있다. 한우 유통망은 비교적 고가의 식품이며, 과거 여러 차례 RFID 도입을 시도하였다. 현재 쇠고기 이력 추적 시스템(MeatTrace)가 운영되고 있지만 주로 생산 및 가공 정보만 제공되고 있어 유통 이력의 부재가 있으며, 특히 포장처리단계에서 부분육 가공 단계에서는 한우 도체의 개체식별표시 이력을 판매 및 소비 단계에서 실시간 대용량 데이터 처리 및 모니터링 모듈, 품질 기반 유통망 최적화 모듈, 지능형포장 기반 유통 프로세스 마이닝 모듈과 함께 기 완성된 시작품 규격을 유지하여 황성 한우 브랜드 구축을 위하여 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템을 설계하였다. 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템은 최적의 RFID 기반의 제품 이력 추적 기능을 제공하는 시스템으로 고기능/고가 솔루션이다.

표 2. 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템 규격 및 가격

재료	구입처	규격	가격	비고
RFID Reader (Alien Reader)	Alien Company	passive RFID reader 902~928 MHz with EPC Gen2 (ISO 18000-6c) protocol	2,000,000원/개	
Arete Pop Dongle UHF Reader	Areto Company	Android Device 연동	200,000원/개	스마트폰에 장착
smart phone	삼성, LG	Android OS	1,000,000원/개	
labtop	삼성, LG	Windows OS	2,000,000원/개	
RFID Chips	LS산전, RF Link, RF Camp, 손택, 키스컴 등	passive tag, read-only size : 86 X 54 X 1.8 mm	1000원/개	최근 가격변동 있음
EPCISglobal System	동국대 이종태교수팀	국제표준 EPCISglobal 기반의 정보 체계 및 Full RFID traceability 기능들 제공	Full Set 500,000,000	제2-3세 부과제에 기술이전 협의대상
DB	Oracle, Microsoft 등	Relational Database System	10,000,000	
SI(시스템 설치가격)	제2-3세부과제의 주관 기업	국내 SI 표준 작업 준수	사이트마트 다름	
하드웨어 구성은 RFID Chip 및 Reader 기기 구매를 포함하여 실제 상업용 사이트에 판매시점의 SI 구축 조건 및 구매조건에 따라 변동가능함				

ㄱ) 공정 설계 내용 소개

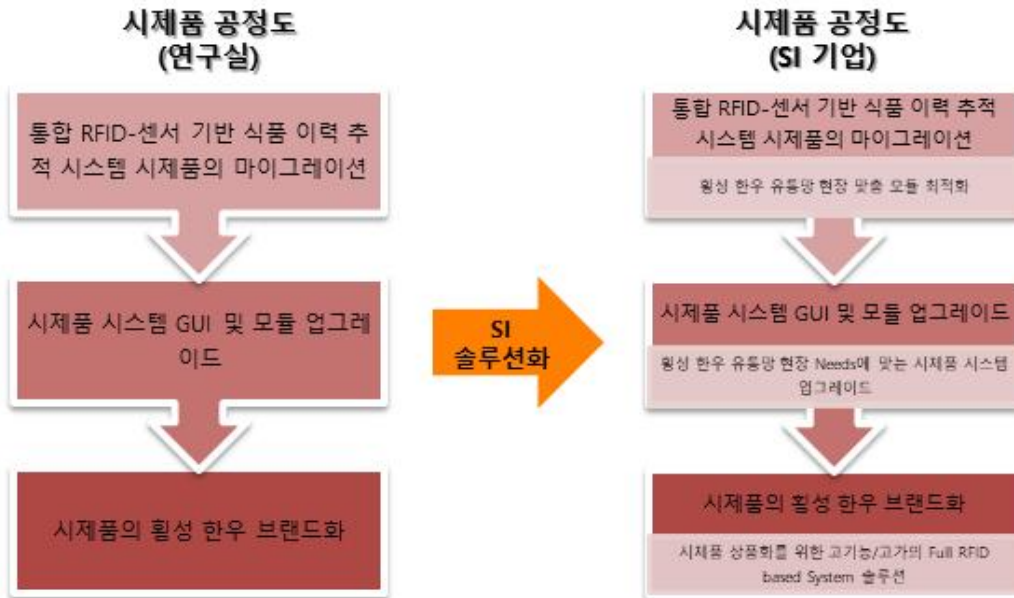


그림 3. 황성 한우 유통망 대상 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템 시제품 공정도

통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템 시제품의 마이그레이션은 예비 타당성 분석으로 황성 한우 유통망 산업 관계자에게 현장에서 실용도가 높고, 도입 후 활용도가 높은 기 개발된 기반 기술 융합 컴포넌트를 시제품화하여 제시하는 것으로 기 개발된 기술로는 지능형 포장 및 제조·유통시스템 응용솔루션, 센서

및 식품품질정보 통합 EPCglobal 네트워크, 실시간 식품유통환경 모니터링 및 경고 모듈, 식품 품질 모니터링 및 예측 시스템, 식품 품질 기반 동적 계획 모델, 포장 유형별 지능형 유통 운영 시스템, 1차, 2차 식품포장을 대상으로 지능형 식품유통 관리 시스템이 있다.

횡성 한우 유통망 최적화를 위하여 GUI 및 모듈 업그레이드를 위하여 정보 수집은 맞춤형 정보 인식 디바이스 연동을 지원하고, 정보 저장은 맞춤형 정보 DB 구현 및 최적화, 정보 제공은 맞춤형 정보제공을 위한 범용적인 웹 브라우저 인터페이스를 이용하고 이력추적/품질추적 실시간 모니터링 및 분석 기능 최적화를 지원하도록 하여 최종적으로 통합 EPCglobal 네트워크 기반 이력 추적 모듈, 실시간 대용량 데이터(유통이력, 환경이력, 품질예측) 처리 및 모니터링 모듈, 품질기반 유통망 최적화 모듈 최적화, 지능형포장 기반 유통 프로세스 마이닝 모듈 최적화를 한다.

시제품의 횡성 한우 브랜드화를 지원하기 위해서 현장 적용을 위한 모듈 또는 소프트웨어 패키지 지원하고 현장 맞춤형 적용을 위하여 최적 적용 시뮬레이터 기능 및 분석 지원하여 고기능/고가의 Full RFID based System 솔루션화 한다.

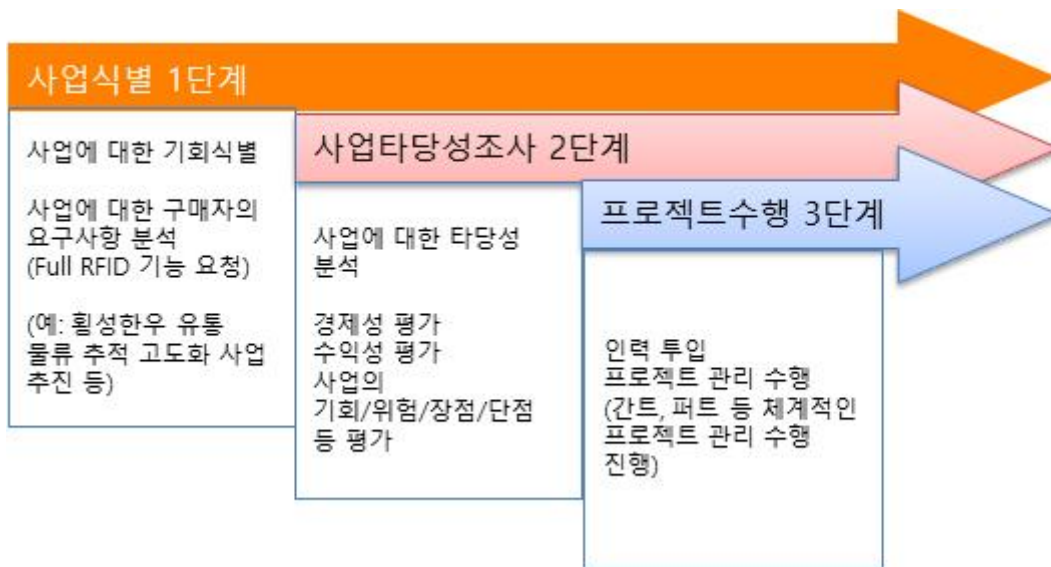


그림 4. 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템 제품 공정도 구체화

b) Simple 센서 기반 온도 이력 추적 시스템 제품 내용 소개

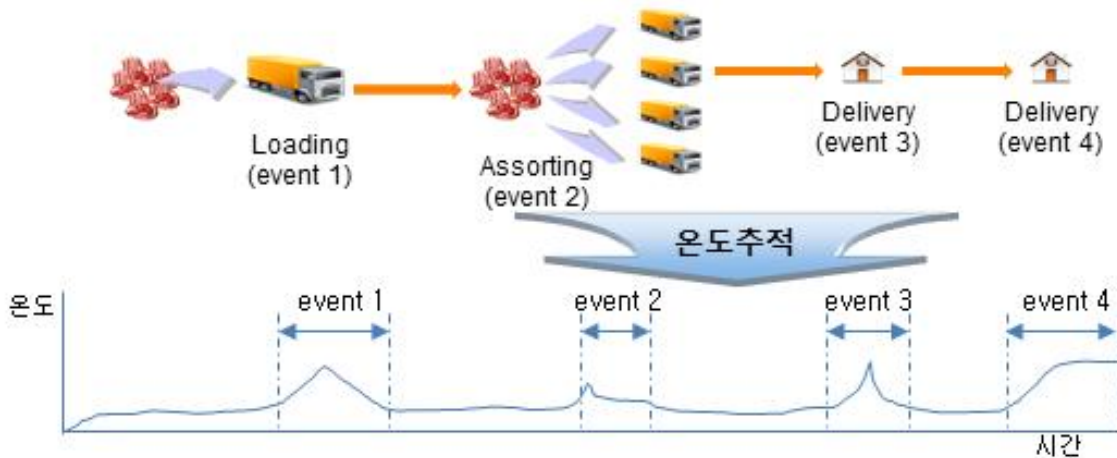


그림 5. 황성 한우 유통망 대상 Simple 센서 기반 이력 추적 시스템 개념도

솔루션 2인 단순 센서 기반 온도 이력 추적 시스템으로 최적의 RFID 기반의 제품 이력 추적 기능을 제공하는 솔루션으로 고기능/고가 솔루션인데 반해 Simple 센서 기반 이력 추적 시스템은 온도 센서 기반의 제품 콜드 체인상의 안심 온도 유지 모니터링을 제공하는 솔루션으로 단순 기능/저가 솔루션이다. 통합 RFID-센서 기반 식품 이력 추적 시스템은 도입 초기 도입 비용이 높고, 전체 유통물류망 도입시 ROI가 높은 반면에 Simple 센서 기반 이력 추적 시스템의 경우, 목표 단계에서 저비용은 높은 ROI를 기대할 수 있다.

표 3. 온도 센서 기반 콜드 체인 솔루션(Sensor Monitoring System) 규격 및 가격

재료	구입처	규격	가격	비고
온도 센서	FTLab	Android device	30,000원/개	
smart phone	삼성, LG	Android OS	1,000,000원 /개	
labtop	삼성, LG	Windows OS	2,000,000원 /개	
DB	Oracle, Microsoft 등	Relational Database System	10,000,000	
온도 센서 기반 운영 플랫폼	동국대 이종태교수팀	Wireless Sensor Network 기반	100,000,000	제2-3세부과제에 기술이전협의 대상
SI (시스템 설치가격)	제2-3세부과제의 주관기업	국내 SI 표준 작업 준수	사이트마트 다름	
하드웨어 구성은 스마트폰 및 온도센서 기기 구매를 포함하여 실제 상업용 사이트에 판매시점의 SI 구축 조건 및 구매조건에 따라 변동가능함				

ㄱ) 공정 설계 내용 소개

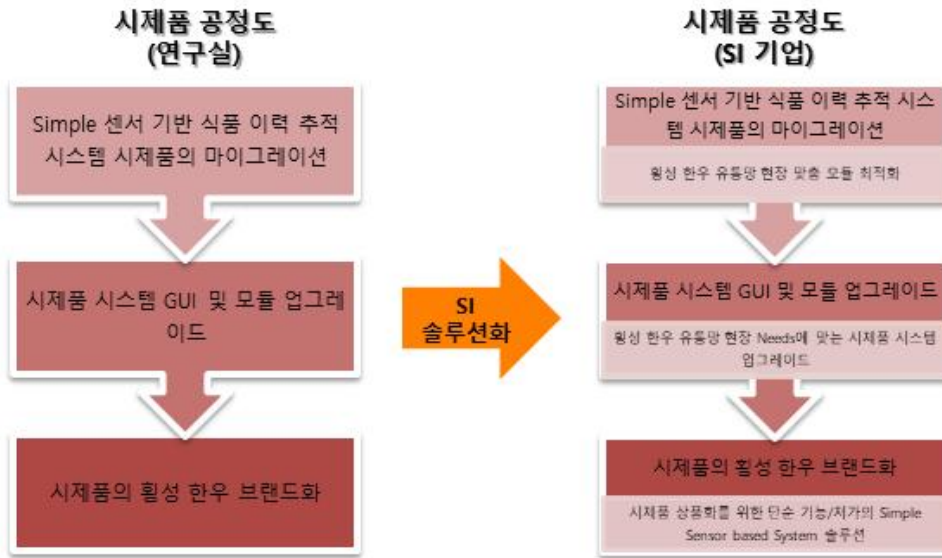


그림 6. 황성 한우 유통망 대상 Simple 센서 기반 이력 추적 시스템 시제품 공정도

- 온도 센서 기반 콜드 체인 구축 모듈 : 황성 한우 유통망의 안심 냉장 온도 관리 모니터링을 통해서 안심 냉장 온도를 유지했음을 소비자 및 관리기업의 담당자에게 알린다.
- 실시간 대용량 데이터(환경이력[온도 센서정보]) 처리 및 모니터링 모듈 : 제2-1세부과제에서 기존에 완성된 시작품의 규격 유지함으로써 저비용으로 솔루션을 구축할 수 있도록 한다.

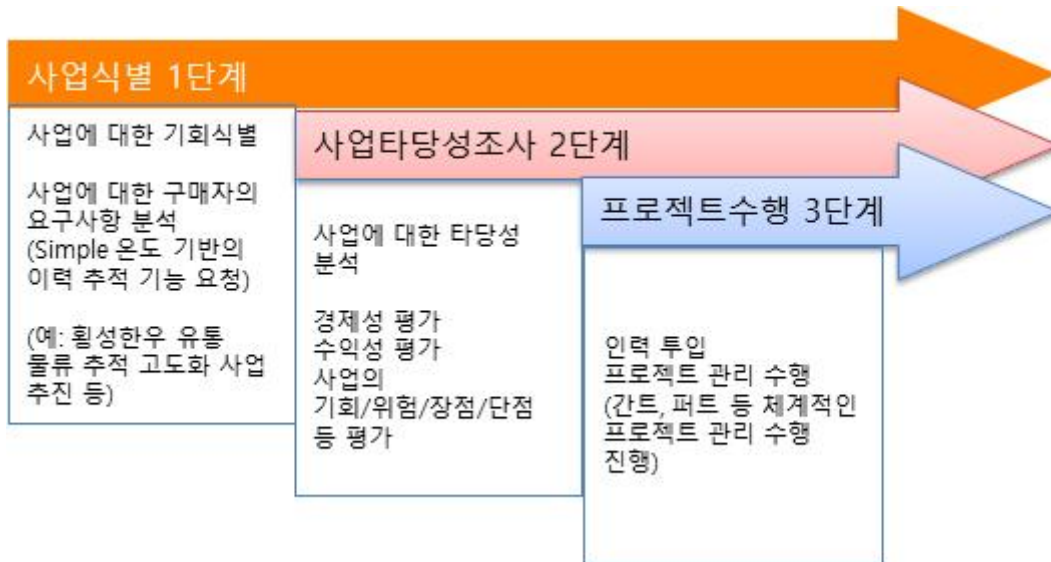


그림 7. Simple 센서 기반 온도 이력 추적 시스템 제품 공정도

Simple 센서 기반 이력 추적 시스템은 다양한 방법으로 온도 센싱 기술을 현장 맞춤화 가능하다. 단순 기능 및 도입시 저비용의 Simple Sensor based System 이므로 현장에서 가장 적합한 온도 수집 기술을 선택하고 콜드 체인상의 안심 온도 유지 모니터링 솔루션을 제공하고자 한다. 이를 위해서 Simple 센서 기반 식품 이력 추적 시스템 시제품을 마이그레이션하여 황성 한우 유통망 현장 맞춤 모듈 최적화를 한다.

시제품 시스템 GUI 및 모듈 업그레이드를 통해 Simple 센서 기반 이력 추적 시스템을 도입하고자 하는 목

표 프로세스에 맞는 시제품 시스템 업그레이드를 한다.

시제품의 황성 한우 브랜드 화를 위해 단순 기능/저가의 Simple Sensor Based System 솔루션을 제공한다.

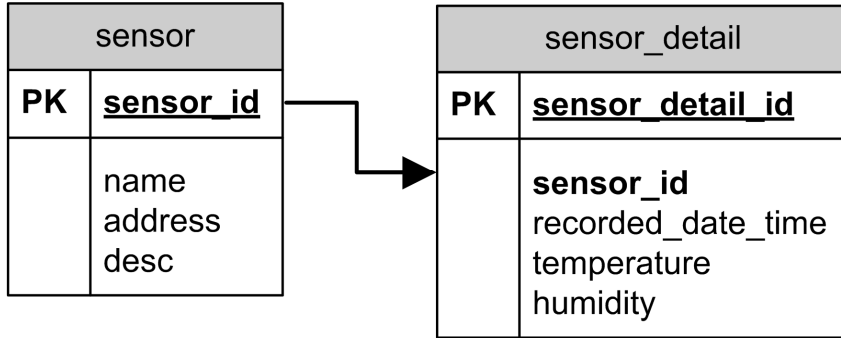


그림 8. 해당 솔루션의 데이터베이스 구조도

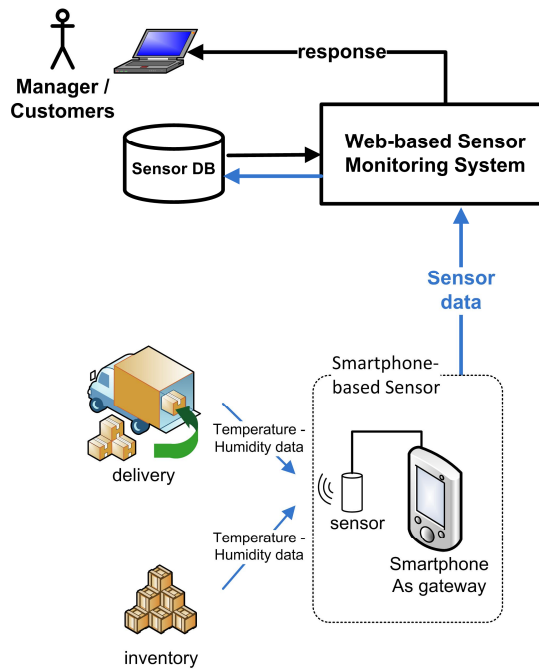


그림 9. 웹기반의 센서 모니터링 콜드 체인 시스템 아키텍처

표 4. 온도 센싱 기술 비교

구분	특징	장점	단점
Data Logger	마이크로프로세서, 메모리, 센서로 이루어진 데이터 기록장치, 주로 Personal 컴퓨터와 인터페이스	<ul style="list-style-type: none"> 온도 변화이력 추적 기능 많은 데이터 용량 전압, 전류, 유량 등 다양한 센싱 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 확인을 위해 포장을 개봉해야 함 PC에 연결하여 사용 부피가 큼
RFID Sensor Tag	기존 RFID 태그에 환경 정보 습득을 위한 센서와 자체 전원 공급을 위한 배터리가 추가	<ul style="list-style-type: none"> ID와 온도 식별 가능 온도 변화이력 추적 가능 표준 RFID 인프라시스템 공유 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 낮은 온도에서 배터리 소모량 증가 전파간섭 메모리 용량에 따른 환경 정보 저장의 한계
Smart phone App.	Smart phone 어플리케이션과 온도센스 센서 노즐로 구성	<ul style="list-style-type: none"> 실시간 가시성 및 사용자 친화적 온도 변화 이력 추적 기능 많은 데이터 용량 GPS 기능 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 낮은 온도에서 디바이스 배터리 소모량 증가 Wifi 연결이 필수

c) 횡성 한우 축의 시스템 구축 보류에 따르는 대안 시스템 설계

이러한 소개에도 불구하고 횡성한우 축에서는 신선식품 품질 보증에 대해서 비교적 영세한 축협이나 농협에서 부담하는 것이 부담스러우며 유통 물류 선진국인 미국과 같이 제3자 물류업체(예: 쿠팡)에서 시스템을 구축하여 시스템을 적용하는 것이 바람직하고 횡성한우축에서는 신선식품 품질 시스템을 구축후 온도 및 습도 관리부실로 인한 문제 발생에 따르는 품질 문제의 책임을 횡성한우가 지게 되는 Risk를 얻는 것에 대한 횡성한우축의 사정으로 횡성한우에 대한 구축 및 적용은 유보되었다.

이에 한성한우에 기반한 브랜드 한우와 판매업자 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축이라는 대안이 도출되었다. 이에 대한 개발 내용은 다음절인 2. 브랜드 한우와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축(기술개발지원)에서 설명한다.

2. 브랜드 한우와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축(기술개발지원)

2-1세부과제는 2-1협동의 (주)이에스에니와 함께 다음과 같은 시스템을 설계 및 개발지원을 수행하였다.



그림 10. 2-1세부 및 2-1 협동과제에서 설계, 개발 구축한 시스템 구성도

구체적인 내용으로는, 브랜드 한우와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축 한우의 부위별 및 한 마리, 반 마리의 공동구매로 B2B/B2C 유통망을 구축하는 것이다.

- 정육판매자의 기존 소비자 정보를 활용한 공동판매 방식
- 생산지 증명 및 지능형 물류관리 시스템을 활용한 제품의 신뢰성 확보
- 생산지 증명 및 지능형 물류관리 시스템을 활용한 안심구매 방식으로 제품 및 브랜드의 가치 증대와 소비자 확보임.

이를 위해서, 정육판매자가 보유하고 있는 소비자의 정보를 이용하여 공동구매 활성화하고자 하였다.

- 기존 고객의 전화번호 활용하여 문자 및 SNS 활성화 (,카카오톡,인스타그램,페이스북..)
- 향후 모바일 App를 통해 푸쉬 기능으로 상품 및 구매정보 제공
- 브랜드한우의 생산지증명과 지능형 물류관리시스템의 온도이력으로 정육업자의 일탈행위 방지 수행

이를 위해서 2-1세부과제의 기술인 지능형 물류 관리 시스템 적용하였다.

- 지능형 농식품 포장 연구센터에서 7년간 개발한 제품 이력 및 온도 이력 추적 기능 (RFID기술 / 온도센서 및 바코드)
- 제품의 온도 이력을 서버로 전송하여 신선식품의 품질 신뢰성 확보함. 이를 위해서 구매물건인수 시점에서 종립적으로 수집되어 보관되는 운송구간 온/습도 자료는 클레임, 보험처리 등의 대응 자료로 활용된다.



그림 11. 온도 안심 이력 시스템의 구조도

이는 다음과 같은 시스템 목표로 구성된다(아래 그림 참조)



그림 12. 2-1세부과제의 지능형 물류 관리 시스템과 2-1협동과제(㈜에스애니)의 B2B 브랜드 한우 공동 구매 쇼핑몰 기술의 결합도

지능형 물류 관리 시스템 적용으로 브랜드 품질의 신뢰성 확보로 브랜드 가치를 증대시키기 위해서, 아래와 같은 시스템을 설계하였다.

- 중간 유통 마진의 절감과 지능형 물류 관리시스템의 적용으로 신선하고 고가의 브랜드한우를 거품 없는 가격을 구매한다.
- 구매자는 판매자(정육점, 마트 등) 또는 쇼핑몰에서 공동구매를 통해 한우의 유통 망 및 온도이력의 확인 후 보관 품질을 확인한다.
- 판매자는 온도이력을 통해 품질의 이상 여부를 지능형 물류 관리 시스템을 통해 확인 후 구매자에게 공급한다.
- 판매자는 공동판매로 제고의 부담 없이 고가의 브랜드 한우를 통한 이익을 증대시킨다
- 브랜드한우 축협은 소포장 판매에서 각 부위의 중포장 및 한마리 판매를 통한 원가 절감으로 이익 증대를 도모한다.

표 5. 브랜드 한우의 소비자 직거래를 위한 쇼핑몰 시스템 구축 설계안

안심온도이력 기반의 b2b 쇼핑몰 시작품 개발 - html5기반의 반응형 웹으로 개발 - 개발언어 : JAVA ,JDK 1.8 미들웨어 : TOMCAT 8.0 DBMS(데이터베이스 시스템) : MYSQL

해당 시스템의 개발 및 구축은 2-1협동 과제인 ㈜이에스애니의 1차년도 개발 내용에서 상술되었다.

[2차년: 경기농협 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집]

1. 경기농협의 시스템 요구사항 확립

1) 경기농협의 시스템 요구사항 확립

2-1세부과제에서 개발한 지능형 식품 포장 및 유통관리 시스템은 고품질의 식품을 구매하고자 하는 소비자의 만족도를 충족시키기 위하여 식품 유통과정의 실시간 위치, 온도, 습도 정보 이력을 추적하고 신선 공급망(Cold Supply Chain)의 최적화를 지원하는 시스템이다. 개발된 시스템은 RFID 기술과 Sensor 네트워크 기술을 활용하여 식품 유통과정에서의 위치 정보, 온도 정보, 습도 정보 이력을 관리를 지원한다.

2차년도에는 이를 경기농협에 적용하기 위한 작업을 수행하였으나 비교적 영세한 농협 등이 아닌 제3자 물류업체(예: 쿠팡)가 신선식품의 품질보증을 해야 한다는 입장으로 진행을 유보하였으며, 1차년도에 2-1협동인(주)에스애니와 개발한 ARC 과제 브랜드 한우 쇼핑물에 김치를 추가하는 방향으로 전개하였다. 이를 적용하기 위해서 제3자 물류업체인 화물팡 등과 시스템 구축을 논의하였으며 적용을 위해서 식품이력 모니터링 시스템의 설계 및 MongoDB 기반의 빅데이터 시스템을 구축하였다.

식품 이력추적 시스템을 구축하고자 경기농협 연천(2018.08.02.) 및 경기농협 파주(2018.10.02.)를 현장 방문하여 현장조사 및 요구사항을 수집하였다. 현장방문을 통해 수집된 요구사항들을 정리하면 다음과 같다.

제조/보관단계에서의 온도관리서비스 필요

- QC(품질관리) : 담당자가 원하는 일자/시간/장소의 온도 이력 필요
- 공무(시설관리) : 실시간으로 온도 현황 요구
 - WIFI-모바일 앱 방식 요청
 - 일자별/위치(창고, 탈수실 등)/생산 로트(Lot) 별 현황 요청

HACCP 개선사항 증빙 지원 필요

이상온도 Reporting 필요





그림 13. 경기농협 연천 현장방문 및 요구사항 조사

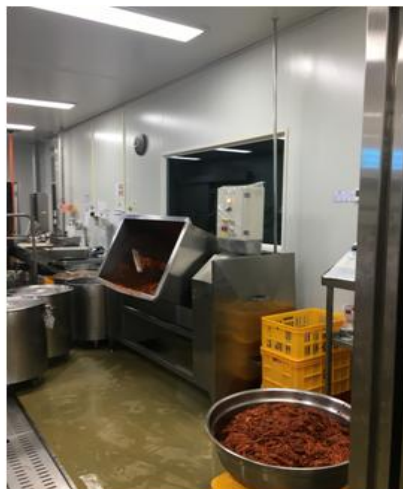


그림 14. 경기농협 파주 현장방문 및 환경 조사

경기농협 현장방문을 통해서 사용자가 원하는 요구사항을 수집하였고, 특히 일자/시간/장소 별로 온도 이력에 대해서 알고 싶다는 요구사항을 수집하게 되었다. 또한 이러한 온도 이력추적 시스템은 생산자인 경기농협 뿐 아니라 제품을 운송하는 물류회사와도 밀접한 관계를 가지고 있고, 경기농협뿐 아니라 물류회사를 대상으로 사업화를 하는 것을 고려해야 한다는 사실도 확인하였다. 조사결과 생산자인 경기농협가 주체적으로 생산 제품(김치)에 대한 온도이력관리를 하고자 하는 노력도 있지만, 중간 운송을 맡고 있는 물류회사도 화주에 대한 서비스의 일환으로 운송기간 내 온도이력관리를 하고자 하는 수요도 있다는 것 역시 확인할 수 있었다.

경기농협과의 논의에서 나온 경기농협 김치 유통/재고 관리 중 애로사항 및 요청사항은 하기 표의 내용과 같다.

표 6. 경기농협 김치 유통/재고관리 중 애로 사항 및 요청사항 정리

항목	애로 사항 및 요청 사항 내용	2-1세부과제 기술로의 대응 여부
1	김치 완전 포장(완포) 이후 납품 시 김치 맛에 대한 정보를 알 수 있으면 좋겠음	2-1세부의 기술은 신선식품의 맛에 대한 관리는 개발 범위가 아니며 현재 기술로는 완벽하게 맛에 대한 정보를 예측하기가 쉽지 않아 보임 그러나 유통 및 보관과정에서의 온도, 습도에 대한 실시간 모니터링 기술로 부분적인 맛에 대한 예측이 가능할 것으로 판단됨
2	재고관리 시 선입선출 이슈보다 김치 상태에 대한 이슈를 기반하여 출고 되었으면 좋겠음	김치품질에 대한 실시간 온도, 습도 모니터링 기술로 제공 가능
3	3차년도 1단계 3세부(김치 포장재)와의 과제 진행을 하던 중, 먹지를 이용하여 김치 포장재에 유통 기한 정보 등의 정보를 찍은(인쇄하는) 과정에서 물기/냉기 등의 사유로 정보가 지워지는 일이 발생함. 이것이 해결되면 많은 김치산업에서 활용될 가능성이 있음	타 과제와 연계 필요한 사항으로서, 경기농협이 시스템 구축을 유보함
4	데이터 로거를 활용하여 김치 유통 과정에서(ex: 대리점 등) 단위 생산 로트(Lot) 별/위치별 온도이력관리, 이상온도 시 검증/개선사항으로 Reporting 지원	2-1협동인 (주)이에스애니와의 협업으로 대응 가능한 내용임
5	경기농협에서 대리점까지는 경기농협 차량이며, 대리점에서 학교 등으로 배송되는 차량은 대리점 소유의 차량임	신선식품 물류에 대한 품질 관리 책임과 시스템 도입 비용 및 시스템 관리 주체에 대한 문제가 발생하였으며 이로 인해서 경기농협에 대한 시스템 구축이 유보되었음
6	경기농협에서 마케팅 차원에서 일괄적으로 차량 외부 시트지를 제작하여 같은 차량으로 보여지나 위와 같이 소유가 다름	
7	경기농협이 사업주체가 될 경우, 본 과제 시스템으로 온도 관리가 잘못되었다는 것을 보여주는 활용 목적으로는 안됨	이 부분이 경기농협시스템 도입의 주요한 장벽이었음. 2-1세부과제와 2-1협동의 (주)이에스애니가 개발한 시스템은 신선식품의 품질 관리를 위해서 관리 소홀이나 천재지변 다양한 원인으로 발생하는 온도 관리의 실패지점을 찾아냄으로써 잘 관리하는 업체에 대해서는 소비자들이 품질 안심을 하게 해주고 그렇지 못하고 온도 관리의 실패 수가 많은 업체에게는 품질 개선의 시사점을 찾아 주는게 목적임으로 해결하기 어려운 장벽이었음

위의 문제를 해결하기 위해서는 현재 코로나19의 시대로 인해서 온라인 물류시장의 성장세가 매우 크고

이에 따라서 신선식품의 품질에 대한 요구사항이 급격히 증대되고 있어서 제3자 물류업체의 신선식품 품질에 대한 보증이 있는 미국과 같은 선진국형 물류업으로 발전시 제3자 물류업체에서의 본 시스템의 도입이 활발하게 전개될 것으로 판단된다.

향후 제3자 물류업체들이 신선식품 품질에 대한 보증을 실시하기 위해서 RFID 이력 추적 시스템과 온도, 습도 실시간 모니터링 시스템을 도입하고 이를 사용하는 생산주체 및 소비주체들이 이익을 보는 구조로의 전환이 가까운 시일내에 시작 될 것으로 예측된다.

이 경우, 본 2-1세부 과제기술의 확산 및 적용이 원활하게 이루어질 것으로 판단된다. 코로나19로 인해서 오프라인 제3자 물류 배송 산업이 급격함에 발전함에 따라 향후 4~6년내에 이러한 환경이 조성될 것으로 판단된다.

2. 식품이력 모니터링 시스템의 설계 및 분석과 MongoDB 빅데이터 시스템 개발

실시간 모니터링 시스템은 부패하기 쉬운 식품 공급 체인의 소비자가 식품 품질을 보장 할 수 있도록 개발되었다. 제안 된 시스템은 BLE 기반 온도 습도 센서와 NoSQL 데이터베이스를 큰 데이터 플랫폼으로 활용하였다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이 BLE 기반 센서는 각 배송 상자에 설치되며 생산자, 운송 업체 및 유통 업체의 저온 저장 장치에 존재한다. 스마트 폰 앱은 직원 / 직원이 제품 인도 시작과 끝날 때 BLE 센서 장치에서 센서 데이터를 검색하는 데 사용된다. 각 시간 간격으로 BLE 기반 센서에 의해 임시로 수집되고 스마트 폰에서 서버 측으로 전송되는 센서 데이터이다. 웹 서비스 / REST API는 센서 데이터를 받아 MongoDB 데이터베이스에 저장한다. 최종적으로 온도 및 습도와 같은 센서 데이터의 제품 세부 사항 및 전체 기록이 쇼핑물 웹 사이트의 사용자에게 제공된다.

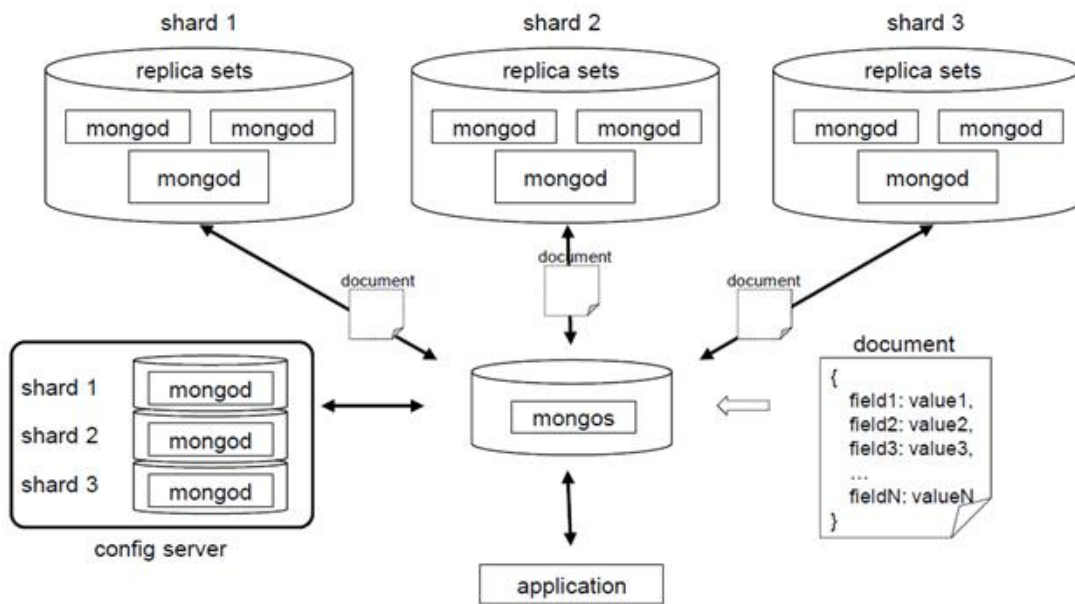


그림 15. MongoDB의 클러스터 디자인도

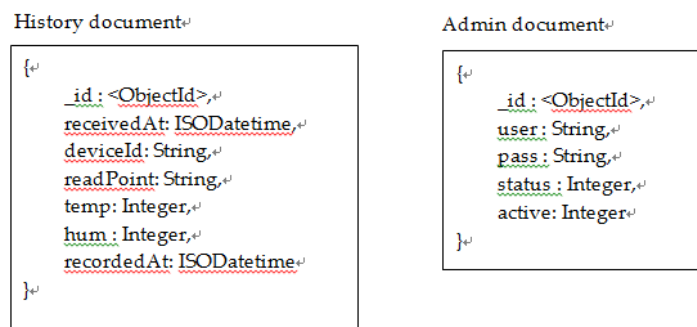


그림 16. 데이터베이스 스키마 디자인도

본 프로젝트에서는 배달 중 BLE 기반 센서에서 센서 데이터를 검색하는 Android 앱을 직원이 활용하여 사용한다. 스마트 폰은 센서에서 정보를 수집하고 이를 Wi-Fi 링크를 통해 원격 서버로 재전송함으로써 게이트웨이로 작동한다. 서버 측 REST API는 Node.js 웹 애플리케이션 프레임 워크를 활용했다. 또한 MongoDB 드라이버는 Node.js 응용 프로그램에서 센서 데이터를 데이터베이스에 저장하는 데 사용됐다.

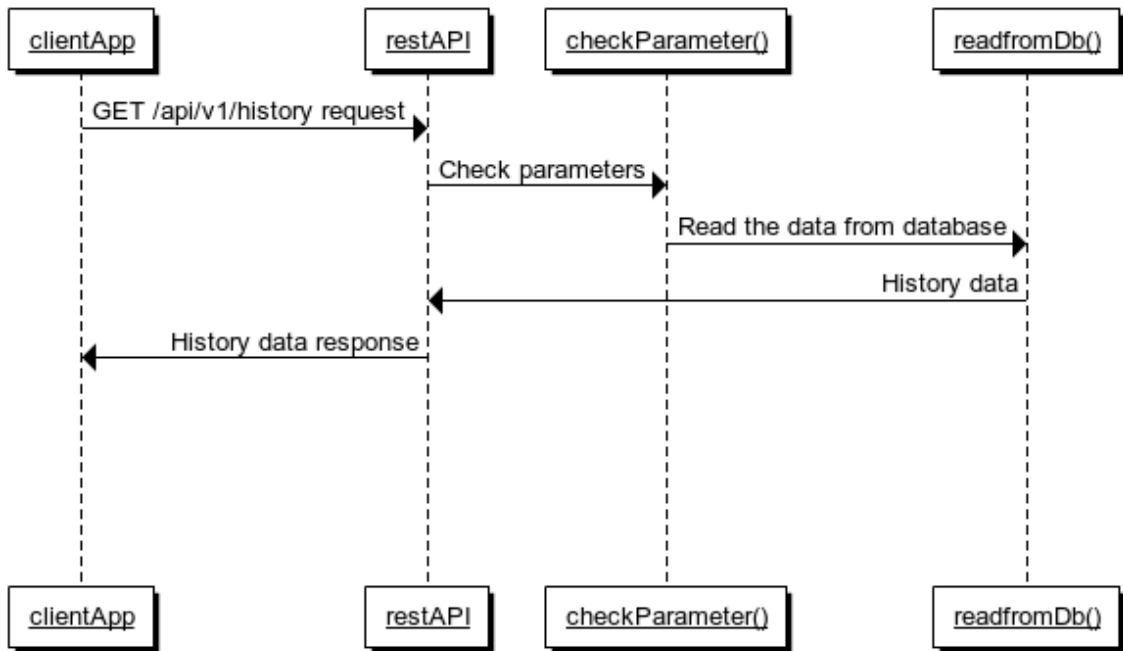


그림 17. RESP API 시퀀스 다이어그램

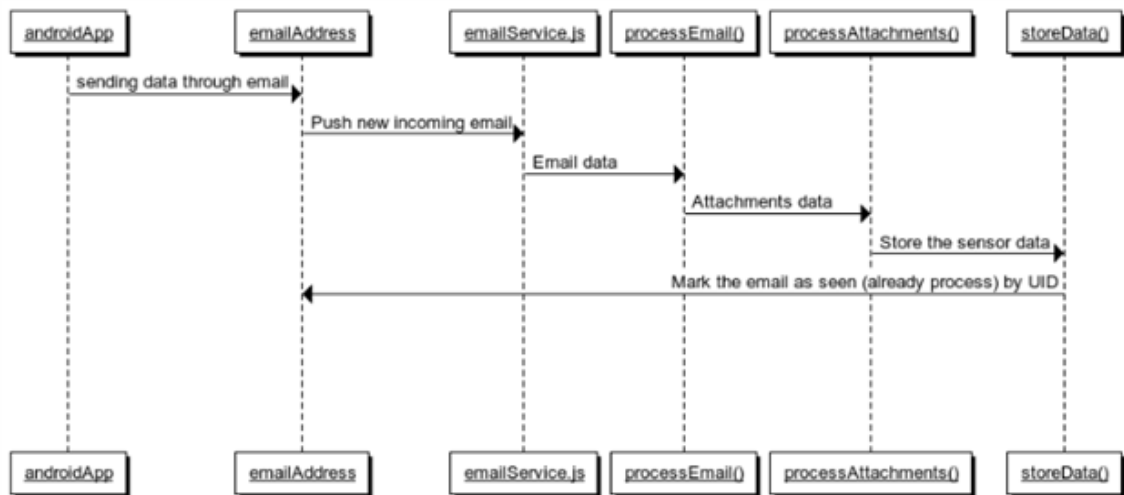


그림 18. 이메일 서비스 시퀀스 다이어그램

현존하는 기술로 인해 전선이나 케이블을 대신하여 정보를 교환 할 수있는 무선 솔루션을 구현할 수 있다. BLE는 저전력 소비를 유지하면서 연속적으로 센서 데이터를 전송하는 최상의 선택으로 간주 될 수 있다. 본 연구에서는 온도 습도 센서와 같은 BLE 기반 센서를 사용하여 제품의 환경 조건을 모니터링 한다. BLE 기반 센서와 스마트 폰 간의 통신은 GATT (Generic Attributes)에 의해 정의된다. BLE 주변 장치 (센서 장치)는 한 번에 하나의 중앙 장치 (스마트 폰 등)에만 연결할 수 있지만 중앙 장치는 여러 주변 장치에 연결할 수 있다. BLE의 GATT 트랜잭션은 아래 그림에서 볼 수있는 프로파일, 서비스 및 특성이라는 고수준의 중첩 객체를 기반으로 한다. GATT 트랜잭션의 가장 낮은 수준 개념은 단일 센서 데이터를 캡슐화 하는 특성이다. 센서 장치와의 통신을 가능하게하려면 스마트 폰은 주변 장치를 스캔하여 중앙 장치가 연결할 장치를 결정해야 한다. 연결이 설정되면 서비스 및 특성을 검색 한 다음 센서 데이터를 스마트 폰에 전송할 수 있다.

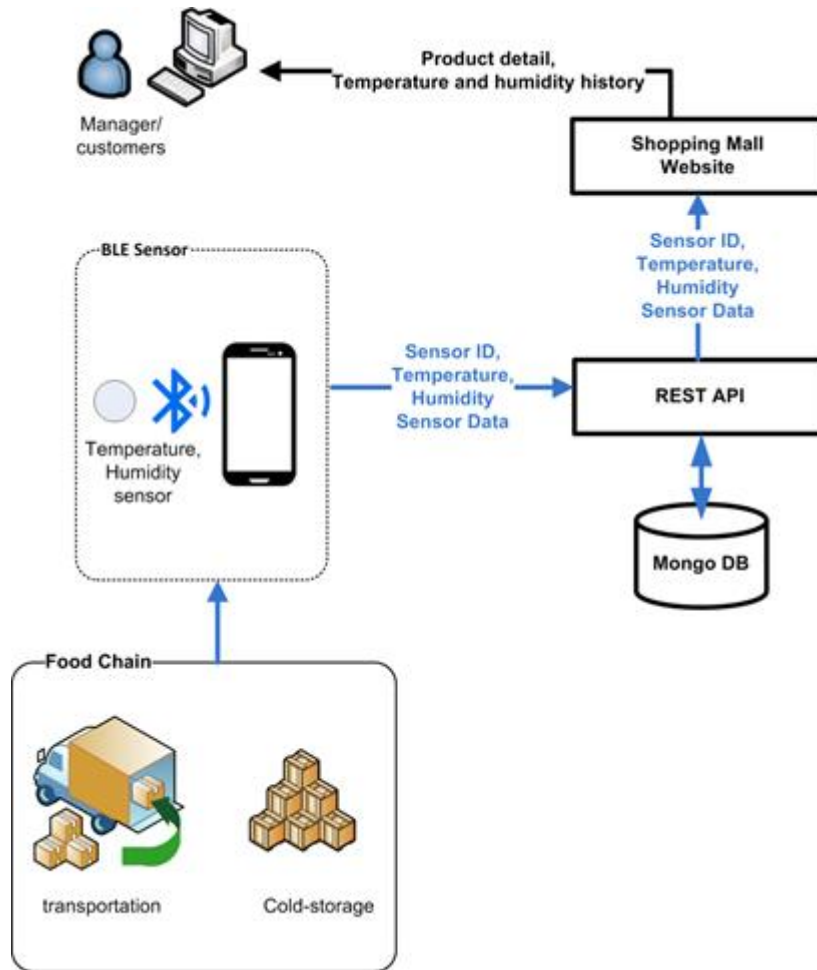


그림 19. 시스템 디자인 아키텍처

게이트웨이의 IoT 생성 센서 데이터는 많은 양의 구조화되지 않은 형식과 연속 생성 특성을 가진다. 아래 그림은 BLE 기반 센서 장치의 고유 ID, 장치 이름, 기록된 시간 및 온도 및 습도와 같은 센서 데이터로 구성된 센서 문서의 예를 보여준다.

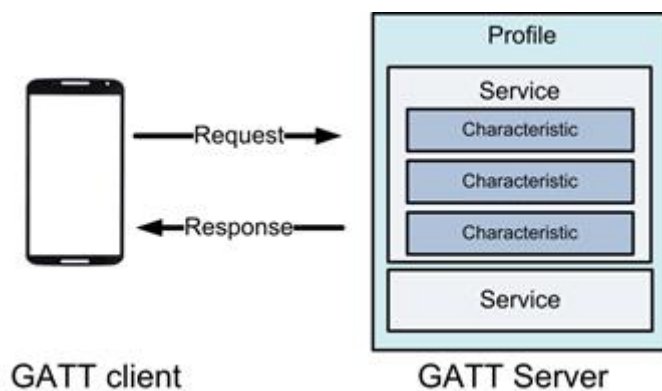


그림 20. GATT client와 Server 연계도식

본 기술개발에서는 대용량 센서 데이터를 처리하기 위해서 빅 데이터 플랫폼인 NoSQL을 사용했다.


```

{
  "_id" : ObjectId("59a9197faa8b3a5087ab541e"),
  "deviceId" : "11160531",
  "deviceName" : "BLE Sensor",
  "sentAt" : ISODate("2018-01-01T17:25:32.802Z"),
  "sensorData" : {
    "temperature" : "8.9",
    "humidity" : "14.4"
  },
  "createdAt" : ISODate("2018-01-01T17:25:35.539Z")
}

```

그림 21. 빅데이터 플랫폼인 NoSQL 기빈의 데이터베이스 도식

본 프로젝트에서 센서 모니터링 시스템은 농부, 도축장, 유통 업체, 소매 업체 및 고객을 포함한 쇠고기 공급망에 적용된다. 자세한 내용은 아래 그림에 나와있다. 쇠고기 (제품)는 저온에서 보관하고 냉장 보관된다. 제품을 배송 할 준비가 되면 운송 업체는 제품을 유통 업체 및 소매 업체에 가져와 제품을 냉장 보관한다. 그런 다음 운송인이 제품을 고객에게 전달한다. 보관 및 운송 중에 위험을 줄이고 제품 품질을 향상 시키려면 제품을 0°C 미만으로 유지해야 한다.

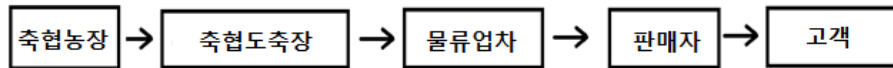


그림 22. 빅데이터 플랫폼인 NoSQL 기빈의 데이터베이스 도식

본 프로젝트에서, tzedigital의 BLE 기반 온도-습도 데이터 로거의 상용 버전이 활용된다. BLE 기반 센서 장치는 시간 단위와 같은 다른 시간 간격에 대한 온도 습도 데이터를 저장한다. 각 납품 상자에 BLE 기반 센서를 설치하여 공급망에서 저장 및 인도하는 동안 온도 습도 데이터의 이력을 제시 할 수 있다. 납품 상자에 설치된 BLE 기반 센서의 예는 아래 그림에서 볼 수 있다. tzedigital의 Humiture Recorder라는 안드로이드 앱을 사용했다. 이 응용 프로그램은 GATT 개념을 기반으로 센서 장치에서 센서 데이터를 검색한다. GATT 개념을 활용하여 BLE 센서 장치에서 스마트폰으로 온도 및 습도를 검색 할 수 있다. 스마트폰이 센서 장치에서 센서 데이터를 요청하고 수신하여 Android 앱 인터페이스에 표시한다. 스마트폰은 센서로부터 정보를 수집하고 원격 서버에 무선으로 재전송하여 MongoDB에 저장함으로써 정보 게이트웨이 역할을 한다.



그림 23. 물류 상자에 부착된 BLE 센서

아래 그림은 작동중인 BLE 기반 센서 장치를 보여줌. 먼저 앱이 센서 장치 중 하나에 연결되어 있어야한다.

연결이 설정되면 센서 데이터를 검색하여 앱에 표시 할 수 있으며 사용자는 센서 데이터를 서버 측에 저장할 수 있다.

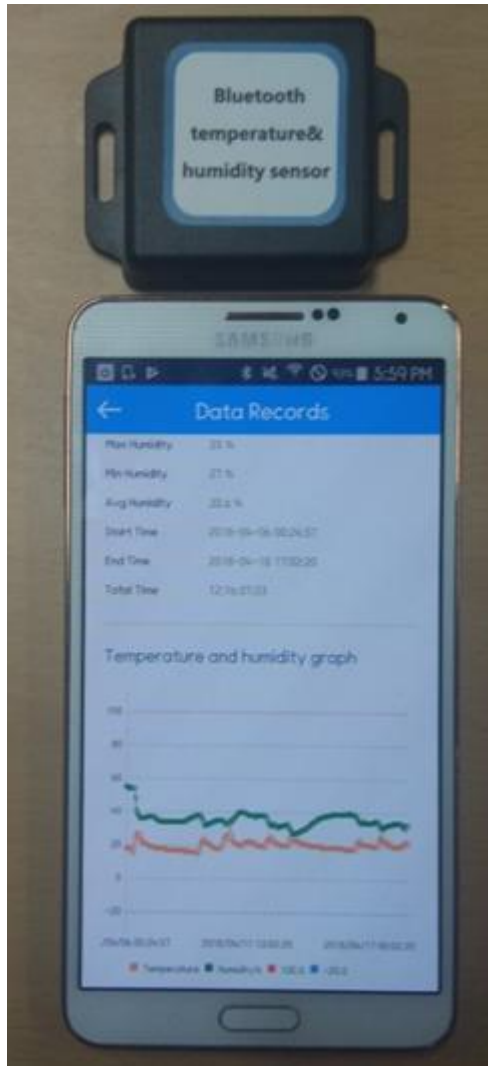


그림 24. BLE 기반 센서로부터 온도/습도를 센싱하여 모니터링하는 앱의 모습



그림 25. REST API로부터 검색되는 센서 이력 정보

Get History Data

Device Serial Number

Example: 11160531

Start Date Time

Example: 2018-04-06 00:24:57

End Date Time

Example: 2018-04-06 03:24:57

그림 26. 센서 ID와 타임 구간을 검색하기 위한 질의 인터페이스

Get History Data

Device Serial Number

Example: 11160531

Start Date Time

Example: 2018-04-06 00:24:57

End Date Time

Example: 2018-04-06 03:24:57

Device Serial Number: 11160531
 Start Date Time: 2018-04-06 00:24:57
 End Date Time: 2018-04-06 03:24:57
 Total Data: 4

#	Datetime	Temperature	Humidity
1	2018-04-06 00:24:57	18	55
2	2018-04-06 01:24:57	18	55
3	2018-04-06 02:24:57	18	55
4	2018-04-06 03:24:57	18	54

그림 27. 센서 데이터의 질의 결과

제안 된 MongoDB 기반 실시간 모니터링 시스템은 눈에 띄는 성능 저하없이 데이터, 쿼리 및 클라이언트의 증가하는 용량을 수용 할 수 있도록 확장 가능하다. 본 연구에서는 캡처 응답 시간과 쿼리 응답 시간을 기준으로 두 가지 성능 평가를 고려했다. 캡처 응답 시간은 쓰기 테스트에 사용되며 MongoDB에 데이터를 저장하기 위해 센서 모니터링 시스템에 필요한 시간으로 정의 된다. 쿼리 응답 시간은 읽기 테스트에 사용되며 서버가 클라이언트에 데이터를 표시하는 데 필요한 시간으로 정의 된다. 이 프로젝트에서 단일 클라이언트 컴퓨터가 센서 데이터를 쓰고 읽는 Java 프로그램을 실행했다. 클라이언트 컴퓨터는 Node.js 프레임 워크를 기반으로 웹 응용 프로그램을 실행하는 단일 서버 컴퓨터에 연결된다. 각 테스트는 빈 데이터베이스로 시작되었으며 두 테스트 (쓰기 및 읽기 테스트)는 센서 데이터의 양과 클라이언트 수에 따라 수행되었다. Java 프로그램은 여러 클라이언트를 시뮬레이트하기 위해 스레드를 사용했다. 서버 및 클라이언트 컴퓨터의 세부 사양은 아래 표에 나와 있다.

표 7. 서버와 클라이언트의 사양표

		Server	Client
Hardware	CPU	4.20 GHz × 8 cores	2.53 GHz × 8 cores
	RAM	16 GB	16 GB
	HDD	500 GB	SSD 250 GB
Software	OS	Ubuntu Server 14.04	Windows 10 Pro 64-bit
	Node.js	8.4.0	-
	Express	4.15.4	-
	Socket.IO	1.7.4	-
	MongoDB	3.4.7	-
	JDK	-	1.8.0_144
	Eclipse	-	4.7.0
	HttpClient	-	4.5.3

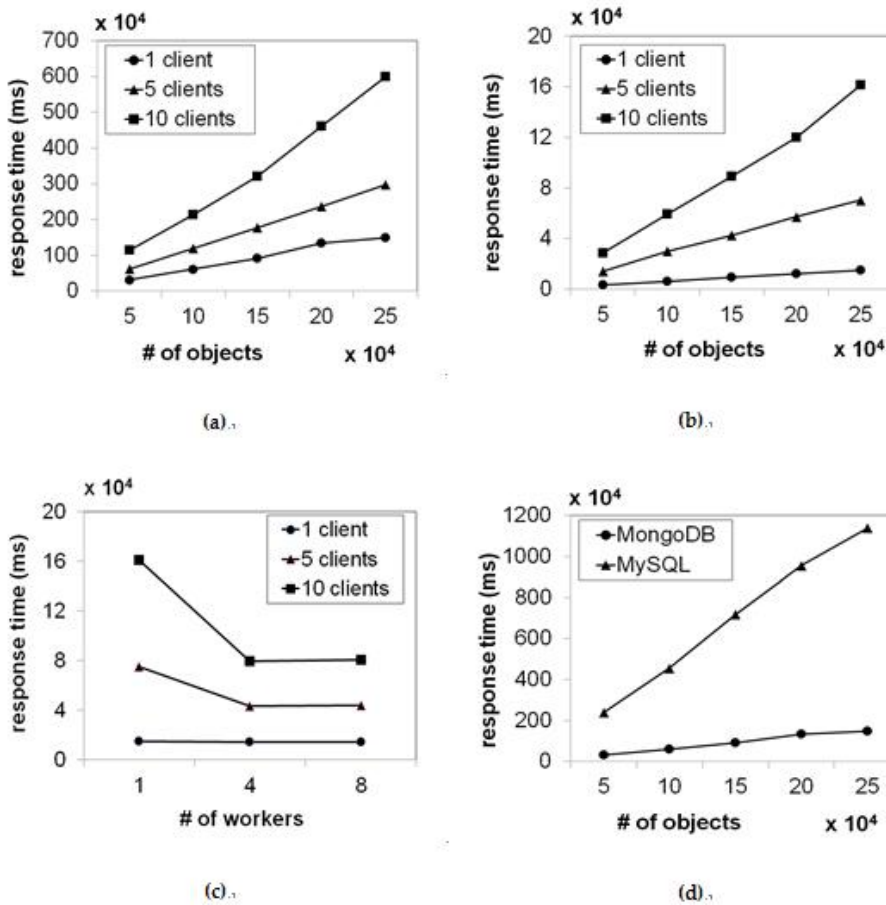


그림 28. 시스템 성능표 (a) 반응 시간 (b)질의 반응 시간 (c) 여러 작업자들에 대한 반응 질의 시간 (d) MySQL 데이터베이스와 MongoDB간의 반응 시간 비교

제안 된 시스템의 시스템 확장 성이 제시되었고, 서버 성능은 쓰기 및 읽기 테스트 후에 제공되었다. 결과는 캡처 및 쿼리 응답 시간이 서버에 전송 된 센서 데이터의 양과 클라이언트 수에 영향을 받는다는 것을 보여 주었다. 센서 데이터의 양과 클라이언트 수가 증가함에 따라 서버는 모든 요청을 충족시키는 데 더 많은 시간을 필요로 했다. 또한 Node.js의 클러스터 모듈을 사용하여 서버의 CPU 사용량을 극대화했다. 그 결과 Node.js의 클러스터 모듈이 멀티 코어 단일 서버의 시스템 성능을 향상 시켰다. MongoDB의 성능을 SQL 기반 데이터베이스와 비교하여 클라이언트가 전송 한 센서 데이터 양이 증가했을 때 처리 시간이 현저히 단축 되었다.

[3차년도: 식품 포장 및 제조·유통시스템 제품화 지원(사업화 대상 기술에 대한 커스텀마이제이션(customization) 및 기술지원)]

1. 패키지화된 제품화 지원을 위한 보고서 작성

1) 신선식품인 김치의 이력 추적 및 온도, 습도 실시간 모니터링 상품의 설명

a) 김치의 종합화

ㄱ) 김치의 특징

김치에 대한 정보는 인터넷, 서적 등 쉽게 그 정보를 구할 수 있다. 이에 따르면, 우리나라를 대표하는 음식 중 하나로 건강에 다방면으로 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 김치는 오랜 기간 우리나라의 대표적인 먹거리로 존재해왔고, 다양한 연구가 진행되어 그 정보를 모두 적고 넘어가기에는 내용이 방대하다. 그러므로 본 모델의 목적에 맞추어 관련 부분에 대한 김치의 특징을 4가지로 다루도록 하겠다.

첫 번째 특징으로, 김치는 숙성 기간에 따른 다양한 맛을 가지며 그에 따라 소비자의 취향도 다양하게 나타난다는 것이다. 김치의 숙성은 소금물의 농도와 저장온도가 큰 영향을 준다. 김치의 맛은 주로 김치 국물에 들어있는 향미성분의 삼투로 결정되며 삼투압 차이가 클수록, 온도가 높을수록 김치가 빨리 익게 된다. 유통과정에서는 온도 조절이 용이하지 않은 점, 유통 과정이 길어질수록 신맛이 강해지는 특성과 같은 상품김치의 만족도에 영향을 미치는 요인들을 제어하기 위해 국가에서는 2020년 김치품질표시제를 시행하여 맛과 숙성도 정보를 소비자에게 제공하는 규정을 도입 준비 중이다.

두 번째로, 김치의 소비패턴에서 과거와 다른 특징적인 변화가 나타나고 있다. 김치는 반찬으로 그 자체로 소비되기보다는 우리나라의 주로 쌀과 라면과 함께 소비된다. 쌀 소비가 줄어들면 김치 소비 역시 줄어들고 반대의 경우도 마찬가지이다. 최근 서구형 식문화가 증가함에 따라 쌀 소비는 매년 줄어드는 추세를 보이고 있으며, 김치 소비도 함께 감소하는 추세를 보이고 있다. 이 외에도 1인가구의 증가에 따라 식문화가 간소화된 것 역시 영향을 미치는 것으로 평가된다. 그러나 김치 소비가 줄었음에도 불구하고 상품 김치시장은 반대로 증가하는 추세를 보였는데 이것으로 가정에서 김치를 만들던 소비자들이 상품 김치를 구매하는 것으로 이동한 영향이 큰 것을 짐작할 수 있다. 그러나 상품 김치시장에서 해외 의존도가 크게 증가했으며, 개선을 위해 국가적 차원에서 ‘김치 R&D 로드맵’, ‘김치품질표시제’와 같은 개선책을 마련하고 있다.

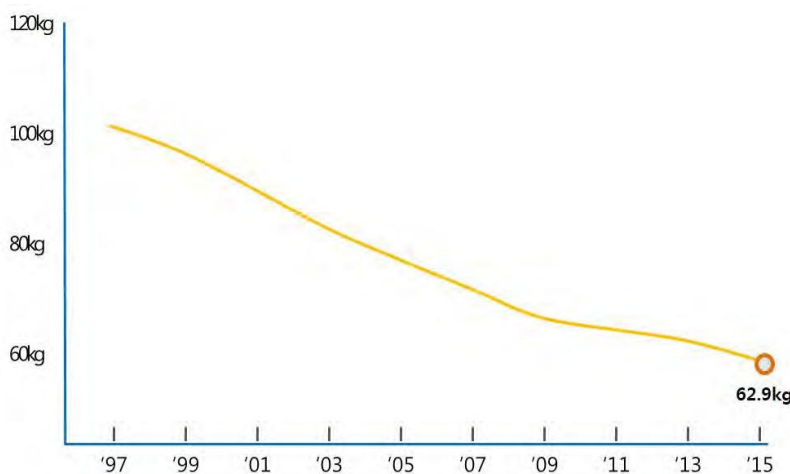


그림 29. 국내 쌀 소비량 추이

세 번째로, 김치 제조방법은 널리 알려져 있고, 그 방법이 어렵지 않다는 것에 기인한 특징이 있다. 현재는 그 비율이 줄어들고 있지만 과거부터 김치는 가정에서 직접 제조하여 소비해왔다. 때문에 현재까지 김치는 직접 제조하여 소비하거나, 부모님과 같은 가족으로부터 김치를 받아 소비하는 모습이 빈번하게 나타나고 있다. 쉬운 제조 방법과 타 식품산업에 비해 높은 시장 성장률은 불리한 산업구조에도 불구하고 과거에 많은 수의 시장 진입업체를 만들어 냈지만, 현재 시장 성장을 둔화, 김치 수요하락, 시장 고착화와 같은 사유로 경쟁력을 창출해내지 못한다면 경쟁자 사이에서 도태될 위험을 가진 좋지 못한 전망을 가지고 있다.

마지막으로, 김치의 원부자재의 높은 가격 변동성으로 인한 특징이 있다. 김치의 주재료 중 하나인 배추는 작황에 따라 가격이 수시로 변동하며 평균 가격이 2배 이상 높아지기도 하는 모습을 보이기도 하는 등 큰 변동 폭을 가진다. 추가로 구매자가 김치 원가 구조를 알고 있어 구매자의 가격 민감도가 다른 식품에 비해 높은 모습을 보이고 있다. 구매자는 배추 가격이 저렴할 때는 직접 만들어서 소비하고, 배추 가격이 비쌀 때는 상품 김치를 소비하는 추세를 보이고 있어서, 김치 제조업체가 큰 수익을 내기 어려운 모습을 보이고 있다. 따라서 김치 제조업체는 경쟁력을 갖기 위해 품질 또는 마케팅에서 차별화된 모습을 가져야 살아남기 용이하다.

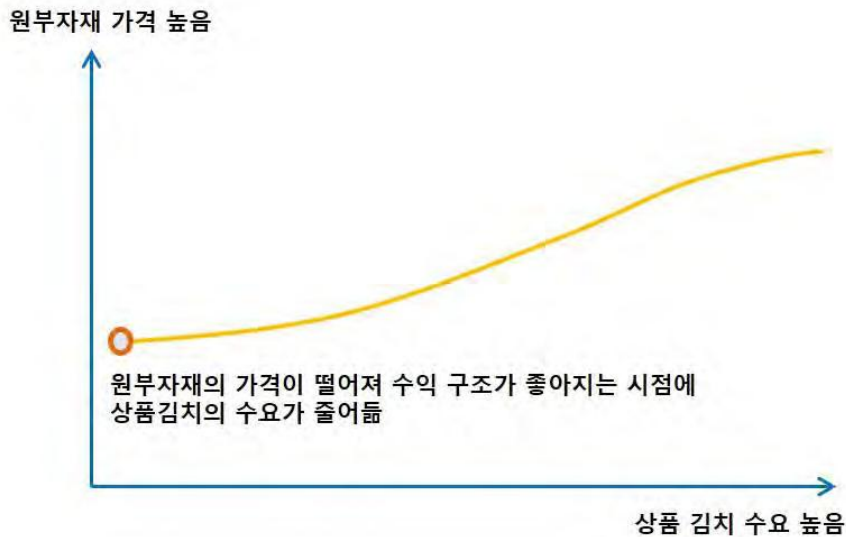


그림 30. 원부자재 가격과 소비자 수요의 관계

ㄴ) 김치의 시장

(1) 국내시장에서의 김치

국내 김치시장은 먼저 B2B시장과 B2C시장으로 나눌 수 있다. 각 시장규모비율은 약 8:2 정도로 B2B시장이 더 큰 비중을 차지하고 있다. B2B시장에서는 국내 김치와 저렴한 중국산 김치의 경쟁구도로 나타나고 있지만 중국산 김치의 비중이 점차 상승하고 있다. B2C시장은 전체 김치 제조업체의 1%인 대기업이 전체 소비자 시장의 90%를 점유하고 나머지 10%를 중소기업이 나누어 점유하고 있다. 이에 2018년 12월 생계형 적합업종으로 지정되었고, 이 외에도 ‘김치 R&D 로드맵’, ‘김치품질표시제’와 같은 개선책을 마련하여 정책적으로 중소기업을 지원하고 수입산 김치에 비해 경쟁력을 갖출 수 있도록 발전시키고 있다.

국내 김치시장 규모는 약 2조원으로 단일 식품으로는 상당한 규모를 가지고 있으며, 2016년 이후 시장이

성숙기에 접어들어 경쟁 구도에 변화가 생기고 있다. 기존 기업들은 시장 점유율을 유지하거나 확보하기 위해 새로운 수요를 창출하거나 차별화된 경쟁력을 확보하여야 하고, 그렇지 못한 기업들은 도태되어 김치시장에 참여 중인 전체 기업의 수는 축소될 전망이다, 남은 기업들이 그 점유율을 확보하여 성장할 수 있는 기회를 얻을 것이 예측되고 있다.

표 8. 국내 김치 소비량

단위: 톤

연 도	합 계	자가조제	상품김치		상품화율	
			소 계	한국산		
2010	2,015,096	1,471,886	543,209	350,273	192,936	27.0%
2011	1,951,461	1,362,294	589,167	359,089	230,078	30.2%
2012	1,730,681	1,139,953	590,728	371,883	218,845	34.1%
2013	1,887,539	1,269,037	618,502	398,284	220,218	32.8%
2014	1,767,357	1,189,726	577,632	364,694	212,938	32.7%
2015	1,909,398	1,272,136	637,262	413,138	224,124	33.4%
2016	1,865,249	1,202,379	662,870	409,438	253,432	35.5%
2017 ^e	1,944,806	1,228,348	716,459	440,828	275,631	36.8%
CAGR('10~'17)	-0.5%	-2.6%	4.0%	3.3%	5.2%	-

자료: "자가조제"는 세계김치연구소, "한국산"은 식품의약품안전처, "외국산"은 한국무역협회

주 1) 2017년 자료는 "외국산"을 제외하고 모두 추정치임

2) "자가조제"는 가정 또는 외·급식 업소에서 직접 담가 소비한 김치의 양으로서 배추김치 섭취량(보건복지부) 자료 및 관련 통계량 등을 기초로 추정된 값임

3) CAGR은 연평균 증가율

출처 : 2017년도 김치산업동향, 세계김치연구소, 2018.08

정책과 시장전망에 맞물려 앞으로의 김치시장은 품질, 구매, 생산, 유통, 마케팅 등 여러 방면에서 기업의 경쟁력을 갖추기 위한 차별화 전략의 필요성이 대두될 것이다. 또, 국내 B2C시장의 점진적인 확장에 따라 일반 소비자에 대한 충성도 확보에 필요한 다양한 변화가 예상되어, 후 서술하게 될 본 보고서의 목적 대상인 ARC모델의 기대 역할의 중요성과 필요성을 미리 생각해볼 수 있다.

(2) 해외시장에서의 김치

표 9. 연도별 김치 수출입 현황

(단위: 톤, 천불)

년도	수출		수입	
	중량	금액	중량	금액
2019	17,234	60,818	172,686	71,099
2018	28,197	97,456	290,742	138,215
2017	24,311	81,393	275,631	128,679
2016	23,490	78,900	253,432	121,485
2015	23,111	73,543	224,124	113,237

* 2019.07 기준

표 10. 국가별 수출량 및 금액 현황

(단위: 톤, 천불)								
2017			2018			2019		
국가	중량	금액	국가	중량	금액	국가	중량	금액
일본	13,681	45,567	일본	16,343	56,104	일본	9,614	32,961
미국	2,206	7,246	미국	2,570	8,969	미국	2,118	8,348
대만	1,472	4,440	대만	1,587	5,099	홍콩	856	3,005
홍콩	1,285	4,346	홍콩	1,280	4,489	대만	689	2,295
영국	712	2,686	호주	936	3,112	호주	651	2,079

* 2019.07 기준

2017년 기준 해외 시장 다변화를 통해 전체 김치 수출 규모가 증가했다. 일본을 상대로 한 김치 수출은 2010년 이후 꾸준한 감소추세를 보이다 2018년 한국 김치에 대한 선호도가 높아지면서 김치 수출이 역대 최고 수준으로 크게 증가했다. 2018년 1월 6,986천불에서 2019년 1월 9,113천불로 30.5% 증가하였다(출처 : 보도자료, 국산김치 품질, 안전 차별화로 국내외 시장 잡는다. 농식품부 김치산업 육성 방안 발표. 2019. 3. 7) 그 외 미국, 대만, 유럽과 같은 기타 시장에서의 수출량 증가로 전체 수출 규모는 증가한 모습을 보이고 있다. 2018년에는 수출량이 큰 폭으로 증가했는데 이는 일본에 대한 수출량의 증가가 상당한 부분을 차지하고 있다. 이에 해외 시장 개척을 위한 물류비 지원 확대(100만불 한도, 8% → 18%)하고 국산 김치 상표도용 방지를 위한 ‘국가명 지리적표시제 도입’을 추진한다고 밝혔다.



수입 김치와
차별화 한다

우리 것이 좋은 것이여~

김치산업
육성방안



국산김치 시장 점유율
70%목표
[22년]

품질(맛) 유지기간

현재 30일

'20년 60일



“100% 국내에서
제조한 대한민국 김치입니다!”

<원산지(지리적표시)제 업체수>



연도	업체수
'18년	313
'19년	410
'20년	500

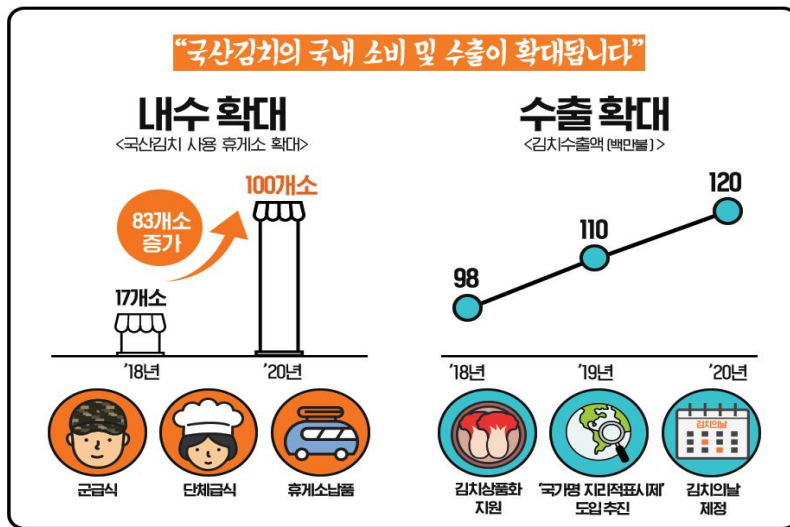
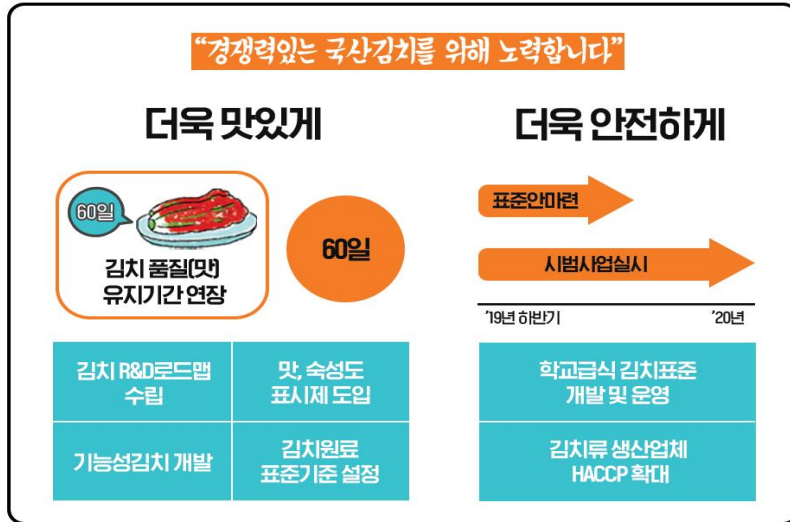


그림 31. 김치의 경쟁력 확산에 대한 예측표

ㄷ) 김치 이력 추적의 중요성 : 수출 등

김치의 세계화와 내수 시장을 위한 김치 품질 개선을 위해 정부는 ‘김치산업 육성 발전계획’을 5년 주기로 발표해왔고, 꾸준히 증가하는 중국산 수입 김치와 국산김치의 경쟁력 제고를 위해 식품산업정책실은 2019년 3월 ‘김치산업 육성방안’을 발표했다. 그 내용을 정리하면 다음과 같다. 김치의 상품성 향상을 위해 품질유지기한을 연장, 유통 중 김치의 안정성을 제고, 내수 시장을 키우고 신 시장을 개척, 유통실태 조사와 원산지 표시 강화로 소비자의 알권리를 제고, 안정적인 김치 원부자재 공급을 통한 생산원가 감소, 수출 확대와 그를 위한 인식 제고 등의 내용을 포함하고 있다. 이는 결과적으로 김치 품질을 높이고, 소비자가 원하는 목표를 정확하게 제공함을 통해 만족도를 높이고자 함에 그 목적이 있는 것으로 판단된다.

좋은 품질은 그 자체로 질이 높은 것을 표현하기도 하지만 소비자가 원하는 품질을 나타내기도 한다. 우리나라는 품목에 따라 식품이력추적 제도를 시행하여 식품을 제조·가공단계부터 판매단계까지 각 단계별로 이력추적정보를 기록·관리하여 소비자에게 제공함으로써 안전한 식품선택을 위한 '소비자의 알권리'를 보장하고, 해당 식품의 안정성 등에 문제가 발생할 경우, 신속한 유통차단과 회수조치를 할 수 있도록 관리하여 대상 식품에 대한 안정성을 확보하고 소비과정 중 문제가 발생했을 경우 그 문제를 적절하게 처리

할 수 있도록 제도를 운영하여 식품의 좋은 품질 확보에 노력을 기하고 있다.

식품 중 김치는 다음의 이유로 실시간 이력추적의 중요성이 높지 평가될 수 있다. 위 서술되어 있듯이 김치는 숙성도에 따라 맛과 향이 변하며 같은 제품이라도 다양한 결과물이 나올 수 있다. 그리고 그 다양성은 소비자들의 여러 취향을 맞출 수 있다. 그러나 현재 상품김치에 표시되어 있는 날짜와 정보들만으로는 맛과 향에 대한 구체적인 정보를 제공하기에 부족하다고 느껴질 수 있다. 지능형 포장을 기반으로 한 이동 및 온도이력추적관리 시스템은 그 자체로도 이력추적을 통한 장점과 맛과 향을 표시할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 온도정보의 이력 추적으로 김치의 맛이 크게 변하는 구간과 같은 정보 역시 얻을 수 있어서 그 맛과 향을 관리하는 것에 이용할 수 있다. 또한, 2020년 시행 예정인 '김치품질표준화'로 김치 맛에 대한 정규화 된 표현이 결정된다면, 이와 맞물려 모델 사용으로 쌓인 데이터를 이용하여 기업의 상품김치 판매 전략에 도움이 되어 고객의 만족도를 높이고 충성도를 이끌어내는 경쟁력을 확보하는 역할을 할 수 있다고 생각한다.

이력추적 정보는 해외로 수출하는 상품김치에도 사용할 수 있다. 해외에 지역 공장을 두고 제조하여 그 지역에 공급되는 상품김치가 아닌 국내에서 제작하여 수출하는 김치는 그 특성상 숙성도를 관리하기가 내수보다 어렵다. 따라서 해외로 수출하는 김치는 최적의 숙성도를 위한 더 세밀한 기간조정이 필요하다. 이동 및 온도이력추적관리의 장점에 대해서는 국내 시장에서 서술된 내용과 같다. 품질 관리가 어려운 수출 시장에 용이성을 제공하여 관리 효율성을 향상시키고 축적된 데이터를 통해 품질과 선호를 점진적으로 발전시켜나갈 수 있다. 해외 김치 시장은 소수의 국가를 제외하고는 낮은 판매량을 보이고 있어 시장 발전 가능성이 기회에 따라 높게 평가될 수 있다. 국내 상품김치 시장 역시 증가추세를 보이고 있지만 신 시장을 개척하고자 하는 식품산업정책실의 김치산업 육성방안에 맞추어 준비한다면 김치 수출이 증가하고 있는 추세에 맞물려 실시간 이력 추적을 통한 정규화 된 품질의 맛과 향으로 경쟁력을 확보할 수 있으리라 판단된다.

b) 모델개요

ㄱ) 모델의 목적

식품의 유통과 소비 모델에서의 혁신적인 변화는 소비자들로 하여금 안전하고 높은 품질에 대한 요구와 제품에 대한 다양한 선택을 이끌어냈다. 기업들은 이 요구에 부응하기 위해서 위해요소를 제거하고 안정성을 강화했으며 절차를 투명화하여 소비자들이 원하는 정보를 제공할 수 있도록 노력하고 있다. 고품질의 생산품이 소비자에게 제공되는 것은 기업과 소비자 모두에게 중요한 과제가 되었고, 소비자는 그 과정을 확인하는 것에 대한 요구가 높아졌다. 본 보고서에서 소개하고자 하는 모델은 소비자의 요구에 대한 절차 투명화를 제공하고, 기업에 대한 유통관리 최적화 가능성을 제공하여 궁극적으로 기업 제품에 대한 소비자의 충성도를 높이고, 유통 중 문제발생 가능성을 낮춰 기업에게 이윤을 남길 수 있는 모델을 제공하고자 함이다.

본 모델은 지시계들과 RFID/USN기술이 융합된 센서를 사용한다. 현재의 바코드를 이용한 유통이력 관리 시스템은 개별적 정보를 반영하지 못한다는 한계를 가지고 있다. 관리, 유통환경과 같은 변수에 따라 같은 유통기환을 가진 식품이라도 다른 상태를 가지게 되지만 이를 개별적으로 반영하지 못함으로 인해 제공되는 식품에 차이가 생기며 만족도에 영향을 미칠 수 있다. 모델의 RFID/USN 융합 센서를 사용함으로써 실시간 품질정보를 제공한다면 유통단계에서 제공되는 정보를 바탕으로 소비자의 의사결정에 만족도를 높일 수 있다. 품질, 위해, 생산이력과 같은 정보 외에도 식품 자체에 대한 정보를 DB화하여 장착함으로써 소비자들의 구매동기를 유발 할 수 있다. 특히 국내 품질 및 재고관리 이외에 시간에 따른 품질변화가 큰 해외로의 유통 물류 환경에서 활용을 예상해볼 수 있다. 유통정보에 관한 보다 많은 정보의 흐름은 식품

안전에서 식품안심으로 변하는 소비자 트렌드에 대응할 수 있고, 고품질로 국내 식품에 대한 국내외 소비자들에게 높은 우수성과 신뢰성 평가를 받을 수 있다.

모델로 이루고자 하는 기능은 다음과 같다. 기본적으로 모델은 RFID/USN 융합 센서를 사용하여 목표인 상품감치의 이동이력, 온도이력, pH, 습도 등 감치의 품질과 맛에 영향을 줄 수 있는 요소를 실시간으로 측정하여 소비자가 구매 전 파악할 수 있도록 현 상태를 보여준다. 표시되는 정보는 2020년 시행될 '김치 품질표준화'와 맞물려 김치의 맛을 정규화한 표현과 같은 표시방법으로 나타낼 수 있다. 이는 소비자가 원하는 품질의 김치를 구매할 수 있도록 돕는 역할을 하게 될 것이다. 다음은 위 서술한 정보의 이력들을 토대로 만들어진 지능형 식품유통 관리시스템이다. Supply Chain Modeler는 모델사용자가 유통망을 자유롭게 모델링할 수 있도록 지원한다. 생성 모델은 XML형태로 저장되어 수정이 가능하고 다수의 유통망을 관리할 수 있도록 고안했다. 이 모델은 상기한 정보를 토대로 식품의 이동 및 온도의 이력 추적 현황을 직접 볼 수 있도록 구현했다. 또 거점 별 평균 온도, 거점 내부 상세 온도 변화, 프로세스 별 온도 변화를 추적할 수 있도록 하여 설정된 기준 온도를 벗어나는 경우 그 유통 구간을 파악하여 온도 관리 미흡 구간에 대한 탐색이 가능하도록 구성하였다.

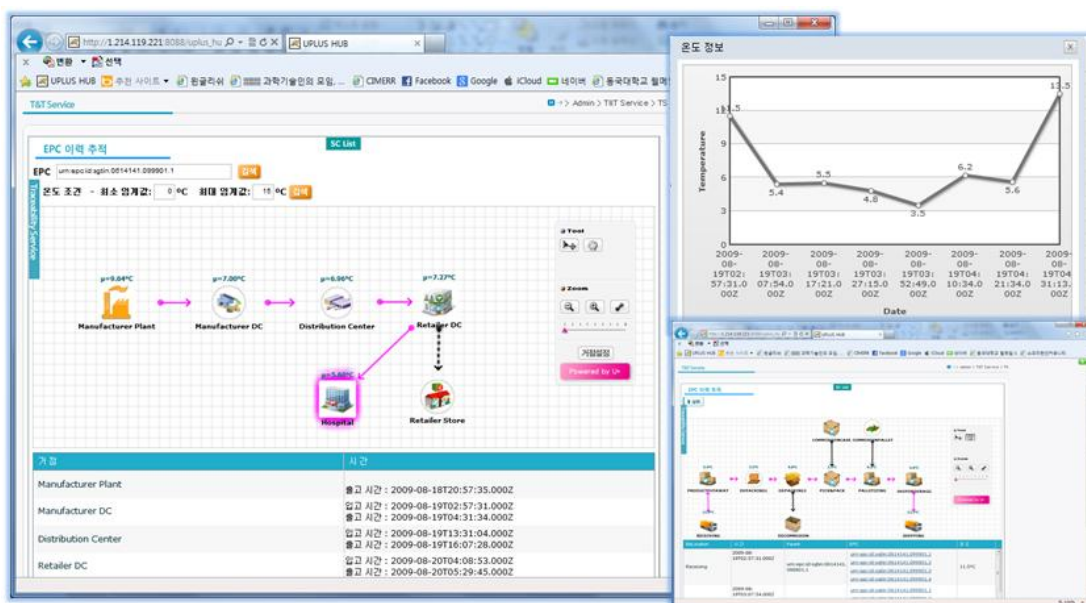


그림 32. 모델 구성 예시

나) 모델 적용 기대효과

모델의 궁극적인 목표는 좋은 품질을 소비자가 알 수 있도록 지원하여 소비자의 충성도를 높이고, 유통과정상 문제발생시 문제의 원인을 즉각 파악하고 대처하여 손실을 최소화하는 과정을 통해 경쟁력을 확보하는 것이다. 올해 초 농식품부에서 발표한 '김치산업 육성 방안'에 따르면 유통 중 김치의 안정성을 제고하고, 숙성도를 관리하려는 목표가 있는데 이는 RFID/USN 센서를 기반으로 한 지능형 포장이 김치 유통에 적용된다면 직접적으로 영향을 받을 것이다. 식품안전에 대한 소비자들의 관심은 국내만이 아닌 세계적인 관심을 받고 있으며 그 요구 또한 늘어나고 있다. 이 같은 이유로 스마트 패키지는 선택이 아닌 필수가 되어가고 있다. 국내 김치산업은 '김치산업 육성 방안' 중 김치 품질표시제나 유통 안정성 제고와 같은 과제를 선정하여 단계적으로 스마트 패키지의 적용 범위를 늘려가고 있다. ARC모델은 스마트 패키지와 같은 방향성을 가지고 있으며 발전하는 포장 시장에서 소비자의 요구를 충족시킬 수 있다.

모델은 실시간으로 김치의 이력을 추적하고 그 정보를 제공하여 직접적으로 고객의 유통망 관리에 영향을

줄 수 있다. 실시간 이력추적은 기업으로 하여금 문제 발생 또는 개선의 여지가 있는 망을 관리할 수 있는 정보를 제공하는 면에서 찾을 수 있고, 품질상태를 유통 전 단계에 걸쳐 실시간으로 관찰할 수 있게 되어 소비자의 상품 만족도와 같은 인식개선의 여지가 있다. 또, IT 기술의 발전으로 인하여 유통과 포장 등 여러 분야에서 기술을 접목하는 사례가 늘어나고 있는데, 미래 다가올 유통포장 환경에 미리 대비하여 결과적으로는 식품 시장이 추구하고자 하는 실시간 품질이력추적 및 제공에 단계적으로 적용될 실시간 이력추적 시장을 미리 준비하여 대비할 수 있다.

적용 기대 효과의 예로써, ‘학교급식 김치 공급, 관리 체계’ 개선에 적용 가능하다. 이는 급식, 유통김치에 대한 품질 개선 및 위해요소 관리를 강화하는 것으로 2019년 하반기부터 학교급식 김치의 표준을 개발하고 보급하는 것으로 학생들이 좀 더 맛있고 안전한 김치를 접할 수 있도록 할 예정이다. 특히, 생산, 유통 과정에서 중점관리기준 및 유통기한을 설정하고 관리하여 현행 교육부 권장 pH 4.3 이하로 관리하는 것에서 숙성도, 대장균 기준, 산도, 염도 기준이 설정된 식품 이력 추적이 가능할 것이다.

표 11. 학교급식 김치 공급관리 체계 개선 전후 비교

구분	현재 (AS-IS)	개선 (TO-BE)	제안 모델 적용時
기준	<ul style="list-style-type: none"> pH4.3 이하 (교육부 권장) 	<ul style="list-style-type: none"> ‘학교급식 김치 표준’ (숙성도, 대장균 기준, 산도, 염도 기준 설정) 	<ul style="list-style-type: none"> 지시계, RFID/USN, 센서 기반김치 제조/유통 이력 추적 시스템 도입으로 안전하고 편리한 공급관리 지원함
위생 관리	<ul style="list-style-type: none"> 학교 자체 점검 	<ul style="list-style-type: none"> 학교급식김치생산자협의회 주기 점검(김치연+농협 식품연구원 협조) 	<ul style="list-style-type: none"> 센서, 머신비전 기반 위생 상태 상시 확인 가능
효과	<ul style="list-style-type: none"> ‘맛없는 쉰김치’, 미섭취 	<ul style="list-style-type: none"> ‘안전하고 맛있고 김치’ 급식, 김치 섭취량 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 산/학/연 연구개발 과제물의 산업 현장 요구 공조 지원 가능

2) 상품 선정 배경 및 맥락

a) 상품의 구성 : 상품정의

상품의 구성은 크게 3가지로 나눌 수 있다.

첫 번째는, RFID/USN 센서의 사용이다. RFID는 바코드에서 진일보한 기술로 간단히 주파수를 이용하여 ID를 식별하는 방식이다. RFID는 바코드에 비해 작업속도가 빠르고, 원거리에서 사용가능하여 편의성을 제공하며, 사용 공간에서도 그 이점을 보이고 있다. USN은 사물과 그 주변 환경의 정보까지 장소에 구애받지 않고 실시간으로 통신할 수 있는 환경을 의미한다. RFID/USN 센서를 사용하여 태그가 부착된 제품의 온도나 숙성도같은 소비자의 구매여부에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 정보와 제품에 영향을 줄 수 있는 주변 환경정보를 함께 수집하여 실시간으로 접근할 수 있는 모델을 제공한다. 모델은 EPCIS 시스템을 사용하여 RFID 및 센서 데이터 저장소로서 GS1 EPCglobal 네트워크 표준을 준용하고 개발하여, 비즈니스 파트너들 간 객체의 이동 및 환경 이력 추적을 가능하게 한다.



그림 33. 학교급식 유통에서 RFID/EPC/센서 데이터 활용 예

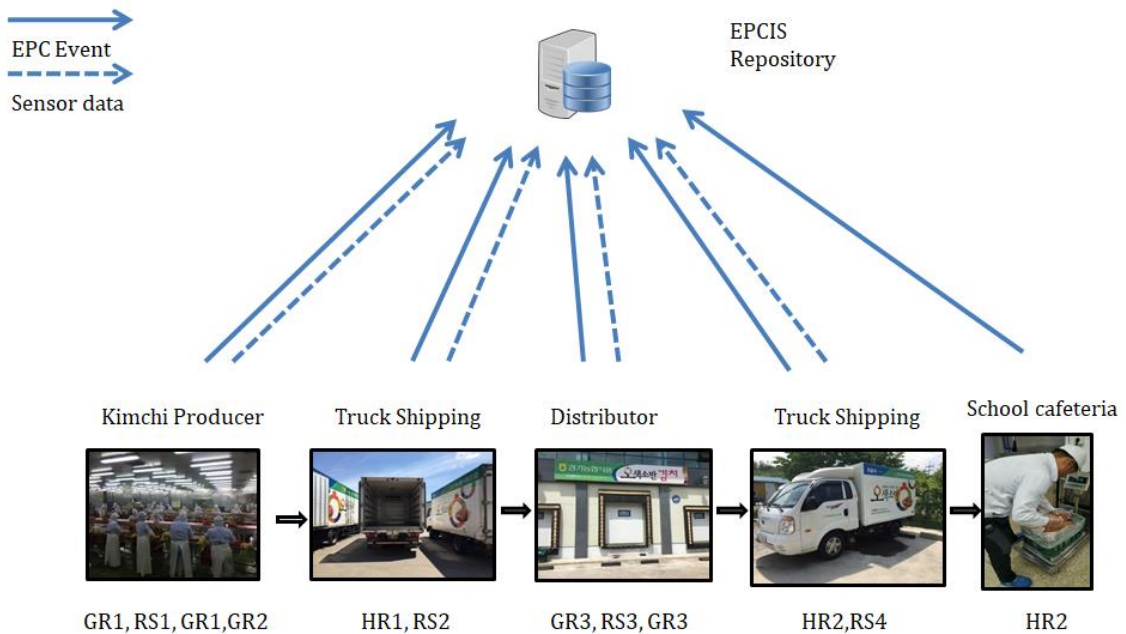


그림 34. 학교급식 유통에서 RFID/EPC/센서 데이터 시스템 아키텍처 구축 예

두 번째는, 고객이 직접 다루게 되는 APLUS 모델이다. 이 모델은 GUI와 Supply Chain Modeler로 구성되어 있다. APLUS는 식품 이동 및 온도 추적 알고리즘을 이용하여 유통망 프로세스 모델러를 개발하였고,

설정 기준을 이탈한 구간이 발생하면 GUI를 통하여 이를 사용자에게 나타낼 수 있다. 사용자는 대용량 RFID 데이터를 저장할 수 있고, GUI환경에서 물류 구조를 자유롭게 모델링하고 추적할 수 있다.

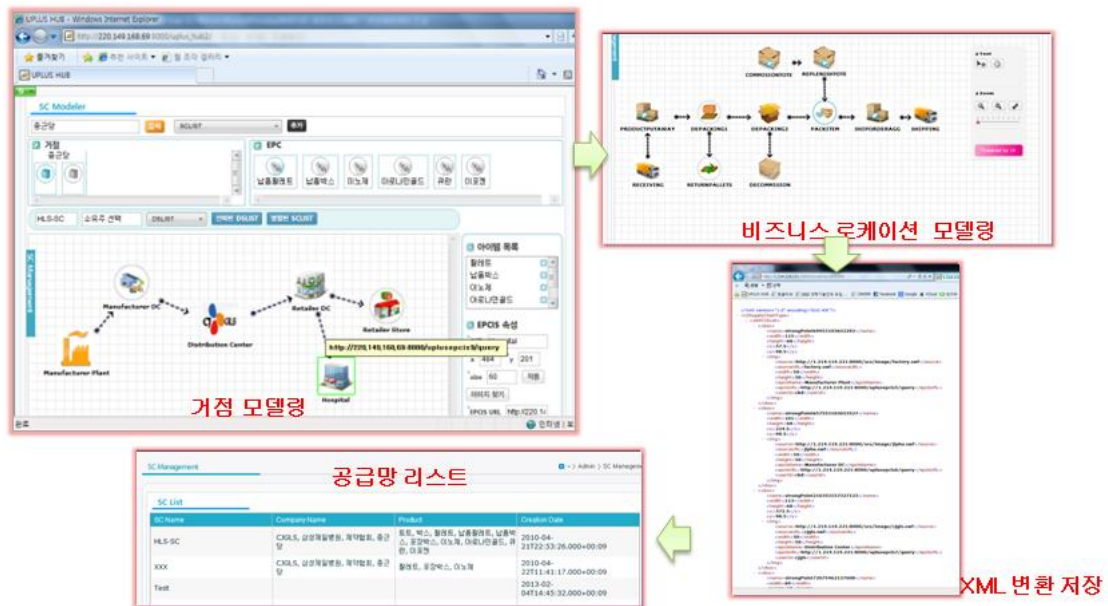


그림 35. Supply Chain Modeler 구축 예시

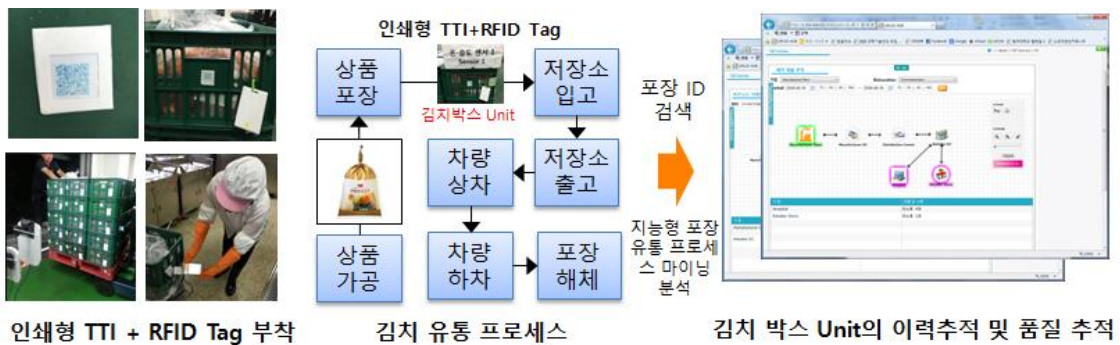


그림 36. Supply Chain Modeler 학교급식 김치 유통 적용 예

마지막으로 IP 카메라 기반 스마트 캡처링 애플리케이션이다. RFID를 이용한 물류환경에서 오인식 또는 미인식의 경우를 보완하기 위해 IP카메라를 이용한 영상인식으로 이를 해결하는 구성이다. RFID와 IP카메라를 결합하여 RFID가 인식하지 못하는 경우를 영상으로 상호 보완하여 정확성을 높여 물류환경의 개선을 목표로 하고 있다.

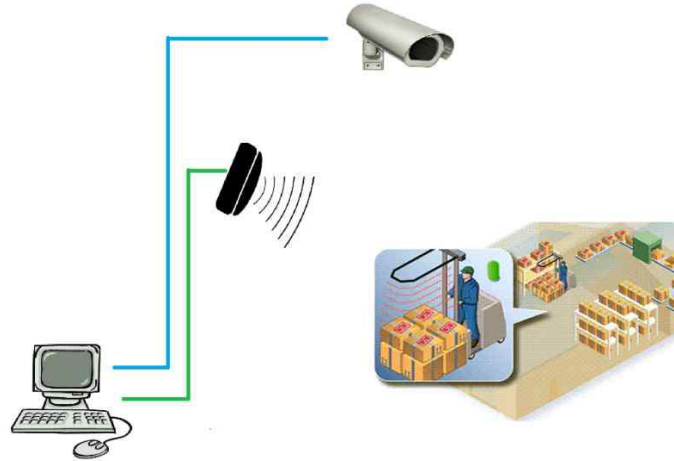
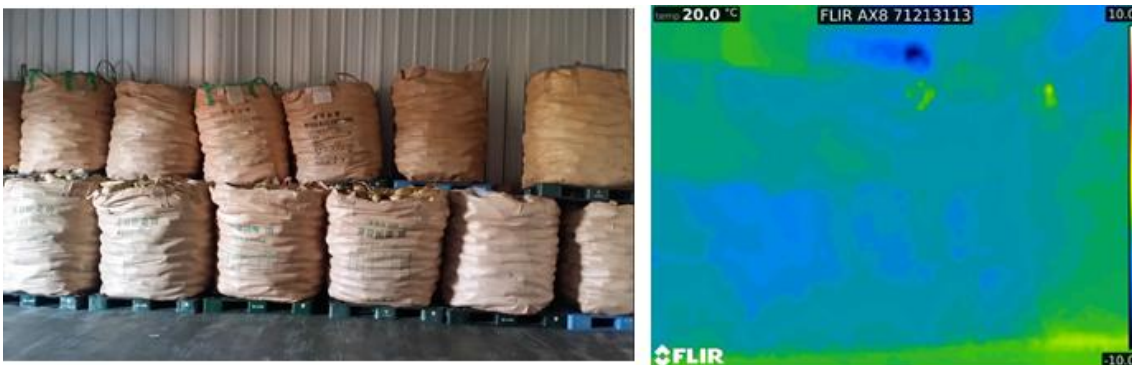


그림 37. 모델 구성 예시



그림 38. 학교급식 김치 유통 적용 예(저온저장 창고)



저온창고에서 관리되고 있는 무의 실제 이미지(좌)와 열화상 이미지(우)

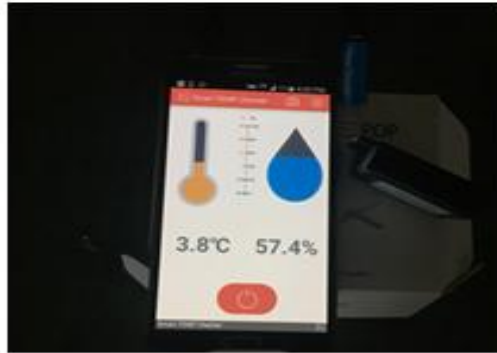
그림 39. 학교급식 김치 유통 적용 예(열화상카메라를 이용한 저온저장 창고 관리)



저온창고 농산물 저장 상태
-배추, 무, 기타 원부자재



열화상카메라, 온도센서, 온도계 등으로
저온창고 온도 측정



포인트 별 온습도 센서 및 온습도 측정

그림 40. 학교급식 김치 유통 적용 예(저온저장 창고 포인트별 온습도 측정)

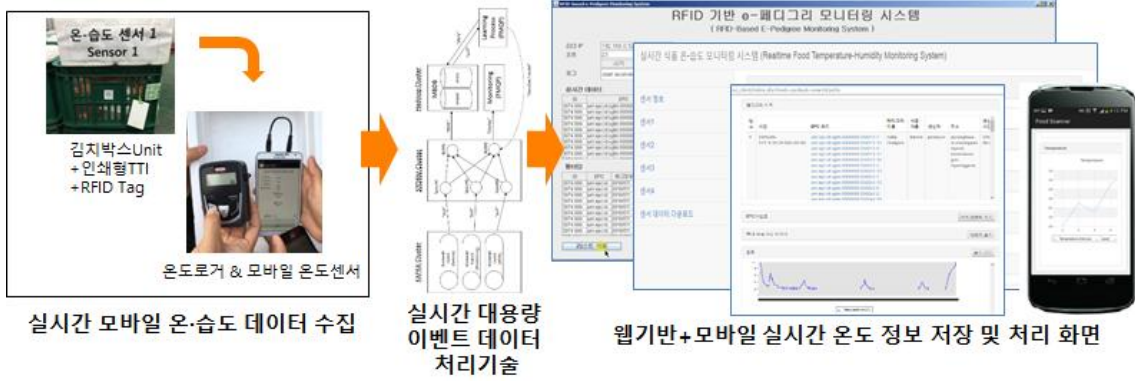
b) 상품의 용도 : 상용화

ㄱ) 고객

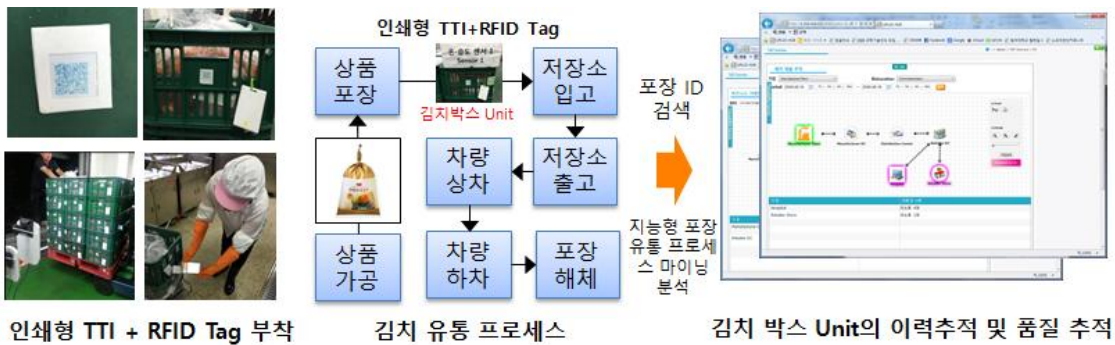
자체 솔루션을 보유하지 않은 기업에 모델 전체를 판매할 수 있고, 솔루션을 보유한 기업에는 본 모델과 비교하여 설계의 부족부분을 보완적으로 제공할 수 있다. 현재 김치시장에서 RFID를 사용하여 재고관리 하는 기업의 대표적인 예로는 풀무원의 지능형 공장의 경우가 있으며, 중소기업의 경우 조사결과 발견하지 못했다. 그러므로 중소기업의 경우 모델 전체를 판매하는 경우가 대부분을 차지하게 될 것이며, 대기업의 경우 모델 전체보다는 기업 자체의 모델을 보완하는 솔루션을 제공하는 형태로 모델을 판매하게 될 것으로 예상된다.

판매할 모델은 세 가지 형태로 구분할 수 있다.

첫 번째는, APLUS EPCIS이다. 이 모델은 대용량 RFID데이터를 저장, 처리, 조회할 수 있다. 이 외에 상품의 부가정보를 함께 저장할 수 있어 구매자의 필요에 따라 추가 정보를 함께 처리할 수 있다.



두 번째는, APLUS Traceability Services이다. 이 모델 역시 RFID/USN 센서를 사용하는 유통물류시스템에 이용되는 모델로 첫 모델에 병렬 탐색을 이용하여 성능을 향상시켰다. 또한 자체 지원하는 GUI환경에서 물류 구조를 자유롭게 모델링하고 추적할 수 있다.



마지막 모델은 같은 환경에 IP카메라를 추가적으로 이용하여 인식하지 못한 객체를 영상을 통해 인식하여 정확도를 높인 모델이다. 이 모델은 기존의 모델에 보완적으로 사용하여 분야의 필요성에 따라 높은 정확성이 필요한 곳에서 사용될 수 있다.



위 세 모델 중 구매자의 필요에 따라 선택하여 구매할 수 있으며, 이는 불필요한 지출을 줄이고 김치 소비자의 만족을 높일 수 있어 최적화된 지출로 효과를 얻을 수 있도록 모델을 다분화하여 제공하고 있다.

c) 추정치

ㄱ) 고객분석(고객변화분석, 고객취향변화)

식품의약품안전처의 ‘식품 및 식품첨가물 생산실적’에 의하면, 2016년 ‘김치류’ 제조업체 수는 979개소, 종업원 수는 1만 4,720명으로 전년에 비해 업체 수는 2.4%, 종업원 수는 3.0% 증가하였으며, 업체당 평균 종업원 수는 15명으로 나타난다. 최근 7년간 추세를 보면, 업체 수는 연평균 2.6%, 종업원 수는 연평균 3.8% 증가하였으나 종업원 1인당 생산량과 생산액 증가율은 각각 연평균 -2.6%, -0.4%를 보였다. 또한 업체당 생산량 및 생산액 증가율로 각각 연평균 -1.4%, 0.8%로 나타났다. 이는 상품김치 시장의 성장이 노동생산성 향상과 규모의 경제 실현을 이루고 있지 않다는 것을 의미한다. 또한 세계김치연구소의 김치산업동향에 따르면, 김치산업의 특성상 시장 진입 장벽이 낮아 많은 업체가 김치 시장에 진출하였고 시장 경쟁력도 심화되어 있다고 발표하였다.

국내 김치 시장 구조는 B2B와 B2C로 구분되는데 각각 70%, 30%를 차지하고 있다. B2B 시장의 경우 주로 외식업체, 급식업체, 군납 등으로 국내기업과 중국 김치가 경쟁하고 있으며, B2C의 경우 소수의 대기업이 전체 시장의 90%를 차지하고 있으며 나머지 10%의 시장을 중소기업이 홈쇼핑, 온라인 등의 특수채널을 통해 시장 진입을 하고 있는 실정이다.

국가적 사업으로는 김치산업의 육성방안 및 원산지자율표시제 수가 증가, 김치 R&D로드맵 수립, 맛, 숙성도 표시제 도입, 기능성 김치 개발, 김치원료 표준기준 설정, 학교급식 김치표준 개발 및 운영, 김치류 생산업체 HACCP 확대 등의 사회적 요구의 증대에 따른 국가적 노력이 계속되는 만큼 관련하여 안전하고 생산, 제조, 유통이 관리되고, 맛이 보장되는 효과를 일으킬 이력 추적 시스템 관련 수요도 높아질 것으로 기대된다.

제안하는 상품의 고객 분석을 위하여 김치 산업에 대하여 자세히 살펴보면 다음과 같다.

표 12. 김치 생산 실적

	업체 수 (개소)	종업원 수(명)	생산량 (천 톤)	생산액 (억 원)	평균 지표				단가 (원/kg)
					생산량(톤)		생산액(백만 원)		
					1인당	업체당	1인당	업체당	
〈김치 계〉									
2010	839	11,746	410	8,326	34.9	489	70.9	992	2,029
2011	931	11,818	425	8,898	36.0	457	75.3	956	2,091
2012	930	12,785	421	9,477	32.9	452	74.1	1019	2,253
2013	901	12,733	446	9,779	35.0	495	76.8	1085	2,192
2014	967	12,908	419	8,775	32.5	433	68.0	907	2,094
2015	956	14,296	438	9,177	30.6	458	64.2	960	2,095
2016	979	14,720	439	10,209	29.8	449	69.4	1,043	2,324
CAGR	2.6%	3.8%	1.1%	3.5%	-2.6%	-1.4%	-0.4%	0.8%	2.3%
〈배추김치〉									
2010	-	-	301	6,101	25.6	359	51.9	727	2,026
2011	-	-	327	6,862	27.7	351	58.1	737	2,098
2012	-	-	328	7,292	25.7	353	57.0	784	2,220
2013	-	-	341	7,497	26.8	379	58.9	832	2,196
2014	-	-	323	6,775	25.0	334	52.5	701	2,096
2015	-	-	337	6,988	23.6	352	48.9	731	2,074
2016	-	-	334	7,679	22.7	341	52.2	784	2,298
CAGR	-	-	1.7%	3.9%	-2.0%	-0.8%	0.1%	1.3%	2.1%
〈기타 김치〉									
2010	-	-	109	2,225	9.3	130	18.9	265	2,039
2011	-	-	98	2,037	8.3	106	17.2	219	2,069
2012	-	-	92	2,185	7.2	99	17.1	235	2,371
2013	-	-	105	2,282	8.2	116	17.9	253	2,178
2014	-	-	96	2,001	7.4	99	15.5	207	2,089
2015	-	-	101	2,189	7.1	106	15.3	229	2,166
2016	-	-	105	2,531	7.1	107	17.2	258	2,408
CAGR	-	-	-0.6%	2.2%	-4.3%	-3.1%	-1.6%	-0.4%	2.8%

자료: 식품 및 식품첨가물 생산실적, 식품의약품안전처

주 1) 원자료에는 배추김치, 기타 김치, 김치소 등이 '김치류'에 포함되어 있으나 여기에서는 '김치소'를 제외한 자료를 제시하였음

2) '평균 지표'는 필자가 계산한 것임

3) '생산량' 및 '생산액'에는 '수출량' 및 '수출액'이 포함되어 있음

2016년 김치류 국내 판매액 상위 10위까지의 업체별 실적을 보면 1,471억원 판매액의 대상(주) 증가집김치, (주)한성식품 446억원, (주)아워홀 324억원으로 나타난다. 점유율은 각각 13.5%, 4.1%, 3.0%로 나타난다.

표 13. 주요 업체의 김치류 국내 판매액

순위	업 체 명	2016년		2015년		2014년	
		금액 (억 원)	점유율 (%)	금액 (억 원)	점유율 (%)	금액 (억 원)	점유율 (%)
1	대상㈜	1,471	13.5	1,301	12.9	829	9.0
2	(주)한성식품 서산지점	446	4.1	440	4.3	343	3.7
3	(주)아워홈	324	3.0	337	3.3	200	2.2
4	경기농협식품조합 공동사업법인	290	2.7	254	2.5	206	2.2
5	선농종합식품(주)	233	2.1	210	2.1	199	2.2
6	농업회사법인 주식회사 한울	232	2.1	201	2.0	161	1.8
7	씨제이제일제당(주)	224	2.1	145	1.4	130	1.4
8	농업회사법인 유한회사 일품김치	190	1.7	197	1.9	117	1.3
9	주식회사 농업회사법인 연안식품	172	1.6	212	2.1	144	1.6
10	구미협동식품 합명회사	118	1.1	125	1.2	137	1.5

자료: 식품 및 식품첨가물 생산실적, 식품의약품안전처

주 1) "순위"는 2016년 기준임

2) "점유율"은 "배추김치"와 "기타 김치"의 국내 판매액 총합계 금액에 대한 각 업체의 국내 판매액 비율임

더욱이 김치제조업체 중 위해요소중점관리기준(Hazard Analysis and Critical Control Point : HACCP, 해썬) 적용 업체는 2017년 12월말까지 591개소인 것으로 나타났다. 이는 전체 김치제조업체의 60.3%에 해당한다. 인증 현황을 살펴보면 배추김치와 기타 김치에 대한 인증이 339개소로 가장 많았으며, 배추김치 한 품목에 대해서만도 154개소가 인증을 받고 있다.

표 14. 김체제조업체의 HACCP 인증 현황

년도	구 분						합계	업체수 (누적)	비 고
	1	2	3	4	5	6			
2004	0	0	0	2	0	1	3	3	※ 배추김치 HACCP 인증 제도 시행 시기 · 연매출 20억 원 이상이면서 종업원 수 51인 이상 (2008.12.1.부터) · 연매출액 5억 원 이상이면서 종업원 수가 21인 이상 (2010.12.1.부터) · 연매출 1억 원 이상이면서 종업원 수가 6인 이상 (2012.12.1.부터) · 연매출액 1억 원 미만이거나 종업원 수 5인 이하 (2014.12.1.부터) · 연매출 100억 원 이상 제조·가공업체(2017.12.1.부터)
2006	0	0	0	3	0	5	8	11	
2007	0	0	0	7	0	8	15	26	
2008	1	2	0	19	0	5	27	53	
2009	1	0	0	14	0	7	22	75	
2010	0	0	0	8	0	5	13	88	
2011	10	1	1	40	0	7	59	147	
2012	21	2	0	52	0	1	76	223	
2013	14	0	0	36	0	4	54	277	
2014	36	1	0	66	0	5	108	385	
2015	34	2	0	41	0	4	81	466	
2016	13	4	0	25	1	3	46	512	
2017	24	7	18	26	0	4	79	591	
Total	154	19	19	339	1	59	591	-	

자료: 식품안전관리인증(HACCP) 인증업체 현황, 한국식품안전관리인증원

주 1) 본 자료는 2017년 12월 31일 기준으로 작성되었으며, 업체 공장별로 집계됨

- 2) · 1 "배추김치" 인증업체
 · 2 "기타 김치" 인증업체
 · 3 "김치소" 인증업체
 · 4 "배추김치+기타 김치" 인증업체
 · 5 "기타 김치+김치소" 인증업체
 · 6 "배추김치+기타 김치+김치소" 인증업체

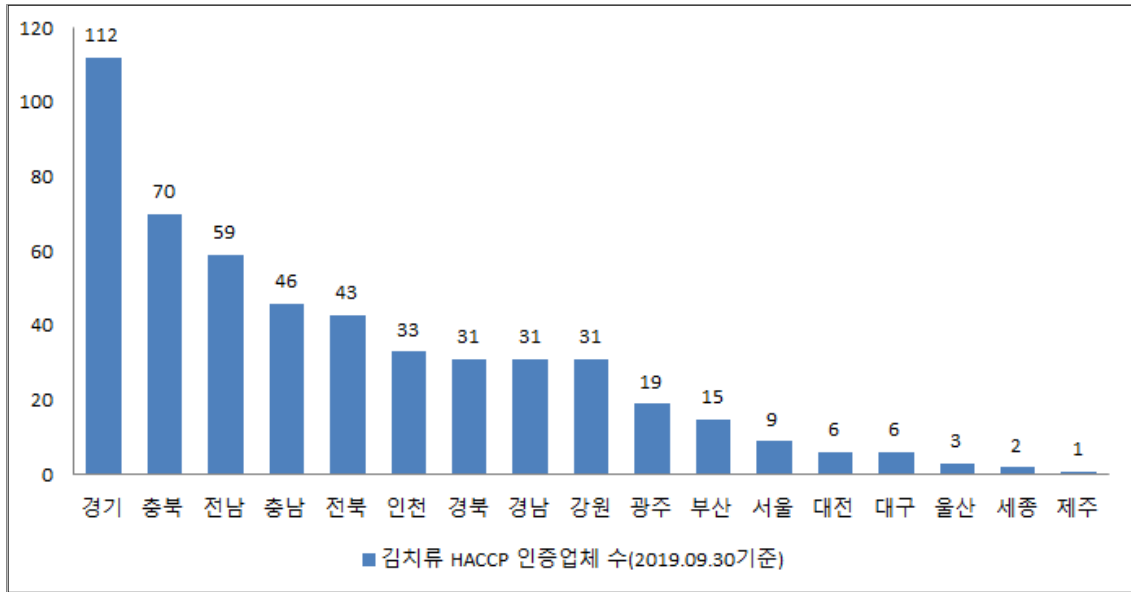


그림 41. 시도별 김치류 HACCP 인증업체 수

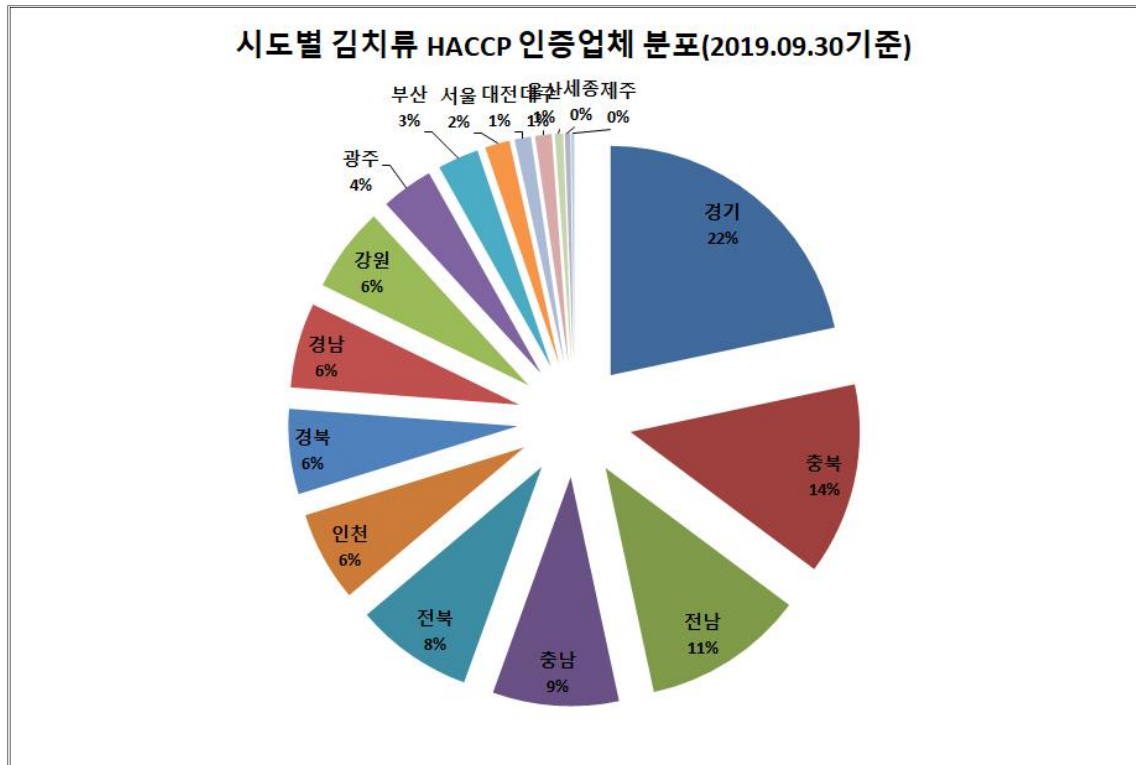


그림 42. 시도별 김치류 HACCP 인증업체 분포

김치시장에서 대기업과 중소기업은 점유하고 있는 비율이 시장에 따라 차이가 있다. B2C시장은 대기업이 90%이상의 점유율을 가지고 있어 나머지 10%의 환경에서 중소기업이 경쟁해야 하는 모습을 보이고 있다. 10% 중 일정부분의 점유율을 획득할 수 있어도 중소기업의 입장에서 많은 이윤을 남길 수 있지만 시장 환경이 상대적으로 더 큰 B2B시장에서 점유율을 획득하는 것이 기업의 입장에서 바람직할 수 있다. 현재 경쟁에서 살아남은 우리나라의 중소기업 김치 업체의 성공 사례를 분석한 자료를 참고하여 간략히 정리하면 다음과 같다.

- 시장 환경 변화에 따른 경쟁 우위요소 발굴 및 투자
- 배추 가격에 대한 대비
- 협력업체와 상생관계 구축
- 시장 선점
- 상품 김치에 대한 장인정신
- 목표 시장 확장 및 현지화 맞춤형 김치
- 근무환경 개선
- 김치 소비 트렌드 변화에 맞춘 시장 공략
- 지역적 특색을 살린 차별화된 제품
- 홈쇼핑 유통 채널 공략
- 뛰어난 품질
- 가치 사슬별 차별화 전략

위 목록을 토대로 과거 김치시장에서 성공하기 위해서는 판매 시장, 김치 상품 자체에 대한 차별화 된 경쟁력을 갖춰야 했었다는 것을 알 수 있다. 2000년대 초반의 김치시장에서는 맛과 품질이 좋은 김치를 만드는 것이 경쟁 우위를 점하는 방법으로 큰 영향을 미쳤지만 현재는 김치시장의 포화와 함께 품질이 모두 상향평준화 되었다. 때문에 김치의 맛과 품질이 좋다는 것만으로는 소비자에게 어필할 수 없을 것으로 판단되며, 다른 경쟁력이 요구된다. 다른 경쟁력으로는 원자재 구매 역량, 공급을 위한 안정적인 생산 역량, 지역 거점의 확장, 마케팅 역량 등이 있다. 본 모델의 사용은 생산된 김치를 안정적으로 공급하고, 중소 김치기업이 지역 거점에서 유통망을 넓혀 경쟁력을 확보하는 과정에 영향을 미칠 수 있으며, 이 부분을 예상 구매자들에게 어필할 수 있다.

3) 법제화 / 기업사정 / 소비자문화 변화

a) 법제화

ㄱ) 법제화 진행 현황

본 모델은 김치의 품질을 표시하고 유통과정에 대한 정보를 제공하므로 정부 정책 중 식품관련 정책과 김치관련 정책이 모두 적용될 수 있다. 정부는 올해 초 ‘김치산업 육성방안’에 대해 발표한 바 있다. 또 작년 2018년 4월 발표한 김치산업진흥 종합계획에서는 향후 2022년까지 품질 경쟁력 제고를 위한 계획과 현재까지 모인 다양한 통계자료를 제시하고 있다.

먼저 발표한 ‘2018~2022년 김치산업진흥 종합계획’은 김치 종주국의 위상을 정립하기 위해 국산김치의 가격 및 품질경쟁력을 제고하여 중국김치의 수입확대에 대응하는데 중점을 두었다. 김치소비량 감소와 저렴한 중국산 김치의 수입증가로 국산김치가 위축되는 상황을 개선하기 위해 응용상품 시장규모 개선, 국산김치 점유율 개선, 무역수지 개선의 3 대 목표로 6 가지의 중점과제를 선정했다.

목표	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 김치응용상품 시장 규모: (2017) 1,900억 원 → (2022) 3,500 ◆ 국산김치 시장점유율 확대: (2017) 65% → (2022) 70 ◆ 김치 무역수지 개선: (2017) △47백만 달러 → (2022) ±0 												
중점 과제	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #c8e6c9;">① 김치 소재산업 육성</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 절임배추 산업화 및 안전관리 강화 • 김치소스 및 김치 HMR 산업 육성 </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #bbdefb;">② 품질 경쟁력 제고</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 맛 등 품질특성 표준화 및 등급화표시 • 기능성, 특수(Novel)김치 개발을 통한 신시장 개척 </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff9c4;">③ 수입 대응 및 수출 확대</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 통관·유통 단계별 수입김치 안전성 점검 강화 • 원가절감기술 보급 및 수출국 현지화 전략 추진 </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffcdd2;">④ 소비자 인식 개선 및 홍보</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 유년층 및 청소년 대상 김치 인식 제고 교육·홍보 • 김치 문화컨텐츠를 활용한 김치 우수성 홍보 강화 </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">⑤ 거버넌스 구축</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 민·관·연 협의체 구성, 소통 및 유관기관 역량 강화 </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff176;">⑥ 원료의 안정적 공급</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 배추 계약재배 확대로 원료수급 안정성 제고 • 원료 저장시설 확충을 통한 공급의 안정성 제고 </td> </tr> </table>	① 김치 소재산업 육성	<ul style="list-style-type: none"> • 절임배추 산업화 및 안전관리 강화 • 김치소스 및 김치 HMR 산업 육성 	② 품질 경쟁력 제고	<ul style="list-style-type: none"> • 맛 등 품질특성 표준화 및 등급화표시 • 기능성, 특수(Novel)김치 개발을 통한 신시장 개척 	③ 수입 대응 및 수출 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 통관·유통 단계별 수입김치 안전성 점검 강화 • 원가절감기술 보급 및 수출국 현지화 전략 추진 	④ 소비자 인식 개선 및 홍보	<ul style="list-style-type: none"> • 유년층 및 청소년 대상 김치 인식 제고 교육·홍보 • 김치 문화컨텐츠를 활용한 김치 우수성 홍보 강화 	⑤ 거버넌스 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 민·관·연 협의체 구성, 소통 및 유관기관 역량 강화 	⑥ 원료의 안정적 공급	<ul style="list-style-type: none"> • 배추 계약재배 확대로 원료수급 안정성 제고 • 원료 저장시설 확충을 통한 공급의 안정성 제고
① 김치 소재산업 육성	<ul style="list-style-type: none"> • 절임배추 산업화 및 안전관리 강화 • 김치소스 및 김치 HMR 산업 육성 												
② 품질 경쟁력 제고	<ul style="list-style-type: none"> • 맛 등 품질특성 표준화 및 등급화표시 • 기능성, 특수(Novel)김치 개발을 통한 신시장 개척 												
③ 수입 대응 및 수출 확대	<ul style="list-style-type: none"> • 통관·유통 단계별 수입김치 안전성 점검 강화 • 원가절감기술 보급 및 수출국 현지화 전략 추진 												
④ 소비자 인식 개선 및 홍보	<ul style="list-style-type: none"> • 유년층 및 청소년 대상 김치 인식 제고 교육·홍보 • 김치 문화컨텐츠를 활용한 김치 우수성 홍보 강화 												
⑤ 거버넌스 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 민·관·연 협의체 구성, 소통 및 유관기관 역량 강화 												
⑥ 원료의 안정적 공급	<ul style="list-style-type: none"> • 배추 계약재배 확대로 원료수급 안정성 제고 • 원료 저장시설 확충을 통한 공급의 안정성 제고 												

그림 43. 2018-2022 제2차 김치산업진흥 종합계획 주요 내용

위 여섯 가지 중점과제 중 품질경쟁력 제고의 한 내용으로 김치 맛의 표준지표를 개발하고, 맛과 숙성도의 품질표시제를 도입하려는 세부계획이 있다. 품질표시제는 성분 함량에 따라 짠맛, 매운맛, 신맛의 정도를 등급으로 분류하여 표시하는 방법으로 도입 예정에 있다.

구분	현재(As Is)	향후(To Be)
정책대상	<ul style="list-style-type: none"> • 김치완제품(내수수출) 	<ul style="list-style-type: none"> • 전방(김치소스, HMR) + 김치완제품(내수·수출) + 후방(절임배추, 김치속)
제도도입	<ul style="list-style-type: none"> • (김치산업진흥법) 	<ul style="list-style-type: none"> • 맛(짠맛, 매운맛)·품질 표시 안전성 강화(수출국 현지 등)
거버넌스	<ul style="list-style-type: none"> • 정부, 기관 별도 추진 	<ul style="list-style-type: none"> • 정부·연구기관·업계 협치

그림 44. 2018-2022 제2차 김치산업진흥 종합계획 개선 방향

‘김치산업 육성방안’의 목표는 국산김치 품질과 안전의 차별화로 확대되고 있는 수입산 김치에 대응하고 경쟁력 제고를 위한 것으로 서술한 ‘김치산업진흥 종합계획’과 유사한 목표를 가지고 있습니다. 이 방안 역시 6 가지의 세부과제를 가지고 있다.

- 세부과제 1. 김치 품질유지기한 연장 등 김치의 상품성 향상을 위한 연구개발 지원 확대
- 세부과제 2. 유통 중 김치의 안정성 제고
- 세부과제 3. 내수를 확대하고 신시장 개척을 위한 지원 확대

- 세부과제 4. 김치 유통실태조사 및 원산지표시 강화로 김치 안정성과 소비자의 알권리 제고
- 세부과제 5. 안정적인 김치원료 공급체계를 구축하여 국산김치 생산원가 감소
- 세부과제 6. 국산김치 수출확대와 김치에 대한 인식제고를 위한 홍보지원 강화

위 내용 중 김치 품질표시제로 맛과 숙성도 관리하고, 유통 중 김치의 안정성 제고를 위한 목표가 소비자의 김치 유통에 관한 알 권리를 높이는 방법으로 모델의 목표와 부합됨을 보이고 있다. ‘김치산업 육성방안’의 품질표시제는 2020년을 목표로 진행되고 있으며, 목표에 따라 2022, 2024년까지 중장기적 목표로 품질을 포함한 상품김치의 다양한 기술 분야를 개선하는 계획을 가지고 있다. 이 과정에 수반하여 김치의 지능형포장과 더불어 유통환경에 대한 발전이 함께 진행될 것으로 예측할 수 있다.

ㄴ) 법제화 영향 분석

- 품질표시 의무화로 인한 본 모델 또는 경쟁모델 사용의 필요성 대두

2001년부터 김치 시장이 급속하게 성장하게 되면서 많은 업체가 시장에 진입 하였지만 현재 김치 산업은 정체기에 들어섰다. 그 이유로는 시장이 이미 성숙기에 진입하였고, 정부의 위생 기준이 강화되었고 (HACCP 등록 등), 기존 기업들의 사업 노하우, 자본, 대량 생산 설비 등의 기반으로 시장 지배력이 높아져서 신규 기업의 시장 진입이 어려워졌기 때문이다. 또한 김치의 원료가 되는 원부자재 농산물의 가격 변동성이 높고 구매 역량이 대기업에 비해 소규모 기업이나 신규 기업에게 어려운 일이기 때문이다.

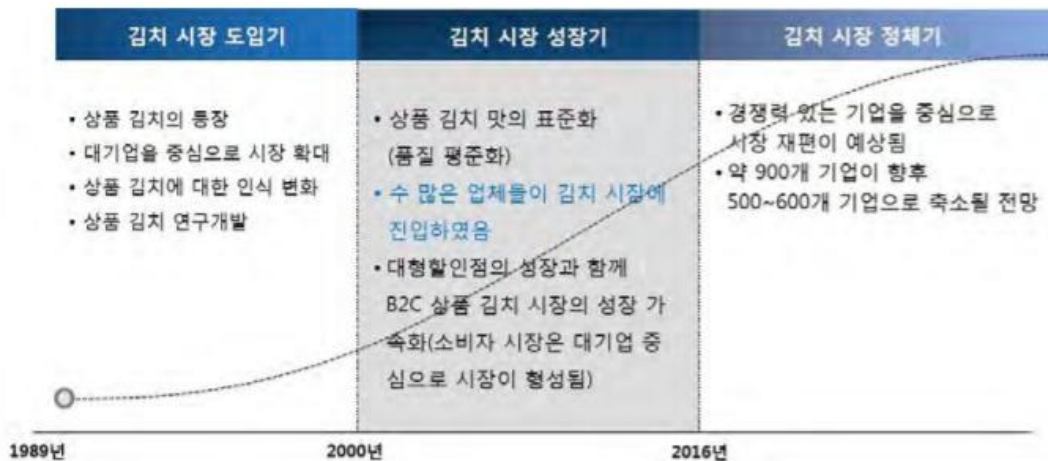


그림 45. 김치 시장의 변화

그럼에도 불구하고, 정체된 김치 시장의 새로운 기회는 정부의 적극적인 육성 산업과 품질 표시의 의무화를 들 수 있다. 김치는 발표식품이라 일정한 맛을 유지하기가 쉽지 않다. 더욱이 대량생산하는 김치는 직원 교육, 생산관리, 원부자재 저장 등의 이슈가 품질과 깊은 관련이 있다. 즉 맛이 좋고 품질이 일관된 김치는 김치 기업의 경쟁 우위 요소가 되고 있다. 그러한 이유로 특히 중소기업 김치 품질이 현재 상향평준화되어 있다.

더욱이 2000년대 중반 식품 안전에 대한 소비자들의 니즈가 증가하면서 다른 업체에 비해 먼저 HACCP 인증을 받았던 기업들이 경쟁 우위를 보유할 수 있었다. HACCP 인증과 더불어 품질표시 의무화 역시 새로운 기업들의 경쟁 우위를 보유할 수 있다.

시장 구분	도입기	성장기	성숙기
시기	1990년대	2000년 초반~2016년	2016년 이후 예상
경쟁 우위 요소 변화	제품의 품질, 안정성	구매(조달)	생산/운영, 마케팅/영업

그림 46. 경쟁우위 요소의 변화

경쟁력 있는 국산 김치 산업 육성을 위한 품질표시 의무화는 개발된 본 모델과 맥락을 같이 한다. RFID/USN 센서를 사용하여 이력 추적하는 모델은 2020년까지 60일로 늘어나는 김치 품질(맛) 유지기간 동안 김치의 이동과 보관, 판매를 추적하여 안전망을 구축할 수 있도록 지원한다. 이미 국가에서 지정한 휴게소, 학교급식, 군납 유통망 중에서 학교급식을 대상으로 경제성 분석 및 상품화 적용 분석을 완료하였다. 두 번째 모델인 APLUS 모델은 고객 편의성 제공을 위하여 식품의 이동 및 온도 추적 알고리즘을 활용하여 설정 기준 이탈과 실시간 현황 파악을 제공하여 품질 보장 및 수입 김치 시장의 대응 및 수출 시장 확대에도 기여할 것으로 사료된다. 마지막으로 영상인식을 통한 물류환경 개선으로 김치 제조 산업의 스마트 팩토리 환경을 구성하고 신뢰성 있는 제조 및 유통망 구축을 지원할 것이다.

ARC 사업을 통하여 선제적으로 급변하는 식품 제조 환경 특히, 김치 제조 환경에 능동적이고 지능적인 대응이 가능하도록 2세부에서는 상품화를 진행하여 왔는데, 관련하여 국가적인 산업 활성화를 위한 법제화가 이뤄져 관련 업계의 니즈를 충족할 수 있게 되었다.

b) 경제성분석

제안하는 모델의 경제성 분석을 위하여 경기농협 - 학교 급식 김치 공급망 관리 분야에 상품화하여 적용 후, 경제성 분석을 하는 것을 수행하였다. 그 결과 관리자에게 유통 관리 도입의 경제적 최적화를 지원하여 소비자에게 안전한 식품 정보를 제공할 수 있도록 하여 고객 만족도를 높이는 효과를 제공한다는 정성적 효과를 도출하였다.

우선 모델의 도입 전 경기농협 - 학교 급식 김치 공급망 관계자의 특성은 다음과 같다. 매일 입/출고 내역을 전산 등록하는 경기농협(제조공장), 전산 상에서 입/출고 내역을 확인하고 숙성 정도에 따라 납품을 결정하는 대리점(물류센터), 매일 납품 받으면서 김치의 온도/무게/숙성도(맛) 등을 수기 검수하는 학교 급식소(고객)로 구성되어 있다.

모델의 도입 후 시스템은 EPCglobal 네트워크를 사용하여 Pedigree 시스템을 기반으로 공급망 제품 추적 및 모니터링을 제공하는 시스템이다. 특히 RFID 태그, 온도 및 습도 정보를 모바일 기술과 결합하여 제공하여 공급망 상의 제품의 위치 정보와 함께 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 더불어 식품 품질을 정량적이며 직관적으로 제공하는 TTI(Time Temperature Indicator)를 인식하여 객관적으로 제품의 상태를 제공할 수 있다.

그러나 기술의 발전과 공급망 책임자, 담당자들의 요구사항 및 현장 상황에 따라 시스템 현장 적용의 단계 혹은 깊이(Depth)는 상이하다. 즉, 이력관리 및 추적 시스템을 구축하고자 하는 대상에 따라 고객 맞춤

화가 이뤄지는데 기술 및 시스템의 완결성, 고효율성 등과 무관하게 현장에서는 경제성 및 활용편리성 등이 시스템 도입 후 만족도 많은 부분을 차지하는 실정이다. 그러므로 시스템 개발, 테스트베드 적용 후, 성공적인 시스템 적용을 위해서는 반드시 현장 도입과 사용자를 고려한 비용-편익 분석이 진행된다.

제안하는 모델의 경제성 분석을 위하여 우선 기존의 RFID 경제성 분석 방법과 관련 사례를 제시한다. 그리고 모델의 도입 전, 후의 AS-IS를 분석한다. 이후 경기농협 - 학교 급식 김치 유통 단계에 따라 모델에 필요한 관심의 깊이에 따라 정의하고, 공급망 관계자별 도입 후 최적 To-Be 시나리오를 도출한다. 더불어 비용-편익 분석(Cost-benefit Analysis: CBA), 투자자본수익률(Return on Investment: ROI) 방법론으로 시스템 적용별로 구분하여 경제성 분석을 한다. 결과적으로 공급망 관계자들에게 적용 시스템의 관심의 깊이 별, 도입 범위 별 등 최적의 단계적 도입을 정량적, 정성적 분석 자료를 근거로 지원하고 효율적이며 성공적인 기술 도입을 목표로 경제적 관점에서 시스템 도입과 관련한 의사결정을 지원을 최종 목표로 한다.

제안한 모델의 도입에 앞서서 효율적인 도입 성과를 지원하기 위하여 공급망 관계자들의 도입 최적화 관점에서 경제성 분석 시나리오를 도출하고 이를 바탕으로 경제성 분석을 한다.

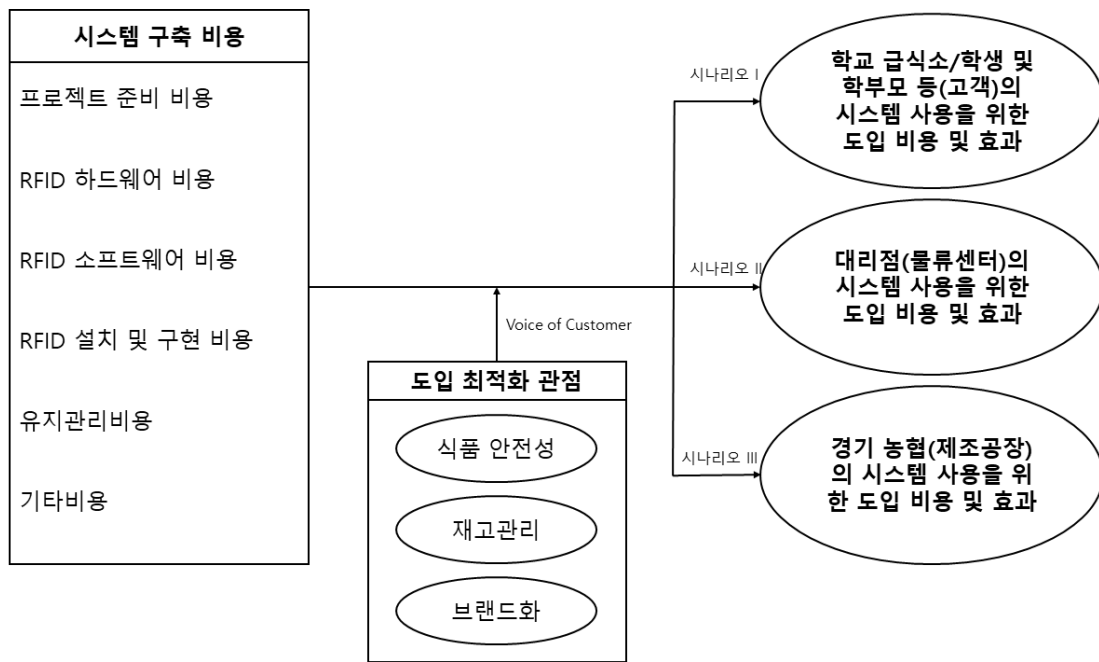


그림 47. 경제성 분석 연구모형

시나리오 I : 고객(학교급식 관계자)의 입장에서 아전 식품인지를 확인하고자 지능형 식품 포장 및 유통관리 시스템 사용을 위한 도입 비용 및 효과

시나리오 II : 유통업체(대리점)의 입장에서 재고관리 목적으로 지능형 식품 포장 및 유통관리 시스템의 사용을 위한 도입 비용 및 효과

시나리오 III : 경기농협 김치 공급망의 코어기업인 제조업체(경기농협 김치공장)의 입장에서 주요 김치 공급망 형태와 브랜드화를 위하여 제조 계획에 활용하기 위한 지능형 식품 포장 및 유통관리 시스템의 사용을 위한 도입 비용 및 효과

경기농협 - 학교 급식 김치 공급망 RFID 시스템 도입 전 프로세스 분석(AS-IS 분석)은 다음과 같다. 경기농협 김치생산(제조) 단계, 냉장 보관 단계, 물류센터(대리점) 이동 트럭 선적 대기 단계, 물류센터 이동 트럭 이동 단계, 물류센터 트럭 하역 단계, 물류센터 입고 단계, 물류센터 냉장 보관 단계, 학교(급식소) 이동 트럭 선적 대기 단계, 학교 이동 트럭 이동 단계, 학교 하역 및 검수 단계로 구분할 수 있다. 이는 간단하게 제조-물류센터-고객 단계로 구분된다.

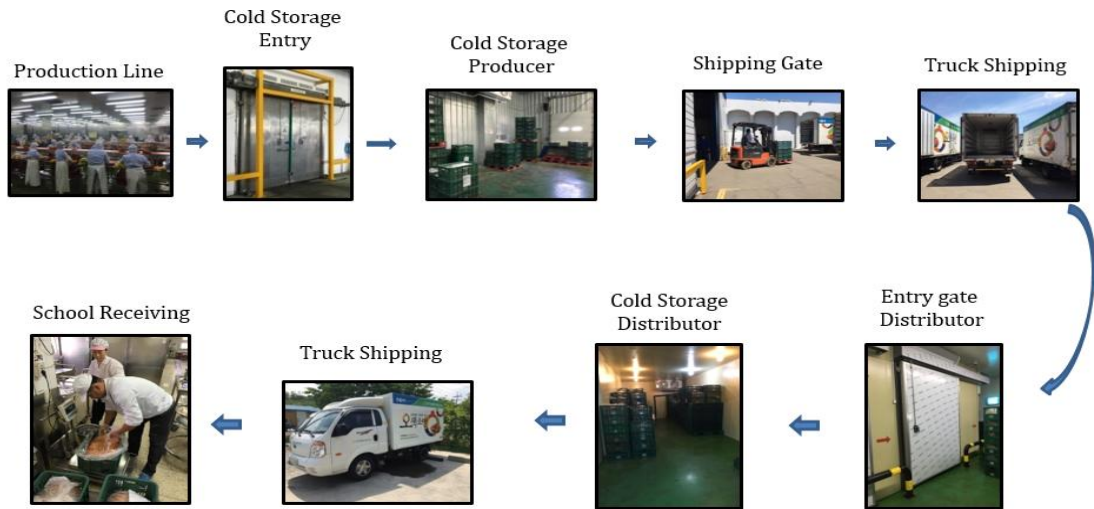


그림 48. RFID 시스템 도입 전 경기농협 - 학교급식에서 김치 공급망

주문정보의 흐름은 학교(급식소)에서 물류센터(대리점)으로, 물류센터(대리점)에서 경기농협(제조)으로 흐르지만 통합 정산망을 통해서 동시 시간에 공유된다. 최종 김치 납품에 대한 관리는 물류센터(대리점)에서 이뤄진다. 트럭의 이동은 총 2회 있으며, 경기농협(제조)에서 물류센터(대리점)은 경기농협에서 1일 1회 주문 Push 방식이며, 물류센터(대리점)에서 학교(급식소)는 물류센터에서 매일 아침 해당 권역 학교(급식소)로 순회 배달 형식으로 이뤄지면 각각 트럭운전자가 배송책임자이며 당일 시간-스케줄 배송 원칙을 준수한다.

RFID 시스템 도입 전 프로세스 분석 VOC(Voice of Customer) 결과, 첫째 김치의 특성상 당일 소비 형태(생김치)와 일정 기간 동안 숙성되어야 하는 소비 형태(익은 김치)가 혼재되어 경기농협(제조)에서 물류센터(대리점)으로 이동된다. 이러한 이유로 후자의 경우, 물류센터(대리점)에서는 물류센터 관리자의 노하우로 주문별로 김치 상태를 직관적, 경험적으로 출고하여야 한다. 두 번째, 주문된 김치의 종류가 배추김치, 깍두기, 열무김치 등 다양한 종류가 혼재되었다. 그 결과 물류센터(대리점)의 협소한 공간적 문제로 매일 아침 상차시 주문 혼재가 발생할 수 있다. 세 번째 경기농협(제조)의 경우, 브랜드화를 하기 위하여 노력하지만 숙성 김치의 품질에 대한 상태 확인이 전적으로 물류센터(대리점)에 이임하여야 한다. 마지막으로 네 번째, 학교(급식소)에서 이행되는 품질검사는 외관 청결 검사, 무게, 온도, 맛 검사로 이뤄진다. 당일 배송된 김치는 당일 소비가 되어야 하며, 당일 품질 문제가 발생하면 물류센터(대리점)으로 리콜 한다.

제안하는 모델의 시스템 도입 전을 위한 비용항목 분석을 하면 다음과 같다.

- (1) 비용 항목 및 환경 설정
RFID 코드 및 태그 선정은 GTIN, TTI QR코드를 사용
- (2) RFID 장비 가격 및 규격, 설치 및 구현관련 비용 도출

RFID 하드웨어 및 소프트웨어는 다음과 같이 선정

표 15. RFID 하드웨어 비용 - 주요 적용 장비

구분	사양	가격	비고
RFID 리더1	ALR-9650+ 917-920MHZ	2,000,000원/ 개	김치공장 및 대리점 입고 리딩용 RFID 리더
RFID 리더2	ALR-9900+ 917-920MHZ	2,000,000원/ 개	김치공장 출고 리딩용 RFID 리더
RFID 안테나	ALR-8696-C 865-960MHZ	1,500,000원/ 개	김치공장 및 대리점 입출고 리딩용 RFID 안테나
노트북	CPU: i5 RAM : 8G HDD : 1TB	2,000,000원/ 개	프로그램 개발 및 캡처 어플리케이션 실행용 노트북
RFID 태그	900MHZ, Gen2	1000원/개	식품위치 확인을 위한 RFID 태그
TTI	인쇄형 TTI	시제품 상용화 전	식품온도 관리 상태 확인용 인쇄형, 효소형 TTI
스마트폰	Galaxy Note3 CPU : 2.3GHZ Quad-Core OS : Android	1,000,000원/ 개	온습도 센서 및 휴대용 RFID 동글 사용을 위한 스마트폰
RFID 동글	A100-K, 917.3~920.3 MHZ Air Protocol GLOBAL UHF Class1 Gen2 ISO 18000-63 (formerly 18000-6C)	200,000원/개	식품 배송담당자 및 소매점 매니저용 모바일 RFID 리딩 동글
온-습도 센서	온도(-40°C~120°C), 습도(0~100%) 오차 : 온도(±0.5°C), 습도(±2.5%)	80,000원/개	김치공장·대리점 냉장고 및 트럭 온습도 확인용 센서
휴대용 와이파이 공유기	ME-Y30K WI-FI SYSTEM : 802.11b/g/n	30,000원/개	온-습도 센서정보 및 EPCIS 데이터정보 전송을 위한 휴대용 와이파이

표 16. RFID 소프트웨어 비용 - 시스템 공통 및 시나리오별 구분

구분	규격	가격
데이터베이스	Relational Database System	10,000,000
WSN기반 센서 모니터링 시스템 적용 범위 1	국내 SI 표준 작업 준수	모듈별, 사이트마트 다름
ePedigree & 바코드 통합 시스템 적용 범위 2	국내 SI 표준 작업 준수	모듈별, 사이트마트 다름
EPCISglobal 시스템 적용 범위 3	국제표준 EPCISglobal 기반의 정보 체계 및 Full RFID traceability 기능들 제공	Full Set 500,000,000
하드웨어 구성은 RFID Chip 및 Reader 기기 구매를 포함하여 실제 상업용 사이트에 판매 시점의 SI 구축 조건 및 구매조건에 따라 변동 가능함		

시스템 구현을 및 설치를 위한 분석으로 적용 대상 및 범위는 다음과 같다.

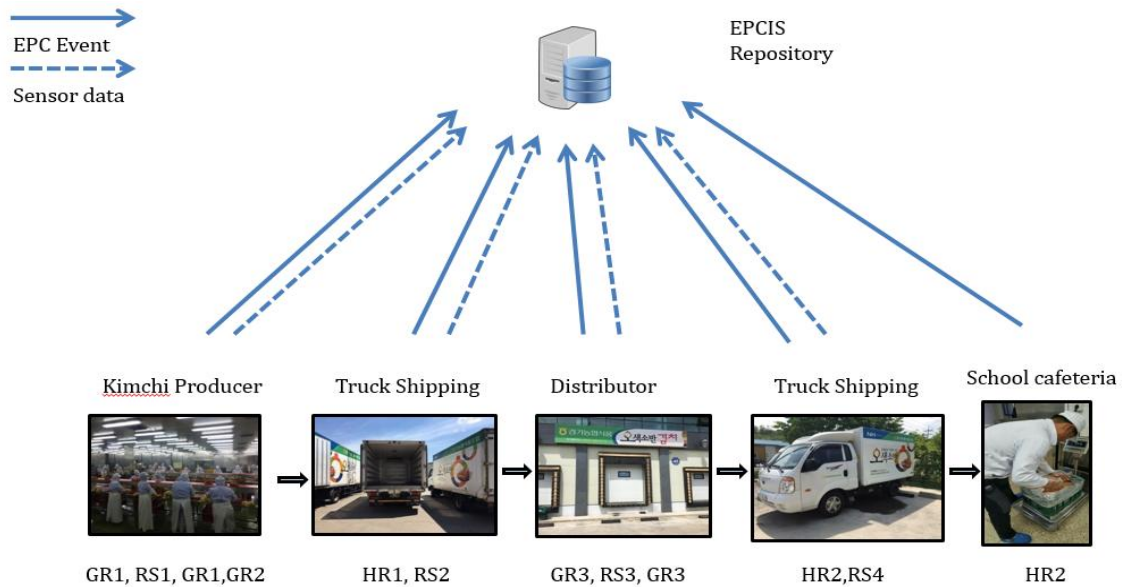


그림 49. 시스템 적용 대상

적용 범위 1 : (1단계) WSN기반 센서 모니터링 시스템 개발

적용 범위 2 : (2단계) ePedigree System과 GS1-128 Barcode의 통합 시스템 개발

적용 범위 3 : (3단계) ePedigree 식품 추적 시스템에서의 RFID-WSN과 데이터 마이닝 통합 시스템 개발

시스템 적용 및 결과는 다음과 같다.

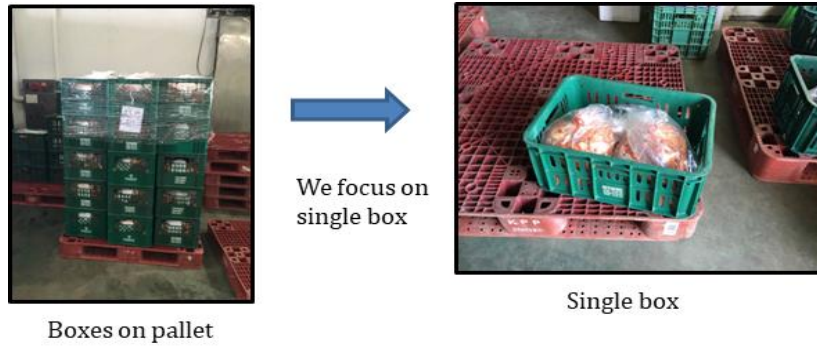


그림 50. 태깅 대상



1. Pedigree of Product

- Dongle reader is attached to the Smartphone
- Smartphone is moved near to the box
- History of product (or daily) can be presented

2. TTI checking

- TTI QR code is scanned by the app
- Quality is presented based on color

그림 51. RFID 태그 리딩 방법 및 TTI QR 코드 캡처링 방법

Time	EPC	Reader	BizLoc	Location
2016-06-06 14:00:00	urn:.... 001	GR1	Entry storage producer	Producer
2016-06-07 14:00:00	urn:.... 001	GR1	Exit storage producer	Producer
2016-06-07 14:01:00	urn:.... 001	GR2	Shipping Gate	Producer
2016-06-07 14:10:00	urn:.... 001	HR1	Truck Shipping	Transport
2016-06-07 15:00:00	urn:.... 001	GR3	Entry Gate distributor	Distributor
2016-06-08 06:00:00	urn:.... 001	GR3	Exit Gate distributor	Distributor
2016-06-08 06:10:00	urn:.... 001	HR2	Truck Shipping	Transport
2016-06-08 07:00:00	urn:.... 001	HR3	Customer Receiving	Customer

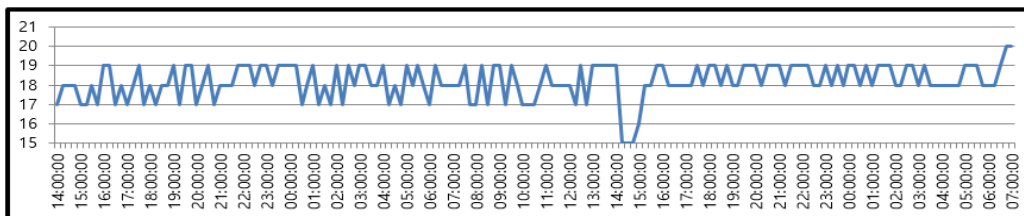


그림 52. 리딩된 태그 ePedigree List 및 온도 History 예시 화면

경기농협 - 학교급식 김치 공급망에 전체 적용 범위인 적용 범위 3의 RFID 시스템 도입 후 프로세스 분

석 결과, 다음과 같은 시스템 아키텍처로 나타낼 수 있다.

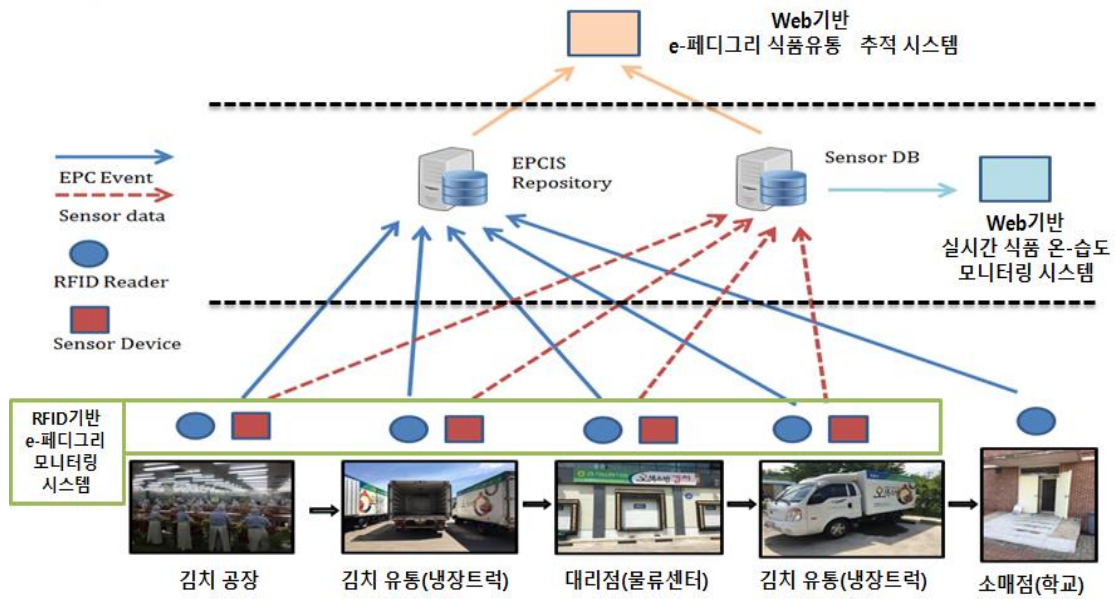


그림 53. 경기농협 - 학교급식 김치 공급망 시스템 아키텍처 (RFID 시스템 도입 후)

각 단계는 도입 전 프로세스와 같으며, 경기농협(제조)에서 배송 전 태깅을 한다. 각 단계에서 RFID 리딩 데이터 및 온습도 센서 데이터가 EPCIS Repository와 Sensor DB로 수집되고 Web기반 실시간 식품 온-습도 모니터링 시스템에서 분석되어 전 공급망 History가 보여진다. 또한 Web기반 e-페디그리 식품 유통 추적 시스템을 통해서 위치 정보 역시 GIS/GPS MAP 기반으로 보여진다. RFID 시스템 도입 효과로는 전 공급망을 위치, 온습도 상태 모니터링을 지원하여 김치 공급망의 신뢰도 향상 및 실시간 정보 공유로 모든 공급망 관리자로 하여금 김치 품질에 대한 관리가 가능하게 되며, 품질 문제시 책임 소지를 분명하게 할 수 있는 장점이 있다.

제안하는 모델로 대상 시스템 도입을 위해서 먼저, 실험실 및 현장 Test-Bed를 수행하였다. 하지만 경기농협(제조), 대리점(물류센터), 학교 급식소(고객) 등 공급망 관계자 각각의 적용에 대한 의지는 높지만 실제 시스템 적용으로는 현 단계에서 이뤄지지 않는 것이다. 그 이유로는 높은 도입 비용, 추가 작업(태깅, 리딩)에 대한 현장 작업자들의 거부감, 도입 효과에 대한 의문 등을 들 수 있다. 그리하여 RFID 시스템의 유연한 공급망 적용을 위하여 공급망 참여자의 관심의 깊이에 대한 개념과 이에 따른 적용 시나리오 별 경제성 분석 결과를 도출하고자 한다.

먼저, 공급망 참여자별 경제성 분석을 수행하기 위해 김치 유통망 사례에 이력추적에 필요한 관심의 깊이를 정의하였다. 생산단계는 재배지(배추), 경기농협(제조), 물류센터(대리점), 학교급식소(소비처), 학생 및 학부모(고객) 순이며 관심사항은 온도, 안전성, 위치, 친환경 식품 및 재고관리로 선정하였다. 다음 그림은 이력추적에 필요한 관심의 깊이에 대한 예시이다.

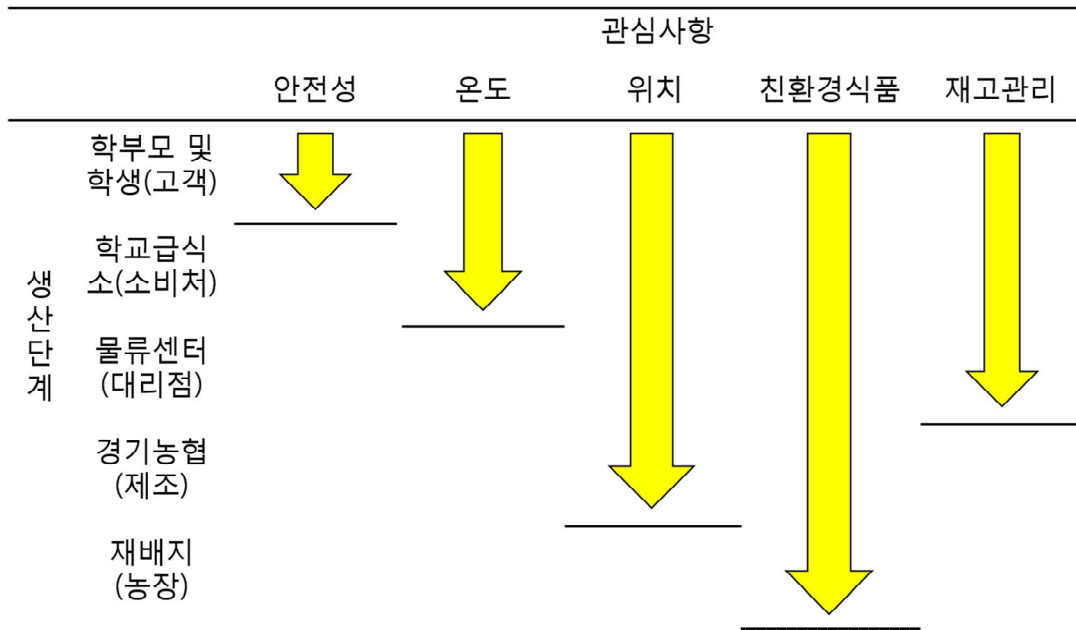


그림 54. 이력추적에 필요한 관심의 깊이 예시

이력추적을 하는 목적과 주체에 따라 어떤 단계에서부터 이력을 추적하여야 하는지 상이하다는 결과를 얻을 수 있다. 김치 공급망 역시 시스템 도입의 목적이 환경/위치 정보 수집 자동화인지, 식품 위험 요인을 피하기 위한 안정성인지, 식품 품질 상태 관리인지에 따라 RFID 시스템 도입 수준이 상이하다. 또한 RFID 시스템 도입을 주도적으로 이끄는 공급망 상의 코어(Core) 기업이 누구인가에 따라 관심사항과 관심의 깊이에 따라서 RFID 시스템 도입의 목적, 범위, 사용방법이 결정된다. 경기농협 - 학교(급식소) 공급망의 경우 RFID 시스템 도입의 코어 기업은 경기농협(제조)이다. 경기농협(제조)은 성공적인 김치 브랜드화를 통해서 국내외 공급망을 넓히고 동일한 최상의 품질 상태를 고객(단체 급식 업체; 학교, 기업 등)에게 제공하여 고부가가치 향상을 기대하고 있다. 이를 위하여 경제성 분석을 통하여 RFID 도입 전 및 도입 후의 경제성 분석에서 효율적인 RFID 시스템 도입 범위 및 방법을 기대하고 있다.

표 17. 공급망 참여자별 시스템 적용 범위와의 연관성 분석

(범례 : ◎ 높음, △ 중간, X 낮음)

시스템 범위 공급망 참여자	WSN 기반 센서 모 니터링 시스템 (적용범위 1)	ePedigree System 과 GS1-128 Barcode의 통합 시 스템 (적용범위 2)	ePedigree 식품 추 적 시스템에서의 RFID-WSN과 데이 터 마이닝 통합 시스 템 (적용범위 3)
학교(급식소)	◎	△	X
물류센터(대리점)	△	◎	X
경기농협(제조)	△	△	◎

AS-IS 프로세스 분석을 바탕으로 경기농협, 물류센터, 학교 급식소에 적용할 시스템 범위를 선정하였다. 학교 급식소의 경우 배송된 김치의 품질을 검사하기 위해 외부 청결 검사, 무게, 온도 및 맛 검사에 중점을 두고 있다. 따라서 학교에서의 품질 검사 항목에 적합한 1단계 WSN 기반 센서 모니터링 시스템이 적합하다. 물류센터의 경우 김치의 다양한 종류 및 소비 형태로 인하여 관리자의 직관 및 경험에 의한 출고와 주문 혼재 발생의 위험을 개선하고자 한다. 따라서 직관 및 경험이 아닌 온도 이력에 기반한 출고 및 주문 혼재 방지를 위해 바코드를 사용하여 재고관리에 적합한 2단계 ePedigree System과 GS1-128 Barcode의 통합 시스템이 적합하다. 경기농협의 경우 브랜드화를 위한 전 공급망에서의 품질 관리를 위해 온도 이력, 재고관리 및 위치 이력까지 포함한 3단계 ePedigree 식품 추적 시스템에서의 RFID-WSN과 데이터 마이닝 통합 시스템을 적용하여 ePedigree를 통한 식품의 인증 및 위변조 방지와 RFID를 통한 품목별 관리를 수행한다.

RFID 경제성효과 분석 툴을 사용하여 각 공급망 참여자에 적합한 시스템 단계에 따른 경제성 분석을 수행하였다. 기업은 경기농협을 기준으로 하였고 물류센터 및 학교는 각각 1개로 정의하여 수행하였다.

Benefit Flow						
Benefit drivers	YEAR					
Total annual benefits	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000
연차별 기대성취율을 입력하여 주십시오. (MAX:100%)	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Total benefits realized	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000
Cost flow						
Year	0	1	2	3	4	5
TOTAL	₩100,000	₩0	₩0	₩0	₩0	₩0
순현금흐름(Return Flow)						
Year	0	1	2	3	4	5
Annual Benefit Flow	-₩100,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000	₩300,000
Cumulative benefit flow	-₩100,000	₩200,000	₩500,000	₩800,000	₩1,100,000	₩1,400,000
ROI 분석결과						
Current discount rate(IRR 산정용)						
Cost of Capital	10.0%					
NPV(Discounted return flow)						
기간	0	1	2	3	4	5
Discounted costs	₩100,000	₩0	₩0	₩0	₩0	₩0
Discounted benefits		₩272,727	₩247,934	₩225,394	₩204,904	₩186,276
Total discounted benefit flow	-₩100,000	₩272,727	₩247,934	₩225,394	₩204,904	₩186,276
Total cumulative discounted benefit flow	-₩100,000	₩172,727	₩420,661	₩646,056	₩850,960	₩1,037,236
NPV(Net present value)	₩0					
ROI						
기간(Year)	0	1	2	3	4	5
ROI(Return on Investment)		272.7%	520.66%	746.1%	951.0%	1137.2%
BEP(Breakeven Point)						
Discounted Payback[in years]	0.25	BEP	민감도분석 수행			

그림 55. 1단계 시스템을 적용한 학교 급식 시스템의 ROI 분석

학교 급식소의 경우 적용범위 1의 시스템을 적용하기 때문에 센서 모니터링을 위한 기타 하드웨어 비용이 추가된다. 따라서 기타 하드웨어 비용 100,000원을 책정하였다. 물류센터의 하드웨어 비용은 적용범위 2인 바코드 시스템 비용으로 200,000원을 책정하였다. 비용절감에서 학교의 경우 품질 관리의 자동화로 인한 노무비용절감으로 300,000원을, 물류센터의 경우 재고비용절감으로 1,000,000원을, 각각의 IRR(내부수익률)은 10%로 책정하였다. 분석 수행기간은 5년이다.

1단계 시스템을 적용한 학교의 ROI는 1년차 272.7%이지만 5년차 1137.2%로 분석되었다. 2단계 시스템을 적용한 물류센터의 ROI는 1년차 454.5%이지만 5년차 1895.4%로 분석되었다. 3단계 시스템을 적용하는 경기농협은 전체 공급망에 RFID 하드웨어를 설치해야 한다. 따라서 비용은 물류센터 및 학교에 각각 500,000을 책정하였습니다. 나머지 값들은 동일하게 적용하였다.



그림 56. 학교 급식소(고객)의 시스템 적용 범위 별 ROI



그림 57. 대리점(물류센터)의 시스템 적용 범위 별 ROI

위 RIO 분석을 통해 학교 급식소(고객) 및 대리점(물류센터) 각각 적용 범위별 연관도가 높은 시스템을 적용 하였을 때 ROI가 더 높게 나타났음을 확인할 수 있다. 하지만 매장 및 물류센터(DC)가 1개 이상일 경우에는 3단계를 적용하여 브랜드화를 가능케 하는 것이 더 큰 이익을 가져올 수 있다.

c) 시스템 구매자의 BEP분석

ㄱ) BEP 변수설정 및 근거

- 한성식품 2018 손익계산서
 - 한성식품은 김치 판매 외 다른 사업 여부없다.
 - 상품김치 시장의 전체 규모는 약 1조 2천억으로 예상된다.
 - 한성식품의 매출액은 약 520억이므로 전체 시장 중 약 4.3%의 점유율을 가지는 것으로 예상된다.
 - 매출원가(재료비)는 410억으로 매출총이익은 410=110억이 된다.
 - 110억은 판매비와 관리비를 제외한 순수 매출로 인한 수익이다.
 - 한성식품의 수익 110억 중 관리비와 같은 모든 요소를 제외한 당기순이익은 약 9억이며, 계산의 편의성을 위해 10억으로 계산하면 매출총이익의 9%, 매출액의 약 1.9%이다.
- 참조: BEP 매출액 = 고정비 / 공헌이익률 = 고정비 / [1 - (변동비 / 매출액)]¹⁾
- 상품김치 시장의 1%의 점유율을 가지는 기업의 매출액은 약 120억으로 볼 수 있다.
 - 상품김치 시장의 0.1%의 점유율을 가지는 기업의 매출액은 약 12억으로 볼 수 있다.
 - 2017년 기준 상품김치시장 제조업체 수는 약 900여개로 조사된다.
 - 2016년 자료 기준 대기업 제외 나머지 기업들이 매출액 160억을 나눈다.
 - 160억을 중소기업이 균등하게 나뉘었을 때 각 약 1천8백만원의 금액이 나온다.
 - 1천8백만원 매출액의 1.9%가 당기순이익이라 가정하면 34만원이 나온다.
 - 0.1%의 점유율을 가지는 기업의 당기순이익은 약 2천3백만원의 수익을 낼 수 있다.

이러한 분석의 결과는 비록 여러 가정을 가지고 있으나, 당 시스템의 적용을 위해서 투자 할 수 있는 여력을 갖기 위해서는 일정 규모 이상의 시장 점유율을 보유하고 있는 기업부터 가능할 것으로 판단된다. 따라서 본 과제의 기술(2-1세부과제 및 2-1협동(쥬이에스애니)의 상업화된 솔루션이 SI 형태로 구축되기 위해서는 제3자 물류업체(예: 쿠팡)를 통한 적용이 선행되는 것이 소비자와 생산자 모두를 만족시키는 방향으로 판단된다.

현재 코로나 19로 인해서 내수 부진에 의한 생산자와 소비자 모두의 자본 감소현상이 강화되고 있다. 이에 반해서 비대면 접촉인 온라인 쇼핑의 증가 추세는 매우 크다. 소비자와 생산자 모두 신선식품의 물류 배송시 발생하는 품질 문제에 민감하다. 소비자는 품질 불량에 민감하고 생산자는 소비자의 품질 불량 클레임과 반송요구에 민감하다. 이러한 부분을 해결하기 위해서 제3자 물류업체가 물류 업체간 경쟁에서 우위를 점하기 위해서 향후 본 기술을 적용할 가능성이 크다고 할 것이다.

따라서 향후 신선식품의 안심 배송과 품질 보증을 위해서 개발된 2-1세부기술의 사업화는 2-1협동의 (쥬이에스애니)를 포함한 SI 업체들에 기술이전을 통해서 미국과 같이 제3자 물류업체로의 판매를 목표로 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

이러한 시점은 제3자 물류업체의 경쟁 강화와 코로나 19로 인한 온라인 쇼핑의 증대 그리고 신선식품의 품질 안심 시스템에 대한 요구사항의 증대를 감안해서 봤을 때, 향후 3~6년 정도가 걸릴 것으로 예상된다.

1) 위 공식은 하나의 기업이나 산업을 가정하여 분석한 것이다. 어느 기업이든 매출 규모에 따라 고정비였던 것이 변동비가 되기도 한다. 예를 들면, 생산량이 계속 늘어나면 공장 부지나 창고를 이전해야 하며 이는 고정비인 임차료의 상승을 가져올 수 있다. 또한 매출이 늘어날수록 단위당 판매가가 낮아지는 것이 일반적이기도 하다. 이를 감안하면 BEP 매출액 분석은 단기간에 살펴보는 참고지표로서 적당하다.

2. 지능형 RFID Gate 기술 개발

요약

RFID (Radio Frequency Identification) 기술은 지난 몇 년 동안 크게 개선되었으며, 현재 식품 안전 및 품질을 보호하기 위해 식품 부문에서 부패하기 쉬운 식품의 식별 및 추적 가능성을 구현하기 위해 모색되고 있다. RFID는 현재 바코드 시스템에 대해 가치 있는 계승자로 여겨지고 있으며, 부패하기 쉬운 식품 공급망(PFSC)에서 제품을 가시하는 데 상당한 이점이 있다. 본 연구는 RFID와 사물인터넷(IOT)센서를 활용한 추적 가능한 시스템을 제안한다. RFID 기술은 부패하기 쉬운 식품을 추적하는데 사용될 수 있고, IoT 센서는 보관과 운송 중 온도와 습도를 측정하는 데 사용될 수 있다. 또한 RFID 게이트는 태그의 방향과 제품이 게이트를 통해 수송 또는 배송되는지 여부를 식별할 수 있는 것이 중요하다. 본 연구에서는, 기계 학습 모델 (머신 러닝)을 활용하여 수동형 RFID 태그의 방향을 검출한다. 입력 특성은 수신 신호 강도(RSS)와 태그의 타임스탬프에서 도출된다. 제안된 시스템은 부패하기 쉬운 식품 공급망에서 테스트를 거쳤으며 실시간 제품 정보와 완전한 온도 및 습도 이력을 제공함으로써 관리자와 고객들에게 상당한 이점을 보여주었다. 또한 기계 학습 모델 (머신 러닝)을 RFID 게이트에 통합함으로써 게이트를 통해 출입하는 태그가 붙은 제품을 정확하게 식별할 수 있어 추적 가능한 시스템의 효율성을 높일 수 있다.

1) 서론

부패하기 쉬운 식품은 고기, 우유, 달걀, 과일, 야채 등 시간이 지날수록 악화되는 식용 농특산물로 묘사된다 (Shukla & Jharkharia, 2013). Rijpkema, Rossi, and van der Vorst (2014)는 부패하기 쉬운 음식에서 제품 폐기물의 위험과 라이프사이클의 감소는 심각한 문제라는 것을 보여주었다. 식품 안전은 현재 식품 산업의 모든 이해당사자들에게 중요한 이슈로 간주되고 있다. 조정된 소비자 건강 인식으로 인해, 음식의 질과 안전이 많은 주목을 받았다. 미국의 한 보고서는 식인성 질환의 경제적 비용만 연간 500억-800억 달러라고 밝혔다. 이는 의료 비용, 생산성 손실 및 삶의 질 저하로 구성되어 있다 (Scharff, 2012). 이에 따라, 식품산업은 완전식품 공급망과 함께 품질보증, 식품청렴성, 식품안전보장, 관련 투명성을 고도화 하는 것이 중요하다 (Trienekens & Zuurbier, 2008). 추적 가능한 시스템의 현대 식품 산업에서 가장 필수적인 요소 중 하나로 여겨지고 있으며, 그것은 효율적이고 신뢰할 수 있는 방식으로 완전한 식품 정보에 대한 추적과 추적을 제공함으로써 공급망에 대한 해결책을 제공할 수 있다(Kher et al., 2010). 따라서 소비자의 신뢰도를 높이고 식품 품질과 안전을 보장한다(Aung & Chang, 2014a; Regattieri, Gamberi, & Manzini, 2007).

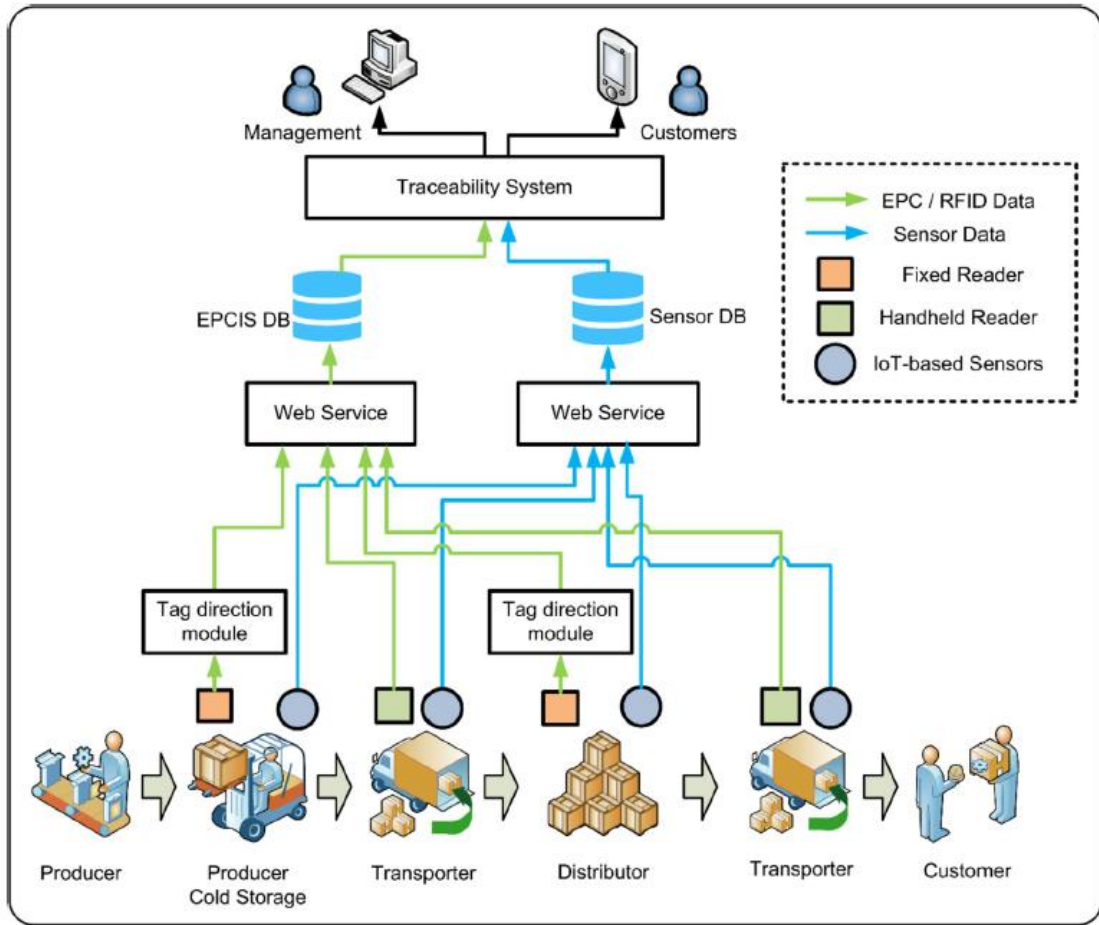


그림 58. 시스템 아키텍처

무선주파수식별(RFID)은 트랜스폰더(태그)와 관련된 물체, 동물, 사람을 자동으로 식별하기 위한 비접촉식 기술이다. 이 자동식별 기술은 부패하기 쉬운 식품 공급망의 추적가능성 시스템에 활용될 수 있다. 태그의 메모리에 데이터를 저장하고 RFID 리더는 태그 데이터를 캡처하여 백엔드 데이터베이스로 전송하여 객체 파라미터를 원격으로 모니터링한다(Duroc & Tedjini, 2018). RFID는 의료(Álvarez López et al., 2018; Pérez, González, & Dafonte, 2017; Martínez Pérez, Dafonte, & Gómez, 2018), 제조(Ding, Jiang, & Su, 2018; Lee, Choy, Ho, & Law, 2013; Zhong, Dai, Qu, Hu, & Huang, 2013), 실내 위치 시스템 (Álvarez López, de Cos Gómez, & Las-Heras Andrés, 2017; Seol, Lee, & Kim, 2017), 고객 쇼핑 행동 분석 (Choi, Yang, Yang, & Cheung, 2015; Syaekhoni, Alfian, & Kwon, 2017), 창고 관리(Chow, Choy, Lee, & Lau, 2006; Bunker & Elsherbeni, 2017)와 같은 광범위한 분야에 성공적으로 적용되었다.

이전 연구에서는 다른 유형의 센서 기술과 결합했을 때 RFID가 식품 품질 및 안전성을 개선하기 위한 식품 추적가능성 시스템에 효과적이고 효율적인 솔루션을 제공한다는 것을 보여주었다(Alfian et al., 2017a; Aung & Chang, 2014b; Barge, Gay, Merlio, 2014; Faroq, Tao, Alfian, Kang, 2016; Kwok, 2016). 온도와 습도는 유통과 저장 중 식품 안전과 품질에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이다. 따라서 RFID 추적가능성 시스템과 함께 온도 및 습도 감시 시스템의 통합은 공급망과 사물인터넷(IoT) 기반 센서 cou의 부패하기 쉬운 식품 품질을 감시하기 위해 필요하다. Id는 온도 모니터링 시스템에 사용된다. IoT 센서는 실시간으로 식품 품질을 보장할 수 있는 효율적인 식품 모니터링 시스템을 제공한다. 이전 연구에서는 IoT 센서가 엄청난 이점을 가지고 있으며 부패하기 쉬운 식품 모니터링에 성공적으로 적용될 수 있다는 것을 입증했다(Maksimovic, Vujovic, & Miklicanin, 2015; Popa et al., 2019; Alfian, Syafrudin, & Lehen, 2017b; Tsang et al., 2018; Stelingwerf, Laporte, La, Raporte, Cruzen, Kan).

게다가, RFID는 태그가 부착된 제품이 통과하는 것을 기록하기 위해 창고 게이트에 설치될 수 있다. 그러나, 독자는 태그의 방향, 즉, 태그가 안으로(수신) 이동하는지 게이트를 통해 밖으로 나가는지(배송)를 구분할 수 없다. 이전 연구에서는 수신된 신호 강도(RSS), 추가 하드웨어 및 타임스탬프 정보를 기계 학습 알고리즘과 결합하여 태그 방향을 식별할 수 있다는 것이 밝혀졌다(Jie et al., 2018a, 2018b; Oikawa, 2011). 나아가 RSS와 머신러닝 모델이 함께 적용되어 RFID 태그의 움직임을 성공적으로 탐지하였다(Alfian, Syafrudin, Yoon, & Rhee, 2019; Keller, Thiesse, Kungl, & Fleisch, 2010; Ma, Wang, & Wang, 2018). 그러나 태그 방향에 대한 이전의 연구는 실제 사례에서 나타날 수 있는 태그 이동의 다른 유형을 평가하는 데 여전히 부족하다. 따라서, 추적가능성 시스템의 RFID 게이트의 효율을 향상시킬 수 있도록, 태그 이동의 다른 유형을 고려하여 태그 방향을 식별하는 데 기계학습 모델을 활용할 필요가 있다. 마지막으로, 식품 유통 센터의 이동 RFID 태그의 방향 파악은 물론 식품 추적 및 추적, 온도와 습도 모니터링 등 다양한 문제를 해결할 수 있는 통합 시스템이 필요하다.



그림 59. 시스템 구현: (a) 고정 판독기, (b) 휴대용 판독기 및 (c) IoT 기반 센서

본 연구는 운송 및 보관 중 부패하기 쉬운 식품의 유통을 위해 온도 및 습도 등의 환경 조건을 감시하고 수집하기 위해 RFID 및 IoT 센서에 기반한 추적가능성 시스템을 제안한다. RFID는 제품을 추적하는 데 활용되기 때문에 공급망을 따라 위조와 저 품질 제품의 유통을 해결할 수 있고, IoT 센서는 부패하기 쉬운 식품의 환경 조건을 수집하는 데 활용된다. 나아가 태그가 부착된 제품의 방향을 검출하기 위한 기존 연구의 한계를 극복하기 위해 태그 이동의 상이한 변동 등 보다 복잡한 창고 상황을 고려했다. 제안된 기계 학습 모델은 다른 유형의 태그 방향과 움직임으로부터 학습하여 훈련된 모델이 RFID 태그의 방향을 성공적으로 감지할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서 우리의 기여는 태그가 부착된 제품(즉, 수신 또는 발송된 제품)의 방향이 자동으로 식별될 수 있도록 기계 학습 모델을 RFID 게이트에 적용함으로써 RFID 기반 추적성의 효율성을 향상시키는 것이다. 마지막으로, 우리는 또한 제안된 추적가능성 시스템이 제품의 품질과 안전을 보장하기 위해 김치 공급망에 성공적으로 적용되었음을 입증했다.

2) 연구 방법

제안된 추적가능성 시스템은 부패하기 쉬운 식품 공급망의 소비자들에게 식품 품질과 안전을 보장하기 위해 개발되었다. 제안 시스템은 RFID를 자동식별에 활용하고 IoT 기반 센서를 활용해 온도, 습도 등 환경조건을 수렴한다. 우리는 생산자, 운송업자, 유통업자, 고객들로 구성된 식품에 대한 일반적인 형태의 공급망 네트워크를 고려한다. 식품은 유통업체와 운송업체 등 여러 공급망 파트너를 통해 생산자에서 고객으로 이동한다. 우리의 시나리오에서는, 고정 RFID 판독기(RFID 게이트)는 생산자와 유통자의 냉간 저장 시설의 게이트에 설

치되는 반면, 휴대용 RFID 판독기는 트랜스포터에 의해 사용되었다. IoT 기반 센서는 생산자, 트랜스포터, 유통업체 등 모든 공급망 협력사의 냉간 보관시설에 설치됐다.

각 고정 판독기(RFID 게이트)를 위해 호스트 컴퓨터와 캡처 애플리케이션을 현장에 설치했다. 또한 태그 방향 모듈은 태그의 방향을 식별하기 위해 캡처 애플리케이션에 통합되었다. 태그 방향 모듈은 기계학습 모델을 활용해 태그가 부착된 제품이 저온저장 게이트를 통해 출입하는지를 구분하는 방식으로 개발됐다. 이 시나리오를 고려하여, 냉간 보관소에서 수령하거나 출하한 제품을 정확하게 식별할 수 있었다. 그런 다음 RFID와 IoT 센서 데이터가 웹 서비스로 전송되어 서버측 데이터베이스에 저장되었다. 마지막으로, 태그가 붙은 제품의 실시간 이동과 환경 상태를 모니터링할 수 있는 웹 기반의 추적관리 시스템이 개발되었다. 추적가능성 시스템을 활용함으로써 공급망 전반에 걸쳐 부패하기 쉬운 식품의 품질과 안전성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

이 식품들은 생산자들에 의해 만들어지고 수동적인 UHF RFID 태그가 부착된 특별한 상자에 넣는다. 그런 다음 태그가 붙은 제품을 납품 전 RFID 게이트를 통해 콜드 스토리지로 이동시키고, 독자에 의해 고유 식별자(UID)가 있는 전자 제품 코드(EPC)를 수집하여 호스트 컴퓨터로 전송하여 다른 정보와 결합하여 서버측/EPC 정보 서비스(EPCIS)로 전송한다. EPC(제품 정보), 비즈니스 위치(판독 자 또는 공급망 파트너 이름), 이벤트 시간(태그 된 제품이 판독기에 의해 판독된 시간), 비즈니스 단계(제품 상태, 수령 또는 배송)와 같은 제품 정보는 EPCIS로 전송되기 전에 호스트 컴퓨터의 캡처 애플리케이션에 의해 생성된다. 정확하고 상세한 제품 정보에 대한 소비자 및 규제 요구를 충족하기 위해 제품에 관한 "무엇, 장소, 시기, 이유" 질문에 답변하는 데 도움이 된다. 제품이 배송될 준비가 되면, 트랜스포터는 제품을 물류센터로 옮긴다; 트랜스포터는 휴대용 판독기를 사용하여 출하된 제품 정보를 읽고 상세한 제품 정보를 서버 측에 보낸다. 물류센터에 도착한 후 태그가 붙은 제품은 RFID 게이트를 통해 옮겨 보관한다. 마지막으로 다른 트랜스포터를 통해 고객에게 제품을 전달한다. 각각의 움직임에서 태그가 붙은 제품은 RFID 기반의 추적가능성 시스템에 기록된다. 나아가 IoT 기반 센서는 생산자, 트랜스포터, 유통업체의 저온저장시설에 설치된다. 센서 데이터(온도와 습도)는 IoT 센서(매 5초)에 의해 주기적으로 수집되어 서버 측으로 전송되어 센서 DB에 저장된다. 마지막으로 RFID 데이터와 IoT 센서 데이터를 결합해 추적가능성 시스템은 제품의 완전한 이력과 온도, 습도 등 환경조건을 사용자에게 제시할 수 있다.

a) RFID 기반 추적 시스템 및 IoT 센서

본 연구는 추적가능성 시스템에 RFID 게이트/고정 판독기, 휴대용 판독기, IoT 기반 센서의 세 가지 유형의 장치를 활용한다. 각 RFID 게이트는 호스트 컴퓨터, 에일리언 테크놀로지의 단일 RFID 리더 ALR-9900 + 및 5.90dbi Gain이 적용된 2개의 선형 안테나 ALR-9610-AL을 사용한다. 자세한 내용은 그림 59a(Alien Technology, 2019). 판독기의 작동 주파수는 902-928 MHz이며 EPC Class1 Gen2(18000-6C)를 지원한다. 또한 모든 제품 상자의 한 면에 패시브 RFID 태그가 부착되어 있었다. 수동형 UHF RFID 태그 모델은 9662이며 주파수 범위는 860-960 MHz이다. IC 타입은 Alian H3이고, 프로토콜은 EPC Class1 Gen2 (ISO 18000-6C)이다. 자바 프로그래밍 언어에 기반한 캡처 어플리케이션 프로그램을 독자로부터 공급받은 어플리케이션 프로그램 인터페이스(API)로 개발하여 독자와 연결된 호스트 컴퓨터에 설치하였다. 태그가 붙은 제품이 RFID 게이트를 통해 이동하면, 캡처 어플리케이션에 의해 EPC와 같은 제품 정보가 수집되어 다른 정보(즉, 위치, 날짜, 시간, 사업 단계)와 결합되어 EPCIS로 전송된다. 비즈니스 단계를 정의하기 위해 태그 방향 모듈을 활용하는 캡처 애플리케이션 프로그램은 제품 상태가 '수신'인지 '배송'인지를 파악할 수 있다. 태그 방향 모듈에 대한 자세한 설명은 다음 하위 장에 설명되어 있다.

트랜스포터는 유연하고 손에 쥘 수 있는 핸드헬드 RFID 판독기를 사용하여 제품 정보를 읽는다. 소형 단거리 RFID 리더인 아레테 팜 동글 UHF 리더를 핸드헬드 리더(RFID Systems, 2019)로 활용했다. 동글 리더는 대부분의 iOS 및 Android 기기와 호환된다. 그림 59b는 서버 측에 보내기 전에 태그가 지정된 제품을 읽고 화면에 제품 정보를 표시하여 작동하는 휴대용 판독기를 보여준다. 이 장치는 EPC Gen2(ISO 18000-6c) 프

로토콜과 함께 RFID 칩 PHCIPS PR9200을 활용하며 917.1~923.3MHz 주파수 범위에서 작동한다. RFID 데이터는 동글 리더에 의해 헤드폰(3.5 mm) 잭을 통해 스마트폰으로 전달되었다. 동글 리더로부터 RFID 데이터를 수신할 수 있는 안드로이드 앱을 개발해 다른 정보와 결합한 뒤 휴대전화 와이파이 링크를 통해 웹서버로 전송했다.

마지막 장치에서는 IoT 센서를 생산자, 유통자, 트랜스포터 냉저장에 설치해 공급망 전반에 걸쳐 부패하기 쉬운 식품의 환경 상태를 모니터링했다. 제안된 IoT 기반 센서는 싱글보드 컴퓨터(SBC: Rassyberry Pi)와 애드온 센서 보드(Add-on Sensor Board)의 두 가지 상용 장치로 구성된다. 센스-HAT(Raspberry Pi Foundation, 2016; Rassyberry Pi Foundation, 2017). 라즈베리 파이(Raspberry Pi)는 약 45g의 무게로 85.60mm × 53.98mm × 17mm 치수를 가진 저렴한 소형 SBC이다. USB, 무선랜, HDMI, 오디오, 비디오, 범용 입출력(GPIO) 등 다양한 입출력 작업을 처리할 수 있다. 센스-HAT 보드는 환경 조건을 수집하는 데 활용된다. 우리는 감각-HAT로부터 센서 데이터를 수집하기 위해 라즈베리 파이 장치에 설치한 파이톤 기반 프로그램을 개발했다. IoT 기반 센서는 매 5초마다 온도 및 습도 데이터를 지속적으로 수집해 무선으로 클라우드 서버로 전송했다. 그림 59c는 IoT 기반 센서 소자의 조립 버전을 보여준다.

표 18. 각 공급망 파트너별 제품 정보 생성 시나리오

No	SC Partner	Business Step	Description
1	Producer	Receiving	The reader reads the tagged products that are moved through the RFID gate for storage.
2		Shipping	The tagged products are moved out from cold storage through the RFID gate.
3	Transporter	Shipping	The transporter reads the tagged products using a handheld reader for delivery to another SC partner.
4	Distributor	Receiving	The tagged products are moved through the RFID gate to be stored in the distributor cold storage facility.
5		Shipping	The tagged products are moved out from cold storage through the RFID gate.
6	Transporter	Shipping	The transporter reads the tagged product using a handheld reader for delivery to the customer.
7		Delivered	The transporter modified product status to "delivered" when product has been received by customer.

제안된 추적가능성 시스템은 서로 다른 공급망 파트너들이 자신의 능력에 따라 EPCIS에 제품을 보내기 전에 서로 다른 제품 정보를 생성할 수 있도록 한다. 우리는 표 18과 같이 서로 다른 사업 단계를 고려하여 문서를 작성할 때 각 공급망(SC) 파트너의 역할을 정의했다. 첫째, 신선제품은 RFID 게이트를 통과해 생산자의 저온저장시설에 저장된다. EPC, 생산자명, 녹음된 시간, 비즈니스 단계(즉, 수신) 등의 제품 정보는 RFID 게이트의 호스트 컴퓨터에 의해 서버 측의 EPCIS로 전송된다. 제품이 배송될 준비가 되면 운송 전에 생산자의 RFID 게이트를 통해 다시 이동한다. 서로 다른 비즈니스 단계 정보(즉, 배송)를 제외하고 캡처 애플리케이션에 의해 유사한 제품 정보가 생성되어 EPCIS에 등록된다. 태그가 부착된 제품을 받을 때 트랜스포터는 휴대용 판독기를 이용해 제품 정보를 기록한다. 핸드헬드 리더는 EPC, 트랜스포터 이름, 녹음된 시간, 비즈니스 단계(즉, 배송) 등의 문서를 중앙집중식 EPCIS로 전송한다. 다음 단계에서는 제품이 유통업체에 도착하여 RFID 게이트를 통해 입주하여 보관한다. RFID 게이트에서 나오는 호스트 컴퓨터는 EPC, 배포자 이름, 기록된 시간, 비즈니스 단계(예: 수신) 등의 정보를 원격 서버로 전송한다. 제품이 고객에게 배달될 준비가 되면 태그가 붙은 제품은 다시 유통업체의 RFID 게이트를 통해 밖으로 이동한다. RFID 게이트는 유사한 정보를 다시 생성했지만 다른 비즈니스 단계 데이터로, 그것은 운송 중이었다. 마침내, 트랜스포터는 고객에게 제품을 배달할 준비가 되었다. 그들은 휴대용 판독기를 사용하여 제품 정보를 읽는다. EPC, 트랜스포터 이름, 기록된 시간, 비즈니스 단계(예: 배송) 등 생성된 데이터는 트랜스포터 스마트폰 장치에 의해 EPCIS로 전송되었다. 일단 제품이 고객 측에 도착하자 트랜스포터는 고객이 제품을 받았는지 확인하기 위해 제품 상태를 '배송'으로 수정했다. 이 시나리오에 따라 추적가능성 시스템은 공급망에서 제품 이동 이력을 모니터링하고 제시할 수 있다.

게이트웨이에서 생성된 RFID와 센서 데이터는 구조화되지 않은 대형 포맷과 연속적인 생성 특성을 가지고

있다. 따라서 본 연구는 제조 분야(Syafrudin, Alfian, et al., 2018; Syafrudin, Fitriani, Alfiana, 2019)와 헬스케어(Alfian et al., 2018; Ma'rif, Priyanto, Setiawan, & Winar Cahyo, 2018)에 적합한 Mongo를 활용한다. 수집된 RFID와 센서 데이터는 Node.js가 개발한 웹 서비스에 의해 수신되어 MongoDB 데이터베이스로 전송되었다. 마지막으로, Node.js 웹 애플리케이션 프레임워크를 기반으로 웹 기반의 추적가능성 시스템을 개발하여, 인터넷 접속이 가능한 클라이언트가 개인용 컴퓨터(PC), 노트북 또는 모바일 기기를 통해 쉽게 접근할 수 있도록 서버 측에 설치하였다. 그림 60a는 태그가 부착된 제품이 RFID 게이트를 통해 생산자의 저온 저장 시설로 이동할 때 생성되는 EPC 문서의 예를 보여준다. JSON 기반 문서는 이벤트 시간, 기록 시간, EPC 목록, 읽기 지점(리더 ID), 비즈니스 위치(공급망 파트너 이름), 비즈니스 단계로 구성된다. 또한 생성된 IoT 센서 데이터는 그림 60b와 같이 MongoDB에 저장된다. 이 센서 문서는 하위 문서에 포함된 이벤트 시간, 기록 시간, IoT 장치 ID, IoT 장치 이름, 판독 지점 및 센서 데이터(온도 및 습도)로 구성된다. 본 시나리오에서는 사용자가 데이터베이스에서 제품의 이력 및 환경 조건을 검색하고자 할 때, 읽기 포인트(readPoint)를 참조 키로 활용한다.

b) 태그 방향 모듈

본 연구를 위해, 태그 방향 모듈은 기계 학습 모델을 기반으로 개발되어 RFID 게이트에 적용되어 제품이 수신 또는 배송되고 있는지 여부를 확인할 것이다. 분류기를 생성하려면 RFID 판독 데이터를 다른 움직임과 방향을 고려한 데이터 집합으로 수집해야 한다. 다음으로 받은 신호 강도(RSS)와 태그의 타임스탬프에서 속성/특징을 추출한다. 태그의 방향과 이동 유형을 구분하기 위해 여러 기계 학습 알고리즘이 적용되었다. 마지막으로, 훈련된 모델은 태그가 붙은 제품 방향을 식별할 수 있도록 캡처 애플리케이션에 통합된다.

그림 61a는 게이트를 통해 출입하는 것, 게이트에 가까이 이동하는 것, 뒤로 돌아가는 움직임, 정적 태그 등 실제 창고에서 발생할 수 있는 태그 이동 및 방향을 보여준다. 이 시나리오에서는 창고/냉장고 게이트에 설치된 안테나 2개가 달린 판독기 1대를 활용했다. 첫 번째 안테나(안테나 1)는 외부에 배치하고 다른 안테나(안테나 2)는 영역 내부에 배치한다. 이 시나리오에서는 창고 게이트를 통해 출입하는 태그가 붙은 제품을 기록할 수 있다. 그러나 RFID 판독기는 제품이 게이트, 턴백 이동 및 정적 태그와 같은 잘못된 양의 판독치(즉, 판독기에 의해 우발적으로 탐지되었지만 비즈니스 프로세스에 관심이 없는 태그)를 잠재적으로 읽을 수 있다. 이러한 정적 태그는 태그가 공칭 판독 범위 내에 있거나 필드 내의 금속 물체에 의해 범위가 우발적으로 확장될 때 발생한다(Keller, Thiese, & Fleisch, 2014). 태그 방향 모듈의 목적은 게이트를 통해 출입하는 제품만 기록하고 잘못된 양의 판독치를 걸러내는 것이다. 그림 61b는 실제 창고에서 게이트를 통해 이동하는 태그가 부착된 제품의 예를 보여준다. 문틈으로 태그가 붙은 제품을 옮기기 위해 직원들이 진행하는 과정을 '모임 세션'이라고 한다. 수집 세션 중에 수신된 데이터 또는 태그 이벤트의 컬렉션이 다음과 같이 표현된다.

<pre>{ "_id": "c08a6702a56144ed894a3e8fec2fef8f", "eventTime": "2018-06-10 10:04:59", "recordTime": "2018-06-10 10:05:00", "epcList": ["0000000.030241.14", "0000000.030241.15", "0000000.030241.16"], "readPoint": "rp-1", "bizLocation": "Producer", "bizStep": "Receiving" }</pre>	<pre>{ "_id": "7cd98bb0b1604e98b20503f2ac554eb7", "eventTime": "2018-06-10 10:04:59", "recordTime": "2018-06-10 10:05:00", "iotDeviceId": "f85c497ac8b4", "iotDeviceName": "Sensor-001", "readPoint": "rp-1", "sensorData": { "temp": 8.9, "hum": 70 } }</pre>
(a)	(b)

그림 60. (a) EPC 문서 및 (b) IoT 센서 데이터의 예

$$X = \{\{ID, T_i, RSS_i, Ant_i\}, \dots\{ID, T_n, RSS_n, Ant_n\}\} \quad (1)$$

여기서 X는 태그 ID, 시간 스탬프 T, 신호 강도 RSS, 안테나 개미 및 $i = 1, 2, \dots, n$ 에 대해 판독기가 수신한 데이터를 나타낸다. 매개 변수 n은 수집 세션 중에 발생하는 총 태그 수를 나타낸다. 데이터 집합을 수집하기 위해 RFID를 사용하여 실험을 수행했다. 참고에서 다른 태그가 부착된 제품 이동을 수행했다. RFID 게이트는 호스트 컴퓨터, 단일 ALR-9900 + 판독기, 5.90dBi Gain이 적용된 2개의 선형 안테나 ALR-9610-AL로 구성된다. 또 다른 경로와 속도로 게이트를 통해 드나드는 박스와 트롤리의 한쪽 면에 패시브 RFID 태그를 부착했다. 실험 과정을 단순화하기 위해 독자가 제공하는 기본 매개변수를 사용했다. 자바 프로그래밍 언어에 기반한 수집 프로그램을 개발하여 독자와 연결된 호스트 컴퓨터에 설치하였다. 각 수집 세션 동안, RFID 판독 데이터는 CSV 파일에 저장되었고 추가 분석을 위한 데이터 집합으로 수집되었다.

본 연구에서는, 5가지 유형의 태그 판독, 즉, 그 내용을 검토했다. 표 19에서 볼 수 있는 것. 집결 시간에는 출입문을 통해 출입하는 등 출입문 가까이 이동, 턴백 이동, 정적 태그 등 서로 다른 태그 이동과 방향이 진행됐다. 각 데이터 판독에 대해 클래스 라벨이 추가되었다. 총 1030개의 고유 데이터 판독치가 수집되었으며, 각 판독치는 태그 ID, 타임스탬프, RSS, 안테나 ID 및 클래스 라벨로 구성되었다. 또한 표 20은 태그가 지정된 상자가 게이트를 통해 들어오고 나갈 때 데이터 집합을 수집하기 위한 상세 실행 매개변수를 보여주었다. 데이터를 수집하는 동안 태그 이동 속도가 다르다는 점을 고려했다. 총 12개의 패시브 RFID 태그가 트롤리 위에 놓인 박스에 부착되었다. 전차는 RFID 판독기를 통해 이동되었다. 트롤리 이동 속도(이동 및 이동)는 대부분 0.6~0.69m/s이다. 본 실험에서 시작점(태그를 처음 읽을 때)과 끝점(태그의 마지막 발생) 사이의 거리는 약 5m이다.

표 19. 태그 판독의 가능한 시나리오

Class label	Name	# data	Description
0	Move in	180	Tagged products move in through the gate
1	Move out	180	Tagged products move out through the gate
2	Move close	180	Tagged products move close to the gate
3	Static tag	310	Tags located in the reader read the range
4	Turn back	180	Tagged products that move in and then return

표 20. 게이트를 통해 태그 이동을 수집하기 위한 실행 매개 변수

Parameter	Value	Frequency
Speed of trolley (m/s)	< 0.60	97
	0.60-0.69	187
	0.70-0.79	68
	≥ 0.80	8

그림 62는 일반적인 데이터 수집을 위한 RSS 판독의 예를 보여준다. 회기 ALR-9900 + 판독기는 RSS에 대한 측정 단위(dBm)를 제공하지 않으므로 신호 품질(%)을 y축으로, BrailStart를 x축으로 표시한다. 게이트를 통해 이동하는 경우 태그는 안테나 1로 먼저 판독되고 안테나 2로 판독된다(그림 62a 참조). RSS는 태그가 게이트를 통과할 때 증가하며 태그가 두 안테나에 가장 가까울 때 최대치를 달성한다. 이와는 대조적으로 제품이 게이트를 통해 나갈 때 태그는 안테나 2에 의해 먼저 판독되고 그 다음 안테나 1에 의해 판독된다(그

림 62b 참조). 또한 태그가 부착된 제품이 게이트를 통해 들어올 때(그림 62a 참조), 안테나 1과 안테나 2의 경우 각각 최초 3초와 4.5초 이내에 최대 RSS를 관측할 수 있다. 이 타임스탬프 정보는 태그의 방향을 식별하는 데 중요하다. 따라서 본 연구에서는 BrahStart(Keller et al., 2014)를 활용하여 수집 세션이 시작된 이후 경과한 시간(초)을 정의했다. 그 후 (1)의 타임스탬프 T는 다음과 같이 표준화된 BrailStart로 변환된다.

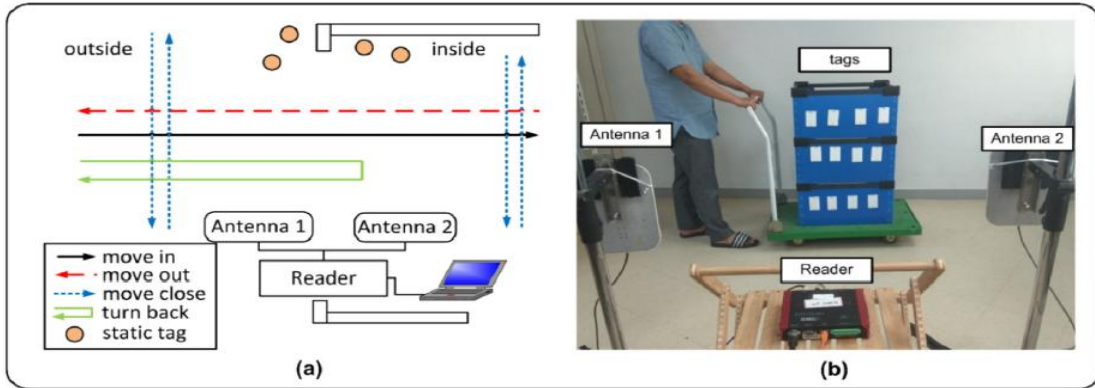


그림 61. 데이터 수집: (a) 가능한 태그 이동 유형과 방향 및 (b) 게이트를 통해 이동하는 태그의 예

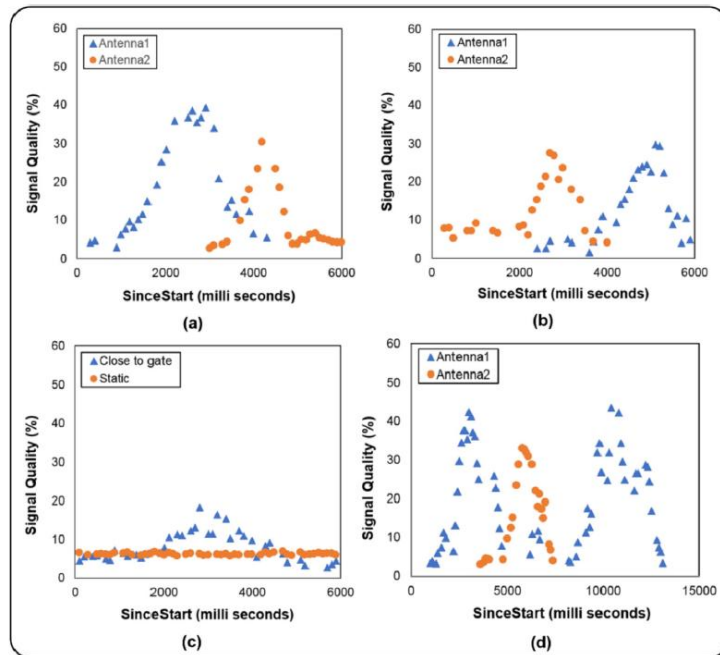


그림 62. 데이터 수집 세션에 대한 RSS 판독값의 예: (a) 이동, (b) 게이트를 통해 이동, (c) 게이트 가까이 이동하여 정적인 상태를 유지하고, (d) 턴백 이동

$$SStart_i = \frac{T_i - T_1}{T_n - T_1} \quad (2)$$

각 수집 세션에서 읽기 데이터는 클래스에 따라 레이블이 지정된다(표 19참조). 마지막으로, 수집 세션에서 수신한 데이터는 다음과 같이 표현된다.

$$X = \{\{ID, SStart_i, RSS_i, Ant_i, Class\}, \dots, \{ID, SStart_n, RSS_n, Ant_n, Class\}\} \quad (3)$$

그림 62c는 게이트 가까이 이동하는 태그와 안테나 1에서 수집된 정적 태그에 대한 일반적인 RSS 판독값을 보여준다. 게이트 가까이에서 움직이는 태그는 게이트를 통해 출입하는 태그와 상당히 유사하다. 두 태그의 경우, RSS는 안테나에 더 가까워질수록 증가하다가 거리가 증가할수록 감소한다. 그러나 게이트를 통해 이동하는 태그의 최대 RSS는 태그가 더 가까이 이동하며 안테나를 직접 향하기 때문에 게이트에 가깝게 이동하는 태그보다 높다.

또한, 정적 태그는 안테나와 정적 태그 사이의 거리가 고정되기 때문에 RSS가 비교적 일정하다. 따라서 정적 태그는 분산이 작은 경향이 있는 반면, 게이트를 통과하여 게이트에 가깝게 이동하는 태그는 분산이 더 큰 경향이 있다. 마지막으로 그림 62d는 태그가 붙은 제품이 게이트를 통해 들어가려고 하지만 제품이 게이트 사이의 중간 지점에서 뒤로 돌아 다시 나가는 턱백 움직임을 보여준다. 그 제품들은 안테나 1을 통해 독자가 읽고, 안테나 2가 뒤따랐다. 결국 제품이 뒤로 돌아서 밖으로 나오면 태그가 붙은 제품들은 안테나 1로 다시 읽힌다. RSS 속성은 다음과 같이 구별할 수 있는 중요한 데이터를 제공한다.

표 21. RSS 및 BrahStart에서 추출한 속성

Feature Type	Attribute name	Description
RSS	RSS_Min	Minimum signal strength during a gathering session
	RSS_Max	Maximum signal strength during a gathering session
	RSS_Mean	Average signal strength during a gathering session
	RSS_Std	RSS standard deviation during a gathering session
	RSS_Diff	Difference between the highest and lowest signal strengths during a gathering session
	RSS_Count	Total number of reads for the tag during a gathering session.
SinceStart	SStart_Min	Timeframe (seconds) of tag read at the first time.
	SStart_Max	Timeframe (seconds) of tag read at the last time.
	SStart_Mean	Average timeframe (seconds) for the tag to be read.
	SStart_Std	Standard deviation for the timeframe (seconds) in which the tag is read.
	SStart_Diff	Total period (seconds) for a tag between first and last read time

이동 및 정적 태그 및 이전 연구에 활용되었다(Alfianet al., 2019; Keller et al., 2010; Ma et al., 2018). RSS는 안테나와 태그 사이의 거리에 따라 달라진다. 더 가까운 태그는 더 큰 RSS를 생성한다. 또한, ReasStart 정보는 태그의 방향을 정의하는 중요한 매개변수다(Keller et al., 2014). 표 21는 단일 안테나에서 추출한 관련 통계적 특징을 나타낸다. 본 연구는 2개의 안테나를 활용하기 때문에, 두 안테나에서 모두 22개의 속성(RSS와 BrahStart 포함)을 추출한다. 읽기 데이터의 컬렉션을 다중 클래스 분류를 위해 입력 및 출력 매트릭스로 변환하려면 데이터 사전 처리가 필요하다. 알고리즘 1은 제안된 특징을 보여준다. 모든 수집 세션의 태그 이벤트 컬렉션을 입력 매트릭스 X_{inp} 및 출력 벡터 y_{out} 으로 변환하여 기계 학습 모델이 결과를 학습하고 예측할 수 있도록 하는 추출기 알고리즘. `getRSSAttr`과 `getProductStartAttr` 함수는 표 21에서 볼 수 있듯이 각각 RSS와 BrahStart의 목록이 주어진 통계적 특징을 반환한다. 또한 `getClassLabel` 기능은 표 21에서 볼 수 있는 바와 같이 특정 RFID 판독치의 클래스 라벨을 반환할 것이다.

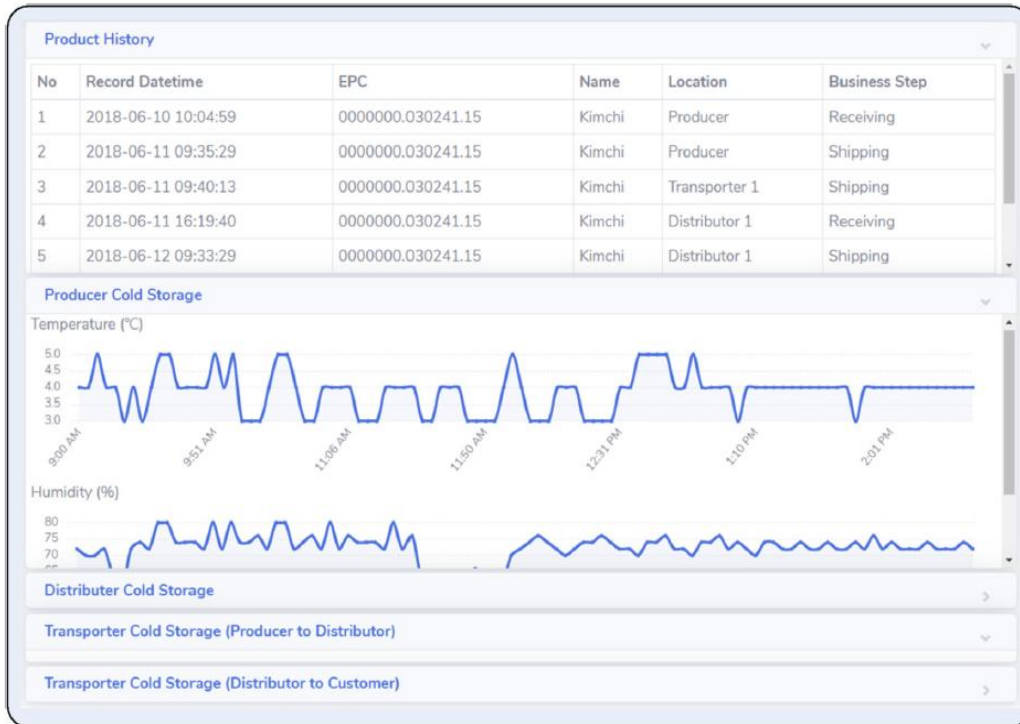


그림 63. 추적성 시스템의 스크린샷

알고리즘 1. 특징추출기

Input: list of gathering session
Output: input matrix X_{inp} , output y_{out}

for each gathering session do
 for each unique ID do
 $RSSattr1 \leftarrow getRSSAttr$ (tag event list antenna1 [RSS])
 $RSSattr2 \leftarrow getRSSAttr$ (tag event list antenna2 [RSS])
 $SSattr1 \leftarrow getSinceStartAttr$ (tag event list antenna1 [SStart])
 $SSattr2 \leftarrow getSinceStartAttr$ (tag event list antenna2 [SStart])
 $x \leftarrow RSSattr1 \cup RSSattr2 \cup SSattr1 \cup SSattr2$
 $y \leftarrow getClassLabel$ (tag event list [Class])
 $X_{inp} \leftarrow insert\ new\ row(x)$
 $y_{out} \leftarrow insert\ new\ row(y)$
 end
End

수집 세션의 원시 RFID 데이터가 변환된 후 입력 X 와 출력 y 에 기계 학습 알고리즘을 사용하여 훈련 세트에서 학습하여 예측을 생성한다. 본 연구에서는, RFID 태그의 방향을 검출하기 위해 그래데이션 부스팅 알고리즘 XGBoost를 사용한다. XGBoost는 분류 및 회귀 트리 세트에 구성된 감독 학습 모델이다(Chen & Guestrin, 2016). XGBoost는 경사도가 강화된 의사결정 트리를 구현한 것으로, 손실 기능, 정규화, 칼럼 샘플링 측면에서 일련의 개선을 실시한다. 그래데이션 부스팅은 이전 모델의 잔차나 오차를 예측할 수 있는 새로운 모델이 생성되어 최종 예측을 만드는 점근법이다. 이것은 새로운 모델을 추가할 때 구배 강하 알고리즘을 사용하여 손실을 최소화하기 때문에 구배 부스팅이라고 불린다. 특정 매개변수 집합에 주어진 모델의 성

능을 측정하려면 객관적인 기능이 필요하다. 이것은 훈련 손실과 정규화의 두 부분으로 구성된다. 정규화 용어는 모형의 복잡성을 약화시키고 과대 적합을 방지한다. 목적함수(손실함수 및 정규화)는 다음과 같이 제시할 수 있다.

$$\mathcal{L}(\phi) = \sum_i l(\hat{y}_i, y_i) + \sum_k \Omega(f_k) \quad (4)$$

$$\text{where } \Omega(f) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda w^2$$

여기서, l 은 예측 \hat{y}_i 와 목표 y_i 의 차이를 측정하는 구별 가능한 볼록 손실 함수다. 정규화 된 용어 Ω 은 모형의 복잡성에 불이익을 주고 T 는 나무의 잎 수를 나타낸다. 각 f_k 는 독립적인 트리 구조 q 와 잎 무게 w 에 해당한다. r 라는 용어는 문턱에 해당하며, 나무의 성장을 제한하기 위해 최적화하는 동안 프리프루닝을 실시하고, λ 은 과적합을 방지하기 위해 최종 학습된 가중치를 매끄럽게 하는 데 사용된다.

3) 결론 및 토의

a) IoT 기반 추적가능성 시스템의 성능

웹 기반 추적 시스템의 프로토타입이 개발되었으며 사용자가 식품 제품 이력을 추적하고 추적할 수 있는 간단하고 편리한 방법을 제공한다. 추적성 시스템은 Node.js를 웹 서버로 사용하고 Express.js 및 Bootstrap을 데이터 시각화로 사용하고 RFID 및 센서 데이터는 MongoDB에서 수집했다. 제안된 시스템은 웹 브라우저를 통해 PC, 노트북 또는 스마트 폰에서 실시간으로 사용자 액세스를 허용한다. 그림 63은 생산자에서 고객에게 전달된 단일 제품에 대한 쿼리 결과의 스크린 샷이다. 집계 및 필터링 모듈은 중복 EPC 데이터를 결합하고 제거하는 데 사용된다. 시스템 인터페이스는 EPC, 제품 이름, 기록 날짜 및 시간, 위치 및 비즈니스 단계와 같은 필터링 된 제품 정보를 제공한다. 비즈니스 단계를 정의하기 위해 캡처 응용 프로그램은 태그 방향 모듈을 사용하여 제품 상태가 '수신'인지 '배송'인지 식별한다. 다음 하위 장에서는 세부 정보의 방향을 감지하기 위한 머신 러닝 모델의 성능에 대해 설명한다. 또한 온도 및 습도와 같은 IoT 센서에서 수집된 환경 조건은 MongoDB에 저장되고 사용자가 제품의 상태를 더 잘 이해할 수 있도록 그래프로 표시된다. 제품 이력을 자세하게 제시하면 사용자가 편리한 방식으로 제품의 이력과 품질을 모니터링 할 수 있다.

또한 RFID 판독기의 성능은 성공률 및 신호 품질과 같은 다양한 평가 지표를 기반으로 평가되었다. 수집 과정에서 독자가 성공적으로 읽은 총 태그 수의 백분율로 성공률을 정의했다. 또한 신호 품질은 수집 프로세스 중 RFID 태그의 신호 강도 백분율로 정의된다. 실험은 전형적인 실내 시나리오로서 실험실 환경에서 수행되었다. 그림 64a는 태그와 리더 사이의 거리가 다른 스마트폰 기반 핸드 헬드 리더의 성능을 보여준다. 랩 테스트 동안 태그는 핸드 헬드 판독기의 LOS (line of sight) 내에 위치하여 판독기를 직접 향했다. 결과는 거리가 멀어 질수록 성공률이 상당히 떨어 졌다는 것을 보여주었다. 브랜드 태그 사이의 거리가 멀어 질수록 태그의 신호 강도가 줄어 든다. 또한 거리가 증가함에 따라 더 많은 수의 태그가 더 낮은 성공률을 생성할 수 있음을 관찰했다. 핸드 헬드 리더에는 읽기 범위가 제한적이다. 그러나 모든 시나리오에서 핸드 헬드 리더는 30cm 이내에 RFID 태그를 성공적으로 읽는다. 따라서 운송 중에 staff는 모든 태그 제품을 EPCIS에 성공적으로 저장할 수 있도록 30cm 이내에 태그를 읽어야 한다.

또한 태그의 각도가 변하면 수신 강도가 크게 달라질 것으로 예상할 수 있다. 실험하는 동안 태그가 지정된 상자는 고정 판독기의 LOS (line of sight) 내에 위치한다 (예 : 1m 또는 2m). 신호 품질과 태그 방향 각도의 관계를 연구하기 위해 빈 상자에 태그를 부착할 때 몇 가지 시나리오를 고려했다. 시나리오 I에서, 태그는 상자의 앞면에 부착되어 독자에게 직접 가시선이 생긴다. 시나리오 II 및 III에서 태그는 상자의 왼쪽과 오른쪽에 각각 부착된다. 마지막으로, 시나리오 IV에서 태그는 상자의 뒷면에 부착되어 있으며 독자에게는 직접적인

시선이 없다. 그림 64b는 태그가 안테나를 직접 향하는 시나리오 (시나리오 I)가 가장 높은 신호 품질을 생성함으로써 최상의 성능을 보인 것을 보여준다. 우리의 결과는 실험에서 빈 상자를 사용했을 때 태그 방향이 신호 품질에 실제로 영향을 미치지 않는다는 것을 보여주었다. 그러나 이전의 연구에 따르면 쌀이나 생수와 같은 제품을 추가하면 태그 방향이 큰 영향을 미친다 (Clarke, Twede, Tazelaar, & Boyer, 2006). 또한, 예상한 바와 같이, 태그와 리더 사이의 거리를 증가시키면 태그의 신호 강도가 감소한다. 실제 테스트 베드에서 생산자 및 유통 업체의 냉장 시설의 출입구에 리더기를 설치했다. 입구 게이트를 통과할 때 리더와 제품 사이의 거리가 약 2m인지 확인하여 리더가 모든 태그를 성공적으로 읽었다.

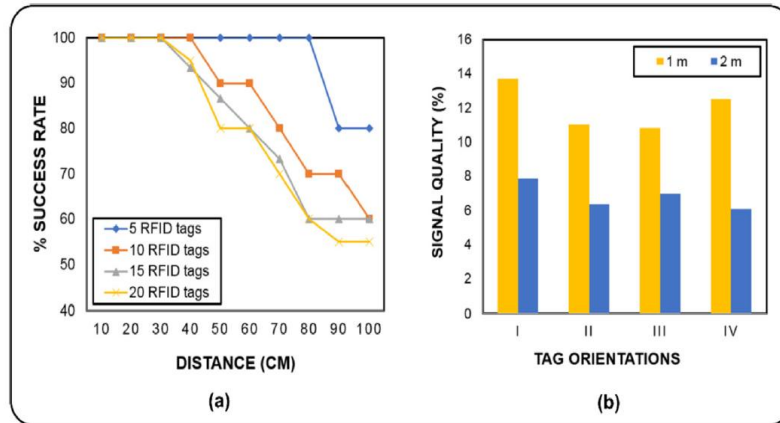


그림 64. 성능 평가: (a) 휴대용 판독기의 성공률 및 (b) 태그 방향이 RFID 게이트의 신호 품질에 미치는 영향

b) 태그 방향에 대한 기계 학습 모델의 성능

태그된 제품의 다중 이동 유형과 방향을 구별하기 위해 기계 학습 모델이 적용된다. 표 22에는 이에 대한 자세한 내용이 포함되어 있다. 분류 모델은 Python V3.6.6, XGBoost V0.81 및 Scikit-learn V0.19.1 (Pedregosa et al., 2011)에서 구현되었다. 머신 러닝 모델의 구현을 단순화하기 위해 Scikit-learn에서 제공하는 기본 매개 변수를 사용했다. 모든 분류 모델에 대해 10 배 교차 검증을 사용했다. 표 23는 분류 모델 성능 지표표를 보여준다. 진 양성 (TP)과 진 음성 (TN)은 올바른 분류의 사례를 나타내는 반면, 오 탐지 (FP)와 거짓 음성 (FN)은 잘못 분류된 사례를 나타낸다 (Sokolova & Lapalme, 2009).

XGBoost를 기반으로 제안된 모델은 다른 분류 모델과 비교하여 태그의 이동 및 방향을 감지한다. 표 24는 정확도, 정밀도, 리콜 및 f- 점수의 백분율로 다양한 모델 성능을 비교한다. 다층 퍼셉트론 (MLP), 로지스틱 회귀 (LR), k- 최근 점 이웃 (KNN), 의사 결정 트리 (DT), Naïve Bayes (NB), 랜덤 포레스트 (RF) 및 adaboost와 같은 머신 러닝 모델은 다음과 비교된다. 태그의 움직임과 방향을 구별하기 위해 제안된 모델. 이 시나리오에서는 기능 유형 RSS 및 SinceStart가 모두 사용된다. 결과는 제안된 모델이 정확도, 정밀도, 리콜 및 fscore에서 각각 93.59 %, 93.25 %, 92.95 % 및 92.78 %만큼 다른 모델보다 우수한 것으로 나타났다.

실험 결과는 XGBoost 모델이 태그의 움직임과 방향을 정확하게 감지할 수 있음을 나타낸다. 게이트를 통해 이동하는 태그가 게이트를 통해 이동하는 것으로 잘못 분류된 경우 경영진은 관련 제품이 다른 공급망 파트너에게 배송 된 것으로 가정한다. 반대로, 게이트 밖으로 나가는 태그가 게이트에서 움직이는 것으로 잘못 분류되면 경영진은 관련 제품이 냉장에 저장된 것으로 가정한다. 따라서 XGBoost 모델을 사용하면 재고 관리 정확도가 크게 향상된다.

RFID 게이트 시스템에서 태그의 방향을 식별하는 것은 비즈니스 단계를 결정하는 데 매우 중요하므로 제품의 상태가 냉장 보관소에서 "수신 중"인지 "배송"인지 확인할 수 있다. 훈련된 XGBoost 모델은 캡처 응용 프로그램과 통합되고 호스트 컴퓨터에 설치되어 서버 측의 EPCIS로 전달하기 전에 리더로부터 태그 정보를 수

신한다. 업데이트된 캡처 응용 프로그램은 태그가 게이트 근처로 이동한 경우, 역 회전 이동 및 정적 태그와 같은 오 탐지 값을 필터링하여 해당 태그가 EPCIS에 저장되지 않도록 한다. 제품이 게이트를 통해 이동될 때 애플리케이션을 캡처하여 RSS를 수집했다. 제품이 게이트를 완전히 통과하면 RFID 판독 데이터가 RSS 및 SinceStart 기능으로 변환되고 훈련된 XGBoost 모델이 트리거되어 제품이 제품을 통해 들어왔는지 (수신 중) 또는 배송되는지 (배송) 여부를 감지한다. 마지막으로, 예측 결과 및 제품 (EPC)의 상세 정보가 EPCIS로 전송된다.

표 22. 멀티 클래스 분류에 대한 조치. tp_i , fp_i , fn_i , tn_i 는 C_i 에 대한 참-양성, 거짓-양성, 거짓-음성, 참-음성을 말한다. M은 매크로 평균을 나타낸다.

Metric	Formula
<i>Average accuracy</i>	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i + tn_i}{tp_i + fn_i + fp_i + tn_i}}{l}$
<i>Precision_M</i>	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fp_i}}{l}$
<i>Recall_M</i>	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fn_i}}{l}$
<i>Fscore_M</i>	$\frac{(\beta^2 + 1)Precision_M Recall_M}{\beta^2 Precision_M + Recall_M}$

c) 상용화

이 섹션에서는 실제 부패하기 쉬운 식품 공급망에서 추적 시스템의 구현에 대해 설명한다. 제안된 모델은 한국의 김치 공급망에서 테스트되었으며 경영진과 소비자 모두에게 중요한 혜택을 제공했다. 김치는 비타민 C, 식이 섬유 및 미네랄이 풍부한 한국의 발효 식품이다. 대부분의 한국인은 매일 반찬으로 김치를 먹으며 전 세계적으로 그 사용이 증가하고 있다 (Kim, Bang, Beuchat, Kim, & Ryu, 2012). Lee, Lee 및 Lee (2012)의 연구에 따르면 품질이 일치하지 않을 수 있으므로 제조 공정을 표준화해야 한다. 따라서 제조 공정을 개선하면 소비자가 기대하는 김치의 안전성과 품질을 보장할 수 있다. 김치 공급망에서 이전 연구는 온도와 습도가 환경에 민감한 농산물 제품을 위한 효율적이고 경제적 인 플랫폼을 제공하기 위한 모니터링 시스템에 중요한 매개 변수임을 보여준다 (Alfinan et al., 2017b). 또한, RFID 기반 추적 시스템은 김치 제품을 추적 및 추적하기 위해 구현되었으며, 스마트폰 기반 센서는 보관 중 온도 및 습도를 수집하는 데 사용된다 (Alfinan et al., 2017a). 두 연구 결과에 따르면 제안된 시스템은 전체 공급망에서 제품 이력과 최신 정보를 모니터링 할 수 있으므로 고객 만족도가 높아질 것으로 나타났다.

RFID 및 IoT 기반 센서를 기반으로 한 추적 시스템의 개선된 버전은 김치 공급망에서 테스트되었다. 김치는 특수 상자 안에 넣고 수동 RFID 태그를 상자 측면에 부착했다. 테스트 베드 동안 태그 리더 된 제품의 움직임을 모니터링하고 기록할 수 있도록 고정 판독기 (RFID 게이트)를 생산자 및 유통 업체의 냉장 시설의 게이트에 설치했다. 태그가 지정된 제품은 게이트를 통해 들어오거나 나갔다. 제안된 XGBoost 모델은 또한 정적 태그, 턴백 이동 및 게이트 근처의 태그 이동과 같은 오 탐지 값을 필터링하여 이러한 태그 판독 값이 EPCIS 데이터베이스에 저장되지 않도록 할 수 있었다. 유통성을 위해, 운송업자는 핸드 헬드 판독기를 사용하여 RFID 데이터를 기록하였다. 또한 IoT 기반 센서는 모니터링 시스템을 위한 안정적인 솔루션을 제공했으며 생

산자, 운송 업체 및 유통 업체의 냉장 보관에 문제없이 설치되었다. 이 시나리오를 따르면 태그가 지정된 제품의 위치와 온도 및 습도와 같은 환경 조건을 수집할 수 있다. 그림 65a는 지게차 이동 태그가 달린 김치 제품이 선적 프로세스를 위해 생산자의 냉장 시설의 게이트를 통해 이동하는 것을 보여준다. 더욱이, 그림 65b는 추가 판독을 위해 트럭에 적재되기 전에 김치 제품으로부터 RFID 데이터를 기록하기 위해 핸드 헬드 판독기를 이용하는 staff (운송기)를 도시한다. 마지막으로 IoT 기반 센서 (그림 65c 참조)가 공급망 파트너에 속한 모든 냉장 시설에 설치되어 5 초마다 환경 조건을 수집하고 Wi-Fi 링크를 통해 서버쪽으로 보낸다.

김치 공급망에서 추적 시스템의 초기 파일럿 프로젝트를 수행하는 동안 몇 가지 장점이 있었다. 첫째, 부패하기 쉬운 식품의 위치 이력, 온도 및 습도와 같은 제품 세부 정보가 공급망 전체에서 정밀하게 모니터링 되고 웹 기반 추적 시스템으로 제공되므로 쉽게 액세스하고 고객 신뢰 및 자신감을 유지할 수 있다. 둘째, 제안된 XGBoost 모델을 RFID 게이트에 통합하면 태그 제품의 방향을 성공적으로 감지하여 제품의 선적 또는 보관 여부에 대한 정확한 정보를 관리할 수 있다.

표 23. 성과 평가 결과

Method	Performance Evaluation (%)			
	accuracy	precision	recall	f-score
MLP	63.59 ± 6.28	62.03 ± 10.51	59.13 ± 6.97	55.73 ± 8.34
LR	80.10 ± 3.08	80.08 ± 4.39	78.01 ± 3.41	77.45 ± 4.02
KNN	66.70 ± 3.34	64.35 ± 3.52	62.35 ± 3.37	62.32 ± 2.96
DT	66.99 ± 4.47	61.89 ± 11.89	63.57 ± 5.39	58.58 ± 7.43
NB	73.30 ± 3.72	75.22 ± 5.66	70.38 ± 4.26	70.51 ± 4.20
RF	92.72 ± 3.05	92.64 ± 2.76	92.04 ± 3.13	91.96 ± 3.15
AdaBoost	92.43 ± 3.63	92.13 ± 3.65	91.80 ± 3.64	91.64 ± 3.75
Proposed XGBoost	93.59 ± 3.25	93.25 ± 3.24	92.95 ± 3.49	92.78 ± 3.57

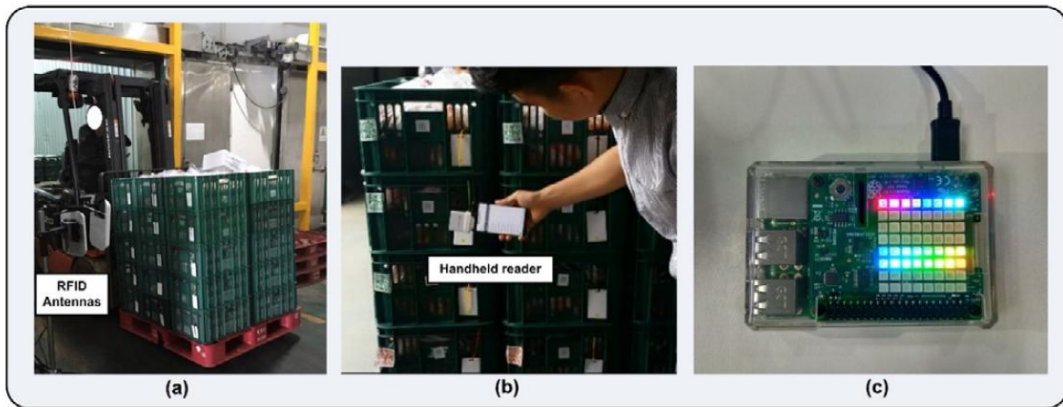


그림 65. 김치 산업의 추적가능성 시스템의 구현: (a) RFID 게이트, (b) 핸드헬드 리더, (c) 저온 저장소에 설치된 IoT 기반 센서

4) 결론

우리는 부패하기 쉬운 식품 공급망의 추적 시스템에 활용될 RFID와 IoT 센서의 통합을 시연했다. 제안된 추적 시스템은 김치 공급망에서 시험을 수행하였다. RFID 및 IoT 센서를 기반으로 제안된 추적 시스템은 부패하기 쉬운 식품 공급망을 위한 통합 플랫폼을 제공하여 제품 이동을 추적할 수 있을 뿐 아니라 식품의 온도와 습도를 모니터링하여 부패하기 쉬운 식품의 안전성과 품질을 향상시킨다. 통합 기계 학습 모델의 도움으로 RFID 게이트는 제품이 게이트를 통해 배송되는지 또는 배송되는지에 관계없이 태그 제품의 방향을 정확

하게 식별한다. 또한 RFID 리더의 성능과 태그 방향의 영향이 평가되었다. 결과는 사용된 RFID 리더가 고성능 추적 시스템에서의 활용에 적합했으며 태그 방향이 다르더라도 태그 제품을 성공적으로 읽을 수 있음을 보여준다.

또한 RFID 학습에서 기계 학습 모델을 활용하여 태그가 이동한 방향을 식별하는 방법을 시연했다. 제안된 XGBoost 모델은 RSS 및 SinceStart (타임 스탬프)를 기반으로 태그의 이동 및 방향을 감지하는 데 사용되었다. 게이트를 통한 이동, 게이트에 가까운 이동, 역 회전 및 정적 태그와 같은 다른 태그 이동 및 방향이 고려되었다. 조사결과 제안된 XGBoost는 정확도, 정밀도, 회수율, f-score 등의 측면에서 각각 93.59%, 93.25%, 92.95%, 92.78%의 MLP, LR, KNN, DT, NB, RF, Adaboost 등 다른 모델에 비해 우수한 것으로 나타났다. 훈련된 XGBoost 모델은 RFID 게이트에 통합되어 게이트를 통해 제품이 들어오고 있는지 (수신 중) 또는 나가고 (배송) 있는지를 감지하고 이를 EPCIS에 저장될 제품 정보와 결합할 수 있다. 또한, RFID 게이트는 정적 태그, 턴백 이동 및 게이트 근처의 태그 이동과 같은 오 탐지 판독 값을 필터링하여 이러한 태그 판독 값이 EPCIS 데이터베이스에 저장되지 않도록 할 수 있다.

[2-2세부]

■ 3 단계

[최종목표 달성 및 요약]

	최종 목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 산화환원 염료 기반 RFID 센서 태그 제품 설계 및 공정 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 산화환원 염료 기반 자가발전형 필름형 온도/산소 센서 및 제조 공정 설계 센서와 융합된 RFID 라벨/PCB 태그 제품 및 제조 공정 설계 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 은 촉매 기반 RFID 센서 태그 제품 설계 및 공정 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 은 촉매 기반 자가발전형 필름형 온도/산소 센서 및 제조 공정 설계 센서와 융합된 NFC RFID 태그 제품 및 제조 공정 설계 	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 시범사업을 위한 RFID 센서 태그 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 온도/산소 센서 시제품 성능 평가 	
		<ul style="list-style-type: none"> 농축산 식품 환경 정보 이력을 위한 NFC 온도/습도/산소 센서 태그 시제품 및 앱 제작 	
		<ul style="list-style-type: none"> 커패시터를 이용한 NFC 온도 센서 태그 시제품 및 앱 제작 	

- 산화환원 염료 기반 RFID 센서 태그 제품 설계 및 공정 설계:** 본 연구에서는 전지형 센서의 산소 환원 촉매 및 산소 지시약으로 산화환원 염료인 메틸렌 블루(MB)를 응용하였다. 메틸렌 블루는 금속 전극(알루미늄, 아연 등)으로부터 전자를 받아 환원되고 다시 이 전자를 산소에 전달해줌으로써 스스로 산화된다. 또한 메틸렌 블루의 산화형은 파란색을 띠고 환원형은 무색을 띤다. 즉, 산소 농도에 따라 전압 및 색이 변화하게 된다. 환원 전극위에 위치한 필름의 산소 투과도는 온도에 의존하게 되는데 온도가 높을수록 산소 투과도가 증가한다. 산소 투과도가 증가하면 높은 농도의 산소가 환원 전극에 공급되어 산화형 산화환원 염료의 농도가 증가하게 된다. 산화형 염료의 농도 증가는 전압을 상승시키고 발색을 일으키게 된다. 즉, 온도에 따라 전압 및 색이 변하게 된다. 결국 산소 농도 및 온도 측정이 모두 가능한 자가발전형 비색 센서를 설계 및 개발하였다. 또한 본 연구에서는 RFID 센서 라벨 태그(UHF, HF) 및 PCB (UHF) 태그 제품 생산을 위한 제품 및 공정을 설계하였다. 우선적으로 센서와 RFID 태그 결합을 위한 인터페이스 회로, 수동형 UHF, HF Band RFID에 센서를 연결하기 위한 플랫폼, 적용환경(각종 포장용기, 대상 포장)에 따른 수동형 RFID 센서 패키징을 위한 최적화를 수행하였다. 지능형 RFID 센서 라벨 태그 제품은 RFID 칩, Microcontroller Unit, Sensor 등으로 설계하였고, 지능형 RFID 센서 PCB 태그 제품은 부품선정, Schematic 설계, Layout, PCB area 감소를 바탕으로 설계하였다. 지능형 RFID 센서 라벨 시제품 제조 공정은 먼저 cutting 장비를 이용하여 재단하고, 안테나를 설계한 후 인쇄하고 에칭을 한 후, 칩 본딩을 하였다. 진공 hot press를 이용하여 진공을 하고 사출 조립을 하고 장비를 이용하여 레이저 마킹을 한 후 writing을 하여 제작하였다. 지능형 RFID 센서 PCB 제품 제조 공정은 NC 드릴기를 이용하여 제품을 Spec에 맞게 홀이공하고, Drill 완료 후 상하의 동박 사이에 도통이 되지 않으므로 동도금(PTH/PIN)을 하였다. Etching 완료된 제품에 Press에서 가공된 Coverlay를 Base에 위치를 찾아 가접하고. 가접된 제품을 Lay-Up하여 고온, 고압으로 Pi Film을 압착시키는 Position & Hot Press공정을 하였다. FPCB가 전

선의 역할을 하는 회로를 구성하기 때문에 Pattern이 끊어지거나 다른 Pattern과 붙어있는 Open/Shot를 Check하는 BBT작업을 하고, 생산된 FPCB회로 단자부에 Connector를 얹어 납땜 작업을 하는 SMT(D)작업 완료 후 제품 제작을 하였고, 최종적으로 제품 검사를 실시하였다.

- **은 촉매 기반 RFID 센서 태그 제품 설계 및 공정 설계:** 본 연구에서는 환원 전극으로 은 증착 고분자 필름을 사용하여 자가 발전형 센서의 성능을 향상시키고자 하였다. 은(Ag)은 대표적인 산소 환원 촉매인 백금(Pt)보다 훨씬 저렴하며 상용화된 은 증착 고분자 필름이 있어 자가 발전형 센서 필름 생산에 매우 유리하다. 자가 발전형 센서 필름의 원리는 다음과 같다. 산화 전극인 알루미늄(Al)에서 나온 전자(e^-)를 고분자 필름(PET 혹은 OPP)에 코팅된 Ag가 공기 중의 산소(O_2)에 전달해준다. 이때 필름을 투과하는 산소량이 많을수록 Ag가 산소를 더 많이 환원시키고 이에 따라 자가 발전형 센서의 전압이 상승한다. 산소의 필름 투과 속도는 온도에 비례하여 증가하므로 온도가 높아지면 전압도 따라 증가한다. 따라서 산소 농도 및 온도 측정이 모두 가능하다. 또한, 본 연구에서는 센서와 융합된 NFC RFID 태그 제품 및 공정을 설계하였다. 우선적으로 NFC RFID 태그 하드웨어는 근거리 안테나, RF front-end, Power Management, 복조기, 변조기, MCU (MicroControl Unit) 등으로 구성하여 설계 제작하였다. 제작한 제품의 NFC RFID 태그의 인식거리, 하베스팅, 전력 소비 성능을 검사하였다.
- **시범사업을 위한 RFID 센서 태그 시스템 설계:** 1, 2차년도 연구를 통해 외부 전원 장치 없이 스스로 구동할 수 있는 자가발전형 센서를 개발하여 소형화하고 필름 형태로 설계 및 제작하는데 성공하였다. 3차년도 연구에서는 개발된 온도/산소 센서의 성능을 측정하였다. Ag-OPP 온도/산소 센서는 환원전극으로 은 증착 필름을 사용하였고 산화전극으로는 아연 포일을 사용하였다. 그리고 접착성 겔 전해질을 사용하여 센서를 최종적으로 제작하였다. MB-OPP 센서는 환원전극으로 MB가 포함된 전도성 코팅액을 사용하였고, 나머지는 Ag-OPP 센서와 동일하게 제작하였다, 제작된 센서는 4~40℃ 온도 범위에서 온도 증가에 따라 출력 전압값이 증가하였고, 0~21% 산소 농도 범위에서는 산소 농도에 비례하여 전압이 증가하였다. 또한, 센서의 반복성도 뛰어나므로 오차 값이 적었다. 본 연구에서 개발된 온도/산소 센서는 뛰어난 성능과 간단한 제작 및 높은 경제성 등 많은 장점으로 인해 지능형 농식품 포장에 비롯한 다양한 산업 분야에 응용될 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서는 농축산 식품 환경 정보 이력을 위한 NFC RFID 산소/온도/습도 센서 태그 시제품 및 앱 제작, 커패시터를 이용한 NFC RFID 온도 센서 태그 시제품 및 앱 제작을 수행하였다. 먼저 환경 정보 이력을 위한 NFC RFID 산소/온도/습도 센서 태그 시제품 제작, 농축산 식품 환경 정보(산소 농도, 온도, 습도) 이력을 위한 이력시스템 구축, 농축산 식품 환경 정보(산소 농도, 온도, 습도) 이력을 위한 앱 제작을 하였다. 산소, 온도, 습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품의 크기는 80 mm × 40 mm 이며, 차세대 환경 정보 이력 시스템은 센서, NFC RFID 태그, 스마트 폰, PC 및 서버로 구성하였다. 농축산 식품 환경 정보(산소 농도, 온도, 습도) 이력을 위한 앱 제작은 프로그래밍 환경 Android Studio가 스마트 폰 앱의 코드 디자인에 사용되었으며, 사용된 프로그래밍 언어는 Java와 XML이고, Android NFC 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스 및 어드밴스드 NFC API가 NFC 방식의 라이브러리 액세스로 사용되었다. 앱의 목적은 NFC RFID 태그에 연결하여 NFC RFID 태그 데이터를 읽고 스마트 폰 화면에 표시하므로 관리자나 소비자는 환경 정보 이력을 쉽게 제공하여 주는 것이다. 본 제품은 산소 센서, 온도 센서 및 습도 센서를 이용하여 농축산 식품 포장의 산소 노출 혹은 산소 결핍 정도, 온도, 습도를 측정하고 저장(data logger)한 후에 스마트폰의 NFC 기능을 통해서 저장된 산소 농도, 온도, 습도 이력을 제공할 수 있다. NFC 스마트 RFID 태그를 사용하여 생산, 유통과 소비기간 중에 농축산 식품의 품질과 안전에 필수적인 환경 정보인 산소, 온도, 습도 이력을 생산자, 유통 업체 및 소비자에게 실시간으로 언제 어디서나 유비쿼터스하고 편리하게 개인용 스마

트 폰으로 알려 준다. 또한 경제적이며 간단한 새로운 온도 이력 방식인 Capacitor를 이용한 NFC 온도 센서 태그 시제품 및 앱을 제작하였다. 우선적으로 Capacitor를 이용한 NFC 온도 센서 태그 시제품 제작, 농축산 식품 유통 및 배송 과정의 간단한 온도 이력을 위한 이력시스템 구축, 농축산 식품의 간단한 온도 이력을 위한 앱 제작을 하였다. 본 제품은 자가 발전형 온도 센서를 이용하여 농축산 식품 포장의 온도 변화에 따라 커패시터의 전하량이 충전되어 충전된 전하량 값을 통해 간단히 온도 이력을 스마트 폰을 통해 확인할 수 있다.

[1차년: 산화환원 염료 기반 RFID 센서 태그 제품 설계 및 공정 설계]

1. 산화환원 염료 기반 RFID 센서 제품 설계 및 공정 설계

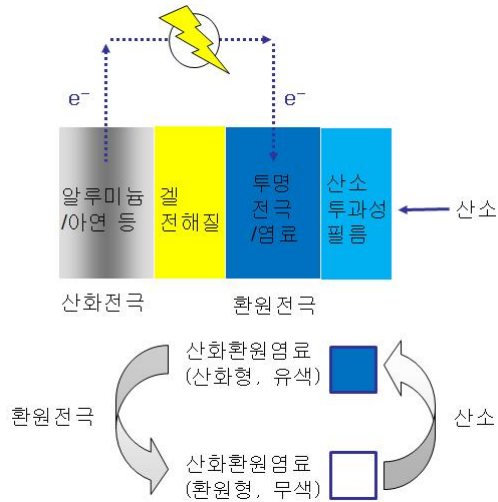


그림 1. 자가발전형 비색 센서의 원리

1) 제품 설계

a) 시약 및 재료

시약명	구입처	규격	가격	보관
Methylene blue hydrate	Sigma	100g (CAS 122965-43-9)	129,000	상온
Agarose	Sigma	100g (CAS 9012-36-6)	243,000	상온
Acetic acid	Sigma	500ml (CAS 64-19-7)	83,000	상온
Sodium acetate	Sigma	500g (CAS 129-09-3)	88,000	상온
ITO film (60 Ω /sq)	Sigma	1ft×1ft×5mil	33,000	상온
알루미늄 판(0.2mm)	도림금속	10cm×30cm	3,800	상온
3M 양면 테이프	현대인쇄	10cm×30cm	2,900	상온

b) 제품 구조 및 규격

ㄱ. 제품 구조

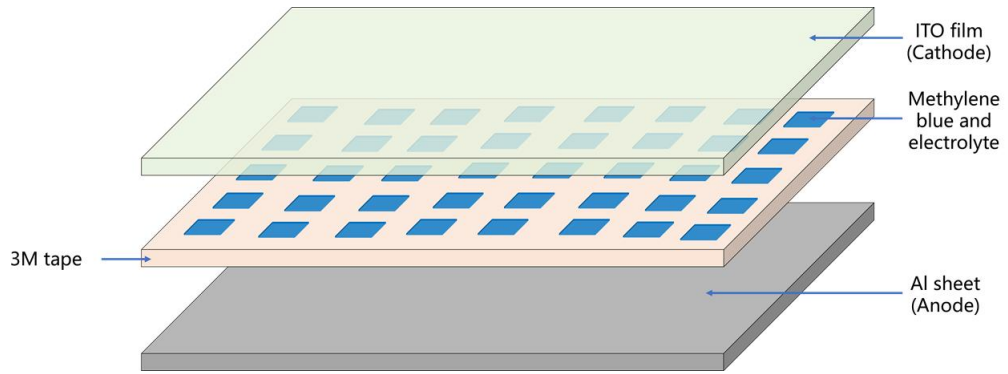


그림 2. 자가발전형 비색 센서 제품 구조 (총 40개)

ㄴ. 제품 규격

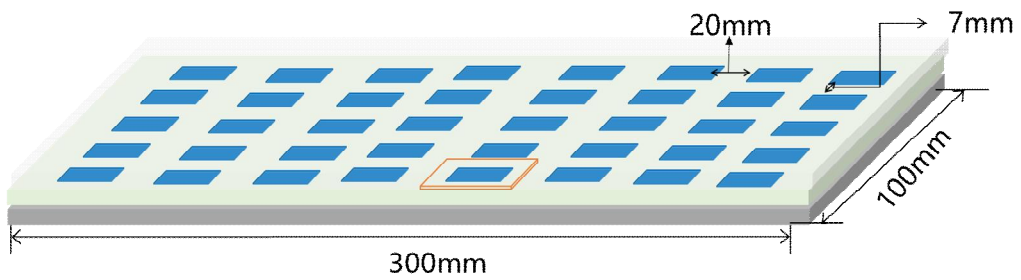


그림 3. 자가발전형 비색 센서 제품 규격

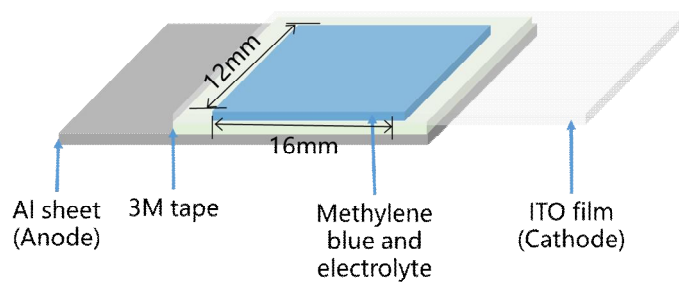


그림 4. 제조 후에 날개로 분리된 비색 센서의 구조 및 규격

㉔. 제품 구조

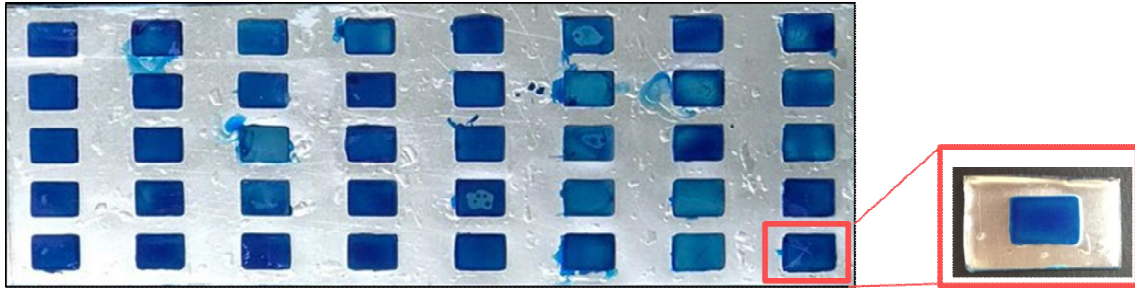
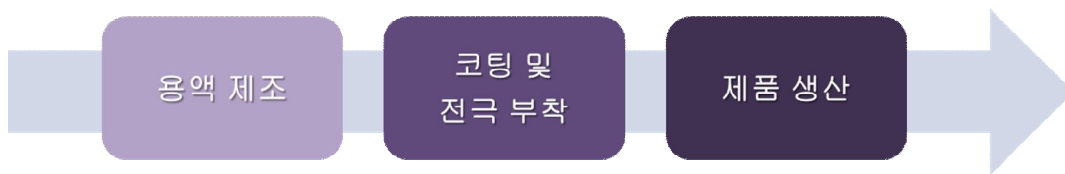


그림 5. 제조된 자가발전형 비색 센서 제품의 실제 사진

2) 제조 공정 설계



a) 용액 제조

ㄱ. Sodium acetate buffer 수용액(0.05 M, pH 4.5) 50 ml에 메틸렌 블루를 0.075g 넣어주고 agarose 농도가 2%가 되도록 만들어준다.

0.05M Sodium acetate buffer	메틸렌 블루	Agarose
50 ml	0.075 g	1.0 g

ㄴ. 제조한 용액 내 agarose가 충분히 녹을 수 있도록 80℃에서 약 20분 동안 400 rpm에서 교반한다.

b) 코팅 및 전극 부착

ㄱ. ITO 필름 (cathode) 위에 3M 양면 테이프를 부착한다.

ㄴ. 제조한 용액을 3M 양면 테이프가 부착된 ITO 필름 위에 바코팅 (bar coating)한다. (바코팅 속도: 10 mm/sec)

ㄷ. 코팅 후, 약 1분간 용액을 말린 후 그 위에 알루미늄 (anode) 판을 부착한다.

c) 제품 생산: 한번에 총 40개의 자가발전형 비색 센서 제품 생산이 가능하다.

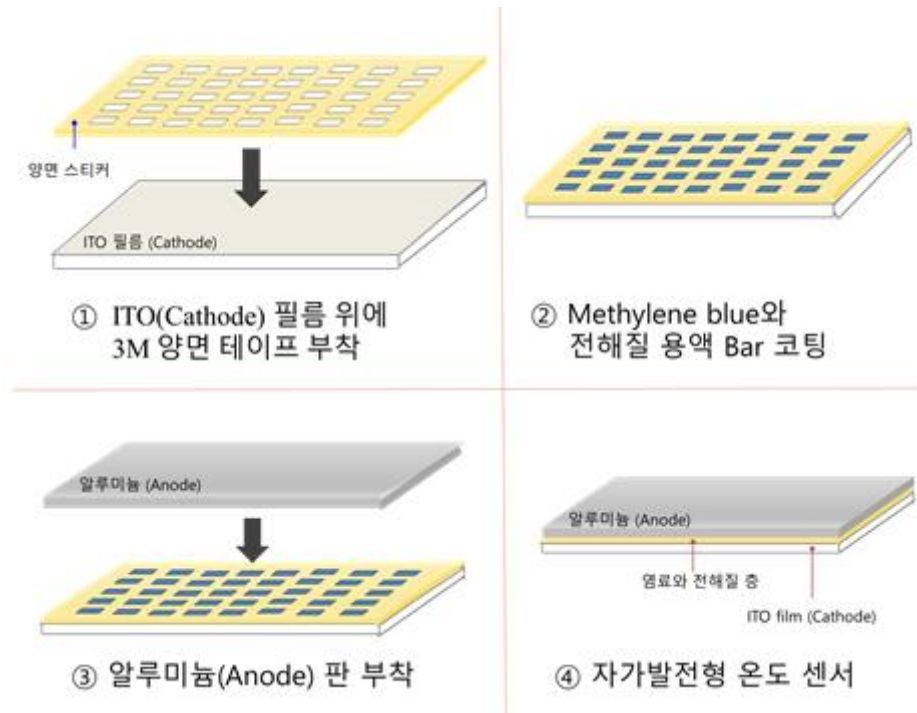


그림 6. 비색 센서 제품 제조 공정

2. 센서와 융합된 RFID 라벨/PCB 태그 제품 설계 및 공정 설계

1) 설계 지침

a) 센서 인터페이스의 최적화

ㄱ. Low Pass Filter 및 Storage Capacitor 최적 설계 : noise max 저감 및 energy max 축적을 위한 최적 설계

b) RFID 센서 Platform: 수동형 UHF, HF Band RFID에 센서를 연결하기 위한 플랫폼 최적화

ㄱ. RFID 플랫폼 경제성 최적 설계 :

경제성 최적 설계를 위한 Performance Index (J) 설정

$$J = f(C, D, M, S)$$

여기서 C는 원가비용, D는 Device, M은 재료, S는 크기이다.

ㄴ. 멀티 센서 연결을 위한 RFID 플랫폼 최적 설계 :

멀티 센서와 주변 장치들의 확장 연결을 위한 microcontroller의 모든 ports 노출 설계

ㄷ. 안테나 최적설계: 적용환경에 부착되어 사용되므로 부착되는 물체 특성 및 환경에 따른 최적 설계

- c) Packaging: 적용환경(각종 포장용기, 대상 포장)에 따른 수동형 RFID 센서 패키징 최적화
 - ㄱ. RFID Chip, 안테나와 같은 내용물의 가치 및 상태를 보호하기 위한 최적의 재료 선택,
 - ㄴ. Chip on Board 및 Inlay 최적설계,
 - ㄷ. 성능 개선을 위한 안테나 최적설계,
 - ㄹ. 취급 용이 및 내부 배치구조의 유연성을 위한 최적설계
 - ㅁ. 사용자 편의를 위한 RFID 센서 사이즈 (크기, 두께, 표시창 등) 최적설계

2) RFID 센서 라벨 태그 제품 설계

a) RFID 칩, Microcontroller Unit, 센서 등으로 설계한 지능형 RFID 센서 라벨 태그제품의 블록선도는 그림 7과 같다.

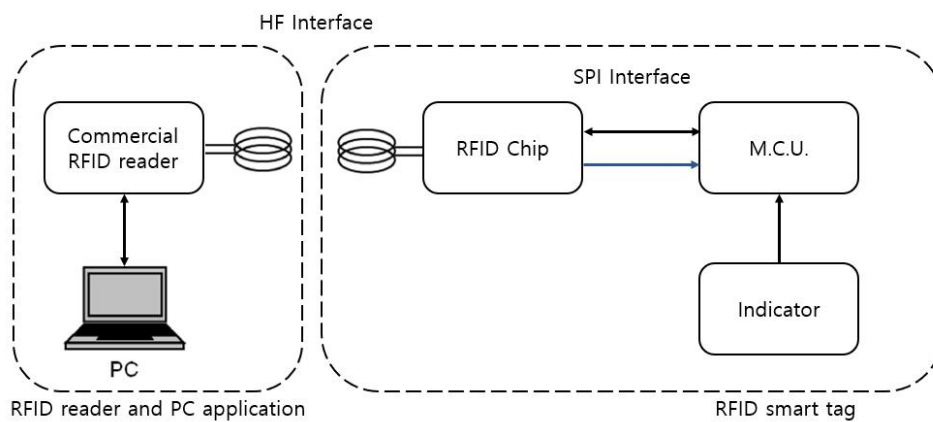


그림 7. 지능형 RFID 센서 라벨 태그제품의 블록선도

◦ HF 안테나 In Lay

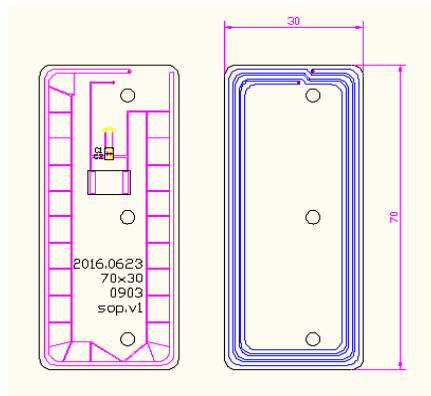


그림 8. HF 안테나 설계

b) HF 안테나의 Antenna Size : (Y)70mm x (X)30mm , 재질 : Cu 이다.

◦ UHF 안테나 In Lay

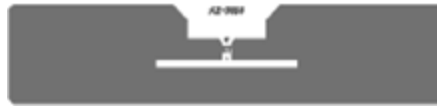
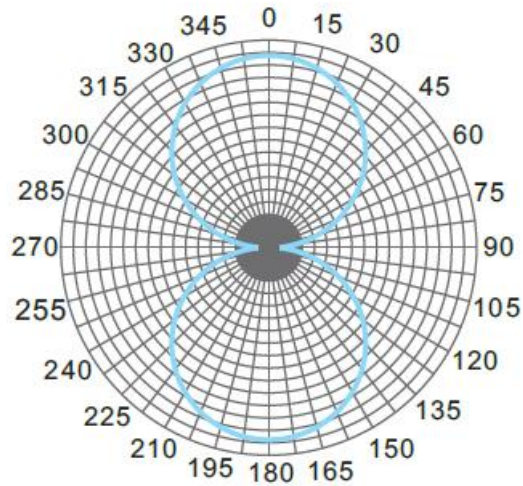
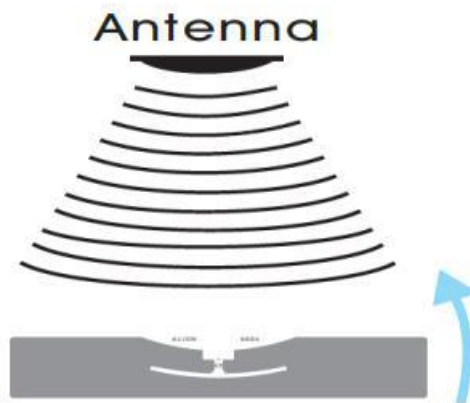


그림 9. UHF 안테나 In Lay

c) UHF 안테나의 In Lay는 그림 9이며, 설계한 안테나의 감도는 그림 10와 같다.



Angular Sensitivity
(Relative Read Range vs. Orientation)



Angular Sensitivity
Inlay is rotated in the x, y, plane about the z axis
(tag shown at 0° with respect to face of antenna)

그림 10. 안테나 감도

d) 지능형 RFID-센서 라벨 태그제품의 specifications

▶ 제작한 UHF 안테나의 스펙은 표 1과 같다.

표 1. 제작한 UHF 안테나의 스펙

RF air protocol	EPC Class 1 Gen2 / ISO 18000-6C
Operating frequency	UHF 860~960MHz(Kr, US)
IC type	Alien Higgs3 IC
Memory configuration	EPC 96bits, User memory 512bits
Functionality	Read / Write(user programmed), full duplex protocol
Memory read / write cycles	100,000cycles at 77°F(25°C)
Data retention	Up to 50 years
Read rate	400 tags per second for 96-EPC bit number
Operating Temperature	-4°F to +199.4°F(-20°C to +93°C)
Lead Range	5 ~ 6m
Antenna Size	(L)93mm x (W)19mm
Wet Label Size	94mm x 24mm
Antenna Material	Aluminum(9um)
Label Material	유포지
Antenna Carrier	PET(50um)
Adhesive	Solvent Free Acrylic Type

e) 지능형 RFID 센서 라벨태그 Lay Up 구성

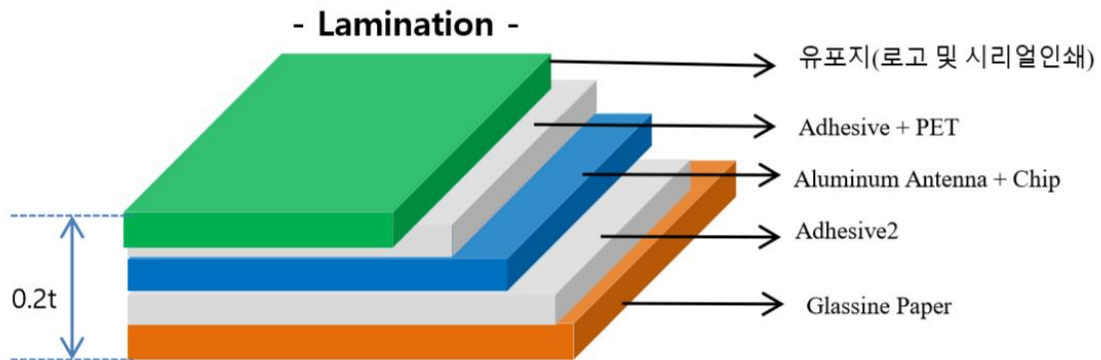


그림 11. 지능형 RFID 센서 라벨태그 Lay Up 구성

f) 제작한 시제품의 정량적인 규격

ㄱ. HF RFID Sensor Label Tag

주파수: 13.56MHz, Chip: H3, Bit: 180bytes, 재질: PC + AL + Double Tape

Size: 100 x 35 x 8

ㄴ. UHF RFID Sensor Label Tag

주파수: 917MHz - 924MHz, Chip: H3, Bit: 512bites, 재질: PC + AL + Double Tape,

Size: 100 x 35 x 8

3) RFID 센서 PCB 태그 제품 설계

a) PCB 설계: 부품선정, Schematic 설계, Layout 등 PCB area 감소를 위한
화 설계

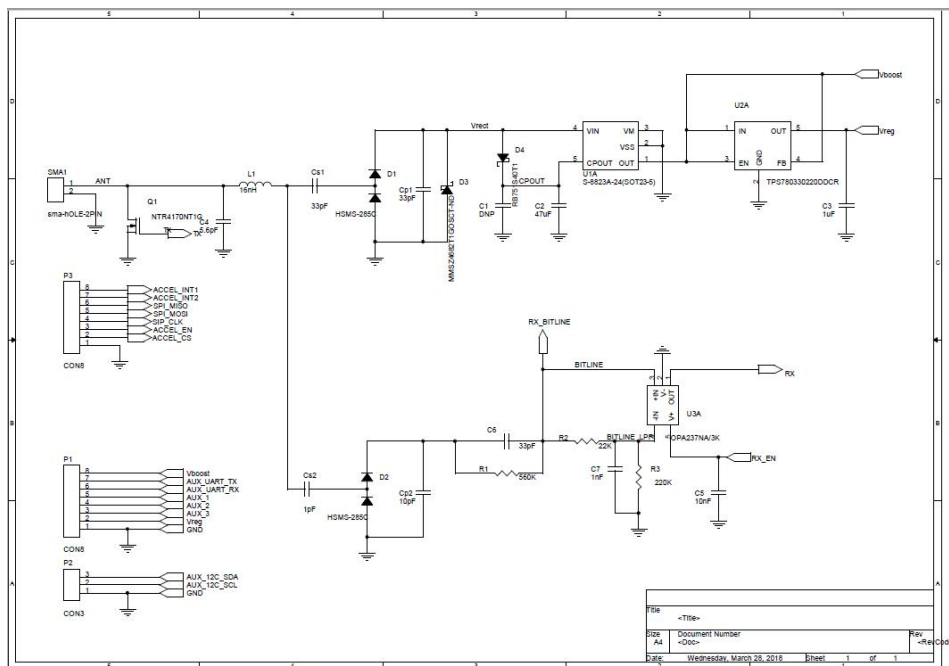
최적

ㄱ. 부품선정은 표 2와 같다.

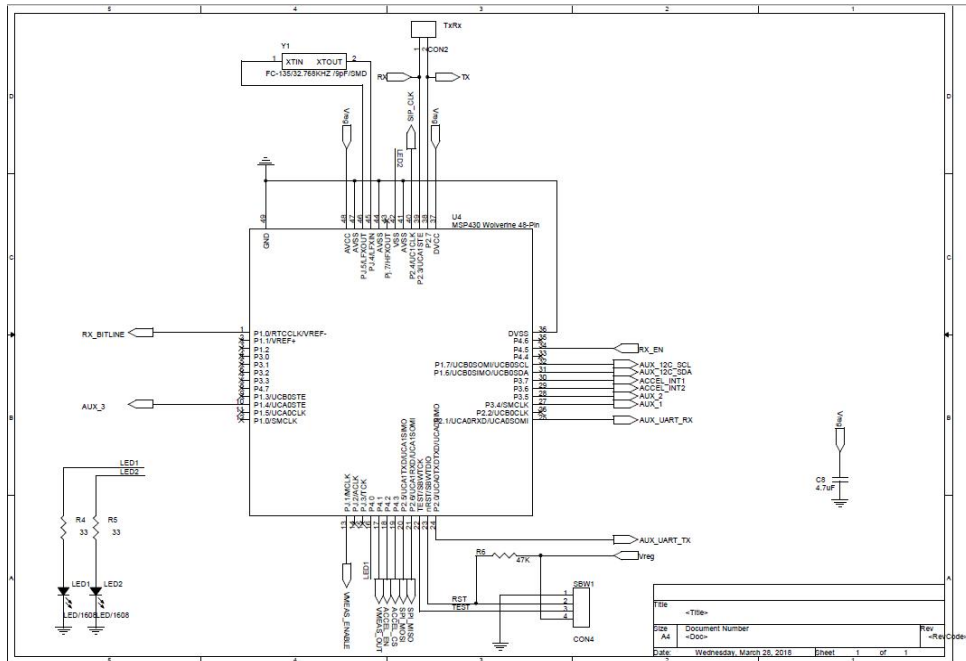
표 2. RFID 태그 부품 선정

전자부품	규격	가격	보관
Ceramic Capacitor	1uF, 4.7uF, 47uF, 1nF, 1pF, 10pF, 100000pF, 33pF	19원	상온
Schottky Diode	HSMS-285C	2360원	상온
Chip Register	33, 22K, 47K, 220K, 100K, 560K	3원	상온
Header Pin	8 Pin, 3Pin	280원	상온
SMA Connector	SMA-Hole-2Pin	250원	상온
Charge Pump IC	S-882Zxx	6000원	상온
MOSFET	n channel Dual-Gate	3000원	상온
Single Output LDO	TPS780330220DDCR	1541원	상온
Comparator	NCS2200	1311원	상온
16-bit FRAM MCU	MSP430FR596X	8330원	상온
Crystal Oscillator	32.76KHz	400원	상온
Inductor	19nH	30원	상온

ㄴ. 지능형 RFID 센서 PCB 태그제품 설계 회로도 및 아트웍은 그림 12, 13과 같다.



(a) analog front end circuit



(b) microcontroller unit circuit

그림 12. 지능형 RFID 센서의 PCB 태그제품 설계 회로도

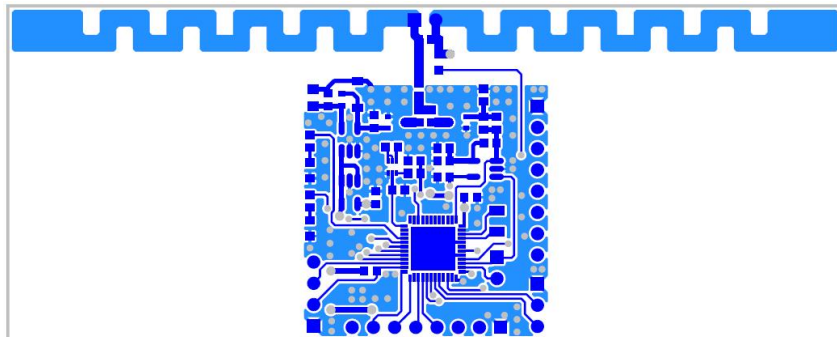


그림 13. 지능형 RFID 센서의 PCB 태그제품 아트웍

b) 제작한 시제품의 정량적인 규격

ㄱ. UHF RFID Sensor PCB Tag

주파수: 917MHz - 924MHz, PCB Artwork: SMD 포함(Chip bonding),
ABS Housing 재질: ABS + PC, 목업샘플

ㄴ. 제작한 지능형 RFID 센서의 PCB 태그제품 Specifications 은 표 30이며, 사진은 그림 14이다.

표 3. 제작한 지능형 RFID 센서 PCB 태그제품 Specifications

Item	Description
Type	Passive
Processor	MSP430 16bit RISC, 6MHz
Memory	8KB Program flash memory, 256B RAM
RF Frequency	860 ~ 960 MHz
RF Range	10 cm ~ 10 m
Data Rate	250kbps
Indicator	Oxygen
Communication Protocol	EPC Class 1, Generation 2
Power	1,8V

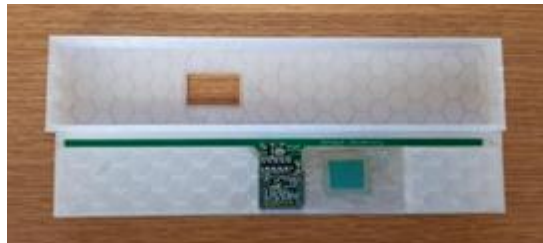


그림 14. 지능형 RFID 센서 PCB 태그 제품 사진

4) RFID 센서 라벨 태그 제조 공정 설계

a) RFID 센서 라벨 태그 시제품 공정도

지능형 RFID 센서의 라벨 시제품 공정도는 그림15와 같다

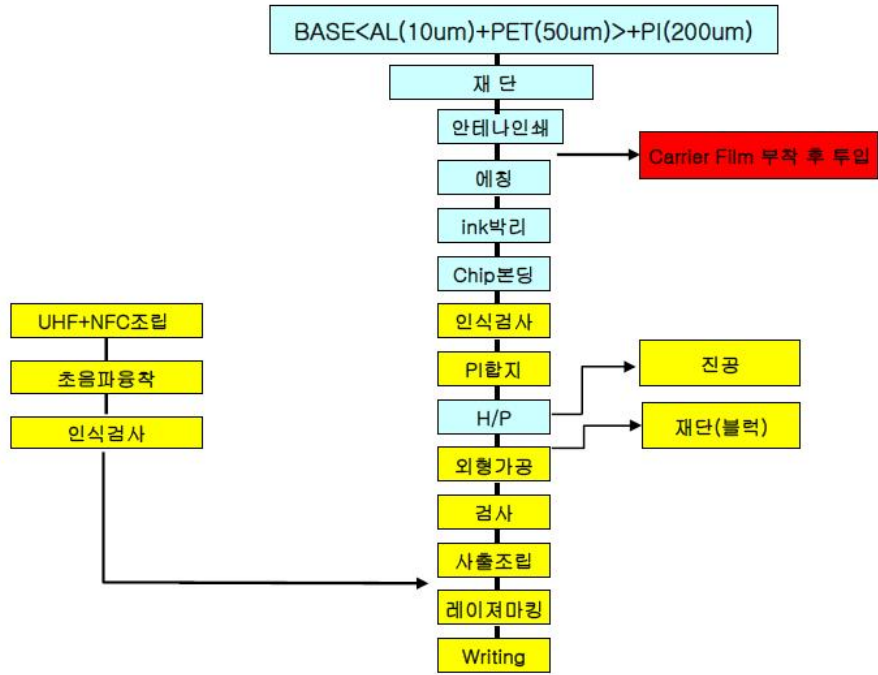


그림 15. 지능형 RFID 센서의 라벨 태그제품 제조 공정도

b) 제조 공정

제조 공정은 그림 16의 cutting 장비를 이용하여 재단하고, 앞에서 설계한 안테나를 인쇄하고 에칭을 한후 칩 본딩을 한다. 그림 17의 진공 hot press를 이용하여 진공을 하고 사출 조립을 하고 그림 18의 장비를 이용하여 레이저 마킹을 한 후 writing을 한다.

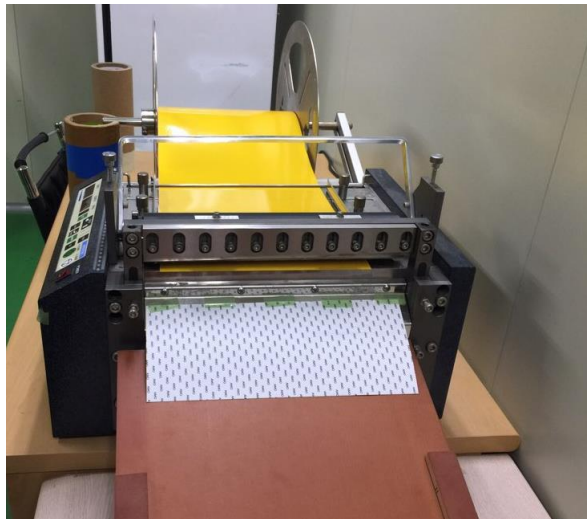


그림 16. 원자재 Cutting 장비



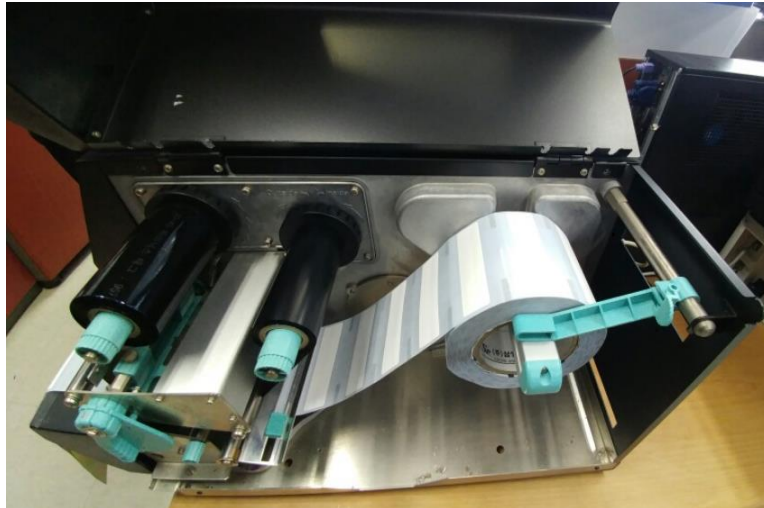
그림 17. 진공HOT PRESS



그림 18. Laser Marking 장비



(a) RFID UHF Label Tag Writing 장비



(b) RFID NFC Writing 장비

그림 19. RFID Writing 장비

5) RFID 센서 PCB 태그 제조 공정 설계

a) RFID 센서 PCB 태그 시제품 공정도

지능형 RFID 센서 PCB 시제품 제조 공정도는 그림 20와 같다.

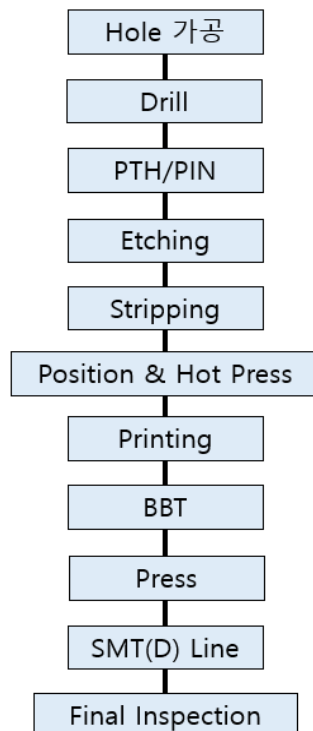


그림 20. 지능형 RFID 센서 PCB 제품 제조 공정도

b) 제조 공정

제조 공정은 그림 21의 NC 드릴기를 이용하여 제품을 Spec에 맞게 Hole 가공하고, Drill 완료 후 상하의 동박 사이에 도통이 되지 않으므로 동도금(PTH/PIN)을 한다.



그림 21. Drill 공정



그림 22. PTH/PIN(동도금) 공정

Etching 완료된 제품에 Press에서 가공된 Coverlay를 Base에 위치를 찾아 가접하고, 가접된 제품을 Lay-Up하여 고온, 고압으로 Pi Film을 압착시키는 Position & Hot Press공정을 한다.



그림 23. Position(가접) 공정



그림 24. Hot Press(적층) 공정

FPCB가 전선의 역할을 하는 회로를 구성하기 때문에 Pattern이 끊어지거나 다른 Pattern과 붙어있는 Open/Shot를 Check하는 BBT작업을 하고, 생산된 FPCB회로 단자부에 Connector를 얹어 납땜 작업을 하는 SMT(D)작업 완료후 완성품에 대하여 최종적으로 검사를 실시한다.



그림 25. BBT 공정



그림 26. SMT(D) Line 공정

[2차년: 은 촉매 기반 RFID 센서 태그 제품 설계 및 공정 설계]

1. 은 촉매 기반 RFID 센서 제품 설계 및 공정 설계

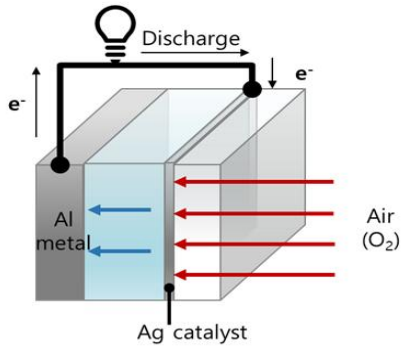


그림 27. 자가 발전형 센서의 원리

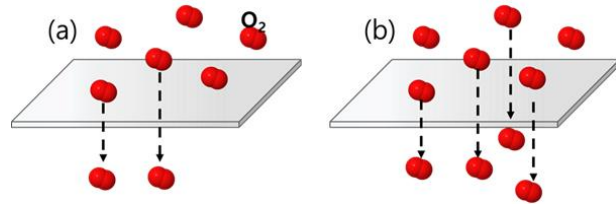


그림 28. (a) 낮은 온도에서 필름의 산소 투과도, (b) 높은 온도에서 필름의 산소 투과도

1) 제품 설계

a) 시약 및 재료

본 연구에서 사용된 agarose와 sodium chloride 시약은 모두 시그마알드리치사(미국)에서 구매하였다. 산화 전극으로 사용된 알루미늄 중에서 두께가 0.2 mm인 것은 도림 금속에서 구매하였고, 0.1 mm 알루미늄은 산미 산업에서 구매하였다. 환원 전극으로 쓰인 은 증착 PET 필름(TDK FlecClear®, 두께: 0.125 mm, 표면 저항: 8.4 Ω/sq)은 Mouser 사로부터 구입하였으며 은 증착 OPP 필름(두께: 0.025 mm, Ag 100 nm)은 국내 팬시스템 사의 제품이다. 양면 스티커인 3M 테이프는 현대 인쇄에서 주문 제작하였으며 접착성 겔 전해질(HIT-B3M, 두께: 0.65 mm, pH: 4.0~7.0)은 일본 Sekisui 사의 제품이다. 실험에 사용된 은 증착 PET 필름과 은 증착 OPP 필름의 온도에 따른 산소 투과도를 표 4과 5에 각각 나타내었다.

표 4. 온도에 따른 Ag PET 필름의 산소 투과도

시료명	시험 항목	단위	시험 결과		시험 방법
			TEST 1	TEST 2	
Ag PET 필름(10℃)	산소 투과도 (10±1)℃	cc/m ² ·day	0.01 이하	0.01 이하	ASTM D 3985
Ag PET 필름(20℃)	산소 투과도 (20±1)℃	cc/m ² ·day	0.01 이하	0.02	ASTM D 3985
Ag PET 필름(30℃)	산소 투과도 (30±1)℃	cc/m ² ·day	0.10	0.23	ASTM D 3985
Ag PET 필름(40℃)	산소 투과도 (40±1)℃	cc/m ² ·day	0.27	0.26	ASTM D 3985
Ag PET 필름(50℃)	산소 투과도 (50±1)℃	cc/m ² ·day	0.44	0.44	ASTM D 3985

표 5. 온도에 따른 Ag OPP 필름의 산소 투과도

시료명	시험 항목	단위	시험 결과		시험 방법
			TEST 1	TEST 2	
Ag OPP 필름(10℃)	산소 투과도 (10±1)℃	cc/m ² ·day	3.33	3.20	ASTM D 3985
Ag OPP 필름(20℃)	산소 투과도 (20±1)℃	cc/m ² ·day	4.11	4.24	ASTM D 3985
Ag OPP 필름(30℃)	산소 투과도 (30±1)℃	cc/m ² ·day	9.54	8.77	ASTM D 3985
Ag OPP 필름(40℃)	산소 투과도 (40±1)℃	cc/m ² ·day	12.47	12.22	ASTM D 3985
Ag OPP 필름(50℃)	산소 투과도 (50±1)℃	cc/m ² ·day	83.19	94.57	ASTM D 3985

b) 제품 구조 및 규격

ㄱ. 제품 구조

본 연구에서는 산소 환원 촉매로 Ag가 코팅된 필름을 사용하였고 고분자 필름으로는 PET 필름과 OPP 필름을 사용하였다. 첫 번째 자가 발전형 온도 센서는 Ag가 증착된 PET 필름을 환원 전극으로 사용했고 0.1 M NaCl과 2% (w/v) agarose로 구성된 물질부를 겔 전해질로 사용하였다. 물질부를 고정시키기 위해서 3M 양면 tape를 이용했고 마지막으로 산화 전극으로 AI 판을 사용하였다 [그림 29]. 두 번째 제품은 Ag가 코팅된 OPP 필름과 접착성 겔 전해질을 사용하였고 산화 전극으로는 AI 판을 사용하였다 [그림 30].

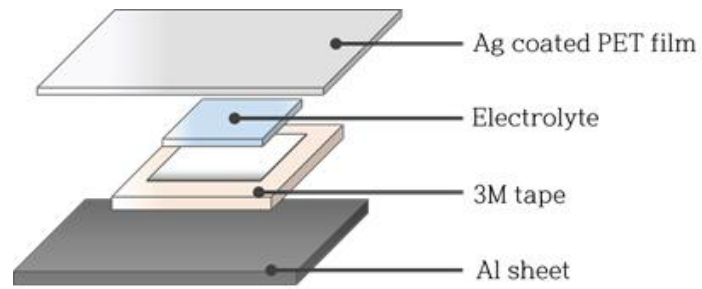


그림 29. Ag-PET 필름을 사용한 센서 구조 모식도

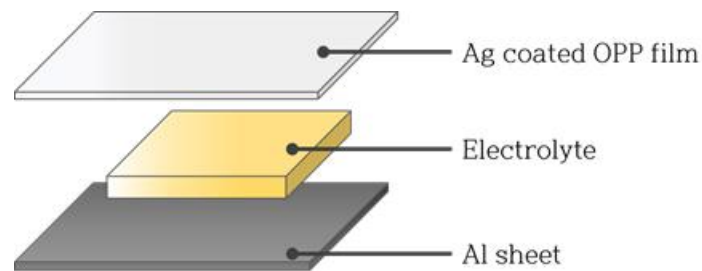


그림 30. Ag-OPP 필름을 사용한 센서 구조 모식도

ㄴ. 제품 규격

표 6. Ag-PET 필름을 사용한 센서의 제품 규격

	Ag film	3M tape	Al sheet
Length	2.5 cm	1.5 cm	2.5 cm
Width	1.5 cm	1.5 cm	1.5 cm
Thickness	0.13 mm	0.2 mm	0.2 mm
Total thickness	0.53 mm		

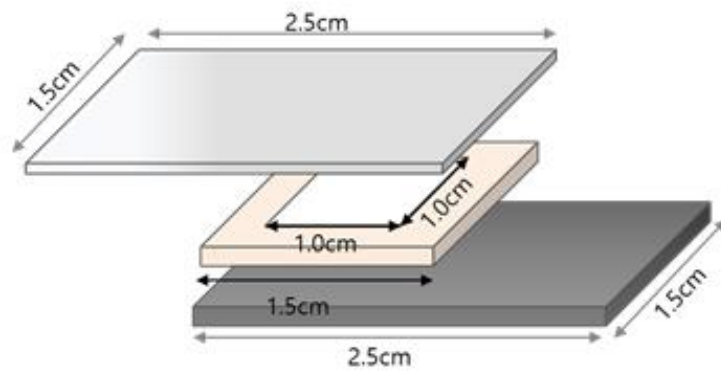


그림 31. Ag-PET 필름을 사용한 센서의 제품 규격 모식도

표 7. Ag-OPP 필름을 사용한 센서의 제품 규격

	Ag film	HIT-B3M	Al sheet
Length	2.5 cm	1.5 cm	2.5 cm
Width	1.5 cm	1.5 cm	1.5 cm
Thickness	0.02 mm	0.6 mm	0.1 mm
Total thickness	0.72 mm		

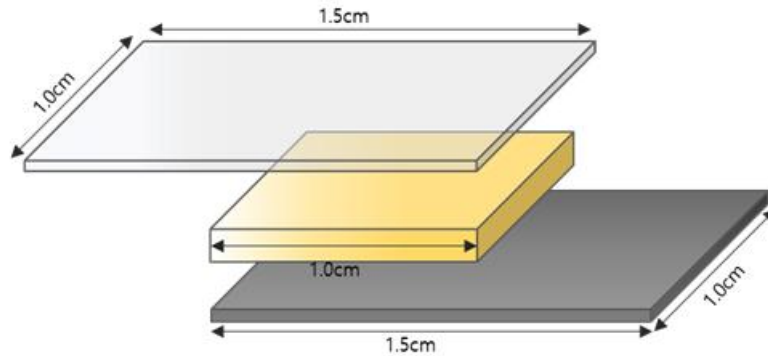


그림 32. Ag OPP 필름을 사용한 센서의 제품 규격 모식도

2) 제조 공정 설계

- Ag PET 필름이 사용된 센서 제조 공정

a) 전해질 용액 제조

ㄱ. Sodium chloride (NaCl) 수용액(0.1 M) 50 ml를 제조하고 여기에 agarose 농도가 2% (w/v)가 되도록 만들어준다.

ㄴ. 제조한 용액 내 agarose가 충분히 녹을 수 있도록 80℃에서 약 20분 동안 400 rpm에서 교반한다.

b) 코팅 및 전극 부착

ㄱ. Al 판(anode)에 3M tape를 부착한다.

ㄴ. 상기 제조한 전해질 용액을 3M tape가 부착된 Al 판 위에 바코팅한다 (바코팅 속도: 10 mm/sec).

ㄷ. 바코팅 후 전해질 겔이 충분히 굳으면 그 위에 Ag PET 필름을 부착한다.

ㄹ. 자가 발전형 온도 센서 1개의 크기에 맞게 커팅(cutting) 한다.

ㅁ. 자가 발전형 센서 제작

c) 제품 제작

한번에 30개 이상의 자가 발전형 센서를 제작할 수 있다.

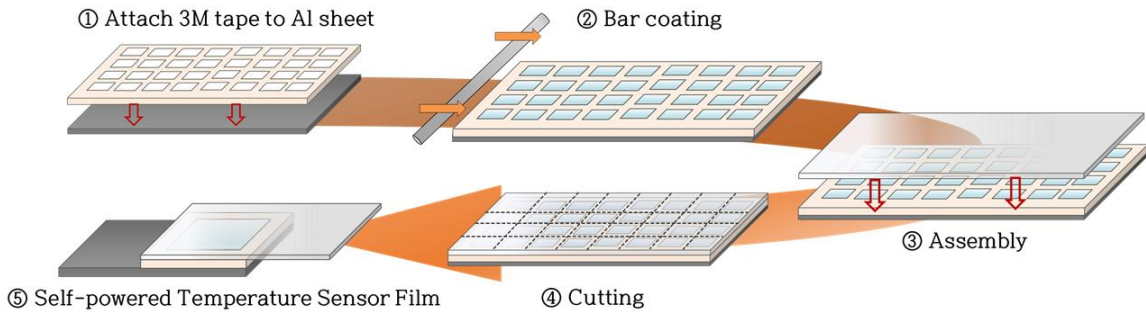


그림 33. Ag PET 필름이 사용된 센서 제조 공정

- Ag OPP 필름과 접착성 겔 전해질이 사용된 센서 제조 공정

a) 전극 부착

- ㄱ. Al 판에 접착성 겔 전해질(HIT-B3M)을 부착한다.
- ㄴ. 그 위에 Ag OPP 필름을 부착한다.
- ㄷ. 자가 발전형 온도 센서 1개의 크기에 맞게 커팅 한다.
- ㄹ. 자가 발전형 온도 센서 제작

b) 제품 제조

한번에 150개 이상의 자가 발전형 센서를 제작할 수 있다.

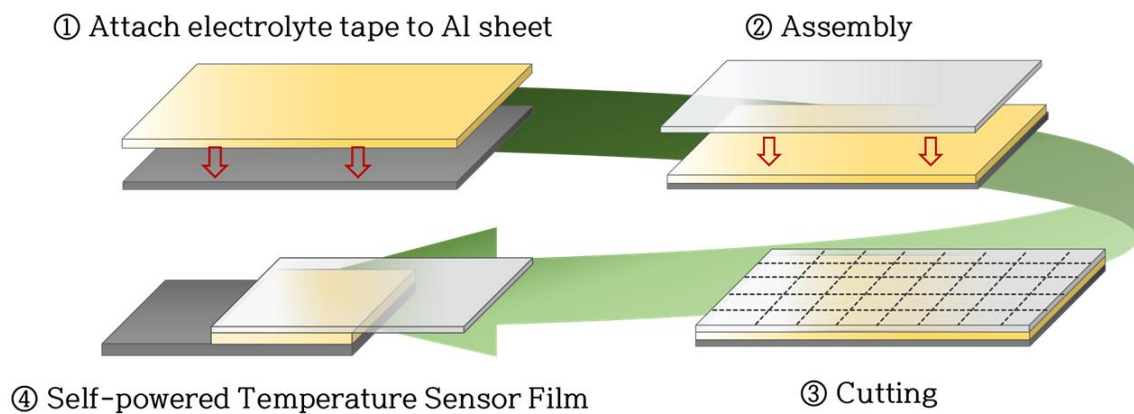


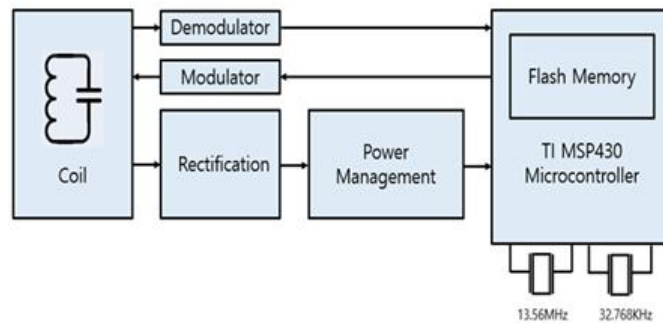
그림 34. Ag OPP 필름과 접착성 겔 전해질(HIT-B3M)이 사용된 센서 제조 공정

2. NFC RFID 센서 태그 제품 설계

1) NFC RFID 태그 하드웨어 설계 및 제작

차세대 온도 이력 방식을 설계하기 위하여서는 현재 많은 사람들이 사용하고 있는 스마트 디바이스의 NFC(Near Field Communication)를 이용하면 별도의 리더기를 구매하지 않아도 태그와 통신가능하기 때문에 보다 많은 사람들이 부담 없이 기술을 이용할 수 있는 장점이 있어 먼저 NFC RFID 태그 시제품 설계를 한다. 태그는 작고 얇으며 비용 면에서 저렴하여 판독 범위는 일반적으로 0.1cm ~ 10cm 정도이지만 UHF RFID 태그에 비해 유도 커플링을 통해 비교적 많은 양의 전력을 수집 할 수 있다.

NFC RFID 태그는 근거리 안테나, RF front-end, Power Management, 복조기(Demodulator), 변조기 (Modulator), MCU(MicroControl Unit) 등으로 구성되며, 그림 35은 수동형 NFC (HF대역) RFID 태그의 블록선도이다. 그림 35에서 정류기는 3단 전파 정류기를 사용하며, Demodulator 와 Modulator는 ASK 방식을 사용하고, power management에서는 MCU에 최적 전력을 공급하며 과전압 보호 기능을 한다. 기저 대역 파형은 TI MSP430F5310 MCU에서 읽혀지고, 13.56MHz 외부 crystal은 데이터 복구에 사용한다. 그림 36는 제작 사진이다.



□ 그림 35. 수동형 NFC (HF대역) RFID 태그의 블록선도

□

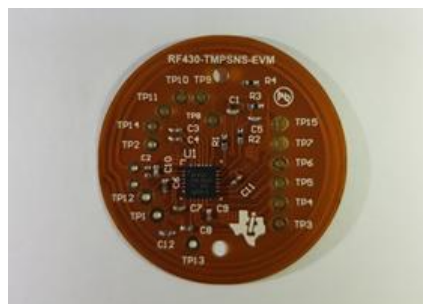


그림 36. 제작한 사진

2) NFC RFID 태그 성능

제작한 NFC RFID 태그의 인식거리 및 하베스팅 성능은 표 8과 같으며 전력 소비는 표 9와 같다.

표 8. 인식거리 및 Harvesting 성능

Category	Reader Type	Value
Read Distance: Passive Mode	Smart Phone	0.5cm
Extra harvested current: Sleep Mode	Smart Phone	1.9mA
Extra harvested current: Read Mode	Smart Phone	1.65mA

표 9. 태그 전력 소비

Category	Power Consumption	Duration
Sleep/Charging Mode(disable FRAM)	9.7 μ A*	N/A
Sleep/Charging Mode(enable FRAM)	12.7 μ A	N/A
Demodulation(REQB command)	2.6 μ J	783 μ s
Modulation(ATQB command)	11.4 μ J	1.6ms
Temperature sensing (single sample)	369nJ	94 μ s

3. 센서와 융합된 NFC RFID 센서 태그 제품 설계 및 공정 설계

1) NFC RFID 센서 태그 제품 설계

a) 자가 발전형 온도 센서와 NFC RFID 태그 인터페이스 회로 최적 설계

제작된 수동형 NFC RFID 태그의 전원 공급을 위한 인터페이스 회로 설계는 자가 발전형 온도 센서, 에너지 harvesting IC, super-capacitor 로 구성되며 그림 37과 같다.

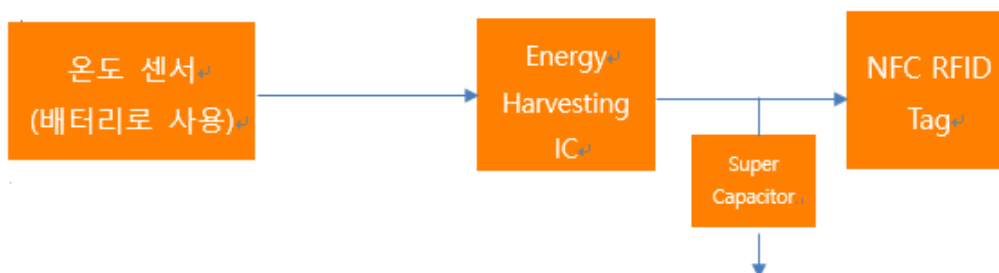


그림 37. 자가 발전형 온도 센서와 NFC RFID 태그 인터페이스 회로

그림 37에서 자가 발전형 온도 센서의 전압 부스트를 위하여 Energy Harvesting IC는 bq 25570를 사용하였고 구동 전압 충전을 위하여 Super Capacitor는 300uF를 사용하였다.

b) 자가 발전형 온도 센서와 융합된 수동형 NFC RFID 태그

그림 38는 자가 발전형 온도 센서와 융합된 수동형 NFC RFID 태그의 블록선도이며 이를 제작한 사진은 그림 39이다.

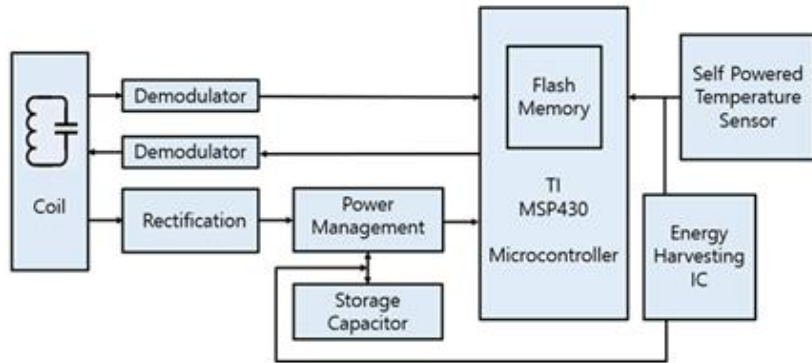


그림 38. 자가 발전형 온도 센서와 융합된 수동형 NFC RFID 태그의 블록선도



그림 39. 제작한 사진

c) 자가 발전형 온도 센서와 융합된 수동형 NFC RFID 태그 FPCB 설계

FPCB 최적화 설계를 위하여 최적의 부품선정, Schematic 설계, Layout, FPCB area 감소 등을 고려한다. 부품선정은 NFC RFID 태그와 인터페이스 회로에 필요한 부품을 선정하며 표 10과 같다.

표 10. NFC RFID 태그와 인터페이스 회로 부품

전자부품	규격	가격	보관
Ceramic Capacitor	1uF, 4.7uF, 47uF, 1nF, 1pF, 10pF, 100000pF, 33pF	19원	상온
Schottky Diode	HSMS-285C	2360원	상온
Chip Register	33, 22K, 47k, 220K, 100K, 560K	3원	상온
Header Pin	8Pin, 3Pin	280원	상온
SMA Connector	SMA-Hole_2Pin	250원	상온
Charge Pump IC	S-882Zxx	6000원	상온
MOSFET	n channel Dual-Gate	3000원	상온
Single Output LDO	TPS780330220DDCR	1541원	상온
Comparator	NCS2200	1311원	상온
16-bit FRAM MCU	MSP430FR596X	8330원	상온
Watch Oscillator	32.768Khz	400원	상온
Inductor	19nH	30원	상온
Processor	MSP430F5310	1755원	상온
Harvesting I.C.	bq 25570	3600원	상온
Storage Capacitor	300uF	19원	상온

그림 40는 자가 발전형 온도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 Schematic 설계 회로도 이며, 그림 41는 설계 회로도에 대한 아트웍이다.

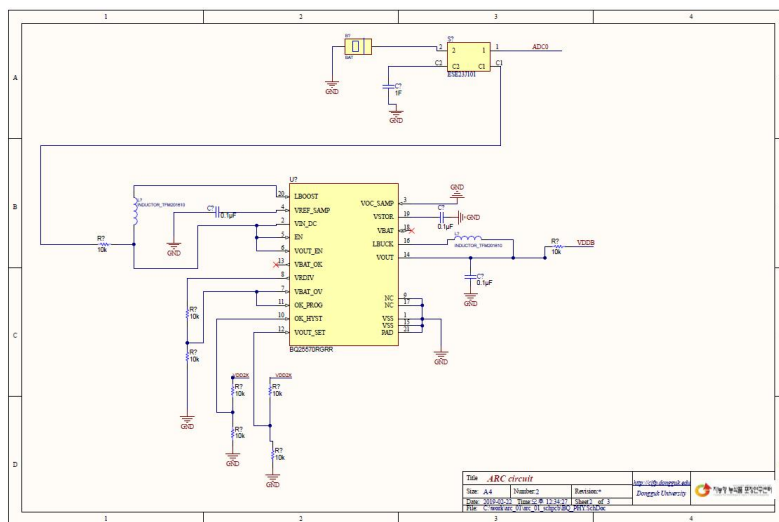


그림 40. 자가 발전형 온도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 설계 회로도

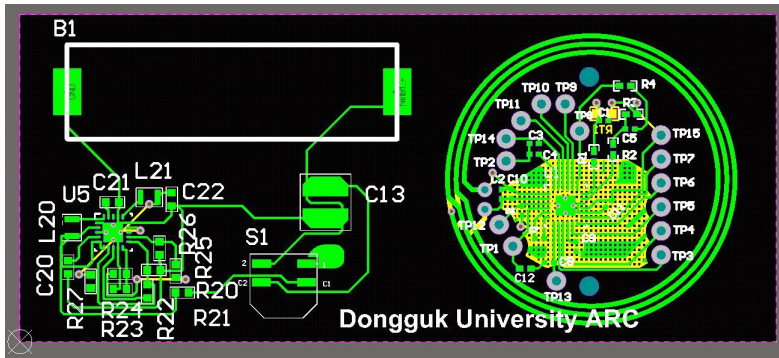


그림 41. 자가 발전형 온도 센서와 융합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 아트웍

근거리 안테나는 FPCB에 인쇄되며, NFC 안테나 In Lay는 그림 42과 같으며, 42mm x 53mm의 외형과 1.27mm의 폭을 가진 4 턴 사각 나선형으로 구성되어 인덕턴스는 1.2 nH이며 튜닝 커패시터가 추가되어 안테나는 13.56MHz에서 공진한다.

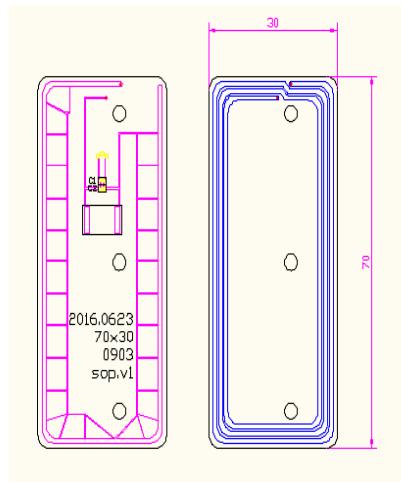


그림 42. NFC 안테나 In Lay

제작한 자가 발전형 온도 센서와 융합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 Specifications 은 표 11이다.

표 11. 자가 발전형 온도 센서와 융합된 NFC RFID 태그 FPCB 제품 Specifications

Item	Description
Type	Passive
Processor	MSP430 16bit RISC, 6MHz
Memory	8KB Program flash memory, 256B RAM
RF Frequency	13.56Mhz
RF Range	0.5 ~ 10 cm
Data Rate	250kbps
Sensor	Temperature
Communication Protocol	EPC Class 1, Generation 2
Power	1.8V

[3차년: 시범사업을 위한 RFID 센서 태그 시스템 설계]

1. 은 증착 기반 온도/산소 센서 성능 평가

1) 실험 방법

a) 실험 재료

Ag-OPP 온도/산소 센서를 제작하기 위해 아연, 접착형 겔 전해질, 은 증착 OPP 필름을 사용하였다. 아연은 두 가지 두께를 사용하였으며, 두께 0.3mm 아연은 아이비사이언스에서 구입하였고 두께 0.1mm 아연은 Alfa aesar에서 구입하였다. 접착성 겔 전해질은 Sekisui의 HIT-B3M 모델을 구입하여 사용하였다. 마지막으로 은 증착 OPP 필름은 팬시스템에서 주문제작하였다. 또한, 산소 센서 성능 실험에 필요한 산소(99.99%)와 질소(99.99%)는 동아가스산업에서 구입하였다.

b) Ag-OPP 온도/산소 센서 제작

Ag-OPP 온도/산소 센서는 anode 층, 전해질 층 그리고 cathode 층으로 구성되어 있다. 구체적으로 cathode 층은 은 증착 부분과 OPP 필름 부분으로 세밀히 나눌 수 있다. Ag-OPP 온도/산소 센서를 제작하기 위해서, 먼저 anode 역할을 하는 아연을 규격에 맞게 준비한다. 다음으로 아연 위에 접착형 전해질을 부착하고 마지막으로 cathode 역할을 하는 은 증착 OPP 필름을 부착한다. 이때, OPP 필름이 공기 중 산소와 직접 마주 닿도록 하고 은이 코팅된 부분은 전해질 층과 맞닿아야 한다. [표 12]은 본 연구에서 개발한 Ag-OPP 온도/산소 센서의 규격이고 센서의 모식도는 [그림 43]과 같다.

표 12. Ag OPP 온도/산소 센서의 규격

	은 증착 OPP 필름	전해질	아연
길이	20mm	10mm	20mm
폭	10mm	10mm	10mm
두께	0.02mm	0.6mm	0.1mm (또는 0.3mm)
센서의 총 두께	약 0.72mm (또는 0.92mm)		

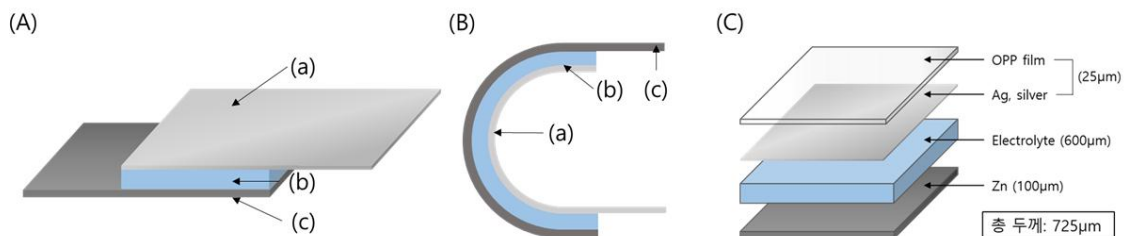


그림 43. Ag-OPP 온도/산소 센서의 모식도.

(A) 은 증착 OPP 필름(a), 유연한 접착형 전해질(b)과 아연(c)으로 조립한 센서의 모식도.

(B) 180°로 구부릴 수 있는 센서의 모식도. (C) 센서를 구성하는 물질과 센서의 두께

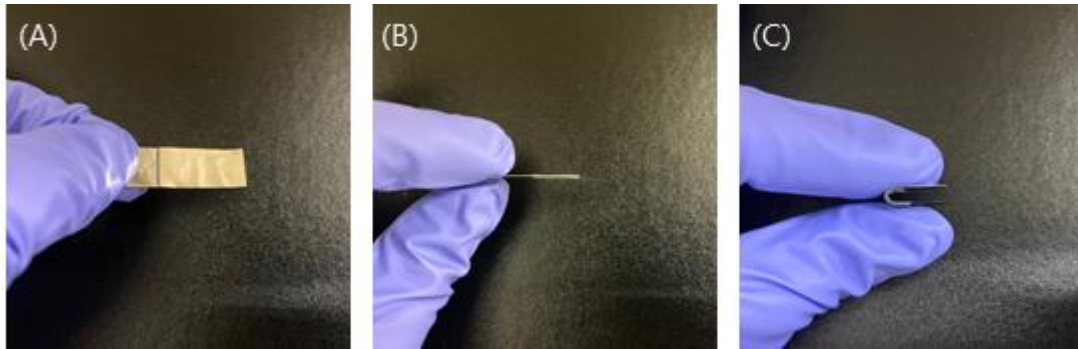


그림 44. Ag-OPP 온도/산소 센서의 실제 사진. (A) 정면, (B) 측면, (C) 180° 뒤편 사진

c) 시스템 구성 및 제어

본 연구에서 개발한 Ag-OPP 온도/산소 센서는 온도와 산소 농도에 민감하게 반응하는 자가발전형 센서로, 온도와 산소 농도를 제어할 수 있는 장치를 사용하여 센서의 성능을 측정하여야 한다. 따라서 온도와 산소 농도를 제어할 수 있는 여러 가지 장치를 사용하였으며 온도 및 산소 농도에 따른 센서의 출력 값은 전기화학 계측기를 사용하여 확인하였다.

실험에서 시스템 내부를 설정한 온도로 제어하기 위해 항온항습기(Temperature and humidity chamber, JEIO-TECH, TH-ME model)를 사용하였다. 이때 항온항습기는 프로펠러 모양의 팬을 통해서 항온항습기 내부의 온도와 습도를 일정하게 유지하기 때문에, 팬에 의해서 외부 강제대류가 발생하게 된다. 따라서 센서에 미치는 영향을 최소화하기 위해서 별도의 밀폐된 공간(Airtight container)이 필요하다. 본 실험에서는 항온항습기 안에 밀폐 용기를 놓고, 밀폐 용기 내부에 Ag-OPP 온도/산소 센서와 온도, 산소 농도 측정 장치를 두고 실험하였다. 시간 이력에 따라 온도를 측정하고 데이터를 저장하는 데이터로거(Data logger, OMEGA, IM-CP-RHTemp101A)와 산소 센서(Oxygen sensor, PBI Dansensor, CheckPoint II)를 이용하여 실제 온도와 산소 농도를 측정하였다. [그림 45]

Ag-OPP 센서의 출력 전압은 전기화학 계측기(Potentiostat, AMETEK Princeton Applied Research, Parstat MC)를 사용하여 측정하였으며 counter electrode와 working electrode에 각각 센서의 cathode와 anode 전극을 연결하여 실시간으로 센서의 출력 전압값을 측정하였다. 이때 Ag-OPP 온도/산소 센서에는 저항 100K Ω 을 연결하였다. 한편, 온도 센서 실험과 달리, 산소 농도에 따른 센서의 특성을 알아보기 위해서는 가스 혼합기를 사용하여 계 내부의 산소 농도를 조절하여야 한다. 따라서 센서가 보관된 밀폐 용기 안으로 혼합 기체를 주입하도록 한다. 이때 혼합 기체는 가스 혼합기(Gas mixer, SEHWA)를 사용하여 밀폐 용기 안으로 주입하였다. [그림 46]

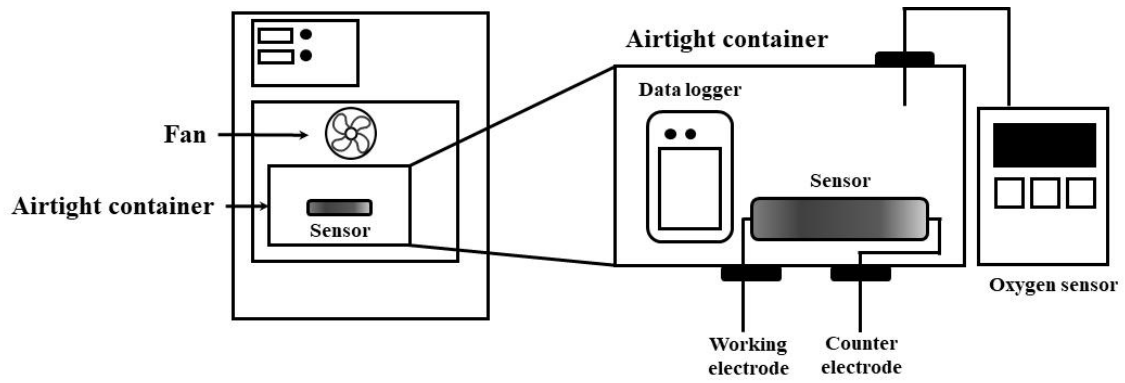


그림 45. 항온항습기 내부의 시스템 환경 모식도

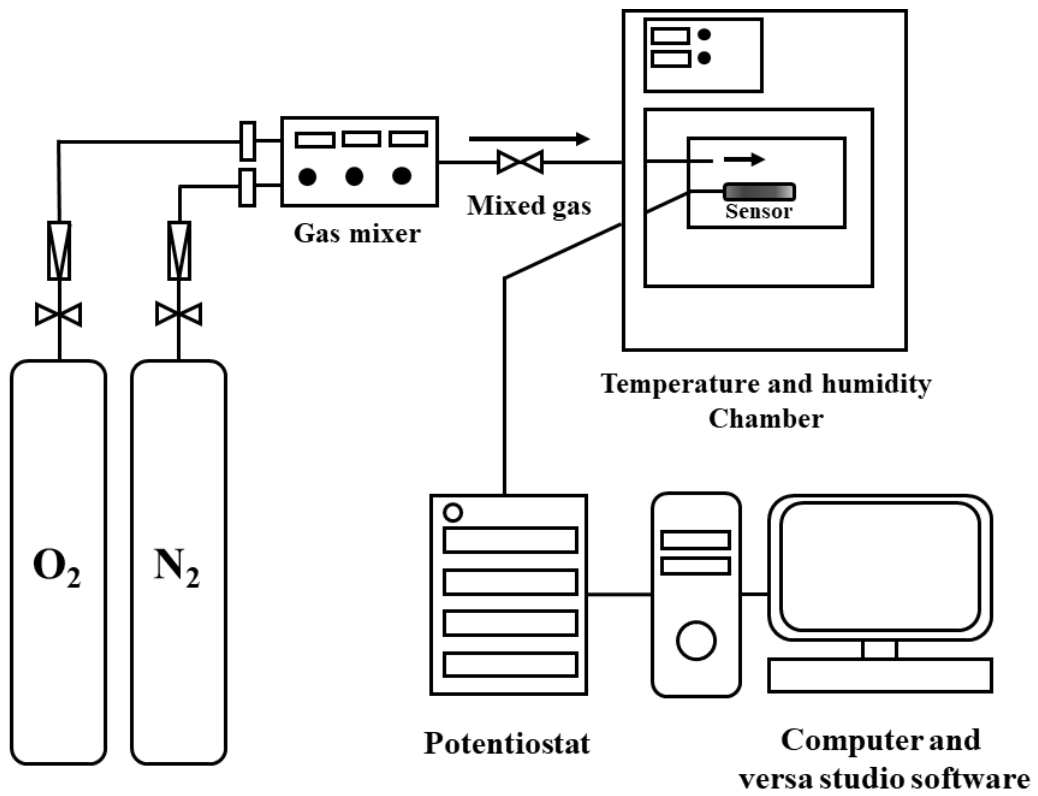


그림 46. 실험 장비 및 시스템 제어 모식도

d) 온도에 의한 Ag-OPP 온도/산소 센서의 특성

센서의 성능을 알아보기 위하여 총 네 가지 실험을 진행하였다. 먼저 센서의 작동 여부를 확인하기 위해서, 센서를 상온(20℃)에 보관하였다가 4℃로 낮추고 다시 상온으로 온도를 올려주었다. 이때 센서가 출력하는 전압값의 변화를 통해 센서의 작동 여부를 확인하였다. 두 번째로 온도에 의한 센서의 특성을 확인하기 위하여 온도를 4, 10, 20, 30, 40, 50℃로 상승 변화 및 하강 변화를 시켜줌으로써 센서의 온도별 출력 전압값을 확인하였다. 세 번째로 센서가 4℃와 40℃로 급변하는 가혹한 조건에서도 성능을 유지할 수 있는지 확인할 수 있는 반복성 실험을 진행하였다. 마지막으로 센서의 4℃에서 40℃로 온도가 변할 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 응답시간을 측정하였다. 먼저 Ag-OPP 온도/산소 센서를 냉장고에 보관해 둔 다음, 센서의 전압이 안정화된 뒤에 센서를 즉시 40℃로 유지되고 있는 항온항습기로 옮겨주었다. 이때 센서의 전압을 측정하여 응답시간을 확인하였다. 이때 응답시간은 센서의 출력 전압값이 포화 전압값의 90%에 도달하는 시간을 센서의 응답시간(t_{90})으로 측정하였다.

$$\text{응답시간}(t_{90}) = \text{포화 전압값의 90\%일 때 시간} - \text{초기 전압일 때 시간} \quad [\text{식 1}]$$

모든 센서에 저항 100kΩ을 연결하였고 전압은 전기화학 계측기(Potentiostat, AMETEK Princeton Applied Research, Parstat MC)를 사용하여 측정하였다. 실험 환경의 온도는 항온항습기(Temperature and humidity chamber, JEIO-TECH, TH-ME model)로 제어하였고 상용화된 온도 데이터 로거(Data logger, OMEGA, IM-CP-RHTemp101A)를 이용하여 Ag-OPP 온도/산소 센서와 측정값을 비교하였다.

e) 산소에 의한 Ag-OPP 온도/산소 센서의 특성

산소에 의한 센서의 특성 확인 실험은 온도에 대한 영향을 알아보는 실험과 거의 유사하게 진행되었다. 마찬가지로, 산소 센서로서 성능을 확인하기 위하여 네 가지 실험을 진행하였고 이로부터 작동 여부, 산소 농도 변화에 따른 센서의 전압 변화와 센서의 반복성 및 응답시간을 확인하였다.

먼저 센서의 작동 여부 확인 실험을 위해, 센서가 보관된 밀폐 용기에 순수 질소를 주입함으로써 산소 농도를 0%로 낮춰주고 이후 다시 21%의 산소를 주입하였다. 이때 산소 농도 변화에 따라 센서의 전압이 변하는지 확인하고 이로부터 작동 여부를 확인하였다. 두 번째로 산소 농도에 의한 센서의 특성을 확인하기 위하여 산소 농도를 0, 2, 5, 10, 15, 21%로 상승 변화 및 하강 변화를 시켜줌으로써 센서의 산소 농도별 출력 전압값을 확인하였다. 다음으로 센서가 산소 농도 0%와 21%로 급변하는 환경에서도 성능을 지속적으로 유지할 수 있는지 확인할 수 있는 반복성 실험을 진행하였다. 마지막으로 센서의 주변 기체 조성이 산소 0%에서 공기 조성으로 변할 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 응답시간을 측정하였다. 응답시간을 측정하기 위하여 밀폐 용기 내부에 99.99% 질소를 주입하여 무산소 조건을 만들어준 다음 밀폐 용기를 순간적으로 개봉하여 계 안으로 공기가 유입되도록 한다. 이때 Ag-OPP 온도/산소 센서의 출력 전압값을 측정하여 응답시간을 확인하였다.

모든 센서의 전압은 전기화학 계측기(Potentiostat, AMETEK Princeton Applied Research, Parstat MC)를 사용하여 측정하였고 실험 환경의 산소 농도는 가스 혼합기(Gas mixer, SEHWA)로 제어하였다. 또한, 상용화된 산소 센서(Oxygen sensor, PBI Dansensor, CheckPoint II)를 이용하여 Ag-OPP 온도/산소 센서와의 측정값을 비교하였다.

f) Ag-OPP 온도/산소 센서의 수명

Ag-OPP 온도/산소 센서의 수명을 알아보기 위하여, 온도 40℃, 산소 농도 95% 이상의 가혹한 조건

에서 센서의 수명 실험을 진행하였다. 전기화학 계측기를 이용하여 일정 시간마다 Ag-OPP 온도/산소 센서의 전압을 측정하였고, 초기 센서 전압의 90% 이하로 감소하는 순간 센서의 수명이 종료되었다고 판단하였다.

2) 결과 및 고찰

a) 온도에 의한 Ag-OPP 온도/산소 센서의 특성 결과

ㄱ. 냉장 온도(4°C)와 상온에서 Ag-OPP 온도/산소 센서의 작동 여부 확인

[그림 47]로 보아, 온도가 상온에서 냉장 온도(4°C)로 변할 때 Ag-OPP 온도/산소 센서의 출력 전압값이 감소하고, 다시 센서를 상온에 두면 전압값이 회복되었다. 이로부터 Ag-OPP 온도/산소 센서가 냉장 온도와 상온에서 모두 작동한다고 판단할 수 있다.

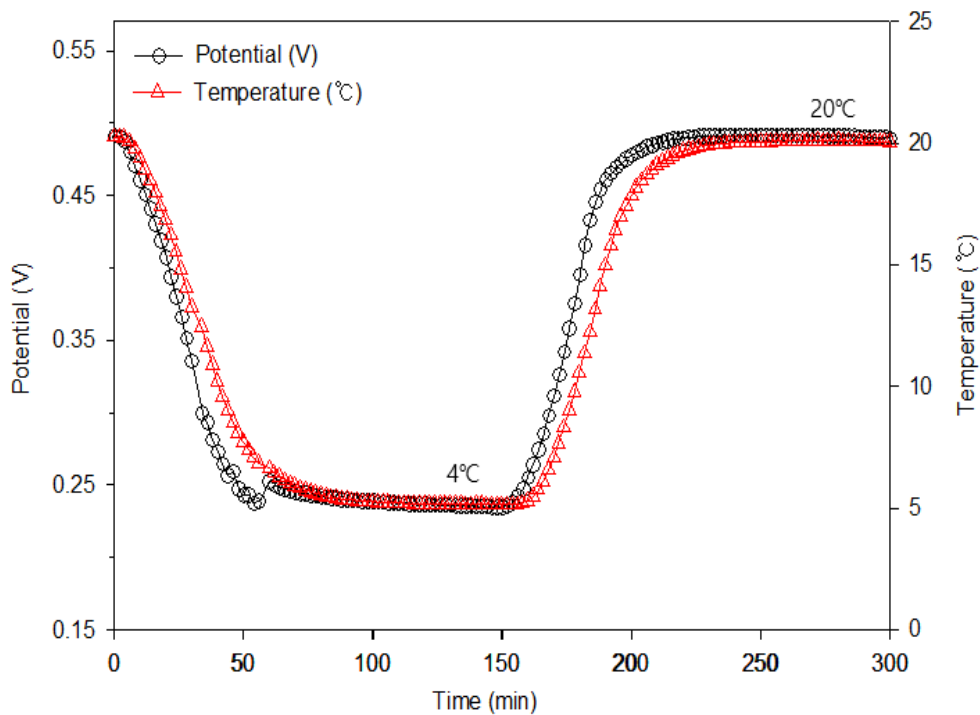


그림 47. 냉장 온도와 상온에서의 Ag-OPP 온도/산소 센서의 작동 여부 확인

ㄴ. 동적 온도 변화에 따른 센서의 전압 변화

본 실험에서는 동적 온도 변화에 따라 Ag-OPP 온도/산소 센서의 전압 변화를 확인하였다. [그림 48]과 같이 시간에 따라 온도가 변할 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 전압이 변하는 것을 확인할 수 있었다. 이로부터 온도-전압 사이의 스탠다드 곡선 식을 추출하고 이 식에 전압값을 대입하여 [그림 49]과 같이 시간-온도 그래프로 변환하였다. Ag-OPP 온도/산소 센서와 비교하기 위하여 실제 온도 데이터 로거의 그래프를 같이 표현하였다. 총 세 개의 Ag-OPP 온도/산소 센서로 실험하여 스탠다드 곡선 식을 최종적으로 추출하였고 [그림 50]과 [그림 51]에 나타내었다. Ag-OPP 온도/산소 센서는 4°C에서

40°C 사이의 온도 범위에서 전압 변화가 뚜렷하여 온도 변화를 감지할 수 있다. 그러나 온도가 40°C에서 50°C로 변할 때, 전압 차이가 크게 나타나지 않기 때문에 Ag-OPP 온도/산소 센서의 감도가 떨어진 다. 즉, Ag-OPP 온도/산소 센서의 온도 범위는 4°C에서 40°C 사이가 적절하다.

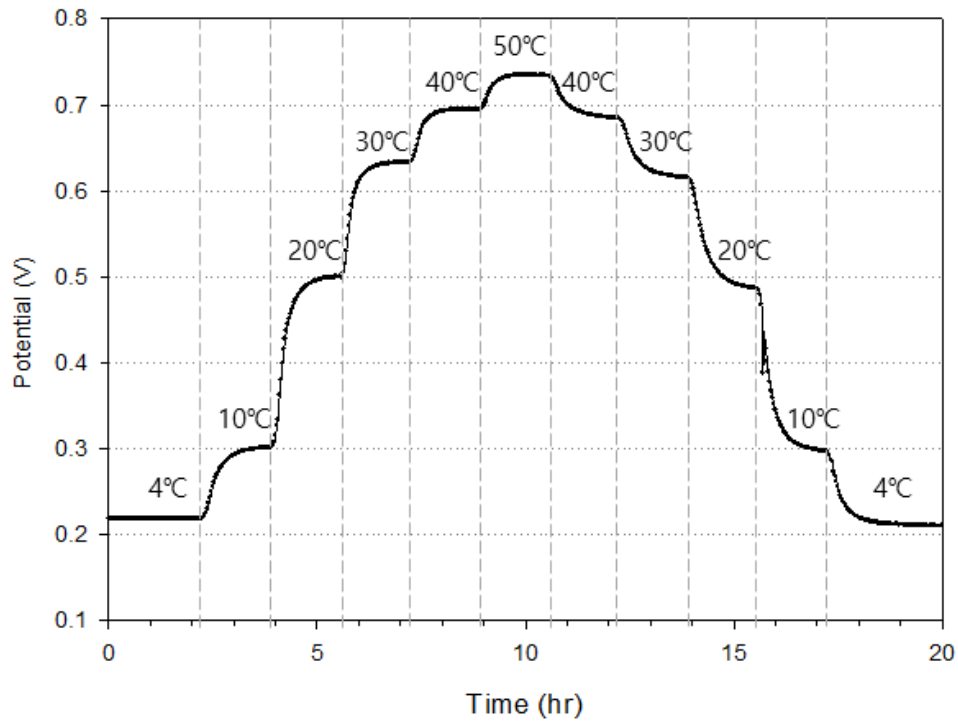


그림 48. 동적 온도 변화에 따른 Ag-OPP 온도/산소 센서의 전압 변화

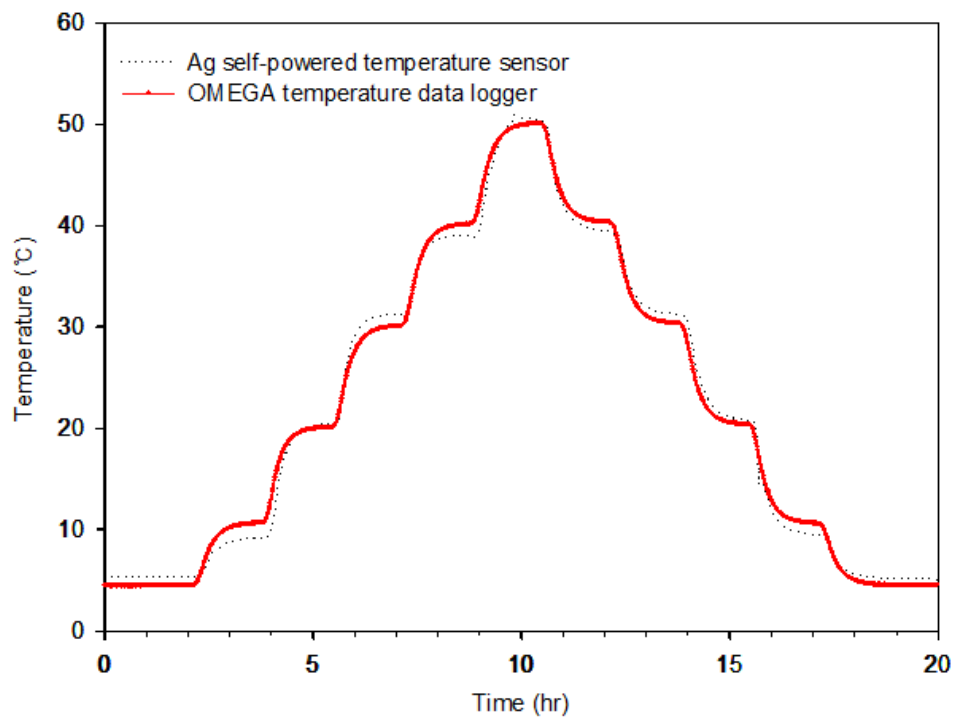


그림 49. Ag-OPP 온도/산소 센서와 실제 상용화된 온도 데이터 로거의 비교

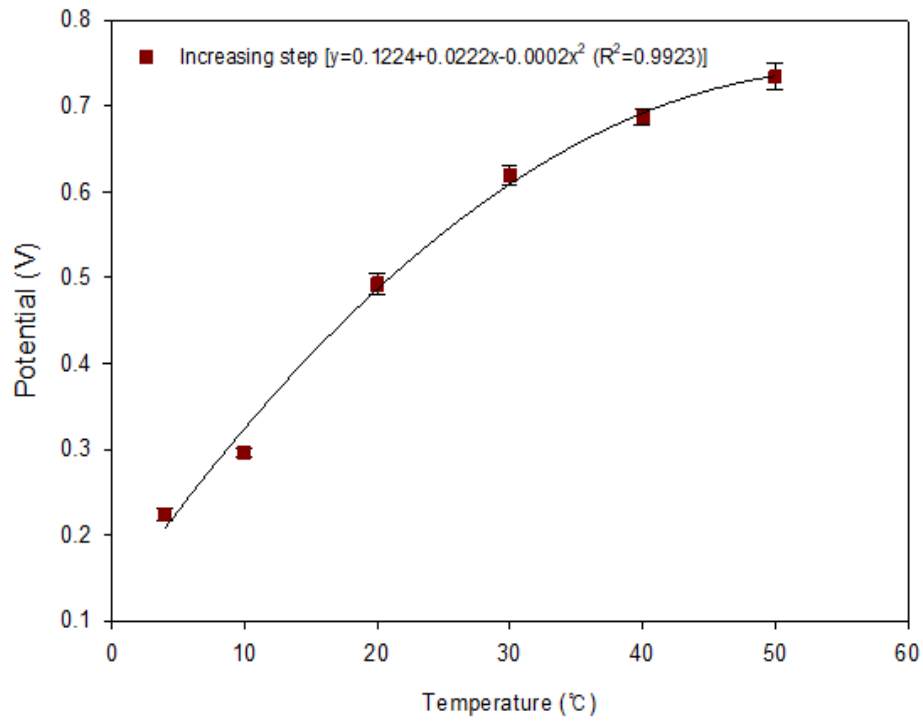


그림 50. 온도 상승 구간에서 Ag-OPP 온도/산소 센서의 스탠다드 곡선

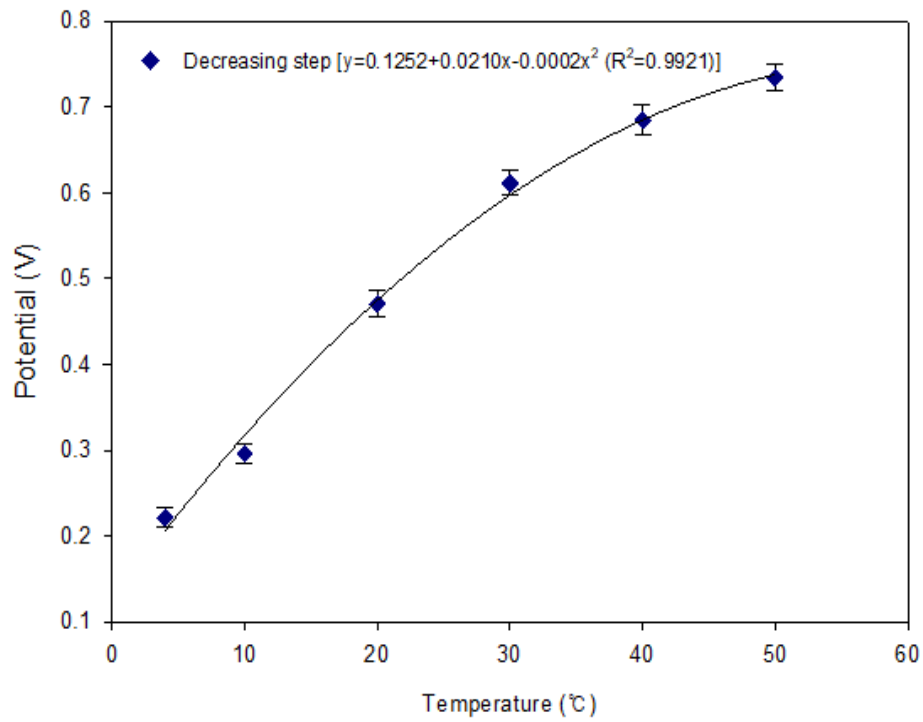


그림 51. 온도 하강 구간에서 Ag-OPP 온도/산소 센서의 스탠다드 곡선

㉔. 급격한 온도 변화에서 센서의 반복성

Ag-OPP 온도/산소 센서의 사용 가능한 온도 범위인 4℃에서 40℃로 급격하게 온도 변화를 주었을 때, 센서 성능의 반복성을 [그림 52]을 통해 확인할 수 있었다. 열 번의 주기 동안, 센서의 성능은 적게 감소했으며 반복성도 높게 나타났다. 특히, 24시간 동안은 급격히 온도가 변하는 가혹한 조건에서도 센서의 반복성이 높게 나타났다. 첫 번째 주기에서 40℃일 때 센서의 전압은 약 0.70V이고, 열 번째 주기에서 40℃일 때 센서의 전압은 약 0.67V로 나타났다. 이는 40시간 동안 연속적으로 급격한 온도 변화에 센서를 노출시켰으나, 약 4%만 감소한 수치이다. 온도 변화가 심하지 않은 식품 보관에 Ag-OPP 온도/산소 센서를 사용하는 경우에는 반복성이 높고 성능 유지 기간도 더 길어질 것이다.

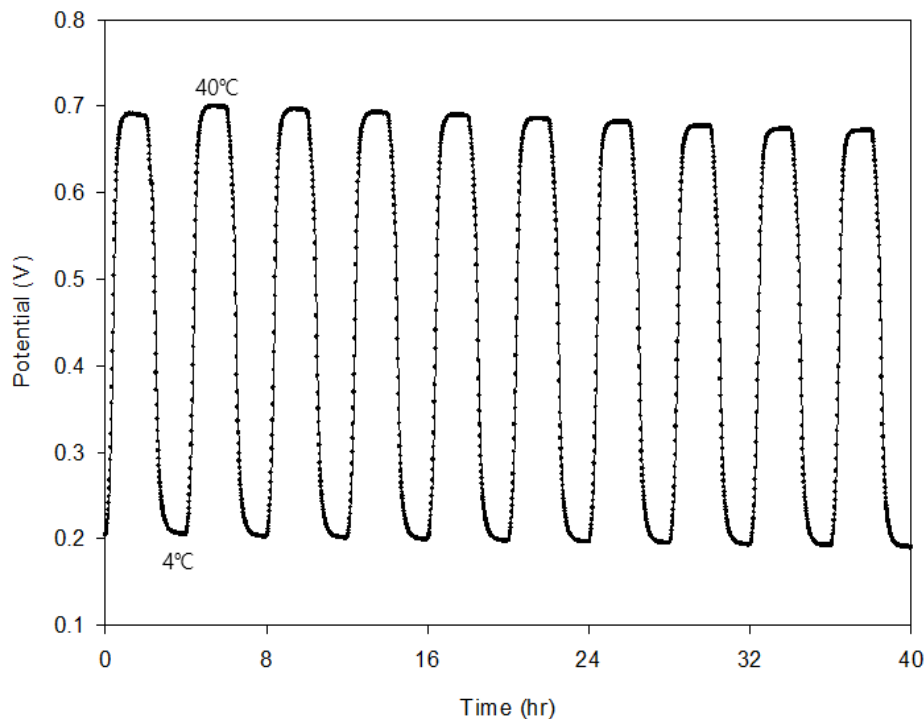


그림 52. 4℃에서 40℃로 온도가 급격히 변할 때 Ag-OPP 온도/산소 센서의 반복성

㉕. 온도 변화에 따른 센서의 응답시간

4℃에서 40℃로 온도가 변할 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 응답시간은 [그림 53]을 통해 알 수 있다. 응답시간(t_{90})은 포화 전압값의 90%일 때의 시간에서 초기 전압일 때 시간을 뺀 시간으로, Ag-OPP 온도/산소 센서의 응답시간은 약 990초(=16.5분)이다.

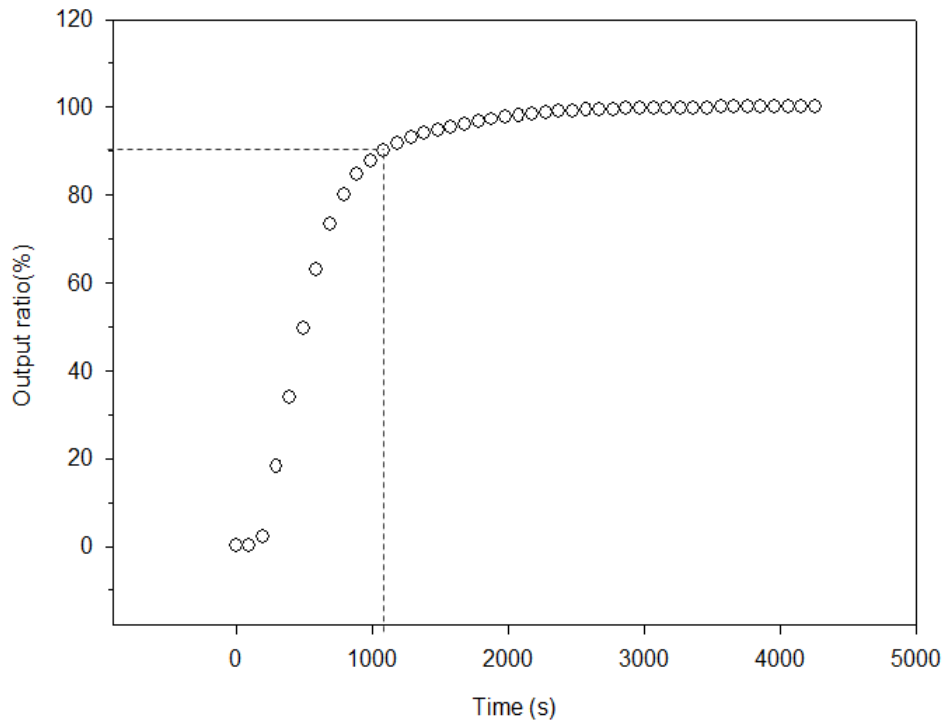


그림 53. Ag-OPP 온도/산소 센서의 온도 변화에 따른 응답시간(t_{90})

b) 산소에 의한 Ag-OPP 온도/산소 센서의 특성 결과

ㄱ. 무산소와 21% 산소 농도에서 Ag-OPP 온도/산소 센서의 작동 여부 확인

[그림 54]를 통해, 산소 농도가 21%에서 0%로 감소하고 다시 21%로 노출되었을 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 출력 전압값이 변하는 것을 확인하였고 이로부터 센서가 작동한다고 판단할 수 있었다.

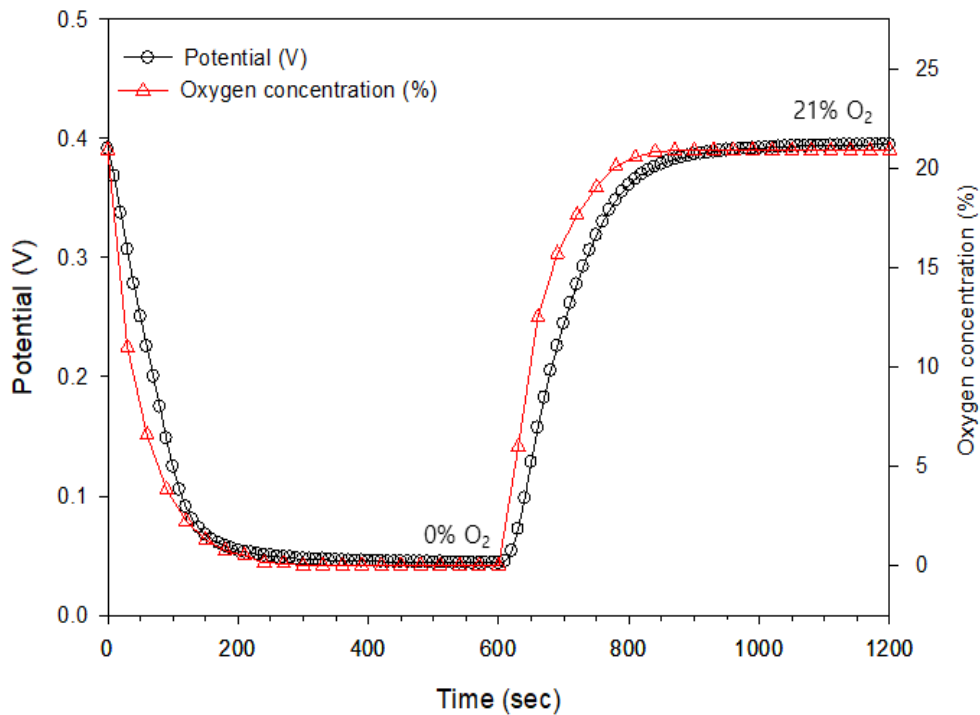


그림 54. 산소 농도 변화에 따른 Ag-OPP 온도/산소 센서의 작동 여부 확인

ㄴ. 동적 산소 농도 변화에 따른 센서의 전압 변화

산소 농도가 0, 2, 5, 10, 15, 21%에 따라 변할 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 전압 변화를 확인하였다. [그림 55]과 같이 시간에 따라 산소 농도가 변할 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 전압이 변하는 것을 확인할 수 있었다. 이로부터 산소 농도-전압 사이의 스탠다드 곡선 식을 추출하고 이 식에 전압값을 대입하여 [그림 56]와 같이 시간-산소 농도 그래프로 변환하였다. Ag-OPP 온도/산소 센서와 비교하기 위하여 실제 산소 센서의 그래프를 같이 표현하였다. 총 다섯 개의 Ag-OPP 온도/산소 센서로 실험하여 스탠다드 곡선 식을 최종적으로 추출하였고 [그림 57]와 [그림 58]에 나타내었다. Ag-OPP 온도/산소 센서는 0%부터 21% 사이의 산소 농도 범위에서 전압 변화가 뚜렷하여 산소 농도 변화를 감지할 수 있다. 즉, Ag-OPP 온도/산소 센서의 0%부터 공기 중 산소 농도인 21%까지 모든 산소 농도 범위에서 사용 가능하며, 센서의 전압은 산소 농도에 따라 비례하여 변화한다.

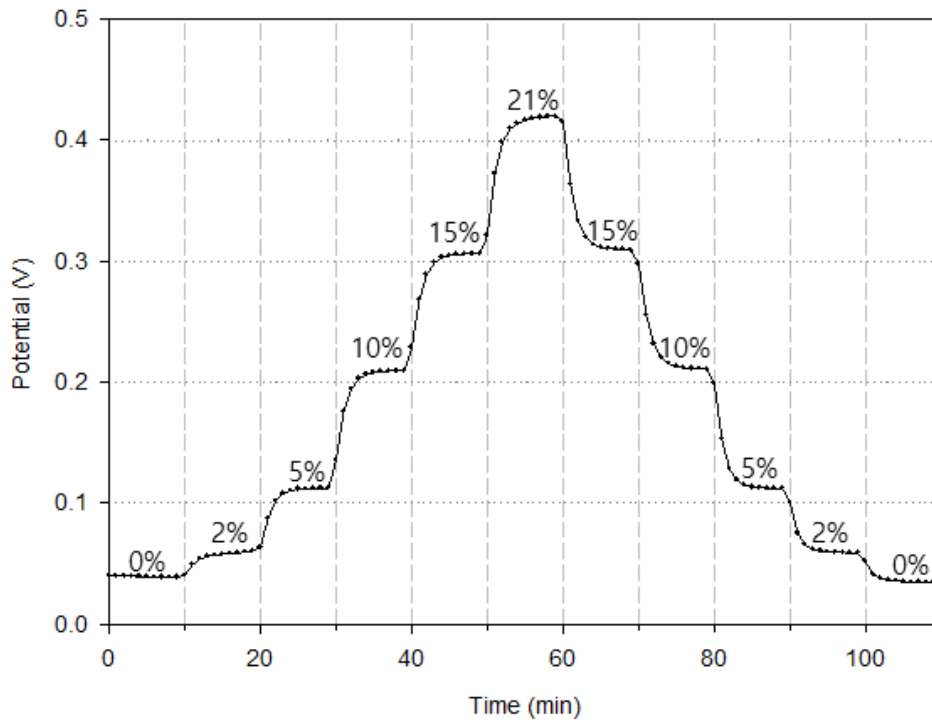


그림 55. 동적 산소 농도 변화에 따른 Ag-OPP 온도/산소 센서의 전압 변화

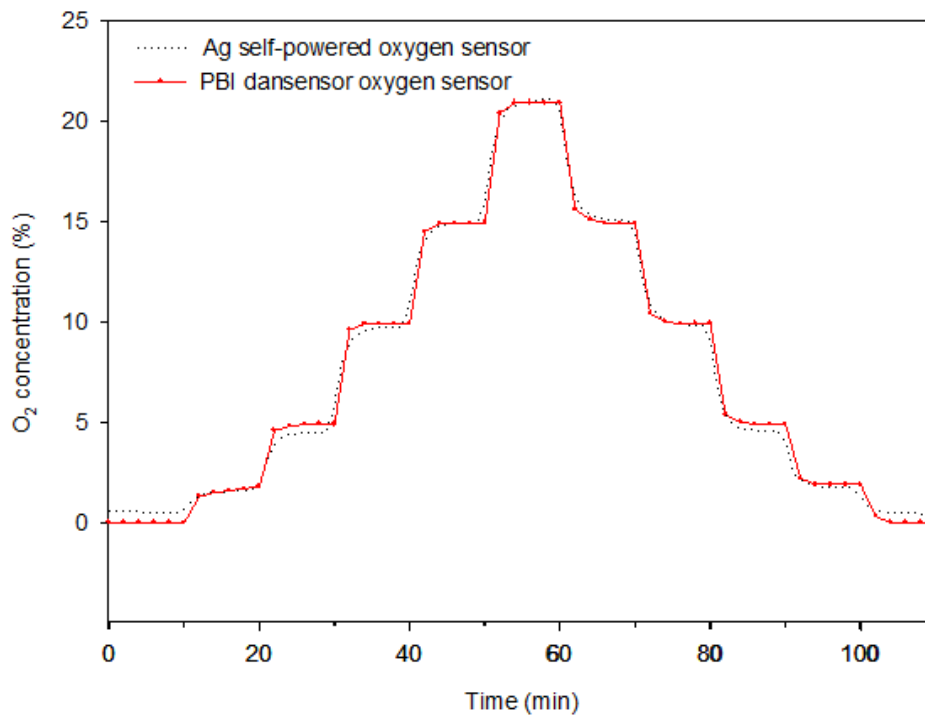


그림 56. Ag-OPP 온도/산소 센서와 실제 상용화된 산소 센서의 비교

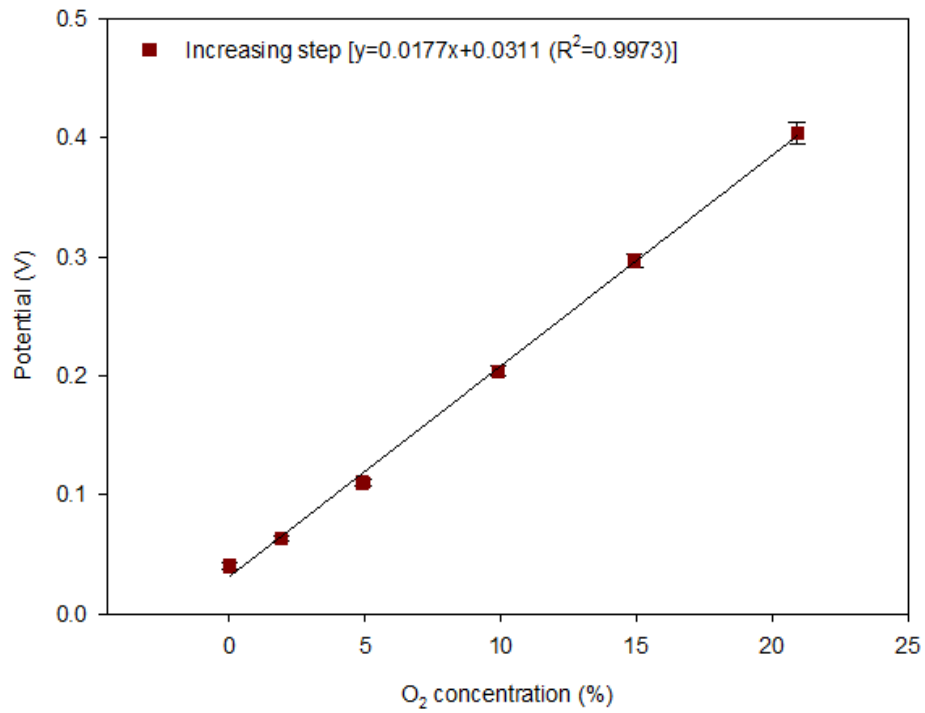


그림 57. 산소 농도 상승 구간에서 Ag-OPP 온도/산소 센서의 스탠다드 곡선

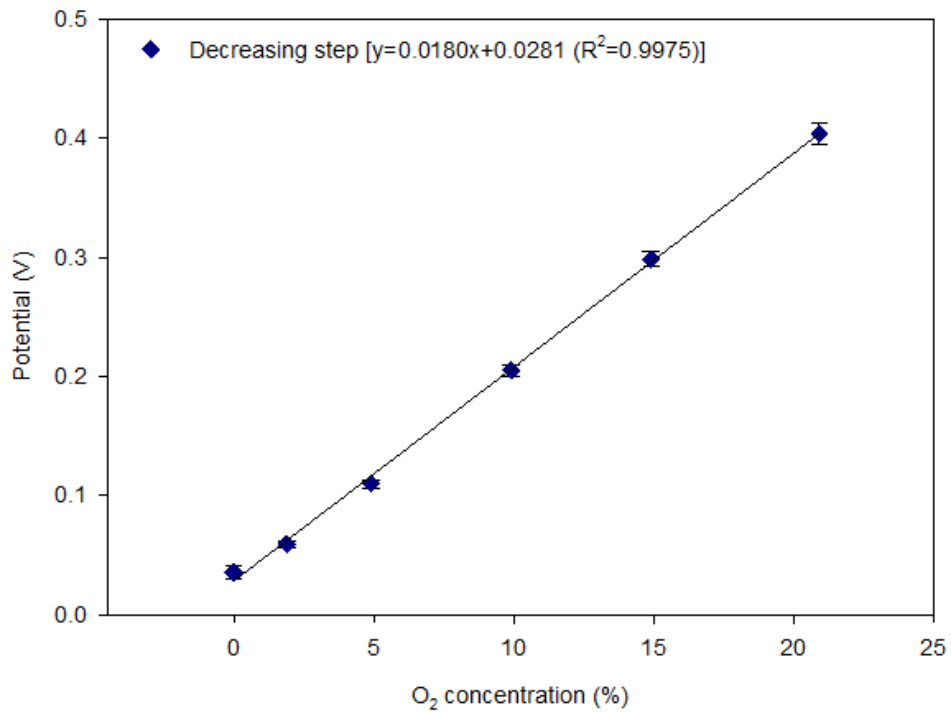


그림 58. 산소 농도 하강 구간에서 Ag-OPP 온도/산소 센서의 스탠다드 곡선

㉔. 급격한 산소 농도 변화에서 센서의 반복성

Ag-OPP 온도/산소 센서의 반복성을 [그림 59]을 통해 확인할 수 있었다. 첫 번째 주기에서 산소 농도가 21%일 때 센서의 전압은 약 0.41V이고, 마찬가지로 열 번째 주기에서도 산소 농도가 21%일 때 센서의 전압은 약 0.41V였다. 급격한 산소 농도 변화에도 불구하고 Ag-OPP 온도/산소 센서의 반복성은 거의 일정하였다.

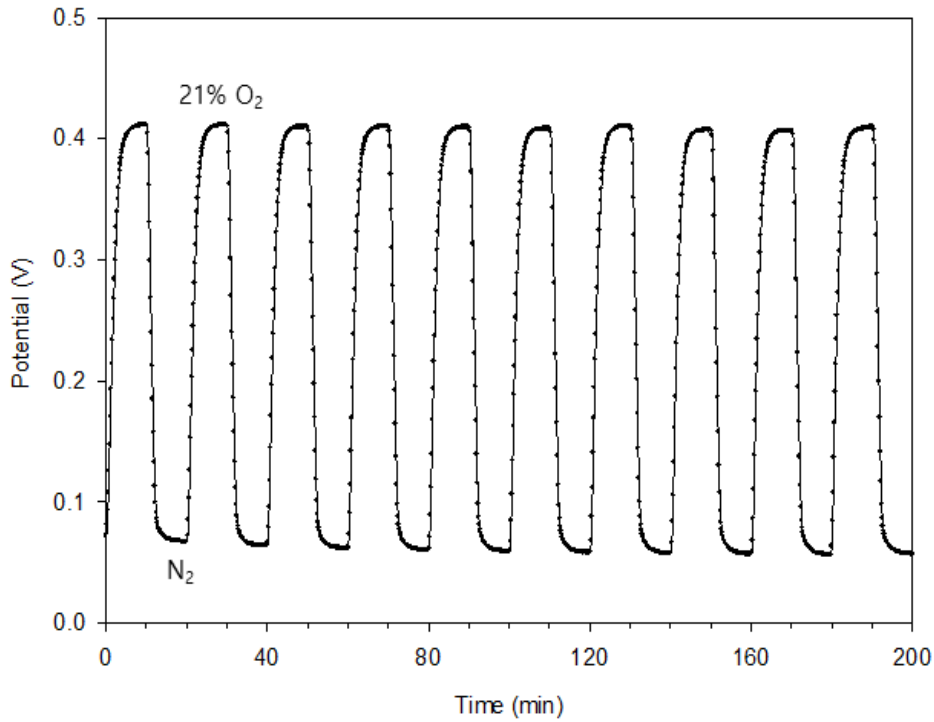


그림 59. 0%에서 21%로 산소 농도가 급격히 변할 때 Ag-OPP 온도/산소 센서의 반복성

㉕. 산소 농도 변화에 따른 응답시간

주변 기체 조성이 0% 산소(순수 질소)에서 공기 조성으로 산소 농도가 변할 때, Ag-OPP 온도/산소 센서의 응답시간을 측정하였다. [그림 60]을 통해 Ag-OPP 온도/산소 센서의 산소 농도 변화에 대한 응답시간(t_{90})은 약 70초인 것을 확인할 수 있었다.

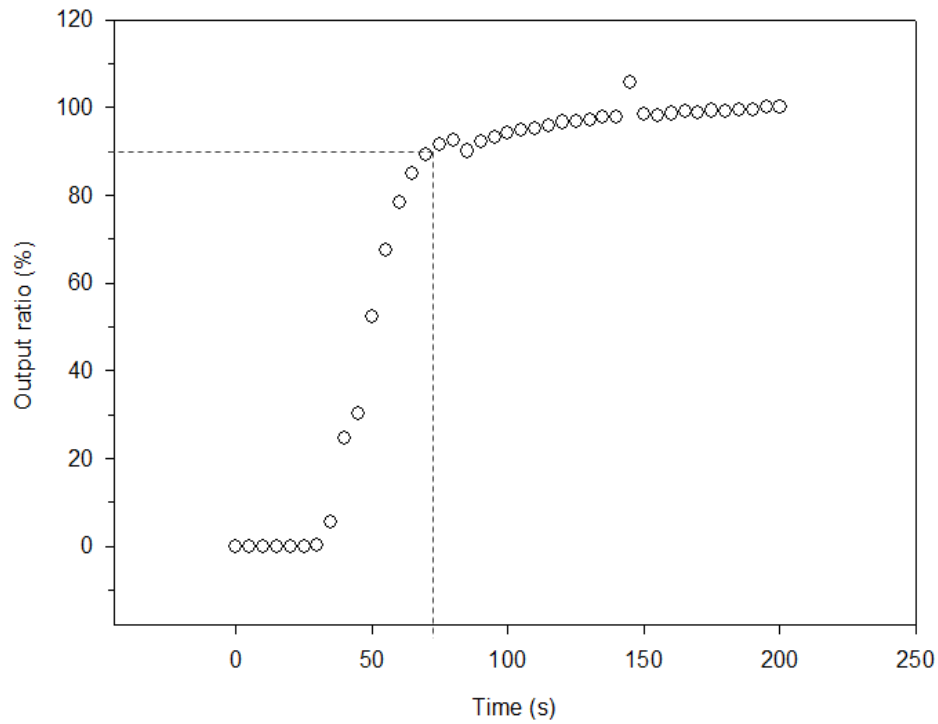


그림 60. Ag-OPP 온도/산소 센서의 산소 농도 변화에 따른 응답시간(t_{90})

c) Ag-OPP 온도/산소 센서의 수명

40°C, 산소 95% 조건에서 Ag-OPP 온도/산소 센서의 수명을 실험한 결과, [그림 61]와 같이 나타났다. 센서의 출력 전압이 초기 출력 전압의 90% 이하로 나타날 때, 센서가 소모되어 수명이 다했다고 판단하였다. 이러한 가혹한 조건에서 센서의 수명은 약 45시간 동안 지속되었다.

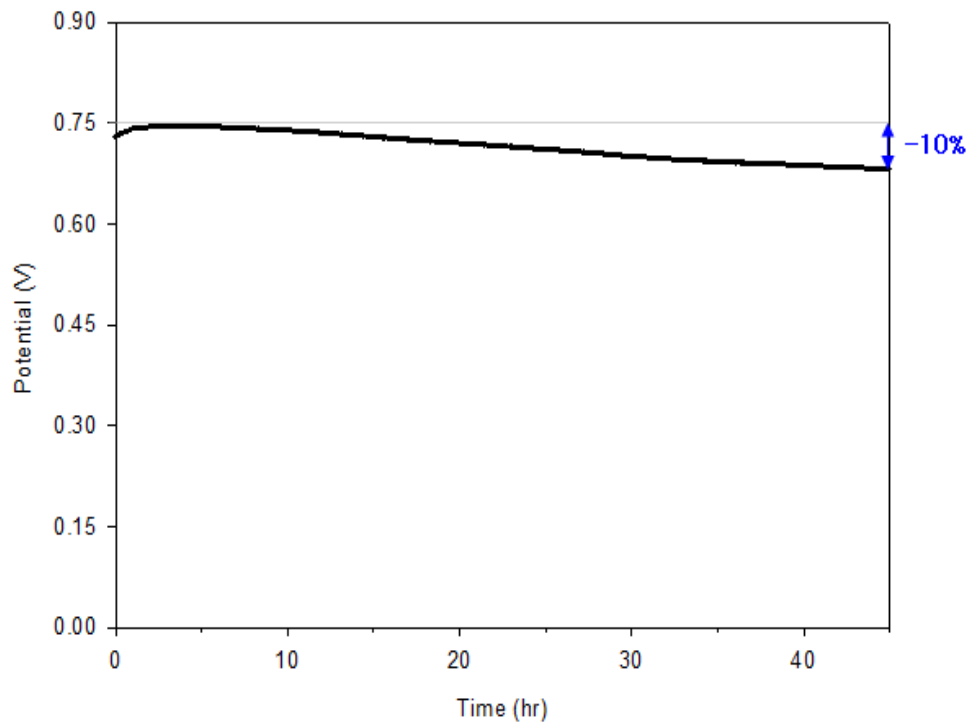


그림 61. Ag-OPP 온도/산소 센서의 수명 (조건: 40°C, 산소 95%)

d) Ag-OPP 온도/산소 센서의 경제성

Ag-OPP 온도/산소 센서의 제조원가는 [표 13]와 같이 개당 40원으로 계산되었다.

표 13. Ag-OPP 온도/산소 센서의 경제성

재료	규격	가격 (원)	사용량	단가 (원)
Ag OPP 증착 필름	500mm x 30m	1,400,000	10mm x 20mm	20
HIT-B3M	100m x 0.5m (T: 0.6mm)	990,000	10mm x 10mm	2 이하
Zn	200mm x 300mm (T: 0.3mm)	7,700	10mm x 20mm	20
총 가격: 40원				

3) 결론

Ag-OPP 온도/산소 센서는 4°C부터 40°C까지의 온도 범위와 0%부터 21%까지의 산소 농도 범위에서 원활히 작동할 수 있다. 게다가 센서의 반복성이 뛰어나므로 온도 또는 산소를 연속적으로 측정할 때 오차값이 적게 나타난다. 또한, 수명 실험 결과로 보아, 실제로 산소 노출이 거의 없고 온도가 낮은 곳에 쓰이는 식품 포장에 적용된다면, 센서의 수명이 더욱 길어질 것이라 예상된다. 한편, 본 연구에서

개발한 센서의 응답시간은 다소 길지만 높은 경제성을 가지고 있어서 다른 센서들과 달리 식품 포장재 같은 일회용품에 쉽게 쓰일 수 있다. 결론적으로, Ag-OPP 온도/산소 센서는 제품 손상의 원인이 되는 온도 변화와 산소 노출을 감지할 수 있다는 점과 제작이 간단하다는 점에서 지능형 식품 포장 산업을 비롯한 다양한 산업 분야에 응용될 것이라 기대된다.

2. MB-OPP 산소 센서 성능 평가

1) 실험 방법

a) 실험 재료

MB-OPP 산소 센서를 제작하기 위해 아연, 접착형 전해질, methylene blue(MB), 전도성 고분자 물질인 PEDOT:PSS와 OPP 필름을 사용하였다. 아연은 아이비사이언스에서 구입하였고 접착형 전해질은 Sekisui의 HIT-B3M 모델을 구입하여 사용하였다. MB는 Sigma aldrich에서 구입하였으며, 마지막으로 PEDOT:PSS 1%는 Orgacon 제품을 사용하였다. 부가적으로 파란색을 띠는 초기의 MB 색을 탈색시켜 주기 위하여 항산화제인 ascorbic acid를 사용하였으며 시료는 Sigma-Aldrich에서 구입하였다.

b) MB-OPP 산소 센서 제작

ㄱ. MB를 포함한 전도성 코팅액 제조

고분자 전도성 물질 PEDOT:PSS 1% 수용액을 용매로 하여 MB가 6.25mM이 되도록 MB를 녹인다. MB와 PEDOT 용액이 잘 섞일 수 있도록 sonication을 60분 동안 진행한다. 제조한 용액에 ascorbic acid를 MB 농도의 15배만큼 넣어준다. ascorbic acid와 MB가 완전히 반응할 수 있도록 마그네틱 바를 넣고 60분 동안 교반 시킨다. 다음으로, OPP 필름을 100% 에탄올로 세척하고 충분히 건조시킨 후에 바코더 위에 OPP 필름을 놓는다. 용액을 고르게 코팅해주는 film applicator의 눈금을 20 μ m로 맞춘 뒤, OPP 필름 위에 올려놓는다. 앞서 제조한 전도성 코팅액을 OPP 필름 위에 떨어뜨리고, 바코더를 이용하여 코팅을 시작한다. 이때, 바코더의 속도는 5mm/sec로 하였다. 마지막으로 코팅이 끝나면 25 $^{\circ}$ C에서 60분 동안 자연 건조 시키고 이어서 찬 바람으로 30분 건조 시킨다.

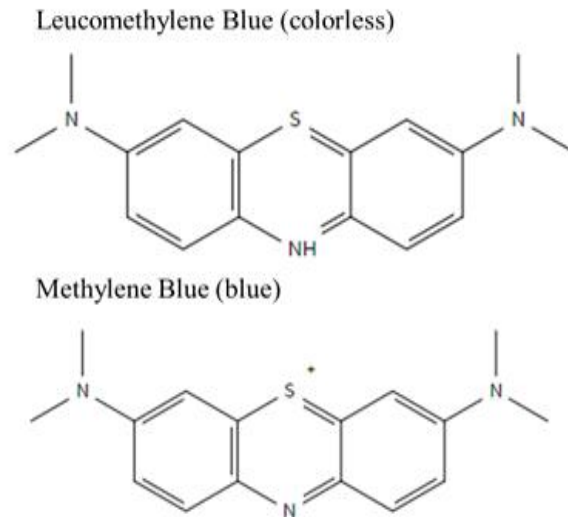


그림 62. MB의 환원형(위)과 산화형(아래)

ㄴ. MB-OPP 산소 센서 조립

MB-OPP 산소 센서는 anode 층, 전해질 층 그리고 cathode 층으로 구성되어 있다. Cathode 층은 MB가 포함된 전도성 층과 OPP 필름 부분으로 다시 나눌 수 있다. MB-OPP 산소 센서 제작 방법은 Ag-OPP 온도/산소의 제작 방법과 유사하다. 먼저 anode 역할을 하는 아연을 규격에 맞게 준비한다. 다음으로 아연 위에 접착형 전해질을 부착하고 마지막으로 cathode 역할을 하는 MB-OPP 필름을 부착한다. 이때, OPP 필름이 공기 중 산소와 직접 마주 닿도록 하고 MB가 코팅된 부분은 전해질 층과 맞닿아야 한다. [표 14]은 본 연구에서 개발한 MB-OPP 산소 센서의 규격이고 센서의 모식도는 [그림 63]과 같다.

표 14. MB-OPP 산소 센서의 규격

	MB-OPP 필름	전해질	아연
길이	30mm	20mm	30mm
폭	20mm	20mm	20mm
두께	0.025mm	0.6mm	0.3mm
센서의 총 두께	약 0.92mm		

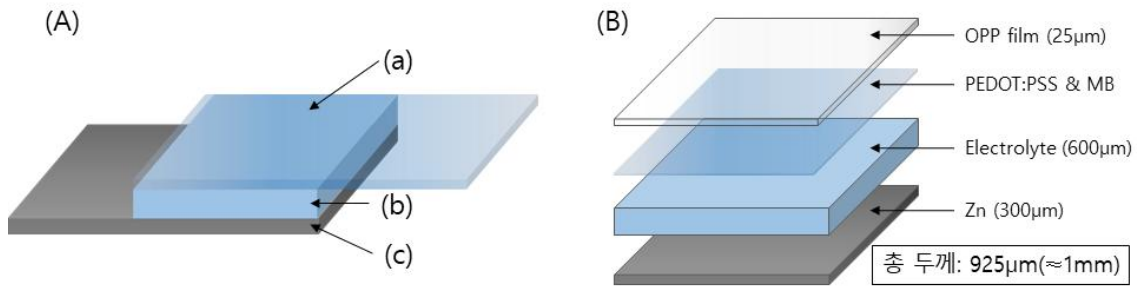


그림 63. MB-OPP 산소 센서의 모식도.

(A) MB-OPP 필름(a), 유연한 접착형 전해질(b)과 아연(c)으로 조립한 센서의 모식도.

(B) 센서를 구성하는 물질과 센서의 두께

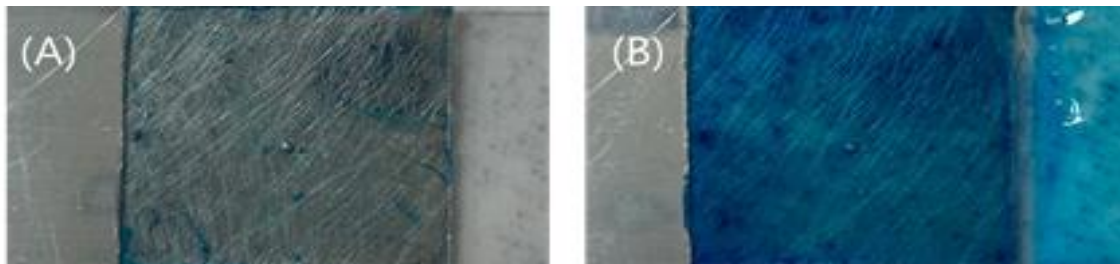


그림 64. MB-OPP 산소 센서의 실제 사진. (A) 조립 직후, (B) 공기 중에 센서 노출 후 사진

c) 측정 방법

시스템 구성 및 제어와 MB-OPP 산소 센서의 특성 실험 방법은 앞서 설명한 Ag-OPP 온도/산소 센서의 실험 방법과 동일하다.

2) 결과 및 고찰

a) 동적 산소 변화에 따른 센서의 전압 변화

동적 산소 변화에 따른 MB-OPP 산소 센서의 전압을 확인하였다. [그림 65]과 같이 시간에 따라 산소 농도가 0%에서 21%로 변할 때, MB-OPP 산소 센서의 전압이 변하는 것을 확인할 수 있었다. 산소 21%일 때, MB-OPP 산소 센서의 전압은 약 0.46V이고 산소 0%일 때, 약 17mV으로 나타났다. [그림 65]으로부터 산소 농도-전압 사이의 스탠다드 곡선 식을 추출하고 이 식에 전압값을 대입하여 [그림 66]와 같이 시간-산소 농도 그래프로 변환하였다. MB-OPP 산소 센서와 비교하기 위하여 산소 센서로 측정된 그래프를 같이 표현하였다. [그림 67]는 [그림 65]으로부터 추출한 스탠다드 곡선 식이다.

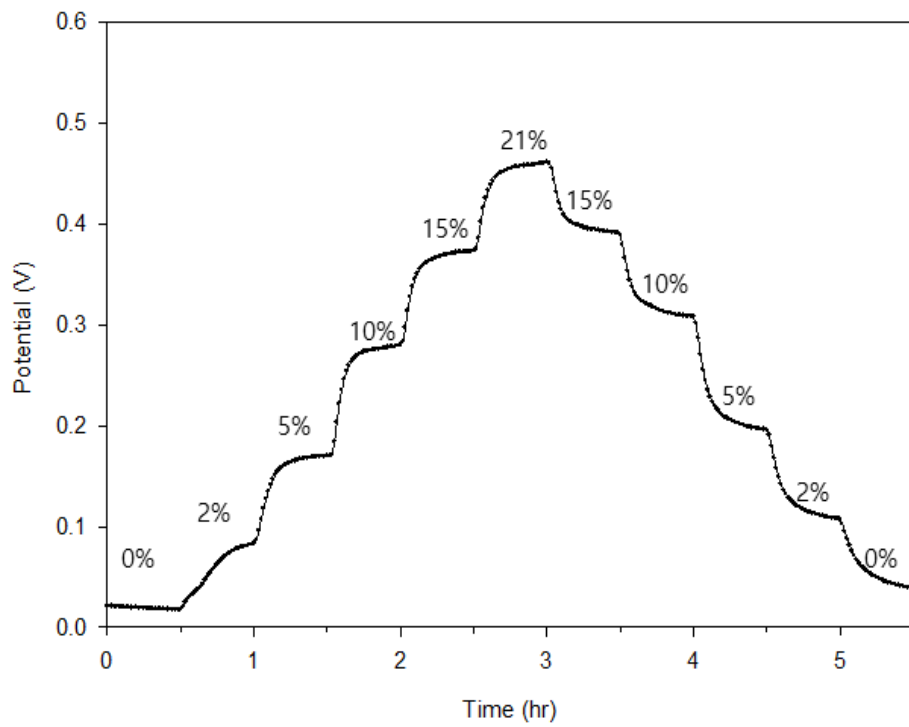


그림 65. 동적 산소 농도 변화에 따른 MB-OPP 산소 센서의 전압 변화

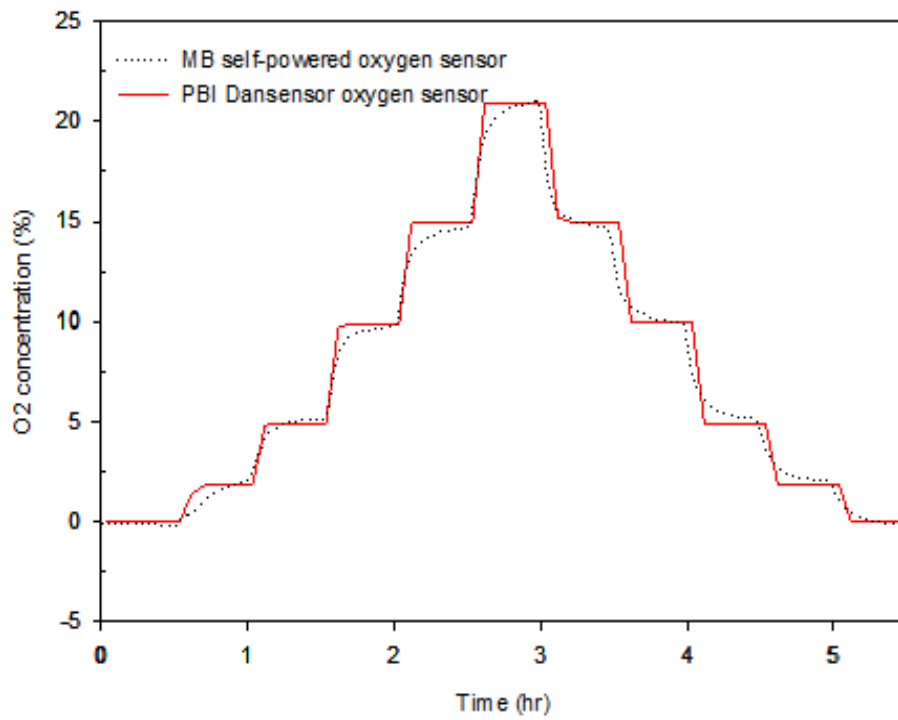


그림 66. MB-OPP 산소 센서와 실제 상용화된 산소 센서의 비교

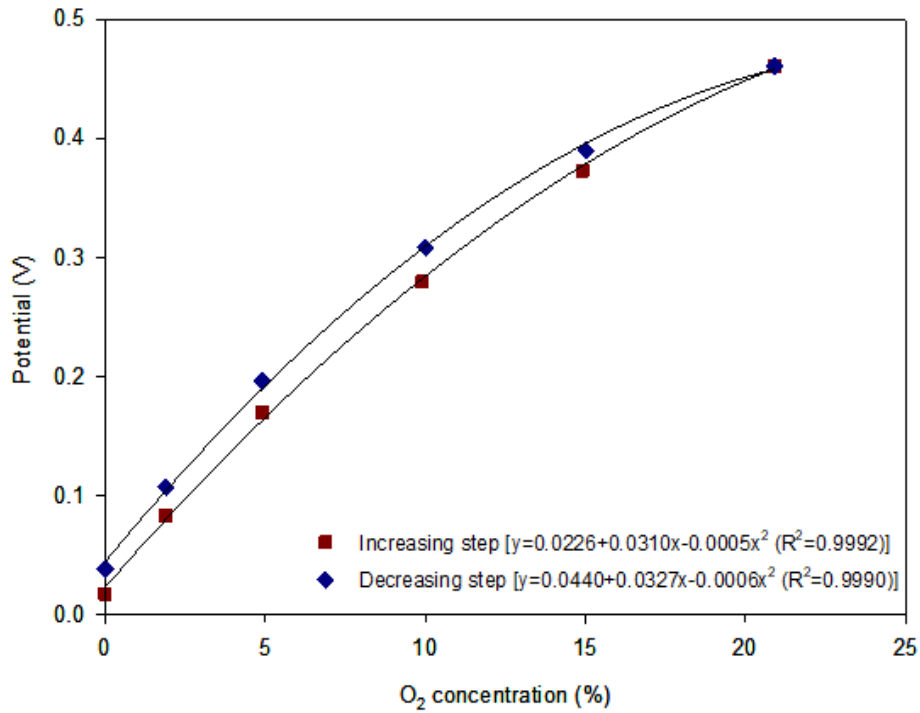


그림 67. 산소 농도 상승 및 하강 구간에서 MB-OPP 센서의 스탠다드 곡선

b) 산소 농도에 따른 센서의 색차 값 변화

산소 농도가 증가할수록 MB와 만나는 산소가 증가하기 때문에 MB-OPP 산소 센서의 색이 산소 농도에 따라 변한다. [그림 68]을 통해 산소 농도에 따라 MB-OPP 산소 센서의 색차 값이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 보통 사람이 눈으로 색이 변했다는 것을 감지하기 위해선, dE^*ab 값이 2보다 커야 한다고 알려져 있다. 따라서 MB-OPP 산소 센서가 3%보다 높은 산소 농도에 노출되었을 때, 보통 사람은 MB-OPP 산소 센서의 색 변화를 확인할 수 있게 된다. 그리고 산소와 반응할 수 있는 MB 양이 최대치에 도달하면, 색차 값은 더이상 증가하지 않고 일정해진다.

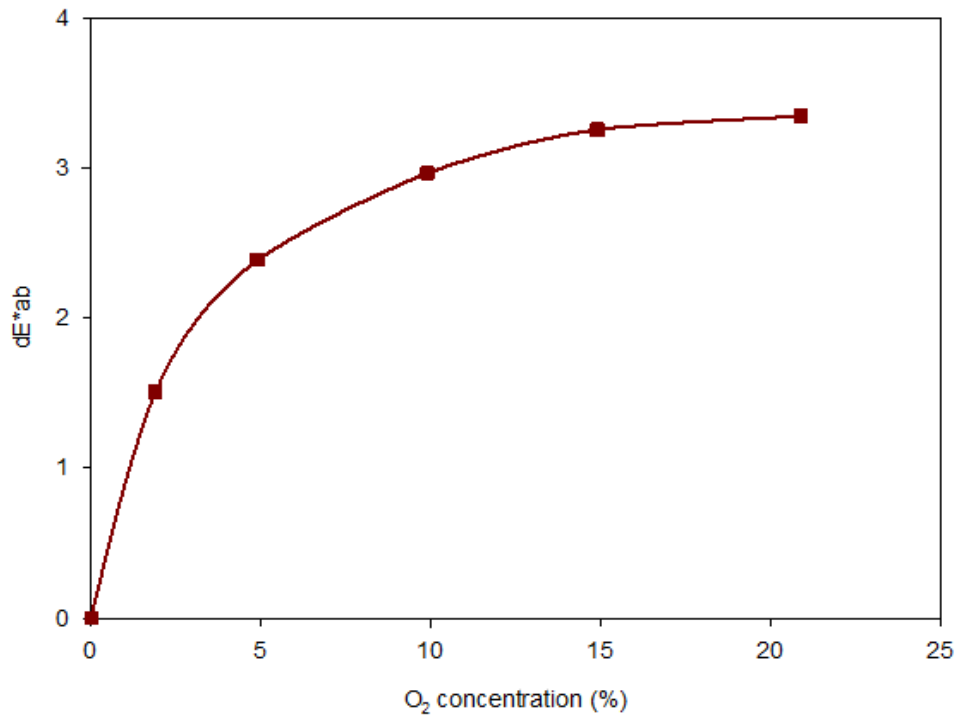


그림 68. 산소 농도에 따른 MB-OPP 산소 센서의 색차 변화 값

c) MB-OPP 산소 센서의 경제성

MB-OPP 산소 센서의 제조 단가는 [표 15]와 같이 개당 50원으로 계산되었다.

표 15. MB-OPP 산소 센서의 경제성

재료	규격	가격 (원)	사용량	단가 (원)
OPP 필름	120cm x 4000m (T:25 μ m)	1,635,920	10mm x 20mm	1 이하
PEDOT:PSS	5Kg	2,000,000	80mg	30
Methylene blue	100g	129,000	0.2mg	1 이하
HIT-B3M	100m x 0.5m (T: 0.6mm)	990,000	10mm x 10mm	2 이하
Zn	200mm x 300mm (T: 0.3mm)	7,700	10mm x 20mm	20
총 가격: 50원				

3) 결론

0%부터 21%까지 산소 농도가 증가할 때, MB-OPP 산소 센서의 전압이 산소 농도에 따라 증가하였다. 또한, 산소 농도에 따라 MB-OPP 산소 센서의 색이 변화했으며 육안으로 구분이 가능하였다. 이처럼 MB-OPP 산소 센서는 정성적 및 정량적 산소 데이터를 제공할 수 있기 때문에 Ag-OPP 온도/센서와 마찬가지로 지능형 식품 포장을 포함한 다양한 산업에 응용될 것으로 기대된다.

3. 산소/온도/습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그를 이용한 차세대 환경 정보 이력 시스템

1) 제안한 시스템

기존 환경 정보 이력 방식은 관리자나 운송자가 주기적으로 센서 태그에 스마트폰을 접촉하여 정보를 제공받거나 일정한 장소에 리더기가 설치되어야만 환경 정보 이력을 체크하는 방식이다. 제안하는 차세대 환경 정보 이력 방식은 리더기 설치나 네트워크 구성도 없이 NFC 스마트 RFID 태그를 이용하여 관리자나 운송자가 주기적으로 환경 정보를 체크하지 않아도 스마트 태그가 주기적으로 환경 정보를 체크하여 태그 메모리에 저장함으로써 관리자, 운송자 및 소비자는 스마트폰으로 간단히 환경 정보 이력을 알 수 있다.

그림 69은 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서와 융합된 NFC RFID 태그를 이용한 차세대 환경 정보 이력 시스템의 구성을 도시한 블록선도이다. 시스템은 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서, NFC RFID 태그, 스마트폰 (HF 리더기), PC, 서버 등으로 구성된다. 여기서 PC와 서버는 데이터 저장 및 관리를 필요로 하는 경우에만 해당된다.

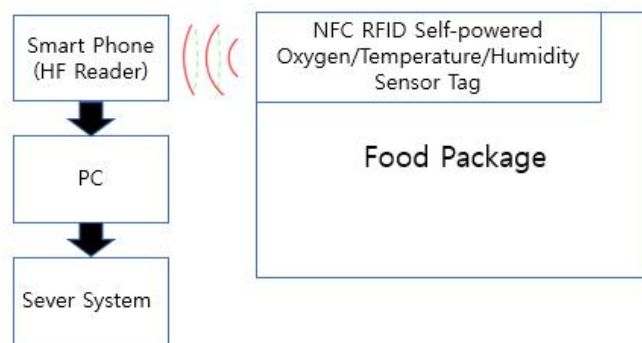


그림 69. 차세대 환경 정보 이력 시스템 구성의 블록선도

2) 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서와 융합된 NFC RFID 태그

NFC는 최대 거리 10cm의 근거리 무선 통신 방법으로 신호의 중심 주파수는 13.56MHz이며 데이터 속도는 최대 424 Kbit/s 이다. 그림 70은 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 블록 선도이며, 그림 70은 NFC RFID 태그의 회로도이다. NFC RFID 태그에서 복조기 및 변조기는 ASK 방식을 사용하고, 베이스 밴드 파형은 MCU에서 읽어오며, 13.56MHz의 외부 크리스탈이 데이터 복구에 사용된다. NFC RFID 태그는 프로그래밍 가능한 16 비트 MSP430 저전력 마이크로 컨트롤러인 RF430FRL152H를 사용하며 프로그램 코드 또는 교정 및 측정 데이터와 같은 사용자 데이터 저장을 위한 내장 범용 FRAM을 갖추고 있다. 데이터 저장 메모리 용량은 46KB이며 약 1853 개의 환경 정보 데

이더를 저장할 수 있으며, 저장하는 경우 약 150일은 2 시간마다 저장 될 수 있다. 14 비트 시그마-델타 아날로그-디지털 변환기 (ADC) 및 디지털 센서는 SPI 또는 I2C를 통해 연결할 수 있으며, 공급 전압 범위는 1.45V ~ 1.65V 이다. 근거리 안테나는 FPCB에 인쇄되며 외부 모양이 42mm x 53mm이고 너비가 1.27mm 인 4 회전 사각형 나선형으로 제작되고, 인덕턴스는 1.2nH이며 튜닝 커패시터에 의해 안테나는 13.56MHz에서 공진한다. 그림 71은 NFC RFID 태그의 안테나 회로도이다.

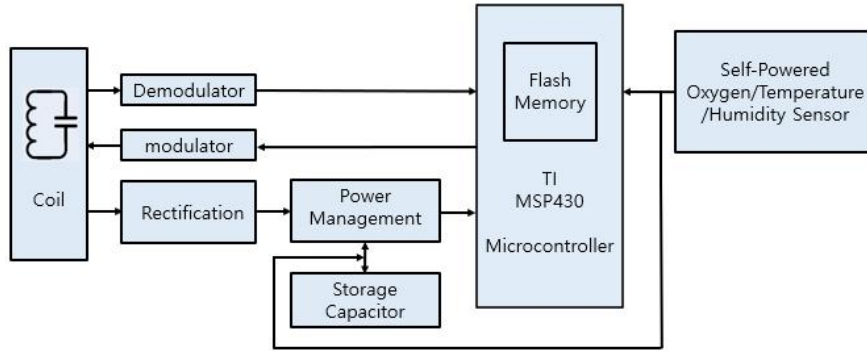


그림 70. 산소, 온도, 습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 블록 선도

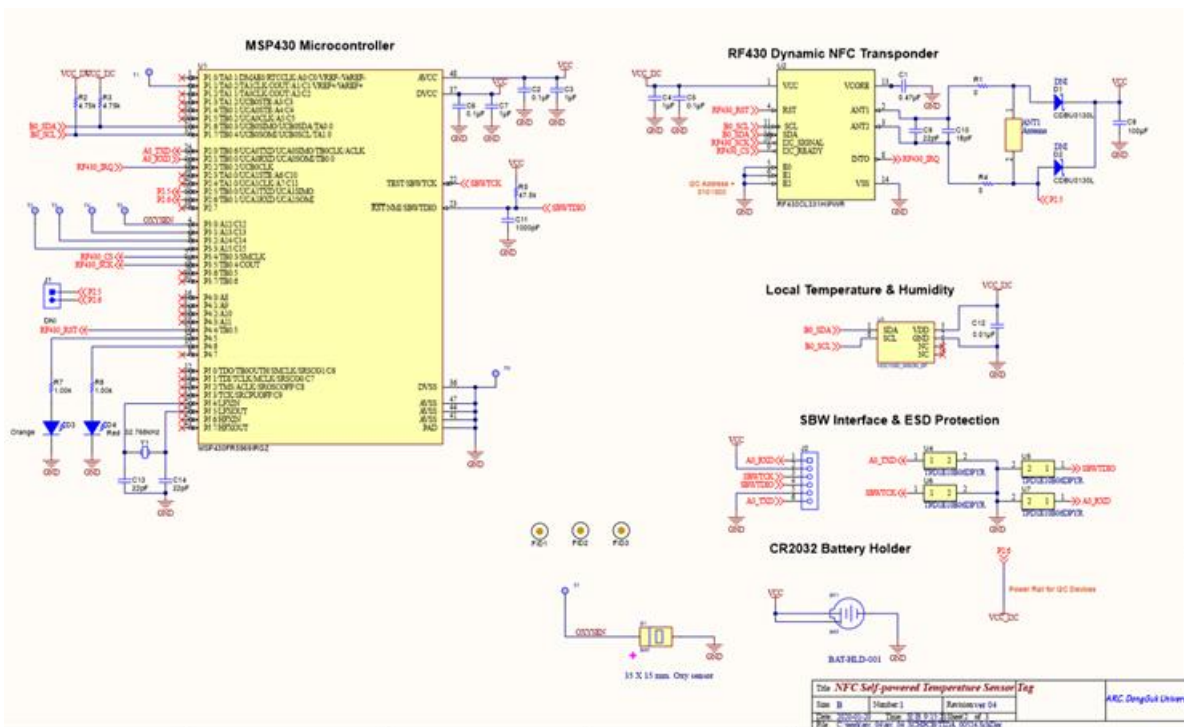


그림 71. NFC RFID 태그의 회로도

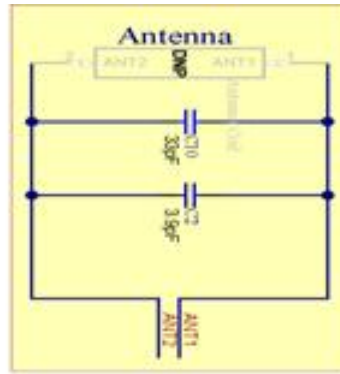


그림 72. NFC RFID 태그의 안테나 회로도

3) NFC 스마트 RFID 태그 시제품 제작

그림 73는 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 아트 워크를 보여 주며 크기는 80mm × 40mm 이다. 본 연구에서 개발된 자가발전형 산소 센서 필름의 음극 측이 공기에 노출되었고, 양극 측이 FPCB를 향했다. 그림 74은 제작한 자가 발전형 산소 및 온도 센서와 결합된 NFC RFID 태그 시제품의 사진이다.

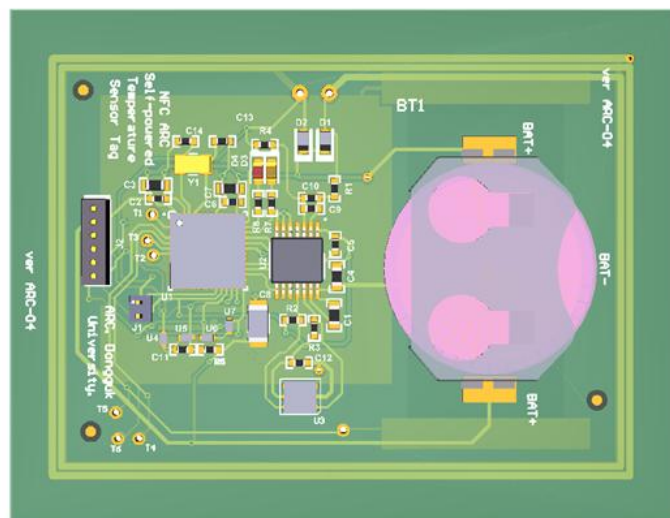


그림 73. 산소, 온도, 습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 아트 워크



그림 74. 제작한 산소, 온도, 습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그 시제품 사진

4) 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 스마트폰 앱

프로그래밍 환경 Android Studio가 스마트 폰 앱의 코드 디자인에 사용되었으며, 사용된 프로그래밍 언어는 Java와 XML이다. Android NFC 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스 및 어드밴스드 NFC API가 NFC 방식의 라이브러리 액세스를 사용된다. 앱의 목적은 NFC RFID 태그에 연결하여 NFC RFID 태그 데이터를 읽고 스마트 폰 화면에 표시하므로 관리자나 소비자는 환경 정보 이력을 쉽게 제공하여 주는 것이다. 그림 75은 산소, 온도, 습도를 주기적으로 측정하여 측정 데이터를 태그의 메모리에 저장하는 환경 정보 이력에 대한 신호 흐름도이며, 그림 76은 개발 된 앱의 초기 화면을 보여준다.

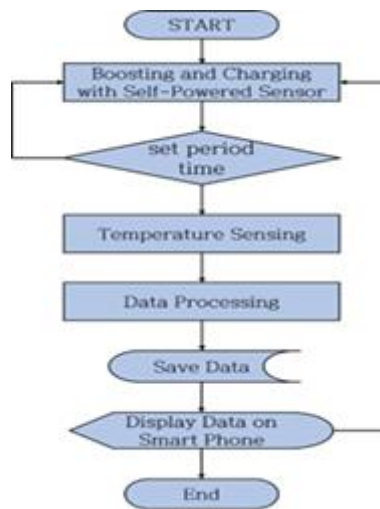


그림 75. 환경 정보 이력을 위한 신호 흐름도

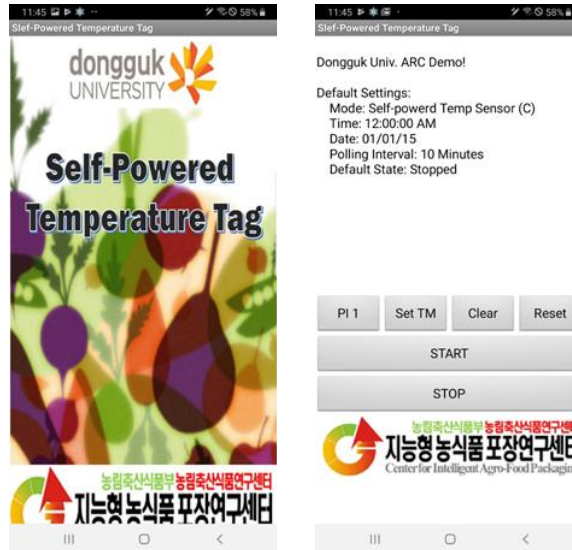


그림 76. 개발된 앱의 초기 화면

5) 결론

최근에 많은 사람들이 높은 삶의 질을 추구하면서 농축산 식품 안전에 대한 관심이 점점 증가하고 있다. 농축산 식품의 품질과 안전성에 큰 영향을 미치는 환경 정보 이력 중 산소 농도, 온도, 습도 이력 정보는 저장, 유통 중에 매우 중요하다. 그러나 기존의 환경 정보 이력 방식은 리더기와 네트워크 구성 등으로 설치 비용이 많이 들고 설치 장소에 제한이 있으며 전체 영역을 다루지 않는 문제점 등이 있다. 또한 유통 기간 중에 관리자나 운송업자가 주기적으로 태그를 체크하여야 하는 번거로움으로 인해 사용을 피하고 있으며, 최종 소비자는 특별히 리더기를 가지고 있지 않으므로 유통 과정에서의 환경 정보 이력을 알기가 쉽지 않다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 새로운 환경 정보 이력 시스템이 필요하므로 차세대 환경 정보 이력 시스템을 제안하였다. 제안한 방법은 NFC 스마트 RFID 태그를 사용하여 생산, 유통과 소비기간 중에 농축산 식품의 품질과 안전에 필수적인 환경 정보인 산소 농도, 온도, 습도 이력을 생산자, 유통 업체 및 소비자에게 실시간으로 언제 어디서나 유비쿼터스하고 편리하게 개인용 스마트 폰으로 알려 준다. 특히, 수출용 농축산 식품의 경우 리더기 설치하기가 어렵고, 운송 중 주기적으로 환경 정보 측정을 할 수 없기 때문에 환경 정보 이력을 알기가 어렵다. 그러나 제안된 방법은 특히 최종 구매자인 소비자는 개인 스마트 폰을 사용하여 유통 중에 산소 농도, 온도, 습도 이력을 쉽게 알 수 있다. 이로 인하여 소비자, 생산자 및 유통 업체가 농축산 식품에 대한 신뢰를 높이고 판매를 증가시킬 수 있으며, 농축산 식품의 폐기나 반품 등을 줄일 수 있어 경제적 이익을 창출하는 데 도움이 된다. 문제가 발생하면 생산 회사와 유통 회사 간의 책임을 명확히 하여 고객과의 분쟁을 줄이는 것도 가능하다. 제안한 차세대 환경 정보 이력 시스템을 설계하기 위하여 먼저 태그 내에 주기적으로 환경 정보인 산소 농도, 온도, 습도를 측정 저장하기 위하여 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서 그리고 스마트 태그 내의 환경 정보 이력 데이터를 읽기 위한 스마트 폰 앱을 개발하였다. 제안한 차세대 환경 정보 이력 시스템은 산소 센서, 온도 센서, 습도 센서, NFC RFID 태그, 스마트 폰, PC 및 서버로 구성된다. 단 PC 및 서버는 데이터 저장 및 관리가 필요한 경우에만 필요하다.

4. 자가 발전형 온도 센서와 연결된 Capacitor의 전하량 변화를 이용한 온도 이력 시스템

1) 제안하는 온도 이력 시스템

콘덴서의 전하량 변화를 이용한 간단한 온도 이력 원리는 NFC RFID 태그와 자가 발전형 온도 센서 사이에 콘덴서를 연결하여 온도 변화에 따른 콘덴서의 전하량 변화량 즉 에너지 총방전을 측정하여 간단하게 온도 변화를 확인하는 것이다. 제안하는 온도 이력 방식은 리더기 설치가 없고, 운송 도중 운송자가 온도 체크를 하지 않아도 태그와 자가 발전형 온도 센서 사이에 콘덴서를 연결하여 유통 중에 온도 변화에 따른 콘덴서의 전하량 변화량을 최종 구매자인 소비자의 스마트 폰으로 측정하여 간단하게 온도 변화를 확인할 수 있다.

제안하는 시스템의 구성도는 그림 77과 같다. C에 저장된 전압을 측정했을 때 운송시간 대비 전압이 높아지면 온도 이상 이벤트 발생을 확인할 수 있으며, 스위치 제어는 소비자가 수동으로 전환하도록 설계하여 사용여부 확인이 가능하다. 초기에는 자가 발전형 온도 센서에서 온도에 비례하는 전하량을 캐패시터에 충전하며, 만약에 운송 도중 온도 상승이 있는 경우 전하량은 증가하여 충전된다. 운송이 끝나고 소비자가 NFC 태그에 스위치를 절체하여 스마트 폰으로 읽으면 온도가 상승한 온도 이력을 확인할 수 있다. 시스템의 구성은 자가 발전형 온도센서, 스위치, 콘덴서, NFC RFID 태그, 스마트 폰 등으로 이루어진다.

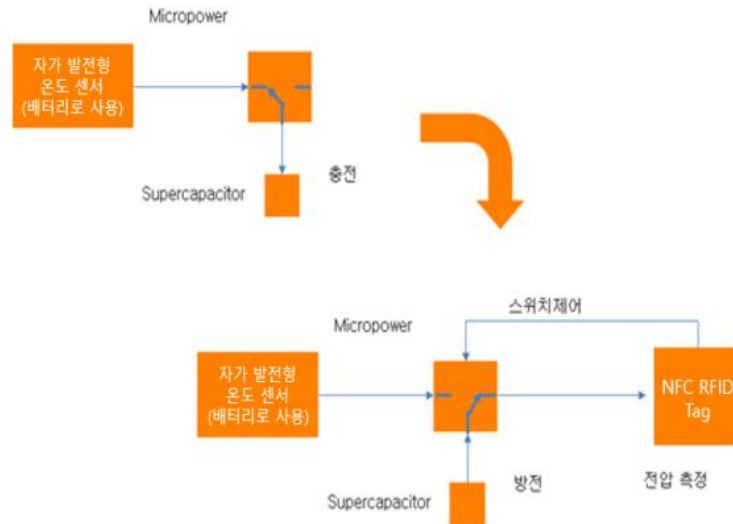


그림 77. 구성도

2) 제안하는 온도 이력 시스템의 설계

자가 발전형 온도 센서는 외부 전원 없이 구동이 가능한 전기화학 센서로서 온도에 따라 산소 투과도 차이에 의해 전압 차가 생기는 것을 이용한다. 즉 전력 공급 없이도 자체 전력으로 콘덴서를 충전할 수 있다. 그림 78에서 자가 발전형 온도 센서의 온도 변화에 대한 전압 변화에 대한 특성 방정식은

$$V = 0.0081 X + 0.1451 \quad (1)$$

이며, 여기서 V는 전압(volt), X는 온도(C) 이다.

자가 발전형 온도 센서에 연결된 콘덴서에 전하량은 식(1)에서, $Q = CV$ 이므로

$$Q = C (0.0081 X + 0.1451) \quad (2)$$

여기서 V는 전압(volt), X는 온도(C), Q는 전하량(coulmn) 이다.

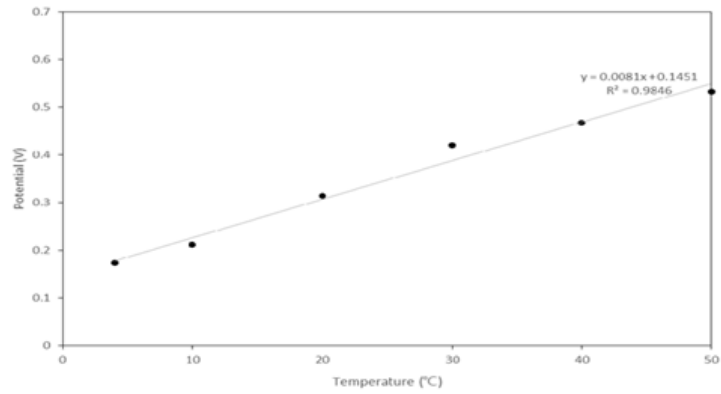


그림 78. 온도 변화에 따른 전압 변화에 대한 특성 그래프

3) C와 연결된 자가 발전형 센서와 융합된 NFC RFID 태그 시제품 제작

C와 연결된 자가 발전형 센서와 융합된 NFC RFID 태그 블록도는 그림 79과 같으며, 전하량 측정 회로는 그림 80, C와 연결된 자가 발전형 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 아트 워크는 그림 81이며, 제작한 사진은 그림 82이다.

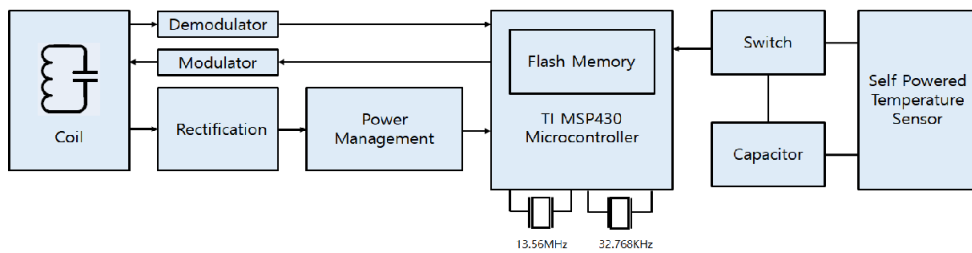


그림 79. C와 연결된 자가 발전형 센서와 융합된 NFC RFID 태그 블록선도

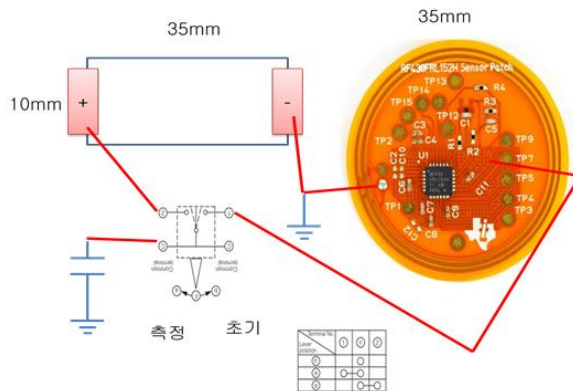


그림 80. 전하량 측정회로

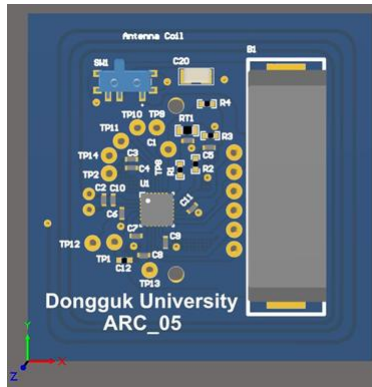


그림 81. C와 연결된 자가 발전형 센서와 결합된 NFC RFID 태그의 FPCB 제품 아트 워크

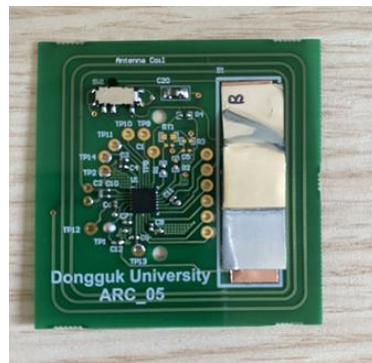


그림 82. 제작한 사진

제안하는 방식은 초기에는 자가 발전형 온도 센서에서 온도에 비례하는 전하량을 캐패시터에 충전하며, 만약에 운송 도중 온도 상승이 있는 경우 전하량은 증가하여 충전된다. 운송이 끝나고 소비자가 NFC 태그에 스위치를 절체하여 스마트 폰으로 읽으면 온도가 상승한 온도 이력을 확인할 수 있다. 콘덴서에 직류 전압을 인가하여 시간에 따라 변화하는 전압 측정 실험 결과는 표 16과 같으며, 시간에 따라 변화하는 콘덴서 최종 전압 측정 그래프는 그림 83이다.

표 16. 콘덴서에 직류전압을 인가하여 시간에 따라 변화하는 전압 결과

전압을 높이는 실험	각각 1시간 실험		
33uF		47uF	
입력전압	출력전압	입력전압	출력전압
0.104V	0.106V	0.102V	0.100V
0.200V	0.200V	0.204V	0.206V
0.102V	0.176V	0.104V	0.189V

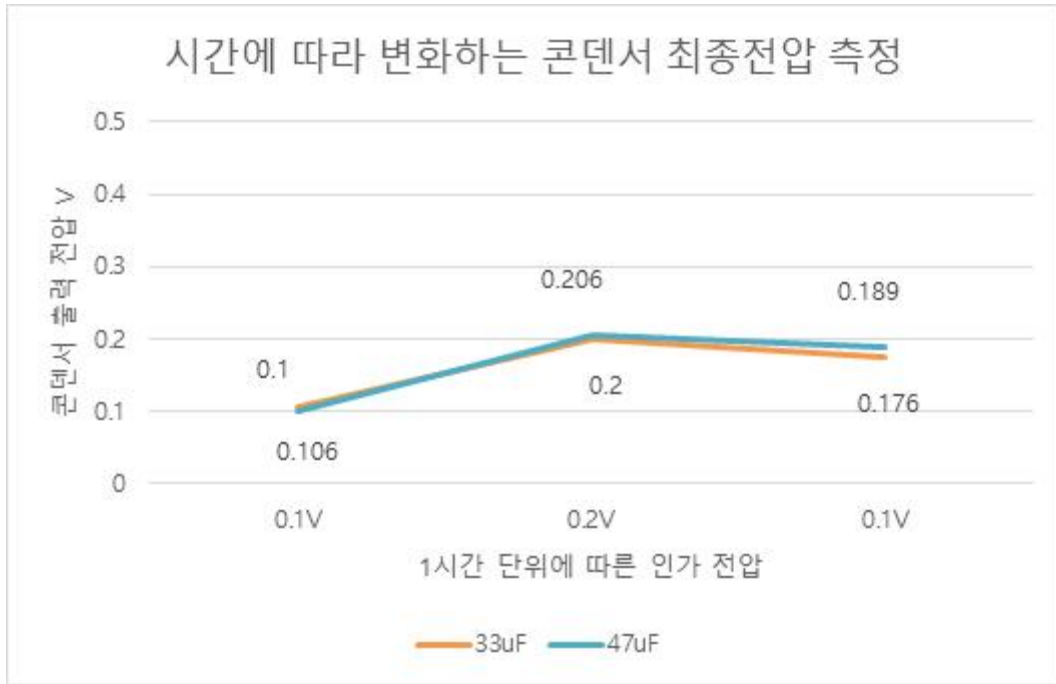


그림 83. 시간에 따라 변화하는 콘덴서 최종 전압 측정 그래프

4) C와 연결된 자가 발전형 센서와 융합된 NFC RFID 태그의 스마트폰 앱

C의 전하량 변화를 이용한 온도 이력 신호 흐름도는 그림 84과 같다.

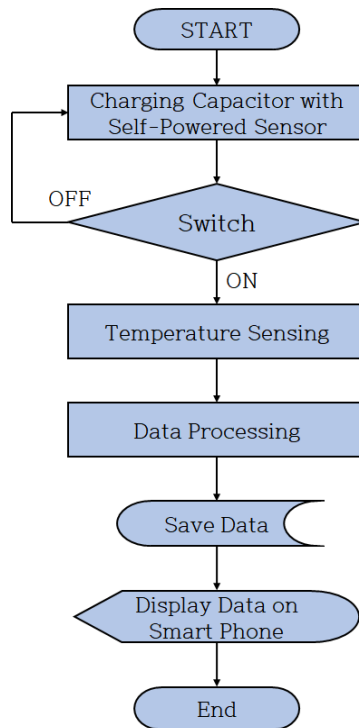


그림 84. C의 전하량 변화를 이용한 온도 이력 신호 흐름도



5) 결론

최근에 안전에 대한 관심이 높아지면서 농축산 식품 등의 안전에 대한 관심도 높아지고 있으며, 유통이나 보관 중에 온도 변화는 농축산 식품 등에 미치는 영향이 크므로 온도 이력 정보는 매우 중요하다. 그러나 현재 사용되고 있는 온도 이력 방식은 고정 설치된 리더기를 사용하여야하고, 설치 장소의 제한으로 인해서 전체 지역을 충분히 커버하지 못하며, 리더기로 운송자가 주기적으로 체크해야 하며, 그리고 최종 소비자는 유통 중의 온도 이력을 알기가 쉽지 않다. 그러므로 본 연구에서는 새로운 온도 이력 방식을 제안하였다. 제안하는 방식은 NFC RFID 태그와 자가 발전형 온도 센서 사이에 콘덴서를 연결하여 유통 중에 온도 변화에 따른 콘덴서의 전하량 변화량, 즉 에너지 총방전을 최종 구매자인 소비자의 스마트폰으로 측정하여 간단하게 온도 변화를 확인할 수 있다. 제안하는 온도 이력 시스템은 자가 발전형 온도센서, 스위치, 콘덴서, NFC RFID 태그, 스마트폰 등으로 구성하였다. 상술한 바와 같이 제안한 방식은 소비자, 생산자 및 유통 업체가 농축산 식품에 대한 안전 및 신뢰를 높여 주어 판매를 증가시킬 수 있으며, 농축산 식품의 폐기나 반품 등을 줄일 수 있어 경제적 이익을 창출할 수 있으며, 또한 문제가 발생하면 생산 회사와 유통 회사 간의 책임을 명확히 하여 고객과의 분쟁도 줄일 수가 있다.

[2-1 협동] 이에스애니 연구내용

▣ 3 단계

[최종목표 및 달성]

3단계	최종 목표	달성	비고
<ul style="list-style-type: none"> 1차년도 	<ul style="list-style-type: none"> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(횡성한우) 	<ul style="list-style-type: none"> 산업화를 위해서 지능형 농식품 포장 유통 시스템에 기반한 쇼핑몰을 개발하였음. 2-1세부과제에서 개발해온 지능형 온도 센서 기반의 시스템의 적용을 위한 기술을 개발하였으며 쇼핑몰과 연계 기술을 개발하였음 	
<ul style="list-style-type: none"> 2차년도 	<ul style="list-style-type: none"> 식품 포장 및 제조·유통시스템의 산업화 시제품의 시범사업 	<ul style="list-style-type: none"> 경기농협에 대한 시스템 구축용 현지 조사 실시 물류운송기업 화물망의 신선물류 온도서비스 시범 구축과 신선물류 온도시스템 구축 비즈니스 모델 개발 	

- 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(횡성한우):** 본 연구는 1차년도에 2-1세부기술의 산업화를 위해서 지능형 농식품 포장 유통 시스템에 기반한 솔루션을 사업화하는 것이 주요 목표이다. 당초 계획은 횡성한우를 대상으로 시스템을 구축하여 산업화를 추진하고자 하였으나 횡성한우측의 사정으로 당 기술의 적용이 유보되었다. 이에 본 과제 기술을 적용하는 온라인 쇼핑몰을 구축하게 되었다. 지능형 온도 센서 기반의 시스템 적용을 위한 기술들이 상용화 시스템을 위해서 적용되었다. 특히 다양한 브랜드 한우들의 입점을 위해서 온라인 쇼핑몰 시스템이 개발되었으며 소고기의 보장 및 운송시의 온도 및 습도와 같이 고기 품질에 영향을 주는 인자들을 모니터링 할 수 있는 온도, 습도 센서 기반의 모니터링 시스템이 적용되었다. 이러한 과정은 소포장 박스에 부착된 센서에 저장되는 정보를 통해서 수행되며 특정 구간에서의 온도와 습도의 정보를 스마트폰 앱을 통해서 사업자가 편리하게 모니터링 할 수 있게 해준다. 본 과제의 해당 기술을 한성한우에 대해서 적용하였으며 브랜드 한우의 2-1세부 기술에 기반한 산업화를 위한 발판을 마련하였다.
- 식품 포장 및 제조·유통시스템의 산업화 시제품의 시범사업:** 본 연구에서는 경기농협 현장방문을 통해서 사용자가 원하는 요구사항을 수집하였고, 이에 적합한 시스템인 온도 이력추적 시스템은 생산자인 경기농협 뿐 아니라 제품을 운송하는 물류회사와도 밀접한 관계를 가지고 있고, 경기농협뿐 아니라 물류회사를 대상으로 사업화를 하는 것을 고려해야 한다는 사실도 확인하였다. 이에, 경기농협에 제안한 Simple Sensor 기반인 데이터 로거(Data Logger) 및 스마트폰 앱 기반의 온도 습도 이력 모니터링 시스템을 제안하였으나, 경기농협의 사정으로 사업화는 유보되었다. 생산자의 적은 마진에 의해서 생산업자가 본 과제 시스템을 구축하는데 애로가 있으며 따라서 미국과 같이 제3자 물류업체를 통한 신선식품 안심 서비스가 구축되는 시점에서 산업화가 활발하게 전개될 것으로 판단되었다. 특히, 본 과제 기술의 경우, 해외와 국내의 신선식품 물류 구간에서의 적용에도 가능성이 크다고 판단되었다. 일단, 무역구간은 단위 거래 물량과 금액이 내수보다는 크기 때문에, 인프라 도입 비용에 대한 수용력 면에서 내수보다 유리하다고 판단하여 이를 위한 설계안을 도출하였다.

[1차년: 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업(횡성한우)]

1. 산업화를 위한 지능형 온도 센서 기반의 시스템 구축 및 쇼핑몰 개발

횡성한우, 유제품 등의 브랜드화를 위한 본 2-1협동과제의 연구 목표는 식품 포장 및 제조, 유통시스템 시제품 개발, 현장기업 적용 및 제품화를 목적으로 한다. 이를 위하여 1, 2단계에서 개발된 식품 포장 및 제조, 유통시스템의 개발 완료한 시제품을 기반으로 시제품을 소프트웨어 엔진 또는 솔루션으로 개발한다. 이를 횡성한우 및 경기농협 김치 제조?유통 적용 현장에 현장 적용한다. 현장의 요구분석 방법론을 통해 SI(System Integration)형태로 솔루션을 구축하여 최종 제품화, 사용화를 최종 목표로 한다.

이를 위해서 다음과 같은 모델을 개발하였음.



그림 1. 2-1협동의 ㈜이에스애니의 시스템 개념도

2-1세부 기술 지능형 물류 관리 시스템 적용 및 2-1협동 이에스애니의 역할은 각각 다음과 같음

- 지능형 농식품 포장 연구센터에서 7년간 개발한 제품 이력 및 온도 이력 추적 기능 적용 (RFID기술 / 온도센서 및 바코드)
- 제품의 온도 이력을 서버로 전송하여 신선식품의 품질 신뢰성 확보함. 이를 위해서 구매물건인수 시점에서 종립적으로 수집되어 보관되는 운송구간 온/습도 자료는 클레임, 보험처리 등의 대응 자료로 활용 가능
- 2-1협동 (주)이에스애니의 역할은 다음 그림과 같이 2-1세부 지능형 물류관리 시스템의 기술을 이전 받아, 적용 산업에 맞는 하드웨어를 사용하여 사용 가용도가 높은 웹서비스 기반의 비즈니스 모델 플랫폼을 구현하여 제품화 및 특허출원, 관련 기술인증을 목표로 하고 있으며, 더 나아가 관련 사업에 지능형 농식품 포장 유통 시스템을 활용한 매출 발생을 이루자 한다.



그림 2. 2-1세부 동국대, 2-1협동 이에스애니 역할 개념도

지능형 농식품 포장 유통 플랫폼 구축에 따른 참여기업의 효용 및 차별성은 다음과 같음.

다음은 지능형 농식품 포장 유통 시스템 플랫폼 개념도이며 참여기업의 효용을 나타내면 다음과 같다. 타 시스템(쇼핑몰, 판매사이트 등)와의 차이점은 일반적인 상품안내-구매-결제 시스템을 지원하는 시스템이 아닌, 유통 경로별 온도 관리 현황 및 유통 이력을 제공하기 위하여 판매기업의 플랫폼 입점을 협회 차원에서 유도하며, 유통 마진 개선을 위하여 신유통 채널(범용 쇼핑몰 적용)을 구축할 수 있다.



그림 3. 지능형 농식품 포장 유통 시스템 플랫폼 구축 및 참여기업의 효용

1) 지능형 농식품 포장 유통 시스템 시제품을 개발

각 축협의 온라인 쇼핑몰 또는 기간 시스템의 비표준으로 각 적용을 용이하게 하고자 쇼핑몰 및 시스템의 표준화 작업을하여 브랜드 한우와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축 한우의 부위별 및 한 마리, 반 마리의 공동구매로 B2B/B2C 유통망 구축

- 정육판매자의 기존 소비자 정보를 활용한 공동판매 방식
- 생산지 증명 및 지능형 물류관리 시스템을 활용한 제품의 신뢰성 확보
- 생산지 증명 및 지능형 물류관리 시스템을 활용한 안심구매 방식으로 제품 및 브랜드의 가치 증대와 소비자 확보임.

이를 위해서, 정육판매자가 보유하고 있는 소비자의 정보를 이용하여 공동구매 활성화

- 기존 고객의 전화번호 활용하여 문자 및 SNS 활성화 (,카카오톡,인스타그램,페이스북..)
- 향후 모바일 App를 통해 푸쉬 기능으로 상품 및 구매정보 제공
- 횡성한우의 생산지증명과 지능형 물류관리시스템의 온도이력으로 정육업자의 일탈행위 방지 수행



그림 4. 지능형 농식품 포장 유통 시스템 시제품 사이트 맵

표 1. 브랜드 한우의 소비자 직거래를 위한 쇼핑몰 시스템 구축 설계안

안심온도이력 기반의 b2b 쇼핑몰 시제품 개발 - html5기반의 반응형 웹으로 개발 - 개발언어 : JAVA ,JDK 1.8 미들웨어 : TOMCAT 8.0 DBMS(데이터베이스 시스템) : MYSQL

이러한 시스템의 구축을 위해서 지능형 유통시스템 시장 규모(콜드체인)의 시장 규모를 확인하였다.

조사 결과,

2017년 이후 평균 7% 성장 예상되며, 2020년 2712억달러 시장규모 예상 (미국 시장 조사기관 마켓앤마켓) 되었다.

또한 중국,인도,베트남 등 아시아 지역 국가 중심 콜드체인 시장 급성장 예상되었으며 국내 식품 콜드체인 시장 규모 6조~9조(2015년기준)을 넘어서서 2020년에는 10조 이상의 시장 규모가 예상되었다.

또한, 축산 B2B 쇼핑몰 시장 규모는 아래와 같이 조사되었다.

기업자간거래 (B2B) :년간 13조이상이며 기업과 소비자가 거래(B2C)는 년간 20조 이상이였다.

2-1협동에서 추진하고자 하는 브랜드 한우 시장의 규모는 우수 한우 브랜드 수 : 약 26개이며, 우수 한우 브랜드로 황성한우,토바우,팔공상강한우,총채보리한우,치악산한우 등 기타 26곳으로 조사되었다.

따라서, 2-1협동과제에서는 하기의 계획을 수립하였다.

우수 한우 브랜드 수는 약 26개, 전국 축산 도,소매업체 수는 11,000개로 조사되었다. 따라서 우수한우 브랜드에 지능형유통시스템 솔루션 중 하기의 솔루션을 선택적으로 판매가능하다고 판단되었으며 이 경우, 시스템 구축 비용으로 하기의 가격으로 판매비용을 산정하였다.

-지능형유통시스템 (온도습도이력시스템) : 솔루션 가격 10,000,000원

-지능형유통시스템 (EPCIS 솔루션) : 솔루션 가격 100,000,000원



그림 5. 2-1세부과제의 지능형 물류 관리 시스템과 2-3세부과제의 B2B 브랜드 한우 공동 구매 쇼핑몰 기술의 결합도



그림 6. 메인디자인



그림 7. 서브디자인

테이블명		공통코드분류정보	테이블ID		COMTCCMMNCLCODE		
테이블설명명		공통코드의분류 정보를 관리					
SEQ	컬럼명	컬럼ID	데이터타입	길이	NULL	PK	비고
1	분류코드	CL_CODE	NCHAR	3	N		
2	분류코드명	CL_CODE_NM	NVARCHAR2	60			
3	분류코드설명	CL_CODE_DC	NVARCHAR2	200			
4	사용여부	USE_AT	NCHAR	1			
5	최초등록시점	FRST_REGIST_PNTTM	DATE				
6	최초등록시점 등록자 아이디	FRST_REGISTER_ID	NVARCHAR2	32			
7	수정일	LAST_UPDT_PNTTM	DATE				
8	수정자고유키	LAST_UPDUSR_ID	NVARCHAR2	32			

테이블명		공통코드정보	테이블ID		COMTCCMMNCODE		
테이블설명명		공통코드의 정보들관리					
SEQ	컬럼명	컬럼ID	형식	길이	NULL	PK	비고
1	코드ID	CODE_ID	NVARCHAR2	6	N		
2	코드ID명	CODE_ID_NM	NVARCHAR2	60			
3	코드ID설명	CODE_ID_DC	NVARCHAR2	200			
4	사용여부	USE_AT	NCHAR	1			
5	분류코드	CL_CODE	NCHAR	3			
6	최초등록시점	FRST_REGIST_PNTTM	DATE				
7	최초등록자고유키	FRST_REGISTER_ID	NVARCHAR2	32			
8	수정일	LAST_UPDT_PNTTM	DATE				
9	최종수정자고유키	LAST_UPDUSR_ID	NVARCHAR2	32			

테이블명		공통코드상세	테이블ID		COMTCCMMNDETAILCODE		
테이블설명명		공통코드상세정보를 관리					
SEQ	컬럼명	컬럼ID	형식	길이	NULL	PK	비고
1	코드ID	CODE_ID	NVARCHAR2	6	N		
2	코드	CODE	NVARCHAR2	20	N		
3	코드명	CODE_NM	NVARCHAR2	180			
4	코드설명	CODE_DC	NVARCHAR2	200			
5	사용여부	USE_AT	NCHAR	1			
6	최초등록시점	FRST_REGIST_PNTTM	DATE				
7	최초등록자고유키	FRST_REGISTER_ID	NVARCHAR2	32			
8	수정일	LAST_UPDT_PNTTM	DATE				
9	최종수정자고유키	LAST_UPDUSR_ID	NVARCHAR2	32			
10	순번	ORD	NUMBER	3			

그림 8. 관련 DB테이블

ADMINISTRATOR MODE

기본관리 | 등록관리 | 게시관리 | 회원관리 | 결제/통계관리 | 서비스관리 | 디자인관리 | 고급자설정

기본환경설정
Default Properties

관리자비밀번호 검색하세요

미적용환경설정

- 미적용환경설정
- 미적용디자인설정
- 구글 신용도 설정
- 추천카카오
- 협업할유저 환경설정
- 네이버블로그연동설정

솔루션환경설정

- 환경설정
- 지도API
- 카카오 API 설정
- 사업자정보등록
- 관리자 접속리스트
- 질문조사 관리
- 자율환경 단어설정
- 차단 단어 설정
- 구인유선설정
- 지역설정

관리자 접속설정

접속시도 P지장 OFF

관리자 정보

관리자아이디

사이트이메일

현재 홈페이지주소

사이트 환경설정

도움말

MySQL 호스트명, MySQL 접속아이디, MySQL 접속패스워드, DB명, 사이트접속권대관리, 이미지주소, 쿠키설정주소 등의 정보에 대해서 갈 모를 경우 되도록이면 변경하지 마시고, 최초 설정(메트릭)은 정보 그대로 적용하시기 바랍니다.

- 만약, 위 항목사항들에 대해서 잘못된 정보변경에 이루어지면, 사이트작동이 정상적으로 되지 않을 수 있으니 유의하시기 바랍니다.

사이트 이름	<input type="text" value="해피도매물(B2B형) B타입 Ver1.7"/>
관리자번호	<input type="text" value="01012345678"/>
사이트 연락처	<input type="text" value="07070188180"/>
SMS 발급아이디	<input type="text" value="test3"/>
SMS 발송여부	<input checked="" type="radio"/> 테스트모드 <input type="radio"/> 정상
Host Name	<input type="text" value="127.0.0.1-6033"/>
SQL User ID	<input type="text"/>
SQL Password	<input type="text"/>
DB Name	<input type="text"/>
관리자 이메일	<input type="text" value="mintwo@happycgi.com"/>
관리자 ID	<input type="text" value="test"/>
관리자 Password	<input type="text" value="test"/>

그림 9. 메뉴 구조

2) 지능형 농식품 포장 유통 시스템 시제품 현장적용(한성 한우)

지능형 농식품 포장 유통 시스템 시제품 현장적용을 위한 MOU 체결

- 한성한우 : 주 2톤 축협에서 공동 일괄 구매, 10여 품목 처리

시제품 현장적용 대상기업(한성한우 : 식육포장처리업체)



그림 12. 한성한우의 상품 및 로고화면



그림 13. 한성한우-쥬이에스애니 MOU 체결(2018.05)

■ 한성한우 현장적용



시스템 현장 적용 및 사용 방법 교육



3) 지능형 농식품 포장 유통 시스템 현장적용을 위한 시스템 웹 메뉴얼 구축

표 2. 지능형 농식품 포장 유통 시스템 현장적용 피드백(한성한우)

현장적용 전 고려사항	시범 적용 피드백
<ul style="list-style-type: none"> - 국내 한우 유통의 경우 복잡한 유통경로 및 중복 유통 마진 발생 - 한우 구입시 가격과 신선도, 안정성을 중요하게 고려 - 한우 주요 구매처는 85% 이상이 농축협 매장 혹은 대형할인점에서 구입함. 큰 기업들이 운영하는 대형매장들에 대한 식품 품질에 대한 높은 신뢰감 가짐 - 소규모 중간 식육포장처리업체를 위한 신뢰성 있는 고객 서비스 필요 - 관련 시스템 적용시 업체가 받아들일 순응도 및 적응 관련 문제 고려 - 도입 비용의 절감 - 적용 기업에 적합한 시스템 도입 또는 도입 여부를 확정 여부 - 관련 시스템 적용으로 인한 매출 증대 및 	<ul style="list-style-type: none"> - 관련 시스템 적용시 업체가 받아들일 순응도 및 적응 관련 문제 고려 - 도입 비용의 절감 - 적용 기업에 적합한 시스템 도입 또는 도입 여부를 확정 여부 - 관련 시스템 적용으로 인한 매출 증대 및 브랜드 가치 증대 효과 여부

서비스 팜플렛 작성 및 사용자 매뉴얼 제작



그림 14. 서비스 팜플렛 및 사용자 매뉴얼

라. 지능형 농식품 포장 유통 시스템 현장적용(한성한우) 시 소비자 지불의사 금액(판매가) 추정

지능형 농식품 포장 유통 시스템의 도입과 관련하여 시스템 미적용시, 시스템 적용시, 마케팅 비용 추가시 등의 경우별 산출되는 판매가는 명확히 구별하여 검토하기는 어렵다. 그러나 일반적으로 소비자가 특정 재화나 서비스에 대해 나타내는 선호를 분석하는 방법에는 다양한 방법론들이 존재한다. 가령

2009년 이현동 외 수산물 저온유통의 속성별 지불의사금액 추정에서는 수산물을 구매하는 소비자들이 상온 유통 수산물에 비해 저온유통 수산물에 얼마만큼 더 높은 가치를 부여하고 있는지 평가하여 향후 체계적인 저온유통시스템 도입을 위한 기초 자료를 제시하였다.

2005년 김종우는 쇠고기 이력추적시스템 도입에 대한 소비자 태도와 시장가치 연구를 통해 이력 추적시스템에 대한 소비자 인지도를 파악하고 경제적 가치를 평가하였다.

표 3. 이력추적시스템 실시에 따른 추가의사지불금액(쇠고기 600g 기준)

		(단위 : 명,%)						
문항 구분	무응답	2,000원 미만	2000원(이상~ 4000원(미만)	4000원~ 6000원	6000원~ 8000원	8000원~ 10,000원	10,000원 이상	합 계
응답자수	181	384	169	33	135	48	230	1,180
비 율	15.34	32.54	14.32	2.80	11.44	4.07	19.49	100.00

주 : 이력추적시스템 실시에 따른 쇠고기 1근(600g) 구매시 평균 추가의사지불금액 = 8,399.65원. 단, 전체 응답자 중 무응답자를 제외 한 999명을 대상임.

2005년 김종우의 연구에서 이력추적시스템 실시에 따른 추가의사지불금액(쇠고기 600g 기준 당시 22,500 원)으로 최소 1.2배-최대 1.4배 정도가 추가의사지불금액이라고 조사되었다. 2009년 이현동 외의 연구에서도 저온유통시스템으로 관리된 수산물의 경우 최소 1.3배-최대 2.6배의 가격이 추가의사지불금액이라고 조사되었다.

표 4. 저온유통시스템 도입의 속성별 한계지불의사금액

		단위 : 원(1마리), %	
속 성	속성 수준이 변화(개선)	한계지불의사금액	비중
어선에서 저온보관 여부	미보관 → 보관	1,445	22.3
수배송시 차량의 종류	일반트럭 → 저온차량	1,386	21.4
포장(보관) 용기의 종류	나무어상자 → 스티로폼박스	1,314	20.3
유통단계에서 저온시설 이용 여부	이용하지 않음 → 일부 단계에서 이용	1,171	18.1
	일부 단계에서 이용 → 모든 단계에서 이용	1,161	17.9
	소계	2,331	36.0
합 계		6,476	100.0

다음은 한우를 구입시 가장 중요하게 고려하는 사항으로 한우고기의 가격과 고기의 신선도와 안정성, 고기의 맛과 품질이 전체의 82.22%를 차지하는 것을 볼 수 있다. 지능형 농식품 포장유통 시스템은 소비자들이 중요하게 고려하는 고기의 신선도와 안정성, 그리고 고기의 맛과 품질을 보장하는 통합 플랫폼으로 소비자 지불의사 금액을 추정하는데 이전 연구들에서 이력추적 시스템, 저온유통시스템의 도입과 같이 연관성을 추정할 수 있다.



그림 15. 한우를 구입시 가장 중요하게 고려하는 사항
출처 : 한우생산단계별 원가 및 유통, 소비 및 소비처 동향조사연구, 강원대, 2010, 면접조사방법, 표본수 1,200개

지능형 농식품 포장 유통 시스템의 도입으로 소고기 유통의 속성 및 수준을 정의하면 표 5와 같다.

표 5. 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 도입으로 소고기 유통의 속성 및 수준을 정의

속성(Attributes)	속성별 수준(Level)
지육 단계에서 저온시설 보관 여부	미보관, 보관
수배송시 차량의 종류	저온트럭(냉장탑차)이용, 저온트럭(온도관리모듈탑재된 냉장탑차)이용
포장(보관)용기의 종류	일반 MAP 포장, 온도관리모듈탑재된 특수용기
유통/보관중 온도정보 제공 유무	미제공, 제공
유통이력 추적 여부	미추적, 추적

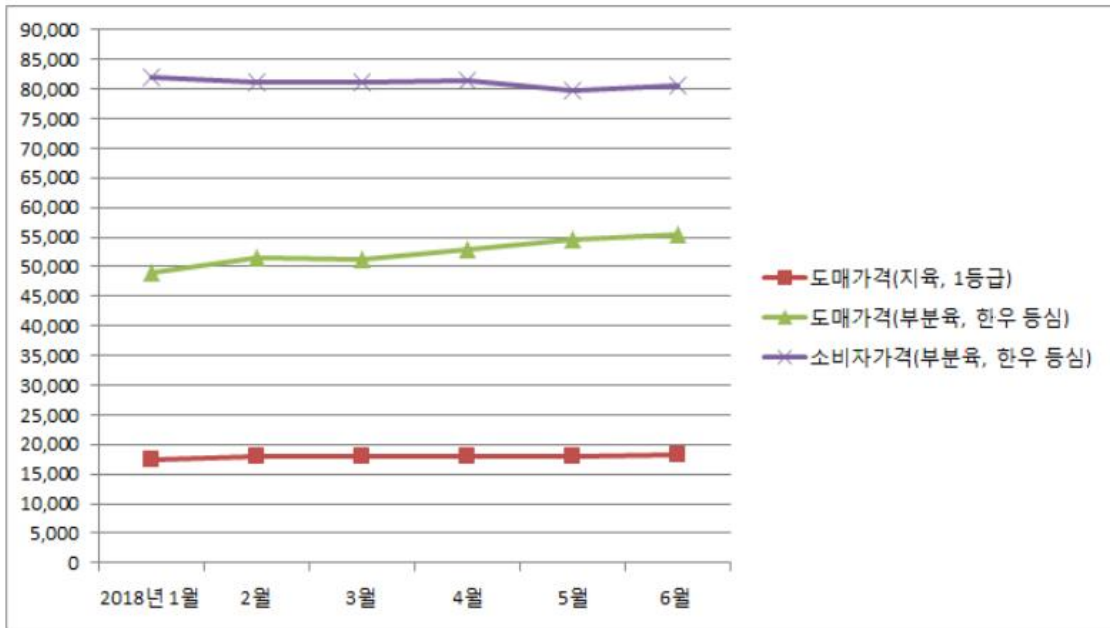


그림 16. 2018년 1월-6월 사이 한우 시세(지육, 부분육)

출처 : 축산유통종합정보센터

2018년 1월에서 6월사이 1등급 한우 시세를 반영하면 지육 도매가의 경우 1kg 당 평균 17,579원, 부분육 한우 등심 도매가의 경우 1kg 당 평균 52,467원, 부분육 한우 등심 소매가의 경우 1kg 당 평균 81,027원으로 조사되었다. 지능형 농식품 포장 유통 시스템 도입으로 이력추적과 저온유통의 도입으로 소비자 지불의사 금액을 추정가는 최소 1.2배-최대 2.6배로 추정가능하며, 이는 마케팅 비용이 포함된 금액으로 추정할 수 있다.

또한 소고기 유통망에서도 판매회원의 입점으로 공동구매를 통해 판매회원이 구매회원에게 소량 제품의 배송/제공이 가능하게 되므로 유통 마진이 개선과 더불어 앞서 추정한 소비자 지불의사 금액만큼의 추가된 금액으로 공급사 마진의 확보가 기대된다.

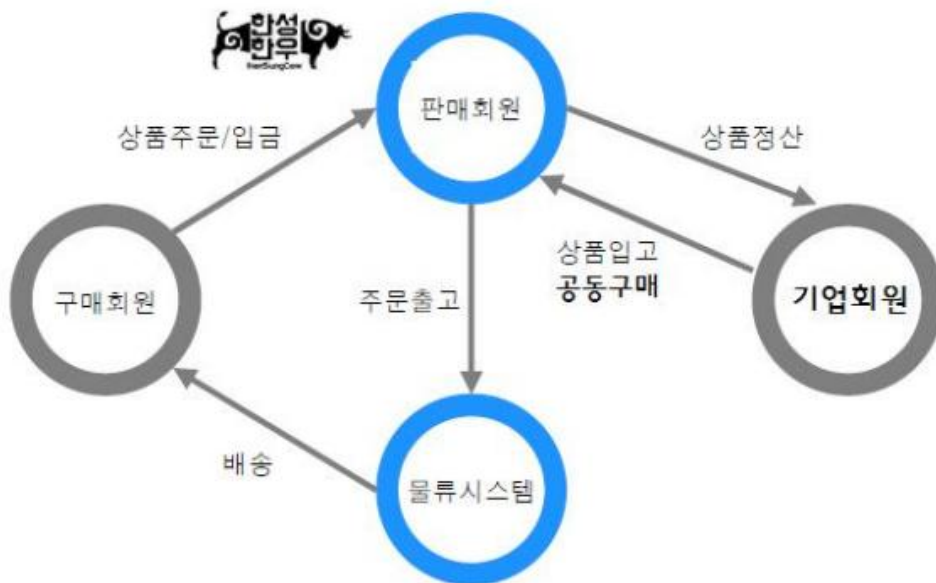


그림 17. 쇠고기 유통망 개선을 통한 유통 마진 발생

[2차년: 식품 포장 및 제조/유통시스템의 산업화 시제품의 시범사업]

1. 식품 포장 및 제조/유통시스템의 산업화 시제품의 시범사업

2차년도에는 경기 농협의 김치 제조, 포장 및 유통 과정의 온도를 측정하여 이력을 추적할 수 있는 시스템을 구축하고자 하였다.



그림 18. 경기농협 김치 유통망 온도 이력 추적 시스템 개요



그림 19. 경기 농협 김치 대상 시범사업 적용을 위한 현장 방문

이를 위해서 경기농협 대상 AS-IS 분석 하고 요구사항들을 하기의 표와 같이 정리하여 수렴하였다.

표 6. 경기농협의 요구사항 정리표

창고/제조단계에서 온도관리서비스 요청	비고
- QC(품질관리) : 원하는 일자/시간과 장소의 온도 이력 요구	
- 공무(시설관리) : 실시간 온도 상황 요구 / WIFI-모바일앱 방식 요청	실시간 모니터링 요청
- 일자별/온도관리 위치(창고, 탈수실 등)/단위 생산 로트(Lot)별 온도이력 확인 지원, 이상온도 등 Reporting Haccp 개선사항 증빙지원이 필요 구축 비용에 대한 애로 사항	
- 이익률 작아 시설 투자에 애로 사항 있음	

2-1세부과제 개발팀과 2-1협동의 (주)이에스애니의 개발팀은 경기농협 현장방문을 통해서 사용자가 원하는 요구사항을 수집되었고, 특히 일자/시간/장소 별로 온도 이력에 대해서 알고 싶다는 요구사항을 수집하게 되었다. 또한 이러한 온도 이력추적 시스템은 생산지인 경기농협 뿐 아니라 제품을 운송하는 물류회사와도 밀접한 관계를 가지고 있고, 경기농협뿐 아니라 물류회사를 대상으로 사업화를 하는 것을 고려해야 한다는 사실도 확인하였다.

이에 따라서 경기농협에 구축가능한 솔루션에 대한 시스템의 구축비용은 하기의 표와 같은 구성을 반영하였다.

표 7. 경기농협에 제안한 Simple Sensor 기반인 데이터 로거(Data Logger) 및 스마트폰 앱 기반의 온도 습도 이력 모니터링 시스템의 구축 비용

재료	구입처	규격	비고
온도 센서	(주)이에스애니	안드로이드 device	
온도 로거	(주)이에스애니	WI-FI 온도 센서	
스마트폰	삼성, LG	안드로이드 운영체제	
랩탑(laptop)	삼성, LG	윈도우즈 운영체제	
DB	Oracle, Microsoft 등	relational database system	빅데이터 운영 DB를 원할시 2-1세부에서 개발한 MongoDB 기반의 데이터베이스 기술로 구축
온도 기반 센서 운영 플랫폼	(주)이에스애니	웹/앱(app) 기반	
SI(시스템통합)구축 비용	(주)이에스애니	Domain 요구사항별 견적이 반영 (월정액 운영서비스 요금제비용) 국내 SI 표준 작업 준수	
하드웨어 구성은 스마트폰 및 온도센서 기기 구매를 포함하여 실제 상업용 사이트에 판매 시점의 SI 구축 조건 및 구매조건에 따라서 변동 가능함 당 시스템의 수요 기업의 요구사항 변경에 따라서 하드웨어 구성은 변동 가능			

조사결과 생산자인 경기농협가 주체적으로 생산제품(김치)에 대한 온도이력관리를 하고자 하는 노력도 있지만, 중간 운송을 맡고 있는 물류회사도 화주에 대한 서비스의 일환으로 운송기간 내 온도이력관리를 하고자 하는 수요도 있다는 것 역시 확인할 수 있었다.

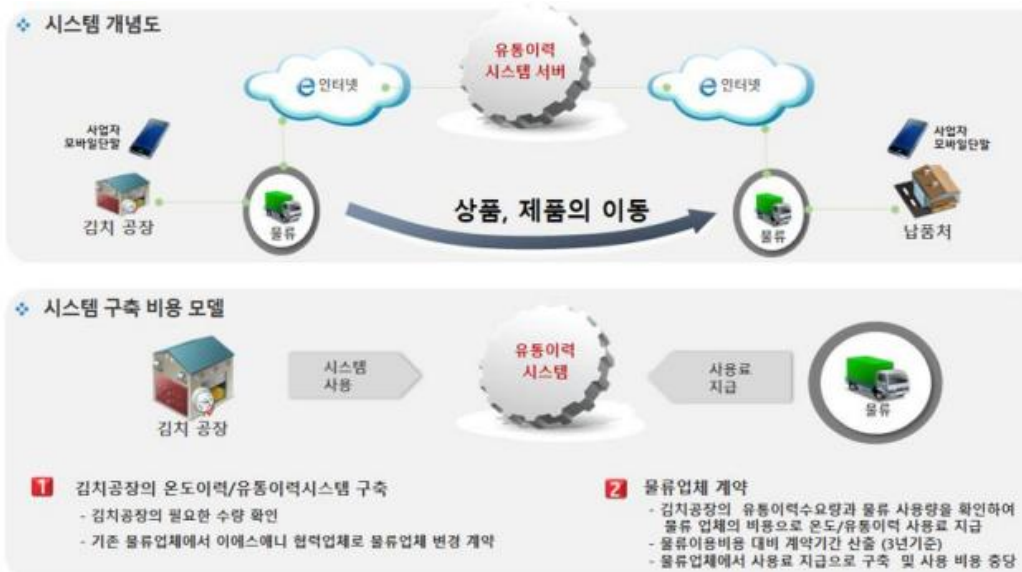


그림 20. 경기농협 김치 유통망 온도 이력 시스템 구축 비용 모델

이러한 분석을 통해서 다음과 같은 김치 유통망 온도 이력 시스템의 구축 방안이 도출되었다.

표 8. 김치 유통망 온도 이력 시스템의 구축 방안

항목	애로 사항 및 요청 사항 내용	2-1세부과제 기술로의 대응 여부
1	데이터 로거를 활용하여 김치 유통 과정에서(ex: 대리점 등) 단위 생산 로트(Lot) 별/위치별 온도이력관리, 이상온도 시 검증/개선사항으로 Reporting 지원	2-1협동인 (주)이에스애니의 데이터 로거 기술과 스마트폰 앱 기술 그리고 2-1세부과제의 빅데이터 기술과의 결합에 김나한 융합 시스템에 기반한 협업으로 대응

2-1협동 (주)이에스애니의 산업화 시스템인 온라인 쇼핑몰 플랫폼의 특징점은 하기의 그림과 같이 표현된다.

먼저, 쇼핑몰 플랫폼에 접근하는 소비자를 위해서 빠른 반응의 반응형 웹 기반의 직관적이고 편리한 인터페이스를 제공한다. 그리고 2-1세부과제의 강력한 MongoDB 기반의 데이터 처리 및 통합 기능을 제공한다. 또한 물류 공정에서의 품질과 신뢰성 확보를 위한 IT 기술의 유기적 결합된 서비스를 제공한다. 마지막으로 물류 서비스 업자(예: 쿠팡 등)를 위한 다양하고 신속한 리포팅 및 물류 서비스 정보의 시각화 서비스를 제공함으로써 대시보드의 기능을 기반으로한 마케팅 전략 수립 및 영업 관리 분석을 제공한다.



그림 21. 2-1협동 (주)이에스애니의 산업화 시스템의 특징점

표 9. 경기농협 김치 유통/재고관리 중 애로 사항 및 요청사항 정리

항목	애로 사항 및 요청 사항 내용	2-1세부과제 개발팀과의 분석 및 논의
1	경기농협에서 대리점까지는 경기농협 차량이며, 대리점에서 학교 등으로 배송되는 차량은 대리점 소유의 차량임	신선식품 물류에 대한 품질 관리 책임과 시스템 도입 비용 및 시스템 관리 주체에 대한 문제가 발생하였으며 이로 인해서 경기농협에 대한 시스템 구축이 유보되었음
2	경기농협에서 마케팅 차원에서 일괄적으로 차량 외부 시트지를 제작하여 같은 차량으로 보여지나 위와 같이 소유가 다름	
3	경기농협이 사업주체가 될 경우, 본 과제 시스템으로 온도 관리가 잘못되었다는 것을 보여주는 활용 목적으로는 안됨	이 부분이 경기농협시스템 도입의 주요한 장벽이었음. 2-1세부과제와 2-1협동의 (주)이에스애니가 개발한 시스템은 신선식품의 품질 관리를 위해서 관리 소홀이나 천재지변 다양한 원인으로 발생하는 온도 관리의 실패지점을 찾아냄으로써 잘 관리하는 업체에 대해서는 소비자들이 품질 안심을 하게 해주고 그렇지 못하고 온도 관리의 실패 수가 많은 업체에게는 품질 개선의 시사점을 찾아 주는게 목적으로 해결하기 어려운 장벽이었음
4	김치 판매로 인한 이익률이 작아 시설 투자에 애로 사항 있음	이 부분이 경기농협시스템 도입의 주요한 장벽임. 3단계 1차년도 2-1세부과제에서 개발한 기술과 2-1협동의 (주)이에스애니에서 개발한 시스템은 브랜드 한우를 위한 온라인 쇼핑몰 플랫폼이며 이러한 플랫폼에

	브랜드 김치 생산자를 위한 확장은 용이한 기술임 경기농협에서는 다양한 김치브랜드들간의 경쟁 격화로 인해 김치 판매로 인한 낮은 이익률을 감안하여 물류 시스템의 업그레이드에 나서지 못하였음
결론	위의 문제를 해결하기 위해서는 현재 코로나19의 시대로 인해서 온라인 물류시장의 성장세가 매우 크고 이에 따라서 신선식품의 품질에 대한 요구사항이 급격히 증대되고 있어서 제3자 물류업체의 신선식품 품질에 대한 보증이 있는 미국과 같은 선진국형 물류업으로 발전시 제3자 물류업체에서의 본 시스템의 도입이 활발하게 전개될 것으로 판단된다.



그림 22. 통합 관리 운영 시스템의 설계안(쥬이에스에니)

향후 제3자 물류업체(예: 쿠팡 등)들이 신선식품 품질에 대한 보증을 실시하기 위해서 RFID 이력 추적 시스템과 온도, 습도 실시간 모니터링 시스템을 도입하고 이를 사용하는 생산주체 및 소비 주체들이 이익을 보는 구조로의 전환이 가까운 시일 내에 시작 될 것으로 예측된다.

이 경우, 본 2-1협동 과제기술에 기반한 브랜드 한우 및 브랜드 김치에 대한 물류 시스템 업그레이드 산업화가 원활하게 이루어질 것으로 판단된다. 코로나19로 인해서 오프라인 제3자 물류 배송 산업이 급격함에 발전함에 따라 향후 4~6년내에 이러한 환경이 조성될 것으로 판단된다.

이러한 제3자 물류업자가 2세부의 핵심 기술들을 적용하기 위해서는 기 설계된 물류 플랫폼의 한중 무역구간에서의 적용을 위해서 업그레이드된 융합 모델을 설계하게 되었다.

이를 지원하기 위한 보안 체계는 하기의 그림과 같이 설계안을 마련하였다.

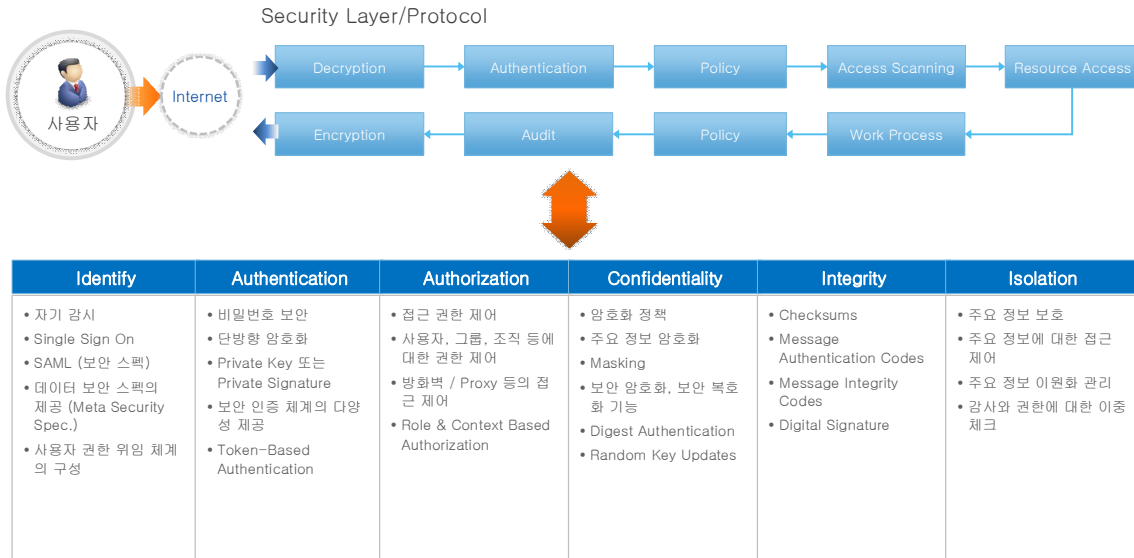


그림 23. 데이터 거래, 무역 거래의 신뢰성을 제공하기 위한 암호화 방안 설계안

아직까지 2-1세부과제 및 2-1협동(㈜이에스애니)에서 개발해온 시스템을 적용하기 위해서는 국내 생산업자들의 폐쇄적인 자사 시스템 구축 전략을 극복하고 소비자들의 이익과 생산업자들의 시스템 구축 비용 부담을 줄여주기 위한 제3자 물류업체의 당 과제 기술의 적용이 바람직하다고 판단된다.


또한, 본 과제 기술의 경우, 해외와 국내의 신선식품 물류 구간에서의 적용에도 가능성이 크다고 판단된다.

일단, 무역구간은 단위 거래 물량과 금액이 내수보다는 크기 때문에, 인프라 도입 비용에 대한 수용력 면에서 내수보다 유리하다.

이러한 환경은 코로나 19로 인한 오프라인 물류 시장의 증가와 이에 수반되는 신선식품의 안심 품질에 대한 소비자의 관심 증대로 인해서 제3자 물류업체로 하여금 당 과제 기술의 적용을 위한 니즈(needs)를 증대시킬 것으로 판단된다. 그 시점은 향후 3~5년 사이로 판단된다.

[2-1 협동] 한양TEC 연구내용

[최종목표달성 및 요약]

	최종목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 제품화 	<ul style="list-style-type: none"> 라벨 태그 제품 제조 시설 및 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축 PCB 태그 제품 제조 및 생산을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 구축실 구축 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 시범사업 	<ul style="list-style-type: none"> 라벨 태그 PCB 태그 공정 설계 및 생산 시범 사업을 위한 제품 생산과 농축산 식품 생산, 유통 회사 현장 적용 주관기관, 농축산 식품 생산, 유통 회사등과 유기적인 체계 구축 및 상호 협력 방안 구상 	

- 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 제품화:** 본 연구에서는 2-2 세부과제에서 설계한 지능형 RFID - 센서 지시계 라벨 및 PCB 태그를 제작하여 식품의 안전성 확보 및 식품의 문제 발생시 신속 정확한 대응을 할 수 있도록 생산자, 유통업자, 판매자, 소비자에게 정보 제공할 수 있는 플랫폼을 구축하였다. 우선적으로 RFID-센서 지시계 라벨 태그 제품 플랫폼으로 시제품의 생산을 위해서 제품의 제조장치 시스템을 구축하였고, 제품을 대량 생산을 위하여 패키징 운영 시스템 및 대량의 PCB 제작을 위한 운영시스템을 구축하였고, 안정성과 재현성은 필수 요소 중 하나이기 때문에 제조 공정의 일관성이 있게 하였다. 특정 기기를 선택함으로써 하드웨어를 구축하였고 이에 맞는 설정을 통해 소프트웨어를 설정하여 제조시스템을 구축하였다. 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 제품의 생산을 위해서 제품의 제조장치 시스템을 구축하였다. 시제품 공정도에 따른 제조 장치 시스템 하드웨어를 자세히 구축하였고, 제조 장치 시스템 하드웨어 구축에 따른 소프트웨어 구축은 파일 저장은 3D프린팅 출력 시 주로 사용되는 확장자인 STL(STereoLithography) 파일의 형식으로 설정하였다. 제품의 상품화를 위한 표면 처리 시스템을 구축하였고, 표면 연마등 후처리 소프트웨어 시스템 구축을 하였다. 지능형 RFID-센서 지시계 태그 상품화를 위한 추진 방법으로 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 각 요소별 제품화 및 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 제조 시스템을 구축하였다.

- 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 시범사업:** 본 연구에서는 지능형 RFID-센서 지시계 라벨 태그 시제품 공정 및 지능형 RFID-센서 지시계의 PCB태그 제품 공정 설계를 하였다. 우선적으로 지능형 RFID-센서 지시계 라벨태그 시제품 제조 공정은 cutting 장비를 이용하여 재단하고, 안테나를 인쇄하고 에칭을 한후 칩 본딩을 하였고 레이저 마킹을 한 후 writing을 하였다. 지능형 RFID-센서 지시계의 PCB제품 제조 공정은 Hole 가공하고, Etching완료된 제품에 가접하고, 가접된 제품을 Position&Hot Press공정을 하였다. FPCB가 전선의 역할을 하는 회로를 구성하기 때문에 BBT작업을 하고, SMT(D)작업 완료후 완성품에 대하여 최종적으로 검사를 실시하였다. 제작한 지능형 RFID-센서 지시계 라벨 태그 시제품의 정량적인 규격은 HF RFID-Indicator Label Tag는 주파수 13.56MHz, Chip: H3, Bit: 180bytes, Size: 100 x 35 x 8 이고, UHF RFID-Indicator Label Tag는 주파수 917MHz - 924MHz, Chip: H3, Bit: 512bites, Size: 100 x 35 x 8 이었다. 제작한 지능형 RFID-센

서 지시계 PCB 태그 시제품의 정량적인 규격은 주파수 917MHz - 924MHz, PCB Artwork, ABS Housing 재질: ABS + PC, 목업샘플 이었다. 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 시범 사업 및 상품화 추진을 위하여 먼저 농축산 식품 생산, 유통 회사 등에 지능형 RFID-센서 지시계 태그 제품 시범 사업을 하고 제품 평가 수렴을 한 후, 농축산 식품 생산, 유통 회사 등과 유기적인 체계 구축을 하였다.

[1차년: 지능형 RFID-센서 지시계 태그의 시제품 생산]

1. 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 제품화

식품의 안전성 및 식품의 문제 발생시 신속 정확한 대응을 위해 생산 단계부터 판매단계까지 각 단계 별로 정보를 제공할 수 있는 지능형 RFID-센서 지시계 태그의 시제품 제작 및 대량 생산을 하고 특히 홈 쇼핑(온 라인) 택배 배송된 온도 민감한 농식품의 포장에 고객이 개봉했을 때 배송 중 농식품의 온도 이력을 스마트폰으로 직접 확인할 수 있도록 한다. 시범 사업을 위하여 그림24와 같이 각 Level에 맞는 지능형 RFID-센서 지시계 태그를 경제성, 실용성을 고려하여 생산한다.



그림 24. 지능형 RFID-센서 지시계 태그 사용 라벨

2-2 세부과제에서 설계한 지능형 RFID - 센서 지시계 태그를 제작하여 식품의 안전성 확보 및 식품의 문제 발생시 신속 정확한 대응을 할 수 있도록 생산자, 유통업자, 판매자, 소비자에게 정보 제공할 수 있는 플랫폼을 구축한다.

1) 지능형 RFID-센서 지시계 라벨태그 제품 플랫폼

a) 시제품 제조 시설 구축

RFID-센서 지시계 라벨 태그 제품 플랫폼으로 시제품의 생산을 위해서는 제품의 제조장치 시스템을 구축할 필요성이 있다. RFID-센서 지시계 라벨 태그 제품을 대량 생산할 때 안정성과 재현성은 필수 요소 중 하나이기 때문에 제조 공정의 일관성이 필요하다. 특정 기기를 선택함으로써 하드웨어를 구축하고 이에 맞는 설정을 통해 소프트웨어를 설정하여 제조시스템을 그림 25와 같이 구축한다.

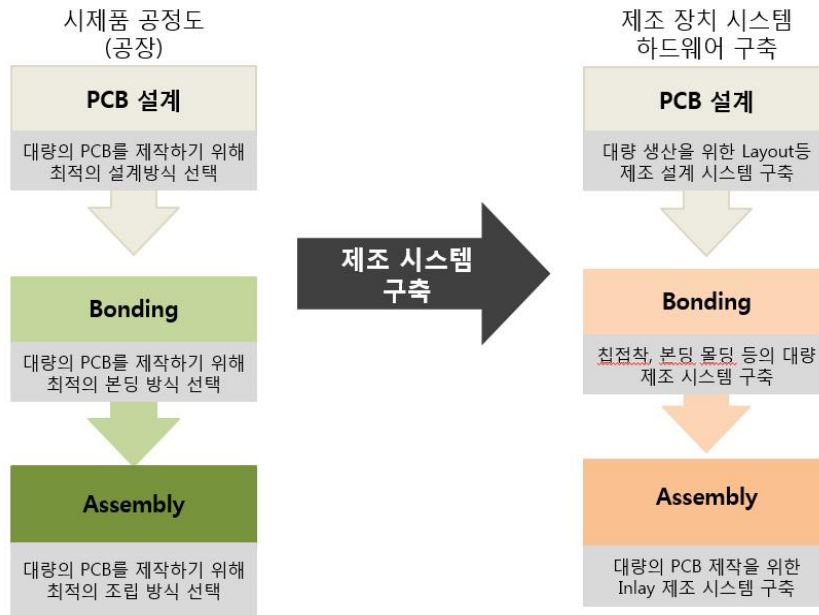


그림 25. RFID-센서 지시계 라벨 태그 제품 제조 시스템 구성도

시제품 공정도에 따른 제조 장치 시스템 하드웨어를 자세히 구축하였다. 하드웨어의 성능은 다음과 같다.

- ▶ 시제품 제작의 대량생산을 위해서는 RFID-센서 지시계 라벨 태그 제품의 제작 공정에 따라 PCB 설계에서 선정된 부품을 COB 한다.
- ▶ 제작을 위해 칩과 칩을 지지해 주는 Die Attach을 접착시킨 후에 칩과 메인 PCB를 연결해주는 보드를 결합시키는 본딩 공정을 한다.
- ▶ 본딩 단계에서 제조한 메인 PCB와 수동형 UHF Band 안테나를 본딩한다.

b) 시제품 생산

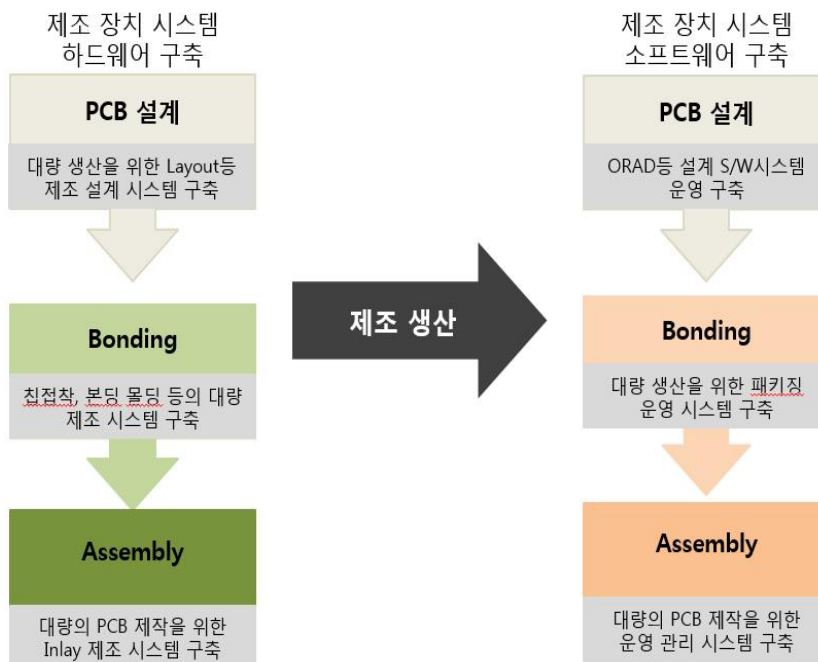


그림 26. RFID-센서 지시계 라벨 태그 제품 제조 생산 구성도

제조 장치 시스템 하드웨어 구축에 따른 소프트웨어 구축은 위의 그림에서 볼 수 있듯이, ORCAD등 설계 소프트웨어 시스템을 운영 구축한다. Schematic Design, PCB Layout 등을 실행하며, 칩접착, 본딩, 몰딩 Assembly 등의 PCB 공정을 실행한다.

2) 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 제품 플랫폼

a) 시제품 제조 시설 구축

지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 제품의 생산을 위해서는 제품의 제조장치 시스템을 구축할 필요성이 있다. RFID-센서 지시계 PCB 태그 제품을 대량 생산할 때 안정성과 재현성은 필수 요소 중 하나이기 때문에 제조 공정의 일관성이 필요하다. 특정 기기를 선택함으로써 하드웨어를 구축하고 이에 맞는 설정을 통해 소프트웨어를 설정하여 제조시스템을 그림 27와 같이 구축한다.

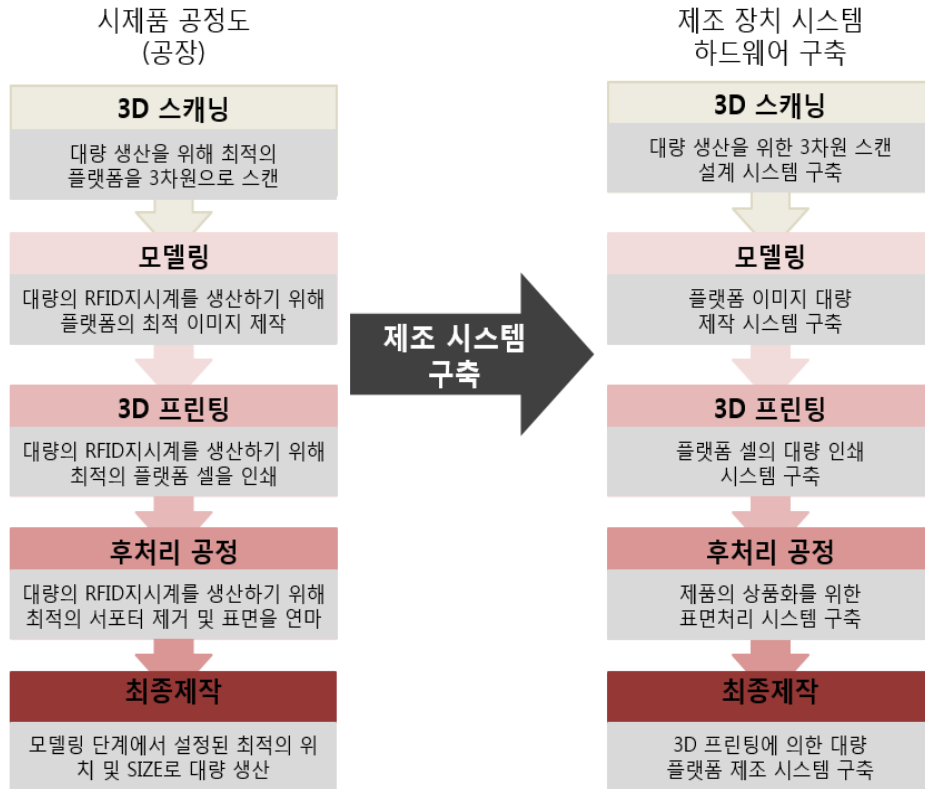


그림 27. RFID-센서 지시계 PCB 태그 제품 제조 시스템 구성도

시제품 공정도에 따른 제조 장치 시스템 하드웨어를 자세히 구축하였다. 하드웨어의 구성은 3D 스캐닝, 모델링, 3D 프린팅, 후처리공정, 최종 제작 등으로 구성된다.

b) 시제품 생산

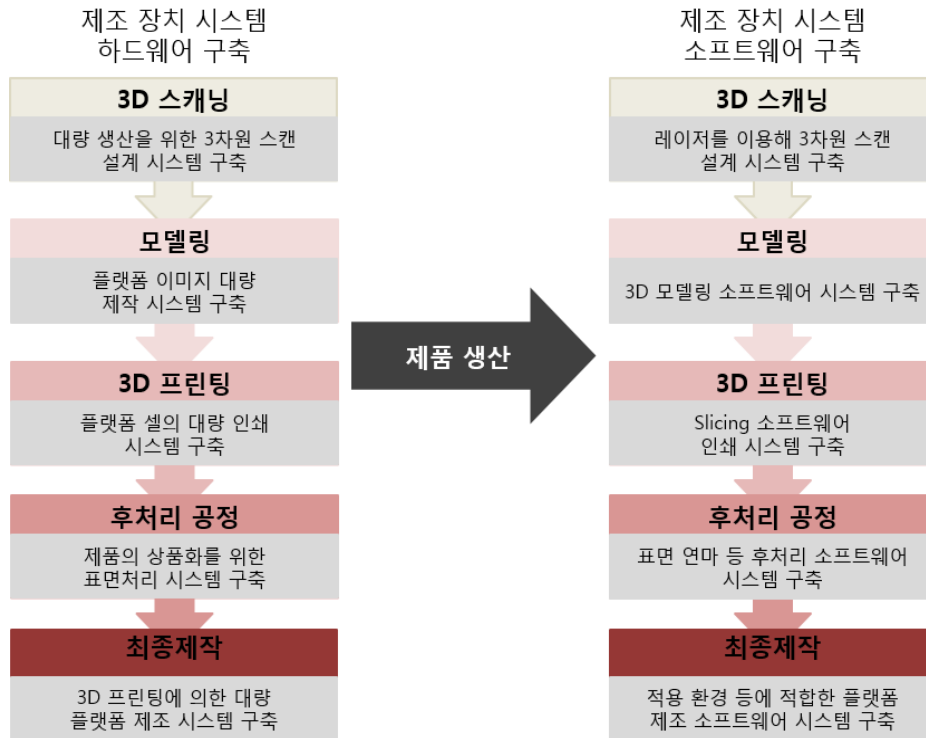


그림 28. RFID-센서 지시계 PCB 태그 제품 생산 구성도

제조 장치 시스템 하드웨어 구축에 따른 소프트웨어 구축은 다음과 같다.

- ▶ 이미지 기본 설정 단계로, 이미지의 해상도를 최적화 한다.
- ▶ 파일 저장은 3D프린팅 출력 시 주로 사용되는 확장자인 STL(STereoLithography) 파일의 형식으로 설정한다.
- ▶ NETFABB 프로그램으로 스캐닝한 파일을 인입하여 STL 파일을 분석하고 그 내용에 따라 보정 작업을 실시한다.
- ▶ NETFABB 모델링 프로그램을 통한 큰 단위의 보정작업을 완료하고 픽셀(Pixel)단위의 세부적인 가공과 작은 보정작업을 한다.
- ▶ 모든 모델링을 마치고 3D 프린터의 기종의 설정에 맞는 STL파일로 저장한다.
- ▶ 저장된 STL파일의 품질확인 및 수정을 한다.
- ▶ 모델링이 완료된 STL 파일을 Catalyst Ex프로그램으로 불러 출력물의 크기와 방향, 적층 및 내부 밀도, 경로 설정을 실시한 뒤 3D프린터로 전송한다.

3) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 상품화의 추진 방법 및 추진체계

a) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 상품화를 위한 추진 방법

ㄱ) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 각 요소별 제품화

- ▶ 지능형 RFID-센서 지시계 플랫폼 : 라벨태그, PCB태그 등의 수요 및 경제성을 고려한 제품 생산
- ▶ 센서지시계 : 센서지시계 및 적용환경(각종 포장용기, 대상 포장지)에 따른 지능형 RFID 플랫폼과 센서지시계 최적 결합 제품 생산
- ▶ Packaging : 적용환경(각종 포장용기, 대상 포장)에 따른 지능형 RFID-센서지시계 패키징 재료

의 수급 확보 및 제품 생산

ㄴ) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 제조 시스템 구축

- ▶ 라벨 및 PCB 설계 : 부품선정, Schematic설계, Layout 등 설계 시스템 구축
- ▶ 라벨 및 PCB 제작 공정 : 재단(Hole 가공), 에칭, 본딩, 가접 및 적층, 최종 검사 등의 제작 공정 시스템 구축
- ▶ Packaging 제작 공정 : 3D 프린팅에 의한 패키징 제작 시스템 구축으로 제품 생산

[2차년: 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 시범사업]

1. 지능형 RFID-센서 지시계 태그 제품의 시범사업.

지능형 RFID-센서 지시계 제품의 사업화를 위하여 우선적으로 시범 사업을 하며 적용업체로서는 농축 산 식품 생산 및 유통업체를 대상으로 한다.

1) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 제품 공정

a) 지능형 RFID-센서 지시계 라벨태그 시제품 공정 설계

ㄱ) 지능형 RFID-센서 지시계의 라벨태그 시제품 공정도는 그림 29와 같다.

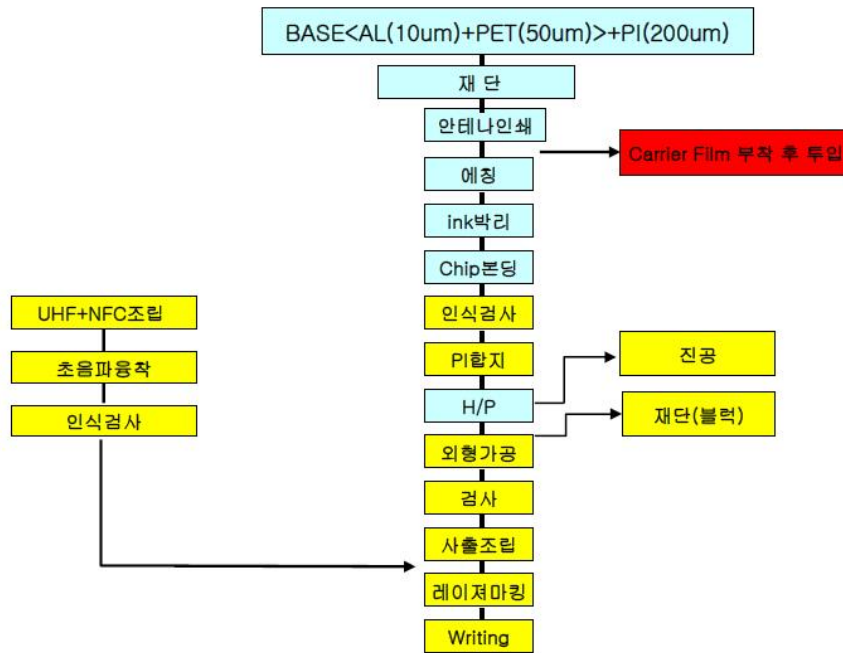


그림 29. 지능형 RFID-센서 지시계의 라벨 태그제품 제조 공정도

ㄴ) 제조 공정은 그림 30의 cutting 장비를 이용하여 재단하고, 앞에서 설계한 안테나를 인쇄하고 에칭을 한후 칩 본딩을 한다. 그림 31의 진공 hot press를 이용하여 진공을 하고 사출 조립을 하고 그림 32의 장비를 이용하여 레이저 마킹을 한 후 writing을 한다.

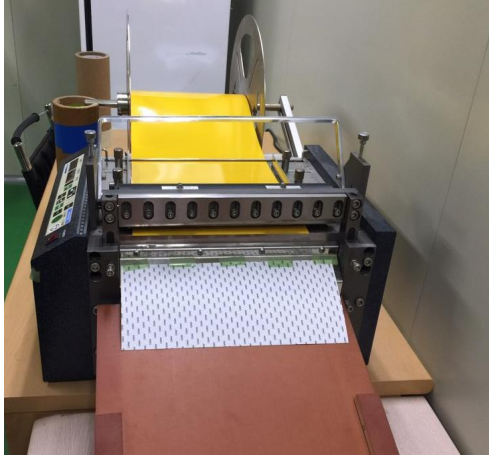


그림 30. 원자재Cutting장비



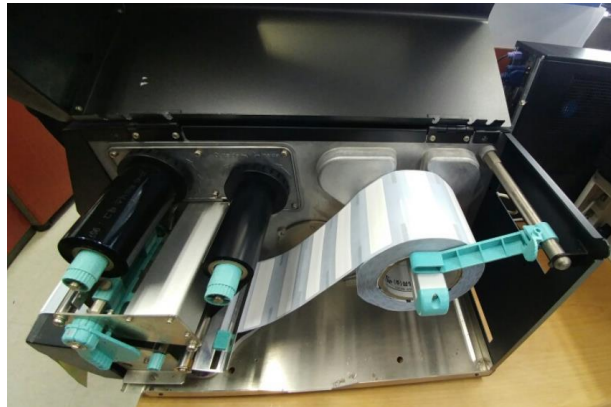
그림 31. 진공HOT PRESS



그림 32. Laser Marking 장비



(a) RFID UHF Label Tag Writing 장비



b) RFID NFC Writing 장비
그림 33. RFID Writing 장비

b) 지능형 RFID-센서 지시계의 PCB태그 제품 공정 설계

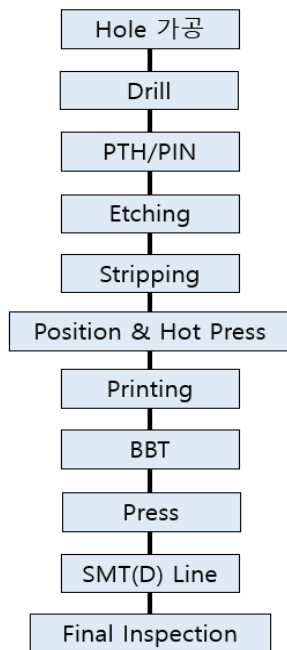


그림 34. 지능형 RFID-센서 지시계의 PCB제품 제조 공정도

ㄱ) 지능형 RFID-센서 지시계의 PCB제품 제조 공정도는 그림 34과 같으며, 제조 공정은 그림 35의 NC 드릴기를 이용하여 제품을 Spec에 맞게 홀가공하고, Drill 완료후 상하의 동박 사이에 도통이 되지 않으므로 그림 36의 동도금(PTH/PIN)을 한다.



그림 35. Drill 공정



그림 36. PTH/PIN(동도금) 공정

ㄴ) Etching완료된 제품에 Press에서 가공된 Coverlay를 Base에 위치를 찾아 가접하고, 가접된 제품을 Lay-Up하여 고온, 고압으로 Pi Film을 압착시키는 그림 37, 38의 Position&Hot Press공정을 한다.



그림 37. Position(가접) 공정



그림 38. Hot Press(적층) 공정

ㄷ) FPCB가 전선의 역할을 하는 회로를 구성하기 때문에 Pattern이 끊어지거나 다른 Pattern과 붙어 있는 Open/Shot를 Check하는 그림 39의 BBT작업을 하고, 생산된 FPCB회로 단자부에 Connector를 얹어 납땜 작업을 하는 그림 40의 SMT(D)작업 완료후 완성품에 대하여 최종적으로 검사를 실시한다.



그림 39. BBT 공정



그림 40. SMT(D) Line 공정

2) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 생산

a) 지능형 RFID-센서 지시계 라벨태그 시제품 생산

ㄱ) HF 안테나 설계는 그림 41이며, 제작한 HF 안테나의 Antenna Size 는 (Y)70mm x (X)30mm , 재질은 Cu 이다. 제작한 UHF 안테나의 In Lay는 그림 42이며, 제작한 안테나의 감도는 그림 43 와 같다.

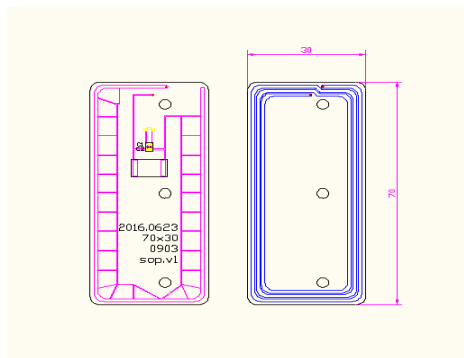


그림 41. HF 안테나 설계

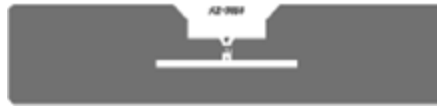
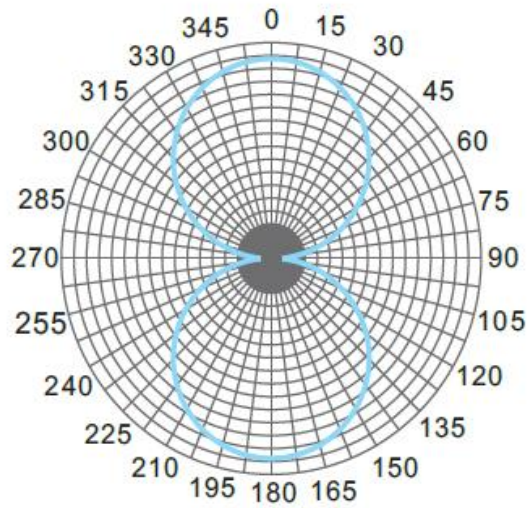
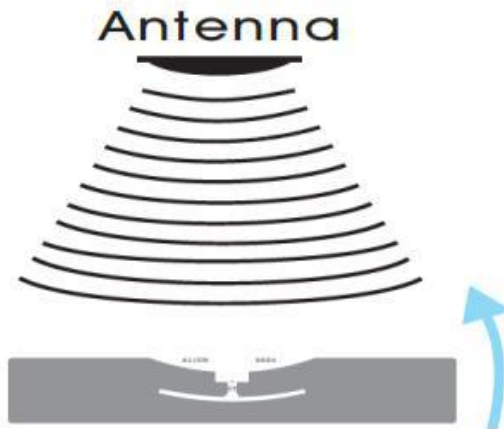


그림 42. UHF 안테나 In Lay



Angular Sensitivity
(Relative Read Range vs. Orientation)

(a)



Angular Sensitivity
Inlay is rotated in the x, y, plane about the z axis
(tag shown at 0° with respect to face of antenna)

(b)

그림 43. 안테나 감도

ㄴ) 제작한 지능형 RFID-센서 지시계 라벨태그 시제품의 스펙은 표 10과 같으며, 제작한 사진은 그림 44과 같다.

표 10. 제작한 라벨태그 시제품의 스펙

RF air protocol	EPC Class 1 Gen2 / ISO 18000-6C
Operating frequency	UHF 860~960MHz(Kr, US)
IC type	Alien Higgs3 IC
Memory configuration	EPC 96bits, User memory 512bits
Functionality	Read / Write(user programmed), full duplex protocol
Memory read / write cycles	100,000cycles at 77°F(25°C)
Data retention	Up to 50 years
Read rate	400 tags per second for 96-EPC bit number
Operating Temperature	-4°F to +199.4°F(-20°C to +93°C)
Lead Range	5 ~ 6m
Antenna Size	(L)93mm x (W)19mm
Wet Label Size	94mm x 24mm
Antenna Material	Aluminum(9um)
Label Material	유포지
Antenna Carrier	PET(50um)
Adhesive	Solvent Free Acrylic Type



(a) UHF Band



(b) HF Band

그림 44. 지능형 RFID-센서 지시계 라벨 태그 시제품

ㄴ) 제작한 시제품의 정량적인 규격

①) HF RFID-Indicator Label Tag

주파수: 13.56MHz, Chip: H3, Bit: 180bytes, 재질: PC + AL + Double Tape
Size: 100 x 35 x 8

②) UHF RFID-Indicator Label Tag

주파수: 917MHz - 924MHz, Chip: H3, Bit: 512bytes, 재질: PC + AL + Double Tape,
Size: 100 x 35 x 8

b) 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 시제품 생산

ㄱ) 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 시제품 생산을 위한 아트웍은 그림 45이다.

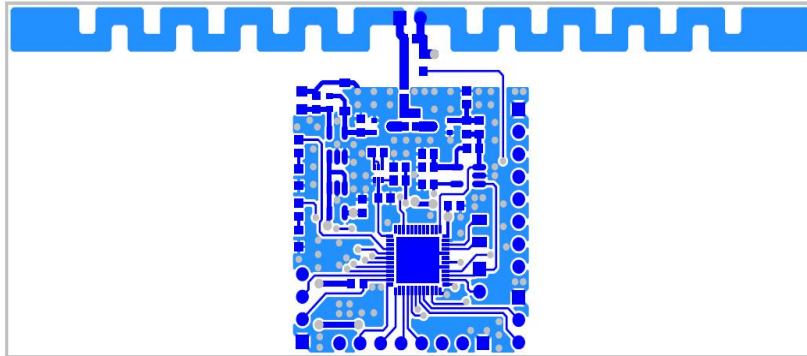


그림 45. 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 시제품 아트웍

ㄴ) 제작한 시제품의 정량적인 규격 :

① UHF RFID-Indicator PCB Tag

주파수: 917MHz - 924MHz, PCB Artwork: SMD 포함(Chip bonding),
ABS Housing 재질: ABS + PC, 목업샘플

ㄷ) 제작한 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그제품 Specifications은 표 11이며, 사진은 그림 46이다.

표 11. 제작한 지능형 RFID-센서 지시계의 PCB 태그제품 Specifications

Item	Description
Type	Passive
Processor	MSP430 16bit RISC, 6MHz
Memory	8KB Program flash memory, 256B RAM
RF Frequency	860 ~ 960 MHz
RF Range	10 cm ~ 10 m
Data Rate	250kbps
Indicator	Oxygen
Communication Protocol	EPC Class 1, Generation 2
Power	1.8V

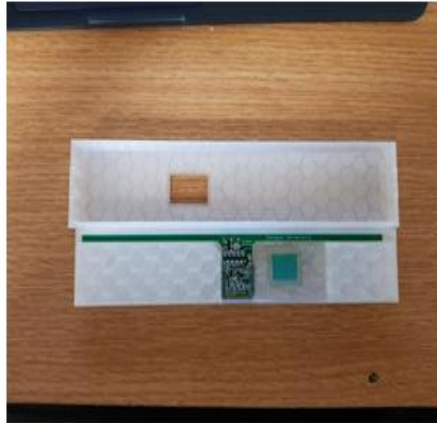


그림 46. 제작한 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 시제품 사진

3) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 시범 사업 및 상품화 추진

a) 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품 시범사업

- ㄱ) 농축산 식품 생산, 유통 회사 등에 지능형 RFID-센서 지시계 태그 제품을 시범 사업을 하고 제품 평가 수렴

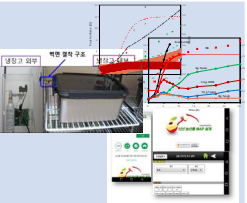

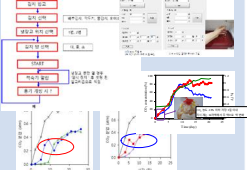
b) 지능형 RFID-센서 지시계 태그제품 상품화 추진

- ㄱ) 농축산 식품 생산, 유통 회사 등과 유기적인 체계 구축
- ㄴ) 농축산 식품 생산, 유통 회사 등과 지능형 RFID-센서 지시계 태그제품 완성과 생산을 위한 상호 협력 방안 구상
- ㄷ) 농축산 식품 생산, 유통 회사 등과 지능형 RFID-센서 지시계 태그제품 홍보, 판매 전략 등 상품화 협력 방안 구상
- ㄹ) 농축산 식품 생산, 유통 회사 등과 지능형 RFID-센서 지시계 태그 사업화를 위한 사업 전략 구상
- ㄹ) 농축산 식품 생산, 유통 회사 등과 지능형 RFID-센서 지시계 태그제품 생산 후 단기간 시장 진입이 가능하도록 milestone 및 계획 수립

[3-1 세부]

■ 3 단계

[최종목표 및 달성]

	최종목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립 보조연구: 농산물 MAP 포장설계 app. 	<ul style="list-style-type: none"> - 기계 입출부, 연결부, 조작부, 진공/이산화탄소 주입 알고리즘 개선 - 저장온도와 김치 용량, 김치 포장형태에 따른 이산화탄소 흡수제 조건을 최적화하기 위해 기 완료된 포장 설계프로그램을 체계화 - 12개 품목에 대한 호흡 model parameter를 정리 분석 및 기존 데이터베이스 업데이트 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어 작동방법 개선 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용 	<ul style="list-style-type: none"> - 김치 용기의 현장 테스트를 통한 문제점 보완 및 개선 - 설치/운전 지침 설계 및 사용 매뉴얼 설계 - 저장 중 전체 운전 알고리즘 확립 및 제품의 품질평가 - 체계화된 맞춤형 김치 포장설계 프로그램을 김치업체에 소개하고, 희망업체 제품에 적용하여 시장에서 활용도를 점검 	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질 보존 효과 평가 김치 포장에서 생성물질의 농도와 숙성도 상관관계 규명 이산화탄소 흡수제 내장용 김치 포장에서 숙성도 표시 지시계와 품질변화 상관관계 파악 	<ul style="list-style-type: none"> - 현장에 적용된 이산화탄소 치환 용기 시스템의 성능개선 및 사용자 행동패턴 고려하여 알고리즘 보완 - 육류에 대한 용기 시스템의 활용범위 확대 - 이산화탄소 흡수제 조건에 따른 김치포장 내 이산화탄소 농도와 pH/산도의 상관관계 분석 - 숙성도 표시 지시계를 활용하여 조건별 지시계의 색변화에 따른 김치의 품질 특성 확인 및 실용화 정보 제공 	

● **농식품 포장용기 시제품 구성요소 개선/맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립:** 가정용 냉장고에 장착된 고이산화탄소 농도 유지 김치 용기의 공장에서 시제품 생산을 위해 입출부, 연결부, 조작제어부의 세 부분으로 나누어서 구조에 대해 개선하였다. 농식품(김치) 보관용 용기는 10 L 용량범위로 냉장고 내부에 위치시키고, 이산화탄소 실린더와 진공펌프는 조작제어부와 함께 일체화하여 냉장고 외부에 보이지 않게 위치시키거나, 아크릴 박스에 포함시켜 노출 장착되게 하였다. 용기와 연결되는 입출부에서 주입밸브는 용기측면에 배치되고, 배출밸브는 단순화된 체크밸브로 교체 또는 뚜껑과의 밀착 부분에서의 잠재적 통기성이 부여되도록 하였다. 고이산화탄소 농도 유지 김치용기에 필요한 이산화탄소 주입의 제어 알고리즘을 개선하였다. 김치용량에 따라서 달라지는 용기 내 자유용적에 따라 감압 조건, 이산화탄소 보충주입 조건, 단순 이산화탄소 주입을 실험적으로 검토하여 80% 이상의 이산화탄소 농도를 얻기 위한 간이형 체크밸브가 부착된 용기에 단순하게 이산화탄소를 주입하는 조건과 저장 중 간헐적으로 주입할 이산화탄소 시간 간격과 밸브 개방시간을 결정하였다. 이를 운전알고리즘으로 확립하였다. 아울러 고이산화탄소 유지 김치용기의 저장성 및 관능성 향상 효과를 실험으로 검증하였다. 김치포장의 압력 혹은 부피를 예측하는 컴퓨터 프로그램을 보완하여 확립하였다. 그리고 이를 시중 유통 포장 김치에 대해서 적용하여 이산화탄소 흡수제의 조건을 최적화하여 적용하였다. 신선농산물 MAP 설계 app의 응용범위 확대를 위하여 개발이후에 보고된 농산물 호흡특성을 문헌으로 수집하여 기존의 호흡 데이터베이스에 추가하였다.

● **김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어 작동방법 개선/맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립:** 기존에 개발된 용기는 10.3 L의 스테인리스스틸 재질의 용기로 보급된 김치냉장고에 적합하지 않은 크기로 김치냉장고에 장착되어 있는 9.7 L의 플라스틱 재질의 용기로 변경하였다. 배출구의 구조를 간편화하기 위해 성능은 그대로 유지하면서 내외부압을 상압으로 유지할 수 있는 체크밸브를 간이형 밸브로 변경하고, 플라스틱 재질의 용기 뚜껑의 색과 동일하게 제작하여 뚜껑의 미관을 고려하였다. 기본 주입조건은 초기 40초 8시간 간격 8초이며, 구조가 변경된 이산화탄소 치환 용기 시스템에 적

용되더라도 성능에는 별 차이가 없었으며 사용자 행동패턴을 고려한 성능에서의 추가적인 연구 진행하였다. 용기 시스템을 제작하고자 하는 업체에 정확한 정보를 전달하기 위해 설치/운전 지침 설계서를 작성하였다. 설치/운전 지침 설계로 용기부 구성품과 제어부 구성품으로 구분하고 각각에 대한 사용자 설명서를 정리하였다. 이산화탄소 용기 시스템의 운영 방식을 고려하여 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 간소화된 사용자 매뉴얼을 작성하였다. 이산화탄소 용기 시스템의 적용 가능성을 확대하기 위해 기 확립된 배추김치 외에 물김치, 깍두기김치, 오이소박이 김치의 3종에 대해 추가적으로 연구를 진행하였다. 이산화탄소 치환 용기 내 물김치, 깍두기김치, 오이소박이 김치의 이산화탄소 농도는 저장 중 70% 이상 유지되고, 시원한 탄산미를 포함한 종합적인 관능특성이 우수하였다. 기존 배추김치의 주입조건을 기본으로 하여 주입시간과 주입간격을 일부 조정하면 다양한 김치에 적용 가능함을 확인하였다. 전년도에 개발된 프로그램에서 유연포장에 대한 전제조건을 추가적으로 설정함과 아울러 현장에서 발생하는 온도 변이의 문제를 감안하는 보정조건을 포함시켜 응용성을 확장시켰다. 포장 및 저장 조건에 따라 숙성 진행도, 포장의 압력이나 부피의 변화, 이산화탄소 분압을 예측 제공하는 스마트폰 앱 프로그램을 확립하였고, 개발 프로그램을 관련된 세부과제 및 참여업체에 제공하였다.

- **CO₂ 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질보존 효과 평가/김치 숙성도 관계 파악:** 외식업체에 공급된 이산화탄소 치환 용기 시스템이 장착된 김치 용기에 일정량의 김치를 넣고, 개발된 동작모드로 김치를 저장하면서 저장 중 품질을 확인하였다. 용기 내 CO₂ 치환 시스템의 오작동으로 CO₂ 치환에 문제가 발생하였으나, 이미 김치 조직 내로 고농도의 CO₂가 충분히 녹아있어 김치의 탄산맛에는 크게 문제가 되지 않았다. 사용자 행동 패턴 중에서 적숙기 단계 김치를 배송받아 냉장고에 보관했다가 사용하는 경우가 있어 적숙기의 김치를 CO₂ 치환 용기 시스템에 적용하여 품질을 확인하였다. 사용자 행동패턴을 고려한 알고리즘과 동작모드를 보완하였다. 단순히 냉장고만 열면 '일시 정지' 알고리즘이 작동하고 닫으면 셋팅 된 알고리즘으로 작동한다. 김치를 꺼내고자 할 때는 냉장고를 열면 '일시 정지' 알고리즘이 작동하고 CO₂ 치환 용기를 꺼내어 김치를 덜어내고 다시 넣게 되면 사용자가 'start' 버튼을 눌러 재 설정된 알고리즘으로 작동되게 하였다. 현재 구동중인 CO₂ 치환 용기 시스템은 배추김치에 대해 적용되어 있으며, 이전 연구에서 진행한 깍두기, 물김치, 오이소박이 김치에 대해 추가 작업을 진행하였다. CO₂ 치환 용기 시스템 활용 범위를 확대하는 측면에서 육류 중 돼지고기의 삼겹살과 등심 부위에 대해 O₂ 농도 기준 2~10%의 범위로 조건을 설정하여 품질을 확인하였다. CO₂ 흡수제 흡수 능력을 파악하고, 유연성 김치 포장 내 CO₂ 흡수 능력을 가진 수산화칼슘과 탄산나트륨을 단독 또는 혼합 비율 조절을 통해 김치의 발효 특성과 연관지어 결과를 확인하였다. 김치 포장 내 고 흡수성 고분자의 사용 양에 따라 CO₂ 흡수제인 수산화칼슘과 탄산나트륨의 CO₂ 흡수 작용 시점을 파악하였다. 수학적 모델을 활용하여 소용량 김치 0.5 kg과 대용량 김치 2.0 kg으로 구분하고, 유연성 김치 포장 내 CO₂ 흡수제 사용 조건에 따른 총산 함량, P_{CO2}, 부피 변화를 예측하여 포장의 CO₂ 농도 감지에 의한 김치 숙성도 표시의 가능범위를 제시하였다. 숙성도 표시 지시계와 이산화탄소 농도, 김치 숙성의 상관관계를 파악하여 1-2 세부과제의 실용화에 관련 정보를 제공하였다.

[1차년: 농식품 포장용기 시제품 구성요소 개선/맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립]

1. 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선

1) 기체 입출부, 연결부, 조작부의 개선

a) 요약

1, 2단계 과제를 진행하면서 개발된 농식품 포장용기는 실험실 수준에서 연구용으로 개발된 제품이다. 공장에서의 시제품 생산을 위해 입출부, 연결부, 조작제어부의 세 부분으로 나누어서 구조에 대해 개선하였다. 각 부분의 개선 시 사용자 편의성, 기구물의 최소화, 외적 미관, 생산가격을 고려하였다. 농식품(김치) 보관용 용기는 10 L 용량범위로 냉장고 내부에 위치시키고, 이산화탄소 실린더와 진공펌프는 조작제어부와 함께 일체화하여 냉장고 외부에 보이지 않게 위치시키거나, 아크릴 박스에 포함시켜 노출 장착되게 하였다. 용기와 연결되는 입출부에서 주입밸브는 용기측면에 배치되고, 배출밸브는 단순화된 체크밸브로 교체 또는 뚜껑과의 밀착부분에서의 잠재적 통기성을 사용하도록 하였다. 연결부에서는 이산화탄소 주입라인 및 진공펌프는 3방밸브와 연결되게 하였고, 조작제어부는 알고리즘을 개선하여 밸브제어와 연결되게 하였다.

b) 기체 입출부 개선

주입밸브와 배출밸브가 장착된 입출부는 약 10 L 용량의 김치 용기 뚜껑에 장착되어 있다. 주입밸브는 실험실 조건에서 조작 시 현재의 구조가 별 문제가 없으나, 소비자 사용 측면에서는 일부 불편함을 가지고 있다. 즉, 현재의 구조에서 부착과 탈착 시에 불편함이 따른다. 그래서, 용기 뚜껑에 장착된 주입밸브를 용기 측면으로 이동시키는 것으로 설계하고, 배출밸브는 용기 뚜껑에 그대로 위치시키되 크기를 줄이는 방향으로 검토하였다. 자료조사와 함께 예비적인 실험을 통하여 적절한 조건으로 결정하고자 하였다. 입출부에 장착될 수 있는 배출밸브로는 자료조사를 통하여 표 1과 같이 목록으로 정리하였다. 실험실에서 사용하고 있는 배출밸브는 Swagelok(SS-4C-1/3) 제품으로 내외 압력차이가 0.03 bar 이상이면 밸브가 열려서 내부에서 외부로 공기 이동이 이루어진다. 이는 정밀하게 작동하는 장점이 있는 반면에 가격이 비싸고 크기가 큰 점이 현장 적용에서 문제로 대두된다. 자료조사를 통하여 파악된 배출밸브에서도 한쪽 방향으로 열리는 기능에서는 양호한 제품이 많지만, 거의 모든 유형에서 길이가 3.3~6.0 cm로 다소 길어서 용기 장착 시 도출된 부위가 발생하여 사용자 불편함과 미관의 문제가 발생한다.

이러한 단점을 보완할 수 있는 대안으로서 기존에 시판 용기에 부착된 간이형 배기 밸브를 조사하였다. 수집된 제품의 검토를 통하여 시중 판매되는 원두커피 포장에 장착된 밸브와 Lock/Lock 밀폐유리병에 장착된 '숨'밸브가 김치 용기에 적용가능성이 있는 것으로 생각되어 용기에 장착 실험하였다. 원두커피 포장에 장착된 체크 밸브의 외부 직경은 2 cm, 내부 직경은 0.9 cm이고 두께(길이)는 0.6 cm였다. Lock/Lock 밀폐유리병에 장착되어 사용되고 있는 '숨'밸브의 외부 직경은 2 cm, 내부 직경은 0.5 cm이고 길이는 1.6 cm였다. 이들 두 밸브는 표 1의 밸브 종류들에 비해 길이가 절반 정도로 짧아서, 두께 3 mm인 용기 뚜껑에 장착되었을 때, 시각적 거부감이 없이 용기 뚜껑 표면에 밀착되어 부착되어 지는 것으로 확인되었다(그림 1, 2). 이러한 단순 체크밸브는 이산화탄소 주입 시에 내부에 남아있던 공기를 잘 배출시켜서 요구되는 이산화탄소 농도를 얻는 데에 문제가 없었다. 다만, 물을 담은 용기에서 80% 농도 이상의 높은 이산화탄소를 치환시킨 용기에서 이산화탄소의 용해와 외부로의 손실에 따른 농도 변화를 보면 단순밸브를 치환한 조건에서 일부의 이산화탄소 농도 감소가 더 빠르게 나타났는데(그림 3), 이는 기밀성에서 Swagelok(SS-4C-1/3) 제품에 비하여 이들 밸브의 성능이 떨어지는 면이 있는 것으로 생각되었다. 하지만 그 농도감소에서의 차이 정도가 크지 않으므로 이산화탄소 주입의 운전 프로그램을 적절히 설정함으로써 이 문제를 해결할 수 있는 것으로 판단된다.

그리고 보다 더 단순화된 설계로서 별도의 배출 체크밸브 없이 용기로 이산화탄소를 주입시켜 원하는 이산화탄소 농도를 얻을 수 있는 것으로 확인되어 이도 가능한 하나의 대안으로 계속 검토하고자 한다.

표 1. 김치용기에 부착가능성을 가진 시중 판매 배출밸브 제품

제품 사진	모델명 및 특징	크기 (직경x길이)	제품회사	가격
	SS-4C-1/3	0.9x6.0 cm	Swagelok	60,000원
	Intense High Quality Inline CO ₂ Check Valve	0.3x3.5 cm	CO ₂ supermarket	£7.49
	Stainless CO ₂ Check Valve	0.3x3.5 cm	CO ₂ supermarket	£5.99
	Glass CO ₂ Check Valve	0.3x5.3 cm	CO ₂ supermarket	£3.49
	Plastic CO ₂ Check Valve	0.3x3.3 cm	CO ₂ supermarket	£1.99
	JAD 역류방지기/브로와 체크밸브	0.8/0.11 x4.4 cm	청산유수 AQUA	2,970원
	팬이 역류방지기	0.5x3.5 cm	엄지네아쿠아	500원
	고압체크밸브 역류방지기	0.3x3.5 cm	파라곤 아쿠아	5,000원
	역류방지진공밸브	0.4~1.4 x4.0~5.0 cm	JEishop	9,000 ~ 17,000원
	원터치 피팅	1.3x5.5 cm	Storm tec	5,400원

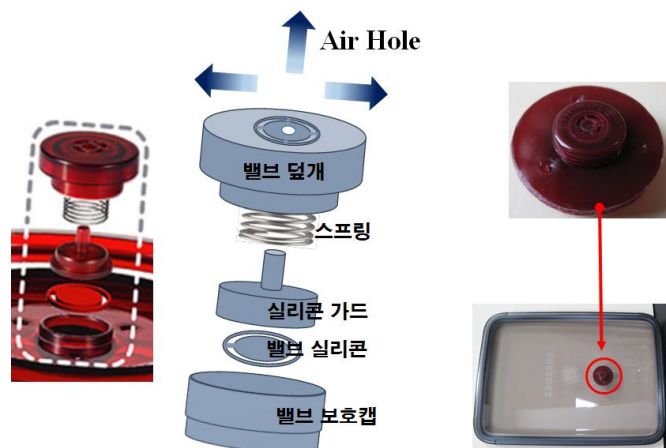


그림 1. '숨' 밸브(Lock/Lock 밀폐유리병)의 구조와 김치 용기 뚜껑에 장착된 형태

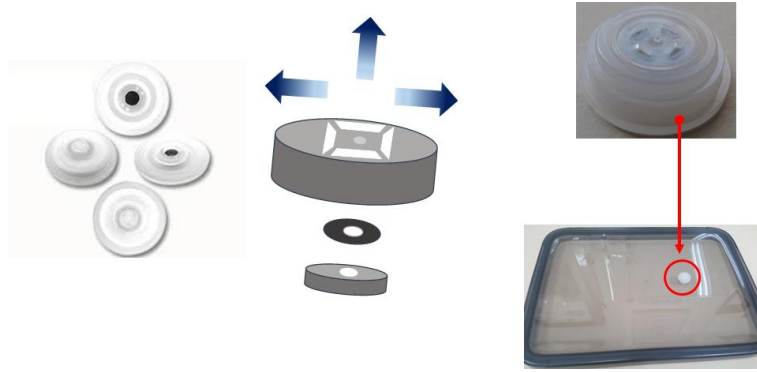


그림 2. 커피 포장용 체크밸브의 구조와 김치 용기 뚜껑에 장착된 형태

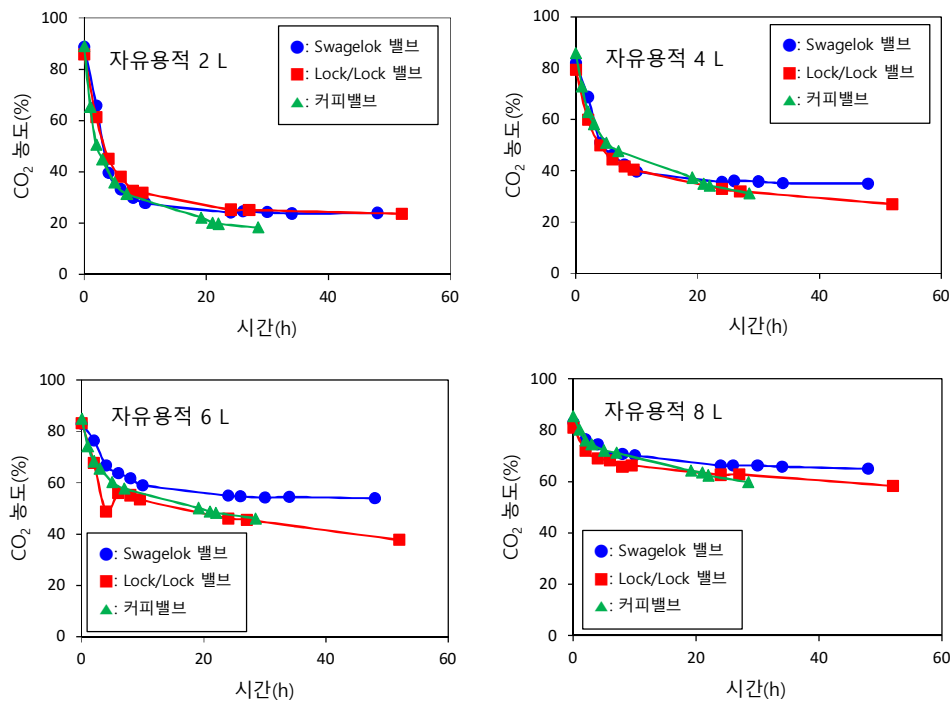


그림 3. Swagelok, Lock/Lock, 커피밸브의 주입밸브 성능 비교

c) 기체 연결부 개선

연결부에는 이산화탄소 주입 라인과 진공펌프 라인이 용기와 연결된다. 두 라인을 일체화하여 냉장고 외부 기기부에 위치되고, 기체연결부가 냉장고 내부에 위치한 김치 용기의 측면벽과 바로 연결되도록 냉장고 내로는 주입라인만 도출되도록 하였다(그림 4). 외부 기기부는 냉장고 외부 뒷면에 보이지 않게 설치될 수도 있지만, 아크릴 박스로 규모있게 일체화하여 노출되게 위치될 수도 있다. 연결라인과 용기는 쉽게 탈부착이 될 수 있는 quick-release 기능이 부여되는 밸브를 사용하도록 하였다. 기체 라인은 유연한 플라스틱 튜브를 사용하되 식품용 소재를 사용하는 것으로 결정하였다. 이산화탄소 주입 라인과 진공펌프 라인이 결합되는 것으로 연결라인을 일체화하기 위해 그림 5과 같이 3방 밸브를 활용하였다. 실제적인 사용에서는 진공펌프를 사용하지 않고 단순한 이산화탄소 주입에 의하여 목표로하는 이산화탄소 농도를 달성할 수 있는 것으로 확인되어, 진공펌프를 빼고, 이산화탄소와 주입 라인이 하나로 연결되게 할 수 있는 것으로 판단되었다(그림 6). 2차년도에는 진공펌프를 빼고, 목표로하는 이산화탄소 농도에 달성 될 수 있도록 작동 제어 알고리즘을 개선하고자 한다.



그림 4. 기체연결부와 김치 용기의 직접 연결구조

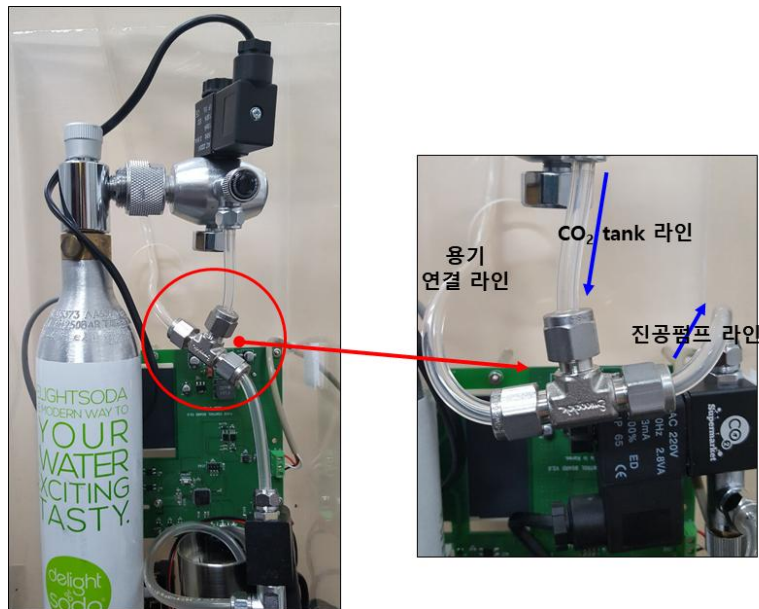


그림 5. 삼방 밸브 연결부 형태(진공펌프 장착)



그림 6. 단일화 라인 연결부 형태(진공펌프 미 장착)

d) 조작제어부 개선

조작제어부에서는 감압 및 이산화탄소의 주입 등의 기체이동을 위한 밸브 작동이 설정된 프로그램으로 자동적으로 제어되도록 하였다. 실험을 통하여(이후 1-2의 연구내용 참조) 확립된 알고리즘을 PCB 보드로 제작 수행되게 하고, 이를 각 밸브와 연결시켰다. 그리고 이 PCB 보드는 이산화탄소 실린더(탱크) 바로 옆에 고정되도록 하였다(그림 5 및 그림 6 참조). 그리고 기본적으로 시간에 따른 제어 알고리즘에서 냉장고 내부로부터 무게 센서에 의하여 얻어진 김치량에 대한 데이터도 PCB 보드로 송신되어 제어되게 된다.

전체적으로 기체 이동 연결부분과 연결되어 냉장고에 장착 위치되는 김치용기 시스템은 전체적으로 그림 7과 같이 구성되게 된다. 이산화탄소 실린더(탱크)와 제어 보드는 냉장고 외부벽 혹은 뒷면에 위치하게 되고, 용기는 냉장고 내에서 벽면에 있는 기체 유입밸브로 바로 결착되어 위치되게 된다.



그림 7. 냉장고에 장착된 김치용기 시스템의 전체적 구조

e) 결론

공장에서의 시제품 생산을 위해 입출부, 연결부, 조작제어부의 세 부분에 대해서 구조적으로 개선하였다. 농식품(김치) 보관용 용기는 10 L 용량범위로 냉장고 내부에 위치시키고, 이산화탄소 실린더와 진공펌프는 조작제어부와 함께 냉장고 외부에 장착되게 하였다. 용기와 연결되는 입출부, 이산화탄소 주입라인과 진공펌프의 연결부, 알고리즘의 조작제어부를 단순화하고 일체화시켜 설치와 사용이 간단하고 편리하게 구성하였다. 사용조건에서 운전의 효율화와 용이성을 위하여 진공펌프 없이 이산화탄소 주입라인과 바로 용기를 연결하는 구조의 단순화가 가능함을 확인하였다.

2) 진공/이산화탄소 주입 알고리즘의 개선

a) 요약

가정용 냉장고에 장착된 고이산화탄소 농도 유지의 김치용기에 필요한 이산화탄소 주입의 제어 알고리즘을 개선하였다. 김치용량에 따라서 달라지는 용기 내 자유용적에 따라 감압 조건, 이산화탄소 보충 주입 조건, 단순 이산화탄소 주입을 실험적으로 검토하였다. 10 L의 김치용기를 대상으로 적정조건을 찾고자 하였다. 감압/이산화탄소 주입의 사이클에 의한 고농도 이산화탄소 조건을 얻는 것 보다는, 간이형 체크밸브가 부착된 용기내에 단순하게 이산화탄소를 주입하는 것이 효과적이고 실용성을 갖는 것으로 나타났고, 80% 이상의 이산화탄소 농도를 얻기 위한 자유용적에 따른 이산화탄소 주입시간을 설정

하고, 저장 중 간헐적으로 주입할 이산화탄소 시간 간격과 밸브 개방시간을 결정하였다. 알고리즘 개선을 통해 도출된 각종 데이터는 프로그램에 입력되어 소비자가 별도로 조작하지 않도록 구성되며, 단순화된 사용자 매뉴얼로 확립하여 제시하였다.

b) 재료 및 방법

용기 및 김치

개발된 고이산화탄소 김치용기 시스템을 활용가능성이 높은 가정용 김치 냉장고의 운전 시스템에 확립하고자 하였다. 이 경우 일반적 용기의 전체 부피는 10 L이고, 용기 내 물이나 김치를 80, 60, 40, 20% 채우게 되면 용기의 자유용적(free volume, FV)은 각각 2, 4, 6, 8 L이다. 자유용적에 따른 운전 알고리즘을 확립하기 위한 용도로 사용한 배추김치는 진해농협에서 당일 생산한 제품(염도 2.6~2.7%)을 구입하여 1시간 이내 실험실로 배송하여 사용하였다.

저장 개시 및 용기개폐 시의 운전방법 설정

김치의 저장 초기와 용기 개폐 시 이산화탄소 농도를 적절한 수준으로 유지시키기 위한 기체 주입조건을 확립하기 위해 가능한 운전 시나리오를 확립하고자 하였다. 1차적으로 단순하게 이산화탄소를 주입하여 용기에 요구되는 이산화탄소 농도를 얻는 운전조건을 확립하였다. 보다 효과적인 이산화탄소 주입의 방법으로서, 감압 및 이산화탄소 주입을 번갈아 가면서 운전하는 조건을 검토하였다. 매우 단시간에 이루어지는 것을 감안하여 온도의 영향은 고려하지 않고 상온에서 물을 채워둔 용기에 대해서 실험하였다. 용기 내 이산화탄소 농도는 기체분석기(Checkmate 3, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)와 가스크로마토 그래피(Varian CP3800, Palo Alto, CA, USA)를 활용하여 측정하였다. 기체크로마토그래프는 열전도검출기와 Alltech CTR 1 column(Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA)이 사용되었다. 진공감압정도는 압력게이지(P110, ㈜와이즈컨트롤, 용인시, 경기도, 한국)를 사용하여 측정하였다.

지속적 저장 시의 운전방법 설정

초기에 적절한 이산화탄소 농도(80% 혹은 0.8 기압)로 얻어진 김치 용기에서 이산화탄소의 김치로의 용해로 인하여 감소되는 이산화탄소 농도를 보충하는 조건을 결정하고자 하였다. 물김치류의 상황을 고려한 조건으로는 물을 채워서 실험하였고, 고품분으로 주로 구성된 김치류에 대해서는 배추김치를 채워서 실험하였다. 이산화탄소의 용해에 온도와 김치 숙성도가 영향을 미치기 때문에 이들 조건을 고려하였으며, 온도로는 0℃와 10℃를 선정하여 해당 온도 조건에서 저장하면서 이산화탄소 농도를 측정하였다. 배추김치의 숙성에서는 총산 0.6% 이하의 적숙기 이전과 총산 0.6% 이상의 적숙기 이후에 대해서 저장실험을 수행하면서 이산화탄소 농도를 측정하였다. 용기 저장에서 이산화탄소 농도가 70%(0.7 기압)으로 낮아지는 시간을 결정하여 저장에서 이산화탄소를 추가적으로 주입해야 하는 시간주기로 결정하였다.

c) 결과 및 고찰

저장 개시 및 용기개폐 시의 기체주입 프로그램

단순 CO₂ 주입 시에 용기 내에 이산화탄소 농도를 80%까지 얻을 수 있는 시간을 물을 담은 용기에서 자유용적별로 측정한 결과, 자유용적 2 L에서는 29~33초, 자유용적 4 L에서는 45~51초, 자유용적 6 L에서는 60~66초로 얻어졌다(그림 8). 자유용적이 클수록 필요한 CO₂ 량이 많기 때문에 주입시간이 직선적으로 길어진 것은 당연한 것으로 이해된다. 따라서 그림 8에 제시된 직선 회귀식을 사용하여 자유용적에 따른 이산화탄소 주입시간을 구할 수 있다. 이 수식은 냉장고내 용기의 무게를 측정하는 무게

센서와 연동하여 프로그램화 가능하다. 즉, 주어진 용기에서 무게에 따라 달라지는 자유용적을 구하고, 수식에 의하여 이산화탄소 주입시간을 계산하여 얻을 수 있다.

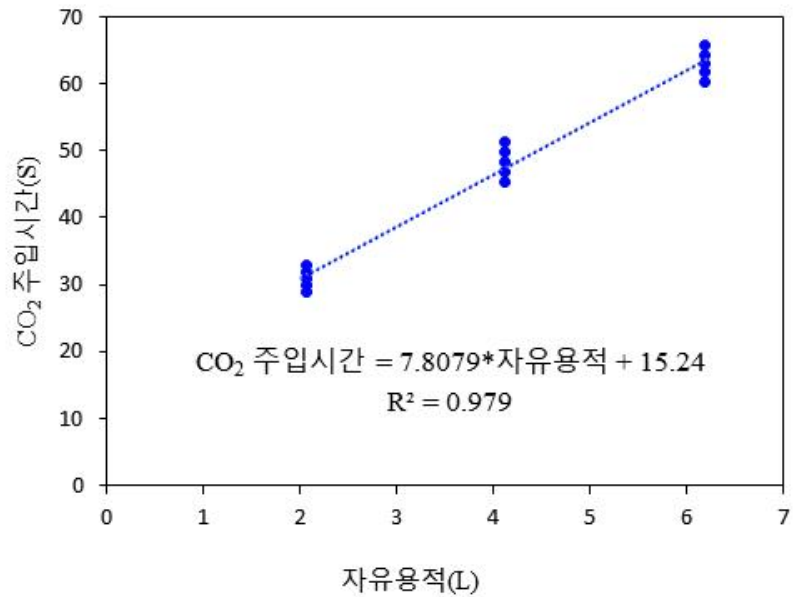


그림 8. 자유용적에 따른 이산화탄소 주입시간

이산화탄소를 절약하면서 효과적으로 높은 이산화탄소 농도를 얻기 위하여 감압과 CO₂ 주입 사이클을 활용하고자 여러 자유용적에 대해서 운전조건을 찾고자 하였다. 먼저, 용기의 자유용적 별로 진공 작동 시간에 따라 감소하는 압력을 측정하고, 이를 회귀식으로 분석하여 여기에서 이산화탄소 농도(분압) 80%(0.8기압)을 달성하는데 필요한 진공펌프 작동 시간을 계산하였다(표 2). 회귀식으로부터 얻은 시간의 반복에 따른 편차를 고려하여 5%정도 안전계수를 적용하여 얻은 진공펌프 작동시간은 자유용적 2 L 에서는 32초, 4 L 에서는 39초, 6 L 에서는 48초, 8 L 에서는 64초이었다. 이러한 관계를 회귀식으로 얻어서 운전조건에 적용할 수도 있고, 자유용적 범위에 따른 구간별 진공펌프 작동시간으로 부과할 수 있을 것으로 생각된다.

표 2. 자유용적 부피와 진공펌프 작동 시간에 따른 압력변화와 0.8 기압 도달 시간

자유용적(L)	작동시간(s)	반복별 압력(atm)			0.8 atm 도달 진공펌프 작동시간(s)
		1	2	3	
2	10	0.93	0.93	0.93	32
	20	0.86	0.86	0.86	
	30	0.78	0.78	0.78	
	40	0.68	0.68	0.72	
	50	0.68	0.68	0.72	
4	10	0.95	0.95	0.95	39
	20	0.91	0.91	0.91	
	30	0.86	0.84	0.84	
	40	0.80	0.78	0.79	
	50	0.76	0.73	0.75	
6	10	0.96	0.95	0.95	48
	20	0.93	0.92	0.91	
	30	0.89	0.87	0.88	
	40	0.84	0.83	0.83	
	50	0.80	0.79	0.79	
8	10	0.97	0.96	0.95	64
	20	0.93	0.93	0.92	
	30	0.91	0.89	0.89	
	40	0.86	0.86	0.86	
	50	0.82	0.82	0.82	
	62	0.79	0.80	0.79	

이제 진공펌프 작동에 의한 감압 후에 이산화탄소를 주입하여 용기의 압력을 1기압으로 회복시켜서 이산화탄소 농도를 상승시키고자 하였고. 이를 위해 필요한 시간은 자유용적 2 L에서 6초, 4 L에서 8 초, 6 L에서 10초, 8 L에서 12초의 조건으로 확인되었다. 1회의 감압과 CO₂ 주입으로는 요구되는 80%(0.8기압)의 이산화탄소 농도를 얻을 수 없기 때문에, 여러 번의 반복 사이클을 통하여 이산화탄소 농도를 0.8기압을 얻고자 하였다. 그림 9의 실험결과에 의하면 80%(0.8기압)의 이산화탄소 농도를 얻기 위해서는 진공/CO₂ 주입의 사이클을 5회 이상 실시하는 것이 필요하다고 결론내려진다. 진공펌프를 통한 감압 과정을 활용하여 높은 CO₂ 농도에 빠르게 도달하고자 하였으나, 전체 5회의 사이클에서 소요되는 시간이 그림 8의 단순 CO₂ 주입보다 상당히 오랜 시간이 소요되는 것으로 나타나서 오히려 역효과를 갖는 것으로 나타났다. 따라서 단순 CO₂ 주입을 운전 프로그램에 적용하는 것이 타당할 것으로 판단되었다. 그리고 이 경우 진공펌프가 구성요소에서 제외되므로 설치에서도 단순해지는 면을 가진다. 이 프로그램은 저장 중 용기를 개방하고 다시 닫을 때에도 적용되는 프로그램으로 이해된다.

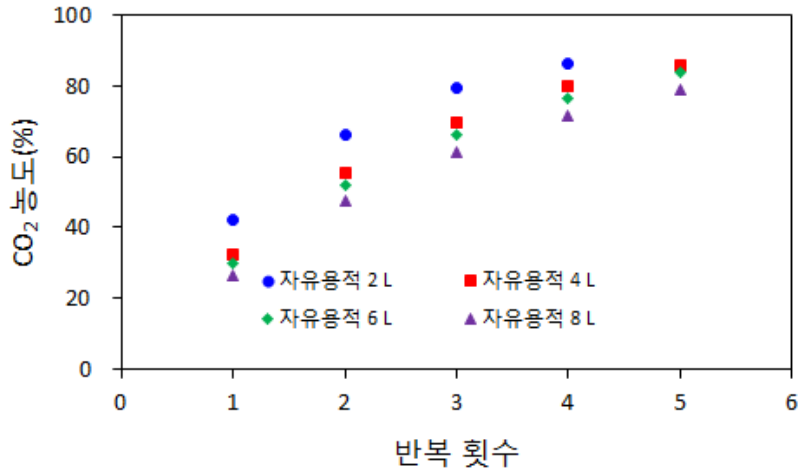


그림 9. 감압/CO₂ 주입의 사이클 반복에 따른 이산화탄소 농도

지속적 저장 시의 운전 프로그램

이제 김치를 담고 내부에 80% 이상의 농도로 이산화탄소를 주입 치환시켜둔 상태를 그 이후의 저장에서 그대로 유지시킬 필요가 있다. 그런데 밀폐된 상태의 용기에서 김치에 이산화탄소가 용해되어 헤드스페이스의 이산화탄소 농도가 낮아지게 되므로 저장 중에 이산화탄소를 주입하여 보충할 필요가 있다. 본 연구에서는 80% 이상의 이산화탄소 농도로 채워진 용기에서 그 농도가 70%로 감소하면 일정량의 이산화탄소를 주입하여 80% 이상의 농도로 회복시키는 알고리즘을 확립하고자 하였다. 김치의 유형으로서 물김치류와 배추김치에 대해서 검토하고자 하였고, 숙성도에 따른 용해도도 고려하였다.

먼저 적숙기 이전의 물김치를 고려할 때, 물김치는 고품분 농도가 낮은 관계로 초기에 발효진행이 비교적 느리며(권호령, 1995) 대부분 물로 구성된 점에서 기본적 개념 수립을 위하여 우선 물로서 용기를 채워서 상온에서의 용해도를 측정하여 검토하였고 결과는 그림 10과 같았다. 초기에 이산화탄소를 80% 농도 부근이 되도록 주입하고 방치하였을 때, 자유용적에 관계없이 이산화탄소가 용해되어 약 8시간 이후에 일정 농도에 이르러 평형에 도달하였음을 보여주었다. 약 8시간 동안의 농도변화를 2차식으로 회귀식으로 얻어서 초기 80% 농도로 채워진 조건에서 70%로 감소되는 시간을 구하였을 때, 자유용적 2 L에서는 0.66 시간, 4 L에서는 1.12 시간, 6 L에서는 2.29 시간, 8 L에서는 3.95 시간이었다. 자유용적이 작을수록 물에 녹아들어가는 이산화탄소의 양이 상대적으로 많이 소요되므로 헤드스페이스에서의 이산화탄소 농도가 빨리 감소하며, 따라서 짧은 시간 간격으로 이산화탄소를 다시 주입, 충전시켜야 되는 것으로 이해된다. 대체적인 주입 시간간격은 자유용적에 따라 최소 1시간에서 최대 4시간의 범위에 있었다. 물에 사용한 결과를 물김치에 대해서 적용하되, 물김치 자체의 발효과정을 고려하여 향후 추가적인 실험을 통하여 보완하여 일부 보정할 필요가 있을 것으로 생각된다.

그리고 물이 들어 있는 밀폐 용기 내에서 이산화탄소가 용해되어 70%에 도달한 다음에 다시 이산화탄소 농도 80%에 도달하도록 주입하는 시간을 실험적으로 구한 결과 자유용적 2 L에서 7~9초, 4 L에서 11~15초, 6 L에서 14~24초, 8 L에서 24초로 얻어졌다(표 3). 물김치는 고품분이 작으며, 대부분 물로 이루어져 있으며 CO₂발생량이 배추김치에 비하여 1/3~1/2의 비율로 작으므로(권호령, 1995), 저장 온도나 숙성단계별 고려 없이 위의 결과를 활용하여 저장 중 이산화탄소 보충 프로그램을 단순한 형태로 확립하는 것이 가능할 것으로 생각된다(표 3). 이러한 간헐적 이산화탄소 주입을 몇 번 수행할 것인가의 문제는 물김치의 숙성과 이산화탄소 발생에 따라 다를 것이며 추가적인 실험을 통하여 앞으로 결정하고자 한다. 물론 보다 정확하게 물김치의 숙성 과정과 온도의 영향을 고려한 저장 중 이산화탄소 주입 알고리즘을 정교하게 확립하는 것이 가능할 것이며, 본 연구에서는 추후에 이 문제를 검토하여 정립하고자 한다.

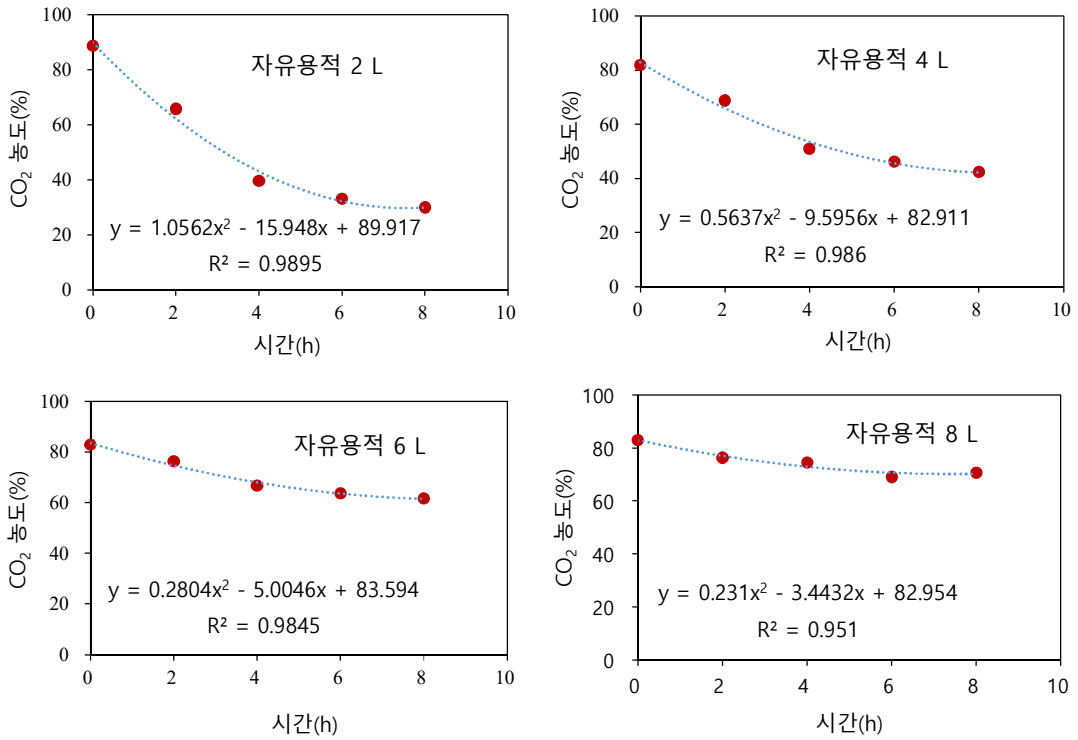


그림 10. 물이 든 용기 내 이산화탄소 용해도

표 3. 물을 담은 용기 내에서 이산화탄소의 추가주입의 간격과 시간

자유용적(L)	추가주입 시간간격(h)	주입시간(s)
2	0.6	7~9
4	1.1	11~15
6	2.2	14~24
8	3.9	24

이제 고형분이 많고 이산화탄소 발생량이 많은 배추김치에 대해서는 숙성진행도 및 온도 조건에 따른 저장 중 이산화탄소 공급 알고리즘을 세밀하게 확립하고자 하였다. 먼저 바로 담아서 적숙기에 이르기 전의 김치에 대해서 이산화탄소 용해도를 자유용적별 온도별로 측정된 결과를 그림 11에서 보여주고 있다. 앞서의 물이 든 용기에 대한 이산화탄소 주입 시간을 참고로 하여 초기 이산화탄소 농도가 약 80%가 채워지도록 2 L 용기에는 40초, 4 L에는 50초, 6 L에는 67초, 8 L에는 89초 동안 이산화탄소를 주입한 다음 김치에의 이산화탄소 용해는 그림 10의 물의 경우에 비해서 아주 늦었다. 이는 배추김치는 고형분으로 구성되었고, 따라서 표면에서 용해된 이산화탄소가 김치 내부로 침투하는 데 오랜 시간이 소요되면서 지속적인 이산화탄소 용해가 늦게 진행된 것으로 추정된다. 이산화탄소 농도의 감소에 대한 2차방정식의 회귀식을 구한 다음, 여기서 이산화탄소 농도 80%에서 70%로 감소하는 데 소요되는 시간을 계산한 결과를 표 4와 같았다. 앞에서도 언급한 바와 같이 이 시간이 이산화탄소를 추가적으로 주입해야 하는 시간간격으로 이해할 수 있다. 얻어진 시간간격은 저장온도와 자유용적에 따른 뚜렷한 경향

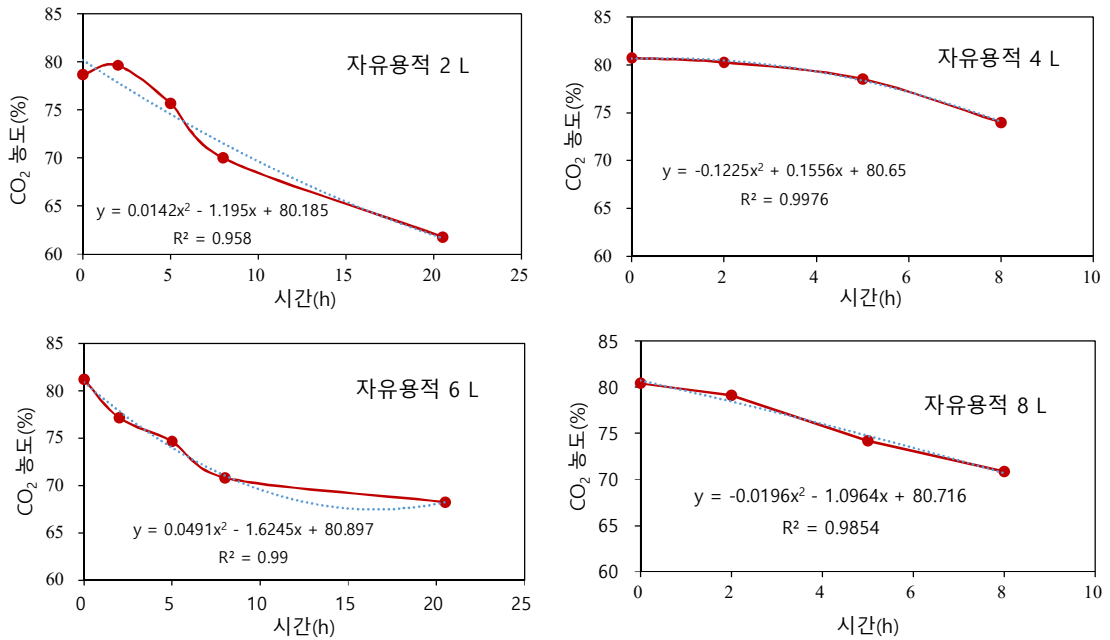
을 보여주지 못하였다. 장기간이 소요되는 이산화탄소 용해와 함께, 조건에 따라 다른 용기의 기밀성이 시간에 따른 이산화탄소 농도 감소에 영향을 준 것으로 생각된다. 즉, 용기와 뚜껑의 기밀성에서 용기 간에 변이가 오랜 시간 동안의 이산화탄소 용해와 결합된 이산화탄소 변화 과정에 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 실질적인 면에서 이산화탄소를 추가적으로 주입해야 하는 시간간격은 온도 및 자유용적의 부피에 상관없이 8 시간으로 선택할 수 있을 것이다. 그리고 70%에 도달된 상태에서 다시 농도를 80%로 상승시키기 위해서 필요한 주입시간을 측정한 결과 표 4와 같았다. 이 추가 주입의 시간의 결정에서는 온도의 영향을 별도로 고려하지 않고, 물을 담은 조건인 표 3과 표 4의 조건을 함께 감안하여 안정적인 시간으로 선택할 수 있을 것으로 생각된다.

표 4. 배추김치의 저장 중 용기 내 이산화탄소의 추가주입의 간격과 시간

자유용적(L)	추가주입 시간간격(h)		주입시간(s)	
	10℃	0℃	10℃	0℃
2	9.42	8.07	8	8
4	9.69	14.1	10	13
6	8.18	7.47	11	17
8	9.09	15.34	16	20

이렇게 추가적으로 이산화탄소가 주입된 김치용기 내에 다시 이산화탄소가 녹아 들어가서 헤드스페이스의 농도가 낮아질 수 있을 가능성이 있을 것으로 짐작된다 따라서, 위의 김치용기에서 일정 시간 용기 뚜껑을 열어두고, 헤드스페이스에 남아있는 이산화탄소를 날려 보냈다. 그리고, 다시 80%까지 이산화탄소를 주입한 다음 이산화탄소 농도 변화를 측정해 본 결과, 일관성있는 이산화탄소 농도 감소를 확인할 수는 없지만, 일부 이산화탄소 농도 감소가 관찰되었다. 따라서 이미 1차 1회 주입으로 김치 내에 이산화탄소가 충분히 용해되어서 추가적인 이산화탄소 용해에 따른 이산화탄소 농도 감소는 처음만큼 크지는 않으나 계속 발생할 가능성이 있는 것으로 이해된다. 이는 이전의 김치용기 저장실험에서도 확인된 바가 있다. 따라서 김치용기 저장 시스템의 안정성을 갖는다는 의미에서 반복적인 이산화탄소 주입이 도움이 될 것으로 생각된다. 즉, 용기의 기밀성에서의 결함이나 온도조건에 따른 이산화탄소 농도 용해가 겹쳐서 이산화탄소 농도 감소가 일어날 수 있는 경우에 대비하고, 김치에 이산화탄소의 상큼한 맛을 충분히 부여한다는 측면에서는 적숙기 전에는 추가주입 시간간격에 따라 반복적으로 이산화탄소를 주입하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 다만, 온도 및 용기 조건에 따라 2차 이후의 주입은 선택적으로 변경할 수 있는 가능성은 있다. 표 4에서와 같이 온도에 따라 다른 주입시간을 사용하여도 좋지만, 현실적인 단순화를 위해서 저장 중 이산화탄소 주입의 시간은 2 L에서 8초, 4 L에서 10~13초, 6 L에서 11~17초, 8 L에서 16~20초의 조건으로 유연하게 실시될 수 있을 것이다.

(A) 10°C



(B) 0°C

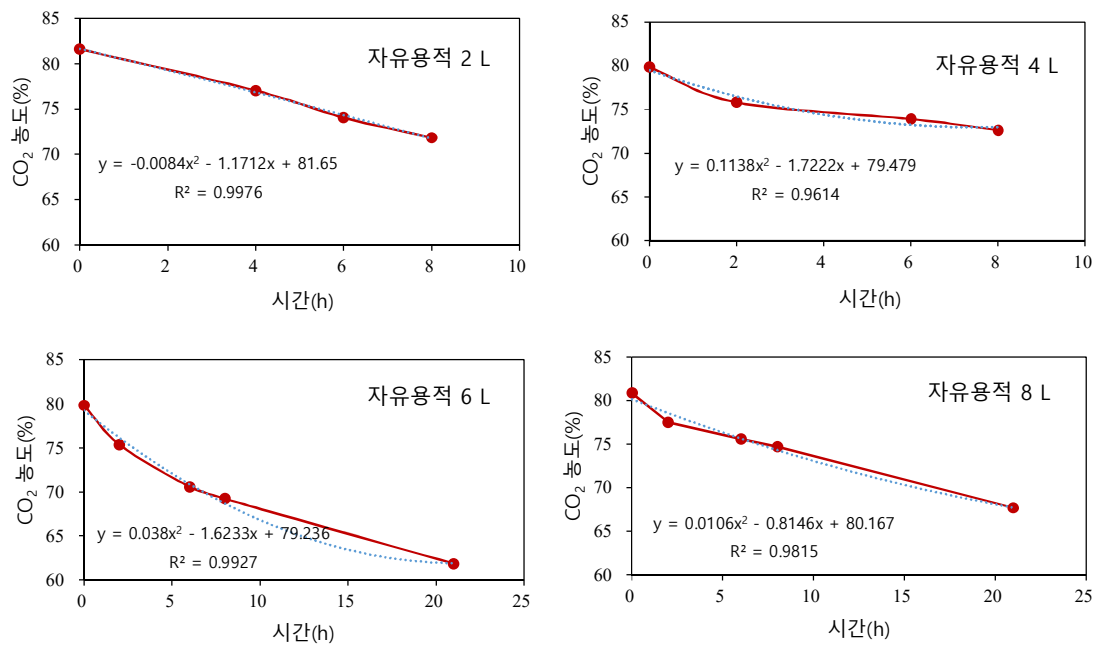
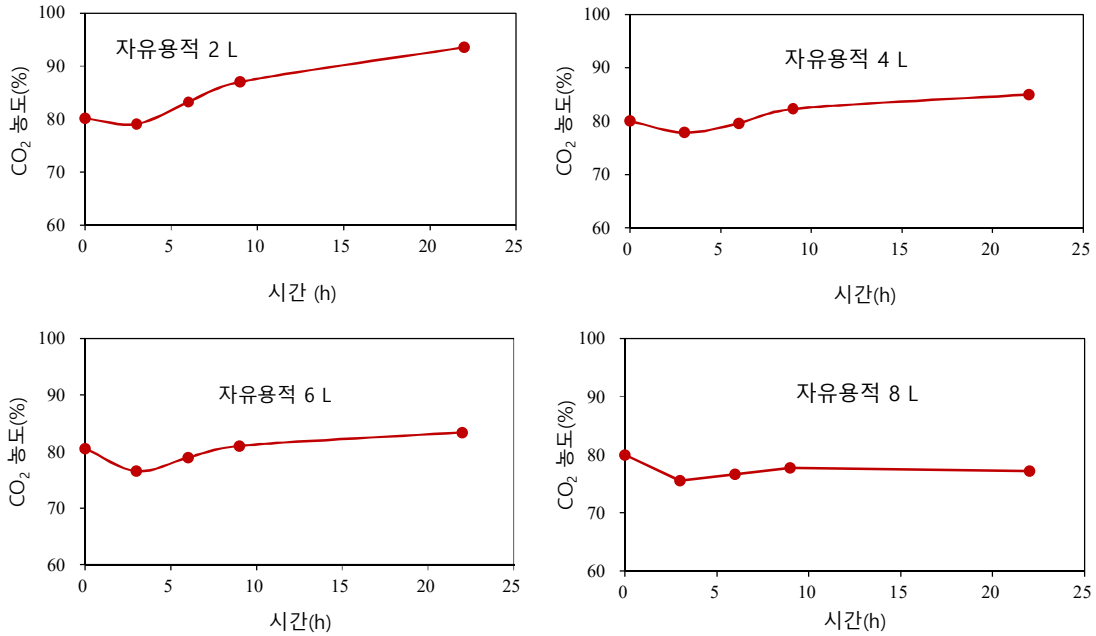


그림 11. 적숙기 이전 배추김치로의 이산화탄소 용해에 따른 용기 내 이산화탄소 농도 변화

앞의 그림 11에서 본 바와 같이 김치가 처음에 용기에 보관되어 저장될 때에는 이산화탄소 주입된 용기에서 이산화탄소 농도가 감소하지만, 김치가 발효된 상태에서는 저장 중 용기 내 이산화탄소 농도가 감소하지 않았다(그림 12). 김치의 총산이 0.68%를 넘은 적숙기에 10°C의 경우 80% 되도록 이산화탄소를 주입한 김치용기 내에서 이산화탄소가 용해되기 보다는 김치 발효로 생산되는 이산화탄소의 영향으로 농도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다(그림 12(A)). 0°C에서는 완만하게 농도가 감소하나, 70% 이하로 감소하지는 않고 비교적 일정한 수준을 유지하였다(그림 12(B)). 저온에서는 이산화탄소 용해도가 상대적으로 높고, 김치발효로부터의 이산화탄소 발생이 낮은 데에 기인한 것으로 생각된다. 어

는 경우는 저장 중 이산화탄소 농도가 70% 이하로 감소하지는 않으므로 추가적인 이산화탄소 주입은 불필요한 것으로 판단된다. 이는 이미 김치에 상당량의 이산화탄소가 용해되어 있고, 발효속성으로부터의 이산화탄소 생산이 이루어짐에 따른 것으로 이해된다. 다만, 적숙기 이후 지속적 저장에서 주기적인 주입은 불필요하지만, 김치용기를 열고나면 용기 내 이산화탄소가 모두 소실되므로 이산화탄소의 주입은 필요하다. 하지만 이때에는 이미 이루어진 이산화탄소 용해와 발효속성 작용이 있어서 1회 주입만으로 충분할 것이다. 다만, 앞의 적숙기 이전에서와 마찬가지로 용기의 기밀성과 저장온도에 따라 추가 주입 횟수의 변경이 필요할 수도 있다.

(A) 10°C



(B) 0°C

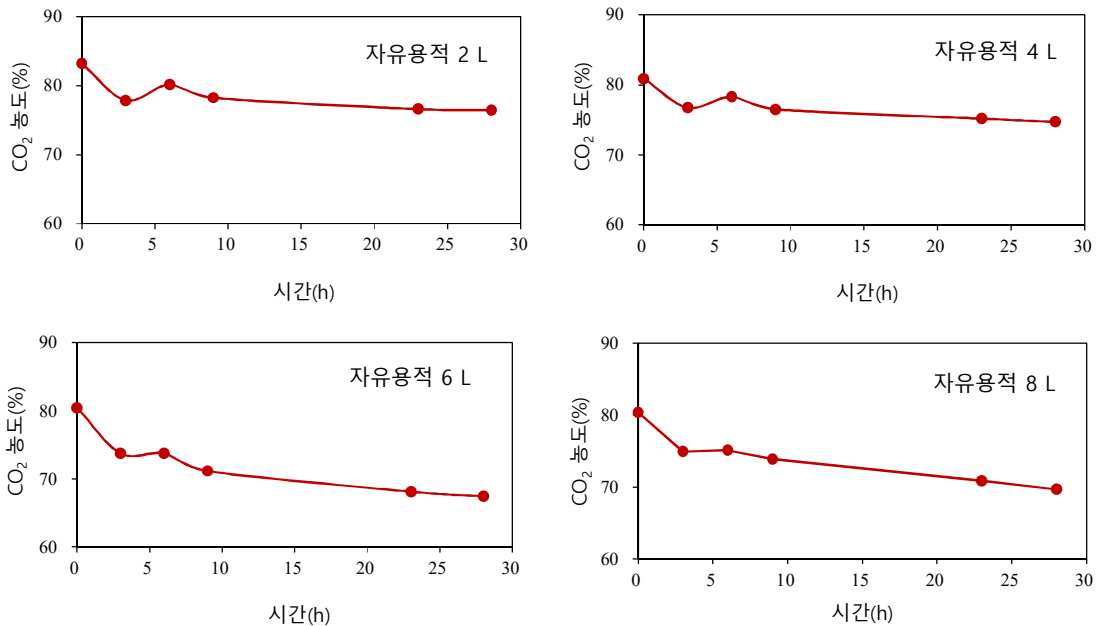


그림 12. 적숙기 이후 김치를 담은 고이산화탄소 치환 용기 내에서 이산화탄소 농도의 변화

종합적 운전 프로그램

위의 실험결과를 바탕으로 배추김치에 대한 운전 프로그램과 소비자 사용 매뉴얼을 각각 그림 13와 14과 같이 확립할 수 있었다. 운전 프로그램에서는 소비자가 저장하여 숙성하고자 하는 온도조건을 설정하게 한다(그림 13). 이는 김치를 담근 후 소비자가 출고하여 소비하고자 하는 시점에 따라 결정하게 될 것이다. 이제 시작과 함께 운전 프로그램에서 무게 센서에 따라서 자유용적을 계산하고, 자유용적의 범위에 따라서 이산화탄소 치환주입 시간을 결정하여 이산화탄소 실린더로부터 용기로의 밸브를 개방하게 된다. 이에 따라 용기 내 이산화탄소 농도는 80%이상의 범위를 유지하게 될 것이다. 이후에 8 시간 이후에 다시 한번 이산화탄소 인입 밸브를 개방하여 80% 농도로 회복시키고, 용기를 밀봉 상태로 저장하면 된다. 소비자가 용기를 개방할 경우에는 김치가 적숙기 이전이면(총산 0.6% 이하) 위와 같은 과정을 반복하면 된다. 김치가 익은 적숙기 이후라면(총산 0.6% 이하), 이산화탄소 주입밸브를 한번만 열어서 이산화탄소 농도를 80%로 이루어지게 하면 된다.

소비자의 측면에서는 운전 프로그램의 구체적인 내용을 알 필요 없이 김치를 담은 용기를 냉장고에 넣고 이산화탄소 주입밸브 라인과 연결하고, 김치의 숙성속도를 감안하여 필요한 저장온도조건을 설정한 다음 시작 버튼을 누르는 것으로 사용에서 불편함이 없도록 설계된다. 안전성을 고려하여 김치용기의 입고 및 출고 시에 주의사항을 파악하여 소비자가 확인하도록 하였다.

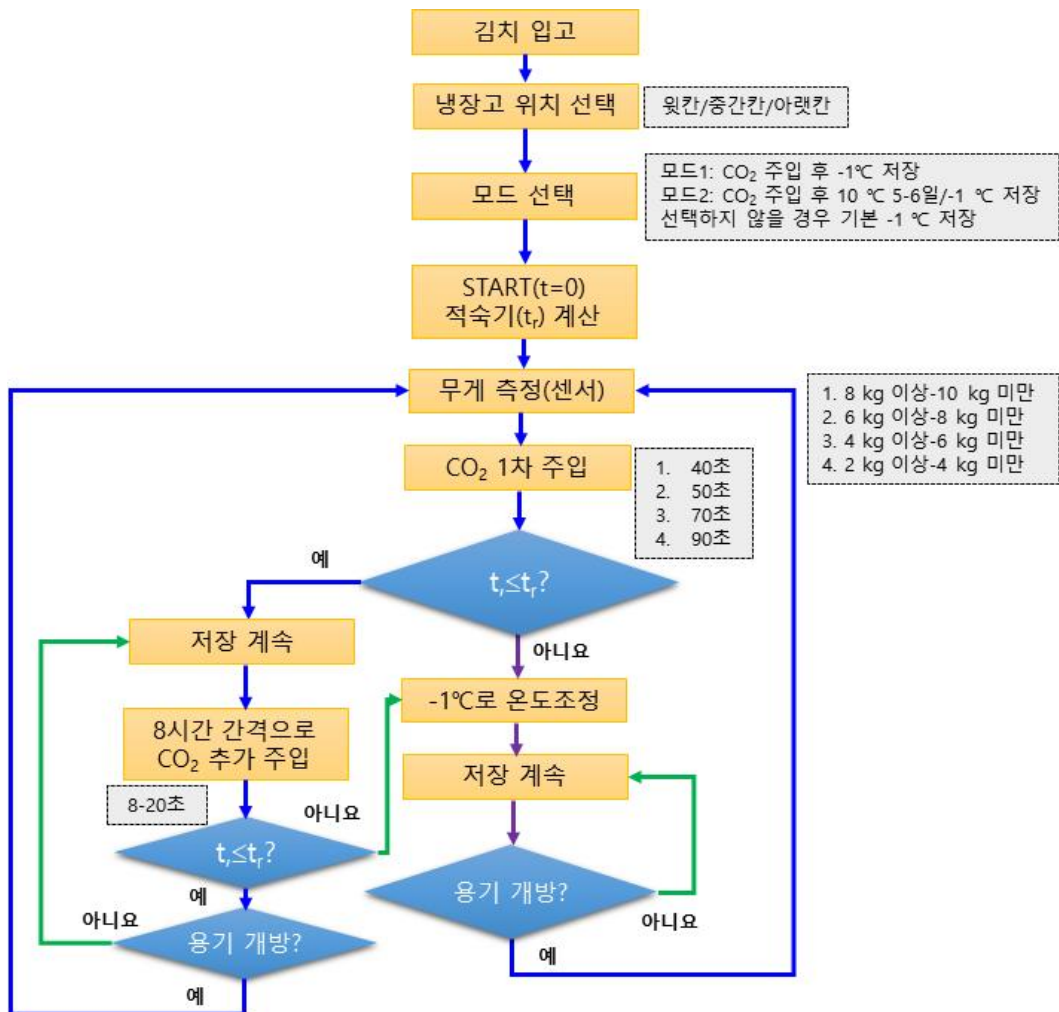


그림 13. 고이산화탄소 김치용기의 운전 프로그램

1. 김치를 용기에 담는다.
2. 용기에 담긴 김치를 보관할 냉장고 위치를 선택한다.(윗칸/중간칸/아랫칸)
3. 적당한 모드를 선택한다.

배추김치
모드1: 12일 이후 먹으면 상큼한 맛이 최고
모드2: 5-6일 이후 먹으면 상큼한 맛이 최고

※ 모드2는 김치용기 3개를 동시에 냉장고에 보관할 때 사용하기를 권장한다.

4. 'START' 버튼을 누른다.
5. 김치를 덜어 낸 후 냉장고에 재 보관 시 'START' 버튼을 누른다.

그림 14. 고이산화탄소 김치용기의 사용자 매뉴얼(예시)

d) 결론

김치 용기 내에 80% 이상의 이산화탄소 농도를 얻도록 이산화탄소를 주입하고, 저장 중 추가적으로 이산화탄소를 주입하는 단순화한 운전프로그램을 확립하였다. 진공과 이산화탄소 주입의 사이클보다는 체크밸브가 부착된 김치용기에 단순하게 자유용적에 따른 이산화탄소 주입의 밸브개방시간을 제어하고, 일정시간 간격으로 추가적인 이산화탄소 주입으로 운전하는 것이 현실적인 적용가능성을 갖는 것이 확인되었다. 소비자의 측면에서 운전 프로그램에 따른 사용의 매뉴얼이 간단한 설명으로 확립될 수 있다.

3) 김치의 저장성 및 관능성 향상 효과에 대한 검증

a) 요약

감압/CO₂ 치환의 프로그램에 의하여 내부에 고CO₂ 농도를 유지시킨 10 L 크기의 김치보관 용기 시스템에 김치를 보관하고, 10℃에서 장기간 저장 시의 저장성 및 관능성 향상 효과를 평가하였다. 소비자의 김치보관을 모사하여 간헐적으로 용기를 열고 닫으며 덜어내는 과정을 겪으면서 약 18일간의 저장에서 감압/CO₂ 치환의 프로그램을 적용시켜 0.70 atm 이상의 CO₂ 농도를 유지시켰다. 단순히 밀폐한 김치용기를 동일한 조건에 저장하여 비교하였다. 감압/CO₂ 치환의 프로그램에 의하여 얻어진 고CO₂ 농도의 기체조성은 미생물적, 화학적 품질에서 부정적 영향이 없으면서, 소비자 기호성에서 우수한 효과를 보여주었다. 그리고 장기 저장 시에 효모 성장의 억제는 변패없는 김치의 장기간 보관을 위하여 필요한 또 다른 긍정적 효과로 나타났다. 앞으로 편리한 제어운전 매뉴얼 개발에 따라 개발용기 시스템의 현실적 응용가능성을 확대시키고자 한다.

b) 재료 및 방법

김치

저장 용기에 채워서 숙성 과정에 투입한 김치는 경남 창원 웅천농협에서 제조된 염도 2.6%의 제품을 제조 당일 구매하여 사용하였으며, 적당한 크기로 세절된 제품의 크기는 5x5 cm이다.

용기 및 CO₂ 농도 제어

2단계 연구 및 앞의 연구를 통하여 확립된 진공/CO₂ 주입을 구현하는 스테인리스스틸 용기 시스템에 대해서 장기 저장에서의 안정성과 관능성 향상 효과를 10℃에서 확인하고자 하였다. 2회의 저장실험을 수행하여 장기적 저장에서의 거동을 평가하고자 하였다. 용기로서 가정에서 김치 보관에 많이 사용하는 약 10 L 크기로서 플라스틱 뚜껑을 가진 스테인리스스틸 용기(26 × 17 × 37 cm)에 순간연결밸브(1/4 inch, SS-QC4-B-400, Swagelok Co., Solon, Ohio, USA)를 뚜껑에 설치하고, 연결나사(SS-QC4-D-400, Swagelok Co.)와 Tygon 튜브(내경 1/8 inch, United States Plastic Corporation, Lima, Ohio, USA)을 통하여 605 mL CO₂ 실린더(Delight Co., Paju, Gyeonggi, Korea)나 소형 진공펌프(WP55, Conair Co., East Windsor, New Jersey, USA)로 연결시켰다. 내부의 압력이 외부압보다 0.03 atm 높으면 개방되는 체크밸브(SS-4C-1/3, Swagelok Co.)를 별도로 뚜껑에 장착하여서 내부가 상압으로 유지되도록 하였다. 실리콘 샘플링구를 플라스틱 뚜껑에 설치하여 필요시 기체 시료를 채취하도록 하였다. CO₂ 기체 공급라인의 개폐와 진공펌프의 연결/운전을 프로그램하여 제어 보드로부터 반자동적으로 제어되게 하였다.

용기에 8 kg의 김치를 충전하고 뚜껑으로 닫은 후에 진공펌프 라인을 순간연결밸브로 연결하여 헤드 스페이스 압력이 0.8 atm이 되기까지 감압하였다. 다음으로 순간연결밸브를 CO₂ 주입라인으로 연결하여 3 bar의 regulator(CO₂ Supermarket, South Milford, UK)에 의하여 1 atm의 상압에 도달될 때까지 CO₂를 주입하였다. 이러한 진공/CO₂ 주입의 과정을 4번 반복하여 내부의 CO₂ 농도가 0.8 atm에 이르게 하였다. 10℃에서 저장 중 김치로 녹아들어가는 CO₂를 보충하고 CO₂ 공급라인과 연결시켜 매 12시간(0.5일) 마다 15초씩 CO₂ 주입이 용기 안으로 이루어지도록 하였다. 이러한 CO₂ 주입은 김치가 적숙기(총산 0.6~0.8%)에 도달하기까지(약 5일 동안) 진행하였다. 대체적 적숙기인 5일 이후에 용기를 개봉하여 3 kg 김치를 덜어낸 후 같은 과정의 감압/CO₂ 주입의 4회 과정을 반복하였다. 이후의 저장에서는 24시간(1.0일) 주기로 15초 동안의 CO₂ 주입을 실시하였다. 전체 저장 기간 중 가정에서의 용기 개봉을 모사하기 위하여 1~3일 간격으로 용기를 개봉하고 부정기적으로 0.5 kg의 김치를 덜어내기도 하였다. 용기 개봉 후에 닫은 다음에 동일한 감압/CO₂ 주입 사이클을 실시하였다. 10℃에서 김치의 적숙기를 지나서 약 18일에 이르는 기간 동안 저장하는 본 실험은 소비자들이 가정에서 김치를 과숙상태까지 오래 저장하여 묵은지로서 사용하는 관행을 고려하여(Yoo et al., 2001) 고CO₂ 치환 용기 시스템의 효과를 살펴보고자 함이다. 단순히 밀봉한 동일 크기의 용기에 같은 양의 김치를 담고 저장하면서 같은 조건으로 덜어낸 처리구를 만들어서 대조구로 사용하였다.

저장 용기 내 기체조성 및 김치의 품질 측정

저장 중 시간적 간격에 따라 용기 내 기체 시료 1 mL를 기밀성 syringe로 취하여 기체크로마토그래프로 주입하여 CO₂, O₂, N₂의 농도를 측정하였다. 그리고 김치를 덜어낸 시간에서 김치 숙성의 지표로 김치 액즙의 pH와 총산을 측정하였다. pH는 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. 김치의 총산은 김치액즙 5 g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.1이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정하여 젯산 농도로 환산하였다. 덜어낸 김치 액즙의 호기성 세균, *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균, 효모의 수를 측정하기 위하여 선택배지의 표준평판배양법을 사용하였다. 김치액즙을 0.05% 펄톤수로 희석하여 선택배지에 도말하였다. 호기성 총균수는 Plate Count Agar(PCA; Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를 사용하고 30℃에서 3일간 배양하여 콜로니 수를 계수하였다. *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균을 0.002% bromophenol blue가 첨가된 Lactobacilli MRS Agar(Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를 25℃에서 3~5일간 배양하였다(Lee & Paik, 1997). 백색 혹은 밝은 청색의 콜로니는 *Lactobacillus* 균으로 어두운 청색 콜로니는 *Leuconostoc* 균으로 계수하였다. 효모수는 10% 주석산용액으로 pH 3.5으로 조정된 Potato Dextrose Agar(PDA; Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를

25℃에서 3~5일간 배양하였다. 또한 10~15명의 관능요원에 의하여 김치의 탄산미, 이취를 포함한 풍미, 종합적 기호도의 관능적 품질에 대하여 7점 척도의 기호도 검사를 수행하였다. 7점이 가장 우수하고, 1점이 가장 나쁜 수준을 표현한다.

c) 결과 및 고찰

그림 15에서는 10℃에서 저장된 김치 용기 시스템의 1차실험의 기체조성을 보여주고 있다. CO₂ 치환 프로그램으로 제어된 용기의 CO₂ 분압은 0.74~0.95 atm의 범위에 있어서, 대조구의 0~0.60 atm 보다는 지속적으로 높게 유지되고 있었다. 대조구에서 저장 13일과 15일 경에 일시적으로 0.60 atm과 0.53 atm에 도달하는 CO₂ 분압은 정상적인 김치 발효로부터 이루지는 것으로 생각되지 않는다. 즉, 이때는 이미 김치발효의 적숙기를 지난 과숙기에 진입하고(표 5) 효모 등의 왕성한 성장에 이은 현상에 관련되는 것으로 생각되어진다. 특히 저장 5일과 9일에서 높은 효모 성장을 보인 점은 매우 특이적인 현상으로서 본 연구에 사용된 김치가 경상도 지역 김치로서 숙성된 젓갈을 많이 사용함에 기인한 것으로 추정된다. 이는 김치 발효 초기에 효모수가 급격히 감소한 다른 통상의 연구결과와는(Mheen & Kwon, 1984; Shin 등, 1996) 매우 다른 것으로서 젓갈을 많이 사용하는 경상도 김치의 독특한 특징으로 여겨지며, 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다. 대조구 및 CO₂ 치환 용기 시스템 모두에서 용기 개방 시에는 대기에 가까운 기체조성(CO₂ 분압 0 atm, O₂ 분압 0.2 atm, N₂ 분압 0.7 atm 부근)에 이르다가, 다시 CO₂ 분압이 상승하였다. 그리고 저장 13일, 15일, 17일에 관찰되는 대조구에서의 O₂ 분압과 N₂ 분압의 감소는 압력발생에 따라 일어나는 약간의 기체유출에 따른 것으로 추정된다.

지난 2단계의 연구결과와 유사하게 CO₂치환 김치용기에서 저장된 김치는 대조구 용기에서의 김치에 비하여 시원한 탄산미와 종합적 기호도에서 적숙 및 과숙의 모든 조건에서 양호하였다(표 5). 비교적 적숙기에 이르는 저장 9일까지 이취(off-flavor)에서 대조구와 CO₂치환 용기 사이에서는 차이가 없었지만, 그 이후에는 이취에서도 CO₂치환 용기가 우수하였다. 저장 전 과정을 통하여 pH와 산도의 화학적 품질 지표는 두 용기의 김치에서 유의한 차이가 없었다.

총균수, *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균의 수에서는 대부분의 저장 시점에서 유의한 차이를 보여주지 못하였다. 최종 저장 시점인 저장 21일에서 *Leuconostoc* 균이 대조구보다 CO₂ 치환 용기에서 약간 낮았다. *Leuconostoc* 균이 김치의 초기 발효에 주도적으로 관여하고, 저장 후기에 감소하는 것을 고려하면 저장 후기에 고CO₂ 조건에서 약간 더 빨리 감소한 것으로 생각된다. 고CO₂용기 조건이 갖는 가장 큰 효과는 효모수에서 나타났다. 즉, 효모의 증식이나 발효 시 감소 시에 효모수가 유의하게 작은 것은 김치의 저장성 면에서 매우 긍정적인 것으로 보인다. 문헌에 보고된 김치에서의 효모수는 재료 및 저장온도에 따라 매우 다르고, 그 변화도 일정하지 않았다(Shin 등, 1996, Mheen & Kwon, 1984). 일반적으로 김치의 장기저장 시 효모수가 높으면, 산막필름 형성, 이취 발생, 연부현상이 따르므로(Lee & Byun, 2007, Kim 등, 1992), 저장 김치에서 CO₂치환 용기의 효모수가 낮은 것은 바람직한 효과로 여겨진다. 그리고 이러한 효모수의 차이가 이취발생의 관능적 품질에서의 차이와 유사한 경향을 보이는 점에서도 효모 성장이 관능적 품질에 크게 영향을 미치는 것으로 생각된다. 고CO₂ 농도의 기체조성은 호기성 세균과 곰팡이에 대해서 성장억제의 효과를 가지지만(Farber, 1991), 여러 발효식품 및 조리식품에서 변패성 효모의 성장을 억제하는 것으로도 보고되고 있다(Buick & Damoglou, 1989, Lim 등, 2002). 고CO₂ 농도의 기체조성이 여러 식품에서 바람직한 미생물군 형성을 도와줄 수 있으므로(Lee, 2009), 제어환경변수와 미생물적 품질 사이의 상호관련성을 추후의 연구로 계속 탐색할 필요가 있다. 이는 본 과제의 앞 부분에서 상당 부분 이루어진 바 있다.

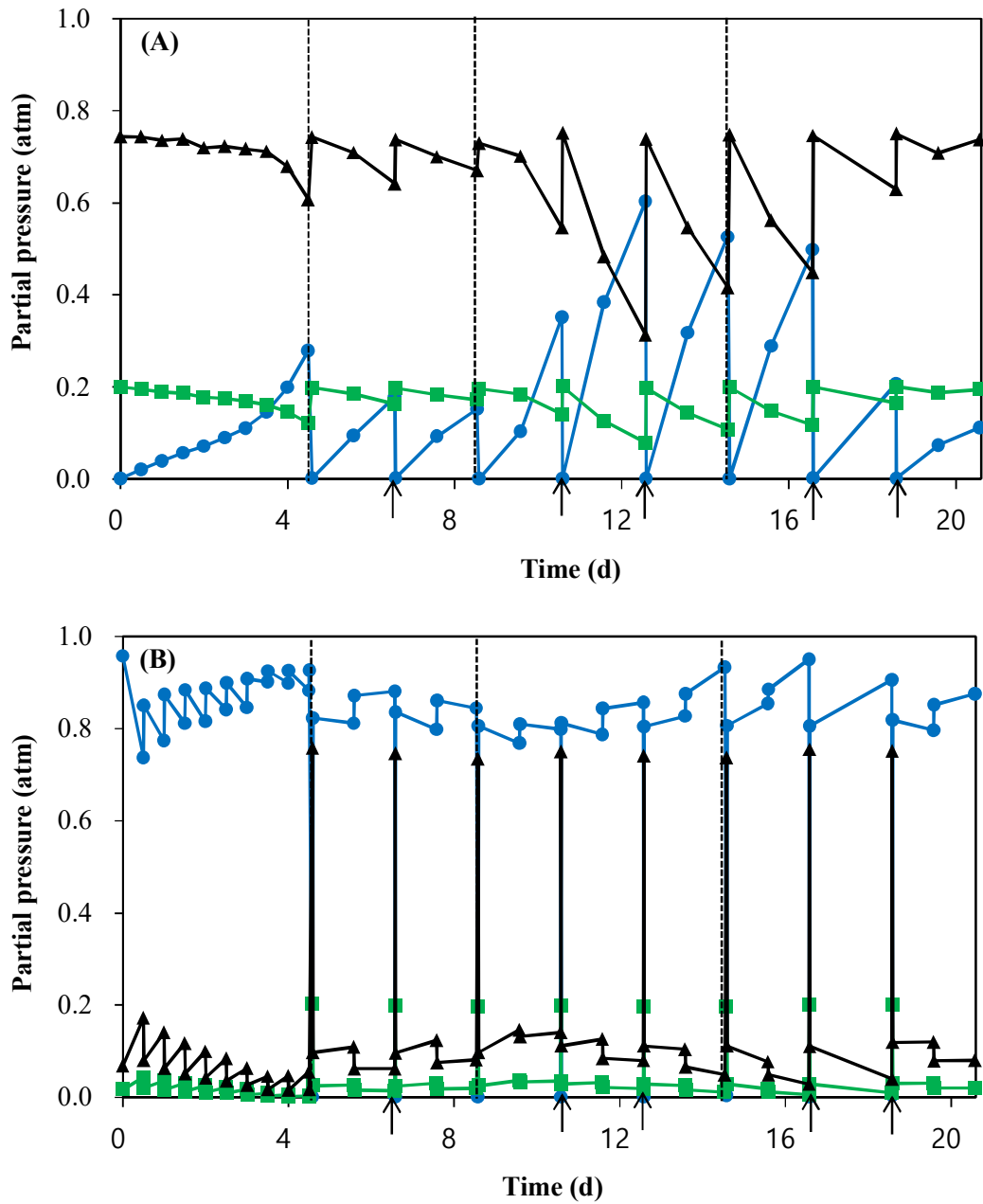


그림 15. Changes in atmospheric composition of the 10 L control container (A) and prototype container (B) initially containing 8 kg each of *kimchi* at 10 °C-1st trail. The dotted vertical line shows the time of opening the container to remove part of *kimchi* (3 kg at 5 days and 0.5 kg each at 9 days and 15 days). Vertical arrow at x-axis denotes the time of container opening/closing without *kimchi* removal. ●, CO₂ ■, O₂ ▲, N₂.

⌘ 5. Comparison of *kimchi* quality attributes between container treatments after storage at 10°C for four different time periods–1st trial

Attribute**	Container treatment*	
	Control	Vacuumizing/CO ₂ flush
<u>After 5 days</u>		
pH	4.53±0.02a	4.53±0.00a
Acidity (%)	0.52±0.02a	0.51±0.02a
Microflora (log CFU mL ⁻¹)		
Total viable cells	8.17±0.16a	8.19±0.01a
<i>Lactobacillus</i> sp.	8.83±0.15a	8.91±0.10a
<i>Leuconostoc</i> sp.	9.05±0.08a	9.08±0.06a
Yeast	9.20±0.07a	9.01±0.08b
Sensory score		
Carbonic cool flavor	4.00±1.31b	5.47±1.06a
Off-flavor	–	–
Overall acceptability	4.13±1.36b	5.53±1.19a
<u>After 9 days</u>		
pH	4.11±0.02b	4.17±0.01a
Acidity (%)	0.90±0.00a	0.89±0.00a
Microflora (log CFU mL ⁻¹)		
Total viable cells	9.41±0.00a	9.21±0.07b
<i>Lactobacillus</i> sp.	8.90±0.03a	8.84±0.11a
<i>Leuconostoc</i> sp.	9.22±0.06a	9.16±0.10a
Yeast	9.37±0.03a	9.30±0.05b
Sensory score		
Carbonic cool flavor	4.21±1.37b	5.71±0.99a
Off-flavor	6.50±0.76a	6.86±0.36a
Overall acceptability	4.29±1.68b	5.57±1.02a
<u>After 15 days</u>		
pH	4.10±0.01a	4.11±0.00a
Acidity (%)	1.09±0.02a	1.10±0.01a
Microflora (log CFU mL ⁻¹)		
Total viable cells	8.95±0.04a	8.87±0.08b
<i>Lactobacillus</i> sp.	8.89±0.10a	7.79±0.08a
<i>Leuconostoc</i> sp.	8.60±0.11a	8.64±0.19a
Yeast	7.06±0.28a	5.68±0.46b
Sensory score		
Carbonic cool flavor	4.20±1.08b	5.07±1.22a
Off-flavor	3.80±1.70b	5.27±0.96a
Overall acceptability	3.87±0.92b	5.33±0.98a

*For the container atmosphere, refer to Fig. 1–15. **Initial sample before storage had pH of 5.73±0.01, acidity of 0.28±0.01%, total viable cell count of 6.33±0.04 log CFU mL⁻¹, *Lactobacillus* sp. count of 5.64±0.10 log CFU mL⁻¹, *Leuconostoc* sp. count of 6.07±0.05 log CFU mL⁻¹ and yeast count of 6.26±0.05 log CFU mL⁻¹. Different letters after the values (mean±standard deviation) indicate significant differences between the treatments at an α of 0.05.

표 6. Comparison of *kimchi* quality attributes between container treatments after storage at 10°C for four different time periods-1st trial-continued

Attribute**	Container treatment*	
	Control	Vacuumizing/CO ₂ flush
<u>After 21 days</u>		
pH	4.09±0.01a	4.09±0.00a
Acidity (%)	1.11±0.00a	1.13±0.03a
Microflora (log CFU mL ⁻¹)		
Total viable cells	9.33±1.26a	8.23±0.13a
<i>Lactobacillus</i> sp.	8.09±0.13a	8.18±0.10a
<i>Leuconostoc</i> sp.	8.11±0.19a	7.91±0.07b
Yeast	7.33±0.12a	6.24±0.03b
Sensory score		
Carbonic cool flavor	3.57±1.16b	5.21±0.89a
Off-flavor	3.86±1.66a	4.71±1.20a
Overall acceptability	4.00±1.66a	4.50±0.94a

*For the container atmosphere, refer to Fig. 1-15. **Initial sample before storage had pH of 5.73±0.01, acidity of 0.28±0.01%, total viable cell count of 6.33±0.04 log CFU mL⁻¹, *Lactobacillus* sp. count of 5.64±0.10 log CFU mL⁻¹, *Leuconostoc* sp. count of 6.07±0.05 log CFU mL⁻¹ and yeast count of 6.26±0.05 log CFU mL⁻¹. Different letters after the values (mean±standard deviation) indicate significant differences between the treatments at an α of 0.05.

2차 실험에서도 CO₂ 치환 프로그램으로 제어된 용기의 CO₂ 분압은 0.70~0.92 atm의 범위에 있었으며, 대조구의 0-0.70 atm 보다는 지속적으로 높게 유지되었다(그림 16). 앞의 1차 실험의 경우와 비슷하게 대조구에서 저장 15일과 18일에 일시적으로 CO₂ 분압은 0.70 atm과 0.47 atm에 도달하는 현상이 관찰되었으며, 정상적인 김치 발효로부터 이루지는 것으로 생각되지는 않는다. 즉, 이때는 이미 김치 발효의 적숙기를 지난 과숙기에 진입하여(표 6) CO₂를 많이 생산하는 효모 등의 미생물이 영향을 준 것으로 생각될 수 있다. 그리고 잦은 용기 개방 시에는 대기 가까운 기체조성을 보이다가, 이후의 저장에서 다시 CO₂ 분압이 상승하고, 대조구에서 CO₂ 분압이 높아진 저장 15일에서 O₂ 분압과 N₂ 분압이 약간 감소하는 것도 앞의 그림 15와 같은 경향이며, 압력발생에 따른 기체배출의 동일한 원인이 관계한 것으로 이해된다.

2차 실험 김치의 품질도 앞의 1차실험의 결과인 표 5와 비슷하였다(표 6). 다만, 발효 적숙기인 저장 5일에서 효모수가 상대적으로 좀 낮았고 대조구와 CO₂치환 용기 사이에서도 유의한 차이가 없었고, 이 때의 이취에서도 차이가 없었다. 그 이후에서는 효모수와 이취 모두에서 다 차이를 보였다. 이는 1차실험의 결과를 확인하여 주는 바로, 이취 발생과 효모성장이 큰 상관관계를 갖는 것으로 여겨진다. 저장 5일에서의 산도를 제외하고는 pH와 산도의 화학적 품질지표는 두 용기의 김치에서 유의한 차이가 없었다. 2차 실험에서 김치발효의 초기의 단기간에 CO₂ 발생과 축적이 제한적인 점으로 인하여 CO₂치환 용기에서의 김치가 대조구의 조건에 비하여 높은 CO₂ 용해를 일으키고 높은 산도를 나타내게 한 것으로 추정된다. 하지만 이런 차이는 이후의 저장에서 김치가 계속 숙성되면서 사라졌다.

총균수, *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균의 수에서는 1차실험과 동일하였다. 즉, 저장 마지막 시점인 18일에만 *Leuconostoc* 균이 유의하게 낮은 수준을 보여준 이외에는 두 처리구 사이에 유의한 차이가 없었다.

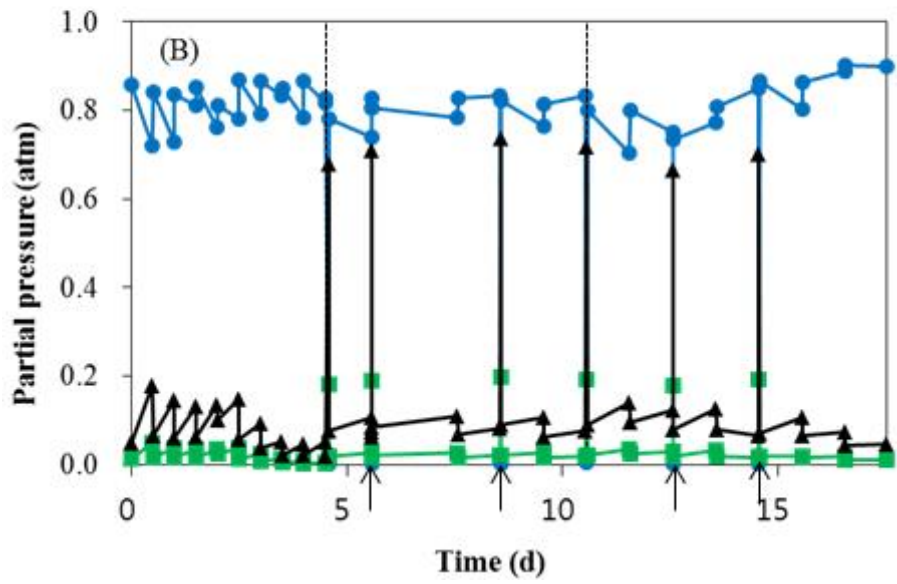
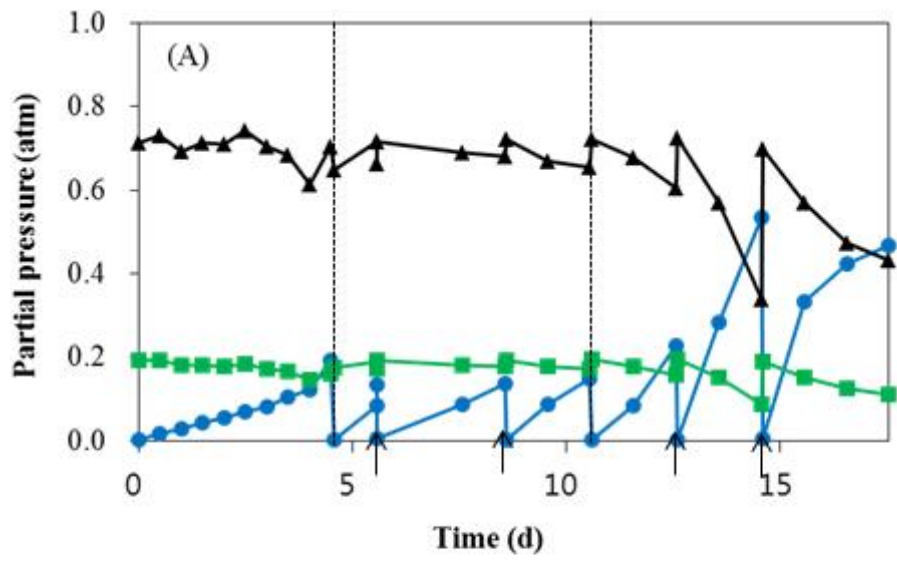


그림 16. Changes in atmospheric composition of the 10 L control container (A) and prototype container (B) initially containing 8 kg each of *kimchi* at 10°C-2nd trial. The dotted vertical line shows the time of opening the container to remove part of *kimchi* (3 kg at 5 days and 0.5 kg at 11 days). Vertical arrow at x-axis denotes the time of container opening/closing without *kimchi* removal. ●, CO₂ ■, O₂ ▲, N₂.

Figure 7. Comparison of *kimchi* quality attributes between container treatments after storage at 10°C for three different time periods–2nd trial

Attribute**	Container treatment*	
	Control	Vacuumizing/CO ₂ flush
<u>After 5 days</u>		
pH	4.42±0.02a	4.41±0.04a
Acidity (%)	0.72±0.02b	0.78±0.01a
Microflora (log CFU mL ⁻¹)		
Total viable cells	9.27±0.03a	9.27±0.05a
<i>Lactobacillus</i> sp.	9.38±0.10a	9.32±0.11a
<i>Leuconostoc</i> sp.	8.30±0.09a	8.19±0.15a
Yeast	3.93±0.18a	3.64±0.25a
Sensory score		
Carbonic cool flavor	3.45±0.69b	4.18±1.08a
Off-flavor	6.82±0.40a	6.82±0.40a
Overall acceptability	4.18±0.87b	4.91±0.94a
<u>After 11 days</u>		
pH	4.04±0.02a	4.06±0.00a
Acidity (%)	1.18±0.05a	1.27±0.00a
Microflora (log CFU mL ⁻¹)		
Total viable cells	9.44±0.06a	9.44±0.13a
<i>Lactobacillus</i> sp.	9.60±0.10a	9.64±0.08a
<i>Leuconostoc</i> sp.	8.72±0.16a	8.62±0.11a
Yeast	4.79±0.23a	3.02±0.22b
Sensory score		
Carbonic cool flavor	4.82±0.87b	5.73±0.79a
Off-flavor	4.36±1.36b	5.82±1.17a
Overall acceptability	4.82±0.87b	5.55±0.82a
<u>After 18 days</u>		
pH	3.95±0.02a	3.99±0.01a
Acidity (%)	1.30±0.02a	1.32±0.02a
Microflora (log CFU mL ⁻¹)		
Total viable cells	8.81±0.14b	9.09±0.04a
<i>Lactobacillus</i> sp.	8.80±0.07a	8.78±0.11a
<i>Leuconostoc</i> sp.	8.68±0.16b	8.96±0.11a
Yeast	7.13±0.12a	5.09±0.07b
Sensory score		
Carbonic cool flavor	4.45±0.52b	5.91±0.70a
Off-flavor	4.18±0.98b	5.36±1.03a
Overall acceptability	4.36±0.81b	5.55±0.93b

*For the container atmosphere, refer to Fig. 1–16. **Initial sample before storage had pH of 5.57±0.00, acidity of 0.32±0.01%, total viable cell count of 6.24±0.04 log CFU mL⁻¹, *Lactobacillus* sp. count of 6.10±0.03 log CFU mL⁻¹, *Leuconostoc* sp. count of 5.83±0.14 log CFU mL⁻¹ and yeast count of 4.25±0.07 log CFU mL⁻¹. Different letters after the values (mean±standard deviation) indicate significant differences between the treatments at an α of 0.05.

d) 결론

감압과 CO₂주입을 적절히 프로그램화하여 제어함에 의하여 내부 CO₂ 농도를 제어할 수 있는 김치 보관 용기 시스템은 김치의 관능적 품질을 향상시키고, 장기 저장에서 저장 안정성을 향상시킬 수 있었다. 특히, 효모성장을 억제하여 이취발생을 막을 수 있는 점은 장기저장에서 얻을 수 있는 CO₂제어 용기 시스템의 이점으로 생각된다. 개발 용기 시스템은 다른 화학적, 미생물적 품질에서 부정적 영향을 갖지 않았다. 본 과제에서는 이 용기 시스템을 아파트 빌트인 냉장고 및 급외식업소 냉장고에 장착시키는 실용화 연구를 계속 추진하고자 한다.

2. 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립

a) 요약

2단계에서 확립된 김치의 총산증가, 이산화탄소 생산, 흡수제의 이산화탄소 흡수의 방정식을 결합하여 포장의 압력 혹은 부피를 예측하는 컴퓨터 프로그램을 보완하여 확립하였다. 그리고 이를 시중 유통 포장 김치에 대해서 적용하여 이산화탄소 흡수제의 조건을 최적화하여 적용하였다. 0.5 kg 단위 시중 김치 파우치 포장에서 유통조건에 따라 필요한 이산화탄소 흡수제 조건을 최적화하고 현실적으로 적용하는 시범사업을 수행하였다. 0.5 kg 단위 김치에 대해서 흡수제의 양을 줄이면서 적정 투과도의 플라스틱을 사용함에 의하여 탄산미가 있으면서 허용가능한 부피팽창을 얻을 수 있었다. 프로그램에서 설계요소로 유통조건에 따라 흡수제의 양과 플라스틱 봉지 조건(면적, 두께)를 결정하게 된다.

b) 재료 및 방법

김치의 숙성 및 포장 부피 예측 model

저장 유통 과정 중 총산 증가로 나타난 김치의 숙성과 이에 따라 일어나는 유연포장 김치의 부피를 예측하는 컴퓨터 프로그램은 Matlab 언어로 확립하였다. 이는 2단계에서 부분적으로 이루어진 김치숙성 model과 이산화탄소 거동 model을 결합하여 현실적 조건에 적용할 수 있게 개선한 것이다. 다양한 동적 온도 조건에 대해서 적용할 수 있게 하기 위하여 총산 및 포장 부피의 변화를 미분방정식의 형태로 정립하여 이를 필요한 조건에 대해서 풀어서 그 유효성과 유용성을 점검하고자 하였다.

먼저 김치 숙성의 지표로서 총산의 증가를 식 (2-1)로 표현하였다(Jaisan & Lee, 2017).

$$\frac{dT_A}{dt} = \frac{\mu_{max} \left(1 - \frac{\exp(TA)}{\exp(TA_{max})}\right)}{1 + \exp[-25(t - \lambda)]} \quad (2-1)$$

여기서 T_A 는 시간 t (d)에서의 김치의 총산도(%), $T_{A_{max}}$ 는 최대 총산도(%), μ_{max} 는 최대산생성속도(1/d), λ 는 유도기(d)이다. 온도에 따라 결정되는 λ 와 μ_{max} 는 Arrhenius 방정식 (2-2) 및 (2-3)으로 표현될 수 있다.

$$\frac{1}{\lambda} = \left(\frac{1}{\lambda_o}\right) \exp\left(\frac{-E_{a,\lambda}}{RT}\right) \quad (2-2)$$

$$\mu_{max} = \mu_{max,o} \exp\left(\frac{-E_{a,\mu}}{RT}\right) \quad (2-3)$$

여기서 T 는 절대온도(K)이고, $(1/\lambda_o)$ 과 $\mu_{max,o}$ 는 상수이며, $E_{a,\lambda}$ 와 $E_{a,\mu}$ 는 $(1/\lambda)$ 와 μ_{max} 에 대한 활성화 에너지($J \text{ mol}^{-1}$), R 은 기체상수이다($8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$).

다음으로 이산화탄소 흡수제를 포함한 김치포장이 저장 시에 변화하는 부피를 예측할 수 있는 수학적 모델을 수립하여 Matlab 프로그램으로 작성하였다. 포장에서 부피에 기여하는 요소로서 김치로부터의 이산화탄소 생산, 이산화탄소 흡수제에 의한 이산화탄소 흡수, 포장 내에서의 이산화탄소의 기체-김치간의 평형 등을 포함시켰다.

김치발효로부터 발생하는 CO_2 생산(R_{CO_2} , $\text{mol kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$)는 총산 0.8%에 이르는 1단계와 그 이후의 2단계에 대해서 온도의 함수로서 표현하였다(식 (2-4), Lee 등, 1997).

$$R_{CO_2,i} = R_{CO_2o,i} \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,CO_2i}}{RT}\right) \quad (2-4)$$

여기서 $R_{CO_2,i}$ 는 i 단계 CO_2 생산속도(R_{CO_2} , mol kg⁻¹ d⁻¹)이고, $R_{CO_2o,i}$ 는 i 단계 CO_2 생산에 대한 상수 (mol kg⁻¹ d⁻¹), E_{a,CO_2i} 는 i 단계 CO_2 생산에 대한 활성화 에너지(J mol⁻¹)이다.

수산화칼슘(Ca(OH)₂) 등과 같은 화학적 이산화탄소 흡수제를 가진 플라스틱 필름봉지가 김치포장에 위치할 때, CO_2 흡수제거의 속도(S_{CO_2})는 기체투과의 방정식에 따라 식 (2-5)로 표현될 수 있다 (Chinnan & Yang, 1987).

$$S_{CO_2} = \frac{\bar{P}_{CO_2} A_{ab} (p_{CO_2} - 0)}{L} \quad (2-5)$$

여기서 \bar{P}_{CO_2} 는 흡수제 봉지의 CO_2 투과도(mol μm m⁻² d⁻¹ bar⁻¹ 혹은 mol μm m⁻² h⁻¹ bar⁻¹), A_{ab} 는 흡수제 봉지의 표면적(m²), p_{CO_2} 는 김치 포장 내에서의 CO_2 분압(bar), L 은 흡수제 봉지 필름의 두께(μm)이다.

CO_2 를 발생시키는 김치를 담은 포장에서의 CO_2 물질수지는 식 (2-6)과 같이 정립된다. 즉, 좌변의 김치로부터의 발생되는 CO_2 에서 흡수제 봉지가 흡수제거하는 CO_2 를 차감한 양은 포장 내의 김치에 녹거나 헤드스페이스에서 분압을 발생시키게 되는 것으로 가정할 수 있다. 그리고 김치와 헤드스페이스 사이에는 평형조건이 유지되는 것으로 가정할 수 있다.

$$\int_0^t (WR_{CO_2} - S_{CO_2}) dt = H_{CO_2} p_{CO_2} W + \frac{p_{CO_2} V_h}{RT} \quad (2-6)$$

여기서 W 는 김치의 무게(kg), H_{CO_2} 는 김치에서의 CO_2 의 용해도(mol kg⁻¹ bar⁻¹)로서 온도(T_c , °C) 및 염도(S , %)의 함수로서 식 (2-7)와 같이 단순화되어 표현될 수 있다.

$$H_{CO_2} = \frac{0.9355}{44} \{ 3.43764 - 0.12723T_c + 2.8256 \times 10^{-3} T_c^2 - 3.3597 \times 10^{-5} T_c^3 + 1.5933 \times 10^{-7} T_c^4 \\ - (0.47231 - 0.02988T_c + 1.1605 \times 10^{-3} T_c^2 - 2.2510 \times 10^{-5} T_c^3 + 1.5933 \times 10^{-7} T_c^4) \cdot (10S / 27) \} \quad (2-7)$$

임의의 시점에서 부피 V_h 인 헤드스페이스에서 존재하는 $CO_2(n_{CO_2,h})$ 는 분압 p_{CO_2} 를 형성하게 되고(식 (2-8)), 이는 물질수지의 관계에서 식 (2-9)로 관계로부터 얻어진다. 그리고 이 $CO_2(n_{CO_2,h})$ 는 상압(p_a , 1.013 bar) 하에서 기체상태방정식에 따라 V_{CO_2} 의 부피를 얻게 된다.

$$p_{CO_2} = \frac{\int_0^t (WR_{CO_2} - S_{CO_2}) dt}{(H_{CO_2} W + \frac{V_h}{RT})} \quad (2-8)$$

$$n_{CO_2,h} = \int_0^t (WR_{CO_2} - S_{CO_2}) dt - H_{CO_2} p_{CO_2} W \quad (2-9)$$

$$V_{CO_2} = \frac{n_{CO_2,h} RT}{p_a} \quad (2-10)$$

따라서 시간 t 에서의 포장의 전체 부피는 초기에 존재하던 CO_2 를 제외한 기체(산소와 질소)의 자유용적과 고체김치의 부피, 그리고 식 (2-10)으로 얻은 CO_2 부피를 모두 더하면 얻어지게 된다.

김치 포장 부피 예측 model을 사용한 이산화탄소 흡수제 조건 설정의 시범사업

확립된 김치 포장의 부피변화 예측 model을 경기농협식품조합의 500 g 단위 배추포기 김치 포장에 적용하였다. 먼저 염도 2.7% 김치로부터 CO₂ 발생을 측정하고자 950 mL 유리병 용기에 500 g의 김치를 담고 0°C, 10°C, 20°C에 저장하면서 헤드스페이스의 CO₂ 농도를 측정하였다. CO₂ 농도 측정을 위하여 유리병 헤드스페이스 내의 기체시료 1 mL를 취하여 기체크로마토그래피(Varian CP3800, Palo Alto, CA, USA)에 주입하였다. 기체크로마토그래피에는 CTRL column(Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA)과 열전도 detector를 장착하고 carrier gas로 helium을 사용하였다. 헤드스페이스의 CO₂ 농도와 평형을 유지하는 조건에서의 김치에 녹아있는 CO₂ 농도를 Henry의 법칙으로 얻어서 김치가 생산한 전체 CO₂ 생산량을 시간의 함수로 구하였다(Lee 등 1997).

Ca(OH)₂ 분말(Samchun Pure Chemical Co., Pyeongtaek, Korea)을 담은 플라스틱 필름 봉지의 CO₂ 흡수속도를 측정하여 플라스틱 필름의 겉보기 CO₂ 투과도를 0°C, 10°C, 20°C에서 결정하였다. 플라스틱 필름봉지로는 상업용 흡수제에 많이 쓰이는 미세투과성 161 μm 두께 Tyvek 봉지(Lipman, 4x6 cm, 한면은 알미늄 적층 필름), 두께 12 μm의 고밀도폴리에틸렌 필름 봉지(HDPE, Cleanwrap, 4x4 cm 양면), 두께 33 μm의 저밀도폴리에틸렌 필름 봉지(LDPE, Cleanwrap, 4x4 cm 양면)을 사용하였다. 식 (2-5) 및 식 (2-9)에 요구되는 겉보기 CO₂ 투과도, \bar{P}_{CO_2} 의 측정을 위하여, 증류수 100 mL를 담은 950 mL 유리병에 CO₂ 기체 4.19 mmol을 주입하면 형성되는 평형상태의 관계식 (2-11)을 이용하였다.

$$\int_0^t \left(\frac{\bar{P}_{CO_2} A_m (p_{CO_2} - 0)}{L} \right) dt = n_{in} - \left(H_{CO_2, w} p_{CO_2} W_w + \frac{p_{CO_2} V_h}{RT} \right) \quad (2-11)$$

여기서 n_{in} 는 주입된 CO₂ 기체량(mol), W_w 는 증류수의 무게(0.1 kg), $H_{CO_2, w}$ 는 증류수에서의 CO₂ 용해도 상수(mol kg⁻¹ bar⁻¹), V_h 는 헤드스페이스 부피(L), R 은 기체상수(0.08314 bar L K⁻¹ mol⁻¹)이다.

식 (2-11)의 관계를 임의의 시점에 대하여 도함수로 얻으면 식 (2-12)로 얻어지고, 이를 적분하면 식 (2-13)이 얻어지며, 이 식에 따라서 용기 내 CO₂ 분압, p_{CO_2} 와 시간, t 에 대한 관계를 fitting 하여, 기울기로부터 \bar{P}_{CO_2} 혹은 (\bar{P}_{CO_2}/L)를 얻었다. 여기서 시간 t 는 h 혹은 d의 단위를 갖는다.

$$\frac{dp_{CO_2}}{p_{CO_2}} = - \frac{1}{\left(H_{CO_2, w} W_w + \frac{V_h}{RT} \right)} \left(\frac{\bar{P}_{CO_2} A_m}{L} \right) dt \quad (2-12)$$

$$\ln p_{CO_2} - \ln p_{CO_2,0} = - \frac{1}{\left(H_{CO_2, w} W_w + \frac{V_h}{RT} \right)} \left(\frac{\bar{P}_{CO_2} A_m}{L} \right) t \quad (2-13)$$

그리고 김치를 동일한 조건에 저장하면서 총산의 변화를 측정하여 식 (2-1)~(2-3)에서의 parameter를 구하였다. 먼저 0°C, 10°C, 20°C에서의 총산의 변화에 대해서 식 (2-1)의 적분 형태인 식 (2-14)으로(Huang, 2011) fitting하여 parameter, λ 와 μ_{max} 를 얻었다.

$$TA = TA_0 + TA_{max} - \ln \left\{ \exp(TA_0) + [\exp(TA_{max}) - \exp(TA_0)] \cdot \exp(-\mu_{max} B) \right\} \quad (2-14)$$

여기서 $B = t + \frac{1}{25} \ln \left(\frac{1 + \exp[-25(t - \lambda)]}{1 + \exp(25\lambda)} \right)$ 이다.

그리고 각 온도에서 얻어진 λ 와 μ_{max} 에 대해서 각각 식 (2-2)와 식 (2-3)의 Arrhenius 관계를 적용하였다.

그리고 여러 조건으로 이산화탄소 흡수제 봉지를 제작하여 500 g 단위 김치 포장 안에 장착시키고 5°C 및 10°C에서 30일간 저장하면서 부피변화를 측정하였다. 유연포장으로 500 g의 김치를 담은 알미늄 적층 플라스틱 필름(17.4 x 25.4 cm)을 사용하여 5°C 및 10°C에서 저장하면서 저장 중 포장의 부피

를 측정하였다. 유연포장의 부피는 포장을 물이 담긴 실린더에 담구어 증가된 부피로부터 측정하였다. 초기의 자유용적은 김치 파우치를 물에 넣고 포장을 파괴하여 유출되는 기체의 부피를 포집하여 측정하였다.

김치의 품질측정

김치의 pH는 액즙에 대해서 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. 김치의 총산은 김치액즙 5 g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.10이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정하여 젖산 %로 환산하였다. 저장된 김치의 관능적 품질은 6명의 관능요원에 의하여 7점 척도의 기호도 검사로 수행하였다(7점=가장 좋다, 1점=가장 나쁘다). 처리구간의 차이는 유의수준 5%에서 Duncan의 다중검증을 수행하였다.

c) 결과 및 고찰

김치의 속성 model

0°C, 10°C, 20°C에 저장된 김치의 총산 증가를 측정하여 그림 17과 같은 결과를 얻었다. 그리고 이를 식 (2-14)에 따른 회귀에 의하여 model parameter를 얻은 결과를 표 7에서 제시하였다. 여러 온도 조건에 적용할 수 있도록 표 8의 parameter를 Arrhenius 방정식(식 (2-2) 및 (2-3))을 이용하여 온도의 함수관계로 정리하면 그림 18과 같은 결과를 얻을 수 있었으며, $(1/\lambda)$ 와 μ_{max} 에 대해서 활성화에너지는 각각 98.9 kJ/mol 및 63.4 kJ/mol로 얻어졌다. 이 온도의존성은 2단계 연구에서 얻어진 $(1/\lambda)$ 와 μ_{max} 에 대한 각각의 활성화에너지 82.4 kJ/mol 과 63.7 kJ/mol 와 비교적 비슷한 것으로 여겨진다(Jaisan & Lee, 2017).

표 8. Changes in titratable acidity of kimchi stored at different temperatures.

Parameters	Storage temperature (°C)		
	0	10	20
TA_o (%)	0.33	0.30	0.31
μ_{max} (1/d)	0.19	0.60	1.27
λ (d)	15.39	2.53	0.79
TA_{max} (%)	1.07	1.23	1.56

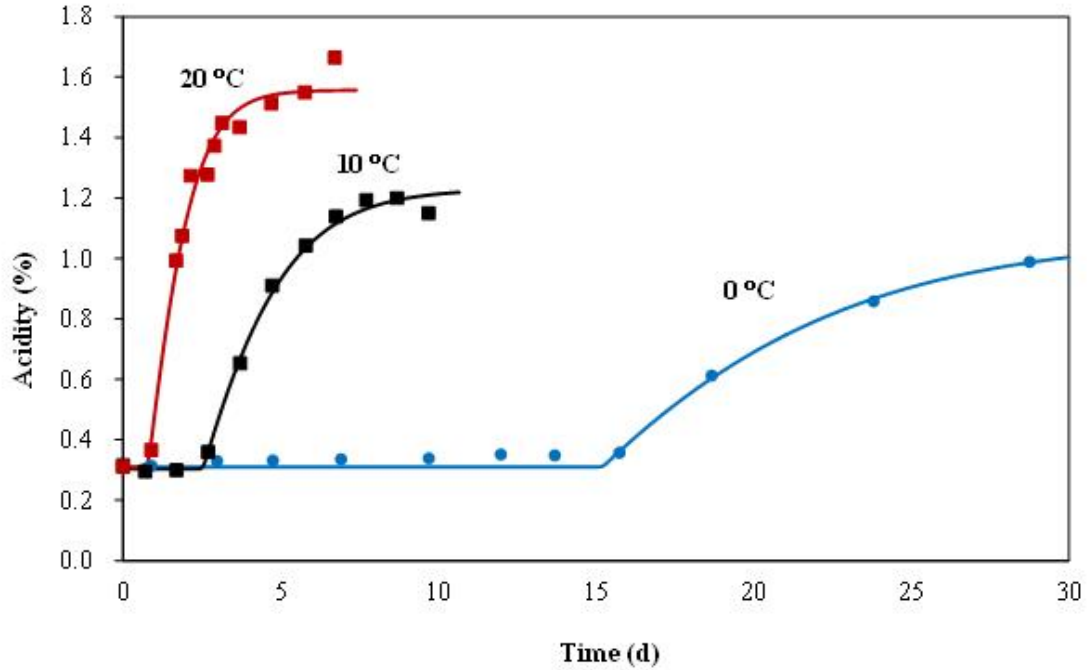


그림 17. Changes in titratable acidity of *kimchi* stored at different temperatures.

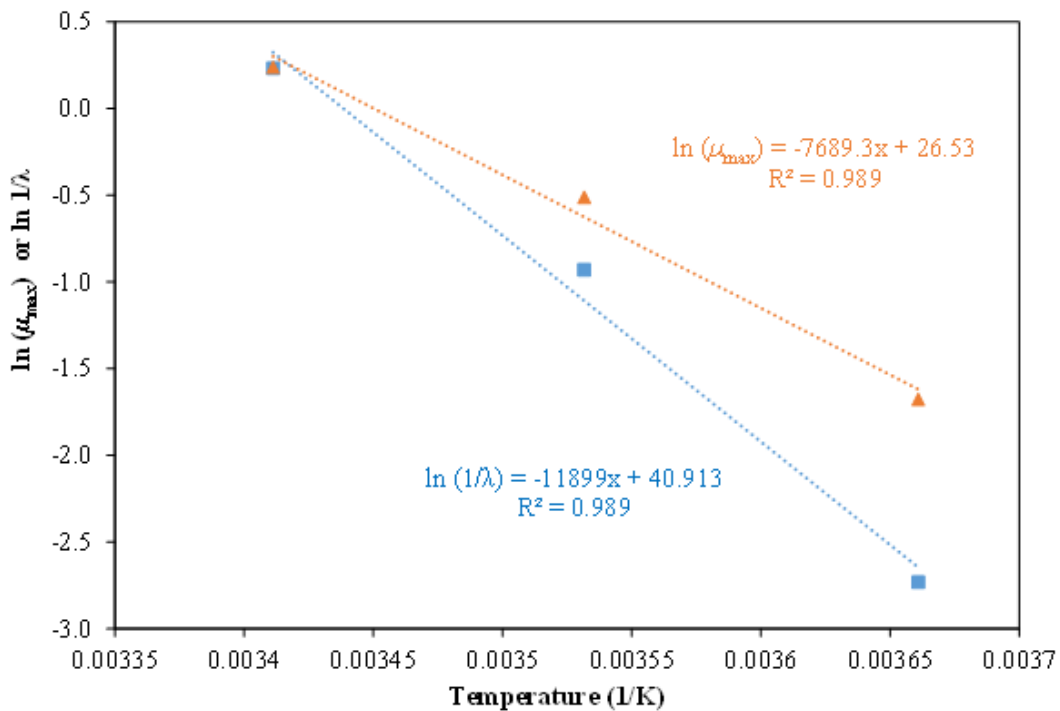


그림 18. Acidity change model parameters as function of temperature.

김치의 CO₂ 생산

배추김치 포장에서 이산화탄소의 발생에 따른 압력 및 부피 변화를 예측하기 위하여 우선 10°C에서 950 mL 유리병 용기에 담긴 500 g 김치(염도 2.7%)로부터의 CO₂ 발생량을 측정하였고, Lee 등(1997)에 의하여 보고된 바와 같이 총산도 0.8% 이하의 발효의 초기단계에서는 높은 일정한 CO₂ 발생속도를 보이고, 그 이후 발효 속성이 진행된 후인 산도 0.8% 이상의 후반부에서는 낮은 CO₂ 발생을 보였다(그

림 19). 10°C에서 1단계 발효에서는 0.127 mol kg⁻¹ d⁻¹, 그 이후의 0.008 mol kg⁻¹ d⁻¹의 CO₂ 발생을 보였다. Lee 등(1997)에 방법에 의하여 분석하여 식 (2-4)의 Arrhenius 방정식의 관계로 도식한 결과, 그림 19와 같이 얻을 수 있었다. 그림 20에서의 온도의존성을 활성화에너지로 나타내 보면 1단계 CO₂ 발생에 대해서는 80.2 kJ/mol, 2단계 CO₂ 발생에 대해서는 100.0 kJ/mol으로서 1 단계 CO₂ 발생은 총 산 증가와 비슷한 범위로 보이지만, 2단계 CO₂ 발생은 조금 높은 값으로 높은 온도의존성을 나타내었다.

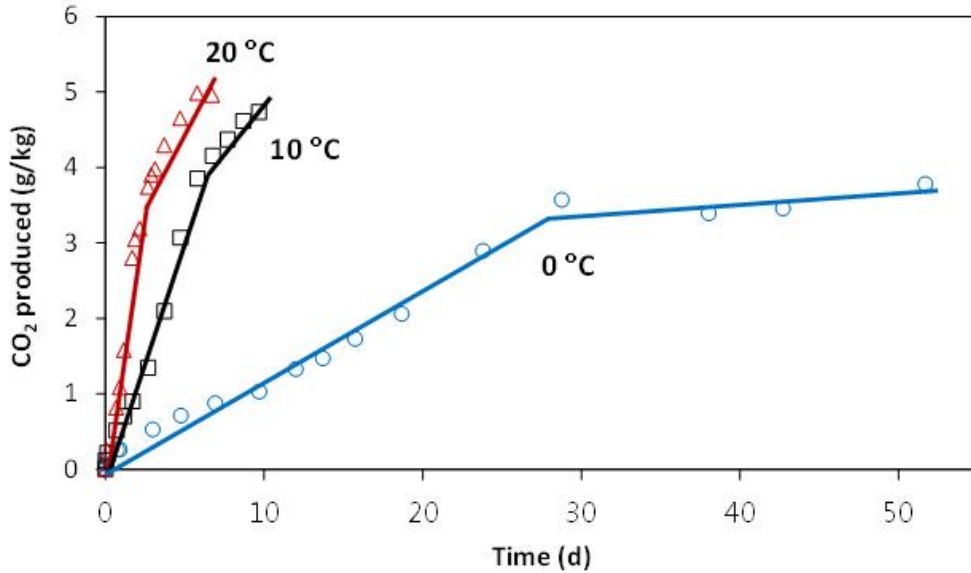


그림 19. CO₂ produced from *kimchi* stored at different temperatures.

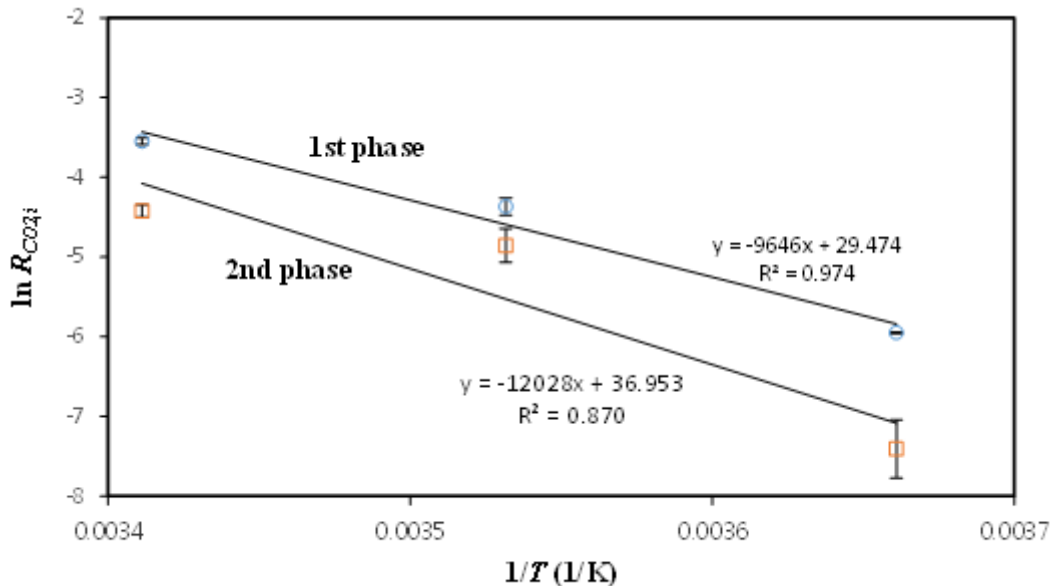


그림 20. CO₂ production of *kimchi* as function of temperature according to Arrhenius relationship.

플라스틱 봉지의 CO₂ 투과도

이산화탄소 흡수제를 담은 플라스틱 봉지를 유리병에 넣고 CO₂ 기체를 4.19 mmol을 주입한 다음에 시간에 따른 CO₂분압(P_{CO_2})을 측정하고, 시간에 대해서 $\ln P_{CO_2}$ 을 도시하고 기울기로부터 (\bar{P}_{CO_2}/L)를 구하여 온도의 함수인 식 (2-15)에 따른 Arrhenius plot으로 그림 21과 같이 얻을 수 있었다.

$$\bar{P}_{CO_2} = \bar{P}_{CO_2} \exp\left(\frac{-E_{sp}}{RT}\right) \tag{2-15}$$

상업용으로 많이 쓰이는 Tyvek 필름이 매우 높은 이산화탄소 투과도를 보이고, LDPE와 HDPE 필름이 비슷하지만 얇은 HDPE 필름이 높은 투과도를 나타내었다. 그림 21과 같이 정의된 CO₂ 투과도 값은 식 (2-6)의 흡수제 봉지의 CO₂ 투과 제거의 계산에 사용될 수 있다.

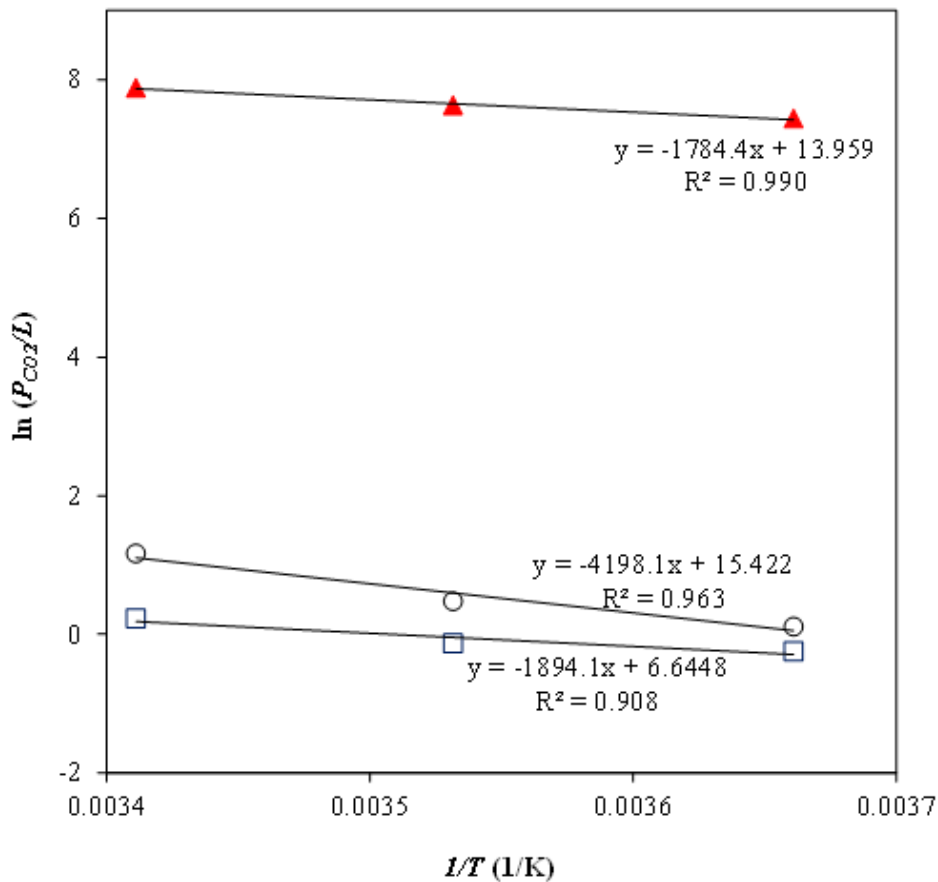


그림 21. CO₂ transmission rate (P_{CO_2}/L) as function of temperature. □: 33 μm LDPE; ○: 12 μm HDPE; ▲: 161 μm Tyvek.

김치포장의 부피 변화

위에서 정립된 김치포장의 부피변화 예측 프로그램의 유효성을 확인하기 위하여 CO₂ 흡수제를 장착 시킨 500 g 김치포장을 5°C 및 10°C에 저장하면서 부피를 측정하였다. 그림 22에서 제시된 5°C 저장 결과에서 모델에 의한 예측이 저장 15일까지는 대체적인 경향을 비교적 잘 나타내고 있는 것으로 보인다. 하지만 그 이후의 저장에서는 예측 부피와 실험치에서 상당한 차이를 보이는 부분이 있다. 이는 김치 저장의 후반부(총산 0.8% 이상에서)에서의 CO₂ 생산속도에서의 약간의 오차가 오랜 저장으로 누적되어 나타난 결과일 수 있다. 또 김치의 CO₂ 생산특성이 앞의 실험에서 얻는 그림 20 및 그림 21과 달

라질 수 있을 것으로도 생각된다. 흡수제를 넣지 않은 대조구 포장의 예측에서 총산 0.8%에 도달하는 저장 10일 부근에서 부피팽창의 속도가 달라지는 것으로 나타났으며, CO₂ 투과도가 높고 흡수가 빠른 Tyvek 봉지를 담은 포장에서는 Ca(OH)₂의 CO₂ 흡수능력한계에 도달된 후에 부피팽창이 본격적으로 이루어지고 있었다. 이에 대비하여 HDPE 필름 흡수제 봉지가 있는 포장에서는 낮은 CO₂ 흡수로 인하여 초기에 약간의 부피팽창이 있는 다음, 숙성되어진 2단계에서는 비교적 일정한 부피를 유지하는 것으로 예측되었다.

그림 22을 실용적 측면에서 분석하면 500 g 단위 배추김치 포장에서 미세공성 고기체투과성 Tyvek (두께 161 μm) 봉지에 5.5 g이나 8 g의 흡수제를 넣은 경우에는 30일간의 저장에서 부피팽창이 그다지 크지 않으며, 그 효과는 비슷한 것으로 보인다. 3 g의 흡수제는 저장기간이 길어지면 상당한 부피팽창을 유발할 수 있을 것으로 예견된다. 그리고 5.5 g의 흡수제를 12 μm HDPE 필름 봉지에 넣은 조건도 심한 부피팽창 없이 저장될 수 있는 것으로 나타났다.

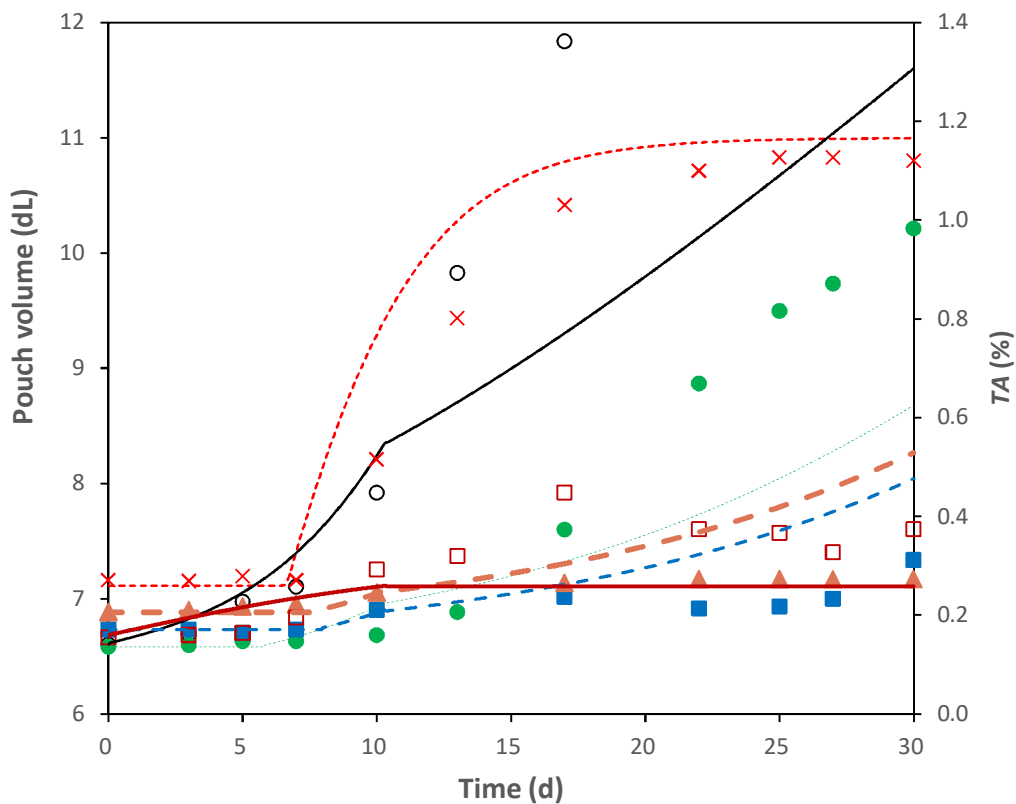


그림 22. Volume change of 500 g *kimchi* package stored at 5°C. ×: acidity; ○: volume of control package (no CO₂ absorber); ●: volume of package with 3 g CO₂ absorber in 161 μm Tyvek sachet (4.5x3.0 cm on one side); ■: volume of package with 5.5 g CO₂ absorber in 161 μm Tyvek sachet (4.5x4.0 cm on one side); □: volume of package with 5.5 g CO₂ absorber in 12 μm HDPE sachet (4.5x4.0 cm on two side); ▲: volume of package with 8 g CO₂ absorber in 161 μm Tyvek sachet (4.5x6.0 cm on one side). Dotted line is acidity estimated. Thin and thick solid lines are estimated volumes of control package and package with 5.5 g CO₂ absorber in 12 μm HDPE sachet (4.5x4.0 cm on two sides), while dashed lines are volumes of packages with CO₂ absorber in 161 μm Tyvek sachet simulated by the prediction model (line thickness increasing with absorber weights of 3, 5.5 and 8 g).

그림 22의 결과로부터 5.5 g이나 8 g 흡수제의 Tyvek 봉지나 5.5 g 흡수제의 HDPE 봉지는 부피팽창의 면에서는 무난하므로, 이 포장 조건이 김치품질에 미치는 영향을 검토하였다. 그림 22에서 보듯이 5°C에서 10일간 저장되어 적숙기를 좀 지난 총산 1.0%의 김치는 탄산미에서 유의적 차이가 없지만 5.5 g HDPE 흡수제가 시원한 정도가 높았고, 부피 팽창에서는 5.5 g이나 8 g 흡수제의 Tyvek 봉지 함유 포장보다는 유의하게 큰 부피팽창을 보였다. Tyvek 봉지에서 5.5 g과 8 g의 흡수제 처리가 부피팽창 면에서 차이가 없는 것을 고려한다면, 8 g의 흡수제의 양을 5.5 g으로 줄이는 것을 고려할 수도 있을 것으로 생각된다. 이는 30일간의 저장에서도 확인되는 바이다(그림 22). 그리고 저장기간을 제한적으로 유지시킨다면 탄산미의 측면에서 5.5 g HDPE 흡수제 처리구도 선택을 고려할 수 있을 것으로 생각된다.

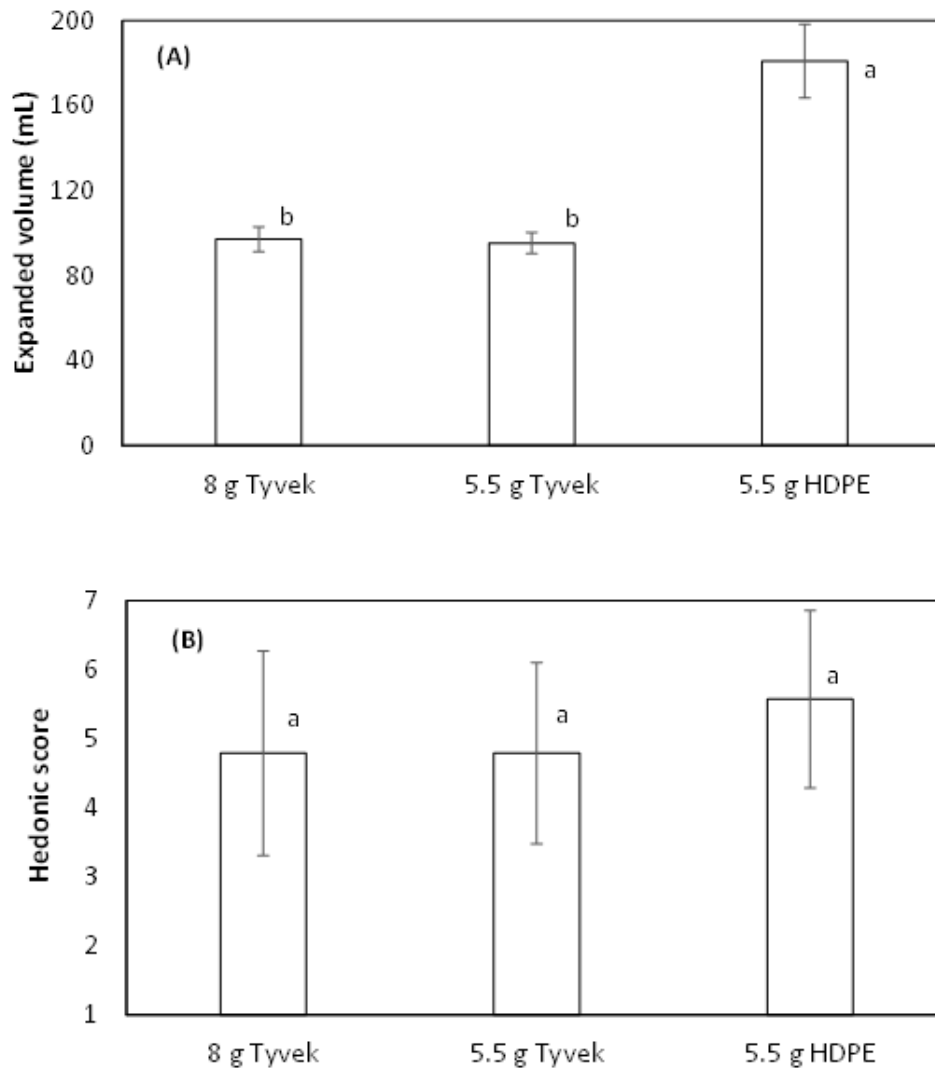


그림 23. (A) Volume expansion of the *kimchi* package stored for 10 days at 5°C and (B) hedonic score of carbonic cool flavor of the kimchi placed in the package. Vertical bars are standard errors. Different alphabetic letters on the bars mean significant difference at α of 0.05.

따라서 이러한 점을 10℃에서 저장으로 다시 한번 확인하고자 하였다. 예측 모델에 의한 부피의 예측은 저장 13일까지 대체적인 경향을 나타내었으나, 그 이후의 저장에서는 많은 차이를 보였다(구체적 데이터는 생략). 장기간의 저장에서 2단계 CO₂ 발생속도의 변이가 이러한 차이의 원인으로 여겨지고 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다. 그림 24에서 보듯이 10℃에서 흡수제 없이는 5일의 저장 시에 이미 상당한 부피 팽창을 보여서 유통 시의 문제가 될 수 있음을 보였고 8일 이후에는 부피를 측정하기에 부적합한 정도로 팽창이 심하였다. 이에 비해 전체 저장기간을 보았을 때, 5.5 g이나 8 g 흡수제의 Tyvek 봉지나 5.5 g 흡수제의 HDPE 봉지를 담은 김치포장은 허용 가능한 수준으로 평가되고, 3 g 흡수제 Tyvek 봉지 처리구는 장기저장 시에 뚜렷한 부피팽창의 문제가 있는 점에서는 5℃ 저장과(그림 25) 비슷한 것으로 나타났다. 따라서 현실적 가능성이 있는 세 처리구에 비하여 대체적인 적속기에 해당되는 5일 저장시의 부피와 함께 김치의 관능적 탄산미를 평가한 결과는 그림 24와 같았다. 8 g 흡수제의 Tyvek 봉지 처리구 포장은 부피팽창이 억제되기는 하지만, 탄산미에서는 다른 두 처리구에 비하여 유의하게 부족한 것을 보여주었다. 5.5 g의 흡수제 Tyvek 봉지를 가진 포장은 부피팽창도 완화되면서 탄산미도 유지하는 면에서는 긍정적인 것으로 보인다. 5.5 g 흡수제 HDPE 봉지를 가진 김치포장은 어느 정도의 부피팽창을 가지는 반면에 우수한 탄산미를 가질 수 있는 측면을 가진다.

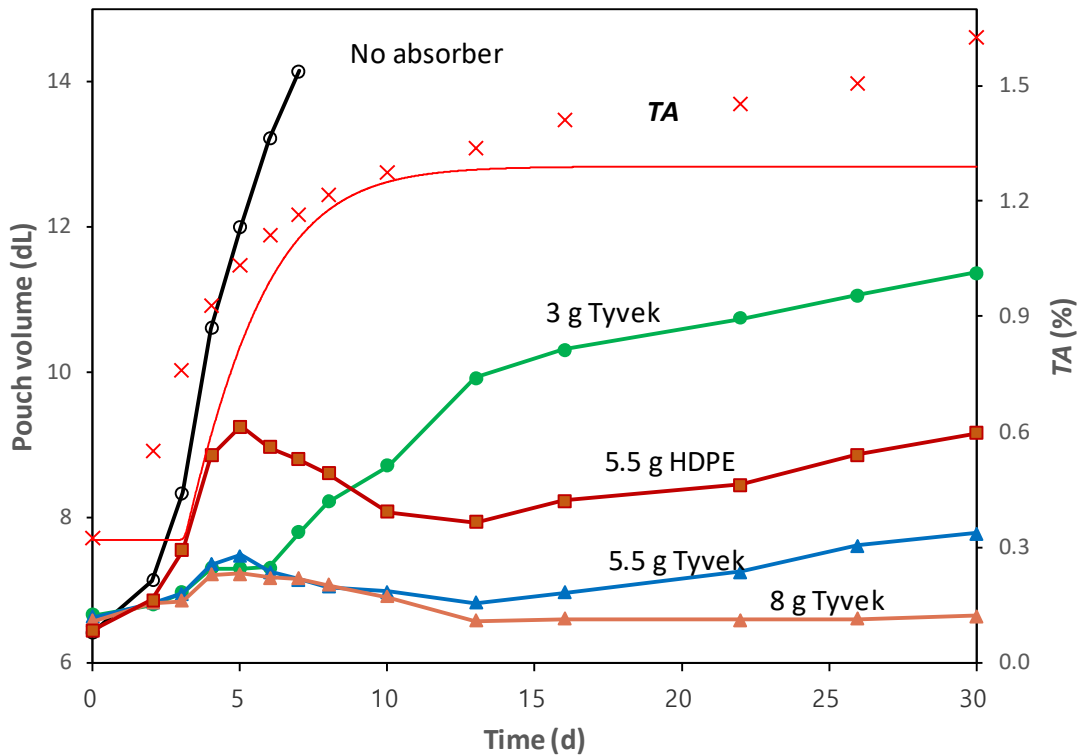


그림 24. Volume change of 500 g *kimchi* package stored at 10℃. ×: acidity; ○: volume of control package (no CO₂ absorber); ●: volume of package with 3 g CO₂ absorber in 161 μm Tyvek sachet (4.5x3.0 cm on one side); ■: volume of package with 5.5 g CO₂ absorber in 161 μm Tyvek sachet (4.5x4.0 cm on one side); □: volume of package with 5.5 g CO₂ absorber in 12 μm HDPE sachet (4.5x4.0 cm on two sides); ▲: volume of package with 8 g CO₂ absorber in 161 μm Tyvek sachet (4.5x6.0 cm on one side). Dotted line is acidity estimated.

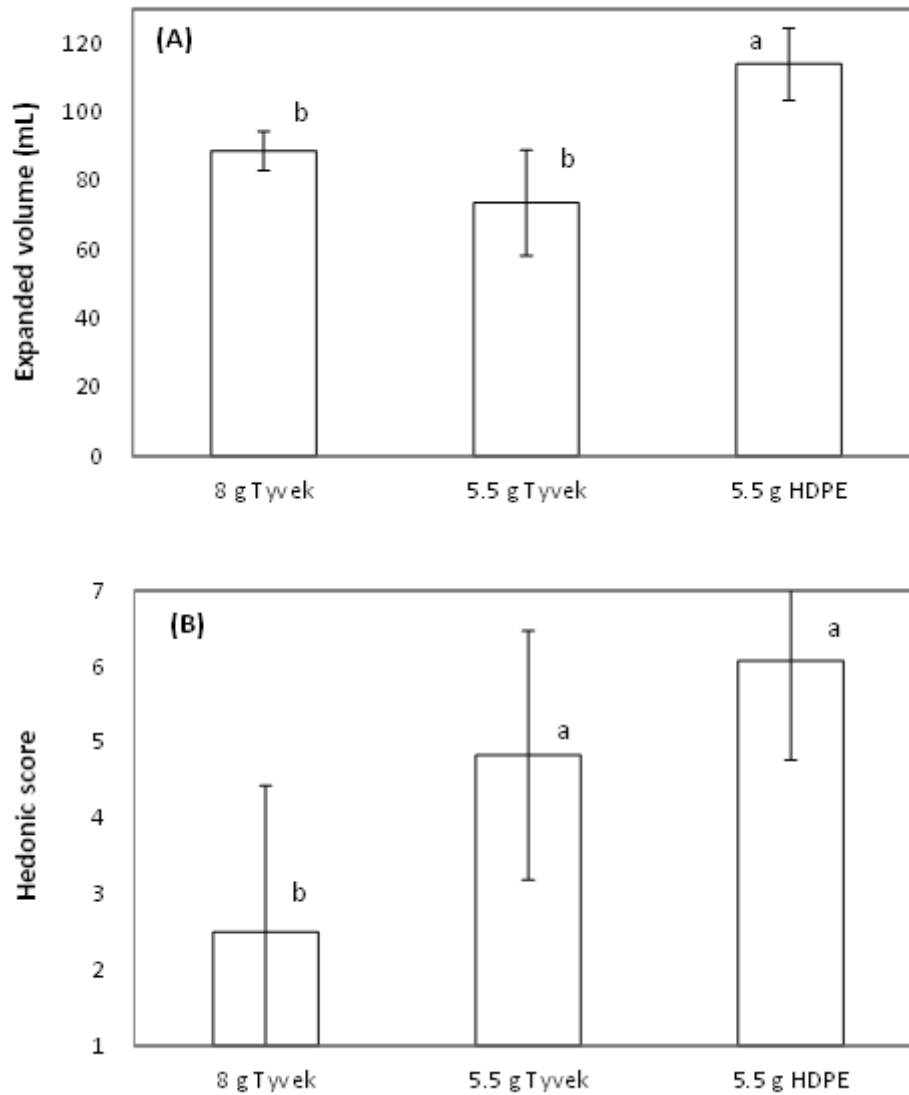


그림 25. (A) Volume expansion of the *kimchi* package stored for 5 days at 10 °C and (B) hedonic score of carbonic cool flavor of the *kimchi* placed in the package. Vertical bars are standard errors. Different alphabetic letters on the bars mean significant difference at α of 0.05.

d) 결론

다양한 온도 조건에서 유통되는 김치의 숙성 진행도와 함께 CO₂ 발생으로 인한 포장의 부피 변화를 예측하는 컴퓨터 프로그램을 개발하였다. 그리고 이를 0.5 kg의 현장의 조건에 적용하였을 때, 필요한 흡수제의 양과 봉지 조건을 결정하는 데에 사용하여 탄산미가 있으면서 허용범위의 부피팽창을 얻어서 김치의 유통품질을 향상시키는 데에 기여할 수 있었다.

3. 보조연구: 농산물 MAP 포장설계 app.

a) 요약

이전의 연구로부터 개발되어 Playstore™에 공개된 신선농산물 MAP 설계 어플리케이션의 확장성을 위하여 개발이후에 보고된 농산물 호흡특성을 문헌으로 수집하여 기존의 호흡 데이터베이스에 추가하였다. 12 품목에 대해서 온도 및 기체조성에 따라서 산소 소비 및 이산화탄소의 호흡속도를 예측할 수 있는 호흡 model의 parameter를 정리하여 기존의 데이터베이스와 합하여 기존 app.에 제공되게 하였다.

b) 재료 및 방법

이전 단계의 연구에서 개발된 신선농산물 MAP 설계 프로그램을 스마트폰 app.로 Playstore™에 탑재한 바 있다(Lee 등, 2014). 이 프로그램의 이용성을 증가시키기 위해서는 여러 농산물의 호흡특성에 대한 광범위한 데이터베이스의 확립이 필요하다. 따라서 기존에 제공된 호흡 model parameter에 추가적인 품목의 자료를 더할 필요가 있다. 따라서 개발 이후에 발표된 호흡 데이터들을 수집하여 기존의 호흡 데이터베이스에 추가하여 update하여 app.에 제공되게 하였다.

신선농산물 MAP 설계를 위해서는 일정온도에서 호흡속도를 산소 및 이산화탄소 농도의 함수로서 식 (3-1)에 의해서 정의될 수 있으며, 각 농산물 품목에 대해서 호흡 model의 parameter 인 V_m , K_m , K_i 가 제공되어야 한다.

$$R_{O_2} \text{ or } K_{CO_2} = \frac{V_m [O_2]}{K_m + (1 + [CO_2]/K_i)[O_2]} \quad (3-1)$$

여기서 R_{O_2} 는 산소 소비의 호흡속도($\text{mol kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), R_{CO_2} 는 이산화탄소 생산의 호흡속도($\text{mol kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), $[O_2]$ 는 산소 농도(decimal 혹은 atm), $[CO_2]$ 는 이산화탄소 농도(decimal 혹은 atm), 그리고 V_m 은 최대 호흡속도($\text{mol kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), K_m 은 Michaelis-Menten 상수 (decimal 혹은 atm), K_i 는 저해상수(decimal 혹은 atm)이다.

그리고 위의 식 (3-1)은 일정 온도에서 성립되고, 온도가 달라지면 일반적인 저장온도 범위에서 호흡 속도는 증가하는데, 이 관계를 본 프로그램에서는 Arrhenius 식으로 표현하였으며, 활성화에너지, E_a (J mol^{-1})로 온도의존성을 나타내게 되며 이는 식 (3-2)와 같다,

$$R_{i,T_2} = R_{i,T_1} \exp\left(\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right) \quad (3-2)$$

여기서 R_{i,T_1} 은 온도 $T_1(\text{K})$ 에서의 호흡속도, R_{i,T_2} 은 온도 $T_2(\text{K})$ 에서의 호흡속도, E_a 는 활성화에너지(J mol^{-1}), R 은 기체상수($8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)이다.

c) 결과 및 고찰

표 8에서는 수집된 호흡 model parameter(V_m , K_m , K_i , E_a)를 보여주고 있다. 12개 품목에 대해서 문헌에 보고된 데이터를 직접 혹은 간접적으로 분석하여 parameter를 구하였다. 포장의 설계에서 해당 유통저장 온도에서 가장 가까운 온도에서의 V_m , K_m , K_i 를 찾고 식 (3-2)에 의하여 해당 온도에서의 호흡 속도를 구하게 된다. 실제적으로 해당 온도에서의 호흡을 구하는 목적으로서 식 (3-2)의 적용은 V_m 에

대하여 이루어지게 된다.

호흡 model parameter를 추가한 호흡 데이터베이스를 기존의 신선농산물 MAP 설계 app.에 update 시켰고, 이를 참여기업인 (주)쉬운기술에 기술이전하여 Playstore™에 제공되게 하였다. 그리고 신선농산물 MAP 설계 app.에의 사용을 위하여 한국포장학회 학술대회에 홍보하였다.

d) 결론

기존에 공개 제공되고 있는 신선농산물 MAP 설계 app.에 12개 품목의 호흡 model parameter를 추가하여 update 시켰고, 이를 참여기업에 기술이전하였다.

표 9. Respiration model parameters for fresh produce

Commodity & variety	Temp. (°C)	O ₂ consumption				CO ₂ production				Reference
		V _m	K _m	K _i	E _a	V _m	K _m	K _i	E _a	
Avocado (아보카도), Hass	10	0.003746	0.131	0.030	49683	0.003964	0.127	0.028	57017	Castellanos et al. (2017)
	17	0.006510	0.200	0.066	49683	0.006371	0.161	0.072	57017	
	24	0.011017	0.298	0.140	49683	0.010008	0.201	0.180	57017	
Banana (바나나), Cavendish	12	0.003932	0.073	0.050	40971	0.003145	0.037	0.056	50066	Mendoza et al. (2016)
	15	0.005024	0.096	0.069	40971	0.004279	0.056	0.080	50066	
	20	0.007474	0.150	0.115	40971	0.007046	0.108	0.139	50066	
	25	0.010967	0.231	0.190	40971	0.011408	0.203	0.238	50066	
Feijoa (피조아), Quimba	10	0.003895	0.069	0.043	51639	0.004516	0.070	0.041	56977	Castellanos et al. (2017)
	17	0.007676	0.135	0.089	51639	0.008192	0.113	0.101	56977	
	24	0.014643	0.255	0.177	51639	0.014440	0.178	0.238	56977	
Guava (구아바), Pearl	5	0.000148	0.047	0.112	34777	0.000198	0.047	0.112	37189	Wang et al. (2009)
	10	0.000246	0.071	0.101	34777	0.000335	0.071	0.101	37189	
	15	0.000367	0.138	0.089	34777	0.000509	0.138	0.089	37189	
	20	0.000572	0.172	0.080	34777	0.000808	0.172	0.080	37189	
	25	0.000859	0.192	0.078	34777	0.001234	0.192	0.078	37189	
	30	0.000992	0.211	0.068	34777	0.001449	0.211	0.068	37189	

Commodity & variety	Temp. (°C)	O ₂ consumption				CO ₂ production				Reference
		V_m	K_m	K_i	E_a	V_m	K_m	K_i	E_a	
Litchi (리치)	0	0.000637	0.071	0.094	31878	0.000595	0.067	0.104	38916	Mangaraj & Goswami (2011)
	5	0.001328	0.082	0.078	31878	0.001062	0.079	0.094	38916	
	10	0.001965	0.098	0.069	31878	0.001488	0.089	0.086	38916	
	15	0.002645	0.125	0.051	31878	0.002260	0.112	0.082	38916	
	20	0.003199	0.132	0.048	31878	0.002774	0.118	0.076	38916	
	25	0.003718	0.139	0.046	31878	0.003719	0.123	0.071	38916	
	30	0.005050	0.145	0.044	31878	0.004959	0.126	0.068	38916	
Mango (망고), Amrapali	5	0.001292	0.129	0.085	11619	0.001395	0.124	0.065	11533	Ravindra & Goswami (2008)
	10	0.001596	0.131	0.070	11619	0.001716	0.138	0.052	11533	
	15	0.001859	0.144	0.062	11619	0.001941	0.149	0.050	11533	
	20	0.002108	0.162	0.052	11619	0.002797	0.175	0.044	11533	
	25	0.002307	0.169	0.046	11619	0.002968	0.189	0.036	11533	
	30	0.002739	0.172	0.049	11619	0.003249	0.183	0.039	11533	
Papaya (파파야), Golden	23	0.003018	0.032	-113.496	174594	0.001280	0.022	-97.771	174594	Barbosa et al. (2018)
Pear (서양배), Kontoula	10	0.000529	0.000	10.000	80007	0.000529	0.000	10.000	80007	Xanthopoulos et al. (2017)
Pomegranate arils (석류알), Bhagwa	10	0.000158	0.000	10.000	59930	0.000158	0.000	10.000	59930	Aindongo et al. (2014)
Pomegranate fruit (석류과), Bhagwa	10	0.000204	0.000	10.000	70070	0.000204	0.000	10.000	70070	Aindongo et al. (2014)

Commodity & variety	Temp. (°C)	O ₂ consumption				CO ₂ production				Reference
		V_m	K_m	K_i	E_a	V_m	K_m	K_i	E_a	
Rocket leaves (Arugula, 아루굴라)	0	0.00016 1	0.008	10.000	75792	0.00017 1	0.008	10.000	83231	Pereira et al. (2017)
	5	0.00029 8	0.011	10.000	75792	0.00033 9	0.011	10.000	83231	
	10	0.00055 1	0.014	10.000	75792	0.00065 5	0.014	10.000	83231	
Strawberry (딸기), San Andreas	10	0.00096 1	0.019	3.4x10 ¹²	68800	0.00096 1	0.019	3.4x10 ¹²	68800	Barrios et al. (2014)
Tomato-cherry (방울토마토)	5	0.02989 8	0.119	10.000	66760	0.03525 0	0.119	10.000	66760	Sousa et al. (2017)
	10	0.02937 0	0.119	10.000	66760	0.03462 7	0.119	10.000	66760	
	15	0.02886 0	0.119	10.000	66760	0.03402 6	0.119	10.000	66760	
	20	0.02836 8	0.119	10.000	66760	0.03344 5	0.119	10.000	66760	

[2차년: 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어 작동방법 개선/맞춤형 김치 포장 설계 프로그램 확립]

1. 아파트 빌트인 냉장고 또는 급외식 업소에 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어 작동방법 개선

1) 아파트 빌트인 또는 급외식 업소에 장착된 김치 용기의 현장 테스트를 통한 문제점 보완 및 개선

a) 요약

급외식 업소에 공급된 김치냉장고 내 장착 가능한 이산화탄소 주입 용기 시스템을 일부 수정하여 테스트를 진행하였다. 기존의 스테인리스스틸 재질의 용기 시스템은 크기 문제로 인해 보급된 냉장고에 넣을 수가 없어 김치냉장고에 구비된 용기에 주입밸브를 장착하고, 뚜껑 외부로 돌출된 체크밸브 형태의 배출구 대신 뚜껑 표면에 돌출되지 않는 간이형 밸브를 사용하였다. 이산화탄소 주입이 가능한 용기 시스템의 일부 구조가 변경되어 성능에 차이가 있는지 확인하고자 스테인리스스틸 재질의 용기 시스템에 적용된 이산화탄소 주입조건(초기 주입시간 40초, 지속적 저장 시 8시간 간격 8초)을 적용해 본 결과, 변경된 구조에 들어있는 김치의 용기 내 이산화탄소 농도가 70% 이상 유지되었다. 용기 시스템의 구조를 일부 변경하더라도 이산화탄소 주입 용기 시스템의 성능에는 별 차이가 없었으며, 사용자의 사용방식과 행동패턴을 고려하여 안전하게 사용할 수 있도록 이산화탄소의 주입시간조건을 약 10~20% 증가시키는 방향으로 보완하였다.

b) 재료 및 방법

배추김치

연구에 사용된 배추김치는 특정 'A'외식업소에서 주로 사용하는 김치로 경남 함안군지역의 농업회사법인 (주)아라리농산에서 생산되는 종주네김치를 오성식품물에서 주문하여 사용하였다. 'A'외식업소에서 주문받아 사용하는 동일한 시스템으로 주문하였으며, 주문 후 1~2일의 택배 배송기간이 소요된다. 택배로 배송 받은 김치는 포기김치 형태로 실험실에서 적당한 크기로 세절하여 사용하였다.

급외식 업소에 공급된 김치 저장 용기 시스템

급외식 업소에 공급된 CO₂ 주입이 가능한 용기 시스템은 1차년도 용기 시스템을 일부 수정하여 보급하였다. 1차년도에 개발된 제품은 스테인리스스틸 재질의 용기로 뚜껑에 Swagelok 회사에서 판매되는 체크밸브(SS-4C-1/3, Swagelok Co.)가 장착되어 있다. 이 용기는 사이즈가 커서 급외식 업소에 공급된 김치냉장고(102 L, FR-Q12SASK, 클라세 스탠드 소형김치냉장고, 대우전자)에 맞지 않아, 클라세 김치냉장고에 장착된 용기를 활용하였다(Figure 1-1). 김치 냉장고에 장착된 용기는 플라스틱(PP, Polypropylene) 재질로 32 × 25 × 14.5 cm 크기이고, 플라스틱 뚜껑을 가진 형태로 뚜껑을 닫은 용기의 크기는 34.5 × 27.5 × 16.5 cm이며, 부피는 9.7 L로써 스테인리스스틸 용기보다 0.6 L 적다. 그리고, 용기의 뚜껑에 배출구로써 체크밸브 대신에 간이형 밸브를 장착하여 용기 내외부를 상압으로 조절 가능하도록 하였다. 다른 부속품은 1차년도에 개발된 제품과 동일하게 구성하였다. 용기의 뚜껑에 순간연결밸브(1/4 inch, SS-QC4-B-400, Swagelok Co., Solon, Ohio, USA)를 설치하고, 연결나사(SS-QC4-D-400, Swagelok Co.)와 Tygon 튜브(내경 1/8 inch, United States Plastic Corporation, Lima, Ohio, USA)를 605 mL CO₂ 실린더(Delight Co., Paju, Gyeonggi, Korea)로 연결시켰다. 문제점 보완용으로 실험실에서 사용한 용기는 실리콘 샘플링 주입구를 플라스틱 뚜껑에 설치하여

필요시 용기내 기체 시료를 채취하도록 하였으며, 급외식 업소에 공급되는 용기는 실리콘 샘플링 주입구를 설치하지 않았다.

급외식 업소에 보급할 용기에 8 kg의 김치를 담고 뚜껑을 닫은 후 뚜껑에 장착된 순간연결밸브와 CO₂ 실린더에 연결된 주입라인을 결합 및 연결하였다. CO₂ 실린더에 장착된 3 bar의 regulator(CO₂ Supermarket, South Milford, UK)에 의하여 CO₂ 농도가 70%(0.7 atm) 되도록 이산화탄소를 일정한 시간 주입하였다. 저장 기간 중 김치로 녹아 들어가는 CO₂를 보충하기 위해 주기적으로 일정시간 CO₂를 공급하여 70%(0.7 atm) 이상 유지되도록 하였다. 적숙기에 용기를 개방하여 품질을 확인하고, 일정량의 김치를 덜어 낸 후 남아있는 김치의 양에 따라 CO₂ 농도가 70%(0.7 atm) 되도록 이산화탄소를 일정한 시간 주입 후 일정한 온도에서 저장되는 동안 70%(0.7 atm) 이상 유지되도록 주기적으로 CO₂를 주입하였다. 김치를 담은 용기는 급외식 업소에 공급된 동일한 클라세 김치냉장고에 저장하였으며, 구체적인 CO₂ 주입시간과 주입간격은 결과 및 고찰에 제시하였다. 동일한 크기의 용기에 같은 양의 김치를 담고 단순히 밀봉한 김치는 대조구로 사용하였다.

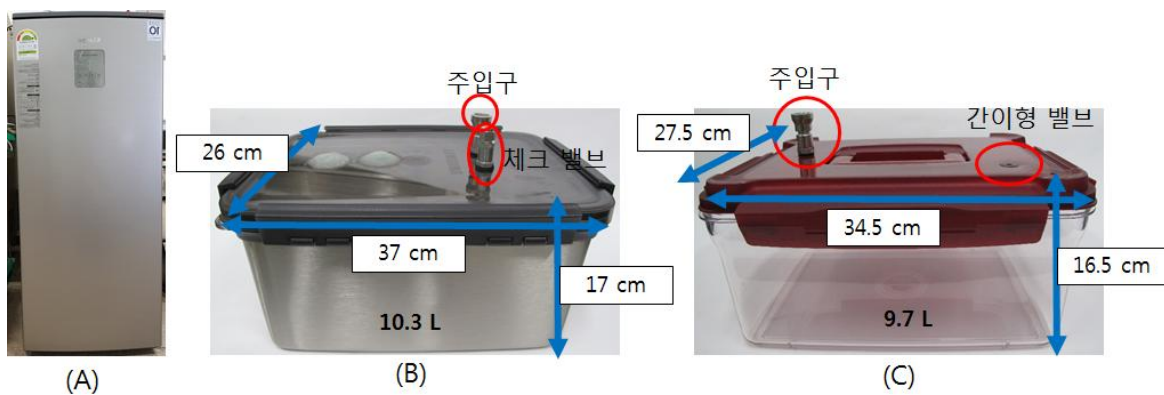


그림 26. Improved container system adjusted for new refrigerator. (A) 102 L Klasse refrigerator, (B) Stainless steel container, (C) Plastic container.

급외식 업소에 공급된 용기 시스템의 성능 확인 및 김치 품질측정

클라세 김치냉장고 내부의 온도는 시간에 따라 온도 저장이 가능한 온습도 기록계(Thermo Recorder, TR-72U, T&D CORP., Japan)를 냉장고에 넣고, 시간에 따라 측정된 데이터를 자동 저장 후 확인하였다. 저장 중 김치 용기 내 기체조성을 확인하기 위해 기체 시료 1 mL를 기밀성 syringe로 취하여 CTR 1 column(Alltech Associates, Deerfield, IL, USA)과 TCD가 장착된 기체크로마토그래피(Model 3800, Varian Inc, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 CO₂, O₂, N₂의 농도를 측정하였다. 그리고 김치의 적숙기를 확인하기 위해 숙성정도를 나타내는 지표로 김치 액즙의 pH와 총산을 측정하였다. pH는 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. 김치의 총산은 김치액즙 5 g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.10이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정하여 젖산 농도로 환산하였다.

c) 결과 및 고찰

급외식 업소에 공급된 냉장고와 용기 시스템의 성능 확인

김치냉장고의 여러 가지 작동 모드 중에서 ‘김치숙성 빠른’ 모드를 선택하였으며, 이 모드 선택 시 김치냉장고 Display 화면에 3일정도 숙성기간을 지난 후 ‘김치저장 중’ 모드로 자동으로 변경되도록 설정되어 있다. ‘김치숙성 빠른’ 모드로 설정하고, 온습도 기록계로 온도를 확인해 본 결과 Figure 28와 같이 측정되었다. 3일 숙성 기간 중 숙성 2일 동안은 평균 6.0 ~ 7.2 °C로 최소 1.0 °C에서 최고 12.5 °C 범위를 오르락 내리락 했으며, 숙성 1일은 평균 -2.0 °C로 최소 -7.1 °C에서 최고 0.7 °C 범위에 있었다. 현재까지 진행한 용기 시스템을 보관해둔 실험실 저장고의 온도는 적숙기 이전까지 10 °C의 온도로 클라세 김치 냉장고의 온도가 낮아 냉장고 모드에서 제시하는 ‘김치숙성 빠른’ 모드로 3일 숙성은 김치 숙성에 적합하지 못한 온도로 확인되어 향후 추가적인 실험을 통해 보완이 필요한 부분이다.

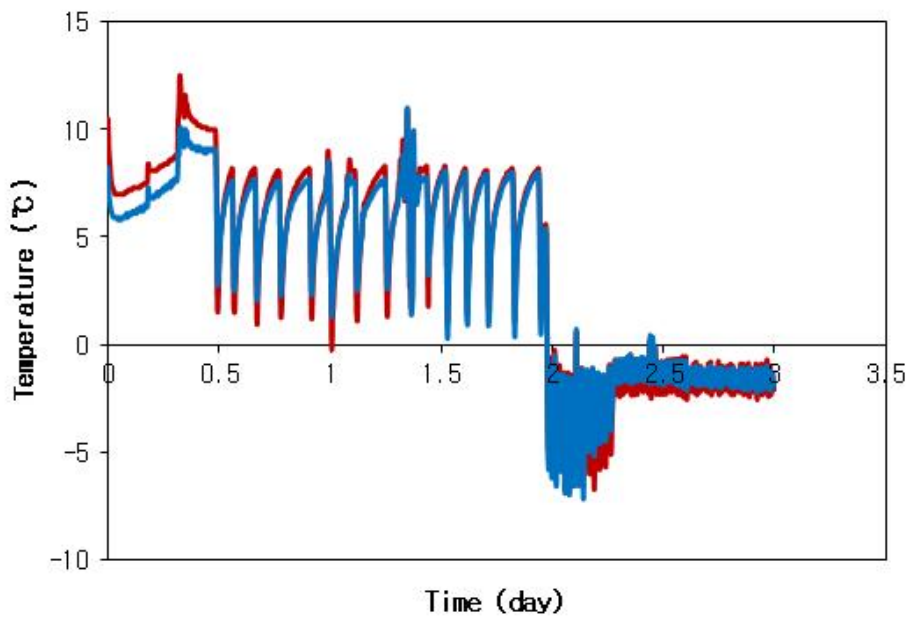


그림 27. Temperature data in Klasse refrigerator during 3 days at the condition 'fast ripening' mode.

1차년도 스테인리스스틸 재질의 용기에 배추김치를 80% (자유용적 2 L) 정도 담고 설정한 조건은 적숙기 이전 이산화탄소 초기 주입시간 40초, 지속적 저장 시 8시간 간격 8초이다. 스테인리스스틸 재질의 용기 대신 플라스틱 재질의 용기로 변경하였고 배기를 위하여 체크밸브 대신 간이형 밸브로 변경하였지만, 주입조건과 주입간격은 동일하게 설정하여 진행하였다. 즉, 적숙기 이전 용기에 배추김치를 일정한 크기로 잘라서 80% (자유용적 2 L) 정도 담고 용기 내 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소를 주입하는 시간은 40초로 설정하였으며, 지속적 저장 시 이산화탄소 농도가 70%(0.7 atm) 이하로 감소하지 않도록 8시간 간격으로 8초 주입하여 적숙기까지 진행하였다. 저장 기간 동안 용기 내 기체조성은 Figure 29에서 제시하였다. 대조구의 이산화탄소 농도는 0 ~ 6% 범위이고, CO₂ 치환 용기의 CO₂ 농도는 63~83%의 범위로 대조구에 비해 지속적으로 높게 유지되었다.

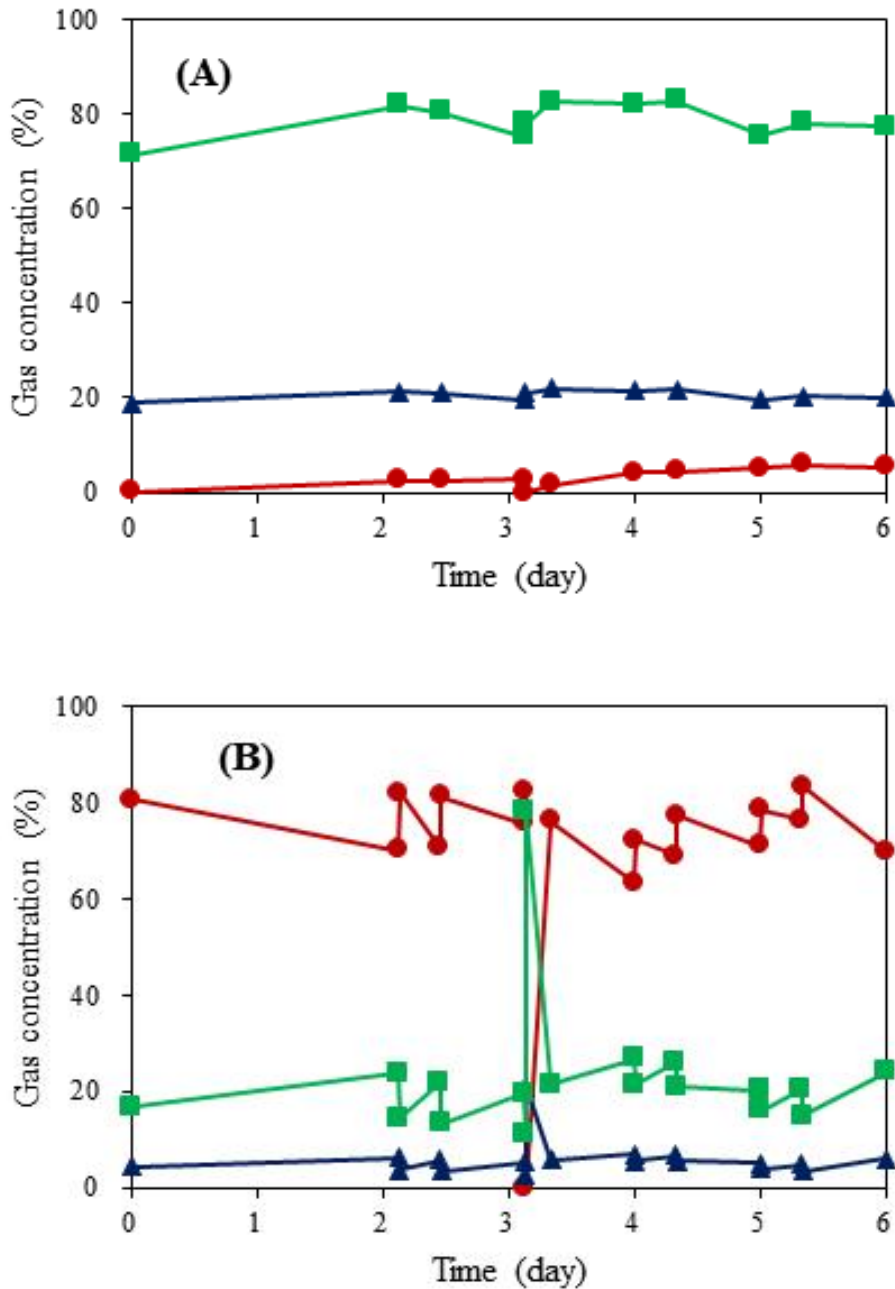


그림 28. Changes in atmospheric composition of the 10 L control container (A) and prototype container (B) initially containing 8 kg of *kimchi* each at 'fast ripening' mode. ●, CO₂ ▲, O₂ ■, N₂.

김치냉장고의 '김치숙성 빠른' 모드에서 제시하고 있는 3일 저장 후 용기를 열고 김치를 일부 꺼내어 적숙기 도달 여부를 확인하기 위해 pH와 총산을 측정하였다. 일반적으로 적숙기의 총산 함량은 0.6~08% 범위로 대조구는 0.31%, CO₂ 치환 용기는 0.33%로 측정되어 김치가 적숙기에 도달하지 않았으며 실험자가 맛을 본 결과, 금방 담은 배추의 맛이 느껴졌다. 그래서, 다시 뚜껑을 닫고 '김치숙성 빠른' 모드로 재설정 하여 3일 더 저장하여 총 6일 동안 저장하였으며, 6일 이후 총산을 측정해본 결과 0.63%로 적숙기에 도달하였다. 앞서 설명하였듯이 클라세 김치 냉장고의 온도는 평균 6~7 °C, 적숙기 6일 정도이고 1차년도까지 진행한 실험실 저장고 온도는 10 °C, 적숙기 4일 정도로써 급외식 업소에 공급된 김치냉장고의 온도가 낮아 적숙기에 도

달하는데 2일 정도 지연된다. 김치냉장고의 낮은 온도는 맛있게 익은 김치를 단기간에 소비해야 하는 급외식 업소에서는 적합하지 않은 조건이므로 향후 추가적인 연구를 통해 보완해야 할 부분이다. 냉장고의 김치숙성의 온도설정은 사용자가 마음대로 설정할 수 있는 체계가 아니어서, 본 김치용기의 최적 적용을 위하여 온도 설정부분과의 조화를 얻을 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 이를 위해서 냉장고 업체와의 협력을 통하여 온도설정을 변경할 수 있는 가능성을 찾거나, 소비자 사용에서의 행동모드를 새롭게 설정하는 방안을 찾을 필요가 있다.

d) 결론

급외식 업소에 공급된 102 L 클라세 김치냉장고에 장착된 플라스틱재질의 CO₂주입 용기 시스템은 김치 보관 용기 내 CO₂농도를 조절함으로써 김치의 관능적 품질을 향상시키고, 장기간 저장에서 품질 안정성을 향상시킬 수 있었다. 단지 공급된 김치냉장고에서 김치숙성을 진행시키는 온도가 낮아 사용자의 불편함이 야기되므로 추가적인 보완 과정을 통해 좋은 품질을 유지하면서 사용자 편의성을 향상시킬 계획이다.

2) 아파트 빌트인 또는 급외식 업소 냉장고 장착을 위한 설치/운전 지침 설계 및 사용 매뉴얼 설계

a) 요약

개발된 이산화탄소 치환 용기 시스템의 용기부는 용기, 뚜껑, 주입밸브, 배출밸브로 구성되고 제어부는 제어보드, 이산화탄소 실린더, 이산화탄소 실린더 조절기와 AC전원, 주입라인으로 구성되어 있다. 주입밸브는 제조자나 사용자 요구에 따라 용기 측면 또는 뚜껑 윗면에 장착 가능하고, 배출밸브는 뚜껑 윗면에 장착할 수 있다. 이산화탄소 실린더에는 전원 공급을 통한 조절기가 반드시 장착되어야 하며 제어보드에서 관련 정보를 전달하여 이산화탄소 실린더로부터 주입라인을 통해 용기내로 이산화탄소 가스가 주입되도록 설계하였다. 용기부의 부속품은 사용자가 세척가능하며 제어부 부분은 공급자가 정기적으로 관리시스템을 운영하여 관리하게 된다. 사용 매뉴얼 설계에 있어 이산화탄소 치환 용기 시스템의 작동방법은 3~4번의 버튼 동작으로 최대한 간편하게 사용할 수 있도록 하였으며, 사용자가 몇 가지 조작으로 시작 버튼을 누르면 제어보드에 저장된 프로그램대로 이산화탄소가 주입되도록 설계하였다.

b) 설치/운전 지침 설계

급외식 업소 냉장고에 장착을 위한 설치/운전 지침 설계는 용기부(Table 9)와 제어부(Table 10)로 나누어 정리하였다. 용기부는 용기와 뚜껑으로 나누어 구성되는데, 주로 식품용으로 널리 사용되는 재료로 용기는 스테인리스 또는 플라스틱 재질 둘 다 가능하고 뚜껑은 플라스틱 재질이다. 용기부에 장착되는 부속품은 주입밸브와 배출밸브이며 주입밸브는 이산화탄소 실린더로부터 이산화탄소를 용기내로 주입시키는 역할을 하며, 이산화탄소 실린더로부터 연결되는 주입라인과 결합된다. 이 주입밸브는 제조자나 사용자 요구에 따라 뚜껑 윗면에 장착될 수도 있고, 용기 측면 상단부에 장착될 수도 있다. 주입밸브를 용기나 뚜껑에 장착하고자 할 때 주입밸브가 장착 가능하도록 일정한 크기(직경 1.0 cm)의 구멍을 뚫고, 외경 1.8 cm, 내경 1.1 cm 크기의 오링을 끼운 후 장착한다. 배출부는 뚜껑 윗면에 장착되는 구조로 이산화탄소 주입 시 용기 내 압력 상승을 방지하고자 내외압을 상압으로 유지하는 역할을 한다. 시중에 판매되는 간이형 밸브 중에서 연구에 가장 적합한 형태로 Lock & Lock 회사에서 판매되는 승쉬는 밀폐 유리 용기에 부착된 밸브를 개조하여 사용하였다. 뚜껑에 2 cm 크기의 구멍을 뚫고 간이형 밸브를 4 cm 크기로 가공하여 적당한 접착제로 붙이면 된다. 제어부는 작동 전체를 제어하는 제어보드와 이산화탄소 실린더로 구성된다. 제어보드는 알고리즘에 맞게 3-3협동 쉬운기술에서 제작하여 공급받았으며, 사후 관리가 가능하다. 이산화탄소 실린더는 605 mL 크기의 실린더(Delight Co., Paju, Gyeonggi,

Korea)로 조절기(CO₂ Supermarket, South Milford, UK)와 AC전원 공급장치가 연결되며 조절기에 부착된 주입라인을 통해 용기 내로 이산화탄소가 주입된다. Table 9 에 제시된 이산화탄소 조절기의 ①과 ②번 밸브를 완전히 열어서 ③ 게이지의 눈금을 통해 조절기 개방여부를 확인한다.

표 10. 용기부 설치 구성품 및 사용관리 설명서


구성품의 명칭	구성품의 형태	구성 및 사용관리 설명서	비고
용기		<ol style="list-style-type: none"> 용기는 스테인리스스틸 또는 플라스틱 재질 둘다 가능하며 2가지 형태로 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 용기에 주입밸브 미장착 - 용기에 주입밸브 장착 사용 후 깨끗이 세척하여 햇빛에 건조 후 보관 	
뚜껑		<ol style="list-style-type: none"> 뚜껑은 2가지 형태로 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 뚜껑에 주입밸브 미장착 - 뚜껑에 주입밸브 장착 사용 후 깨끗이 세척하여 햇빛에 건조 후 보관 뚜껑에 부착된 밀폐용 고무밴드는 이물질이 묻어있지 않도록 깨끗이 세척하여 관리 	
주입밸브		<ol style="list-style-type: none"> 용기의 밀폐력을 높이기 위해 주입밸브에 오링을 장착하여 고정 용기 또는 뚜껑에 장착되어 있는 형태로 깨끗이 세척하여 햇빛에 건조 후 보관 	
배출밸브		<ol style="list-style-type: none"> 배출구로 사용되는 간이형 밸브는 기존에 시중에 판매되는 제품을 일부 구조 변경 용기 뚜껑에 간이형 밸브 장착 후 밀폐력 확인 사용 후 뚜껑에 장착되어 있는 형태로 깨끗이 세척하여 햇빛에 건조 후 보관 	

표 11. 제어부 설치 구성품 및 사용관리 설명서

구성품의 명칭	구성품의 형태	구성 및 사용관리 설명서	비고
제어보드		<ol style="list-style-type: none"> 1. 이산화탄소 실린더 하나에 2개 이상의 주입라인을 연결하여 사용가능하도록 프로그래밍 2. 실온 보관 가능하며 고온다습한 환경 조심 3. 해당업체가 지속적인 관리와 점검 진행 	
이산화탄소 실린더		<ol style="list-style-type: none"> 1. 이산화탄소 실린더는 조절기에 제시되는 사용량을 확인하여 주기적으로 교체 2. 교체 여부는 해당업체가 지속적인 관리와 점검 진행 	
이산화탄소 실린더 조절기 및 AC 전원		<ol style="list-style-type: none"> 1. AC 전원과 연결되어 있는 이산화탄소 조절기는 해당업체가 이산화탄소 용기 교체 시 주기적으로 점검 진행 2. 이산화탄소 조절기의 밸브(①과 ②번)는 일정한 압력으로 이산화탄소가 주입되도록 한바퀴만 남기고 최대한 열어두기 3. ③번 눈금을 통해 조절기 개방여부 확인 	
주입라인		<ol style="list-style-type: none"> 1. 주입라인은 위생적으로 안전하며, 필요시 세척 가능 2. 해당업체가 이산화탄소 용기 교체 시 주기적인 점검을 통해 라인 교체 작업 진행 	

c) 사용 매뉴얼 설계

Figure 1-4는 김치냉장고 상단부에 있는 조절박스 화면이다. 김치를 이산화탄소 치환 용기에 담고, 냉장고에 넣은 후 다음과 같은 순서로 사용자가 작동시킨다. 사용자가 사용방법에 따라 작동시키면 조절박스 내부에 장착된 제어보드 프로그램에 저장된 이산화탄소 주입조건에 따라 용기 내부로 일정량의 이산화탄소가 주입된다.

1. 김치용기에 김치를 담는다.
2. 김치용기를 냉장고 정해진 위치에 넣는다.
(1층과 2층으로 구분)
3. 시작/정지 버튼을 누른다
4. 1층과 2층에 넣어둔 김치의 양을 선택한다.
(대/중/소로 구분)
5. 시작/정지 버튼을 누른다.
6. 저장 3-4일 후 맛있는 김치를 먹을 수 있다.



그림 29. Simplified control box placed on top of refrigerator.

3) 저장 중 전체 운전 알고리즘 확립 및 제품의 품질평가

a) 요약

1차년도에 개발된 용기 시스템에 물김치, 깍두기김치, 오이소박이 김치 등 김치의 종류에 따른 이산화탄소 주입조건을 확립하였다. 1차년도에 확립된 배추김치에 대한 운전조건과 함께 김치의 종류별로 초기주입시간과 지속적인 저장 시 추가적인 주입간격과 주입시간에 대한 여러 조건을 체계적으로 정리하여 향후 소비자 요구에 따라 적절한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 특히, 급외식업소에서 주로 소비하는 김치에 대해 맞춤형 조건이 입력된 용기 시스템을 제공할 수 있다. 자유용적 2 L기준으로 80% 이상의 이산화탄소 주입과 지속적 저장 시 이산화탄소 농도가 70% 이하로 감소하지 않도록 적속기 이전 배추김치는 초기 40초 주입과 8시간 간격 8초, 물김치는 초기 35초 주입과 12시간 동안 2시간 간격 8초 및 그 이후 12시간 간격 8초, 깍두기 김치는 초기 40초 주입과 12시간(또는 24시간) 간격 8초, 오이소박이 김치는 초기 30초 주입과 12시간 간격 8초로 확립하였다. 이러한 조건은 용기의 배출구 형태와 용기 크기 및 냉장고 온도 조건에 따라 일부 적절히 조절하여 변경 가능하다.

b) 재료 및 방법

김치

연구에 사용된 김치는 물김치, 깍두기김치, 오이소박이 김치로 총 3종이다. 물김치는 권(1995)의 방법에 따라 실험실에서 제조하였다. 10.3 L 저장용기에 3% 소금물 4.2 L, 무 3.5 kg, 다진마늘 35 g, 다진생강 17.5 g, 잔파 90 g을 혼합하여 물김치로 사용하였다. 깍두기 김치는 경남 창원 웅천농협에서 제조된 염도 2.0-2.5%의 제품을 제조 당일 구매하여 사용하였으며, 적당한 크기로 세절된 제품의 크기는 2x2 cm이다. 오이소박이 김치는 경남 창원 웅천농협에서 제조된 염도 1.5-2.0%의 제품을 제조 당일 구매하여 사용하였으며, 24-25 cm 길이의 제품을 4등분 약 6 cm 크기로 세절하여 사용하였다. 물김치는 2회, 깍두기 김치는 6회, 오이소박이 김치는 3회에 걸쳐 실험을 진행하였으며, 이 중에서 물김치는 2회째, 깍두기김치는 6회째, 오이소박이 김치는 3회째 결과를 아래에서 제시하였다.

김치 저장 용기 시스템

1차년도 연구를 통하여 CO₂ 주입이 가능한 스테인리스스틸 용기 시스템에 김치를 넣고 10 °C에 저장하면서 품질변화와 관능성 향상 효과를 확인하고자 하였다. 용기 시스템의 현실적 적용 가능성을 고려하여 1차년도에 용기 시스템에 장착하여 진행한 진공펌프는 배제하고 CO₂ 주입만으로 연구를 진행하였다. 저장온도 10 °C에서 김치의 적숙기를 지난 후 0 °C 또는 25 °C의 온도 변이를 통해 품질변화를 확인하였다. 개발된 용기는 김치 보관에 많이 사용되는 제품으로 33 × 24 × 16 cm 크기의 스테인리스스틸 용기에 플라스틱 뚜껑을 가진 형태로 뚜껑을 닫은 용기의 크기는 37 × 26 × 17 cm이며, 부피는 약 10.3 L 이다. 용기의 뚜껑에 순간연결밸브(1/4 inch, SS-QC4-B-400, Swagelok Co., Solon, Ohio, USA)를 설치하고, 연결나사(SS-QC4-D-400, Swagelok Co.)와 Tygon 튜브(내경 1/8 inch, United States Plastic Corporation, Lima, Ohio, USA)를 605 mL CO₂ 실린더(Delight Co., Paju, Gyeonggi, Korea)로 연결시켰다. CO₂ 주입으로 내부의 압력이 외부압보다 0.03 atm 높으면 개방되는 체크밸브(SS-4C-1/3, Swagelok Co.)를 별도로 뚜껑에 장착하여서 용기 내부가 상압으로 유지되도록 하였다. 실리콘 샘플링 주입구를 플라스틱 뚜껑에 설치하여 필요시 용기내 기체 시료를 채취하도록 하였다. CO₂ 기체 공급라인의 개폐는 프로그램화하여 제어 보드로부터 컴퓨터와 연결하여 자동적으로 제어되게 하였다.

개발된 용기에 8 kg의 김치를 담고 뚜껑을 닫은 후 뚜껑에 장착된 순간연결밸브와 CO₂ 실린더에 연결된 주입라인을 결합 및 연결하였다. CO₂ 실린더에 장착된 3 bar의 regulator(CO₂ Supermarket, South Milford, UK)에 의하여 CO₂ 농도가 70%(0.7 atm) 되도록 이산화탄소를 일정한 시간 주입하였으며, 주입 시간은 김치의 종류에 따라 조건을 달리하였다. 저장 기간 중 김치로 녹아 들어가는 CO₂를 보충하기 위해 주기적으로 일정시간 CO₂를 공급하여 70%(0.7 atm) 이상 유지되도록 하였으며, 이 또한 김치의 종류에 따라 주입간격과 주입시간을 달리하였다. 적숙기에 용기를 개방하여 품질을 확인하고, 일정한 김치를 덜어 낸 후 남아있는 김치의 양에 따라 CO₂ 농도가 70%(0.7 atm) 되도록 이산화탄소를 일정한 시간 주입 후 일정한 온도에서 저장되는 동안 70%(0.7 atm) 이상 유지되도록 주기적으로 CO₂를 주입하였다. 김치의 종류에 따른 구체적인 CO₂ 주입시간과 주입간격은 달리하였다. 동일한 크기의 용기에 같은 양의 김치를 담고 단순히 밀봉한 조건을 대조구로 사용하였다.

용기 시스템 내 기체조성 및 김치의 품질측정

저장 중 김치 용기 내 기체조성을 확인하기 위해 기체 시료 1 mL를 기밀성 syringe로 취하여 CTR 1 column(Alltech Associates, Deerfield, IL, USA)과 TCD가 장착된 기체크로마토그래피(Model 3800, Varian Inc, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 CO₂, O₂, N₂의 농도를 측정하였다. 그리고 김치의 적숙기를 확인하기 위해 숙성정도를 나타내는 지표로 김치 액즙의 pH와 총산을 측정하였다. pH는 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. 김치의 총산은 김치액즙 5 g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.1이 될 때까지 0.1N NaOH로 적정하여 젯산 농도로 환산하였다. 덜어낸 김치 액즙의 호기성 세균, *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균, 효모의 수를 측정하기 위하여 선택배지의 표준평판배양법을 사용하였다. 김치액즙을 0.05% 펄톤수로 희석하여 선택배지에 주입 또는 도말하였다. 호기성 총균수는 Plate Count Agar(PCA; Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를 사용하고 30 °C에서 3일간 배양하여 콜로니 수를 계수하였다. *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균은 0.002% bromophenol blue가 첨가된 Lactobacilli MRS Agar(Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를 25 °C에서 3~5일간 배양하였다(Lee & Paik, 1997). 유산균 배양의 경우 도말법에서는 *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균의 색을 구분하여 콜로니 수를 계수하고 주입법에서는 색 구분없이 콜로니 수를 계수하였다. 백색 혹은 밝은 청색의 콜로니는 *Lactobacillus* 균으로 어두운 청색 콜로니는 *Leuconostoc* 균으로 계수하였다. 효모수는 10% 주석산용액으로 pH 3.5로 조정된 Potato Dextrose Agar(PDA; Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를 25 °C에서 3~5일간 배양하였다. 또한 8~9명의 관능요원에 의하여 김치의 탄산미, 이취를 포함한 풍미, 종합적 기호도의 관

능적 품질에 대하여 7점 척도의 기호도 검사를 수행하였다(7점=가장 좋다, 1점=가장 나쁘다).

c) 결과 및 고찰

용기 시스템에 저장된 물김치의 품질평가

물김치에 대한 CO₂ 초기 주입시간과 지속적 저장 시 CO₂ 추가 주입간격 및 주입시간은 1차년도 물을 담은 용기 내에서 연구한 결과를 토대로 하여 여러번 반복 실험을 통해 조건을 재설정하였다. 적숙기 이전 용기에 물김치를 80% (자유용적 2 L)정도 담고 용기 내 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소를 주입하는 시간은 35초로 설정하였으며, 지속적 저장 시 이산화탄소 농도가 70%(0.7 atm) 이하로 감소하지 않도록 12시간 동안 2시간 간격으로 8초, 그 이후 12시간 간격으로 8초 주입하여 적숙기까지 진행하였다. 적숙기 이후 뚜껑을 열고 물김치를 2 kg 덜어낸 후 약 60% (자유용적 4 L)정도로 맞추고, 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소 농도를 맞추기 위해 45초간 주입하였으며, 저장 중 이산화탄소가 물에 용해되는 것으로 고려하여 70%(0.7 atm) 이하로 감소하지 않도록 12시간 동안 3시간 간격으로 10초, 그 이후 12시간 간격으로 10초 주입하였다. 자유용적 2 L와 자유용적 4 L 중 자유용적이 적은 2 L 용기에서 녹아들어가는 이산화탄소의 양이 상대적으로 많이 소요되므로 헤드스페이스의 이산화탄소 농도가 빨리 감소하여 12시간 동안 2시간의 짧은 시간 간격으로 이산화탄소를 다시 주입, 충전시켜야 되는 것으로 나타났다. 1차년도에 연구된 배추김치의 주입조건과 비교 시 물김치는 주입된 후 용해되는 이산화탄소 양이 많아 이산화탄소 주입방식이 복잡할 수 있으나, 자동으로 동작 가능한 프로그램 조건 설정에는 별 문제가 없는 것으로 생각된다.

Figure 31는 적숙기 이전 저장 12일 동안 10 °C와 적숙기 이후 저장 7일 동안 0 °C에서 저장된 물김치가 들어 있는 김치 용기 시스템의 기체조성을 보여주고 있다. CO₂ 치환 프로그램으로 제어된 용기의 CO₂ 농도는 65~95%(0.65~0.95 atm)의 범위에 있어서, 대조구의 0~40%(0~0.40 atm) 보다는 지속적으로 높게 유지되고 있었다. 김치 용기 시스템을 활용하여 물김치를 저장할 경우 설정된 주입시간과 주입간격으로 제어 가능하도록 진행하면 저장 중 용기 내 이산화탄소 농도가 70%(0.7 atm) 이상으로 유지 가능할 것으로 확인되었다.

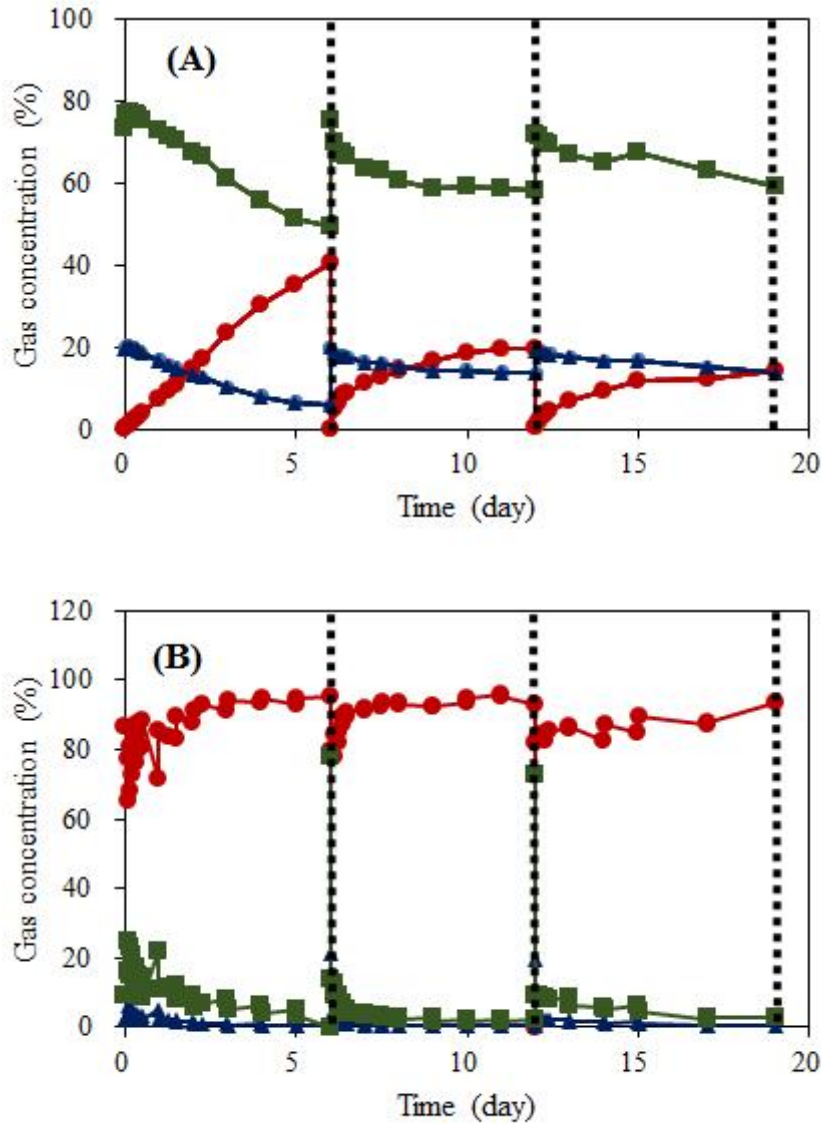


그림 30. Changes in atmospheric composition of the 10 L control container (A) and prototype container (B) initially containing 8 kg of *watery kimchi* each at 10 °C for 12 days and then at 0 °C for 7 days. The dotted vertical line shows the time of opening the container to remove part of *kimchi*. ●, CO₂ ▲, O₂ ■, N₂.

이산화탄소 치환 용기 시스템에 물김치를 담고 저장하면서 저장온도와 저장기간에 따른 이화학적, 미생학적 품질특성은 Table 10에 제시하였다. 10 °C에서 12일 저장되는 동안 pH의 경우, 초기 6.11에서 대조구는 4.08, CO₂ 치환 처리구는 3.99로 감소하였으며 처리구의 pH 감소폭이 큰 것으로 보아 물김치의 숙성이 촉진된 것으로 알 수 있었다. 0 °C에 저장되는 동안에는 대조구 4.01, 처리구 3.98로 비슷하게 과숙이 진행되는 것으로 확인되었다. 물김치의 pH 값과 함께 산도를 살펴보면, 물김치의 적숙기는 적정산도가 0.2~0.3 %로써 10 °C 저장온도에서 CO₂ 치환 처리구는 저장 6일에 적정 산도 0.22%로 적숙기에 도달하였고, 대조구는 저장 12일에 적정 산도 0.21%로 적숙기에 도달하였다. CO₂ 치환 처리구에서 숙성이 2배정도 빠른 것은 주입된 이산화탄소가 물김치에 잘 용해되어 김치의 숙성을 촉진시키는 것으로 이해된다. 10 °C에서 12일 저장 동안 대조구와 CO₂치환 처리구의 산도가 0.1 ~ 0.16%로 큰 차이를 보이다가 0 °C에서는 0.05% 정도로 적은 차이가 났으며, 낮은 온도에서는 더 이상의 숙성이 진행되지 않는 것으로 생각된다. 이는 물김치에 이산화탄소를 주입하여 짧은 기간 숙성을 촉진시켜 맛

있는 김치를 만들고, 낮은 온도에서 장기간 보관하면서 시원한 김치를 오랫동안 맛볼 수 있을 것으로 예상된다. 물김치의 염도는 초기 2.77%에서 적숙기 이전 CO₂ 치환 처리 여부에 관계없이 1.28~1.33%로 감소하였으며, 이는 초기 물에 녹아 있는 염농도가 무등 고풍분과 평형 상태로 적절한 농도로 희석되었다. 다만, 적숙기 이후 CO₂ 치환 처리구는 1.06%로 대조구 1.34%보다 낮았으며, 이는 추가적인 자료 및 확인 연구가 필요할 것으로 생각된다. *Lactobacillus* 균과 *Leuconostoc* 균의 수에서는 대조구가 약간 높게 나왔으면 이는 산소가 거의 없는 CO₂치환 처리구에서 통성호기성균인 유산균의 성장을 방해 하는 것으로 생각되며 추가적인 자료 및 실험이 필요할 것이다. 관능적인 특성에 있어 저장 12일째 물김치 즙에서 탄산미는 대조구 3.11점, CO₂ 치환 처리구 6.33점이고 무에서 탄산미는 대조구 2.89점, CO₂ 치환 처리구 6.44점으로 시원한 탄산미가 우수하였고, 종합적인 기호도 측면에서도 대조구 3.67점, CO₂ 치환 처리구 5.56점으로 높은 점수를 보였으며 저장 19일에서도 동일한 결과를 보였다. 특히 무의 시원한 탄산미의 경우 대조구는 저장 6일째 2.78점에서 저장 12일째 2.89점으로 거의 탄산미를 느낄 수 없는 반면에 CO₂ 치환 처리구는 4.67점에서 6.44점으로 점수가 증가한 것으로 보아 고풍분인 무에서도 이산화탄소가 잘 용해되어 시원한맛을 느낄 수 있었던 것으로 확인되었다.

표 12. Comparison of *watery kimchi* quality attributes between container treatments after storage stepwise at 10 °C for 12 days and 0 °C for 7 days.

Attribute*	After 6 days		After 12 days		After 19 days	
	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush
pH	4.10±0.04	3.98±0.04	4.08±0.01	3.99±0.01	4.01±0.02	3.98±0.02
Acidity (%)	0.12±0.01	0.22±0.02	0.21±0.01	0.37±0.01	0.30±0.00	0.35±0.01
Salt content (%)	1.42±0.02	1.40±0.00	1.33±0.02	1.28±0.02	1.34±0.00	1.06±0.04
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	5.30±0.35	4.87±0.20	5.25±0.03	5.08±0.15	6.40±0.10	4.32±0.11
<i>Leuconostoc</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	7.91±0.03	7.82±0.04	7.57±0.11	7.56±0.02	7.55±0.20	6.85±0.07
Carbonic flavor (water)	2.22±0.97	5.11±0.78	3.11±0.93	6.33±0.50	2.44±1.33	6.33±0.50
Carbonic flavor (radish)	2.78±0.97	4.67±1.22	2.89±1.27	6.44±0.53	2.78±1.20	6.22±0.67
Overall preference	3.44±0.88	5.33±1.12	3.67±1.12	5.56±0.73	3.22±1.86	5.22±1.09

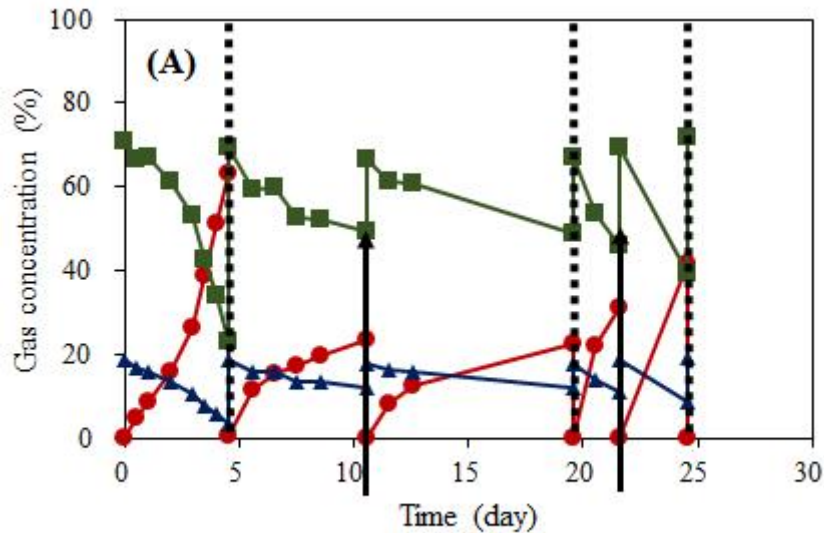
*Initial sample before storage had pH of 6.11±0.12, acidity of 0.01±0.00%, salt content of 2.77±0.04, *Lactobacillus* sp. count of 2.94±0.10 log CFU mL⁻¹ and *Leuconostoc* sp. count of 5.71±0.14 log CFU mL⁻¹. Values are mean±standard deviation.

용기 시스템에 저장된 깍두기 김치의 품질평가

깍두기에 대한 CO₂ 주입시간은 1차년도 배추김치를 이용하여 설정한 조건을 토대로 하여 깍두기에 설정하였는데, CO₂가 주입되는 처리구는 2가지 경우로 나누어서 진행하였다. CO₂-flush-1은 적숙기 이전 용기에 깍두기를 80% (자유용적 2 L)정도 담고 용기 내 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소를 주입하는 시간은 40초로 설정하였으며, 지속적 저장 시 이산화탄소 농도가 70%(0.7 atm) 이하로 감소하지 않도록 12시간 간격으로 8초 주입하여 적숙기까지 진행하였다. 적숙기 이후 뚜껑을 열고 깍두기를 2 kg 덜어낸 후 충전부피를 용기대비 약 60% (자유용적 4 L)정도로 맞추고, 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소 농도를 맞추기 위해 50

초간 주입하였으며, 저장 중 농도가 70%(0.7 atm) 이하로 감소하지 않도록 이산화탄소를 24시간 간격으로 13초 동안 주입하였다. CO₂-flush-2는 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소를 주입하는 시간은 40초로 설정하고, 24시간 간격으로 8초 주입하여 적숙기까지 진행하였다. 적숙기 이후 2 kg 덜어낸 후 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소 농도를 맞추기 위해 50초간 주입 후 농도가 70% 이하로 감소하지 않아 추가적으로 이산화탄소를 주입하지 않고 밀폐된 상태로 저장하였다.

Figure 32은 적숙기 이전 5일 동안 10 °C와 적숙기 이후 15일 동안 0 °C 유지 및 그 이후 6일 동안 25 °C에서 저장된 깍두기가 들어 있는 김치 용기 시스템의 기체조성을 보여주고 있다. CO₂ 치환 프로그램으로 제어된 용기의 CO₂ 농도는 60~91%(0.6~0.91 atm)의 범위에 있어서, 대조구의 0~63%(0~0.63 atm) 보다는 지속적으로 높게 유지되고 있었다. 두가지 처리구에서, 적숙기 이후 주입간격이 늘어나거나 또는 추가적인 주입을 진행하지 않더라도 용기 내 전체 이산화탄소 농도가 70% 이상 유지되는 것으로 나타났으며, 이는 김치의 발효로 발생하는 CO₂에 의한 것으로 이해된다. 지속적 저장 시 CO₂ 추가 주입간격이 증가하지 않으면서도 추가적인 주입 없이 이산화탄소 농도가 70% 이상 유지되는 CO₂-flush-2 처리구의 경우 CO₂-flush-1보다 용기에 주입되는 이산화탄소가 적게 사용되어 이산화탄소 사용량 감소에 긍정적인 효과가 있을 것으로 본다. 이산화탄소를 적게 사용 가능한 이런 조건은 깍두기를 저장 해둔 용기 시스템에만 해당되며, 김치의 종류별 발효특성과 김치 고형물에 이산화탄소가 녹아들어가는 정도에 영향을 받는 것으로 추정된다.



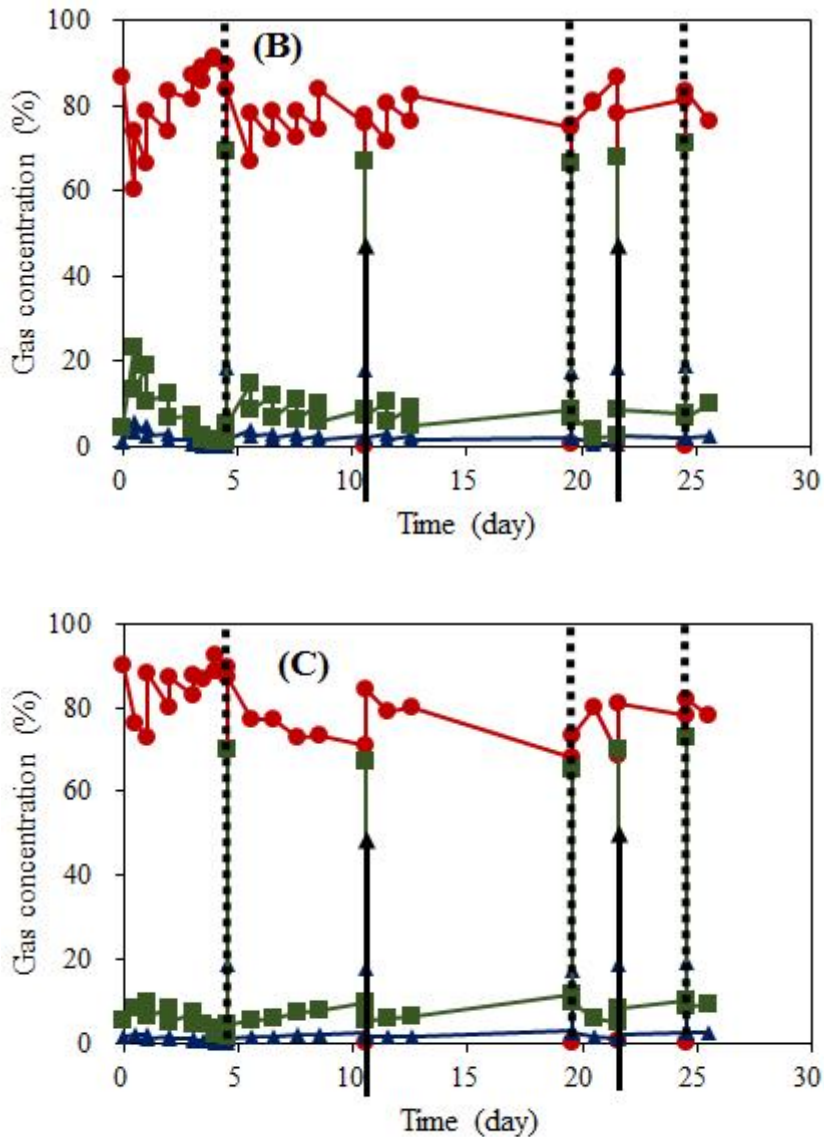


그림 31. Changes in atmospheric composition of the 10 L control container (A) and prototype container of CO₂-flush-1 (B) and CO₂-flush-2 (C) initially filled with 8 kg of *diced radish kimchi* each and stored at 10 °C for 5 days, then at 0 °C for 15 days and 25 °C for 6 days sequentially. The dotted vertical line shows the time of opening the container to remove part of *kimchi* (2 kg at 5 days and 20 days). Vertical arrow at x-axis denotes the time of container opening/closing without *kimchi* removal. ●, CO₂ ▲, O₂ ■, N₂.

Table 1-4는 깍두기의 저장 중 품질변화 특성을 측정한 결과이다. 저장 5일째(저장온도 10 °C)인 적숙기에서 pH값의 경우 초기 6.05 값에서 대조구는 4.17, CO₂-flush-1 처리구는 4.18, CO₂-flush-2 처리구는 4.15 값으로 별 차이가 없었지만, 대조구(총산함량 0.77%)의 총산 함량이 두 처리구(총산함량 0.71%)보다 조금 높아서 대조구의 깍두기에서 발효속도가 조금 빠르게 진행되었다. 대조구에서 저장 2일까지 12시간마다 이산화탄소 농도가 3.6~5.3% 증가하였다면 저장 3일 이후 이산화탄소 농도가 약 12~13%로 2배 이상 증가한 것으로 보아(Figure 1-4) 발효가 빠르게 진행된 것으로 알 수 있으며 그 결과로 총산함량이 증가한 것으로 보인다. 김치의 시원한 맛을 나타내는 탄산미 측면에서 대조구는 3.5 점인데 반해 CO₂-flush-1 처리구와 CO₂-flush-2 처리구는 각각 5.25점과 5.63점으로 높게 평가되어

깍두기김치의 시원한 맛을 느낄 수 있었으며, 종합적인 기호도에서도 동일한 결과를 보였다. 대조구는 CO₂-flush-1처리구에 비해 이산화탄소 주입횟수가 적었던 CO₂-flush-2처리구가 시원한 탄산미를 포함한 종합적인 관능적 특성에서 큰 차이가 없는 것으로 보아 기호성 면에서 볼 때 주입되는 이산화탄소의 양은 부족하지 않다는 것을 알 수 있다. 하지만, 본 실험의 김치 저장 방식과 소비자의 김치 저장 방식에 있어 행동패턴이 다를 수 있으므로 이산화탄소 주입횟수를 줄이는 방안에 대해서는 몇가지 검토가 더 필요할 것으로 본다. 미생물적 품질에서 저장 5일째(저장온도 10 °C) 유산균수는 초기 5.29 log CFU/mL에서 대조구 10.20 log CFU/mL, CO₂-flush-1 처리구 10.02 log CFU/mL, CO₂-flush-2 처리구 10.17 log CFU/mL로 이산화탄소 처리 유무에 따른 차이가 크게 없었으며, 이는 총균수와 효모 및 곰팡이에서도 비슷한 경향을 보였다. 또한, 저장 20일째(저장온도 0 °C)에서도 대조구와 두 처리구간에 뚜렷한 큰 차이 없이 동일한 경향을 보이고 있으며 다만, CO₂-flush-2 처리구에서 유산균이 10.30 log CFU/mL로 약간 높고 총균수의 경우 대조구(10.44 log CFU/mL)와 CO₂-flush-1 처리구(10.20 log CFU/mL)에 비해 9.94 log CFU/mL로 약간 낮게 측정되어 유산균이 총균수 성장 억제에 약간의 영향을 준 것으로 생각되어진다. 높은 온도 조건에서 이산화탄소 주입 효과를 확인하기 위해 0 °C에서 일정 기간 저장 후 25 °C에서 6일 동안 저장한 깍두기의 효모 및 곰팡이 성장을 측정해 본 결과 처리구에 비해 대조구에서 효모의 성장이 높은 것으로 알 수 있다. 이는 효모 성장에 적합한 산소가 대조구에서 많이 노출되어 균 성장을 촉진시킨 것으로 보이며, 실험자 확인결과 군내가 심하게 느껴졌다. 김치의 장기 저장 시 효모수가 높으면 산막필름 형성, 이취 발생, 연부현상이 따르므로(Lee & Byun, 2007, Kim 등, 1992), 처리구에서 고 CO₂치환 용기의 효모수가 낮은 것은 바람직한 효과로 여겨진다.

표 13. Comparison of *diced radish kimchi* quality attributes among container treatments after sequential storage at 10 °C for 5 days, 0 °C for 15 days and 25 °C for 6 days.

Attribute*	Control	CO ₂ -flush-1	CO ₂ -flush-2
<u>After 5 days</u>			
pH	4.17 ± 0.03	4.18 ± 0.06	4.15 ± 0.01
Acidity (%)	0.77 ± 0.00	0.71 ± 0.02	0.71 ± 0.02
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	9.58 ± 0.16	9.57 ± 0.19	9.89 ± 0.20
Yeast and molds (log CFU mL ⁻¹)	2.99 ± 0.21	2.86 ± 0.11	3.30 ± 0.11
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	10.20 ± 0.34	10.02 ± 0.21	10.17 ± 0.17
Carbonic flavor	3.50 ± 0.93	5.25 ± 0.89	5.63 ± 0.92
Overall preference	4.00 ± 1.51	5.50 ± 0.93	5.13 ± 1.73
<u>After 20 days</u>			
pH	4.02 ± 0.01	3.97 ± 0.07	4.04 ± 0.08
Acidity (%)	0.93 ± 0.05	0.97 ± 0.07	0.95 ± 0.00
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	10.44 ± 0.10	10.20 ± 0.53	9.94 ± 0.10
Yeast and molds (log CFU mL ⁻¹)	1.72 ± 0.24	1.75 ± 0.66	1.68 ± 0.19
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	10.11 ± 0.18	10.05 ± 0.16	10.30 ± 0.16
<u>After 26 days</u>			
pH	3.85 ± 0.08	3.86 ± 0.06	3.82 ± 0.02
Acidity (%)	1.11 ± 0.02	1.14 ± 0.02	1.12 ± 0.02
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	8.76 ± 0.13	8.51 ± 0.04	8.64 ± 0.10
Yeast and molds (log CFU mL ⁻¹)	> 6.00	5.47 ± 0.68	5.02 ± 0.41
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	9.03 ± 0.29	8.65 ± 0.06	8.87 ± 0.20

*Initial sample before storage had pH of 6.05 ± 0.03, acidity of 0.12 ± 0.00%, salt of 2.50 ± 0.05%, total aerobic bacteria count of 5.76 ± 0.09 log CFU mL⁻¹, yeast and molds count of 2.69 ± 0.09 log CFU mL⁻¹ and *Lactobacillus* sp. count of 5.29 ± 0.06 log CFU mL⁻¹. Values are mean ± standard deviation.

용기 시스템에 저장된 오이소박이 김치의 품질평가

오이소박이에 대한 CO₂ 주입시간은 1차년도 배추김치를 이용하여 설정한 조건을 토대로 하여 초기 주입 시간을 일부 조절하여 진행하였다. 적숙기 이전 용기에 오이소박이를 일정한 크기로 잘라서 80% (자유용적 2L) 정도 담고 용기 내 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소를 주입하는 시간은 30초로 설정하였으며, 지속적 저장 시 이산화탄소 농도가 70%(0.7 atm) 이하로 감소하지 않도록 12시간 간격으로 8초 주입하여 적숙기까지

진행하였다. 적숙기 이후 뚜껑을 열고 오이소박이를 2 kg 덜어낸 후 충전량을 용기대비 약 60% (자유용적 4 L) 정도로 맞추고, 80%(0.8 atm) 이상의 이산화탄소 농도를 맞추기 위해 50초간 주입하였으며, 저장 중 70%(0.7 atm) 이하로 감소하지 않도록 24시간 간격으로 13초 주입하였다.

Figure 33은 적숙기 이전 저장 5일 동안 10 °C를 유지하고, 적숙기 이후 저장 7일 동안 0 °C를 유지하고, 그 이후 저장 3일 동안 25 °C로 유지되는 오이소박이 김치 용기 시스템의 기체조성을 보여주고 있다. CO₂ 치환 프로그램으로 제어된 용기의 CO₂ 농도는 70~90%(0.7~0.9 atm)의 범위에 있어서, 대조구의 0~40%(0~0.40 atm) 보다는 지속적으로 높게 유지되고 있었다. 적숙기 이전 배추김치의 초기 주입시간은 40초인데, 오이소박이는 주입시간이 30초로 10초 적게 주입하여도 용기 내 이산화탄소 농도가 80% 이상 유지되는 것으로 보아 오이소박이 김치 자체의 수분이 적고, 오이내부로 이산화탄소가 적게 용해되는 것으로 본다. 또한, 배추김치(저장 4일에 이산화탄소 농도 20% 증가)에 비해 오이소박이(저장 4일에 이산화탄소 농도 40% 증가)의 이산화탄소 발생량이 많아 용기 내부에 발효로 인한 이산화탄소 농도 증가도 영향을 받는 것으로 본다.

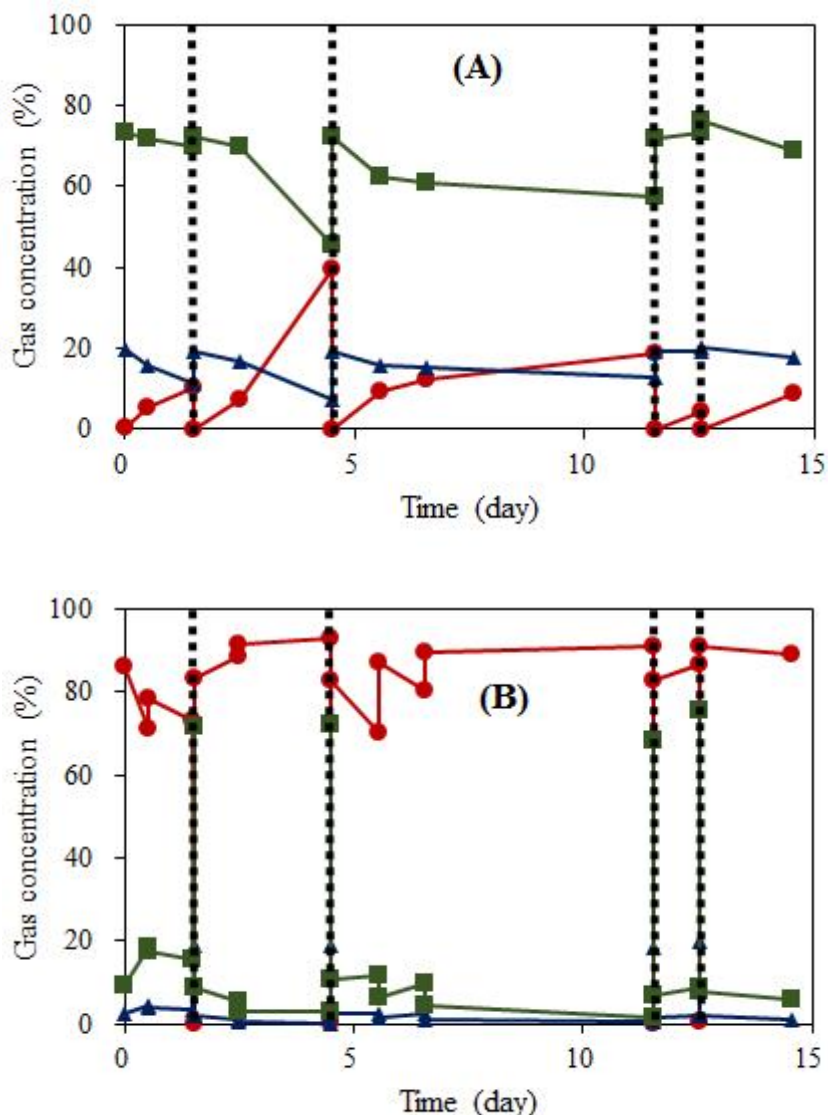


그림 32. Changes in atmospheric composition of the 10 L control container (A) and prototype container (B) initially filled with 8 kg of *stuffed cucumber kimchi* each at 10 °C for 5 days, at 0 °C for 7 days and at 25 °C for 3 days, sequentially. The dotted vertical line shows the time of opening the container to remove part of *kimchi*. ●, CO₂ ▲, O₂ ■, N₂.

오이소박이는 금방 담아서 아삭하게 섭취하는 선호도가 높아 적숙기 이전 저장 2일에 뚜껑을 열어서 품질특성을 확인하고, 다시 닫은 후 이산화탄소를 주입하여 적숙기인 저장 5일에 한번 더 열어서 품질 변화를 확인하였다(Table 12). 저장 2일에는 적숙기 이전이어서 총산 함량이 0.27~0.28%로 측정되어 익은 맛이 덜하고 아삭한 맛이 그대로 보존되어 있으며, 이산화탄소 주입 처리구(탄산미 4.89점, 기호도 5.00점)의 경우 대조구(탄산미 3.22점, 기호도 3.44점)에 비해 오이소박이 내부로 이산화탄소가 용해되어 시원한 탄산미와 관능적인 기호도 측면에서 우수하였다. 저장 5일에는 총산함량이 0.74~0.75%로 적숙기에 도달하였으며, 익은 맛이 강하여 초기 아삭한 맛은 떨어졌지만 이산화탄소 주입 처리구(탄산미 5.44점, 기호도 5.33점)에서는 다소 시원한 탄산미를 느낄 수 있어 대조구(탄산미 4.00점, 기호도 3.67점)에 비해 종합적인 기호도 측면에서 우수하였다. 일반세균수, 효모와 곰팡이, 유산균 등 미생물적 측면에서는 대조구와 처리구에 유의적인 차이를 볼 수 없었다. 대조구와 처리구의 큰 차이 없이 저장기간 동안 일반세균수는 초기 5.73 log CFU/mL에서 5.91~9.34 log CFU/mL 범위에 있었고, 효모와 곰팡이는 초기 3.79 log CFU/mL에서 4.21~6.43 log CFU/mL, *Lactobacillus* sp.와 *Leuconostoc* sp.는 초기 각각 5.14와 4.72 log CFU/mL에서 5.89~9.47 log CFU/mL 범위에 있었다. 25 °C에서 3일간 저장하면서 이산화탄소 농도가 높은 처리구에 비해 산소농도가 높은 대조구에서 산막효모, 연부현상, 이취 발생등의 품질변화로 효모 균수의 증가를 예상하였으나 처리구와 대조구에서 유의적인 차이가 없었다. 오이 색깔이 갈색으로 변하고, 오이조직이 빨리 물러짐으로 인해 처리구와 대조구에서 비슷한 속도로 품질변화가 일어난 것으로 생각된다. 실제 25 °C에 저장해둔 오이소박이 김치는 대조구와 처리구에 관계없이 이취가 많이 발생하여 맛으로 구분하는 관능검사를 실시하지 못하였으며, 실험자가 간단히 냄새를 맡아 본 결과, 이산화탄소 주입 여부에 관계없이 이취가 발생하였다.

Table 14. Comparison of *stuffed cucumber kimchi* quality attributes between container treatments stored at 10 °C for 5 days, at 0 °C for 7 days and at 25 °C for 3 days, sequentially.

Attribute*	Control	CO ₂ -flush
<u>After 2 days</u>		
pH	5.41±0.01	5.39±0.01
Acidity (%)	0.27±0.00	0.28±0.00
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	6.12±0.02	6.30±0.06
Yeast and molds (log CFU mL ⁻¹)	4.21±0.04	4.21±0.10
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	5.89±0.05	5.92±0.04
<i>Leuconostoc</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	6.48±0.02	6.50±0.02
Carbonic flavor	3.22±0.97	4.89±0.33
Overall preference	3.44±0.73	5.00±1.12
<u>After 5 days</u>		
pH	4.27±0.01	4.22±0.01
Acidity (%)	0.74±0.01	0.75±0.01
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	5.91±0.21	6.05±0.04
Yeast and molds (log CFU mL ⁻¹)	4.75±0.08	4.75±0.04
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	8.09±0.07	8.08±0.04
<i>Leuconostoc</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	9.39±0.03	9.47±0.02
Carbonic flavor	4.00±1.00	5.44±0.73
Overall preference	3.67±1.32	5.33±1.32
<u>After 12 days</u>		
pH	4.38±0.03	4.32±0.01
Acidity (%)	0.77±0.01	0.78±0.01
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	9.12±0.08	9.34±0.11
Yeast and molds (log CFU mL ⁻¹)	5.88±0.05	6.02±0.09
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	8.67±0.05	8.71±0.08
<i>Leuconostoc</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	9.22±0.03	9.39±0.18
Carbonic flavor	3.00±0.87	6.11±0.78
Overall preference	2.78±0.83	5.22±0.83
<u>After 15 days</u>		
pH	4.17±0.01	4.18±0.01
Acidity (%)	0.86±0.01	0.86±0.00
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	8.40±0.06	8.43±0.01
Yeast and molds (log CFU mL ⁻¹)	6.38±0.11	6.43±0.09
<i>Lactobacillus</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	8.01±0.03	8.03±0.06
<i>Leuconostoc</i> sp. (log CFU mL ⁻¹)	8.47±0.03	8.50±0.03
Carbonic flavor	–	–
Overall preference	–	–

*Initial sample before storage had pH of 5.40±0.02, acidity of 0.26±0.00%, salt content of 1.5±0.05, Total aerobic bacteria count of 5.73±0.11 log CFU mL⁻¹, yeast and molds count of 3.79±0.07 log CFU mL⁻¹, *Lactobacillus* sp. count of 5.14±0.09 log CFU mL⁻¹ and *Leuconostoc* sp. count of 4.72±0.12 log CFU mL⁻¹. Values are mean±standard deviation.

d) 결론

CO₂주입을 프로그램화하여 제어할 수 있는 CO₂주입 용기 시스템은 김치 보관 용기 내 CO₂농도를 조절함으로써 각종 김치의 관능적 품질을 향상시키고, 장기간 저장에서 품질 안정성을 향상시킬 수 있다. 높은 이산화탄소 농도와 낮은 산소 농도의 조건은 일부 김치에서 효모성장을 억제하여 이취발생을 일부 막을 수 있어 김치의 장기보관에 긍정적인 이점이 된다. CO₂주입 용기 시스템은 화학적 품질과 미생물적 품질에서 부정적인 영향을 갖지 않았으며, 소비자 사용 편의성을 꾸준히 보완하여 아파트 빌트인 또는 급외식업소 냉장고에 장착 가능한 실용화 연구를 계속 진행하고자 한다.

2. 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용

a) 요약

전년도 연구결과를 바탕으로 김치포장에서 이산화탄소 흡수제 봉지를 최적화하는 용도로 사용될 수 있는 기능을 위하여 김치포장의 부피, 압력, 이산화탄소 분압을 예측할 수 있는 컴퓨터 예측 프로그램을 개발하였다. 전년도에 확립된 김치의 총산증가 및 이산화탄소 생산 모델에서 염도의 영향을 포함시키는 보정인자를 추가하였다. 이러한 보정인자는 업소별 김치종류별 다양한 조건을 수용하기 위한 조정인자를 반영함으로써 사용자의 사용 범위 확대에 도움을 주고자 하였다. 그리고 김치포장에서 이산화탄소 생산과 흡수제의 이산화탄소 흡수의 물질수지로부터 얻어지는 포장의 압력 및 부피 변화의 과정을 미분방정식으로 확립하고, 1기압 하에서 부피가 변화하는 유연포장의 조건에서는 모든 기체 분압의 합이 1기압으로 일정한 제한조건을 부가하였다. 그리고 부피가 일정한 병 포장의 조건에서는 시간에 따른 부피변화가 무시되는 가정을 부가하였다. 포장 내에서 이산화탄소의 평형관계를 설명하는 데에서 기체상 태방정식과 Henry의 법칙을 적용시켰다. 개선된 개발 프로그램은 이산화탄소 흡수제가 부착된 0.5 kg 단위 김치의 유연포장에 적용하여, model parameter를 결정한 데에 사용되지 않은 다른 온도인, 5 °C에서 부피변화를 예측할 수 있었다. 이로부터 허용가능한 부피팽창의 조건에서 적절한 수준의 이산화탄소 분압을 유지할 수 있는 포장의 설계가 가능하였다. 프로그램의 예측에서 일정 온도에서 부피팽창과 이산화탄소 분압에 미치는 영향인자로서 흡수제 봉지의 이산화탄소 투과도와 흡수제의 양으로 나타났다. 5 °C에서 실험적으로 확인된 포장 조건 중에서 5.5 g Ca(OH)₂를 11 μm 두께 고밀도폴리에틸렌 봉지가 적정 특성을 부여하는 것으로 나타났다. 개발 프로그램을 김치 업체 등에서 사용이 편리하도록 스마트폰 앱으로 개발하였다.

b) 재료 및 방법

개발 모델의 보완 완성

전년도에 경기농협 김치(염도 2.4-2.7%)를 저장하면서 얻어진 발효 및 이산화탄소 발생 특성을 사용하면서 여러 염도 조건의 김치에 적용될 수 있는 수학적 모델로 보완하여 완성하였다. 모델 확립에서는 저장 온도에서 김치의 총산생산과 CO₂ 생산, 흡수제의 CO₂ 흡수, 포장 내에서 CO₂의 평형적 용해 등을 포함하였다.

김치의 총산 생산은 식 (1)의 미분방정식으로 표현되며, 필요한 parameter는 전년도의 0 °C, 10 °C, 20 °C에서의 저장실험으로부터 구하여진 값들을 사용하였다.

$$\frac{dA_t}{dt} = \frac{\mu_{max} \left\{ 1 - \frac{\exp(A_t)}{\exp(A_{tmax})} \right\}}{1 + \exp\{-25(t-\lambda)\}} \quad (1)$$

여기서 A_t 는 총산도(%), t 는 저장기간(d), A_{tmax} 는 최대 총산도(%), λ 는 유도기(d), μ_{max} 는 최대산생성 속도(d^{-1})이다.

저장 온도의 영향은 식 (2)과 (3)으로서 표현되고, 필요한 parameter를 선형회귀로 구하여 사용하였다(Table 2-1).

$$\frac{1}{\lambda} = \left(\frac{1}{\lambda_s} \right) \exp\left(\frac{-E_{a,\lambda}}{RT} \right) \quad (2)$$

$$\mu_{max} = \mu_{max,o} \exp\left(\frac{-E_{a,\mu}}{RT} \right) \quad (3)$$

여기서 $E_{a,\lambda}$ 와 $E_{a,\mu}$ 는 각각 $(1/\lambda)$ 와 μ_{max} 에 대한 활성화에너지(J/mol), $(1/\lambda_o)$ 와 $\mu_{max,o}$ 는 상수, R 은 기체상수($8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), T 는 온도(K)이다. 총산증가의 김치 속성에 미치는 염도의 영향을 반영하기 위하여 식 (1)로 얻어지는 속도값에서 보정계수를 곱하여 사용하였으며, 이는 Lee 등(1997)이 사용한 $e^{0.374*(2.73-S)}$ 을 선택하였다. 여기서 S 는 염도값(%)이다.

김치발효로부터 CO_2 생산속도(R_{CO_2} , $\text{mol kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$)에 대한 모델로 전년도의 $0 \text{ }^\circ\text{C}$, $10 \text{ }^\circ\text{C}$, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서의 저장실험으로부터 구하여진 값을 사용하여 온도의존성을 Arrhenius 방정식 (4)의 관계로 정립하였다.

$$R_{\text{CO}_2} = R_{\text{CO}_2,o} \exp\left(-\frac{E_{a,R}}{RT} \right) \quad (4)$$

여기서 $E_{a,R}$ 는 CO_2 생산속도(J/mol), $R_{\text{CO}_2,o}$ 는 상수($\text{mol kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$)이다.

적정 속성도 이전의 1 단계와 그 이후의 2 단계의 CO_2 생산에 대한 parameter 값은 Table 13에 제시하였다. 그리고 시기별 가공 조건에 따라 달라지는 염도의 영향을 표현하는 보정계수로서 Lee 등(1997)의 관계식을 도입하여 비례적 관계를 적용시켰다. 즉, 1 단계에서는 $e^{0.495(2.73-S)}$ 의 관계를, 2 단계에서는 $e^{0.325(2.73-S)}$ 의 관계를 사용하였다. 이는 실험에 사용한 김치의 염도 2.73%로부터 달라지는 염도를 보정하는 역할을 한다.

표 15. Temperature dependence parameters of Arrhenius equation for acidity increase and CO₂ production of *kimchi* and CO₂ permeability of two plastic films

Attribute	Activation energy (kJ/mol)	Preexponential constant	Equation associated
1/λ	98.92	5.865x10 ¹⁷ d ⁻¹	Equation (2)
μ _{max}	63.93	3.325x10 ¹¹ d ⁻¹	Equation (3)
R _{CO2} for 1st phase	70.30	9.480x10 ¹⁰ mol kg ⁻¹ d ⁻¹	Equation (4)
R _{CO2} for 2nd phase	90.58	2.375x10 ¹⁴ mol kg ⁻¹ d ⁻¹	Equation (4)
\bar{P}_{CO_2}/L of HDPE	34.84	4.857x10 ³ mol d ⁻¹ m ⁻² bar ⁻¹	Equation (6)
\bar{P}_{CO_2}/L of Tyvek	14.84	1.154x10 ³ mol d ⁻¹ m ⁻² bar ⁻¹	Equation (6)

흡수제로부터 이산화탄소의 흡수제거속도는 흡수제 봉지의 내부 이산화탄소 분압을 0 으로 가정하고 식 (5)로 표현하였다(Chinnan & Yang, 1989):

$$S_{CO_2} = \frac{\bar{P}_{CO_2} A_{ab} (P_{CO_2} - 0)}{L} \quad (5)$$

여기서 S_{CO_2} 는 흡수제 능력 범위 내에서 봉지로의 CO₂ 흡수속도(mol/d), \bar{P}_{CO_2} 는 흡수제 봉지 필름의 CO₂ 투과도(mol μm m⁻² d⁻¹ bar⁻¹), A_{ab} 는 흡수제 봉지의 필름 표면적(m²), P_{CO_2} 는 김치포장 내의 CO₂ 분압(bar)이고, L 은 필름의 두께(μm)이다. 식 (5)에서는 흡수제 내부에 CO₂는 즉각적이고 충분히 흡수되어 분압 0의 상태를 유지하는 것으로 가정하고 있다. 흡수된 CO₂의 양이 흡수제의 용량범위 이상이 되면, S_{CO_2} 는 0으로 전제된다. Ca(OH)₂의 CO₂ 흡수 반응식에 기초하여 흡수능력은 (Ca(OH)₂ 질량(g)/74.1) mol로 설정하였다. 여기서 값, 74.1은 Ca(OH)₂ 분자량이다.

흡수제 봉지 필름의 CO₂ 투과도는 두께 11 μm의 고밀도폴리에틸렌(high-density polyethylene, HDPE, CleanWrap Corp., Gimhae, South Korea)과 161 μm 두께의 Tyvek®(1059B, DuPont, Wilmington, DE, USA)필름에 대해서 전년도 측정결과에 따라 온도의 함수로서 정리하였고, CO₂ permeance(\bar{P}_{CO_2}/L)를 Arrhenius 방정식 (6)으로 표현하였고, parameter를 Table 13에 나타내었다.

$$\bar{P}_{CO_2}/L = (\bar{P}_{CO_2}/L)_o \exp\left(-\frac{E_{a,p}}{RT}\right) \quad (6)$$

여기서 $E_{a,p}$ 는 CO₂ 투과의 활성화 에너지(J/mol), $(\bar{P}_{CO_2}/L)_o$ 는 해당 방정식의 상수(mol m⁻² d⁻¹ bar⁻¹)이다.

높은 기체차단성 필름 봉지나 성형용기에 김치를 포장한 경우에, CO₂ 수치로서 김치로부터 발생된 CO₂가 흡수제 봉지의 CO₂ 흡수, 김치에의 용해, 헤드스페이스에서의 축적으로 나누어지는 것으로 설정하였다.

$$WR_{CO_2} = S_{CO_2} + \frac{d\left(\frac{P_{CO_2}V_h}{RgT} + H_{CO_2}P_{CO_2}W\right)}{dt} \quad (7)$$

여기서 V_h 는 포장 내 헤드스페이스의 부피(L)이고, R_g 는 기체상수($0.08314 \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)이다. H_{CO_2} 는 김치에의 CO_2 용해도로써 낮은 CO_2 분압 하에서($<1 \text{ bar}$) CO_2 분압의 영향을 무시하여 식 (8)로서 온도 T_c ($^{\circ}C$)와 염도 S (%)의 함수로 정의된다(Rammert & Paderborn, 1991; Lee 등 1997).

$$H_{CO_2} = \left(\frac{0.9355}{44}\right) \{3.43764 - 0.12723 T_c + 2.825610^{-3} T_c^2 - 3.359710^{-5} T_c^3 + 1.593310^{-7} T_c^4 - (0.47231 - 0.02988 T_c + 1.160510^{-3} T_c^2 - 2.251010^{-5} T_c^3 + 1.593310^{-7} T_c^4)(10S/27)\} \quad (8)$$

이렇게 외부로부터의 CO_2 손실을 무시하는 것은 일반적인 김치포장에서 고기체차단성 재료가 사용되는 일반 시중 포장에 대해서 적용될 수 있는 타당성 있는 가정이다.

식 (7)은 일반적인 포장 조건에 대해서 다음으로 정리될 수 있다:

$$WR_{CO_2} = S_{CO_2} + \frac{V_h}{R_g T} \left(\frac{dP_{CO_2}}{dt}\right) + \frac{P_{CO_2}}{R_g T} \left(\frac{dV_h}{dt}\right) + H_{CO_2} W \left(\frac{dP_{CO_2}}{dt}\right) \quad (9)$$

1 기압의 상압조건에 유통되는 유연포장에서는 CO_2 분압과 다른 기체 분압의 합이 $1.013 \text{ bar}(1.0 \text{ atm})$ 로 유지되는 것으로 가정할 수 있다:

$$P_{CO_2} + P_G = 1.013 \quad (10)$$

여기서 P_G 는 CO_2 이외 기체들의 분압(bar)이다.

CO_2 이외 기체들의 mol 수(n_G)는 저장 중 일정한 것으로 가정할 수 있으므로 (Lee 등, 1997; Lee 등, 2016), 포장의 자유용적(V_h)은 식 (10)과 기체상태방정식의 적용에 의하여 다음 식 (11)로 정리될 수 있다.

$$V_h = \frac{n_G R_g T}{P_G} = \frac{n_G R_g T}{1.013 - P_{CO_2}} \quad (11)$$

여기서 n_G 는 CO_2 이외 기체들의 mol 수로서 초기 포장 조건에서의 자유용적과 그 분압으로부터 계산될 수 있다.

위의 식 (11)을 미분하면 식 (12)가 얻어지고,

$$\frac{dV_h}{dt} = \frac{n_G R_g T}{(1.013 - P_{CO_2})^2} \left(\frac{dP_{CO_2}}{dt}\right) \quad (12)$$

이를 식 (9)에 대입하여 정리하면 시간에 따른 CO_2 분압의 변화인 식 (13)을 얻을 수 있다.

$$\frac{dP_{CO_2}}{dt} = \frac{(WR_{CO_2} - S_{CO_2})}{\left(\frac{V_h}{R_g T} + \frac{n_G P_{CO_2}}{(1.013 - P_{CO_2})^2} + H_{CO_2} W\right)} \quad (13)$$

위에서 유도되어 얻어진 미분방정식 (1), (5), (12) 및 (13)을 풀면 시간에 따른 총산도, CO_2 흡수, 포장의 자유용적과 CO_2 분압을 얻을 수 있다. 포장의 자유용적에 고체부분(김치 및 포장재)의 부피를 더하면 전체 포장의 부피가 얻어질 수 있다.

위에서 얻어진 식 (12) 및 (13)이 유연포장에 대해서 적용된 것이라면, 여러 변화하는 저장조건 하에서도 부피변화가 없는 강성포장(병포장 등)에서는 $(dV_h/dt)=0$ 으로 적용되므로, 식 (9)의 관계에 이를 적용하면,

$$\frac{dP_{CO_2}}{dt} = \frac{(WR_{CO_2} - S_{CO_2})}{\left(\frac{V_h}{R_g T} + H_{CO_2} W\right)} \quad (14)$$

따라서 강성포장에 대해서는 미분방정식 (1), (5) 및 (14)를 풀면서 시간에 따른 총산도, CO₂ 흡수, 포장의 CO₂ 분압을 얻고 포장 부피는 일정한 것으로 정리할 수 있다. 그리고 CO₂ 이외 기체들의 분압에 CO₂ 분압을 더하면 저장 중 전체압력(P_t)의 변화를 얻게 된다:

$$P_t = P_{CO_2} + P_G \quad (15)$$

Matlab 언어로 프로그램을 작성하여 4 차 Runge-Kutta 방법으로 해당 미분방정식을 풀어서 저장 중 부피나 압력 변화를 예측하였다.

개발모델의 실험적 검증 및 스마트 폰 앱 개발

개발 모델의 유효성을 검증하기 위하여 전년도에 진행된 5 °C에서의 500 g 단위 김치 필름포장에 대해서 측정 부피변화와 예측된 부피변화를 비교하였다. 즉, 김치 숙성도 및 CO₂ 생산 특성 결정의 실험과는 다른 별도의 온도조건인 5 °C에서의 저장 조건에 대하여 개선된 모델의 예측 가능성을 검증하였다. 포장의 조건으로는 두께 96 μm의 알루미늄 적층 플라스틱 필름(폴리에틸렌 테레프탈레이트/Al/선형 저밀도폴리에틸렌, 15.5x22.5 cm)으로 포장 봉지로 제조하였고, 수산화칼슘 (Ca(OH)₂)의 양을 다르게 흡수제 봉지를 부착하여 Figure 2-1 과 같이 제조하였다. 이러한 포장 조건은 일반적으로 사용되는 조건과 같다. 수산화칼슘은 EP 급으로 Oriental Chemical Industries(일본, 동경)으로부터 구입하였다. CO₂ 흡수제의 봉지로는 CO₂ 투과도 정보를 가지고 있는 11 μm 두께 HDPE(크린랩(주), 김해)와 161 μm 두께 Tyvek®(1059B, DuPont, Wilmington, DE, USA)를 사용하여 제작하였다. HDPE 봉지는 양면 모두가 같은 필름으로 4.5x4.0 cm의 봉지로 열접착 밀봉하였으며, 밀봉 전에 5.5 g의 수산화칼슘을 담았다. 그리고 Tyvek 봉지는 한쪽 면은 79 μm 알루미늄 적층 필름에 Tyvek 필름으로 마주보게 하여 4번에서 열접착하여 제작하였다. 이 봉지에 3.0 g과 5.5 g의 수산화칼슘을 각각 4.5x3.0 cm 및 4.5x4.0 cm, 크기에 담았다. 이 흡수제 봉지를 김치포장 파우치 내에 접착시켜 장착하였다(Figure 34). 500 g의 김치를 충전한 포장을 손으로 압착하여 헤드스페이스를 최소화하는 조건으로 열접착 밀봉하였다. 이산화탄소 흡수제를 넣지 않은 포장을 대조구로 다른 포장과 함께 저장하였다. 일반적인 김치의 유통기한인 30일 동안 5 °C에서 저장하면서 저장 중 부피변화를 측정하였다. 밀봉 직후에 일부의 포장을 취하여 초기의 자유용적을 파괴적인 방법으로 측정하였다. 즉, 포장을 물에 잠그고 개봉하면서 내부의 기체를 유출시켜 용적 피펫에 포집시켜 부피를 측정하였다. 이를 초기 헤드스페이스 부피로 하여 이전에 측정된 포장 부피와의 차이를 고체(제품+포장재) 부분의 부피로 취하였다.

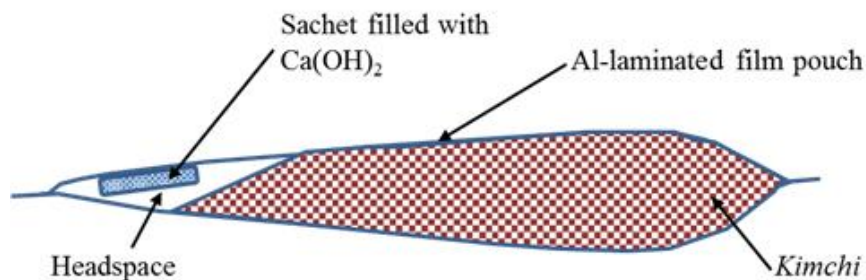


그림 33. Simplified schematic diagram of active flexible package of kimchi attached with CO₂ scavenger sachet of Ca(OH)₂.

저장 중인 모든 처리구 포장을 저장 온도와 동일하게 유지되는 온도의 물을 담은 눈금 실린더에 담아서 부피를 측정하였다. 별도의 포장을 2 반복으로 준비하여 같은 저장조건에서 저장하면서 총산도를 측정하여 저장에서의 경시적 숙성도의 변화를 파악하였다. 모든 부피측정 포장은 3 반복 이상으로 수행하였다.

이러한 실험적 검증 후에 관련 세부과제 및 업계에서 쉽게 활용될 수 있도록 프로그램을 스마트 폰 앱으로 개발하였다. 김치 포장 및 흡수제 조건을 필요한 대로 입력할 수 있는 유연성을 부여한 프로그램으로 개발하고 점검하였다.

c) 결과 및 고찰

김치 포장의 부피 예측

보완 확립된 프로그램에 의하여 5 °C에 저장된 김치 포장의 부피를 예측한 결과, 일반적으로 어느 정도의 오차는 있지만, CO₂ 흡수제 조건이 부피변화과정에 미치는 영향을 설명할 수 있는 것으로 나타났다 (Figure 2-2A). 예측된 총산도 변화는 실험치와 비교적 같은 변화를 보여주고 있다. CO₂ 흡수제가 없는 대조구 포장은 빠르고 큰 부피 팽창을 보여주고 있으며, 예측치와 잘 일치하고 있다. 부피 변화의 속도는 CO₂ 생산의 두 단계 사이의 전환점부터(산도 0.95%) 약간 감소하였다. 매우 높은 기체투과도를 가진 Tyvek 필름으로 된 흡수제 봉지에 5.5 g의 수산화칼슘 봉지는 저장 중 김치 포장의 부피 팽창을 완전히 억제하는 데에 효과적이었으며, 이는 예측과 일치하였다. 또 다른 Tyvek 필름 봉지에 3.0 g의 흡수제를 가진 조건에서는 저장 11일 후부터 포장의 부피 변화가 나타나기 시작하였다. 낮은 기체투과도를 갖는 HDPE 필름 봉지에 5.5 g의 흡수제를 가진 조건은 저장 초기로부터(초기 부피 6.7 dL) 늦으면서도 꾸준한 부피 증가를 보이다가(저장 17일에 7.9 dL), 그 이후에 일정한 수준으로 안정되었다(저장 22~30 일에 7.4~7.6 dL). 이렇게 얻어진 정상상태적인 조건은 흡수제 봉지의 CO₂ 흡수와 김치의 낮은 2단계 CO₂ 생산의 균형에 의해 이루어진 것으로 추정된다. 대조구 포장과 5.5 g Tyvek 흡수제 포장은 예측치와 실험치가 비교적 좋은 일치를 보이는 반면에, 다른 두 포장에서의 예측치는 시간적 변화의 경향에서는 실험치와 같았으나 전체적으로 저장 후반 부에 실험치보다 낮은 수준을 보였다. 이에 대한 가능한 설명으로는 흡수제 봉지를 싸는 필름의 표면이 김치 포장 내면과 겹치게 접촉하여 헤드스페이스에 충분히 노출되지 못한 것에 기인한 것으로 생각해볼 수 있다.

전체적으로 봤을 때, 예측치와 실험치 사이의 차이는 김치의 변이, 수립 모델에서의 단순화 가정, 초기 김치 부피 측정, 김치 숙성, CO₂ 생산량, 흡수제 봉지의 기체투과도 등에서의 불확실성에 기인한 것으로 생각된다. 비록 배합비와 공정이 잘 제어되더라도 김치 숙성특성은 시기와 원료 조건에 따라 달라질 수 있다. 비록 같은 batch에 생산된 김치에서도 큰 변이가 존재할 수 있음은, 포장 부피에서의 큰 오차범위로부터도 확인되는 바이다. 이러한 문제의 해결방안으로서 프로그램적인 측면에서는 통계적인 방법을 사용하면서, 여러 변이를 고려하여 포함시킬 수 있는 조정인자 등을 도입할 수 있을 것으로 생각된다. 물론 일반적인 전제로서 원료 및 공정 등에서 엄격한 관리로 가능한 변이를 줄이는 노력도 필요할 것이다. 프로그램의 확장성을 넓히는 문제는 지속적으로 연구되어야 할 과제로 남는다.

일정 한계를 넘는 포장의 부피팽창은 김치의 유통과 저장 중에서 결정적인 하자이기 때문에, 저장 30일 이내에서 2배 이상으로 팽창한 부피를 갖는 대조구 포장은 현실적으로 유통기한을 유지하는 데에 문제를 갖는다. 즉, 대조구 포장은 22일 동안 초기 6.6 dL에서 6.8 dL의 부피 팽창을 보여서 시각적으로 좋지 못한 이미지를 주었다. 얇은 부분의 초기 헤드스페이스 두께가 1 cm로부터 팽팽한 원통형의 직경 8 cm을 보여주었다. Lim 등(2001)에 의하면, 김치 포장에서 허용가능한 부피팽창의 한계는 김치 kg당 8 dL에 해당된다. 이를 본 실험의 0.5 kg 단위 포장에 대해서 적용하면 유통기한 동안 30일 이내에 4 dL의 팽창이 허용수준으로 여겨지고, 이는 이미 대조구 포장에서는 추월되고 Tyvek 봉지에 3.0 g

의 흡수제를 갖는 포장에서의 부피 팽창과 근접하고 있다(초기 6.5 dL로부터 30일 동안 3.5 dL의 팽창). 그리고 다른 2 포장 처리구는 이 기준에 따르면 허용가능한 범위에 있었다(30일 동안 1.0 dL 이하의 팽창). 그러나 포장 내 이산화탄소 분압은 김치의 관능적 품질에 영향을 주는 중요한 인자이므로 (Lee 등, 2016), 김치 포장에서 고려되어야 할 또 다른 요소이다. Figure 35B에서는 방정식 (13)의 풀이로부터 얻어진 CO₂ 분압의 예측을 보여주고 있다. 5.5 g 흡수제를 담은 HDPE 필름 봉지를 가지는 포장이 대부분의 저장 기간 동안 약 0.3 bar의 CO₂ 분압을 유지하고 있어서 비교적 바람직한 것으로 판단된다. 5.5 g 흡수제를 담은 Tyvek 봉지를 갖는 포장은 헤드스페이스에서 모든 CO₂를 제거하므로 김치의 탄산미를 없앨 것으로 기대된다. 상업적 외형과 제품 품질의 측면에서 중요한 요소인 부피 팽창과 CO₂ 분압의 관점에서 봤을 때, 5.5 g 수산화칼슘을 지닌 HDPE 필름 흡수제 봉지가 5 °C 유통의 김치 포장에서는 가장 적절한 것으로 판단된다. 5.5 g 수산화칼슘을 갖는 흡수제 봉지에서 HDPE 봉지가 Tyvek 봉지에 비해서 비교적 우수한 탄산미를 갖는 것이 별도의 전년도 간이적 실험에서 확인된 바 있다(구체적 데이터는 생략). 포장의 CO₂ 분압과 관능적 품질의 상관성에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 부분이다.

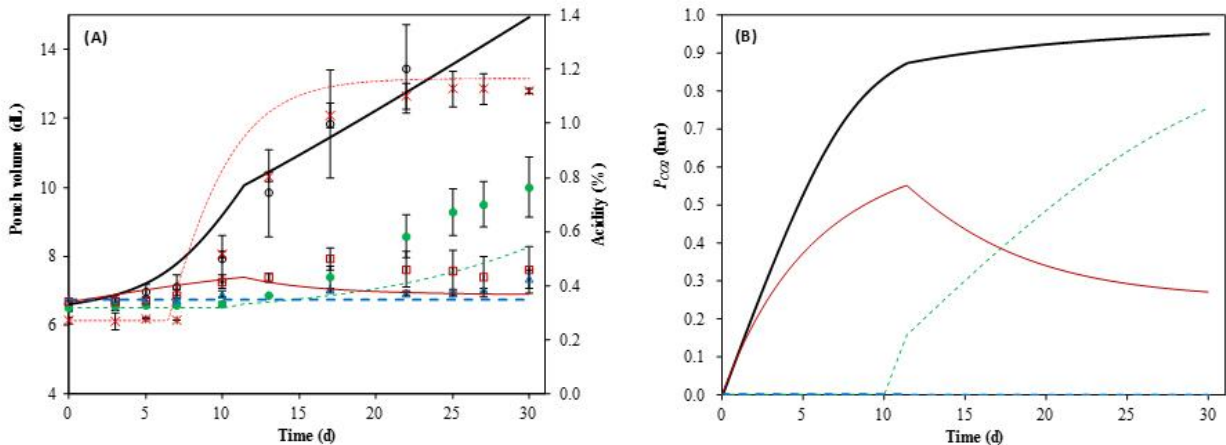


그림 34. (A) Comparison between estimated and experimental volumes with acidity change, and (B) estimated CO₂ partial pressure (P_{CO_2}) of active flexible *kimchi* packages stored at 5 °C. 0.5 kg of 2.46% salt *kimchi* was packaged in an aluminum laminated pouch of 15.5 x 22.5 cm. Vertical bars are standard deviations. ×: acidity, ○: volume of control, ●: volume of package with Tyvek sachet of 3.0 g scavenger, △: volume of package with Tyvek sachet of 5.5 g scavenger, □: volume of package with HDPE sachet of 5.5 g scavenger. With estimation of volume and P_{CO_2} , thick solid lines are for control package, thin dashed lines for package with Tyvek sachet of 3.0 g scavenger, thick dashed lines for package with Tyvek sachet of 5.5 g scavenger and thin solid lines for package with HDPE sachet of 5.5 g scavenger; thin dotted line is acidity estimate.

스마트폰 앱 프로그램

위에서 개발된 프로그램을 업계 등에서 사용이 편리하도록 스마트폰 앱으로 개발하였다. 가장 일반적인 김치 포장 조건을 default로 입력되는 환경으로 구성하였고, 필요에 따라서 소비자가 포장 단위, 김치속성특성, 흡수제 조건, 저장온도 등을 선택하거나 입력하는 구조로 앱을 설계하였다. 아울러 CO₂ 흡수제로서 수산화칼슘 외에 산화칼슘(CaO) 및 탄산나트륨(Na₂CO₃)의 선택을 부가하여 흡수능력으로서 흡수제 무게를 각각의 분자량(56.1 및 106.0 g)으로 나눈 CO₂ mol수를 구하여 적용하였다. Figure 36에서는 개발된 프로그램의 실행단계를 보여주고 있다.

김치포장(경기)		BACK	NEXT	김치포장(경기)		BACK	NEXT	김치포장(경기)		BACK	GRAPH	
기본정의			김치 숙성 모델			포장조건						
포장형태	Flexible	유도기 활성화에너지(J/mol)			98928	김치 무게(kg)			0.5 (kg)			
저장 온도 및 기간			증가속도 활성화에너지(J/mol)			63929	초기 자유용적(L)			0.06 (L)		
저장온도	5 (°C)	유도기 절편값			40.913	CO2 흡수제 종류			Ca(OH) ₂			
저장기간(일)	30 (day)	증가속도 절편값			26.53	CO2 흡수제양(g)			5 (g)			
김치상태(초기)			최대 산도(%)			1.167 (%)	흡수제의 CO2 흡수력			0.05675 (mol)		
염도(%)	2.46 (%)	숙성 조정값			1.106	CO2 흡수제 분지 표면적(m ²)			0.0027 (m ²)			
산도(%)	0.27 (%)	김치 CO2발생 모델			필름종류			HDPE				
			1단계 활성화에너지(J/mol)			70297	CO2 투과도(mol/μm/d/m ² /bar@10°C)			19.9		
			2단계 활성화에너지(J/mol)			90581	CO2 투과의 활성화에너지(J/μm/d/m ²)			34843		
			1단계 절편값			25.275				110		
			2단계 절편값			33.101						

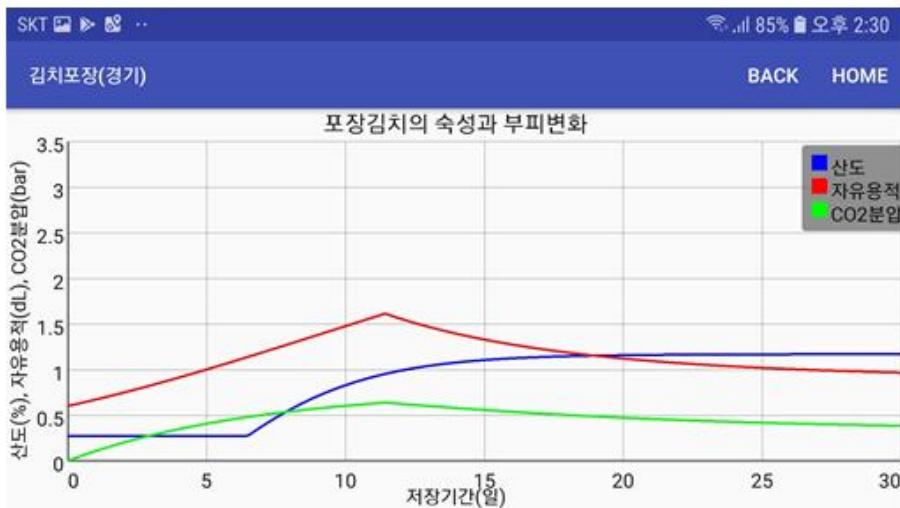


그림 35. Input and output windows for smart-phone application of designing *kimchi* package with CO₂ absorber.

d) 결론

이 부분 연구에서는 김치의 숙성 및 CO₂ 생산특성을 흡수제의 CO₂ 흡수 및 김치 속으로의 CO₂ 용해와 결합시켜, 저장 김치포장의 부피나 압력을 예측할 수 있는 프로그램을 개발 확립하였다. 개발 프로그램에서는 염도 등의 보정인자를 포함시켜 허용가능한 부피나 압력 조건 하에서 적절한 CO₂ 분압을 제공하는 포장조건을 설계하는 것이 가능하도록 하였다. 흡수제 필름의 CO₂ 투과도와 흡수제의 양이 주어진 김치 포장에서의 부피변화와 CO₂ 분압을 결정하는 주요 요인으로 파악되었다. 개발된 프로그램을 적용하여 김치포장을 설계하고 이를 김치의 화학적, 관능적 품질에서의 효과를 검증하는 것이 추후의 연구방향으로서 제시된다. 이를 위해 개발 프로그램을 업계 등 다양한 수요처에서 편리하게 사용할 수 있도록 스마트폰 앱으로 개발하였다. 이에서 김치, 포장 및 저장 조건 등의 여러 다양한 조건의 영향을 검토하는 것이 가능하다.

[3차년: CO₂ 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질보존 효과 평가/김치 숙성도 관계 파악]

1. CO₂ 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질 보존 효과 평가

1) 현장 조건에 적용된 CO₂ 치환 용기 시스템 성능 비교 분석

a) 요약

외식업체에 공급된 CO₂ 치환 용기 시스템이 장착된 김치 용기에 일정량의 김치를 넣고, 개발된 동작 모드로 김치를 저장하면서 저장 중 품질을 확인하였다. CO₂ 치환 용기 시스템을 통해 김치 용기 내 CO₂가 70% 이상 유지되도록 자동으로 작동되도록 하였으나 용기 내 CO₂ 치환 시스템의 오작동으로 CO₂ 치환에 문제가 발생하였다. 저장 초기부터 김치 조직 내로 고농도의 CO₂가 충분히 녹아있어 김치의 탄산 맛에는 부정적인 영향을 미치지 않았다. 그러나, CO₂ 치환 용기 시스템의 오작동이나 교체 시기를 넘겨 CO₂ 실린더 용기의 CO₂ 양 부족은 현장에서 자주 발생할 수 있는 상황으로 주기적인 관리가 필요한 부분이며, 사용자의 의견을 주기적으로 수집하여 향후 꾸준히 보완해야 할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

b) 재료 및 방법

외식업체에서 김치를 공급받는 동일한 방식으로 경남 함안군 지역의 농업회사법인 (주)아라리농산에서 생산되는 종주네김치를 오성식품몰에서 주문하여 사용하였다. 온라인 쇼핑몰에서 주문 후 1~2일의 택배 배송기간이 소요되며, 포기김치 형태로 배송받아 실험실에서 적당한 크기로 세절하여 사용하였다. 10 L 김치 용기의 80%에 해당하는 김치 8 kg을 담고 뚜껑에 장착된 순간 연결밸브와 CO₂ 실린더에 연결된 주입 라인을 결합 및 연결하였다. CO₂ 실린더에 장착된 2~3 bar의 regulator(CO₂ Supermarket, South Milford, UK)에 의하여 김치 용기 내 CO₂ 농도가 70% 되도록 이산화탄소를 초기 40초 주입하였다. 저장 기간 중 김치 조직으로 녹아 들어가는 CO₂를 보충하기 위해 8시간 간격으로 8~10초 주입하여 70% 이상 유지되도록 하였다. 저장 중 품질 측정을 주기적으로 실시하기 위해 용기를 열어서 김치를 일정량 덜어내고, 용기를 바로 닫은 후 초기 주입조건인 40초를 주입하여 70% 농도로 맞추고, 8시간 간격으로 8~10초 주입하여 70% 이상 유지되도록 하였다. 저장 중 김치 용기 내 기체조성을 확인하기 위해 기체 시료 1 mL를 기밀성 syringe로 취하여 CTR 1 column(Alltech Associates, Deerfield, IL, USA)과 TCD가 장착된 기체크로마토그래피(Model 3800, Varian Inc, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 CO₂, O₂, N₂ 농도를 측정하였다. 그리고 김치의 적숙기를 확인하기 위해 숙성 정도를 나타내는 지표로 김치 액즙의 pH와 총산을 측정하였다. pH는 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. 김치의 총산(A_T)은 김치액즙 5 g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.1이 될 때까지 0.1 N NaOH로 적정하여 젖산 농도로 환산하였다. 그리고, 주기적으로 김치 용기를 열어서 7점 척도로 6명의 관능요원이 참석하여 관능검사를 실시하였다.

c) 결과 및 고찰

CO₂ 치환 용기 시스템이 들어있는 냉장고의 온도는 빠른 숙성 모드에서 6~10℃의 온도 범위로 유지되고 있으며, 숙성이 완료된 후 저장 모드에서 1.0~-0.6 ℃의 온도 범위로 작동하였다(구체적인 데이터 생략). 현장에서 김치를 소비자에게 공급하기 위해 김치 용기를 자주 열게 되는데, 실험실 조건에서는 현장과 비슷한 조건으로 주기적인 품질 측정을 위해 용기를 자주 열어서 시료를 채취하였다. 그림 36에서 14일 저장기간 동안 대조구인 일반 용기에 보관된 김치의 CO₂ 농도는 2.7~7.3%, O₂ 농도는

21.0~17.9% 범위에 있는데, 주기적인 품질 측정을 위해 용기를 자주 열게 되어 용기 내 CO₂ 축적이 이루어지지 않았다. CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 김치의 CO₂ 농도는 14일 저장기간 동안 8시간 간격으로 8~10초 주입을 통해 CO₂ 농도 70% 이상 잘 유지되고 있으나, 일부 구간에서 CO₂ 농도가 40~50%로 감소하였다. 이는 용기 뚜껑의 밸브 부분과 CO₂ 실린더의 CO₂ 부족으로 인해 발생하였다. 이러한 문제는 현장 조건에서 발생 가능한 문제점으로 주기적인 점검을 통해 수정·보완해 나가야 할 부분이다.

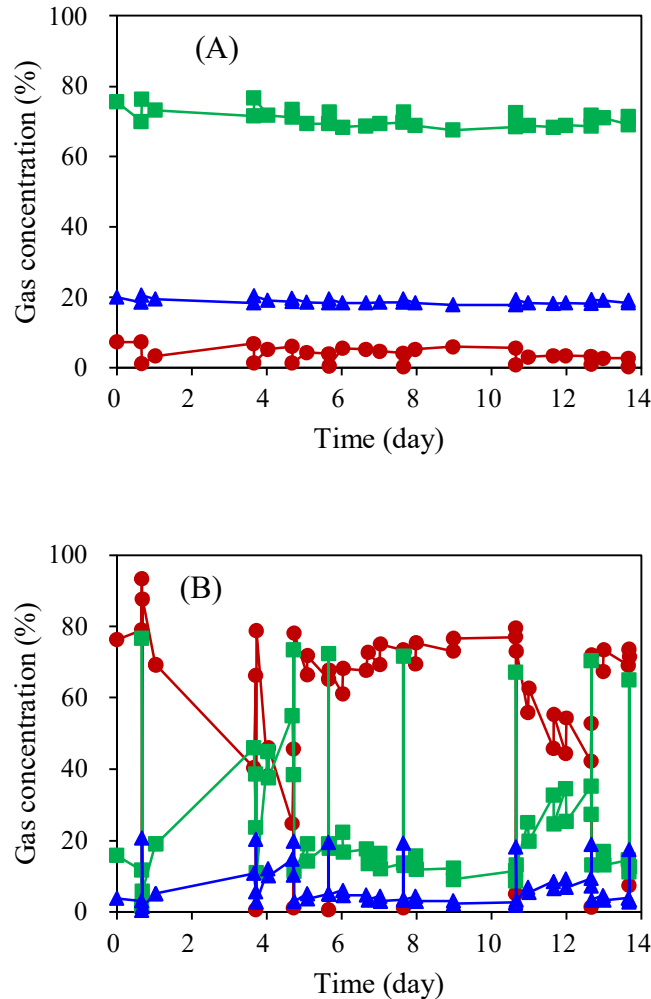


그림 36. (A)일반 김치 용기(대조구)와 (B) CO₂ 치환 용기 시스템 내 기체 농도 변화. ●: CO₂; ▲: O₂; ■: N₂

일반적으로 김치의 적숙기는 총산 함량 0.6~0.8%로 대조구는 저장 6일째, CO₂ 치환 용기 시스템은 저장 5일째 적숙기에 도달한 것으로 확인되었다(표 16). 4~8일 저장기간 동안 대조구에 비해 CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 김치의 총산 함량이 약간 높게 측정되었으며 저장 8일 이후 총산 함량은 비슷하게 유지되고 있다. 김치 조직 내로 용해된 CO₂가 pH 감소로 산 생성에 영향을 준 것으로 보이며, 김치를 빨리 숙성하여 바로 소비하는 측면에서는 긍정적으로 생각된다.

표 16. 일반 김치 용기(대조구)와 CO₂ 치환 용기 시스템 내 pH와 총산(A_t) 변화

Time (day)	pH		A _t (%)	
	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush
1	5.91±0.11	5.66±0.04	0.26±0.26	0.28±0.01
4	5.04±0.12	4.88±0.07	0.56±0.00	0.62±0.01
5	4.81±0.02	4.78±0.02	0.69±0.04	0.69±0.00
6	4.92±0.09	4.75±0.06	0.65±0.02	0.77±0.03
8	4.68±0.03	4.64±0.03	0.74±0.01	0.78±0.02
11	4.64±0.02	4.55±0.03	0.83±0.02	0.83±0.01
14	4.60±0.03	4.51±0.01	0.86±0.03	0.88±0.01

*초기 김치의 pH 5.72±0.04, 총산 0.26±0.01%, 염도 2.1%

적숙기인 4일과 5일에서 CO₂ 치환 용기 시스템의 김치에서 탄산 맛이 유의적으로 높았으며, 용기 시스템의 오작동으로 CO₂가 70% 이하로 감소하였지만, 김치 조직 내로 용해된 CO₂의 영향으로 김치의 탄산맛을 부여한 것으로 보인다(표 17). 대조구에서는 김치 용기를 자주 열게 되어 김치 용기 내 CO₂ 축적이 이루어지지 않아 적숙기에 이르는 기간을 1~2일 정도 늦출 수는 있지만, 탄산맛이 부족한 익은 맛의 김치가 된다. 김치가 잘 익은 후숙기 이후에는 대조구에 비해 CO₂ 치환 용기 시스템의 김치에서 탄산 맛이 높게 나왔지만, 유의적인 차이는 없었다. 이취 발생 부분에 있어서는 대조구에 비해 CO₂ 치환 용기 시스템이 수치적으로 낮은 값인데 CO₂가 김치의 이취를 감소시키는 역할을 하지만, 통계적인 차이는 볼 수 없었다.

표 17. 일반 김치 용기(대조구)와 CO₂ 치환 용기 시스템 내 김치의 관능검사

Time (day)	Carbonic flavor		Off flavor		Overall preference	
	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush
4	2.25±0.96 ^b	4.50±0.58 ^a	3.75±1.89 ^a	2.25±0.96 ^a	3.50±1.73 ^a	5.00±0.00 ^a
5	2.50±0.58 ^b	4.50±1.29 ^a	3.50±1.73 ^a	2.75±0.50 ^a	3.50±1.29 ^a	4.25±1.71 ^a
11	3.75±1.50 ^a	5.00±1.63 ^a	3.75±1.71 ^a	3.00±0.82 ^a	3.25±1.50 ^a	4.00±1.41 ^a
14	3.75±1.71 ^a	5.50±1.29 ^a	3.75±1.50 ^a	3.00±0.82 ^a	3.00±1.41 ^a	4.50±2.38 ^a

Scale for sensory score: 1=least perceived or preferred; 7=most strongly perceived or most preferred.

d) 결론

현장에서 사용하는 동일한 방식으로 실험실 수준에서 평가해 본 결과, 저장 초기 40초와 8시간 간격으로 8~10초 주입을 통해 용기 내 CO₂ 농도가 70% 이상 잘 유지되고 있으며, 관능적인 측면에서도 우수한 결과를 보였다. 사용자 부주의 또는 기기 오작동으로 CO₂ 농도가 40~50%로 감소하였으나 저장 초기부터 CO₂가 김치 조직에 충분히 용해되어 있어 관능적인 품질에 긍정적인 영향을 주었다.

2) 현장에 적용된 CO₂ 치환 용기 시스템의 사용자 행동 패턴 적용

a) 요약

사용자 행동 패턴 중에서 적숙기 단계 김치를 배송받아 냉장고에 보관했다가 사용하는 경우가 있어 적숙기의 김치를 CO₂ 치환 용기 시스템에 적용하여 품질을 확인하였다. 적숙기 단계의 김치를 CO₂ 치환 용기 시스템에 적용 시 저장 3일에 탄산미가 있으면서 이취가 감소하는 효과를 확인하였다. 사용자 행동 패턴 중에서 주로 김치를 적절한 보관용기에 일부 덜어내어 소비자에 공급하고 있다. 그래서, 김치를 꺼낸 후 바로 섭취할 경우와 다른 용기에 이동 보관 후 섭취할 경우를 비교한 결과 다른 용기에 보관했을 때 탄산미가 감소하였다. 사용자 행동 패턴을 수정한다면 필요할 때마다 바로 꺼내어 섭취하는 게 가장 좋으며, 그렇지 못할 경우 덜어내어 사용하게 될 보관용기는 밀폐가 잘 되는 용기로 사용하기를 권장한다.

b) 재료 및 방법

1-1)에 제시한 동일한 구입 방법으로 시료를 준비하였는데, 경남 함안군 지역의 농업회사법인 (주)아라리농산에서 생산되는 종주네김치를 오성식품몰에서 주문하여 사용하였다. 적숙기 김치를 사용하기 위해 제조 후 1~2일 공장 창고에 보관된 김치를 주문하였으며, 포기김치 형태로 배송받아 실험실에서 적당한 크기로 세절하여 사용하였다. 적숙기 단계의 김치로써 냉장고 보관은 저장 모드로 설정하고, 약 13일 정도 저장하였다. 10 L 김치 용기의 80%에 해당하는 김치 8 kg을 담고 뚜껑에 장착된 순간 연결 밸브와 CO₂ 실린더에 연결된 주입 라인을 결합 및 연결하였다. CO₂ 실린더에 장착된 2~3 bar의 regulator(CO₂ Supermarket, South Milford, UK)에 의하여 CO₂ 농도가 70% 이상 되도록 CO₂를 초기 40초 주입하였다. 저장 기간 중 김치 조직으로 녹아 들어가는 CO₂를 보충하기 위해 8시간 간격으로 8~10초 주입하여 70% 이상 유지되도록 하였다. 외식업체에서 매일 김치를 사용하기 때문에 매일 용기를 열어서 김치를 덜어내는 방식으로 진행하였으며 김치를 일정량 덜어내고 용기를 바로 닫은 후 초기 주입조건인 40초를 주입하여 70% 농도로 맞추고 8시간 간격으로 8~10초 주입하여 70% 이상 유지되도록 하였다. 김치를 약 2/3 정도 덜어내고, 용기 내 자유용적을 고려하여 70초 주입하여 70% 농도로 맞추고, 8시간 간격으로 12~14초 주입하여 70% 이상 유지되도록 하였다. 저장 중 김치 용기 내 기체 조성을 확인하기 위해 기체 시료 1 mL를 기밀성 syringe로 취하여 CTR 1 column(Alltech Associates, Deerfield, IL, USA)과 TCD가 장착된 기체크로마토그래피(Model 3800, Varian Inc, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 CO₂, O₂, N₂ 농도를 측정하였다. 김치 액즙의 pH는 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. 김치의 총산은 김치액즙 5 g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.1이 될 때까지 0.1 N NaOH로 적정하여 젯산 농도로 환산하였다. 그리고, 주기적으로 김치 용기를 열어서 7점 척도로 7명의 관능요원이 참석하여 관능검사를 실시하였다. 저장 3일에는 외식업체 행동 패턴을 고려하여 김치를 일정한 용기에 덜어낸 후 일반 냉장고에 보관하면서 1시간 간격으로 3회에 걸쳐 관능검사를 실시하였다.

c) 결과 및 고찰

CO₂ 치환 용기 시스템이 보관된 냉장고 내 온도는 평균 1.0~-2.5 °C 범위 내에서 유지되고 있으며, 저장 중 일시적 온도 상승은 실험을 수행하기 위해 냉장고 문을 열었을 때 발생한 온도 상승 현상이다(그림 37).

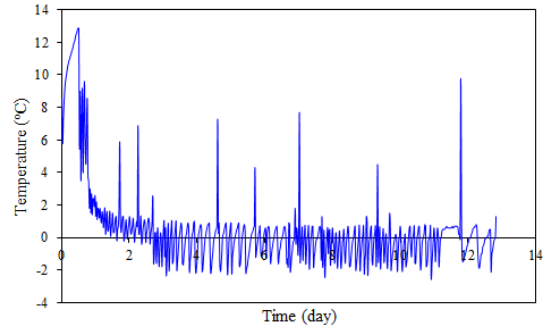


그림 37. CO₂ 치환 용기 시스템이 장착된 냉장고 내 온도변화

그림 38에서 13일 저장기간 동안 대조구인 일반 용기에 보관된 김치의 CO₂ 농도는 5~15%, O₂ 농도는 19.4~14.8% 범위에 있는데, 사용자 행동 패턴을 고려하여 매일 용기를 여는 방식으로 용기를 자주 열게 되어 용기 내 CO₂ 축적이 이루어지지 않았다. CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 김치의 CO₂ 농도는 13일 저장기간 동안 8시간 간격으로 8~10초 주입을 통해 CO₂ 농도가 70% 이상 잘 유지되고 있다.

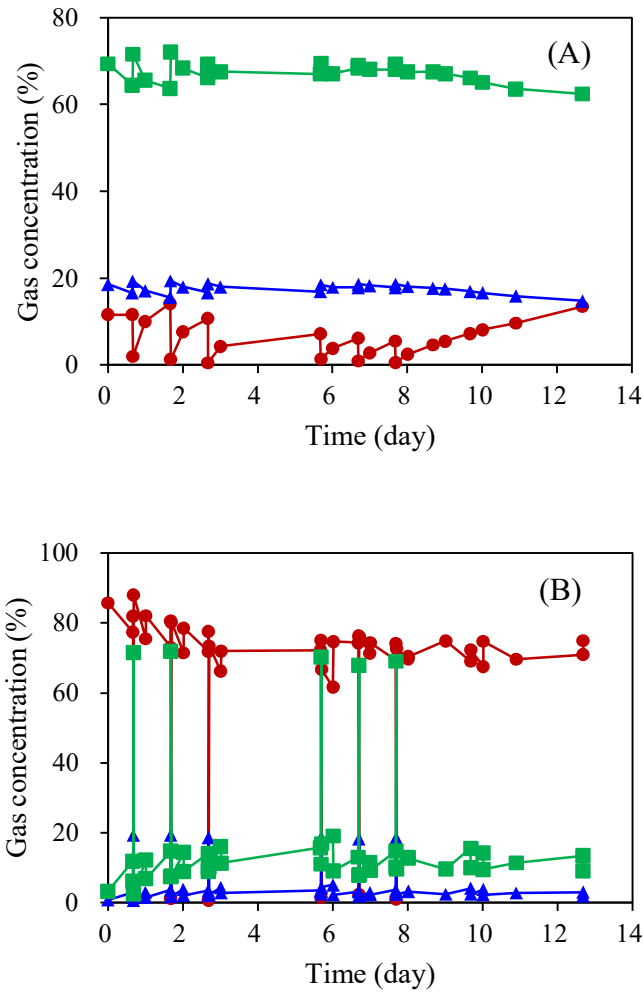


그림 38. (A)일반 김치 용기(대조구)와 (B) CO₂ 치환 용기 시스템 내 기체 농도 변화. ●: CO₂; ▲: O₂; ■: N₂

배송받은 직후 김치의 총산은 0.76%로 적숙기 범위에 해당된다(표 18). 13일 저장기간 동안 총산은 0.76%에서 0.98%로 증가하였으며, CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 김치의 총산 함량이 약간 높게 측정되었지만, 대조구와 비교하여 큰 차이가 없었다.

표 18. 일반 김치 용기(대조구)와 CO₂ 치환 용기 시스템 내 pH와 총산(A_t) 변화

Time (day)	pH		A _t (%)	
	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush
1	4.77	4.86	0.76	0.76
2	4.78	4.87	0.76	0.80
3	4.76	4.76	0.77	0.80
6	4.79	4.76	0.88	0.88
7	4.71	4.84	0.88	0.90
8	4.69	4.74	0.87	0.90
13	4.67	4.70	0.96	0.98

*초기 김치의 pH 4.88±0.9, 총산 0.76±0.02%, 염도 2.5%

저장 2일까지는 대조구에 비해 CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 김치의 탄산 맛이 약간 높은 점수를 받았으나, 통계적 유의성은 없었다. 저장 3일에는 CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 김치에 대해 CO₂ 노출 시간이 길어져 탄산 맛에 유의적인 효과가 있었으며 이취과 전체적인 수용도 부분에서 의미있는 결과를 확인하였다(표 19). 저장 3일에 김치를 2/3가량 덜어내어 사용자 패턴대로 적절한 용기에 옮겨 담은 후 1시간 간격으로 3회 걸쳐 관능검사를 실시 해 본 결과, 열고 달는 횟수가 빈번하여 CO₂ 치환 용기 시스템의 김치에 대한 탄산 맛은 줄어들었으나 김치 조직 내로 용해된 CO₂ 농도로 인해 대조구에 비해 탄산 맛이 높게 유지되고 있다(표 20). 이취 부분에 있어 유의적인 효과를 보았는데, 반복하여 용기를 열 경우 O₂와의 접촉이 빈번해져서 김치의 이취를 증가 시킬 수 있는데, CO₂ 치환 용기 시스템에서는 김치 조직에 녹아 들어간 CO₂가 이취 발생을 다소 억제하는 것으로 생각된다.

표 19. 일반 김치 용기(대조구)와 CO₂ 치환 용기 시스템 내 김치의 관능검사

Time (day)	Carbonic flavor		Off flavor		Overall preference	
	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush
1	1.67±0.82 ^a	1.83±0.98 ^a	3.50±1.64 ^a	2.83±1.33 ^a	2.67±1.21 ^a	2.67±1.22 ^a
2	1.83±0.98 ^a	2.83±1.83 ^a	3.33±1.37 ^a	2.50±1.38 ^a	3.00±1.10 ^b	4.33±0.82 ^a
3	2.17±0.98 ^b	4.00±1.26 ^a	3.67±1.75 ^a	2.17±0.75 ^b	2.50±1.22 ^b	4.17±0.75 ^a
6	4.00±1.87 ^a	4.40±1.67 ^a	4.40±1.95 ^a	3.40±0.89 ^a	3.40±1.67 ^a	4.20±1.79 ^a
8	3.50±1.22 ^a	3.67±1.97 ^a	4.00±2.53 ^a	3.17±0.75 ^a	3.33±1.37 ^a	4.17±1.47 ^a

Scale for sensory score: 1=least perceived or preferred; 7=most strongly perceived or most preferred.

표 20. 일반 김치 용기(대조구)와 CO₂ 치환 용기 시스템 내 김치의 관능검사(3회/1시간 간격)

Time (day-hour)	Carbonic flavor		Off flavor		Overall preference	
	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush	Control	CO ₂ -flush
3-0	2.17±0.98 ^b	4.00±1.26 ^a	3.67±1.75 ^a	2.17±0.75 ^b	2.50±1.22 ^b	4.17±0.75 ^a
3-1	2.17±1.17 ^a	3.50±1.64 ^a	3.83±1.83 ^a	2.00±0.63 ^b	2.67±1.21 ^a	4.00±1.55 ^a
3-2	2.67±1.03 ^a	3.00±1.55 ^a	3.50±1.22 ^a	2.17±0.98 ^b	1.83±0.75 ^b	4.00±0.63 ^a
3-3	1.83±1.17 ^a	2.33±0.82 ^a	4.17±1.17 ^a	2.67±1.37 ^b	1.33±0.52 ^b	3.00±1.79 ^a

Scale for sensory score: 1=least perceived or preferred; 7=most strongly perceived or most preferred.

d) 결론

적숙기 단계의 김치를 CO₂ 치환 용기 시스템에 적용 시 저장 3일째 탄산미가 있으면서 이취가 감소하는 효과를 확인하였다. CO₂ 치환 용기에서 즉시 꺼내어 섭취하는게 좋으며, 부득이한 경우 작은 용기로 소분 시 밀폐가 잘 되는 용기를 활용하는것이 김치의 관능적인 특성에 긍정적인 영향을 주었다.

3) 사용자의 행동패턴을 고려한 알고리즘과 동작모드 수정 보완

a) 알고리즘 수정

CO₂ 치환 용기 내 보관 중인 김치를 꺼내고자 할 때 사용자는 'stop' 버튼을 누르고 냉장고 문을 열어 CO₂ 치환 용기에 보관된 김치를 일부 덜어낸다. 사용자는 'stop' 버튼을 누르지 않고 냉장고를 열었을 때 자동으로 'stop' 되도록 하는 요구사항이 있었다. 일부 사용자 행동 패턴 중에는 김치를 꺼내지 않고 단순히 냉장고 문을 여는 경우가 있어 이 부분을 고려하여 알고리즘을 수정하였다(그림 39). 일단, 단순히 냉장고만 열면 '일시 정지' 알고리즘이 작동하고 닫으면 기존 셋팅 된 알고리즘으로 재 작동한다. 김치를 꺼내고자 할 때는 냉장고를 열면 '일시 정지' 알고리즘이 작동하고 CO₂ 치환 용기를 꺼내어 김치를 덜어내고 다시 넣게 되면 사용자가 'start' 버튼을 누르게 되는데, 이때 재 설정된 알고리즘으로 작동되게 하였다.

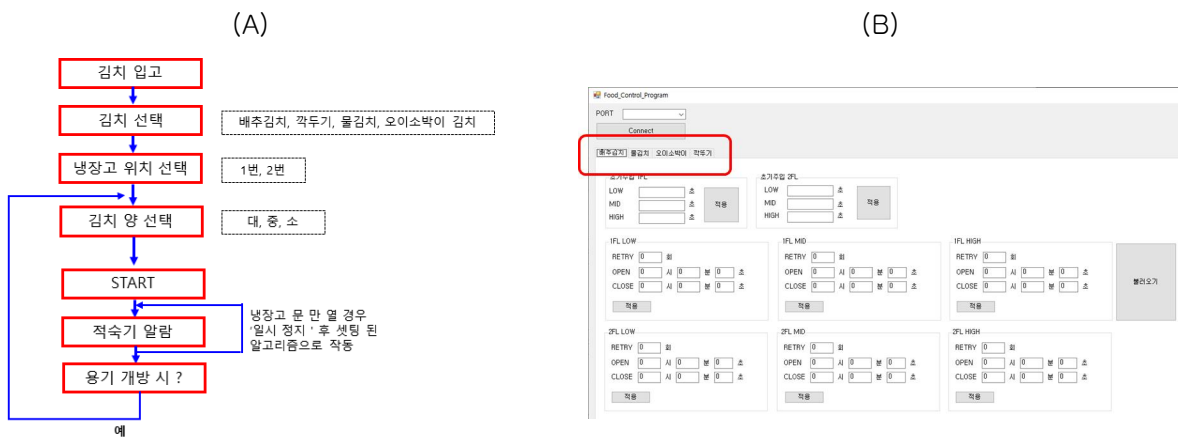


그림 39. 사용자 행동패턴에 의해 수정된 (A)알고리즘과 (B)프로그램 화면

b) 수정된 알고리즘이 적용된 사용자 매뉴얼 작성

현재 작동 중인 CO₂ 치환 용기 시스템은 배추김치에 대해 적용되어 있으며, 일부 사용자의 경우 여러 종류의 김치를 적용하려는 사용자 요구도가 있었다. 이전 연구에서 진행한 깍두기, 물김치, 오이소박이 김치 각각에 대한 주입조건 데이터가 축적되어 있어 추가 작업을 진행하고 김치 종류 선택 조건에 맞게 매뉴얼을 수정보완 하였다(표 21).

표 21. 알고리즘 수정에 따른 사용자 매뉴얼

기존 사용자 매뉴얼	수정된 알고리즘에 따른 사용자 매뉴얼
1. 김치용기에 김치를 담는다. 2. 김치용기를 냉장고 정해진 위치에 넣는다. (1층과 2층으로 구분) 3. 시작/정지 버튼을 누른다 4. 1층과 2층에 넣어둔 김치의 양을 선택한다. (대/중/소로 구분) 5. 시작/정지 버튼을 누른다. 6. 저장 3-4일 후 맛있는 김치를 먹을 수 있다.	1. 김치용기에 김치를 담는다. 2. 김치용기를 냉장고 정해진 위치에 넣는다. 3. 김치 종류를 선택한다. 4. 김치 용기가 놓여진 위치를 선택한다. 5. 1층과 2층에 넣어둔 김치의 양을 선택한다. 6. 시작 버튼을 누른다. 7. 적속기 알람이 작동한다. 8. 김치를 꺼내서 섭취한다. 9. 정해진 위치에 김치를 다시 넣은 후 4-6번 순서대로 작동한다.

c) 동작모드 버튼 수정과 CO₂ 실린더 내 CO₂ 잔여 량 체크

김치의 종류를 선택하는 방식을 시스템에 넣게 되면 작동 방식에서 버튼이 추가되는데, 사용자가 작동시키는 버튼은 기존 방식대로 그대로 유지 되도록 하였다. 즉, 버튼의 개수는 늘리지 않고 버튼 누르는 동작을 통해 김치 종류를 선택할 수 있도록 수정하였다. 사용자가 CO₂ 치환 용기 시스템에 김치를 보관하고 사용하면서 CO₂ 실린더에 부착된 조절기를 확인하여 CO₂ 압력이 감소하면 CO₂ 실린더 교체 서비스를 진행하는 것으로 하였으나, CO₂ 실린더에 부착된 조절기 확인 작업에 대한 불편함을 호소하였다. 그래서, CO₂ 조절기와 주입라인 사이에 CO₂ 압력 체크가 가능한 구조를 장착하여 CO₂ 양의 감소로 입력된 압력 이하로 떨어지면 알람 신호를 통해 CO₂ 실린더 교체시기를 알리는 방식으로 진행하였다(그림 40).



그림 40. 알고리즘 수정에 따른 외부 용기 시스템 수정

d) 결론

현장조건에서 사용자 사용에 따른 요구사항을 반영하여 알고리즘을 수정하고, 수정된 알고리즘에 따라 매뉴얼을 수정하였다. 수정된 알고리즘을 반영하여 CO₂ 치환 용기 시스템의 외부 구조 중에서 김치 종류 선택 시 알려주는 LED 신호를 추가하고, CO₂ 실린더로부터 CO₂ 양을 확인하는 기구물을 장착하였다.

4) 용기 시스템 활용 범위 확대

a) 요약

CO₂ 치환 용기 시스템을 배추김치, 물김치, 깍두기, 오이소박이 등 주로 김치 제품에 초점을 맞추어 적용 가능한 부분으로 진행하였으나, 활용 범위를 확대하는 측면에서 육류에 대해 적용 효과를 확인하였다. 선택한 육류는 돼지고기로 삼겹살과 등심 부위에 대해 구분하여 진행하였다. 육류는 근육단백질인 마이글로빈의 색변화 관점에서 O₂ 농도 기준 2~10%의 범위로 조건을 설정하여 진행하였다. CO₂ 치환 용기 시스템을 활용하여 삼겹살과 등심을 보관할 경우 육색에 긍정적인 효과를 주면서 미생물 증식 억제 및 관능적 품질에 기여하였다.

b) 재료 및 방법

지역 소재 육류 판매처인 총각축산으로부터 도축장에서 도살 후 진공 포장된 제품을 당일 구입하여 공급 받았다. 실험에 사용된 제품은 돼지고기로써 대중적 선호도가 높은 삼겹살과 등심 부위를 사용하였다. CO₂ 치환 용기 시스템에 삼겹살을 넣고 초기 CO₂를 40초 주입하여 O₂ 농도 6~10%로 감소하도록 하였으며, 저장 1일 동안은 6시간 간격으로 10초 주입하고, 저장 2일부터 24시간 간격으로 10초 주입하여 O₂ 농도가 6~10%로 유지되도록 하였다. 등심에 대해서는 CO₂를 60초 주입하여 O₂ 농도가 5~6%로 감소되도록 하였으며, 저장 1일 동안은 6시간 간격으로 10초 주입하고, 저장 2일부터 24시간 간격으로 10초 주입하여 O₂ 농도 5~6%로 유지되도록 하였다(그림 41). 대조구 포장은 CO₂ 치환이 장착되지 않은 일반 밀폐 용기에 육류를 보관하는 것으로 하고, 진공포장은 일반 정육점에서 보관되는 형태로 가스차단성 포장재(12 μm nylon/PE/nylon/EVOH/nylon/PE/LLDPE, T6035B, Sealed Air, Ducan, SC)를 이용하여 진공포장 하였다. 저장 온도는 0 °C에서 진행하였다. 용기 내 기체조성을 확인하기 위해 기체 시료 1 mL를 기밀성 syringe로 취하여 CTR I column(Alltech Associates, Deerfield, IL, USA)과 TCD가 장착된 기체크로마토그래피(Model 3800, Varian Inc, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 CO₂, O₂, N₂ 농도를 측정하였다. 육류의 표면 pH는 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 Orion 8135BN 전극을 사용하여 측정하였다. 육류의 조직 내 pH는 HACCP compliant pH 측정기(HANNA instruments, Rhodel Island, USA)를 사용하여 5 X 5 cm 크기의 조직에 찢어서 측정하였다. 육류 조직 10 g을 0.05% 펩톤수로 희석하여 총균수 선택배지에 배양하였다. Plate Count Agar(Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를 사용하고 30 °C에서 2~3일간 배양하여 콜로니 수를 계수하였다. 그리고, 주기적으로 용기를 열어서 육류를 꺼낸 후 7점 척도로 6명의 관능요원이 참석하여 관능검사를 실시하였다. 누린내, 부드러운 식감, 종합적인 기호도 항목에 대해 실시하였으며, 균일하게 열처리를 통해 관능검사를 실시하였다.



그림 41. CO₂ 치환 용기 시스템의 운전조건 설정 화면 및 육류 보관

c) 결과 및 고찰

일반적으로 육류는 도축장에서 일반마트, 정육점 또는 외식업체로 유통 시 진공포장 방식으로 진행되며, 진공포장된 육류는 약 -1°C 의 온도에서 1~2주 정도 숙성 및 보관 후 소분하여 기체투과성이 높은 플라스틱 포장재질 등으로 랩 포장하여 소비자에게 판매된다. 진공포장 적용 시 물리적인 육조직의 스트레스로 드립 양이 증가하고 증가된 드립은 소분 작업 시 산소와 접촉하여 미생물 성장을 증가시킬 수 있다. 이러한 관점에서 개발된 CO_2 치환 용기 시스템을 활용하여 육류의 적용 가능성을 확인하였다. 소비자는 육류를 구입할 때 육류의 색을 우선순위로 선택하기 때문에 CO_2 치환 용기 시스템 활용 시 매우 낮은 농도의 O_2 에 보관된 육류는 메트마이오글로빈(Mb-met)의 형성으로 갈색을 나타낸다. 문헌조사(Tylor 1973; Lund 등, 2007)를 통해 CO_2 는 20~100%, O_2 는 2~10%의 범위에서 육류의 육색이 유지된다고 하여 제시된 범위 내에서 CO_2 치환 용기 시스템을 작동시켰다. CO_2 치환 용기 시스템에 삼겹살을 넣고, 실험방법에서 제시한 치환 조건으로 용기 시스템을 작동시킨 결과 CO_2 농도는 47~60%, O_2 농도는 7~10%로 유지되고 있어 용기 시스템이 잘 작동하고 있는 것으로 보이며, 문헌에서 제시한 농도 범위 내 잘 유지되고 있다(그림 42). 일반 밀폐 용기의 경우에는 저장 18일까지 CO_2 3% 이내에서 유지되다가 저장 19일 이후 CO_2 7%로 증가하고 O_2 10%로 감소하는 것으로 보아 호기성 미생물의 증식에 기인하는 것으로 보인다(그림 42). 진공포장은 육류와 포장재가 밀착되는 형태로 포장 내부 가스 조성을 확인하기 어렵고, 통상적으로 O_2 와 N_2 가 없는 진공 조건으로 간주한다. 저장 7일, 14일, 21일 기준으로 시료를 꺼내어 저장 중 품질변화를 측정하고 표 22에 제시하였다. 표면 pH의 경우 대조구는 저장 21일에 pH 6.96의 값으로 거의 중성 범위에 가까워 미생물이 증식하기 좋은 환경이다. CO_2 치환 용기 시스템에 저장된 육류의 표면 pH는 6.14~6.52, 진공포장은 6.09~6.13의 값으로 대조구에 비해 약간 낮았다. 침투 pH는 진공포장에서 5.72~5.77 범위로 약간 낮게 유지되고 있다. 드립량은 물리적 처리 조건으로 진행된 진공포장에서 약간 높게 나왔는데, 실제 시각적으로 드립이 많이 빠져나온 걸 확인하였다. 저장 21일 동안 대조구에서 일반 총균수가 높게 측정되어 다른 처리구에 비해 호기성 미생물의 증식이 촉진되어 부패가 빨리 진행되는 것으로 확인되었다. CO_2 치환 용기와 진공포장은 낮은 O_2 농도로 미생물의 성장을 일부 저해하였으며, 특히 저장 21일에 CO_2 치환 용기에 보관된 육류의 미생물 수가 낮게 측정되었다. 관능적인 품질에 있어서는 CO_2 치환 용기의 육류가 모든 항목에서 높은 점수를 받았으며, 대조구는 누린내가 심하게 느껴졌고 진공포장은 부드러운 식감에서 낮은 점수를 받았다.

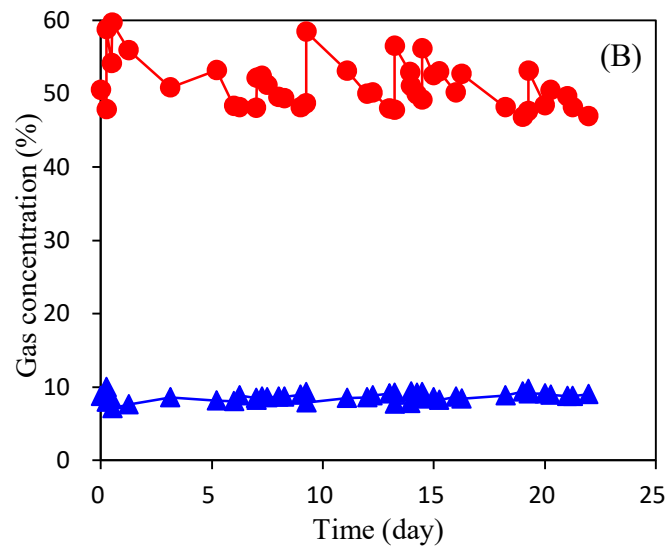
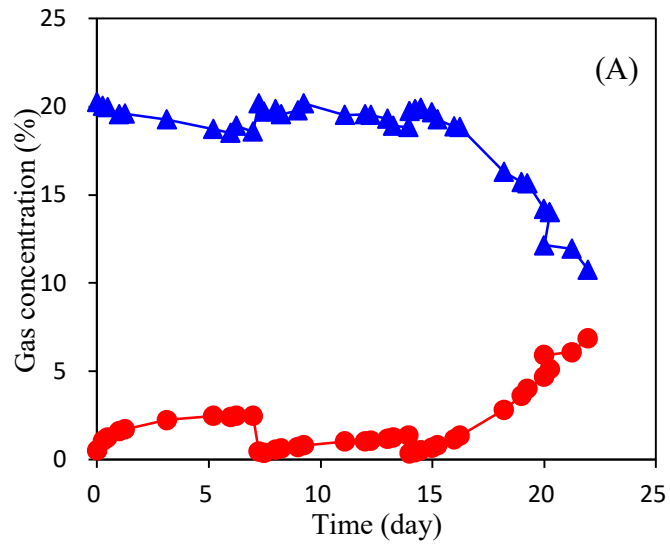


그림 42. 삼겹살을 보관한 (A)일반 밀폐 용기(대조구)와 (B) CO₂ 치환 용기내 CO₂와 O₂ 농도변화.

●: CO₂; ▲: O₂

표 22. CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 삼겹살의 품질

Attribute*	Control	CO ₂ -flush	Vacuum
<u>After 7 days</u>			
Surface pH	5.88±0.05	6.14±0.06	6.09±0.03
Penetration pH	5.91±0.15	5.83±0.05	5.77±0.07
Drip (%)	0.18±0.06	0.16±0.08	0.79±0.17
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	6.03±0.26	4.74±0.25	4.86±0.19
Fat smell	2.33±0.52 ^c	5.67±1.03 ^a	4.00±1.26 ^b
Soft fleshiness	4.17±1.33 ^a	4.67±1.21 ^a	3.33±0.82 ^a
Overall preference	3.67±1.03 ^b	5.33±1.21 ^a	3.33±0.82 ^b
<u>After 14 days</u>			
Surface pH	6.17±0.14	6.17±0.44	6.11±0.11
Penetration pH	5.87±0.13	5.89±0.16	5.72±0.08
Drip (%)	0.08±0.05	0.02±0.04	0.73±0.28
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	7.60±0.16	5.92±0.26	5.83±0.18
Fat smell	2.83±1.30 ^b	4.33±0.55 ^a	2.67±0.89 ^b
Soft fleshiness	4.83±1.00 ^a	4.50±1.14 ^a	3.67±1.52 ^a
Overall preference	3.33±1.14 ^b	4.50±0.55 ^a	2.50±0.55 ^b
<u>After 21 days</u>			
Surface pH	6.96±0.26	6.52±0.17	6.13±0.04
Penetration pH	6.34±0.18	5.94±0.14	5.73±0.12
Drip (%)	0.31±0.12	0.23±0.23	1.23±0.20
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	11.92±0.15	7.68±0.33	9.58±0.88
Fat smell			
Soft fleshiness		Spoiled	
Overall preference			

*Initial sample before storage had surface pH of 5.96±0.09, penetration pH of 5.73±0.13, total aerobic bacteria count of 3.41±0.20 log CFU mL⁻¹. Values are mean±standard deviation. Scale for sensory score: 1=least perceived or preferred; 7=most strongly perceived or most preferred.

앞서 기술한 삼겹살과 동일한 방법으로 등심에 대해서 적용하였다. CO₂ 치환 용기 시스템에 등심을 넣고, 실험방법에서 제시한 치환 조건으로 용기 시스템을 작동시킨 결과 CO₂ 농도는 66~82%, O₂농도는 4~7%로 유지되고 있어 용기 시스템이 잘 작동하고 있는 것으로 보이며, 문헌에서 제시한 농도 범

위 내 잘 유지되고 있다(그림 43). 일반 밀폐 용기의 경우에는 저장 21일까지 CO₂ 3% 이내에서 유지되다가 저장 22일 이후 CO₂ 12%로 증가하고 O₂ 6%로 감소하는 것으로 보아 호기성 미생물의 증식에 기인하는 것으로 보인다(그림 43). 등심의 경우 표면 pH와 침투 pH, 관능적 품질은 시료간 큰 차이가 없었다. 드립양은 저장기간 동안 대조구에서 높게 나왔다. 삼겹살과 등심은 지방 함량의 차이가 있으며, 지방 함량은 높은 O₂ 농도에 노출되면 산화가 촉진되어 품질에 좋지 못한 영향을 준다. CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 삼겹살은 O₂가 낮게 유지되어 지방 산화를 억제함으로써 관능적 품질에 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다. 총균수는 CO₂ 치환 용기 시스템과 진공포장에서 균의 증식을 억제하였으며, 특히 CO₂ 치환 용기 시스템의 균 농도가 낮았다.

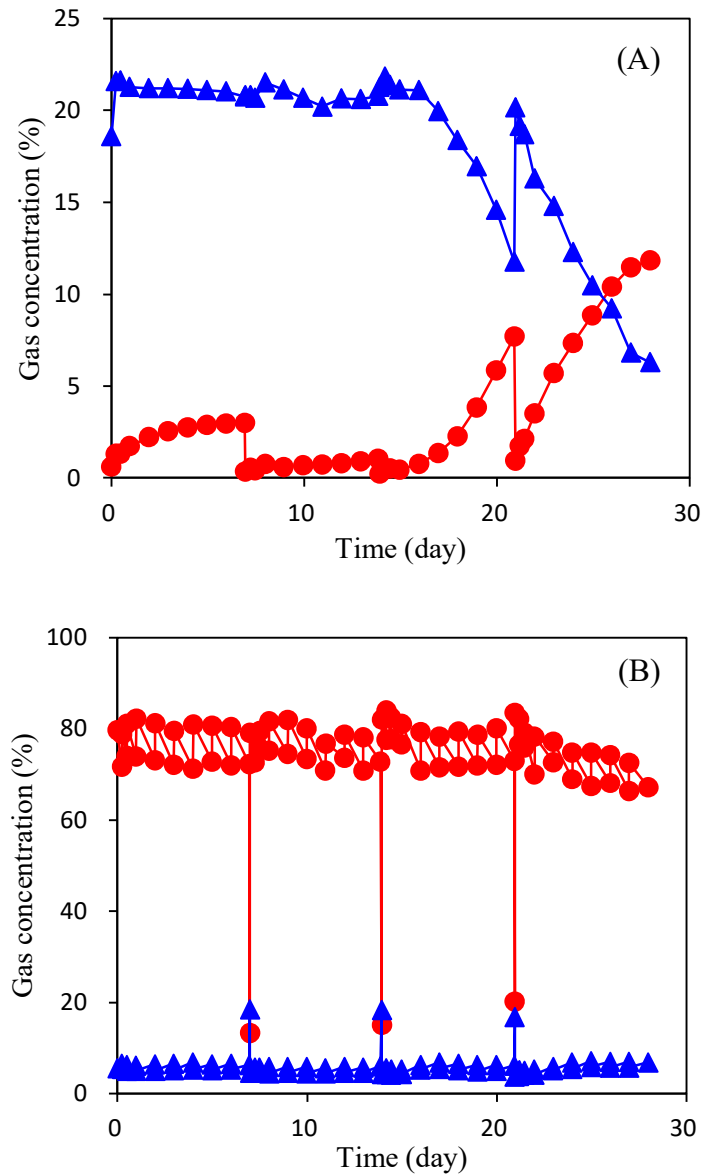


그림 43. 등심을 보관한 (A)일반 밀폐 용기(대조구)와 (B) CO₂ 치환 용기 내 CO₂와 O₂ 농도변화.
 ●: CO₂; ▲: O₂

표 23. CO₂ 치환 용기 시스템에 보관된 등심의 품질

Attribute*	Control	CO ₂ -flush	Vacuum
<u>After 7 days</u>			
Surface pH	6.36±0.04	6.36±0.02	6.34±0.06
Penetration pH	5.64±0.18	5.51±0.11	5.55±0.04
Drip (%)	1.68±0.08	1.73±0.43	2.42±0.20
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	3.23±0.17	3.08±0.20	2.13±0.21
Fat smell	3.10±1.52 ^b	4.80±0.79 ^a	4.50±1.27 ^a
Soft fleshiness	4.30±1.06 ^a	4.20±0.79 ^a	4.10±1.60 ^a
Overall preference	3.30±1.64 ^a	4.40±0.84 ^a	4.30±0.82 ^a
<u>After 14 days</u>			
Surface pH	6.26±0.05	6.38±0.06	6.52±0.04
Penetration pH	5.53±0.06	5.75±0.22	5.64±0.05
Drip (%)	0.84±0.16	0.82±0.19	2.51±1.15
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	4.45±0.14	3.64±0.22	5.14±0.82
Fat smell	2.78±1.30 ^a	3.67±0.50 ^a	3.89±1.62 ^a
Soft fleshiness	3.33±1.22 ^a	3.00±1.58 ^a	4.11±1.45 ^a
Overall preference	2.78±1.09 ^a	2.89±1.17 ^a	3.44±1.24 ^a
<u>After 21 days</u>			
Surface pH	6.61±0.22	6.44±0.22	6.30±0.08
Penetration pH	5.96±0.08	5.62±0.04	5.67±0.11
Drip (%)	1.69±0.50	0.78±0.02	2.32±0.74
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	7.51±1.32	5.27±0.37	5.30±0.23
Fat smell	1.10±0.32 ^b	3.20±0.92 ^a	3.20±1.23 ^a
<u>After 28 days</u>			
Surface pH	7.25±0.40	6.44±0.07	6.41±0.02
Penetration pH	6.01±0.09	5.63±0.05	5.62±0.02
Drip (%)	0.48±0.44	0.34±0.19	1.94±0.97
Total aerobic bacteria (log CFU mL ⁻¹)	9.34±0.35	6.11±0.22	6.90±0.31

*Initial sample before storage had surface pH of 6.28±0.07, penetration pH of 5.55±0.07, total aerobic bacteria count of 3.03±0.12 log CFU mL⁻¹. Values are mean±standard deviation. Scale for sensory score: 1=least perceived or preferred; 7=most strongly perceived or most preferred.

d) 결론

CO₂ 치환 용기 시스템의 활용 범위를 확대하는 측면에서 돼지고기의 삼겹살과 등심 저장에 적용하였다. 육류의 육색 유지를 위한 기체조성은 CO₂ 20~100%, O₂ 2~10%의 범위로 CO₂ 치환 용기 시스템의 프로그램 변경 시 육류 보관에 적절한 기체조성으로 유지 가능하였다. 일반적인 포장 방식인 진공에 비해 스트레스를 덜 받아 드립 발생이 적었으며, 여러 가지 품질 측면에서도 양호하였다.

2. 김치 포장에서 생성물질의 농도와 숙성도 상관관계 규명

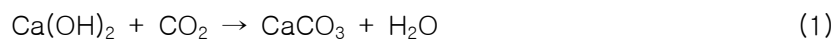
a) 요약

김치는 일정한 기간 동안 발효를 통해 CO₂를 생성하며, 유연성 김치 포장 내 생성된 CO₂는 포장된 제품의 부피 팽창의 원인이 되므로 CO₂ 흡수제를 사용하게 된다. 발효식품인 김치의 숙성단계를 고려하여 숙성단계별로 CO₂ 흡수제가 작용하여 김치의 관능적인 품질에 긍정적인 효과를 주면서 포장재의 부피를 조절할 수 있는 흡수제의 배합 및 필름 조건을 검토하였다. CO₂ 흡수 능력이 있는 수산화칼슘과 탄산나트륨을 선택하여 CO₂ 흡수제 흡수 능력을 측정해 본 결과, 수산화칼슘은 저장 초기 CO₂를 흡수하고, 탄산나트륨은 저장 중·후반부에 CO₂를 흡수하는데, 이는 두 화합물의 CO₂ 반응에서 수분의 관여에 기인하는 것으로 분석되었다. 두 물질의 CO₂ 흡수능력 측정을 통한 결과로부터 사용되는 흡수제 비율 조절을 통해 김치의 발효 특성을 고려한 흡수제 사용 조건을 제시하였다. CO₂ 흡수제를 담은 봉지의 재질은 기체투과성이 다른 Tyvek과 HDPE에 대해 비교하였으며, 고투과성 Tyvek의 경우 면적을 조절하여 차이점을 살펴보았다. 흡수제를 담은 흡수제 봉지의 재질은 고투과도성 Tyvek의 사용이 바람직하고, 일정 범위 내에서 Tyvek이 차지하는 면적이 넓을수록 포장 내 형성되는 이산화탄소 분압과 부피 팽창이 적절한 범위에 있었다. 포장 내 이산화탄소 농도에 관계없이 모든 처리구에서 김치의 총산 함량으로 측정된 숙성도는 비슷하였다. 아울러 CO₂ 흡수제 봉지 내 수분 흡수제 양의 첨가에 따른 CO₂ 흡수제의 흡수 능력을 파악하였다. 수분흡수제는 탄산나트륨의 CO₂를 흡수하는 시기를 지연시켜서 김치 발효로 생성되는 혼합 흡수제의 지속적 CO₂를 도와줄 수 있는 것으로 확인되었고, 0.5 kg 단위 김치 포장에서 수산화칼슘 0.7940 g/탄산나트륨 2.2758 g에 고흡수성 고분자 0.38 g을 혼합한 흡수제 배합조건이 저장초기부터 저장 중·후반까지 낮은 부피팽창과 함께 적절한 범위 이산화탄소 분압을 유지하여서 긍정적으로 평가되었다.

b) 재료 및 방법

CO₂ 흡수제의 흡수 능력

CO₂ 흡수제의 흡수 능력을 확인하기 위해 수산화칼슘(calcium hydroxide, Ca(OH)₂, 74 g/mol)과 탄산나트륨(sodium carbonate, Na₂CO₃, 106 g/mol)을 선택하였다. 수산화칼슘은 CO₂와 반응하여 수분을 생성하고, 탄산나트륨은 수분이 있는 조건에서 CO₂와 반응한다. 반응식은 다음과 같다.



수분의 존재여부에 따라 CO₂를 흡수하는 능력에 차이가 있을 것으로 생각하고, 수분을 흡수하는 고흡수성 고분자 물질인 SAP(폴리아크릴산나트륨, (주)LG화학)를 함께 검토하였다. 이전의 연구에서 확립된 CO₂ 흡수 재질의 CO₂ 흡수 능력 측정을 위한 방법을 활용하여(Wang 등, 2015) 측정하였다. 온도 10℃에서 1 L 밀폐 유리병에 물 100 mL를 넣고, CO₂ 흡수제 봉지는 뚜껑 내부 하면에 부착하여 매달아

두었다. 여기에 CO₂ 기체 100 mL를 기밀성 syringe로 실리콘 주입구를 통해 주입하였다. CO₂ 100 mL를 1 L 밀폐용기에 넣으면 CO₂는 0.0042 mol이 되고, CO₂ 0.0042 mol에 해당되는 질량 0.1848 g을 흡수할 수 있는 필요한 흡수제 양은 Ca(OH)₂ 0.3108 g, Na₂CO₃ 0.4452 g이다. 이 양으로부터 흡수제 비율을 조절하였으며 흡수제 봉지에 들어가는 흡수제 종류와 흡수제 비율에 따른 양은 표 24에 제시하였다. 흡수제 봉지 재질은 Tyvek (1070D)을 사용하였으며, 흡수제 봉지의 면적은 0.0032 m² (4X4X2 cm)의 크기이다. 시간 경과에 따라 밀폐용기 내 헤드스페이스의 기체시료 1 mL를 취하여 기체크로마토그래피(Varian CP3800, Palo Alto, CA, USA)에 의하여 CO₂ 분압을 측정하였다. 기체크로마토그래프는 CTR 1 column(Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA)과 열전도 detector가 장착된 조건에서 carrier gas로 helium이 사용되었다. CO₂ 기체 분압의 측정은 CO₂ 기체흡수가 어느 정도 충분히 진행되어 안정한 CO₂ 분압이 얻어질 때까지 계속하였다.

표 24. 흡수제 종류에 따른 흡수제 비율과 흡수제 양(수산화칼슘(CH):탄산나트륨(SC))

Absorbent ratio	CO ₂ absorbent (g)	SAP weight (g)
CH:SC=1:2	0.1036 g Ca(OH) ₂ + 0.2968 g Na ₂ CO ₃	0 g
CH:SC=2:1	0.2072 g Ca(OH) ₂ + 0.1484 g Na ₂ CO ₃	0 g
CH:SC=1:1	0.1560 g Ca(OH) ₂ + 0.2230 g Na ₂ CO ₃	0.1 g

김치 포장 내 부착된 흡수제의 비율과 흡수제 봉지의 종류/면적에 따른 CO₂ 흡수제의 흡수 능력

앞서 파악된 CO₂ 흡수제의 흡수 능력을 참고로 하여 저장온도 10 °C에서 0.5 kg 단위 김치 포장 내 여러 종류의 CO₂ 흡수제를 넣고, 시간에 따른 포장 내 P_{CO2}와 부피변화를 측정하였다. 김치 포장의 조건으로는 두께 96 μm의 알루미늄 적층 플라스틱 필름(폴리에틸렌 테레프탈레이트/Al/선형 저밀도폴리에틸렌, 15.5x22.5 cm)으로 포장 봉지를 제조하였다. CO₂ 흡수제를 담은 흡수제 봉지의 포장은 세 가지 조건으로 0.0032 m² 과 0.0016 m² Tyvek (161 μm 두께, 1059B, DuPont, Wilmington, DE, USA)과 0.0032 m² HDPE (11 μm 두께, (크린랩(주), 김해)를 사용하여 제작하였다. 저장 온도 10°C에서 1 L 밀폐용기에 김치 0.5 kg을 넣고 저장 7-8일 동안 측정해 본 결과 약 2030 mg의 이산화탄소를 발생한다. 2030 mg에 대한 이산화탄소 양은 CO₂ 0.046 mol에 해당되며 CO₂ 0.046 mol의 70%에 해당되는 0.0322 mol을 흡수제가 흡수하는 양으로 계산하여 사용하였다. 이 조건에서 CH(Ca(OH)₂)는 2.3828 g, SC(Na₂CO₃)는 3.4132 g이다. CH:SC(2:1)은 Ca(OH)₂ 1.591 g과 Na₂CO₃ 1.1342 g을 사용하였으며, CH:SC(1:1)+SAP는 Ca(OH)₂ 1.1914 g과 Na₂CO₃ 1.7066 g에 고 흡수성 고분자 0.767 g을 넣고 포장하였다. 이산화탄소 흡수제를 넣지 않은 포장을 대조구로 다른 포장과 함께 저장하였다. 흡수제 봉지의 면적, 흡수제 종류와 흡수제 비율에 따른 처리구 조건은 표 25에 정리하여 제시하였으며, 실험실에서 간헐적으로 제작한 흡수제 봉지는 그림 44에 제시하였다. CO₂ 분압은 CO₂ 흡수제의 흡수 능력에 제시된 실험 방법으로 진행하였다. 저장 중인 모든 처리구 포장을 저장 온도와 동일하게 유지되는 온도의 물을 담은 눈금 실린더에 담아서 부피를 측정하였다. 별도의 포장을 3반복으로 준비하여 같은 저장조건에 저장하면서 총산도를 측정하여 저장에서의 경시적 숙성도의 변화를 파악하였다. 김치 액즙의 pH는 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 측정하였다. 김치의 총산은 김치액즙 5 g 을 취하여 증류수 100 mL를 더한 다음 Orion Model 920 A plus pH meter(Orion Research Inc., Boston, USA)로 pH 8.1이 될 때까지 0.1 N NaOH로 적정하여 젖산 농도로 환산하였다. 사용된 김치의 염도는 2.6~2.7%이다.

표 25. 김치 포장 내 부착된 CO₂ 흡수제 조건

Treatment	CO ₂ absorbent (g)	SAP weight (g)	Sachet materials and area
Control	0 g	0 g	0.0032 m ² Tyvek 0.0016 m ² Tyvek 0.0032 m ² HDPE
CH	2.3828 g Ca(OH) ₂	0 g	
SC	3.4132 g Na ₂ CO ₃	0 g	
CH:SC=2:1	1.591 g Ca(OH) ₂ + 1.1342 g Na ₂ CO ₃	0 g	
CH:SC=1:1	1.1914 g Ca(OH) ₂ + 1.7066 g Na ₂ CO ₃	0.767 g	

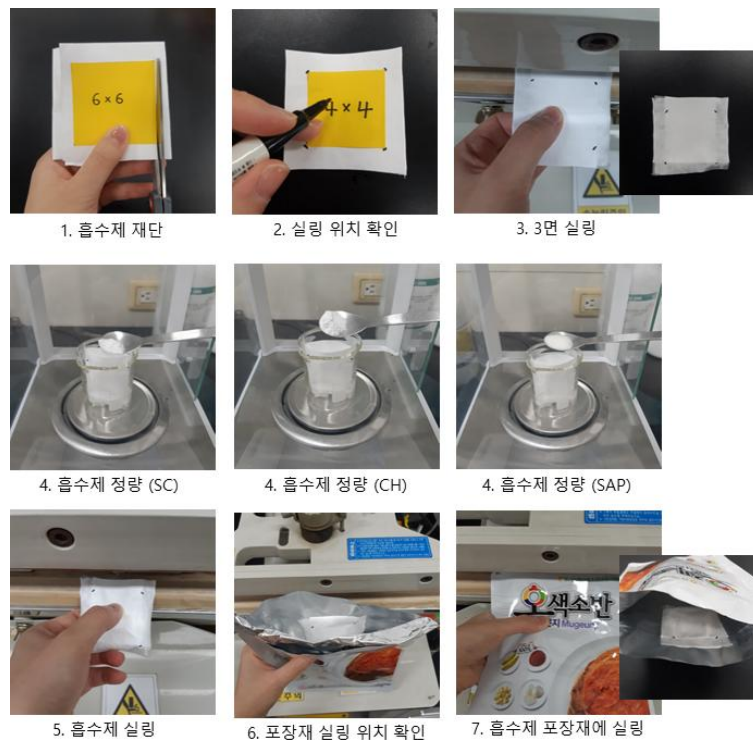


그림 44. CO₂ 흡수제 제작과정(실험실에서 간이적으로 제작)

수분 흡수제 사용 양에 따른 김치 포장 내 CO₂ 흡수제의 흡수능력

흡수제의 비율과 흡수제 봉지의 종류/면적에 따른 CO₂ 흡수제의 흡수 능력을 토대로 수분흡수제 양에 따른 김치 포장 내 CO₂ 흡수제의 흡수 능력을 확인하였다. 김치 포장의 조건으로는 두께 96 μm의 알루미늄 적층 플라스틱 필름(폴리에틸렌 테레프탈레이트/Al/선형 저밀도폴리에틸렌, 15.5x22.5 cm)으로 포장 봉지를 제조하였다. CO₂ 흡수제를 담은 흡수제 봉지의 포장은 0.0016 m² Tyvek(161 μm 두께, 1059B, DuPont, Wilmington, DE, USA)을 사용하여 제작하였다. CH(Ca(OH)₂) 2.3828 g, CH:SC(1:2)+SAP-1은 Ca(OH)₂ 0.7940 g과 Na₂CO₃ 2.27582 g에 고 흡수성 고분자 0.767 g, CH:SC(1:2)+SAP-2는 Ca(OH)₂ 0.7940 g과 Na₂CO₃ 2.27582 g에 고 흡수성 고분자 0.3835 g으로 포장하였다. 이산화탄소 흡수제를 넣지 않은 포장을 대조구로 다른 포장과 함께 저장하였다. 김치 액즙의 pH와 총산은 흡수제의 비율과 흡수제 봉지의 종류/면적에 따른 CO₂ 흡수제의 흡수 능력에 제시된 실험 방법으로 진행하였다. 사용된 김치의 염도는 2.3%이다.

c) 결과 및 고찰

CO₂ 흡수제의 흡수 능력

그림 45에 제시된 바와 같이 흡수된 CO₂량과 P_{CO2}가 흡수제 사용 양과 비율에 따라 흡수 능력이 달라지는 것을 알 수 있다. 수산화칼슘은 CO₂ 존재 시 바로 흡수하기 때문에 CH:SC(1:2)보다 수산화칼슘 비율이 높은 CH:SC(2:1)에서 저장 초기 많은 양의 CO₂를 흡수하고 P_{CO2}는 급격히 감소하고 있다. 수산화칼슘이 CO₂를 흡수하여 수분을 생성하게 되면 생성된 수분과 외부에서 유입된 수분의 도움을 받아 탄산나트륨이 CO₂를 흡수하게 된다. 저장 중·후반부 탄산나트륨의 비율이 높은 CH:SC(1:2)가 CH:SC(2:1)보다 CO₂ 흡수량이 많으면서 P_{CO2}는 더 많이 감소하였다. 저장 초기 수분흡수제가 들어 있는 CH:SC(1:1)+SAP 처리구는 수산화칼슘의 작용으로 생성된 수분을 SAP가 흡수함으로써 탄산나트륨의 작용을 억제하여 CO₂ 흡수량이 적었으며, P_{CO2}는 상대적으로 높게 유지되고 있다. 저장 중·후반부 수분흡수제의 역할이 소진되어가면서 서서히 탄산나트륨의 작용으로 CO₂ 흡수량이 증가하면서 P_{CO2}는 지속적으로 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 밀폐용기에 주입된 CO₂가 거의 흡수된 후에 3처리구 모두 P_{CO2}가 0 atm 근처에서 평형에 이르고 있다. CO₂ 흡수 능력의 정도는 CH:SC(2:1), CH:SC(1:2), CH:SC(1:1)+SAP의 순서로 진행되고 있으며 흡수제 사용 비율을 조절하여 유연성 김치 포장에 대한 적용효과를 검토해보고자 한다.

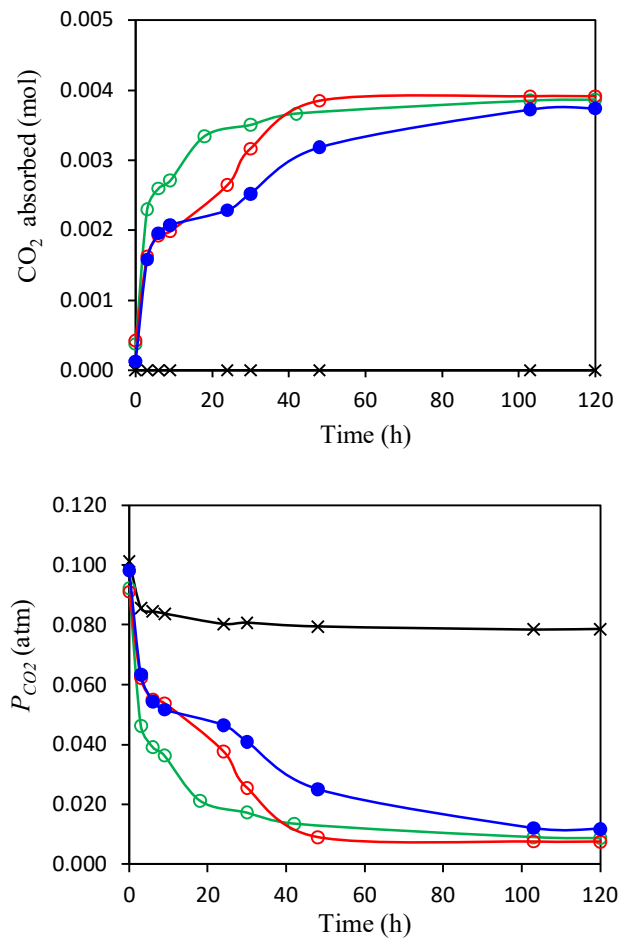


그림 45. 흡수제 비율에 따라 흡수된 CO₂량과 P_{CO2} 변화. x: 대조구; O: CH:SC(1:2); O: CH:SC(2:1); ●: CH:SC(1:1)+SAP

김치 포장 내 부착된 흡수제의 비율과 흡수제 봉지의 종류/면적에 따른 CO₂ 흡수제의 흡수 능력

CO₂ 흡수제가 부착되지 않은 대조구 포장에서 저장 5~8일 이후 P_{CO_2} 가 0.6 atm 이상으로 증가하여 유지되는 것으로 확인되었다. CO₂ 흡수제가 부착된 처리구에서는 흡수제 봉지의 종류와 크기 그리고, 흡수제 종류와 비율에 따라 P_{CO_2} 증가가 다르게 나타나고 있다. 그림 46 (A)와 (B)는 Tyvek 흡수제 재질을 사용하여 흡수제 봉지의 면적을 달리하여 측정한 데이터이다. 흡수제가 CO₂를 흡수하여 포장 내 형성되는 P_{CO_2} 의 경향은 비슷하며, 흡수제 봉지의 면적에 따라 증가하는 P_{CO_2} 의 값에 차이가 있다. CH는 김치 발효 초기부터 생성되는 CO₂를 꾸준히 흡수하여 저장 9일까지 낮은 압력으로 유지되다가 흡수제 능력의 소진으로 저장 12일에 0.0032 m² Tyvek은 0.10 atm, 0.0016 m² Tyvek은 0.29 atm으로 증가하여 저장 26일 각각 0.42 atm과 0.55 atm까지 증가하였다. SC는 저장초기부터 0.0032 m² Tyvek은 0.25 atm, 0.0016 m² Tyvek은 0.25 atm으로 P_{CO_2} 가 서서히 증가하다가 흡수제 봉지 외부에서 유입되는 수분의 도움을 받아 CO₂를 흡수하기 시작하여 저장 7일에 각각 0.19 atm과 0.18 atm으로 감소 후 증가하고 있다. Tyvek 흡수제 면적의 차이로 저장 26일에 0.0032 m² Tyvek은 0.33 atm, 0.0016 m² Tyvek은 0.60 atm으로 P_{CO_2} 값의 차이가 난다. CH:SC(2:1)은 CH 단독으로 사용된 양보다 적어 저장 2일까지 낮은 압력으로 유지되다가 저장 7일에 0.0032 m² Tyvek은 0.30 atm, 0.0016 m² Tyvek은 0.41 atm으로 증가하였다. CH의 작용으로 생성된 수분의 영향으로 SC가 작용하여 저장 9일에 0.0032 m² Tyvek은 0.25 atm, 0.0016 m² Tyvek은 0.31 atm으로 감소하다가 그 이후 증가하기 시작하여 저장 26일에 각각 0.46 atm, 0.64 atm으로 증가하였다. CH:SC(1:1)+SAP는 수분흡수제의 역할로 흡수제 봉지 내 수분을 흡수하여 SC의 역할을 지연시켜 저장 14일까지 대조구 포장보다 낮은 압력으로 P_{CO_2} 증가를 보이는데 0.0032 m² Tyvek은 0.40 atm, 0.0016 m² Tyvek은 0.54 atm으로 증가하였다. 유연성 김치 포장 내 P_{CO_2} 변화는 저장 16일에 수분흡수제의 역할이 소진되어 SC 작용으로 약간의 감소를 보이지만, 지속적으로 증가하여 저장 26일 각각 0.58 atm과 0.65 atm으로 증가하였다. 0.0032 m² Tyvek과 0.0016 m² Tyvek은 흡수제 종류와 흡수제 양에 따라 P_{CO_2} 의 증가 경향은 비슷하고, 흡수제 봉지의 면적에 따른 차이로 김치 포장 내 생성되는 P_{CO_2} 의 양에 영향을 주어 0.0016 m² Tyvek 처리구의 P_{CO_2} 가 다소 높게 유지되고 있다. 그림 46 (C)는 HDPE 흡수제 봉지를 사용하였는데, HDPE 흡수제 봉지의 투과도가 낮아 저장초기부터 김치 포장 내 발효로 생성된 CO₂를 제대로 흡수하지 못해 대조구와 비슷한 증가를 보이고 있어 흡수제의 흡수 능력이 발휘되지 않고 있다. CH는 저장 6일, CH:SC(2:1)는 저장 4일, SC와 CH:SC(1:1)+SAP는 저장 16일에 대조구 보다 약간 낮게 P_{CO_2} 가 유지되고 있는 것으로 보아 HDPE의 낮은 투과도로 인한 결과이다. 그림 47에 제시된 부피변화는 앞서 기술한 P_{CO_2} 의 결과 경향과 일치하며, Tyvek 흡수제 봉지에 비해 HDPE 흡수제 봉지의 투과도가 낮아 CO₂ 흡수제의 흡수능력이 작동하지 못해 포장 내 부피가 증가한 것으로 알 수 있다. 0.0032 m² Tyvek보다 0.0016 m² Tyvek의 면적이 적어 김치 포장 내 압력이 높아 부피가 증가하였는데, 이는 Tyvek 면적이 작아서 투과도가 낮아 부피 증가에 영향을 준 것으로 알 수 있다. CO₂ 흡수제의 양과 종류, 흡수제 봉지 재질의 종류와 크기에 따라 김치 포장 내 P_{CO_2} 값에 차이가 있지만, 모든 처리구에서 저장 5~6일 사이에 적숙기 총산 함량 0.6~0.8 %에 도달하였다.

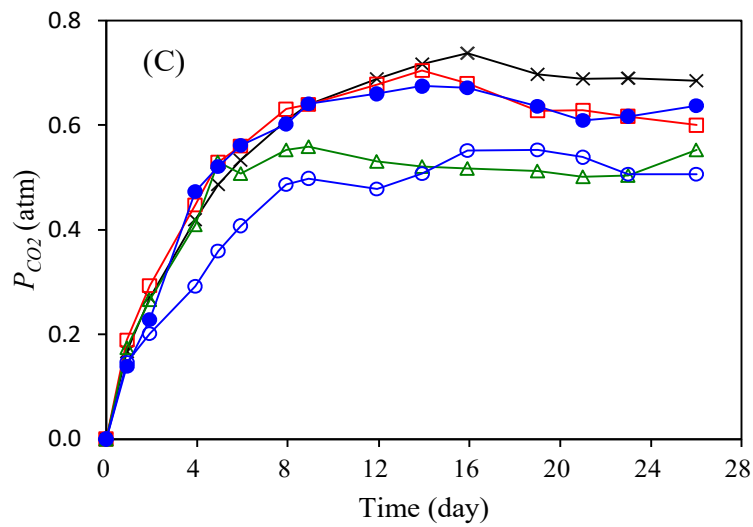
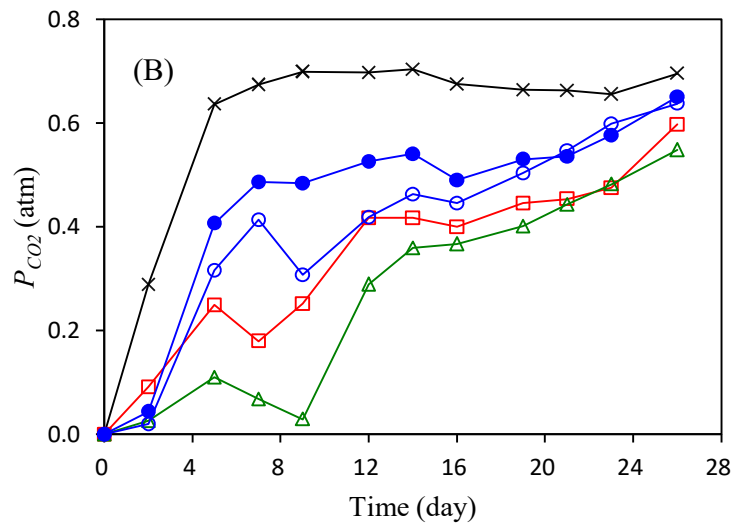
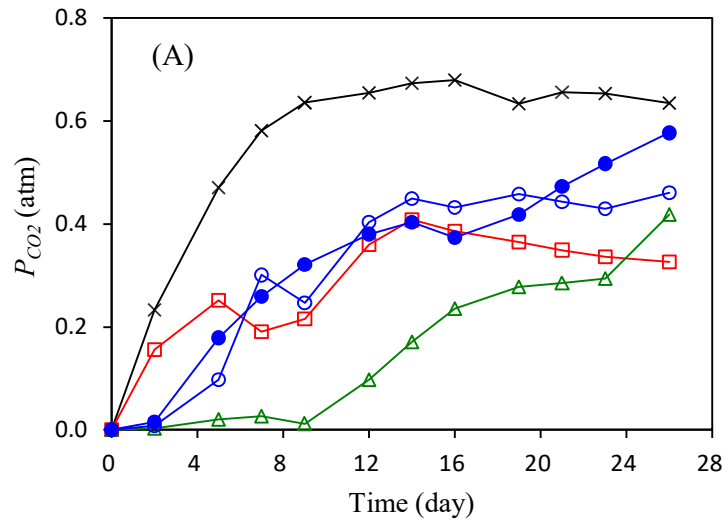


그림 46. 흡수제 봉지의 특성에 따른 P_{CO_2} 변화. (A) 0.0032 m^2 Tyvek, (B) 0.0016 m^2 Tyvek, (C) 0.0032 m^2 HDPE. ×: 대조구; □: SC; △: CH; ○: CH:SC(2:1); ●: CH:SC(1:1)+SAP

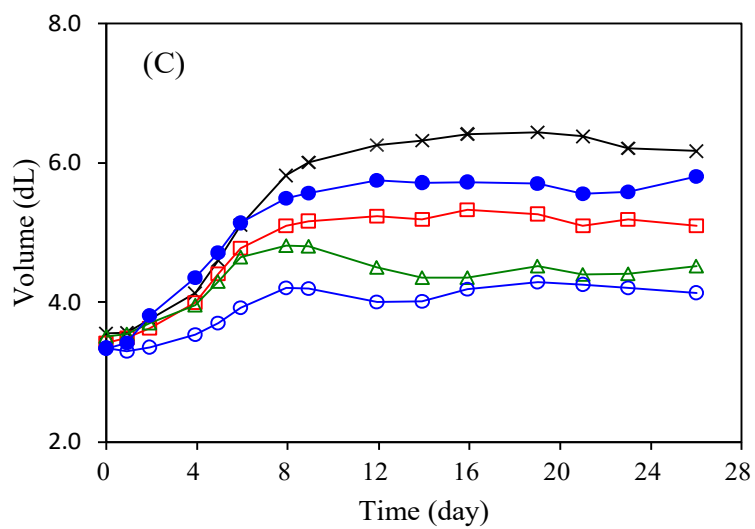
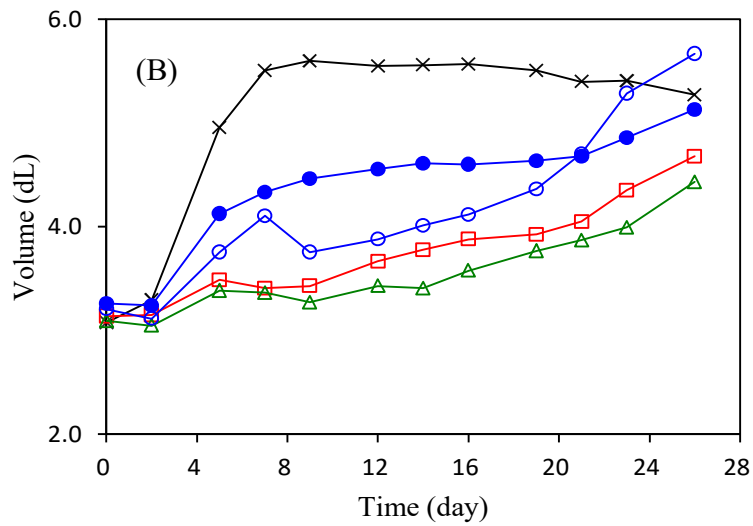
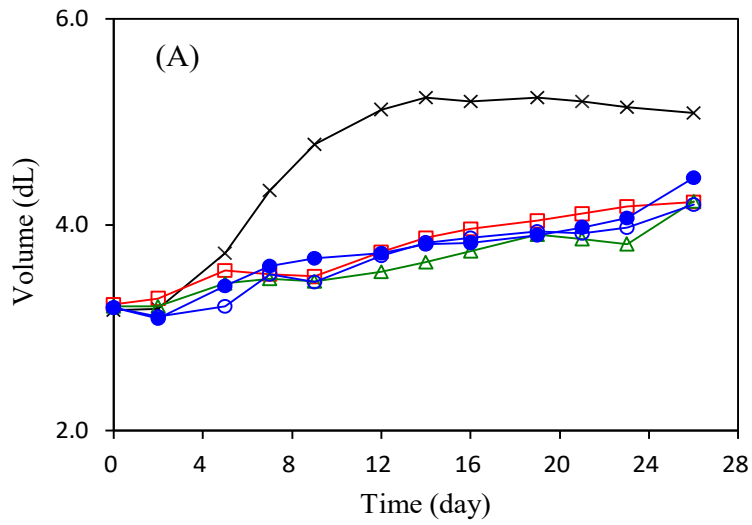


그림 47. 흡수제 봉지의 특성에 따른 부피(dL) 변화. (A) 0.0032 m² Tyvek, (B) 0.0016 m² Tyvek, (C) 0.0032 m² HDPE. ×: 대조구; □: SC; △: CH; ○: CH:SC(2:1); ●: CH:SC(1:1)+SAP

표 26. 흡수제 봉지의 특성에 따른 김치의 pH와 총산(A_t) 함량

Time (day)	0.0032 m ² Tyvek		0.0016 m ² Tyvek		0.0032 m ² HDPE	
	pH	A_t (%)	pH	A_t (%)	pH	A_t (%)
0	5.23	0.40	5.54	0.28	5.03	0.37
2	5.35	0.35	5.61	0.28	5.15	0.35
5	4.33	0.75	4.37	0.84	4.32	0.66
6	-	-	-	-	4.08	0.76
7	4.23	0.86	4.21	0.99	-	-
8	-	-	-	-	3.89	0.94
9	4.09	0.95	4.25	1.05	-	-
12	4.09	1.06	4.27	1.05	3.72	1.11
14	4.07	1.12	3.97	1.14	3.77	1.09
16	4.13	1.17	3.97	1.15	3.75	1.16
19	4.09	1.19	3.89	1.18	3.78	1.19
21	4.08	1.18	3.90	1.25	3.75	1.14
26	4.17	1.14	3.86	1.23	3.73	1.32

수분 흡수제 사용 양에 따른 김치 포장 내 CO₂ 흡수제의 흡수능력

대조구는 김치 포장 내 P_{CO_2} 가 증가하여 저장 10일 이후 0.71 atm으로 유지되는 반면에 CO₂ 흡수제가 부착된 처리구는 포장 내 P_{CO_2} 가 낮게 유지되고 있다. CH는 저장 초기부터 CO₂를 흡수하여 저장 7일까지 0.13 atm의 낮은 압력으로 유지되다가 저장 10일 이후 0.37 atm으로 증가하여 저장 17일 이후 0.55 atm으로 유지되고 있다. CH:SC(1:2)+SAP-1과 CH:SC(1:2)+SAP-2는 저장 5일에서 CH에 비해 상대적으로 높은 0.38 atm과 0.28 atm의 P_{CO_2} 를 나타냈다(그림 48). CH:SC(1:2)+SAP-1과 CH:SC(1:2)+SAP-2에서는 저장 초기부터 CO₂를 일정한 범위에서 꾸준히 흡수하고 포장 내에 비교적 일정한 CO₂ 농도를 유지하여 CO₂가 김치 조직내로 적절하게 용해되는 것으로 보인다. CH:SC(1:2)+SAP-1과 CH:SC(1:2)+SAP-2는 저장 7일에 P_{CO_2} 감소 지점이 나타나는데, 7일 이전에는 수분흡수제의 영향으로 SC의 작용이 억제되다가 7일부터 SC가 작용하여 P_{CO_2} 를 감소시켰다. 감소 지점 이후부터 다시 P_{CO_2} 가 증가하여 저장 후반부 CH에 비해 P_{CO_2} 가 낮게 유지되는 걸 알 수 있다. P_{CO_2} 의 경향과 마찬가지로 김치 포장 내 부피도 CH:SC(1:2)+SAP-1과 CH:SC(1:2)+SAP-2가 낮은 부피팽창을 보인다. CH와 SC가 함께 들어있는 흡수제 봉지의 경우 수분흡수제의 양에 따라 김치 포장 내 P_{CO_2} 와 부피변화에 영향을 많이 주는 것으로 확인되었다. 특히, CH:SC(1:2)+SAP-2는 CH:SC(1:2)+SAP-1에 비해 수분 흡수제가 50% 감소된 양으로 부착되어 있어 김치 포장 내 CO₂ 압력이 상대적으로 낮게 유지되고 있다. 수분을 흡수하는 능력이 절반 정도로 감소되어 수산화칼슘에서 생성된 수분이 탄산나트륨에 작용하여 탄산나트륨이 CO₂를 잘 흡수하도록 도와줌으로써 저장 후반부 까지 꾸준히 P_{CO_2} 가 적절한 농도로 잘 유지되고 있고, 부피 팽창을 억제하는데 도움을 주었다(그림 48). 총산함량은 김치 포장 내 P_{CO_2} 양에 상관없이 저장 5일에 적숙기인 0.8% 범위를 형성하였다(표 27).

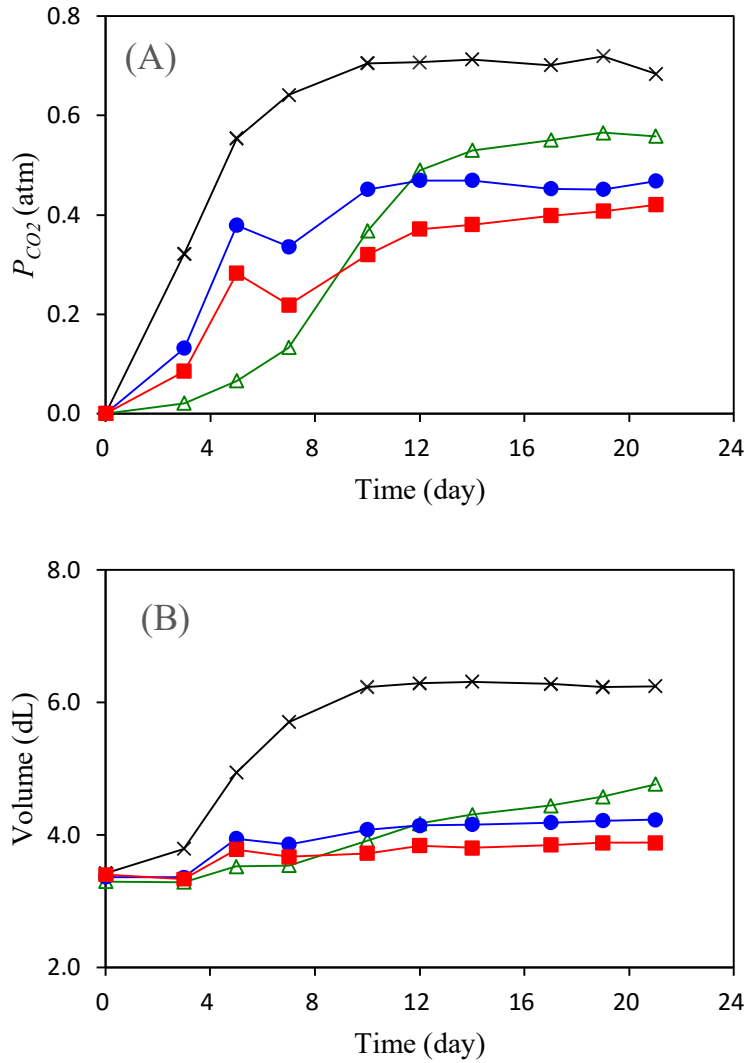


그림 48. 흡수제 봉지 내 포함되는 고흡수성 고분자의 양에 따라 김치 포장 내 (A) P_{CO_2} 와 (B)부피변화. ×: 대조구; △: CH; ●: CH:SC(1:2)+SAP-1; ■: CH:SC(1:2)+SAP-2

표 27. 흡수제 봉지 내 포함되는 고흡수성 고분자의 양에 따른 포장된 김치의 pH와 총산(A_t) 함량

Time (day)	pH				A_t (%)			
	Control	CH	CH:SC (1:2)+SAP-1	CH:SC (1:2)+SAP-2	Control	CH	CH:SC (1:2)+SAP-1	CH:SC (1:2)+SAP-2
0	5.36	5.36	5.36	5.36	0.33	0.33	0.33	0.33
5	4.06	4.11	4.11	4.17	0.86	0.82	0.84	0.81
12	3.90	3.98	3.98	3.93	1.17	1.15	1.13	1.04
19	3.96	3.89	3.92	3.91	1.19	1.15	1.21	1.19
21	3.88	3.95	3.96	3.97	1.15	1.22	1.19	1.09

d) 결론

수산화칼슘은 CO_2 와 반응하여 수분을 생성하고, 탄산나트륨은 수분이 있는 조건에서 CO_2 와 반응하는 특성을 이용하여 두 물질로 혼합된 CO_2 흡수제를 개발하고 그 특성을 평가하였다. 흡수능력 측정을 통해 두 물질의 작용기작을 고려한 수산화칼슘과 탄산나트륨의 적정비율(흡수 mol비로 1:2)을 제시하였다. CO_2 흡수제 봉지의 필름으로는 기체투과도가 높은 Tyvek 재질이 적당하며, 필요에 따라 Tyvek 재질의 면적을 조절하여 흡수제 봉지를 제작하여 사용함으로써 김치 포장 내 CO_2 농도를 조절할 수 있었다. 수분흡수제 사용 양에 따라 흡수제의 흡수능력과 효과를 확인한 바, 김치 0.5 kg 단위 포장에서 흡수제 봉지에 수산화칼슘 0.7940 g/탄산나트륨 2.2758 g/고흡수성 고분자 0.38 g을 혼합한 조건이 부피팽창을 억제하면서 적절한 범위의 P_{CO_2} 를 꾸준히 유지할 수 있어서 적정조건으로 나타났다.

3. 이산화탄소 흡수제 내장용 김치 포장에서 숙성도 표시 지시계와 품질변화 상관관계 파악

1) CO₂ 흡수제 사용조건에 따라 CO₂ 농도와 숙성도 상호 관련성 모델링

a) 요약

수학적 모델을 활용하여 소용량 김치 0.5 kg과 대용량 김치 2.0 kg으로 구분하고, 유연성 김치 포장 내 CO₂ 흡수제 사용 조건에 따른 총산 함량, P_{CO_2} , 부피 변화를 예측해 보았다. 총산 증가에 따른 P_{CO_2} 의 직선적인 관계는 김치 포장 내 부착되는 CO₂ 흡수제의 조건에 따라 영향을 받으며, 김치의 숙성도를 확인하기 위해 총산 증가에 따라 P_{CO_2} 의 직선적인 관계가 형성되어야 CO₂ 지시계에 의한 색 변화를 정확하게 구분할 수 있다. 김치 포장 내 포장되는 김치의 양에 따라 단순히 CO₂ 흡수제 양을 증가시키기 보다는 흡수제 봉지의 투과도를 고려하여 적절한 흡수제의 양을 결정하고 숙성 정도에 따라 포장내 적절한 농도의 CO₂가 유지되도록 하여 CO₂ 농도에 따른 CO₂ 지시계 색 변화 식별이 가능하도록 해야한다.

b) 예측 프로그램

Jaisan 등이 확립한 CO₂ 흡수제 함유 김치포장의 거동에 대한 수학적 model을 활용하여 CO₂ 흡수제 양과 흡수제 봉지의 조건에 따른 김치의 총산 생성, 포장 내 부피변화, 포장 내 CO₂ 압력변화를 예측하고 변수들의 상호관련성을 검토하였다.

김치의 총산 생성은 식 (1)의 미분방정식으로 표현하였다.

$$\frac{dA_t}{dt} = \frac{\mu_{max} \left\{ 1 - \frac{\exp(A_t)}{\exp(A_{tmax})} \right\}}{1 + \exp\{-25(t - \lambda)\}} \quad (1)$$

여기서 A_t 는 총산도(%), t 는 저장기간(d), A_{tmax} 는 최대 총산도(%), λ 는 유도기(d), μ_{max} 는 최대산생성속도(d^{-1})이다.

흡수제로부터 CO₂의 흡수 제거 속도는 흡수제 봉지의 내부 CO₂ 분압을 0으로 가정하고 식 (2)로 표현하였다

$$S_{CO_2} = \frac{P_{CO_2} A_{ab} (P_{CO_2} - 0)}{L} \quad (2)$$

여기서 S_{CO_2} 는 흡수제 능력 범위 내에서 봉지로의 CO₂ 흡수속도($mol\ d^{-1}$), \bar{P}_{CO_2} 는 흡수제 봉지 필름의 CO₂ 투과도($mol\ \mu m\ m^{-2}\ d^{-1}\ bar^{-1}$), A_{ab} 는 흡수제 봉지의 필름 표면적(m^2), P_{CO_2} 는 김치 포장 내의 CO₂ 분압(bar)이고, L 은 필름의 두께(μm)이다.

시간에 따른 포장 내 부피변화와 CO₂ 압력변화는 식(3)과 식(4)를 통해 얻을 수 있다.

$$\frac{dV_h}{dt} = \frac{n_G R_g T}{(1.013 - P_{CO_2})^2} \left(\frac{dP_{CO_2}}{dt} \right) \quad (3)$$

$$\frac{dP_{CO_2}}{dt} = \frac{(WR_{CO_2} - S_{CO_2})}{\left(\frac{V_h}{R_g T} + \frac{n_G P_{CO_2}}{(1.013 - P_{CO_2})^2} + H_{CO_2} W \right)} \quad (4)$$

여기서 V_h 는 포장 내 헤드스페이스의 부피(L), n_G 는 CO₂이외 기체들의 mol수로서 초기 포장 조건에서의 자유 용적과 그 분압으로부터 계산 가능, R_g 는 기체상수(0.08314 bar L K⁻¹ mol⁻¹), T 는 온도(K), WR_{CO_2} 는 김치로부터 발생된 CO₂, H_{CO_2} 는 김치에의 CO₂용해도(mol Kg⁻¹ bar⁻¹)이다.

위에서 제시된 미분방정식 (1), (3), (4)를 풀면 저장 중 김치의 총산(A_t), 포장 내 CO₂압력(P_{CO_2}) 변화, 포장 내 부피(free volume) 변화를 얻을 수 있다(10). 풀이에서는 4차 Runge-Kutta 방법을 사용하였으며, 전체적 과정을 Matlab 언어 프로그램으로 작성하여 결과를 얻었다.

저장된 김치의 총산(A_t), 포장 내 CO₂압력(P_{CO_2}) 변화, 포장 내 부피(free volume) 변화를 예측하는 구체적 조건으로서 온도는 10°C, 포장되는 김치의 양은 소용량 0.5 kg 과 대용량 2.0 kg으로 구분하고, 염도 2.8%, 초기 산도 0.33%, 초기 자유 용적은 0.5 kg 김치에 대해 0.6 dL, 2.0 kg 김치에 대해 3 dL로 진행하였다. CO₂ 흡수제는 시중에 김치 포장에 적용하여 판매되고 있는 수산화칼슘으로 정하고, 흡수제 봉지 재질은 LDPE(투과도 0.96 mol d⁻¹ m⁻² bar⁻¹, 10°C)와 Tyvek(투과도 2,115 mol d⁻¹ m⁻² bar⁻¹, 10°C)을 선택하였다. 김치의 양이 0.5 kg인 경우에는 흡수제 양을 1.5, 3.5, 4.5 g으로 정하고 2.0 kg인 경우에는 흡수제 양을 3.0, 5.0, 7.0 g으로 하였다. 포장용 김치의 양, 흡수제 봉지 재질에 따른 CO₂흡수제 사용량, 흡수제 봉지의 면적은 Table 26에 정리하여 제시하였다.

표 28. 김치포장 내 총산(A_t), P_{CO_2} , 부피변화를 예측하기 위해 고려된 요소들

Kimchi weight (kg)	Sachet materials	CO ₂ absorbent (g)	Sachet area (m ²)
0.5	LDPE, Tyvek	1.5	0.0008, 0.0032, 0.0072
		3.5	0.0032, 0.0050, 0.0072
		4.5	0.0072, 0.0098, 0.0128
2.0	LDPE, Tyvek	3.0	0.0050, 0.0072, 0.0098
		5.0	0.0072, 0.0098, 0.0128
		7.0	0.0098, 0.0128, 0.0162

c) 결과 및 고찰

CO₂흡수제 작용에 따른 김치 포장 내 총산, P_{CO_2} , 부피 변화

불 투과성 포장 재질에 포장된 소용량 김치 0.5 kg에 대해서는 3.5 g CO₂ 흡수제 봉지, 대용량 김치 2.0 kg에 대해서는 5.0 g CO₂흡수제 봉지를 부착하여 30일 저장 기간 동안 총산 변화, P_{CO_2} 변화, 포장 내 부피 변화를 예측하여 제시하였다(그림 49과 50). 온도 10 °C에서 불 투과성 포장 재질에 포장되는 김치의 양과 포장내 부착된 흡수제 양에 상관없이 산 생성은 일정한 기간 동안 초기 0.3%에서 꾸준히 증가하여 저장 8.5일 이후 1.2~1.3%로 평형을 이루었다. 적숙기 0.6~0.8%의 총산 함량은 약 4~5일 사이에 도달되는 것으로 예측되어 Hong 등(1997)이 제시한 총산 0.75% 도달 시간이 10 °C에서 7일과 비교하면 다소 차이가 있으나, 이는 계절적인 부분과 김치의 제조 배합 비 등에서의 차이로 생각된다.

그림 49의 소용량 김치 0.5 kg 포장에서 LDPE 재질 흡수제 봉지의 P_{CO_2} 는 저장 6일까지 직선적으로 증가하고 저장 6일 이후 흡수제 봉지의 면적에 따라 P_{CO_2} 변화가 다르게 나타났다. 0.0032 m² LDPE 재질의 흡수제 봉지를 부착한 김치 포장 내에서 P_{CO_2} 는 저장 6~21일까지 약 0.7 bar로 평형에 이른 후 21일 이후 흡수제의 흡수 능력 소실로 지속적인 증가를 보이고 있다. 0.0050 m² LDPE 재질 흡수제 봉지를 부착한 포장에서 P_{CO_2} 는 저장 6~17일까지 0.61 bar에서 0.51 bar로 감소하다가 17일 이후 증가하였고, 0.0072 m² LDPE 재질 흡수제 포장에서 P_{CO_2} 는 저장 6~15일까지 0.52 bar에서 0.35 bar로 감소하다가 15일 이후 증가하였다. LDPE 필름 봉지의 면적이 클수록 흡수할 수 있는 투과 면적

이 증가하여 P_{CO_2} 가 낮게 유지되는 반면에 흡수제의 CO_2 흡수 능력이 잘 발휘되어 흡수 능력 소실로 인한 P_{CO_2} 증가 시작 시점이 짧아지고 있다. Tyvek 재질 흡수제 봉지에서는 흡수제 면적에 상관없이 Tyvek 재질 자체의 투과도가 높아 CO_2 를 흡수하여 P_{CO_2} 는 저장 11일까지 0 bar로 유지되다가 저장 11일 이후 흡수제 능력이 소진되어 포장 내 CO_2 축적으로 흡수제 면적 크기에 상관없이 P_{CO_2} 증가를 보였다. 즉, 투과도가 낮은 LDPE 필름 봉지는 흡수제 봉지의 면적에 따라 CO_2 투과 속도가 P_{CO_2} 의 변화에 영향을 미치지만, 투과도가 높은 Tyvek 필름 봉지는 면적에 따라 P_{CO_2} 변화에 영향을 미치지 않는다. 김치 포장 내 부피 증가는 포장 내 CO_2 축적에 의해 이루어지므로 김치 포장내 부피 변화는 P_{CO_2} 의 변화와 동일한 경향을 보이고 있다. 저장 30일 동안 LDPE 재질의 흡수제 봉지 사용조건에서는 필름의 면적에 따라 부피가 다르게 증가하지만, Tyvek 재질의 흡수제 봉지 사용조건에서는 면적에 따른 부피 차이가 없었다.

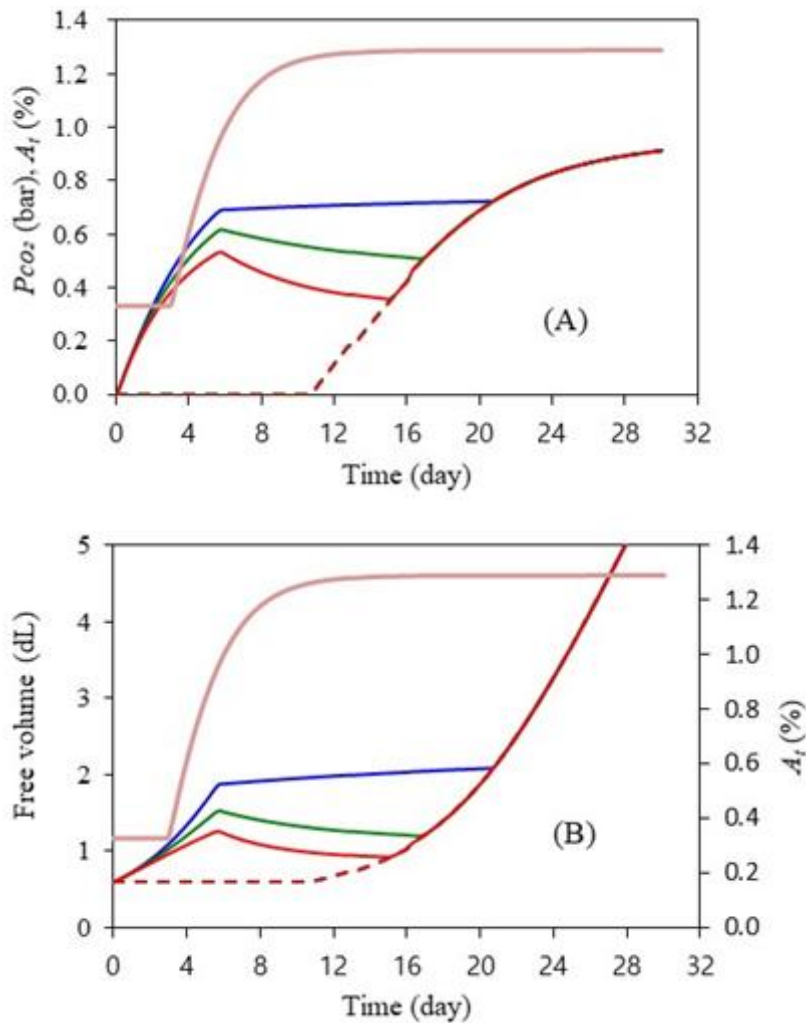


그림 49. 저장기간 동안 3.5 g 흡수제 봉지가 동봉된 0.5 kg 김치 포장 내 (A) P_{CO_2} 와 (B)부피 변화. —: A_f (%); —: 0.0032 m² LDPE; —: 0.0050 m² LDPE; —: 0.0072 m² LDPE; ---: 0.0032 m² Tyvek; ---: 0.0050 m² Tyvek; ---: 0.0072 m² Tyvek.

그림 50의 대용량 김치 2.0 kg 포장에서는 LDPE 재질 흡수제 봉지의 P_{CO_2} 는 저장 6일까지 0.67~0.72 bar 범위 내에서 직선적으로 증가하고 저장 6일 이후 완만하게 소폭 증가하다가 그 이후 흡수제 봉지 면적에 따라 다른 시점에서 크게 증가하고 있다. 즉, 0.0072 m² LDPE 재질의 봉지는 저장 14일, 0.0098 m² LDPE 재질의 봉지는 12일, 0.0128 m² LDPE 재질의 봉지는 9일 이후 크게 증가하고 있다. P_{CO_2} 변화는 소용량 0.5 kg 김치 포장과 비슷한 경향을 보이나 LDPE 재질 흡수제 봉지의 면적에

따른 상대적인 차이는 크지 않았다. Tyvek 재질 흡수제 봉지의 P_{CO_2} 는 소용량 0.5 kg 포장과 동일한 경향으로 흡수제 면적에 상관없이 저장 3일까지 0 bar로 유지되다가 저장 3일 이후 P_{CO_2} 증가를 보였으며, 포장되는 김치 양과 흡수제 양에 따라 CO_2 를 흡수하는 능력의 차이로 P_{CO_2} 증가 시점이 달라질 수는 있다.

김치 포장 내 P_{CO_2} 증가는 사용되는 흡수제 사용 조건에 따라 CO_2 축적과 연관되어 포장 내 부피 변화에 영향을 준다. CO_2 흡수제가 저장기간 동안 김치 발효로 생성된 CO_2 를 전부 흡수한다면 김치 포장 내 부피 팽창 억제에는 도움이 될 수 있으나, 김치의 관능적 특성에는 좋지 못한 영향을 줄 수 있다. 그래서, 저장 유통기한 동안 허용 가능한 부피 팽창의 범위에서 P_{CO_2} 의 변화를 살펴볼 필요가 있는데, 문헌(Lim 등, 2001)에서 시각적으로 허용 가능한 부피팽창 기준은 8 dL/kg의 정도로 보고되어 있다. 0.5 kg 김치 포장에서 CO_2 흡수제를 1.5~4.5 g 사용하면 저장 12일 동안 허용 가능한 범위 내 부피가 팽창하였고, 2.0 kg 김치 포장에서 CO_2 흡수제를 3.0~7.0 g 사용하면 저장 13일 동안 허용 가능한 범위 내 부피가 팽창하였다(구체적인 예측 데이터 생략). 본 연구에서는 적숙기 범위 내에서 허용 가능한 부피를 기준으로 하여 위에서 제시한 0.5 kg 김치와 2.0 kg 김치의 CO_2 흡수제 사용 범위 내에서 김치 포장 내 P_{CO_2} 와 김치 속성의 상관성을 검토하였다.

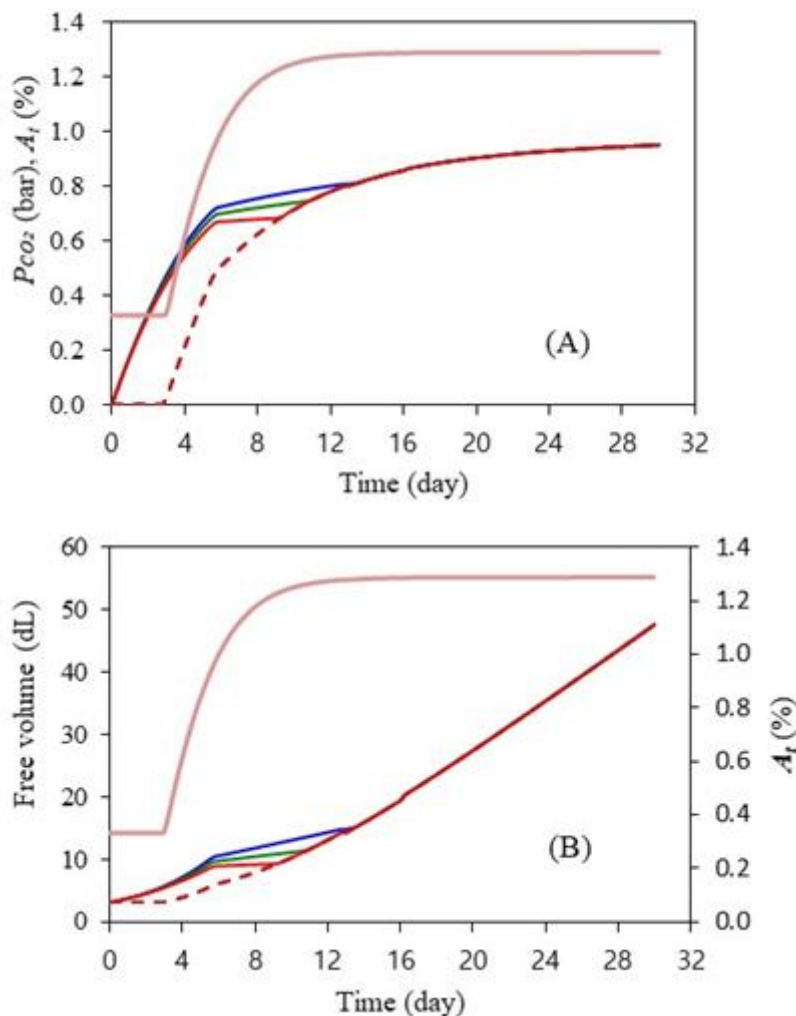


그림 50. 저장기간 동안 5.0 g 흡수제 봉지가 동봉된 2.0 kg 김치 포장 내 (A) P_{CO_2} 와 (B)부피변화. —: A_r (%); —: 0.0072 m^2 LDPE; —: 0.0098 m^2 LDPE; —: 0.0128 m^2 LDPE; ---: 0.0072 m^2 Tyvek; ---: 0.0098 m^2 Tyvek; ---: 0.0128 m^2 Tyvek.

CO_2 흡수제 조건에 따른 김치의 속성도와 P_{CO_2} 상관성

그림 51과 52는 저장 기간 8.5일 동안 총산 함량 0.4~1.2% 범위 내에서 CO₂ 흡수제 사용량과 CO₂ 흡수제 봉지의 면적을 기준으로 총산 증가에 따른 P_{CO_2} 변화과정을 보여주고 있다. 그림 51에서, 소용량 0.5 kg 김치 포장 내 흡수제 1.5 g이 들어있는 LDPE 재질의 봉지를 부착하면 CO₂ 흡수와 포장 내 일부 CO₂ 축적으로 P_{CO_2} 가 직선적으로 증가하였다. LDPE 봉지의 면적이 0.0008 m²으로 적은 경우에는 뚜렷한 직선성을 보이거나, 0.0032 m²과 0.0072 m²의 큰 면적에서는 직선성이 떨어진다. 흡수제 양을 3.5 g 이상으로 증가시키면, CO₂의 흡수와 축적의 적절한 관계로 총산 함량 1.0%까지 P_{CO_2} 가 직선적으로 증가하다가 이후 감소하였다. 적숙기 총산 함량 0.6~0.8%의 기준에서 흡수제 양을 증가시키면 총산에 따라 P_{CO_2} 가 직선적으로 증가하여 총산 증가와 P_{CO_2} 의 증가를 설명할 수 있으며, LDPE 재질의 면적에 따른 P_{CO_2} 증가의 범위는 달라질 수 있다. 소용량 0.5 kg 김치 포장 내 흡수제 1.5 g이 들어있는 Tyvek 재질의 봉지를 부착하면 총산 증가에 따라 흡수제 내로 CO₂가 흡수되고 일부 포장 내로 CO₂ 축적이 이루어져 Tyvek 재질 봉지의 면적에 관계없이 P_{CO_2} 가 직선적으로 증가하였다. 흡수제 양을 3.5 g 이상으로 증가시키면 Tyvek 재질의 높은 투과도로 포장 내 CO₂ 축적 없이 생성된 CO₂가 전부 흡수되어 총산 증가에 따른 P_{CO_2} 증가 없이 0의 값으로 유지되고 있어 총산 증가에 따른 P_{CO_2} 변화를 보여주지 못하였다.

그림 52에서 대용량 2.0 kg 김치 포장 내에서는 부착된 CO₂ 흡수제 봉지의 재질, 사용된 CO₂ 흡수제 양과 흡수제 봉지의 면적에 관계없이 총산 증가에 따른 P_{CO_2} 증가가 직선적으로 증가하여 높은 상관성을 나타내고 있다. LDPE 재질의 흡수제 봉지는 면적에 따른 P_{CO_2} 증가 범위에서 차이가 조금 보이지만, Tyvek 재질의 흡수제 봉지를 사용한 포장에서는 그 면적에 따른 차이가 거의 없이 P_{CO_2} 가 총산 증가에 비례적으로 일정하게 증가한다. 반면에 흡수제 양의 영향으로서 적숙기 총산 함량 0.6~0.8% 기준 흡수제 양에 따른 P_{CO_2} 의 범위를 살펴보면, LDPE 재질의 봉지는 흡수제 양이 증가하더라도 P_{CO_2} 가 0.52~0.67 bar의 값으로 비교적 유사한 범위로 유지되었다. 이와 달리, Tyvek 재질의 경우 흡수제 3.0 g에서는 P_{CO_2} 0.40~0.52 bar, 흡수제 5.0 g에서는 P_{CO_2} 0.21~0.34 bar, 흡수제 7.0 g에서는 P_{CO_2} 0.00~0.14 bar로 큰 차이가 있다. 이는 총산 증가와 P_{CO_2} 증가에 있어 직선적인 상관성은 뚜렷하지만, P_{CO_2} 증가에 따른 CO₂ 발색지시계의 색 변화 기준을 설정하는 부분에 있어 고려되어야 한다.

총산 증가에 따른 P_{CO_2} 의 직선적인 관계는 김치 포장 내 부착되는 CO₂ 흡수제의 조건에 따라 영향을 받으며, 김치의 숙성도를 확인하기 위해 총산 증가에 따라 P_{CO_2} 의 직선적인 관계가 형성되어야 CO₂ 지시계에 의한 색 변화를 정확하게 구분할 수 있다. Baek 등(2018)은 CO₂ 흡수제가 부착되지 않은 김치 포장에서 김치의 숙성도를 3단계로 구분하여 포장 내 CO₂ 농도와 휘발성 acetic acid의 농도에 따른 지시계 색변화를 연구하였는데, 초기 발효와 최적 발효 단계에서 저장 기간에 따른 CO₂가 직선적으로 증가하고 이에 따른 지시계의 색변화가 뚜렷하게 나타났다. CO₂ 흡수제가 부착되지 않은 김치 포장에서 흡수제에 의한 영향을 확인할 수 없었으나, 김치의 숙성도에 따른 CO₂ 농도의 직선적인 증가와 지시계의 색변화를 잘 설명하고 있다. 본 연구는 CO₂ 흡수제가 부착된 김치 포장 내 총산 증가에 따른 P_{CO_2} 의 증가를 예측한 결과로, 적숙기를 기준으로 소용량 김치 0.5 kg에서는 투과도가 낮은 LDPE 흡수제 재질을 사용할 경우 0.0008 m²의 흡수제 봉지에 1.5 g CO₂ 흡수제를 넣으면 P_{CO_2} 가 직선적으로 증가하고 포장 내 적절한 CO₂ 농도가 유지되었다. CO₂ 흡수제를 3.5 g 이상으로 사용하면 총산 함량 1.0%까지는 뚜렷한 직선성을 보이지만, 흡수제 봉지의 면적에 따른 P_{CO_2} 의 증가 범위가 넓게 형성되는 것이 한계이다. 투과도가 높은 흡수제 재질은 흡수제 봉지의 면적에 상관없이 1.5 g CO₂ 흡수제를 넣으면 P_{CO_2} 증가가 직선적이었으며, 흡수제 양을 3.5g 이상으로 증가시킬 경우 P_{CO_2} 의 증가에 대한 직선성은 없으며 김치 포장 내 CO₂ 농도도 적절하게 유지되지 않았다. 2.0 kg 김치포장에서는 LDPE와 Tyvek 흡수제 봉지 둘다 CO₂ 흡수제 사용량에 관계없이 뚜렷한 직선성을 보인다. LDPE 흡수제 봉지는 흡수제 면적에 따른 P_{CO_2} 의 증가 범위가 약간 넓게 형성되었고, Tyvek 흡수제 봉지는 흡수제 면적에 따른 P_{CO_2} 의 증가 범위가 일치하였다. 김치의 발효에 의한 CO₂ 생성 정도는 온도에 의한 영향을 많이 받는

데, 본 연구의 예측은 10 °C에서 이루어졌으며 저장 온도가 변경되거나 유통 조건에서 온도 범위가 달라질 경우 위에서 제시한 결과와 일치하지 않을 수 있다. 또한 실제 실험을 진행하여 얻은 데이터가 아니고, 예측에 의한 결과이어서 실험값과 다소 차이가 있을 수 있으나 김치의 숙성도를 확인하기 위해 알맞은 조건을 선택한다면 지시계를 통한 색변화를 단계별로 구분할 수 있다.

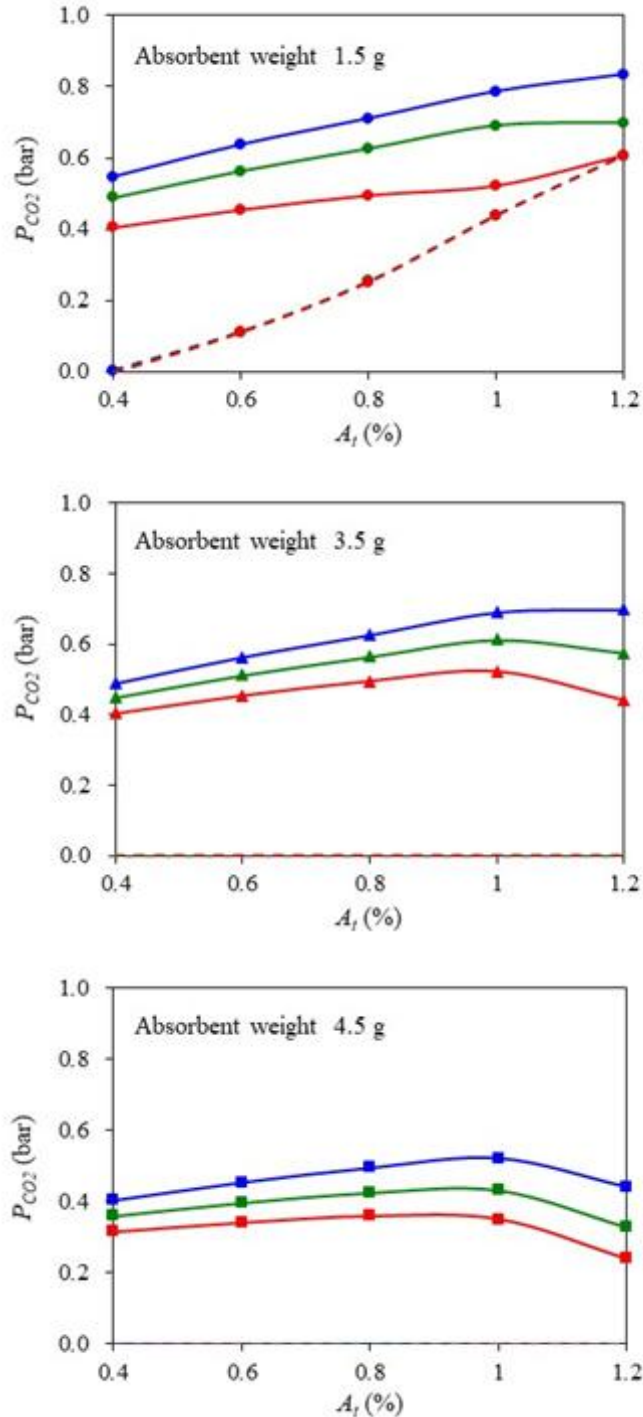


그림 51. 0.5 kg 김치 포장 내 총산(A_t) 함량에 따른 P_{CO_2} 변화. 실선: LDPE; 점선: Tyvek; ●: 0.0008 m²; ●: 0.0032 m²; ●: 0.0072 m²; ▲: 0.0032 m²; ▲: 0.0050 m²; ▲: 0.0072 m²; ■: 0.0072 m²; ■: 0.0098 m²; ■: 0.0128 m².

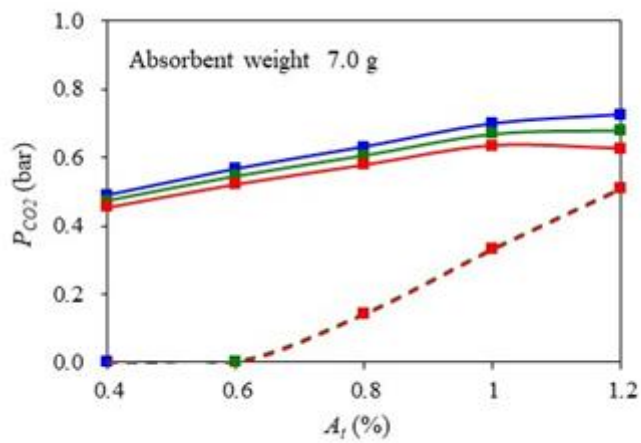
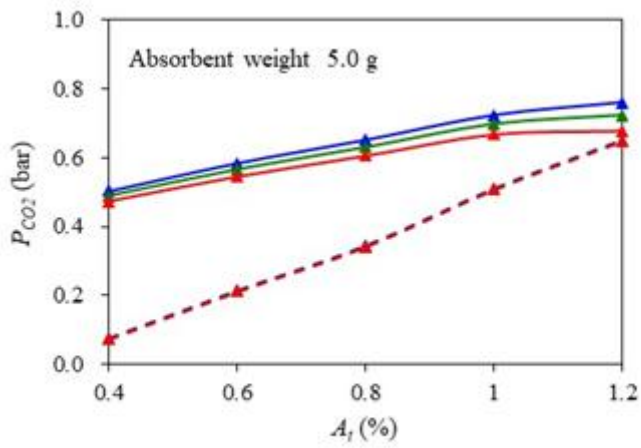
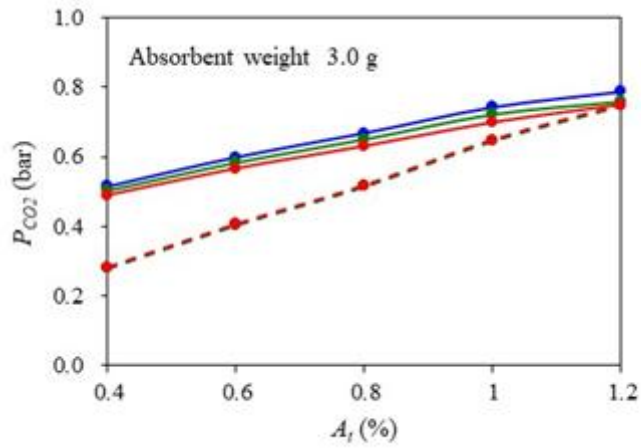


그림 52. 2.0 kg 김치 포장 내 총산(A_t) 함량에 따른 P_{CO_2} 변화. 실선: LDPE; 점선: Tyvek; ●: 0.0050 m²; ●: 0.0072 m²; ●: 0.0098 m²; ▲: 0.0072 m²; ▲: 0.0098 m²; ▲: 0.0128 m²; ■: 0.0098 m²; ■: 0.0128 m²; ■: 0.0162 m².

d) 결론

소용량 김치 0.5 kg에서 투과도가 낮은 LDPE 필름 봉지는 흡수제 봉지의 면적에 따라 CO₂투과 속도가 P_{CO2}의 변화에 영향을 미치지 않지만, 투과도가 높은 Tyvek 필름 봉지는 면적에 따라 P_{CO2} 변화에 영향을 미치지 않는다. 대용량 김치 2.0 kg 포장에서 LDPE 재질 흡수제 봉지의 면적에 따른 상대적인 차이는 크지 않았고, Tyvek 재질 흡수제 봉지의 P_{CO2}는 흡수제 면적에 상관없이 0 bar로 유지된 이후 증가하였다. 김치의 숙성도를 확인하기 위해서는 총산 증가에 따라 P_{CO2}의 직선적인 관계가 형성되어야 하는데 총산 증가에 따른 P_{CO2}의 직선적인 관계는 김치 포장 내 부착되는 CO₂ 흡수제의 사용 조건에 따라 영향을 받는 것으로 확인되었다.

2) 1-2세부과제로부터 제공 받은 지시계 성능 파악

a) 요약





CO₂ 농도와 총산 함량에 따른 숙성도 표시 지시계 연관성을 파악하기 위해 1-2세부과제로부터 제공 받은 지시계의 성능을 확인하였다. 2회로 나누어 제작되어 제공된 CO₂ 지시계의 반응시간과 반응농도 범위를 측정하고, 김치 숙성도 표시의 목적으로 사용될 수 있는 가능성을 평가하였다. 1단계에서 제작된 4종류의 지시계는 특정 CO₂ 농도에 반응하는 시간에서 크게 차이를 보였고, 20% 이하의 CO₂ 농도에서 색변화 반응을 보여서 일반적으로 김치의 적숙기(총산 함량 0.6~0.8%) 범위에서 나타나는 40~70%의 CO₂ 농도를 감지하기에는 어려움이 있었다. 2단계에서 제작된 4종류 지시계는 30~60% CO₂ 농도에서 10분~4일의 색변화반응 시간의 차이를 보였으며, 그 중 하나의 시제품은 실제 김치 포장에서 적숙기 부근에서 보라색에서 연한 보라색으로 변한 다음 상당한 기간동안 그대로 색을 유지하여 적숙기를 나타내는 데에 적용가능성이 있는 것으로 확인되었다.

b) 1차 제작 지시계의 성능 평가

일정한 CO₂ 농도 조건에서 지시계 성능

1-2세부과제로부터 받은 4종류(0번, 1번, 2번, 3번)의 지시계를 이용하여 일정한 CO₂ 농도 조건에서 지시계의 색 변화를 확인하였다. 온도 20℃에서 1 L 밀폐용기에 물 100 mL를 넣고 밀폐 용기의 상단에 4종류의 지시계를 매달았다. 밀폐용기의 뚜껑을 닫은 후 CO₂를 외부에서 주입하여 20% 농도로 조절하고 지시계 종류에 따라 보라색에서 무색으로 색 변화가 일어나는 시간을 측정하였다. 지시계 0번은 10분, 지시계 1번은 20분, 지시계 2번은 85분, 지시계 3번은 155분에 보라색에서 무색으로 색이 변하였다(표 29). 밀폐 용기에 처음부터 CO₂ 농도를 20% 조건으로 설정하여 진행하였으며, CO₂ 농도별 지시계 색 변화를 확인하기 위해 지시계를 김치 포장 내 부착하여 확인하였다.

표 29. 20% CO₂ 농도에서 4종류 지시계의 색변화 시간

Indicator number	0	1	2	3
Color change time (min)	10	20	85	155
Indicator color				

밀폐용기 내 김치 발효에 따른 지시계 성능

김치 발효로 생성되는 CO₂ 농도에 따른 색 변화를 확인하기 위해 1 L 밀폐용기에 김치 0.5 kg을 담고, 실온(23~26 °C)조건에 저장하면서 시간에 따른 지시계의 색 변화를 확인하였다. 김치는 경남 창원 웅천농협에서 제조된 염도 2.3%의 포기김치 제품을 제조 당일 구매하여 밀폐용기에 넣고, 4종류(0번, 1번, 2번, 3번)의 지시계는 김치에 닿지 않도록 내부 상단부에 매달아 두었다. 밀폐용기 내 저장된 김치는 일정한 시간이 지나면서 발효로 CO₂를 발생하고 발생된 CO₂ 농도에 따라 용기 내 부착된 지시계의 색 변화가 관찰되었다. 그림 53에서 지시계 0번은 김치 저장 후 1.7시간에 CO₂ 농도 4.4%에서, 지시계 1번은 2.7시간에 CO₂ 농도 6.8%에서 색이 변하였다. 지시계 2번은 김치 저장 후 4.7시간에 CO₂ 농도 11.2%에서, 지시계 3번은 6.9시간에 CO₂ 농도 18.0%에서 색이 변하였다. 지시계 3번의 경우 6.9시간에 보라색이 연하게 남아 있었으며, 저장 23시간 후에 완전히 무색(사진 생략)으로 변하였다. 0번, 1번, 2번, 3번 지시계 모두 CO₂ 농도 20% 이하에서 지시계의 색변화를 확인하였다.

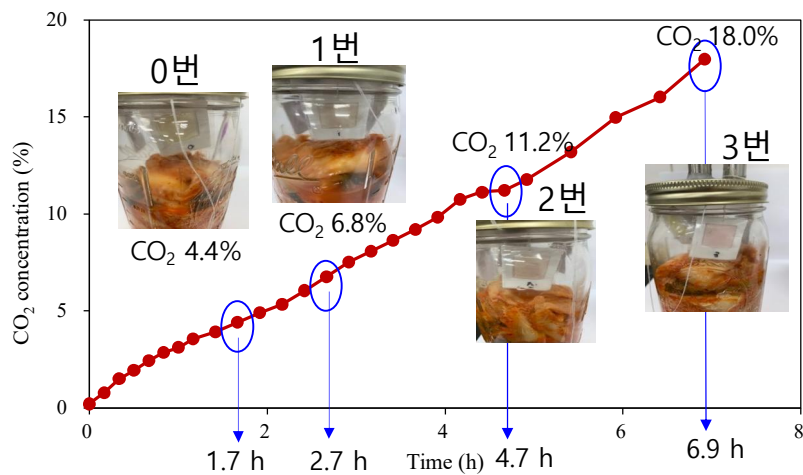


그림 53. 밀폐용기 내 김치 발효에 따른 지시계 색변화

유연성 포장 내 김치 발효에 따른 지시계 성능

실제 현장에 적용하고자 하는 김치 포장 단위는 2.3 kg 포장에 대한 부분이어서 이 포장 조건에 맞게 지시계를 부착하여 색 변화를 확인하였다. 시중에 판매되고 있는 2.3 kg 김치 포장은 투명 플라스틱 재질의 포장재를 사용하고 있으며, 김치를 넣고 케이블타이와 클립으로 동시에 묶어서 포장하고 있다. 김치는 경남 창원 웅천농협에서 제조된 염도 2.6%의 포기김치 제품을 제조 당일 구매하여 시중에서 판매되는 동일한 조건으로 포장하였다. 유연성 포장재에 포기형태의 김치 2.3 kg을 담고, 4종류(0번, 1번, 2번, 3번)의 지시계를 김치에 닿지 않도록 포장내부에 매달아 부착하였다. 케이블타이와 클립으로 묶는 방식을 처리구로 하고, 동일한 위치에 열접착으로 처리한 것을 대조구로 하여 10°C에 저장하면서 시간에 따른 포장 내 CO₂ 농도를 측정하고 측정된 CO₂ 농도에 따른 지시계 색 변화를 확인하였다. 숙성기간을 확인하기 위해 김치의 pH와 총산을 측정하였다. 그림 54에서 지시계 색 변화는 CO₂ 농도 10~20%인 저장 1~3일 사이에 색 변화가 진행되었다. 총산 함량이 0.6~0.8%인 적숙기는 저장 6~7일 사이로 확인되어 김치의 적숙기가 되기 전에 지시계의 색 변화가 보라색에서 무색으로 완료되어 김치의 숙성도를 파악하는데 한계가 있다. 적숙기인 총산 함량 0.6~0.8% 기준으로 CO₂ 농도는 50~70% 범위로 확인되고, 숙성도를 감지하는 지시계는 CO₂ 농도 50~70%에서 색 변화가 나타나야 한다는 관련 정보를 1-2세부과제에 제공하였다.

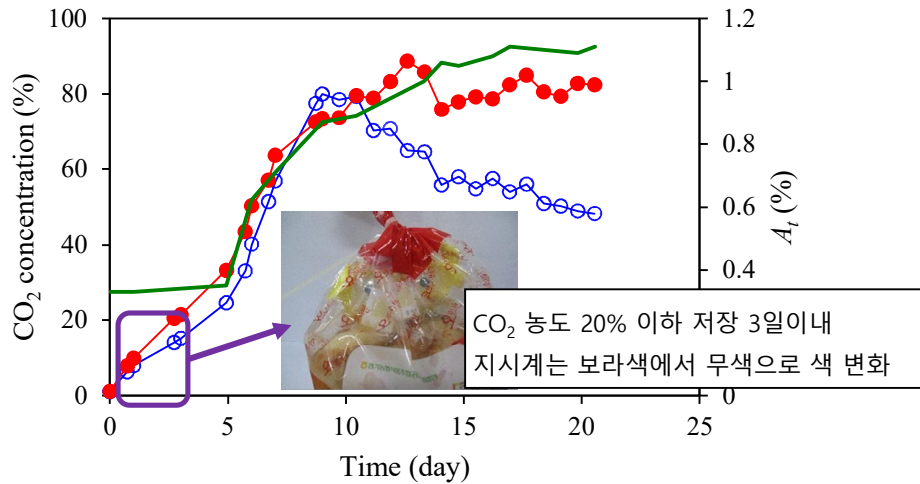



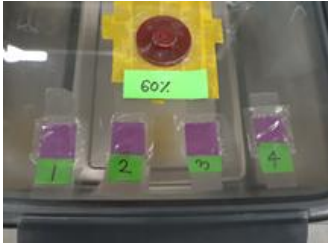







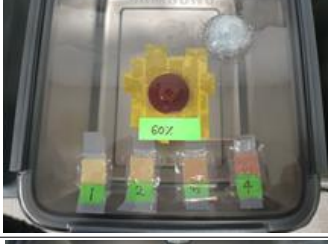
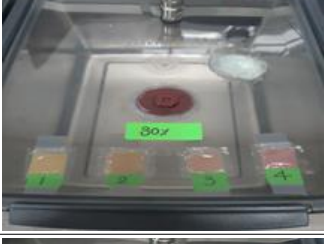
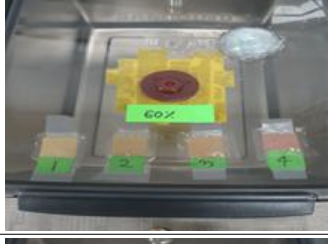


그림 54. 유연성 포장 내 CO₂ 농도와 총산(A_T) 변화. ●; 열접착; ○; 케이블타이와 클립; —; A_T (%)

c) 2차 제작 지시계의 성능 평가

밀폐 용기내 일정한 CO₂ 농도 조건에서 지시계 성능

1-2세부과제로부터 보완 작업을 통해 2차로 제작된 4종류(1번, 2번, 3번, 4번)의 지시계를 이용하여 30%와 60% CO₂ 농도 조건에서 색 변화를 확인하였다. 온도 20℃에서 10 L 밀폐용기 내 물을 넣고, 뚜껑 상단에 4종류의 지시계를 부착하였다. 뚜껑을 닫고 CO₂ 농도 30%와 60% 조건에 대해 시간에 따른 색 변화를 확인하였다. CO₂ 농도에 상관없이 1번 지시계는 10분, 2번 지시계는 40분, 3번 지시계는 1일에 보라색에서 무색으로 색이 바뀌었고, 4번 지시계는 4일 이후 나타난 연한 보라색이 19일까지 유지되고 있다. 4번 지시계의 경우 김치의 숙성도 표시 지시계로 활용 가능하나, 적숙기에 변한 색이 후숙기까지 지속되고 있어 지시계 색 변화로 적숙기를 구분하는데 어려움이 있을 것으로 예상되며, 김치가 들어있는 유연 포장 조건에서 지시계 성능을 확인하였다.

표 30. 밀폐용기 내 2차 제작 지시계의 색변화(좌측부터 1번, 2번, 3번, 4번 지시계)

Time	30% CO ₂	60% CO ₂
0 min		
10 min		
40 min		
1 day		
4 day		
7 day		
19 day		

유연성 포장 내 김치 발효에 따른 지시계 성능

보완 작업을 통해 2차로 제작된 4종류(1번, 2번, 3번, 4번)의 지시계를 이용하여 2.3 kg 유연성 김치 포장에 장착하여 시간에 따른 가스농도와 총산을 측정하고, 김치 포장 내 부착된 지시계의 색 변화를 확인하였다. 1차 제작 지시계 성능 평가에서 설명한 동일한 방법으로 김치는 경남 창원 웅천농협에서 제조된 염도 2.7%의 포기김치 제품을 제조 당일 구매하여 시중에서 판매되는 동일한 조건으로 포장하였다. 유연성 포장재에 포기형태의 김치 2.3 kg을 담고, 4종류(0번, 1번, 2번, 3번)의 지시계를 김치에 달지 않도록 포장내부에 매달아 부착하였다. 케이블타이와 클립으로 묶는 방식을 처리구로 하고, 동일한 위치에 열접착으로 처리한 것을 대조구로 하여 10℃에 저장하면서 시간에 따른 포장 내 CO₂ 농도를 측정하고 측정된 CO₂ 농도에 따른 지시계 색 변화를 확인하였다. 숙성기간을 확인하기 위해 김치의 pH와 총산을 측정하였다. 적숙기인 총산 함량 0.6~0.8% 기준에서 저장기간은 8~11일이고, CO₂ 농도는 50~70% 범위이다. 이 조건을 기준으로 확인하면 1번, 2번, 3번 지시계는 적숙기 전에 보라색에서 무색으로 색 변화가 진행되고, 4번 지시계는 저장 9일에 보라색에서 연한 보라색으로 변한 색이 저장 24일까지 그대로 유지되는 것으로 확인되었다. 열접착한 대조구는 적숙기까지 CO₂ 농도가 직선적으로 증가한 이후 평형을 이루고 있다. 케이블타이와 클립으로 포장된 처리구의 CO₂는 적숙기까지 직선적으로 증가하다가 그 이후 감소하였다. 4번 지시계를 활용한다면 적숙기까지 지시계 색 변화를 통해 숙성도를 알려줄 수 있다. 하지만 이 지시계에서도 적숙기까지는 색변화에 대한 가능성이 확인되었으나 적숙기 이후 CO₂ 농도가 감소하면서 부분에 대해서는 고려해야하는 부분이다.

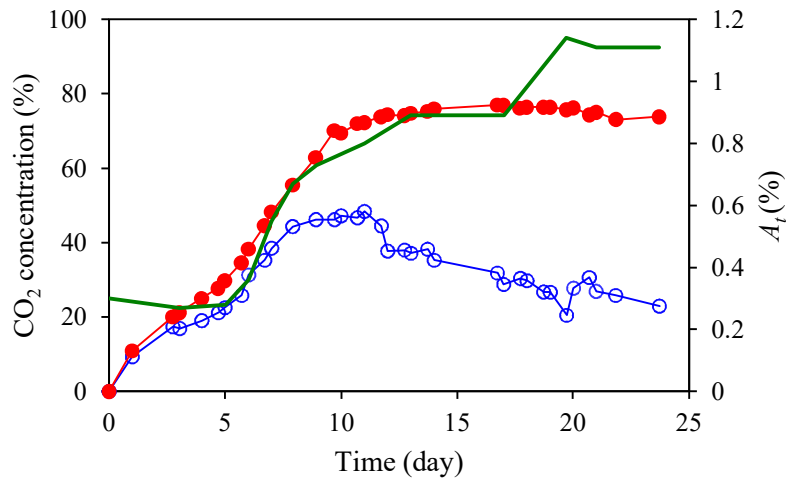


그림 55. 유연성 포장 내 CO₂ 농도와 총산(A_t) 변화. ●; 열접착; ○; 케이블타이와 클립; —; A_t (%)



그림 56. 유연성 포장 내 부착된 2차 제작 지시계의 색 변화(좌측부터 1번, 2번, 3번, 4번 지시계)

d) 결론

1-2세부과제로부터 2회에 걸쳐 제작된 8종류의 지시계에 대해서 성능을 확인하였다. 제작된 CO₂ 지시계는 반응시간과 반응농도범위에서 다양하였고, 30~60% CO₂ 농도에서 4일 후에 색변화를 보이는 지시계가 포장 김치의 적숙기를 나타낼 수 있는 가능성을 보여주었다.

[3-1협동]

■ 3 단계

[최종목표 및 달성]

	최종목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 항균성/자외선차단성등의 기능성을 갖는 농식품포장재의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 감자의 녹변방지용 포장재의 산업화 - 나노멜라닌의제조 - PP/nanomelaninblend film 제조 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 기능성 나노입자 개발 다기능성 복합나노검포지트 필름 응용 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 나노입자 개발 - Metallic nanoparticles (AgNPs, ZnO, CuO) - Sulfur nanoparticles 기능성 하이드로겔 나노복합 필름을 사용하여 wound dressing 개발 	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 기능성 포장 필름의 산업화 생분해성기능성 포장재 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 기능성 포장 필름 확장 - 마스터배치 제조 - blowing extrusion을 통한 대량생산 닭고기 포장 적용실험 	

● **항균성/ 자외선차단성등의 기능성을 갖는 농식품 포장재의 개발:** 멜라닌 나노 입자 (MNP)와 혼입 된 Polypropylene (PP) 및 poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)) 블렌드 필름은 extrusion casting 방법을 사용하여 제조함. 주사 전자 현미경 (SEM) 시험 결과는 MNP가 중합체 매트릭스에 균일하게 분산되어 잘 혼합 된 필름을 형성함. PP / PBAT / MNP 복합 필름은 UV 광선 투과율 중, 특히 낮은 UV-B 광선 투과율을 보였음. MNP의 첨가는 PP / PBAT / MNP 복합 필름의 표면 색, 수증기 투과율 (WVTR), 산소 투과율 (OTR) 및 수분 접촉각 (WCA)에 영향을 미쳤음. 복합 필름의 인장 강도 (TS) 및 파단 신율 (E)은 MNP의 첨가에 의해 증가함. PP / PBAT / MNP 필름으로 감자를 포장하고 6 일 동안 형광등에 보관한 결과 엽록소 생산으로 인한 감자의 녹변을 효과적으로 방지함. 따라서 PP / PBAT / MNP 필름은 보관 및 유통 과정에서 감자의 녹변을 방지하는데 사용될 수 있음.

● **기능성 나노입자의 개발:** 본 연구에서 항균성 하이브리드 나노 물질은 코튼 린터 (CL) 및 미세 결정질 셀룰로오스 (MCC)로부터 셀룰로오스를 재생성하는 동안 은 (Ag), 산화구리 (CuOI), 산화아연 (ZnO) 나노입자들을 합성함으로써 만들어졌다. SEM 현미경 사진은 금속성 나노입자가 재생 셀룰로오스의 표면에 부착되었음을 나타냈다. EDX 및 ICP 결과는 CuONP 또는 ZnONP보다 더 많은 AgNP가 셀룰로오스에 흡착되었음을 보여 주었다. FTIR 결과는 금속성 나노입자가 셀룰로오스의 하이드록실 그룹과의 상호 작용을 통해 셀룰로오스에 부착된 것으로 밝혀졌다. XRD 결과는 개별 금속 나노입자의 특징적인 회절 피크를 보여 주었다. AgNP 및 ZnONP와의 하이브리드에서 R-CL 및 R-MCC의 열 안정성이 증가하였다. R- 셀룰로오스 / 금속 NP 하이브리드는 *E. coli* 및 *L. monocytogens*에 대해 강력한 항균 활성을 나타냈다. 따라서, 하이

브리드 나노 물질은 항균성 포장 필름의 제조를 위한 나노 충전제로서 사용될 수 있다.

- **다기능성 복합나노컴포지트 필름 응용 연구:** 본 연구에서 항균성 하이브리드 나노 물질은 코튼 린터 (CL) 및 미세 결정질 셀룰로오스 (MCC)로부터 셀룰로오스를 재생성하는 동안 은 (Ag), 산화구리 (CuO), 산화아연 (ZnO) 나노입자들을 합성함으로써 만들어졌다. SEM 현미경 사진은 금속성 나노입자가 재생 셀룰로오스의 표면에 부착되었음을 나타냈다. EDX 및 ICP 결과는 CuONP 또는 ZnONP보다 더 많은 AgNP가 셀룰로오스에 흡착되었음을 보여 주었다. FTIR 결과는 금속성 나노입자가 셀룰로오스의 하이드록실 그룹과의 상호 작용을 통해 셀룰로오스에 부착된 것으로 밝혀졌다. XRD 결과는 개별 금속 나노입자의 특징적인 회절 피크를 보여 주었다. AgNP 및 ZnONP와의 하이브리드에서 R-CL 및 R-MCC의 열 안정성이 증가하였다. R- 셀룰로오스 / 금속 NP 하이브리드는 *E. coli* 및 *L. monocytogenes*에 대해 강력한 항균 활성을 나타냈다. 따라서, 하이브리드 나노 물질은 항균성 포장 필름의 제조를 위한 나노 충전제로서 사용될 수 있다.
- **기능성 포장 필름의 산업화:** 현재 식품 포장 산업은 전 세계적으로 가장 빠르게 성장하는 산업 중 하나다. 식품 포장 산업에서 가장 중요한 이슈 중 하나는 식품 포장 폐기물을 줄이거나 비생분해성 플라스틱 포장을 친환경 바이오 폴리머 기반 포장으로 대체하여 식품 안전을 보장하고 환경적 부담을 줄이는 것이다. 나노 기술의 출현은 최근 식품 및 환경 문제에서 이러한 도전을 극복하기 위해 적용되었다. 나노 충전재와 바이오 폴리머를 혼합하여 나노 복합체 기반 포장재를 개발하는 것은 포장재의 성능 특성을 개선하고 기능성을 더욱 향상시키는 한 가지 방법이다.
- **생분해성 포장재 기술개발:** 항균 생분해성 식품 포장 필름은 압출블로우법을 사용하여 poly(lactide) (PLA) 및 poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)를 황 나노 입자와 혼합하여 제조하였다. 필름은 UV- 가시광선 분광법, FE-SEM, FT-IR 및 TGA를 사용하여 특성화되었다. 광학적, 기계적, 수증기 장벽 및 열 안정성 특성과 같은 필름 특성을 테스트하고, 콜로니 카운트 방법을 사용하여 두 병원성 박테리아인 *Escherichia coli* 및 *Listeria monocytogenes*에 대한 항균 활성을 평가하였다. 황의 첨가에 의해 필름의 열 안정성이 증가하였다. 필름은 그람 음성 박테리아에 대하여 유의미한 항균 활성을 나타내지 않았지만, 그람 양성 박테리아에 대하여 뚜렷한 항균 활성을 나타내었다. 필름을 닭가슴살 포장에 사용했을 때, 복합 필름은 그람 양성 박테리아의 성장을 막는데 더 효과적이었으며, 박테리아의 최대 성장을 감소시킬 뿐만 아니라 래그 시간을 연장시켰다

[1차년: 항균성/자외선차단성등의 기능성을 갖는 농식품포장재의 개발 및 산업화]

1. 감자의 녹변방지용 포장재의 산업화

1) 멜라닌 나노입자의 제조

원심 분리 방법을 통한 세척을 사용하여 멜라닌을 세피아 잉크로부터 분리하였다. 이를 위해, 세피아 잉크 페이스트를 증류수로 10회 희석하고 균질화기를 사용하여 5000rpm에서 10분 동안 균질화하고 분리하였고, 10000rpm에서 30분가량의 원심 분리를 통해 멜라닌을 분리했다. 분리 된 멜라닌을 원심 분리로 3회 세척하여 깨끗한 멜라닌 침전물을 얻고, 40 °C 오븐에서 24 시간 동안 건조시켜 멜라닌 나노입자를 제조했다.

2) PP/멜라닌 나노컴포지트 필름

a) PP/멜라닌 나노컴포지트 필름의 제조

PP / PBAT / 멜라닌 복합 필름의 제조를 위해, 필름 제조 화합물을 2단계 블렌딩 방법으로 제조하였다. 먼저, 압출배합법을 사용하여 소량의 멜라닌 나노 입자, MNP를 PBAT에 블렌딩하여 PBAT / 멜라닌 복합물을 제조하였다. 이를 위해 고속 믹서기를 사용하여 1시간 동안 PBAT와 MNP(PBAT: MNP 95:5, 97.5:2.5, 98.5:1.5, 99.5:0.5)의 다양한 비율을 혼합한 다음 직경 48mm의 트윈스크루드라이버를 사용하여 혼합하였다. 그런 다음 PP를 9:1의 중량비로 PBAT/MNP 화합물에 첨가하고 텀블러 믹서를 사용하여 30분간 균일하게 혼합하였다. 혼합수지는 나사 1개의 압출기를 사용하여 약 60 µm 두께의 필름에 압출되었다. 비교를 위해, PP/PBAT(9:1)의 제어 필름을 MNP 없이 동일한 절차를 사용하여 작성하였고, 준비된 필름을 PP/PBAT, PP/PBT로 지정하였다.

b) PP/멜라닌 나노컴포지트 필름의 특성 실험

ㄱ. 기계적 특성: PP/PBAT and PP/PBAT/MNP 컴포지트 필름의 기계적 특성은 아래 표1과 같다.

표 1. PP/PBAT and PP/PBAT/MNP 컴포지트 필름의 기계적 특성

Films	Sample direction	Thickness (μm)	TS (MPa)	EB (%)	EM (MPa)
PP/PBAT	MD	38.7 \pm 1.1 ^a	40.4 \pm 4.2 ^b	475.9 \pm 32.6 ^a	221.3 \pm 20.8 ^{ab}
	CD	-	25.2 \pm 2.2 ^a	769.1 \pm 53.9 ^c	202.3 \pm 33.5 ^a
PP/PBAT/MNP ^{0.05%}	MD	55.4 \pm 4.7 ^c	44.3 \pm 6.8 ^c	563.2 \pm 51.7 ^b	222.2 \pm 40.7 ^{ab}
	CD	-	25.2 \pm 1.8 ^a	816.0 \pm 53.3 ^d	226.2 \pm 23.7 ^{abc}
PP/PBAT/MNP ^{0.15%}	MD	55.9 \pm 3.5 ^c	48.0 \pm 6.8 ^c	584.6 \pm 82.7 ^b	240.6 \pm 42.4 ^{bc}
	CD	-	25.5 \pm 2.2 ^a	824.1 \pm 61.5 ^d	244.7 \pm 22.6 ^{bc}
PP/PBAT/MNP ^{0.25%}	MD	54.3 \pm 3.0 ^{bc}	53.4 \pm 6.1 ^d	607.4 \pm 64.6 ^b	254.6 \pm 35.7 ^c
	CD	-	27.1 \pm 2.7 ^a	855.0 \pm 87.1 ^d	247.6 \pm 27.3 ^{bc}
PP/PBAT/MNP ^{0.50%}	MD	55.6 \pm 3.3 ^c	45.4 \pm 6.3 ^c	585.0 \pm 38.4 ^b	238.5 \pm 45.0 ^{bc}
	CD	-	23.7 \pm 2.7 ^a	843.2 \pm 87.0 ^d	234.8 \pm 21.2 ^{bc}

ㄴ. 광학적 특성: PP/PBAT and PP/PBAT/MNP 컴포지트 필름의 표면 색상과 투광률은 아래 표 2, 그림 1과 같다.

표 2. PP/PBAT and PP/PBAT/MNP 컴포지트 필름의 표면 색상과 투광률

Films	L	a	b	ΔE	T ₂₈₀ (%)	T ₆₆₀ (%)
PP/PBAT	91.8 \pm	-0.4	4.5 \pm 0	0.2 \pm 0	3.4 \pm 0	83.9 \pm
PP/PBAT/MNP ^{0.05%}	0.1 ^e	\pm 0.1 ^a	.1 ^a	.1 ^a	.6 ^d	0.3 ^e
	89.0 \pm	-0.2	5.6 \pm 0	3.2 \pm 0	2.9 \pm 0	80.3 \pm
PP/PBAT/MNP ^{0.15%}	0.3 ^d	\pm 0.1 ^b	.1 ^b	.3 ^b	.3 ^c	0.5 ^d
	85.5 \pm	0.1 \pm 0	6.6 \pm 0	6.8 \pm 0	2.8 \pm 0	77.4 \pm
PP/PBAT/MNP ^{0.25%}	0.6 ^c	.1 ^c	.1 ^c	.6 ^c	.1 ^c	0.2 ^c
	81.7 \pm	0.5 \pm 0	7.7 \pm 0	10.8 \pm	2.4 \pm 0	73.7 \pm
PP/PBAT/MNP ^{0.50%}	0.4 ^b	.1 ^d	.1 ^d	0.4 ^d	.1 ^b	0.7 ^b
	72.4 \pm	1.3 \pm 0	9.6 \pm 0	20.3 \pm	1.9 \pm 0	61.5 \pm
	0.8 ^a	.1 ^e	.3 ^e	0.9 ^e	.1 ^a	0.2 ^a

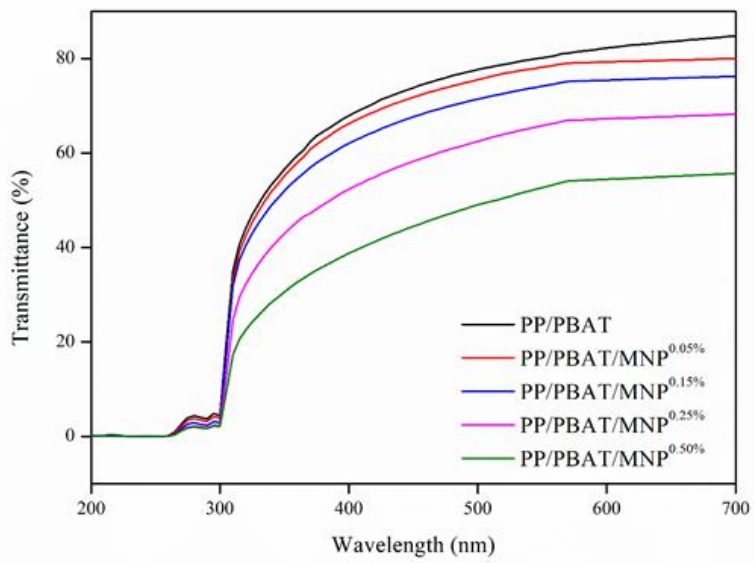


그림 1. PP/PBAT and PP/PBAT/MNP 컴포지트 필름의 광선 투광률 그래프

ㄷ. 필름의 미세 구조: SEM을 통해 촬영한 PP/PBAT and PP/PBAT/MNP 컴포지트 필름의 미세 구조는 아래 그림2와 같다.

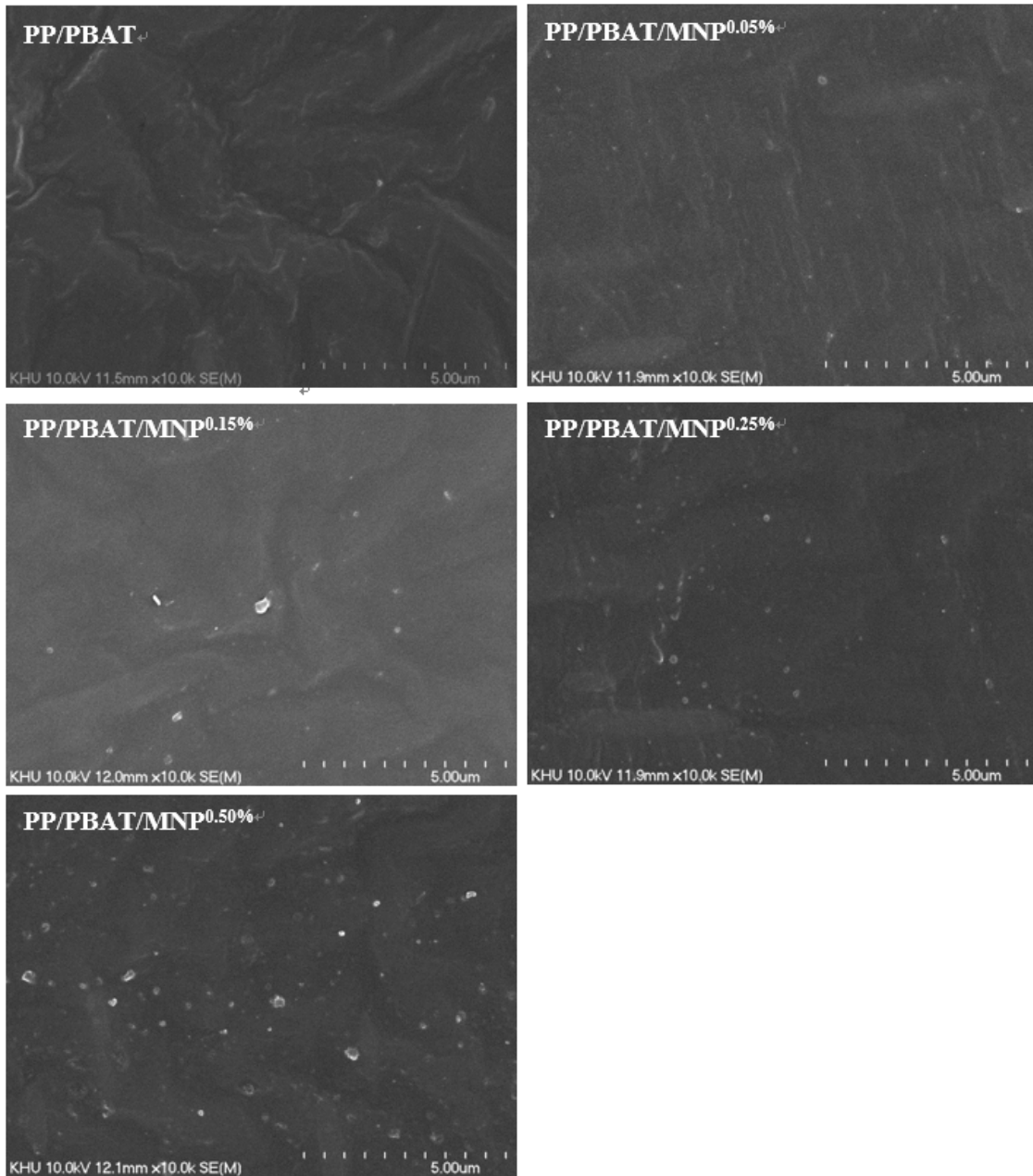


그림 2. PP/PBAT and PP/PBAT/MNP 컴포지트 필름의 미세 구조

2. 감자의 녹변방지용 포장재의 현장 적용 연구

1) 감자 포장 실험

- 3 개 회사에서 보내온 감자를 시료로 사용하였다. (삼성유기농, 신천지영농조합법인)



그림 3. 포장실험에 쓰인 감자 (왼쪽부터 삼성유기농, 신천지영농조합법인)

- PP, PP/MNP, PP/PBAT, PBAT/GSE, LDPE/GSE/ZnO/MEL 5종의 포장필름 사용

a). 감자의 저장 중 표면색 변화

ㄱ. 삼성 유기농 감자: 포장한 필름에 따른 감자의 저장 중 표면색 변화는 아래 그림4와 같다. 자세한 색의 변화는 표3에서 Chromameter로 표현되었다,

Group 1 potatoes (삼성유기농)

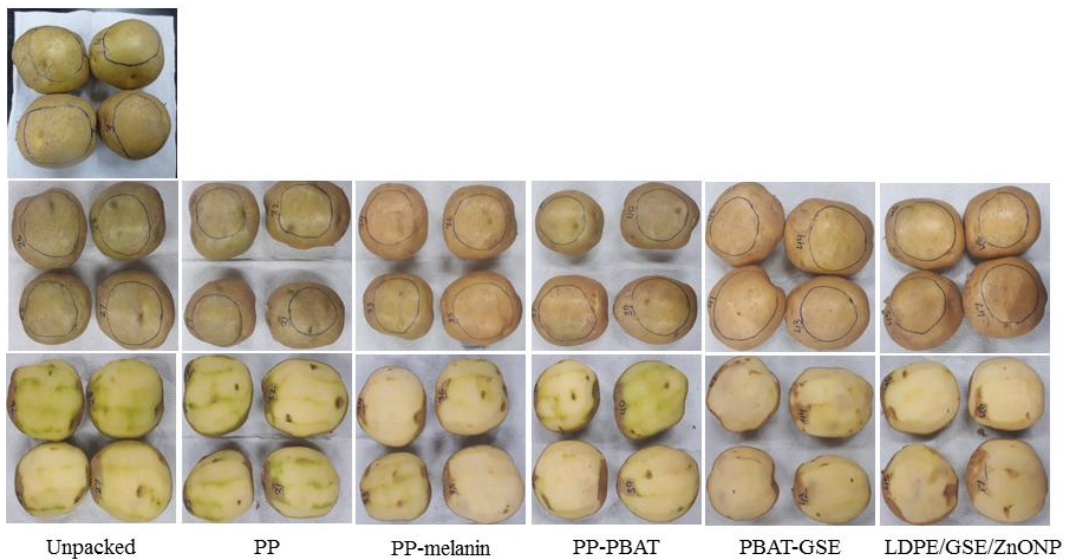


그림 4. 포장한 필름에 따른 감자의 저장 중 표면색 변화 (삼성유기농)

표 3. 포장한 필름에 따른 감자의 저장 중 표면색 변화 (삼성유기농)

Films		L	a	b	ΔE
Control	Day 0	58.0±4.3	3.8±1.1	25.3±1.5	40.4±2.9
	Day 6 before peeling	56.6±0.9	-2.0±0.8	23.6±1.2	40.5±0.3
	Day 6 after peeling	70.0±2.9	-8.5±1.9	38.3±2.6	37.7±4.8
PP	Day 0	57.5±5.1	2.7±1.0	25.5±2.4	40.9±2.7
	Day 6 before peeling	56.7±0.6	-1.0±0.5	23.3±1.9	40.3±0.8
	Day 6 after peeling	72.0±1.8	-7.9±1.5	38.0±3.7	35.5±4.2
PP-Mel	Day 0	57.4±1.6	4.3±1.2	26.2±4.7	40.2±1.3
	Day 6 before peeling	58.9±1.6	3.3±1.9	25.2±4.1	39.4±1.1
	Day 6 after peeling	75.0±2.2	-3.9±1.2	31.4±3.8	32.0±4.4
PP-PBAT	Day 0	60.6±3.0	3.8±1.0	26.1±2.0	38.7±1.4
	Day 6 before peeling	58.4±2.2	0.8±0.3	24.5±1.8	39.5±0.7
	Day 6 after peeling	73.5±3.8	-5.6±2.6	34.9±4.5	32.2±6.0
PBAT-GSE	Day 0	59.6±1.1	3.4±0.6	26.1±2.1	39.3±1.8
	Day 6 before peeling	60.7±0.6	3.2±1.1	25.5±1.4	38.1±0.9
	Day 6 after peeling	74.2±0.8	-2.7±1.0	28.9±3.4	29.8±3.0
LDPE-GSE-ZnO-Mel	Day 0	58.4±2.5	4.1±0.7	25.7±2.2	40.3±1.3
	Day 6 before peeling	60.6±1.9	3.4±0.9	26.6±2.0	38.9±1.2
	Day 6 after peeling	74.6±1.6	-3.1±0.8	29.5±1.9	31.7±1.5

ㄴ. 신천지 영농조합법인 감자: 포장한 필름에 따른 감자의 저장 중 표면색 변화는 아래 그림5와 같다. 자세한 색의 변화는 표4에서 Chromameter로 표현되었다,

Group 2 potatoes (신천지 영농조합법인)



그림 5. 포장한 필름에 따른 감자의 저장 중 표면색 변화

표 4. 포장한 필름에 따른 감자 저장 중 표면색 변화

Films		L	a	b	ΔE
Control	Day 0	59.2±3.0	6.6±1.3	32.3±1.7	43.8±1.9
	Day 6 before peeling	53.6±1.7	-1.1±2.3	29.3±1.9	44.9±2.3
	Day 6 after peeling	61.2±2.4	-12.5±1.8	45.3±1.4	52.6±1.9
PP	Day 0	58.1±0.9	7.0±0.9	30.9±2.8	43.8±1.1
	Day 6 before peeling	54.5±1.7	0.9±2.1	29.8±1.2	45.4±1.1
	Day 6 after peeling	67.6±1.8	-11.8±1.0	44.7±0.7	48.4±1.5
PP-Mel	Day 0	57.9±1.5	7.4±1.1	29.5±1.8	43.0±1.1
	Day 6 before peeling	53.2±0.9	2.2±1.9	28.4±0.7	45.7±0.9
	Day 6 after peeling	67.5±1.2	-12.4±1.9	44.3±2.7	48.3±3.3
PP-PBAT	Day 0	57.8±0.9	7.5±1.1	30.0±0.3	43.5±0.4
	Day 6 before peeling	53.5±0.4	2.9±0.9	29.3±0.9	45.9±0.6
	Day 6 after peeling	73.5±3.8	-11.3±1.7	42.8±1.6	46.7±3.1
PBAT-GSE	Day 0	58.7±2.6	7.9±1.5	31.6±0.7	43.8±2.3
	Day 6 before peeling	55.9±1.6	4.7±1.3	28.1±0.8	43.5±1.5
	Day 6 after peeling	70.1±1.5	-6.4±3.6	39.9±2.1	42.5±2.1
LDPE-GSE-ZnO-Mel	Day 0	57.9±1.3	8.1±1.2	32.7±1.4	45.1±1.2
	Day 6 before peeling	58.2±1.0	7.3±0.9	30.3±1.7	43.3±0.4
	Day 6 after peeling	73.8±0.7	-2.5±1.7	33.5±5.9	34.4±5.2

b). 저장 기간 중 감자의 클로로필 함량 변화:

저장 기간 감자의 클로로필 함량 변화는 아래 표5, 표6에서 나타났다.

ㄱ. 삼성 유기농 감자:

표 5. 저장 6일 후의 감자의 클로로필 함량 변화

Films	Chl-a (μ g/g)	Chl-b (μ g/g)	Total Chl (μ g/g)
Control	10.25±2.43	18.44±4.38	28.69±6.81
PP	10.70±1.71	19.24±3.08	29.95±4.80
PP-Mel	3.22±1.21	5.79±2.18	9.01±3.40
PP-PBAT	5.85±1.17	10.51±2.11	16.36±3.29
PBAT-GSE	2.84±0.79	5.10±1.42	7.93±2.21
LDPE-GSE-ZnO-Mel	3.19±0.90	5.74±1.61	8.95±2.51

ㄴ. 신천지 영농조합법인 감자:

표 6. 저장 6일 후의 감자의 클로로필 함량 변화

Films	Chl-a ($\mu\text{g/g}$)	Chl-b ($\mu\text{g/g}$)	Total Chl ($\mu\text{g/g}$)
Control	12.72 \pm 1.59	20.24 \pm 3.94	32.96 \pm 5.53
PP	11.84 \pm 1.21	18.95 \pm 2.68	30.79 \pm 3.89
PP-Mel	6.23 \pm 0.92	11.25 \pm 1.47	17.48 \pm 2.39
PP-PBAT	7.21 \pm 1.01	13.25 \pm 1.53	20.46 \pm 2.54
PBAT-GSE	4.59 \pm 0.32	9.06 \pm 1.08	13.65 \pm 1.41
LDPE-GSE-ZnO-Mel	3.58 \pm 0.62	5.86 \pm 0.84	9.44 \pm 1.46

c). 저장 기간 중 감자의 무게 변화:

저장 기간 중 감자의 무게 변화는 아래 표 7, 표8과 같다.

ㄱ. 삼성 유기농 감자:

표 7. 저장 6일 후의 감자의 무게 변화

Sample	Weight loss (%)
Control	1.7 \pm 0.3
PP	0.4 \pm 0.3
PP-Mel	0.9 \pm 0.1
PP-PBAT	1.1 \pm 0.2
PBAT-GSE	1.6 \pm 0.2
LDPE-GSE-ZnO-Mel	1.1 \pm 0.2

ㄴ. 신천지 영농조합법인 감자:

표 8. 저장 6일 후의 감자의 무게 변화

Sample	Weight loss (%)
Control	1.4 ± 0.4
PP	0.3 ± 0.1
PP-Mel	0.8 ± 0.4
PP-PBAT	1.0 ± 0.3
PBAT-GSE	1.6 ± 0.6
LDPE-GSE-ZnO-Mel	1.1 ± 0.4

위 실험을 통해 PP / PBAT / MNP 필름은 보관 및 유통 과정에서 감자의 녹변을 방지하는데 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

[2차년도: 기능성 나노입자의 개발/ 다기능성 복합나노컴포지트필름 응용 연구]

1. 기능성 나노입자의 개발

1) 금속성 나노입자

a) 금속성 나노입자의 제조

7%(w/w) NaOH 및 12%(w/w) 요소 혼합용액 400g에 4g의 CL 섬유 또는 MCC를 별도로 첨가하였다. 용액은 상온에서 30분간 교반한 후 -20°C 의 냉동실에 16시간동안 보관했다. 그런 다음 CL 섬유나 MCC가 완전히 용해될 때까지 20분간 1000rpm의 교반기를 사용하여 용액을 혼합하였다. 용액을 교반하면서 80°C 까지 가열하였고, 질산 은, 질산 구리 또는 아연 용액 50mM을 떨어뜨려 첨가했다. 용액을 상온으로 냉각시키고, 과량의 이중 증류수를 첨가하여 재생 셀룰로오스를 생성하였다. 재생 셀룰로오스/금속 나노입자(RC-MNPs)를 pH가 7~8에 이를 때까지 이중 증류수로 세척한 후 10분간 10,000rpm에서 균질화하였고, 소니케이션 하였다. 생성된 나노복합체는 RC-MNPs 하이브리드 나노소재 분말을 얻기 위해 60°C 의 오븐에서 건조되었다.

b) 금속성 나노입자의 characterization

ㄱ. EDX and ICP 분석:

금속성 나노 입자의 EDX와 ICP 분석 결과는 각각 아래 그림 6 그리고 그림7과 같다.

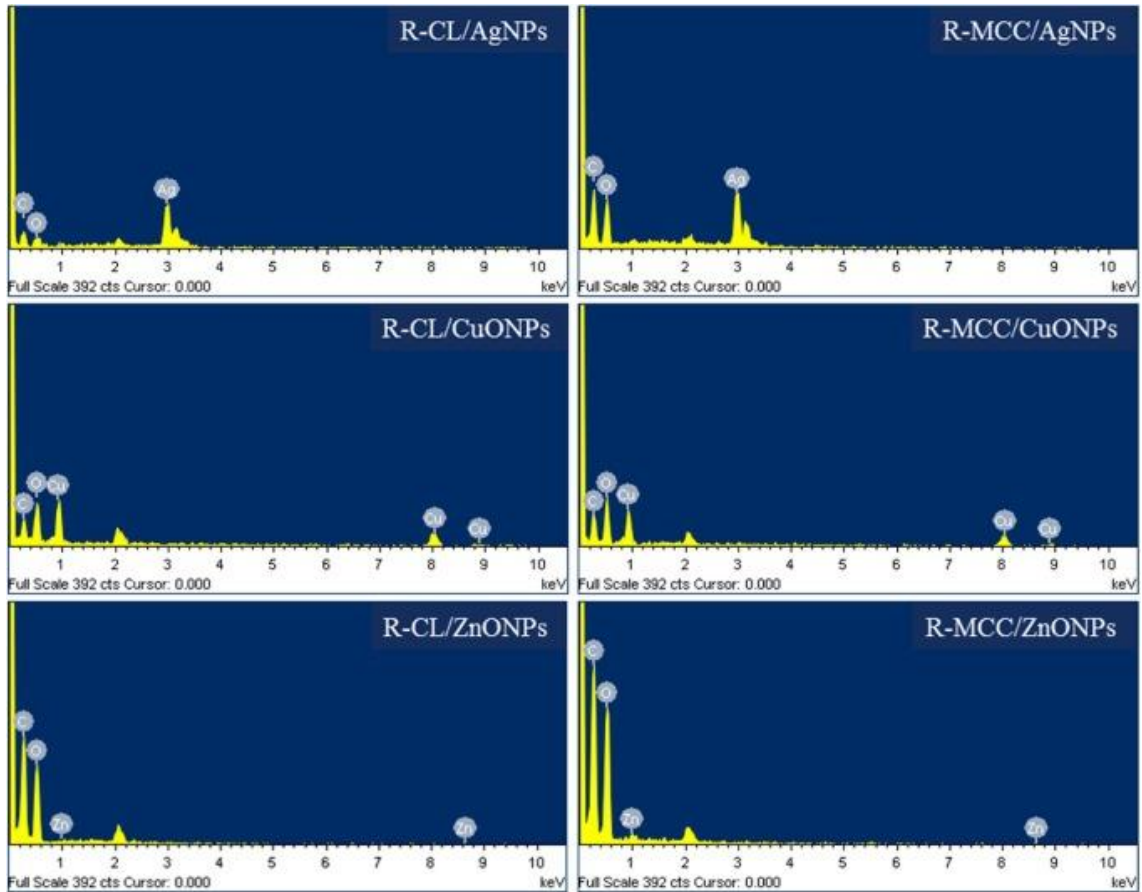


그림 6 . R-cellulose/metallic NPs 컴포지트의 EDX 그래프

표 9. 하이브리드 나노물질에 포함된 금속성 나노입자의 농도

Samples	Ag (mg/g)	Cu (mg/g)	Zn (mg/g)
R-CL/AgNPs	102.75	—	—
R-MCC/AgNPs	97	—	—
R-CL/CuONPs	—	29	—
R-MCC/CuONPs	—	27	—
R-CL/ZnONPs	—	—	4
R-MCC/ZnONPs	—	—	8

ㄴ. FTIR, XRD 분석:

R-cellulose/metallic NPs 컴포지트의 FTIR 그래프는 아패 그림 7에서 나타났다. X-ray diffraction은 그림8과 같다.

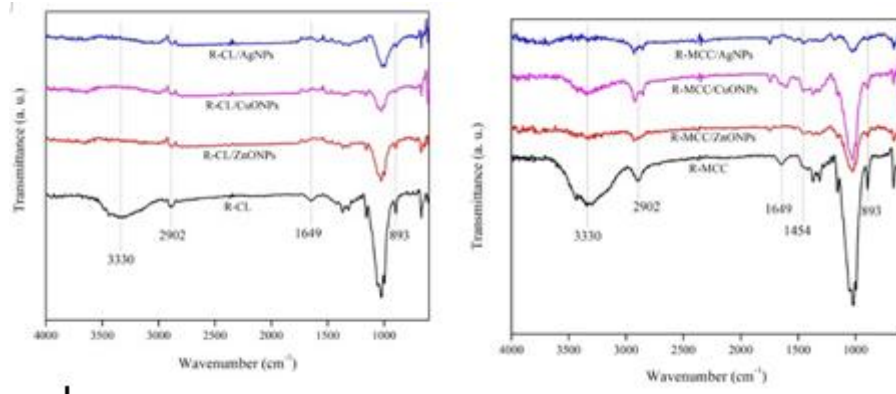


그림 7. R-cellulose/metallic NPs 컴포지트의 FTIR 그래프

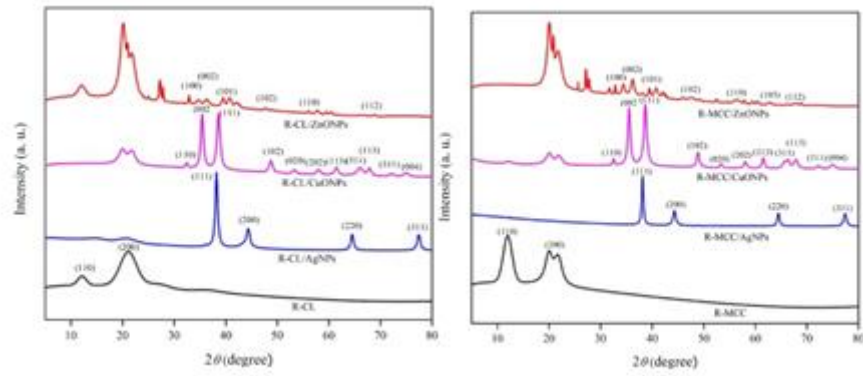


그림 8. R-cellulose/metal NPs 컴포지트의 XRD 패턴

㉔. 나노입자의 미세 구조:

나노입자의 SEM 이미지와 TEM 이미지는 아래 그림 9와 같다.

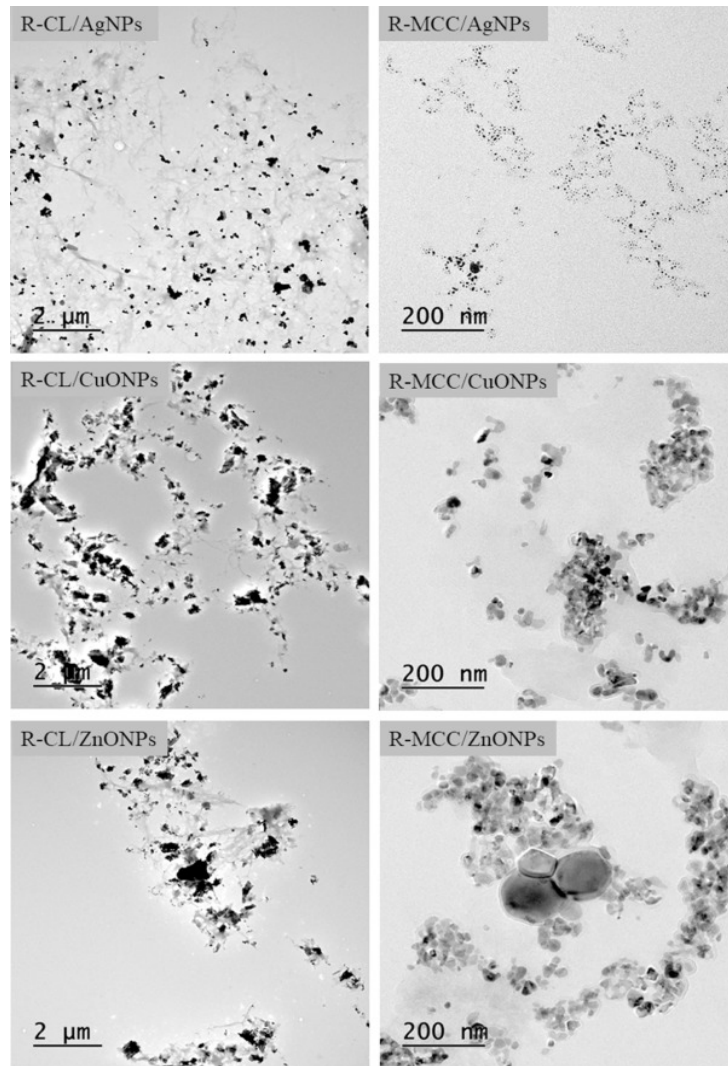


그림 9. 나노입자의 SEM 이미지

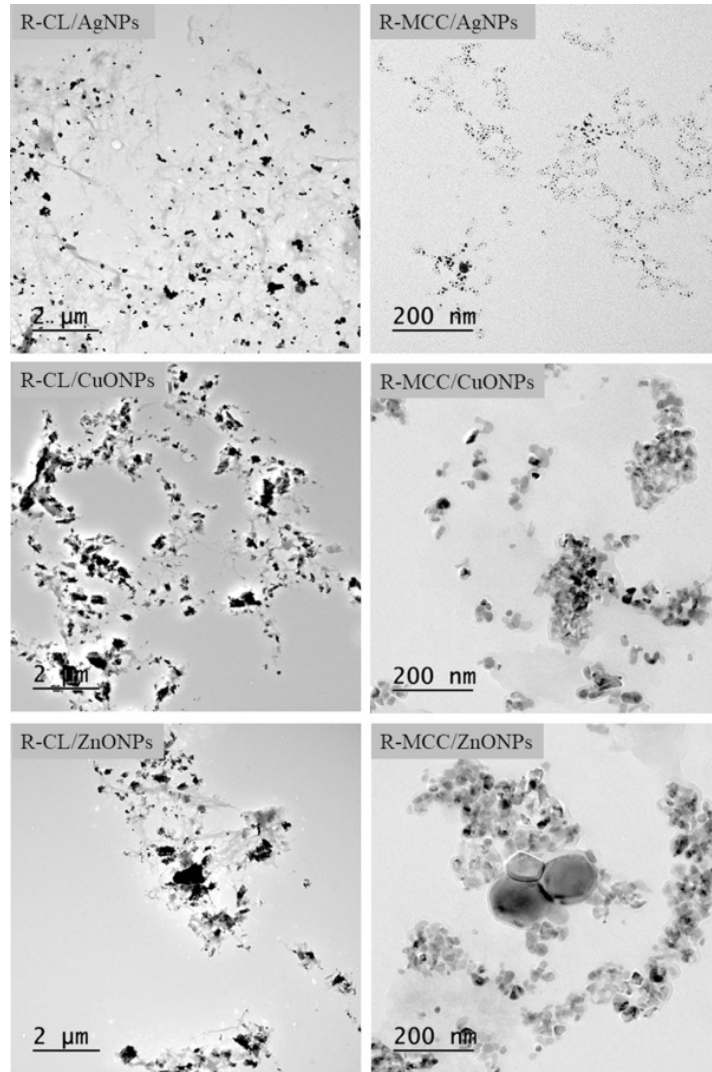


그림 10. 나노입자의 TEM 이미지

c) 금속성 나노입자의 항균성

R-cellulose/metallic NPs 컴포지트의 항균성 실험 결과는 아래 그림11과 같다.

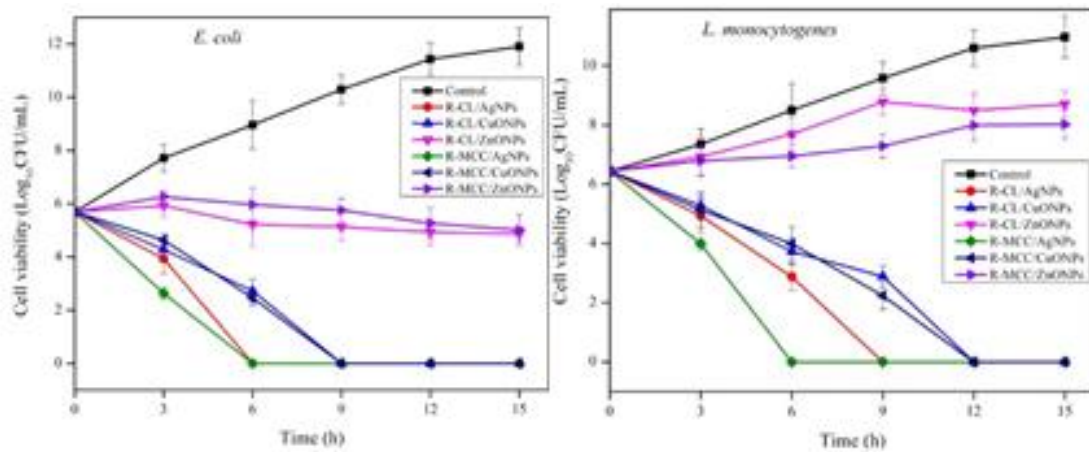


그림 11. R-cellulose/metallic NPs 컴포지트의 항균성

2) 황 나노입자

a) 황 나노입자의 제조:

solid STS pentahydrate 2.482g을 900mL의 증류수에 녹여 STS(Sodium thiosulphate) 용액을 제조하였다. 그리고 황 나노입자(SNP1) 합성을 위해 25℃에서 교반하며 0.2 M HCl 100mL를 첨가했다.

반응제를 혼합한 후, 반응이 완료되도록 소니케이터에 40분 유지시켰다. SNP1은 pH가 중성에 도달할 때까지 원심분리하여 증류수로 5~6회 세척했다. SNP2의 경우 원심분리 후 아세트산 용액으로 세척하여 결합되지 않은 키토산을 제거한 후, pH가 중성에 도달할 때까지 증류수로 세척하였다.

b) 황 나노입자의 characterization

ㄱ. 황 나노입자의 미세 구조:

황 나노입자의 TEM 이미지는 아래 그림12와 같다. 황 나노입자의 size, polydispersity index, zeta potential 값은 표 10과 같다.

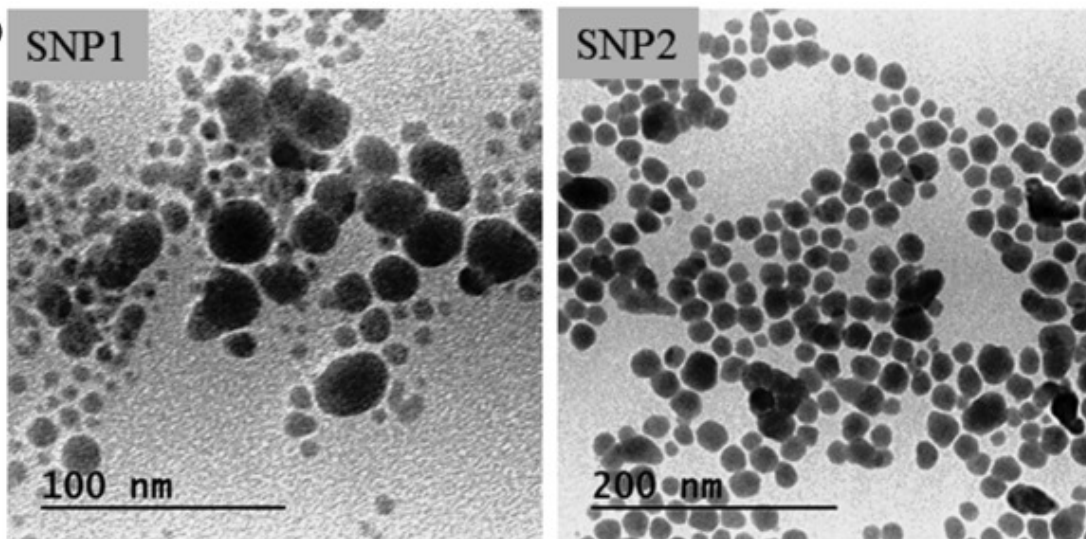


그림 12. 황 나노입자의 TEM 이미지

표 10. 황 나노입자의 size, polydispersity index, zeta potential

Sample	Particle size by TEM (nm)	Particle size by DLS (nm)	Polydispersity index	Zeta Potential (mV)
SNP1	10-70	230.9 ± 70.8	0.22 ± 0.08	-29.9 ± 7.9
SNP2	10-30	129.6 ± 15.2	0.17 ± 0.05	32.6 ± 0.7
Chitosan	ND	ND	ND	ND

ㄴ. 황 나노입자의 XPS, XRD:

황 나노입자의 XPS, XRD패턴은 각각 아래 그림 13, 그림 14와 같다.

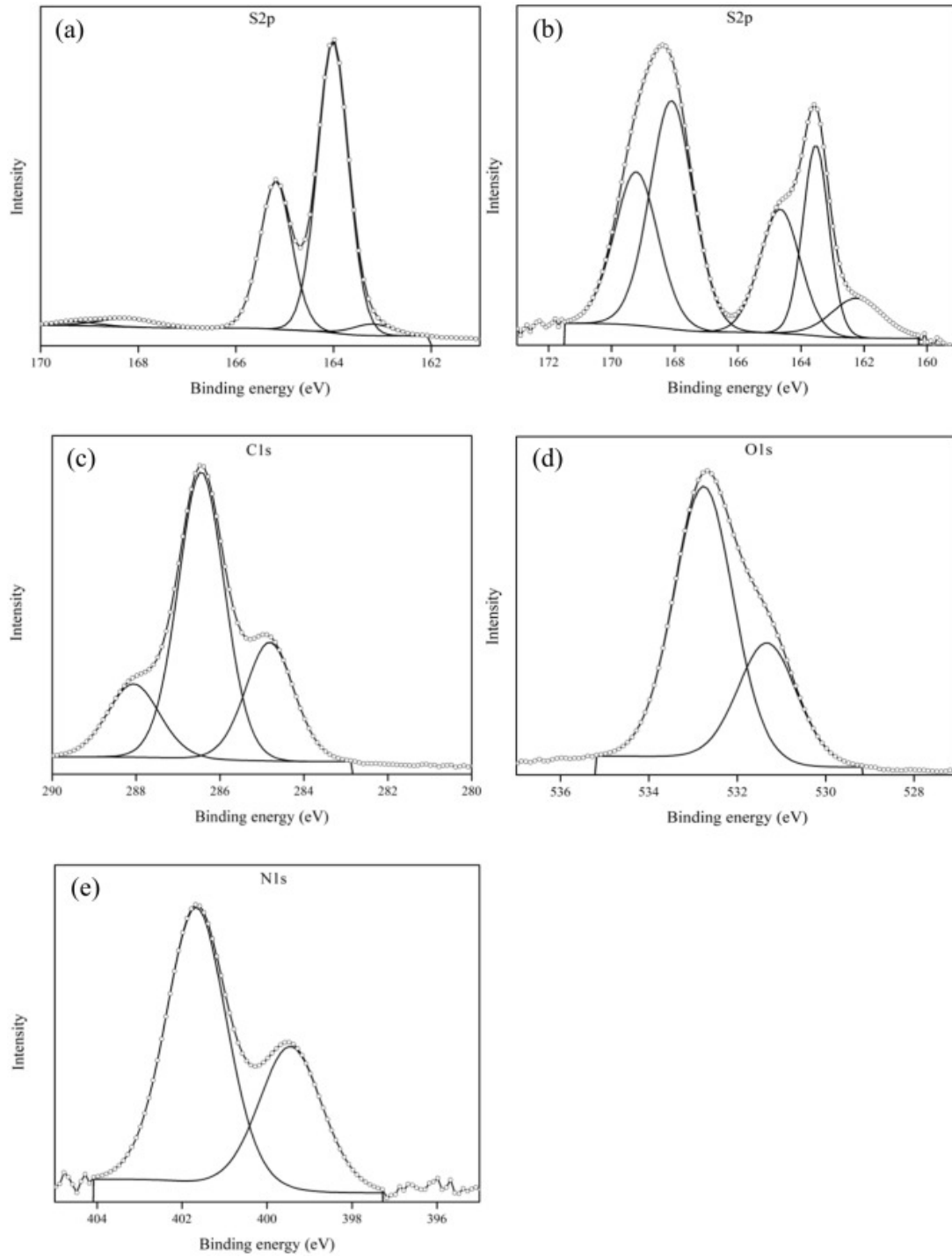


그림 13. (a) S2p of SNP1 (b) S2p of SNP2 (c) C1s of SNP2 (d) O1s of SNP2 and (e) N1s of SNP2의 XPS 그래프

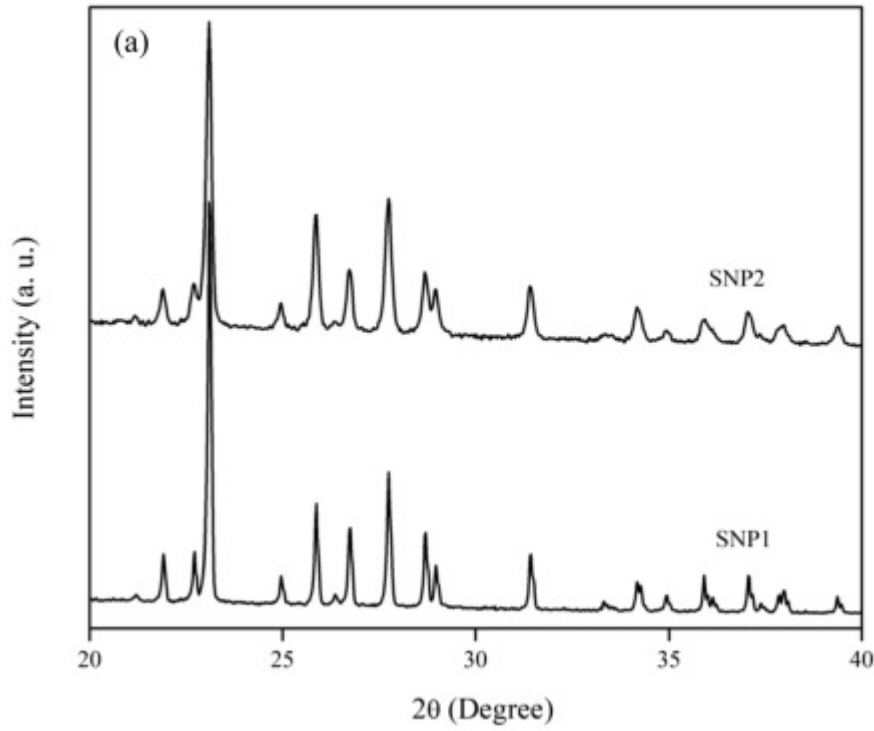


그림 14. 황 나노입자의 XRD 패턴

㉔. 황 나노입자의 열 안정성 측정:

황 나노입자의 열 안정성은 TGA실험을 통해 측정되었고, 아래 그림15과 같다.

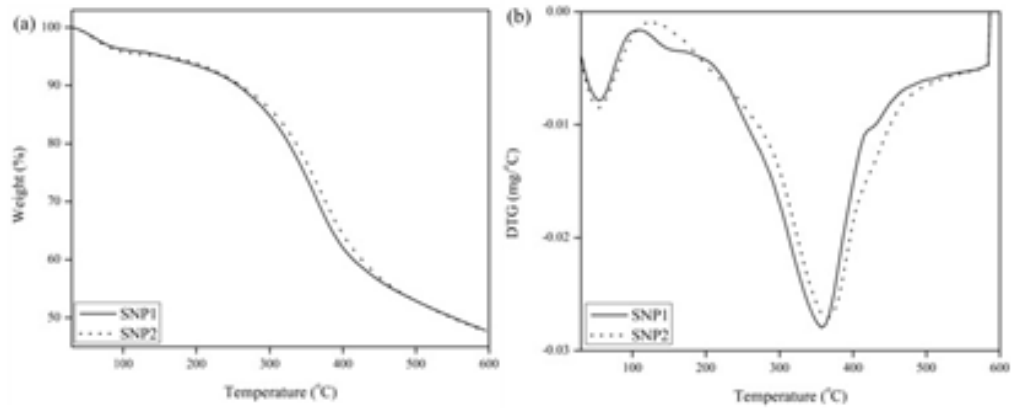


그림 15. 황 나노입자의 (a) TGA and (b) DTG 그래프

㉕. 황 나노입자의 항균성:

황 나노입자의 항균성 실험 결과는 표 11과 같다.

표 11. 황 나노입자의 항균성

Sample	Particle size by TEM (nm)	Particle size by DLS (nm)	Polydispersity index	Zeta Potential (mV)	MIC/MBC ($\mu\text{g/mL}$)	
					<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
SNP1	10-70	230.9 \pm 70.8	0.22 \pm 0.08	-29.9 \pm 7.9	256/>512	128/512
SNP2	10-30	129.6 \pm 15.2	0.17 \pm 0.05	32.6 \pm 0.7	16/64	16/32
Chitosan	ND	ND	ND	ND	>512/>512	>512/>512

2. 기능성 하이드로겔 나노복합필름을 사용하여 wound dressing 개발

1) 기능성 하이드로겔 나노복합필름 제조

a) 키토산 capping된 황 나노입자 제조:

Chitosan capped sulfur nanoparticles 합성을 위해 STS 2.482 g을 증류수 900mL에 먼저 용해한 후 100 mL 0.2 M HCl을 첨가했다. 이어 0.5% chitosan용액 50mL를 캡팅제로 첨가했다.

반응제를 혼합한 후, 반응이 완료되도록 소니케이터에 40분 유지시켰다. SNP1은 pH가 중성에 도달할 때까지 원심분리하여 증류수로 5~6회 세척했다. SNP2의 경우 원심분리 후 아세트산 용액으로 세척하여 결합되지 않은 키토산을 제거한 후, pH가 중성에 도달할 때까지 증류수로 세척하였다.

b) 황 나노입자가 함유된 카라기난 하이드로겔 필름:

그림 16은 황 나노입자가 함유된 카라기난 하이드로겔 필름의 제작 모식도이다.

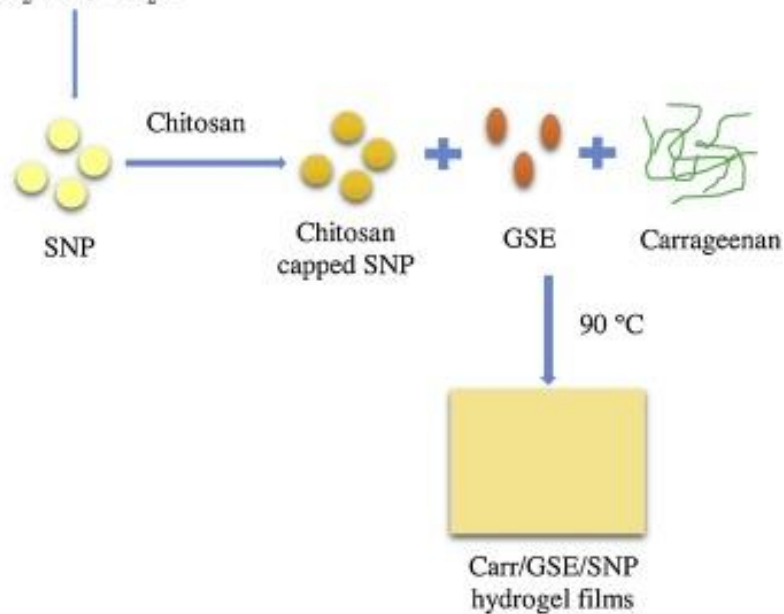
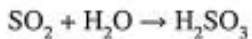
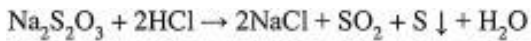


그림 16. 황 나노입자/카라기난 하이드로겔 필름의 제조 방법

c) 황 나노입자가 함유된 카라기난 하이드로겔 필름의 특성

ㄱ. 카라기난 베이스 하이드로겔 필름의 characterization:

황 나노입자/ 카라기난 필름의 TEM 이미지와 and DLS 그래프는 아래 그림 17과 같다.

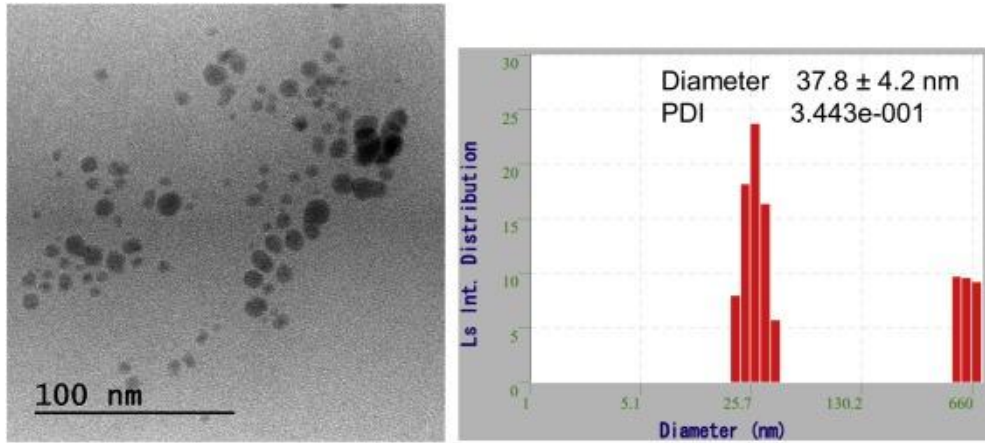


그림 17. 황 나노입자/ 카라기난 필름의 TEM 이미지와 and DLS 그래프

황 나노입자/ 카라기난 필름의 EDX이미지는 그림 18와 같다.

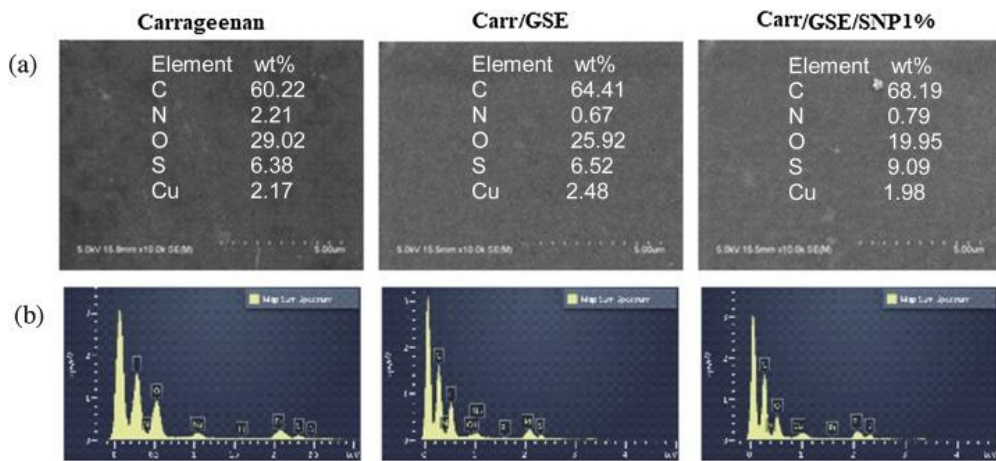


그림 18. (a) 필름 표면의 Field emission scanning electron microscopy 이미지 (b) 필름의 EDX 그래프

필름의 FTIR 결과와 XRD패턴 그리고 수분 팽창률 결과는 아래 그림19과 같다.

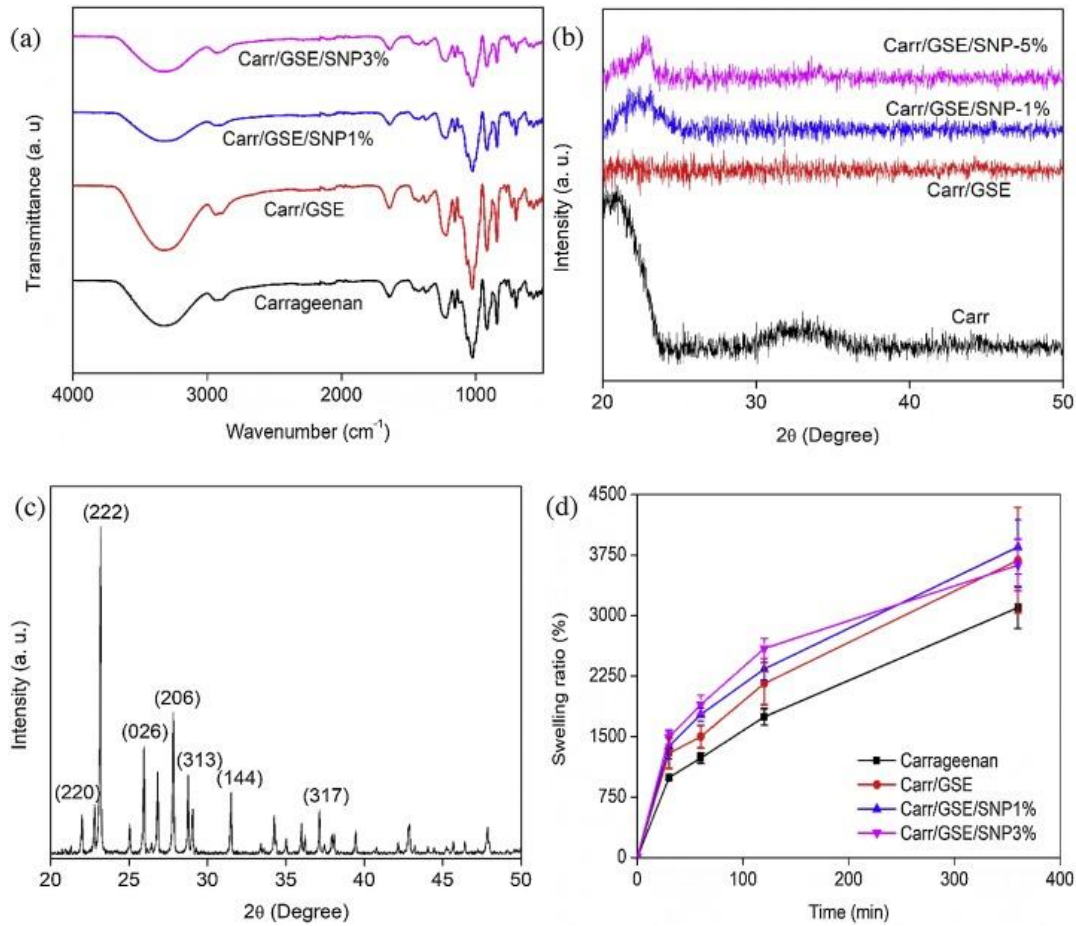


그림 19. 필름의 a) FTIR (b) XRD 패턴 (c) 황 나노입자의 XRD 패턴 (d) 수분에 의한 팽창률

㉔. 카라기난 베이스 하이드로겔 필름의 기계적 특성

기계적 특성은 아래 표 12와 같다.

표 12. 카라기난 베이스의 하이드로겔 필름의 기계적 특성

Film	Thickness (μm)	TS (MPa)	EB (%)	EM (GPa)
Carrageenan	56.3 ± 2.1^a	54.1 ± 3.2^c	14.7 ± 2.1^c	1.4 ± 0.2^b
Carr/GSE	56.4 ± 4.1^a	54.3 ± 4.4^c	13.1 ± 3.6^c	1.8 ± 0.2^c
Carr/GSE/SNP1%	72.6 ± 3.2^b	41.5 ± 5.4^b	11.0 ± 2.2^b	1.2 ± 0.2^a
Carr/GSE/SNP3%	81.4 ± 5.2^c	34.7 ± 4.3^a	6.6 ± 2.4^a	1.3 ± 0.1^{ab}

㉕. 카라기난 베이스 하이드로겔 필름의 친수성

필름의 친수성 측정 결과는 아래 표 13과 같다.

표 13. 카라기난 베이스의 하이드로겔 필름의 친수성

Film	WVP ($\times 10^{-9}$ g.m/m ² .Pa.s)	WS (%)
Carrageenan	2.15 \pm 0.52 ^d	35.0 \pm 9.2 ^{bc}
Carr/GSE	1.99 \pm 0.19 ^c	41.9 \pm 7.1 ^c
Carr/GSE/SNP1%	0.88 \pm 0.11 ^a	25.0 \pm 3.2 ^a
Carr/GSE/SNP3%	1.11 \pm 0.06 ^b	30.8 \pm 7.9 ^{ab}

ㄷ. 카라기난 베이스 하이드로겔 필름의 항균성

필름의 항균성 실험 측정 결과는 아래 그림 20과 같다.

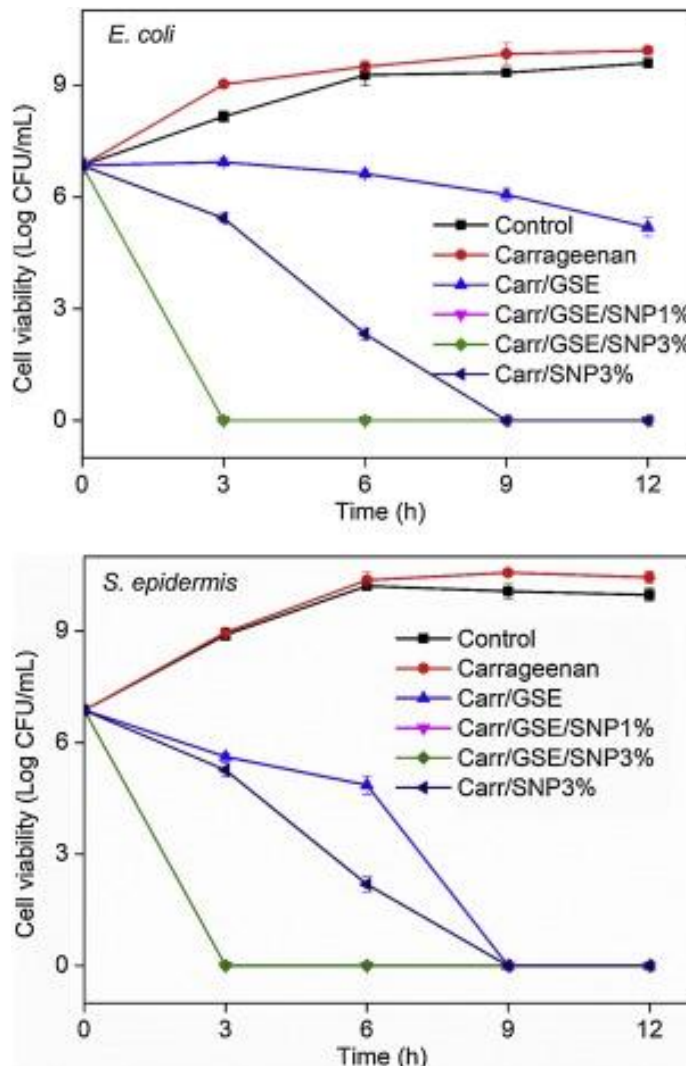


그림 20. 카라기난 베이스 하이드로겔 필름의 항균성

2) Wound dressing 개발

a) Cytotoxicity test

Wound dressing으로의 사용이 가능한지를 판단하기 위해 cytotoxicity test를 진행하였다. 결과는 아래 그림21와 같다.

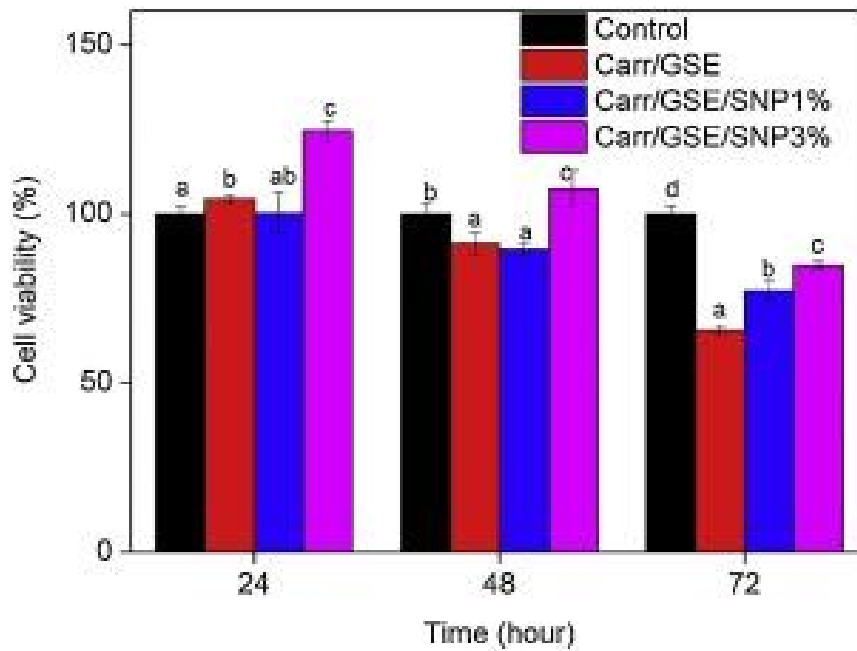


그림 21. L929 세포에 대한 카라기난 베이스 하이드로겔 필름의 Cellular proliferation 분석

b) Wound healing 실험

필름의 wound healing 능력을 보기 위해서 회복 정도와 상처부위가 아무는 면적을 측정하는 실험을 진행하였다. 결과는 아래 그림 22과 같다.

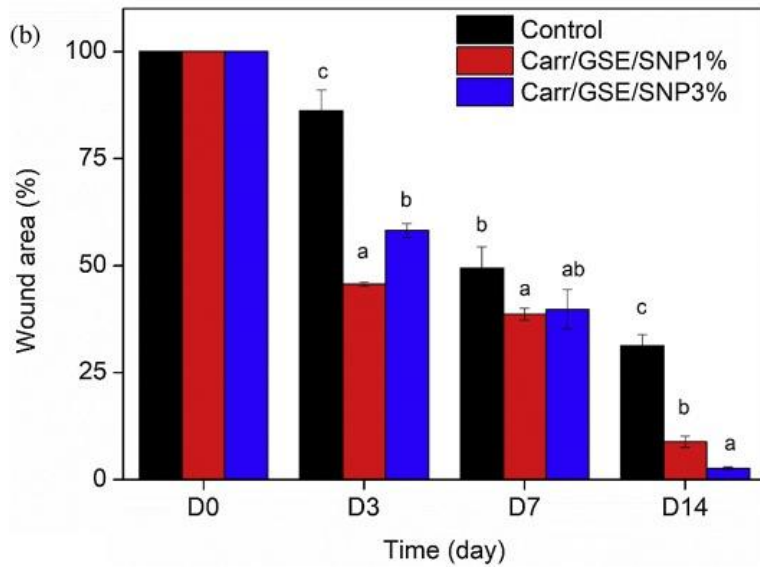
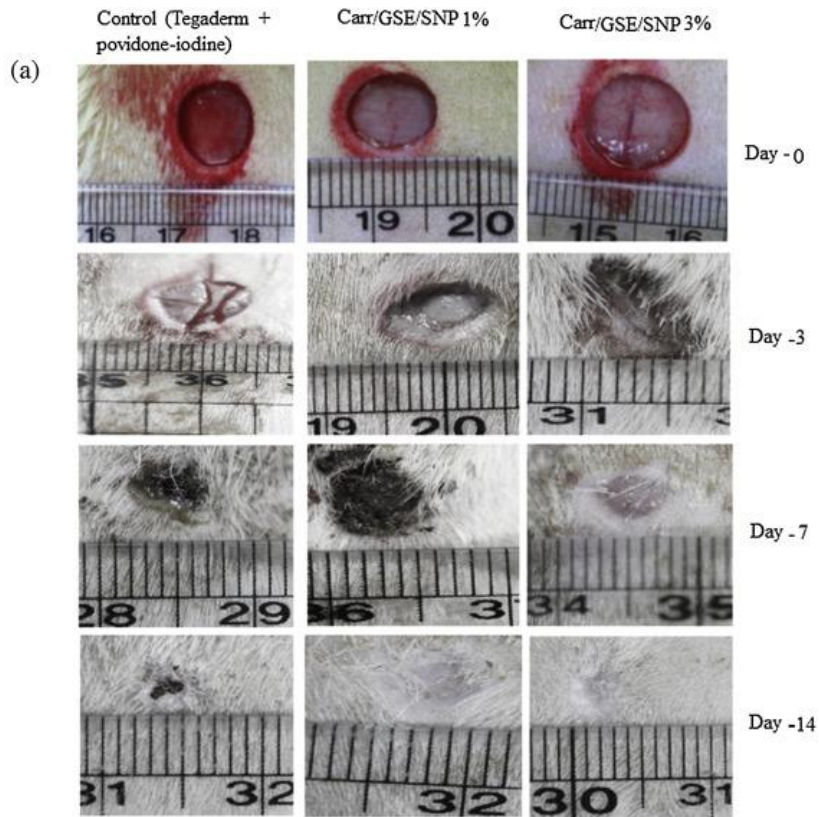


그림 22. (a) rat의 상처 회복 정도 관찰 (b) 시간이 지남에 따라 상처부위의 넓이

c) 조직학 실험

상처부위의 조직학 실험 결과는 그림 23와 같다.

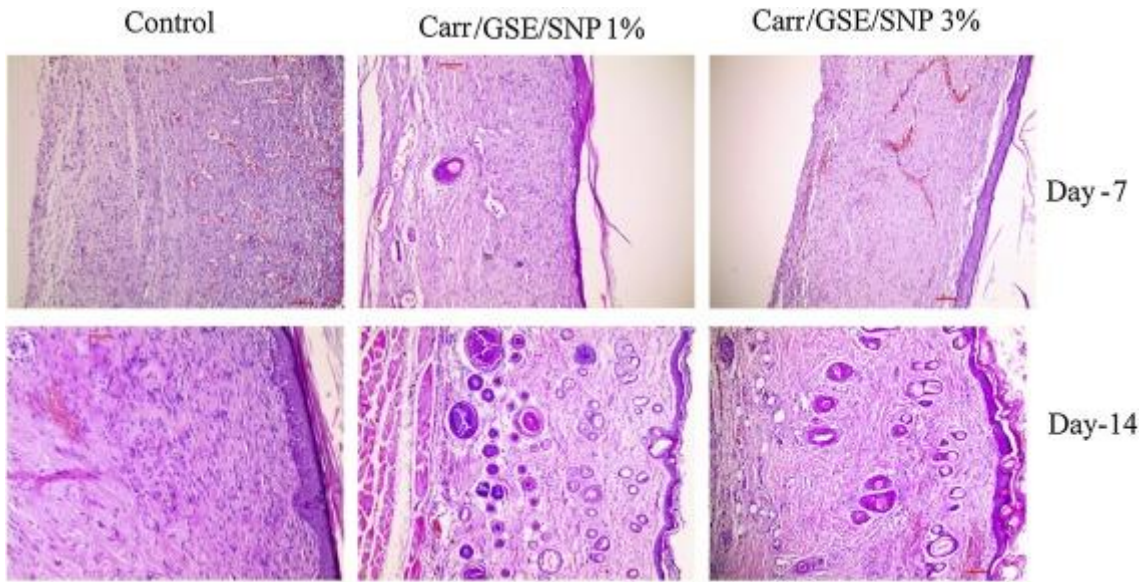


그림 23. hematoxylin and eosin 염색된 피부 조직의 상처가 치료된 피부 조직을 염색 후 조직학 실험 진행

[3차년도: 기능성 포장 필름의 산업화/ 생분해성 기능성 포장재 기술개발]

1. 기능성 포장 필름 확장

1) 마스터배치 제조



그림 24. 제조한 마스터배치

필름 제조를 위한 알맞은 비율의 마스터배치를 제조함.

PLA/PBAT blend film의 경우, PLA:PBAT를 40:60의 비율로 맞추고, 각 기능성 물질을 3 w/v% 첨가하여 제조함.

2) Blowing extrusion을 통한 대량생산



그림 25. blowing extrusion으로 생산한 필름

a) LDPE-based composite films 특성 분석

ㄱ) 미세 구조:

LDPE-based composite films의 미세 구조는 아래 그림 26과 같다.

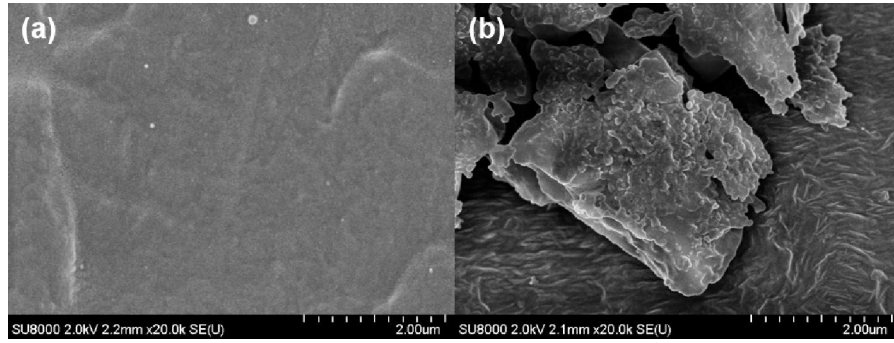


그림 26. LDPE-based composite films의 FESEM 이미지: (a) LDPE and (b) LDPE/ES

ㄴ) 광학적 특성:

LDPE-based composite films의 광학적 특성은 아래 표 14와 같다.

표 14. LDPE-based composite film의 표면색과 광선 투과율

Films	L	a	b	ΔE	T_{280} (%)	T_{660} (%)
LDPE	91.5 ± 0.1 ^b	-0.4 ± 0.1 ^a	4.4 ± 0.1 ^a	0.5 ± 0.1 ^a	50.5 ± 1.6 ^b	79.9 ± 1.6 ^b
LDPE/ ES	85.0 ± 0.7 ^a	0.1 ± 0.4 ^b	28.2 ± 2.1 ^b	24.6 ± 2.1 ^b	2.3 ± 0.7 ^a	31.6 ± 1.0 ^a

ㄷ) FT-IR/ 열 안정성:

필름의 FTIR 측정 결과와 열 안정성 측정 결과는 아래 그림 27과 같다.

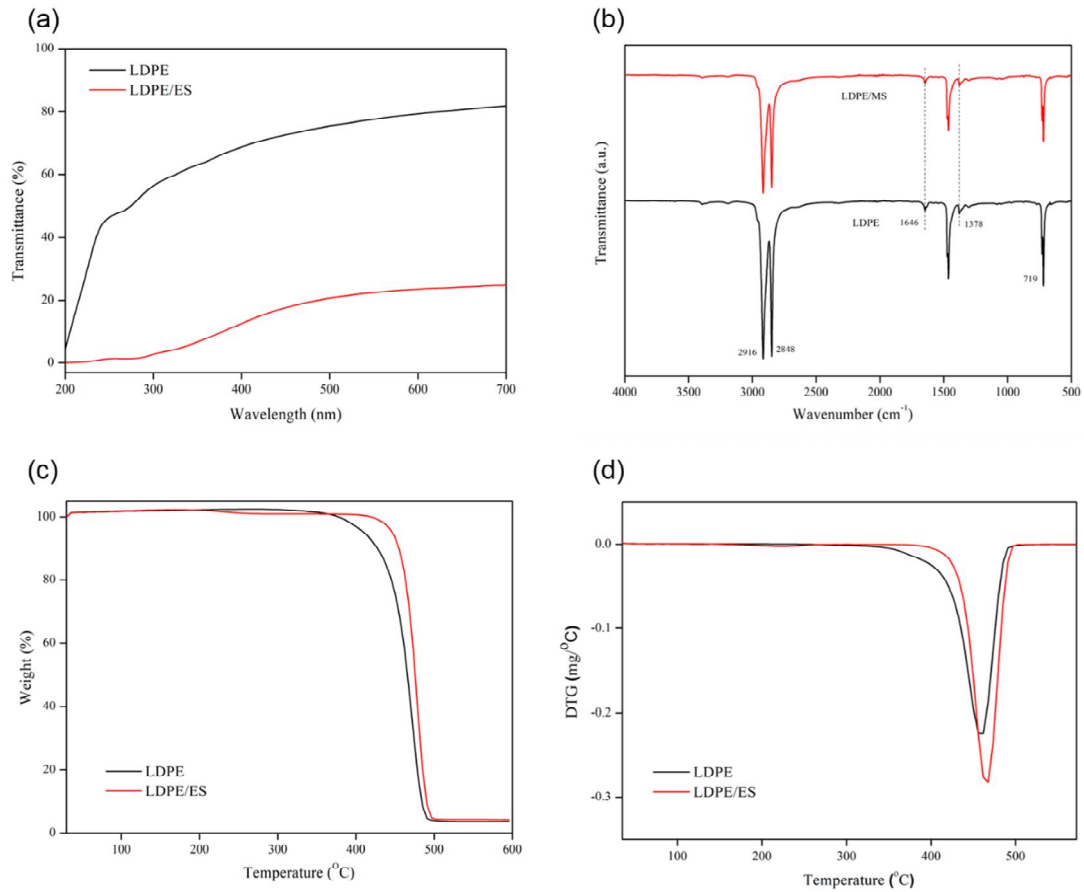


그림 27. (a) 광선 투과율 (b) FTIR, (c) TGA and (d) DTG 결과

⇒ 기계적 특성 및 수분 접촉각:

필름의 기계적 특성 측정 결과는 아래 표 15와 같다.

표 15. LDPE-based composite films의 기계적 특성과 수분접촉각

Film	Thickn ess (μm)	TS (MPa)	EB (%)	EM (GPa)	WCA (deg.)
LDPE	66.1 ± 0.8 ^a	24.1 ± 1.5 ^b	793.9 ± 20.1 ^b	0.79 ± 0.02 ^b	82.7 ± 2.2 ^a
LDPE	68.2	21.1	589.2 ±	0.58 ±	78.1
/ES	± 0.8 ^a	± 0.9 ^a	20.2 ^a	0.02 ^a	± 2.8 ^a

ㄹ) 항균성:

필름의 항균성 실험 결과는 아래 그림28와 같다.

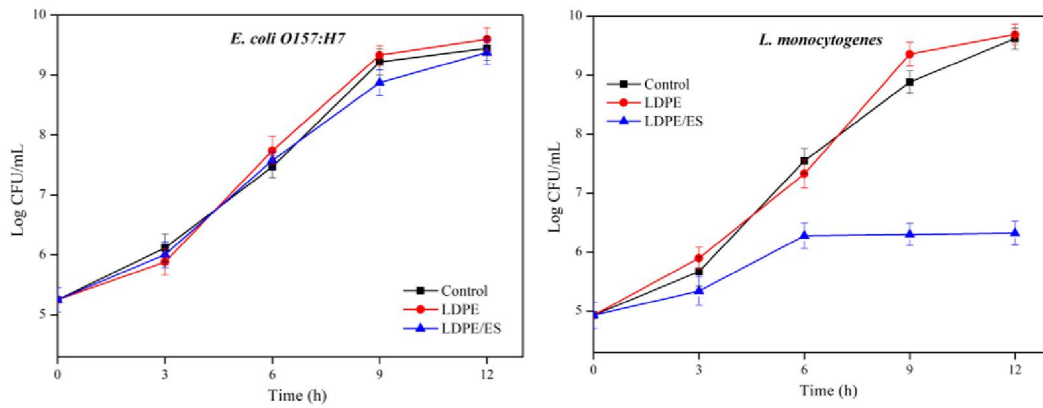


그림 28. 식품 부패에 관여하는 균주 *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* 에 대한 LDPE and LDPE/ES films 의 항균효과

b) PLA/PBAT-based composite films 특성 분석

ㄱ) 미세 구조:

그림 29는 PLA/PBAT-based composite films의 미세 구조를 촬영한 이미지이다.

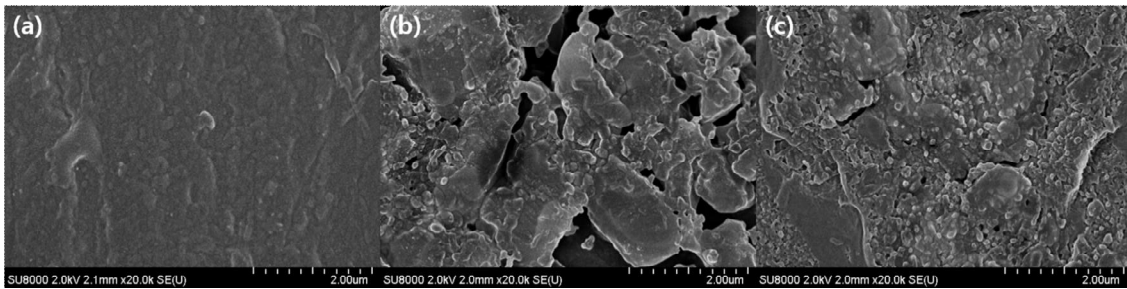


그림 29. PLA/PBAT-based composite films의 FESEM 이미지 (a) PLA/PBAT, (b) PLA/PBAT/ES and (c) PLA/PBAT/SNP

ㄴ) 광학적 특성:

PLA/PBAT-based composite films의 광학적 특성을 측정한 결과는 아래 표16과 같다.

표 16. PLA/PBAT-based composite films의 표면색 및 광선투과율

Films	L	a	b	ΔE	T ₂₈₀ (%)	T ₆₆₀ (%)
PLA/PBAT	92.2 ± 0.1 ^c	-0.3 ± 0.1 ^a	3.8 ± 0.1 ^a	0.8 ± 0.1 ^a	0.1 ± 0.1 ^a	50.3 ± 2.1 ^b
PLA/PBAT/ES	88.8 ± 0.2 ^b	0.1 ± 0.1 ^b	7.8 ± 0.3 ^b	4.6 ± 0.4 ^b	0.1 ± 0.1 ^a	23.9 ± 2.7 ^a
PLA/PBAT/SNP	86.8 ± 0.5 ^a	0.4 ± 0.1 ^c	10.2 ± 0.5 ^c	7.7 ± 0.7 ^c	0.1 ± 0.1 ^a	26.8 ± 3.6 ^a

ㄷ) FT-IR/ 열 안정성:

PLA/PBAT-based composite films의 광선투과율 그래프, FTIR측정 결과, 열 안정성 측정 결과는 아래 그림 30과 같다.

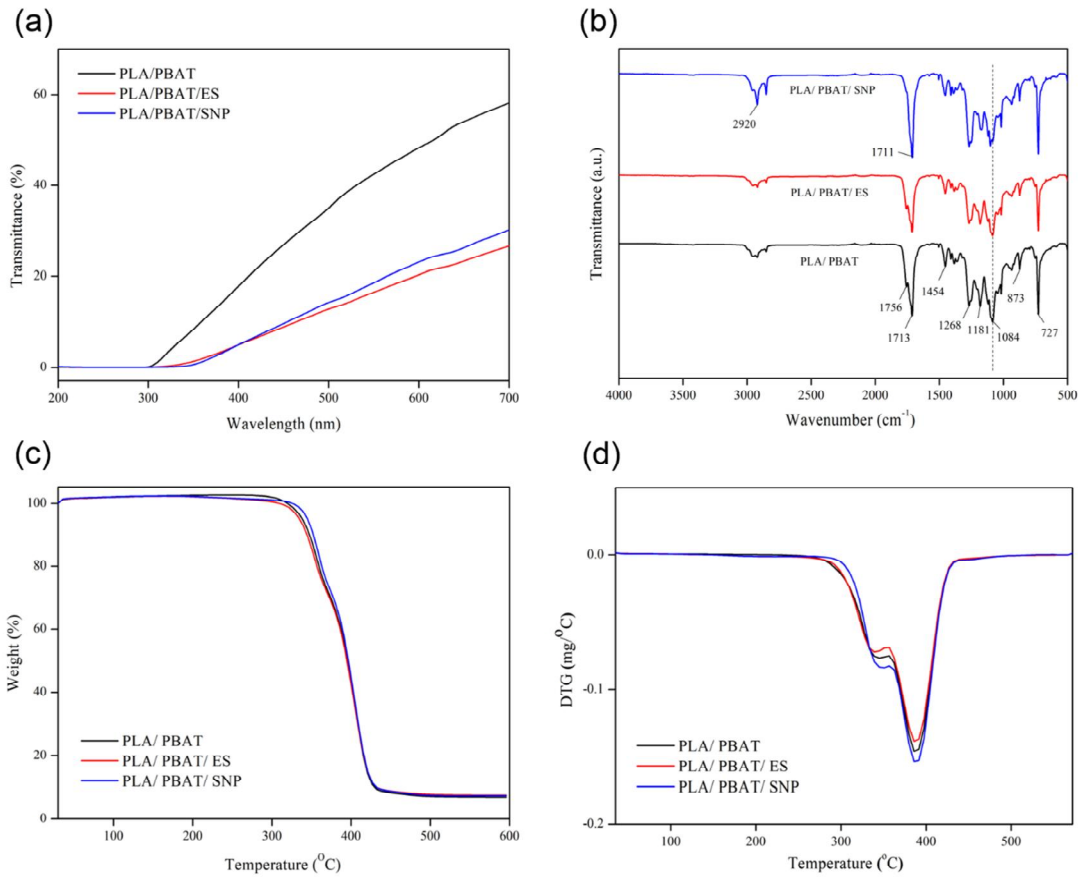


그림 30. (a) 광선 투과율 (b) FTIR, (c) TGA and (d) DTG 결과

ㄹ) 기계적 특성, WVP, WCA:

필름의 기계적 특성, 수증기 투과성 그리고 수분접촉각 실험 결과는 표 16에 나타났다.

표 17. PLA/PBAT-based composite films의 인장강도, 수증기 투과성 그리고 수분접촉각

Film	Thic kness (μm)	TS (MPa)	EB (%)	EM (GPa)	WVP ($\times 10^{-11}$ $\text{g}\cdot\text{m}/\text{m}^2\cdot$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$)	WCA (deg.)
PLA/PBAT	52.8 $\pm 1.5^a$	37.9 $\pm 2.7^b$	388.2 ± 3 5.4^a	$0.39 \pm$ 0.02^b	2.9 ± 0.2^a	66.4 $\pm 1.1^a$
PLA/PBAT/ES	55.0 $\pm 1.9^b$	37.2 $\pm 2.6^b$	417.7 ± 3 2.4^b	$0.33 \pm$ 0.03^a	3.2 ± 0.3^a	67.2 $\pm 2.1^a$
PLA/PBAT/SNP	55.4 $\pm 1.8^b$	34.1 $\pm 1.9^a$	383.5 ± 3 7.8^a	$0.34 \pm$ 0.03^a	2.7 ± 0.2^a	67.6 $\pm 2.6^a$

ㄷ) 항균성:

PLA/PBAT-based composite films의 항균성 실험 측정 결과는 아래 그림 31와 같다.

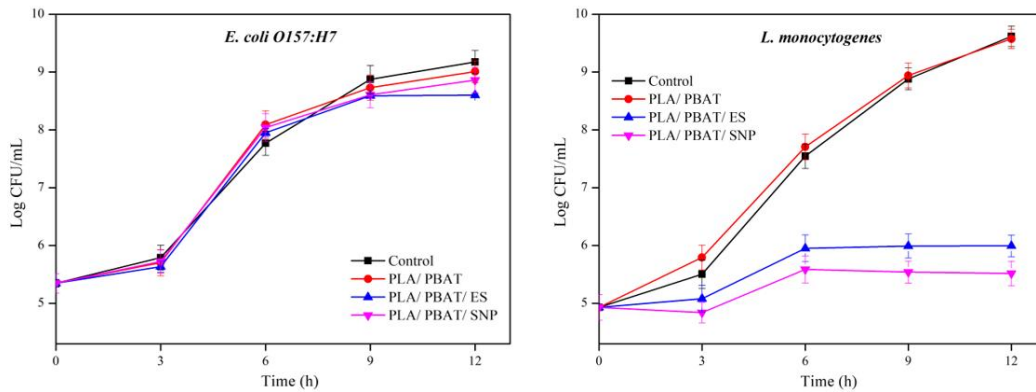


그림 31. Antimicrobial activities of PLA/PBAT, PLA/PBAT/ES and PLA/PBAT/SNP films against food-borne pathogenic bacteria, *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes*.

2. 닭고기 포장 적용 실험

1) LDPE-based film으로 포장

LDPE-based film으로 닭고기를 포장했을때의 항균성 정도를 실험하였다. 결과는 아래 그림32과 같다.

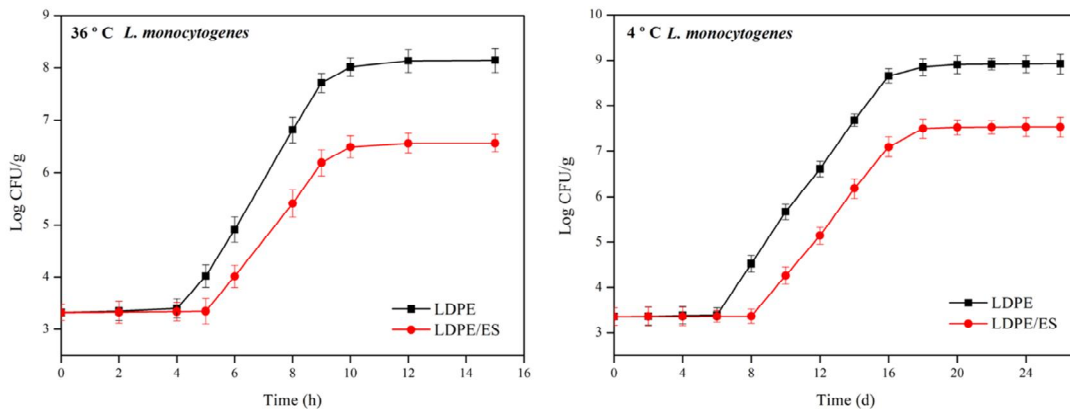


그림 32. 36°C 와 4°C에서 저장한 닭가슴살에서의 *L. monocytogenes* 성장곡선

2) PLA/PBAT-based film으로 포장

PLA/PBAT-based films으로 닭고기를 포장했을때의 항균성 정도를 실험하였다. 결과는 아래 그림33와 같다.

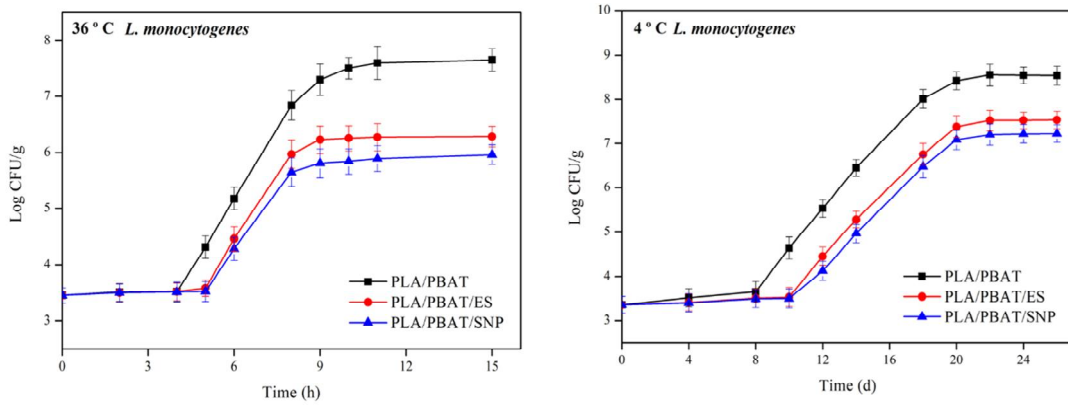

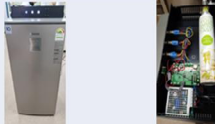
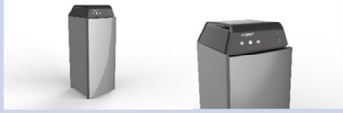


그림 33. 36°C 와 4°C에서 저장한 닭가슴살에서의 *L. monocytogenes* 성장곡선

[3-2협동] 쉬운기술 연구내용

■ 3 단계

[3단계 최종목표달성 및 요약]

	최종목표	달성	비고
1차년도	-시작품의 제조 시스템 하드웨어 구축 -시작품의 제조 시스템소프트웨어 구축	- 이산화탄소 공급 및 진공 오퍼레이션 장착 킷(Valve)제작 - 스테이리스 케이스 전용 플라스틱 밀폐용기 덤펀 제작 - 서랍식 냉장고 슬라이드 On/Off 방식 구조 물 개선 - 케이스 3ch 용 컨트롤 방식 적용 - Main Chipset, 통신방식, I/O 제어 및 사용 전력 확인 - 냉장고 기본 시스템(컴프레서, 냉각기 등)과 호환성 안정화 증대	
2차년도	-농식품 포장용기의 시제품 생산 및 시범 사업 적용 -기능성 농식품포장재의 사업화	-농식품 포장용기의 시제품 생산 -시제품 20~30개 제작하여 각 업체에 배포 하 여 시범 사업 적용 -사업화 및 매출 발생 -농식품 포장용기의 생산/품질 관리 지침 설계 -용기 시스템의 품질제고 및 사용자 확대 설계	
3차년도	-스마트홈 시스템 냉장고에 접목 가능한 농식품 포장용기의 생산 및 사업화	-안드로이드 기반 앱 연동한 장치 개발 완료 -제품 디자인 및 이산화탄소 조정 엔진 업그레이 드 -시제품 납품하여 기능 시험 테스트 진행 -제품화를 위한 KC인증 진행 -매출 확보 및 기대	

- **시작품의 제조시스템 하드웨어 및 소프트웨어 구축:** 3-1세부에서 제공한 김치숙성 알고리즘을 탑재한 전자보드를 설계하여 이산화탄소 공급 및 진공 오퍼레이션 장착킷 제작을 하여 스테이리스 케이스 전용 플라스틱 밀폐용기 덤펀을 제작하였고, 서랍식 냉장고 슬라이드 On/OFF 방식 구조를 개선하여 쉽게 상용할수 있도록 하였다. 케이스는 2개~3개 컨트롤 방식을 채용했으며 각종 데이터를 확인할 수 있도록 앱 및 윈도우 프로그램을 제작하여 실시간 확인을 할 수 있도록 하였다. 기존 냉장고에 결합할 수 있는 냉장고를 채택하여 사업화에 필요한 부분을 보완할 수 있도록 하였다.
- **농식품 포장용기의 시제품 생산 및 시범사업 적용:** 농식품 포장용기의 시제품 생산을 진행하였으며, 3-1세부에서 제공한 알고리즘을 이용하여 제품화에 신경을 쓰으며 생산/ 품질 관리 지침 설계 및 품질제고를 위한 사용자 확대 설계를 진행하였다. 또한 냉장고 자체 제작의 어려움으로 기존 냉장고에 접목할 수 있도록 김치숙성 엔진킷을 제작하여 냉장고 상부에 설치하여 진행하였으며 사용자가 사용하기 편하도록 제작하였다.
- **스마트홈 시스템 냉장고에 접목 가능한 농식품 포장용기의 생산 및 사업화:** 외식업체에 공급된 이산화탄소 치환 용기 시스템이 장착된 김치 용기에 일정량의 김치를 넣고, 개발된 동작모드로 김치를 저장하면서 저장 중 품질을 확인하였다. 용기 내 CO₂ 치환 시스템의 오작동으로 CO₂ 치환에 문제가 발생하였으나, 이미 김치 조직 내로 고농도의 CO₂가 충분히 녹아있어 김치의 탄산맛에는 크게 문제가 되지 않았다. 사용자 행동 패턴 중에서 적숙기 단계 김치를 배송받아 냉장고에 보관했다가 사용하는 경우가 있어 적숙기의 김치를 CO₂ 치환 용기 시스템에 적용하여 품질을 확인하였다. 사용자 행동패턴을 고려한 알고리즘과 동작모드를 보완하였다. 단순히 냉장고만 열면 '일시 정지' 알고리즘이 작동하고 닫으면 셋팅 된 알고리즘으로 작동한다. 김치를 꺼내고자 할 때는 냉장고를 열면 '일시 정지' 알고리즘이 작동하고 CO₂ 치환 용기를 꺼내어 김치를 덜어내고 다시 넣게 되면 사용자가 'start' 버튼을 눌러 재 설정된 알고리즘으로 작동되게 하였다. 현재 구동중인 CO₂ 치환 용기 시스템은 배추 김치에 대해 적용되어 있으며, 이전 연구에서 진행한 깍두기, 물김치, 오이소박이 김치에 대해 추가

작업을 진행하였다. CO₂ 치환 용기 시스템 활용 범위를 확대하는 측면에서 육류 중 돼지고기의 삼겹살과 등심 부위에 대해 O₂ 농도 기준 2~10%의 범위로 조건을 설정하여 품질을 확인하였다. CO₂ 흡수제 흡수 능력을 파악하고, 유연성 김치 포장 내 CO₂ 흡수 능력을 가진 수산화칼슘과 탄산나트륨을 단독 또는 혼합 비율 조절을 통해 김치의 발효 특성과 연관지어 결과를 확인하였다. 또한 기존 냉장고에 설치를 하기위한 디자인 설계를 하였고, 스마트 IoT 디바이스와 접목을 할수 있도록 통신 모듈을 탑재하여 제작하였다.

[1차년: 시작품의 제조시스템 하드웨어 및 소프트웨어 구축]

본 연구수행 결과는 크게 3가지로 부분으로 나누어 볼 수 있다.

- ① 김치숙성 알고리즘이 탑재된 전자보드 상용화 개발
- ② 김치숙성 냉장고 디자인 및 케이스 설계
- ③ 사업화 및 영업 실적

1. 김치 숙성 알고리즘이 탑재된 전자보드 상용화 개발

1) 앞서 진행했던 연구에서는 경남대학교 이동선 교수 연구실에서 진행한 ‘김치숙성알고리즘’을 전자부 펌웨어로 개발하여 ‘김치숙성알고리즘’을 검증하였습니다

2) 본 연구수행에서는 이러한 ‘김치숙성알고리즘’을 충분히 검증한 내용을 바탕으로 실제 제작할 김치숙성냉장고에 탑재될 메인보드(전자부)를 상용화개발을 진행하였습니다

3) 상용화 개발의 주된 초점은;

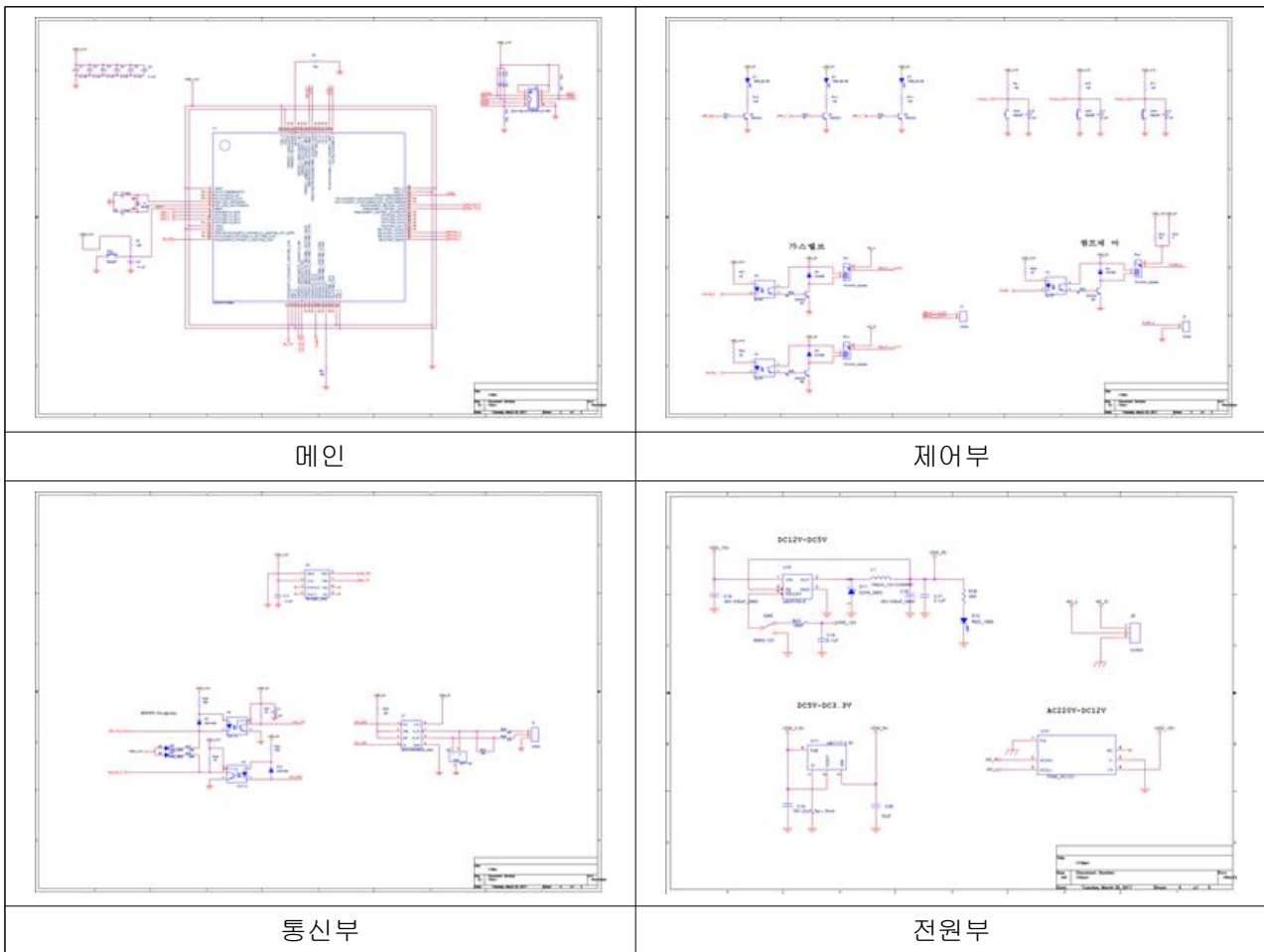
- ① ‘김치숙성알고리즘’이 탑재될 메인보드(PCB보드)의 전원부 안정화
- ② 메인보드의 CPU와 각종 제어 디바이스들 간의 데이터 라인 안정화
- ③ ‘김치숙성알고리즘’ 펌웨어(F/W)의 디버그 및 각종 테스트를 통한 버그의 안정화
- ④ 실제 구동을 통한 전자부 에이징(Aging, 가속시험) 테스트 및 결과물 도출

을 통해 실제 장착할 ‘김치숙성알고리즘’ 엔진 (전자부 메인보드)을 제작하였습니다

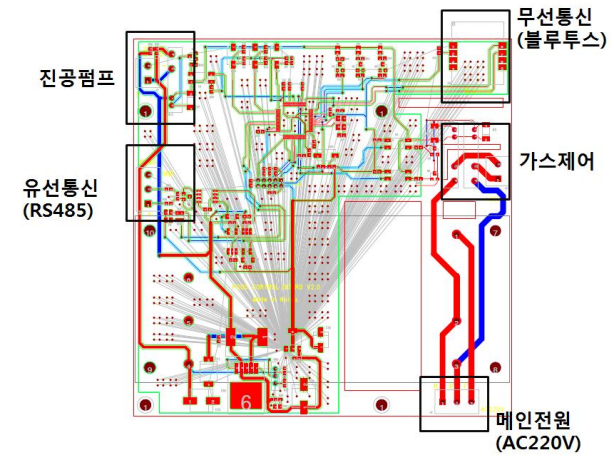
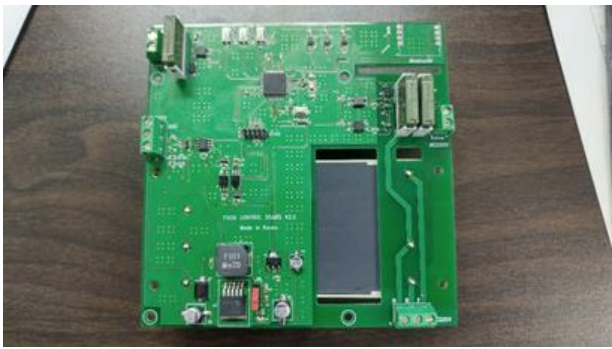
4) 상용화 개발을 위한 개발 환경은 다음과 같다.

- 회로 설계 : ORCAD 10.1
- PCB 설계 : PADS 9.5
- 펌웨어 설계 및 제작 : KEIL C
- BLE (Bluetooth Low Energy 4.1) CSR Programming

a) 김치속성알고리즘 엔진(전자부 메인보드) 회로 설계 및 PCB 설계



- 메인 : 본 전자부 메인보드는 32bit Cortex-M3 (STM32F103VCT6)를 탑재하여 김치속성알고리즘의 성능을 극대화시켰고 상용화를 위한 보드 안정화는 각 전원부에 0.1uF의 캐패시터를 부착을 하여 외부 전자적 충격에 대비할 수 있도록 하였음
- 제어부 : 김치속성냉장고는 가스밸브를 제어할 가스제어부, 진공펌프를 제어할 진공펌프제어부, 기타 별도 디바이스를 제어할 수 있는 ETC 제어부등과 같이 3가지 제어부로 이루어져 있으며, 시각적 이고, 오퍼레이션을 표시하기 위해 LED를 장착하였음. 또한 3개의 스위치를 통해 각 제어들을 수동으로 제어 할 수 있도록 하였음. 제어부 역시 외부 전자적 충격에 대비할 수 있도록 각 릴레이와 CPU 사이 포토커플러를 장착하여 절연처리(Isolate)를 하였음
- 통신부 : 김치속성냉장고 엔진의 통신은 유선통신인 RS485, 무선통신은 Bluetooth 4.1 총 2가지로 구성되어 있으며, 보통 블루투스를 이용하여 스마트폰, 스마트홈. IoT 와 호환할수 있도록 하였음. 특히 RS485는 절연처리를 통해 외부 전자적 충격 보호를 할 수 있는 보호회로(포토커플러처리)를 처리해 놓았음.
- 전원부 : AC220V를 DC12V 10A를 사용할 수 있도록 SMPS를 보드에 직접 부착을 하여 전원 안정화에 중점을 두었음. 가스밸브는 AC220V를 사용하기 때문에 AC220V를 공급하였고, DC-DC Convert를 통해 DC12V→DC5V→DC3.3V 로 레귤레이터(Regulator) 하여 각각 요소에 안정적인 전원을 공급함

	
PCB 설계도	완료된 김치속성알고리즘 엔진

- PCB 설계의 가장 핵심은 전원 공급의 안정화와 실용성 있는 부품 배치를 통해 김치속성냉장고 설치 시 효율성 있도록 제작 하였음
- 메인전원이 AC220V이기 때문에 관리 부분에 많은 신경을 써야하기 때문에 보드에 일체화 하여 김치속성 냉장고에 설치할 때 안정성 있게 설치 할 수 있음.
- 크기는 150x150x5T 로 컴팩트하게 제작을 하였고, 방열처리를 위한 병열 홀, 데이터 서치 및 전원 안정화를 위해 GND 패턴을 비아홀(VIA HOLL)를 빈 공간마다 처리를 해놓아 제품 인증 및 추후 가정용 사용에 안정적으로 동작할 수 있도록 하였음
- 추후 제품 생산 시 즉시 보드를 공급 할 수 있도록 ;
PCB 어레이 진행 (4x4 배열), 메탈마스크 제작, 생산업체 선정(두성전자), 부품(세미하이) 진행을 하였음

- 김치 속성 알고리즘이 탑재된 펌웨어 소스 (메인 펌웨어 소스만 표시 하였음)

-----상위

생략

#include <includes.h>

```
int main(void)
{
    init_task();
    for(;;) main_task();
}
```

```
void init_task(void)
{
    SYSTEM_Initialization();
    GPIO_Initialization();
    UART_Initialization();
    EXTI_Initialization();
    TIMER_Initialization();

    SET_CO2_OFF();
    SET_VACUUM_OFF();
}
```

```
void main_task(void)
{
}
```

펌웨어 GPIO 제어단

#include <includes.h>

```
void GPIO_Initialization(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    /* CO2 VALVE */
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA, ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_4|GPIO_Pin_5;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);

    /* VACUUM VALVE */
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC, ENABLE);
```

```

GPIO_InitStruct.GPIO_Pin = GPIO_Pin_5;
GPIO_InitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
GPIO_InitStruct.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStruct);

/* LED */
RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC, ENABLE);
GPIO_InitStruct.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0|GPIO_Pin_1|GPIO_Pin_2;
GPIO_InitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
GPIO_InitStruct.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStruct);

/* SW */
RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);
GPIO_InitStruct.GPIO_Pin = GPIO_Pin_12|GPIO_Pin_13|GPIO_Pin_14;
GPIO_InitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING;
GPIO_InitStruct.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStruct);
}

void SET_CO2_ON(void)
{
    GPIO_WriteBit(GPIOA, GPIO_Pin_4|GPIO_Pin_5, Bit_RESET);
    SET_LED_ON(LED1);
}

void SET_CO2_OFF(void)
{
    GPIO_WriteBit(GPIOA, GPIO_Pin_4|GPIO_Pin_5, Bit_SET);
    SET_LED_OFF(LED1);
}

void SET_VACUUM_ON(void)
{
    GPIO_WriteBit(GPIOC, GPIO_Pin_5, Bit_RESET);
    SET_LED_ON(LED2);
}

void SET_VACUUM_OFF(void)
{
    GPIO_WriteBit(GPIOC, GPIO_Pin_5, Bit_SET);
    SET_LED_OFF(LED2);
}

```

```

void SET_LED_ON(uint16_t LEDs)
{
    GPIO_WriteBit(GPIOC, LEDs, Bit_SET);
}

```

```

void SET_LED_OFF(uint16_t LEDs)
{
    GPIO_WriteBit(GPIOC, LEDs, Bit_RESET);
}

```

펌웨어 통신단

```

void USART2_IRQHandler(void)
{
    if(USART_GetITStatus(USART2, USART_IT_RXNE))
    {
        USART_ClearITPendingBit(USART2, USART_IT_RXNE);
        uc_usart2_rx_byte = USART2->DR;
        if(uc_usart2_rx_byte=='<')
        {
            uc_usart2_rx_cnt = 0;
            memset(uc_usart2_rx_buffer, 0, sizeof(uc_usart2_rx_buffer));
            uc_usart2_rx_buffer[uc_usart2_rx_cnt++] = uc_usart2_rx_byte;
        }
        else if(uc_usart2_rx_byte=='>')
        {
            uc_usart2_rx_buffer[uc_usart2_rx_cnt++] = uc_usart2_rx_byte;

            if(strcmp((const char *)uc_usart2_rx_buffer,
"<CO|ON>")==0) SET_CO2_ON();
            else if(strcmp((const char*)uc_usart2_rx_buffer, "<CO|OF>")==0)
SET_CO2_OFF();
            else if(strcmp((const char*)uc_usart2_rx_buffer, "<VA|ON>")==0)
SET_VACUUM_ON();
            else if(strcmp((const char*)uc_usart2_rx_buffer, "<VA|OF>")==0)
SET_VACUUM_OFF();

            uc_usart2_rx_cnt = 0;
        }
        else
        {
            uc_usart2_rx_buffer[uc_usart2_rx_cnt++] = uc_usart2_rx_byte;
        }
    }
}

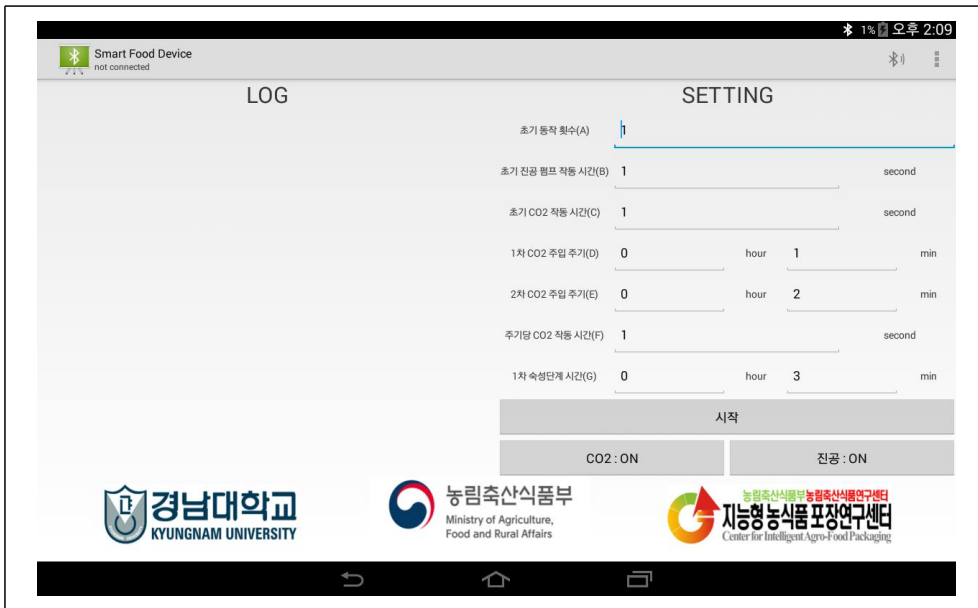
```



```
    }  
    return:  
}
```

-----이하 생략-----

b) 김치숙성냉장고 IoT 기반 어플리케이션 제작



- App(어플리케이션)은 김치숙성냉장고에 탑재된 김치숙성알고리즘 엔진에 블루투스 통신을 통해 제어를 하는 프로그램으로 원격에서 무선으로 제어할 수 있도록 하여 사용자 편의성 증대 향상
- 어플리케이션 사용환경은 안드로이드 6.0 이상 탑재된 스마트폰이면 사용가능함.
- 2차 년도에는 제작한 어플리케이션을 UI 디자인을 통해 어플리케이션 업그레이드 진행하여 플레이스토어에 등록 할 수 있도록 할 것임
- 앱 기능은 ① 김치숙성 알고리즘 자동 모드 ② 직접 밸브 제어 시간을 조절하는 수동모드 ③ 디바이스 테스트 기능 ④ 실제 구동하고 있는지 확인할 수 있는 로그파일 생성 등을 제공한다.
- 추후 플레이스토어 등록시에는 위의 기능을 앱에 숨기고, 실제 소비자들이 사용하는 알고리즘 자동 모드를 통해 동작을 할것임. 특히 블루투스 통신을 통해 아파트 홈네트워크 시스템 월패드와 연동하여 김치숙성 완료 여부를 알림을 통해 알려줌으로서 사용자 편의성 증대를 구현할 것임
- 제어용 소프트웨어 코드 (메인 부분은 발췌하여 개시함)

윈도우(어플리케이션)에서 버튼을 눌렀을 경우 해당 프로토콜의 데이터가 펌웨어로 넘어갑니다.

-----상위

생략

```
public static string CO2_ON = "<CO|ON>"
public static string CO2_OFF = "<CO|OF>"
public static string VACUUM_ON = "<VA|ON>"
public static string VACUUM_OFF = "<VA|OF>"
```

```
private void btn_co2_ctrl_Click(object sender, EventArgs e)
```

```

{
    if (!isEnabledCo2)
    {
        printf(SERIAL, CO2_ON);
        btn_co2_ctrl.Text = "CO2 VALVE : OFF"
    }
    else
    {
        printf(SERIAL, CO2_OFF);
        btn_co2_ctrl.Text = "CO2 VALVE : ON"
    }

    isEnabledCo2 = (isEnabledCo2 == true) ? false : true
}

private void btn_vacuum_ctrl_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (!isEnabledVacuum)
    {
        printf(SERIAL, VACUUM_ON);
        btn_vacuum_ctrl.Text = "VACUUM PUMP : OFF"
    }
    else
    {
        printf(SERIAL, VACUUM_OFF);
        btn_vacuum_ctrl.Text = "VACUUM PUMP : ON"
    }

    isEnabledVacuum = (isEnabledVacuum == true) ? false : true
}

```

-----이하

생략

2. 김치숙성 냉장고 디자인 및 케이스 설계

- 본 연구 전의 연구에서 영업 자료 제작을 위한 김치숙성냉장고 디자인을 진행 한바가 있음. 그 디자인을 이용하여 상용화 디자인 설계를 다시 진행하였음

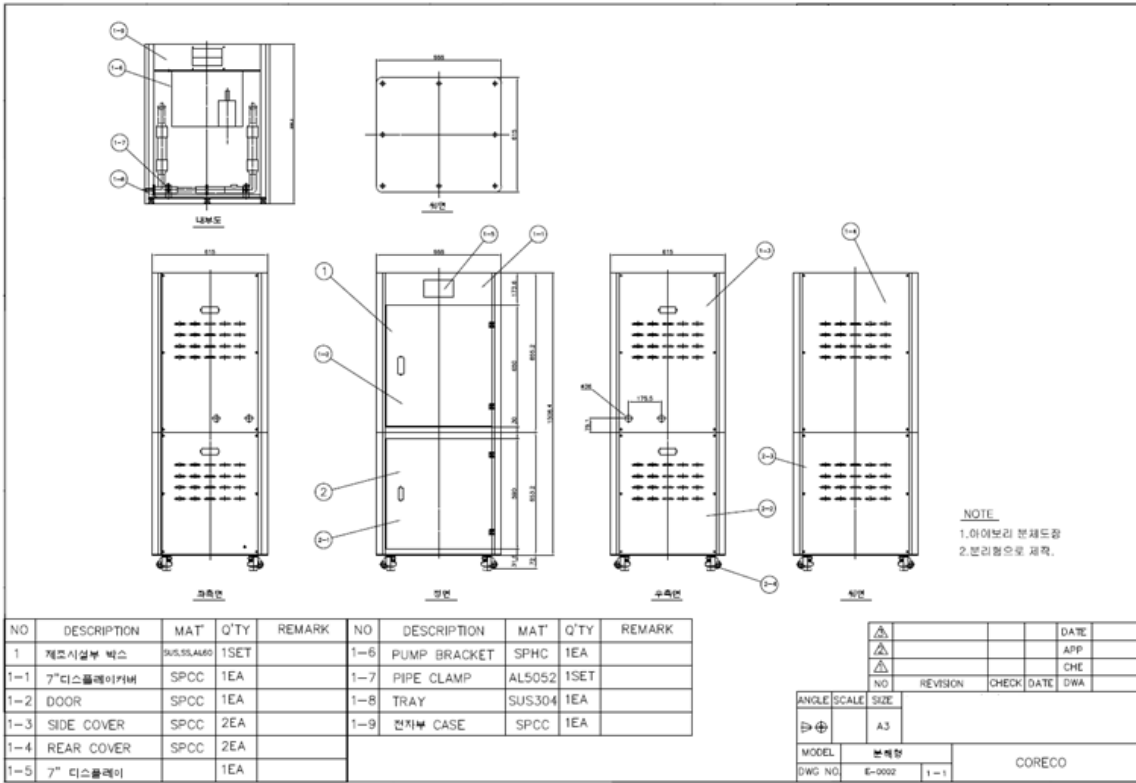
탄산주입 김치냉장고 디자인안 및 구조도



- 김치 보관통을 총 5개를 보관할 수 있도록 하고, 위 3칸은 김치숙성칸, 아래 2칸은 야채 및 고기 보관 칸으로 실제로는 김치숙성알고리즘이 탑재되어 있는 칸은 위 3칸임
- 현재 완료된 디자인은 하이그로시 방식이지만 납품처에 따라 빌트인으로 제품을 납품 할 경우 싱크대 사이 삽입 할 수 있기 때문에 싱크대 문짝을 직접 부착할 수 있도록 설계를 하였음
- 김치숙성냉장고 뒤편에 김치숙성알고리즘 엔진을 탑재할 수 있으며, 이산화탄소 탱크는 아래 2개 칸 안쪽에 뚜껑을 만들어 손쉽게 이산화탄소 탱크를 교체할 수 있도록 설계 하였음



- 디자인에 따라 케이스 외형 설계를 진행하였으며 냉장고 냉매, 냉장시설을 2차년도에 전문 설계 업체를 통해 아래 설계도에 반영을 할 임



- 위의 설계도는 위칸과 아래칸을 나눈 구조로 분할 및 통합 2가지로 나누어 볼수 있으며, 수요업체 요청에 따라 변경 가능할 수 있도록 하였음
- 시제품타입으로 실제 냉장실 조건으로 테스트 위해 제작을 하였으며, 테스트가 끝난 이후 상용화를 위한 케이스 제작을 할 것임

- 시제품 타입 실물 (수정 중)



- 김치보관통은 삼성전자 김치냉장고 스텐레스재질 메탈쿨링김치통을 이용하여 제작 하였으며 실제 이산화탄소가 투입할 밸브는 좁은 부분 및 넓은 부분에 장착을 하여(구조에 따라 수정가능) 실험

을 하였음. 본 실험은 경남대학교에서 진행하였으며, 김치통 세부 구조는 앞서 설명을 해 놓았음



3. 사업화 및 영업성과

- 사업 초기부터 진행해 왔던 건설회사 영업은 목표로 했던 2군데(서희건설, 세영건설)중에 세영건설 모델하우스에 투입할 수 있도록 진행하였음
- 본사에서 직접 투입할 수 없기 때문에 세영건설에 홈네트웍시스템 납품 공사업체인 우주테크를 통해 제품을 공급할 수 있음



아파트 홈네트웍 시스템 및 가전제품을 납품하는 벤더 회사



- 또한 사업화를 위해 CECO(창원전시장)에서 진행했던 창원시 페스티벌에 본 제품을 전시하여 홍보를 적극적으로 진행하여 제품 기사 및 뉴스 영상에 홍보를 하였음



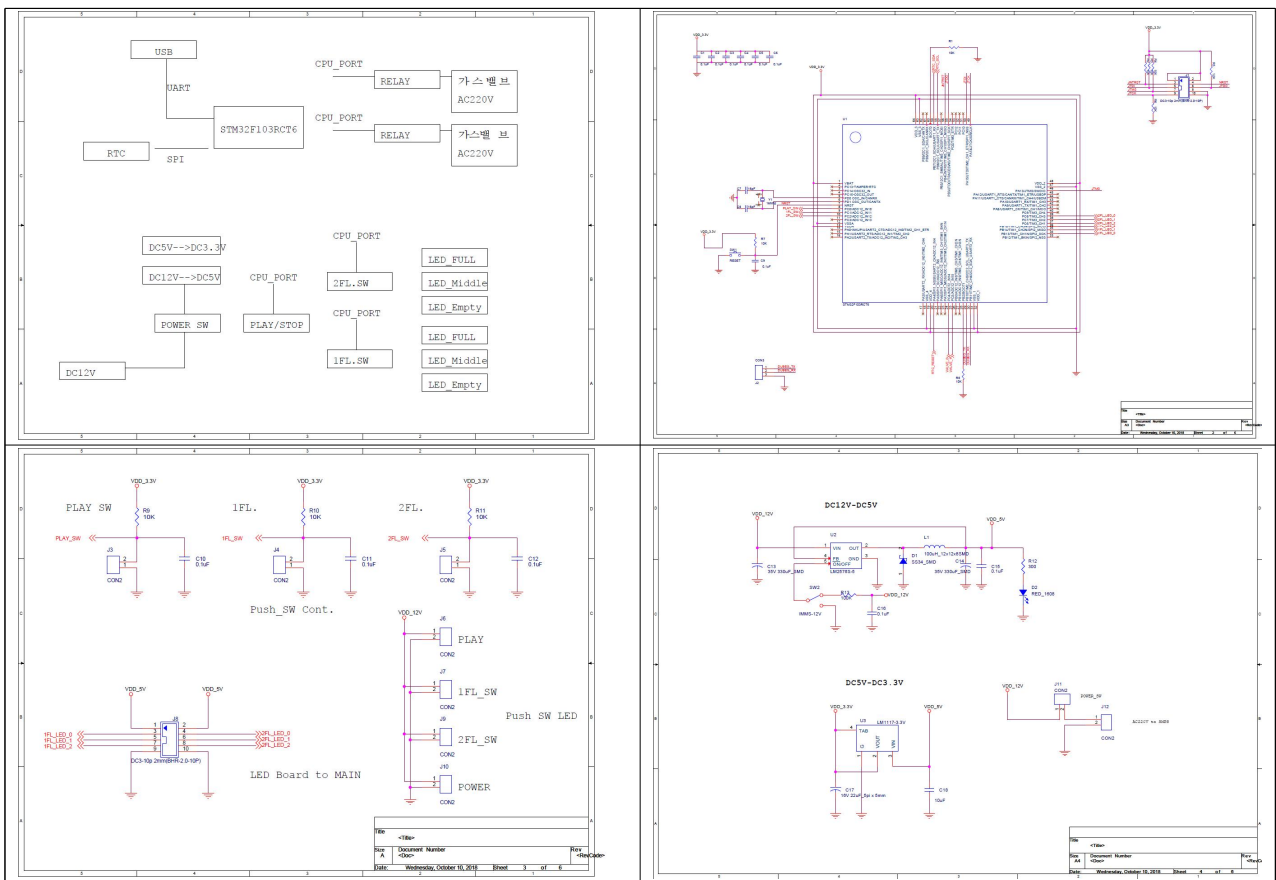
[2차년: 시작품의 제족 시스템 구축]

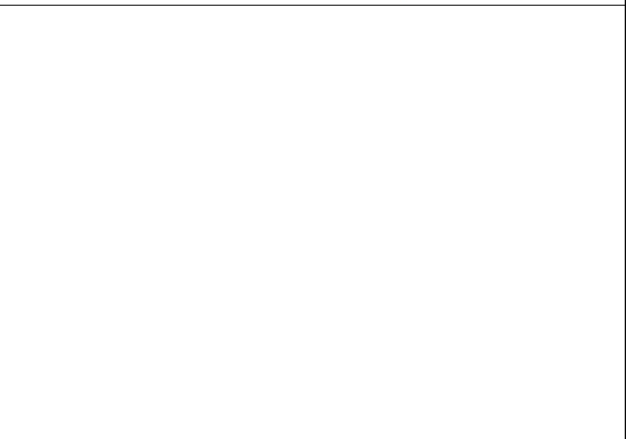
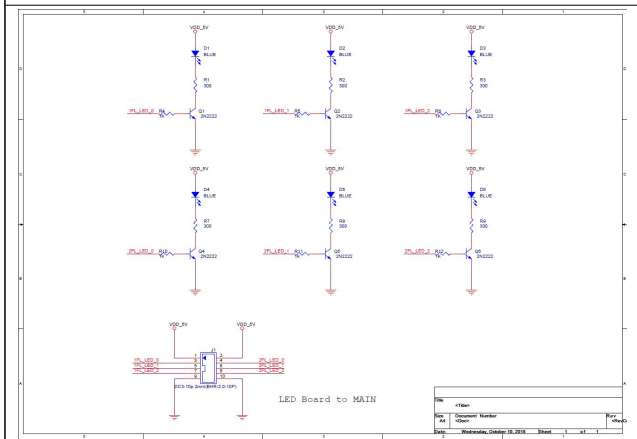
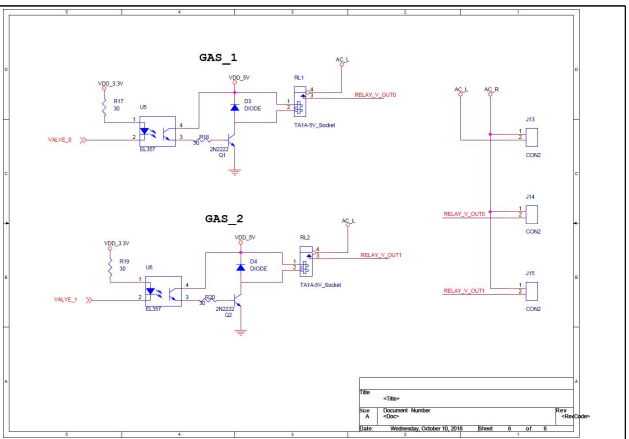
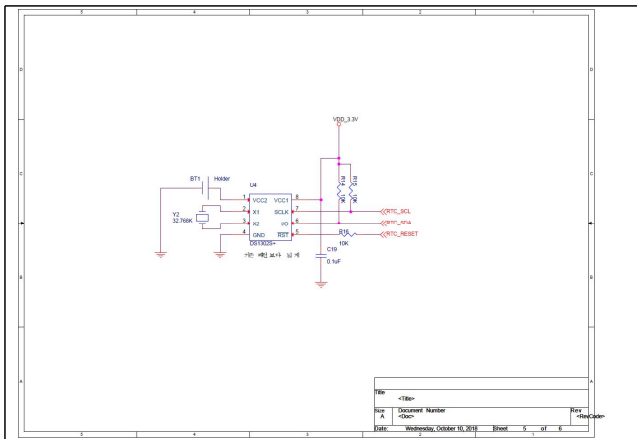
1. 농식품 포장용기의 시제품 제작

1) 전자부

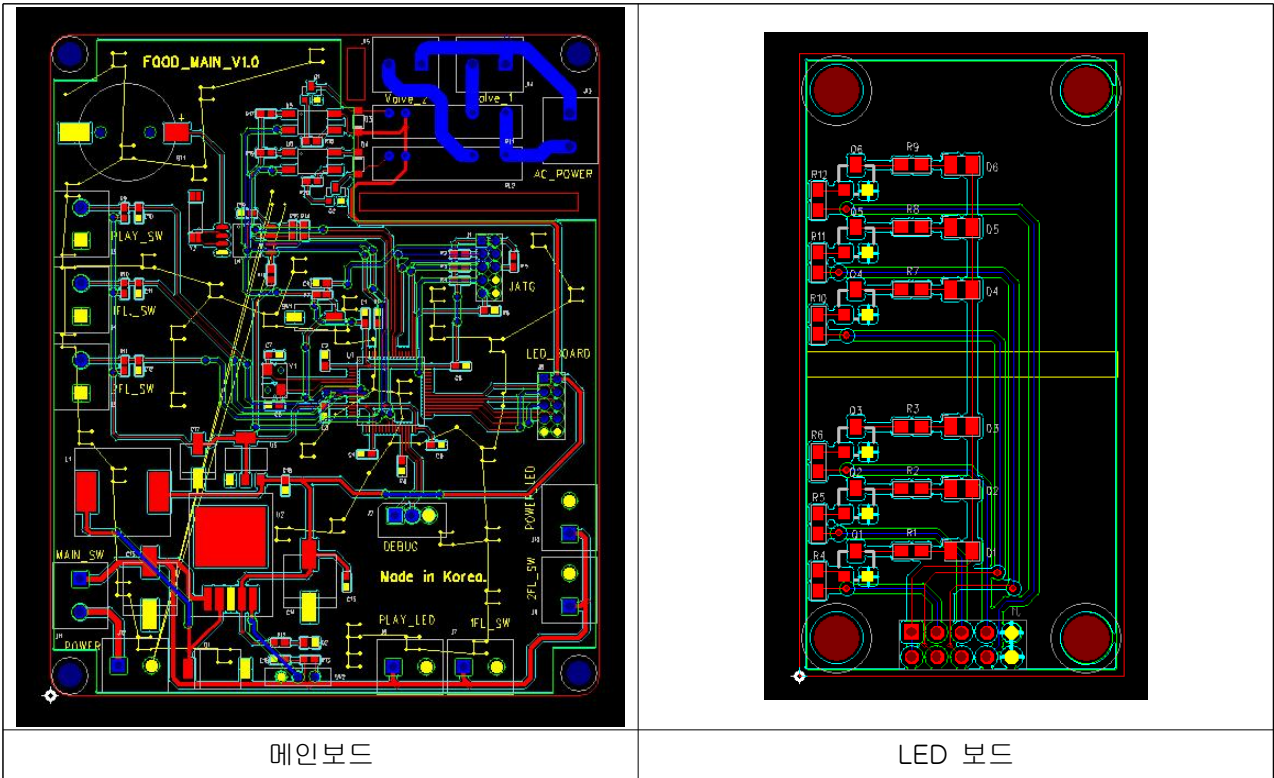
- 경남대학교에서 개발 된 김치 숙성 알고리즘이 탑재된 전자보드 제작
- 시제품 제작 후 AGING TEST 및 디버깅을 통해 1차 자체 테스트 및 문제점에 대한 체크리스트 작성 보완
- 보완된 내용을 토대로 다음과 같이 설계 완료 하였음

a) 회로 설계

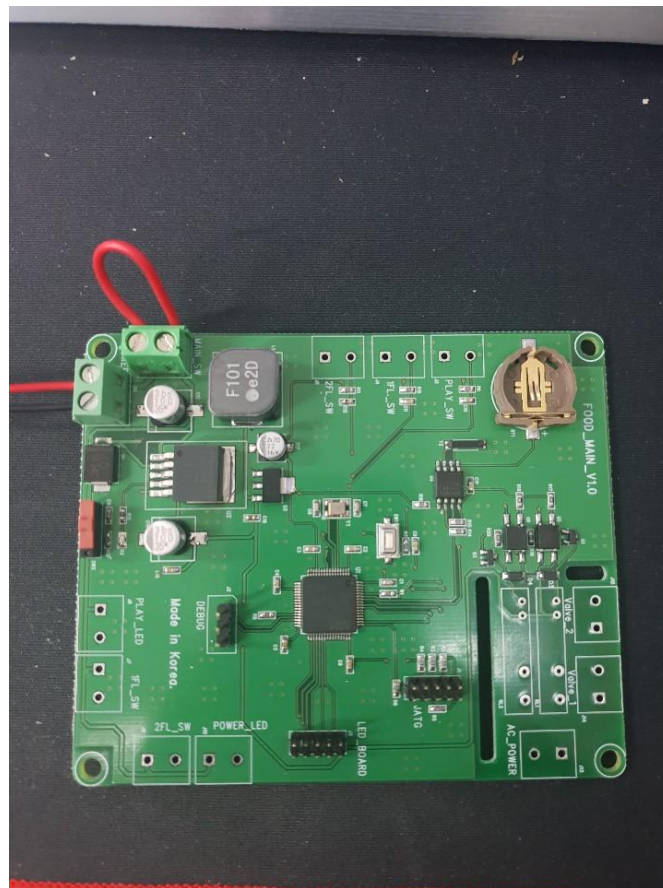




b) PCB 설계



c) 완성된 PCB



d) 제품 조립

- 적용한 김치 냉장고

		
<p>김치 냉장고 설치</p>	<p>컨트롤 박스 내부</p>	<p>냉장고 내부</p>

2. 김치숙성냉장고 사업 범위 확장

1). 급외식 업소 사업 확장

- 급외식 업소 냉장고에 시험 사례 공급 및 운전 매뉴얼 제공과 문제점 파악
- 본사 주변 급외식 업소에 상용화 제품 시범 설치 예정



2). 신규 주택 건설 현장 적용

- 신규 주택 건설 현장 모델하우스 (샘플하우스)에 설치 예정
- 창원시 의창구 북면 하천리 250 주택지구
- 주택 모델하우스 (샘플하우스)에 3월 내 설치



[3차년: 농식품 포장용기의 시제품 생산 및 시범사업 적용]

1. 농식품 포장용기의 시제품 생산

- 1) 1~2차년도에 개발한 시제품을 보완하여 시제품 제작 완료
- 2) 김치냉장고 상단에 별도의 디자인을 한 케이스 제작하여 납품할 수 있는 수준으로 제작완료

2. 시제품 20~30개 제작하여 각 업체에 배포 하여 시범 사업 적용

- 1) 김치숙성냉장고 20개 가량 제작하여 각 업체에 배포
 - a) 김치숙성냉장고를 총 11대 구입하여 제작하였음
 - b) 20대를 채우지 못한 것은 기존 냉장고 업체가 냉장고를 단종시키고 제품 리뉴얼을 하여 가격을 올렸기 때문에 예산안에 구입은 11대를 구입 하였음



2) 업체의 반응 파악 및 수요자 니즈 조사

a) 사업화 및 매출

ㄱ) 급외식업소 : 시범사업 적용 후 추가 구매 업체 파악을 하여 3곳에 우선 냉장고를 설치하기로 하였고, 특히 광주광역시 이앤오테크를 통해 시제품 냉장고를 구매를 하여 광주 인근 식당에 냉장고를 설치, 매출은 약 천만원 달성하였음

전자세금계산서				출판번호: 20190302-1000000-97384394			
등록번호	출처	등록번호	출처	등록번호	출처	등록번호	출처
상호 (법인명)	주요사업	상호 (법인명)	주요사업	상호 (법인명)	주요사업	상호 (법인명)	주요사업
사업장	사업장	사업장	사업장	사업장	사업장	사업장	사업장
업태	세종명	종목	항목명	업태	세종명	종목	항목명
이계일	이계일	이계일	이계일	이계일	이계일	이계일	이계일
계상일자	공급가격	세액	취급사명	계상일자	공급가격	세액	취급사명
2019/03/02	8,854,545	895,455		2019/03/02	8,854,545	895,455	
품명	수량	단가	공급가격	세액	비고		
09-101 전자식업소 이용한 급식용냉장고 (기체용 10set)	1	8,854,545	8,854,545	895,455			
합계금액	환급	추분	여분	취급사수금	이 금액을 (할구) 할		
8,850,000							

입출거래내역

거래처명	계좌번호	거래내역	금액
포토세제	2019-09-03 13:46:13	포토세제공정생	1억3천만원
계정일시	-	잔액	잔액
출발금액	-	입출금액	9,850,000 원
거래내용	이앤오테크 (주)	상대은행	기밀은행
거래구분	전자로	상대계좌번호	

* 주위 및 처리관계는 변경가능성이 있어 법적 효력이 없습니다.



- 가정용 : 모델하우스 및 샘플주택에 납품 준비를 하여 마케팅을 적극 진행 중임

3) 농식품 포장용기의 생산/품질 관리 지침 설계

- a) 농식품 포장용기의 품질관리: 용기에 각종 기구물의 정확한 장착 여부 확인, 용기의 뚜껑과 냉장고 연결부의 연결사항 점검, 이산화탄소 실린더의 장착 위치 점검 및 안전사항 확인, 냉장고 작동부에서 농식품 포장용기 작동 프로그램 확인
- b) 아래의 그림은 1차년도에 진행했던 안드로이드형 제어 시스템이며 홈오토메이션과 연동할 수 있는 앱을 개발 진행하였음



c) 생산관리의 진행사항 및 결과는 문서화 및 기록관리

생산 전 과정에서 준수해야할 공정 순서 및 사용 부속품, 농식품 포장용기 생산에 사용되는 각종 기구장치의 관리 및 사용 안전 사항, 농식품 포장용기의 냉장고 장착에 따른 작동 안전 사항 등이 해당

아래와 같이 자체 및 공인기관의 검사와 시험을 통하여 신뢰성 인증을 확보한다.

순번	검사항목	규정치	측정기구	검사내용
1	외관검사	양호할것	육안	눈으로 보고 흠,기포변형 및 기타 사용상 유해한 결점을 체크한다.
2	치수검사	사양서기준	VC/줄자	각 부의 치수검사시 기준치에 적합한지 체크한다.
3	입력전압 변동시험	DC70V-230V	전원공급기	입력전압을 DC 70-140V, AC90-250V를 인가
4	급 변동시험	이상없을것	전원공급기	입력전압을 단계별로 전압을 급변동하여 인가하여 깜박거리는 플리커 현상이 없어야 함.
5	신뢰성 시험	사양서 의거 99%이상	육안	자체 사양서에 의거하여 모든 진행 과정에 차질이 없도록 해야함

6	통신 신뢰 성 시험	BLE	99%이상	오실로 스코프, 육안	자체 사양서에 의거하여 통신신뢰성 시험 기준 치에 적합한지 체크한다.
		ZIGB EE	99%이상	오실로 스코프, 육안	
		LoR A/Z -wa ve	99%이상	오실로 스코프, 육안	
7	절연저항시험	5MΩ	INSULATI ON Tester	충전부를 일괄한 것과 비충전 금속부와의 사이 에 KS C 1301 또는 KS C 1302에 규정하는 500V 절연저항계로 측정하여 규정치에적합하여야한다.	
8	내구성시험	이상없을것	항온항습 기	열 충격 사이클 및 전원ON/OFF 2만5천회	
9	온도시험	이상없을것	온도기록 계	상온 및 주위온도 60도씨,온도사이클에서측정	
10	전동시험	이상없을것		KS R 9144 2종 B진동시험	
11	컨버터성능시 험	570mA	전류계	보호동작 및 출력전류가 규정치에 만족하여야한 다.	
12	내전압시험	60초간이상 없을것	내압기	전원입력단자와 외함간에 AC 1200V로 1분간 가 하였을때 이상이 없어야 한다.	

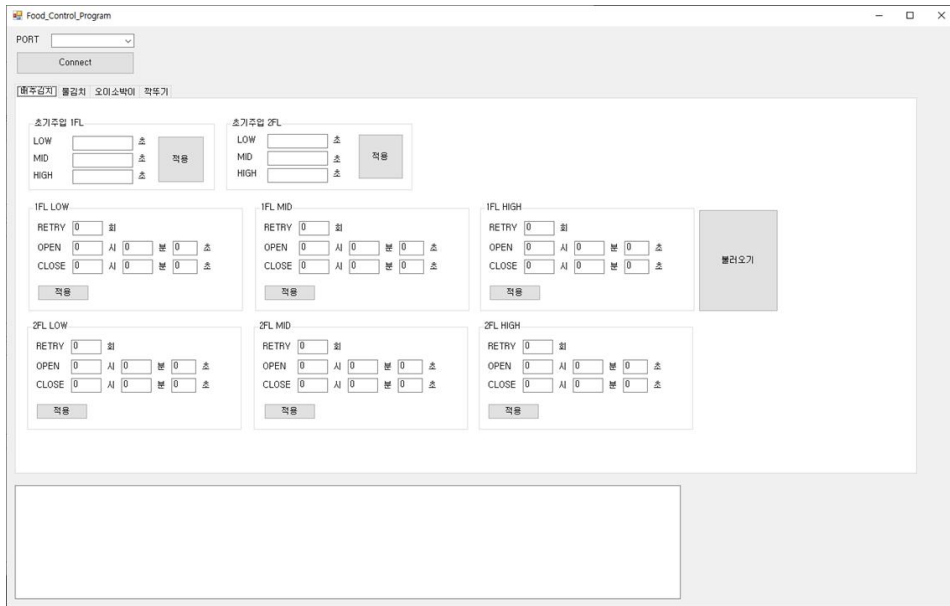
d) 용기 시스템의 품질제고 및 사용처 확대 설계

급외식 업소 및 공동주택에 설치되는 농식품 포장용기 시스템의 운전품질 제고 및 원가절감을 위한
요소를 발굴하고, 아울러 본 용기시스템이 다양한 활용도 측면에서 적용될 수 있는 사용처의 확대
를 모색함

3. 시범사업 시 제조하는(판매하는) 김치류의 균일한 분배와 결과의 feedback을 통해 DB 강화

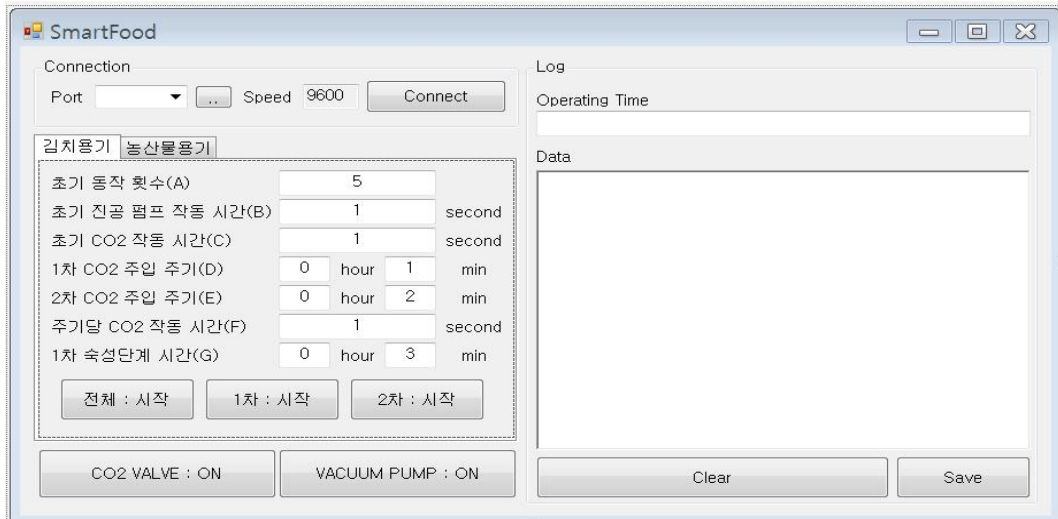
- 1) 급/외식업소에서 사용하는 김치는 인근 김치공급업체를 통해 공급을 받아 사용함으로 업소가
직접 김치냉장고에 자신들이 원하는 김치를 넣어 숙성시킴으로서 원하는 맛을 구현 했음
- 2) 시범사업 시 공급하는 김치냉장고에 사용하는 업소들의 김치의 공급처 및 김치의 DB 구축 진
행
- 3) 또한 업소들의 김치냉장고 사용 후 불편사항 및 건의사항, Leeds 들을 조사하여 DB 구축 진행

4) 아래의 소프트웨어는 배추김치, 물김치, 오이소박이, 깍두기 등을 제어하는 관리자 프로그램으로 냉장고 납품시 필요한 셋팅값을 입력하여 사용자들이 여러 김치들을 속성시킬수 있는 프로그램임



4. Firm base의 producer-preloaded program을 시작으로 하여 실제 IoT환경에서 조절 가능한 App개발

- 1) 김치숙성냉장고의 메인보드에 IoT 디바이스 호환성을 위한 통신 모듈을 탑재하여 스마트폰과 통신을 할 수 있도록 진행함
- 2) 관련 App 개발을 진행하여 사용자의 편의성을 제공할 수 있도록 함





5. 관련분야 인증 획득

- 백색가전제품으로 판매를 위한 전자관련 제품 인증인 KC 인증을 통해 인증 획득을 진행

[3-2 협동] 한그린테크 연구내용

[3단계 최종목표달성 및 요약]

	최종목표	달성	비고
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> 기능성 포장재의 사업화 연구 	<ul style="list-style-type: none"> - 기능성 포장재 필름 시제품 생산 - 제품의 배합 및 Spec 표준화 - 잠재적 수요처 확보 	
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> 다 기능성 농식품포장재의 제품개발 및 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> - 녹변방지용 소재 기술 특허 이전 - 기능성 포장재의 제품개발 - 기능성 포장재 수요처 확보/홍보 	
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> 생분해성 기능성 포장기술의 대량생산 	<ul style="list-style-type: none"> - 감자녹변방지필름 포장재 대량생산 - 대형 마트, 관련사 매출 실현 - 상용화 제품 개발 2건 이상 	

- 기능성 포장재의 사업화 연구:** 본 연구에서는 3-1 협동팀에서 제품개발을 위해 연구된 기능성 소재 물질들을 테스트하여, 양산 조건에 맞는 시제품 생산을 시도하였다. (주)한그린테크는 1차년도 발굴 수요처와 공동으로 감자 녹변 방지 1차 시제품에 대해서 테스트를 진행하였고 그 결과에 따른 연구팀에 성능개선을 위한 피드백을 제공하였다. Bio Polymer 포장재 제품개발을 위하여 필름 시제품을 제작 및 현장 사용 테스트를 진행하였고, 용기 타입 시제품을 제작 현장 사용 테스트를 진행하였다. 이러한 연구를 바탕으로 잠재 수요처인 유통기업들과 생산조건 및 포장재 기본 설계 방향을 정하였다.
- 다기능성 포장재의 제품개발 및 사업화:** 2차 연도에서는 ARC 연구단에서 개발한 생분해성 자외선 차단형 감자녹변 방지필름 제조기술을 (주)한그린테크로 기술이전을 하여 본격적인 상업화 제품을 제조하였다. 우선적으로 기존 감자포장재로 적용되고 있는 시제품용 녹변방지용 포장재와 일반 포장재 등과의 성능을 비교하고 가장 최적화된 성능을 탐색하는 실험을 진행하였다. 이들 제품을 수요처인 GS리테일 와의 현장조건에 맞는 제품개발을 공동으로 진행하였다. 또한 식품 유통 안전에 민감한 조각과일 등에 적용되는 향균성이 있는 PET용기 제품을 개발하고 사업화를 진행하였다.
- 생분해성 기능성 포장 필름의 대량생산:** 현재 식품 포장 산업은 글로벌하게 빠르게 성장하는 산업 중 하나로 환경과 관련하여 중요하게 대두하게 되는 한 이슈 중 하나는 식품 포장 폐기물을 줄이거나 비생분해성 플라스틱 포장을 친환경 바이오 폴리머 기반 포장으로 대체하여 식품 안전을 보장하고 환경적 부담을 줄이는 것이다. 이러한 배경에서 생분해성 바이오 폴리머와 결합하여 포장재의 성능 특성을 개선하고 기능성을 더욱 향상시킨 포장재를 제조하였다. 또한 2차년도에 기술 이전된 녹변방지기술에 바이오 폴리머인 PBAT (poly butylene adipate-co-terephthalate), 자몽씨 추출물 등의 천연 재료, 기존 폴리머(LDPE) 등을 결합하여 생산된 필름은 UV 차단성 등을 향상시키게 되었고 감자 녹변 방지력이 향상되어 유통기한 연장시키는 제품이 출시되어 유통매장에 다양하게 적용할 수 있는 방안을 고안하였다.

[1차년: 기능성 포장재의 사업화 연구]

1. 기능성 포장의 시제품 생산

녹변 방지 필름의 시제품 제조

- 감자는 자외선에 노출시 솔라닌(Solanin)을 생성하는데, 이 솔라닌이 인체에 강한 식중독을 일으키므로 감자의 녹변은 외관적인 품질저하 뿐만 아니라 식품의 안전성에 문제가 되고 있다. 식품포장에 범용적으로 사용되는 투명한 PE 또는 PP 필름은 자외선을 투과시켜 포장식품에 광화학반응을 초래하여 감자의 탈색이 나 변색에 의한 외관의 변화, 이미나 이취의 발생, 영양성분의 파괴, 식감의 저하 등과 같은 품질 저하를 야기하고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하는 제품을 개발하고자 다양한 기능성 소재를 적용하였다.
- 우선적으로 시제품을 제조하는데 필요한 각 재료의 규격 및 보관 방법을 설립하였다. 원료 혼합 및 배합의 경우 다양한 배합비율을 토대로 물성의 차이가 존재하기 때문에 실험용 scale을 위주로 공정을 구축하였다. 기능성 재료와 기존 폴리머 간의 혼화도, 분산성, 안전성, 투명도 테스트를 진행하였다. 임종환 교수 연구팀으로부터 제공된 원료 멜라닌 나노컴포지트와 시제품용으로 제작된 기능성 PP필름을 대상으로 감자 저장후 표면색 변화 등을 공동으로 분석하여 차단 효과성 및 제조 시 생산조건 최적화에 대하여 연구를 진행하였다.



그림 1. 자외선 차단 기능성 필름 시제품

2. 녹변방지 필름의 제품 규격화

- 필름은 60 μ m 두께로 PP, PP/멜라민나노 추출물(MNP), PP/PBAT, PBAT/GSE, LDPE/GSE/ZnO/MEL 5종의 포장필름 제작되었다. 이들 포장재를 활용하여 감자를 포장한후 표면색 변화량 등을 고려한 소재의 적합성을 검토하였다.

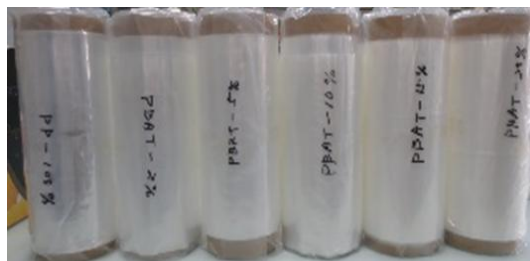


그림 2. 나노 소재기반 녹변방지 시제품

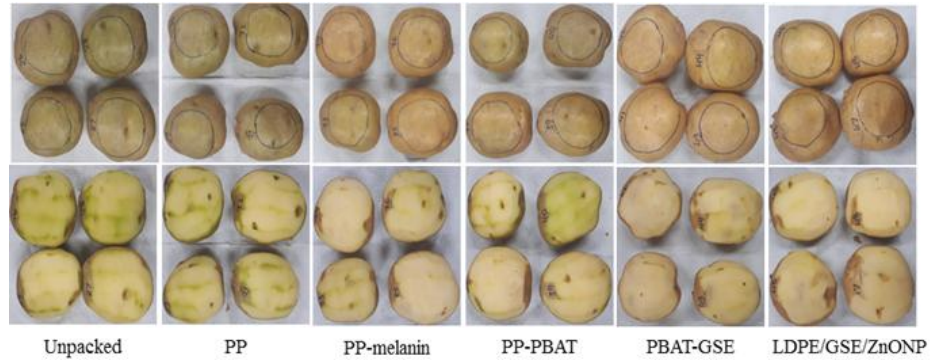


그림 3. 포장필름의 표면색 변화 비교

- 협동연구팀으로부터 얻은 분석결과와 자체테스트를 종합하여 볼 때 PBAT/GSE/ZnO가 상대적으로 녹변방지력이 우월한 것으로 파악되었다.

3. 잠재적 수요처 개발

- 현재 감자는 대형마트 매대에서 벌크형으로 판매되는 경우와 소포장 필름 봉투 (800g~1.5Kg)에 포장되어 판매되는데 이에 따른 소비자 클레임이 자주 발생한다. 특히, 소포장 봉투는 복합재질로 PE/PET 또는 CPP/PET 등 합지필름으로 전면에 칼라인쇄를 하여 사용되고 있는데 감자의 녹변 방지 효과에는 한계가 있었다. (주)한그린테크는 대형마트 또는 슈퍼마켓 등에 감자를 공급하는 벤더사 3곳(신천지영농, 청아름, 영천영농법인)과 공동으로 소포장에 대한 개선사항에 대하여 연구를 추진하였다.

[2차년: 다 기능성 식품 포장재의 제품개발 및 사업화]

1. 녹변방지 소재 기술의 기술이전

기술의 보유자인 동국대학교 산학협력단(이하 “산학협력단”이라 함)과 실시자인 ㈜한그린테크 (이하 “실시자”라 함)은 기술의 실시에 대한 특허기술 이전을 계약하였고, 이에 따른 감자의 자외선차단용 포장필름 제조기술을 이전과 세부 생산방식에 따른 사업화를 추진하였다.

등록번호	특허 명칭 혹은 기술내용
10-1692515	생고분자와 자몽씨 추출물을 포함하는 생분해성 자외선 차단용 포장필름 및 이의 제조방법

- 동 기술은 감자의 저장이나 유통 중에 발생하는 녹변현상을 방지할 수 있는 자외선 차단용 항균성 식품포장재의 제조방법에 관한 것으로 생고분자, 가소제, 천연소재인 식물추출물 또는 나노금속의 자외선 차단제 및 항균제를 첨가하여 용매에 용해시켜 필름 용액을 얻는 단계와 상기의 필름용액으로부터 필름을 제조하는 단계와 상기의 나노복합필름을 감자의 녹변방지용 포장에 적용하는 단계로 구성되어 있다. 또한 동기술을 이용하여 자외선 차단성이 우수하고, 투명성을 유지하며 항균성과 항산화성을 가지는 환경친화적인 바이오 나노컴포지트 식품포장용 필름을 제공할 수 있다.

2. 기능성 포장재의 응용 제품개발

- 식품 포장재의 기능성을 부여하여 다양한 종류의 포장재를 개발하는 데, 현재 시장에서 유통되고 있는 포장형태 중에서 안전유통에 필요한 제품류와 신선식품 유통기한 연장을 위한 제품들에 대한 리서치를 거쳐 최종 2가지 품목을 선정하였다.
- 항균 조각과일 용기: 나노컴포지트를 활용하여 다층 기능성 PET 필름을 생산하여, 진공성형하여 용기를 제작하였다. 식품 접촉면이 있는 PET 내층에는 식품의 미생물 성장을 억제시키고, 에틸렌가스 제어능을 결합시킨 nano ZnO와 한그린테크의 에틸렌가스 흡착물질인 AR-34를 포함시켰다. 기존 일반 용기에 비해 신선유통기한을 연장하는 제품을 개발하였다.
- PET 탑씰링 항균필름: 나노산화아연(nano ZnO) 및 기타 화합물들을 결합한 마스터 배치를 제작하여 식품용 항균필름 이지필(Easy Peel) 필름을 제작하여 상용화하였다.



그림 4. 기능성 항균 조각과일 용기 및 탑씰링 항균필름

3. 수요처 발굴 및 제품홍보

- 서울국제식품산업대전의 서울푸드 2019 전시회를 통해 국내 유통기업, 식품회사 등에게 개발된 기능성 식품 포장재를 홍보하고, 수요기업들을 발굴하였다. (GS리테일, 이마트, 농협 등)



그림 5. 홍보 전시회 - 서울푸드전시회 2019

[3차년: 생분해성 기능성 포장기술의 대량생산]

1. 감자녹변방지필름 포장재 대량생산

1) 양산단계 스케일 업



-본 실용화 연구에서는 시제품 Scale로 개발된 감자 녹변 방지 필름을 양산단계로 Scale up하여 상업화된 제품을 만드는데 초점을 두고 있다. 특히 환경친화적이며 인체에 무해한 여러 종류의 생고분자를 혼합하여 생고분자 복합필름을 제조하고, 여기에 인체에 안전한 천연식물추출물이나 나노 금속산화물을 첨가한 생고분자 복합필름을 제조하여 자외선 차단성과 항균성을 갖는 기능성포장재를 제조하여 일반 마트에 유통되는 녹변방지용 친환경 식품포장 상용제품을 개발하였다.

2) 양산과정에서 고려요소

생분해성 재료와 기존 폴리머 간의 혼화도, 분산성, 안전성, 투명도 테스트를 진행하였다. 특히 실용화 제품을 제조하기 위해서는 필름 생산시 불량률을 최소화 문제와, 인쇄공정과 생산필름의 쉐어링에 문제 등이 문제가 될 수 있는지를 반복적 테스트가 요구되었다. 최종적으로 배합된 생분해성 소재(PBAT), LDPE(LLDPE), 천연자몽씨 추출물 등이 복합필름의 재료로 적용되었다.

3) 세부 생산공정

- 기존 필름으로 사용되는 LDPE필름과 최종 복합재료로 결정된 기능성 복합필름을 1단계 양산 제품 1000kg 규모로 생산하였다.

제품명	일반 LDPE 필름	HGT-AUV1
사 진		
규격	200 x 260 (mm)	200 x 340 (mm)
재질	PE	복합필름(LDPE+PBAT+첨가제)
사 진 (시료)		

4) 자외선 차단 성능 분석

a) 성능 측정을 위한 광투과도 분석

	영역대 파장	일반필름(LDPE)	HGT-AUV1(기능성)
투과율	전영역대 (200-800 μ m)	77.79%	65.26%
	자외선 영역 (200-400 μ m)	67.39%	29.73%
	가시광선 영역 (400-800 μ m)	83%	83.05%

* 시험기관: 한국 고분자 시험연구소, 분석기기 JASCO 사, V-730

그림 6. 필름의 광투과도 분석

- 필름 시료의 광투과도 분석 (UV-Vis) : Ultraviolet-Visible Spectroscope
광투과도 분석 결과 전영역대는 일반 필름이 높았으며, 자외선 영역은 거의 2배이상 기능성 필름이 낮게 분석되었고 가시광선 영역에서는 거의 동등한 수준이었음
- 광투과도 시험기기 분석 결과를 종합하면, 차단율은 HGT-AUV1 > 일반필름 으로 도출되었다.

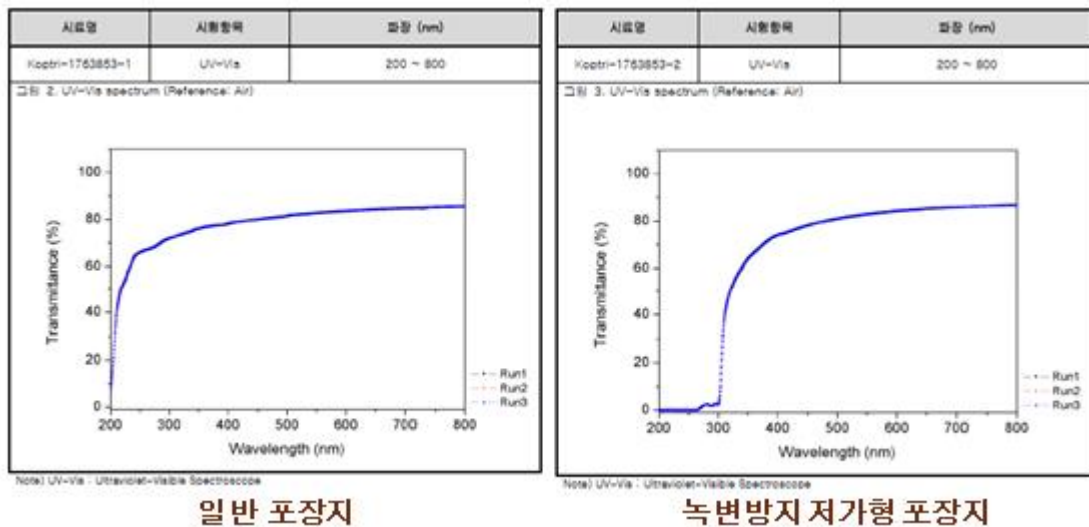


그림 7. 필름의 광투과도 분석 그래프

b. 광투과도 분석과 경제성(상업화 가능)필름의 비용-효과 분석

일부 특수한 자외선 차단필름으로 자외선 차단성을 높일 수 있으나, 친환경성(재활용) 안전성 뿐만 아니라 기존 단가에 비해 가격인상분을 최소화시킨 경제성있는 필름을 제조하는 것이 사용기업들의 요구사항이므로 이를 위한 최적화 단가구성을 위한 분석을 실시하였다.

■ 자외선차단 기능성포장지 성능비교 및 단가상승 곡선

- 한국고분자시험연구원에서 "광투과도시험기기 분석"

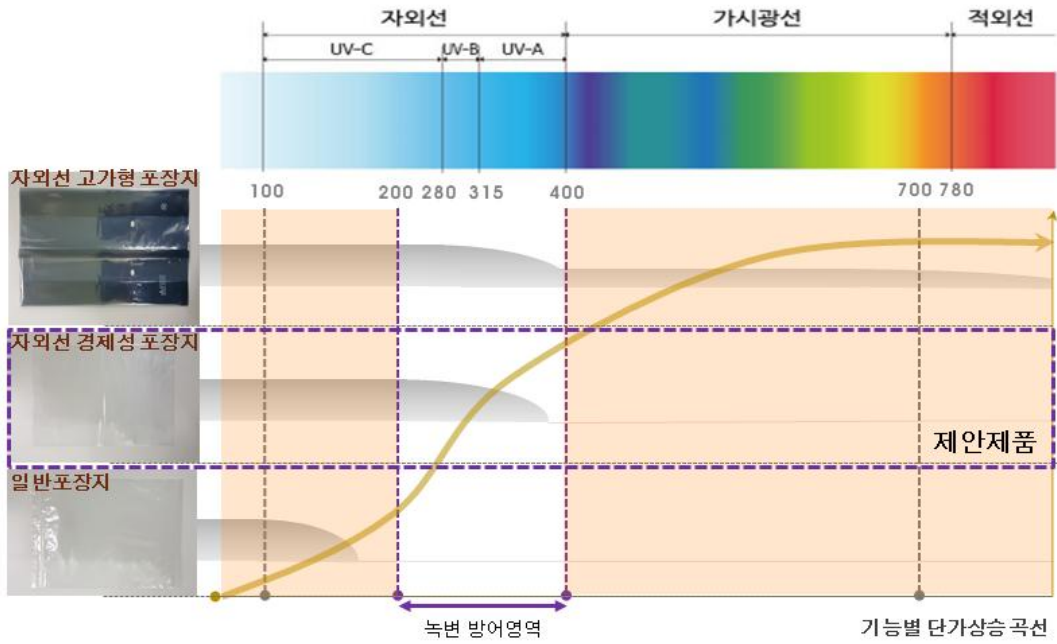


그림 8. 자외선 차단 필름의 기능-가격 효과 분석

2. 대형마트, 관련 벤더사 매출 실현

1)고객사의 품질 평가: 매장환경내에서 녹변 억제율 테스트(품질평가)

실제로 제작한 제품을 현장의 매대에서 온도와 습도를 기준으로 판매처의 테스트를 거쳐 품질평가를 동시에 진행하였다. 평가는 현장 방문을 통한 판매 담당자의 품질평가로 진행되었다. 시료는 벌크 박스 포장, 일반 필름 포장, 개발된 자외선 녹변 방지 필름을 사용하여 GS수퍼마켓 매장과 유사한 조도 및 온습도 환경에서 녹변 테스트를 실시하였다. 현장 테스트 결과를 종합하면, 녹변억제율은 억제봉(녹변 억제필름, HGT-AUV1) > 일반필름> 벌크 순으로 양호하였다.



그림 9. 녹변 방지용 포장재 감자포장 현장 1차 테스트, GS리테일

- 개발된 필름을 시트형으로 절단하여 마트의 매장내 진열된 벌크 감자를 진열기한내 녹변발생비율을 체크함



그림 10. 녹변 방지용 필름- 포장재 감자 포장 비교 2차 테스트

2) 상업형 필름 제조 양산 및 인쇄용 소포장재 제품(2건) 출시

이전 단계의 녹변방지유폴과 필름의 물성치 등을 고려한 상업형 필름은 대형마트나 편의점등의 환경을 고려하여 카톤박스위에 덮개로 사용하는 '녹변 방지용 시트형 투명창 필름'과 '상업형(인쇄 및 합지) 소포장 봉투'를 제작하여 GS리테일, 이마트 벤더사 등에 납품을 진행하였다



그림 11. 판매용 녹변 방지용 시트형 투명창 필름



그림 12. 녹변 방지용 상용화(인쇄/합지) 소포장재 제품

3) 주요 매출내역

- 동 기술 사업화 관련 매출은 2019년도부터 대형마트 납품 벤더를 통해 판매가 이루어져서 총 10건의 관련 매출이 발생하였다.

사업화명	감자녹변방지 필름 사업화		
사업화 년도	2019	성과발생년도	2020
사업화 내용	GS리테일 벤더업체 2개사 감자녹변방지필름 납품		
업체명	(주)한그린테크	사업자등록번호	209-81-51615
기매출액 (1차사업화/19.09.30이전)	8,611,740원 (부가세별도)	당해연도 매출액 (2차사업화/9.10~20.06말현재)	57,415,623원 (부가세별도)
고객사	청아름영농조합법인	제품명	GS분이나는 담백한 맛 감자1.2kg 외
	농업회사법인판월드		GS후레쉬 하우스 햇감자800g 외

4-2. 인력양성 및 활용성과

(1) 인력양성 주요 성과

연차	캡스톤디자인(건)	세계화(건)	산업계 진출을 위한 환경 구축 (건)	계 (건)
1차년도	0	5	6	11
2차년도	0	6	9	15
3차년도	6	9	7	22
4차년도	6	3	3	12
5차년도	6	12	5	23
6차년도	6	8	5	19
7차년도	6	5	2	13
8차년도	9	1	2	11
9차년도	10	1	2	13
10차년도	0	1	2	3
합계	49	51	43	142

세부과제명	인력양성	실적	사업화 활용
1핵심 : 지시계 부착 지능형 농식품 포장 및 센서형 지시계 개발			
1핵심 1세부 : TTI농식품포장 및 센서형 TTI 개발	<ul style="list-style-type: none"> 석/박사 연구원 캡스톤디자인 교육 산업체 work-shop 학위 배출 산/학/연 인력 배출 	캡스톤디자인 과제 : 11건 산업체 work-shop : 12건 학·석사졸업 : 55명 박사졸업 : 10명 취업 : 40명	<ul style="list-style-type: none"> 산업체내 관련 기술 적용 확대 창업
1핵심 2세부: 가스지시계농식품 포장 및 가스지시계개발	<ul style="list-style-type: none"> 석/박사 연구원 캡스톤디자인 교육 학위 배출 산/학/연 인력 배출 	캡스톤디자인 과제 : 8건 학·석사졸업 : 52명 박사졸업 : 17명 취업 : 30명	<ul style="list-style-type: none"> 산업체내 관련 기술 적용 확대 대량생산 시설 확보 및 구축
1핵심 1협동: 지시계의 시장개척 및 사업화	<ul style="list-style-type: none"> 기업 고용창출 	고용창출: 2명	<ul style="list-style-type: none"> 대량생산 시설 확보 및 구축
2핵심 : RFID/센서형지시계 융합 기술 개발 및 RFID/USN 기반 지능형 식품 품질 모니터링 및 식품유통관리 시스템 개발			
2핵심 1세부: RFID/USN 융합 센서형 지시계 기반 식품 품질	<ul style="list-style-type: none"> 석/박사 연구원 캡스톤디자인 교육 학위 배출 	캡스톤디자인 과제 : 7건 학·석사졸업 : 13명 박사졸업 : 10명	<ul style="list-style-type: none"> 산업체내 관련 기술 적용 확대 기술경영인력양성

모니터링 및 지능형 식품 유통 관리 시스템 개발	• 산/학/연 인력 배출	취업 : 20명	
2핵심 2세부: RFID와 센서형지시계 융합 최적화	• 석/박사 연구원 캡스톤디자인 교육 • 학위 배출 • 산/학/연 인력 배출	캡스톤디자인 과제 : 9 건 학·석사졸업 : 16 명 박사졸업 : 2 명 취업 : 11 명	■ 산업체내 관련 기술 확대
2핵심 1협동: 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화	• 기업 고용창출	고용창출: 4명	

3핵심 : 신개념 농식품 지능형 포장재 및 포장시스템 개발			
3핵심 1세부: 신개념 농식품 용기·포장 시스템 개발	• 석/박사 연구원 캡스톤디자인 교육 • 학위 배출 • 산/학/연 인력 배출	캡스톤디자인 과제 : 8건 학·석사졸업 : 25명 박사졸업 : 3명 취업 : 3명	■ 기술이전 업체에 대한 사업화 지원 및 기술경영인력양성
3핵심 1협동: 신개념 농식품 포장재 개발	• 석/박사 연구원 캡스톤디자인 교육 • 학위 배출 • 산/학/연 인력 배출	캡스톤디자인 과제 : 6건 학·석사졸업 : 10명 박사졸업 : 2명 취업 : 4명	■ 최적의 산업체를 선발하여 기술이전 및 산업화
3핵심 2협동: 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화	• 기업 고용창출	고용창출: 6명	

(2) 정량적 성과

지원 총인원	지원 대상 (학위별, 취득자)				성별		지역별		
	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	대전	기타지역
226	44	171	6	5	121	105	137	13	76

구 분	목표 ('10~'20)	실 적											
		1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	6차 년도	7차 년도	8차 년도	9차 년도	10차 년도	합계	
우수연구 인력	박사(명)	31	1	4	5	3	5	7	6	5	7	1	44
	석사(명)	103	19	26	30	12	19	21	26	5	8	5	171
	취업(명)	28	1	16	21	13	14	11	12	7	7	6	108

(3) 장·단기 인력양성 프로그램 활용성과

장기 (2월 이상)		단기 (2월 미만)	
국내	국외	국내	국외
7	2	0	3

(4) 산업기술인력 양성 성과

프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
협력연구	지능형 포장 RFID/USN 응용 솔루션 개발	지능형 농식품 포장연구센터	10	30	6

- 산학강좌, 산업기술인력 양성실적 내용

※ 명칭, 관련기업명, 교육훈련대상, 훈련내용 및 방법, 소요경비부담, 협력조건 등

(5) 인력양성의 경제사회 파급효과(해당 시 작성)

산업지원 성과 (단위 : 건)				고용창출 성과 (단위 : 명)			
기술지도	기술이전	기술평가	합계	창업	기업 취업	기타	합계
4	17	0	21	0	108	0	108

5. 목표달성도 및 관련분야 기여도

[1-1세부]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도
1단계	1차년도 <input type="checkbox"/> Patented 효소형 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 맞춤형 미생물 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 고분자형 TTI 물질계 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 개발 방법 분야 	100%
	2차년도 <input type="checkbox"/> Patented 효소형 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 맞춤형 미생물 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> TTI 제작 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI)의 품질 예측 정확성 향상 분야 ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 디자인 및 설계 분야 	100%
	3차년도 <input type="checkbox"/> Patented 효소형 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> 맞춤형 미생물 TTI 물질계 개발 및 반응 메커니즘 규명 <input type="checkbox"/> TTI 제작 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 맞춤형 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 개발 분야 ■ 적용 대상 식품군의 품질변화 Ea와 TTI Ea 조절 기술 분야 	100%
2단계	4차년도 <input type="checkbox"/> 센서형 TTI 개발 <input type="checkbox"/> 차세대 TTI 개발 <input type="checkbox"/> TTI 식품 포장 실용화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 새로운 형태의 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 개발 분야 ■ 김치 및 가공식품 유통 분야 	100%
	5차년도 <input type="checkbox"/> 센서형 효소 기반 TTI 완성 <input type="checkbox"/> 차세대 인쇄형 TTI 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 새로운 형태의 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI)의 품질 예측 정확성 향상 분야 	100%
	6차년도 <input type="checkbox"/> 전지형 TTI의 실용화 연구 <input type="checkbox"/> 차세대 인쇄형 TTI 실용화 <input type="checkbox"/> 김치 지능형 포장 기술 상품화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 실용화 분야 ■ 김치 유통관리 분야 	100%
	7차년도 <input type="checkbox"/> 전지형 TTI의 소형화 및 실용화 연구 <input type="checkbox"/> 개발된 TTI(효소형, 미생물형, 인쇄형)의 실용화 연구	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 실용화 분야 	100%
3단계	8차년도 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 제품 및 생산 공정 설계도 제작 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 제조 시스템 구축 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 제품	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 제품 생산 분야 ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 공정 	100%

		및 생산 공정 설계도 제작 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 제조 시스템 구축	설계 분야	
	9차년도	<input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 사용 매뉴얼 설계 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 지시계 품질 평가 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 사용 시설/장치 및 관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 사용 매뉴얼 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 지시계 품질 평가	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 관리지침 설계 분야 ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 품질평가 분야 	100%
	10차년도	<input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 생산관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 인쇄형 TTI 품질관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 생산관리 지침 설계 <input type="checkbox"/> 효소형 TTI 품질관리 지침 설계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 관리지침 설계 분야 ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 생산관리 분야 ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 품질관리 분야 	100%

[1-2세부]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도
1차년도	<input type="checkbox"/> 유해 미생물 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 고분자형 시간-온도 이력 지시계(TTI 포장 개발 <input type="checkbox"/> 비가역성 산소 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 키토산 기반 이산화탄소 지시계의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유해 미생물 지시계 소재개발 분야 ■ 비가역성 산소 지시계 소재 개발분야 키토산 기반 이산화탄소 지시계의 ■ 소재개발 분야 	100%
1단계 2차년도	<input type="checkbox"/> 위해 미생물 포장형 항체 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 어류 제품용 신선도 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 내수성 산소 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 지시 반응 촉진 및 지시 적용 연구	<ul style="list-style-type: none"> ■ 위해 미생물 포장형 항체 지시계 소재 개발 분야 ■ 어류 제품용 신선도 지시계 소재 개발 분야 ■ 내수성 산소 지시계 소재 개발 분야 ■ 이산화탄소 지시계 반응관계 규명 분야 	100%
3차년도	<input type="checkbox"/> 암모니아 및 휘발성 화합물 지시계 소재 개발 <input type="checkbox"/> 어류제품용 신선도(화학 품질) 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 활성화 조절형 산소 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 키토산 기반 이산화탄소 지시계 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 암모니아 및 휘발성 화합물 지시계 소재 개발 분야 ■ 어류제품용 신선도 지시계 디자인 및 반응관계규명 분야 ■ 산소지시계 디자인 및 반응관계 규명 분야 ■ 이산화탄소 지시계 디자인 및 설계 분야 	100%
2단계 4차년도	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 발효어류용 GI(Gas indicator) 	100%

		<input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 탐색 및 원천 기술 개발 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 발효식품 적용 연구 / WPI 기발 이산화탄소 지시계적용 연구	소재 재탐색 분야 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 소재 탐색 분야 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI(Gas indicator) 발효식품 적용 분야 탐색	
	5차년도	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI Prototype 제작 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 및 소재의 반응 동력학 규명 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 발효식품 유효기간 맞춤 기술 개발	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI(Gas indicator) 반응 관계 규명 분야 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 소재의 반응 동력학 규명 분야 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI(Gas indicator) 발효식품 유효기간 맞춤 기술 개발 분야	100%
	6차년도	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI 안정성 및 저장성 평가 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 식품 포장 적용 기술 및 소재탐색 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 발효식품 실용화 기술 개발	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI(Gas indicator) 안정성 및 저장성 평가 분야 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 식품 포장 적용 기술 및 소재탐색 분야 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI(Gas indicator) 발효식품 실용화 기술 개발 분야	100%
	7차년도	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI 최적화 및 실용화 <input type="checkbox"/> 차세대 가스 지시계 식품 포장 실용화 기술 개발 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI 제품적용 실용화 기술 개발	<input type="checkbox"/> 발효어류용 GI(Gas indicator) 최적화 및 실용화 분야 <input type="checkbox"/> 차세대 가스지시계 식품 포장 실용화 기술 개발 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 GI(Gas indicator) 제품적용 실용화 기술 개발	100%
3단계	8차년도	<input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소 가스지시계(VBN) 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정설계 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 가스지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정설계	<input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 제품을 물질부, 커버부로 나누어 설계 분야 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계공장 생산화할 수 있도록 공정을 설계 분야 <input type="checkbox"/> 키토산 이산화탄소 가스지시계 제품을 물질부, 커버부로 나누어 설계 분야 <input type="checkbox"/> 키토산 이산화탄소 가스지시계 공장 생산화할 수 있도록 공정을 설계 분야	100%
	9차년도	<input type="checkbox"/> 시범사업을 위한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 사용 시스템 설계 <input type="checkbox"/> 시범사업을 위한 이산화탄소 가스지시계 사용 시스템 설계	<input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시범 적용 업체 선정 및 품질평가 분야 <input type="checkbox"/> 1-1협동과 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 업체의 적용 의사에 대한 설문조사분야 <input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시설/장치 및 관리 지침 설계분야 <input type="checkbox"/> 아가로스를 이용한 이산화탄소 가스지시계 품질평가 분야 <input type="checkbox"/> 아가로스를 이용한 이산화탄소 가스지시계 시제품 설계도 제작 및 생산 공정 설계 분야	100%
	10차년도	<input type="checkbox"/> 사업화를 위한 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스	<input type="checkbox"/> 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 중점관리요소, 생산공	100%

	<p>지시계 QC 지침 설계</p> <p><input type="checkbox"/> 사업화를 위한 이산화탄소 가스지시계 QC 지침 설계</p>	<p>정 감사, 생산관리 문서로 나누어 1-1협동과 생산관리 지침 설계 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 지침 설계 분야 ▪ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 실험 분야 ▪ 이산화탄소 가스지시계 생산관리 지침 설계 분야 ▪ 이산화탄소 가스지시계 품질관리 지침설계 분야 	
--	--	--	--

[1-1 협동]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도
3단계	8차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 제품 생산 분야 ▪ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 제품 관리 분야 ▪ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 시제품 생산 매뉴얼 구축 ▪ 이산화탄소 가스지시계 시제품 제작 설비 구축 ▪ 신선도 휘발성 염기질소 (VBN) 가스지시계 공정 설계 ▪ 이산화탄소 가스지시계 공정 설계 	100%
	9차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 생산 설비 분야 ▪ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 제품 판매 분야 ▪ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 생산 시설 및 장치 구축 ▪ 이산화탄소 가스지시계 관리지침 설계분야 ▪ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질평가 분야 ▪ 이산화탄소 가스지시계 품질평가 분야 ▪ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 시범 사업 및 현장적용 	100%
	10차년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 제품 생산 분야 ▪ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 제품 판매 분야 	100%

		<input type="checkbox"/> 인쇄형, 효소형 TTI 및 신선도 지시계, 이산화탄소 지시계 생산, 품질관리 및 제품 설계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 생산관리 분야 ■ 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicator; TTI) 품질관리 분야 ■ 신선도 휘발성 염기질소 가스지시계(VBN) 관리지침 설계 ■ 이산화탄소 가스지시계 관리지침 설계 ■ 신선도 휘발성 염기질소 가스지시계(VBN) 생산관리 분야 ■ 이산화탄소 가스지시계 생산관리 분야 ■ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계 품질관리 분야 ■ 이산화탄소 가스지시계 품질관리 분야 	
--	--	---	--	--

[2-1세부]

구분		연구목표	관련분야 기여도	목표달성도
1단계	1차년도	<input type="checkbox"/> RFID-센서 코드체계 개발 <input type="checkbox"/> RFID-센서 데이터 수집 및 융합 모델 개발 <input type="checkbox"/> RFID-센서 융합 EPCglobal 표준 확장 모델의 핵심 컴포넌트 개발 <input type="checkbox"/> 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ RFID 센서 기반 통합 이력 추적 시스템 분야 	100%
	2차년도	<input type="checkbox"/> RFID-센서 태그 운영 모델 개발 <input type="checkbox"/> RFID 센서 태그 기반 콜드체인 시뮬레이터 개발 <input type="checkbox"/> 소시지 콜드체인 적용 및 최적 운영 파라미터 도출	<ul style="list-style-type: none"> ■ RFID 센서 태그 기반 시스템 JAVA-DEVS 기반 콜드 체인 시뮬레이터 및 모델링 분야 	100%
	3차년도	<input type="checkbox"/> 횡성 축협한우 유통망에 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 적용 <input type="checkbox"/> 표준 RFID 시스템 기반 유통망 프로세스 마이닝 기술 개발 <input type="checkbox"/> 상온 노출에 따른 쇠고기 상품성 변화 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 횡성 축협 한우 유통 식품 이력 추적 시스템 설계 및 적용 분야 	100%
2단계	4차년도	<input type="checkbox"/> MongoDB 기반 RFID 센서 데이터 분산 저장소를 설계하고 분산정책 설정 및 저장소 성능 검증 <input type="checkbox"/> MongoDB 기반 불량유통 경로 및 식품 탐색 서비스를 위한 추적 알고리즘을	<ul style="list-style-type: none"> ■ MongoDB 기반 RFID 센서 데이 	100%

	<p>개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 불량유통경로 및 식품 탐색 서비스를 개발 <input type="checkbox"/> 식품 품질 통합 데이터 베이스 개발 (기준정보, 예측모델, 이력정보) <input type="checkbox"/> RFID 센서 태그 기반 우유 유통과정에서의 온도 측정 실험 (테스트 베드) <input type="checkbox"/> 변온 상황에서의 우유 품질 예측 모델 개발 <input type="checkbox"/> 우유 유통 테스트 랩 및 동적 계획 시뮬레이션 모델 구축 	<p>터 분산 저장소 설계 분야</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 빅데이터 기반 품질 통합 예측 (유제품 대상) 설계 및 시뮬레이션 분야 	
5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 지시계형 RFID 정보 저장 가능하도록 EPCIS 확장 <input type="checkbox"/> 기존 센서형 RFID 기반 품질 통합 데이터 베이스를 지시계 형 RFID 기반 품질 통합 데이터베이스 로 확장 <input type="checkbox"/> 온도 변화에 따른 우유 품질열화 모델 개발 <input type="checkbox"/> 식품 품질 열화를 고려한 재고분배계획 시스템 구현 <input type="checkbox"/> RFID 센서 태그 기반 2차(중/대) 포장 최적 유통 운영 모델 개발 <input type="checkbox"/> RFID/USN 융합 지시계 기반 1차(소)포장 최적 유통 운영 모델 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 식품 품질 열화를 고려한 재고 분배계획 시스템 분야 ■ 포장 최적 유통 운영 모델 설계 분야 	100%
6차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 이력추적 요구사항 조사 <input type="checkbox"/> 포장별 이력추적 알고리즘 설계 및 구현 <input type="checkbox"/> 벤치마크 실험을 통한 회귀분석 기반 성능모형 개발 <input type="checkbox"/> 유통망 분석을 위한 프로세스 마이닝 기법 적용 <input type="checkbox"/> 현장 요구사항 정의 <input type="checkbox"/> 시스템 아키텍처 설계 <input type="checkbox"/> 랩 테스트 및 필드 테스트를 통한 성능 검증 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유통망 분석을 위한 프로세스 마이닝 기법 분야 ■ 포장별 이력추적 알고리즘 실용화 분야 	100%
7차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 지능형 포장 유통 관리 시스템을 김치 유통 테스트 베드에 적용하기 위한 비용 항목 도출 <input type="checkbox"/> 지능형 포장 유통 관리 시스템 도입에 대한 효과 항목 도출 <input type="checkbox"/> ROI 분석 도구를 이용한 비용-편익 분석 및 결과 보고서 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지능형 포장 유통 관리 시스템 도입 단계별 경제성 분석 및 마케팅 분야 	100%

		<input type="checkbox"/> 1단계: 센서를 통한 김치 포장의 온도 수집 및 실시간 빅데이터 처리 시스템 적용 <input type="checkbox"/> 2단계: 바코드 시스템 적용(QR 코드 포함) <input type="checkbox"/> 3단계: 완전한 김치 식품 포장 Pedigree 시스템의 적용 <input type="checkbox"/> 지능형 포장 유통 관리 시스템 패키징 (CD) <input type="checkbox"/> 센서형 RFID, 지시계형 RFID, 지시계형 바코드 적용 유형 세분화 <input type="checkbox"/> 적용 유형별 마케팅 전략 수립		
3단계	8차년도	<input type="checkbox"/> 횡성한우의 요구사항 분석 <input type="checkbox"/> 2-1협동 (주이에스애니)와 횡성한우의 요구사항 분석 및 적용 시나리오 개발 <input type="checkbox"/> 브랜드 한우와 판매업자(정육점) 및 소비자의 직거래 온라인 마트 구축 기술 지원 <input type="checkbox"/> 지능형 식품유통 관리 시스템의 산업화를 위해서 2-1협동 (주이에스애니)를 통한 온라인 마트 플랫폼 개발 <input type="checkbox"/> 신선식품 배송시 온도, 습도 관리의 안심 기술을 이용하여 쇼핑몰 플랫폼에 적용(2-1협동 (주이에스애니)와 한성한우와 협업)	<ul style="list-style-type: none"> ■ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축 소고기 분야 ■ 신선식품 브랜드 소고기 안심 품질 모니터링 쇼핑몰 플랫폼 분야 	100%
	9차년도	<input type="checkbox"/> 경기농협의 요구사항 분석 <input type="checkbox"/> 2-1협동 (주이에스애니)와 경기농협의 요구사항 분석 및 적용 시나리오 개발 <input type="checkbox"/> 브랜드 김치업체와 소비자의 직거래 온라인 마트 구축 기술 지원 <input type="checkbox"/> 지능형 식품유통 관리 시스템의 산업화를 위해서 2-1협동 (주이에스애니)를 통한 온라인 마트 플랫폼에 김치를 연계할 수 있도록 MongoDB 기반의 빅데이터 모듈 연계 방안 설계	<ul style="list-style-type: none"> ■ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축 김치 분야 ■ 신선식품 브랜드 김치 안심 품질 모니터링 쇼핑몰 플랫폼 분야 	100%
	10차년도	<input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조·유통시스템 제품화 지원(사업화 대상 기술에 대한 커스	<ul style="list-style-type: none"> ■ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축 통합 시스템 분야 	100%

	터마이제이션(customization) 및 기술지원 <input type="checkbox"/> 패키지화된 제품의 제품 화(김치) 지원을 위한 보고 서 작성 <input type="checkbox"/> 지능형 RFID Gate 기술 개발	<input checked="" type="checkbox"/> RFID 기반 이력추적 시스템과 지능형 RFID Gate 분야	
--	--	---	--

[2-2세부]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도	
1단계	1차년도 <input type="checkbox"/> RFID-Sensor Demo System 개발 (13.56Mhz) <input type="checkbox"/> 각종 센서 인터페이스 회 로 설계 <input type="checkbox"/> 각종 센서를 이용한 Demo System 성능 테스트	<input checked="" type="checkbox"/> 비접촉식 근거리 RFID-센서 분 야 <input checked="" type="checkbox"/> 멀티 센싱 노이즈 저감 분야	100%	
	2차년도 <input type="checkbox"/> Programmable Sensing Platform을 기반으로 하는 Smart RFID 개발 (900Mhz) <input type="checkbox"/> 각종 센서 인터페이스 회 로 설계 <input type="checkbox"/> Smart RFID tag를 이용한 품질 연산 기능 테스트	<input checked="" type="checkbox"/> 비접촉식 원거리 RFID-센서 분 야	100%	
	3차년도 <input type="checkbox"/> 스마트 RFID 태그의 온 도 및 pH 센서의 연동을 통한 Demo System의 성능 테스트 <input type="checkbox"/> RFID 센서 태그를 이용한 발효식품 품질 상태 모니터 링 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 발효식품의 pH 모델식 유 도 및 유통기한 예측	<input checked="" type="checkbox"/> 멀티 센서 인터페이스회로 분야	100%	
2단계	4차년도 <input type="checkbox"/> 센서형 산소 지시계 개발 <input type="checkbox"/> 스마트 RFID 태그를 이용 한 식품 품질 데모시스템 개 발	<input checked="" type="checkbox"/> 식품품질 모니터링 시스템 분야	100%	
	5차년도 <input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계 (액체형) 개발 <input type="checkbox"/> 듀얼 밴드 스마트 RFID 태그 개발	<input checked="" type="checkbox"/> 비접촉식 근거리 및 원거리 RFID-센서 분야	100%	
	6차년도 <input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계 (고체형) 개발 <input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계와 RFID 태그와의 용 합	<input checked="" type="checkbox"/> RFID-지시계 분야	100%	
	7차년도 <input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계 소형화 및 실용화 연 구 <input type="checkbox"/> 자가발전형 센서형 산소 지시계와 최적 결합된 RFID 태그 시제품 개발	<input checked="" type="checkbox"/> RFID-지시계 제작 분야	100%	
3단계	8차년도	<input type="checkbox"/> 산화환원 염료 기반 RFID	<input checked="" type="checkbox"/> 센서 분야	100%

		센서 제품 및 제조 공정 개발 <input type="checkbox"/> RFID 센서 라벨 태그 (UHF, HF)와 PCB 제품 및 제조 공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> RFID 센서 태그 분야 	
	9차년도	<input type="checkbox"/> 은 축매 기반 RFID 센서 제품 및 제조 공정 개발 <input type="checkbox"/> NFC RFID 센서 태그 제품 및 제조 공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> 센서 분야 RFID 센서 태그 분야 	100%
	10차년도	<input type="checkbox"/> 지능형 RFID 센서 성능 평가 <input type="checkbox"/> NFC RFID 센서 태그 시제품 및 앱 개발	<ul style="list-style-type: none"> 센서 분야(100%) RFID 센서 태그 분야 	100%

[2-1협동]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도	
3단계	8차년도	<input type="checkbox"/> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 제품화 <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업	<ul style="list-style-type: none"> 센서 분야 RFID 센서 태그 분야 온습도 기반의 쇼핑물 플랫폼 기술 분야 	100%
	9차년도	<input type="checkbox"/> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 시제품의 시범사업 <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업	<ul style="list-style-type: none"> 센서 분야 RFID 센서 태그 분야 신선식품 안심 배송 물류를 위한 센서 기반의 쇼핑물 플랫폼 기술 분야 	100%

[3-1세부]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도	
1단계	1차년도	<input type="checkbox"/> 신선 농산물의 호흡 특성 <input type="checkbox"/> 용기의 기체투과 특성의 평가 분석	<ul style="list-style-type: none"> 신선농산물 호흡특성 데이터 베이스화 기반 마련 용기 포장에서의 기체투과특성 computer model화 	100%
	2차년도	<input type="checkbox"/> 1차 및 2차 포장단위의 특성 평가 분석 <input type="checkbox"/> 신선 농산물 유통체계에서 가능한 포장시스템 설계	<ul style="list-style-type: none"> 마스터 포장 시스템 현장 적용 및 현실화 가능성 기여 1차/2차 연계 포장시스템의 유통물류조건(logistics) 설계 	100%
	3차년도	<input type="checkbox"/> 선도유지 농산물 포장용기 시스템에서 제어 logic에 따른 기체농도 예측 modeling <input type="checkbox"/> 선도유지를 위한 능동적 기체이동 기작의 발굴과 개선 <input type="checkbox"/> 개발 지능형 포장용기 시스템의 대표적 품목에의 적용시험	<ul style="list-style-type: none"> 기체농도 감지식 시간 제어식 재사용 농산물 용기 포장 시스템 개발 분야 버섯, 시금치에 대한 적용 효과 	100%
2단계	4차년도	<input type="checkbox"/> 실용적 신선 농산물 포장	<ul style="list-style-type: none"> 신선 농산물 포장 설계 	100%

		<ul style="list-style-type: none"> 설계 <input type="checkbox"/> 기체제어/지시계 센서 병용 포장 설계 및 적용 	<ul style="list-style-type: none"> application 개발 ■ shelf-life 연장 및 신선도 유지를 위한 맞춤형 신선 채소 포장 용기의 최적화 기술 개발 분야 	
	5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 기체제어에 따른 발효식품의 저장수명 평가 <input type="checkbox"/> 기체제어/active 포장의 농식품 맞춤 기술 개발 <input type="checkbox"/> 농식품 포장에서 산소지시계의 적용 <input type="checkbox"/> 농식품 포장에서 이산화탄소 지시계의 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂ 흡수/항균성/흡수성 생분해성 active 포장 소재 개발 분야 ■ 산소 지시계를 적용한 신선 농식품 용기포장 설계 및 구현 ■ 이산화탄소 지시계를 적용한 발효식품 용기 포장 설계 및 구현 	100%
	6차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 기체제어/지시계 농식품 포장 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 기체제어/지시계 농식품 포장 시스템의 현장적용 모듈화 <input type="checkbox"/> 기체제어/active/지시계 식품 포장 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다양한 온도조건에서 산소지시계 사용 농산물 용기 시스템 적용 분야 ■ 시간제어에 의하여 발효식품 용기 포장내에 적정 이산화탄소 농도 유지 시스템 구현 ■ 유통조건에서 포장 김치의 품질 변화 예측모델 개발 분야 	100%
	7차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 기체제어 기능을 갖는 지능형 용기 포장 시스템의 실용화 <input type="checkbox"/> 기체제어/active 김치포장의 실용화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 포장 용기 시스템의 냉장고 적용 분야 ■ 유통조건에서 포장 김치의 기체 조성 예측 모델화 	100%
3단계	8차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선 <input type="checkbox"/> 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 확립 <input type="checkbox"/> 보조연구: 농산물 MAP 포장설계 app. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 포장 용기 냉장고 적용을 위한 시제품 구성 단순화 ■ 이산화탄소 흡수제 사용 조건 설계프로그램 체계화 ■ 호흡 모델 parameter 데이터베이스 업데이트 및 app.구현 	100%
	9차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 아파트 빌트인 냉장고 또는 급외식 업소에 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어작동방법 개선 <input type="checkbox"/> 맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 현장 설치 김치 용기의 설치/운전 지침과 사용자 매뉴얼 설계 ■ 김치업체 및 흡수제 생산업체 활용도 확대 	100%
	10차년도	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> CO₂ 치환 용기에서의 저장성 향상 및 품질 보존 효과 평가 <input type="checkbox"/> 김치 포장에서 생성물질의 농도와 숙성도 상관관계 규명 <input type="checkbox"/> 이산화탄소 흡수제 내장 용 김치 포장에서 숙성도 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂ 치환 용기 시스템의 알고리즘 수정을 통한 사용자 편의 제공 ■ 프로그램 활용을 통한 이산화탄소 흡수제 사용 조건 범위 확대 ■ 숙성도 표시 지시계에 적용 가능한 실용화 정보 제공 	100%

	표시 지시계와 품질변화 상관관계 파악	
--	----------------------	--

[3-1협동]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도
1단계	1차년도 <input type="checkbox"/> 생고분자를 이용한 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 최적의 성분 및 배합비 결정	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기능성 나노복합필름의 제조를 위한 최적의 성분 및 배합비율 결정 (필름 성형능력 및 제조방법 검토) ■ 나노복합 필름의 제조 및 구조 분석 ■ 최적 소재의 배합비 구명 	100%
	2차년도 <input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 항균 기능을 갖는 나노소재 선별 및 항균 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> ■ 항균 기능을 가지는 나노소재 및 천연항균소재 탐색 ■ 나노소재와 천연소재를 단일 혹은 혼합하여 사용 (항균성능 측정) ■ MA 포장용 CO₂ scavenging film 개발 ■ 자체적으로 기체조절능력을 갖는 MA 포장용 필름 개발 ■ 최적 혼합농도 도출 및 항균 특성 분석 	100%
	3차년도 <input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 나노컴포지트를 코팅한 내수성의 농산물 포장용 종이 포장재 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 생고분자를 이용한 나노복합필름의 제조 ■ 나노컴포지트를 코팅한 종이 포장재 개발(내수성 및 내유성이 증진된 종이 포장재, 농산물 포장용 내수성 외포장 상자) 	100%
2단계	4차년도 <input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 신선농식품에 대한 적용 시험	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신선농식품 포장에 광촉매 기능의 Active포장재 적용시험 ■ 산업적 생산을 위한 연구 (polymer compounding, extrusion, thermocompression 등) 	100%
	5차년도 <input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> MA 기능이 추가된 기능성 MA포장재의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 신선농식품 포장에 광촉매 기능 외에 MA, 방담 등의 기능이 추가된 Active포장재의 적용시험 및 각 기능성이 선도유지에 미치는 영향 분석 ■ 복합기능형 포장재의 산업적 생산을 위한 연구 (polymer compounding, extrusion) 	100%
	6차년도 <input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 개발된 소재의 상용화를 위한 생산 최적화 방안 도	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연구개발된 소재의 상용화를 위한 기계적성, 열접착성, 인쇄적성 등을 고려한 생산최적화 방안 도출 ■ scale-up test 	100%

		출	<ul style="list-style-type: none"> ■ 실제 현장적용을 통한 산업화 연구 	
	7차년도	<input type="checkbox"/> 생분해성의 나노컴포지트 포장재 개발 <input type="checkbox"/> 복합형 Active포장재의 상용화 및 적용대상 확대 방안도출	<ul style="list-style-type: none"> ■ 포장재에 적용된 각종 기능성 인자들이 대상 농산물의 선도에 미치는 영향 조사 ■ 개발된 기능성포장재의 적용 농산물의 확대를 위한 가능성 제시 ■ 기능성 나노컴포지트 포장재의 최적의 생산공정 확립 	100%
3단계	8차년도	<input type="checkbox"/> 항균성, 자외선차단성 등의기능성을 갖는 농식품포장재의 개발 및 산업화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 감자의 녹변방지용 포장재의 산업화 ■ 나노멜라닌의제조 ■ PP/nanomelanin blend film 제조 ■ 감자의 녹변방지용 포장재의 현장적용 연구 ■ 포장재의 spec결정 및 관리방안 마련 	100%
	9차년도	<input type="checkbox"/> 기능성 포장필름의 개발 <input type="checkbox"/> 기능성 포장필름의 산업화	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기능성 포장필름의 blending 성분 및 배합비율 결정, 시제품 제조 및 품질 특성 조사 ■ 기능성 포장 필름의 대량생산 및 산업화 	100%
	10차년도	<input type="checkbox"/> 기능성 포장 필름의 산업화 <input type="checkbox"/> 생분해성기능성포장재 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기능성 나노입자제조 ■ 매스터배치제조 ■ 복합필름 제조 및 분석 (PP/melanin 복합필름) 	100%

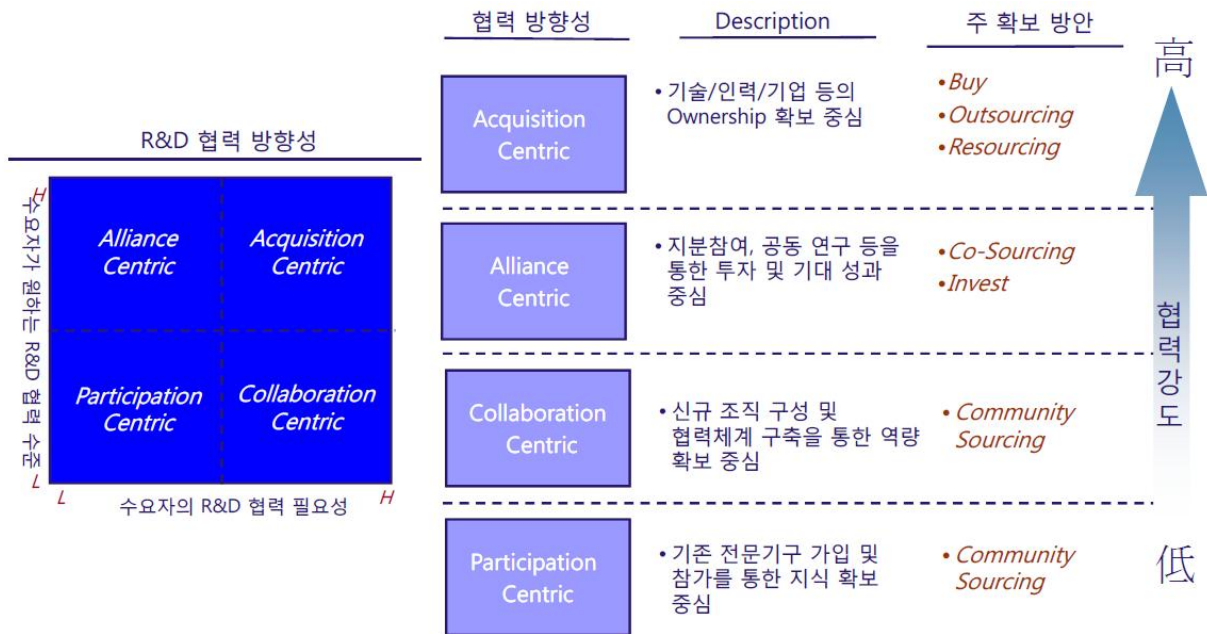
[3-2협동]

구분	연구목표	관련분야 기여도	목표달성도
3단계	8차년도	<ul style="list-style-type: none"> ■ 이산화탄소 공급 및 진공 오퍼레이션 장착 킷(Valve)제작 ■ 스텐레이스케이스 전용 플라스틱 밀폐용기 덮개 제작 ■ 서랍식냉장고 슬라이드 On/Off 방식 구조물 개선 ■ 케이스 3ch 용 컨트롤 방식 적용 ■ Main Chipset, 통신방식, I/O 제어 및 사용전력 확인 ■ 냉장고 기본 시스템(컴프레서, 냉각기 등)과 호환성 안정화 증대 ■ 기능성 포장재 필름 시제품 생산 제품의 배합 및 스펙 표준화	100%

			잠재적 수요처 확보	
9차년도	<input type="checkbox"/> 농식품포장용기의 시제품 생산 및 시범사업 적용 <input type="checkbox"/> 기능성 농식품포장재의 사업화 <input type="checkbox"/> 다기능성 농식품포장재의 제품개발 및 사업화		<ul style="list-style-type: none"> ■ 농식품포장용기의 시제품 생산 ■ 시제품 20~30개 제작하여 각 업체에 배포 하여 시범 사업 적용 ■ 사업화 및 매출 발생 ■ 농식품포장용기의 생산/품질 관리 지침 설계 ■ 용기 시스템의 품질제고 및 사용처 확대 설계 ■ 녹변방지용 소재 기술 특허이전 ■ 기능성 포장재의 기술개발 ■ 기능성 포장재 수요처 확보/ 홍보 	100%
10차년도	<input type="checkbox"/> 스마트홈시스템 냉장고에 접목 가능한 농식품포장용기의 생산 및 사업화 <input type="checkbox"/> 생분해성 기능성 포장기술의 대량생산		<ul style="list-style-type: none"> ■ 안드로이드 기반 앱 연동한 장치 개발 완료 ■ 제품 디자인 및 이산화탄소 조정 엔진 업그레이드 ■ 시제품 납품하여 기능 시험 테스트 진행 ■ 제품화를 위한 KC인증 진행 ■ 매출 확보 및 기대 ■ 감가녹변방지필름 포장재 대량 생산 ■ 대형마트 관련사 매출 실현 ■ 상용화 제품 개발 2건 이상 	100%

6. 연구성과의 활용계획

6-1. 세부별 연구성과 활용계획



산업체는 R&D 협력 필요성과 자사가 원하는 R&D 협력 수준에 따라 R&D 협력의 방향을 결정하므로 본 센터는 센터가 갖고 있는 기본기술 및 각종 연구내용에 대해 협력기업체의 연구인력에게 많은 교육훈련기회를 부여할 계획이다. 이러한 교육은 국내의 지능형 농식품 포장 관련 전문가 양성은 물론 농식품 산업 발전에도 큰 도움을 주리라 기대된다. 본 센터의 정기교육은 ‘지능형 농식품 포장 신기술 개발’ 과정을 바탕으로 하고 있으며 특히, 아래의 기업체 대상 교육과정에 대해서는 실무적인 교육에 초점을 맞추어 단계별로 실시할 계획이다. 교육의 목표는 연구센터의 개발기술을 즉각적으로 기업체에서 적용하는 것이다. 협력기업 부담내역은 아래의 표에 나타내었으며, 협력기업과의 협의를 통해 조정될 수 있다.

명칭	관련기업명	교육훈련대상	교육훈련내용 및 방법	소요경비부담	협력조건
□ 지능형 농식품 포장 지시계(TTI 및 신선도 가스지시계) 산업화	동호기계, 매일유업, 경기농협식품조합, 지능형포장산업, Pet Club	연구원 및 현장작업자	<ul style="list-style-type: none"> ■ 지시계(TTI 및 신선도 가스 지시계) 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 방법 ■ 지시계 사업화를 위한 QC(Quality Control) 지침 설계 및 현장적용 방법 	기술이전 비용에 포함 예정	시범 적용 및 기술이전
□ 4차산업형 지능형 농식품 포장·유통 시스템 산업화	이에스애니, 한양TEC, 경기농협식품조합, 횡성한우	연구원, 시범사업작업자	<ul style="list-style-type: none"> ■ 횡성한우/경기농협 김치 브랜드화를 위한 식품 포장 및 제조 유통 시스템 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원 ■ RFID-산소지시계 제품/공정/사용시스템/QC 지침 설계 및 현장적용 방법 	기술이전 비용에 포함 예정	시범 운영 및 기술이전
□ 농식품 포장용기 및 기능성 포장재 산업화	쉬운기술, 한그린테크, 포장재제조업체	연구원, 시범사업관련자, 관련기업체종사자	<ul style="list-style-type: none"> ■ 농식품 포장용기 시제품 구성 요소 개선/현장 설치 및 제어작동법 개선/각종 지침서 설계 ■ 감자 녹변방지용 포장재 생산기술 및 대량 생산 방법 확립 및 현장적용 ■ 수분저항성 판자 포장재 개발 및 현장적용 	기술이전 비용에 포함 예정	공동연구, 시범 적용 및 기술이전

[1-1세부]

- 효소 및 산화-환원 염료를 이용하여 원천기술이 확보된 시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicators; TTI)를 완제품 수준으로 완성하였으며, 적용 식품의 품질변화 메카니즘과 TTI의 색 변화 속도를 일치시킬 수 있는 기술을 개발하여 다양한 식품(예; 육류(돼지고기, 쇠고기, 닭가슴살), 우유, 발효식품, 산양삼, 키위 및 애완견 사료 등)에 적용하여 성능 test를 실시하였고 시범적용을 통하여 field test를 실시하였다.
- 현재 시간-온도 이력지시계 개발과정에서 확보된 지식재산권을 참여기업(동호기계(주), 지능형 포장산업(주))을 통하여 기술이전(기술료: 7,000,000원)을 실시하고, 제품화하여 판매하였다(매출액 : 31,400,000원).
- 향후 참여기업을 통하여 제품화/사업화를 지속적으로 실시하여 농식품 포장의 신선도/안전

성을 나타내 주는 시간-온도 이력지시계 사업화를 확대 실시할 예정이다. 또한 시간-온도 이력지시계 관련 기술 공급자로서 다음과 같은 역할을 수행한다.

- R&D, 기업 및 산업계와의 연계 : 교육 및 연구 기능을 수행하면서 연구성과의 이전을 위한 기업 및 산업계와의 연계를 추진
- 기술이전 및 사업화 : 지식재산권의 등록·보호·관리, 기술이전 및 사업화 지원
- 기술의 발전 단계상 실험실 수준의 초창기 단계에 있는 기술을 추가 연구개발을 통하여 시장성이 있는 기술로 개량
- 유망 사업화 아이টে에 대한 잠재적 기술 수요자를 파악하고 기술 세미나 및 실제 사업화에 대한 insight를 획득할 수 있도록 지원
- 시범사업을 위한 TTI 사용 시스템 설계 : 사용 시설/장치 및 관리 지침을 설계하고 사용 매뉴얼을 작성하여 TTI 제품의 품질을 평가한다.
- 사업화를 위한 TTI의 QC(Quality Control) 지침 설계 : 중점관리요소, 생산공정 감사, 생산관리 문서 등으로 나누어 생산관리 지침을 작성하고 품질관리 지침을 작성한다.

○ 시간-온도 이력지시계 사업화를 위한 기술지원 제공

- 3단계를 통하여 기술이전 및 판매가 이루어진 시간-온도 이력지시계의 사업화를 위한 기술지원 분야를 다음 표와 같이 세분화하여 실시한다.

표 1. 기술지원 분야

NO.	지원기술 종류	세 부 내 용	지원가능성
1	상담 및 기술지도	기업의 상품화 문제점을 상담하고 필요 시, 해결방안에 대한 현장방문 기술지도	상담 : 무료지원 지도 : 일부부담
2	설계 및 연구개발	기존 제품을 전면적으로 개선해야 하거나 신상품 개발 시, 연구개발 설계안 제시	개발비용 업체 부담
3	분석시험 및 평가	기존제품에 대한 물성시험 및 유통환경시험을 실시하고 결과를 평가	시험수수료 일부 업체 부담
4	디자인	소비자의 포장에 대한 디자인 방향설정, 전문업체 제작안에 대한 평가 및 적용지도	방향 설정 및 전문업체 소개
5	교육 및 정보제공	지능형 포장에 대한 교육과 국내·외 기술 정보 수집 및 필요 정보 제공, 데이터베이스 구축	기본 교육 및 기초 자료 무료 제공
6	국제교류	세계적인 지능형 포장 기술 발전추이를 상시 모니터링하고 국제수준의 연구기관과의 교류 유지	참여기업의 해외 진출시 협조

[1-2세부]

- 육류, 어류, 김치 등 신선도 관련 지표기술 실시시간으로 평가할 수 있는 지시계는 국내 농업과학의 원천기술로 등록될 수 있으며 각각의 지시계가 정확성을 갖추도록 보완하여 안전한 농식품 관리 및 유통 기술 기반 구축의 원천기술이 되어 미래의 고부가가치 신 성장동력 산업으로 육

성 가능하다.

- 이러한 가스지시계의 개발로 농식품의 품질과 위해도의 모니터링 및 관리의 첨단화는 국가의 농식품 관리정책에 대한 소비자의 긍정적인 반응을 유도하여 소비자 신뢰에 의한 소비 촉진과 관리의 효율화에 따른 경제적 효과를 기대할 수 있다.
- 식품의 품질에 대한 정확한 정보제공은 소비자와 생산자를 비롯하여 규제기관, 식품 판매상 등 많은 사람들이 관심 있게 확인하는 항목이다. 발효식품의 제품인 경우 발효상태에 따라 그 가치가 달라지고 소비자의 선택이 달라질 수 있다. 하지만 현재까지는 그 부분을 오직 관능적인 것에 의존하여 처리해왔다. 이는 소비자뿐만 아니라 공급업자에게도 객관적인 정보를 줄 수 없어 상당한 피해가 예상된다. 따라서 농식품의 정보제공을 위해 간단하고 빠르며, 효과적인 지시계가 필요할 것이다.
- 현재 국내외에서 대두되는 식품안전성에 관한 소비자의 관심에 맞춰 식품신선도의 탐지를 위한 지시계가 식품과 함께 포장되어 소비자의 기호에 부합하는 제품 생산이 기대된다. 또한 소비자의 기호에 부합하는 제품 생산에 따라 제품의 시장경쟁력을 갖추고 동시에 경제적 과급효과도 있을 것이라 기대된다.
- 고품질 안전식품 공급을 통한 국민건강 확보로 비용 손실을 억제하고 식품 안심 및 건전한 식문화 구축에 기대할 수 있다.
- 식품유통 분야에 대한 연구는 식품 생산 및 도소매업체 뿐만 아니라 식품의 물류 및 유통시스템에 관련된 소재, 기계, 환경, 물류산업 등에 미치는 과급효과가 광범위하여 기술적 시너지 효과도 크다.
- 지시계의 정확성과 재현성을 구축하기 위해 지난 7년동안 센서의 최적농도, kinetic 평가, 색변화 관찰, 온도의존성 평가를 진행하였다. 또한 prototype의 최적용량, 용기종류, 필름종류를 설정하였고 이에 더 나아가 저장실험을 진행하여 식품의 안정성 및 저장성을 평가하였다. 그리고 신선 가스지시계의 최적화 및 실용화를 통해 꾸준히 지시계의 정밀성과 현장적용가능성을 높여왔다.
- 신선도 가스지시계의 사업화에 따른 기대효과는
 - 식품의 신선도 유지 및 보관이 가능해 식중독 등의 발생을 차단: 식품의 신선도와 안전성에 관련된 정보를 실시간으로 소비자에게 제공하여 소비자 및 생산자, 유통업자 모두의 수요를 충족시킬 수 있다.
- 기존의 제작된 신선도 가스지시계의 제품을 실제 시제품에 적용 하였을 때 품질관리를 통하여 생산을 실행 하였을 경우 생산 지침을 이용하여 제품의 완성도를 구축 및 보안

[1-1 협동]

- 「지시계의 시장개척 및 사업화」 과제를 통하여 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicator; TTI)와 신선도 가스지시계의 사업화를 수행하였다(기술이전: 2건, 기술료 납부: 10,000,000원, 제품화: 9건, 매출액: 31,400,000원). 또한 참여기업으로서 가치를 창출할 수 있는 핵심 IP를 중심으로 포트폴리오를 강화시키고 가치를 창출한다.
 - 제품 컨셉의 개발과 테스트 : 제품 아이디어를 소비자 입장에서 구체적으로 표현하고 표적 시장 소비자들이 제품 컨셉을 평가
 - 사업성 분석과 제품 생산 : 현시점에서 고려하는 가격, 유통, 촉진 등의 마케팅 노력 투입

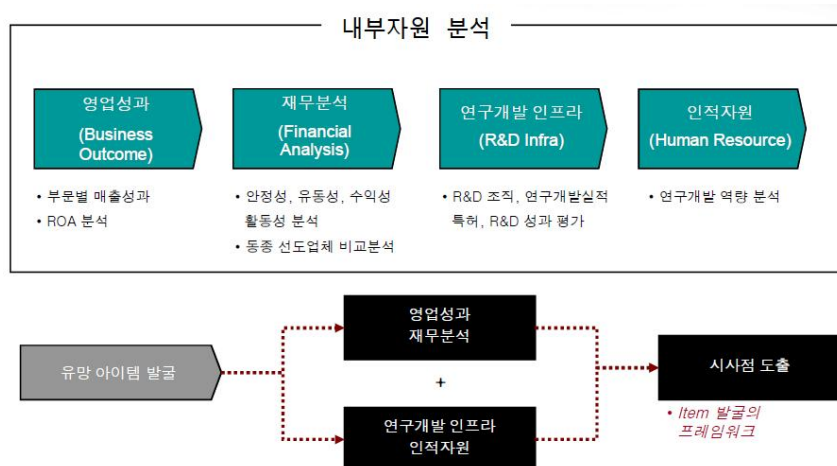
시, 예상되는 매출과 이익 등을 추정하고 제품 컨셉 기술서나 공정도로부터 실제 제품을 생산
 - 시험마케팅 : 시험시장을 결정하여 마케팅 노력과 함께 제품을 도입한 후, 성과를 측정

- 기술이전을 받은 시간-온도 이력지시계와 신선도 가스지시계 기술을 내부적으로 체계화하여 경쟁력 있는 제품을 생산할 수 있도록 동국대학교 지능형 농식품 포장연구센터(기술공급자)와 (주)한국 지능형 포장산업(기술수요자)가 아래와 같은 협력 연구를 수행하도록 한다.



- 제품화/사업화를 지속적으로 실시하여 농식품 포장의 신선도/안전성을 나타내 주는 시간-온도 이력지시계 및 신선도 가스지시계 사업화를 확대 실시하고, 기술 수요자로서 다음과 같은 역할을 수행한다.

- 기술 공급자와 공동연구 : 1·2·3단계 성과물의 생산·시험사업·판매를 위하여 지능형 농식품 포장연구센터와 공동 연구 수행(실험실 기반 창출된 기술과 시장 중심 활용되는 기술과의 격차를 방지하기 위한 공동연구)
- 내부자원 분석 : 기업의 내부자원 분석을 통하여 사업 아이템 발굴 및 마케팅 전략 수립



- 사업화 적합성이 검증된 기술의 제품화를 위한 주변기술(Peripheric Tech.)의 개발 지원 : 디자인, 소재, 정보화 등
- 다양한 신사업 추진 : 참여기업은 센터와 다양한 방법을 통하여 신사업을 추진

[2-1세부]

- 미국과 같이 제3자 물류업체(예: 쿠팡)에 의한 신선식품 안심 품질 보증이 이루어지는 시점이 되면(향후 3~5년 이내) 본 과제에서 개발한 연구 개발품들의 산업화가 활발하게 전개될 것으로 기대된다.
- 타 연구에의 응용은, 지능형 RFID Gate 기술의 경우에는 기존의 바코드나 1개의 RFID 리더를 적용하여 입출고 계수작업의 오류를 많이 발생시키는 기술을 개선하는 기술로써 다양한 물류 유통 산업에 적용이 가능할 것으로 기대된다.
- 빅데이터 기반의 온라인 쇼핑몰 및 쇼핑 마트 저장소 기술은 최근 빅데이터 기술이 보편화됨에 따라서 기존의 관계형 데이터베이스 기반의 서비스를 빅데이터로 업그레이드하려는 다양한 연구에 적용 될 수 있을 것으로 기대된다.

[2-2세부]

- 기술 이전 업체가 제품화를 실시하여 스마트 폰을 통해 농식품 포장내 품질 정보 (온도, 습도, 산소 농도 등)를 알 수 있는 RFID 센서 태그의 사업화를 실시할 계획이다.
- 스마트 패키징에 활용되는 RFID 응용 제품의 국내시장 규모는 2020년 2,642억 원에서 연평균 6.52%로 성장하여 2025년에는 3,921억 원에 이를 것으로 전망되며 세계시장 규모는 2020년 66억 달러에서 연평균 13.36%로 성장하여 2025년에는 143억 달러에 이를 것으로 전망됨. EU와 미국, 일본 등 선진국은 식재료 식품의 생산, 유통 분야에 u-IT 기술도입을 통해 식품 유통의 투명성 확보는 물론 생산관리, 유통물류관리(전자상거래, e-pedigree 등) 등에 활용하고 있으며 바코드가 대부분 RFID로 상당부분 대체될 것으로 예측된다.
- RFID 센서 태그 제품은 농식품에 대한 안전성 및 신뢰성을 높여 판매를 증가시킬 수 있으며, 그리고 농식품의 폐기나 반품 등을 줄일 수 있어 경제적 이익을 창출하는 데 도움이 된다. 또한 문제가 발생하면 생산 회사와 유통 회사 간의 책임을 명확히 하여 고객과의 분쟁을 줄이는 것도 가능하다.

[2-1협동]

- 신선식품의 안심 물류를 위한 제3자 물류업체에 본과제 적용을 위한 산업화의 시기가 오면 2-1 과제에서 개발한 기술을 사업화하기 위해서 설계 및 구축한 브랜드 한우/김치 등으로 위한 2-1세부과제와 연계되는 솔루션의 활용이 기대된다.

[3-1세부]

- 탄산가스 제어 김치 용기
 - 고농도의 CO₂로 치환이 가능한 용기로 김치 저장과 맛 평가를 통해 성능 입증
 - 김치에 적용 가능한 작동 알고리즘을 기술이전을 통해 기술을 공유하고, 관련업체가 급외 식업소의 냉장고에 실용화 진행 중

- 신선농산물 MAP 설계 app./맞춤형 김치 포장 설계 프로그램
 - 신선농산물 포장설계 프로그램은 기술이전 완료하고, 안드로이드용 app.의 Playstore®에 공개
 - 신선농산물 생산자와 포장업체 그리고 교육자료로 학생 활용
 - 김치 포장 설계 소프트웨어는 유통온도 조건을 고려하는 김치의 총산도 예측모델 개발 및 김치포장의 이산화탄소 흡수제 설계 모델 개발
 - 김치의 숙성도를 표시하는 지시계와 연계하여 실용화 정보 제공
 - 김치 생산업체나 흡수제 생산업체에서 요구 시 무료 배포 및 사용방법 교육가능

- 기체제어 농산물 용기
 - 신선농산물 용기 내 실시간 적절한 기체농도 자동제어 가능
 - 신선농산물 저장 중 적정 기체농도를 벗어날 경우 자동 조정 밸브 기능으로 적정 기체농도 조절
 - 일반냉장고 농산물 용기로 활용 및 신규과제 도출 가능

- Active 포장 소재 개발
 - 신선농산물에 적용 가능한 CO₂ 흡수/항균성/흡수성 생분해성 active 포장 소재 개발
 - 김치 발효 특성과 이산화탄소 흡수제 특성을 조화시킨 단계적 이산화탄소 흡수 조절 가능
 - 유통단계에서 농산물을 신선하게 보존하는 1차/2차 포장 연계시스템 및 active 포장소재 개발
 - 식품의 특성에 맞는 다기능 active 소재로 적용가능하며, 식품업체, 흡수제 생산업체, 유통업체와 지속적인 협조 및 신규과제 도출 가능

[3-1협동]

- 환경친화적인 기능성 (항균/항산화/자외선 차단성) 나노복합포방재의 개발 및 산업화에 대한 연구가 급증하고 있어, 연속적인 연구가 이루어져야 함.
- 본 연구에서 개발한 기능성 나노복합포방재는 항균/항산화성을 갖으며 생체조화성을 가지므로 wound dressing과 같은 생의약연구분야에도 응용이 가능
- 최근에 본 개발 기술에 대해 관심을 갖고 본 개발 기술을 사용하기를 원하는 국내외의 업체들이 있어 이들과 협력하여 산업화를 이루는 방안에 대해 구상 중에 있음.

[3-2협동]

- 3-1세부, 3-2 세부와 공동 연구성과로 의한 활용계획이 동일하게 적용됨

- 탄산가스 제어 김치 용기
 - 고농도의 CO₂로 치환이 가능한 용기로 김치 저장과 맛 평가를 통해 성능 입증
 - 김치에 적용 가능한 작동 알고리즘을 기술이전을 통해 기술을 공유하고, 관련업체가 급외 식업소의 냉장고에 실용화 진행 중

- 신선농산물 MAP 설계 app./맞춤형 김치 포장 설계 프로그램

- 신선농산물 포장설계 프로그램은 기술이전 완료하고, 안드로이드용 app의 Playstore®에 공개
- 신선농산물 생산자와 포장업체 그리고 교육자료로 학생 활용
- 김치 포장 설계 소프트웨어는 유통온도 조건을 고려하는 김치의 총산도 예측모델 개발 및 김치포장의 이산화탄소 흡수제 설계 모델 개발
- 김치의 숙성도를 표시하는 지시계와 연계하여 실용화 정보 제공
- 김치 생산업체나 흡수제 생산업체에서 요구 시 무료 배포 및 사용방법 교육가능

○ 기체제어 농산물 용기

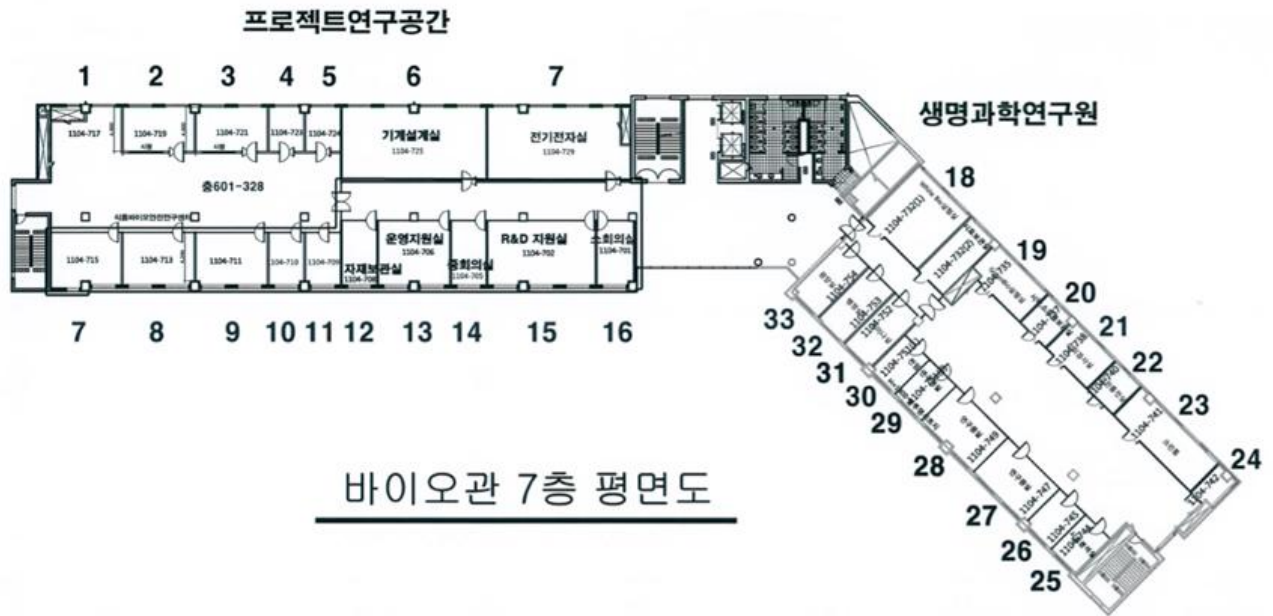
- 신선농산물 용기 내 실시간 적절한 기체농도 자동제어 가능
- 신선농산물 저장 중 적정 기체농도를 벗어날 경우 자동 조정 밸브 기능으로 적정 기체농도 조절
- 일반냉장고 농산물 용기로 활용 및 신규과제 도출 가능

○ Active 포장 소재 개발

- 신선농산물에 적용 가능한 CO₂ 흡수/항균성/흡수성 생분해성 active 포장 소재 개발
- 김치 발효 특성과 이산화탄소 흡수제 특성을 조화시킨 단계적 이산화탄소 흡수 조절 가능
- 유통단계에서 농산물을 신선하게 보존하는 1차/2차 포장 연계시스템 및 active 포장소재 개발
- 식품의 특성에 맞는 다기능 active 소재로 적용가능하며, 식품업체, 흡수제 생산업체, 유통업체와 지속적인 협조 및 신규과제 도출 가능

6-2. 센터의 자립화 계획

- 본 센터는 시작부터 철저하게 자립을 최종목표로 삼고 연차별 및 단계별로 주도면밀한 자립계획 하에 운영을 할 것이다. 자립화를 위해서는 연구비, 운영비 및 인건비 등의 예산확보가 가장 중요한 사안이므로 향후 민자 유치, 기술이전 또는 정부 지원의 연구개발비 수주를 적극적으로 추진할 것이다. 이를 위하여 대학부설 연구소로써 센터를 설립하였다.



장 소	면 적	비 고
센터장실	4200(cm)×3100(cm)	13.02 m ²
행정실	4200(cm)×3110(cm)	13.062 m ²
회의실	4200(cm)×6220(cm)	26.124 m ²
자료보관실	4000(cm)×3110(cm)	12.44 m ²
중앙실험실	8300(cm)×13171(cm)	109.32 m ²
미생물 배양실	4000(cm)×6220(cm)	24.88 m ²
분석실	4000(cm)×3110(cm)	12.44 m ²
합	211,285.300(cm ²) (211.286 m ²)	211.286 m ²

- TFT 운영 기한 연장에 따른 연구프로젝트 공간을 조정하였다. 2022년 8월 31일까지 TFT 운영 기한을 연장하였다. 센터 운영에 필요한 인력으로 연구초빙교수 1명을 지원하였으며 2년간의 50,000,000원의 센터 운영비 지원이 이루어졌다.

기업부설연구소/센터당부서 인건요건

구분		신고요건
인력 요건	연구소	벤처, 연구원, 교원창업기업 연구전담요원 2명 이상
		소기업 연구전담요원 3명 이상 (단, 창업일로부터 3년까지는 2명 이상)
		중기업/국외기업부설연구소 연구전담요원 5명 이상
	대기업 연구전담요원 10명 이상	
연구개발담당부서	기업규모에 관계없이 동등 적용	연구전담요원 1명 이상
물적 요건	연구시설 및 공간요건	연구개발활동을 수행해 나가는데 있어서 필수적인 독립된 연구공간과 연구시설을 보유하고 있을 것

- ◆ 소기업의 기준: - 제조업(제조공정)의 경우 생체고용인수 30명 미만, - 도소매/서비스 분야의 경우 생체고용인수 10명 미만, - 병원/의료원의 경우 생체고용인수 30명 미만.

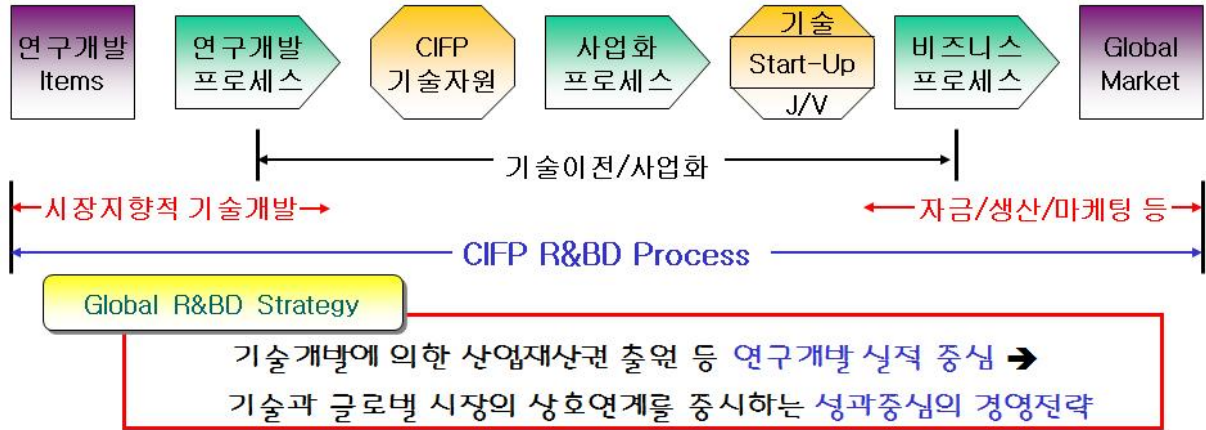
기업부설연구소 설립시 혜택

구분	제도명	제도가격	비고
연구	연구 및 인력개발비 세액공제 (일반연구/인력개발비)	각 사업연도 기술 및 인력개발비의 일정한 비율을 법인세 또는 소득세에서 시유 공제함 - 운영발생기준 당월과 1년도 기술 및 인력개발비 총지출액의 25% 세액공제 - 운영발생기준(당월연도 발생액-과거 4년간 연평균 발생액) > 50% (실기중생액, 당월연도 중계 불기시 향후 6년간 이월 공제) (예시) 운영발생기준 연구원 5명 인건비 1억 5천만원, 시계를 제작해 줄 연구비를 5천만원 #세액공제 혜택 -2억원, 25%=5,000만원 공제	중소기업 우대
	연구 및 인력개발비 세액공제 (신성장동력/혁신기술연구개발비)	신성장동력/혁신기술 연구개발을 촉진하기 위해 해당비용 연구 및 인력개발비 세액공제 공제율을 단계 적용(적용시한 2012년 12월 31일) - 1억원 이하 발생액 > 30%	중소기업 우대
조세지원	연구 및 인력개발 설비투자 세액공제	내국인이 연구 및 인력개발을 위한 시설 또는 신기술의 기업화를 위한 시설에 투자(중고음에 의한 투자용 제외)하는 경우에는 당해 투자금액의 10%에 상응하는 금액을 그 투자용 완공된 날이 속하는 과세연도의 소득세(사업소득에 대한 소득세) 또는 법인세에서 공제해주는 제도(2012년 12월 31일까지 적용)	중소기업 우대
	연구 및 인력개발준비금의 손급산입	연구개발비, 기술정보 및 훈련비, 연구시설투자 등 기술혁신관련 투자지출금액을 투자경시전에 미리 손급으로 산입토록 하고, 매월 3년 이내에 기술개발 관련부문에 투자로 국산입(조세 특례 제한업 제외)	중소기업 우대
	기술특수기업 세액공제	중소기업이 특허권·실용신안권·기술비밀 또는 기술을 내국인으로 부터 취득한 경우 또는 취득금액의 7%에 상응하는 금액을 당해 과세연도의 소득(사업소득에 대한 소득세) 또는 법인세에서 공제해주는 제도(2012년 12월 31일까지 적용)	중소기업 우대
	기업부설연구소용 부동산세	기업부설연구소용 부동산에 대하여 지방세(취득세/등록세/재산세)를 면제함	연구소
	외국인기술자 소득세 감면	전문기술을 습득한 외국인기술자가 국내에서 내국인과 동등한 계층이고 지급받는 근로소득이나 기술도입계약에 의하여 외국인기술자가 국내에서 근로를 제공하고 지급받는 근로소득에 대해 소득세를 50%감면해 주는 제도(2011년 12월 31일까지 적용)	중소기업 우대

○ 2~3개 분야 국내 최고 수준 확보 및 1~2개 분야 세계 수준 진입을 특성화 목표로 하여 다음 그림과 같이 전문화·특성화를 실시한다.

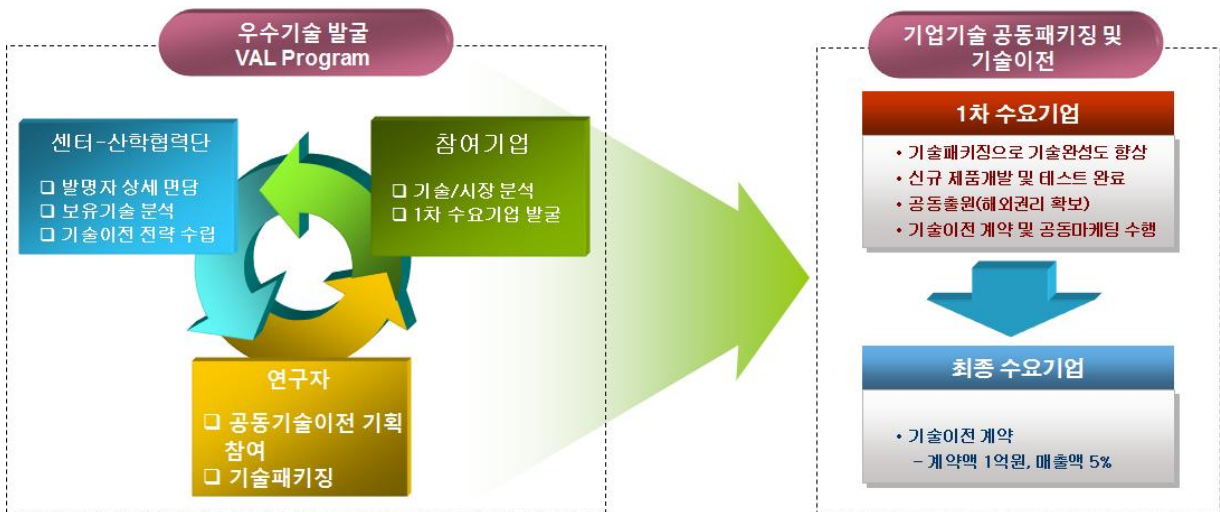


- 정부의 출연 연구사업 및 기업 수탁사업을 통하여 발생하는 산업재산권을 이전하는 IP 사업등 소극적인 사업화 뿐만 아니라 보유기술의 가치를 증대 시키기 위하여 전문 사업화 법인 설립 등 “적극적인 사업화 수단을 통하여 seed money을 창출, 세계시장에서 통용되는 연구개발 결과를 끊임없이 산출하는 Process”



◎ 자립화를 위한 기술이전 및 기술사업화

- 기술이전 및 기술사업화 목표 및 전략



- 기술사업화를 효과적으로 수행하기 위하여 외부 기술환경 및 내부 기술능력에 대한 분석을 바탕으로 센터의 목표달성을 위하여 요구되는 기술개발의 위상을 정립, 전략적으로 필요한 기술들을 파악·선정하고, 이들을 효과적으로 획득·학보할기 위한 구체적인 방안을 모색하고 실행한다.

○ 기술이전 및 기술사업화 단계별 내용



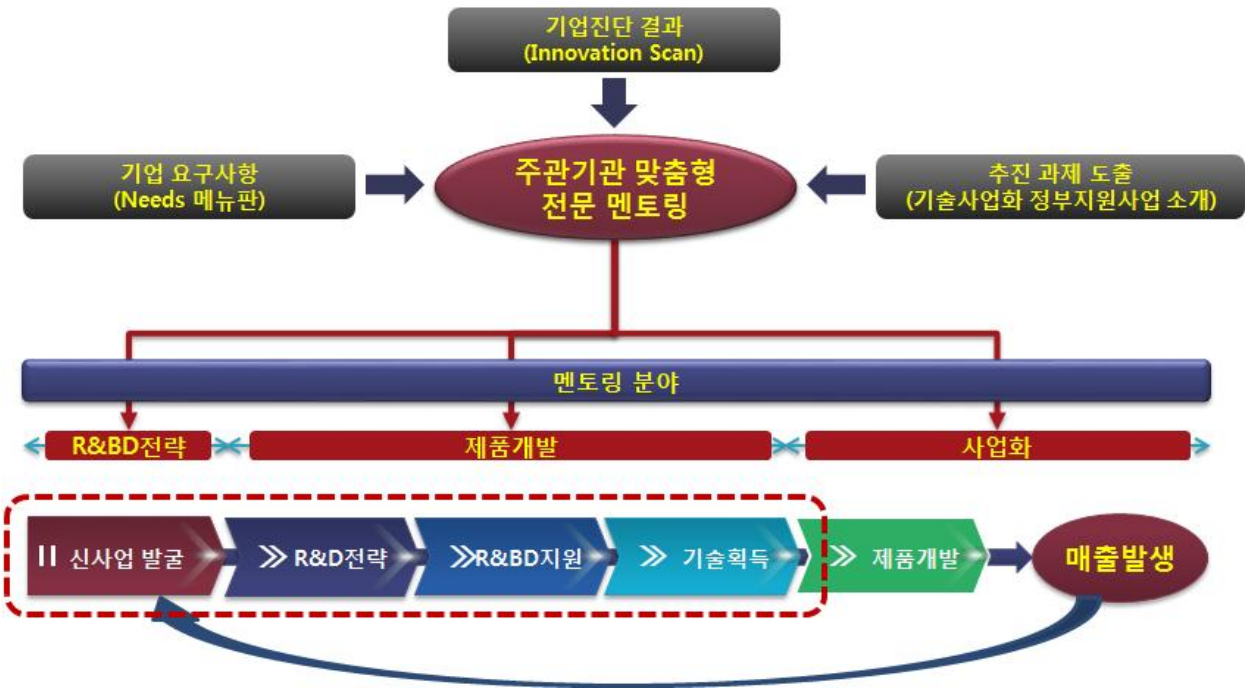
- 기술사업화 및 기술이전을 위하여 기업에서 필요로 하는 경우 협상, 중개를 거쳐 기술이전계약을 체결하고 이전받은 중소기업을 대상으로 기술상용화를 위한 후속기술개발을 지원
- 보유하고 있는 원천기술을 기업에서 성공적으로 사업화할 수 있도록 보완개발을 지원하는 기술이전사업화 프로그램 운영
- 상용화 기술개발 단계에 존재하는 리스크를 줄임으로써, 기업의 신기술 적용 및 신사업 개발을 촉진하고 지능형 농식품 포장연구센터 연구성과의 산업계 보급 촉진
- 지원대상 기술은 현재 기술에서 단기 추가연구를 통하여 사업화가 가능한 기술이며, 기술 수요업체가 존재하나 기술이전을 위해서는 보완연구가 필요한 경우 또는 현재 기술수요업체는 존재하지 않으나 1년 이내의 보완연구를 통하여 기술이전 또는 사업화의 가능성이 높은 것
- 기업 애로사항을 전주기로 파악·해결하고, 중소·중견기업의 기술혁신역량 강화를 통하여 중소기업의 성장을 지원

- ① (Bridge Program) 원천기술의 상용화 기술 개발을 통하여 기술사업화 및 기업 역량 강화
- ② (K-Club Program) 기술경쟁력을 보유한 회원사를 KOITA, KOTRA 등 유관기관과 연계
- ③ (중소·중견기업 동반성장) 중소-대기업간 수요 제품을 중계하여 기술개발 지원 등을 통하여 중소기업-센터-대기업간 동반성장 생태계 구축
- ④ (Techno-partnership) 중소기업의 핵심애로 기술 해결, 인증획득 등을 지원, 성장 견인
- ⑤ (개방형 플랫폼) 기술별 플랫폼 구축 및 개발지원으로 중소기업의 중앙연구소 역할
- ⑥ (첨단장비·분석 지원/인력양성/특허 지원 등)

○ 기술이전 및 기술사업화를 위한 전문 컨설팅 업체 활용

- 전문 컨설팅 업체(기술사업화 전문회사)를 통하여 R&D 기획지원에서부터 사업화까지 기

술사업화에 걸친 지원업무를 제공받는다.



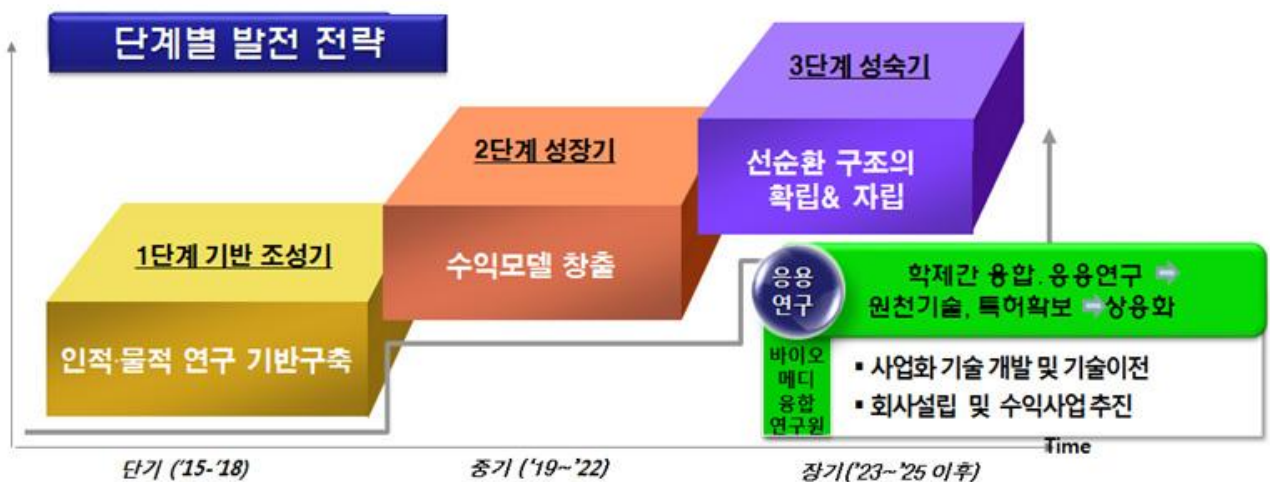
○ 국내 기술이전 및 기술사업화 지원 자금/프로그램 활용

- 현재 부처·청에서 시행중인 기술사업화 지원·정책은 사업화 연구개발 지원, 기술이전 및 거래지원, 기술 사업화 기반구축 지원, 기술사업화 금융 지원 등으로 유형화가 가능
- 기술사업화에 소요될 자원/인력을 충당하기 위하여 정부주도 펀드, 자금 투·융자 등을 활용

구분 (역할)	1.Ideation (Observation)		2.Planning (Orientation & Differentiation)		3.Preparation (Decision)		4.Deployment (Action)				5.Monitoring & Marketing				6.Technology Commercialization, Technology Transfer, Negotiation			7.Follow up & Management	
	Idea 창출	Idea 검증	Idea구체화	Biz-Plan 작성	예산 확정	R&D 준비	R&D 실행	R&D 종료	공동 R&D 전략	기술 평가	수요자 확보	기술 마케팅 전략	TT&TC 전략	협상 전략	계약 체결	사후관리	창업 /사업화 후속지원		
기술보증기금	모든 기술사업화 활동에 자금 지원																		
한국전자통신연구원								후기R&D지원			제품-서비스화 지원		상용화 지원						
한국생산기술연구원													협상과 중개를 통한 기술이전계약 체결 지원				후속기술개발 지원		
연구성과실용화진흥원	I-R&D 비즈니스 사업					I-R&D 비즈니스 사업													
	유망기술 발굴, R&BD 기획컨설팅 지원 (연구성과사업화지원사업, 대형사업단 성과관리)																		
한국연구재단 (미래부 연구성과 관리)					기초/원천 R&D 사업 등 연구개발지원														
대학/출연(연) TLO (기린보유 연구성과 기술사업화)								연구성과 창출	TLO 자체 기술사업화사업										
연구개발특구진흥재단 (특구내 연구성과 기술사업화)				특구기술사업화								기술탐색 이전-공급 / 특구기술사업화							
중소기업지원 통합센터 (중소기업 사업화지원)				기업수요집수				장비, 실험실 대여									사후 만족도 관리		
출연(연) 공동 기술기술회사 (출연(연) 보유 연구성과 기술사업화)	성과발굴 및 BM 설계											기술사업화 전략 및 창업, 기술사업화							

◎ 대학의 특성화 발전 방향과의 부합 정도 및 향후 계획

- 과학기술정책연구원(STEPI)의 「국가 미래 메가성장 동력원 발굴사업 사전기획 연구」 보고서에 따르면 사회연안 해결과 국가의 지속적인 성장을 위하여 국내 25개 출연연이 보유한 핵심기술을 바탕으로 국가 미래성장동력원 발굴 사업을 추진하고 있다.
- 상기의 보고서에 따르면 메가성장 동력을 위한 사업 및 핵심기술 분야를 크게 ‘창의적 성장 사회’, ‘인간중심의 스마트 사회’, ‘지속가능한 청정 사회’, ‘걱정없이 활기찬 건강안전 사회’로 나누어 발굴하였으며, ‘걱정없이 활기찬 건강안전 사회’를 위해서는 ‘사회 복합재난 대비 방재력 향상기술’, ‘BINT (BT, ICT, NT) 기반 맞춤형 건강 증진/의생명 나제 극복 기술’ 사업을 기획하고 세부 기술 과제를 선정하였다.
- 과학기술정책연구원 보고서는 본 연구단의 사업인 ‘지능형 농식품 포장을 위한 지시계, RFID-지시계, 포장시스템 개발’ 과제를 국가 R&D 주도의 성공적 과제로 평가하고 본 과제를 ‘걱정없이 활기찬 건강안전 사회’ 핵심기술 분야에 포함시켰으며, 벤치마킹하여 미래 메가성장 동력원 사업을 진행하고 있다.
- 미래 메가성장 동력원 사업의 4대 핵심기술 중 ‘걱정없이 활기찬 건강안전 사회’는 동국대학교에서 현재 추진 중인 바이오메디 융복합연구의 일환으로 사료된다.
- 현재 우리대학(동국대학)은 바이오메디 융복합연구 추진을 위하여 바이오메디융합연구원 하부 조직을 중점연구센터: 재생의공학연구센터, 식품바이오융합연구센터, 천연물소재 융합연구센터, 한방신약융합연구센터, 바이오힐링융합연구센터, 환경독성융합연구센터로 조직개편을 단행하였다.
- 이는 BMC와 일산병원의 위상 제고 및 바이오메디분야 진출을 위한 발판으로 연구 환경 확립 및 우수 연구인력 배출에 기여할 것으로 기대를 모으고 있으면 다음과 같은 단계별 발전 전략을 제시하고 있다.

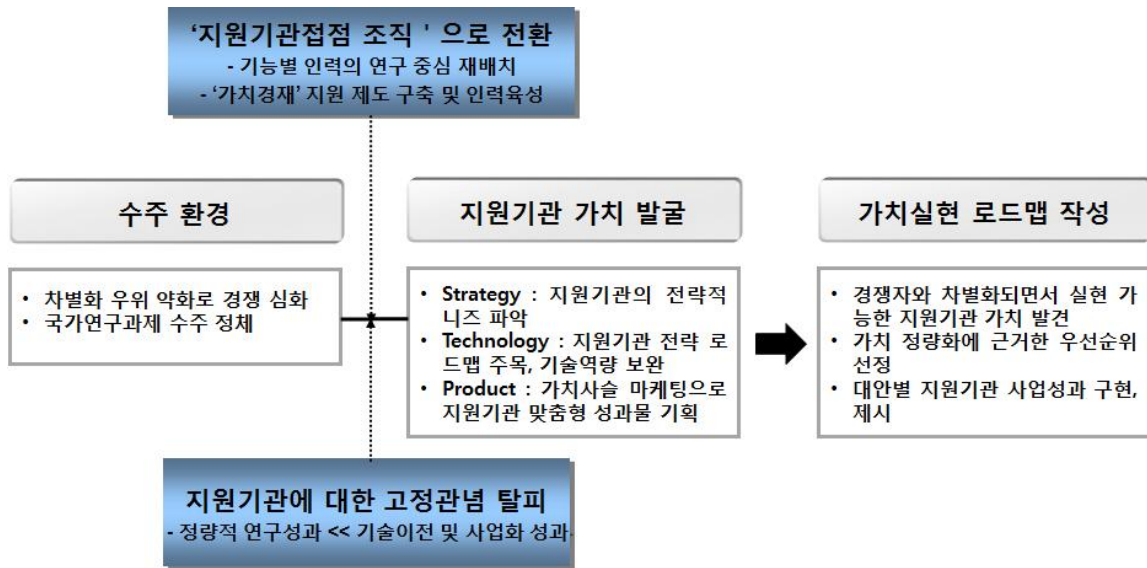


(자료출처: 동국대학교 Home page; 연구/산학>정보관장>연구뉴스)

- 본 센터는 바이오융복합분야의 전문 연구 인력으로 구성되어 있으며 창의적 융합 연구와 사업화를 위한 Know-How를 가지고 있으므로 동국대학교 바이오메디융합연구원 단계별 발전 전략에서 인적·물적 기반 제공 및 수익 창출을 위한 전략을 제공할 것으로 판단되며, 사업 1단계에서 부터 기관간의 유기적인 협동연구체계 구축이 필요하며 2단계에서 부터는 보다 효율적 연구개발 추진을 위해 주관기관 이외의 타 출연(연) 및 의료기관, 기업 등의 참여를 유도하는 것이 바람직하다.

◎ 국가 연구과제 수주를 통한 자원 마련

- 국내에서는 농림수산물 관련 R&D를 7대 산업분야 20개 부분으로 재편한 ‘농림수산물 R&D 종합 세부추진계획’에 따르면 1) 지능형 포장, 2) RFID 적용 물류 기술 등 차세대 유통기술 개발, 3) 위해물질 저장·평가·제어 기술을 6개의 중점 기술인 ‘식품안전 신뢰도 향상 및 유통 선진화 기술’의 중점전략기술로 분류하여 향후 5개년간 집중 육성하기 위한 추진전략을 제시하였다.
- 이에 본 센터를 중심으로 조직화 및 국가연구과제 수주 분야, 연구 및 상품화 분야, 마케팅 분야 등 부문별 역할분담을 통한 사업을 추진한다.
 - 국가연구과제 수주를 총괄하는 분야와 그 산하에 협의회를 구성하여 협의회를 통한 의사결정에 기초한 사업 추진
 - 세부분야간 연관성 및 선후관계를 분석한 결과를 바탕으로 각 분야간 원활한 협조가 이루어지도록 사업 추진
 - 국가연구과제 참여 주체 및 지원기관과의 적절한 네트워크를 통하여 사업 추진
 - 지역 내 국가연구과제와 관계가 있는 기관 및 단체 등과 긴밀한 네트워크 체계 구축을 통한 연구단 확장으로 지역혁신과 지역경제 활성화 도모
- ‘가치경쟁’을 통한 국가연구과제 수주
 - 센터가 수행할 수 있는 ① 전략(Strategy), ② 기술(Technology), ③ 결과물(Product) 측면에서의 국가연구과제 지원기관 가치를 정의하고 가치실현 로드맵을 통하여 맞춤형 과제제안서 및 계획서를 제시하는 접근방법을 이용



- ① 전략(Strategy) : 지원기관/주무부서의 비전, 장단기 목표, 우선과제 등의 전략에 대한 이해를 바탕으로 국가연구과제에 혁신적인 가치를 제공할 수 있는 과제제안서와 중장기 연구성과물 활용방안을 선제안하면 지원기관/주무부서의 전략적 니즈를 충족시키면서 수주 경쟁력을 높일 수 있다.
- ② 기술(Technology) : 지원기관/주무부서가 국가연구과제를 확장하는데 필요한 맞춤형 전략 기술을 공유하거나 지역사회의 현안문제를 해결하기 위한 기술 솔루션을 제안하면서 지원기관/주무부서의 가치를 높이고 수주 경쟁력을 높일 수 있다.
 - ※ 연구단의 핵심 기술역량에 집중, 차별화하면서 지원기관/주무부서의 역량을 보완해야 함.
 - ※ 연구단의 독점 기술력을 최대한 활용하면서 경쟁기관이 기술적 열위에 있는 역량을 보완하고, 지원기관/주무부서 타깃 형 전략기술을 경쟁기관과 공동으로 개발하거나 파트너십을 확대하면서 기술역량을 차별화하는 노력을 병행하여야 함.
- ③ 결과물(Products) : 지원기관/주무부서 맞춤형 연구성과를 기획해 제안해야 한다.
 - ※ 사업 성공도를 높이기 위하여 다양한 기술을 선행적으로 개발하여 사업의 가치를 제고하도록 함.
- ‘가치경쟁’ 역량을 높이기 위한 방안으로 지원기관/주무부서 맞춤형 조직으로 변화를 꾀하면서 국가연구과제 수주를 적극 수행할 필요가 있다. 이를 위하여 조직 뿐만이 아니라 과제 기획, 지원, 성과물 등 분야별 전문인력을 지원기관/주무부서 중심으로 최적화하고 기술, 사업화 우위의 연구부터 성과를 낼 수 있도록 전략 TF 팀을 구성하고 전문가를 육성하여야 한다. 특히, 경쟁강도 심화로 연구개발비가 작은 소형과제 수주 우려가 커지는 가운데, 대형과제 수행 경험이 있는 연구단을 대상으로 ‘가치경쟁’에 집중하여 성과를 제고하고 성공 노하우를 다른 연구단에 확산시키는 방안을 적극 강구해야 한다.

◎ 기술 지원을 통한 재원 마련

- 지능형 농식품 포장연구센터의 1차적인 목표는 연구개발보다는 사업화를 위한 기술지원에 있으므로 기술지원 분야를 다음 표와 같이 상담 및 기술지도, 설계 및 연구개발, 분석시험 및 평가, 디자인, 교육 및 정보제공, 국제교류 6가지의 지원기술로 세분화하여 실시한다.

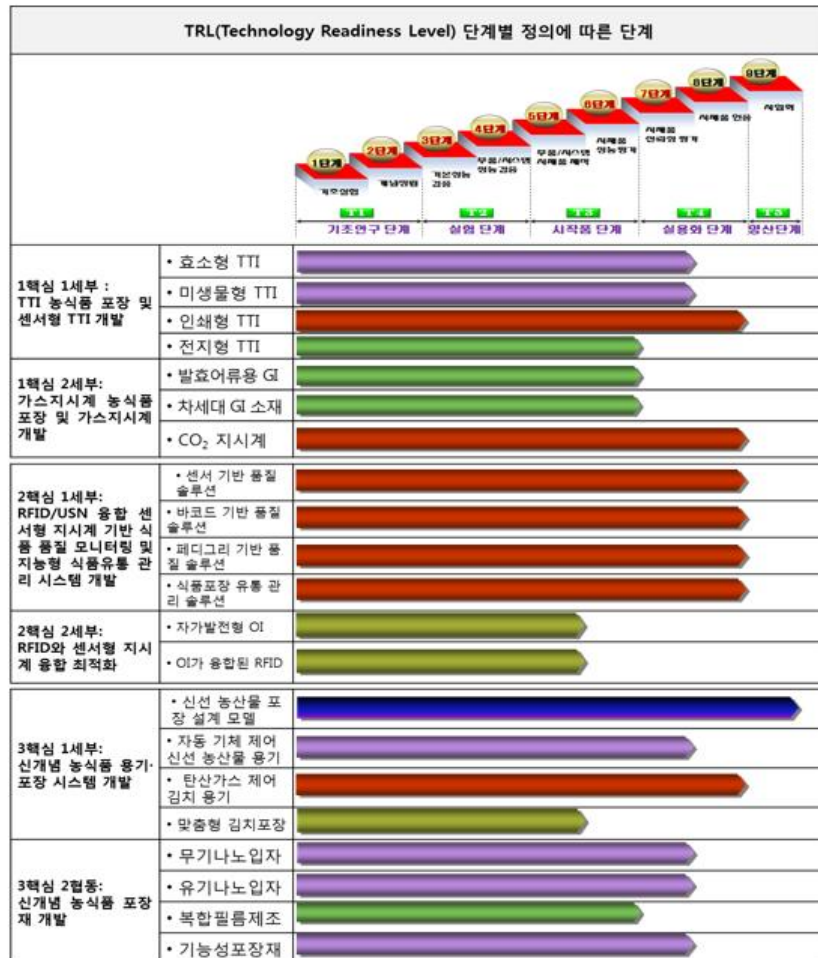
NO.	지원기술 종류	세 부 내 용	지원가능성
1	상담 및 기술지도	기업의 상품화 문제점을 상담하고 필요 시, 해결방안에 대한 현장방문 기술지도	상담 : 무료지원 지도 : 일부부담
2	설계 및 연구개발	기존 제품을 전면적으로 개선해야 하거나 신상품 개발 시, 연구개발 설계안 제시	개발비용 업체 부담
3	분석시험 및 평가	기존제품에 대한 물성시험 및 유통환경시험을 실시하고 결과를 평가	시험수수료 일부 업체 부담
4	디자인	소비자의 포장에 대한 디자인 방향설정, 전문업체 제작안에 대한 평가 및 적용지도	방향 설정 및 전문업체 소개
5	교육 및 정보제공	지능형 포장에 대한 교육과 국내외 기술 정보 수집 및 필요 정보 제공, 데이터베이스 구축	기본 교육 및 기초 자료 무료 제공
6	국제교류	세계적인 지능형 포장 기술 발전추이를 상시 모니터링하고 국제수준의 연구기관과의 교류 유지	참여기업의 해외 진출 시 협조

- 기업의 지원요청 내용이 센터 전문인력으로 해결할 수 없는 경우에는 외부 자문그룹을 활용하거나 포장학회, 포장기술사회 등의 기술단체에 기술지도를 의뢰한다. 다음과 같이 지원 절차를 설계하여 체계적으로 기술지도를 받을 수 있도록 한다.

단계	지 원 절 차	주 체	
		지능형 농식품 포장센터	기 업
1	기술 지원신청	- 기술지원 접수·홍보	- 기술지원신청서 작성
2	신청서 접수 및 지원유형 구분	- 기술지도, R&D, 정보제공, 포장실험, 디자인 등	- 신청범위 명확히 제시
3	지원 승인여부 결정	- 지원심사위원회 구성 및 운영, 담당자 배정	- 지원담당자와 세부내용 사전협의
4	세부 지원계획 수립	- 기술지원 세부일정 계획서 작성, 업체 부담금 산출	- intra net 연결 system 구축
5	지원계획 통보 및 행정 절차 수행	- 기술지원 계약 실시	- 업체 부담금 납부
6	기술지원 수행	- 지원 유형에 따라 현장 및 센터내 지도 수행	- 지도수행 편의 제공
7	기술지원 결과보고	- 지원결과 보고서 작성	- 필요 시, AS 요청
8	사후관리 및 기대효과 측정	- 소요 물자 공동구매 수행 및 기대효과 산출	- 소요물자 공동구매 신청, intra net 가입 결정

◎ 센터의 보유기술 및 협의체 운영

- TRL 단계에 따라 보유기술을 지속적으로 이전하고 발생하는 기술료를 센터 운영자금으로 확보한다. 보유기술을 기반으로 연구 및 사업화 과제를 수주한다. 기술컨설팅 및 교육 프로그램을 유치하여 센터를 운영한다.



- 지능형 농식품 포장 연구센터를 기반으로 하여 연구소위원회, 산학협력소위원회, 국제협력 소위원회, 홍보 및 교육 소위원회를 산하에 설립하여 이를 근간으로 하여 센터를 체계적으로 운영한다.



책임교수	이 승 주	참여기업 수	8				
협의회 명칭	본 협의체는 '동국대학교 지능형 농식품 포장 산학협력협의회'라 칭한다.						
협의체 유형	■ 산학연계형 협의체	■ 교육연계형 협의체	■ 사업연계형 협의체				
기술유형	□ IT/Other Technical R&D 분야 전문, R&D 관련 분야 전문	■ IT/Other Technical 제조/서비스/산업부 분야 R&D 분야 전문	■ IT/Other Technical SME/중·소기업/Startup 분야 전문				
협의체 개요	1) 농림축산식품연구소의 R&D를 통하여 개발된 기술의 산업화 논의 2) 4차산업과 관련한 지능형 포장 기술 개발 제품화 및 산학협력 인력양성 3) 지능형 포장 확대 방안 논의						
협의체 주요 구성원	No	협의체 내 직급	성 명	소속기관	직급	연락처	E-mail
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

7. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

서론

식품을 외부 영향이나 손상으로부터 보호하여 안전하게 소비자에게 운송 및 배송하고 성분과 영양에 대한 정보 등을 제공하기 위하여 포장의 필요하게 된다. 즉, 식품포장(Food Packaging)의 첫째 목적은 내용물의 안전성(Safety), 건전성(Wholesomeness)과 품질(Quality)을 지속적으로 유지시키는데 있다(Paine, 1991;Robertson, 1993). 최근 식품의 유통과 소비에서 많은 변화가 있었고, 소비자들은 보다 많이 식품의 안전성과 품질에 관심을 가지게 되었으며, 식품 판매와 소비의 형태에도 많은 변화가 발생하였다. 이에 소비자에게 부가적인 기능을 제공하는 새로운 포장의 개념이 식품 유통과 식품 산업에서 중요한 하나의 이슈(issue)로 자리잡게 되었다(Hunt et al., 2005). 이러한 새로운 포장의 개념은 전통적인 식품 포장의 기능에 부가적으로 식품의 품질 유지, 보존 향상 및 다양한 정보전달의 역할을 수행하는 기능을 포함한다. 이러한 개념은 그림 1로서 잘 표현되며, 능동적 포장(Active Packaging)이란 식품포장의 보존적인 기능을 향상시킨 포장의 형태를 의미하고, 지능형 포장(Intelligent Packaging)은 정보전달의 기능, 유통 및 소비의 편의성, 특수 기능을 포함하는 첨단 포장을 의미한다(Lee, 2006).

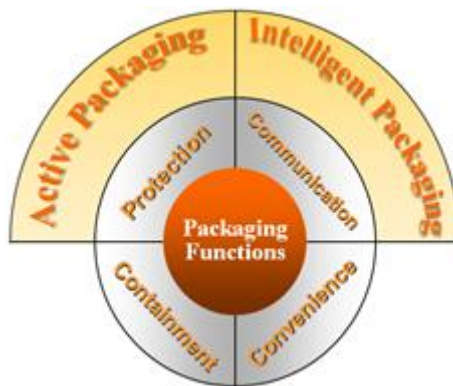


그림 1. 능동적 식품 포장과 지능형 식품 포장의 기능과 역할

그러나 그림 1과 같은 분류는 고정적인 것이 아니며, 경계가 모호한 경우가 많다. 이 글에서는 현재 이용되고 있는 지능형 식품 포장과 지능형 농식품포장 연구센터 (CIFP)의 개발 현황에 대하여 소개하고자 한다.

[지시계 및 센서 분야]

지시계(Indicators)는 어떤 물질의 존재 유무에 대한 정보 또는 두 물질 간의 반응 정도를 색 변화와 같은 형태로 나타내어주는 도구이다. 센서(Sensors)와 지시계 (Indicators)의 차이점은 후자에는 수용기(Receptor)와 변환기(Transducer) 구성 요소가 없으며 직접적인 시각적 변화를 통해 정보를 전달한다는 것이다(Kuswandi et al., 2011). 표 1은 지능형 포장의 종류와 각각의 장·단점을 요약하여 설명하고 있다.

○ 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature indicators; TTI)

시간-온도 이력지시계는 식품의 제조에서부터 최종 소비단계까지의 전체 혹은 부분적인 온도 이력의 전체적인 효과를 감시, 기록하고, 누적하여 나타낼 수 있는 간단하고, 저렴하면서 사용하기 쉬운 장치이다(Taoukis and Labuza, 1989). 시간-온도 이력지시계의 작동 원리는 기계적, 화학적, 효소적, 미생물학적 및 광색성 비가역적 변화이며, 이러한 변화들은 기계적 변형, 색 발현 또는 색의 이동 등과 같은 형태의 가시적 반응으로 표현된다. 변화의 속도는 온도의존적이며, 온도가 높을수록 식품의 품질 저하를 일으키는 반응 속도는 증가한다. 그러므로 이러한 가시적 변화는 시간-온도 이력지시계가 노출된 저장 온도를 누적하여 반영할 수 있다(Kerry and Butler, 2007). 현재 상업적으로 이용 가능한 제품으로는 확산형(Diffusion-based TTI), 고분자형(Polymerbased TTI), 효소형(Enzyme-based TTI), 미생물형 (Microbial-based TTI) 그리고 광색성형(Solid State Photochromic TTI: OnVuTM)이 있다(Taoukis, 2001; Taoukis and Labuza, 2003).

표 1. 지능형 포장의 종류와 기능(Mohebi and Marquez, 2015)

종류	이점	단점
시간-온도 이력지시계 (Time-Temperature Indicators)	포장에 부착하기 쉬움, 육안으로 확인 가능, 저렴하고 경제적인, 기기로도 측정가능	식품 품질에 대한 직접적 정보는 없음, 사용 전 활성화 필요, 식품과 접촉이 없음.
가스 지시계 (Gas Indicators)	필름에 부착 가능, 육안으로 확인 가능, 저렴하고 경제적, 전자기기로 측정가능	가스 농도에 대한 정보가 없음, 포장 내부에 부착 해야 함, 염료가 식품의 품질에 영향을 미칠 가능성이 있음.
신선도 지시계 (Freshness Indicators)	민감함, 육안으로 확인 가능, 저렴하고 경제적임, 기기로도 측정 가능	False negative(가음성반응) 결과가 나타남, 포장 내부에 부착되어 식품의 품질에 영향을 미칠 가능성이 있음.
RFID tags	정확함, 바코드에 부착 가능, 무선 기술, 다양한 상품을 한번에 읽을 수 있음, 빠름	신호 오류 발생할 수 있음, 상업화하기에 비용이 비싸다.
가스 센서 (Gas sensors)	민감함, 포장 필름에 부착할 수 있음, 높은 공간해상도, 육안 및 광학기기로 확인 가능, 열, 전자기, 교반에 의해 영향 받지 않음.	없음
바이오센서 (Biosensors)	포장 필름에 부착할 수 있음, 육안으로 확인 가능함, 저렴하며 경제적임, 전자기기 및 병원균과 미생물학적 검출로 측정이 가능.	낮은 농도의 오염물질은 검출할 수 없음, 식품에 화학적인 영향을 줄 수 있음.
형광기반 산소 센서 (Fluorescence-based oxygen sensors)	민감함, 산소농도는 광학적 기기로도 확인 가능, headspace 또는 액체에서 사용 가능함, 빠르고 신뢰할 수 있음	육안으로 확인할 수 없음






확산형 TTI(Diffusion-based TTI): 미국 3M의 Monitor Mark®는 점성 물질(예; fatty acid ester)가 종이 pad의 공극을 통하여 확산되는 속도의 온도의존성에 기초하여 제조된 대표적인 확산형 TTI이다. 최근 개발된 Avery Dennison의 TT SensorTM은 두개의 고분자층 사이에 있는 극성물질이 농도차이에 의하여 온도의존적으로 확산하는 원리를 이용한 것으로 지시 라벨에 투명 활성화 라벨을 붙여서 활성화 시켜서 온도에 따라 노란색에서 핑크색으로 비가역적 색 변화를 나타낸다. **고분자형 TTI(Polymer-based TTI):** 미국의 Lifelines Technology의 Fresh-Check®과 Freshness Monitor®) 은 diacetylenic monomer가 중합되는 반응이 온도에 따라 속도가 달라지며, 반사율(reflectance)이 감소되는 원리에 기초하여 개발된 대표적인 고분자형 TTI이다. 색 변화 판정은 제품 중앙의 붉은색 반점(active)과 반점을 둘러싼 회색 고리(reference ring)의 색을 비교한다. 사용전의 고분자형 TTI는 고분자의 중합반응을 방지하기 위하여 반드시 냉동보관(-18 oC 이하)하여야 한다.

효소형 TTI(Enzyme-based TTI): 스웨덴의 Vitsab사에 의하여 개발된 CheckPoint®은 지방의 가수분해에 의하여 발생하는 pH저하에 의하여 녹색에서부터 노란색을 걸쳐 주황색으로 변하는 반응을 이용하였다. 사용 전, 효소와 기질은 각각 분리되어 있으며 분리 격막을 파열하므로써 효소-기질 반응이 시작된다. 효소형 TTI는 기질 및 효소의 양과 종류를 달리하여 온도의존성을 조절할 수 있는 장점이 있다.

미생물형 TTI(Microbial-based TTI): 미생물형 TTI는 pH지시약의 색 변화를 점증적으로 유도하는 특정 유산균의 성장에 따른 산성화(acidification)에 기반을 둔 비가역적 지시계이다. 이들은 미생물의 생육에 의하여 발생하는 식품의 변질 정도를 지시계의 반응계에 존재하는 특정 미생물 생육이나 대사산물로 지시계의 비가역적 변화를 나타낼 수 있도록 고안되었다. 미생물형 시간-온도 이력지시계에는 TRACEO®, TRACEO RESTAURATION® and eO®이 있으며, 다른 형태의 시간-온도 이력지시계에 비하여 식품의 품질을 잘 대변할 수 있다(Vaikousi et al.,2008).

광색성형 TTI(Solid State Photochromic TTI): 스위스의 Ciba Chemicals는 고체상태의 유기안료(organic pigments)의 색 변화가 온도에 따라 속도가 달라지는 원리에 기초하여 광색성형 TTI인 OnVu™을 개발하였다. 고체상태의 유기안료는 자외선이 조사되면 활성화되어 색변화가 시작된다. 그러나 색 변화 시, 자외선에 의한 재활성화를 방지하기 위하여 반드시 필터(Filter)가 필요하다. OnVu™ TTI는 자외선을 조사하면 중앙의 heart 부분의 색이 짙은 파란색으로 활성화되며 자외선 차단 필름을 필터로 이용하여 재활성화를 방지하면서 색 변화를 유도한다. 현재 OnVu™ TTI는 라벨 형태 및 포장재에 직접 프린트하여 생산하고 있다.

표 2 시간-온도 이력지시계의 종류와 특성

제품명	CheckPoint® Types M, L (Vitsab, Sweden)	Fresh-Check® (Temptime, USA)	OnVu™ (Ciba Specialty Chemicals, Switzerland)	TT Sensor™ (Avery Dennison, USA)	eO (Cryolog, France)
원리	Enzymatic	Polymeric	Photochemical	Diffusion	Microbiological
반응 형태	green to yellow to red 	colorless to blue 	dark blue to colorless 	yellow to pink 	green to red 
E _a 범위 (kJ/mol)	70 ~ 170	80 ~ 90	90 ~ 150	115 ~ 125	100 ~ 110
Activatable	Yes	No	Yes	Yes	No
가격(cents)	5 ~ 15	1 ~ 5	1 ~ 5	5 ~ 15	5 ~ 15

○ CIFP의 TTI 개발 현황

TTI를 상용화하고 있는 선진국의 추세에 발맞추어 국내에서도 TTI의 개발과 사용이 필요하나 TTI 개발과 관련된 기술적 한계 등으로 사회적 요구를 충분히 반영하지 못하고 있다. 게다가

가 TTI를 수입하여 국내에서 식품에 성공적으로 사용한 예도 드물고 사용의 필요성에 대한 인식이 낮은 실정이다. 근래에 식품안전과 관련한 많은 규격들이 개발되어 국제적으로 운영되고 있다. 따라서 이 분야에서 국제적인 공조를 위해 국산 TTI의 개발과 식품산업에의 적용 확대가 시급하다. 이에 동국대학교 지능형 농식품포장 연구센터에서는 농림축산식품부의 농림축산식품 연구센터 지원사업으로 국산 TTI를 개발하였다.



그림 2. ARCzyme® TTI 시제품 및 색 변화

ARCzyme® TTI: ARCzyme® TTI는 산화-환원효소 기반의 시간-온도 이력지시계이다. 대표적인 효소형 TTI인 CheckPoint®은 지방의 가수분해에 의한 pH 저하에 따라 지시약(pH indicator)의 색이 변하는 원리를 이용하고 있다. 그러나 가수분해가 진행될수록 pH의 저하에 의하여 효소반응이 저해되는 단점을 가지고 있다. 또한 지방의 sn-1, 2, 3 위치의 지방산마다 반응속도가 다르기 때문에 효소반응속도를 해석하는데 어려움이 있다(Kim et al., 2012 a).

그림 2에서와 같이 ARCzyme® TTI는 ARCzyme (Laccase)와 기질(ABTS)의 산화-환원반응을 적용한 새로운 형태의 효소형 TTI로써 pH 저하에 의한 효소반응이 저해를 받지 않으며, 효소-기질 반응 및 TTI 보관 중 효소의 안정화를 위하여 PEGlation 기법을 적용하였다(Kim et al., 2012 d ; Kim et al., 2013). 또한 기질 자체가 색을 발현할 수 있는 ARCzyme을 사용하였기 때문에 색을 나타내는 별도의 지시약이 필요하지 않다. 식품의 유통·저장 중, 발생하는 품질 변화를 TTI를 이용하여 정확하게 예측하기 위하여 식품의 활성화 에너지(Activation Energy; E_a -Food)와 TTI의 활성화 에너지(Activation Energy; E_a -TTI)가 일치하여야 한다. ARCzyme® TTI는 기질 및 효소의 변화를 통하여 다양한 활성화 에너지를 창출할 수 있으며, 이를 이용하여 소고기, 돼지고기 및 닭고기 등의 저장 중 품질변화 예측에 활용되었다(Han et al., 2012; Kim et al., 2012 b; Park et al., 2013 a).

ARCzyme® TTI는 효소와 기질이 압력에 의하여 손쉽게 파열되는 격막에 의하여 각각 분리된 공간에 존재하고 있으며 사용 전, 격막을 파열시켜 효소-기질반응이 유도되면 무색에서 녹색으로 점진적 색 변화를 나타낸다. CUS® MT-1 TTI: CUS® MT-1 TTI는 온도의존성이 있는 식품 유래 내냉성유산균(Psychrotropic lactic acid bacteria)의 glucose 소비에 따른 pH 저하를 지시약의 비가역적 색 변화로 식품의 품질을 예측하는 인쇄기법을 적용한 새로운 형태의 미생물형 시간-온도 이력지시계이다(Choi et al., 2014). 유산균은 산성환경, 동결 및 냉장 보관 중, 사멸 또는 생육에 영향을 받기 때문에 CUS® MT-1 TTI는 sodium alginate를 이용한 미세고정화(Microencapsulation)로 유산균을 안정화시켜 보관 및 사용 시, TTI의 정확한 반응을 유도할 수 있다. 또한 유산균이 고정화된 미세 비드(micro-beads)의 양을 조절함으로써 온도의존성과 Shelf-life를 조절할 수 있어 소고기와 닭고기의 품질 변화 예측에 활용되었다(Kim et al., 2012 f; Park et al., 2013 b; Rahman et al., 2015). 기존의 미생물형 TTI인 eO® TTI는 녹색에서 적색으로 색 변화가 유도되어 역가(Threshold)에 도달하기 직전 의 정보를 알 수 없지만 CUS®

MT-1 TTI는 혼합지시약(Dye mixture)를 이용한 점진적 색 변화가 유도되어 종말점(End-point)에 도달하기 전의 정보를 파악할 수 있다. 혼합지시약을 이용한 경우, TTI의 색 변화를 직선형태의 0차 또는 1차 함수로 표현할 수 있기 때문에 TTI 반응속도 및 온도의존성을 해석하는데 편리하다(Kim et al., 2012 e; Rahman et al., 2013).

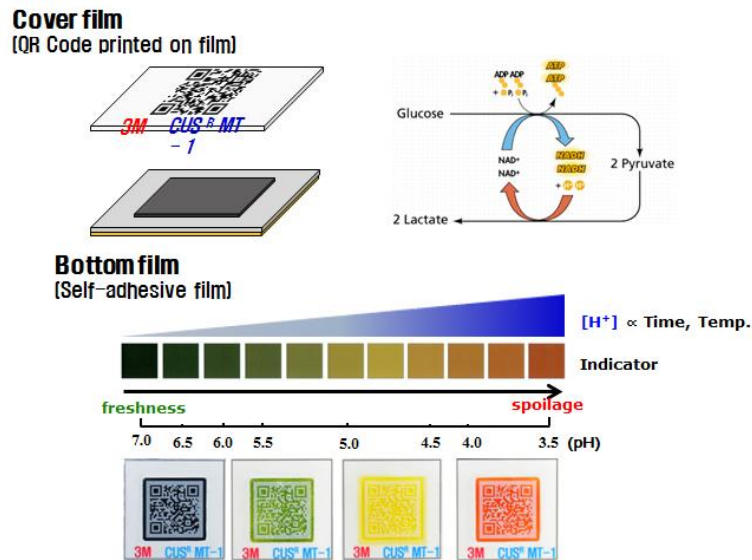


그림 3. CUS® MT-1 TTI의 색 변화 원리 및 시제품

인쇄형TTI(PrintableTime-TemperatureIndicator): 인쇄형 TTI는 산화-환원 염료의 산화형과 환원형의 색깔이 다른 점을 원리로 하는 시간-온도 이력지시계로서 산소에 의하여 반응하는 산화-환원 염료는 환원 상태로 유지된 염료가 주변 환경의 산소에 의해 산화되어 원래 가 지고 있던 색이 아닌 다른 색으로 변화되는 메커니즘을 이용한다. 인쇄형 TTI의 반응속도는 그림 4에서와 같이 Cover film의 종류 및 두께를 이용하여 조절되어진다(Jung et al., 2016). 또한 TTI의 단가를 낮추기 위한 대량 생산 방법으로 산화-환원 염료를 지지체에 전이하는 방법으로 인쇄 방식이 적용되었다. 현재까지 개발된 산화-환원 염료를 기반으로 한 지시계들은 가역적이며 포장에 사용되기 전에 색이 변화하는 치명적인 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 최근 자외선 활성화(UV-activated) 기술이 연구되고 있으며 그작동 메커니즘은 그림 4와 같다(Vu and Won, 2013).

반도체(semiconductor, SC)는 밴드 갭(band gap) 에너지(E_{bg})보다 높은 에너지를 가진 빛을 흡수함으로써 활성화되어 정공(h⁺)과 전자(e⁻)를 생성한다(1 단계). 생성된 정공은 주위의 전자 공여체(sacrificial electron donor, SED)를 비가역적으로 산화시킴으로써 전자를 공급받는다(2 단계). 한편, 광 생성된 전자는 산화환원 지시약(dye, D)으로 전달되며(3 단계), 이렇게 환원된 산화-환원 염료(일반적으로 무색)는 산소가 존재 시 산화된 원래 형태로 돌아가면서 색을 다시 띠게 된다(4 단계). 반도체로는 TiO₂, SnO₂ 등을 사용할 수 있고, 전자공여체와 산화환원 지시약으로는 주로 글리세롤(glycerol)과 메틸렌 블루(methylene blue)가 이용되고 있다.

전지형 TTI(Self-powered Time-Temperature Indicator): 전지형 TTI는 RFID tag와 융합될 수 있는 센서 형태로 TTI 내의 용액 중 화학물질이 효소 등에 반응하여 얻어진 화학물질의 변화량을 전기신호로 바꾸는 원리에 기반한 시간-온도 이력지시계 이다. 그림 5에서와 같이 전지형

TTI는 두 개의 전극과 기질이 녹아있는 용액 상태의 전해질로 구성되어 있다. 일반적으로 산화-환원효소에 의해 anode에서 산화반응이 일어나면 기질로부터 나온 전자가 cathode로 이동하게 되어 산소를 물로 환원시키는 메커니즘으로 작동한다. 한편 전기적인 센서는 크게 물리적 변수에 따라 저항이 변하거나 전압(또는 전류)이 생성되는 종류가 있다. 포도당 바이오 센서는 전자의 경우에 속하며 바이오 셀은 센서로 사용되지는 않지만 구성 물질의 반응에 따라 전압이 생성되는 경우이다. 만약 전지형 TTI에서 출력되는 전압이 특정한 변수를 대변할 수 있다면 TTI로서 식품의 품질을 대변할 수 있다. 여기서 전압은 반응으로부터 생성 전류가 반영된 결과로서 전류(the rate of one coulomb per second)는 시간당 생성되는 전자의 양이므로 반응속도에 해당한다. 그림 5에서와 같이 전지형 TTI에서 발생하는 전압과 우유의 품질 지표인 일반 세균수 사이에는 매우 높은 상관성이 있는 것으로 파악되었다(Kim et al.,2016).

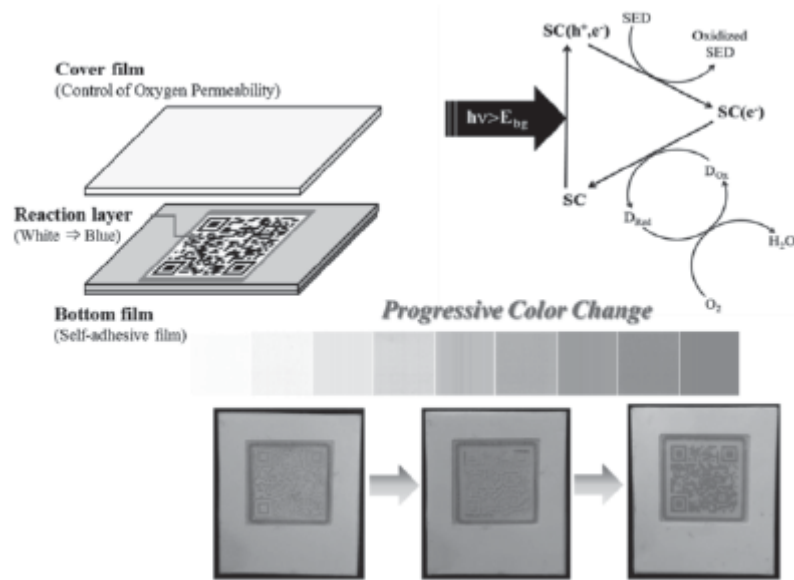


그림 4. 인쇄형 TTI 구성 요소 및 색 변화 원리

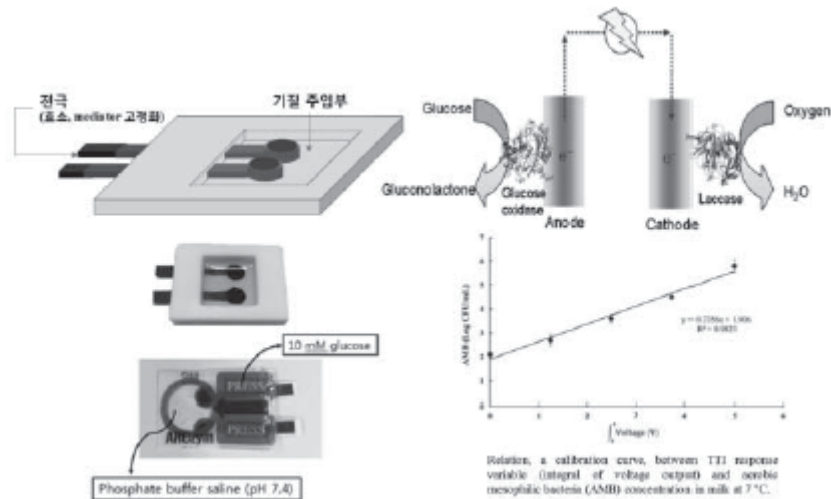


그림 5. 전지형 TTI 및 발생 전압과 미생물 농도와의 상관관계

○ 신선도 휘발성 염기질소 지시계(Freshness Indicators)

신선도 지시계는 포장된 식품의 미생물학적 품질을 나타내는 대사산물을 직접 감지하여 식

품의 품질 변화를 실시간으로 나타낸다(Smolander, 2003). 신선도와 관련 되어서 감지될 수 있는 물질은 포도당, 유기산(젖산, 초산 등), 에탄올, 휘발성 염기질소(ammonia, dimethylamine, trimethylamine), 아민류(histamine), 이산화탄소, ATP 분해 산물, 유황화합물(H₂S) 등이 있다. 따라서 밀러 (Miller et al., 2006) 등이 기술 한 것과 같이 포장재가 통기성 또는 가스 투과성이 아닌 경우, 신선도 지시계는 일반적으로 식품 포장재 안에 배치해야 한다. 신선도 지시계를 성공적으로 개발하려면 품질 변화를 대변할 수 있는 대사 산물에 대한 지식을 갖추는 것이 중요하며, 신선도 지시계는 이러한 화합물에 고감도로 반응 할 수 있어야 한다. 또한 신선도 지시계 시스템은 식품과 직접 접촉하거나 headspace와 접촉하므로 관련 법규를 준수해야 한다 (Smolander, 2008).

RipeSense®는 배의 숙성 과정에서 방출되는 대사산물인 aromas에 반응하여 배의 숙성도를 색 변화로 나타내는 세계 최초의 지능형 신선도 라벨이다. RipeSense®의 초기 색은 빨간색으로 점차 주황색으로 바뀌고 마지막으로 노란색으로 바뀐다. 일단 지시계가 원하는 성숙한 색에 도달하면, 과일을 냉장시켜 숙성 과정을 상당히 늦출 수 있다. 이 기술은 키위, 멜론, 망고, 아보카도 및 석류 등과 같은 다른 과일에도 적용되고 있다. Vanprob company에서 개발한 Food Fresh™ 신선도 지시계는 개봉한 식품을 일정 시간 내에 섭취하도록 설정할 수 있는 일종의 타이머로써, 개봉 후에 음식을 저장하는 문제에 대한 비용 효율적인 해결책이다. 두께 50 μm 미만의 PET 재질로 만들어진 Food Fresh™ 는 유리병, 진공 포장 또는 종이 팩과 같은 제품에 적용 할 수 있다.

○ 센서(Sensors)

센서는 수용기(Receptor)와 변환기(Transducer)로 구성된 연속적인 출력 신호를 전송할 수 있는 장치이다. 수용기는 물리적 또는 화학적 정보를 에너지의 형태로 변환하는 반면, 변환기는 이 에너지를 유용한 분석 신호, 즉 전기적 신호로 변환시킨다. 센서는 생체 의학 및 환경 응용 분야에서 널리 사용되고 있으나 안전성 문제로 인해 식품포장에는 적용되지 않고 있다. 또한 높은 개발 비용과 제한된 수요는 센서의 광범위한 상업적 생산과 식품 포장 산업에서의 채택에 걸림돌이 되고 있다.



그림 6. 신선도 가스지시계의 색 변화


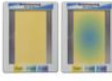

제품 및 형태		용도	성능	경제성	상용화	
신선도 휘발성 염기질소 (VBN) 가스지시계			• 신선육 및 유제품들에 사용하여 신선도 확인	식품의 저장 중 VBN(Volatile basic nitrogen) 생성량에 따라 색변화 관찰 가능 (노랑→빨강)	~₩50~₩200	㈜ 제리부로 & ㈜바보스와의 대량생산 후 부착 진행
비교 대상	Ammonia Gas Sensor		• 공기 중 휘발성염기질소(VBN) 노출 정도를 나타냄	1 ~ 5*ppm수준의 공기중 휘발성염기질소(VBN) 측정	\$27.50 (~₩32,092)	해외 시장에서 사용되고 있음
	Ammonia Test Strips for Industrial Coolants		• 냉각용액 중 휘발성염기질소(VBN) 농도 측정	0.1 ~ 0.25*ppm수준의 냉각용액 중 휘발성염기질소(VBN) 측정	\$24.99 (~₩29,163)	해외 시장에서 사용되고 있음

그림 7. 국내, 해외 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계

On/Off type 키토산 기반 비가역 이산화탄소 지시계: 키토산 기반의 이산화탄소 지시계는 pH 의존적으로 용해도가 변화하는 키토산을 이용하여 제작되었다(Jung et al., 2012; Jung et al., 2013; Meng et al., 2015).

키토산은 고체상태에서 semicrystalline 상태이기 때문에 중성 용액에 분산되어 탁한 용액을 만드는 반면, 산성의 조건에서 양성자화 정도가 증가하기 때문에 쉽게 용해되는 경향이 있다. 이러한 원리로, 식품포장 내부에서 이산화탄소가 발생되면, 중성의 키토산 분산액은 pH가 낮아짐에 따라 투과도가 증가하여 이산화탄소를 감지하는데 사용할 수 있다. 따라서, 식품 품질의 실시간 모니터링은 이산화탄소 농도에 의한 pH의 변화에 따라 키토산 수용액의 투과도의 변화를 통해 인식할 수 있다. 키토산으로 색소를 encapsulation하는 과정을 통해 키토산 기반 이산화탄소 지시계의 비가역화와 시각적 신호 강화를 하였으며, AMP 및 NaCl 첨가를 통하여 반응속도를 조절하여 이산화탄소 지시 성능을 조절하였다. 현재 김치 및 막걸리 등 발효식품의 품질변화를 파악하기 위하여 이용되고 있다.

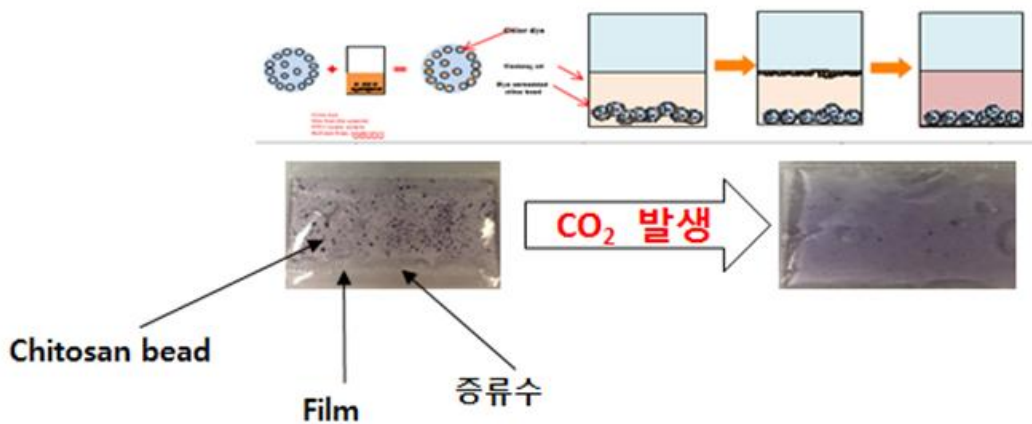


그림 8. 키토산 이산화탄소 지시계의 원리 및 Prototype

○ 이력 추적 시스템(Traceability Systems)

첨단 식품 유통 관리 시스템으로 IT기술의 접목을 들 수 있다. 즉 각 식품의 포장 객체에 바코드 또는 RFID를 부착하여 관련된 정보를 서로 연결시켜 보관, 유통 및 판매과정에서 그 정보를 활용할 수 있다. 바코드를 사용할 때는 스캔 하는 접촉식 방식으로 인식되며 RFID 사용 경우에는 비 접촉식으로 이루어지는 차이가 있다. 여기서 연결되는 정보의 입력 및 활용은 유통 목적에 따라 다르게 이루어 진다. 소고기 이력 추적 시스템의 경우 소비자가 구입 과정에서 포장 소고기의 생산 정보, 품질 정보, 판매자정도 등을 확인하는 데 쓰인다면 정보 입력은 of-line으로 관리자에 의하여 단말기를 통하여 이루어 질 수 있다. 이에 비하여 유통 중 경험한 시간-온도 이력 등과 같이 in-line 정보의 경우에는 on-line 방식으로 입력된다. 이때는 추가적인 in-line 온도 측정 장치 등이 연동되어야 한다.

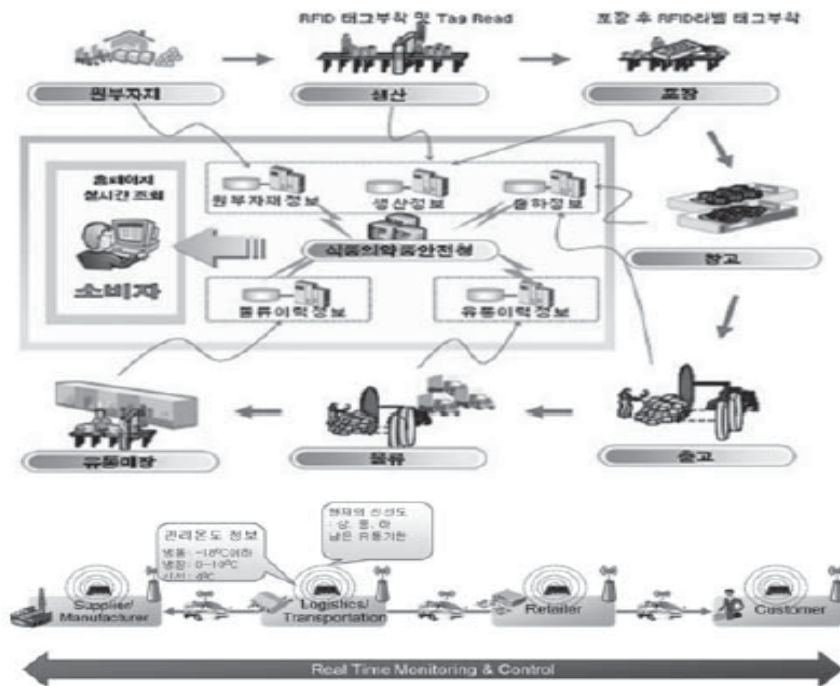


그림 9. IT 융합 식품 유통 관리시스템

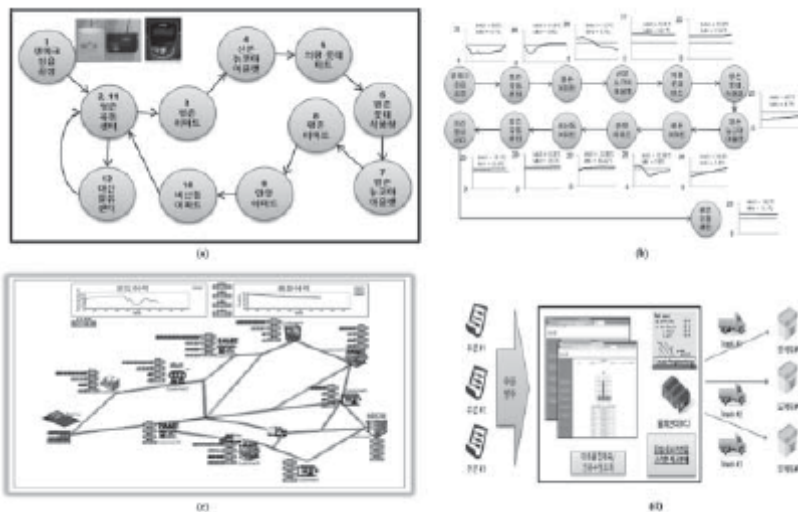


그림 10. IT 융합 포장우유 유통 관리시스템. (a) 유통 경로 구성, (b) 온도 실시간 측정, (c)유통경로실시간 모니터링, (d) 최적배송 경로 및 시간 지시

○ IT 융합 포장 개발 현황

RFID의 reader기에 의한 인식률을 높이기 위하여 근거리 및 원거리 인식이 가능한 13.56MHz 및 915MHz를 모두 사용할 수 있는 듀얼 밴드 안테나를 갖는 RFID를 개발하였다. 또한 센서의 기능을 갖는 스마트 RFID를 개발하여 산소, 이산화탄소, 온도, 습도, pH를 in-line상에서 측정이 가능케 되었다(Eom et al., 2011; Eom et al., 2012; Eom et al., 2014; Eom et al., 2016; Lin et al., 2014).

지능형 포장 RFID/USN 시스템을 개발하였다. RFID-센서 코드체계, EPCglobal 표준 확장 모델 개발, 식품 유통 이력 추적 시스템 (APLUS) 개발 (식품 이동 및 온도 추적 알고리즘 개발; 유통망 프로세스 모델러 개발; 이동 이력 추적, 온도 이력 추적, 기준 온도 이탈 구간탐색 GUI 구현), RFID 센서 태그 기반 콜드체인 시뮬레이터 개발하였다(Kang et al., 2012; Kang and Le, 2013). 이를 기반으로 하여 황성축협 한우 이력 추적 시스템, 덴마크 우유 정읍 공장 및 이마트 이력 추적 및 관리 시스템을 개발하였다. 변온 상황에서의 우유 품질을 예측하고 우유 유통 계획 시뮬레이션하여 최적의 재고 분배 계획을 구현하였다. 즉, 식품의 미래품질 예측하여, 잔류수명 조희를 통하여 품질의 악화 및 위험, 재고의 빠른 재고 처리, 고객의 요구에 맞는 품질을 충족시킬 수 있는 유통 관리 시스템을 완성하였다(Kang et al., 2013 a; Kang et al., 2013 b; Kang et al., 2013 c; Kang et al., 2016).

○ RFID Gate 기술

RFID 리더기를 기반으로 한 물류 창고의 RFID Gate는 물류의 입출고를 계수하는 이력 추적 시스템의 핵심이다. 부패하기 쉬운 식품은 고기, 우유, 달걀, 과일, 야채 등 시간이 지날수록 악화되는 식용 농특산물로 묘사된다 (Shukla & Jharkharia, 2013). Rijpkema, Rossi, and van der Vorst (2014)는 부패하기 쉬운 음식에서 제품 폐기물의 위험과 라이프사이클의 감소는 심각한 문제라는 것을 보여주었다. 식품 안전은 현재 식품 산업의 모든 이해당사자들에게 중요한 이슈로 간주되고 있다. 조정된 소비자 건강 인식으로 인해, 음식의 질과 안전이 많은 주목을 받았다. 미국의 한 보고서는 식인성 질환의 경제적 비용만 연간 500억-800억 달러라고 밝혔다. 이는 의료 비용, 생산성 손실 및 삶의 질 저하로 구성되어 있다 (Scharff, 2012). 이에 따라, 식품산업은 완전식품 공급망과 함께 품질보증, 식품청렴성, 식품안전보장, 관련 투명성을 고도화 하는 것이 중요하다(Trienekens & Zuurbier, 2008). 추적가능한 시스템의 현대 식품 산업에서 가장 필수적인 요소 중 하나로 여겨지고 있으며, 그것은 효율적이고 신뢰할 수 있는 방식으로 완전한 식품 정보에 대한 추적과 추적을 제공함으로써 공급망에 대한 해결책을 제공할 수 있다(Kher et al., 2010). 따라서 소비자의 신뢰도를 높이고 식품 품질과 안전을 보장한다(Aung & Chang, 2014a; Regattieri, Gamberi, & Manzini, 2007).

무선주파수식별(RFID)은 트랜스폰더(태그)와 관련된 물체, 동물, 사람을 자동으로 식별하기 위한 비접촉식 기술이다. 이 자동식별 기술은 부패하기 쉬운 식품 공급망의 추적가능성 시스템에 활용될 수 있다. 태그의 메모리에 데이터를 저장하고 RFID 리더는 태그 데이터를 캡처하여 백엔드 데이터베이스로 전송하여 객체 파라미터를 원격으로 모니터링한다(Duroc & Tedjini, 2018). RFID는 의료(Alvarez Lopez et al., 2018; Perez, Gonzalez, & Dafonte, 2017; Martinez Perez, Dafonte, & Gomez, 2018), 제조(Ding, Jiang, & Su, 2018; Lee, Choy, Ho, & Law, 2013; Zhong, Dai, Qu, Hu, & Huang, 2013), 실내 위치 시스템 (Alvarez Lopez, de Cos

Gomez, & Las-Heras Andres, 2017; Seol, Lee, & Kim, 2017),, 고객 쇼핑 행동 분석 (Choi, Yang, Yang, & Cheung, 2015; Syaekhoni, Alfian, & Kwon, 2017), 창고 관리(Chow, Choy, Lee, & Lau, 2006; Bunker & Elsherbeni, 2017)와 같은 광범위한 분야에 성공적으로 적용되었다.

이전 연구에서는 다른 유형의 센서 기술과 결합했을 때 RFID가 식품 품질 및 안전성을 개선하기 위한 식품 추적가능성 시스템에 효과적이고 효율적인 솔루션을 제공한다는 것을 보여주었다(Alfian et al., 2017a; Aung & Chang, 2014b; Barge, Gay, Merlio, 2014; Farooq, Tao, Alfian, Kang, 2016; Kwok, 2016). 온도와 습도는 유통과 저장 중 식품 안전과 품질에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이다. 따라서 RFID 추적가능성 시스템과 함께 온도 및 습도 감시 시스템의 통합은 공급망과 사물인터넷(IoT) 기반 센서 cou의 부패하기 쉬운 식품 품질을 감시하기 위해 필요하다. Id는 온도 모니터링 시스템에 사용된다. IoT 센서는 실시간으로 식품 품질을 보장할 수 있는 효율적인 식품 모니터링 시스템을 제공한다. 이전 연구에서는 IoT 센서가 엄청난 이점을 가지고 있으며 부패하기 쉬운 식품 모니터링에 성공적으로 적용될 수 있다는 것을 입증했다(Maksimovic, Vujovic, & Miklicanin, 2015; Popa et al., 2019; Alfian, Syafrudin, & Lehen, 2017b; Tsang et al., 2018; Stelingwerf, Laporte, La, Raporte, Cruzen, Kan).

게다가, RFID는 태그가 부착된 제품이 통과하는 것을 기록하기 위해 창고 게이트에 설치될 수 있다. 그러나, 독자는 태그의 방향, 즉, 태그가 안으로(수신) 이동하는지 게이트를 통해 밖으로 나가는지(배출)를 구분할 수 없다. 이전 연구에서는 수신된 신호 강도(RSS), 추가 하드웨어 및 타임스탬프 정보를 기계 학습 알고리즘과 결합하여 태그 방향을 식별할 수 있다는 것이 밝혀졌다(Jie et al., 2018a, 2018b; Oikawa, 2011). 나아가 RSS와 머신러닝 모델이 함께 적용되어 RFID 태그의 움직임을 성공적으로 탐지하였다(Alfian, Syafrudin, Yoon, & Rhee, 2019; Keller, Thiesse, Kungl, & Fleisch, 2010; Ma, Wang, & Wang, 2018). 그러나 태그 방향에 대한 이전의 연구는 실제 사례에서 나타날 수 있는 태그 이동의 다른 유형을 평가하는 데 여전히 부족하다. 따라서, 추적가능성 시스템의 RFID 게이트의 효율을 향상시킬 수 있도록, 태그 이동의 다른 유형을 고려하여 태그 방향을 식별하는 데 기계학습 모델을 활용할 필요가 있다. 마지막으로, 식품 유통 센터의 이동 RFID 태그의 방향 파악은 물론 식품 추적 및 추적, 온도와 습도 모니터링 등 다양한 문제를 해결할 수 있는 통합 시스템이 필요하다.

○ RFID 센서 태그 기술

스페인 Granada 대학교의 Martínez-Olmos 그룹에서는 오랫동안 광학방식의 기체 센서와 RFID를 연결시키는 연구를 수행해오고 있다. 포장내 산소 농도를 측정하기 위해 발광 기반 산소 센서가 연결된 RFID 태그를 개발하였으며, 이후 기체(산소 및 이산화탄소) 농도 측정용 수동형 RFID 태그의 전원 공급 장치로 태양 전지를 이용하였다. 최근에는 다양한 기체(산소, 이산화탄소, 암모니아, 수증기)를 측정할 수 있는 광학 센서와 NFC(Near Field Communication)를 연결한 태그를 개발하여 스마트폰을 통해 포장 내 기체의 농도를 측정할 수 있다.

○ 자동제어 농산물 보관 수송 시스템 기체 포장

농산물의 수송 보관 중에 저비용으로 기체농도를 자동제어시스템이 일부 개발 활용되고 있다. 대표적인 예가 호주 Mitsubishi 사의 MAXtend™ 시스템으로서 저장고 내의 산소농도를 감지하여 밸브 혹은 개폐 장치를 작동시키는 알고리즘을 가진다. 이외에도 Carrier사의 eAutoFresh에

서는 이산화탄소 농도의 감지에 의하여 개폐장치를 작동시킨다. 밸브나 개폐장치의 개방에 의하여 외부 공기를 유입시키는 면에서는 본 연구의 신선 농산물 용기와 유사한 점이 있으며, 본 연구에서는 호흡특성의 파악에 의한 보다 체계적인 알고리즘을 적용하고자 하였다.

○ 기능성 나노포장재

나노입자를 활용하는 기능성 포장필름의 연구와 실용화 및 법 규정은 유럽연합이 가장 앞서고 있다. 기능성 나노포장재의 산업화를 이루기 전에 나노입자의 사용에 따른 안전성 문제에 대한 연구가 이루어져야 한다. 최근에는 포장식품의 품질을 직접 표시할 수 있는 지시형 포장재에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(pH-responsive colorindicator film).

8. 연구개발결과의 보안등급

○ 비공개

- 기술이전 및 사업화를 위하여 핵심원천기술의 기밀이 요구됨에 따라 <최종보고서>의 비공개를 요청함

9. 연구개발과제의 대표적 연구실적

[1-1 세부]

대표성과명	(Time-Temperature Integrators; TTI)
-------	-------------------------------------

성과요약

시간-온도 이력지시계(Time-temperature integrator; TTI)는 식품의 제조에서부터 최종 소비단계까지의 전체 혹은 부분적인 온도 이력의 효과를 감시, 기록하고 누적하여 나타낼 수 있는 간단하고 저렴한 라벨이다. 본 연구센터에서는 효소 및 산화-환원 염료를 이용하여 새로운 시간-온도 이력지시계의 제조 방법 및 시간-온도 이력지시계를 이용한 품질보증 시스템을 확립하여 식품의 유통·저장 중에 발생할 수 있는 품질 변화를 실시간으로 파악할 수 있어 안전성을 최대한 높일 수 있다.

1. ARCzyme® TTI: ARCzyme® TTI는 ARCzyme(Laccase)와 기질(ABTS)의 산화-환원반응을 적용한 새로운 형태의 효소형 TTI로써 pH 저하에 의한 효소반응이 저해를 받지 않으며, 효소-기질 반응 및 TTI 보관 중 효소의 안정화를 위하여 PEGlation 기법을 적용하였다. 또한 기질 자체가 색을 발현할 수 있는 ARCzyme을 사용하였기 때문에 색을 나타내는 별도의 지시약이 필요하지 않고, 기질 및 효소의 변화를 통하여 다양한 활성화 에너지를 창출할 수 있으며, 이를 이용하여 소고기, 돼지고기 및 닭고기 등의 저장 중 품질 변화 예측에 활용되었다

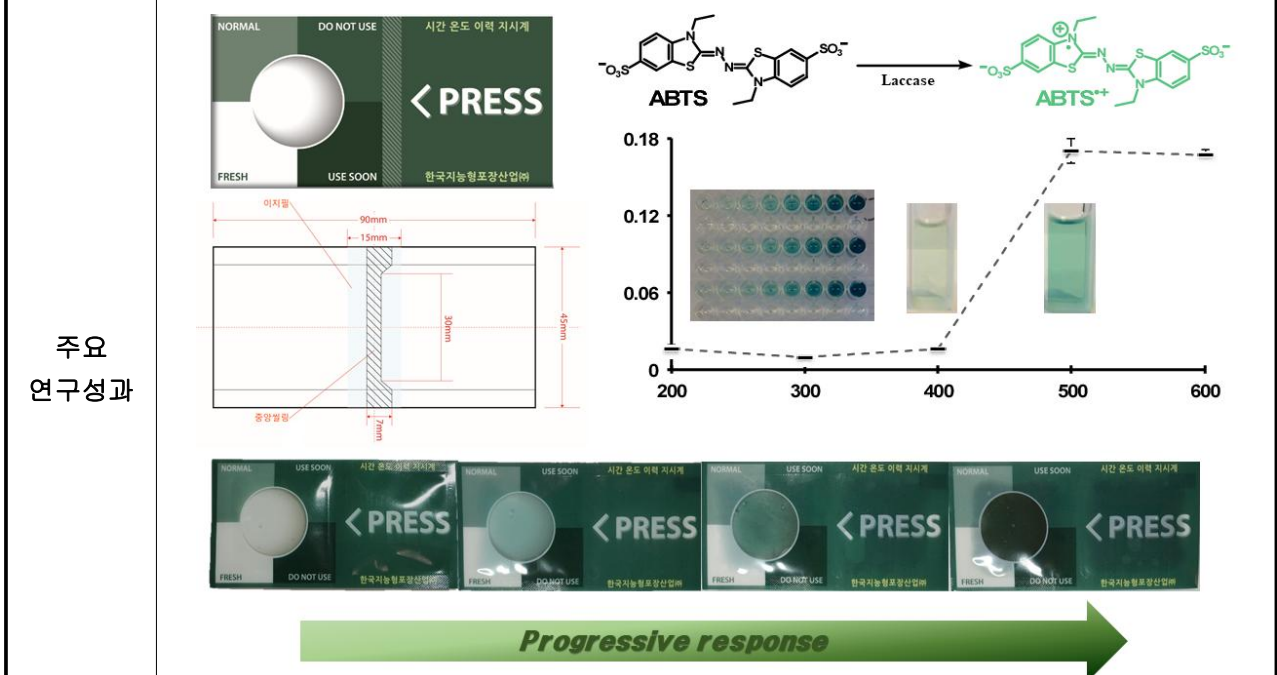


그림 1. ARCzyme®TTI시제품 및 색 변화

2. 인쇄형 TTI(Printable Time-Temperature Indicator): 인쇄형 TTI는 산화-환원 염료의 산화형과 환원형의 색깔이 다른 점을 원리로 하는 시간-온도 이력지시계로서 산소에 의하여 반응하는 산화-환원 염료는 환원 상태로 유지된 염료가 주변 환경의 산소에 의해 산화되어 원래 가지고 있던 색이 아닌 다른 색으로 변화되는 메커니즘을 이용한다. 인쇄형 TTI의 반응속도는 그림 2에서와 같이 Cover film의 종류 및 두께를 이용하여 조절되어 진다. 또한 TTI의 단가를 낮추기 위한 대량 생산 방법으로 산화-환원 염료를 지

지체에 전이하는 방법으로 인쇄 방식이 적용되었다.

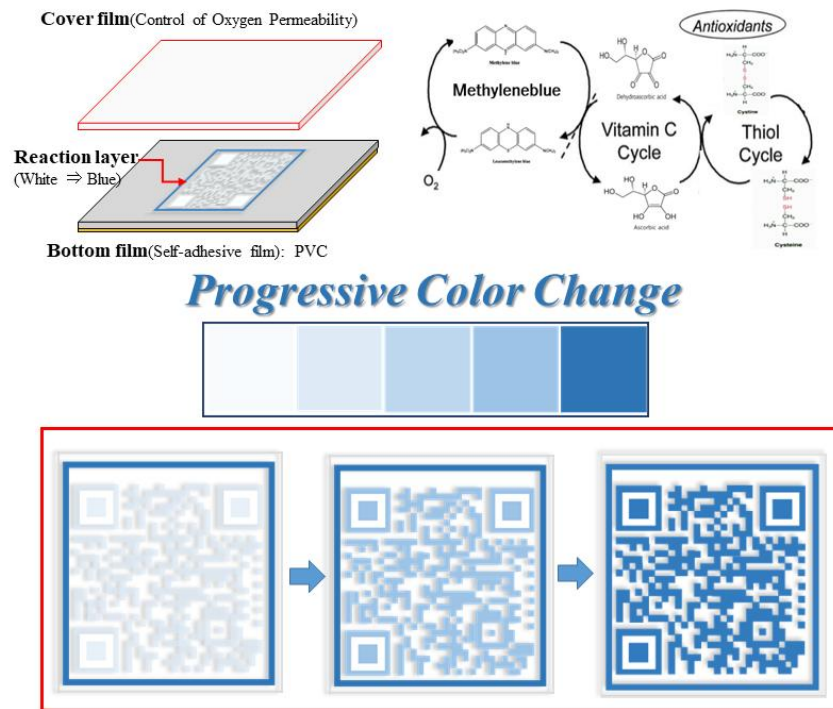


그림 2. 인쇄형 TTI 구성 요소 및 색 변화 원리

3. 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicators; TTI) 기술이전

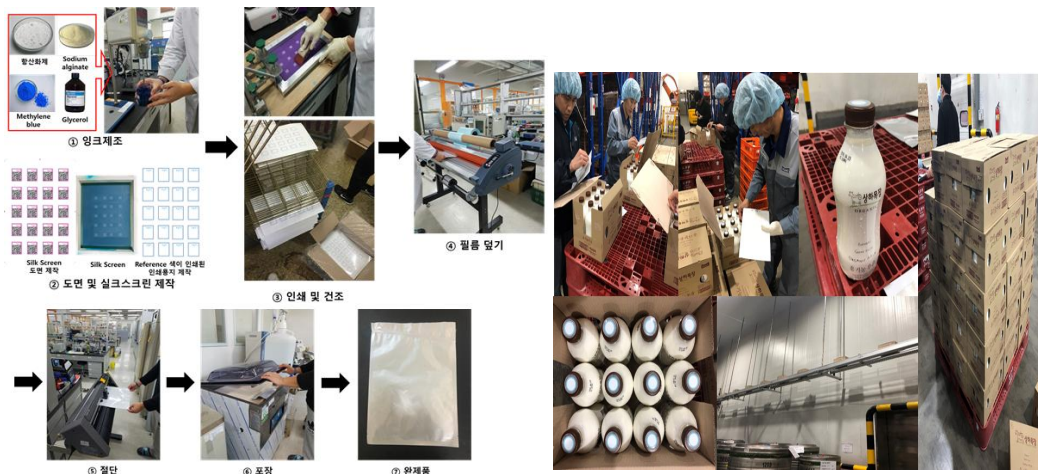


그림 3. 인쇄형 TTI 제작 공정 및 시범사업

인쇄형 시간-온도 이력지시계의 제작 방법 및 품질 평가 공정을 완성하여 (주)한국 지능형 포장산업을 통하여 기술이전을 완료하였으며, 매일유업 등을 통하여 시범적용을 완료하여 제품을 판매하고 있다.

기존	수준	선진연구와 경쟁
지식/기술 대비 성과의 차별성	기존의 시간-온도 이력지시계(TTI)는 식품의 품질변화와 TTI의 색변화가 정확하게 일치되지 않아 품질변화를 예측하는데 어려움이 있었다. 그러나 본 연구를 통하여 TTI의 Ea (활성화에너지; activation energy)를 조절할 수 있는 방법을 개발하여 여러 식품에 적용할 수 있는 맞춤형 TTI 제작 기술을 확보하였다.	
성과의	수준	기존에 제공 가능한 혜택보다 향상된 혜택을 제공

<p>혜택</p>	<p>시간-온도 이력지시계의 현장적용에 있어, 시제품으로 제작된 TTI의 활성화 에너지 (Ea, activation energy)와 식품의 Ea값이 ± 25 kJ/mol 차이가 나는 제품에만 TTI의 적용이 가능하였으나, 본 연구를 통하여 TTI의 Ea를 식품의 Ea와 정확하게 일치시키는 기술을 개발하여 폭 넓은 식품에 TTI를 적용할 수 있으며, 품질변화 예측의 정확성을 향상시켜 TTI의 색변화를 인식하여 소비자들이 안전하고 편리하게 위생학적으로 안전한 식품을 선택할 수 있도록 하였다.</p>	
<p>성과의 혁신성</p>	<p>수준</p>	<p>기존 지식을 개선하는 발견/발명</p>
<p>기존 효소형 시간-온도 이력지시계는 pH의 변화에 의하여 TTI의 색변화가 발생한다. 그러나 pH 변화에 의하여 효소 반응이 저해되어 정확성에 문제를 나타내었다. 본 제품에서는 효소형의 경우, pH의 변화없이 천연색소를 이용하여 색변화를 유발하였고, pH 변화에 의한 효소 저해를 방지하여 정확도를 개선하였다. 또한 이를 이용하여 TTI의 Ea를 조절할 수 있는 방법을 개발하였다.</p>		

기술 개발	시제품화 여부	상품화 여부	기술의 탁월성
<p>효소형 시간-온도 이력지시계 (Enzymatic based Time-Temperature Indicator)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> 우유, 포장 육류를 통한 성능 입증 김치 유통에 현장 적용 완료 	 <ul style="list-style-type: none"> 기술 이전 완료 <ul style="list-style-type: none"> 기술료 발생 기술이전 업체를 통한 대량 생산 및 판매 중 <ul style="list-style-type: none"> 매출액 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ARCzyme[®] 시간-온도 이력지시계는 ARCzyme과 기질의 산화-환원반응을 적용한 새로운 형태의 효소형 TTI로써 pH 저하에 의한 효소반응이 저해를 받지 않으며, 효소-기질 반응 및 TTI 보관 중 효소의 안정화를 위하여 PEGlation 기법을 적용하였다. 자가점착형 필름을 이용하여 활성화 공정 이전에 두 액상 시료의 누수 발생 방지가 가능하며 가압 후 두 액상 시료간 원활한 혼합 가능하여 효소형 TTI의 제품 안정성 및 기능 개선
<p>인쇄형 시간-온도 이력지시계 (Printable Time-Temperature Indicator)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> 신선 편의식품, 우유 및 김치를 통한 성능 입증 포도 수출용으로 현장 적용 완료 	 <ul style="list-style-type: none"> 기술 이전 완료 <ul style="list-style-type: none"> 기술료 발생 기술이전 업체를 통한 대량 생산 및 판매 중 <ul style="list-style-type: none"> 매출액 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 산화-환원 염료의 산화형과 환원형의 색깔이 다른 점을 원리로 하는 시간-온도 이력지시계로서 산소에 의하여 반응하는 산화-환원 염료는 환원 상태로 유지된 염료가 주변 환경의 산소에 의해 산화되어 원래 가지고 있던 색이 아닌 다른 색으로 변화되는 메커니즘을 이용한다.

대표성과명 (VBN) 가 /

주요 연구성과

<신선도 휘발성 염기질소(VBN)가스지시계 개발 및 공정 설계>

● 주로 외국에서 개발되고 있는 신선도 지시계 기술을 농식품에 적용함으로써 한국 식품의 소비를 촉진시키고, 신선도, 품질에 대한 정보를 쉽게 접할 수 있게 제공함으로써 소비자들의 신뢰를 높인다.

● 육류 산업에 있어서 실시간으로 신속하게 육류의 신선도를 측정하는 방법이 큰 관심사로 떠오르고 있다. 냄새(악취)는 육류의 신선도를 판단하는 데 가장 중요한 품질요소 중 하나이다 따라서 이를 적용하여 육류, 가공육으로 선정하고, 지표물질로 ammonia, 트리메칠아민(TMA)를 선정하였다. 육류 제품용 가스지시계 제작 및 효율성 실험으로 시료 저장기간에 따른 pH, 휘발성염기질소, 총균수측정등, 육류에 반응하는 지시계의 저장실험을 진행한 뒤, 이를 바탕으로 가스지시계의 적합한 시료의 무게와 용기소재를 설정하였다. 또한 이렇게 만들어진 가스지시계를 validation하여 타당성을 검증하였다.

● Gas Indicator(GI)의 물질로써 pH 지시약등을 사용하였고, 이러한 indicator가 TMA standard solution의 농도에 따라 순차적인 색변화를 보였다. 따라서 육류의 저장 기간중 부패되는 적절한 화학적 지표임을 확인하였다.

● 제작된 Gas Indicator를 이용하여 실제 시중에 유통되는 육류를 저장실험을 진행하였고, 저장기간에 따른 TMA 발생량을 측정하였다.

● 제작된 Gas Indicator를 이용하여 실제 유통되는 육류에 적용하여 저장실험을 진행하였고, 저장기간에 따른 volatile amine 발생량을 측정하였다. Headspace-Solid Phase Micro Extraction (HS-SPME)방법을 이용하여 volatile amine를 흡착하고, Gas Chromatography로 분석하였다.


진행한 연구방법에 대하여 validation를 실시하였으며, 저장기간에 따른 indicator의 색 변화가 유효하고, volatile amine가 indicator의 지표로 타당하다는 것을 확인하였다.

● 기존에 원형의 prototype를 물질부 커버부 접착부로 나누어 좀 더 제품의 지시계를 확립하였으며, 실제로 gas만 통과 할 수 있는지, 유통과정중 지시계가 떨어질 염려를 고려하여 제

신선도 가스지시계 생산관리

구분	명칭	규격	수량	단위	비고
필수재료	indicator acetone	1000mg 1000mg	100	개	100,000 원
	acetone	정제수용액	100	리터	100,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원
	2-Substance	1000mg 1000mg	100	개	75,000 원

제조방법설명서

	<p>품 각 부분의 공정관리를 진행하였다.</p> <p>생산시 제품의 용액이 빛이나 상온에 노출되면 쉽게 변색되는 경우를 방지해 갈색시약병이나 밀폐된 용기에 보관을 한다. 또한 실험실에서 제작한 시제품 공정도를 바탕으로 시제품 공정도를 작성하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 생산 및 설비 진행시 실험실에서 제조한 용액을 공정 생산화 초점에 기준을 두고 시제품 공정도를 작성하여 원료 배합 및 보관, 원료 분주 및 포장, 지시계 포장용기 부착으로 설계하였다. ● 사업화를 위한 중점관리요소, 생산 공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 및 품질관리 지침설계 	
<p>기존 지식/기술 대비 성과의 차별성</p>	<p>수준</p>	<p>신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계의 식품에 대한 적용</p> <p>기존의 식품 포장 indicator가 주로 외국 식품에만 적용되어 왔다. 이번 연구는 우리나라 육류 제품에 최신 과학 기술인 가스지시계를 적용함으로써, 한국 소비자들의 초점에 맞추어 육류신선도 제공, 안전한 먹거리를 제공할 수 있다.</p>
<p>성과의 혜택</p>	<p>수준</p>	<p>한 눈에 알아 볼 수 있는 혜택</p> <p>소비자들이 육류 식품을 구매함에 있어서, 육안으로 쉽게 부패단계를 확인하고 구입할 수 있기 때문에 접하기 쉽고, 소비자 개개인의 기호에 맞는 신선도를 선택하여 구입 할 수 있다. 이로 인해 소비자들에게 제품에 대한 신뢰성을 부여하고, 안전한 먹거리를 제공할 수 있다.</p>
<p>성과의 혁신성</p>	<p>수준</p> <p>식품 안전과 신뢰</p> <p>신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 향후 소비자들의 식품 안전성에 대한 수요 증대로 볼 때, 미래형 농식품 유통 시스템에서 중요한 기술로 활용될 것이며, 물류 관리와 식품의 처리에 필요한 의사결정을 하는데 도움을 줄 수 있어 경제적인 효과를 볼 수 있다. 또한 연구된 가스지시계 시제품들을 더욱 현실화 시킬 수 있는 기술들을 개발하여 완전한 시제품으로 유통되고 있는 식품들에 적용할 수 있다. 이렇게 적용되어 간단하게 사용할 수 있는 가스지시계의 개발로 식품에 대한 안전 정보를 제공함으로써 상품으로의 식품의 신뢰도를 높일 수 있다.</p> <p>논문(SCI)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 논문명 : Development of a freshness indicator for monitoring the quality of beef during storage - 게재지 : Food Sci. Biotechnol. 28, 1899-1906 - 저자 Eun-Joo Lee and Han-Seung Shin - 특허 등록 및 기술이전 특허명 : 신선도 지시계 등록번호(제 10-2130159호) 기술이전 : 5,000,000만원_더 웨이브특 	<p>Development of a freshness indicator for monitoring the quality of beef during storage</p> <p>Eun-Joo Lee¹ · Han-Seung Shin¹ </p>

대표성과명

가

성과요약

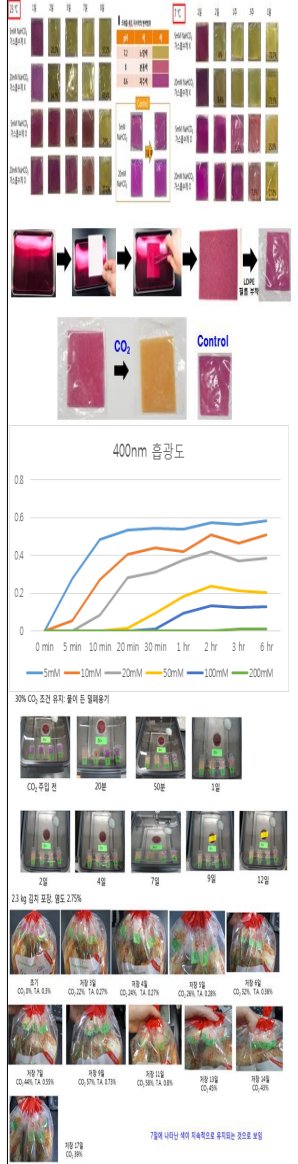
본 연구에서는 김치와 같은 발효식품의 발효 정도 및 신선도를 확인하기 위해 발효되면서 발생하는 이산화탄소를 감지하여 나타나는 색변화를 소비자가 육안으로 확인할 수 있도록 하는 이산화탄소 가스지시계를 개발하였다.

주요 연구성과

이산화탄소 가스지시계는 포장 내부에 인쇄되거나 고정되어 발효 식품의 품질 변화 중에 생성되는 이산화탄소 탐지 및 비색 반응을 통하여 이산화탄소 유무 및 농도 정보를 제공한다. 이는 발효, 지질 산화 및 미생물 부패 등으로 인해 생성되는 이산화탄소 가스 변화를 모니터링 해 식품의 품질 정보를 제공할 수 있다. 이산화탄소 가스지시계는 육안으로 확인이 가능하고 저렴하다는 이점을 지니고 있으며 제조와 포장 방법이 간단하다. 특히, 김치나 막걸리와 같은 발효제품에서 이산화탄소 가스지시계는 발효과정에서 발생하는 이산화탄소에 반응하여 발효 정도를 확인할 수 있다.

이산화탄소 가스지시계에서 색변화를 통한 신선도 지표 역할을 하는 지시약은 그 자체가 약산 또는 약염기로, 특정 pH에서 일정한 색을 갖는 화합물이다. 지시약이 산 또는 염기와 반응하면 분자구조가 변하고, 그에 따라 색도 변하게 된다. 지시약의 종류에 따라 변색 범위가 다른데, 안토시아닌, 리트머스 그리고 크레졸 레드와 같은 다양한 지시약을 이용하여 지시계 제작이 가능하다. 이들 지시약은 식품에 적용하기에 적당한 pH범위를 가지며, 확연한 색 변화가 있어 가시성이 좋다. 또한, 다른 지시약에 비해 인체에 유해한 정도가 낮기 때문에 식품포장에 적용하기에 적합하다.

식품포장 내부에서 이산화탄소가 발생되면, 이산화탄소의 농도는 지속적으로 증가한다. 이산화탄소 농도의 증가에 따라 지시약이 포함된 지시계의 pH가 낮아지면서 색이 변화하여 이산화탄소를 감지하는데 사용할 수 있다. 지시계의 초기 pH를 설정하기 위해 인체에 무해한 탄산 수소 나트륨을 이용하였는데, 탄산 수소 나트륨의 농도를 조절함으로써 초기 pH를 설정할 수 있으며, 이는 이산화탄소에 대한 민감도 조절로 이어진다.




기존 지식/기술 대비 성과의 차별성

기존의 식품 포장 indicator가 주로 외국 식품에만 적용되어 왔다. 이번 연구는 우리나라 육류 제품에 최신 과학 기술인 가스지시계를 적용함으로써, 한국 소비자들의 초점에 맞추어 육류신선도 제공, 안전한 먹거리를 제공할 수 있다.

성과의 혜택

- 식품의 품질과 모니터링 및 관리를 통한 소비자의 긍정적인 반응을 유도하여 소비자 신뢰로 인한 소비 촉진과 관리의 효율화에 따른 경제적 효과를 기대할 수 있다.
- 김치 등의 발효제품의 숙성정도 확인을 통한 소비자가 원하는 숙성정도의 제품 소비

	<p>가 가능해진다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 우리 식품의 세계시장 진출을 통하여 국내 식품 산업의 수익 증가를 기대할수 있으며, 고품질 안전식품 공급을 통하여 국민건강 확보로 비용 손실을 억제하고 식품 안심 및 건전한 식문화 구축에 기여할 수 있다.
<p>성과의 혁신성</p>	<p>신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계를 향후 소비자들의 식품 안전성에 대한 수요 증대로 볼 때, 미래형 농식품 유통 시스템에서 중요한 기술로 활용될 것이며, 물류 관리와 식품의 처리에 필요한 의사결정을 하는데 도움을 줄 수 있어 경제적인 효과를 볼 수 있다. 또한 연구된 가스지시계 시제품들을 더욱 현실화 시킬 수 있는 기술들을 개발하여 완전한 시제품으로 유통되고 있는 식품들에 적용할 수 있다. 이렇게 적용되어 간단하게 사용할 수 있는 가스지시계의 개발로 식품에 대한 안전 정보를 제공함으로써 상품으로의 식품의 신뢰도를 높일 수 있다.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="304 712 1141 1124"> <p>* 특허출원 및 등록</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특허명 : 이산화탄소 지시계 및 이의 제조방법(Carbon dioxide indicator and its preparation method) (출원번호 : 10-2018-0167829 등록번호 : 10-2133379-0000) - 특허명: 식별 가능한 이산화탄소 가스지시계 개발 (출원번호 : 10-2019-0025084) </div> <div data-bbox="1141 712 1434 1124">  </div> </div>

[1-1 협동]

<p>대표성과명</p>	
<p>성과요약</p>	<p>시간-온도 이력지시계(Time-temperature integrator; TTI) 및 신선도 가스지시계(Gas indicator for Freshness; GI)에 대한 대량 생산 설비를 구축하였으며, 생산관리 및 품질관리를 위한 공정관리도를 완성하였다. 또한 대상 기술에 대한 특허출원 및 기술이전을 실시하여 매출액을 발생시켰다.</p>
<p>주요 연구성과</p>	<p>1. 시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicators; TTI) : 대량생산 시스템완성을 통한 단위시간당 생산량을 높였으며, 생산관리 및 품질관리를 위한 공정도를 완성하여 균일한 품질의 제품을 생산·관리할 수 있게 되었다.</p>



그림 1. 시간-온도 이력지시계의 대량 생산시스템

그림 2. 시간-온도 이력지시계의 작업지도서 및 품질지도서

2. 신선도 가스지시계(Gas Indicators for Freshness; GI): 신선도 휘발성 염기질소 (VBN) 가스지시계는 제품생산에 있어 물질부 원료의 저장 설비를 보완하여 제품의 생산을 방해하지 않는 수준으로 구축하며 생산관리에서 중점관리요소, 생산공정 감사 및 관리 문서 지침 설계, 품질관리 지침을 설계하였다. 제품판매에서는 마케팅,유통, 현장지도를 구축하였다. 이산화탄소 지시계는 대량 생산을 위한 생산 방식의 개선으로 프린팅을 이용한 이산화탄소 지시계, 염색형 이산화탄소 지시계 및 제품설계, 색변화등을 토대로 원료 및 제조 방법 매뉴얼을 제작하였으며 생산지침, 품질관리 지침을 설계하였다.



그림 3. 신선도 가스 지시계의 대량 생산 시스템

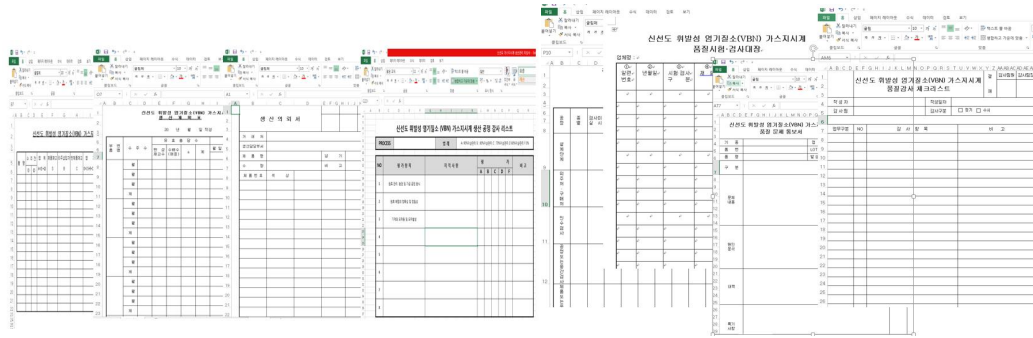


그림 4. 신선도 가스 지시계의 생산관리 및 품질관리 지침서

3. 지능형 농식품 포장을 위한 지시계 기술이전 및 사업화

기술이전계약서		기술이전계약서		제품명	수량/회	판매 예상액	판매처	비고								
<p>【대상】 농과대학로 신학철학관 【용량】 (학) 연구지원행정과공공팀 【기술명】</p> <table border="1"> <tr><td>품명명</td><td>총면적</td></tr> <tr><td>이산화탄소 지시계</td><td>10-2023-002763</td></tr> </table> <p>【이전형태】 물상 【이전기간】 2023년 7월 1일 ~ 2023년 6월 30일 (한)</p> <p>【대금 지급방법】 현금지급 【기술료 및 기타사항】 1) 계약기술료 - 80,000,000원(공급계약금(부가세포함)) 2) 지급시기: 계약 후 2주 이내 3) 계약기술료: 기술 제공 비용의 5%</p> <p>2023년 7월 1일</p> <p>【인명】 주 소: 서울 중구 필동3가 26 상 소: 농과대학로 신학철학관 연 락: 김 현 규 (인)</p> <p>【발명자】 농과대학로 비이오스텔대학 경영대학과 교수 이 지 영 (인)</p>		품명명	총면적	이산화탄소 지시계	10-2023-002763	<p>기술의 보유자인 농과대학로 신학철학관의 "김지영" 명의로 실시된 양면계약금 포괄양도계약의 "김지영" 명의로 합선 기술의 실제 사용에 동의한 "김지영" 지명자를 계약한다.</p> <p>【제조/판매처 표시】 계약의 목적이 되는 본 건 "기술"은 다음과 같다.</p> <table border="1"> <tr><td>주요명</td><td>주요번호</td></tr> <tr><td>이산화탄소 지시계</td><td>10-2023-002763</td></tr> </table> <p>【제조/판매처의 내용】 ① "기술"은 "김지영" 본 계약의 조건에 따라 "기술"을 실시하는 데 용하여 "김지영" 명의로 통상실시함을 부여한다. ② "기술"은 본 계약의 조건에 따라 "기술"을 사용하여 생산, 판매하는 행위를 말한다. ③ "기술"은 "김지영" 명의로 실시하지 아니하는 경우에는 어떠한 실시행위도 포기한 것으로 간주할 수 있다.</p> <p>【제조/판매처의 내용】 ① 제조/판매처에서 양쪽은 합의한 실시기간인 2023년 7월 1일부터 2023년 6월 30일까지 총 30일자로 한다. "기술" 실시기간 연장용 요청할 경우, 별도의 계약을 체결하여 연장할 수 있다. ② "기술"은 본 계약의 조건에 따라 "기술"을 사용하여 생산, 판매하는 행위를 하며, "생산/판매"를 시연으로 "김지영" 명의로 통상실시한다. "생산/판매"에 대해서는 사전에 "김지영" 지명자를 용하여 사용 할 수 있다.</p> <p>【제조/판매처의 내용】 본 계약의 목적이 되는 본 건 "기술"은 다음과 같다. "기술"은 "김지영" 지명자의 제조로 생산된다.</p> <p>1. 계약기술료 "기술"은 "기술"에 대한 "기술"의 사용에 기초 계약기술료 80,000,000원(공급계약금(부가세포함))을 계약대금 후 2주 이내 지급한다. 2. 계약기술료 "기술"은 계약기간 중 "기술"을 제공하여 50%이상(부가세포함)을 계약기술료로 지급한다.</p>		주요명	주요번호	이산화탄소 지시계	10-2023-002763	[중가형] 커피 숙성도 지시계	3000Ea/1회	5,400,000원	보성커피워영농조합법인	커피 저장도 온도관리용 타깃
품명명	총면적															
이산화탄소 지시계	10-2023-002763															
주요명	주요번호															
이산화탄소 지시계	10-2023-002763															
				[고가형] 냉동육 선물세트용 지시계	2000Ea/1회	8,000,000원	지원비엔피	어플리케이션 및 연필시스템, 명질 추적, 선물세트용 타깃								
				[저가형] 지원비엔피 냉동육 유통용 지시계	5000Ea/1회	4,000,000원	지원비엔피	일반 냉동육용육 제품 타깃								
				사료용 육제품 신선도 지시계	1000Ea/1회	2,000,000원	Pet club	애견 사료 제품류 타깃								
				(신선육 유통제품) 신선도 가스지시계	2500Ea/1회	5,500,000원	㈜반보스	신선육 유통제품								
				(원고기유통제품) 신선도 가스지시계	4000Ea/1회	7,400,000원	㈜체리부로	신선육 유통제품								
				합계	17500Ea/1회	32,300,000원										

그림 5. 기술이전 및 사업화 실적

1-1 세부 및 1-2 세부와의 협동연구·기술이전을 통하여 다양한 제품에 대한 매출을 발생시켰으며, 지속적인 기술지원을 바탕으로 제품개선 및 판매 확대를 추진하고 있다.

기존 지식/기술 대비 성과의 차별성	수준	선진연구와 경쟁
	기존 TTI는 식품의 품질변화와 TTI 색변화가 정확하게 일치되지 않아 품질변화를 예측하는데 어려움이 있었으나, 본 대상기술은 활성화 에너지(Activation Energy) 조절을 통하여 다양한 식품에 맞춤형이 가능함. 기존에 발명되어온 암모니아 센서나 지시계의 화학적 반응 개념을 벗어나 효소의 생물학적, 생화학적 반응을 이용하여 적은 양의 기질이라 할지라도 증폭을 통해 신선도 지시계의 높은 민감도를 기대할 수 있음	
성과의 혜택	수준	기존에 제공 가능한 혜택보다 향상된 혜택을 제공
	복잡하고 다양한 가치사슬 경로를 갖는 국내 농식품 시장에 안전한 식품유통시스템 도입을 통한 부가가치 향상이 전망되며, 식품유통시스템 도입에 따른 농식품 해외시장 진출 활성화 및 수출 증대에 기여할 것으로 사료된다.	
성과의 혁신성	수준	기존 지식을 개선하는 발견/발명
	경쟁제품 대비 신뢰성이 우수하고, 판매가격 우위가 가능하다. 또한 지시계 제조를 위한 원자재 수급, 장비/부품 조달이 용이하며, 시장 출시를 위한 추가 개발 소요 자금과 기간이 짧고 대량 생산이 용이하다. 본 기술은 지시서에 따라 사용한다면 안전하고	

쉽게 사용할 수 있으며, 환경에 대한 부작용이 거의 없다.

제품	상품화 실적		차후 사업 계획	관련 기술
	시제품 화	매출		
효소형 시간-온도 이력지시계 	<ul style="list-style-type: none"> • 시제품화 완료 	25만원 - Pet Club	<ul style="list-style-type: none"> • 현재의 판매처를 통한 매출 증대 • 대림 A&F를 통한 판로 개척 (현재 협의 중) 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술이전 특허명 : 라카아제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계 [등록특허: 10-009736]
인쇄형 시간-온도 이력지시계 	<ul style="list-style-type: none"> • 시제품화 완료 	1,660만원 - 지원 B&P - 보성 키위 영농조합 - CJ 제일제당 - 씨너스 영농조합	<ul style="list-style-type: none"> • 현재의 판매처를 통한 매출 증대 • 해외 판로 개척 (현재 태국 MFU와 협의 중) • 인쇄형 시간-온도 이력지시계 제조 방법을 이용한 OEM 생산 계획 (현재 태국 MFU와 협의 중) 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술이전 특허명 : 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계용 잉크 조성물 및 이를 이용한 자외선 활성화 인쇄형 시간-온도 이력지시계의 제조방법 [등록특허: 10-1868400]
자가발전형 온도 센서 	<ul style="list-style-type: none"> • 시제품화 완료 		<ul style="list-style-type: none"> • 농산물 저온 저장 창고의 온도 관리용으로 적용 및 판매 계획 • 해외 판로 개척 (파인애플 유통 중, 온도 관리용으로 현재 태국 MFU와 협의 중) 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술이전 특허명 : 자가발전형 비색 산소 센서-지시계 [등록특허: 10-1691174]
신선도 휘발성 염기질소 (VBN) 가스지시계 	<ul style="list-style-type: none"> • 상품화 예정 (진행중) 		<ul style="list-style-type: none"> • (주)체리부로와 MOUS 체결 완료 -> 닭고기 적용 및 판매 계획 • 다양한 신선육(어류, 소고기, 돼지고기, 닭고기, 가금류등)업체와의 시제품 적용 및 판매 계획 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술이전 특허명 : 신선도 휘발성 염기질소 가스지시계 [출원번호: 10-2018-0045187]
이산화탄소 가스지시계 	<ul style="list-style-type: none"> • 상품화 예정 (진행중) 		<ul style="list-style-type: none"> • (주)한국지능형 포장 산업에 기술이전 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술이전 특허명 : 이산화탄소 지시계 특허 출원 [출원번호: 10-2019-0025084]

대표성과명	IoT	RFID
	(Improving efficiency of RFID-based traceability system for perishable food by utilizing IoT sensors and machine learning model)	

성과요약	<p>신선식품의 관리를 위한 IoT 센서와 머신 러닝 모델을 기반으로 한 RFID 기반의 물류 이력 추적 시스템의 성능을 극대화하기 위한 연구이다. 이 기술에는 지능형 RFID Gate 기술이 탑재되었으며 이를 통해서 기존의 RFID 기반의 입출고 계수작업에서의 오류를 최소화할수 있다.</p>
주요 연구성과	<p>1. IoT 기반 추적가능성 시스템의 성능</p> <ul style="list-style-type: none"> - 웹 기반 추적 시스템의 프로토 타입이 개발되었으며 사용자가 식품 제품 이력을 추적하고 추적할 수 있는 간단하고 편리한 방법을 제공한다. 추적성 시스템은 Node.js를 웹 서버로 사용하고 Express.js 및 Bootstrap을 데이터 시각화로 사용하고 RFID 및 센서 데이터는 MongoDB에서 수집했다. 제안된 시스템은 웹 브라우저를 통해 PC, 노트북 또는 스마트폰에서 실시간으로 사용자 액세스를 허용한다. 집계 및 필터링 모듈은 중복 EPC 데이터를 결합하고 제거하는 데 사용된다. 시스템 인터페이스는 EPC, 제품 이름, 기록 날짜 및 시간, 위치 및 비즈니스 단계와 같은 필터링 된 제품 정보를 제공한다. 비즈니스 단계를 정의하기 위해 캡처 응용 프로그램은 태그 방향 모듈을 사용하여 제품 상태가 '수신'인지 '배송'인지 식별한다. 다음 하위 장에서는 세부 정보의 방향을 감지하기위한 머신 러닝 모델의 성능에 대해 설명한다. 또한 온도 및 습도와 같은 IoT 센서에서 수집된 환경 조건은 MongoDB에 저장되고 사용자가 제품의 상태를 더 잘 이해할 수 있도록 그래프로 표시된다. 제품 이력을 자세하게 제시하면 사용자가 편리한 방식으로 제품의 이력과 품질을 모니터링 할 수 있다. - 또한 RFID 판독기의 성능은 성공률 및 신호 품질과 같은 다양한 평가 지표를 기반으로 평가되었다. 수집 과정에서 독자가 성공적으로 읽은 총 태그 수의 백분율로 성공률을 정의했다. 또한 신호 품질은 수집 프로세스 중 RFID 태그의 신호 강도 백분율로 정의된다. 실험은 전형적인 실내 시나리오로서 실험실 환경에서 수행되었다. 그림 1a는 태그와 리더 사이의 거리가 다른 스마트폰 기반 핸드 헬드 리더의 성능을 보여준다. 랩 테스트 동안 태그는 핸드 헬드 판독기의 LOS (line of sight) 내에 위치하여 판독기를 직접 향했다. 결과는 거리가 멀어 질수록 성공률이 상당히 떨어 졌다는 것을 보여주었다. 브랜드 태그 사이의 거리가 멀어 질수록 태그의 신호 강도가 줄어 든다. 또한 거리가 증가함에 따라 더 많은 수의 태그가 더 낮은 성공률을 생성할 수 있음을 관찰했다. 핸드 헬드 리더에는 읽기 범위가 제한적이다. 그러나 모든 시나리오에서 핸드 헬드 리더는 30cm 이내에 RFID 태그를 성공적으로 읽는다. 따라서 운송 중에 staff는 모든 태그 제품을 EPCIS에 성공적으로 저장할 수 있도록 30cm 이내에 태그를 읽어야한다. - 또한 태그의 각도가 변하면 수신 강도가 크게 달라질 것으로 예상할 수 있다. 실험하는 동안 태그가 지정된 상자는 고정 판독기의 LOS (line of sight) 내에 위치한다 (예 : 1m 또는 2m). 신호 품질과 태그 방향 각도의 관계를 연구하기 위해 빈 상자에 태그를 부착할 때 몇 가지 시나리오를 고려했다. 시나리오 I에서, 태그는 상자의 앞면에 부착되어 독자에게 직접 가시선이 생긴다. 시나리오 II 및 III에서 태그는 상자의 왼쪽과 오른쪽에 각각 부착된다. 마지막으로, 시나리오 IV에서 태그는 상자의 뒷면에 부착되어 있으며 독자에게는 직접적인 시선이 없다. 그림 1b는 태그가 안테나를 직접 향하는 시나리오 (시나

리오 D)가 가장 높은 신호 품질을 생성함으로써 최상의 성능을 보인 것을 보여준다. 우리의 결과는 실험에서 빈 상자를 사용했을 때 태그 방향이 신호 품질에 실제로 영향을 미치지 않는다는 것을 보여주었다. 그러나 이전의 연구에 따르면 쌀이나 생수와 같은 제품을 추가하면 태그 방향이 큰 영향을 미친다 (Clarke, Twede, Tazelaar, & Boyer, 2006). 또한, 예상한 바와 같이, 태그와 리더 사이의 거리를 증가시키면 태그의 신호 강도가 감소한다. 실제 테스트 베드에서 생산자 및 유통 업체의 냉장 시설의 출입구에 리더기를 설치했다. 입구 게이트를 통과할 때 리더와 제품 사이의 거리가 약 2m인지 확인하여 리더가 모든 태그를 성공적으로 읽었다.

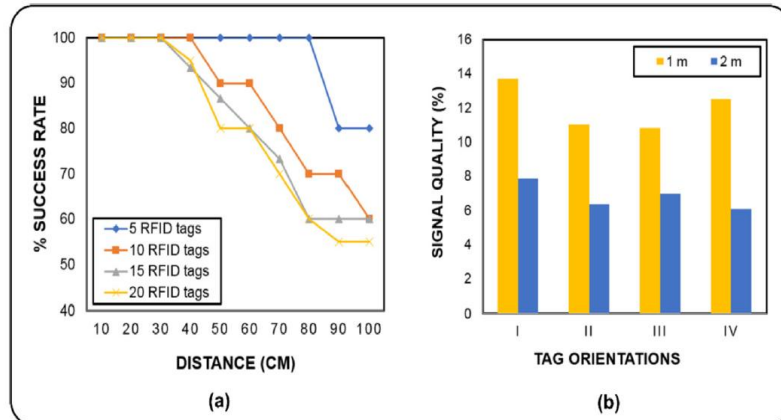


그림 1. 성능 평가: (a) 휴대용 판독기의 성공률 및 (b) 태그 방향이 RFID 게이트의 신호 품질에 미치는 영향

2. 태그 방향에 대한 기계 학습 모델의 성능

- 태그된 제품의 다중 이동 유형과 방향을 구별하기 위해 기계 학습 모델이 적용된다. 표 1에는 이에 대한 자세한 내용이 포함되어 있다. 분류 모델은 Python V3.6.6, XGBoost V0.81 및 Scikit-learn V0.19.1 (Pedregosa et al., 2011)에서 구현되었다. 머신 러닝 모델의 구현을 단순화하기 위해 Scikit-learn에서 제공하는 기본 매개 변수를 사용했다. 모든 분류 모델에 대해 10 배 교차 검증을 사용했다. 진 양성 (TP)과 진 음성 (TN)은 올바른 분류의 사례를 나타내는 반면, 오 탐지 (FP)와 거짓 음성 (FN)은 잘못 분류된 사례를 나타낸다 (Sokolova & Lapalme, 2009).
- XGBoost를 기반으로 제안된 모델은 다른 분류 모델과 비교하여 태그의 이동 및 방향을 감지한다. 정확도, 정밀도, 리콜 및 f- 점수의 백분율로 다양한 모델 성능을 비교한다. 다층 퍼셉트론 (MLP), 로지스틱 회귀 (LR), k- 최근 접 이웃 (KNN), 의사 결정 트리 (DT), Naive Bayes (NB), 랜덤 포레스트 (RF) 및 adaboost와 같은 머신 러닝 모델은 다음과 비교된다. 태그의 움직임과 방향을 구별하기 위해 제안된 모델. 이 시나리오에서는 기능 유형 RSS 및 SinceStart가 모두 사용된다. 결과는 제안된 모델이 정확도, 정밀도, 리콜 및 fscore에서 각각 93.59 %, 93.25 %, 92.95 % 및 92.78 %만큼 다른 모델보다 우수한 것으로 나타났다.
- 실험 결과는 XGBoost 모델이 태그의 움직임과 방향을 정확하게 감지할 수 있음을 나타낸다. 게이트를 통해 이동하는 태그가 게이트를 통해 이동하는 것으로 잘못 분류된 경우 경영진은 관련 제품이 다른 공급망 파트너에게 배송 된 것으로 가정한다. 반대로, 게이트 밖으로 나가는 태그가 게이트에서 움직이는 것으로 잘못 분류되면 경영진은 관련 제품이 냉장에 저장된 것으로 가정한다. 따라서 XGBoost 모델을 사용하면 재고 관리 정확도가

크게 향상된다.

- RFID 게이트 시스템에서 태그의 방향을 식별하는 것은 비즈니스 단계를 결정하는 데 매우 중요하므로 제품의 상태가 냉장 보관소에서 “수신 중”인지 “배송”인지 확인할 수 있다. 훈련된 XGBoost 모델은 캡처 응용 프로그램과 통합되고 호스트 컴퓨터에 설치되어 서버 측의 EPCIS로 전달하기 전에 리더로부터 태그 정보를 수신한다. 업데이트된 캡처 응용 프로그램은 태그가 게이트 근처로 이동한 경우, 역 회전 이동 및 정적 태그와 같은 오탐지 값을 필터링하여 해당 태그가 EPCIS에 저장되지 않도록 한다. 제품이 게이트를 통해 이동될 때 애플리케이션을 캡처하여 RSS를 수집했다. 제품이 게이트를 완전히 통과하면 RFID 판독 데이터가 RSS 및 SinceStart 기능으로 변환되고 훈련된 XGBoost 모델이 트리 거되어 제품이 제품을 통해 들어왔는지 (수신 중) 또는 배송되는지 (배송) 여부를 감지한다. 마지막으로, 예측 결과 및 제품 (EPC)의 상세 정보가 EPCIS로 전송된다.

표 1. 멀티 클래스 분류에 대한 조치. (tp_i , fp_i , fn_i , tn_i 는 C_i 에 대한 참-양성, 거짓-양성, 거짓-음성, 참-음성을 말한다. M 은 매크로 평균을 나타낸다.)

Metric	Formula
Average accuracy	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i + tn_i}{tp_i + fn_i + fp_i + tn_i}}{l}$
Precision _M	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fp_i}}{l}$
Recall _M	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fn_i}}{l}$
Fscore _M	$\frac{(\beta^2 + 1)Precision_M Recall_M}{\beta^2 Precision_M + Recall_M}$

기존 지식/기술 대비 성과의 차별성	수준	선진연구와 경쟁
	본 연구에서 제안된 XGBoost는 정확도, 정밀도, 회수율, f-score 등의 측면에서 각각 93.59%, 93.25%, 92.95%, 92.78%의 MLP, LR, KNN, DT, NB, RF, Adaboost 등 다른 모델에 비해 우수한 것으로 나타났다. 훈련된 XGBoost 모델은 RFID 게이트에 통합되어 게이트를 통해 제품이 들어오고 있는지 (수신 중) 또는 나가고 (배송) 있는지를 감지하고 이를 EPCIS에 저장될 제품 정보와 결합할 수 있다는 차별성을 가지고 있다.	
성과의 혜택	수준	기존에 제공 가능한 혜택보다 향상된 혜택을 제공
	RFID 기반의 이력 추적 시스템의 운용시 RFID 리더가 탑재된 게이트에서 발생하는 오류를 발견하여 이를 분류함으로써 수작업이나 정확도가 떨어지는 기존 방법에 비해서 향상된 혜택을 제공한다.	
성과의 혁신성	수준	기존 지식을 개선하는 발견/발명
	RFID 학습에서 기계 학습 모델을 활용하여 태그가 이동한 방향을 식별하는 방법을 개발했다. 또한, RFID 게이트는 정적 태그, 턱백 이동 및 게이트 근처의 태그 이동과 같은 오 탐지 판독 값을 필터링하여 이러한 태그 판독 값이 EPCIS 데이터베이스에 저장되지 않도록 할 수 있다. 이를 통해서 기존에 처리되지 못했던 오탐지 판독 값을 혁신적으로 처리할수 있게 되었다.	
- 논문 SCI Improving efficiency of RFID-based traceability system for perishable food by utilizing		

[2-2세부]

대표성과명	RFID / (Development of Intelligent RFID Temperature/Oxygen Sensors)
--------------	---

성과요약	<p>지능형 포장(intelligent packaging)은 포장 내 농식품의 품질 정보를 실시간 측정 및 표시할 수 있는 새로운 포장 시스템이다. 지능형 포장의 핵심 기술은 식품 품질을 지시할 수 있는 센서와 RFID (radio-frequency identification) 기술이 결합된 스마트 RFID 센서 태그 기술이다. 본 연구에서는 농식품의 품질에 영향을 주는 주요 인자인 온도와 산소 농도를 측정할 수 있는 스마트 RFID 센서를 개발하였다. 이 센서는 외부 전원이 필요없는 자가발전(self-powered) 타입이며 세 겹의 필름으로 이루어져 휘어질 수 있는 플렉서블(flexible) 센서이다. 본 RFID 센서를 통해 식품사고(식중독), 식품손실, 상한 식품의 유통 등과 같은 식품 문제를 해결하여 국민 건강에 크게 기여할 수 있다.</p>
주요 연구성과	<p>식품의 품질과 안전 상태를 실시간으로 알 수 없기 때문에 식품사고(식중독), 식품손실, 부정식품의 유통 등과 같은 식품 문제가 끊임없이 발생하고 있다. 온도와 산소는 대기나 수중 환경뿐만 아니라 인체 내, 농축산식품 및 의약품 포장 등에서 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들면, 산소는 세균과 곰팡이의 성장을 도와 식품을 부패시키거나 유제품이나 육류의 지방 산패에 관여하는 등 식품의 냄새, 색깔 그리고 영양적 질을 떨어트림. 또한 산소는 비타민류 및 색소류의 산화 변질을 초래한다.</p> <p>본 연구에서 개발한 온도/산소 센서는 금속 (아연, 알루미늄) 전극, 산소 환원 (산화환원 염료, 은) 전극, 겔 전해질로 구성된 전지 형태로 외부 전원 없이 작동할 수 있다. 또한 필름 형태로 구성되어 휘어질 수 있는 플렉서블 센서이다.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">그림 1. 자가발전형 온도/산소 센서의 작동 원리</p>

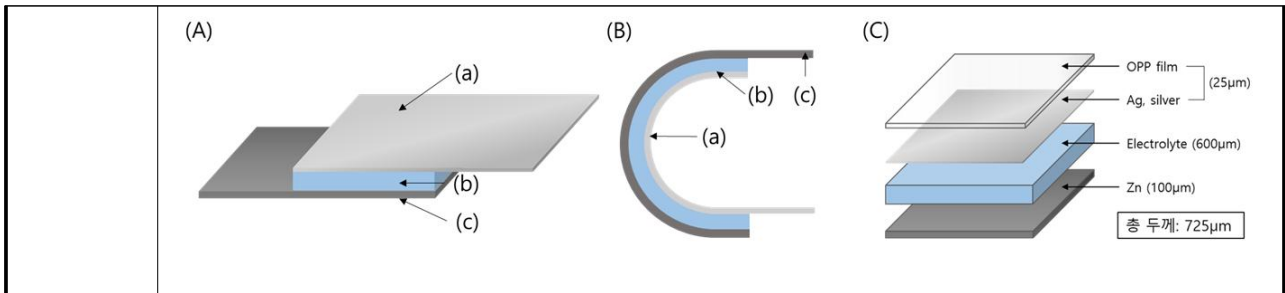


그림 2. 자가발전형 온도/산소 센서의 구조

본 센서가 결합된 RFID 센서 태그 제품은 식품의 생산·가공·유통·판매·소비 전 과정에서 식품 이력, 품질 및 유통 상황 정보를 언제 어디서나 실시간으로 모니터링 하고 제어할 수 있어 식품 산업의 핵심 과제로 꼽히는 먹을거리의 안전성 확보와 식품 폐기 및 손실을 감소를 원천적으로 해결할 수 있다.

기존 지식/기술 대비 성과의 차별성	수준	선진연구와 경쟁
	스마트 RFID 온도/산소 센서는 기존 비색 산소 지시계와는 다르게 산소 농도의 정량적 측정 및 자가발전이 가능하고 RFID 태그와 결합하여 무선통신으로 산소 농도 정보를 제공할 수 있다. 또한 기존 온도 및 산소 센서와는 다르게 단순한 공정으로 생산이 가능하고 매우 경제적이다.	
성과의 혜택	수준	한 눈에 알아볼 수 있는 혜택의 향상
	온도 및 산소는 농식품의 품질에 영향을 주는 주요 인자이므로 본 온도/산소 센서와 결합된 RFID 태그를 통해 식품 제조업체, 유통경로 뿐만 아니라 포장지를 뜯지 않고도 포장 내부의 식품 품질 정보를 알 수 있어 식품사고(식중독), 식품손실, 부정식품의 유통 등과 같은 식품 문제를 해결하여 국민 건강에 크게 기여할 수 있다.	
성과의 혁신성	수준	기존 지식을 개선하는 발견/발명
	본 센서는 전지의 원리를 응용함으로써 별도의 외부 전원장치 없이 전기적 신호 발생으로 온도 및 산소 농도를 정량적으로 측정할 수 있다. 또한 필름으로 구성되어 휘어질 수 있는 플렉서블 센서로 제조 공정이 매우 간단하고 경제성이 매우 높다.	

[3-1세부]

대표성과명	가 (Carbon dioxide controlled kimchi container)
--------------	--

성과요약	김치와 같은 발효식품 저장 시 김치의 발효숙성의 전 과정에서 고이산화탄소 농도로 유지하여 신선하고, 시원한 김치의 맛 유지 및 변질을 방지한다.
주요 연구성과	CO₂ 치환 용기 시스템 기술이전 및 사업화 농식품을 보관 할 수 있는 용기에 이산화탄소 주입 시스템이 연결된 구조이다. 용기에 김치를 넣고, 일정 시간 이산화탄소 탱크를 통해 용기내 고농도의 이산화탄소를 주입한다. 용기 내외부 압력차를 고려하여 내부 압력이 높아지면 자동으로 배출되도록 밸브를 장착하였다. 고농도의 이산화탄소를 유지하도록 주기적으로 이산화탄소가 주입되도록 설계되어 있다. 용기 내 김치를 보관하는 시점부터 저장 중 김치를

떨어내고, 다시 보관하는 상황에서도 동일하게 이산화탄소 주입이 이루어진다. 용기 내 보관되는 김치의 무게에 따라 이산화탄소 주입 시간이 조절되며, 주기적인 고농도의 이산화탄소로 유지됨으로 인해 시원하고 탄산미가 높은 우수한 김치를 맛볼 수 있다. 이 시스템은 (주)쉬운기술에 기술이전 완료하였고, 추후 사업화에 주력할 것이다. 본 시스템은 급외식용 냉장고에서 운전되도록 제어가 가능하며, 필요에 따라 단독으로 제어가 가능하다.



그림 1. CO₂ 치환 용기 시스템



그림 2. CO₂ 치환 용기 시스템의 실험실 시제품과 적용된 가상이미지의 냉장고

기존 지식/기술 대비 성과의 차별성	수준	선진연구와 경쟁
	김치를 청량감이 높은 상태로 섭취할 수 있게 하는 기술로써 식품저장기술과 기체치환기술을 융합하여 최적의 품질상태로 김치를 보관할 수 있다. 저장 초기 고이산화탄소 농도로 치환 가능하고, 저장 중 주기적으로 이산화탄소 주입을 통해 고농도로 유지 가능하다.	
성과의 혜택	수준	기존에 제공 가능한 혜택보다 향상된 혜택을 제공
	현재 김치냉장고에 장착된 밀폐용기를 본 제품으로 대체함으로써 김치를 포함한 발효식품의 보관 및 품질안전성에 긍정적인 효과를 줄 수 있다.	
성과의 혁신성	수준	기존 지식을 개선하는 발견/발명
	본 용기는 이산화탄소 주입이 자동으로 제어가 가능하다. 그래서, 가정용 냉장고 또는 급외식 업체 냉장고로 적용 가능하며, 이산화탄소로 품질보존의 효과를 볼 수 있는 화훼부분까지 확대하여 적용 가능하다. 사용범위를 확대하여 기체치환 농도에 품질 우	

수성을 보이는 신선농산물이나 육류 제품에 적용가능하다.

[3-1협동]

대표성과명

(Development of packaging film for preventing greening of potatoes)

성과요약

감자의 저장 중 표면의 녹변을 방지할 수 있는 자외선 차단용 포장 필름을 개발하여 산업화를 이룸.

감자의 녹변방지용 포장필름의 기술이전 및 사업화

감자는 저장 유통 중 일광이나 형광등 빛을 받게 되면 표면에 녹색의 색소가 침착되어 녹변현상을 나타낸다. 이 녹색색소는 클로로필 색소로서 그 자체적으로는 해가 없으나 감자의 녹변이 일어날 때에는 표면에 녹변이 일어남과 동시에 내부에 솔라닌이라는 알칼로이드 화합물이 생성되는데 이 솔라닌이 감자의 독소로서 인체에 유해하므로 표면에 녹변이 일어난 감자는 폐기처분해야 한다. 이러한 감자의 저장 유통 중에 발생하는 표면의 녹변현상을 방지하기 위한 포장 방법으로 내용물의 확인이 가능한 정도의 투명성을 갖으며 자외선을 차단할 수 있는 포장재를 개발하였다. 자외선 차단용 필름으로 다양한 생고분자 (카라기난, 알긴산, 아가, CMC, 젤라틴 등)과 다양한 기능성 첨가물 (자몽씨 추출물, 커큐민, 멜라닌 등)과 나노입자 (ZnO, TiO₂, 리그닌, 나노항 등)을 첨가한 복합 필름 제조 기술을 개발하였다. 한편 감자의 포장용으로 사용하기 위해서는 기존의 포장재에 비해 가격이 상승하지 않으며, 기존의 생산기술로도 생산이 가능한 포장재의 개발을 위해 LDPE나 PP에 멜라닌을 3-5 wt% 첨가하여 매스터 배치를 제조하고 이를 사용하여 extrusion blowing이나 extrusion casting 방법으로 필름을 제조하여 감자포장에 적용하여 감자의 녹변방지에 효과적임을 입증하였으며, 이 기술을 포장업체인 한그린테크에 이전하여 산업화를 이루었음.

주요 연구성과



그림 1. 감자의 녹변방지용 포장 필름의 산업적인 생산



그림 2. 감자의 녹변방지

기존 지식/기술 대비 성과의 차별성	수준	선진연구와 경쟁
	산업화를 이룬 감자녹변방지용 포장 필름은 기존의 LDPE나 PP 필름의 제조공정을 그대로 사용하므로 생산원가의 증가가 10-15% 정도로서 가격경쟁력이 있으며, 자외선 차단성이 우수하여 기존의 포장 필름을 대체사용하는데 큰 문제가 없음. 필요에 따라서는 필름의 매트릭스를 생분해성 소재를 사용하여 환경친화적인 포장재로의 사용 전환이 용이함.	
성과의 혜택	수준	기존에 제공 가능한 혜택보다 향상된 혜택을 제공
	현재 사용 중인 포장재를 손쉽게 대체 가능하며, 감자의 저장이나 유통 중의 품질보존 및 상품성 증진을 위한 효과가 있음.	
성과의 혁신성	수준	기존 지식을 개선하는 발견/발명
	본 기술은 생분해성 포장재에도 적용이 가능하며, 자외선 차단성 이외에도 항균성과 향산화성 등의 기능특성을 부여할 수 있어 사회의 변화나 소비자의 요구에 따라 생분해성 기능성 포장 필름의 개발에도 적용하여 다양한 농식품 포장재로 개발이 가능함.	

10. 기타사항

11. 참고문헌

- Ahvenainen R, Hurme E. Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. *Food Addit. Contam.* 14: 753-763 (1997)
- Aindongo, W. V., Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Manley, M., & Opara, U. L. (2014). Modelling the effects of storage temperature on the respiration rate of different pomegra nate fractions. *South African Journal of Plant and Soil*, 31(4), 227-231.
- Alfian, G., Rhee, J., Ahn, H., Lee, J., Farooq, U., Ijaz, M. F., et al. (2017a). Integration of RFID, wireless sensor networks, and data mining in an e-pedigree food traceability system. *Journal of Food Engineering*, 212, 65.75. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.008>.
- Alfian, G., Syafrudin, M., & Rhee, J. (2017b). Real-time monitoring system using smartphone-based sensors and NoSQL database for perishable supply chain. *Sustainability*, 9(11), 2073. <https://doi.org/10.3390/su9112073>.
- Alfian, G., Syafrudin, M., Ijaz, M., Syaekhoni, M., Fitriyani, N., & Rhee, J. (2018). A personalized healthcare monitoring system for diabetic patients by utilizing BLEbased sensors and real-time data processing. *Sensors*, 18(7), 2183. <https://doi.org/10.33/s18072183>.
- Alfian, G., Syafrudin, M., Yoon, B., & Rhee, J. (2019). False positive RFID detection using
- Alien Technology (2019). ALR-9900 enterprise RFID reader. Retrieved May 30, 2019, from <http://www.alientechnology.com/wp-content/uploads/Alien-Technology-ALR-9900-Enterprise-RFID-Reader.pdf>.
- Al-Masri M, Al-Bachir M. Microbial load, acidity, lipid oxidation and volatile basic nitrogen of irradiated fish and meat-bone meals. *Biores. Technol.* 98: 1163-1166(2007)
- AlOmar, et al., (2016). Glycerol-based deep eutectic solvents: Physical properties. *Journal of Molecular Liquids* 215, 98-103
- alternatives for supporting in-store green marketing decision-making. *Sustainability*, 9(11), 2008. <https://doi.org/10.3390/su9112008>.
- AlvarezLopez,Y.,deCosGomez,M.E.,&Las-HerasAndres,F.(2017).Areceivedsignal strengthRFID-basedindoo rlocationssystem.SensorsandActuatorsA:Physical,255,118.133.<https://doi.org/10.1016/j.sna.2017.01.007>.
- Alvarez Lopez, Y., Franssen, J., Alvarez Narciandi, G., Pagnozzi, J., Gonzalez-Pinto Arrillaga, I., & Las-Heras Andres, F. (2018). RFID technology for management and racking: E-health applications. *Sensors*, 18(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/s18082663>.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014a). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39, 172.184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>.
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014b). Temperature management for the quality assurance
- Baek, S.H., Maruthupandy, M., Lee, K.E. Kim, D.W. and Seo, J.C. (2018). Preparation and characterization of a poly(ether-block-amide) film-based CO₂indicatorformonitoringKimchi quality. *ReactiveandFunctionalPolymers*,131,75-83
- Barbosa, N. C., Vieira, R. A. M., & de Resende, E. D. (2018). Modeling the respiration rate of Golden papayas stored under different atmosphere conditions at room temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 136, 152-160.
- Barge, P., Gay, P., Merlino, V., & Tortia, C. (2014). Item-level Radio-Frequency Identification for the traceability of food products: Application on a dairy product. *Journal of Food Engineering*, 125, 119.130. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.019>.
- Barrios, S., Lema, P., & Lareo, C. (2014). Modeling respiration rate of strawberry (cv. San Andreas) for modified atmosphere packaging design. *International Journal of Food Properties*, 17(9),

2039-2051

- Biji KB, Ravishankar CN, Mohan CO, Srinivasa Gopal TK. Smart packaging systems for food applications: a review. *J Food Sci. Technol.* 52: 6125-6135(2015)
- Boyd, D. A. (2016). Sulfur and its role in modern materials science. *Angewandte Chemie* 55, 15486-15502.
- Buick, R. K., & Damoglou, A. P. (1989). Effect of modified atmosphere packaging on the microbial development and visible shelf life of a mayonnaise-based vegetable salad. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 46, 339-347.
- Bunker, R., & Elsherbeni, A. (2017). A modular integrated RFID system for inventory control applications. *Electronics*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.3390/electronics6010009>.
- Byrne L, Lau KT, Diamond D. Monitoring of headspace total volatile basic nitrogen from selected fish species using reflectance spectroscopic measurements of pH sensitive films. *The Analyst* 127: 1338-1341(2002)
- Byun J-S, Min JS, Kim IS, Kim J-W, Chung M-S, Lee M. Comparison of Indicators of Microbial Quality of Meat during Aerobic Cold Storage. *J. Food Prot.* 66: 1733-1737(2003)
- C. H. T. Vu, and K. Won, "Leaching-Resistant Carrageenan-Based Colorimetric Oxygen Indicator Films for Intelligent Food Packaging," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 62, pp. 7263-7267,2014.
- Castellanos, D. A., Mendoza, R., Gavara, R., & Herrera, A. O. (2017). Respiration and ethylene generation modeling of "Hass" avocado and feijoa fruits and application in modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Properties*, 20(2), 333-349.
- Castro P, Padron JCP, Cansino MJC, VelaquezES,DeLarrivaRM.TotalvolatilebasenitrogenanditsusetoassessfreshnessinEuropeanseabassstoredinice. *Food Control* 17:245-248(2006)
- Chan ST, Yao MW, Wong Y, Wong T, Mok C, Sin DW. Evaluation of chemical indicators for monitoring freshness of food and determination of volatile amines in fish by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Euro. Food Res. Technol.* 224: 67-74(2006)
- Chang Woo, Ban, " A Study of RFID Tag Packaging Process Development Using Solder Paste" , Seoul National University of Science and Technology, Graduate School of Energy and Environment,2012.
- Chen H-Z, Zhang M, Bhandari B, Guo Z. Applicability of a colorimetric indicator label for monitoring freshness of fresh-cut green bell pepper. *Posthar. Biol. Technol.* 140: 85-92(2018)ChunH-N,KimB,ShinH-S.Evaluationofafreshnessindicatorforqualityoffishproductsduringstorage. *Food Sci. Biotechnol.* 23:1719-1725(2014)
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD 16*(pp.785.794).<https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>.
- Chinnan, M. S., & Yang, C. C. (1989). Modeling the use of chemical adsorbents in controlling relative humidity and CO₂ for horticultural crops stored in polymeric films., In A.H.Ghee, N.Lodge & O.K.Lian (Eds.), *Trends in Food Processing II* (pp.240-243). Singapore: Singapore Institute of Food Science and Technology.
- Choi, S. H., Yang, Y. X., Yang, B., & Cheung, H. H. (2015). Item-level RFID for enhancement of customer shopping experience in apparel retail. *Computers in Industry*, 71, 10.23. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.03.003>.
- Chow, H., Choy, K., Lee, W., & Lau, K. (2006). Design of a RFID case-based resource

- management system for warehouse operations. *Expert Systems with Applications*, 30(4), 561-576. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.07.023>.
- Chun J-Y, Choi M-J, Lee SJ, Hong G-P. Applications of time-temperature integrator (TTI) as a quality indicator of ground pork patty. *Korean J. Food Sci. Animal Res.* 33: 439-447(2013)
 - Clarke, R. H., Twede, D., Tazelaar, J. R., & Boyer, K. K. (2006). Radio frequency identification (RFID) performance: The effect of tag orientation and package contents. *Packaging Technology and Science*, 19(1), 45-54. <https://doi.org/10.1002/pts.714>.
 - classification models. *Applied Sciences*, 9(6), 1154. <https://doi.org/10.3390/app9061154>.
 - CLSI: Clinical and Laboratory Standards Institute. (2009). Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard. In *Clinical and Laboratory Standards Institute Document M07-A8 (8thed.)*. Wayne, PA, USA: Clinical and Laboratory Standards Institute.
 - de Abreu, D. A. P., Cruz, J. M., Angulo, L., & Losada, P. P. (2010). Mass transport studies of different additives in polyamide and exfoliated nanocomposite polyamide films for food industry. *Packaging Technology and Science*, 23, 59-68.
 - De Azeredo, H. M. C. (2013). Antimicrobial nanostructures in food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 30, 56-69.
 - Deepa, B. et al. (2016). Biodegradable nanocomposite films based on sodium alginate and cellulose nanofibrils. *Materials* 9, 1-11.
 - Ding, K., Jiang, P., & Su, S. (2018). RFID-enabled social manufacturing system for inter-enterprise monitoring and dispatching of integrated production and transportation tasks. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 49, 120-133. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2017.06.009>.
 - Duncan, T. V. (2011). Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science*, 363, 1-24.
 - Duroc, Y., & Tedjini, S. (2018). Rfid: A key technology for humanity. *Comptes Rendus Physique*, 19(1.2), 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2018.01.003>.
 - Ezati P, Tajik H, Moradi M. Fabrication and characterization of alizarin colorimetric indicator based on cellulose-chitosan to monitor the freshness of minced beef. *Sens. Actuat. B: Chemical* 285: 519-528(2019)
 - Ezati, P., Tajik, H., & Moradi, M. (2019). Fabrication and characterization of alizarin colorimetric indicator based on cellulose-chitosan to monitor the freshness of minced beef. *Sensors and Actuators B: Chemical* 285, 519-528.
 - Ezati, P., Tajik, H., Moradi, M., & Molaei, R. (2019). Intelligent pH-sensitive indicator based on starch-cellulose and alizarin dye to track freshness of rainbow trout fillet. *International Journal of Biological Macromolecules* 132, 157-165.
 - Farber, J. M. (1991). Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology—a review. *Journal of Food Protection*, 54, 58-70.
 - Farooq, U., Tao, W., Alfian, G., Kang, Y.-S., & Rhee, J. (2016). ePedigree traceability system for the agricultural food supply chain to ensure consumer health. *Sustainability*, 8(9), 839. <https://doi.org/10.3390/su8090839>.
 - Finkenzeller, K., Muller, D. "RFID Handbook," Wiley, 2010.
 - Florek M, Litwinczuk A, Skalecki P, Ryszkowska-Siwko M. Changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of ageing under vacuum. *Polish J. Food Nutr. Sci.* 57: 281-287(2007)
 - Fortunati, E. et al. (2014). Nano-biocomposite films with modified cellulose nanocrystals and synthesized silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 101, 1122-1133.
 - Hong Jing Wang, Duck Soon An, Jong-Whan Rhim, Dong Sun Lee. (2015). A multi-functional biofilm used as an active insert in modified atmosphere packaging for fresh produce. *Packaging*

Technology and Science 28: 999-1010.

- Hong S-I, Park W-S. Use of color indicators as an active packaging system for evaluating kimchi fermentation. *Journal of Food Engineering* 46: 67-72 (2000)
- Hong, S.I. and Park, W.S. (1997). Sensitivity of color indicators to fermentation products of Kimchi at various temperature. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 29(1), 21-26.
- Hong, S.I. and Park, W.S. (2000). Use of color indicators as an active packaging system for evaluating Kimchi fermentation. *Journal of Food Engineering*, 46, 67-72.
- http://www.impinj.com/Speedway_Revolution_UHF_RFID_Reader.aspx.
- http://www.rfidsystems.com.br/en/pdf/500.633_Arete_Pop_Folheto_en.pdf.
- Jaden Shin, "Design and Implementation of MES Solution for Multi-Variety and Small-Lot-Sized FPCB Production", University of Seoul, Korea, Dept. of Electronics & Electrical Engineering, 2015.
- Jae-Young Jung, Kyu-Won Han, Chan-Won Park, "RF Identification Reader with Long Read Range in the UHF Band," *PIERS(Progress in Electromagnetics Research Symposium)*, pp. 374-377, *PIERS*, 2013.8.12.
- Jaisan, C. and Lee, D.S. (2017). A mathematical model to predict ripening degree of kimchi, a Korean fermented vegetable for meeting consumer preference and controlling shelf life on real time basis. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 23-27.
- Jaisan, C., An, D.S. and Lee, D.S. (2019). Modeling volume change for active flexible package of CO₂-producing Kimchi. *Food Packaging and Shelf Life*. 20, Article 100303.
- Jang, N.Y.; Won, K. New pressure-activated compartmented oxygen indicator for intelligent food packaging. *International Journal of Food Science and Technology* 2014, 49, 650-664.
- Jie, W., Minghua, Z., & Wei, H. (2018a). Motion direction estimation based on active RFID with changing environment. *International Journal of Electronics*, 105(5), 882-891. <https://doi.org/10.1080/00207217.2017.1409812>.
- Jie, W., Minghua, Z., Bo, X., & Wei, H. (2018b). RFID based motion direction estimation in gate systems. 2018 IEEE 22nd international Conference on computer supported cooperative Work in design ((CSCWD)) (pp. 588-593). . <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2018.8465374>.
- Jung J, Puligundla P, Ko S. Proof-of-concept study of chitosan-based carbon dioxide indicator for food packaging applications. *Food chemistry* 135: 2170-2174 (2012)
- Jung, J.H., Lee, K.H., Puligundla, P. and Ko, S.H. (2013). Chitosan-based carbon dioxide indicator to communicate the onset of Kimchi ripening. *Food Science and Technology*, 54, 101-106.
- Jung, J.H., Puligundla, P. and Ko, S.H. (2012). Proof-of concept study of chitosan-based carbon dioxide indicator for food packaging applications. *Food Chemistry* 135, 2170-2174.
- K. Eom, K. Hyun, L. Sen, and J. Kim, "The Meat Freshness Monitoring System Using the Smart RFID System," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 8, pp. 1-9, 2014.
- K. Eom, W. Lee, J. Shin, H. Lee, and K. Won, "Integration of an Oxygen Indicator Sensor with a Passive UHF band RFID Tag," *Contemporary Engineering Sciences*, Vol. 9, pp. 889-896, 2016.
- Kang, Y.-S. and Lee, Y.-H., "Development of generic RFID traceability services", *Computers in Industry*, pp609-623, 2013
- Keller, T., Thiesse, F., & Fleisch, E. (2014). Classification models for RFID-based real-time detection of process events in the supply chain: An empirical study. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 5(4), 1.30. <https://doi.org/10.1145/2629449>.
- Keller, T., Thiesse, F., Kungl, J., & Fleisch, E. (2010). Using low-level reader data to detect false-positive RFID tag reads. 2010 Internet of Things (IOT) (pp. 1.8). . <https://doi.org/10.1109/IOT.2010.5678439>.
- Kher, S. V., Frewer, L. J., De Jonge, J., Wentholt, M., Howell Davies, O., Lucas Luijckx, N. B., et al. (2010). Experts' perspectives on the implementation of traceability in Europe. *British Food*

Journal, 112(3), 261-274. <https://doi.org/10.1108/00070701011029138>.

- Kim E-Y. World Institute of Kimchi as a leading global institute of fermented foods. *Biotechnol. J.* 8: 759-760 (2013)
- Kim I, Lee S, Lee M, Lee J, Kim J, Kim Y. Physicochemical, Microbiological, and Sensory Characteristics of Chilled Chuck Rolls of Han-Woo and Imported Beef. *Korean J. Animal Sci.* 42: 109-116(2000)
- Kim K, Kim E, Lee SJ. New enzymatic time-temperature integrator (TTI) that uses laccase. *J. Food Eng.* 113: 118-123 (2012a)
- Kim M-J, Shin H-S. Effect of treatment with ozonated water on shelf life of refrigerated meat. *Korean J. Food Sci. Animal Res.* 31: 617-623 (2011)
- Kim K, Kim EJ, and Lee SJ (2012) New enzymatic time-temperature integrator (TTI) that uses laccase. *J. Food Eng.* 113, 118-23.
- Kim Y-A, Jung S-W, Park H-R, Chung K-Y, Lee S-J. Application of a Prototype of Microbial Time Temperature Indicator (TTI) to the Prediction of Ground Beef Qualities during Storage. *Korean J. Food Sci. of Animal Res.* 32: 448-457 (2012b)
- Kim, J., Bang, J., Beuchat, L. R., Kim, H., & Ryu, J.-H. (2012). Controlled fermentation of kimchi using naturally occurring antimicrobial agents. *Food Microbiology*, 32(1), 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.05.007>.
- Kim, J.-M., Hwang, S.-M., Choi, Y.-B., & Kim, H.-T. (1992). Effect of surface finishing methods on quality of kimchi in stand vessel during storage. *Korean Journal of Dietary Culture*, 7, 297-301.
- Kuswandi B, Damayanti F, Jayus J, Abdullah A, Heng LY. Simple and Low-Cost On-Package Sticker Sensor based on Litmus Paper for Real-Time Monitoring of Beef Freshness. *J. Math. Fund. Sci.* 47: 236-251 (2015)
- Kuswandi B, Nurfawaidi A. On-package dual sensors label based on pH indicators for real-time monitoring of beef freshness. *Food Control* 82: 91-100 (2017)
- L. Kang et al., "A Novel Scheme to Directly Decode the Collisions in UHF RFID Systems," *IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems*, Vol. 23, No. 2, pp. 263-270, IEEE Computer Society, Feb. 2012.
- Lee K, Baek S, Kim D, Seo J. A freshness indicator for monitoring chicken-breast spoilage using a Tyvek sheet and RGB color analysis. *Food Pack. Shelf Life* 19: 40-46 (2019)
- Lee S-Y, Lee J-Y, Shin H-S. Evaluation of chemical analysis method and determination of polycyclic aromatic hydrocarbons content from seafood and dairy products. *Toxicol. Research* 31: 265 (2015)
- Lee, C. K. H., Choy, K. L., Ho, G. T. S., & Law, K. M. Y. (2013). A RFID-based resource allocation system for garment manufacturing. *Expert Systems with Applications*, 40(2), 784-799. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.08.033>.
- Lee, D. S. (2009) Packaging and the microbial shelf life of food. In "Food Packaging and Shelf Life" ed. by Robertson, G., CRC Press, Boca Raton. FL. USA. pp.55-79.
- Lee, D. S., & Paik, H. D. (1997). Use of pinhole to develop an active packaging system for kimchi, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technology and Science*, 10, 33-43.
- Lee, D. S., Kwon, H. R., & Ha, J. U. (1997). Estimation of pressure and volume changes for packages of kimchi, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technology and Science*, 10, 15-32.
- Lee, D.S., Jo, Y.H., Kwon, M.-J., & An, D.S. (2014). Strategy and software application of fresh produce package design to attain optimal modified atmosphere. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, Article ID 363691
- Lee, D.S., Kwon, H.R. and Ha, J.U. (1997). Estimation of pressure and volume changes for packages of kimchi, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technology and Science*, 10, 15-32.
- Lee, G.-I., Lee, H.-M., & Lee, C.-H. (2012). Food safety issues in industrialization of traditional

- Korean foods. *Food Control*, 24(1.2), 1.5. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.014>.
- Lee, H. L., An, D. S., & Lee, D. S. (2016). Effect of initial gas flushing or vacuum packaging on the ripening dynamics and preference for kimchi, a Korean fermented vegetable. *Packaging Technology and Science*, 29(8-9), 479-485.
 - Lee, J.W., Cha, D.S, Hwang, K.T. and Park, H.J. (2003). Effects of CO₂absorbentandhigh-pressure treatmentontheshelf-lifeofpackagedKimchiproducts.*InternationalJournalofFoodScienceandTechnology*,38,519-524.
 - Lee, K.-H., & Byun, M.-W. (2007). Quality changes of kimchi manufactured with sanitized materials by ozone and gamma irradiation during storage. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 36, 216-221.
 - Lim, H. T., Lee, W. D., Kim, G. N., Lee, D. S., & Paik, H. D. (2002). Extension of shelf-life of the low-salted myungran joet-gal (soused roe of Alaska pollack) packaged under modified atmosphere. *Food Science and Biotechnology*, 11, 412-416.
 - Lim, J.W., Park, E.S., Cheigh, H.S. and Lee, D.S. (2001). Effect of package size and temperature on the volume expansion of flexible permeable packages of Kimchi, a korean fermented vegetable. *Packaging Technology Science*, 15, 41-48.
 - Liu, Mingsheng., Meng, Qingli., He, Yuemei., "Research and design the identification software system based on RFID and image processing," in *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on* , vol.6, no., pp.173-176, 9-11 July 2010
 - Liu, Y. et al. (2017). Comprehensive insights into the multi-antioxidative mechanisms of melanin nanoparticles and their application to protect brain from injury in ischemic stroke. *Journal of American Chemical Society*, 139, 856–862.
 - Llorens, A. et al. (2012). Metallic-based micro and nanocomposites in food contact materials and active food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 24, 19-29.
 - Lund, M., Lametsch, N.R., Hviid, M.S., Jensen, O.N. and Skibsted, L.H. (2007). High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage, *Meat Science*, 77, 295-303
 - Ma, H., Wang, Y., & Wang, K. (2018). Automatic detection of false positive RFID readings using machine learning algorithms. *Expert Systems with Applications*, 91, 442-451. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.09.021>.
 - Maarif, M. R., Priyanto, A., Setiawan, C. B., & Winar Cahyo, P. (2018). The design of cost efficient health monitoring system based on internet of things and big data. *2018 international Conference on Information and communication technology convergence (ICTC)* (pp. 52.57). . <https://doi.org/10.1109/ICTC.2018.8539374>.
 - Maksimovi., M., Vujovi., V., & Mikli.anin, E. O. (2015). Application of internet of things in food packaging and transportation. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 1(4), 333. <https://doi.org/10.1504/IJSAMI.2015.075053>.
 - Mangaraj, S., & Goswami, T. K. (2011). Modeling of respiration rate of litchi fruit under aerobic conditions. *Food Bioprocess Technology*, 4, 272-281.
 - Martinez Perez, M., Dafonte, C., & Gomez, A. (2018). Traceability in patient healthcare through the integration of RFID technology in an ICU in a hospital. *Sensors*, 18(5), 1627. <https://doi.org/10.3390/s18051627>.
 - Mbonyiryivuze, A. et al. (2015). Morphological and chemical composition characterization of commercial sepia melanin. *American Journal of Nanomaterials*, 3, 22-27.
 - Mendoza, R., Castellanos, D. A., Garcia, J. C., Vargas, J. C., & Herrera, A. O. (2016). Ethylene production, respiration and gas exchange modelling in modified atmosphere packaging for banana

fruits. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 777-788.

- Meng, X., Lee, K.H., Kang, T.Y. and Ko, S.H. (2015). An irreversible ripeness indicator to monitor the CO₂ concentration in the headspace of packaged kimchi during storage. *Food Science Biotechnology*, 24(1), 91-97.

- Mheen, T. I., & Kwon, T. W. (1984). Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean Journal of Food Science Technology*, 16, 443-450.

- Min JS, Lee SO, Jang A, Jo C, Park CS, Lee M. Relationship between the Concentration of Biogenic Amines and Volatile Basic Nitrogen in Fresh Beef, Pork, and Chicken Meat. *Asian-Australas J Anim Sci* 20: 1278-1284(2007)

- N. Pesonen, K. Jaakkola, J. Lamy, K. Nummila, and Marjonen, J, "Smart RFID Tags, Development and Implementation of RFID technology," Turcu, Vienna, pp. 159-178, 2009.

- Oikawa, Y. (2011). Evaluation of tag moving direction detection in a UHF RFID gate system. 2011 IEEE 54th international Midwest Symposium on Circuits and systems (MWSCAS) (pp. 1.4). . <https://doi.org/10.1109/MWSCAS.2011.6026506>.

- Oun, A., & Rhim, J. W. (2015). Preparation and characterization of sodium carboxymethyl cellulose/cotton linter cellulose nanofibril composite films. *Carbohydrate Polymers*, 127, 101-109.

- Oun, A., & Rhim, J. W. (2017). Carrageenan-based hydrogels and films: Effect of ZnO and CuO nanoparticles on the physical, mechanical, and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids* 67, 45-53.

- Pacquit A, Frisby J, Diamond D, Lau K, Farrell A, Quilty B, Diamond D. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *Food Chem.* 102: 466-470(2007)

- Park HJ, Lee MJ, Lee HR. Effects of temperature-fluctuation in a refrigerator on antioxidative index and storage qualities of various foods. *J. Nutr. Health* 50: 133-141(2017)

- Park HR, Kim K, and Lee SJ (2013) Adjustment of Arrhenius activation energy of laccase-based time temperature integrator (TTI) using sodium azide. *Food Control* 32, 615-20.

- Park, K. -Y., Jeong, J. -K., Lee, Y. -E., Daily, J. W. III. (2014) Health Benefits of Kimchi (Korean Fermented Vegetables) as a Probiotic Food. *Journal of Medicinal Food*, 17(1), 6-20.

- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., et al. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825-2830 2/1/2011.

- Peng, N. et al. (2016). Biocompatible cellulose-based superabsorbent hydrogels with antimicrobial activity. *Carbohydrate Polymers*, 137, 59-64.

- Pereira, M. J., Amaro, A. L., Pintad, M., & Poças, M. F. (2017). Modeling the effect of oxygen pressure and temperature on respiration rate of ready-to-eat rocket leaves. A probabilistic study of the Michaelis-Menten model. *Postharvest Biology and Technology*, 131, 1-9.

- Pereira, P. F., & Andrade, C. T. (2017). Optimized pH-responsive film based on a eutectic mixture-plasticized chitosan. *Carbohydrate Polymers* 165, 238-246.

- Perez, M. M., Gonzalez, G. V., & Dafonte, C. (2017). The development of an RFID solution to facilitate the traceability of patient and pharmaceutical data. *Sensors*, 17(10), 2247. <https://doi.org/10.3390/s17102247>.

- Popa, A., Hnatiuc, M., Paun, M., Geman, O., Hemanth, D., Dorcea, D., et al. (2019). An intelligent IoT-based food quality monitoring approach using low-cost sensors. *Symmetry*, 11(3), 374. <https://doi.org/10.3390/sym11030374>.

- Rammert, M., & Paderborn, M. H. P. (1991). Die Löslichkeit von Kohlendioxid in Getränken. *Brauwelt*, 131(12), 488-499.

- Raspberry Pi Foundation (2016). Raspberry Pi 3 model B. Retrieved May 30, 2019, from Raspberry Pi Website: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-modelb/>. Raspberry Pi

- Foundation (2017). Sense HAT. Retrieved May 30, 2019, from Python Hosted website: <https://pythonhosted.org/sense-hat>.
- Ravindra, M. R., & Goswami, T. K. (2008). Modelling the respiration rate of green mature mango under aerobic conditions. *Biosystems Engineering*, 99, 239-248.
 - Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). Traceability of food products: General framework and experimental evidence. *Journal of Food Engineering*, 81(2), 347-356. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.032>.
 - RFID Systems (2019). Arete POP smart RFID dongle reader. Retrieved May 30, 2019, from
 - Rhim, J. W., Park, H. M., & Ha, C. S. (2013). Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 38, 1629-1652.
 - Rijpkema, W. A., Rossi, R., & van der Vorst, J. G. A. J. (2014). Effective sourcing strategies for perishable product supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(6), 494-510. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2013-0013>.
 - Roy, S., Shankar, S., Rhim, J. W. (2019). Melanin-mediated synthesis of silver nanoparticle and its use for the preparation of carrageenan-based antibacterial films. *Food Hydrocolloids*, 88, 237-246.
 - Rukchon C, Nopwinyuwong A, Trevanich S, Jinkarn T, Suppakul P. Development of a food spoilage indicator for monitoring freshness of skinless chicken breast. *Talanta* 130: 547-554(2014)
 - Sabow AB, Sazili AQ, Aghwan ZA, Zulkifli I, Goh YM, Ab Kadir MZ, Nakyinsige K, Kaka U, Adeyemi KD. Changes of microbial spoilage, lipid-protein oxidation and physicochemical properties during post mortem refrigerated storage of goat meat. *J. Anim. Sci.* 87: 816-826(2016)
 - Scharff, R. L. (2012). Economic burden from health losses due to foodborne illness in the United States. *Journal of Food Protection*, 75(1), 123-131. <https://doi.org/10.4315/362-028X.JFP-11-058>.
 - Seol, S., Lee, E.-K., & Kim, W. (2017). Indoor mobile object tracking using RFID. *Future Generation Computer Systems*, 76, 443-451. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016>.
 - Shankar, S. et al. (2016). Gelatin-based dissolvable antibacterial films reinforced with metallic nanoparticles. *RSC Advances*, 6, 67340-67352.
 - Shankar, S., & Rhim, J. W. (2015a). Amino acid mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial agar/silver nanoparticles composite films. *Carbohydrate Polymers*, 130, 353-363.
 - Shankar, S., & Rhim, J. W. (2015b). Preparation of nanocellulose from micro-crystalline cellulose: The effect on the performance and properties of agar-based composite films. *Carbohydrate Polymers* 135, 18-26.
 - Shankar, S., & Rhim, J. W. (2017). Facile approach for large-scale production of metal and metal oxide nanoparticles and preparation of antibacterial cotton pads. *Carbohydrate Polymers* 163, 137-145.
 - Shankar, S., & Rhim, J. W. (2018). Preparation of sulfur nanoparticle-incorporated antimicrobial chitosan films. *Food Hydrocolloids* 82: 116-123.
 - Shankar, S., Pangeni, R., Park, J. W., Rhim, J. W. (2018). Preparation of sulfur nanoparticles and their antibacterial activity and cytotoxic effect. *Materials Science & Engineering C* 92: 508-517.
 - Shankar, S., Rhim, J. W. (2014). Effect of copper salts and reducing agents on characteristics and antimicrobial activity of copper nanoparticles. *Materials Letters*, 132, 264-271.
 - Shankar, S., Teng, X., Li, G, Rhim, J. W. (2015). Preparation, characterization, and antimicrobial activity of gelatin/ZnO nanocomposite films. *Food Hydrocolloids* 45, 264-271.
 - Shin, D. H., Kim, M. S., Han, J. S., Lim, D. K., & Park, W. S. (1996). Changes of chemical composition and microflora in commercial kimchi. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 28,137-145.

- Shiv Shankar, Jeevan Prasad Reddy, Jong-Whan Rhim. 2015. Effect of lignin on water vapor barrier, mechanical, and structural properties of agar/lignin composite films. *International Journal of Biological Macromolecules* 81:267-273.
- Shiv Shankar, Jong-Whan Rhim. (2016). Preparation of nanocellulose from micro-crystalline cellulose: The effect on the performance and properties of agar-based composite films. *Carbohydrate Polymers* 135:18-26.
- Shiv Shankar, Jong-Whan Rhim. 2015. Amino acid mediated synthesis of silver nanoparticles and preparation of antimicrobial agar/silver nanoparticles composite films. *Carbohydrate Polymers* 130: 353-363.
- Shiv Shankar, Xinnan Teng, Jong-Whan Rhim. 2014. Effect of concentration of ZnO nanoparticles on mechanical, optical, thermal, and antimicrobial properties of gelatin/ZnO nanocomposite films. *Korean J Packag Sci Technol* 20(2): 41-49.
- Shukla, M., & Jharkharia, S. (2013). Agrifresh produce supply chain management: A state of the art literature review. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(2), 114.158. <https://doi.org/10.1108/01443571311295608>.
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, 45(4), 427.437. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002>.
- Sousa, A. R., Oliveira, J. C., & Sousa-Gallagher, M. J. (2017). Determination of the respiration rate parameters of cherry tomatoes and their joint confidence regions using closed systems. *Journal of Food Engineering*, 206, 13-22.
- Stellingwerf, H. M., Laporte, G., Cruijssen, F. C. A. M., Kanellopoulos, A., & Bloemhof, J.M. (2018). Quantifying the environmental and economic benefits of cooperation: A case study in temperature-controlled food logistics. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 65, 178.193. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.08.010>.
- Swarup Roy, Jong-Whan Rhim, Lily Jaiswal (2019). Bioactive agar-based functional composite film incorporated with copper sulfide nanoparticles. *Food Hydrocolloids* 93: 156-166.
- Syaekhoni, M., Alfian, G., & Kwon, Y. (2017). Customer purchasing behavior analysis as
- Syafrudin, M., Alfian, G., Fitriyani, N., & Rhee, J. (2018). Performance analysis of IoT based sensor, big data processing, and machine learning model for real-time monitoring system in automotive manufacturing. *Sensors*, 18(9), 2946. <https://doi.org/10.3390/s18092946>.
- Syafrudin, M., Fitriyani, N., Alfian, G., & Rhee, J. (2019). An affordable fast early warning system for edge computing in assembly line. *Applied Sciences*, 9(1), 84. <https://doi.org/10.3390/app9010084>.
- Taoukis PS (2001). Modelling the use of time-temperature indicators in distribution and stock rotation. In *Food Process Modelling*, Tijssens LMM, Hertog MLATM., and Nicolai BM (3rd ed.), pp.402-432, CRC Press, USA.
- Taylor, A.A. (1973). Gases in fresh meat packaging. *Institute Meat. Bull.* 79, 26-32
- Trienekens, J., & Zuurbier, P. (2008). Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 107.122. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.050>.
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., Lam, H. Y., & Tang, V. (2018). An intelligent model for assuring food quality in managing a multi-temperature food distribution centre. *Food Control*, 90, 81.97. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.030>.
- Wang, H.J., Jo, Y.H., An, D.S., Rhim, J.W. and Lee, D.S. (2015). Properties of agar-based CO₂ absorption film containing Na₂CO₃ as active compound. *Food Packaging and Shelf Life*, 4, 36-42.

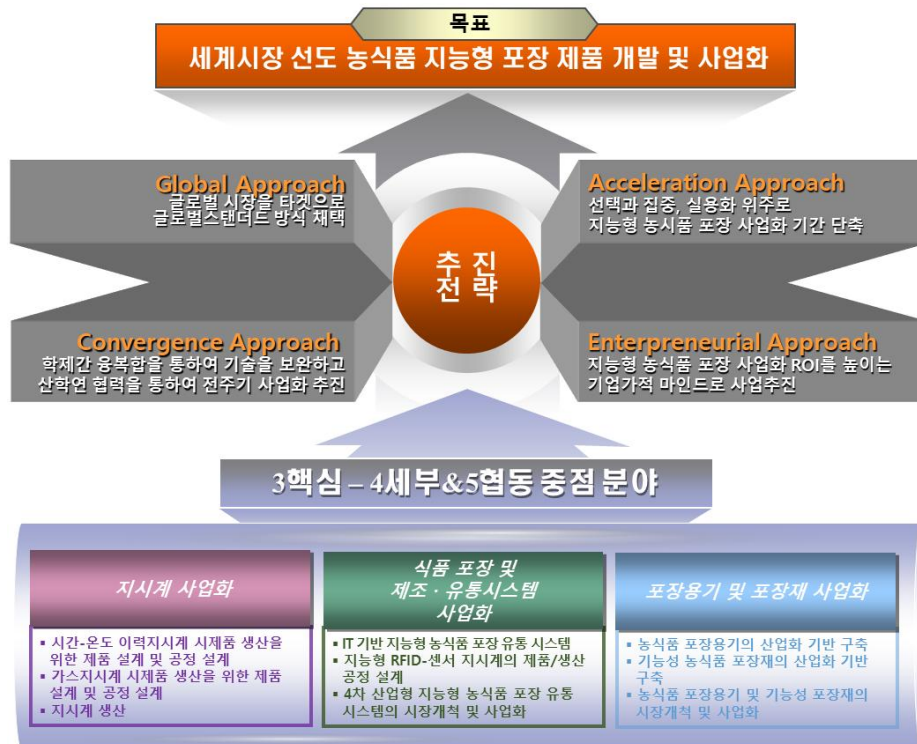
- Wang, L. F., & Rhim, J. W. (2019). Isolation and characterization of melanin from black garlic and sepia ink. *LWT - Food Science and Technology*, 99, 17-23.
- Wang, L., Kwok, S. K., & Ip, W. H. (2010). A radio frequency identification and sensorbased system for the transportation of food. *Journal of Food Engineering*, 101(1), 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.020>.
- Wang, Y. et al. (2015). Strong nanocomposite reinforcement effects in poly(vinyl alcohol) with melanin nanoparticles. *RSC Advances*, 5, 72691-72698.
- Wang, Z.-W., Duan, H.-W., & Hu, C.-Y. (2009). Modelling the respiration rate of guava (*Psidium guajava* L.) fruit using enzyme kinetics, chemical kinetics and artificial neural network. *European Food Research and Technology*, 229, 495-503.
- Xanthopoulos, G. T., Templalexis, C. G., Aleiferis, N. P., & Lentzou, D. I. (2017). The contribution of transpiration and respiration in water loss of perishable agricultural products: The case of pears. *Biosystems Engineering*, 158, 76-85.
- Yam, L.K.; Takhistov, P.T.; Miltz, J. *Intelligent Packaging Concepts and Applications*. *Journal of Food Science* 2005, 70, 1-10.
- Zhong, R. Y., Dai, Q. Y., Qu, T., Hu, G. J., & Huang, G. Q. (2013). RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(2), 283-292. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.08.001>.
- 권호령. (1995). 김치 발효 중 CO₂ 발생 modeling과 이를 이용한 김치 포장의 압력 및 부피 예측. 경남대학교 석사학위논문.

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

연구센터	지능형 농식품 포장연구센터				
과제명	(국문) 지능형 농식품포장을 위한 지시계, RFID-지시계, 포장시스템 기술 개발				
	(영문) Development of Real-Time Indicator, RFID-Indicator, and Packaging System for Intelligent Food Packaging				
주관연구기관	동국대학교 산학협력단	주관연구자	(소속) 동국대학교 식품생명공학과		
참여기업	동호기계(주), (주)한국지능형포장산업, (주)쉬운기술, (주)한그린테크		(성명) 이승주		
총연구개발비 (단위: 천원)	계	3,204,995	총연구기간	2017. 09. 01 ~ 2020. 08. 31(3년)	
	정부출연연구개발비	2,925,000	총참여연구원수	총인원	167
	기업부담금	279,995		내부인원	75
	연구기관부담금	(330,000)		외부인원	92

○ 연구개발 목표 및 성과



- 지능형 농식품 포장 기술은 미래 지향적 첨단 포장 산업의 기반이 되는 분야로서, 선진국의 경우 식품 유통과정의 신뢰성과 안전성 확보를 위하여 저에너지·고효율 유통시스템 개발, 신선식품의 적합한 유통, 품질평가, 포장, 서비스 개발 및 노령인구 급증에 대비한 포장·디자인의 개발 등 시장의 요구에 맞는 다양한 기술개발 및 산업화가 이루어지고 있다.

- 1·2단계에서 확보된 원천기술 및 융복합기술을 바탕으로 산업화하고 하는 구체적인 지능형 농식품 포장 대상을 다음과 같이 센터 사업 목표로 설정하였다.

- ▶ 지능형 농식품 포장 지시계의 산업화
- ▶ 4차 산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화
- ▶ 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화

- 후속산업화단계 성과

성과지표	사업화지표								연구기반지표							
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화			학술성과		인력양성			정책활용·홍보 기타		
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	고용창출	논문		학술발표	석사	박사	취업인력	정책활용	홍보전시
									SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	명	건	건		명	명	명		
최종목표	18	9	0	8	42	6	70	6	16	3	11	24	8	28	0	9
달성	16	10	0	9	48	33	133.5	12	47	5	35	18	13	20	0	11

○ 연구내용 및 결과

단계	3단계			연구 내용 및 결과
	1	2	3	
계획심	1-1 세부	TTI 지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 <-----> 시범사업을 위한 TTI 사용 시스템 설계 <-----> 사업화를 위한 품질 및 생산관리 지침(QC) 설계 <----->		<ul style="list-style-type: none"> ■ 시간-온도 이력 지시계(TTI)의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발: TTI 지시계의 생산을 위한 제품, 생산공정, 시범사업을 위한 지시계 사용 시스템을 설계하였다. 최종 제품 생산을 위한 품질 및 생산관리 시스템을 구축하여 사업화를 지원하였다.
	1-2 세부	신선도 가스지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 <-----> 시범사업을 위한 신선도 가스지시계 사용 시스템 설계 <-----> 사업화를 위한 품질 및 생산관리 지침(QC) 설계 <----->		<ul style="list-style-type: none"> ■ 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발: 신선도 가스 지시계의 생산을 위한 제품, 생산공정, 시범사업을 위한 지시계 사용 시스템을 설계하였다. 최종 제품 생산을 위한 품질 및 생산관리 시스템을 구축하여 사업화를 지원하였다.
	1-3 협동	TTI 시제품 생산 및 시장조사 <-----> 지시계 시제품의 시범 대상 업체 선정 및 시범 사업 <-----> 지시계의 시장개척 및 사업화 <----->		<ul style="list-style-type: none"> ■ 지시계의 시장개척 및 사업화: 지시계의 시제품 및 완제품을 생산하였다. 제품 사용자 조사와 함께 업체를 발굴하여 시범사업을 실시하였다. 과제 3 차년도에 사업화에 들어가 마케팅, 유통 및 판매, 품질 및 생산 관리를 수행하였다.
계획심	2-1 세부	식품 포장 및 제조·유통 시스템 설계 및 시범사업(횡성한우) <-----> 식품 포장 및 제조·유통 시스템 설계 및 시범사업(경기농협 김치) <-----> 식품 포장 및 제조·유통 시스템 솔루션화(SI), 산업화 <----->		<ul style="list-style-type: none"> ■ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축: 횡성한우 브랜드화 및 김치 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집하였다. 최종 IT 기반 농식품 포장 유통

단계 연차	3단계			연구 내용 및 결과	
	1	2	3		
2-2 세부	제품 및 공정 설계 <-----> 사용 시스템 설계 <-----> 생산 및 품질관리 지침 설계 <----->			시스템의 제품화 및 사업화를 지원하였다. ■ 지능형 RFID-센서지시계의 제품/생산 공정 설계 관리 기술 개발: RFID-센서지시계의 생산을 위한 제품, 생산공정, 시범사업을 위한 지시계 사용 시스템을 설계하였다. 최종 제품 생산을 위한 품질 및 생산관리 시스템을 구축하여 사업화를 지원하였다. ■ 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화: 개발된 모듈을 기술 이전하였다. 횡성축산업 협동조합 및 경기농협식품조합의 요구 사항 및 현장 환경을 분석하여 시범사업을 실시하였다.	
	2-3 협동	식품 포장 및 제조·유통 시스템 시제품개발 및 시범사업(횡성한우) <-----> 식품 포장 및 제조·유통 시스템 시제품 및 시범사업(경기농협김치) <-----> 식품 포장 및 제조·유통 시스템 솔루션화(SI), 산업화 <----->			
제 핵 심		3-1 세부	농식품 포장용기의 시제품 설계 <----->		
	농식품 포장용기의 시제품에 대한 시범사업 적용 <----->				
	농식품 포장용기의 시제품을 통한 사업화 방안 <----->				
	맞춤형 김치 포장설계 프로그램 활용 보급 <----->				
	3-2 협동	기능형 농식품 포장재 시제품 설계 <----->			
		기능형 농식품포장재 사업화 <----->			
		수분저항성 포장재 개발 및 산업화 <----->			
	3-3 협동	농식품 포장용기의 시제품 제작 및 생산 <----->			
		제작된 시제품에 대한 시범사업 적용 <----->			
		시제품 생산에 따른 사업화 방안 <----->			
		농식품 용 기능형 포장재의 활용 보급 <----->			

○ 연구성과 활용실적 및 계획

■ 유통 단계에서 농식품의 품질을 관리하기 위해서는 지능형 포장에 따른 농식품의 품질과 안전성을 확인할 수 있는 방법이 필요하다. 국내에는 아직 산업화가 거의 이루어지지 않았지만 국제화되고 있는 세계 추세에 편승하여 곧 시장이 형성되어야만 하고 증가할 것으로 기대된다. 국내 지능형 식품 포장 시장규모는 2012년 2.7억원에서 연평균 30.4%(2012 ~ 2016)로 증가하여 2022년에는 29.4억원에 이를 것으로 전망된다.

■ 1, 2 단계 연구에 따라서 개발된 원천기술이 확보된 융복합 핵심기술들은 참여기업 및 식품제조업체를 통하여 기술이전 및 시범적용되어 시제품 형태로 제작되었고 3단계 후속산업화를 통하여 대량생산·생산관리·품질관리 시스템이 구축되어 매출액 발생 및 고용창출이 이루어졌다.

▶ 1·2 단계(원천기술 및 융복합기술 개발)

- 기술이전 7건(인쇄형TTI/동호기계, 미생물형TTI/동호기계, 이산화탄소지시계/한국식품경영 연구원, 이산화탄소제어김치용기/쉬운기술, 생분해성 흡습고분자필름/펜믹스, 다기능성 바이오 나노 복합 하이드로겔/메디플랜, 몽고 DB 적용 노하우/팬더아이앤씨),
- 시범 사업 2건(삼성에버랜드 웰스토리 김치, 경기농협식품조합 오색소반 김치),
- 사업화 1건(제품: 인쇄형 TTI 10,000장, 판매자: 동호기계, 구입자: 이에스애니, 매출액: 3,000,000원)을 실시

▶ 3 단계(후속산업화)

◆ 사업화지표

- ▷ 지식재산권: 특허 출원 16건, 등록 10건
- ▷ 기술실시(이전) 9건(기술료: 48,000,000원)

업체	관련기술	유형	건수	기술료 (단위: 천원)
(주)한국지능형포장산업	지시계	통상실시권	3	17,000
(주)쉬운기술	포장용기	통상실시권	2	8,000
(주)한그린테크	포장재	통상실시권	1	10,000
(주)더웨이브텍	지시계	통상실시권	1	5,000
(주)디에이아이	시스템	비독점실시권	2	8,000

▷ 사업화 실적

- 제품화(33건) : 시간온도 이력지시계, 감자녹변방지필름, 김치숙성 냉장고 등
- 매출액 : 133,500,000원
- 고용창출 : 12명
- 기술인증 : 2건

◆ 연구기반지표

- ▷ 학술성과: SCI 47편, 비SCI 5편, 학술발표 35건
- ▷ 정책활용·홍보: 11건

◆ 인력양성: 석사 18명, 박사 13명, 취업인력 20명

- ▷ 식품관련 업체, 정책연구소 및 대학의 '지능형 농식품 포장' 전문인력으로 취업

◆ 인력양성 Program

- ▷ 창의적 자기주도적 기업형 인재 양성 프로그램: 2회
- ▷ '지능형 농식품 포장' 전문인력 양성 프로그램: 3회
- ▷ 글로벌화 프로그램: 3회
- ▷ 산업계 진출을 위한 환경 조성 프로그램: 4회

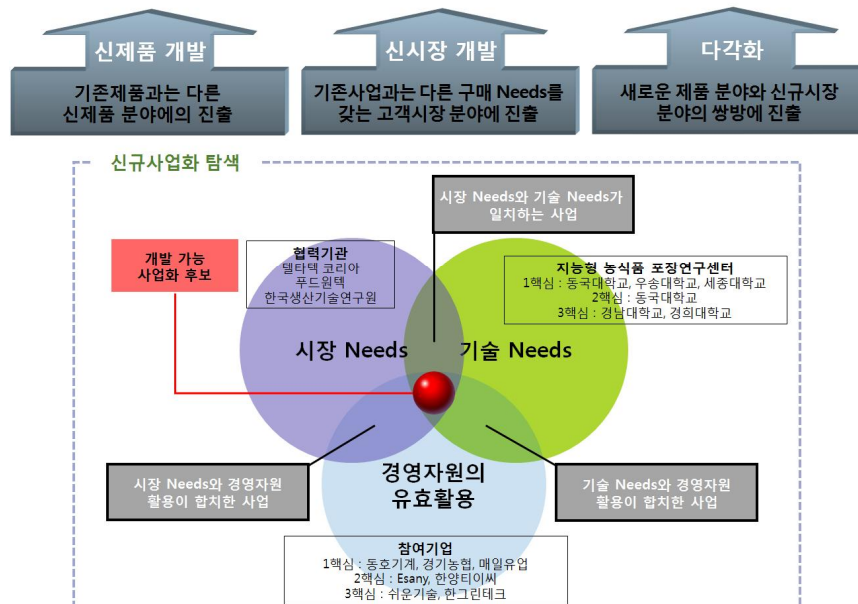
■ 기술사업화(Technology Commercialization: TEC)의 성공을 위해서는 연구실(기술 공급자)에서 이루어진 기술발명 성과가 시장(기술 수요자)에서 가치(economic value)로 전환이 필요하며, 시장은 필요 기술에 대한 니즈(needs)를 정보화하여 연구실로 전달하는 과정이 필요하다.

▶ 기술사업화를 추구할 만한 가치가 있는 기술인가를 판단할 때, 기술공급자(예; 지능형 농식품 포장연구센터)는 기술적 장점에 초점을 두거나 또는 기술의 시장 잠재력에 비중을 두게 된다. 그러나 시장도입에 따른 불확실성과 위험을 최소화하고 사업화 가능성을 제고하기 위

하여 기술수요자(예; 참여기업)의 사업화 능력(마케팅, 홍보 등의 경영자원)이 요구된다. 이에 본 센터에서는 참여기업체로 기술 이전되어 판매되고 있는 제품에 대하여 지속적인 기술지원을 실시하고, 판매망 확대 및 신제품 개발을 위하여 아래와 같은 유기적 협력체계를 구축하여 후속산업화를 진행할 예정이다.

- 지능형 농식품 포장연구센터 : 기술을 보다 심도 있게 연구하고, 연구결과를 사업화 이전의 제품과 공정에 통합시키고, 시작품을 제작하거나 시장의 초기 고객과 연계하는 테스트를 실시
- 참여기업 : 시장에서 필요로 하는 원천적이고 공통적인 제품을 발견하고 시장개척을 위해 기술결과의 응용을 위한 탐색과정을 통하여 구체적인 사업화로 연결할 수 있는 포트폴리오를 작성
- 협력기관 : 효과적인 수요 창출을 위하여 요구되는 단계의 시장에 관한 분석 및 자본가 또는 잠재적 기술이용자 탐색

신기술 사업화의 유형



[별첨 2]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구 센터	지능형 농식품 포장연구센터			
연구 과제명	지능형 농식품 포장을 위한 지시계, RFID-지시계, 포장시스템 기술 개발			
주관연구기관	동국대학교 산학협력단	주관연구책임자	이 승 주	
연구 개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	2,925,000,000원	279,995,000원	(330,000,000원)	3,204,995,000원
연구개발기간	2017년 09월 01일 ~ 2020년 08월 31일 (36개월)			
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 시간-온도 이력지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발 <input type="checkbox"/> TTI 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 <input type="checkbox"/> 시범사업을 위한 TTI 사용 시스템 설계 <input type="checkbox"/> 사업화를 위한 생산 및 품질관리 설계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TTI 제품 설계도 제작 및 제품 생산을 위한 공정 설계 <ul style="list-style-type: none"> - TTI의 specification 확립 및 제품의 구성부분에 따라 생산공정 설계도 작성 및 그에 필요한 기기 설비 구상 및 제작가능 여부 확인 ▪ TTI 제조 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - TTI 구성부분에 따른 기기 설비 구축 및 제조시스템 확립 ▪ TTI 사용시설/장치 및 관리지침 설계 <ul style="list-style-type: none"> - TTI 사용 단계(보관, 활성화)에 맞춘 사용시설/장치 및 관리 지침 설계 ▪ TTI 사용 매뉴얼 설계 및 품질 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 사용 매뉴얼을 구체화하여 각 사용단계에 맞도록 참고자료 제작 - 현장 시범 적용 후 제품 품질 평가 ▪ TTI 생산관리 및 품질관리 지침 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 중요관리요소 분석, 생산 공정 감사 및 생산관리 문서 지침 작성, 실링완성도, 제품균일성, 포장관리 3단계의 모니터링 기준값 및 조치사항 설계
② 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발 <input type="checkbox"/> 신선도 가스 지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 <input type="checkbox"/> 시범사업을 위한 신선도 가스 지시계 사용 시스템 설계 <input type="checkbox"/> 사업화를 위한 생산 및 품질관리 설계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신선도 가스 지시계 제품 설계도 제작 및 제품 생산을 위한 공정 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 신선도 가스 지시계의 specification 확립 및 제품의 구성부분에 따라 생산공정 설계도 작성 및 그에 필요한 기기 설비 구상 및 제작가능 여부 확인 ▪ 신선도 가스 지시계 제조 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 신선도 가스 지시계 구성부분에 따른 기기 설비 구축 및 제조시스템 확립 ▪ 신선도 가스 지시계 사용시설/장치 및 관리지침 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 신선도 가스 지시계 사용 단계(보관, 활성화)에 맞춘 사용시설/장

	<ul style="list-style-type: none"> 지 및 관리 지침 설계 ▪ 신선도 가스 지시계 사용 매뉴얼 설계 및 품질 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 사용 매뉴얼을 구체화하여 각 사용단계에 맞도록 참고자료 제작 - 현장 시범 적용 후 제품 품질 평가
<p>③ 지시계의 시장개척 및 사업화</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 지시계 시제품 생산 및 시장조사 <input type="checkbox"/> 지시계 시제품의 시범 대상 업체 선정 및 시범사업 <input type="checkbox"/> 지시계 시장개척 및 사업화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 신선도 가스 지시계 생산관리 및 품질관리 지침 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 중요관리요소 분석, 생산 공정 감사 및 생산관리 문서 지침 작성(설계) : 지시계 GI 품질 관리(Sensor 인쇄, 제품 균일성 포장관리) ▪ 제품 생산을 위한 제조시스템(기기설비 및 제작) 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 제품의 구성부분에 따라 생산 공정 설계도 작성 및 그에 필요한 기기 설비 구축(제작 및 구입) ▪ 시제품 생산을 위한 제품 생산 하드웨어, 소프트웨어 및 매뉴얼 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 제품의 구성부분에 따라 생산 공정 설계도 작성 및 제조시스템 확립 ▪ 대량생산 제조 시스템 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 지시계 대량생산 및 시범사업을 위한 제품 설계 및 공정설계와 대량생산 제조시스템 구축 ▪ 시범사업 사용시스템 구축, 적용 및 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 적용업체 시제품으로 시범적용 후 문제점 및 개선사항 검토 - 추가적인 시장성 확보 및 개선사항 검토 ▪ TTI 및 신선도 가스 지시계 제품 생산 <ul style="list-style-type: none"> - 자동 대량 생산 시스템 개선을 통한 생산성 향상 ▪ TTI 및 신선도 가스 지시계 제품 판매 <ul style="list-style-type: none"> - 매출액 발생, 마케팅 전략 및 비즈니스 모델 확립
<p>④ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통시스템의 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업 <input type="checkbox"/> 김치 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드백 수집 <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조·유통 시스템 솔루션화(SI), 산업화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 산업화를 위해 지능형 농식품 포장 유통 시스템에 기반한 쇼핑물과의 연계 솔루션 개발 ▪ 지능형 온도 센서 기반의 쇼핑물 적용을 위한 빅데이터 기반 기술의 개발 ▪ 원활한 사업화를 위한 쇼핑물과의 연계 인터 페이스 기술의 개발 ▪ (시범사업) 경기농협 김치 제조유통 관련 현장 적용 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 경기농협 유통망을 대상으로 Simple 센서 기반 식품 이력 시스템(Simple Sensor based System)을 구축하기 위한 프로세스 분석 및 설계를 수행 ▪ 피드백 수립 및 매뉴얼 구축 ▪ 사업화 대상 기술에 대한 커스터마이제이션 및 기술 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 김치산업을 주요 목표 시장으로 하고 본 과제에서 개발한 RFID 기반 이력 추적 시스템과 신선식품의 온도, 습도 정보의 실시간 모니터링을 위한 제품에 대해서 분석 <p>물류창고에서의 RFID 입출고의 도입에서의 주요한 기술적 문제중 하나인 입출고 정보의 정확도 개선과 RFID Gate 근처에서 RFID 태그를 부착한 상품과 배송자의 움직임 분석을 머신러닝을 통해서 수행</p>
<p>⑤ 지능형 RFID-센서 지시계의 제품/생산공정 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 제품 및 공정 설계 <input type="checkbox"/> 사용 시스템 설계 <input type="checkbox"/> 생산 및 품질관리 지침 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 자가발전형 온도 센서 제품을 커머부, 물질부, 접착부 등으로 나누어 설계 ▪ RFID 태그 제품을 안테나부, RFID부, 센서부, 배경으로 나누어 설계 ▪ 공장 생산화 할 수 있도록 제조 공정을 설계 ▪ 온도 센서 제품 및 제조 공정 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 자가 발전형 온도 센서 제품 및 공정 최적화 ▪ NFC RFID Tag 제품 및 제조 공정 설계

	<ul style="list-style-type: none"> - NFC RFID Tag 하드웨어 최적 설계 및 제작 ▪ 자가 발전형 온도 센서와 융합된 NFC RFID 태그 제품 및 제조 공정 설계 - 차세대 온도 이력 시스템을 위한 자가발전형 온도 센서와 NFC RFID 태그 인터페이스 회로 최적 설계 및 제작 ▪ 중점관리요소, 생산공정 감사, 생산관리 문서로 나누어 생산관리 지침 설계 ▪ 품질관리 지침 설계
<p>⑥ 4차 산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업 <input type="checkbox"/> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 제조 시스템 구축 및 시제품 생산 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 산업화를 위하여 지능형 농식품 포장 유통 시스템에 기반한 쇼핑몰 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 온도 센서를 기반으로 모니터링에 기반한 식품의 안심이력 추적을 제공하여 소비자의 구매를 유도하는 쇼핑몰 개발 ▪ 지능형 RFID-센서 지시계 라벨태그 시제품 제조 시설 설계 및 생산 ▪ 지능형 RFID-센서 지시계 PCB 태그 시제품 제조 시설 설계 및 생산 ▪ 경기농협 김치 유통망을 대상으로 설계 후 시범사업 적용 ▪ NFC 방식의 지능형 RFID-센서 지시계 태그 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 하베스팅을 이용한 자가발전형 RFID-센서 지시계 태그 설계 - 전하량 측정을 이용한 지능형 RFID-센서 지시계 태그 설계 ▪ 지능형 RFID-센서 지시계 H/W 시제품 제작 ▪ 온도이력을 위한 스마트폰 앱 개발
<p>⑦ 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선 <input type="checkbox"/> 아파트 빌트인 냉자고에 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어작동 방법 개선 <input type="checkbox"/> 저장성 및 품질 보존 효과 평가 및 각종 지침서 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기체 입출부, 연결부, 조작부 개선 완료 ▪ 진공/이산화탄소 주입 알고리즘 개선 완료 ▪ 김치의 저장성 및 관능성 향상 효과 확인 ▪ 맞춤형 김치 포장 설계 프로그램 확립 ▪ 빌트인에 장착된 김치용기의 현장 테스트를 통하여 문제점 보완 및 개선 ▪ 저장 중 전체 운전 알고리즘 확립 ▪ 현장 조건에서 제조 가능성과 성능을 확인하여 실험조건의 성능과 비교 분석 ▪ 농식품 포장용기의 생산/품질관리 지침 설계 ▪ 용기시스템의 품질제고 및 사용처 확대 설계
<p>⑧ 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 자외선 차단성 포장필름 시제품 생산 <input type="checkbox"/> 기능성 나노복합포장재 개발 <input type="checkbox"/> 기능성 나노복합 필름의 대량생산 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 감자의 녹변방지용 포장재의 제품 생산 <ul style="list-style-type: none"> - Compound 제조 - Blow Extrusion (LDPE/PBAT 복합필름) - Cast Extrusion (PP/PBAT/Mel 복합필름) ▪ 기능성 나노입자의 제조 <ul style="list-style-type: none"> - 나노입자의 기능성 및 특성 분석 ▪ 기능성 포장필름의 제조 및 성능분석 ▪ 식품포장적용 연구 ▪ 기능성 나노입자 제조 ▪ 매스터 배치 제조 ▪ 복합필름 제조 및 분석 ▪ 포장적용 연구
<p>⑨ 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 시제품 제작 및 생산 <input type="checkbox"/> 시제품에 대한 시범사업 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시작품의 제조시스템 하드웨어 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 김치숙성냉장고 상용화 제품용 설계 완료 - 스텐레스 재질 밀폐용 용기 개선 완료 - 디자인 설계 및 제품 안정화 작업 완료 ▪ 시작품의 제조 시스템 소프트웨어 구축

□ 사업화 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 전자 제어부 안정화 및 상용화 개발 완료 - 무선통신(블루투스)적용 호환성 증대 - 전원부분 isolation 완료 ▪ 감자의 녹변방지용 포장재의 활용을 위한 제조 및 현장 적용 - 제품의 대량 생산 및 규격 표준화를 추진 ▪ 김치숙서냉장고 기존 스마트 홈 시스템에 장착·보완 및 외·급식 업소 확대 - 빌트인에 장착된 제품에 대한 시운전 및 문제점 파악과 보완 - 외·급식 업소 냉장고에 시범 사례 공급 및 운전 매뉴얼 제공과 문제점 파악 - 거래처 건설업체와 협의하여 IOT 홈네트워크 시스템의 적용성 설명 및 홍보 ▪ 확장된 판로 확보 계획 및 판매 전략 수립 - 국내 전문적인 마케팅 업체와 홍보 진행 - 판매 촉진을 위한 테스트 및 품질 성적서 발급 - 공정 개선 및 표준 규격화 회로 설계를 통한 우수 제품의 최적 조건 구현 - 공인실험기관으로부터 시험성적서 구비
----------	--

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육지도	인력 양성	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	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	5	5		10	10	10	10		5		5				10		10			
최종목표	18	9		8	42	6	70		6		6	16	3		11		32	9		
연구기간 내 달성실적	16	10		9	48	33	133.5		12		2	47	5		35		31	11		
달성율(%)	89	100		100	100	100	100		100		33	100	100		100		97	100		

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	<p style="text-align: center;">시간-온도 이력지시계(Time-Temperature Indicators; TTI)</p> <p>㉠ 효소형 시간-온도 이력지시계(Enzyme based TTI), ㉡ 인쇄형 시간-온도 이력지시계(Pritable TTI)</p>

②	신선도 가스 지시계 ㉠ 신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스 지시계, ㉡ 이산화탄소 지시계
③	지시계 대량 생산 시스템 ㉠ 시간-온도 이력지시계, ㉡ 신선도 가스 지시계
④	IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템 ㉠ RFID 표준기반 식품 이동 및 온도 이력 추적 시스템, ㉡ RFID 센서 태그 기반 유통망 최적 설계 및 분석 기술, ㉢ 식품 품질 기반 동적 계획 모델링 기술, ㉣ 온습도 센서를 통한 실시간 모니터링 및 실시간 빅데이터 처리 기술
⑤	지능형 RFID 온도/산소 센서 기술 ㉠ 자가 발전형 온도 센서, ㉡ NFC RFID Tag 인터페이스 회로 최적 설계 기술
⑥	지능형 농식품 포장 유통 시스템 ㉠ 다양한 브랜드 한우들의 입점을 위한 온라인 쇼핑몰 시스템 플랫폼, ㉡ simple sensor 기반 데이터 로거(data logger) 및 스마트폰 앱 기반의 온도/습도 이력 모니터링 시스템
⑦	농식품 포장용기 ㉠ 탄산가스 제어 김치 용기 ㉡ 신선 농산물 MAP 설계 app./맞춤형 김치 포장 설계 프로그램, ㉢ 기체제어 농산물 용기, ㉣ Active 포장 소재 개발
⑧	기능성 농식품 포장재 ㉠ 다양한 나노입자의 제조기술 및 분석방법, ㉡ 감자 녹변 방지 기능성 포장재
⑨	농식품 포장용기 및 기능성 포장재 제조·생산 ㉠ 김치숙성 알고리즘 엔진 킷, ㉡ Smart IoT 디바이스 제어 기술, ㉢ 식품 녹변방지 필름 개발 및 제조 기술, ㉣ 생분해성 기능성 포장 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장으로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술		√				√	√	√		
②의 기술		√				√	√	√		
③의 기술		√				√	√	√		
④의 기술				√		√	√	√		
⑤의 기술	√					√	√			
⑥의 기술			√					√		
⑦의 기술	√					√	√	√		√
⑧의 기술	√					√	√	√		
⑨의 기술					√	√	√	√		

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명		핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	㉠	- 참여기업을 통하여 기술이전 및 사업화가 진행 중에 있으며, 지속적인 기술지원으로 적용 대상 품목 확대 및 매출 증대에 노력 - TTI의 색 변화를 인식하여 소비자들이 안전하고 편리하게 위생학적으로 안전한 식품을 선택할 수 있음
	㉡	- 참여기업을 통하여 기술이전 및 사업화가 진행 중에 있으며, 지속적인 기술지원으로 적용 대상 품목 확대 및 매출 증대에 노력 - TTI의 색 변화를 인식하여 소비자들이 안전하고 편리하게 위생학적으로 안전한 식품을 선택할 수 있음
②의 기술	㉢	- 기술이전 및 사업화가 진행 중에 있으며, 지속적인 기술지원으로 적용 대상 품목 확대 및 매출 증대에 노력 - 신선도 휘발성 염기질소 가스 지시계의 색 변화를 인식하여 소비자들이 안전하고 편리하게 위생학적으로 안전한 식품을 선택할 수 있음
	㉣	- 참여기업을 통하여 기술이전 및 사업화가 진행 중에 있으며, 지속적인 기술지원으로 매출 증대에 노력 - 이산화탄소 가스 지시계의 색 변화를 인식하여 소비자들이 김치의 숙성도를 파악하여 기호에 따른 제품을 선택할 수 있음
③의 기술	㉤	- 지속적이고 개량된 기술지원을 바탕으로 대상 품목을 확대하고 공격적 마케팅을 통한 매출 증대에 노력 - TTI 대량 생산 시스템의 해외 수출 가능 및 수입 대체
	㉥	- 지속적이고 개량된 기술지원을 바탕으로 대상 품목을 확대하고 공격적 마케팅을 통한 매출 증대에 노력 - TTI 대량 생산 시스템의 해외 수출 가능 및 수입 대체
④의 기술	㉦	- RFID 표준기반의 신선 식품 이동 및 온도 이력 추적 시스템을 탑재한 상품의 상용화에 활용 기대
	㉧	- 신선식품의 RFID 센서 태그 기반 유통망 최적 설계 및 분석용 모듈을 탑재한 상품의 상용화에 활용 기대
	㉨	- 다양한 식품 품질 기반 동적 계획 모델러
	㉩	- 신선식품의 온습도 센서를 통한 실시간 모니터링 및 실시간 빅데이터 저장소를 탑재한 상품의 상용화에 활용 기대
⑤의 기술	㉪	- 온도 관리를 필요로 하는 신선식품과 의약품의 배송에서 온도 이력 추적에 활용 기대
	㉫	- Data logger 또는 RFID reader를 대체할 것으로 기대
⑥의 기술	㉬	- 제3자 물류업체의 본 과제 기술의 적용 요구시 산업화를 위한 핵심 플랫폼 기술로 활용이 기대됨
	㉭	- 무력구간을 포함한 제3자 물류업체의 본 과제 기술의 적용 요구시 산업화를 위한 핵심 플랫폼 기술로 활용이 기대됨

⑦의 기술	㉠	- 고농도의 CO ₂ 로 치환이 가능한 용기로 김치 저장과 맛 평가를 통해 성능 입증 - 김치에 적용 가능한 작동 알고리즘을 기술이전을 통해 기술을 공유하고, 관련 업체가 급외식업소의 냉장고에 실용화 진행 중
	㉡	- 신선농산물 포장설계 프로그램은 기술이전 완료하고, 안드로이드용 app.의 Playstore®에 공개 - 신선농산물 생산자와 포장업체 그리고 교육자료로 학생 활용 - 김치 포장 설계 소프트웨어는 유통온도 조건을 고려하는 김치의 총산도 예측모델 개발 및 김치포장의 이산화탄소 흡수제 설계 모델 개발 - 김치의 숙성도를 표시하는 지시계와 연계하여 실용화 정보 제공 - 김치 생산업체나 흡수제 생산업체에서 요구 시 무료 배포 및 사용방법 교육가능
	㉢	- 신선농산물 용기 내 실시간 적절한 기체농도 자동제어 가능 - 신선농산물 저장 중 적정 기체농도를 벗어날 경우 자동 조정 밸브 기능으로 적정 기체농도 조절 - 일반냉장고 농산물 용기로 활용 및 신규과제 도출 가능
	㉣	- 신선농산물에 적용 가능한 CO ₂ 흡수/항균성/흡수성 생분해성 active 포장 소재 개발 - 김치 발효 특성과 이산화탄소 흡수제 특성을 조화시킨 단계적 이산화탄소 흡수 조절 가능 - 유통단계에서 농산물을 신선하게 보존하는 1차/2차 포장 연계시스템 및 active 포장소재 개발 - 식품의 특성에 맞는 다기능 active 소재로 적용가능하며, 식품업체, 흡수제 생산업체, 유통업체와 지속적인 협조, 관련업체 홍보(학술대회 또는 산업체와의 기술 세미나) 및 신규과제 도출 가능
⑧의 기술	㉠	- 나노입자를 첨가한 기능성 생분해 포장재 제조 및 분석 방법에 대한 정책자료로 활용 기대
	㉡	- 농가의 감자 재배 및 유통 중 감자의 녹변 방지에 활용 가능
⑨의 기술	㉠	- 더 많은 김치 종류에 따른 김치숙성 알고리즘 엔진 개발 및 활용 증대
	㉡	- 스마트홈, 스마트팩토리 등의 IoT 디바이스의 연결 호환성 증대
	㉢	- 다 기능성 농식품 포장재의 특징을 살려 필름 개발 및 제조 ㉣ - 생분해성 기능성 포장기술의 대량생산

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인 증	학술성과			교육 지도	인 력 양 성	정책 활용-홍보		기 타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단 위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명				
가중치	5	5		10	10	10	10		5		5			10	10	10		10	
최종목표	2	11	-	0	0	0	1360	-	27	-	0	0	0	0	0	0	-	3	-
종료 1차년도	1	6	-	0	0	0	60	-	3	-	0	0	0	0	0	0	-	3	-
종료 2차년도	1	3	-	0	0	0	100	-	3	-	0	0	0	0	0	0	-	0	-
종료 3차년도	0	1	-	0	0	0	200	-	3	-	0	0	0	0	0	0	-	0	-
종료 4차년도	0	1	-	0	0	0	400	-	6	-	0	0	0	0	0	0	-	0	-
종료 5차년도	0	0	-	0	0	0	600	-	12	-	0	0	0	0	0	0	-	0	-

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	신선도 휘발성 염기질소(VBN) 가스지시계		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	5,000 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	3년	실용화예상시기 ³⁾	2019.10.01.~2021.09.30
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	- 제작 설비 라인구축 - 운용 플랫폼 등 소프트웨어 등 관련 설비 및 장비 구비		

핵심기술명 ¹⁾	이산화탄소 지시계		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	3,000 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	3년	실용화예상시기 ³⁾	2020.07.01.~2023.06.30
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	- 제작 설비 라인구축 - 운용 플랫폼 등 소프트웨어 등 관련 설비 및 장비 구비		

핵심기술명 ¹⁾	자가발전형 온도측정장치 및 이를 갖는 온도측정시스템		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료	7,000 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	1년	실용화예상시기 ³⁾	2021.09.01. ~
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	- 기술지원 이행서 작성		

핵심기술명 ¹⁾	김치 저장 장치 및 방법		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	6,000천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	2020년 4월 1일 - 2022년 3월 31일	실용화예상시기 ³⁾	2022.04.01. ~
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	급외식업체 및 냉장고 설비업체와의 사전구매설치 협의 계약과 함께 진행할 필요가 있음		

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

[별첨 3]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		710013-3	
사업구분	농식품기술융합창의인재양성(연구지원)				
연구분야	LB / 식품품질관리		과제구분	단위	
사업명	000000사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	지능형 농식품포장을 위한 지시계, RFID-지시계, 포장시스템 기술 개발		과제유형	응용	
연구기관	동국대학교 산학협력단		연구책임자	이 승 주	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2017.09.01. ~ 2018.06.30.	813,000	77,465	890,465
	2차년도	2018.07.01. ~ 2019.04.31.	813,000	77,465	890,465
	3차년도	2019.05.01. ~ 2020.08.31	1,299,000	125,065	1,424,065
	계	2017.09.01. ~ 2020.08.31	2,925,000	279,995	3,204,995
참여기업	동호기계(주), ㈜한국 지능형 포장산업, 쉬운기술(주), ㈜한그린테크				
상대국			상대국연구기관		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020.07.31.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
동국대학교 식품생명공학과	정교수	이 승 주

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.

확 약	
-----	--

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 아주우수

- 지능형 포장 기술은 식품의 유통/보관/소비 과정을 포괄하는 환경요인을 감지하고 필요한 환경조건을 유지시키는 기능을 가지고 있으며, 생산/유통/보관/소비 전 과정에서 식품의 품질과 안전성을 확인하고 이와 관련된 정보를 제공함.

- 본 과제는 다음과 같이 3핵심 - 9세부과제로 구성됨.

■ 1핵심 과제 : 지능형 농식품 포장 지시계의 산업화

□ 1-1세부과제 : 시간-온도 이력 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발

□ 1-2세부과제 : 신선도 가스 지시계의 제품/생산공정 설계 및 관리 기술 개발

□ 1-3협동과제 : 지시계의 시장개척 및 사업화

■ 2핵심 과제 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 산업화

□ 2-1세부과제 : IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축

□ 2-2세부과제 : 지능형 RFID-센서 지시계의 제품/생산공정 설계

□ 2-3협동과제 : 4차산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화

■ 3핵심 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 산업화

□ 3-1세부과제 : 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축

□ 3-2협동과제 : 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축

□ 3-3협동과제 : 농식품 포장용기 및 기능성 포장재의 시장개척 및 사업화

- 모든 연구개발결과는 기술완성도(Technology Readiness Levels)를 기반으로 평가하여 '상용품 출시(실제 운영환경에서 철저한 시연과 테스트 완료, 성공적인 현장 적용과 유지/보수/AS 지원 체제 구축)'의 TRL 9으로 평가됨

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 아주우수

- 먹거리의 안전성 확보 및 식품폐기/손실을 감소를 위해서는 생산/가공/유통/판매/소비 전 과정에서 제품의 상태와 유통 상황 정보를 언제 어디서나 실시간으로 모니터링하고 제어/예측 가능한 시스템 도입이 요구되고 있으며, 복잡하고 다양한 가치사슬 경로를 갖는 국내 농식품 시장에 안전한 식품유통시스템 도입을 통한 부가가치 향상이 전망됨

- 지능형 포장 기술은 사용 지시서에 따라 사용한다면 안전하고 쉽게 사용할 수 있으며, 환경에 대한 부작용이 거의 없고, 지역사회에 기여하는 측면 및 기수의 안정성과 사회적 요구면 등의 장점으로 사회적 적합성이 높아 파급효과가 매우 큼.

- 지속적으로 농식품, 품질안전 등의 관련 시장과 소비자의 시장 수요가 증가하고 있으며, 비교적 기술 상품의 수명 주기가 길기 때문에 장기간에 걸쳐 파급효과를 나타낼 수 있음.

- 다만 생산/유통/판매 단계에서 다양한 식품유통시스템 도입이 시도되고 있으나, 대부분 초보적인 단계이며 생산능가나 유통업계의 영세성은 본 기술의 확산을 저해할 수 있음.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 아주우수

- 지능형 포장 기술관련 제품 제조를 위한 원자재 수급, 장비/부품 조달이 용이하며, 시장 출시를 위한 추가 개발 소요 자금과 기간이 짧고 대량 생산이 용이하여 사업리스크가 매우 적어 활용 가능성이 높음.
- 경쟁제품 대비 신뢰성이 우수하고, 판매가격 우위가 가능한 점, 경쟁 수준이 낮다는 점, 신규 참여자의 진입 속도가 느리다는 점 등으로 인하여 경쟁위위성이 확보되므로 활용 가능성이 높음.
- 지능형 포장 기술을 활용한 식품유통시스템 구축을 위한 전문 인력은 유관기관 전체 인력의 10%도 미치지 못하는 수준으로 중요성에 대비 매우 부족한 실정으로 시스템 구축을 위한 인프라는 미흡함.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 연구개발을 성실히 수행하여 다수의 핵심 기술 및 시스템을 개발하여 제품화에 성공하였으며, 매출실적 및 고용창출을 이루어 정량적/정성적 연구목표를 달성함
- 인력양성의 경우 전염병 유행으로 산업체의 인력채용 감소로 목표달성이 미흡함

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

- 사업화지표

- ▷ 지식재산권: 특허 출원 16건, 등록 10건
- ▷ 기술실시(이전) 9건(기술료: 48,000,000원)

업체	관련기술	유형	기술이전명	건수	기술료 (단위: 천원)
(주)한국지능형포장산업	지시계	통상실시권	- 자가발전형 온도측정장치 및 이를 갖는 온도측정 시스템 - 라카야제를 이용한 새로운 효소형 시간-온도 이력지시계 - 이산화탄소 가스지시계	3	17,000
(주)쉬운기술	포장용기	통상실시권	- 신선농산물 MAP 설계 Application - 김치 저장 장치 및 방법	2	8,000
(주)한그린테크	포장재	통상실시권	생고분자와 자용씨 추출물을 포함하는 생분해성 자외선 차단용 포장필름 및 이의 제조방법	1	10,000
(주)더웨이브톡	지시계	통상실시권	신선도 지시계	1	5,000
(주)디에이아이	시스템	비독점실시권	- 신선식품 창고의 관리를 위한 열화상 카메라 제어 기술 - 신선식품 창고의 열화상 카메라 기반의 온도 및 품질 관리 시스템	2	8,000

▷ 사업화 실적

- 제품화(33건) : 시간온도 이력지시계, 감자녹변방지필름, 김치숙성 냉장고 등
- 매출액 : 133,500,000원
- 고용창출 : 12명
- 기술인증 : 2건

- 연구기반지표

- ▷ 학술성과: SCI 47편, 비SCI 5편, 학술발표 35건
- ▷ 정책활용·홍보: 11건
- 인력양성: 석사 18명, 박사 13명, 취업: 20명

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
■ 시간-온도 이력지시계의 제품/ 생산공정 설계 및 관리 기술 개발	15	100	<input type="checkbox"/> TTI 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 <input type="checkbox"/> 시범사업을 위한 TTI 사용 시스템 설계 <input type="checkbox"/> 사업화를 위한 생산 및 품질관리 설계
■ 신선도 가스 지시계의 제품/생산 공정 설계 및 관리 기술 개발	10	100	<input type="checkbox"/> 신선도 가스 지시계 시제품 생산을 위한 제품 설계 및 공정 설계 <input type="checkbox"/> 시범사업을 위한 신선도 가스 지시계 사용 시스템 설 계 <input type="checkbox"/> 사업화를 위한 생산 및 품질관리 설계
■ 지시계의 시장개척 및 사업화	15	100	<input type="checkbox"/> 지시계 시제품 생산 및 시장조사 <input type="checkbox"/> 지시계 시제품의 시범 대상 업체 선정 및 시범사업 <input type="checkbox"/> 지시계 시장개척 및 사업화
■ IT 기반 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 구축	5	100	<input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업 <input type="checkbox"/> 김치 브랜드화를 위하여 식품 포장 및 제조·유통시스 템(SI형태) 모듈의 시제품 설계 및 적용 지원, 피드 백 수집 <input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조·유통 시스템 솔루션화(SI), 산업화
■ 지능형 RFID-센서 지시계의 제품 /생산공정 설계	5	100	<input type="checkbox"/> 제품 및 공정 설계 <input type="checkbox"/> 사용 시스템 설계 <input type="checkbox"/> 생산 및 품질관리 지침 설계
■ 4차 산업형 지능형 농식품 포장 유통 시스템의 시장개척 및 사업화	5	100	<input type="checkbox"/> 식품 포장 및 제조/유통 시스템 설계 및 시범사업 <input type="checkbox"/> 지능형 RFID-센서 지시계 태그 제조 시스템 구축 및 시제품 생산
■ 농식품 포장용기의 산업화 기반 구축	15	100	<input type="checkbox"/> 농식품 포장용기의 시제품 제작을 위한 시제품 구성 요소 개선 <input type="checkbox"/> 아파트 빌트인 냉자고에 김치 용기의 현장 설치 및 운용을 위한 제어작동방법 개선
■ 기능성 농식품 포장재의 산업화 기반 구축	15	100	<input type="checkbox"/> 자외선 차단성 포장필름 시제품 생산 <input type="checkbox"/> 기능성 나노복합포장재 개발 <input type="checkbox"/> 기능성 나노복합 필름의 대량생산 기술 개발
■ 농식품 포장용기 및 기능성 포장 재의 시장개척 및 사업화	15	100	<input type="checkbox"/> 시제품 제작 및 생산 <input type="checkbox"/> 시제품에 대한 시범사업 적용 <input type="checkbox"/> 사업화 방안 마련
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

안전하고 건강한 식품에 대한 국민들의 요구가 높은 상황에서 농식품의 품질에 대한 소비자의 알권리 충족을 위한 노력의 일환으로 본 과제에서는 세계 최고 수준의 '지능형 포장 기술 개발'을 통하여 제품 생산 및 판매를 이루어 새로운 산업을 창출함.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

현재 코로나 19 발생으로 인해 연구결과물이나 기술이 활용되는 부분에 있어 관련 산업체의 환경이 급격하게 변화하는 상황이어서 현장 적용에 상당한 영향을 받고 있음.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 기술이전 업체로의 지속적인 기술지원으로 제품 개선 및 판매망 확대
- 컨설팅 및 전문인력 양성을 위한 교육은 이루어지고 있지만, 체계적인 전문가 양성프로그램 구축은 미진함.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술융합창의인재양성사업 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품기술융합창의인재양성사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.