

발간등록번호

11-1543000-001706-01

신선식품유통을 위한 에너지 절약형 PCM(Phase change material)적용 시스템 최종보고서

2017. 3. 28.

주관연구기관 / 한국식품연구원
협동연구기관 / 국민대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “신선식품유통을 위한 에너지 절약형 PCM(Phase change material)적용 시스템”(개발기간 : 2013. 11. 20 ~ 2016. 11. 19)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 03. 28.

주관연구기관명 : 한국식품연구원 (대표자) 박 용 곤 (인)

협동연구기관명 : 국 민 대 학 교 (대표자) 유 지 수 (인)

주관연구책임자 : 권 기 현

협동연구책임자 : 오 세 욱

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	313032-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2013.11-201 6.11	단 계 구 분	1/1
연구사업명	중 사업명	선도기술개발사업			
	세부 사업명	고부가가치식품기술개발			
연구과제명	대 과 제 명				
	세부 과제명	신선식품 유통을 위한 에너지 절약형 PCM(Phase change material)적용 시스템			
연구책임자	권기현	해당단계 참 여 연구원 수	총: 51명 내부: 20명 외부: 31명	해당단계 연구 개발 비	정부:900,000천원 민간:300,000천원 계:1,200,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 51명 내부: 20명 외부: 31명	총 연구개발비	정부:900,000천원 민간:300,000천원 계:1,200,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국식품연구원 안전유통연구본부			참여기업명: (주) FMS	
위탁(협동) 연구	연구기관명: 국민대학교			연구책임자: 오세욱	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 열전소자가 적용된 농식품 배송시스템 기술이전 완료하였음. ○ 본 연구수행에 핵심기술인 잠열재 제조공정 개발 및 유통온도 대별 잠열재(0℃, 10℃)소재화로 특허 등록 하였음. ○ 신선식품 유통 중 품질관리 및 선도 유지의 핵심 공정인 저장 수송용기의 온도조절방법에 관한 기술이 특허 등록되었음 ○ 수배송시 다양하게 발생될 수 있는 오염 방지와 선도 유지 및 에너지 절약을 위한 시스템 개발과 상용화에 따른 기술 확립(특히 삼온 유통 수배송 차량) ○ 연구개발 결과를 한국식품저장유통학회 등 국내 논문 게재하였음. ○ 위생 안전 및 미생물 저감화 공정에 관한 연구를 결과를 Journal of Food Safety 등에 게재하였음. ○ 두부에 존재하는 부패균주를 분리하여 유통기한 설정 실험에 관한 연구 결과를 LWT-Food Science and Technology 등에 게재하였음. 				보고서 면수 : 347	

4. 국문 요약문

		코드번호	D-01			
연구의 목적 및 내용	에너지 recycling을 위한 잠열재 및 산지형 축냉장치, 에너지 지속형 용기 개발하여 열전소자 기술을 적용 신선식품의 차세대 그린 통합형 수배송 시스템 개발					
	신선식품 수배송중 위해 요소 분석 및 저감화 공정 기술 개발					
연구개발성과	<p>1. 에너지 지속형 잠열재 및 산지형 축냉 시스템 기술 개발</p> <p>○ 0, 5, 10°C 개발 잠열재는 n-Dodecane C₁₂H₂₆ 20%, n-Tetradecane C₁₄H₃₀상변화 물질로 제조공정 및 잠열재를 개발한 결과 잠열 에너지가 211.34 J/g, 231.43 J/g, 213.84 J/g 로 분석되었으며, 300회 이상 재활용이 가능한 것으로 분석되었음(잠열재 등 특허 등록 2건).</p> <p>2. Peltier effect 기반 에너지 지속형 수배송용 열전소자 적용기술 개발</p> <p>○ 열전소자의 경우 인가전압을 V_{max}의 40 ~50%를 인가하여 COP(성능계수)가 효율적으로 활용될 수 있도록 2HT-085-S, 3개를 직렬로 연결한 축냉, 열장치를 개발하였음(삼온유통수배송차량 등 특허 등록 1건).</p> <p>○ 대조구 실험 수행을 위해 25L 용적량으로 공랭식 수배송장치를 제조하였고, 소비자용 이동식 캐리어 장치와 산지 카트형 800L형 수배송 시스템을 구축하였음(저장수송용기 등 1건 특허 등록, 기술이전 1건).</p> <p>3. 신선식품의 통합형 수배송용 시스템 유통환경 확립</p> <p>○ 축냉 수배송 시스템의 두부 및 소고기 유통 실험결과 시료 및 내부의 온도편차가 최소화 되었으며 품질평가 중 갈변 및 이취 등의 변화가 발생되었으나 미생물의 경우 기존 유통 시스템 보다 부패진행 속도가 지연되는 것을 확인하였음(논문 게재 1건).</p>					
	<p>1. MCA(미생물군집 분석)을 통한 신선식품 저장 전·후의 위해요소를 파악</p> <p>○ 일반세균과 식중독세균에 대한 모니터링을 진행함(두부, 쇠고기 각각 100개의 시료를 분석).</p> <p>○ 유통전후의 미생물군집 분석(MCA 2건).</p> <p>2. PMP 분석에 의한 신선식품내 빈번 오염 식중독세균의 성장특성을 분석</p> <p>○ PMP를 이용한 성장곡선 조사(10건).</p> <p>○ 두부와 쇠고기에서의 식중독균 성장모델 구축(논문 게재 1건).</p> <p>3. 미생물적 위해요소의 저감화 공정기술을 개발</p> <p>○ 유기산을 이용해 식중독세균을 저해시킨 기술을 개발함(논문 게재 3건).</p>					
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<p>○ 신선식품 및 식재료의 일괄 저온 물류·수송시스템을 구축함으로써 연간 25~35% 수송 손실 및 품질손상 감소로 인한 산업적 비용 절감(신선식품 6,000억 원 30%손실 →10% 감소로 1,200억 원의 가치창출)</p> <p>○ 업체 기술이전을 통한 상용화 실시 중</p> <p>○ 에너지 recycling 1,000회 이상 및 36hr 지속 잠열에너지를 통한 그린 공정 개선 및 설비 국산화를 통한 국내외 경쟁력 제고(부가가치 20% 이상 향상)</p> <p>○ MCA(미생물군집 분석)를 활용하여 저장 전·후의 위해요소를 파악하고 PMP 분석에 의한 신선식품내 빈번 오염 식중독세균의 성장특성을 분석하여 신선식품의 수·배송시 미생물적 위해요소의 저감화 공정기술을 개발하여 상업적으로 활용될 수 있는 가능성을 높이고자 함.</p> <p>○ 천연항균제를 필요로 하는 모든 수요자들의 요구에 따른 항균제 생산 및 공급이 가능하며 이를 통해 관련분야 기술 수준을 한 단계 높이는 효과가 있음.</p>					
중심어 (5개 이내)	저에너지	잠열재	열전소자	유통	미생물안전	

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	Development of a green integrated transportation distribution delivery system of next generation for fresh agri-food with a phase change material and a cold storage system in a production center for energy recycling		
	Development of process technology for analysis and reduction of a hazard factor during transportation distribution delivery		
Results	<p>1. Development of technology of a PCM(phase change material) with a long lifetime and a cold storage system in a production center</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ The PCM of n-Dodecane C₁₂H₂₆ 20% and n-Tetradecane C₁₄H₃₀ was developed for 0, 5, 10°C as a producing process and a PCM and latent heat energies were 211.34 J/g, 231.43 J/g, 213.84 J/g, and the PCM has recycling lifetime of over 300 times(2 patents registered) <p>2. Development of technology with thermoelectric element for a transportation distribution delivery system with a long lifetime based on Peltier effect</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ As applied voltage was limited to 40~50% of V_{max} in an thermoelectric element, a cold and hot storage device having serial connection to 3 2HT-085-S was developed for effective COP(1 patent registered including three temperature chain system vehicle) ○ Air-cooling and water-cooling transportation distribution delivery systems of 25L were manufactured to perform control experiment and a movable carrier device for a consumer and a cart-type transportation distribution delivery system of 800L in a production center was installed(1 patent registered including delivery device for storage and 1 technology transfer) <p>3. Environmental establishment of a transportation distribution delivery system for fresh agri-food</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ In an experiment of tofu and beef distribution with a transportation distribution delivery system with a cold storage, temperature distribution was minimized and although browning and odor occurred, rotting speed as to a microbial became slower than a conventional distribution system. (SCI 1). 		
	<p>1. Microbial Hazard Identification of fresh foods before and after distribution by Microbial Community Analysis (MCA)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Monitoring on generic bacteria and pathogenic bacteria(Tofu, beef 100 samples). ○ Microbial Community Analysis(MCA 2 samples). <p>2. Analysis of pathogenic bacteria growth characteristics by Pathogen Modelling Program (PMP) on fresh foods</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Growth curve analysis by PMP (10 model). ○ Construction of growth curve model in Tofu and Beef (SCI 1). <p>3. Development of reduction technology for microbial hazard</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Reduction technology by organic acid and other antimicrobials (SCI 3). 		

Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ With establishment of a total logistics and transportation system of fresh agri-food at low temperature, saving of industrial cost due to reduction of losses of transportation and quality damage of 25~35% per a year(a decrease from 30% to 10% of 0.6 trillion) ○ In progress of commercialization with technology transfer ○ Increase of domestic and international competitiveness with improvement of green technology process with energy recycling of over 1,000 times and a latent heat energy having a lifetime of 36 hours and manufacturing localization(20% increase of value added) <ul style="list-style-type: none"> ○ Development of hazard analysis and reduction process technology through MCA and PMP analysis for fresh food transportation. ○ It is possible to produce and supply of antimicrobial agent according to the demand of all consumers who need natural antimicrobial agent. 				
Keywords	Energy-saving	Phase change material	Thermoelectric element	distribution	safety for microorganism

CONTENTS

Chapter 1. Outline of Research Project	1
Chapter 2. States of the Art Report	6
Chapter 3. Research Performed and Results	11
1. Development of technology of a PCM(phase change material) with a long lifetime and a cold storage system in a production center.....	11
2. Selection and development of an integrated process of a thermoelectric element for a transportation distribution delivery system with a long lifetime based on Peltier effect	24
3. Analysis and establishment of distribution environment of an integrated transportation distribution delivery system for fresh agri-food	31
4. Modeling and practical application of green technology and a transportation distribution delivery system with a phase change material, a movable cold storage system, and a thermoelectric element	109
5. Selection of a critical hazard factor based on research of characteristics of microorganism growth in fresh agri-food distribution system	147
6. Selection of managing conditions based on research of characteristics of germ growth.....	182
7. Development of reduction technology for microbial hazard	239
Chapter 4. Research Attainments and Contributions	281
Chapter 5. Application Plans Research Products	301
Chapter 6. Science and Technology Information from Abroad	319
Chapter 7. Security rating of research results	323
Chapter 8. Status of research facilities and devices in NTIS	324
Chapter 9. Safety measures	325
Chapter 10. Representative research performance	327
Chapter 11. Reference	333

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	6
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	11
제 1 절 에너지 지속형 잠열재 및 산지형 축냉 수배송 시스템 기술 개발.....	11
제 2 절 Peltier effect 기반 에너지 지속형 수배송용 열전소자 선정 및 통합공정 개발.....	24
제 3 절 신선식품의 통합형 수·배송용 시스템 유통환경 분석 및 확립	31
제 4 절 잠열재, 산지 이동식 축냉 수배송 시스템 및 열전소자를 적용한 그린 공정 및 수배송 시스템 모델 확립 및 실용화.....	109
제 5 절 신선식품 유통시스템에서의 미생물 성장 특성 조사에 의한 집중 관리위해요소 도출	147
제 6 절 식중독세균 성장 특성 조사를 통한 중요 관리방안(조건) 설정	182
제 7 절 신선식품 수·배송 미생물적 위해요소 저감화 공정 기술 개발	239
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	281
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	301
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	319
제 7 장 연구개발결과의 보안 등급	323
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	324
제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행 실적	325
제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적	327
제 11 장 참고문헌	333

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발과제의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

에너지 recycling이 가능한 잠열재 및 Peltier effect 기반 에너지 지속형 열전소자 소재화 기술을 개발하고 기술을 융합한 신선식품의 차세대 통합(냉장, 냉동, 보온, 해동)시스템을 개발함.

2. 연구개발의 필요성

선진 각국은 저에너지 유통기술을 개발하여 신선식품의 Farm to Table의 유통 및 물류체계를 확립하고 있음. 미국은 1930년대 콜드체인기술과 1970년대 후반부터 수확 후 관리 기술이 보급되기 시작했으며 원예산물의 90%정도가 산지 패키징하우스를 거쳐 출하되고 산물의 90% 이상이 냉장수송을 통해 유통하고 있다. 신선편이식품은 원료 농식품 중 50%이상이며, 식자재 및 식재료를 포함할 경우 수확 후 관리기술과 저온 유통시스템의 적용으로 수출이 증가하는 추세로 분석되었다. 일본의 경우 채소류는 90% 이상 저온유통을 적용하고 있으며, 과실류 등은 60~70% 시스템에서 운영되고 있다. 특히, 고품질 안전식품에 대한 국민적 수요가 증가함에 따라 관련 유통기술과 저온 유통시스템 시설 등 연관 산업이 성장하고 있다. 국내에서도 신선식품의 경우 전체 유통·물동량의 35%이상이 콜드체인 유통 대상이나 매년 전체 물동량의 45%에 달하는 손실이 발생하고 식품 관리의 불완전성으로 소비자의 건강을 해치는 사례가 증가하고 있다.(농식품 수확 후 관리손실, 7조원/년, 2009, 신선편이농산물 시장이— 실태와 활성화 방안). 최근 선진국에서는 Peltier effect를 이용한 열전모듈, 펠티어소자, TEC, TEM 등의 열전소자를 개발하여 Heat Pump 장치에 사용한 냉각 시스템을 보급하고 있으나 국내는 개발 초기 단계이다. 선진국에서는 다발성 열전재료를 접합 또는 합금하여 신재생 에너지 자원으로 활용하고 있으며, 열전소재의 개발에 관한 많은 연구는 나노기술과 관련된 내용이 주류를 이루고 있다. 국내에서는 냉·난방 시스템, 냉·온장 시스템, 정밀 항온유지 장치, 제습-팬 실용화, 활어 수송용 등으로 부분 연구개발이 이루어지고 있으나 직·간접적으로 수확 후 수·배송에 관계되는 응용 및 상용화 기술은 전무한 상태인 것으로 분석되었다. 또한 다양한 분야에서 에너지의 저장·변환·이용 기술의 수요가 증가하고 있으며, 저비용 고효율 에너지 적용 공정은 국내외적으로 수요가 증가할 것으로 예측되는바 식품 분야에서도 필요할 것으로 판단되었다. 잠열재의 경우 잠열량, 열전도도, 정압비열, 부피팽창계수 등의 특성과 과냉각, 상분리, 부식성, 화학적 안전성, 인체 무해 등의 기술적 해소요인이 많아 이를 개선할 수 있는 잠열재의 개발이 요구되며, 가격 경쟁력과 환경 친화화학적 물질로 부가가치를 창출할 수 있도록 기술개발이 선행되어야 하며 이와 함께 국내의 산지 및 유통조건에 적합한 산지-도매지-소비지 물류를 위한 예냉, 저장, 수송기능이 한 처리과정에서 구현될 수 있는 에너지 recycling형 잠열재와 에너지 지속형 열전소자를 개발하여 국내 실정에 적합한 저에너지 저온수송 시스템을 개발 실용화함으로써 신선식품 품질손실, 폐기물 발생 최소화 및 에너지 절감할 수 있는 그린 에너지 수배송 시스템 상용화 및 현장 구축이 필요한 실정이다.

제 2 절 연구개발과의 범위

1. 에너지 지속형 잠열재 및 산지형 축냉 수배송 시스템 기술 개발
 - 수배송 온도대별 잠열재 선정 및 축냉 수배송 공정분석
 - 신선식품 수송시스템에 적용이 가능한 열전소자 변환재료 선정 및 통합적용 공정기술 개발
 - 축냉 수배송 장치는 열전소자, 이송, 방열판, 강제순환장치, 제어장치 등으로 구분 설계
2. Peltier effect 기반 에너지 지속형 수배송용 열전소자 선정 및 통합공정 개발
 - 수배송 온도대별 잠열재 마이크로 캡슐공정 확립 및 산지형 축냉 수배송 시스템 제작
 - 잠열재 형태, 용량선정 및 열적 특성을 고려한 3 component 마이크로캡슐 제조공정 확립
 - 축냉 수배송 장치는 열전소자, 이송, 방열판, 강제순환장치, 제어장치 등 시제품 제작
 - 신선식품 수송시스템 온도 모니터링을 위한 실시간 온도 태그 적용 실험
3. 신선식품의 통합형 수배송 시스템 유통환경 확립
 - 잠열재 충전 및 열전소자 적용을 위한 택배형 및 배송 보냉고 설계 및 제작
 - 택배 및 배송 보냉고 적용 수확 후 적정 유통 환경 분석 및 품질특성 평가
 - 배송 보냉고 및 열전소자를 적용한 용기, 유통설비 조사 분석
 - 신선식품의 유통단계별 품질변화 특성 및 상변화 온도에 따른 유통 환경조건 분석
4. 잠열재, 산지 이동식 축냉 수배송 시스템 및 열전소자를 적용한 그린 공정 및 수배송 시스템 모델 확립 및 실용화
 - 개발된 잠열재, 축냉수배송시스템 및 열전소자의 융합한 에너지 recycling기술을 적용 확립
 - 산지형 축냉 수배송 시스템 모델 최적화 설계
 - 잠열재 충전 및 열전소자 적용을 위한 택배형 및 배송 보냉고 현장 적용실험
 - 열전소자 적용 온도관리를 위한 실시간 상태정보 현장 활용기술 실용화
 - 산업화 유통시스템 현장적용 품질특성 평가 및 유통환경 개선 및 모델 적립.
 - 기술이전에 따른 현장 상용화 문제점 분석 및 운영기반기술 정립.
5. 신선식품 유통시스템에서의 미생물 성장 특성 조사에 의한 집중 관리 위해요소 도출
 - 잠열재 시스템, Peltier 시스템을 유통시스템으로 활용
 - 신선식품으로는 두부 및 쇠고기를 대상으로 하여 이후 주관과의 협의에 의해 선정가능
 - 유통시스템의 투입 전후에 과정에 따른 일반세균 및 식중독세균 분석
 - 유통 전후의 metagenome 분석(microbial community analysis)
6. 식중독세균 성장 특성 조사를 통한 중요 관리방안(조건) 설정
 - Predictive modeling에 의한 식중독균 성장특성 조사
 - *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. *E. coli* O157:H7, *S. aureus*를 대상
 - 저온에서의 growth model 수집 분석 및 두부, 쇠고기에서의 성장 모델 개발

제 3 절 연구성과 목표 대비 실적

1. 성과목표 대비 실적

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보진시	
												SCI	비SCI						
최종목표	4	4		1		3						4	5	5	0	0	1	3	
연기간내 달성실적	3	1		1		4						3	4	5	0	0	1	4	
	4	4		1		4						3	3	6		4			
달성율(%)	130	300		100	100	130						100	75	120		400	100	130	

※ SCI 논문 3건 및 비SCI 논문 1건 게재예정

2. 성과 세부내용

가. 사업화지표

(1) 특허출원

특허명	출원번호	출원국	출원일
삼온유통수배송 차량	10-2015-0130862	대한민국	2015.09.16
높은 엔탈피를 갖는 잠열제조성물(0℃) 및 이의제조방법	10-2014-0154599	대한민국	2014.11.07
높은 엔탈피를 갖는 잠열제조성물(10℃) 및 이의제조방법	10-2014-0154600	대한민국	2014.11.07
수배송용기 및 이를 이용한 유통방법	10-2015-0150603	대한민국	2015.10.29

(2) 특허등록

특허명	등록번호	출원국	등록일
저장 수송용기의 온도조절방법	10-1608057	대한민국	2016.03.25
높은엔탈피를 갖는 잠열제조성물(0℃) 및 이의제조방법	10-1589907	대한민국	2016.01.25
높은엔탈피를 갖는 잠열제조성물(10℃) 및 이의제조방법	10-1589906	대한민국	2016.01.25
삼온 유통 수배송 차량	10-1682553	대한민국	2016.11.19

(3) 기술이전

기술명	기술이전업체	유/무상	출원일
열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치기술	(주)FMS	유상	2016.02.22

(4) 제품화

사업화명	제품명	제품출시일
열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치기술	수배송 장치	2015. 12.

나. 연구기반 지표

(1) 논문게재

게재 연도	논문명	학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
2015	Synergistic Antimicrobial Effects of Organic Acids in Combination with Cavacrol Against <i>Shigella sonnei</i>	Journal of Food Safety	36(3)	국외	SCI
2016	Quality evaluations of bell pepper in cold system combined with TEM (thermoelectric materials) and PCM (phase change material)	Korean J. Food Preservation	23(4)	국내	비SCI
2016	Microbial Contamination of Tofu in Korea and Growth Characteristic of <i>Bacillus cereus</i> Isolates in Tofu	LWT-Food Science and Technology	78(1)	국외	SCI
2016	Effects of malic acid or/and grapefruit seed extract for the inactivation of common food pathogens on fresh-cut lettuce	Food Science and Biotechnology	25(6)	국내	SCI
2017	양상추에 인위접종된 <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium과 <i>Listeria monocytogenes</i> 에 대한 저온 플라즈마와 UV-C의 살균 효과	식품위생안전성학회	게재예정	국내	비SCI
2016	The antimicrobial effect of thiamine dilauryl sulfate in tofu inoculated with <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Bacillus cereus</i>	LWT-Food Science and Technology	투고	국외	SCI
2016	Combined effect of aerosolized malic acid and UV-C for the inactivation of <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, and <i>Listeria monocytogenes</i> on fresh-cut lettuce	Journal of Food Safety	투고	국외	SCI
2016	Comparing the growth pattern of <i>L. monocytogenes</i> isolates from beef and <i>L. monocytogenes</i> type culture artificially inoculated on raw beef	Food microbiology	투고	국외	SCI

(2) 학술발표

논문명	학회명	연도	발표장소
Assessing Microbial Quality of Tofu in Korea, Identifying a Dominant Bacteria Contaminating Tofu, and Characterizing the Growth in Tofu	International association for food protection	2015	Portland
Assessment of microbial contamination of retail beef in Korea and prediction of its shelf-life at the refrigerated temperature using a modified-Gompertz model	International association for food protection	2015	Portland
Mathematical modeling of <i>Listeria monocytogenes</i> isolated from retail beef for predicting the microbiological shelf-life of beef under refrigerated condition	한국식품위생안전성학회	2015	서울
The antimicrobial effect of thiamine dilauryl sulfate in tofu inoculated with <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Bacillus cereus</i>	The international union of food science and technology	2016	Ireland
Combined effect of UV and aerosolized malic acid on the inactivation of <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, and <i>Listeria monocytogenes</i> on fresh lettuce	The international union of food science and technology	2016	Ireland
열전소자를 적용한 저온 유통시스템에서 저장 중 두부의 품질평가	한국식품저장유통학회	2014	목포
열전소자 적용 수배송 시스템을 이용한 소고기의 저장 중 품질변화특성	한국식품저장유통학회	2015	제주
열전소자 적용 수배송 시스템을 이용한 두부의 저장 중 품질변화특성	한국식품저장유통학회	2015	제주
플라즈마 적용 수배송 시스템을 이용한 소고기의 저장 중 품질평가	한국식품저장유통학회	2016	부산

(3) 교육 및 컨설팅

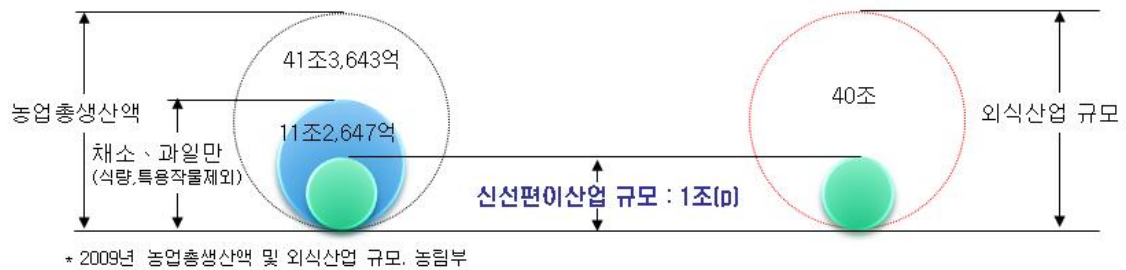
교육 및 컨설팅 명	교육기간

(4) 홍보전시

홍보유형	홍보제목	매체명	홍보일
중앙전문지	냉동기 대체 농산물 수배송장치개발	농민신문	2015.01.21
중앙전문지	유통환경 대응형 삼온 수배송 시스템 구축	유통식품	2015.08.27
중앙전문지	열전소자 적용 삼온수배송시스템 구축	농축환경신문	2015.09.03
중앙전문지	상변화 물질과 열전소자를 적용 삼온 수배송 시스템 구축	한국영농신문	2015.09.07

제 2 장 국내외 기술개발 현황

○ 선진 각국 및 국내에서는 신선식품의 경우 Farm to Table의 유통 및 물류체계를 확립하고 있으며, 미국은 1930년대 콜드체인기술과 1970년대 후반부터 수확 후 관리 기술이 보급되기 시작했으며 원예산물의 90%정도가 산지 패키징하우스를 거쳐 출하되고 출하되는 산물의 90%이상이 냉장트럭을 통해 유통하고 있다. 신선편이식품은 원료 농식품 중 50%이상이며, 식자재 및 식재료를 포함할 경우 수확후 관리기술과 저온 유통시스템의 적용으로 수출이 증가하는 추세이다. 일본의 경우 채소류는 90% 이상 저온유통을 적용하고 있으며, 과실류 등은 60~70% 시스템에서 운영되고 있다. 특히, 고품질 안전농식품에 대한 국민적 수요가 증가함에 따라 관련 유통기술과 저온 유통시스템 시설 등 연관 산업이 성장하고 있다



○ 단체급식, 전자상거래, 외식산업 증가와 소비자의 고품질, 안전, 편이식품의 수요가 증가함에 따라 저에너지 품질관리 유통 관련분야의 기술 수요가 증가하는 추세이며, 건강, 안전 먹거리에 대한 소비자 요구 증가, 웰빙·로하스 트렌드 변화, 소득수준의 향상 및 여성의 사회경제적 활동이 증가함에 따라 신선편이식품 시장은 6,000억 원 규모로 성장하였음. 소비자의 고품질, 안전, 편이식품의 수요 증가와 단체급식, 외식산업의 확대에 따라 신선식품 유통 및 수배송 분야에서 활용할 수 있는 그린 에너지 단위공정 및 시스템의 기술 수요가 증가하는 추세이다.



○ 신선식품의 생산증대로 합리적인 유통시설 마련이 시급하여, 농식품 안정성에 대한 소비자의 관심 증대로 HACCP, GAP 등 안정성 관리기준에 적합한 표준모델 보급에 대한 필요성이 대두되고 있다. 농식품 가공·유통시설의 표준모델은 산지에서부터 수요자가 요구하는 대량의 안전한 신선식품을 지속적으로 공급하는 체계를 구축하고, 기존의 생산 조합원 중심의 선별, 포장의 단위공정에서 벗어나 조합원, 농업인, 가공업체, 단체급식, 유통업체 등 유통 구조 간에 협력하여 안전성 확보, 규격출하, 브랜드 개발 등 산지의 식품 가공·유통 거점 시설로서의 발전이 요구되고 있다.



○ 선진 각국은 저에너지 유통기술을 개발하여 신선식품의 Farm to Table의 유통 및 물류체계를 확립하고 있음. 미국은 1930년대 콜드체인기술과 1970년대 후반부터 수확 후 관리 기술이 보급되기 시작했으며 원예산물의 90%정도가 산지 패키징하우스를 거쳐 출하되고 산물의 90%이상이 냉장수송을 통해 유통하고 있다.

○ 신선편이식품은 원료 농식품 중 50%이상이며, 식자재 및 식재료를 포함할 경우 수확 후 관리기술과 저온 유통시스템의 적용으로 수출이 증가하는 추세로 분석되었다. 일본의 경우 채소류는 90% 이상 저온유통을 적용하고 있으며, 과일류 등은 60~70% 시스템에서 운영되고 있다. 특히, 고품질 안전식품에 대한 국민적 수요가 증가함에 따라 관련 유통기술과 저온 유통시스템 시설 등 연관 산업이 성장하고 있다.

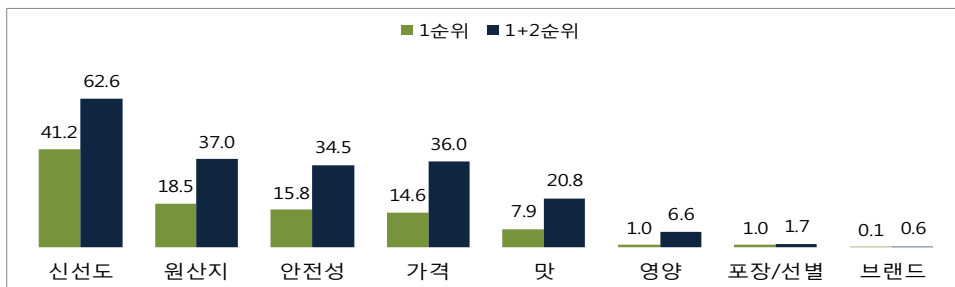
○ 국내에서도 신선식품의 경우 전체 유통·물동량의 35%이상이 콜드체인 유통 대상이나 매년 전체 물동량의 45%에 달하는 손실이 발생하고 식품 관리의 불완전성으로 소비자의 건강을 해치는 사례가 증가하고 있다.(농식품 수확 후 관리손실, 7조원/년, 2009, 신선편이농산물 시장이— 실태와 활성화 방안).

○ 최근 선진국에서는 Peltier effect를 이용한 열전모듈, 펠티어소자, TEC, TEM 등의 열전소자를 개발하여 Heat Pump 장치에 사용한 냉각 시스템을 보급하고 있으나 국내는 개발 초기 단계이다. 선진국에서는 다발성 열전재료를 접합 또는 합금하여 신재생 에너지 자원으로 활용하고 있으며, 열전소재의 개발에 관한 많은 연구는 나노기술과 관련된 내용이 주류를 이루고

있다. 국내에서는 냉·난방 시스템, 냉·온장 시스템, 정밀 항온유지 장치, 제습-팬 실용화, 활어 수송용 등으로 부분 연구개발이 이루어지고 있으나 직·간접적으로 수확 후 수·배송에 관계되는 응용 및 상용화 기술은 전무한 상태이다.

○ 잠열재의 경우 잠열량, 열전도도, 정압비열, 부피팽창계수 등의 특성과 과냉각, 상분리, 부식성, 화학적 안전성, 인체 무해 등의 기술적 해소요인이 많아 이를 개선할 수 있는 잠열재의 개발이 요구되며, 가격 경쟁력과 환경 친화화적인 물질로 부가가치를 창출할 수 있도록 기술개발이 선제적으로 이루어져야 한다.

○ 신선 식품의 수확 후 관리와 장기간 수배송에 따른 신선도 유지방법, 전처리 기술, 가공기술, 포장기술, 저장기술 등 신선편이 식품의 공정과 생산부터 수출시장까지 장기간 운송시 발생하는 변질방지를 위한 기초연구 부족 및 장기간 운송에 따른 품질관리 방법에 대한 상용화된 기술도 부족하다. 또한 소비지에 신선도 및 원산지, 안전성에 대한 구매요인이 발생되고 있다.



신선식품 구매요인



• Off-line 매장 One-touch or Self 결제
- Membership, Mileage 기능 연계



• 무인 판매기와 결합된 payment



• One-touch 방식의 Mobile POS



• One-touch 방식의 편리한 on-line 쇼핑, 상품정보, 할인쿠폰 제공
- One-touch 방식의 편리한 전화, Internet 쇼핑을 접속
- 상품 전단지, 홍보 포스터와 연계한 direct coupon 제공
- One-touch 방식의 off-line매장, 포스터 상의 상품 정보 제공



• 소비자, 유통업자간 상품 정보 제공

○ 현재 모든 산업에 있어서 안전, 스마트, 에너지 절약, 탄소배출량 제한, u-food 등 친환경적인 그린 물류·유통기술을 요구하고 있다. 특히 농식품 산업에서는 FTA 체결에 따른 안전 유통·물류에 많은 관심과 기술개발을 요구하고 있다. 국내외 시장변화는 대형마트, 백화점 등 오프라인보다는 온라인 시장성장과 함께 스마트 안전 그린 물류·유통에 대한 중요성도 대두되고 있는 실정이다.

○ 국내 식재료 시장은 80조원 규모로 전망되고 있고, 매년(2005년 이후) 10% 이상의 성장을 견인하여 성장하고 있으며, 소비 트렌드는 간편식, 신선 편이식, 반조리식 식품 소비의 증가, 소포장 구매, 농식품 안전성 요구 등으로 변화되고 있다. 따라서 생산부터 소비지 까지 스마트 안전 그린 물류·유통에 대한 인식 변화도 크게 개선되어야 할 것으로 판단된다.

표 1. 국가물류비 vs 농산물물류비

(단위 : 억 원)

구분	국가 물류비 ^{주2}			농산물 물류비		
	금액	비중	국가GDP 대비 비중	금액	비중	농업GDP 대비 비중
운송비	1,227,649	80.9	12.6	26,883	30.5	9.8
포장비 ^{주1}	22,762	1.5	0.2	36,207	41.1	13.3
감모·청소비	-	-	-	5,940	6.7	2.2
보관비	213,207	14.1	2.2	8,737	9.9	3.2
하역비	19,879	1.3	0.2	5,579	6.3	2.0
물류관리비	33,992	2.2	0.3	4,755	5.4	1.7
합계	1,517,490	100.0	15.6	88,101	100.0	32.3

주1 : 농산물 포장비 = 선별비 + 가공비 + 포장비

주2 : 국제물류 포함

자료 : 한국교통연구원(2009), 농수산물유통공사(2008), iPET(2010)

○ 농산물 유통비용 비중은 해마다 증가하고 있는 추세이며, 2013년에는 45.0%를 차지하고 있으며, 유통비용별은 직접비·간접비 모두 비중이 늘어나고 있다. 유통단계별은 전체적으로 유통비용이 증가하였으며, 특히 도매단계 유통비중 증가폭으로 증가하였다.

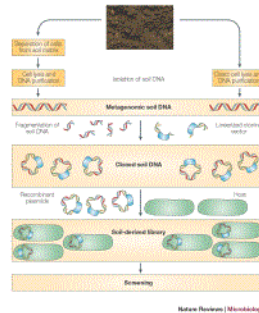
표 2. 비용별/단계별 유통비 비중

(단위:%)

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	
유통비용율	40.8	45.0	44.0	43.4	44.5	44.1	42.3	41.8	43.9	45.0	
비용별	직접비	13.7	14.3	14.2	14.0	14.1	14.4	12.9	13.4	14.1	14.3
	간접비	14.3	15.4	14.1	14.1	16.7	16.6	15.6	15.9	14.9	17.3
	이윤	12.8	15.3	15.7	15.3	13.7	13.1	13.8	12.5	14.9	13.4
단계별	출하단계	8.3	11.2	11.7	11.8	10.3	12.2	11.1	10.0	9.1	9.1
	도매단계	9.1	10.2	9.1	9.6	9.6	9.3	7.9	8.6	12.1	12.3
	소매단계	23.4	23.6	23.2	22.0	24.6	22.6	23.3	23.2	22.7	23.6

자료 : 농수산물유통공사(2013)

○ 신선식품의 미생물 안전성은 우선적으로 원료 및 유통 중인 식품에 존재하는 총균수 및 식중독균을 파악하여 판단한다. 총균수, 대장균군에 대한 모니터링이 필요하며 또한 식중독세균에 대한 분리검출 실험이 진행되어야 하며, 식품에 존재하는 세균의 전체적인 성장 동향은 최근 metagenome 분석을 통하여 이루어지고 있다. 이는 식품에서 인위적인 실험조작을 통하여 분리할 수 있는 균수 보다 분리되지 않는 균이 다수라는 점에서 식품에 관여하는 실질적인 균이 무엇인지를 파악할 수 있다. 특히 미생물 분석을 microbial community analysis라고 함. 따라서 식품에 존재하는 미생물의 분석 및 유통 전·후의 microbial community analysis를 통하여 식품안전을 확보하기 위하여 관리하여야 할 대상 미생물 파악이 가능하여야 한다.



<Microbial community를 분석방법(Nature Reviews Microbiology 2005)>

○ 식품과 같은 비교적 복잡한 환경에서 병원성미생물의 성장과 사멸을 수학적으로 해석하여 병원성미생물의 성장과 사멸을 예측하려는 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 이러한 연구분야를 predictive microbiology라고 하며 이때 도출되는 미생물 성장 곡선을 predictive model 이라고 하며 연구의 목적은 식품의 원재료에서 제조, 유통, 보관, 판매, 소비까지의 전 과정에서 병원성 및 부패성 미생물의 변화를 예측함으로써 이들 미생물에 대한 선제적이며 효과적으로 관리 하고자 제시하고 있다.

○ 정량적 미생물 예측 기술은 산업체의 제품개발, 기존 제품의 품질기준 확인, 식별된 품질 문제에 대한 모니터링 및 관리기준 설정을 위한 기초 자료 제공 뿐 만 아니라 시간과 비용 측면에서 식품 업계에 중대한 이익을 주고, 검증연구가 수행될 경우 관련 산업계가 생산하는 제품의 미생물학적 안전성에 신뢰도를 향상시킬 수 있는 매우 중요한 기술이라고 할 수 있다. 따라서 본 과제에서는 신선식품 유통조건인 저온상태에서 *Listeria monocytogenes*를 포함한 식중독세균의 predictive microbiology를 통하여 신선식품의 수·배송 중 위해요소 분석 및 미생물 관리조건(방안) 도출이 가능하며 저감화 공정기술 개발을 위한 데이터로 활용이 필요하다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 에너지 지속형 잠열재 및 산지형 축냉수배송 시스템 개발

1. 잠열재 재료 및 방법

가. 1차 잠열재 선정 및 제조

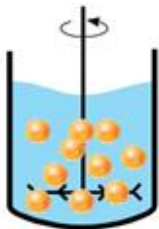
잠열재는 n-Dodecane C₁₂H₂₆, n-Tetradecane C₁₄H₃₀, n-Hexadecane C₁₆H₃₄ 의 3 종류의 물질을 사용하였다. 0℃ 개발 잠열재는 n-Dodecane C₁₂H₂₆ 20%, n-Tetradecane C₁₄H₃₀ 80%의 비율로 제조하였으며, 5℃ 개발 잠열재는 n-Tetradecane C₁₄H₃₀ 100%, 10℃ 개발 잠열재는 n-Tetradecane C₁₄H₃₀ 40%, n-Hexadecane C₁₆H₃₄ 60%로 제조하였다.

나. 2차 잠열재 선정 및 제조

2차 잠열재는 ㈜FMS korea의 5℃ 유지 잠열재(F-PCM)와 본 연구원에서 개발한 5℃ 유지 잠열재(K-PCM)를 사용하였으며 K-PCM은 Water 60%와 n-Tetradecane C₁₄H₃₀ 40%의 비율로 혼합하여 제조하였다.

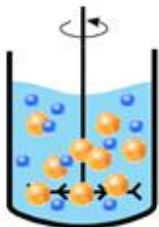
다. 잠열재 제조 공정

(1) 분산공정



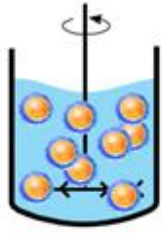
일정비율의 증류수, N-TETRADECANE (PCM), 분산제 혹은 유화제를 200-2000 rpm으로 혼합하면서 에멀션(EMULSION)을 만들어 pH 3.5로 조절하여 적합 조건을 유지함으로써 분산이 이루어지도록 제조하였다.

(2) 벽체 물질 첨가 공정



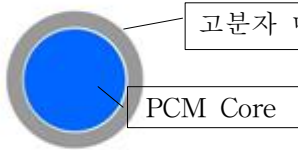
흡열과 발열과정에서 빙점과 융해점이 반복해서 이루어지는 공정이므로 반영구적인 마이크로캡슐이 가능한 물질을 에멀션에 마이크로캡슐을 생성할 벽체물질 단량체 (MONOMER)와 반응개시제(STARTER)를 첨가하여 4 시간 정도 반응시켜 제조하였다.

(3) 중합과정 (POLYMERIZATION)



중합과정에 의하여 단량체가 중합되어 고분자물질인 마이크로캡슐벽체가 PCM 표면에 형성시켰다.

(4) 반응 종료 공정



pH를 조절하여 마이크로캡슐화 반응을 종료하였다.

라. 잠열재 표면분석

(1) 표면분석

잠열재 표면의 캡슐 형태는 이동식 INDUSTRIAL VIDEOSCOPE SYSTEM (EGVM-358, Sometech.Co.Ltd, Korea) 및 SEM(Scanning Electron Microscope S-2380N, HITACHI, Japan)을 이용하여 측정하였다. SEM 측정을 위한 건조는 동결건조기(FD 5508, 일신랩, 한국)를 사용하였다.

(2) 잠열재의 열적특성 분석

열적특성장치는 Differential Scanning Calorimeter(UNIX DSC 7, PERKIN ELMER, USA)를 이용하여 측정하였으며, 분석 조건은 $-30\sim 30^{\circ}\text{C}$, $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 조건으로 분석하였다. 2차 잠열재의 과냉도는 열적특성 결과로 분석하였으며, 물성안정은 F-PCM 및 K-PCM을 -20°C 냉동고에 보관하여 5°C 에 도달하면 50°C waterbath에 넣어 실온까지 온도를 상승시키는 작업을 300회 반복한 후 열적특성을 분석하였다.

2. 연구결과

가. 1차 잠열제 선정 및 특성분석

(1) n-Dodecane C₁₂H₂₆

Test	Result	Unit
Content of C-AN	0.01	wt.%
Content of i-C ₁₂ -AN	0.16 wt.%	wt.%
Content of C ₁₂ -AN	99.64 wt.%	wt.%
Content of C ₁₄ -AN	0.00 wt.%	wt.%
Paraffin-Content	99.87 wt.%	wt.%
Bromine - Number	0.05	mg Br/100mg
Colour	<5	Hazen
Onset of meltinglinie	-10	℃
Heat of fusion	223	KJ/Kg

(2) n-Teradecane C₁₄H₃₀

Test	Result	Unit
Content of C ₁₂ -AN	0.06	wt.%
Content of i-C ₁₄ -AN	0.16	wt.%
Content of C ₁₄ -AN	99.61	wt.%
Content of C ₁₆ -AN	0.00	wt.%
Paraffin-Content	99.90	wt.%
Bromine - Number	0.04	mg Br/100mg
Colour	<5	Hazen
Onset of meltinglinie	5.6	℃
Heat of fusion	261	KJ/Kg

(3) n-Hexadecane C₁₆H₃₄

Test	Result	Unit
Content of C ₁₄ -AN	0.00	wt.%
Content of i-C ₁₆ -AN	0.14	wt.%
Content of C ₁₆ -AN	99.36	wt.%
Content of C ₁₈ -AN	0.13	wt.%
Paraffin-Content	99.81	wt.%
Bromine - Number	0.01	mg Br/100mg
Colour	<5	Hazen
Onset of meltinglinie	18	℃
Heat of fusion	224	KJ/Kg

나. 1차 잠열재 특성분석

(1) 잠열재의 표면분석

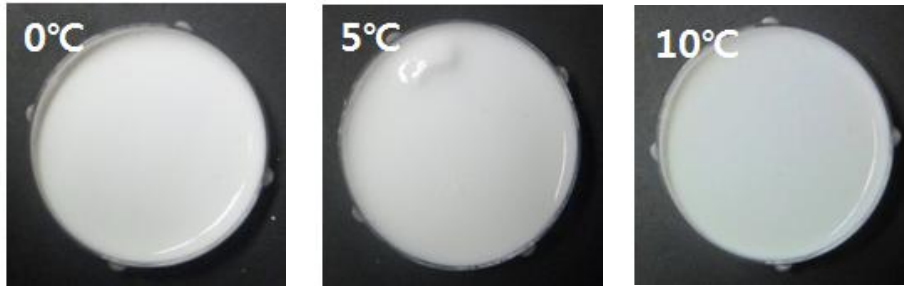


그림 1-1. 잠열재 외관



그림 1-2. Vedio microscope system($\times 160$) 을 이용한 잠열재 외관



그림 1-3. Vedio microscope system($\times 500$) 을 이용한 동결건조 후 잠열재 외관

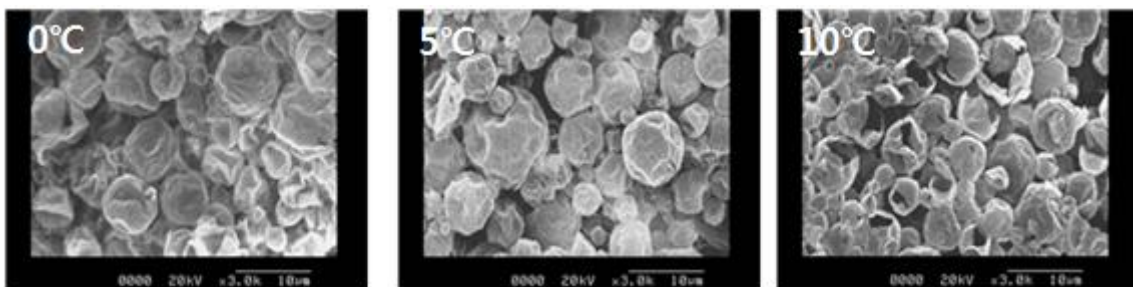


그림 1-4. 동결 건조 후 잠열재 SEM 측정



그림 1-5. 0 °C 개발 잠열재(왼쪽 위)



그림 1-6. 10°C 개발 잠열재(왼쪽 위)

(2) 잠열재의 열적특성 분석

(가) 0°C 개발 잠열재의 freezing cycle 및 melting cycle



그림 1-7. 0°C 개발 잠열재의 freezing cycle

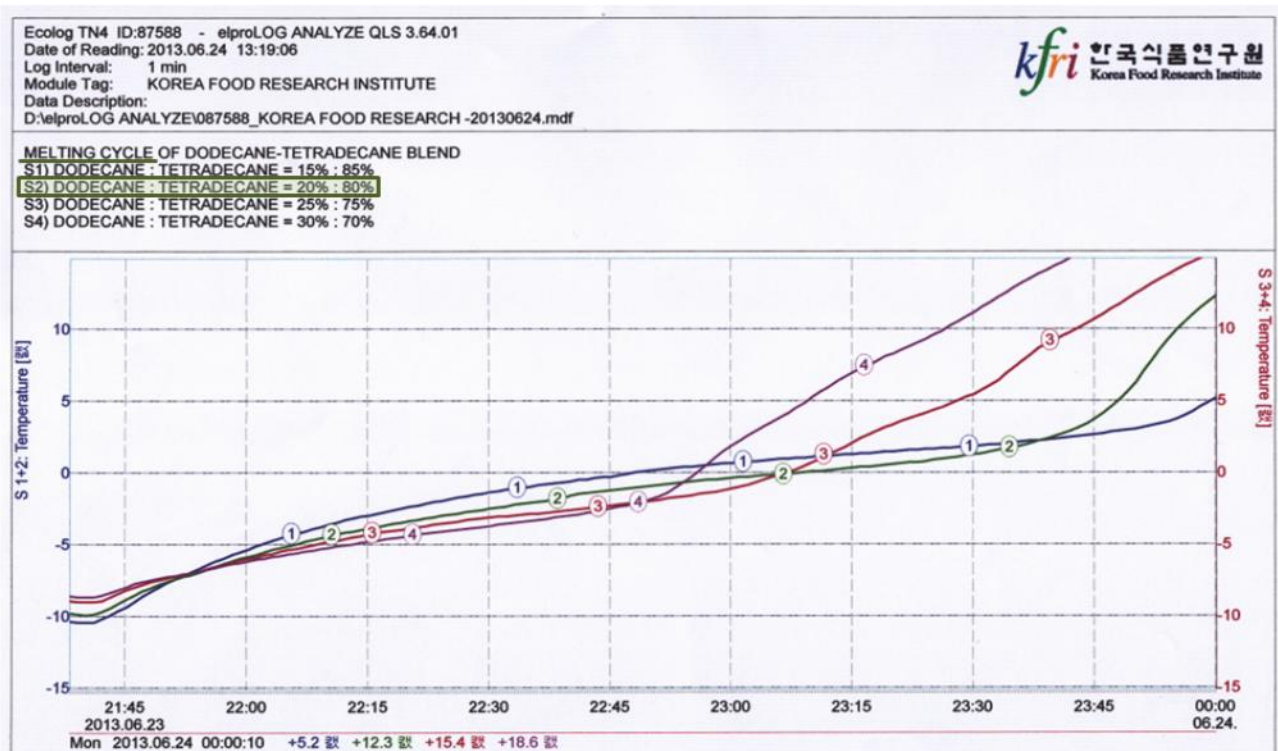


그림 1-8. 0°C 개발 잠열재의 melting cycle

(나) 10℃ 개발 잠열재의 freezing cycle 및 melting cycle

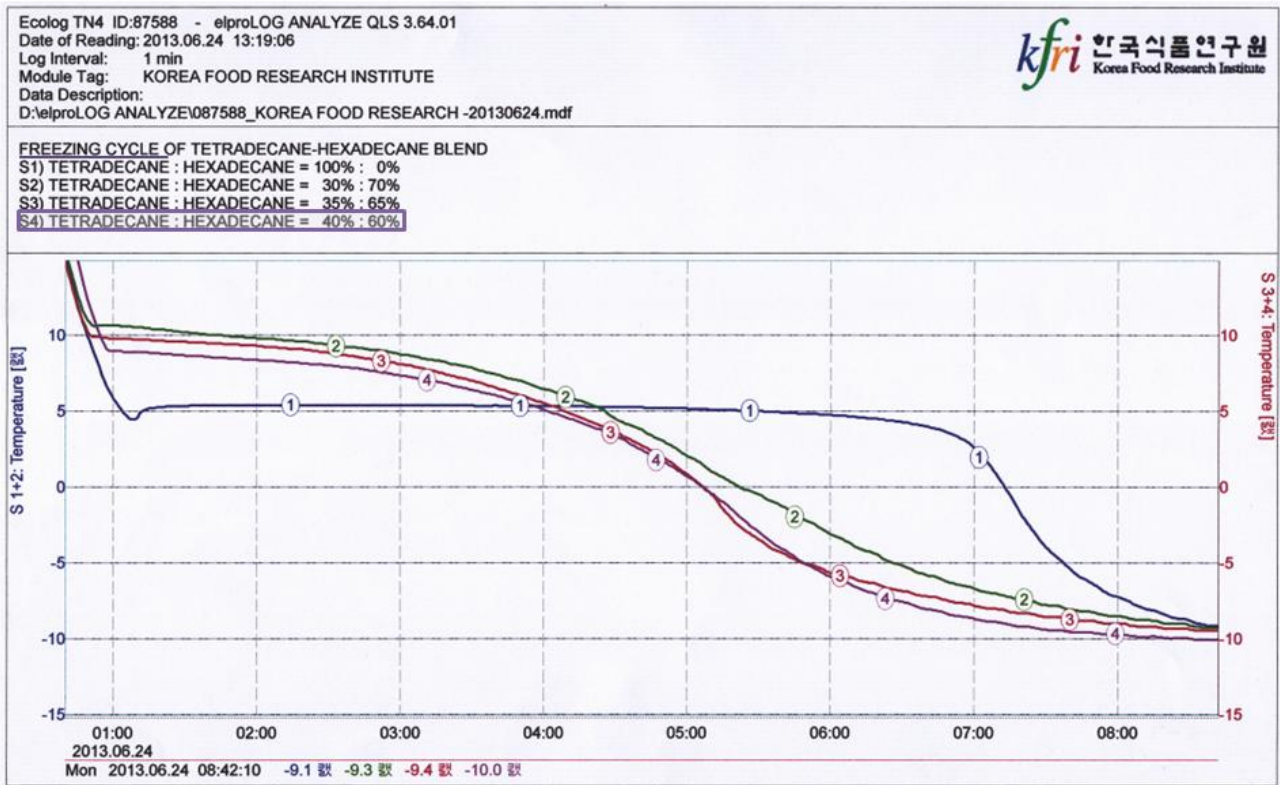


그림 1-9. 10℃ 개발 잠열재의 freezing cycle

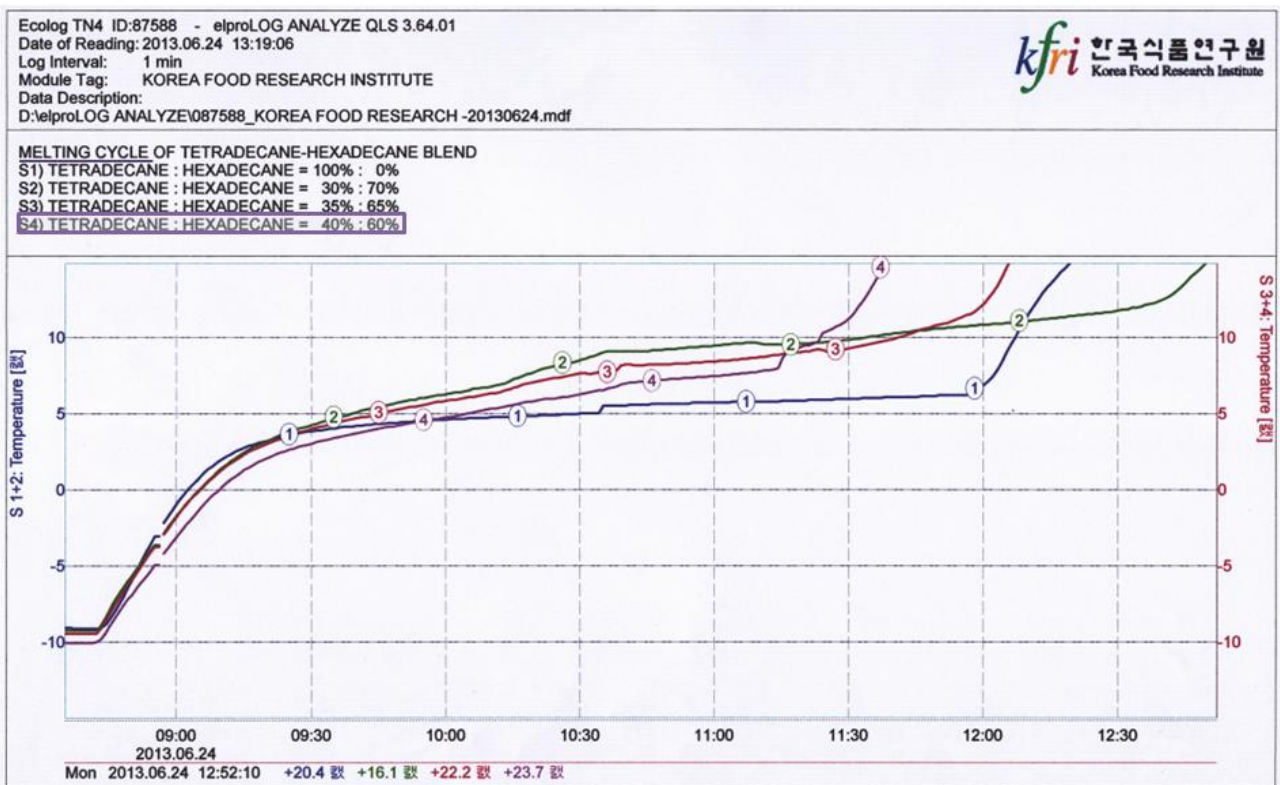


그림 1-10. 10℃ 개발 잠열재의 melting cycle

(다) Differential scanning calorimetry(DSC) 측정

DSC를 이용한 잠열재의 열적 특성 결과는 그림 1-11, 1-12, 1-13에 나타내었다. 상변화 시작온도(Onset), 상변화 종료온도(Endset), 최대잠열 온도(Peak)를 측정하였다. 0°C 유지 PCM의 열 특성은 상변화 시작온도(Onset), 상변화 종료온도(Endset), 최대잠열 온도(Peak)가 각각 -5.97°C, 6.24°C, 1.75°C이며 엔탈피(ΔH)는 211.34 J/g이다. 5°C 유지 PCM의 열 특성변화는 Onset -5.18°C, Endset 7.43 °C, Peak 2.17 °C, ΔH 231.43 J/g 이었으며, 10°C 유지 PCM은 Onset -5.34°C, Endset 7.18°C, Peak 2.50°C ΔH 213.84 J/g 로 측정되었다.

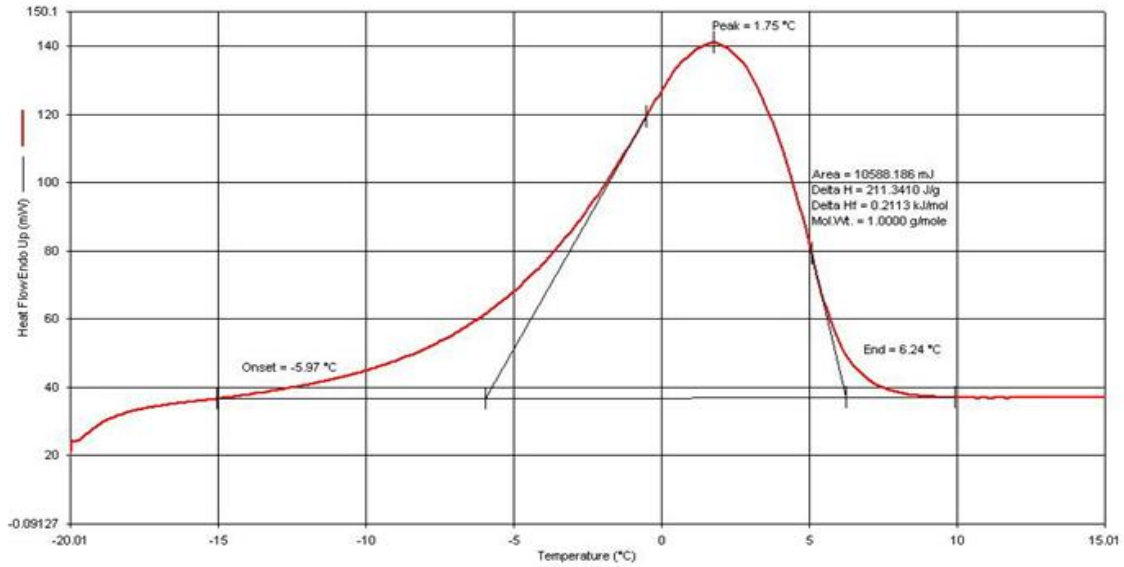


그림 1-11. 0°C 유지 잠열재의 열적특성 변화

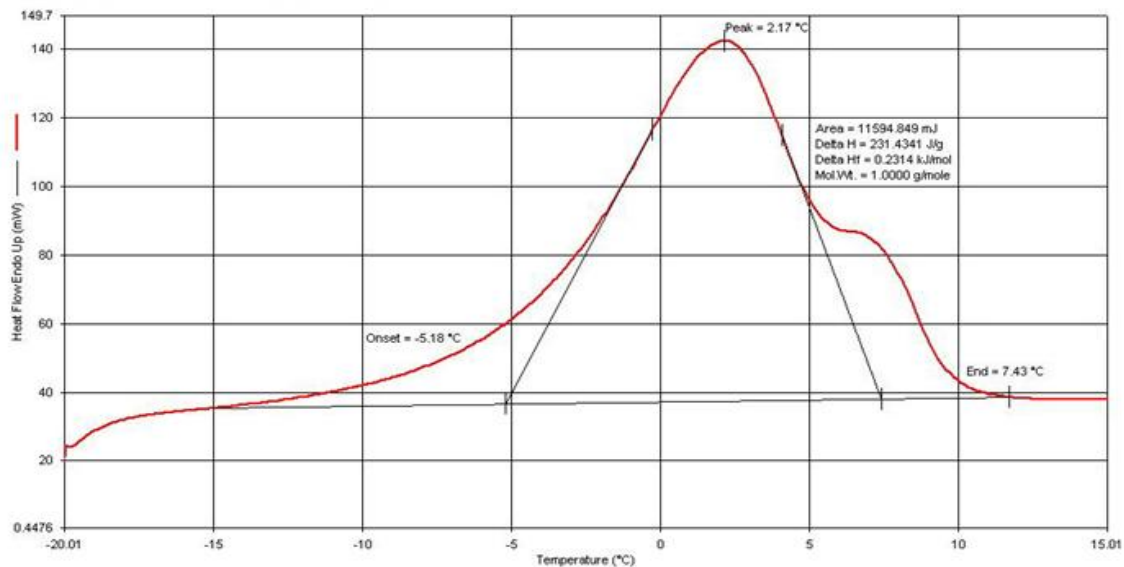


그림 1-12. 5°C 유지 잠열재의 열적특성 변화

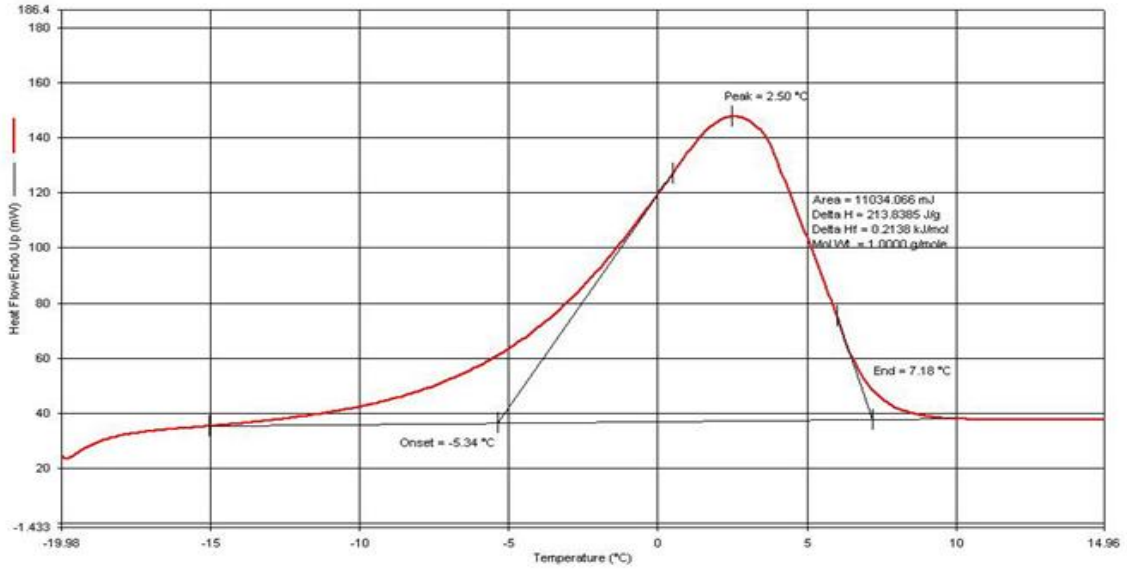


그림 1-13. 10°C 유지 잠열재의 열적특성 변화

다. 2차 잠열재 특성 분석

(1) 잠열재의 표면 분석

잠열재의 표면 분석은 액상상태로 Vedio microscope system, 동결건조 후 SEM을 통하여 측정하였으며 300회 재사용 후 표면적인 차이는 나타나지 않고 마이크로캡슐화 및 혼합된 밀도 상태가 매우 양호 하여 재사용이 충분히 가능하므로 경제적인 냉각열 공급으로 가능할 것으로 판단되었다.

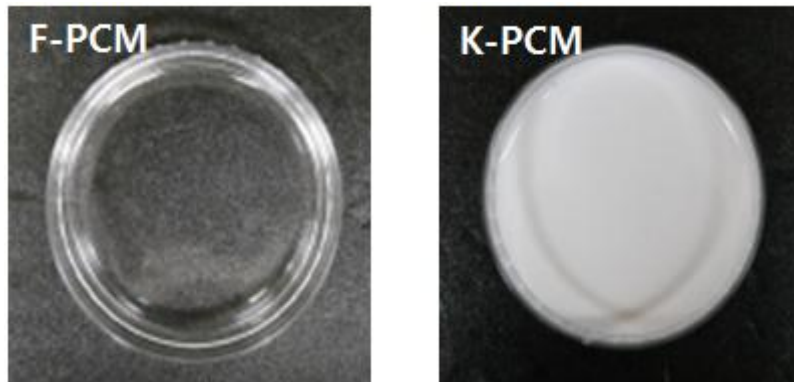


그림 1-14. 잠열재 외관

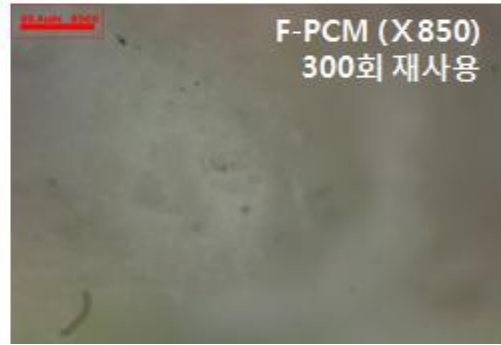
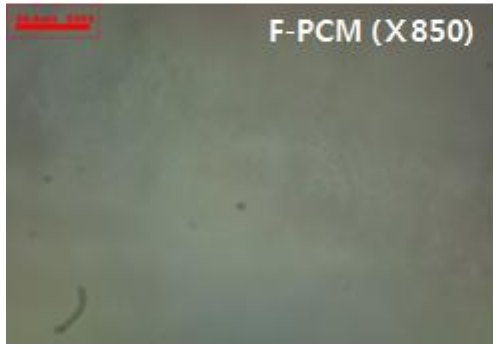
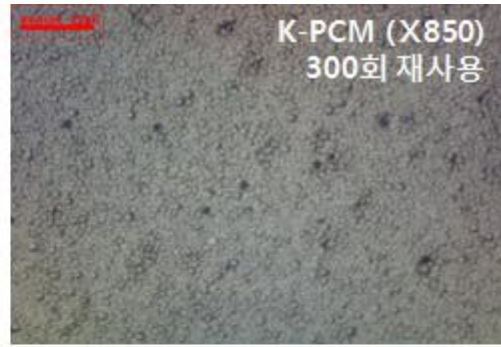


그림 1-15. Vedio microscope system을 이용한 잠열재 외관 측정

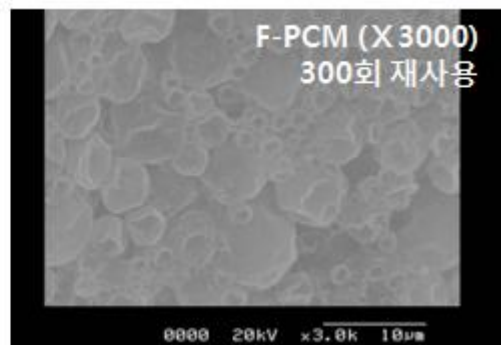
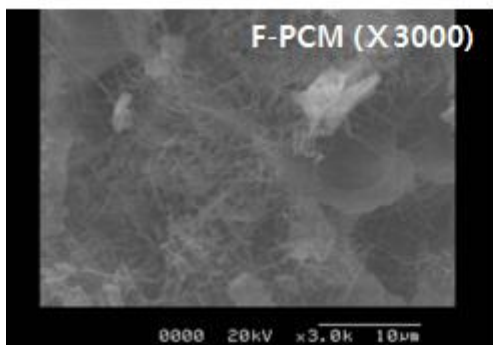
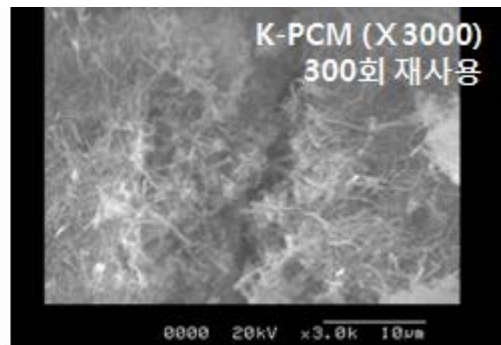
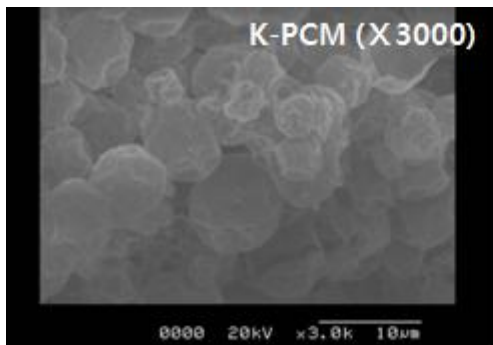


그림 1-16. 동결 건조 후 SEM 측정

(2) 잠열재의 열적 특성 분석

(가) 열적특성 및 과냉도

본 연구에서에서 개발한 잠열재(K-PCM)와 (주)FMSkorea 개발 잠열재(F-PCM)의 열적특성 분석 결과는 그림 1-17에 나타내었다. 과냉도는 냉각과정 동안 과냉각 상태를 유지한 최저온도 T_f 와 빙점을 시작하는 온도인 상변화 온도 T_p 와의 온도차로 계산하여 아래와 같이 제시하였다. 과냉도는 수용액의 부피, 순도, 냉각속도, 용기표면의 상태, 용액의 교반 상태 등에 따라 달라지며 저온축열물질의 상변화온도에서 상변화하지 않고 과냉도만큼 냉각된 후 결정을 생성하므로 냉동기의 COP 저하 요인이 된다(Kim 등, 2003).

$$\Delta T = T_p - T_f$$

F-PCM 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 222.37 J/g, -280.13 J/g으로 측정되었다. 이때 peak 온도는 -23.68°C, -1.46°C, 과냉도는 3.66°C로 측정되었다.

K-PCM 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 221.00 J/g, -239.51 J/g으로 측정되었다. 이때 peak 온도는 -24.67°C, 5.86°C로 측정되었다. K-PCM은 peak 가 2개씩 나타났으며, 이는 내부와 외부물질로 구성된 이중구조의 캡슐형성 및 서로 다른 물질이 존재하는 것을 보여주었다. 과냉도는 1.56°C로 측정되어 F-PCM보다 낮은 과냉도 값을 나타내며 과냉도값이 낮은 것은 축열물질과 냉열원과의 온도차의 증가로 열전달율이 커져 상변화온도까지의 소요시간이 단축되었기 때문으로 사료된다(Kim 등, 2003).

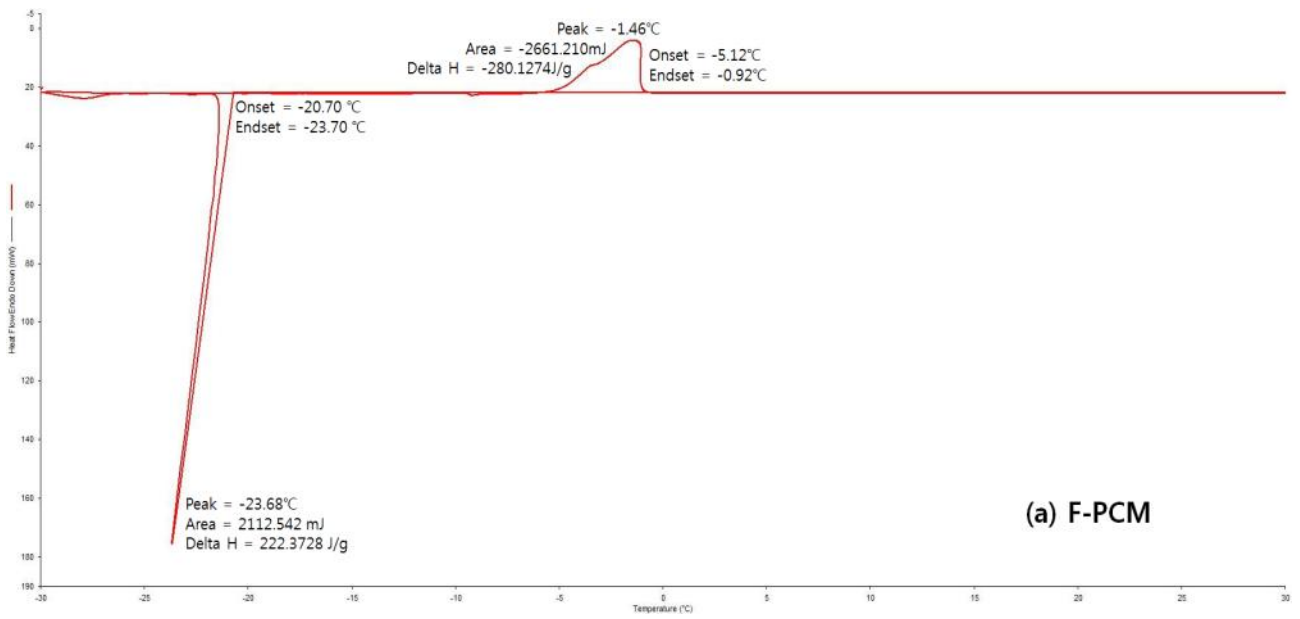
(나) 물성안정

물성안정 실험 결과는 그림 1-18에 나타내었으며, 실험은 상변화 물성이 300사이클에 도달할 때까지 수행 후 DSC를 측정하였다.

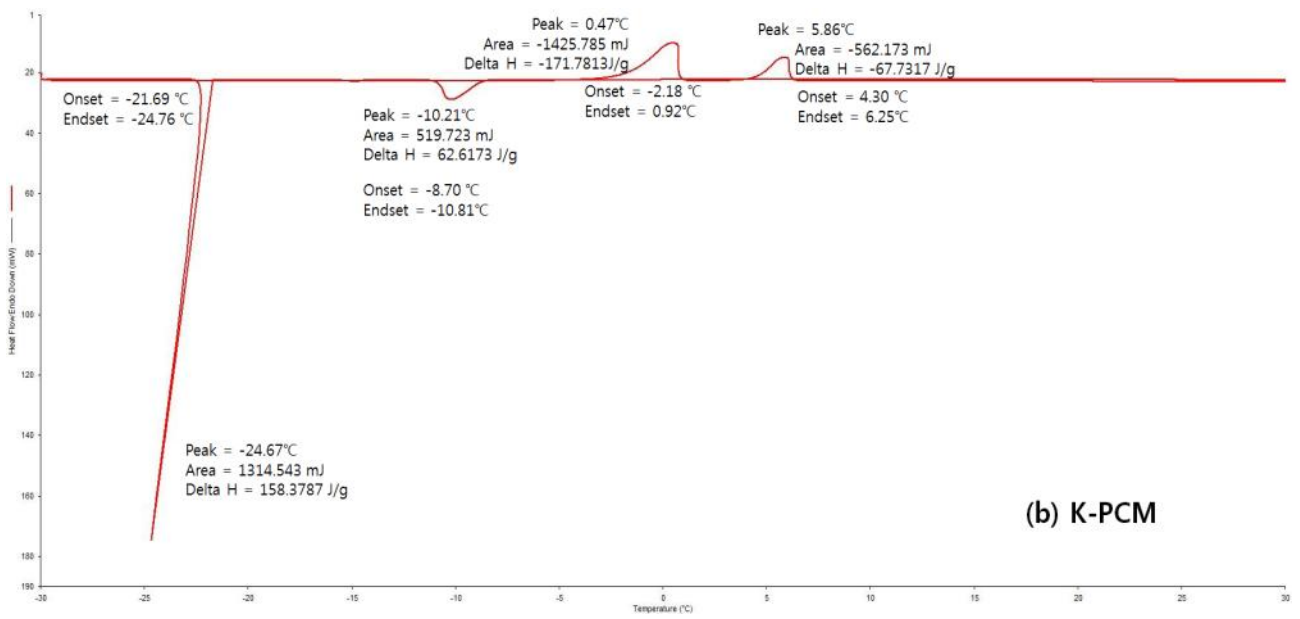
F-PCM 초기 조건에서 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 222.37 J/g, -280.13 J/g, 300 사이클 후에는 183.01 J/g, 231.57 J/g로 분석되었다. peak 온도는 초기조건에서 발열 및 흡열 시 각각 -23.68°C, -1.46°C, 300 사이클 후 -18.32°C, -1.88°C로 분석되었다.

K-PCM 초기 조건에서 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 221.00 J/g, -239.51 J/g, 300 사이클 후 208.45 J/g, 223.63 J/g으로 분석되었다. peak 온도는 초기조건에서 발열 및 흡열 시 각각 -24.67°C, 5.86°C, 300 사이클 후 -23.57°C, 5.89°C로 분석되었다.

F-PCM, K-PCM 모두 사이클이 증가할수록 잠열 에너지 값이 감소하는 경향을 나타내었고, K-PCM은 peak 온도는 큰 차이가 없었으나 F-PCM은 300사이클 후 발열 peak 값이 낮아지는 것이 확인되었다. 향후 장기간 사용하기 위해서는 잠열이 감소하는 요인을 구명할 필요가 있는 것으로 판단되었다.



(a) F-PCM



(b) K-PCM

그림. 1-17. 잠열재의 DSC

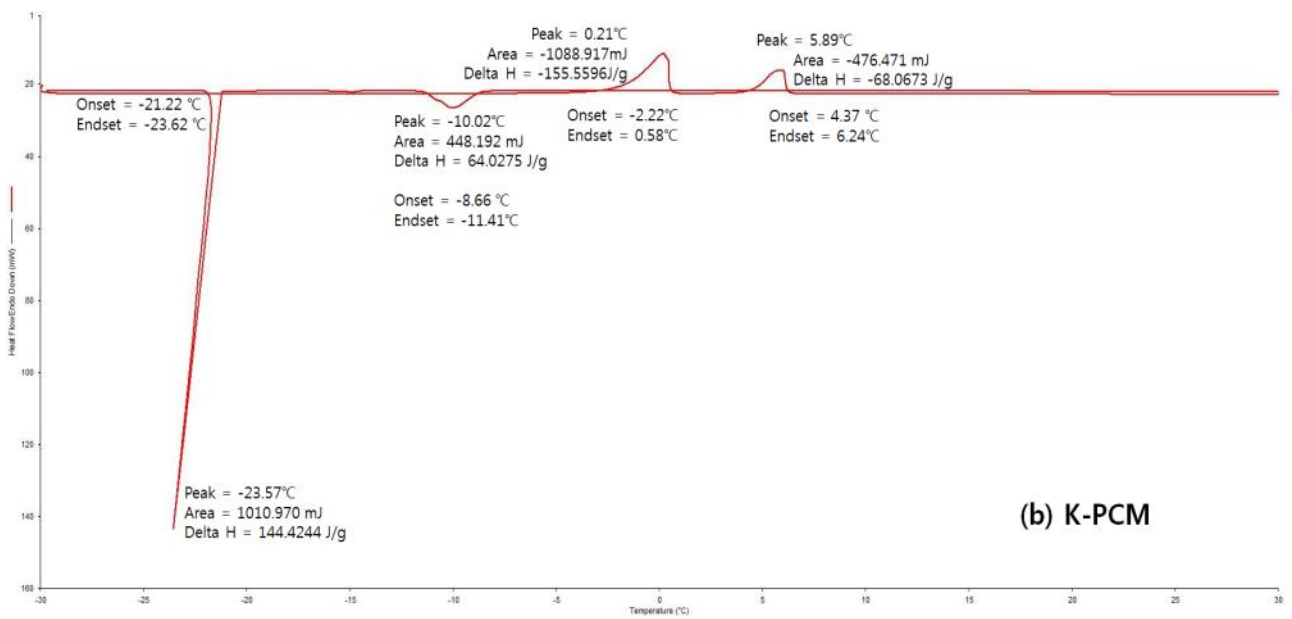
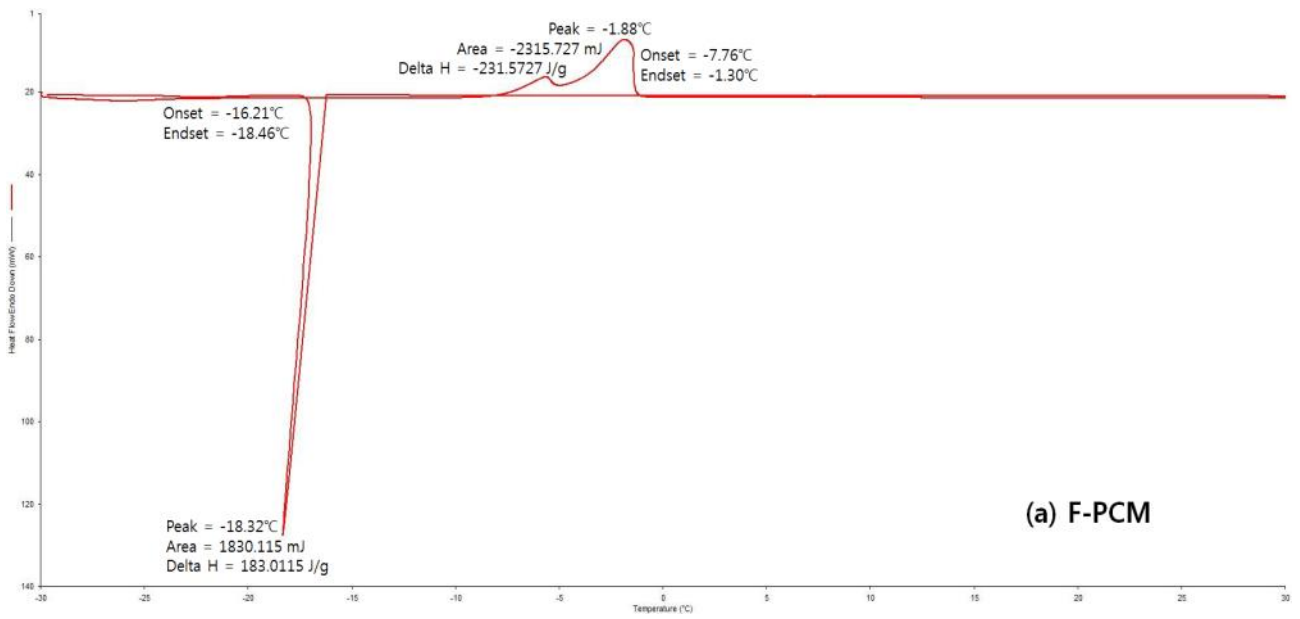


그림 1-18. 300회 재사용한 잠열재의 DSC

제 2 절 Peltier effect 기반 에너지 지속형 수배송용 열전소자 선정 및 통합공정 개발

1. 열전소자 선정 및 이론적 배경

가. 열전소자의 이론적 배경

(1) Peltier 냉각효과

Thermoelectric Module은 P-형 및 N-형 반도체로 구성된다. N-형 반도체는 초과 전자를 갖고 있으며 P-형 반도체는 반대로 전자가 부족한 반도체이다. 전기회로 내에서는 축전지의 음극으로부터 전자가 두 개의 반도체를 통해서 양극을 향해서 흐르는 동안 N-형 반도체에서는 초과 전자가 P-형 반도체에서는 정공이 열을 방열기로 이동시킨다.

정공은 가상적인 입자로서 P-형 반도체내의 부족한 전자의 자리에 있으면서 양전하를 가지고 있다는 점 이외에는 전자와 꼭 같은 입자이다. 이와 같이 방열기로 이동된 열량은 아래와 같이 표시된다.

$$Q_p = S \cdot I \cdot T_c \quad \text{Equation 1.}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= \text{펠티어냉각효과 [WATT]} \\ S &= \text{씨이백계수 [VOLT/°C]} \\ I &= \text{전류 [AMP]} \\ T_c &= \text{저온접점온도 [°C]} \end{aligned}$$

한편 두 접점 사이의 온도차로 인하여 높은 온도에서 낮은 온도로 두 반도체를 통하여 열이 반대 방향으로 역류한다. 이 열량은 아래 식으로 표시된다.

$$Q_c = C \cdot \Delta T \quad \text{Equation 2.}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= \text{역류하는 열량 [WATT]} \\ C &= \text{열전도계수 [WATT/°C]} \\ \Delta T &= \text{접점온도차 [°C]} \end{aligned}$$

반도체 내에서 발생하는 줄열(JOULIAN HEAT)는 양분되며 절반은 고온 접점으로 이동하므로 결국 아래에 표시하는 열량 Q_R [WATT]가 저온 접점을 향해서 역류하게 된다.

$$Q_R = \frac{1}{2} \cdot R \cdot I^2 \quad \text{Equation 3.}$$

여기서 R = 반도체의 저항 [OHM], 그러므로 결과적으로 얻는 순수 냉각효과는 아래와 같다.

$$Q_N = Q_p - Q_R - Q_c$$

$$= S \cdot T_C \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - C \cdot \Delta T \quad \text{Equation 4.}$$

$$R = \varsigma \cdot L/A \quad \text{Equation 5.}$$

$$C = K \cdot A/L \quad \text{Equation 6.}$$

$$\begin{aligned} \varsigma &= \text{반도체의 비저항 [OHM-cm]} \\ L &= \text{반도체의 길이 [cm]} \\ A &= \text{반도체의 단면적 [cm}^2\text{]} \\ K &= \text{반도체의 열전도율 [WATT/cm}^\circ\text{C]} \end{aligned}$$

$$R \cdot C = \varsigma \cdot K \quad \text{Equation 7.}$$

(2) 최대 냉각능력

펠티어 효과에 의한 냉각능력 Q_p 는 전류 I 에 정비례하여 증가하는 반면 냉각효과를 방해하는 줄열은 전류의 자승에 비례하여 증가한다.

냉각효과를 방해하는 또 한 가지는 반도체를 통해서 고온접점에서 저온접점으로 흐르는 열량이 있으며 이것은 온도차에 정비례하여 증가한다. 따라서 접점 사이의 온도차가 작을 때에는 순수냉각능력 Q_N 은 전류 I 가 증가 할수록 증가하지만 I 가 커질수록 점차 Q_N 의 증가가 둔화되며 I 가 어느 한계를 넘으면 Q_N 이 감소하기 시작하고 극단적으로는 $Q_N=0$ 이 된다.

그러므로 최고냉각능력 $Q_{N(MAX)}$ 에 도달한 후에는 전류 I 를 증가시키는 것은 무의미하다. $Q_{N(MAX)}$ 의 값을 구하자면 식 Equation 13를 I 로 미분하여 0으로 놓아 얻은 I 의 값을 아래와 같이 구하고

$$I_{(MAX)} = \frac{S \cdot T_C}{R} \quad \text{Equation 8.}$$

이것을 다시 Equation 13 에 대입하여 얻으며, 그 결과는 아래와 같다.

$$Q_{N(MAX)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S^2 T_C^2}{R} - C \cdot \Delta T \quad \text{Equation 9.}$$

(3) 펠티어효과의 가열능력

열역학 제1법칙에 의하여 펠티어 가열기의 가열능력 Q_H 은 위의 Equation 4 로 표시된 순수 냉각효과 Q_N 와 이 효과를 일으키게 하기 위하여 가한 사용 에너지 Q_I 를 합한 에너지 량이 된다. 즉

$$Q_H = Q_N + Q_I \quad \text{Equation 10.}$$

사용에너지 Q_I 는 아래 식으로 표시 된다.

$$Q_I = I \cdot V_T \quad \text{Equation 11.}$$

여기서 $V_T I \cdot R \cdot S \cdot \Delta T$ 는 단순회로(접점 사이에 온도차가 없는)의 기전력과 씨이백효과에 의하여 발생할 기전력을 합한 것이다. 즉

$$VI = I \cdot R + S \cdot \Delta T \quad \text{Equation 12.}$$

$$Q_I = I \cdot (I \cdot R + S \cdot \Delta T) \quad \text{Equation 13.}$$

식 Equation 4와 Equation 13을 Equation 10에 대입하여 정리하면

$$Q_N = S \cdot I \cdot T_H + \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - C \cdot \Delta T \quad \text{Equation 14.}$$

(4) 성적계수

냉각효과 또는 가열효과를 규정하기 위하여 아래와 같이 정의 되는 성적계수 (Coefficient of Performance (COP))를 사용한다.

(가) 냉각효과 성적계수

냉각효과 성적계수는 Equation 4로 표시된 순수냉각효과 Q_N 을 Equation 13로 표시된 Q_I 입력으로 제한 것이다.

$$\begin{aligned} (COP)_C &= \frac{Q_N}{Q_I} \\ &= \frac{S \cdot T_C \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - C \cdot \Delta T}{I^2 \cdot R + S \cdot \Delta T \cdot I} \quad \text{Equation 15.} \end{aligned}$$

이 정의를 말로 표현하면 주어진 소비전력이 얼마나 유효하게 냉각효과를 발생했는가를 측정하는 척도가 된다. 이는 최대값에 도달한 후 다시 감소하게 된다.

$(COP)_C$ 는 P-형 및 N-형 반도체의 단면적, 길이, 열전도율, 빛 비저항에 의하여 변하며 이론적으로 이들을 종합한 최적 관계를 구할 수 있다. 이 최적구조를 유지하도록 하여야 하며 이것을 만족하는 한 쌍의 반도체접점의 $(COP)_C$ 가 최대가 되는 전류 I의 값은 Equation 15를 I로 미분하여 0으로 놓음으로써 구할 수 있으며 아래 식과 같다.

$$I_{(MAXCOP)} = \frac{S \cdot \Delta T}{(M-1) \cdot R} \quad \text{Equation 16.}$$

$$(COP)_{C(MAX)} = \frac{T_C}{T_H - T_C} \times \frac{M - (T_H/T_C)}{M + 1} \quad \text{Equation 17.}$$

$$M = \sqrt{1 + Z \cdot (T_H + T_C)/2} \quad \text{Equation 18.}$$

여기에서 Z를 성능지수 Figure of Merit라고 하며 P-형 및 N-형 반도체의 상용 S, K, 및 ς 의 값이 같을 때에는 아래 식으로 간소화 된다.

$$Z = S^2 / (\kappa \cdot \varsigma) \quad \text{Equation 19.}$$

$I_{(MAXCOP)}$ 은 냉각효과를 가장 경제적으로 얻기 위한 전류의 값을 나타내며 이것을 Equation 13에 대입하면 그 때의 냉각효과를 얻을 수 있다.

$$Q_{N(MAX)} = \frac{2 \cdot C \cdot \Delta T \cdot M[M - (T_H/T_C)]}{(M-1)[1 + (T_H/t_C)]} \quad \text{Equation 20.}$$

Equation 13.를 다시 정리하면

$$\Delta T = \frac{S \cdot T_C \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - Q_N}{C} \quad \text{Equation 4'}$$

위에서 $Q_N=0$ 이 될 때 ΔT 가 최대가 됨을 알 수 있다.

$$\Delta T_{MAX} = \frac{S \cdot T_C \cdot I - \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot R - Q_N}{C} \quad \text{Equation 4''}$$

ΔT_{MAX} 를 I로 미분하여 0으로 놓을 때의 I의 값을 구하여 Equation 4''에 대입하면 아래 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta T_{MAX} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(S \cdot T_C)^2}{RC} \\ &= \frac{1}{2} \cdot Z \cdot T_C^2 \end{aligned} \quad \text{Equation 21.}$$

최대 냉각효과를 얻는 조건하의 $(COP)_C$ 의 값은 Equation 9에서 구할 수 있으며 아래와 같다.

$$(COP)_{C(MAXQ_N)} = \frac{\Delta T_{MAX} - \Delta T}{Z \cdot T_H \Delta T_C} \quad \text{Equation 22.}$$

(나) 가열효과 성적계수

펄티어 장치에서 가열 점점의 열을 이용할 때 이것을 펄티어 히트펌프(Peltier Heat Pump)

라고 부른다. 펠티어 히트펌프의 성적계수는 아래와 같이 정의한다.

$$\begin{aligned}
 (COP)_H &= \frac{Q_H}{Q_I} \\
 &= 1 + \frac{Q_H}{Q_I} \\
 &= 1 + (COP)_C \quad \text{Equation 23.}
 \end{aligned}$$

펠티어 효과를 가열에 응용할 때는 전기저항을 이용한 가열기보다 효율이 높다. 즉 후자의 경우 이지만 펠티어효과를 이용한 가열기는 $(COP)_H = 1 + (COP)_C > 1$ 이기 때문에 가한 입력보다 많은 출력을 얻을 수 있다.

나. 열전소자의 선정

(1) 냉각용 열전소자

- 제시된 목표에 맞는 냉장고의 성능을 얻으려면 중요한 것이 적은 전류로 목적을 달성해야 하는 어려운 난제로 이를 달성하기 위하여 검토한바 3 가지의 문제점이 발생한다.

문제점

- ① 열전효율이 높고 열 전도성은 아주 낮은 소재를 사용한 열전소자를 택해야함. 즉 성적계수가 높은 소재를 사용한 열전소자를 택해야 함.
- ② 외기온도 30°C 이상의 고온에서 내부는 0°C까지 내려야 하는 즉, 높은 온도 차를 낼 수 있는 열전소자를 사용해야 함으로 2단의 열전소자를 사용해야함.
- ③ 열전소자에서 말하는 최대 성적계수와 최대 흡수열량, 최대 온도 차를 나타내는 성능지수 Z로 나타내는데 Z의 값이 높을수록 이들 값이 상승한다. 그러므로 Z의 값이 높을수록 유리함.

성능지수(Z) 에서 알 수 있는 바와 같이 열전반도체의 씨이백계수 S가 큰 것이 무엇보다 바람직하고 열전도율 κ 및 비저항 ζ 가 작아야 한다.

$$Z = \frac{S^2}{\kappa \cdot \zeta}$$

이와 같은 장점을 갖고 있는 반도체 중 가장 널리 쓰이고 있는 열전반도체는 Bismuth Telluride로 이 열전반도체의 열전 특성치는 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 Z &= 0.003/^\circ\text{C} \\
 S &= 210 \mu\text{Voc}/^\circ\text{C} \\
 \zeta &= 1 \text{ OHM}-\text{M} \\
 \kappa &= 1.5 \text{ WATT}/\text{MC}
 \end{aligned}$$

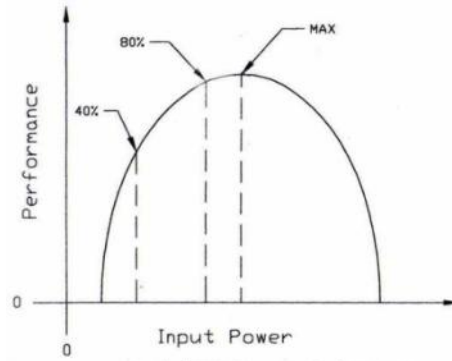


그림 2-3. Typical TEC-power vs. performance

열전소자의 특성에 따라 다르지만 인가전압을 V_{max} 의 40~50%를 인가하게 되면 성능계수는 (COP)는 0.5보다 높은 COP를 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서 제작시 선정된 열전소자 2HT-085-S, 3개를 직렬로 연결하는 것으로 하고 냉각장치를 제작하였다. 이때 각 열전소자에 인가되는 전압은 8V로서 V_{max} 의 50% 정도이다.

(2) 가열용 열전소자

다단열전소자로서 가열을 하게 되면 가열 시 높은 열전소자 연결 접점이 온도로 인하여 단락이 되게 됨으로 단 단의 이 열전소자를 사용해야 한다.

열전소자는 가열 시 (-) 로 대전된 쪽에서 열을 흡수하여 (+) 로 대전된 쪽으로 이동시킴으로 1 쪽에서 흡수하는 열량만큼 가열 효과가 높게 나타남으로 높은 에너지효율을 보이는 것이다. 위의 냉각소자와 같은 소재를 사용한다. 단 $T_{max}=220^{\circ}\text{C}$ 인 HT-15-15-S 라는 열전소자를 사용한다. 이 열전소자를 두 개를 직렬로 하여 24V를 인가하면 6A의 전류가 흘러 냉각장치로 제작한 2HT-085-S 3개를 직렬로 연결한 것과 비슷한 전기소모를 보이므로 본 냉/온장고를 제작 System을 구축함에 무리가 없다고 판단되었다.

표 2-1. HT-15-15-S의 spec

Overall Dimension, mm	40±0.1x40±0.1x6.5±0.1 sealed
Max. current, $I_{max}=A$	11.4
Max. voltage, $V_{max}=V$	24.75
Electrical resistance, R, Ohms	1.5±0.1
Max. cooling capacity, $Q_{max}=W$	173
Max. temp. diff., $dT_{max}=^{\circ}\text{C}$	69 ($T_h=25^{\circ}\text{C}$)
Max. hot side temp., $T_{max}=^{\circ}\text{C}$	220
Minimum figure of merit, Z, 1/K	0.00275
Parallel difference, mm	±0.05
Thickness tolerance, mm	±0.05
Wire length, mm, Gauge	150±10, 18AWG

제 3 절 신선식품의 통합형 수배송 시스템 유통환경 분석 및 확립

1. 기존 유통환경 분석

가. 소고기의 일반 택배 유통과정 중 온도변화 측정

소고기의 일반 택배유통과정 중 온도변화를 살펴보기 위하여 한우 등심(평창영월정선 축산농협, 대관령)을 구매하여 실험에 사용하였다. 한우의 유통과정은 [도축-예냉(24시간)-발골-진공포장- chiller - 2주 냉장보관-재포장-배송]의 과정에 의하여 배송되어지며, 본 연구에서 배송은 수원, 서울, 분당 3 곳으로 배송시킨 후 박스 표면과 박스 내부 온도를 각각 측정하였으며, 포장은 EPS box에 등심 500 g 4팩과 일반잠열재 1개를 넣어 포장하였다.

<p style="text-align: center;">도축</p> 	<p style="text-align: center;">예냉</p> 
<p style="text-align: center;">발골</p> 	<p style="text-align: center;">진공포장</p> 
<p style="text-align: center;">CHILLER</p> 	<p style="text-align: center;">냉장보관</p> 
<p style="text-align: center;">재포장(진공/산소)</p> 	<p style="text-align: center;">배송</p> 

그림 3-1. 소고기의 유통과정

나. 두부의 수송시스템 온도모니터링

두부의 유통 중 샘플 온도를 측정하기 위하여 가공공장에서 출고될 때부터 소비자에게 도착할 때까지 유통 중 온도를 측정하였다. 온도 측정은 일반적 배송방법인 냉장탑차를 이용한 배송 중 온도와 본 연구에서 개발한 수배송용기를 이용한 배송 중 온도를 비교하여 측정하였다. 개발 수배송용기는 축전지를 충전 한 후 내부 온도를 5℃로 설정하여 배송을 실시하였다.

두부를 소매장에서 소비자가 구매하는 유통 단계에서의 품질 변화를 측정하기 위하여 pH, 산도, 색도, 미생물, 관능평가를 실시하였다. 제조 된 두부가 가공공장에서 최종 판매처인 소매장에 도착 후 소비자가 구매한 시점을 0 day로 하고, 1, 2 day 총 3일 동안 소매장에서 추가로 두부를 구매하여 실험하였다. 두부는 개봉하여 1/2 ea는 0, 1, 2 day 실험 샘플로 사용한 후, 나머지는 개봉한 상태로 냉장고에 24시간 동안 저장 한 후 1, 2, 3 day 실험 샘플로 사용하였다.



그림 3-2. 두부 수송시스템



그림 3-3. 두부 저장

다. 소고기의 수송시스템 온도모니터링

소고기의 유통 중 샘플 온도를 측정하기 위하여 가공공장에서 출고될 때부터 소비자에게 도착할 때까지 유통 중 온도를 측정하였다. 온도 측정은 일반적 배송방법인 EPS box를 이용한 택배배송 중 온도와 본 연구에서 개발한 수배송용기를 이용한 배송 중 온도를 비교하여 측정하였다. 이 때 개발 수배송용기는 축전지를 충전하여 내부 온도를 5℃로 설정하여 배송을 하였다.

소고기를 소매처에서 소비자가 구매 후 보관 중 품질 변화를 측정하기 위하여 pH, 색도, 미생물, VBN, TBA를 실시하였다. 쇠고기의 구매 방법은 ① EPS box를 이용한 택배배송, ② 개

발 수배송용기를 이용한 택배배송, ③ 일반 마트 판매 총 3가지 시료를 구매하여 냉장 저장 중 품질 분석을 하였다. 냉장 저장 방법으로는 EPS box 배송과 마트 판매 시료는 일반 냉장고에 보관하였고, 개발 수배송용기 배송 시료는 수배송용기의 온도를 5℃로 설정한 후 DC 전원을 연결하여 저장하면서 품질 분석을 실시하였다.



그림 3-4. 안성 냉장창고 및 지육 택배포장



그림 3-5. 소분작업, 일반 택배형 포장, 개발 수배송용기

라. 소고기의 부위별 온도 모니터링

소고기의 부위별 유통 중 온도 변화를 측정하기 위하여 등심과 갈비를 구입하여 온도를 측정하였다. 소고기는 대관령한우마을에서 구입하였으며 등심은 냉장, 갈비는 냉동상태의 것을 구입하였다. 온도는 샘플 내부 및 외부 온도를 측정하였고, 택배 배송 후 5℃ 저장고에 저장하면서 5일간 온도를 측정하였다.



그림 3-6. 부위별 배송 상태

2. 연구결과

가. 소고기의 일반 택배 유통과정 중 온도변화

평창-서울 포장 2시간 후 내부 3.2℃, 외부 2.6℃까지 상승한 것으로 보아 택배 배송을 위해 냉동 창고에 나온 것으로 추정된다. 7시간 후 택배의 승하차가 이루어진 후 9~12시간까지 택배 분류작업 등으로 인하여 외부(1~2℃)에 있었던 것으로 추정되며, 14시간 이후 택배차량에 의해 배송중인 것으로 추정된다. 배송 중으로 추정되는 시간의 온도는 외부 1.7~3.1℃, 내부 0.3~2.2℃로 측정되었고, 서울 배송지까지 배송 중에 온도는 계속적으로 상승했는데, 이는 조사 당일 외기 온도가 최저 -3℃, 최고 3℃로 기록되어 동절기 특성상 냉장차 내 냉각기가 가동되지 않았을 것으로 추정된다. 배송 중 외부 온도는 1.6~3.1℃며, 이때 상자 내부의 온도는 0.8~2.2℃로 유지되었다. 냉장육의 유통과정 중 온도관리상 가장 큰 문제들은 주로 수송 초기와 말기 단계에서 많이 발생한다고 하였으며, 이는 상하차시 온도 상승에 의한 냉장육의 품질 저하가 야기될 수 있음을 의미한다(Lee 등, 1998). 동절기에는 일시적으로 짧은 시간동안 상하차 작업이 이루어지고 냉장 차내 냉각기를 가동하지 않는 것으로 추정되며, 하절기의 유통 중 온도측정 실험이 추후 필요한 것으로 판단된다.

평창-수원 보관 2시간 이후 온도 상승은 택배발송으로 인한 것으로 여겨지며, 6시간 이후 온도 상승은 택배 물류센터에서 승하차에 의한 것으로 보인다. 9-12시간에는 3시간가량 0.8~1.1℃ 사이에서 작업이 이루어진 것으로 보인다. 이때 시간은 2월 14일 20:10 ~ 23:20으로 이후 냉장창고에 약 7시간(2월 15일 06:40) 보관 후 수원에 배송된 것으로 보인다. 수원에 배송될 때까지 내부 온도는 1.1~2.3℃로 측정되었다.

외부 온도는 포장 후 2시간 동안 -4.4~-1.6℃의 온도로 측정되었고, 6.5시간 까지 0.1~-1.7℃를 유지하였으며 이는 냉장탑차 내부 온도일 것으로 여겨진다. 6.5~7시간, 9~12시간에서 영상의 온도를 나타내었는데 이는 택배 승하차 및 택배 분류에 의해 상온에 택배가 있었던 것으로 추정된다. 7~9시간(2월 14일 18:40~20:40), 12~18.5(2월 14일 23:40~2월 15일 06:20)시간은 -1.5~-0.4℃로 측정된 것으로 보아 냉장 보관된 것으로 여겨진다. 19시간 이후 지속적인 온도 상승은 수원 배송지로 택배 배송중 온도가 올라간 것으로 보이며 내외부 온도에 큰 차이가 나지 않았다. 동계시 외부 온도가 낮아 냉장탑차가 냉장온도로 배송을 하는지에 대해서는 판단하기 어려운 것으로 보인다.

평창-분당 평창-분당은 포장 2시간 후 택배 배송을 위해 냉장창고에서 나와 온도 상승이 약간 일어났으며, 6~7시간 사이, 택배 승하차 및 분류를 위한 온도상승이 있었다. 이후 9~15시간(2월 14일 20시~2월 14일 03시)까지 냉장보관 되어 온도가 하강하였다가, 배송차량에 실린 것으로 추정된다. 2월 15일 9시에 배송되었으나 부재중으로 인해 다시 택배사로 돌아가 2월 15일 9시 30분~2월 17일 6시 30분 까지 냉동보관 된 것으로 추정된다.

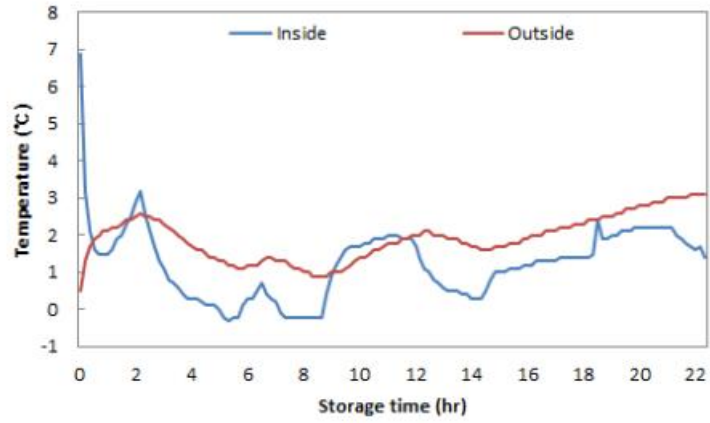


그림 3-7. 평창-서울 일반택배 유통 과정 중 온도변화

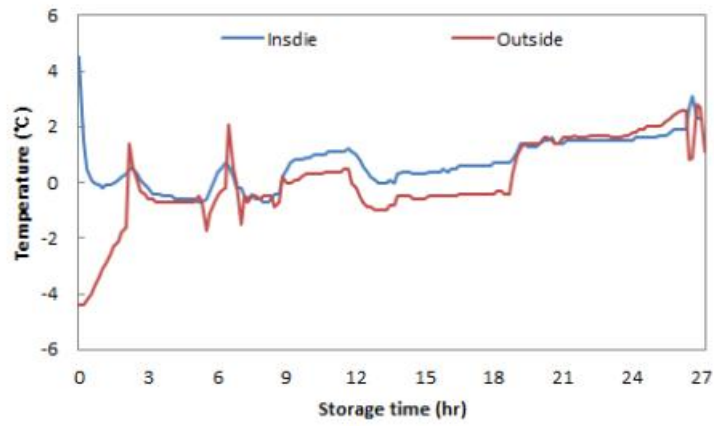


그림 3-8. 평창-수원 일반택배 유통 과정 중 온도변화

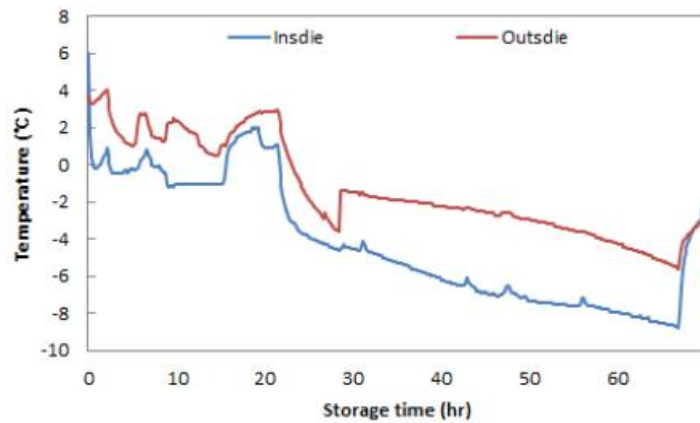


그림 3-9. 평창-분당 일반택배 유통 과정 중 온도변화

나. 두부의 수송시스템 온도모니터링 및 품질변화

일반 유통 중 온도변화 두부의 유통과정에 따른 온도 변화는 그림 3-10에 나타내었다. 두부는 [원당농협(제조)~양재하나로마트(도매처)~ 웰빙하우스석촌점(소매처)~소비자] 까지의 유통단계로 이루어진다. 제조공장에서 도매처까지 샘플 온도는 0~5℃를 유지하였으며, 이동시간은 30분 내외로 이루어졌다. 도매처인 양재하나로 마트 냉장보관창고에서 12 hr 동안 저장한 후 다음 유통과정이 이루어 졌다. 도매처에서 소매처로의 유통 중 냉장차량 온도는 0℃ 인 것으로 측정되었으며 이동 시간은 30분 내외로 이루어졌다. 소매처인 웰빙하우스 석촌점 도착 후 쇼케이스에 1~3일 동안 보관하였으며, 이때의 온도는 3~10℃의 온도를 유지하였다. 소매처~소비자까지 이동 중 샘플 온도 변화는 0~10℃를 유지하였으며, 외부의 온도가 15℃까지 상승하였으나 두부의 온도는 10℃를 넘지 않는 것으로 측정되었다.

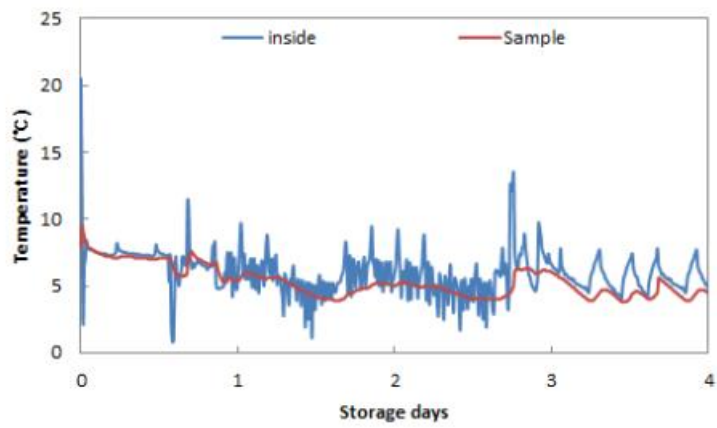


그림 3-10. 두부의 일반 유통과정에 사용되는 냉장차량의 온도변화

수배송용기를 이용한 유통 중 온도변화 본 연구에서 개발한 수배송용기를 이용한 유통 중 온도변화를 측정한 결과는 그림 3-11에 나타내었으며, 전 구간에 걸쳐 수배송용기내부, 샘플, 잠열재 모두 5℃ 내외 온도를 일정하게 유지하는 것으로 측정되었다.

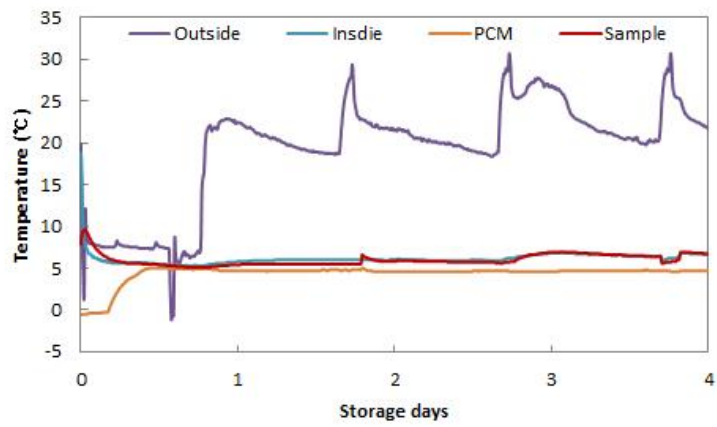


그림 3-11. 두부의 일반 유통과정에 사용되는 수배송 용기의 온도변화

유통과정 중 품질 측정결과(표3-1) 실험이 진행된 4일 동안은 두부의 품질에 변화는 일어나지 않았다. 특히, 개봉 후 1일이 지난 후에도 유의적인 차이를 나타내지 않아 추후 개봉 후 품질측정 관련 실험이 더 필요한 것으로 판단되었다.

표 3-1. 두부의 유통단계에서의 품질 분석

		저장일수 (day)			
		0	1	2	3
pH	냉장차량	5.95±0.01	5.90±0.03	5.85±0.01	-
	수배송용기	5.89±0.01	5.90±0.06	5.89±0.01	-
	냉장-개봉	-	5.92±0.03	5.87±0.02	5.84±0.01
	수배송-개봉	-	5.87±0.03	5.90±0.02	5.87±0.03
산도	냉장차량	0.56±0.01	0.50±0.03	0.52±0.00	-
	수배송용기	0.54±0.00	0.52±0.01	0.53±0.01	-
	냉장-개봉	-	0.50±0.03	0.52±0.01	0.54±0.02
	수배송-개봉	-	0.50±0.01	0.53±0.01	0.53±0.02
탁도 (Abs 600nm)	냉장차량	0.1002±0.02	0.0993±0.02	0.1088±0.01	-
	수배송용기	0.1067±0.01	0.0913±0.01	0.1008±0.00	-
	냉장-개봉	-	0.0899±0.00	0.0926±0.00	0.0897±0.01
	수배송-개봉	-	0.1013±0.01	0.0952±0.00	0.0813±0.01
미생물 (log cfu/g)	냉장차량	ND	ND	ND	-
	수배송용기	ND	ND	ND	-
	냉장-개봉	-	ND	ND	ND
	수배송-개봉	-	ND	ND	ND
L	냉장차량	89.10±0.34	88.72±0.32	88.84±0.55	-
	수배송용기	88.70±0.44	88.76±0.49	88.50±0.50	-
	냉장-개봉	-	88.35±0.42	88.67±0.22	88.84±0.28
	수배송-개봉	-	88.32±0.66	88.58±0.47	89.01±0.28
색도 a	냉장차량	2.12±0.10	1.99±0.20	1.87±0.07	-
	수배송용기	2.11±0.17	2.00±0.26	2.03±0.12	-
	냉장-개봉	-	2.10±0.18	2.00±0.26	2.13±0.31
	수배송-개봉	-	1.86±0.33	1.87±0.34	1.90±0.17
b	냉장차량	20.61±0.48	20.96±0.26	21.08±0.40	-
	수배송용기	20.97±0.70	21.00±0.60	20.92±0.73	-
	냉장-개봉	-	20.93±0.54	20.12±0.57	21.01±0.28
	수배송-개봉	-	20.60±0.43	20.46±0.75	20.56±0.58

다. 소고기의 수송시스템 온도모니터링 및 품질변화

유통단계별 온도 측정 소고기의 택배유통은 [안성물류센터-하나로 웰빙하우스 석촌점-택배배송-연구원]의 단계로 이루어졌으며, 0-2일 동안은 안성 물류센터에서 지육상태로 보관하였다. 2일차 택배배송으로 하나로 웰빙하우스에 지육이 도착하였고 이후 소분작업을 진행하였다. 이때 외부 온도가 15℃ 까지 상승하였고, 소분에 의해 샘플의 온도가 5℃ 까지 증가하였다. 소분·포장하여 냉장보관하면서 샘플 및 내부 온도가 0℃ 이하로 내려가는 것을 확인 할 수 있었으며, 하나로 웰빙하우스에서 연구원으로 택배를 이용하여 배송된 후 소고기는 일반냉장고에 저장되었으며, 이때 온도는 5-10℃ 사이를 유지하였다.

수배송용기를 이용한 소고기유통은 그림 3-13에 나타내었고, 수배송용기의 내부 및 샘플의 온도는 0℃ 이하를 유지하는 것을 확인 할 수 있었으며, 일반 냉장고와 비교하여 내부 온도 및 샘플 온도의 편차가 비교적 일정하였다.

배송 후 소고기의 품질 평가는 0, 7일 2번 실시하였는데, 7일 후 일반 냉장고에 저장된 소고기의 경우 부패가 진행되었다. 반면 개발 수배송용기를 이용하여 저장한 소고기는 갈변 및 이취는 발생하였으나 미생물이 $4.64 \pm 0.05 \log \text{cfu/g}$ 로 측정되어 일반 냉장고에 저장한 소고기보다 부패 진행속도가 지연되는 것으로 확인되었다.

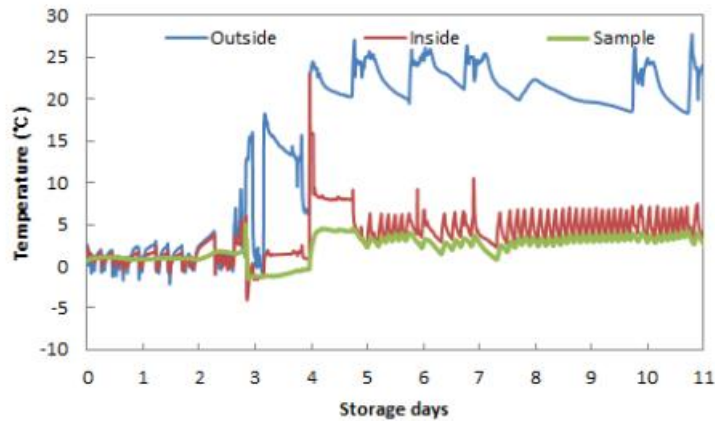


그림 3-12. 냉장탑차 유통온도 변화 및 일반냉장고 내에서 온도변화

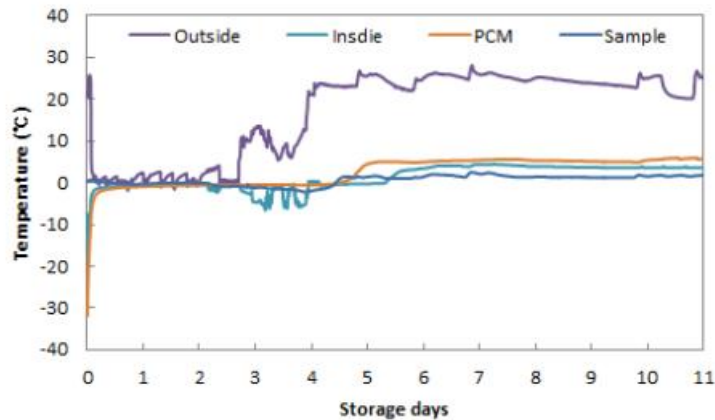


그림 3-13. 수배송용기를 이용한 유통시 온도변화 및 온도유지

표 3-2. 소고기의 유통단계에서의 소고기의 품질변화

		저장일수 (day)		
		0	7	
pH	냉장차량	5.77±0.06	5.54±0.14	
	수배송용기	5.50±0.17	5.44±0.10	
VBN	냉장차량	7.82±0.74	14.79±0.70	
	수배송용기	8.20±0.42	9.12±0.86	
TBA	냉장차량	0.86±0.27	1.30±0.14	
	수배송용기	0.56±0.27	1.18±0.19	
미생물 (log cfu/g)	냉장차량	3.03±0.02	6.20±0.09	
	수배송용기	3.11±0.68	4.64±0.05	
색도	L	냉장차량	41.92±2.09	46.62±3.71
		수배송용기	40.62±3.04	43.07±3.11
	a	냉장차량	22.70±4.09	10.01±1.54
		수배송용기	26.70±3.81	17.19±2.43
	b	냉장차량	13.44±1.32	8.18±1.43
		수배송용기	14.61±1.97	9.67±1.42

라. 소고기 부위별 유통 온도 측정

소고기의 등심 및 갈비의 유통온도 측정 결과는 그림 3-14에 나타내었다. 등심은 냉장상태의 것으로 초기 온도는 0.4℃ 이었으며, 배송이 24시간 동안 온도가 꾸준히 증가하여 5.5℃까지 증가하였고, 5℃ 저장고에 저장하면서 평균 -0.7℃의 온도를 유지하였다.

갈비는 초기온도 -15.3℃ 배송중 온도가 -1.0℃까지 증가 하였으며, 5℃ 저장고에 저장 중 평균 -0.8℃의 온도를 유지하였다. 외부온도 보다 샘플 온도가 낮게 유지된 것은 포장상태 그대로 저장고에 저장하였기 때문으로 사료된다.

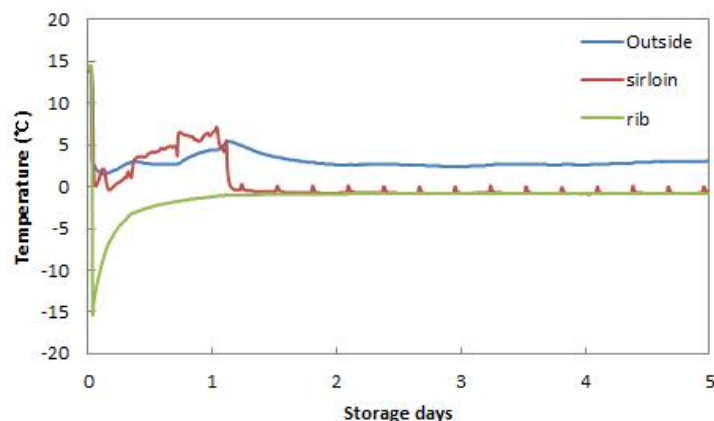


그림 3-14. 소고기 부위별 온도

2. 통합형 수배송 시스템 유통환경 확립을 위한 두부 품질 분석

가. 공랭식 저온수배송용기를 적용한 두부의 품질특성

두부(강릉초당두부, 한국)는 강릉초당두부에서 당일 배송 받았으며, 275g인 것을 사용하였다. 잠열재는 아이스청(청석, 한국)으로 250g × 8개(C-PCM) 및 (주)FMSKorea 개발 잠열재(FMS, 한국)로 500g × 4개를(F-PCM) 사용하였다. 수배송용기는 본 실험을 위해 열전소자를 적용하여 내부 온도를 일정하게 유지할 수 있는 것으로 제작하여 사용하였다. 처리구별 조건은 표 3-3과 같으며, 분석항목으로는 온도측정, pH, 산도, 색도, 탁도, 총균 및 관능평가를 실시하였다.

표 3-3. 공랭식 저온수배송용기를 적용한 두부의 품질특성 분석을 위한 처리 조건

	수배송용기	잠열재 종류	잠열재용량	수배송용기 온도	전원공급
T1-EPS	EPS box			-	-
T1-EPP	EPP box	C-PCM	250 g*8	-	-
T1-TEPP	공랭식저온수배송용기			5℃	축전지
T2-EPS	EPS box			-	-
T2-EPP	EPP box			-	-
T2-TEPPB	공랭식저온수배송용기	F-PCM	500 g*4	5℃	축전지
T2-TEPPA	공랭식저온수배송용기			5℃	AC전원

나. 25 L 저온 수배송용기를 적용한 두부의 품질특성

(1) 5℃ 저온 수배송 시스템에서 두부의 저장 중 품질변화 특성

두부(강릉초당두부, 한국)는 강릉초당두부에서 당일 배송 받아 사용하였으며, 275g 인 것을 사용하였다. 처리구는 총 3가지로 구별하였다. 저장 방법에 따른 처리조건은 표 3-4에 나타내었고 ① 대조구(CT) : 실험 당일 구매, ② 비교구(EPS) : 일반스티로폼박스(EPS box)와 잠열재로 일반잠열재를(C-PCM) 이용, ③ 처리구(TEPP) : 열전소자를 적용한 수배송용기와 (주)FMSkorea에서 개발한 5℃ 잠열재(F-PCM)를 이용. 잠열재는 500±10 g으로 포장하여 각 수배송용기 당 4 pack을 넣어 사용하였고, 실험 전 24시간 동안 0℃ 저장고에 저장한 후 사용하였다. 두부의 저장 기간은 21일 동안 일정 간격으로 실험을 진행하였으며, 분석항목으로는 온도 측정, pH, 산도, 색도, 탁도, 미생물 및 관능평가를 실시하였다.

표 3-4. 5℃ 25 L 저온수배송용기를 적용한 두부의 품질특성 분석을 위한 처리 조건

	용기	잠열재 용량	잠열재 종류	수배송용기 온도
CT	당일구매	-	-	-
EPS	EPS box		C-PCM	-
TEPP	25 L 저온 수배송용기	500 g×4	F-PCM	5℃

(2) 0 및 5℃ 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 품질변화 특성

두부(풀무원두부, 한국)는 하나로마트(석촌점)에서 당일 배송 받아 사용하였으며, 중량은 210 g인 것을 사용하였다. 수배송용기는 열전소자를 이용하여 온도유지가 가능하도록 제작한 것으로 내부 온도가 각각 0, 5℃가 되도록 작동시킨 후 사용하였다. 또한 각각의 수배송용기에 일정 규격(500 g×4)의 같은 잠열재(K-PCM)를 넣고 실험하였다. 처리구는 총 4가지로 구별하였으며, 표 3-5와 같다 : ① 대조구(CT) : 실험 당일 구매 ② 비교구(HM) : 하나로마트(석촌점) 쇼케이스에 저장 ③ 처리구1(TEPP-0) : 열전소자를 적용한 수배송용기의 냉장온도를 0℃로 설정, 잠열재는 본 연구원에서 개발한 5℃ 잠열재(K-PCM) 이용. ④ 처리구2(TEPP-5) : 열전소자를 적용한 수배송용기의 냉장온도를 5℃로 설정, 잠열재는 본 연구원에서 개발한 5℃ 잠열재(K-PCM) 이용. 두부의 저장 실험은 49일 동안 7일 간격으로 실험을 진행하였으며, 분석항목으로는 온도측정, pH, 산도, 색도, 탁도, 미생물 및 관능평가를 실시하였다.

표 3-5. 0 및 5℃ 25 L 저온수배송용기를 적용한 두부의 품질특성 분석을 위한 처리 조건

	용기	잠열재 용량	잠열재 종류	수배송용기 온도
CT	당일구매	-	-	-
HM	하나로마트 저장	-	-	-
TEPP-0	25 L 저온 수배송용기	500 g×4	K-PCM	0℃
TEPP-5	25 L 저온 수배송용기	500 g×4	K-PCM	5℃



그림 3-15. 저장 방법에 따른 두부 저장 처리 조건

다. 이동형 저온수배송용기를 적용한 두부의 품질특성

두부(풀무원두부, 한국)는 후레시마트(후레시마트 수원점)에서 당일 배송 받았으며, 중량은 260 g이었다. 저장 방법에 따른 처리조건은 표 3-6과 같다 : ① 대조구(CT) : EPS box를 이용하였으며, 잠열재는 아이스칭(청석, 한국)으로(C-PCM) 500±10 g으로 포장하여 4 pack을 넣어 사용하였고, 실험 전 24 시간 동안 -20℃ 저장고에 저장한 후 사용. ② 처리구 1(T1) : 열전소자를 장착한 장바구니형 수배송용기를 이용. ③ 처리구 2 (T2) : 열전소자를 장착한 캐리어형 수배송용기를 이용하였으며, 설정온도는 5℃. T1 및 T2에 사용된 잠열재는 FMSKorea(한국) 잠열재로 500 ±10 g으로(F-PCM) 포장하여 4 pack을 넣어 사용하였고, 실험 전 24 시간 동안 -20℃ 저장고에 저장한 후 사용하였다. 분석항목으로는 온도측정, pH, 산도, 색도, 탁도, 미생물 및 관능평가를 실시하였다.

표 3-6. 두부 품질평가를 위한 처리 조건

	용기	잠열재 용량	잠열재 종류	열전소자 온도
CT	EPS box		C-PCM	-
T1	장바구니형 용기	500 g×4	F-PCM	-
T2	캐리어형 용기		F-PCM	5℃



그림 3-16. 저장 방법에 따른 두부 저장 처리 조건

라. 분석방법

(1) 온도측정

열전소자를 이용한 수배송용기의 온도 변화는 Thermo Recoder (TR-52, T&D Co., Japan)로 처리시간에 따른 온도변화를 기록하였으며, 온도측정 부위는 수배송용기 내부, 샘플중심, 잠열재 총 3 곳을 측정하였다.

(2) pH 및 산도

두부의 pH는 시료 10 g에 증류수 20 mL와 함께 섞이도록 Mixer로 2분 동안 균질화하고, pH meter를 이용하여 3회 반복하여 측정하였다. 총산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 적정한 후 두부 1 g을 중화하는데 소요되는 mL수를 lactic acid로 환산하여 나타냈다.

(3) 색도 및 탁도

색도는 두부의 표면을 Chromameter(Minolta CR-200., Japan)을 이용하여 3회 반복 측정하였다. 표준판의 L(Lightness), a(Redness), b(Yellowness)값은 각각 96.82, -0.21, 1.95 이었다.

탁도는 두부 침지액을 여과지(Whatman No.2)로 여과한 후 흡광도를 600nm에서 흡광도를 3회 반복 측정하였다.

(4) 총균수 측정

시료는 10 g을 취하여 90 mL의 멸균 생리식염수를 가해 멸균백에 넣은 후 60초간 균질화시킨 뒤 단계적으로 희석하여 총균수 측정 배지(Petri film. 3M Co. Ltd., CA, USA)에 접종하여 37℃에 배양한 후 개수하여 log CFU/g 으로 나타내었다.

(5) 기호도조사

관능평가는 15명의 panel을 선정하여 두부 및 침지액에 대하여 평가하도록 하였다. 평가항목으로는 두부의 외관, 색(흰색), 간수색, 향(이취), 조직감, 전반적인 기호도 총 6항목이며, 9점 척도법으로 평가하였다.

(6) 통계분석

실험결과는 SPSS statistics 20 프로그램을 이용하여 Duncan's multiple range test 방법($p \leq 0.05$)을 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다.

2. 연구결과

가. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 품질특성

(1) 온도변화

T1-EPS는 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플중심온도 모두 저장 후 계속적으로 증가하여 저장 1일 후 각각 19.6, 24.3, 20.4℃로 측정되었다. T1-EPP는 저장 1일 후 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플 중심온도가 각각 22.1, 24.7, 22.5℃로 측정되었다. T1-TEPP는 축전지로 온도 유지 가능 시간은 0.45시간으로 측정되었으며, 이때 잠열재 8.5, 수배송용기 내부 3.5, 샘플중심온도 3.7℃로 측정되었다. 이후 EPS나 EPP 박스와 마찬가지로 온도는 상승하여 저장 1일 후 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플 중심온도는 각각 18.1, 22.9, 19.2℃로 측정되었다.

T2-EPS는 저장 1일 후 잠열재 16.1℃, 수배송용기 내부 21.8℃, 샘플중심온도 17.6℃로 측정되었다. T2-EPP는 저장 1일 후 잠열재 16.5℃, 수배송용기 내부 21.8℃, 샘플 중심온도 18.6℃로 측정되었다. T2-TEPPB의 축전지 온도 유지 가능시간은 0.45시간으로 이때 잠열재 4.0, 수배송용기 내부 6.0, 샘플중심온도 5.9℃로 측정되었다. 이후 온도가 상승하여 저장 1일 후 잠열재 17.9℃, 수배송용기 내부 21.4℃, 샘플 중심온도 17.1℃로 측정되었다. T2-TEPPA는 저장 1일 후 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플중심온도가 각각 7.3, 5.6, 4.7℃로 측정되었으며, 저장기간 동안 평균온도는 각각 8.0, 5.2, 5.7℃로 측정되어 AC 전원을 연결하여 수배송용기 내부 온도를 설정온도로 적절하게 유지되는 것을 확인 하였다.

T1과 T2는 각각 다른 잠열재를 사용하였는데, EPS, EPP, TEPP box 모두 저장 1일 후 T2에서 잠열재, 수배송용기 내부 및 샘플중심온도 모두 더 낮은 온도를 기록한 것으로 보아 본 연구에서 개발한 잠열재가 효과적인 것을 알 수 있었다.

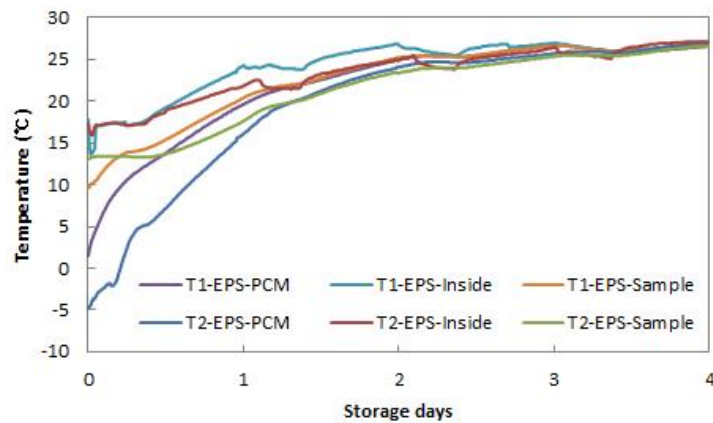


그림 3-17. EPS box 에 저장한 두부의 저장 중 온도변화

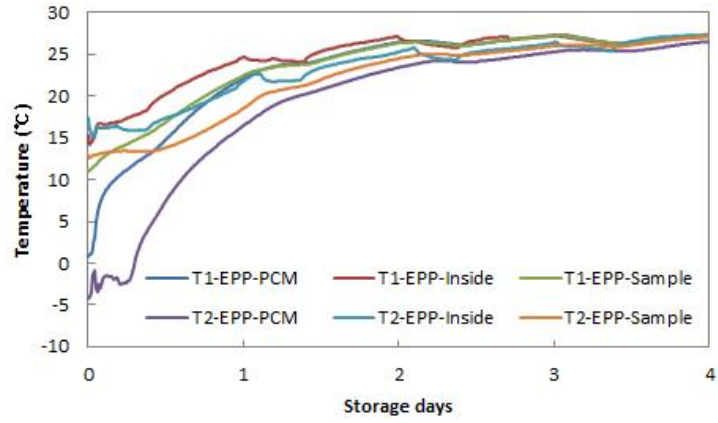


그림 3-18. EPP box 에 저장한 두부의 저장 중 온도변화

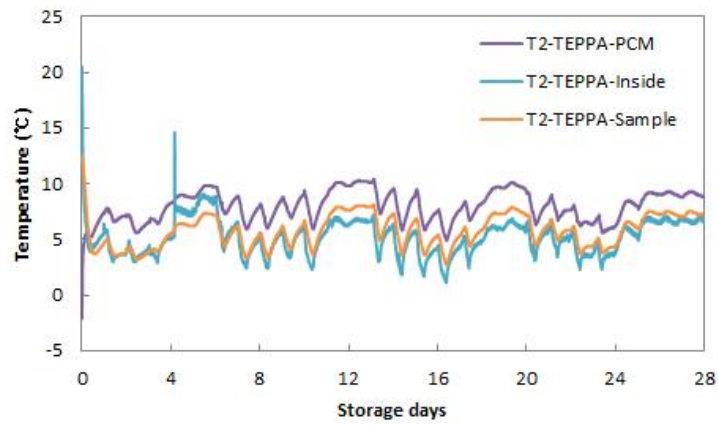
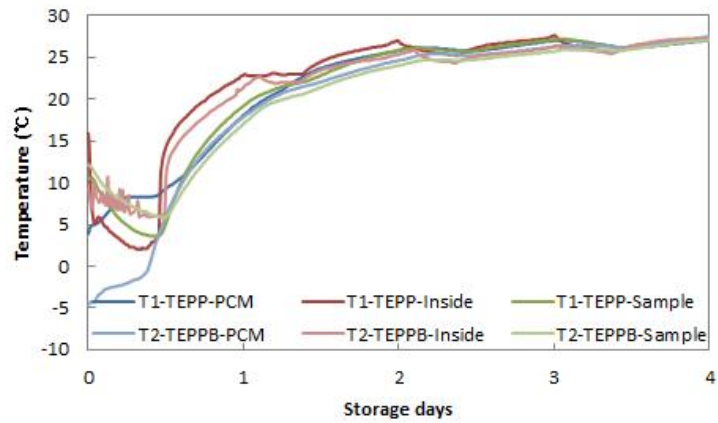


그림 3-19. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 온도변화

(2) 품질변화

pH T1-EPS의 pH는 초기 5.89에서 저장 4일 후 5.15로 감소하였으며, 저장 4일 후 T1-EPP 와 T1-TEPP는 각각 5.14, 5.12로 T1-EPS와 같이 감소하는 경향을 나타내었다. T2-EPS는 초기 pH값이 5.92였으며 저장 4일 후 5.33으로 감소하였다. T2-EPP 와 T2-TEPPB의 pH는 저장 4일 후 각각 5.18, 5.48로 측정되었다. T2-TEPPA는 저장 28일 후 5.95로 초기값과 유사한 값을 나타내었다. T2-TEPPA를 제외한 모든 대조구 및 처리구에서 저장 2일 이후 pH가 감소하는 경향을 나타내었으며, 이러한 결과는 두부를 포장하여 전자레인지에서 살균처리 한 다음 21℃에서 저장한 두부의(Wu MT and Salunkhe DK, 1877) 경우 초기 저장 시에는 pH 6.98에서 4일 후 pH 5.66으로 감소하였다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

산도 T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP 가 저장 초기 0.41에서 저장 4일 후 각각 0.80, 0.83, 0.85로 증가하였다. T2-EPS, T2-EPP 및 T2-TEPPB는 저장 초기 0.45에서 저장 4일 후 각각 0.74, 0.85, 0.75로 증가하는 경향을 나타내었다.

탁도 두부의 저장 중 침지액의 탁도 변화는 그림 3-22에 나타내었다. T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP의 저장 초기 탁도는 0.0426이며 저장 2일 후 각각 0.2090, 0.2908, 0.1567로 가장 높게 측정되었고 저장 4일 후엔 0.0700, 0.1300, 0.0900으로 값이 감소하였다. T2-EPS, T2-EPP 및 T2-TEPPB는 저장 초기 0.0264로 측정되었고, 저장 4일 후 각각 0.2672, 0.1255, 0.2213으로 측정되었다. T2-TEPPA는 저장 초기 0.0264에서 저장 4일 0.1638, 저장 28일 0.1953으로 측정되었다. 저장 저장기간이 증가함에 따라 일정하게 증가하는 경향은 아니었으나, 저장 초기와 비교하여 저장 마지막에 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 두부 저장 시 침지액의 탁도 증가는 두부 변질시 생성되는 점질물(Tskeshi S, 1985)과 미생물의 증가(Doston CR 등, 1977)에 의한 것으로 알려져 있다.

색도 저장 중 두부의 색도 변화는 표 3-7에서 보는 바와 같다. 저장기간이 경과할수록 두부의 L 값은 낮아지고 a 값과 b 값은 증가하는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았다.

미생물 두부의 저장 중 총균수의 변화는 그림 3-23에 나타내었다. T1-TEPPA를 제외한 모든 처리구에서 저장 2일 후 미생물이 증식하였다. T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP는 저장 2일 후 각각 6.39 Log CFU/g, 7.03 Log CFU/g, 5.64 Log CFU/g 로 측정되어 대조구에 비해 T1-TEPP가 1 log cycle 정도 낮게 나타났다. T2-EPS, T2-EPP 및 T2-TEPPB는 저장 2일 후 각각 6.79 Log CFU/g, 5.95 Log CFU/g, 6.15 Log CFU/g 로 측정되었으며 T2-TEPPA는 저장기간 동안 총균수가 측정되지 않아 부패되지 않았음을 알 수 있었다.

기호도조사 두부의 저장 중 기호도조사결과는 표 3-8에 나타내었다. 기호도조사항목으로는 외관, 두부색, 간수색, 이취, 조직감 전반적인 기호도 총 6항목에 대하여 평가를 실시하였다. T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP 기호도조사결과 저장 1일 전체적인 항목에서 T1-TEPP가 높은 평가를 얻은 것으로 나타났으며, 이후 저장기간 동안은 대조구와 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. T2-EPS, T2-EPP, T2-TEPPB 및 T2-TEPPA 기호도조사결과 저장 1일 두부색을 제외한 5가지 평가항목에서 T2-TEPPB 와 T2-TEPPA가 유의적으로 높은 평가를 얻었으며, 저장 2일에는 6가지 평가항목 모두에서 T2-TEPPB 와 T2-TEPPA가 유의적으로 높은 평가를 얻었다. 저장 3, 4일에는 T2-EPS, T2-EPP 및 T2-TEPPB 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.

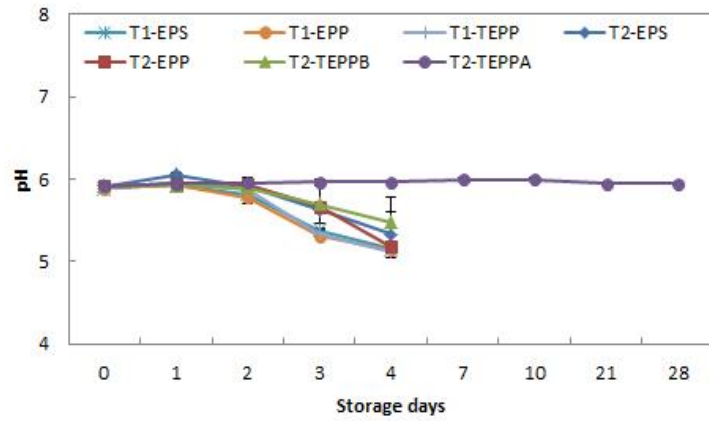


그림 3-20. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 pH 변화

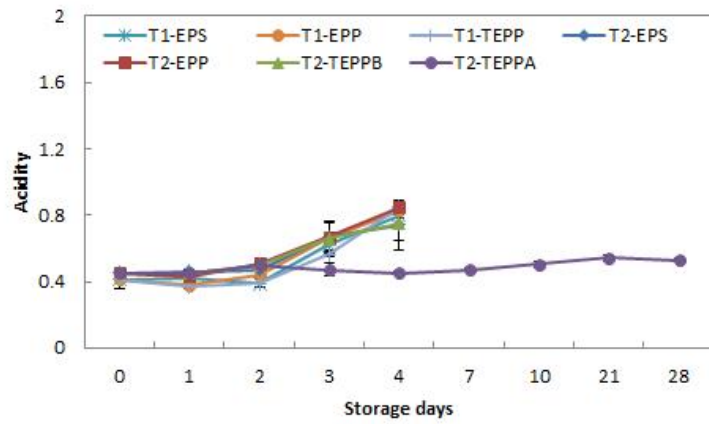


그림 3-21. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 산도 변화

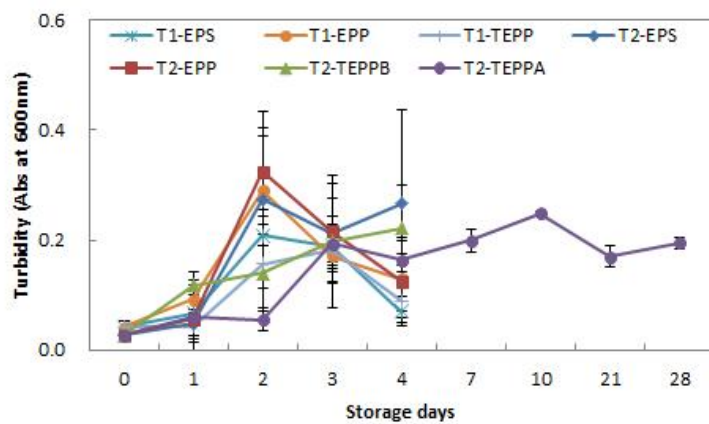


그림 3-22. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부 침지액의 저장 중 탁도 변화

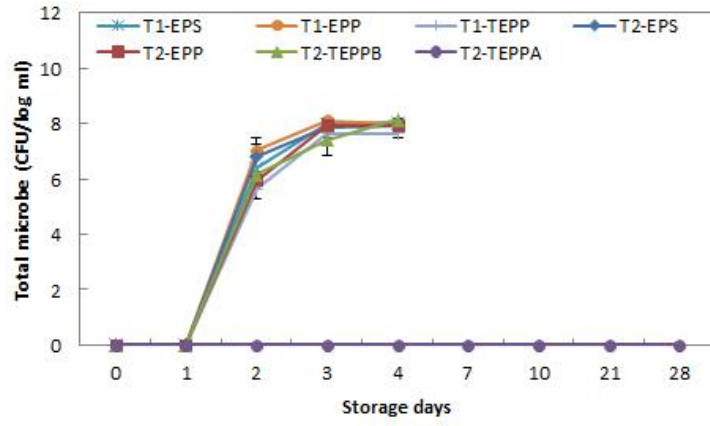


그림 3-23. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 총균수 변화

표 3-7. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 색도 변화

day		L	a	b
0	T1-EPS	87.43±0.15 ^{A1)a2)}	4.60±0.70 ^{Abc}	16.83±0.40 ^{Ab}
	T2-EPS	83.27±0.55 ^{Aa}	3.15±0.06 ^{Aa}	16.23±0.85 ^{Aab}
	T1-EPP	87.43±0.15 ^{Aa}	4.60±0.70 ^{Aab}	16.83±0.40 ^{Ab}
	T2-EPP	83.27±0.55 ^{Ba}	3.15±0.06 ^{Bab}	16.23±0.85 ^{Ab}
	T1-TEPP	87.43±0.15 ^{Ba}	4.60±0.70 ^{Bab}	16.83±0.40 ^{Ab}
	T2-TEPPB	83.27±0.55 ^{Ba}	3.15±0.06 ^{Ba}	16.23±0.85 ^{Ab}
	T2-TEPPA	83.27±0.55 ^{Bb}	3.15±0.06 ^{Ba}	16.23±0.85 ^{Ab}
1	T1-EPS	87.43±0.15 ^{Aa}	3.27±0.42 ^{Bd}	18.20±0.17 ^{Aa}
	T2-EPS	80.67±0.15 ^{Ab}	3.11±0.12 ^{Aa}	15.93±0.86 ^{ABb}
	T1-EPP	86.97±0.51 ^{Aa}	4.63±1.47 ^{Aab}	17.80±0.62 ^{ABCab}
	T2-EPP	80.83±0.55 ^{Cb}	3.10±0.09 ^{Bb}	16.63±0.96 ^{Cb}
	T1-TEPP	86.87±0.40 ^{Cab}	5.27±1.21 ^{Ba}	17.03±0.46 ^{BCb}
	T2-TEPPB	80.63±0.59 ^{Cc}	3.14±0.12 ^{Ba}	16.73±0.25 ^{BCab}
	T2-TEPPA	82.37±0.45 ^{Bbc}	3.20±0.19 ^{Ba}	17.30±0.62 ^{ABab}
2	T1-EPS	82.67±0.95 ^{Bb}	3.23±0.09 ^{Acd}	16.83±0.31 ^{Dc}
	T2-EPS	82.67±0.95 ^{Aa}	3.23±0.09 ^{Ba}	16.83±0.31 ^{ABab}
	T1-EPP	87.37±0.92 ^{ABa}	3.07±0.46 ^{ABb}	17.97±0.32 ^{Ba}
	T2-EPP	82.17±0.57 ^{Cab}	3.23±0.06 ^{ABab}	16.93±0.81 ^{Cab}
	T1-TEPP	87.03±0.31 ^{CDab}	3.30±0.44 ^{ABbc}	18.33±0.21 ^{Ca}
	T2-TEPPB	81.77±0.46 ^{CDb}	3.10±0.10 ^{ABa}	17.20±0.80 ^{BCab}
	T2-TEPPA	81.43±0.47 ^{Dc}	3.17±0.06 ^{ABa}	16.83±0.38 ^{Cab}
3	T1-EPS	86.97±0.60 ^{Aa}	5.13±0.23 ^{Ab}	17.17±0.75 ^{Cab}
	T2-EPS	81.87±1.30 ^{Aab}	3.12±0.07 ^{Ba}	17.10±0.90 ^{Aab}
	T1-EPP	86.90±0.26 ^{Aa}	3.27±0.40 ^{Bb}	18.67±0.61 ^{ABa}
	T2-EPP	80.93±1.33 ^{Bb}	3.10±0.09 ^{Bb}	17.47±0.47 ^{Cab}
	T1-TEPP	86.63±0.55 ^{Bb}	3.07±0.31 ^{Bc}	18.53±0.29 ^{ABCa}
	T2-TEPPB	80.47±0.45 ^{Bc}	3.19±0.09 ^{Ba}	17.47±0.50 ^{ABCb}
	T2-TEPPA	81.30±2.01 ^{Bc}	3.25±0.18 ^{Ba}	17.30±0.95 ^{BCab}
4	T1-EPS	85.97±0.49 ^{Ab}	7.57±1.01 ^{Aa}	16.50±0.79 ^{Bb}
	T2-EPS	82.93±0.60 ^{Aa}	3.29±0.18 ^{Ba}	17.50±0.53 ^{Aa}
	T1-EPP	86.53±0.51 ^{Aa}	5.90±0.79 ^{Ca}	18.00±0.75 ^{Aa}
	T2-EPP	81.30±1.22 ^{Bb}	3.30±0.10 ^{Da}	18.23±0.40 ^{Aa}
	T1-TEPP	87.03±0.42 ^{BCab}	4.67±0.59 ^{Da}	18.50±0.26 ^{Aa}
	T2-TEPPB	82.00±0.79 ^{Cb}	3.23±0.15 ^{Da}	17.47±0.40 ^{Ab}
	T2-TEPPA	81.21±1.41 ^{Cc}	3.17±0.06 ^{Da}	17.60±0.40 ^{Aa}
7	T2-TEPPA	82.43±0.35 ^{Abc}	3.23±0.15 ^{Aa}	17.77±0.96 ^{Aa}
10	T2-TEPPA	86.27±0.12 ^{Aa}	3.03±0.15 ^{Aa}	17.23±0.45 ^{Aab}
21	T2-TEPPA	86.60±0.17 ^{Aa}	3.23±0.15 ^{Aa}	17.40±0.56 ^{Aab}
28	T2-TEPPA	86.33±0.12 ^{Aa}	3.07±0.32 ^{Aa}	17.60±0.40 ^{Aa}

1) Values with different capital letters (A~D) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~c) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-8. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 기호도조사

day		외관	두부색	간수색	이취	조직감	전반적인 기호도
0	T1-EPS	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	T2-EPS	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}
	T1-EPP	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	T2-EPP	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}
	T1-TEPP	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	T2-TEPPB	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}
	T2-TEPPA	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}
1	T1-EPS	7.6±1.07 ^{Ab}	8.1±0.99 ^{Bb}	5.4±1.17 ^{Db}	7.2±1.62 ^{Cb}	6.7±1.70 ^{Cb}	6.0±1.89 ^{Db}
	T2-EPS	7.9±0.88 ^{CDb}	8.4±0.70 ^{ABa}	6.7±1.06 ^{Cb}	7.4±0.84 ^{Cb}	6.9±1.29 ^{BCb}	6.8±0.79 ^{CDb}
	T1-EPP	8.5±0.53 ^{ABCa}	8.6±0.52 ^{ABa}	8.3±0.67 ^{Aa}	8.7±0.48 ^{Aa}	8.0±1.33 ^{ABa}	8.0±0.82 ^{ABa}
	T2-EPP	8.0±0.82 ^{BCDb}	8.4±0.84 ^{ABa}	7.5±0.85 ^{Bb}	7.7±0.82 ^{BCb}	6.8±0.79 ^{Cb}	7.4±0.97 ^{BCb}
	T1-TEPP	8.9±0.32 ^{Ca}	8.9±0.32 ^{Aa}	8.8±0.42 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}	8.4±1.26 ^{Aa}	8.7±0.67 ^{Aa}
	T2-TEPPB	8.6±0.52 ^{ABa}	8.7±0.67 ^{ABab}	8.2±0.63 ^{ABab}	8.4±0.70 ^{ABa}	8.0±0.94 ^{ABa}	8.3±0.48 ^{ABab}
	T2-TEPPA	8.8±0.42 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}	8.8±0.42 ^{Aa}	8.7±0.48 ^{Aa}	8.6±0.52 ^{Aab}	8.7±0.48 ^{Aab}
2	T1-EPS	8.0±0.00 ^{ABCb}	7.6±0.70 ^{ABbc}	6.4±2.17 ^{ABbc}	6.8±1.69 ^{Bb}	7.0±0.94 ^{BCb}	6.5±1.65 ^{BCb}
	T2-EPS	7.0±0.67 ^{Db}	7.3±0.67 ^{Bb}	5.4±1.78 ^{Bc}	5.4±1.17 ^{Cc}	4.7±1.42 ^{Dc}	5.0±1.56 ^{DEc}
	T1-EPP	7.7±0.67 ^{BCb}	7.8±0.42 ^{ABb}	5.1±2.02 ^{Bb}	3.6±1.07 ^{Db}	6.7±1.42 ^{Cb}	4.2±1.81 ^{Ebc}
	T2-EPP	7.5±0.71 ^{CDb}	7.3±1.06 ^{Bb}	5.0±1.15 ^{Bc}	5.6±1.17 ^{Cc}	6.3±1.16 ^{Cb}	5.8±1.03 ^{CDb}
	T1-TEPP	7.9±0.57 ^{ABCb}	7.4±0.97 ^{Bb}	5.2±1.69 ^{Bb}	6.9±1.52 ^{Bb}	6.9±0.88 ^{BCb}	5.9±1.37 ^{CDb}
	T2-TEPPB	8.2±0.63 ^{ABa}	8.0±0.94 ^{ABb}	7.3±0.67 ^{Ab}	7.4±0.84 ^{ABb}	7.9±0.74 ^{ABa}	7.6±0.70 ^{ABb}
	T2-TEPPA	8.4±0.52 ^{Aab}	8.3±0.67 ^{Ab}	7.7±1.57 ^{Abc}	8.3±1.0 ^{6Aab}	8.2±1.03 ^{Aabc}	8.1±0.99 ^{Abc}
3	T1-EPS	7.5±0.71 ^{Ab}	7.3±0.95 ^{ABc}	4.2±1.48 ^{Bc}	3.3±1.25 ^{Cc}	6.8±1.55 ^{Ab}	3.9±1.60 ^{BCc}
	T2-EPS	6.0±0.82 ^{CDc}	6.4±0.84 ^{BCc}	3.3±1.57 ^{Bd}	3.4±1.17 ^{Cd}	4.2±1.23 ^{Ccd}	3.3±1.49 ^{Cd}
	T1-EPP	7.7±0.67 ^{Ab}	7.1±1.10 ^{ABc}	4.6±2.27 ^{Bb}	4.6±1.51 ^{BCc}	6.4±1.35 ^{ABbc}	4.1±1.85 ^{BCb}
	T2-EPP	5.5±0.71 ^{Dc}	5.8±0.92 ^{Cc}	3.6±1.43 ^{Bd}	3.7±0.67 ^{Cd}	4.2±1.23 ^{Cc}	3.2±1.14 ^{Cd}
	T1-TEPP	7.3±1.34 ^{ABb}	7.3±1.34 ^{ABb}	4.8±2.20 ^{Bb}	5.7±1.77 ^{Bc}	6.8±1.62 ^{Ab}	5.3±2.16 ^{Bb}
	T2-TEPPB	6.6±0.84 ^{BCb}	7.0±0.82 ^{ABc}	3.6±1.43 ^{Bc}	4.0±1.41 ^{Cc}	5.4±1.35 ^{BCb}	4.2±1.87 ^{BCc}
	T2-TEPPA	7.8±1.32 ^{Ab}	7.8±1.32 ^{Ab}	7.8±1.03 ^{Abc}	7.5±1.27 ^{Ac}	7.4±1.17 ^{Ac}	7.7±0.82 ^{Ac}
4	T1-EPS	6.4±0.84 ^{Bc}	6.4±0.84 ^{Bd}	2.7±1.06 ^{Bd}	3.1±0.57 ^{BCc}	6.1±1.10 ^{Bb}	3.0±0.94 ^{BCc}
	T2-EPS	4.4±1.90 ^{Dd}	4.5±1.72 ^{Dd}	2.1±1.66 ^{Bd}	2.7±0.82 ^{BCd}	3.4±1.71 ^{Cd}	2.4±0.84 ^{BCd}
	T1-EPP	6.1±0.88 ^{BCc}	6.1±0.74 ^{BCd}	2.6±1.07 ^{Bc}	2.4±0.70 ^{Cd}	5.3±1.49 ^{Bd}	2.4±1.43 ^{BCc}
	T2-EPP	5.1±1.60 ^{CDc}	5.0±1.49 ^{CDc}	3.4±1.58 ^{Bd}	1.5±0.53 ^{De}	3.0±1.70 ^{Cd}	1.8±0.63 ^{Ce}
	T1-TEPP	6.1±0.88 ^{BCc}	6.3±0.82 ^{Bc}	2.8±1.48 ^{Bc}	3.5±1.72 ^{Bd}	5.6±0.84 ^{Bc}	3.5±2.12 ^{Bc}
	T2-TEPPB	4.6±1.17 ^{Dc}	5.0±1.49 ^{CDd}	2.9±1.73 ^{Bc}	2.9±0.99 ^{BCd}	3.9±1.97 ^{Cc}	3.0±1.15 ^{BCd}
	T2-TEPPA	8.1±1.37 ^{Aab}	7.9±1.45 ^{Db}	8.3±0.95 ^{Acb}	8.4±0.70 ^{Aab}	8.1±1.29 ^{Aabc}	8.1±1.10 ^{Abc}
7	T2-TEPPA	7.7±1.16 ^{Ab}	7.8±1.14 ^{Ab}	8.3±0.82 ^{Aab}	8.4±0.70 ^{Aab}	8.1±1.10 ^{Aabc}	8.1±0.99 ^{Abc}
10	T2-TEPPA	7.7±0.67 ^{Ab}	7.9±0.57 ^{Ab}	7.6±0.70 ^{Abc}	7.2±0.92 ^{Ac}	7.8±0.92 ^{Abc}	7.5±0.53 ^{Ac}
21	T2-TEPPA	8.4±0.84 ^{Aab}	8.4±0.84 ^{Aab}	8.8±0.42 ^{Aa}	8.7±0.48 ^{Aa}	8.8±0.42 ^{Aa}	8.6±0.52 ^{Aab}
28	T2-TEPPA	8.3±1.06 ^{Aab}	7.7±0.95 ^{Ab}	7.3±1.06 ^{Ac}	7.6±1.17 ^{Abc}	7.8±0.79 ^{Abc}	7.7±0.95 ^{Ac}

1) Values with different capital letters (A~E) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-9. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 외관 변화


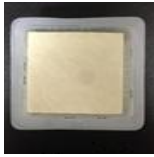


































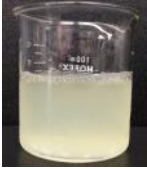































day	T1-EPS	T1-EPP	T1-TEPP	T2-EPS	T2-EPP	T2-TEPPB	T2-TEPPA
0							
1							
2							
3							
4							
7							
10							
21							
28							

표 3-10.공랭식 저온수배송시스템을 적용한 두부의 저장 중 두부 침지액 외관

day	T1-EPS	T1-EPP	T1-TEPP	T2-EPS	T2-EPP	T2-TEPPB	T2-TEPPA
0							
1							
2							
3							
4							
7							
10							
21							
28							

나. 25 L 저온이동식 수배송용기를 적용한 두부의 품질특성

(1) 5℃ 저온이동식 수배송 시스템에서 두부의 저장 중 품질변화 특성

(가) 온도변화

EPS EPS의 온도변화는 그림 3-24에 나타내었다. EPS box에서 잠열재는 약 0.7 day(16.8 hr) 동안 0℃의 온도를 유지하였으며, 이때 box 내부 및 시료의 온도도 10℃이하를 유지하였다. 이후 잠열재의 온도가 급격하게 상승하였으며, 내부 및 시료의 온도도 함께 상승하여 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플온도는 각각 1.5일에 15.3, 15.2, 16.3℃로 측정되었고, 2일 18.1, 18.1, 19.0℃로 측정되었다.

TEPP TEPP의 온도변화는 그림 3-24에서 보는바와 같이 저장기간 동안 잠열재는 4.5~5.5℃, 내부 및 시료는 6~7℃를 일정하게 유지하는 것으로 측정되었고 열전소자를 적용한 수배송용기는 저장기간 동안 일정한 온도를 유지하는데 효과적인 것으로 나타났다.

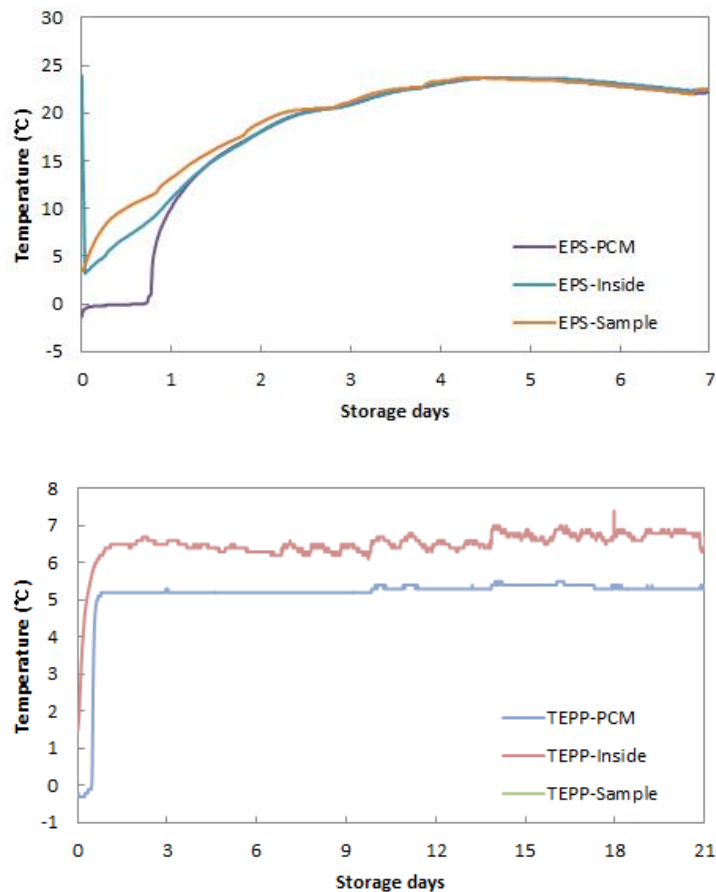


그림 3-24. 처리조건에 따른 수배송용기 및 시료의 온도변화

(나) 품질분석

탁도 탁도는 저장 초기 0.8059로 측정되었으며, 저장 3일 CT 0.1073, EPS 1.4659 로 증가하였으며, TEPP는 0.9174로 큰 변화는 없었다. 저장 7일 CT 0.1791, EPS 1.0910, TEPP 0.5827로 측정되었다. 저장 21일 CT 0.9436, TEPP 1.6695로 측정되어 저장기간이 증가함에 따라 탁도도 증가하는 경향을 나타내었다.

pH, 산도 EPS는 저장 7일 산도는 급격하게 증가, pH는 감소하였다. CT, TEPP는 저장기간에 따라 pH는 유의적인 차이를 나타내지 않았으며 산도는 초기 0.54 ± 0.05 에서 저장 21일 CT 0.66 ± 0.04 , TEPP 6.16 ± 0.02 로 측정되었다. 저장 기간에 따른 산도는 저장 초기에는 다량 생산되는 저분자량의 peptide 및 amino acid 등과 같은 양성전해질의 유기산에 의한 완충작용으로 거의 변화를 나타내지 않으나 시간이 지날수록 decarboxylation 및 deamination 등에 의해 완충능이 저하되어 유기산의 다량 생성으로 산도가 증가한다는 석류 두부(Kim JY 과 Park GS, 2006)의 보고와 일치하였다.

미생물 CT, TEPP는 저장기간 동안 발생하지 않았고, EPS는 저장 7일 $7.97 \pm 0.07 \log \text{cfu/g}$ 로 측정되어 부패가 진행되었다.

색도 L 값은 저장 초기 89.34 ± 0.30 이었고, 저장 7일 CT 88.47 ± 0.22 , EPS 88.10 ± 0.28 , TEPP 89.00 ± 0.36 으로 측정되었다. 저장 21일 CT 87.94 ± 0.34 , TEPP 88.72 ± 0.21 으로 측정되었다. CT 보다 TEPP의 L 값이 높게 측정되었으며, 이는 샘플 개체차이 인 것으로 보인다. 저장기간이 증가함에 따라 TEPP의 L 값이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

기호도조사 기호도 조사 분석 결과, CT의 경우 당일 구매한 시료임에도 불구하고 저장기간에 따라 평가항목 및 전반적인 기호도 값이 감소하는 경향을 나타내 panel들의 교육이 더 필요하다고 판단되었다. TEPP는 저장 14일 이취 5.2 ± 1.75 점, 간수색 4.7 ± 2.41 , 두부색 5.5 ± 1.84 , 조직감 5.4 ± 2.01 , 전반적인 기호도 5.1 ± 1.79 로 낮은 평가를 받아 소비자들이 구매하기 어려운 것으로 판단되었다.

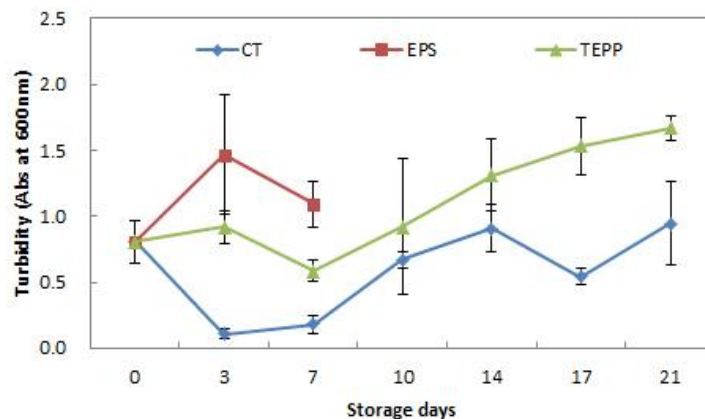


그림 3-25. 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 탁도변화

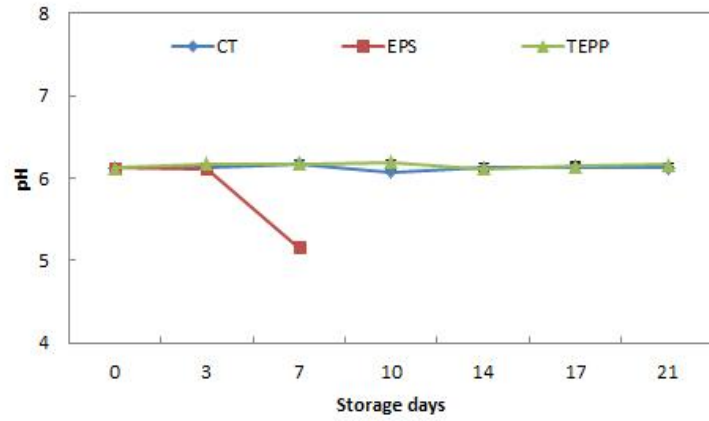


그림 3-26. 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 pH변화

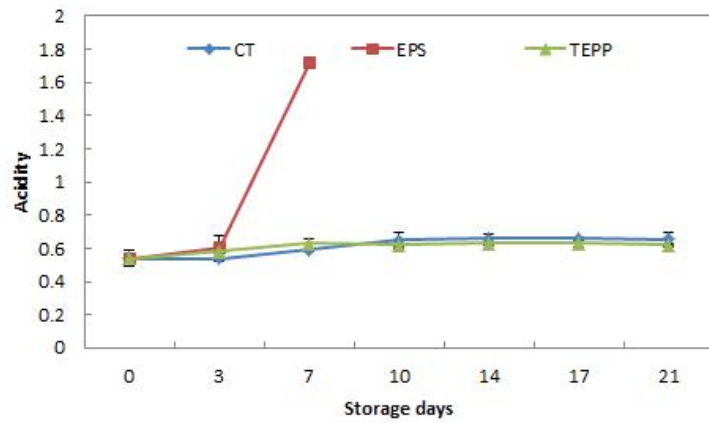


그림 3-27. 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 산도변화

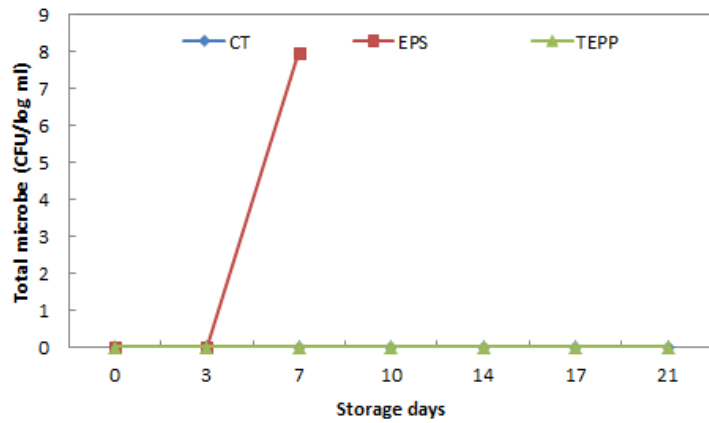


그림 3-28. 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 미생물 변화

표 3-11. 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 색도 변화

day	treatment	L	a	b
0	CT	89.34±0.30 ^{Aa}	1.91±0.15 ^{Ad}	18.93±0.19 ^{Aa}
	EPS	89.34±0.30 ^{Aa}	1.91±0.15 ^{Ab}	18.93±0.19 ^{Ab}
	TEPP	89.34±0.30 ^{Aa}	1.91±0.15 ^{Ae}	18.93±0.19 ^{Aabc}
3	CT	87.20±0.68 ^{Be}	2.88±0.16 ^{Ab}	17.96±0.28 ^{Bb}
	EPS	89.14±0.50 ^{Aa}	1.80±0.25 ^{Cb}	19.10±0.47 ^{Ab}
	TEPP	89.13±0.40 ^{Aa}	2.08±0.34 ^{Bcde}	18.77±0.42 ^{Abcd}
7	CT	88.47±0.22 ^{Bd}	2.46±0.57 ^{Ac}	18.20±0.83 ^{Cb}
	EPS	88.10±0.28 ^{Cd}	2.51±0.15 ^{Aa}	20.21±0.29 ^{Aa}
	TEPP	89.00±0.36 ^{Aab}	2.24±0.16 ^{Abc}	19.07±0.10 ^{Bab}
10	CT	88.64±0.29 ^{Bb}	2.14±0.27 ^{Ad}	17.89±0.38 ^{Bb}
	EPS	-	-	-
	TEPP	89.22±0.43 ^{Aa}	1.99±0.38 ^{Ade}	18.60±0.70 ^{Ac}
14	CT	89.13±0.22 ^{Aa}	2.04±0.17 ^{Ad}	18.89±0.33 ^{Aa}
	EPS	-	-	-
	TEPP	88.17±0.35 ^{Bc}	2.66±0.28 ^{Ba}	18.46±0.47 ^{Bd}
17	CT	87.56±0.19 ^{Bd}	3.36±0.15 ^{Aa}	17.21±0.60 ^{Bc}
	EPS	-	-	-
	TEPP	88.67±0.24 ^{Ab}	2.19±0.14 ^{Bbcd}	19.28±0.26 ^{Aa}
21	CT	87.94±0.34 ^{Bc}	2.81±0.20 ^{Ab}	18.10±0.25 ^{Bb}
	EPS	-	-	-
	TEPP	88.72±0.21 ^{Ab}	2.34±0.11 ^{Bb}	19.07±0.17 ^{Aab}

1) Values with different capital letters (A~C) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-12. 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장기간에 따른 기호도조사

day	treatment	외관	두부색	간수색	이취	조직감	전반적인 기호도
0	CT	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	EPS	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	TEPP	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
3	CT	8.7±0.48 ^{ABab}	8.9±0.32 ^{ABab}	8.8±0.42 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{ABab}	8.9±0.32 ^{Aa}	8.9±0.32 ^{Aa}
	EPS	7.4±1.07 ^{Bb}	7.6±0.97 ^{Bb}	5.9±0.88 ^{Cb}	6.9±1.29 ^{Bb}	6.6±0.70 ^{Cb}	6.3±0.95 ^{Cb}
	TEPP	8.0±0.67 ^{ABab}	8.0±0.67 ^{Bab}	6.8±0.92 ^{Bb}	7.6±0.84 ^{Bab}	8.2±0.42 ^{Ba}	7.7±0.48 ^{Bb}
7	CT	7.7±1.16 ^{ABcd}	7.5±1.78 ^{Acde}	7.4±0.84 ^{Abc}	8.0±0.67 ^{Ab}	8.2±0.63 ^{ABab}	7.6±0.97 ^{Ab}
	EPS	3.7±1.42 ^{Cc}	3.9±1.60 ^{Bc}	3.2±1.62 ^{Cc}	3.0±1.56 ^{Cc}	3.4±1.35 ^{Cc}	2.9±1.20 ^{Cc}
	TEPP	6.1±1.37 ^{Bd}	6.3±1.25 ^{Ac}	5.0±0.94 ^{Bc}	6.1±1.10 ^{Bbc}	6.1±0.99 ^{Bb}	5.9±1.20 ^{Bc}
10	CT	8.0±1.25 ^{Aabc}	7.8±1.48 ^{Aabc}	7.7±1.16 ^{Abc}	7.9±0.74 ^{Ab}	7.8±0.92 ^{Abc}	7.7±1.06 ^{Ab}
	EPS	-	-	-	-	-	-
	TEPP	7.3±0.95 ^{Abc}	7.0±1.05 ^{Abc}	6.5±1.51 ^{Bbc}	6.5±1.51 ^{Bbc}	6.3±1.64 ^{Bb}	6.1±1.29 ^{Bc}
14	CT	6.7±1.64 ^{Ad}	6.6±1.26 ^{Ae}	6.2±1.81 ^{Ad}	6.6±1.65 ^{Ac}	6.9±1.45 ^{Ac}	6.4±1.58 ^{Ab}
	EPS	-	-	-	-	-	-
	TEPP	6.0±1.25 ^{Ad}	5.5±1.84 ^{Ad}	4.7±2.41 ^{Ac}	5.2±1.75 ^{Bc}	5.4±2.01 ^{Bb}	5.1±1.79 ^{Bc}
17	CT	8.2±0.92 ^{Aabc}	8.2±1.03 ^{Aabc}	8.0±1.33 ^{Aab}	7.9±1.52 ^{Ab}	7.8±1.62 ^{Abc}	7.8±1.62 ^{Ab}
	EPS	-	-	-	-	-	-
	TEPP	6.5±1.51 ^{Bcd}	6.0±1.94 ^{Bcd}	4.8±2.30 ^{Bc}	6.0±2.26 ^{Bc}	5.4±2.12 ^{Bb}	5.3±2.11 ^{Bc}
21	CT	7.5±1.35 ^{Ac}	7.0±1.33 ^{Ade}	6.8±1.32 ^{Ac}	6.9±1.29 ^{Ac}	7.0±1.25 ^{Ac}	7.1±1.37 ^{Abc}
	EPS	-	-	-	-	-	-
	TEPP	7.0±1.56 ^{Abcd}	7.0±1.25 ^{Abc}	6.0±1.76 ^{Abc}	5.1±2.38 ^{Bc}	6.8±1.40 ^{Ab}	5.8±1.87 ^{Bc}

1) Values with different capital letters (A~C) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-13. 5℃ 25 L 저온수배송 시스템에서 저장 중 두부의 외관

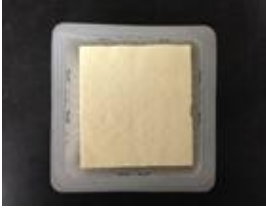
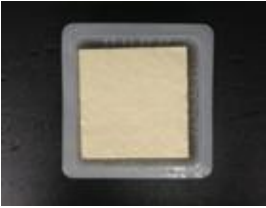
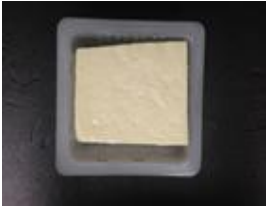
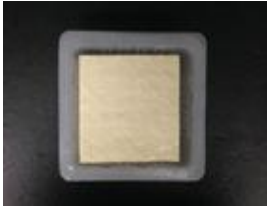
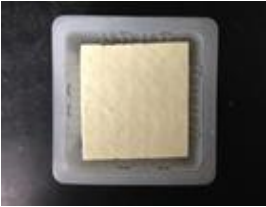

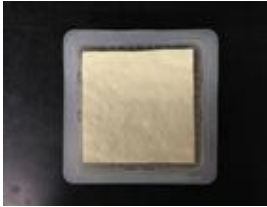

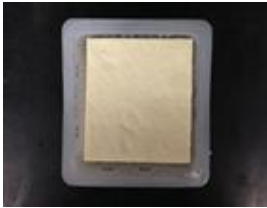





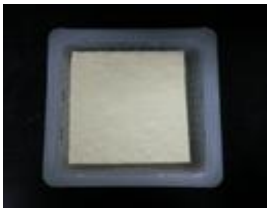






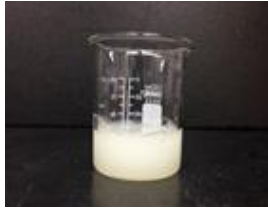
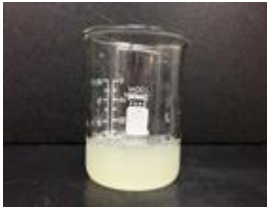







day	CT	EPS	TEPP
0			
3			
7			
10			
14			
17			
21			

표 3-14. 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 저장 중 침지액

day	CT	EPS	TEPP
0			
3			
7			
10			
14			
17			
21			

(2) 0 및 5℃ 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 품질변화 특성

(가) 온도변화

7 day 온도 각각 0, 5℃로 설정한 수배송용기의 잠열재, 내부, 샘플 중심의 온도는 잠열재 -4.2, 5.1℃, 수배송용기 내부 -2.1, 6.0℃, 샘플 중심 -1.7, 6.4℃로 측정되었다.

21 day 온도 TEPP-0, TEPP-5 각각 잠열재 -4.9, 4.9℃, 수배송용기 내부 -1.2, 5.8℃, 샘플 중심 -1.6, 6.0℃로 온도가 유지되었다.

49 day 온도 잠열재 -3.3, 5.1℃, 수배송용기 내부 -1.2, 7.6℃, 샘플 중심 -1.6, 7.3℃로 5℃ 수배송용기의 온도가 조금 높아진 것으로 측정되었다.

평균온도 TEPP-0은 잠열재 -4.1, 내부 -1.3, 샘플중심 -1.3℃로 측정되었고, TEPP-5는 잠열재 온도 5.0, 내부 6.5, 샘플중심 6.7℃로 측정되어 설정온도에서 전반적으로 유지되는 것으로 나타났다.

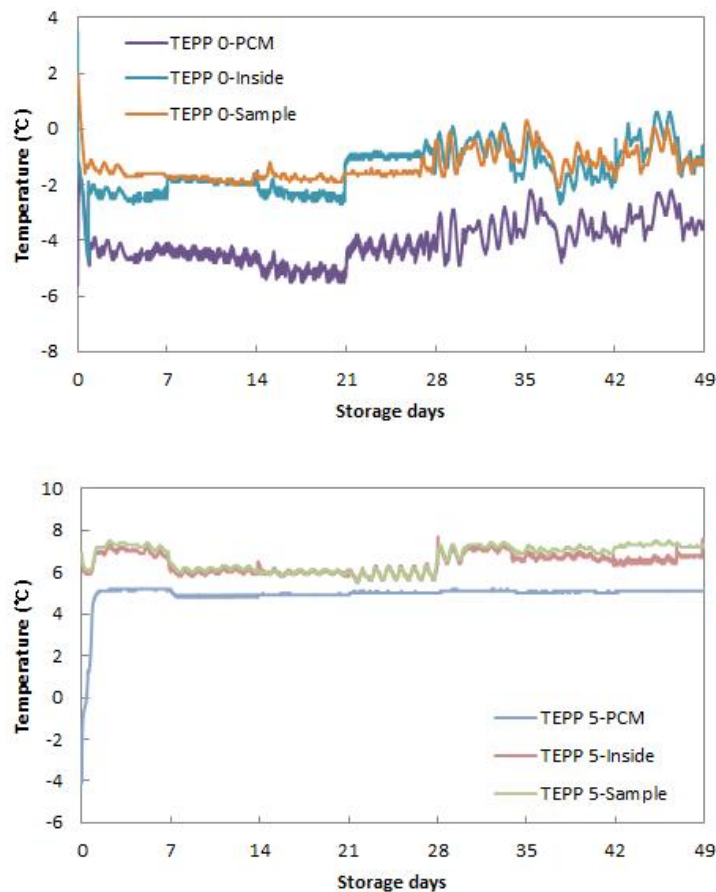


그림 3-29. 0, 5℃ 25 L 저온수배송시스템에서 두부 저장 중 수배송용기 및 두부의 온도변화

(나) 품질변화

0℃(TEPP-0), 5℃(TEPP-5) 25 L 저온수배송용기에 저장하면서 하나로마트 저장(HM)과 당일 배송(CT) 두부의 품질을 비교 분석한 결과는 아래와 같다.

pH 저장 초기 6.19로 측정되었고 저장 42일에 CT 6.23, HM은 6.34, TEPP-0℃는 6.36, TEPP-5℃ 6.31로 저장 초기보다 모두 증가하는 경향을 보였지만 처리구간 유의적 차이는 없었다.

산도 초기 0.64%에서 저장 49일까지 모든 처리구에서 0.64~0.66%로 큰 변화 없이 유지하는 것으로 나타났고, 미생물은 저장기간 내내 증식하지 않았다.

탁도, 미생물 탁도는 초기 값 0.1511에서 저장 49일에 CT 0.3479, HM 0.4603, TEPP-0 0.5917, TEPP-5 0.6876으로 증가하는 경향을 보였다. 미생물은 저장기간 동안 측정되지 않았다.

색도 두부의 저장 방법에 따른 색변화는 표 3-15에 나타내었다. 두부의 색 변화는 저장 초기 L값은 89.84, a 값은 1.43, b 값은 16.27 value로 각각 측정되었고, 저장 49일 L, a, b 값은 각각 CT 90.38, 1.05, 17.32, HM 90.10, 2.38, 14.06, TEPP-0 89.98, 2.16, 15.91, TEPP-5 91.05, 2.27, 15.87로 측정되었다. 두부의 색도 변화 측정 결과 두부를 침지액에 저장 시 L값과 b값은 별다른 변화가 없다는 연구결과(Park LY와 Lee SH, 2007)와 일치하였으며, 색 변화는 침지에 의해 억제되는 것으로 사료되며 온도와 저장기간에 따른 차이가 거의 없어 표면 색도로는 두부 품질변화의 차이를 판단하기 어려운 것으로 나타났다.

저장기간 동안 모든 처리구에서 품질변화는 크게 나타나지 않아 본 연구에서에서 개발한 수배송시스템이 두부의 저온 저장에 있어 효과가 있는 것으로 판단되었다.

기호도조사 두부의 수배송용기 저장에 따른 기호도 조사 결과는 표 3-16과 같다. 외관 항목은 저장 49일에 당일배송(CT) 7.7, 하나로마트 저장(HM) 7.0, 수배송용기(0℃) 7.6, 수배송용기(5℃) 7.8점으로 평가 받았으며, 모든 처리구가 7점 이상의 점수를 받아 처리구간 차이를 보이지 않았고 두부색 항목 또한 같은 결과를 나타내었다. 간수색 항목은 당일배송(CT)과 TEPP-5 처리구가 저장 49일 까지 각각 7.8, 7.9점으로 가장 좋은 평가를 받았고, 이취항목에서도 두 처리구가 7.8점의 점수를 받았다. 조직감에서는 저장 49일에 CT가 8.3점으로 가장 높은 평가를 받았고, 그 다음으로 TEPP-5 7.2, TEPP-0 6.9. 하나로 마트 저장 HM이 6.0점으로 각각 나타났다. 전반적인 기호도 또한 CT, TEPP-5, TEPP-0, HM 순으로 평가되었고, 당일배송과 비교하여 수배송용기 5℃에서 저장한 두부의 기호도 평가가 높은 것으로 나타나 가장 적합한 저장 방법으로 판단되었다.

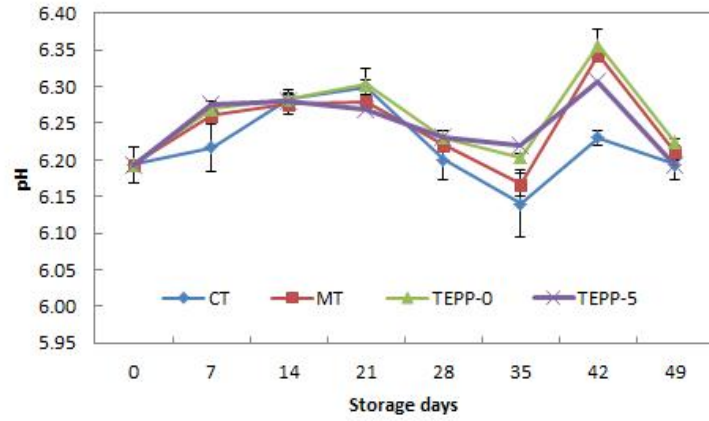


그림 3-30. 0, 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 pH 변화

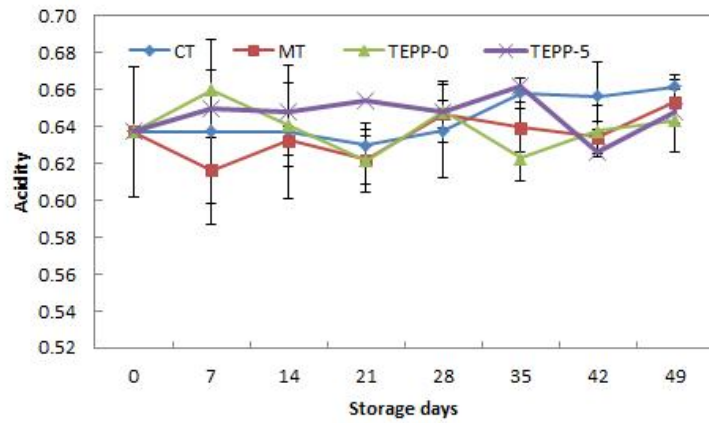


그림 3-31. 0, 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 산도 변화

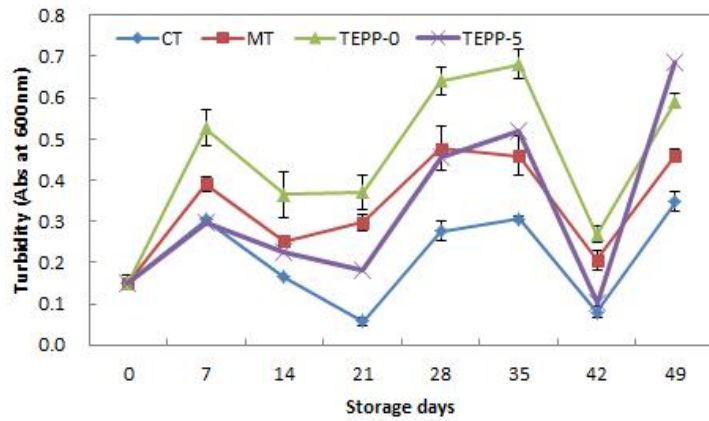


그림 3-32. 0, 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 탁도 변화

표 3-15. 0, 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 색 변화

day		L	a	b
0	CT	89.84±0.50 ^{Abcd}	1.43±0.15 ^{Ad}	16.27±0.39 ^{Ab}
	HM	89.84±0.50 ^{Ab}	1.43±0.15 ^{Ad}	16.27±0.39 ^{Aa}
	TEPP-0	89.84±0.50 ^{Aa}	1.43±0.15 ^{Ad}	16.27±0.39 ^{Abc}
	TEPP-5	89.84±0.50 ^{Ab}	1.43±0.15 ^{Ac}	16.27±0.39 ^{Aa}
7	CT	90.26±0.31 ^{Aab}	1.89±0.12 ^{Aab}	15.41±0.39 ^{Ac}
	HM	90.10±0.34 ^{Abab}	2.01±0.18 ^{Ab}	14.31±0.93 ^{Abc}
	TEPP-0	89.66±0.57 ^{Ba}	1.99±0.18 ^{Ab}	16.38±0.33 ^{Aab}
	TEPP-5	89.97±0.57 ^{ABb}	1.57±0.22 ^{Bbc}	16.04±0.43 ^{Aab}
14	CT	89.61±0.81 ^{Ac}	1.60±0.13 ^{Ac}	14.81±0.62 ^{Ad}
	HM	89.74±0.71 ^{Ab}	1.54±0.26 ^{Ac}	15.84±0.56 ^{Aa}
	TEPP-0	89.88±0.63 ^{Aa}	1.50±0.17 ^{Ad}	15.94±0.58 ^{Ac}
	TEPP-5	89.80±0.42 ^{Ab}	1.61±0.24 ^{Abc}	16.02±0.39 ^{Aab}
21	CT	89.99±0.52 ^{Aabc}	1.84±0.13 ^{Ab}	14.50±0.26 ^{Ad}
	HM	89.88±0.79 ^{Ab}	1.77±0.31 ^{Ac}	15.22±1.14 ^{Aab}
	TEPP-0	89.81±0.40 ^{Aa}	1.74±0.27 ^{Ac}	16.24±0.31 ^{Abc}
	TEPP-5	90.08±0.35 ^{Ab}	1.73±0.12 ^{Ab}	16.32±0.34 ^{Aa}
28	CT	90.07±0.64 ^{Aabc}	2.00±0.19 ^{Aa}	13.71±0.47 ^{Be}
	HM	89.80±0.69 ^{Ab}	1.57±0.23 ^{Bcd}	16.21±0.49 ^{Aa}
	TEPP-0	90.04±0.57 ^{Aa}	1.58±0.19 ^{Bcd}	15.97±0.40 ^{ABbc}
	TEPP-5	89.90±0.55 ^{Ab}	1.54±0.22 ^{Bbc}	16.29±0.24 ^{ABa}
35	CT	89.98±0.41 ^{Babc}	1.78±0.19 ^{Ab}	15.32±0.33 ^{Ac}
	HM	90.41±0.31 ^{Aa}	1.50±0.33 ^{BCd}	15.48±0.91 ^{Aa}
	TEPP-0	89.73±0.22 ^{BCa}	1.67±0.17 ^{ABc}	16.05±0.15 ^{Abc}
	TEPP-5	89.43±0.42 ^{Cb}	1.32±0.22 ^{Cd}	16.23±0.47 ^{Aa}
42	CT	89.42±0.49 ^{Bd}	1.31±0.15 ^{Bd}	16.31±0.58 ^{Ab}
	HM	90.12±0.46 ^{Aab}	1.77±0.24 ^{Ac}	15.24±1.93 ^{Aab}
	TEPP-0	89.64±0.74 ^{ABa}	1.70±0.19 ^{Ac}	16.70±0.81 ^{Aa}
	TEPP-5	89.99±0.37 ^{Ab}	1.63±0.17 ^{Ab}	16.27±0.28 ^{Aa}
49	CT	90.38±0.48 ^{Aa}	1.90±0.15 ^{Cab}	17.32±0.34 ^{Aa}
	HM	90.10±0.58 ^{Aab}	2.38±0.23 ^{Aa}	14.06±1.92 ^{Bc}
	TEPP-0	89.98±0.23 ^{Aa}	2.16±0.10 ^{Ba}	15.91±0.33 ^{ABc}
	TEPP-5	91.05±2.99 ^{Aa}	2.27±0.29 ^{ABa}	15.87±0.29 ^{Bb}

1) Values with different capital letters (A~C) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-16. 0, 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 기호도 변화

day		외관	두부색	간수색	이취	조식감	전반적 기호도
0	CT	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	HM	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	TEPP-0	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	TEPP-5	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
7	CT	8.3±0.67 ^{Aab}	7.8±0.79 ^{Abc}	7.4±0.84 ^{Cb}	8.0±1.15 ^{Ab}	7.4±0.70 ^{Bbc}	7.4±0.70 ^{Cbcd}
	HM	8.4±0.52 ^{Aab}	8.8±0.42 ^{Aab}	7.9±0.57 ^{BCab}	8.2±1.23 ^{Aab}	8.1±0.57 ^{ABab}	7.7±1.06 ^{BCb}
	TEPP-0	8.3±0.95 ^{Aab}	8.2±0.79 ^{ABab}	8.4±0.97 ^{Bab}	8.4±0.70 ^{Aab}	8.4±0.97 ^{Aab}	8.3±1.06 ^{ABab}
	TEPP-5	8.6±0.70 ^{Aab}	8.4±0.70 ^{ABab}	9.0±0.00 ^{Aa}	8.6±0.70 ^{Aab}	8.3±1.25 ^{ABbc}	8.6±0.52 ^{Aab}
14	CT	8.0±0.67 ^{ABb}	8.1±0.57 ^{ABb}	7.9±0.74 ^{ABb}	8.1±0.57 ^{ABb}	7.8±1.03 ^{ABbc}	7.9±0.57 ^{ABbc}
	HM	7.9±0.74 ^{Bbc}	7.9±0.57 ^{ABc}	7.1±1.45 ^{Bbc}	7.6±1.26 ^{Bbc}	7.4±1.17 ^{Bbc}	7.3±1.25 ^{Bb}
	TEPP-0	7.9±0.88 ^{ABbc}	7.6±0.84 ^{Bbc}	7.2±1.62 ^{Bbcd}	7.9±0.99 ^{ABbc}	7.8±0.79 ^{ABbc}	7.7±1.16 ^{Bbc}
	TEPP-5	8.6±0.52 ^{Aab}	8.3±0.82 ^{Aab}	8.6±0.52 ^{Aab}	8.4±0.52 ^{Aab}	8.4±0.97 ^{Aab}	8.5±0.53 ^{Aab}
21	CT	7.6±1.17 ^{Bbc}	7.8±0.79 ^{Abc}	7.5±0.71 ^{Bb}	7.7±0.95 ^{Bbc}	7.7±0.67 ^{Bbc}	7.8±0.79 ^{Abcd}
	HM	8.2±0.79 ^{Aac}	8.2±0.79 ^{Abc}	8.0±1.15 ^{ABab}	8.2±0.92 ^{ABab}	8.1±1.10 ^{ABab}	7.9±1.29 ^{Aab}
	TEPP-0	8.2±0.63 ^{ABab}	7.7±0.67 ^{Abc}	8.1±0.74 ^{ABabc}	8.3±0.67 ^{Aab}	8.4±0.70 ^{Aab}	7.9±0.74 ^{Bbc}
	TEPP-5	8.2±0.92 ^{ABab}	8.0±0.82 ^{Ab}	8.6±0.52 ^{Aab}	8.5±0.53 ^{Aab}	8.1±0.57 ^{ABabc}	8.1±0.57 ^{Aabc}
28	CT	7.9±0.32 ^{Ab}	7.9±0.57 ^{Abc}	7.0±1.25 ^{ABb}	7.4±1.26 ^{Abc}	6.8±1.40 ^{Ac}	7.0±0.82 ^{Ad}
	HM	7.6±1.35 ^{Abc}	7.7±1.25 ^{Ac}	6.6±1.43 ^{Bcd}	7.4±0.97 ^{Abc}	7.3±1.64 ^{Abc}	7.1±1.52 ^{Ab}
	TEPP-0	7.1±1.29 ^{Bc}	7.0±1.70 ^{Ac}	7.0±1.63 ^{ABdc}	7.6±0.52 ^{Abcd}	7.0±1.41 ^{Ac}	7.0±1.25 ^{Ac}
	TEPP-5	7.8±1.14 ^{ABb}	7.5±1.27 ^{Ab}	7.9±1.20 ^{Abc}	7.8±0.42 ^{Abc}	7.3±1.25 ^{Abc}	7.5±0.97 ^{Ac}
35	CT	8.0±0.94 ^{Ab}	8.2±0.79 ^{Ab}	7.4±1.35 ^{Ab}	7.9±1.10 ^{Ab}	7.0±1.76 ^{ABc}	7.5±1.43 ^{Abcd}
	HM	8.4±0.97 ^{Aab}	8.1±0.74 ^{Abc}	7.9±1.29 ^{Aab}	8.2±0.79 ^{Aab}	7.2±1.03 ^{Abc}	7.7±0.95 ^{Ab}
	TEPP-0	7.4±1.17 ^{Abc}	7.2±0.92 ^{Bbc}	7.2±1.55 ^{ABcd}	7.3±0.95 ^{Ac}	6.2±1.32 ^{Bd}	7.0±1.05 ^{Ac}
	TEPP-5	7.6±1.26 ^{Ab}	7.5±0.71 ^{ABb}	7.3±1.49 ^{Ac}	7.3±1.49 ^{Ac}	7.3±1.34 ^{Abc}	7.2±1.62 ^{Ac}
42	CT	7.1±0.88 ^{Bc}	7.2±1.03 ^{Ac}	7.2±0.79 ^{Bb}	6.9±1.10 ^{Bc}	6.9±0.99 ^{Bc}	7.1±0.88 ^{Bcd}
	HM	7.6±0.97 ^{ABbc}	6.9±0.88 ^{Bd}	7.0±0.67 ^{Bbc}	6.9±0.88 ^{Babc}	6.5±0.71 ^{Bcd}	6.7±0.82 ^{Bbc}
	TEPP-0	7.6±0.84 ^{ABbc}	6.8±0.63 ^{Bc}	6.8±0.63 ^{Bde}	6.9±0.57 ^{Bde}	6.7±0.82 ^{Bcd}	7.0±0.47 ^{Bcd}
	TEPP-5	8.3±0.95 ^{Aab}	8.0±0.82 ^{Ab}	8.0±0.82 ^{Abc}	8.1±0.88 ^{Abc}	8.0±0.82 ^{Aabc}	7.9±0.74 ^{Abc}
49	CT	7.7±1.06 ^{Abc}	7.2±1.14 ^{Ac}	7.8±1.23 ^{Ab}	7.8±0.92 ^{Ab}	8.3±1.06 ^{Aab}	8.0±1.15 ^{Ab}
	HM	7.0±1.25 ^{Ac}	7.5±1.08 ^{Ac}	5.8±1.93 ^{Bd}	5.5±2.22 ^{Bd}	6.0±2.00 ^{Bd}	5.8±2.15 ^{Bc}
	TEPP-0	7.6±1.15 ^{Abc}	7.4±1.58 ^{Abc}	5.7±1.70 ^{Be}	6.3±1.70 ^{Be}	6.9±2.13 ^{Bcd}	6.1±1.66 ^{Bd}
	TEPP-5	7.8±1.62 ^{Ab}	8.0±1.25 ^{Ab}	7.9±1.37 ^{Abc}	7.8±1.32 ^{Abc}	7.2±1.75 ^{ABc}	7.7±1.34 ^{Abc}

1) Values with different capital letters (A~C) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-17. 0, 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 저장 중 두부의 외관




















































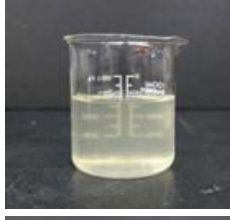






day	CT	HM	TEPP-0	TEPP-5
0				
7				
14				
21				
28				
35				
42				
49				

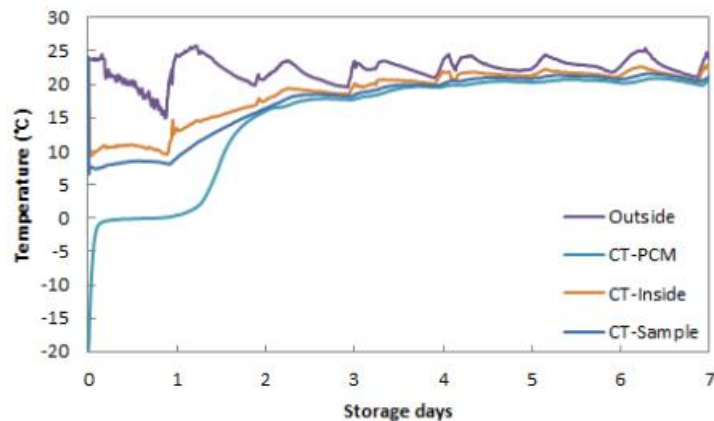
표 3-18. 0, 5°C 25 L 저온수배송 시스템에서 두부의 침지액

day	CT	HM	TEPP-0	TEPP-5
0				
7				
14				
21				
28				
35				
42				
49				

다. 이동형 저온수배송용기를 적용한 두부의 품질특성

(1) 온도변화

5차 개발 저온수배송시스템을 적용한 두부의 온도 변화는 그림 3-33에 나타내었으며, 외부 온도는 평균 22.3℃, 최저온도 15.0℃, 최고온도 25.8℃로 측정되었다. CT는 내부온도가 24.0℃에서 저장 20분 후 9.5℃, 30분 후 9.4℃로 측정되었으며, 이때의 온도가 저장기간 중 최저 온도였다. CT-PCM은 저장 0분 -19.8℃로 저장 중 최저온도이며, 약 18 시간 동안 0℃ 이하의 온도를 유지하였으며, 이후 온도는 점차 증가하여 37시간 후 10℃의 온도를 기록하였다. CT-sample의 온도측정결과, 초기온도 6.7℃로 이때가 최저온도로 측정되었으며, 26시간동안 10℃ 이하의 온도를 유지하였다. 장바구니 온도측정결과 장바구니 내부(T1-inside)는 초기 23.2℃에서 10분 후 16.2℃, 20분 후 10.5℃로 측정되었으며, 저장기간 동안 평균 온도는 20.2℃, 최저온도는 10.5℃, 22시간 동안 15℃ 이하의 온도를 유지하였다. 잠열재는(T1-PCM) 초기 -19.6℃로 이때의 온도가 최저 온도였으며, 23시간까지 0℃ 이하의 온도를 유지하였다. 샘플은 (T1-sample) 초기 온도 4.1℃, 저장 30분 후 최저온도 3.4℃, 14시간 까지는 10℃ 이하의 온도로 측정되었고, 48시간 까지는 15℃ 이하의 온도로 측정되었다. 캐리어 온도측정 결과 내부온도(T2-inside)는 초기 온도 23.45℃에서 저장 10분 후 7.7℃이였으며 온도가 점차 하강하여 저장 7시간 후 4.1℃로 최저온도로 측정되었다. 내부 온도는 25일의 저장 기간 동안 평균 6.6℃를 기록하였다. 캐리어 잠열재(T2-PCM) 온도측정 결과, 저장 초기 -19.0℃에서 점차 증가하여 24시간 후 평균온도인 5.5℃에 도달하였다. 캐리어 샘플(T2-sample) 온도 측정 결과 초기 5.2℃에서 저장 1시간 후 7.7℃까지 증가하였다가 다시 하강하여 저장 8시간 후 최저온도인 4.9℃에 도달하였고, 저장기간 동안 평균온도는 6.7℃로 측정되었다.



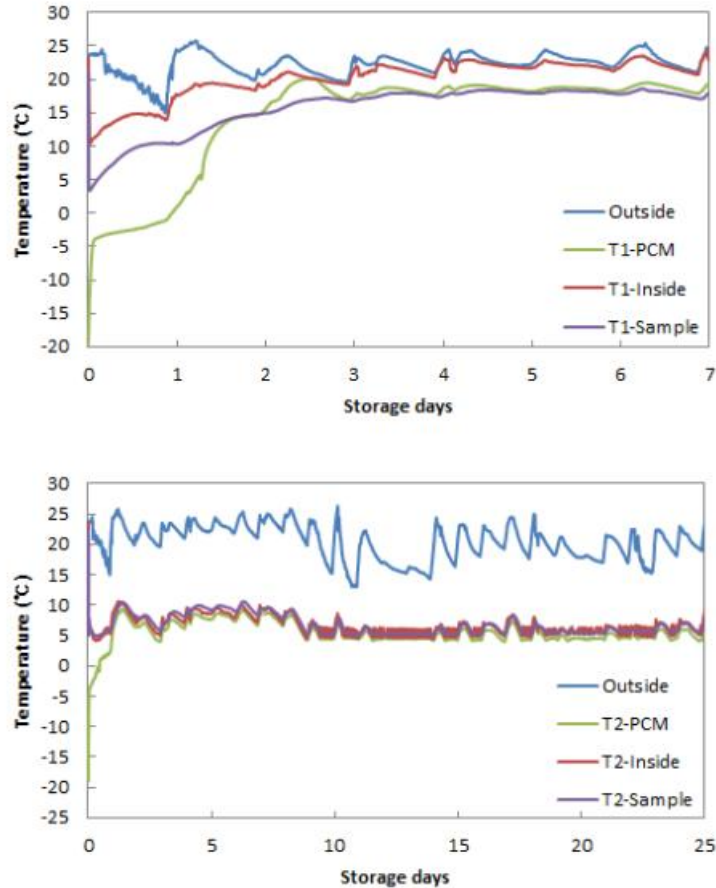


그림 3-29. 이동형 저온수배송용기의 온도변화

(2) 품질변화

pH 저장 초기 6.38로 측정되었고, 저장 5일 CT 6.33, T1 6.05로 T1이 유의적으로 낮아짐. 저장 7일 CT 6.15, T1 5.97, T2 6.38로 CT와 T1은 낮아졌으나 T2는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Chun 등(1999)은 수돗물에 침지한 두부의 pH가 4에서 초기에는 감소하다가 7일 이후부터 서서히 증가한다고 보고하였으며, Jang 등(1995)은 25°C에서 저장한 두부의 침지액 pH는 저장 초기에 급격히 감소하다가 24시간 이후부터는 다시 증가한다고 하였다. 이러한 pH의 증가는 두부의 부패로 생성되는 저분자량의 펩타이드, 아미노산 및 아민 등 양성 전해질에 의한 완충작용 때문이라고 보고(Lee 등, 1990)된바 있다.

산도 초기 0.38%에서 CT는 저장 6일 0.44, T1은 저장 5일 0.52로 증가하였고, T2는 저장 기간 동안 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

탁도, 미생물 탁도는 저장 초기 0.0236에서 저장 7일 CT 0.1497, T1 0.0613, T2 0.0259로 T1을 제외한 처리구에서 증가하는 경향을 나타내었다.

초기 값 0.15에서 저장 49일에 CT 0.35, HM 0.46, TEPP-0 0.59, TEPP-5 0.69로 증가하는 경향을 보였다. 저장 4일 미생물은 CT 5.35 Log cfu/g, T1 5.94 Log cfu/g으로 측정되었고, 저장 5일 CT 7.30 Log cfu/g, T1 7.39 Log cfu/g로 측정되어 부패가 진행되었음을 알 수 있었다. T2의 미생물은 저장기간 동안 측정되지 않았다. 일본은 두부제조업체에서 자체적으로 일반세균을 10⁵ CFU/g 이하로 위생관리하고 있는 것으로 알려졌으며, 우리나라도 일부 대기업의 경

우 두부 유통기간 설정 시 10^5 CFU/g을 품질관리기준으로 이용하고 있다(Lee 등, 2009).

색도 두부의 색 변화는 저장 초기 L값은 85.90, a 값은 2.37, b 값은 17.50 value로 각각 측정되었고, 저장 7일 L, a, b 값은 각각 CT 85.20, 2.03, 17.93, T1 85.20, 2.27, 17.93, T2 86.17, 2.17, 17.37로 각각 측정되었다. 두부는 저장기간에 따른 색도 변화가 유의적으로 나타나지 않아 색도로 두부의 품질평가를 하는 것은 어려울 것으로 판단된다.

CT, T1은 저장 5일 이후 품질변화가 시작되는 것으로 확인되었으며, T2는 저장기간 동안 품질변화에 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

기호도조사 CT, T1의 경우 저장 6일 모든 항목에서 6점 이상의 점수를 얻었고, 7일 이후는 5점 이하의 점수를 얻었다. 저장 4일 후 모든 처리구에서 상품성 한계점 이상의 점수를 보여 상품성이 유지되었음을 알 수 있었다. 저장 7일 후 CT, T1 처리구는 상품성 한계점 이하의 점수로 상품성이 손실됨을 나타내었으나 T2 처리구는 외관 7.67, 색 7.53, 간수색 7.73, 전반적 기호도 7.53 점으로 상품성이 유지되었음을 보여주었다.

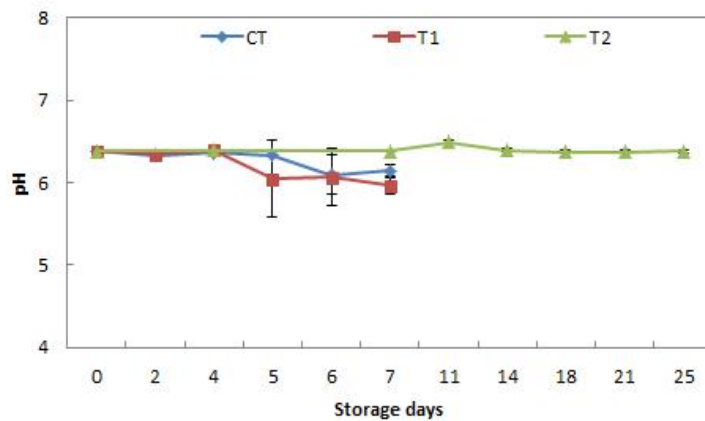


그림 3-34. 이동형 저온수배송용기에 따른 pH 변화

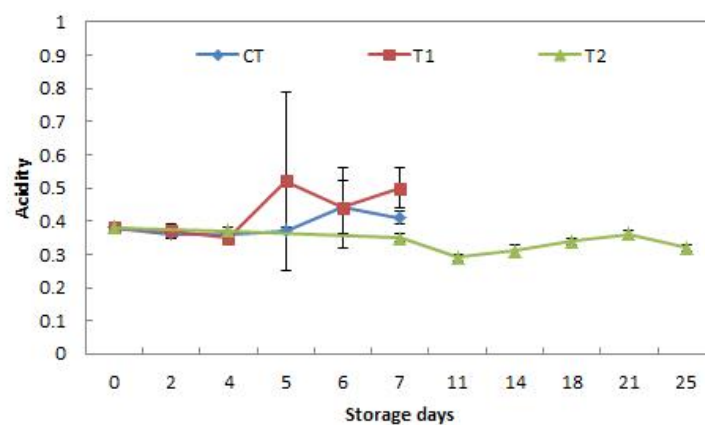


그림 3-35. 이동형 저온수배송용기에 따른 산도 변화

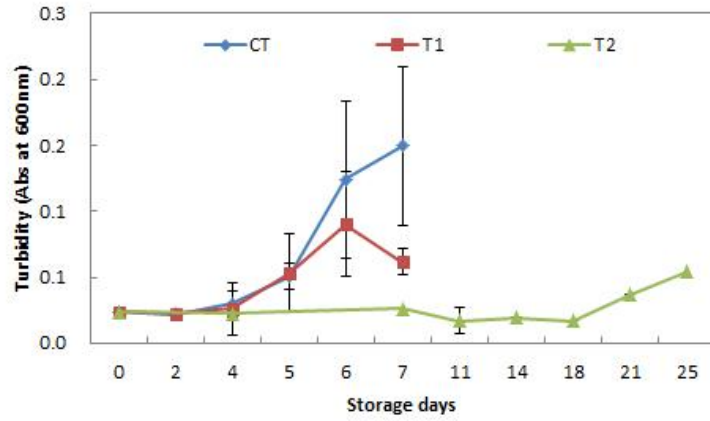


그림 3-36. 이동형 저온수배송용기에 따른 두부 침지액의 탁도 변화

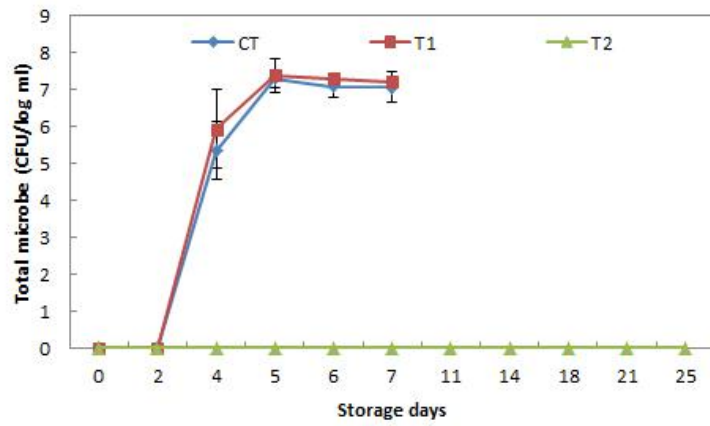


그림 3-37. 이동형 저온수배송용기에 따른 미생물 변화

표 3-19. 이동형 저온수배송용기에서 두부의 저장 중 색 변화

day		L	a	b
0	CT	85.90±0.78 ^{Aab}	2.37±0.23 ^{Aa}	17.50±0.26 ^{Aa}
	T1	85.90±0.78 ^{Aa}	2.37±0.23 ^{Aa}	17.50±0.26 ^{Aab}
	T2	85.90±0.78 ^{Ab}	2.37±0.23 ^{Aa}	17.50±0.26 ^{Aab}
2	CT	86.63±0.38 ^{Aa}	2.30±0.10 ^{Aab}	16.87±0.32 ^{Aa}
	T1	86.20±0.44 ^{Aa}	2.27±0.06 ^{Aa}	16.83±0.40 ^{Ab}
4	CT	86.47±0.17 ^{Bab}	2.20±0.17 ^{Aab}	17.30±0.26 ^{Aa}
	T1	86.93±0.15 ^{Aa}	2.30±0.10 ^{Aa}	17.23±0.21 ^{Aab}
	T2	86.57±0.31 ^{ABab}	2.37±0.25 ^{Aa}	17.33±0.21 ^{Aab}
5	CT	85.60±0.62 ^{Aab}	2.13±0.12 ^{Aab}	17.40±0.30 ^{Aa}
	T1	85.73±0.95 ^{Aa}	2.17±0.31 ^{Aa}	17.03±0.76 ^{Aab}
6	CT	86.43±0.12 ^{Aab}	2.00±0.10 ^{Ab}	17.10±0.17 ^{Aa}
	T1	86.40±0.70 ^{Aa}	1.97±0.25 ^{Aa}	17.33±0.32 ^{Aab}
7	CT	85.20±1.25 ^{Ab}	2.03±0.21 ^{Ab}	17.93±1.18 ^{Aa}
	T1	85.20±1.75 ^{Aa}	2.27±0.29 ^{Aa}	17.93±0.65 ^{Aa}
	T2	86.17±0.85 ^{Aab}	2.17±0.06 ^{Aab}	17.37±0.40 ^{Aab}
11	T2	87.23±0.12 ^a	2.03±0.06 ^{ab}	17.03±0.06 ^b
14	T2	85.80±0.95 ^b	1.97±0.15 ^{ab}	17.43±0.45 ^{ab}
18	T2	86.27±0.57 ^{ab}	1.86±0.05 ^b	17.43±0.57 ^{ab}
21	T2	85.87±0.38 ^b	1.93±0.47 ^{ab}	17.97±0.7 ^a
25	T2	85.80±0.61 ^b	1.97±0.15 ^{ab}	17.50±0.36 ^{ab}

1) Values with different capital letters (A~C) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~c) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-20. 이동형 저온수배송용기에 따른 저장 중 기호도조사

day	Treat ment	외관	두부색	간수색	이취	조직감	전반적 기호도
0	CT	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}
	T1	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}
	T2	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}
2	CT	8.20±0.68 ^{Aab}	8.00±0.76 ^{Ab}	7.87±0.74 ^{Bb}	8.13±0.64 ^{Ab}	8.00±0.65 ^{Ab}	8.07±0.59 ^{Bb}
	T1	8.53±0.64 ^{Aab}	8.33±0.62 ^{Aa}	8.33±0.62 ^{Aa}	8.40±0.63 ^{Aa}	8.40±0.74 ^{Aa}	8.47±0.64 ^{Aa}
4	CT	7.40±0.99 ^{Abc}	7.40±0.91 ^{Abc}	6.07±1.62 ^{Bc}	6.73±1.28 ^{Bc}	7.00±1.2 ^{Ac}	6.80±1.26 ^{Bc}
	T1	7.60±0.99 ^{Ab}	7.33±1.05 ^{Ab}	7.40±1.18 ^{Ab}	7.33±1.05 ^{ABb}	7.27±1.33 ^{Ab}	7.47±1.13 ^{ABb}
	T2	8.07±0.88 ^{Ab}	8.07±0.88 ^{Ab}	8.00±0.96 ^{Ab}	7.80±1.26 ^{Ab}	7.60±1.4 ^{Ab}	7.80±1.26 ^{Ab}
5	CT	7.13±0.99 ^{Ac}	6.87±0.92 ^{Ac}	6.67±1.18 ^{Ac}	6.80±1.21 ^{Ac}	6.67±1.18 ^{Ac}	6.67±1.05 ^{Ac}
	T1	5.80±1.86 ^{Bc}	5.67±1.84 ^{Bc}	3.87±2.03 ^{Bd}	4.80±2.08 ^{Bd}	4.00±1.69 ^{Bd}	4.33±1.72 ^{Bd}
6	CT	6.60±0.99 ^{Ac}	6.60±0.99 ^{Ac}	6.40±1.18 ^{Ac}	6.27±1.16 ^{Ac}	6.27±1.10 ^{Ac}	6.27±1.03 ^{Ac}
	T1	6.33±1.23 ^{Ac}	6.40±1.30 ^{Abc}	6.07±1.22 ^{Ac}	5.73±1.16 ^{Ac}	6.00±1.20 ^{Ac}	5.93±1.10 ^{Ac}
7	CT	4.87±2.33 ^{Bd}	4.80±2.04 ^{Bd}	3.07±1.49 ^{Bd}	2.87±1.46 ^{Bd}	3.73±1.83 ^{Bd}	3.13±1.68 ^{Bd}
	T1	4.47±2.36 ^{Bd}	4.27±2.15 ^{Bd}	2.33±1.23 ^{Be}	2.80±1.47 ^{Be}	3.20±1.70 ^{Bd}	2.87±1.68 ^{Be}
	T2	7.67±0.90 ^{Abc}	7.53±0.92 ^{Abc}	7.73±0.59 ^{Abc}	7.53±0.74 ^{Abc}	7.40±0.83 ^{Ab}	7.53±0.74 ^{Abc}
11	T2	7.27±0.80 ^{cd}	7.40±0.74 ^{bcd}	7.07±1.03 ^{cd}	7.20±1.15 ^{bc}	6.87±1.19 ^b	6.93±1.03 ^{cd}
14	T2	7.27±0.80 ^{cd}	7.13±1.06 ^{cd}	7.27±0.80 ^{cd}	7.40±0.99 ^{bc}	7.20±0.77 ^b	7.20±0.77 ^{bcd}
18	T2	7.27±0.96 ^{cd}	7.00±1.25 ^{cd}	6.93±1.16 ^{de}	7.33±1.18 ^{bc}	7.20±1.01 ^b	7.20±1.01 ^{bcd}
21	T2	6.27±1.03 ^e	6.07±1.28 ^e	5.27±0.88 ^f	5.87±1.41 ^d	5.87±1.25 ^c	5.73±1.10 ^e
25	T2	6.67±0.98 ^{de}	6.67±0.90 ^{de}	6.27±1.33 ^e	6.87±1.25 ^c	6.80±1.15 ^b	6.60±1.12 ^d

1) Values with different capital letters (A~C) among tofu of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~f) among tofu of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-21. 이동형 저온수배송용기에 따른 두부의 외관 변화















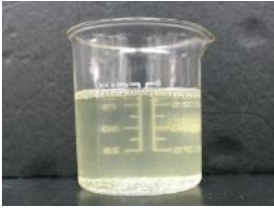
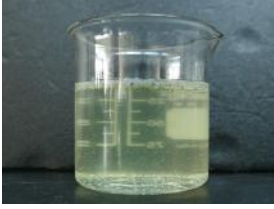












day	CT	HM	TEPP-0
0			
2			
4			
5			
7			
14			
21			
25			

표 3-22. 이동형 저온수배송용기에 따른 두부 침지액의 변화

day	CT	HM	TEPP-0
0			
2			
4			
5			
7			
14			
21			
25			

3. 통합형 수배송 시스템 유통환경 확립을 위한 소고기 품질 분석

가. 공랭식 저온수배송용기를 적용한 소고기의 품질특성

소고기는 양재동 농협하나로마트에서 전날 도축된 것으로 두께 1.5 cm 로 절단하여 1덩어리씩 polypropylene tray에 넣어 wrapping 하여 실험에 사용하였다. 잠열재는 아이스칭(청석, 한국)으로 250g × 8개(C-PCM)를 사용하였다. 수배송용기는 본 실험을 위해 열전소자를 적용하여 내부 온도를 일정하게 유지할 수 있는 것으로 제작하여 사용하였다.

첫 번째 수배송용기 내부 설정온도는 5℃며, 축전지는 full 이 될 때까지 충전시킨 후 작동하여 축전지가 방전된 후 그대로 방치하여 저장기간 동안 실험을 진행하였다(B1-TEPPB). 두 번째 수배송용기의 설정온도는 5℃이며, 저장기간 동안 내부 온도를 일정하게 유지하도록 AC 전원을 연결하여 실험을 진행하였다(B1-TEPPA). 대조구로는 일반스티로폼박스(EPS box)를, 비교구로 발포프로필렌박스(EPP box)를 이용하였으며 대조구 및 비교구에도 수배송용기와 같은 잠열재를 사용하여 실험하였다.

소고기의 저장기간은 대조구(B1-EPS), 비교구(B1-EPP), 첫 번째 수배송용기(B1-TEPPB)는 3일 동안 1일 간격으로 실험을 진행하였으며, 두 번째 수배송용기(B1-TEPPA)는 3일 동안은 1일 간격으로 이후는 2일 간격으로 11일까지 저장하며 실험하였다. 분석항목으로는 온도측정, 색도, pH, VBN, TBA, 총균 및 관능평가를 실시하였다.

표 3-23. 공랭식 저온수배송용기에서 소고기 품질평가를 위한 처리조건

	용기	잠열재 개수	잠열재 종류	저장온도	전원공급
B1-EPS	EPS box	500 g*8	C-PCM	-	-
B1-EPP	EPP box	-	-	2℃	-
B1-TEPPB	공랭식 수배송용기	500 g*8	F-PCM	5℃	축전지
B1-TEPPA	공랭식 수배송용기	500 g*15	F-PCM	5℃	AC전원

나. 50 L 저온수배송용기를 적용한 소고기의 품질특성

(1) 5℃ 50 L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 품질변화 특성

소고기는 하나로마트(하나로마트 웰빙하우스 석촌점)에서 같은 개체의 소 등심 부위를 구매하여 사용하였으며, 두께는 1cm로 절단하여 한 덩어리씩 polypropylene tray에 wrapping 하여 실험에 사용하였다. 저장방법에 따른 처리조건은 다음과 같다 : ① 대조구(CT) : EPS box에 시료 저장, 일반 잠열재(C-PCM) 사용 ② 비교구(HM) : 하나로마트(석촌점) 쇼케이스에 저장, 저장온도는 2℃ ③ 처리구1(TEPP-1) : 열전소자를 적용한 수배송용기(250 L)의 냉장온도 0℃, 잠열재는 (주)FMSKorea 개발한 5℃ 잠열재(F-PCM) 이용, 플라즈마 장치 1 min/hr 작동 ④ 처리구2(TEPP-2) : 열전소자를 적용한 수배송용기(50 L)의 냉장온도 5℃, 잠열재는 (주)FMSKorea 개발한 5℃ 잠열재(F-PCM) 적용

일반 및 개발 잠열재는 500±10 g으로 포장하여 사용하였고, 실험 전 24시간 동안 -20℃ 저장고에 저장한 후 사용하였다. 플라즈마장치(위터링크, 한국)는 오존농도로서 0.1 g/hr 출력되는 장치로, 실험 시 시간당 1분 작동되도록 설정하였고, 실험기간동안 발생된 농도는 0.36 g이며,

플라즈마 장치의 세부 사항은 표 3-25와 같다. 분석 항목은 온도측정, pH, 미생물, 색도, VBN, TBA, drip loss, 관능평가를 통해 소고기의 저장 중 품질 변화를 측정하였다.

표 3-24. 5°C 50 L 저온수배송 시스템에서 소고기 품질평가를 위한 처리조건

	용기	잠열재개수	잠열재 종류	저장온도	플라즈마 발생
EPS	EPS box	500 g*8	C-PCM	-	-
HM	하나로마트 쇼케이스	-	-	2°C	-
TEPP-1	250 L 저온수배송용기	500 g*8	F-PCM	5°C	1 min / hr
TEPP-2	50 L 저온수배송용기	500 g*15	F_PCM	5°C	-

표 3-25. 플라즈마 발생 장치 세부사항

구분	오존으로써 0.1g/h
입력 전압	220 V
출력 전압	3.2 Kv
입력 주파수	60 Hz
출력 주파수	18 KHz
플라즈마 방전 방법	유전체 격벽 방전 방식 (DBD, Dielectric Barrier Discharge)
유전체 제질	알루미나 99.9% 세라믹
방전자 제질	Cu + Pt
플라즈마 발생 조절 방법	외부에서 타이머의 조절에 의한 임의 조절 방법 적용
장점	플라즈마의 발생에서 습도의 문제가 발생에 어려움을 주는데 이러한 예러 발생 요인을 극복한 제품이다.
플라즈마 발생에 생기는 물질들	NOx, HNO ₂ , HNO ₃ , H ₂ O ₂ , O ₃ , OH ⁻ , 여러 가지 라디칼

(2) 2°C 50 L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 품질변화 특성

소고기는 하나로마트(하나로마트 웰빙하우스 석촌점)에서 같은 개체의 소 등심 부위를 구매하여 사용하였으며, 두께는 1 cm로 절단하여 한 덩어리씩 polypropylene tray에 wrapping 하여 실험에 사용하였다. 저장 방법에 따른 처리조건은 다음과 같다 : ① 대조구(CT) : EPS box 에 시료 저장, 일반 잠열재(C-PCM) 사용 ② 비교구(HM) : 하나로마트(석촌점) 쇼케이스에 저장, 저장온도는 2°C ③ 처리구1(TEPP-1) : 열전소자를 적용한 수배송용기(250 L)의 냉장온도 0°C, 잠열재는 (주)FMSKorea 개발한 5°C 잠열재(F-PCM) 이용, 플라즈마 장치 1 min/hr 작동 ④ 처리구2(TEPP-2) : 열전소자를 적용한 수배송용기(50 L)의 냉장온도 5°C, 잠열재는 (주)FMSKorea 개발한 5°C 잠열재(F-PCM) 적용.

일반 및 개발 잠열재는 500±10 g으로 포장하여 사용하였고, 실험 전 24시간 동안 -20°C 저장고에 저장한 후 사용하였다. 플라즈마장치(위터링크, 한국)는 오존농도로서 0.1 g/hr 출력되

는 장치로, 실험 시 시간당 1분 작동되도록 설정하였고, 실험기간동안 발생된 농도는 0.36 g이며, 분석 항목은 온도측정, pH, 미생물, 색도, VBN, TBA, drip loss, 관능평가를 통해 소고기의 저장 중 품질 변화를 측정하였다.

표 3-26. 2℃ 50 L 저온수배송 시스템에서 소고기 품질평가를 위한 처리조건

	용기	잠열재개수	잠열재 종류	저장온도	플라즈마 발생
EPS	EPS box	500 g*8	C-PCM	-	-
HM	하나로마트 쇼케이스	-	-	2℃	-
TEPP-1	250 L 저온수배송용기	500 g*8	F-PCM	2℃	1 min / hr
TEPP-2	50 L 저온수배송용기	500 g*15	F_PCM	2℃	-



그림 3-38. 저장 방법에 따른 소고기 저장 처리 조건

다. 이동형 저온수배송용기를 적용한 소고기의 품질특성

소고기는 평창한우마을(대관령)에서 구입하여 같은 개체의 소에서 등심부위를 실험에 사용하였으며, 두께 1cm로 절단하여 각각 polypropylene tray에 wrapping 하여 저장하였다. 캐리어형 저온수배송 용기는 열전소자를 이용하여 온도유지가 가능하도록 제작한 것으로 내부 온도를 5℃가 되도록 작동시킨 후 사용하였다. 장바구니형 저온수배송용기는 열전소자를 이용하여 온도유지가 가능하도록 제작하였으며, 각각의 수배송용기에 (주)FMSKorea 개발한 5℃ 잠열재 (F-PCM)를 넣어 실험하였다. 대조구로는 EPS box에 일반잠열재(C-PCM)를 넣어 상온에 보관하며 실험하였다.



그림 3-39. 저장 방법에 따른 소고기 저장 처리 조건

표 3-27. 이동형 저온수배송 시스템에서 소고기 품질평가를 위한 처리조건

	용기	잡열재 개수	잡열재 종류	저장온도
EPS	EPS box	500 g*4	C-PCM	-
T1	장바구니형 저온수배송용기	500 g*4	F-PCM	-
T2	캐리어형 저온수배송용기	500 g*4	F-PCM	5°C

라. 분석방법

(1) 온도측정

열전소자를 이용한 수배송용기의 온도 변화는 Thermo Recoder (TR-52, T&D Co., Japan) 로 처리시간에 따른 온도변화를 기록하였으며, 온도측정 부위는 수배송용기 내부, 샘플중심, 잡열재 총 3 곳을 측정하였다.

(2) pH 및 색도

pH는 시료 5 g에 증류수 45 mL를가해 homogenizer로 균질화 한 후 Whatman No.1 으로 여과해 여과액을 pH meter를 이용하여 3회 반복하여 측정하였다.

색도는 두부의 표면을 Chromameter(Minolta CR-200., Japan)을 이용하여 3회 반복 측정하였다. 표준관의 L(Lightness), a(Redness), b(Yellowness)값은 각각 97.22, -0.18, 2.01 이었다.

(3) VBN

VBN은 미량 확산법(KFDA, 2002)을 이용하여 시료 5 g에 증류수로 50 mL 까지 부피를 맞춘 후 homogenizer로 균질화 한 다음 여과지(Whatman No.1)로 여과한다. 여과액 1 mL를 conway dish 외실 왼쪽에 넣고, 0.005 mol H₂SO₄ 1 mL를 내실에 넣은 후 포화 K₂CO₃ 1 mL를 외실 오른쪽에 넣었다. conway dish 뚜껑을 닫아 시료와 K₂CO₃를 25°C에서 60분간 반응시켜주었다. 반응 후 내실에 Branswik 지시약으로 발색 후 0.01N NaOH로 적정하여 측정하였다. 시료 중 휘발성 염기태질소 양을 mg/100g 으로 나타내었으며 계산식은 다음과 같다.

$$\text{휘발성염기태질소 (mg\%)} = 0.14 \times (b-a)f/W \times 100 \times d$$

a : 본실험의 적정치 (mL)

b : 공실험의 적정치 (mL)

d : 희석배수

W : 시료의 양

F : 0.01 N NaOH의 표준화지수

(4) TBA

소고기를 마쇄하여 10g을 취한 후 0.3% BHA 0.5 ml 넣고 20% TCA 용액 25ml을 가하여 homogenizer로 균질화 한 다음 증류수로 50 ml가 되도록 정용한다. 정용한 후 여과지

(Whatman No1)를 이용하여 여과 후 여과액 5 ml와 TBA(5mM thiobarbituric acid)용액 5ml 을 가하여 혼합한 후 15시간 냉암소에 방치한 다음 530 nm에서 흡광도로 측정하였다.

(5) Drip loss

소고기의 육즙손실 (%) 측정은 조사전과 조사 후의 무게를 측정하여 계산하였다.

(6) 미생물

총균수 측정은 소고기 표면을 Swab(3M Pipette Swab)을 이용하여 일정 횟수로 문질러 취한 후 단계적으로 희석하여 총균수 측정 배지(Petri film. 3M Co. Ltd., CA, USA)에 접종하여 37°C에 배양한 후 log CFU/g 으로 나타내었다.

(7) 기호도조사

관능평가는 패널 15명을 선정하여 소고기의 외관, 육색(선홍색), 지방색(유백색), 이취, 다즙성, 전반적인기호도 항목으로 9점 척도법으로 평가하였다.

(8) 통계분석

실험결과는 SPSS statistics 20 프로그램을 이용하여 Duncan's multiple range test 방법($p \leq 0.05$)을 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다.

2. 연구결과

가. 공랭식 저온수배송시스템을 적용한 소고기의 품질특성

(1) 온도변화

T2-EPS는 저장 1일 후 잠열재 7.5℃, 수배송용기 내부 24.1℃, 샘플중심온도 13.6℃로 측정되었고, T2-EPP는 저장 1일 후 잠열재 5.3℃, 수배송용기 내부 22.8℃, 샘플 중심온도 13.9℃로 측정되었다. T2-TEPPB의 축전지 온도 유지 가능시간은 0.45시간으로 이때 온도는 잠열재 -0.5℃, 수배송용기 내부 6.0℃, 샘플중심온도 5.2℃로 측정되었고, 저장 1일 후 잠열재 5.3℃, 수배송용기 내부 22.8℃, 샘플 중심온도 12.9℃로 측정되었다. T2-TEPPA는 저장 1일 후 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플중심온도가 각각 1.1, 5.8, 2.0℃로 측정되었으며, 저장 기간 동안 평균온도는 각각 9.8, 6.6, 6.8℃로 측정되어 AC 전원을 연결하여 수배송용기 내부 온도를 설정온도로 적절하게 유지되는 것을 확인 하였다.

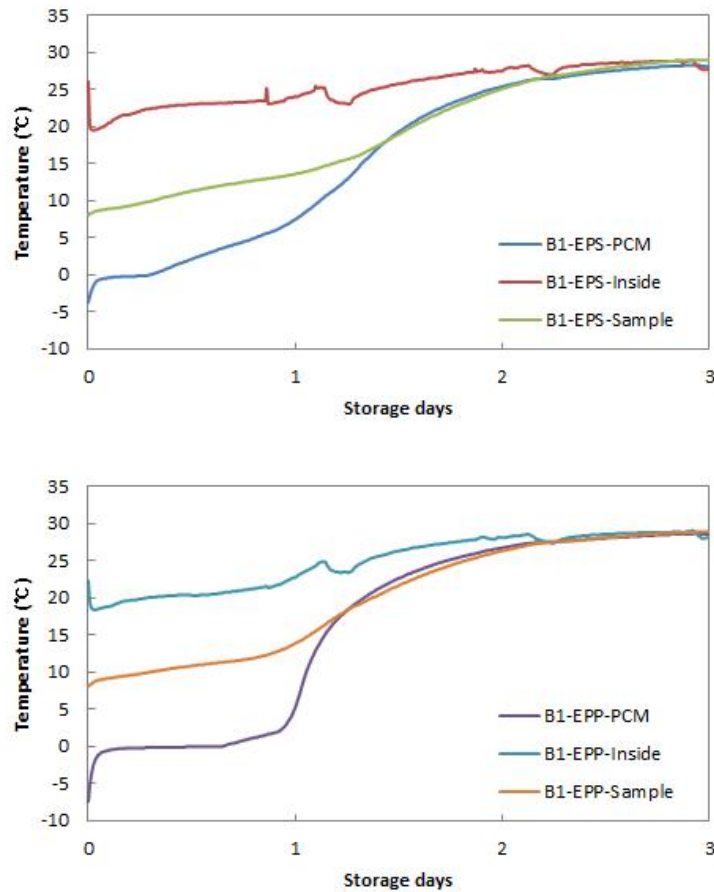


그림 3-40. 공랭식 저온수배송시스템에서 저장 중 온도변화

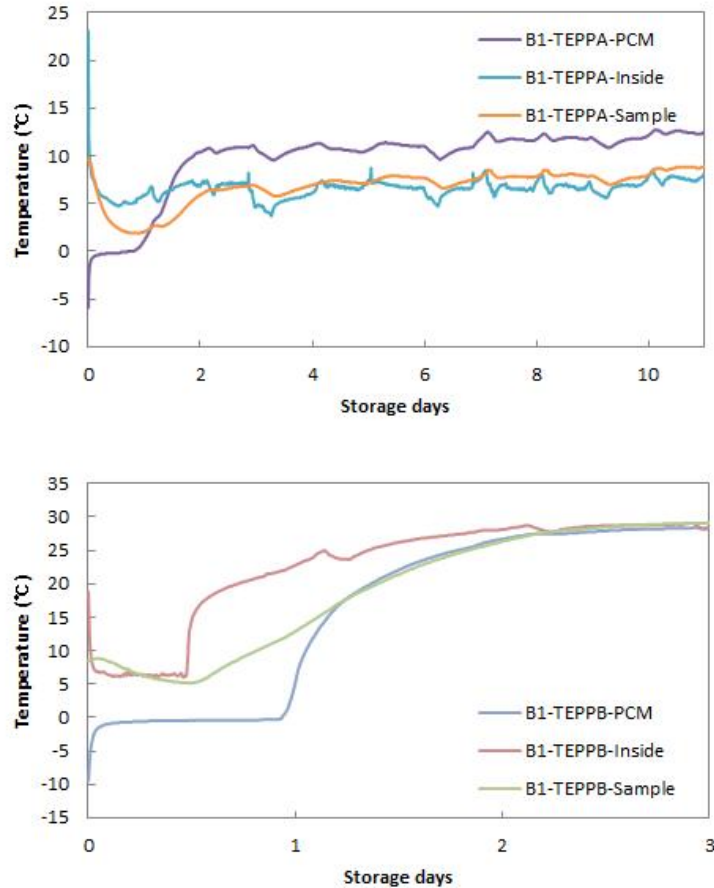


그림 3-41. 공랭식 저온수배송시스템 저장 중 온도변화

(2) 품질변화

pH 저장 초기 pH는 5.26이었으며, 저장 3일 후 B1-EPS 5.55, B1-EPP 5.50, B1-TEPPB 5.58로 측정되었으며, B1-TEPPA는 저장 3일 5.35, 저장 11일 5.62로 측정되어 저장기간에 따라 pH도 점차 증가하는 경향을 나타내었다. Holly 등의 연구에 의하면 신선육의 pH는 저장기간의 증가에 따라 점차 증가한다고 보고하였고, Tak 등은 지방산패에 따른 과산화물의 축적과 당과 지방의 분해로 인한 organic acid, aldehyde, ketone, alcohol, carbonyl 등이 pH에 영향을 미친다고 보고하였다.

VBN 저장 초기 6.90 mg% 로 측정되었던 VBN은 저장 3일 후 B1-EPS, B1-EPP, B1-TEPPB는 각각 17.81, 16.50, 14.46 mg% 로 측정되었다. 식품공전에서는 원료육 및 포장육에 한하여 VBN 함량을 20mg% 이하로 규정하고 있으며, 우육에서의 VBN 함량이 15mg% 이상이 되면 부패취를 느낄 수 있다고 표기되어 있어, 본 실험에서는 저장 3일 후 부패가 되었음을 알 수 있었다. B1-TEPPA는 저장 11일 15.45 mg%로 측정되어 부패가 되었다는 것을 알 수 있었다. 그러나 B1-TEPPA를 제외한 처리구에서는 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Shin 등의 보고에 의하면 VBN의 증가는 미생물이 분비하는 효소 또는 효소의 활성변화와 관련이 있으며, 육류의 저장 중 발생하는 근육 내의 단백질 분해 효소와 미생물이 분비하는 효소들에 의하여 근육 단백질이 아미노산으로 분해되고, 다시 아미노산이 저 분자의 무기태 질소로 분해되어 VBN의 함량이 증가하는 것으로 추정된다고 보고하였다.

TBA 저장초기 TBA 값은 0.0730 mgMA/kg으로 측정되었으며, 저장 3일 후 B1-EPS는 1.9393 mgMA/kg, B1-EPP는 1.8084 mgMA/kg, B1-TEPPB는 1.8722 mgMA/kg로 측정되었으며, B1-TEPPA는 저장 7일 후 1.4882 mgMA/kg, 저장 11일 후 2.6581 mgMA/kg로 측정되었다. 저장기간에 따른 TBA가는 유의적으로 증가하는 경향을 나타냈으나, B1-TEPPA를 제외한 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Turner의 보고에 따르면 고기의 TBA가 0.46이하일 때 가식권이라고 보고하였는데, 본 실험에서는 저장 기간동안 0.46 이하로 측정되어, 소고기의 표면은 부패되었으나 내부는 부패되지 않아 TBA 값이 낮게 측정된 것으로 여겨진다.

미생물 초기 1.66 Log CFU/g 이었던 총균수는 저장 3일 후 B1-EPS는 7.84 Log CFU/g, B1-EPP는 7.82 Log CFU/g, B1-TEPPB는 7.43 Log CFU/g로 측정되었으며, B1-TEPPA는 저장 11일 후 6.57 Log CFU/g로 측정되었다. 저장기간이 증가할수록 총균수가 증가하는 것으로 측정되었으나 B1-TEPPA를 제외한 처리구에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Nottingham 등에 의하면 식육의 미생물수가 6-7 Log CFU/g 수준에 도달하면 부패가 시작되고 8-9 Log CFU/g에 도달하면 관능적으로 받아들일 수 없는 부패가 발생한 것이라고 보고하였다. 본 실험에서는 B1-EPS, B1-EPP 및 B1-TEPPB는 저장 3일에 B1-TEPPA는 저장 11일에 부패가 시작된 것으로 측정되었다.

색도 저장기간 및 저장방법에 따른 L 값의 변화는 나타나지 않았으며, a 값은 저장기간이 증가함에 따라 감소하였고, 저장 1일부터 a 값의 감소가 시작되었다. b 값은 저장 2일 이후부터 급격하게 감소하였으며, a 및 b 값의 감소는 저장기간에 따른 차이는 보였으나 처리구에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다.

기호도조사 저장 1일에는 B1-TEPPB 처리구가 외관, 육색, 이취, 다즙성 및 전반적인 기호도에서 B1-EPS 와 B1-EPP 보다 높은 평가를 얻었으며, 저장 3일에는 B1-TEPPA를 제외한 처리구에서 식육의 표면에 점액질 분비가 일어나고 암모니아와 같은 이취가 발생하는 부패 초기 단계로 간주되어 3점 이하의 평가점수에 도달하였다. 기호도조사결과, 저장 1일에는 B1-TEPPB 와 B1-TEPPA가 B1-EPS나 B1-EPP 보다 좋은 상태를 유지하는 것으로 판단된다.

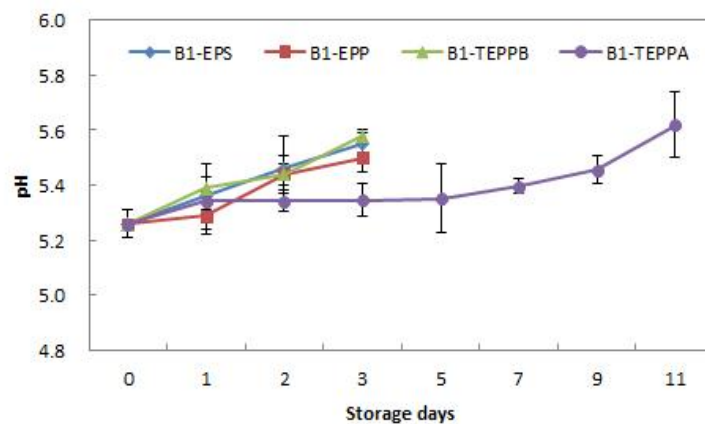


그림 3-42. 공랭식 저온수배송시스템 저장 중 소고기의 pH 변화

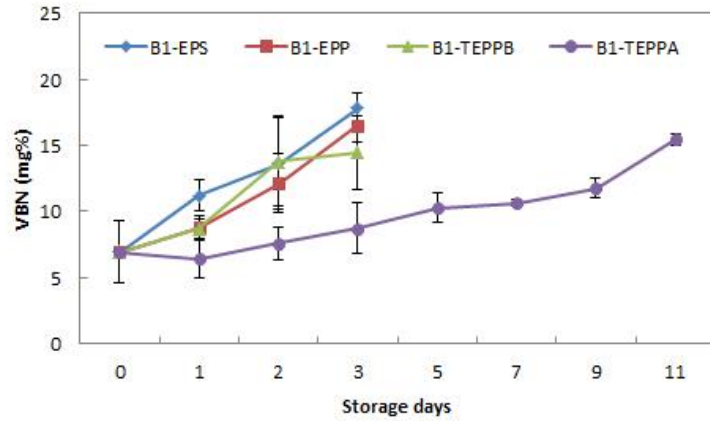


그림 3-43. 공랭식 저온수배송시스템 저장 중 소고기의 VBN 변화

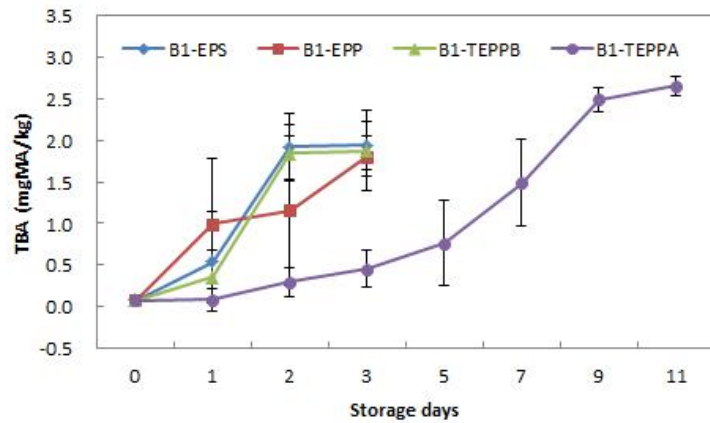


그림 3-44. 공랭식 저온수배송시스템 저장 중 소고기의 TBA 변화

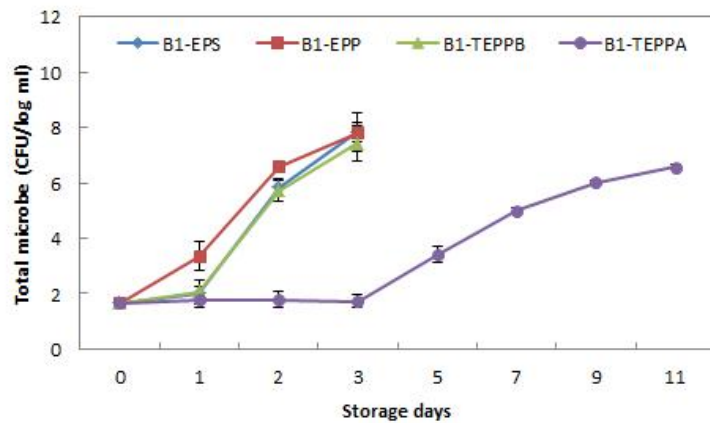


그림 3-45. 공랭식 저온수배송시스템 저장 중 소고기의 총균수 변화

표 3-28. 공랭식 저온수배송시스템 저장 중 소고기의 색도 변화

day		L	a	b
0	B1-EPS	36.27±0.38 ^{Aa}	33.83±1.17 ^{Aa}	14.50±0.90 ^{Aa}
	B1-EPP	36.27±0.38 ^{Aa}	33.83±1.17 ^{Aa}	14.50±0.90 ^{Aa}
	B1-TEPPB	36.27±0.38 ^{Aa}	33.83±1.17 ^{Aa}	14.50±0.90 ^{Aa}
	B1-TEPPA	36.27±0.38 ^{Aa}	33.83±1.17 ^{Aa}	14.50±0.90 ^{Aa}
1	B1-EPS	36.17±3.09 ^{Aa}	23.10±2.17 ^{Ab}	11.03±0.96 ^{BCb}
	B1-EPP	32.53±1.27 ^{Ab}	28.87±1.42 ^{Aa}	12.37±1.01 ^{ABb}
	B1-TEPPB	34.00±3.72 ^{Aa}	29.27±1.00 ^{Ab}	12.57±0.65 ^{ABb}
	B1-TEPPA	37.23±1.52 ^{Ab}	31.73±1.10 ^{Aab}	14.47±1.70 ^{Aa}
2	B1-EPS	34.10±0.61 ^{Aa}	12.67±1.17 ^{Bc}	7.60±0.35 ^{Cc}
	B1-EPP	35.43±1.63 ^{Aa}	13.43±5.26 ^{Bb}	8.37±1.42 ^{BCc}
	B1-TEPPB	34.57±2.95 ^{Aa}	11.23±0.86 ^{Bc}	9.20±0.80 ^{BCc}
	B1-TEPPA	32.40±1.01 ^{Ab}	28.63±0.29 ^{Abc}	11.90±0.56 ^{Ab}
3	B1-EPS	35.47±3.81 ^{Aa}	12.50±0.20 ^{BCc}	8.47±2.14 ^{BCc}
	B1-EPP	34.97±0.58 ^{Aa}	14.53±3.08 ^{BCb}	8.83±0.96 ^{ABCc}
	B1-TEPPB	34.80±1.82 ^{Aa}	11.67±0.51 ^{B^{CD}c}	9.30±0.52 ^{ABCc}
	B1-TEPPA	32.47±1.26 ^{Aa}	26.53±2.99 ^{A^{cd}}	10.83±1.19 ^{ABbc}
5	B1-TEPPA	35.97±1.30 ^a	22.77±1.17 ^d	10.93±1.12 ^{bc}
7	B1-TEPPA	35.83±0.42 ^a	17.00±5.91 ^e	9.43±1.48 ^{cd}
9	B1-TEPPA	35.53±0.29 ^a	10.97±2.14 ^f	8.33±0.91 ^d
11	B1-TEPPA	35.93±0.61 ^a	9.40±3.38 ^f	8.23±1.01 ^d

1) Values with different capital letters (A~C) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~f) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-28. 공랭식 저온수배송시스템 저장 중 소고기의 관능검사

day		외관	육색 (선홍색)	지방색 (유백색)	이취	다즙성	전반적 기호도
0	B1-EPS	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}
	B1-EPP	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}
	B1-TEPPB	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}
	B1-TEPPA	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}	9.00±0.00 ^{Aa}
1	B1-EPS	5.20±0.63 ^{Cb}	5.00±1.05 ^{Cb}	5.20±1.23 ^{Cb}	4.80±1.23 ^{Db}	4.70±1.16 ^{Db}	4.60±0.84 ^{Db}
	B1-EPP	7.00±0.94 ^{Bb}	6.80±0.63 ^{Bb}	7.30±0.67 ^{Bb}	6.70±1.34 ^{Cb}	6.50±0.97 ^{Cb}	6.50±0.85 ^{BCb}
	B1-TEPPB	7.90±0.32 ^{Bb}	7.40±0.52 ^{Bb}	7.40±0.84 ^{Bb}	7.70±0.48 ^{Bb}	7.40±0.97 ^{Bb}	7.40±0.70 ^{Bb}
	B1-TEPPA	8.80±0.42 ^{Aa}	8.70±0.48 ^{Aa}	8.70±0.48 ^{Aa}	8.60±0.52 ^{Aa}	8.60±0.70 ^{Aab}	8.70±0.48 ^{Aa}
2	B1-EPS	2.00±1.05 ^{Cc}	1.80±0.79 ^{Dc}	2.20±1.32 ^{Cc}	2.30±1.16 ^{BCc}	2.40±1.51 ^{Bc}	1.90±0.99 ^{Cc}
	B1-EPP	2.80±1.40 ^{BCc}	2.40±1.07 ^{CDc}	2.70±1.34 ^{Cc}	3.30±1.42 ^{Bc}	2.80±1.32 ^{Bc}	2.70±1.16 ^{BCc}
	B1-TEPPB	3.70±1.16 ^{Bc}	3.40±0.84 ^{Bc}	4.00±1.33 ^{Bc}	3.30±1.25 ^{Bc}	3.50±1.18 ^{Bc}	3.30±1.42 ^{Bc}
	B1-TEPPA	7.40±1.07 ^{Ab}	7.50±1.08 ^{Ab}	7.50±0.97 ^{Ab}	7.20±1.55 ^{Ab}	7.20±1.32 ^{Ac}	7.20±1.14 ^{Ab}
3	B1-EPS	1.00±0.00 ^{Cd}	1.10±0.32 ^{Dd}	1.20±0.42 ^{Cd}	1.20±0.63 ^{Cd}	1.90±1.52 ^{Bc}	1.10±0.32 ^{Cd}
	B1-EPP	1.80±0.63 ^{Bd}	1.60±0.97 ^{CDd}	1.60±0.70 ^{Cd}	1.60±0.97 ^{Cd}	2.20±1.23 ^{Bc}	1.50±0.71 ^{BCd}
	B1-TEPPB	2.00±0.67 ^{Bd}	2.40±1.43 ^{Bd}	2.30±1.06 ^{Bd}	2.30±1.25 ^{Bd}	2.50±1.18 ^{Bd}	2.00±0.94 ^{Bd}
	B1-TEPPA	7.90±0.74 ^{Ab}	7.90±0.74 ^{Ab}	7.60±0.52 ^{Ab}	7.30±1.06 ^{Ab}	7.70±0.82 ^{Abc}	7.70±0.82 ^{Ab}
5	B1-TEPPA	7.90±0.57 ^b	7.30±0.48 ^b	7.40±0.52 ^b	5.60±1.84 ^c	6.80±1.23 ^c	6.20±1.14 ^c
7	B1-TEPPA	4.10±1.45 ^c	3.60±.58 ^c	4.10±1.60 ^c	3.20±1.62 ^d	4.40±1.78 ^d	3.70±1.25 ^d
9	B1-TEPPA	2.20±0.92 ^d	1.60±0.70 ^d	2.10±0.88 ^d	1.70±0.67 ^e	2.50±0.85 ^e	1.60±0.52 ^e
11	B1-TEPPA	1.50±0.71 ^d	1.50±0.53 ^d	1.60±0.52 ^d	1.50±0.71 ^e	1.90±0.99 ^e	1.10±0.32 ^e

1) Values with different capital letters (A~D) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

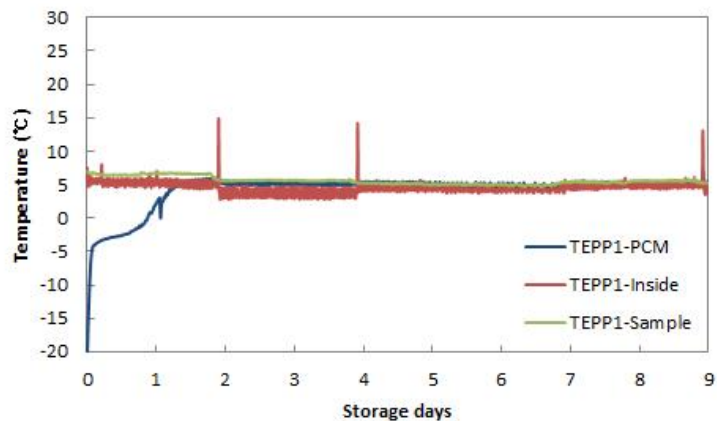
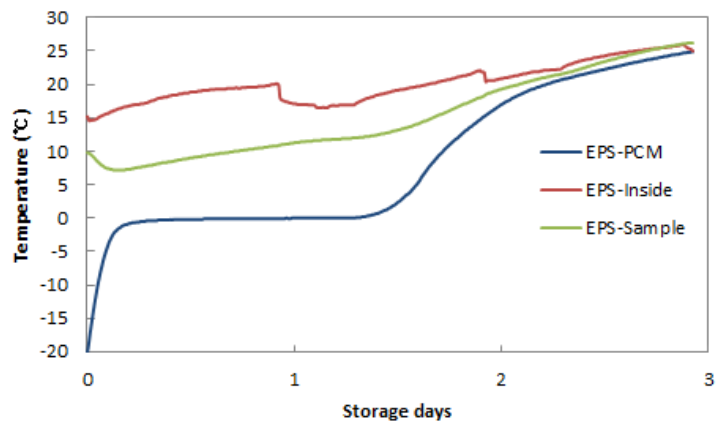
2) Values with different capital letters (a~e) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

나. 50 L 저온수배송시스템을 적용한 두부의 품질특성

(1) 5℃ 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 품질변화 특성

(가) 온도변화

저장 1일째 EPS box의 잠열재 온도는 0℃, 수배송용기 내부는 17.1℃, 샘플중심은 11.3 ℃로 저장 기간이 지날수록 점차 높아지는 것으로 측정되었다. 저장 2일째 잠열재, 내부, 샘플 온도는 각각 17, 20.9, 19.3 ℃로 저장 3일째에는 잠열재, 내부, 샘플온도가 25 ℃ 이상으로 급격히 높아지는 것으로 측정되었다. 저장기간 동안 EPS box의 평균온도는 잠열재 8.2 ℃, 내부 20.2 ℃, 샘플 15.2 ℃로 측정되었다. TEPP-1과 TEPP-2는 저장 2일째 잠열재는 2, 4 ℃, 내부온도는 5, 7.6℃, 샘플온도는 5.5, 7.4℃로 측정되었고 저장 7일째에는 잠열재는 2, 4.5 ℃, 내부온도는 4.5, 6.8 ℃, 샘플온도는 5.4, 6.6 ℃로 TEPP-1이 TEPP-2에 비해 온도가 유지되는 것으로 측정되었다. 저장기간 동안 TEPP-1의 평균온도는 잠열재 1.8 ℃, 내부 5.1 ℃, 샘플 5.5 ℃로 측정되었고, TEPP-2는 잠열재 3.9 ℃, 내부 6.7 ℃, 샘플 7.1 ℃로 측정되어 저장기간 동안 수배송용기 TEPP-1가 설정온도 5 ℃로 온도유지가 되는 것으로 측정되었다.



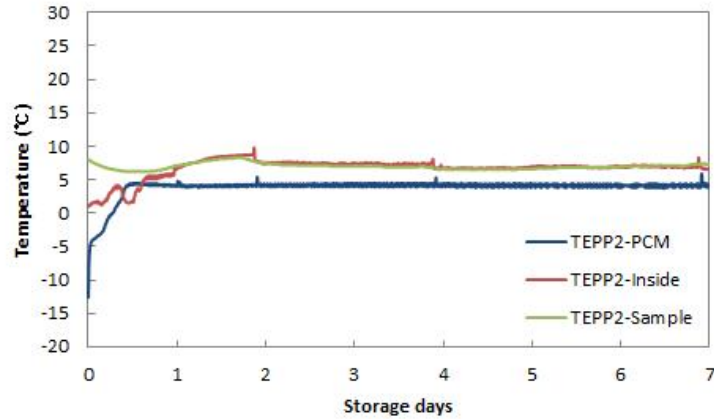


그림 3-46. 5°C 50 L저온수배송시스템에서 수배송용기와 소고기의 온도변화

(나) 품질변화

pH 저장 초기 pH는 5.63이었고, 저장 2일에 EPS 5.78, HM 5.45, TEPP-1 5.58, TEPP-2 5.58로 측정 되었다. EPS는 저장 3일에 5.85로 증가하였고, 더 이상 분석이 불가능 하였다. 저장 7일에 HM은 5.42로 감소하는 경향을 보였지만 TEPP-1은 5.66, TEPP-2는 5.94로 점차 증가하는 것으로 나타났다. Demeyer 등(2007)은 효소에 의한 유리아미노산의 생성과, 숙성 중 단백질의 완충물질의 변화, 전해질 해리의 감소 및 암모니아의 생성과 아미노산의 분해로 인하여 저장 중 pH가 증가한다고 보고하였다.

VBN 저장 초기 7.20 mg%로 측정되었고, 모든 처리구에서 점차 증가하는 경향을 보였다. 저장 2일에 EPS는 11.53 mg%로 크게 증가한 반면 HM, TEPP-1, TEPP-2는 각각 7.60, 7.90, 7.50 mg%으로 큰 변화를 보이지 않았다. EPS는 저장 3일 이후 부패로 인해 분석이 불가능 하였고, 저장 7일에 HM, TEPP-1은 각각 7.92, 8.39 mg%로 적은 증가율을 보인 반면 TEPP-2 15.02 mg%로 VBN 함량이 크게 증가한 것으로 식품공전에서 규정한 수치(15 mg%)이상으로 나타나 부패되었음을 알 수 있었다.

TBA TBA값은 지질의 산패 정도를 나타내는 값으로 지방의 산화에 의해 발생하는 malonaldehyde(MDA)와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정한 값으로 그 값이 크면 지방의 산패가 많이 진행되었음을 나타낸다(Tarladgis B.G. 등, 1960). 장 중 TBA 변화는 저장 초기 0.1940 mgMA/kg에서 EPS는 저장 1일에 0.4930, 3일에 1.4338 mgMA/kg으로 급격히 증가하는 경향을 보였고, 나머지 처리구는 저장 4일까지 0.4 mgMA/kg 이하의 TBA를 나타내었다. 하지만 저장 7일에 HM은 0.3893 mgMA/kg로 0.4 mgMA/kg 이하의 수치로 측정되었고, TEPP-1은 1.1681, TEPP-2는 1.7396 mgMA/kg으로 TEPP-2처리구의 TBA 변화가 가장 큰 것으로 나타났다.

미생물 소고기의 저장 중 미생물 변화는 Figure. 52에 나타난 것과 같이 저장 초기 총균수는 3.47 log cfu/g로 측정되었고 저장기간이 지남에 따라 미생물 증식은 증가 하였고, EPS는 저장 2일에 7.03 log cfu/g로 증식하여 부패가 발생하였음을 알 수 있었다. 저장 4일에 HM, TEPP-1, TEPP-2는 각각 3.68, 4.08, 3.97 log cfu/g로 증식하였고, 저장 7일째 HM이 4.79 log cfu/g로 TEPP-1, TEPP-2(6.65, 7.62 log cfu/g)에 비해 유의적으로 적게 증식한 것으로 측정되었다. TEPP-2는 NVRQS(2013)의 권장기준인 총균수 7.0 log cfu/g은 초과하였으나 pH 기

준 6.0, VBN 기준 20 mg%, TBA값 기준 4.0 mg MA/kg 보다 낮은 값을 보이고 있어 시료가 완전히 부패되지는 않았으나 식용으로 사용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

Drip loss 초기 0.64%에서 저장 2일에 EPS는 1.44%로 가장 큰 육즙손실을 나타내었고, 나머지 처리구는 0.65-0.75%로 손실이 적은 것으로 측정되었다. 저장 7일에 HM은 0.72%, TEPP-1은 0.87%로 큰 변화가 발생하지 않은 반면 TEPP-2는 1.78% 육즙 손실을 나타내었다. Jeong과 Lee(2006)는 고급 및 저급 소고기를 저장하면서 측정한 결과 저장기간이 지날수록 손실률은 증가하였고, 저장 7일째 각각 2.07, 2.91%의 육즙손실이 발생하였다고 보고하였으며, 이는 육즙손실의 경우 근내 지방도가 높을수록 적게 나타난다고 하였는데, 본 실험보다 육즙손실이 더 큰 것으로 나타난 것은 그러한 원인에 의한 것으로 판단되었다.

색도 저장 초기 명도를 나타내는 L값은 41.94 value에서 EPS는 저장 3일에 37.83 value로 감소하는 경향을 나타내었다. HM, TEPP-1는 저장 7일에 44.46, 42.97 value로 저장기간 동안 점차 증가하였고, TEPP-2는 저장 4일까지 증가하다가 7일에 40.16 value로 감소하는 것으로 측정되었다. a 값은 저장초기 28.10 value에서 모든 처리구에서 저장 기간이 지날수록 감소하는 경향을 보였다. EPS는 저장 3일째에 17.57 value로 나타나 소고기의 붉은 색이 크게 감소한 것으로 나타났다. 나머지 처리구들은 저장 7일에 HM은 26.30 value로 가장 적은 변화를 보였고, 그 다음으로 TEPP-1이 23.21 value로 측정되었다. 반면 TEPP-2는 16.30 value로 측정되어 소고기의 붉은색이 가장 크게 변화 된 것으로 보였다. b 값 또한 저장 초기 15.00 value에서 EPS는 저장 3일 10.09 value로 감소하였고, 나머지 처리구는 저장 7일째 HM 15.10, TEPP-1 13.46, TEPP-2 12.19로 감소한 것으로 나타났다. Kang 등(2010)은 소비자들의 구매에 중요한 영향을 미치는 요인 중 하나로 소고기의 육색과 지방색이라고 하였으며, 이러한 육색 변화에 대하여 Brewer와 Habers(1928)는 TBA와 적색도 사이에 높은 상관관계가 있다고 하면서 지방의 자동산화가 진행됨에 따라 oxymyoglobin에 의한 적색도는 감소한다고 하였다.

기호도조사 저장 3일 EPS 처리구는 모든 항목에서 2점 이하의 점수를 받아 상품성이 상실된 것을 알 수 있었다. 저장 4일째 HM, TEPP-1, TEPP-2 모두 6점 이상의 평가를 받았고, 저장 7일에 HM, TEPP-1은 각각 대부분의 항목에서 7점 이상의 평가를 받았지만 TEPP-2는 3점 이하의 평가를 받아 소고기가 부패되어 상품성이 상실된 것으로 판단되었다. HM 처리구는 저장 9일까지 모든 항목에서 7점 이상의 좋은 평가를 받은 반면 TEPP-1는 저장 9일부터 5점 이하의 평가를 받은 것으로 나타났다.

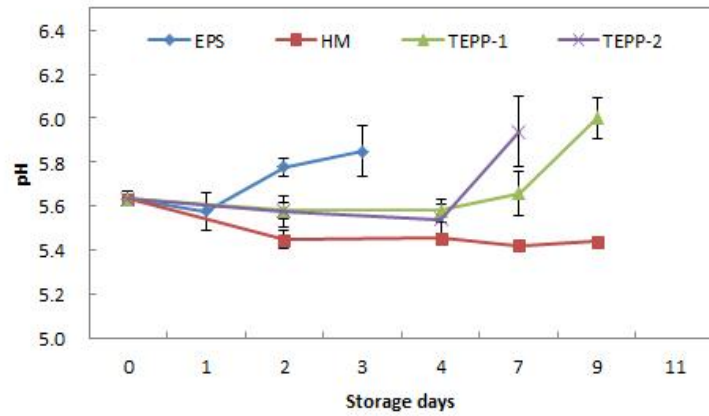


그림 3-47. 5°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 pH 변화

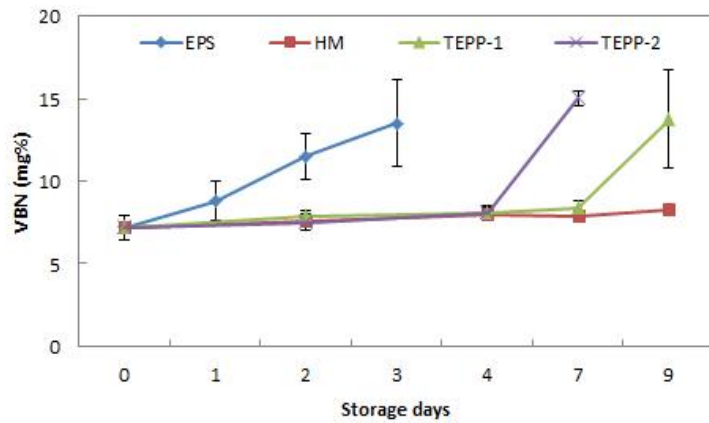


그림 3-48. 5°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 VBN 변화

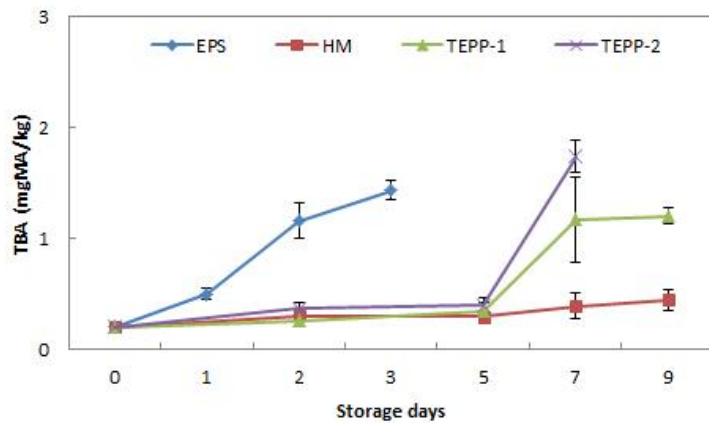


그림 3-49. 5°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 TBA 변화

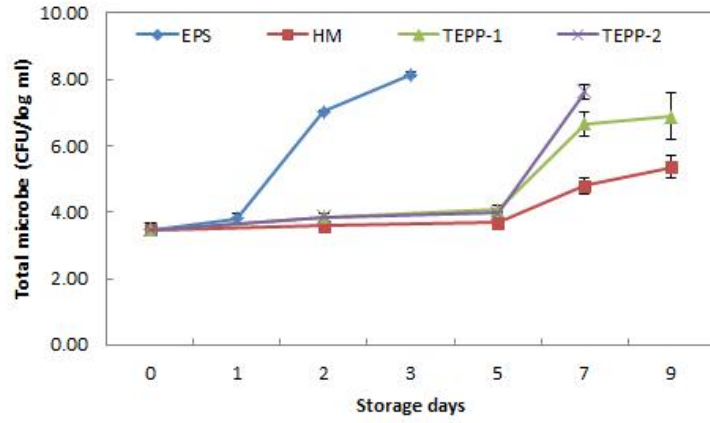


그림 3-50. 5°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 미생물 변화

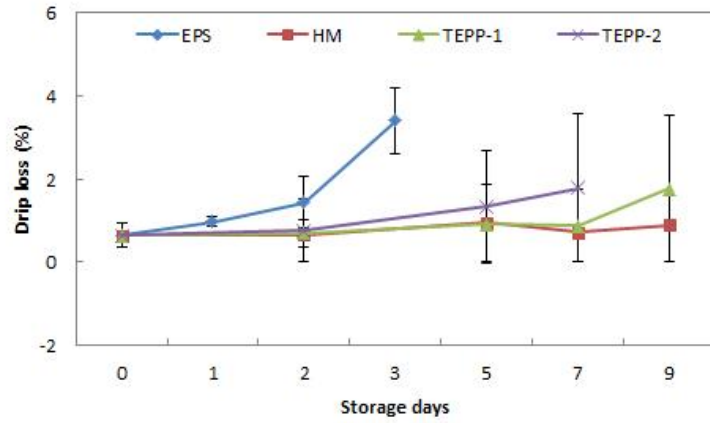


그림 3-51. 5°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 drip loss 변화

표 3-30. 5°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 색 변화

day		L	a	b
0	EPS	41.94±3.31 ^{Aa}	28.10±3.11 ^{Aa}	15.00±1.14 ^{Aa}
	HM	41.94±3.31 ^{Ab}	28.10±3.11 ^{Aab}	15.00±1.14 ^{Aa}
	TEPP-1	41.94±3.31 ^{Aa}	28.10±3.11 ^{Aa}	15.00±1.14 ^{Aa}
	TEPP-2	41.94±3.31 ^{Aab}	28.10±3.11 ^{Aa}	15.00±1.14 ^{Aa}
1	EPS	38.31±3.47 ^b	24.23±2.78 ^b	12.68±0.97 ^b
	HM	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-
2	EPS	38.46±3.04 ^{Bb}	17.74±3.51 ^{Cc}	10.51±1.27 ^{Cc}
	HM	41.27±1.91 ^{ABb}	29.57±2.97 ^{Aa}	15.18±0.86 ^{Aa}
	TEPP-1	43.06±4.84 ^{Aa}	24.31±2.03 ^{Babc}	13.74±1.27 ^{Bab}
	TEPP-2	41.83±5.14 ^{ABab}	25.28±2.16 ^{Ba}	14.17±1.11 ^{ABa}
3	EPS	37.83±3.10 ^b	17.57±2.86 ^c	10.09±1.72 ^c
	HM	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-
4	EPS	-	-	-
	HM	45.43±4.64 ^{Aab}	25.24±2.98 ^{Ab}	14.53±1.23 ^{Aa}
	TEPP-1	40.01±5.85 ^{Ba}	25.52±3.92 ^{Aab}	13.41±1.73 ^{Ab}
	TEPP-2	44.43±3.97 ^{Aa}	25.64±3.99 ^{Aa}	14.52±1.03 ^{Aa}
7	EPS	-	-	-
	HM	44.46±4.92 ^{Aab}	26.30±4.01 ^{Ab}	14.99±1.06 ^{Aa}
	TEPP-1	42.97±3.99 ^{Aba}	23.21±5.20 ^{Abc}	13.46±1.42 ^{Bb}
	TEPP-2	40.16±2.45 ^{Bc}	16.30±3.45 ^{Bb}	12.19±1.28 ^{Cb}
9	EPS	-	-	-
	HM	46.28±4.87 ^{Aa}	25.51±1.98 ^{Ab}	15.10±1.07 ^{Aa}
	TEPP-1	42.13±3.54 ^{Ba}	21.13±4.48 ^{Bc}	13.24±1.19 ^{Bb}
	TEPP-2	-	-	-

1) Values with different capital letters (A~C) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~c) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.
















표 3-31. 5°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 기호도 조사

day		외관	육색 (선홍색)	지방색 (유백색)	이취	다즙성	전반적 기호도
0	EPS	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	HM	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	TEPP-1	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	TEPP-2	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
1	EPS	8.6±0.52 ^a	8.6±0.52 ^a	8.4±0.52 ^a	8.5±0.53 ^a	8.4±0.70 ^a	8.5±0.53 ^a
	HM	-	-	-	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-	-	-	-
2	EPS	3.7±1.25 ^{Bb}	3.7±1.34 ^{Bb}	4.4±1.71 ^{Bb}	3.4±2.01 ^{Bb}	5.4±2.27 ^{Bb}	3.1±1.66 ^{Bb}
	HM	7.8±0.79 ^{Abc}	8.2±0.79 ^{Ab}	8.1±0.99 ^{Ab}	8.2±0.92 ^{Aab}	8.2±0.79 ^{Ab}	7.7±0.82 ^{Ab}
	TEPP-1	8.3±0.67 ^{Aa}	8.3±0.67 ^{Aa}	8.0±1.15 ^{Aa}	8.4±0.70 ^{Aa}	8.5±0.71 ^{Aa}	8.4±0.70 ^{Aa}
	TEPP-2	8.3±1.06 ^{Aab}	8.4±0.97 ^{Aab}	8.2±1.32 ^{Aab}	8.1±1.29 ^{Ab}	8.4±0.97 ^{Aa}	8.3±1.06 ^{Aab}
3	EPS	1.5±0.97 ^c	1.6±1.07 ^c	1.4±0.84 ^c	1.1±0.32 ^c	1.9±1.45 ^c	1.2±0.42 ^c
	HM	-	-	-	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-	-	-	-
4	EPS	-	-	-	-	-	-
	HM	8.3±0.67 ^{Ab}	8.4±0.52 ^{Ab}	8.4±0.52 ^{Aab}	8.4±0.52 ^{Ab}	7.8±0.92 ^{Ab}	8.1±0.74 ^{Ab}
	TEPP-1	6.7±0.82 ^{Cb}	6.6±0.97 ^{Bb}	6.9±0.74 ^{Bb}	6.7±1.06 ^{Bb}	6.8±0.92 ^{Bb}	6.4±0.84 ^{Bb}
	TEPP-2	7.6±0.70 ^{Bb}	8.0±0.47 ^{Ab}	8.1±0.32 ^{Ab}	8.0±0.67 ^{Aa}	8.0±1.25 ^{Aa}	7.8±1.03 ^{Ab}
7	EPS	-	-	-	-	-	-
	HM	8.1±0.74 ^{Aab}	8.1±0.74 ^{Ab}	7.9±0.99 ^{Ab}	7.6±1.58 ^{Aab}	8.4±0.84 ^{Aab}	8.0±0.82 ^{Ab}
	TEPP-1	5.9±0.57 ^{Bc}	6.0±0.82 ^{Bb}	6.2±1.40 ^{Bb}	5.2±1.69 ^{Bb}	6.4±0.70 ^{Bb}	6.3±1.06 ^{Bb}
	TEPP-2	2.8±0.92 ^{Cc}	2.4±1.17 ^{Cc}	2.1±1.73 ^{Cc}	1.7±1.34 ^{Cb}	3.3±2.06 ^{Cb}	2.1±1.29 ^{Cc}
9	EPS	-	-	-	-	-	-
	HM	7.6±0.97 ^{Ac}	7.8±0.79 ^{Ab}	7.7±0.67 ^{Ab}	7.8±0.63 ^{Ab}	8.2±0.42 ^{Ab}	7.7±0.67 ^{Ab}
	TEPP-1	2.6±1.43 ^{Bd}	2.6±1.43 ^{Bc}	3.1±1.85 ^{Bc}	2.3±1.25 ^{Bc}	4.4±2.37 ^{Bc}	2.2±1.23 ^{Bc}
	TEPP-2	-	-	-	-	-	-

1) Values with different capital letters (A~C) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~c) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

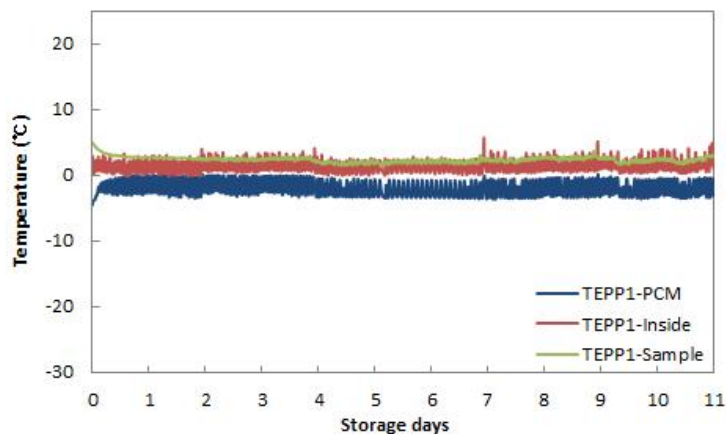
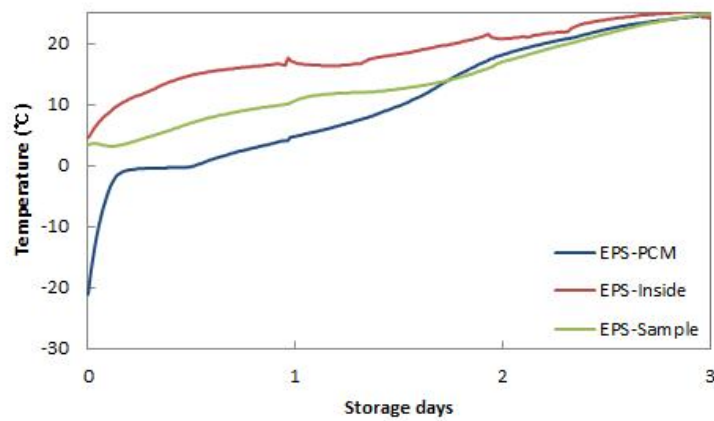
표 3-32. 5℃ 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 외관

day	EPS	HM	TEPP-1	TEPP-2
0				
1		-	-	-
2				
3		-	-	-
4	-			
7	-			
9	-			-

(2) 2°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 품질변화 특성

(가) 온도변화

저장 1일째 EPS box의 잠열재 온도는 4.8°C, 수배송용기 내부는 16.9°C, 샘플중심은 10.7 °C 저장 기간이 지날수록 점차 높아지는 것으로 측정되었다. 저장 2일째 잠열재, 내부, 샘플 온도는 각각 18.2, 20.8, 17.1°C로 저장 3일째에는 잠열재, 내부, 샘플 온도가 24°C 이상으로 급격히 높아지는 것으로 측정되었다. 저장기간 동안 EPS box의 평균온도는 잠열재 11.9°C, 내부 19 °C, 샘플 14.7 °C로 측정되었다. TEPP-1과 TEPP-2는 저장 2일째 잠열재는 -1.3, 0.7°C, 내부 온도는 0.8, 0.7°C, 샘플온도는 2.5, 3.5°C로 계속 유지하였고, 저장 9일째에는 잠열재는 -2.7, 1.1°C, 내부온도는 2.4, 4.0°C, 샘플온도는 2.5, 4.8°C로 TEPP-1이 TEPP-2에 비해 온도가 유지되는 것으로 측정되었다. 저장기간 동안 TEPP-1의 평균온도는 잠열재 -1.9°C, 내부 1.5°C, 샘플 2.4°C로 측정되었고, TEPP-2는 잠열재 0.6°C, 내부 5.1°C, 샘플 3.7°C로 측정되어 저장기간 동안 수배송용기 TEPP-1가 설정온도 2°C로 온도유지가 되는 것으로 측정되었다.



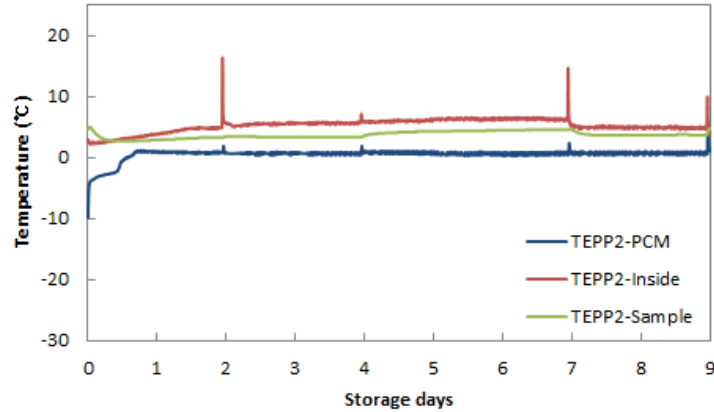


그림 3-48. 2°C 50L 저온수배송시스템에서 수배송용기와 소고기의 온도변화

(나) 품질분석

pH 저장 초기 pH는 5.25으로 측정되었고, 저장 2일에 EPS 5.51, HM 5.38, TEPP-1 5.40, TEPP-2 5.41로 모든 처리구가 증가하는 경향을 보였다. EPS는 저장 3일에 5.71로 증가하였고, 고기의 부패로 인해 더 이상 분석이 불가능 하였다. 저장 7일에 HM은 5.33로 저장 2일 보다 약간 감소하는 경향을 보였고, TEPP-1는 5.51, TEPP-2는 5.70로 점차 증가하는 것으로 나타났다. 저장 9일째 HM은 5.34로 큰 변화 없이 유지하는 경향을 보인 반면, TEPP-1, TEPP-2는 각각 5.53, 5.71로 증가하는 것으로 나타났다. 소고기는 도살 후 혐기상태의 해당작용에 의해 근육 중의 glycogen이나 ATP가 완전히 고갈될 때까지 유산을 생성하여 pH를 저하시키고, 시간이 경과하면서 혐기성 물질이 생성되어 pH는 다시 상승하게 되며 이와 같은 pH의 저하와 상승의 속도는 저장조건에 따라 달라진다고 보고된 바 있다(J.R. Bendall, 1978).

VBN 저장 초기 6.98 mg%로 측정되었고, 저장기간이 지날수록 모든 처리구에서 점차 증가하는 경향을 보였다. 저장 2일에 EPS는 8.11 mg%로 가장 크게 증가하였고, HM, TEPP-1, TEPP-2는 각각 7.16, 7.44, 7.37 mg%으로 측정되었다. EPS는 저장 3일 이후 부패로 인해 분석이 불가능 하였다, 저장 7일째 HM, TEPP-1(7.24, 7.72 mg%)은 적은 증가를 보인 반면 TEPP-2는 9.20 mg%로 가장 크게 증가하여 소고기의 부패가 진행 되고 있는 것으로 보였다. 저장 9일에 HM은 8.40mg%로 가장 적은 증가를 보였고, TEPP-1, 9.03 mg%, TEPP-2 11.45 mg%로 TEPP-2 처리구의 VBN 함량이 다른 처리구보다 높게 측정되어 가장 빨리 소고기의 부패가 발생하는 것으로 나타났다. VBN의 NVRQS(2013)의 기준은 20 mg%로 저장기간 동안 모든 처리구는 부패기준에 부합하지는 않았으나 식용으로 사용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

TBA 저장 초기 0.1350 mgMA/kg에서 EPS는 저장 1일에 0.5105, 3일에 1.6812 mgMA/kg으로 급격히 증가하는 경향을 보였고, 나머지 처리구는 저장 4일까지 0.4 mgMA/kg 이하의 TBA를 나타내었다. 저장 9일 HM 0.3761 mgMA/kg로 0.4 mgMA/kg 이하의 수치로 측정되었고, TEPP-1 0.5339, TEPP-2 1.1211 mgMA/kg으로 TEPP-2 TBA 변화가 가장 큰 것으로 나타났다. Brewer 등(1993)은 TBA 값은 저장기간에 따라 지방이 산화되어 1차 생성물질인 hydroperoxide가 2차 산화생성물로 분해되어 유기산, 알데하이드, 케톤, 알코올, 카보닐기 및 중합체 등이 계속 생성되고 또한 미생물 대사와 지방분해 효소에 의해 생성되는 분해물질에

의한 것이라고 보고하였으며 본 실험에서도 저장기간이 경과함에 따라 TBA 값이 증가하였다.

미생물 저장 유통 중 쇠고기의 품질 및 위생 상태에 가장 큰 영향을 미치는 것이 육류 표면에 생육하는 미생물 수이며 미생물이 6 log cfu/g 또는 7 log cfu/g 수준에 도달하면 부패가 시작되고 8-9 Log log cfu/g일 때 관능적인 성질이 저하되어 부패취가 심하게 난다고 보고하였다(M.S. Lee 등, 2004), 본 실험에 사용한 소고기의 초기 총균수는 1.55 log cfu/g로 측정되었고 저장기간이 지남에 따라 미생물 증식은 증가하였다. EPS는 저장 3일에 8.45 log cfu/g로 증식하여 부패가 발생하였음을 알 수 있었다. 저장 4일에 HM, TEPP-1은 각각 1.75, 1.85 log cfu/g로 큰 변화는 없었지만 TEPP-2는 3.67 log cfu/g로 가장 큰 증식을 보였고, 저장 7일째 HM이 3.34 log cfu/g로 TEPP-1, TEPP-2(4.62, 7.09 log cfu/g)에 비해 유의적으로 적게 증식한 것으로 측정되었다. 저장 9일에는 HM이 4.35 log cfu/g로 가장 적은 증식을 보였고, 다음으로 TEPP-1(5.92 log cfu/g), TEPP-2(7.71 log cfu/g) 순으로 나타났다.

Drip loss 저장 중 소고기의 drip loss 측정 결과 초기 0.78%에서 저장 2일에 EPS는 1.45%로 가장 큰 육즙손실을 나타내었고, 나머지 처리구는 1.00~1.14%로 손실을 보였다. 저장 3일에 EPS구는 3.45%의 큰 육즙손실을 보였으며, 이후 분석이 불가능 하였고, 저장 4일째 HM, TEPP-1, TEPP-2 모두 1.02~1.16%의 손실을 보였다. 저장 9일에 HM은 1.24%, TEPP-1은 1.19%, TEPP-2는 1.68%로 TEPP-2 처리구의 육즙 손실이 가장 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지육을 4°C에서 7일간 저장 중에 발생한 육즙 손실량은 평균 4.35%이라는 C.J. Kim 등(1994)의 보고보다는 낮았으며 이는 본 연구에서는 더 낮은 온도에서 저장을 하였기 때문으로 판단된다. Van Laack 등(1994)은 유리 육즙량이 5% 이상이면 정상육에 속하지 않는다고 하였으나 본 연구에서는 5% 이하로 측정되었다.

색도 저장 초기 명도를 나타내는 L값은 39.77 value에서 EPS는 저장 2일에 43.37 value로 증가하는 경향을 나타내었다. HM는 저장 4일째 까지 45.01 value로 증가하였다가 저장 7일에 38.98 value로 감소 후 유지하는 경향을 보였고, TEPP-1, TEPP-2는 저장 기간 동안 증가하는 것으로 측정되었다. a 값은 저장초기 32.60 value에서 모든 처리구에서 저장 기간이 지날수록 감소하는 경향을 보였다. EPS는 저장 3일째에 14.66 value로 나타나 소고기의 붉은 색이 크게 감소한 것으로 나타났다. 나머지 처리구들은 저장 7일에 HM은 26.29 value로 가장 적은 변화를 보였고, 그 다음으로 TEPP-1이 23.22 value로 측정되었다. 반면 TEPP-2는 18.63 value로 측정되어 소고기의 붉은색이 가장 크게 변화 된 것으로 나타났다. 이는 Brewer 와 Harbers(1991a)가 분쇄돈육을 냉동 저장하였을 경우 시간이 지남에 따라 적색도는 감소하였다고 한 보고와 일치하였다. b 값 또한 저장 초기 15.31 value에서 EPS는 저장 3일 10.93 value로 감소하였고, 나머지 처리구는 저장 9일째 HM 13.67, TEPP-1 13.53, TEPP-2 12.26 value로 감소하는 경향을 보였다.

기호도조사 저장 2일까지 EPS 처리구는 모든 항목에서 6점 이상의 평가를 받았지만 저장 3일에 모든 항목에서 2점 이하의 점수를 받아 상품성이 상실된 것을 알 수 있었다. 육류의 근내 지방 부분의 색을 비교해 보았을 때 노랑지 않은 것을 소비자들이 선호하는데 이는 지방의 산패에 관련이 있다고 하였다(Rho 등, 2007). 나머지는 처리구는 저장 4일까지 처리구간 차이를 보이지 않았고, 저장 7일에 HM, TEPP-1은 각각 대부분의 항목에서 6.5점 이상의 평가를 받았지만 TEPP-2는 4점 이하의 평가를 받아 부패 단계로 판단되었다. 하지만 HM, TEPP-1도 저장 9일부터 대부분의 항목에서 5점 이하의 평가를 받아 저장 7일까지 소고기의 신선도를 유지하는 것으로 나타났다.

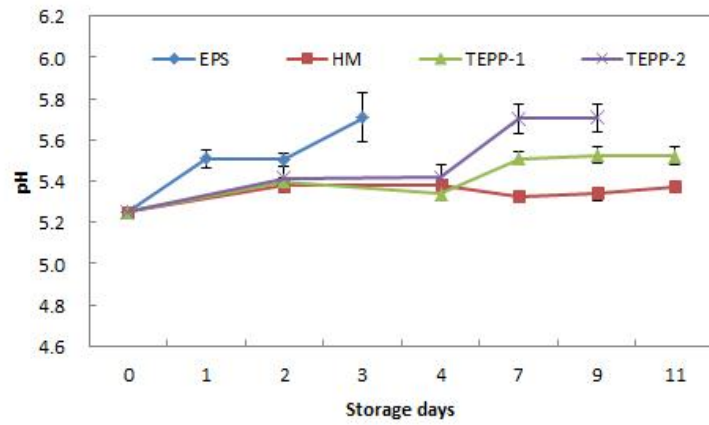


그림 3-53. 2°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 pH 변화

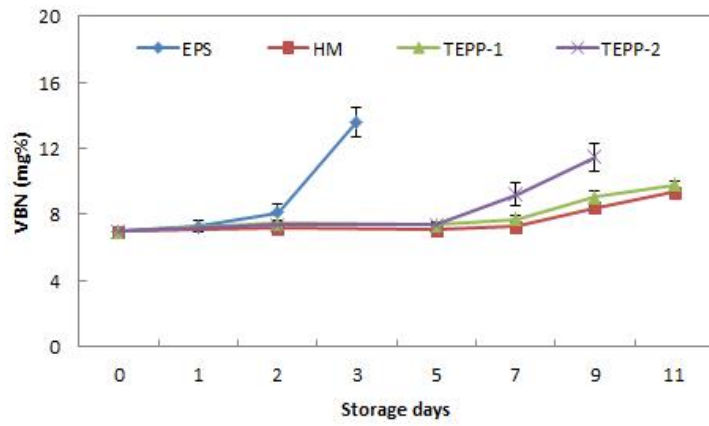


그림 3-54. 2°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 VBN 변화

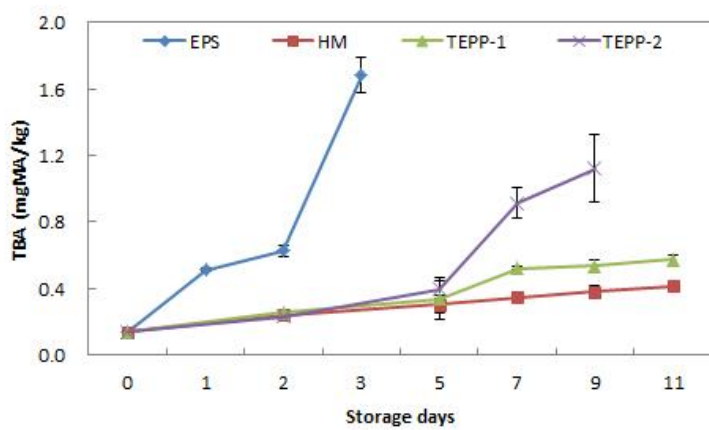


그림 3-55. 2°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 TBA 변화

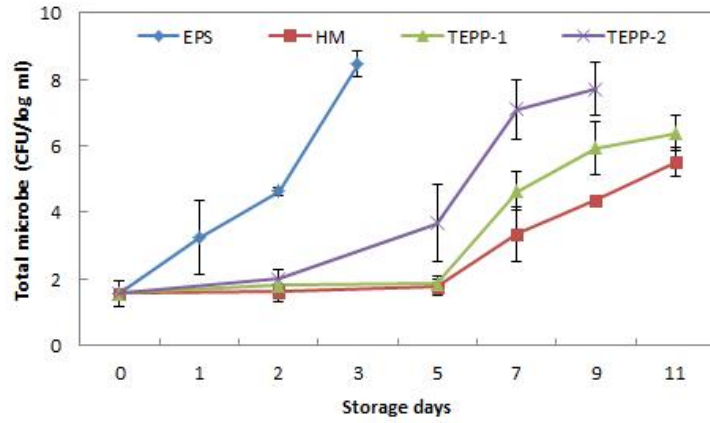


그림 3-56. 2°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 미생물 변화

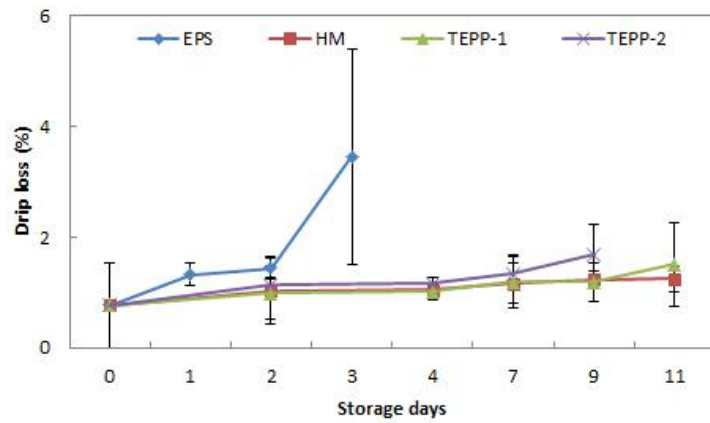


그림 3-57. 2°C 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 drip loss 변화

표 3-33. 2℃ 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 색 변화

day		L	a	b
0	EPS	39.77±2.82 ^{Aa}	32.60±2.09 ^{Aa}	15.31±0.93 ^{Aa}
	HM	39.77±2.82 ^{Abc}	32.60±2.09 ^{Aa}	15.31±0.93 ^{Aa}
	TEPP-1	39.77±2.82 ^{Ac}	32.60±2.09 ^{Aa}	15.31±0.93 ^{Aa}
	TEPP-2	39.77±2.82 ^{Ac}	32.60±2.09 ^{Aa}	15.31±0.93 ^{Aa}
1	EPS	40.43±4.99 ^a	24.64±4.81 ^b	14.07±1.84 ^a
	HM	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-
2	EPS	43.37±6.28 ^{Aa}	24.16±4.99 ^{Bb}	14.03±1.38 ^{Aa}
	HM	43.52±3.32 ^{Aab}	27.89±2.83 ^{Ab}	14.50±0.64 ^{Aa}
	TEPP-1	42.97±4.60 ^{Aab}	27.89±2.87 ^{Ab}	14.69±1.13 ^{Aa}
	TEPP-2	40.24±4.75 ^{Bc}	29.17±2.76 ^{Ab}	15.08±0.99 ^{Aa}
3	EPS	40.37±4.68 ^a	14.66±2.33 ^c	10.93±1.67 ^b
	HM	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-
4	EPS	-	-	-
	HM	45.01±5.86 ^{Aa}	25.40±3.73 ^{Ab}	14.94±1.07 ^{Aa}
	TEPP-1	41.74±4.09 ^{Bab}	26.88±0.60 ^{Ab}	14.33±0.98 ^{Aab}
	TEPP-2	45.01±5.86 ^{Aa}	25.40±3.73 ^{Ac}	14.94±1.07 ^{Aa}
7	EPS	-	-	-
	HM	38.98±3.51 ^{Cbc}	26.29±1.66 ^{Ab}	13.21±1.47 ^{Aa}
	TEPP-1	41.60±3.68 ^{Bab}	23.22±2.32 ^{Bc}	12.93±1.09 ^{Ac}
	TEPP-2	43.36±3.17 ^{Aab}	18.63±2.65 ^{Cd}	12.40±1.08 ^{Ab}
9	EPS	-	-	-
	HM	38.67±4.88 ^{Cc}	26.24±3.07 ^{Ab}	13.67±1.67 ^{Aa}
	TEPP-1	48.57±6.63 ^{Aa}	20.34±3.16 ^{Bd}	13.53±1.13 ^{Abc}
	TEPP-2	43.42±4.57 ^{Bab}	18.32±1.75 ^{Bd}	12.26±0.84 ^{Bb}
11	EPS	-	-	-
	HM	39.48±5.61 ^{Bbc}	20.47±6.34 ^{Ac}	14.22±7.67 ^{Aa}
	TEPP-1	44.90±5.90 ^{Aab}	18.09±2.00 ^{Ae}	12.34±1.19 ^{Ac}
	TEPP-2	-	-	-

1) Values with different capital letters (A~C) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.









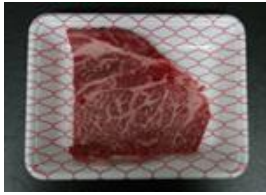









표 3-34. 2℃ 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 기호도 조사

day		외관	육색 (선홍색)	지방색 (유백색)	이취	다즙성	전반적 기호도
0	EPS	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	HM	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	TEPP-1	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
	TEPP-2	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}	9.0±0.00 ^{Aa}
1	EPS	8.1±0.74 ^b	8.1±0.74 ^b	8.0±0.94 ^b	8.1±0.99 ^b	8.2±0.92 ^b	8.0±0.82 ^b
	HM	-	-	-	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-	-	-	-
2	EPS	6.4±0.97 ^{Bc}	6.1±0.88 ^{Bc}	6.5±0.97 ^{Cc}	6.3±1.25 ^{Bc}	7.1±0.88 ^{Bc}	6.3±0.82 ^{Bc}
	HM	8.4±0.52 ^{Aab}	8.4±0.52 ^{Aab}	8.4±0.70 ^{Aab}	8.2±0.79 ^{Aab}	8.3±0.48 ^{Aab}	8.3±0.67 ^{Aab}
	TEPP-1	7.9±0.74 ^{Ab}	8.0±0.67 ^{Ab}	7.6±0.52 ^{Bb}	8.0±0.67 ^{Ab}	7.9±0.32 ^{Aab}	7.8±0.42 ^{Ab}
	TEPP-2	7.9±1.10 ^{Ab}	7.9±1.10 ^{Ab}	8.0±0.82 ^{ABab}	8.0±1.15 ^{Ab}	8.0±0.94 ^{Aab}	8.1±0.99 ^{Ab}
3	EPS	1.6±0.70 ^d	1.5±0.71 ^d	1.7±0.82 ^d	1.2±0.42 ^d	1.7±0.82 ^d	1.3±0.48 ^d
	HM	-	-	-	-	-	-
	TEPP-1	-	-	-	-	-	-
	TEPP-2	-	-	-	-	-	-
4	EPS	-	-	-	-	-	-
	HM	7.7±0.82 ^{Ab}	7.2±1.14 ^{Ac}	7.7±0.82 ^{Ab}	6.8±1.14 ^{Bc}	8.0±0.82 ^{Aab}	7.5±1.08 ^{Ab}
	TEPP-1	7.7±1.06 ^{Ab}	7.7±0.95 ^{Abc}	8.0±1.05 ^{Aab}	8.3±0.82 ^{Aab}	7.8±1.14 ^{Ab}	7.6±1.17 ^{Ab}
	TEPP-2	7.6±0.84 ^{Ab}	7.9±0.74 ^{Ac}	7.8±0.79 ^{Ab}	7.5±1.27 ^{ABb}	7.6±1.07 ^{Ab}	7.8±0.92 ^{Ab}
7	EPS	-	-	-	-	-	-
	HM	7.9±0.88 ^{Ab}	7.9±0.88 ^{Abc}	8.0±1.06 ^{Aab}	7.7±1.06 ^{Abc}	7.8±1.14 ^{Ab}	7.6±1.17 ^{Ab}
	TEPP-1	6.8±1.32 ^{Ab}	7.0±1.15 ^{Ac}	7.4±1.35 ^{Ab}	6.5±1.43 ^{Bc}	7.0±1.56 ^{Ab}	6.5±1.43 ^{Ac}
	TEPP-2	4.0±1.76 ^{Ab}	3.4±1.78 ^{Bc}	3.8±2.15 ^{Bc}	2.9±1.52 ^{Cc}	4.1±1.66 ^{Bc}	2.8±1.62 ^{Bc}
9	EPS	-	-	-	-	-	-
	HM	4.8±1.40 ^{Ac}	4.8±1.40 ^{Ad}	4.9±1.97 ^{Ac}	4.5±0.97 ^{Ad}	5.5±1.51 ^{Ac}	4.8±1.40 ^{Ac}
	TEPP-1	3.2±0.79 ^{Bd}	3.0±0.67 ^{Bd}	3.7±1.49 ^{Ac}	2.6±0.70 ^{Bd}	4.3±1.83 ^{Ac}	3.0±0.82 ^{Bd}
	TEPP-2	1.5±0.53 ^{Cd}	1.6±0.97 ^{Cd}	2.0±1.25 ^{Bd}	1.3±0.67 ^{Cd}	2.8±1.69 ^{Bd}	1.7±0.67 ^{Cd}
11	EPS	-	-	-	-	-	-
	HM	3.7±1.57 ^{Ad}	3.2±1.40 ^{Ae}	3.4±1.71 ^{Ad}	2.9±1.66 ^{Ae}	3.4±2.01 ^{Ad}	3.0±1.49 ^{Ad}
	TEPP-1	2.9±1.29 ^{Ad}	2.8±1.40 ^{Ad}	2.8±1.69 ^{Ac}	2.2±1.03 ^{Ad}	3.2±1.62 ^{Ac}	2.3±1.25 ^{Ad}
	TEPP-2	-	-	-	-	-	-

1) Values with different capital letters (A~C) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

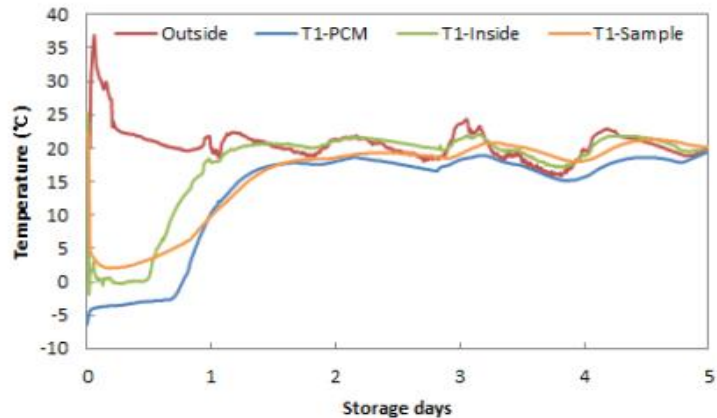
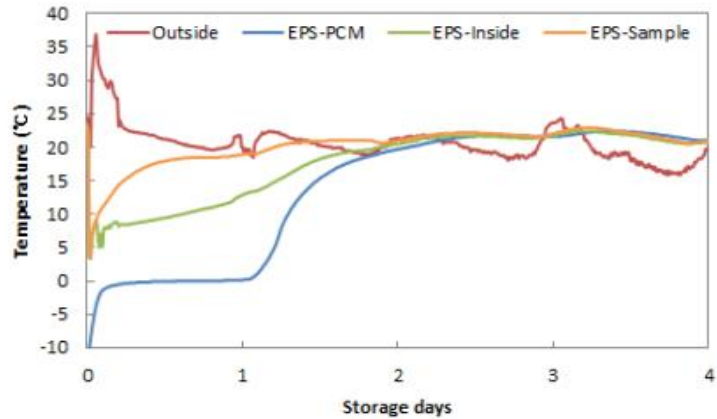
표 3-35. 2℃ 50L 저온수배송 시스템에서 소고기의 저장 중 외관

day	EPS	HM	TEPP-1	TEPP-2
0				
1				
2				
3				
4				
7				
9				
11				

다. 이동형 저온수배송시스템을 적용한 소고기의 품질특성

(1) 온도변화

저장 1일째 EPS box의 잠열재 온도는 0.1℃, 수배송용기 내부는 12.9℃, 샘플중심은 18.9℃로 저장 기간이 지날수록 점차 높아지는 것으로 측정되었다. 저장 2일째 잠열재, 내부, 샘플 온도는 각각 19.7, 20.5, 21.0 ℃로 저장 3일째에는 잠열재, 내부, 샘플온도가 20℃ 이상으로 높아지는 것으로 측정되었다. 저장기간 동안 EPS box의 평균온도는 잠열재 13.04℃, 내부 17.21℃, 샘플 20.09℃로 측정되었다. T1은 저장 1일째 잠열재는 10.4℃, 내부온도는 17.8℃, 샘플온도는 9.9℃로 측정되었고 저장 2일째에는 잠열재는 18.0℃, 내부온도는 21.1℃, 샘플온도는 18.6℃로 측정되었다. T2는 저장 1일째 저장 2일째 잠열재 10.7℃, 내부 8.1℃, 샘플 5.5℃로 측정되었으며, 저장 11일째 잠열재는 9.8℃, 내부 9.2℃, 샘플 5.5℃로 측정되었다. T1에 비해 T2가 온도가 낮게 유지되는 것으로 측정되었다. 저장기간 동안 T1의 평균온도는 잠열재 13.61℃, 내부 17.42℃, 샘플 15.92℃로 측정되었고, T2는 잠열재 8.93℃, 내부 7.02℃, 샘플 4.23℃로 측정되어 저장기간 동안 수배송용기 T2가 설정온도 5℃로 온도유지가 되는 것으로 측정되었다.



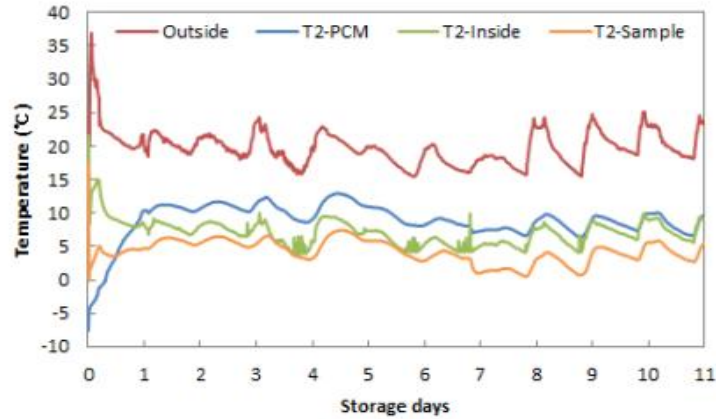


그림 3-58. 이동형 저온수배송시스템에서 수배송용기와 소고기의 온도변화

(2) 품질분석

pH 저장 초기 pH는 5.71이었고, 저장 1일에 EPS 5.68, T1 5.66, T2 5.70로 측정 되었다. EPS는 저장 4일에 5.96으로 증가하였고, 더 이상 분석이 불가능 하였다. 저장 5일에 T1은 6.22로 증가하는 경향을 보였지만 T2는 5.61로 큰 차이를 나타내지 않았다.

VBN VBN 변화는 저장 초기 8.58 mg%로 측정되었고, 모든 처리구에서 점차 증가하는 경향을 보였다. 저장 1일에 EPS는 9.38 mg%로 증가한 반면 T1, T2는 각각 8.93, 8.19 mg%으로 큰 변화를 보이지 않았다. EPS는 저장 3일 18.24 mg%, 저장 4일 29.99 mg%로 크게 증가하였고 이후 부패로 인해 분석이 불가능 하였다. T1은 저장 3일 13.31 mg%, 저장 5일 29.99 mg%로 증가하였다. T2는 저장 7일 10.14 mg%, 저장 9일 18.00 mg%로 증가하였다.

TBA 저장 중 TBA 변화는 저장 초기 0.0705 mgMA/kg에서 EPS와 T1은 각각 저장 1일에 0.2609, 0.2174 mgMA/kg, 저장 3일에 1.2865, 1.2636 mgMA/kg으로 급격히 증가하는 경향을 보였고, T2 처리구는 저장 7일까지 0.3 mgMA/kg 이하의 TBA를 나타내었다. 하지만 저장 9일에 T2는 1.0097 mgMA/kg로 증가하였다.

미생물 소고기의 저장 중 미생물 변화는 저장기간이 지남에 따라 증가하였고, EPS는 저장 2일에 2.37 Log CFU/g, 저장 3일 6.54 Log CFU/g로 증식하여 부패가 발생하였음을 알 수 있었다. 저장 5일에 T1, T2는 각각 7.47, 2.27 Log U/ml로 증식하여 T2가 T1에 비해 유의적으로 적게 증식한 것으로 측정되었다.

Drip loss 저장 중 소고기의 drip loss 측정 결과는 초기 0.44% 에서 저장 1일에 EPS는 0.90%, T1은 0.95%, T2는 0.51%로 T2가 가장 낮은 육즙손실을 나타내었다. 저장 3일 EPS와 T1은 2.63%, 3.25%로 크게 증가한 반면, T2는 0.34%로 큰 변화가 발생하지 않았다.

색도 저장 방법에 따른 소고기의 저장 중 색변화는 저장 초기 명도를 나타내는 L값은 39.41 value에서 EPS는 저장 4일에 36.78 value로, T1은 저장 5일 35.19 value로 감소하는 경향을 나타내었다. T2는 저장 7일 까지는 큰 변화를 보이지 않았으나 저장 9일 35.83 value로 감소하였다. a 값은 저장 초기 29.08 value에서 모든 처리구에서 저장기간이 지날수록 감소하는 경향을 보였다. EPS 및 T1은 저장 3일 각각 14.48, 19.83 value로 측정되었고, T2는 저장 9일 17.63으로 소고기의 붉은 색이 크게 감소한 것으로 나타났다. b값 또한 저장 초기 15.91 value에서 저장 3일 EPS와 T1이 각각 11.29, 12.83 value로 감소하였고, T2는 14.42 value로

가장 적은 변화를 보였다. 저장 9일 T2는 11.00 value로 감소한 것으로 나타났다.

기호도조사 저장 3일 EPS 처리구는 다즙성을 제외한 모든 항목에서 2점 이하의 점수를 받아 상품성이 상실된 것을 알 수 있었다. T1은 저장 3일째 모든 항목에서 4점 이하의 평가를 받았고 저장 5일째 2점 이하의 평가를 받아 소고기가 부패되어 상품성이 상실된 것으로 판단되었다. T2 처리구는 저장 3일까지 모든 항목에서 7점 이상의 평가를 받았으며, 저장 9일 부터는 5점 이하의 평가를 받은 것으로 나타났다.

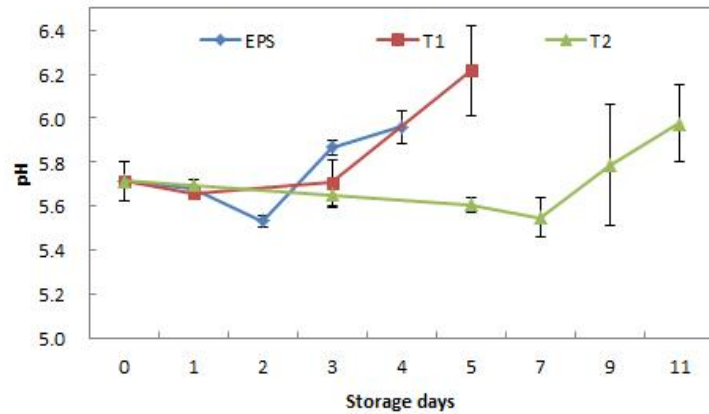


그림 3-59. 이동형 저온수배송시스템에서 저장 중 소고기의 pH 변화

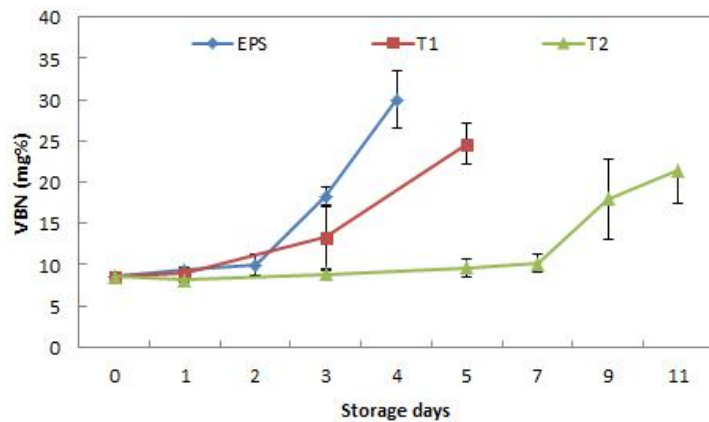


그림 3-60. 이동형 저온수배송시스템에서 저장 중 소고기의 VBN 변화

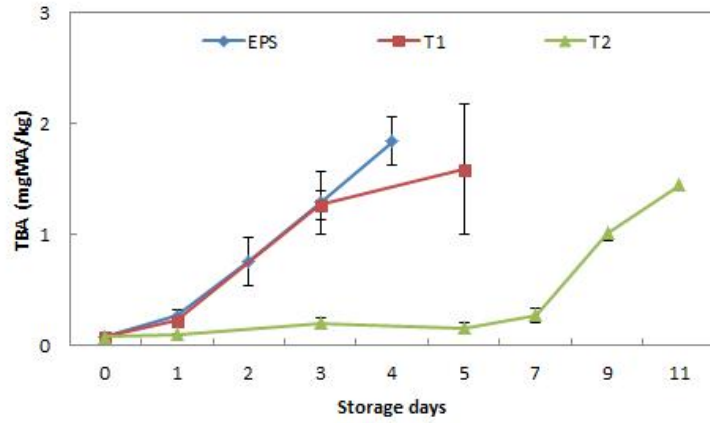


그림 3-61. 이동형 저온수배송시스템에서 저장 중 소고기의 TBA 변화

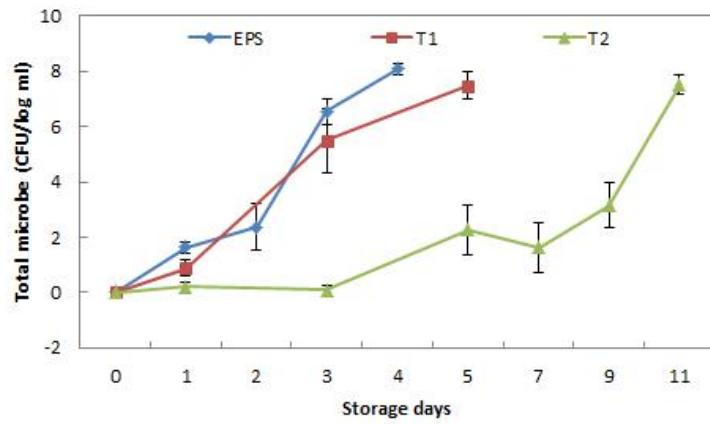


그림 3-62. 이동형 저온수배송시스템에서 저장 중 소고기의 미생물 변화

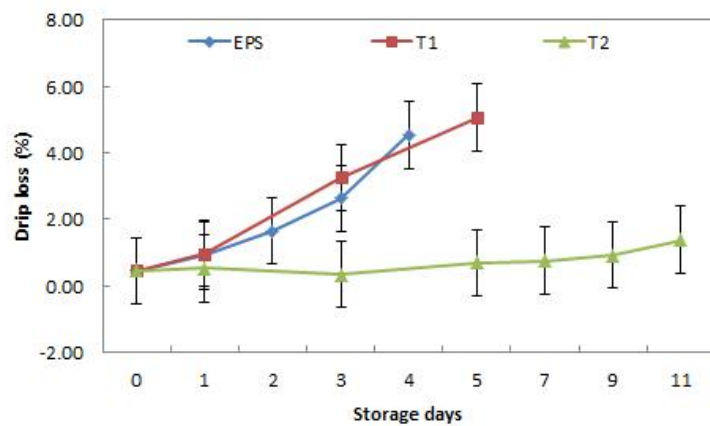


그림 3-63. 이동형 저온수배송시스템에서 저장 중 소고기의 육즙손실 변화

표 3-36. 이동형 저온수배송시스템에서 소고기의 저장 중 색변화

day		L	a	b
0	EPS	39.41±3.36 ^{Aa}	29.08±2.15 ^{Aa}	15.91±0.83 ^{Aa}
	T1	39.41±3.36 ^{Aa}	29.08±2.15 ^{Aa}	15.91±0.83 ^{Aa}
	T2	39.41±3.36 ^{Aa}	29.08±2.15 ^{Aa}	15.91±0.83 ^{Aa}
1	EPS	37.76±2.21 ^{Aa}	27.23±3.33 ^{Aa}	14.83±1.62 ^{Aa}
	T1	36.87±1.60 ^{Aab}	27.13±1.35 ^{Aa}	13.87±1.22 ^{Ab}
	T2	37.86±5.10 ^{Aa}	27.82±3.53 ^{Aa}	15.33±2.31 ^{Aa}
2	EPS	37.93±1.87 ^a	22.31±2.98 ^b	12.77±1.49 ^b
	T1	-	-	-
	T2	-	-	-
3	EPS	37.91±3.15 ^{Aa}	14.48±3.44 ^{Cc}	11.29±0.98 ^{Cc}
	T1	38.42±2.63 ^{Aa}	19.83±4.90 ^{Bb}	12.83±1.65 ^{Bb}
	T2	39.74±3.37 ^{Aab}	26.52±1.96 ^{Aab}	14.42±0.64 ^{Aa}
4	EPS	36.78±3.00 ^a	15.88±2.15 ^c	10.69±1.38 ^c
	T1	-	-	-
	T2	-	-	-
5	EPS	-	-	-
	T1	35.19±2.99 ^{Bb}	14.79±2.62 ^{Bc}	9.69±2.11 ^{Bc}
	T2	38.66±2.13 ^{Aab}	27.11±2.56 ^{Aa}	15.33±0.68 ^{Aa}
7	EPS	-	-	-
	T1	-	-	-
	T2	38.99±3.30 ^{ab}	23.13±5.78 ^b	14.76±1.91 ^a
9	EPS	-	-	-
	T1	-	-	-
	T2	35.83±3.43 ^{ab}	17.63±6.11 ^c	11.00±2.42 ^b
11	EPS	-	-	-
	T1	-	-	-
	T2	35.17±4.61 ^b	15.01±2.13 ^c	10.54±1.55 ^b

1) Values with different capital letters (A~C) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.















표 3-37. 이동형 저온수배송시스템에서 소고기의 저장 중 기호도조사

day		외관	육색 (선홍색)	지방색 (유백색)	이취	다즙성	전반적 기호도
0	EPS	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}
	T1	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}
	T2	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}	9.00 ±0.00 ^{Aa}
1	EPS	9.00 ±0.00 ^{Bb}	7.63 ±0.81 ^{Bb}	7.50 ±0.73 ^{Bb}	7.63 ±0.89 ^{Bb}	7.56 ±0.89 ^{Bb}	7.44 ±0.73 ^{Bb}
	T1	8.63 ±0.50 ^{Aa}	8.44 ±0.51 ^{Ab}	8.44 ±0.63 ^{Ab}	8.88 ±0.34 ^{Aa}	8.75 ±0.45 ^{Aa}	8.75 ±0.45 ^{Aa}
	T2	8.69 ±0.48 ^{Aab}	8.69 ±0.48 ^{Aa}	8.75 ±0.45 ^{Aa}	8.75 ±0.45 ^{Aa}	8.63 ±0.50 ^{Aab}	8.75 ±0.45 ^{Aa}
2	EPS	7.50 ±0.82 ^c	4.38 ±0.89 ^c	4.25 ±0.93 ^c	4.06 ±1.12 ^c	2.88 ±1.20 ^c	3.88 ±1.41 ^c
	T1	-	-	-	-	-	-
	T2	-	-	-	-	-	-
3	EPS	1.88 ±0.72 ^{Cd}	1.81 ±0.75 ^{Cd}	2.00 ±0.97 ^{Cd}	1.38 ±0.62 ^{Cd}	3.13 ±1.26 ^{Bd}	1.69 ±0.60 ^{Cd}
	T1	3.81 ±1.47 ^{Bb}	3.81 ±1.38 ^{Bc}	3.56 ±1.26 ^{Bc}	2.88 ±1.71 ^{Bb}	2.13 ±1.41 ^{Cb}	2.69 ±1.45 ^{Bb}
	T2	7.94 ±0.68 ^{Ab}	7.75 ±0.77 ^{Ab}	7.50 ±1.21 ^{Ab}	7.75 ±0.86 ^{Ab}	7.94 ±1.00 ^{Ab}	7.75 ±0.86 ^{Ab}
4	EPS	1.31 ±0.48 ^e	1.31 ±0.48 ^e	1.38 ±0.50 ^d	1.13 ±0.34 ^e	1.25 ±0.45 ^e	1.06 ±0.25 ^e
	T1	-	-	-	-	-	-
	T2	-	-	-	-	-	-
5	EPS	-	-	-	-	-	-
	T1	1.00 ±0.00 ^{Bc}	1.00 ±0.00 ^{Bd}	1.13 ±0.34 ^{Bd}	1.13 ±0.34 ^{Bc}	1.00 ±0.00 ^{Bc}	1.00 ±0.00 ^{Bc}
	T2	6.31 ±1.01 ^{Ac}	6.31 ±1.14 ^{Ac}	5.94 ±0.93 ^{Ac}	5.44 ±1.75 ^{Ad}	6.88 ±1.63 ^{Ac}	6.00 ±1.46 ^{Ac}
7	EPS	-	-	-	-	-	-
	T1	-	-	-	-	-	-
	T2	6.88 ±1.15 ^c	6.69 ±1.01 ^c	6.50 ±0.97 ^c	6.56 ±0.96 ^c	7.00 ±1.15 ^c	6.69 ±0.95 ^c
9	EPS	-	-	-	-	-	-
	T1	-	-	-	-	-	-
	T2	3.69 ±1.30 ^d	3.63 ±1.20 ^d	3.56 ±1.55 ^d	2.56 ±1.21 ^e	4.19 ±1.42 ^d	3.19 ±0.91 ^d
11	EPS	-	-	-	-	-	-
	T1	-	-	-	-	-	-
	T2	2.63 ±2.09 ^e	2.50 ±1.90 ^e	2.56 ±2.19 ^e	1.81 ±1.17 ^f	3.25 ±1.95 ^e	2.38 ±1.86 ^e

1) Values with different capital letters (A~C) among fresh beef of same storage day of different treatments are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

2) Values with different capital letters (a~e) among fresh beef of same treatments during storage days are significantly different at p<0.05 based in Duncan's multiple range test.

표 3-38. 이동형 저온수배송시스템에서 소고기 저장 중 품질 변화

day	EPS	T1	T2
0			
1			
2		-	-
3			
4		-	-
5	-		
7	-	-	
9	-	-	
11	-	-	

제 4 절 잠열재, 산지 이동식 축냉 수배송 시스템 및 열전소자를 적용한 그린 공정 및 수배송 시스템 모델 확립 및 실용화

1. 유통환경 센싱, 통신 및 LBS 기반 유통관리 시스템 실험 방법

가. 전지 지원형 NFC 센서태그 선정

○ NFC 레퍼런스 보드를 이용한 NFC 센서태그 시험모듈 제작

- TI(Texas Instruments)의 상용 NFC 레퍼런스 보드(TRF7970AEVM)를 태그모드로 동작 시키기 위하여 태그용 드라이버(Card Emulation 모드) 프로그램 개발하였으며, NFC 레퍼런스 보드의 MCU인 MSP430F2370의 I2C 인터페이스에 연결할 수 있는 소형 온/습도 센서(SHT21D) 보드를 선정하였음

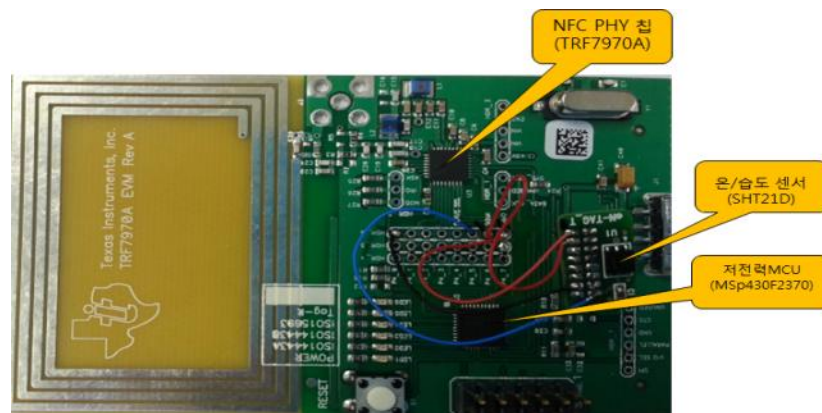


그림 4-1. NFC 레퍼런스 보드를 이용한 센서태그 시험모듈

○ NFC 레퍼런스 보드를 이용한 센서 인터페이스 동작 시험

- NFC 센서태그에 센서 데이터를 처리할 수 있는 드라이버 프로그램을 개발하여, 센싱 데이터를 태그의 ID값에 매핑하였다. 일반적인 NFC 앱을 이용하여 NFC 센서태그의 ID를 읽을 수 있으며, 이 ID값을 온도와 습도 값으로 변환할 수 있다. (그림 4-2)

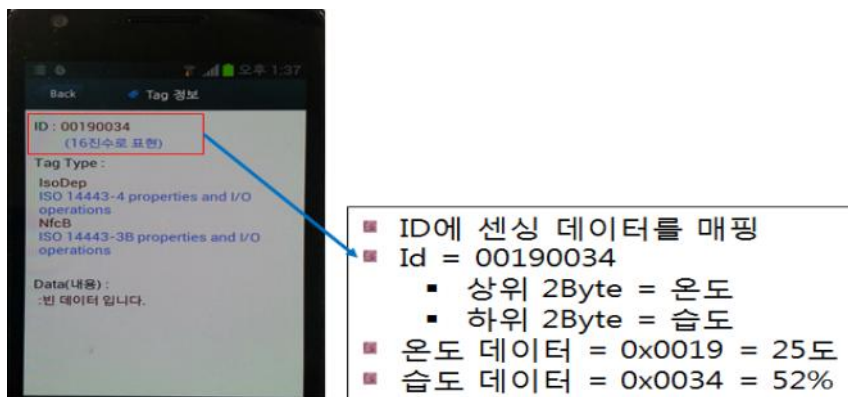


그림 4-2. 스마트폰을 이용한 NFC 센서태그 연동 시험

○ NFC 센서태그 구조 검증

- 그림 4-3은 개발된 NFC 센서태그 구성도로 NFC 레퍼런스보드(TRF7970A, TI), 저전력 MCU(MSP430), 온/습도 센서(SHT21D), RTC를 이용하는 전지 지원형 NFC 센서태그 보드를

설계하였다. PHY칩은 NFC 리더와 신호를 송/수신할 때 데이터를 변/복조 하는 기능을 수행하며, MCU는 실제 수신 데이터를 분석하고 해당하는 응답 메시지를 구성하여 센서리더에 응답 메시지를 전송하도록 검증하였다.

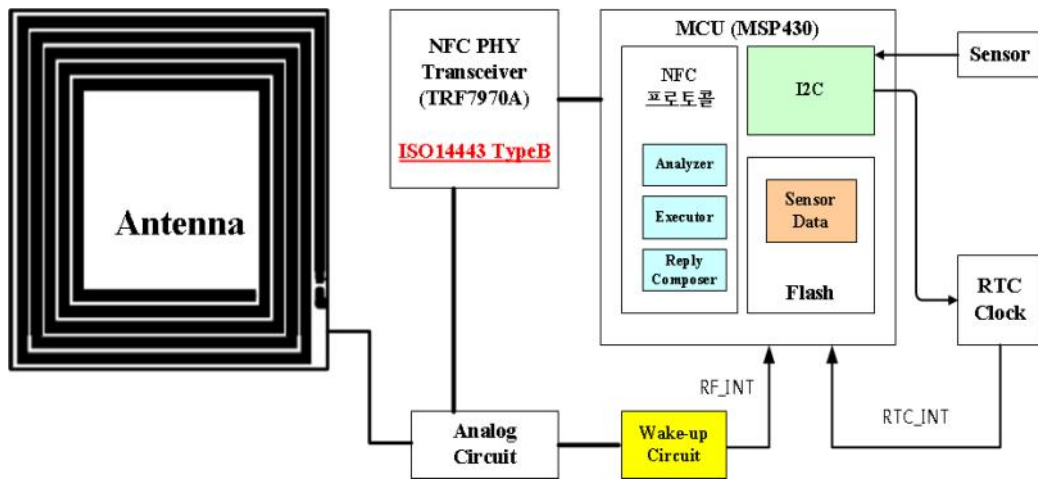


그림 4-3. 전지 지원형 NFC 센서태그 검증

○ 전지 지원형 NFC 센서태그 보드 메모리 맵 설계(그림 4-4)

- 센싱 데이터의 로깅 영역

· 온도 데이터(8Kbyte) : 1개의 온도 데이터는 16bit으로 구성되므로 총 4,096개의 데이터를 저장할 수 있음.

· 습도 데이터(8Kbyte) : 1개의 습도 데이터는 16bit으로 구성되므로 총 4,096개의 데이터를 저장할 수 있음.

- Sensor Configuration 영역 주요 기능

· Time stamp save : 센싱 데이터를 로깅할 때, 측정시간도 저장함

· Alarm Activate : 알람 기능을 활성화

· Choose the sensor : 알람 기능에 연동할 센서를 선택

· Repeat time for scheduling logging : 스케줄링 로깅에 사용할 시간 설정

Sector	Block	Block Addr	소분류	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
0	0	0x0000	Manufacturer Data	UID0	UID1	UID2	UID3	UID4	UID5	UID6	Manufacturer Data									
	1	0x0001	Sensor Configuration	Scheduling Conf		Number	Address	High Limit	Low Limit	RFU = 0x0000										
	2	0x0002	Sensor Data	Temperature	humidity		RFU = 0x0000													
	3	0x0003		RFU = 0x0000																
	4	0x0004		RFU = 0x0000																
	5	0x0005	Write Test	RFU [127 : 0]																

소분류	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Scheduling Configuration	Monitoring Activate	Timestamp save	Alarm Activate	Alarm Raised	Choose the Sensor [1:0] = 00, 01	Time stamp Unit = 00 (00 : Seconds)	Repeat time for short time cyclic scheduling[7:0] = 0x0A									
Number of The Saved Data	Number of The Saved Sensor Data [15 : 0]															
Address of The Sensor Data	Address of The next Sensor Data [15 : 0]															
High Limit of Alarm	High Limit of Alarm [15 : 0]															
Low Limit of Alarm	Low Limit of Alarm [15 : 0]															

BANK	Block	Block Addr	소분류	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1(BK)	0	0x1000	Sensor Data0 [1]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]
	1	0x1010	Sensor Data0 [2]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]
	2	0x1020	Sensor Data0 [3]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]
	3	0x1030	Sensor Data0 [4]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]
2(BK)	0	0x2000	Sensor Data1 [1]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]
	1	0x2010	Sensor Data1 [2]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]
	2	0x2020	Sensor Data1 [3]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]
	3	0x2030	Sensor Data1 [4]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]	Sensor Data [15:0]

그림 4-4. 전지 지원형 NFC 센서태그 메모리 맵 검증

○ 전지 지원형 NFC 센서태그 프로토콜 검증

- 전지 지원형 NFC 센서태그의 프로토콜은 ISO14443-Type B를 기본으로 하고 있으며, 센서를 Access 하는 세부 절차는 아래 그림 4-5와 같다. 전지 지원형 NFC 센서태그는 태그의 상태가 “PROTOCOL” 상태로 천이한 이후에 기본적인 Read 명령어와 Write 명령어를 사용하여 센서태그 메모리에 저장된 값을 읽어오거나 원하는 값을 쓸 수 있도록 검증하였다.

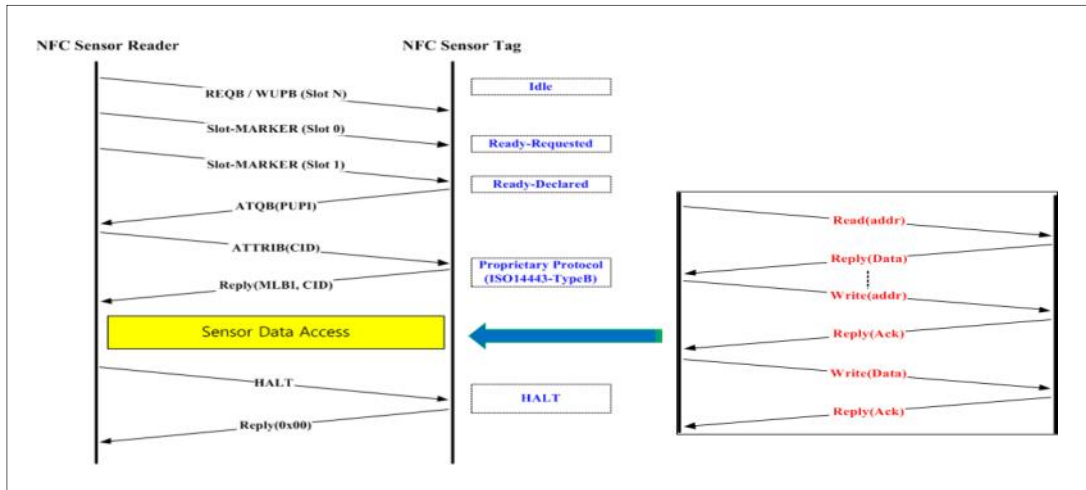


그림 4-5. 전지 지원형 NFC 센서태그 프로토콜

○ NFC 레퍼런스 보드를 이용한 안테나 측정

- 전지 지원형 NFC 센서태그 안테나는 NFC 레퍼런스 보드의 안테나 길이 측정값을 “Single layer Planar spiral coil inductor calculator”를 사용하여 측정된 인덕터 성분과 “Single layer Planar spiral coil inductor calculator”를 사용하여 동일한 인덕터 성분을 갖도록 다음 4 가지 형태의 안테나를 검증하였다(그림 4-6).

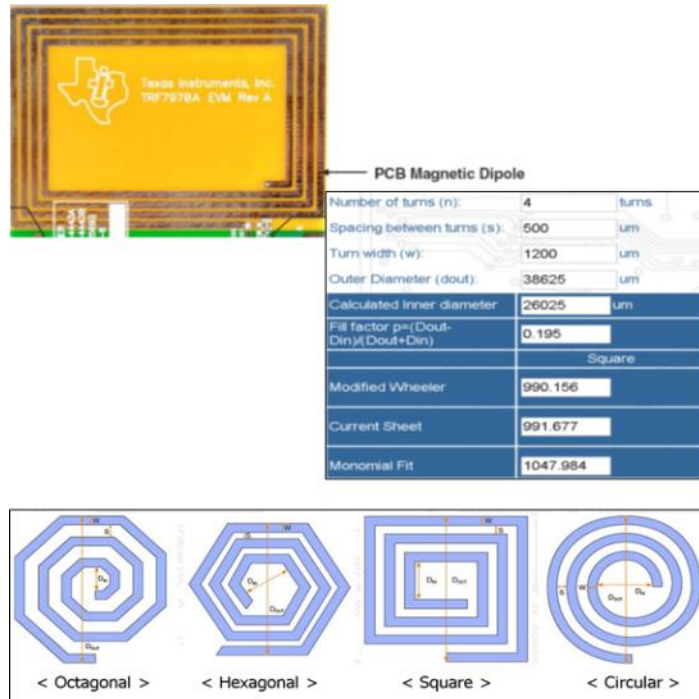


그림 4-6. NFC 레퍼런스 보드를 이용한 안테나 측정

- NFC_SEN_SQ30 보드 제작
 - Antenna Shape : Spiral Square
 - Outer Diameter : 3[cm]

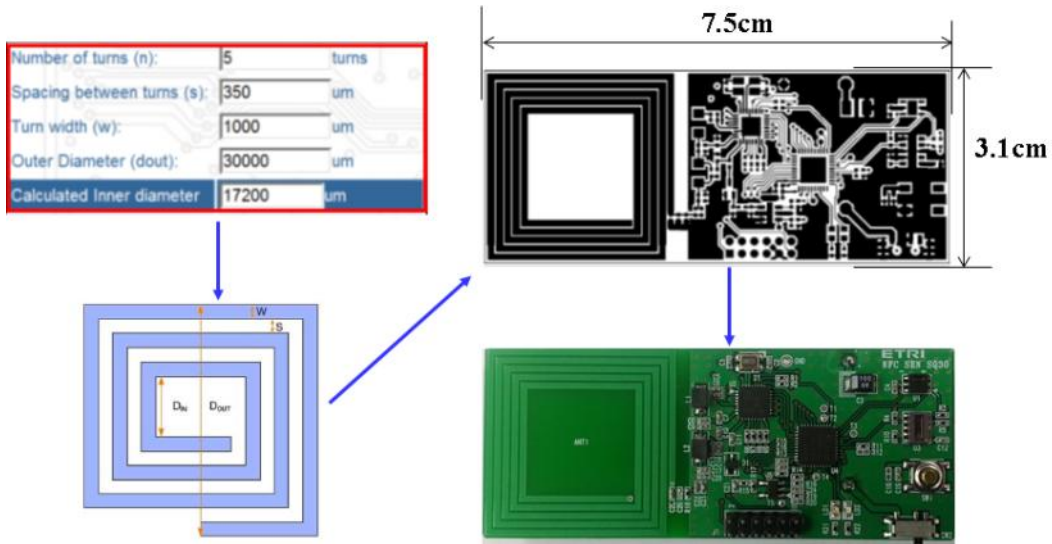


그림 4-7. NFC_SEN_SQ30 보드 제작

- NFC_SEN_SQ25 보드 선정 및 제작
 - Antenna Shape : Spiral Square
 - Outer Diameter : 2.5[cm]

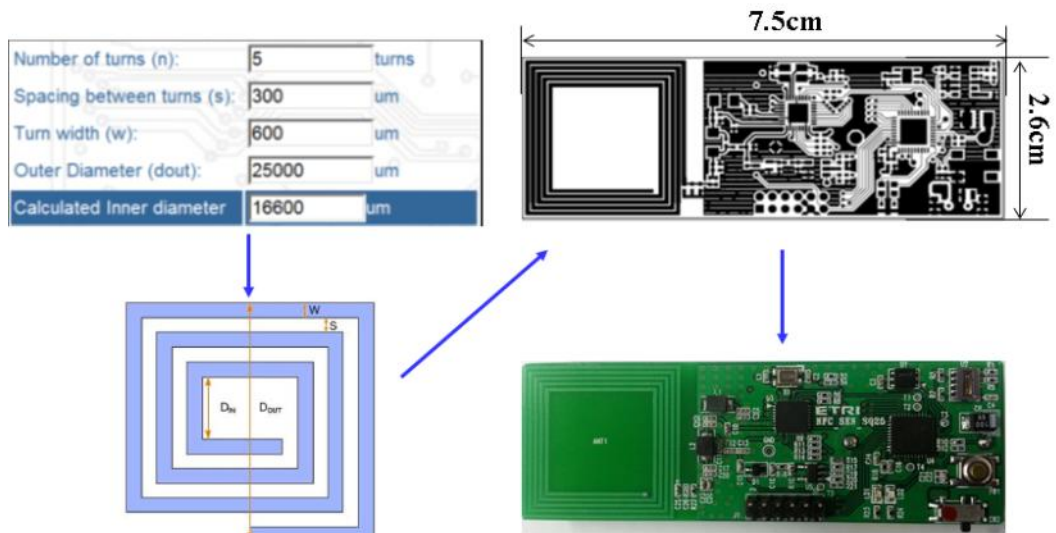


그림 4-8. NFC_SEN_SQ25 보드 설계 및 제작

- NFC_SEN_OCT25 보드 선정 및 제작
 - Antenna Shape : Spiral Octagonal
 - Outer Diameter : 2.5[cm]

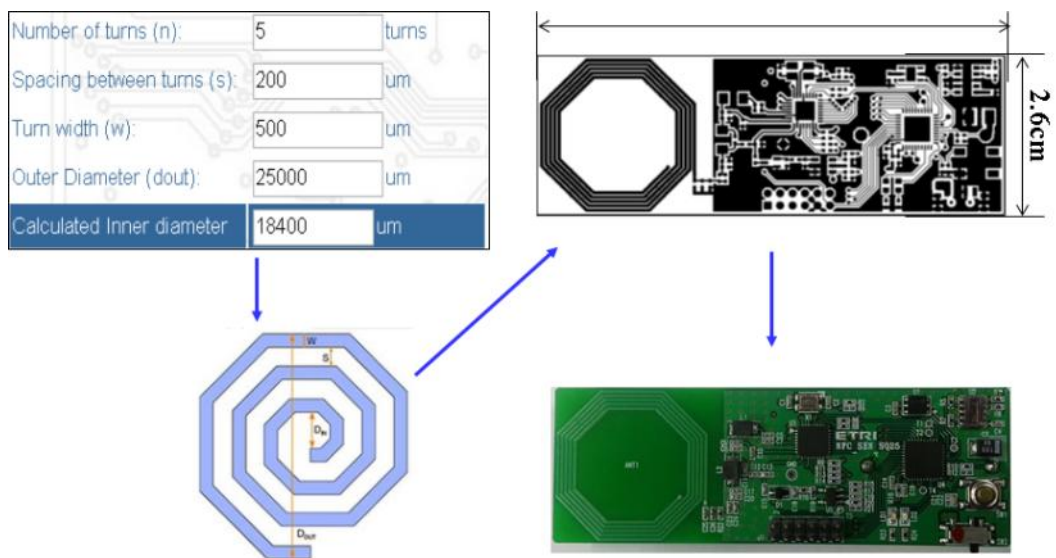


그림 4-9. NFC_SEN_OCT25 보드 선정 및 제작

- NFC_SEN_CIR25 보드 선정 및 제작
 - Antenna Shape : Spiral Circular
 - Outer Diameter : 2.5[cm]

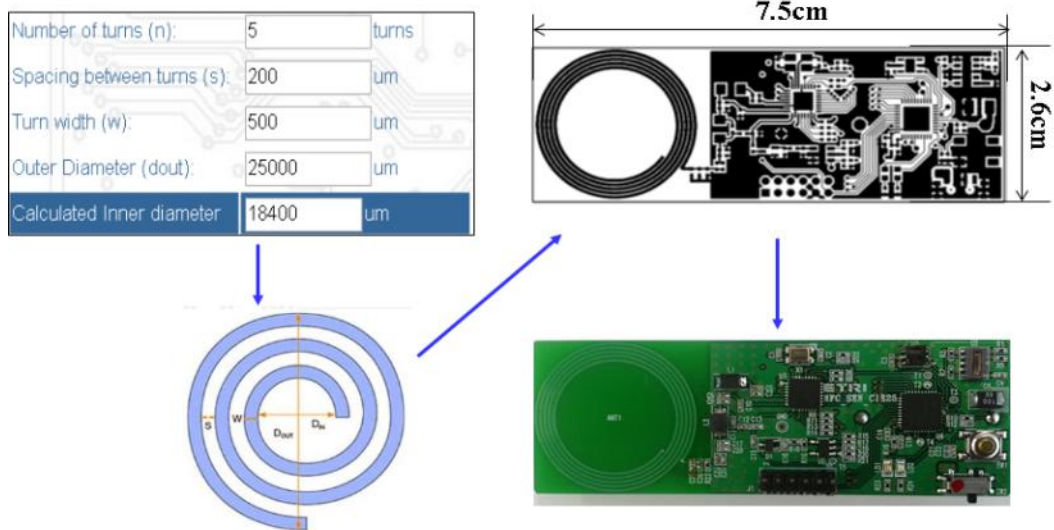


그림 4-10. NFC_SEN_CIR25 보드 선정 및 제작

○ NFC_SEN_SQ20 보드 선정 및 제작

- Antenna Shape : Spiral Square
- Outer Diameter : 2.0[cm]
- Board Size : 1575mm²

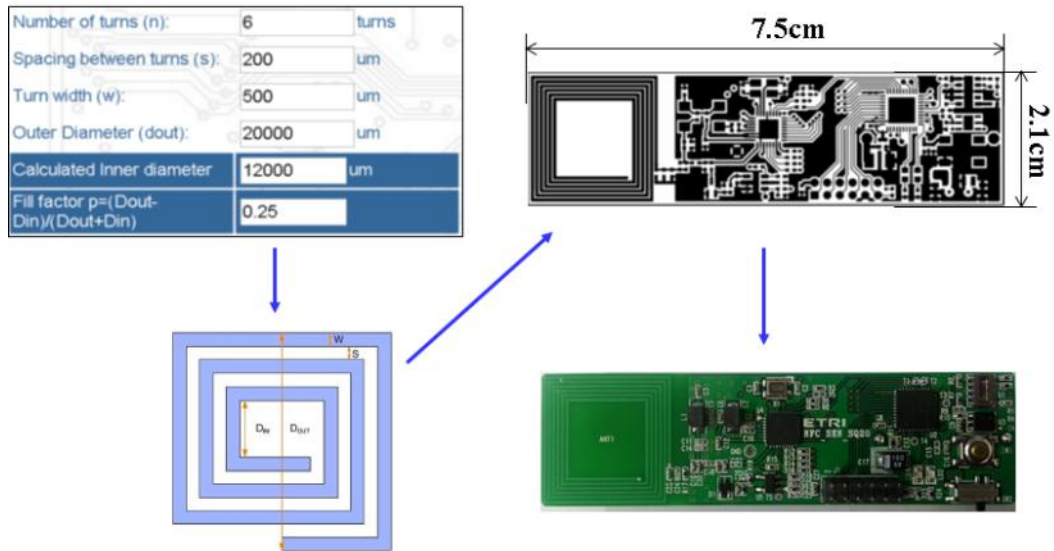


그림 4-11. NFC_SEN_SQ20 보드 선정 및 제작

○ 스마트 패드를 이용한 센서리더 기능 추가

- NFC를 지원하는 스마트패드를 이용하여 센서리더 기능 추가
 - 하드웨어 플랫폼 : Nexus7 Generation2
 - 운영체제 : Android 4.4.4 키캣
 - 기본 통신 프로토콜 : ISO14443 Type B
- 센서리더의 Read/Write 동작 모드 시험
 - 센서리더의 동작 모드를 Read 모드와 Write 모드로 분리, 센서태그 제어

- Read 모드: 센서리더를 Read 모드로 설정하고 센서태그의 온습도 확인
- Write Mode 동작
 - 센서리더를 Write 모드로 설정하고, 센서태그에 기록할 정보를 설정
 - 센서리더를 NFC 센서태그에 근접, 설정된 정보를 센서태그에 Write



그림 4-12. 센서리더의 Read/Write 동작 Mode 시험

○ 센서태그의 로깅 기능 시험

■ 센서태그 로깅 조건 설정

- Monitoring Activate : Enable
- 알람 조건을 적용할 센서 선택 : 온도 센서
- 온도 센서의 알람 조건 : High Limit(30도), Low Limit(20도)
- RTC Time stamp Set : Enable

■ 센서태그 로깅 기능 시험

- “Show Log” 버튼을 누르면, 로깅데이터를 그래프로 나타냄.
- 로깅 데이터 그래프에서 “Show Log Table” 버튼을 누르면, 로깅데이터를 테이블 형

태로 확인할 수 있음

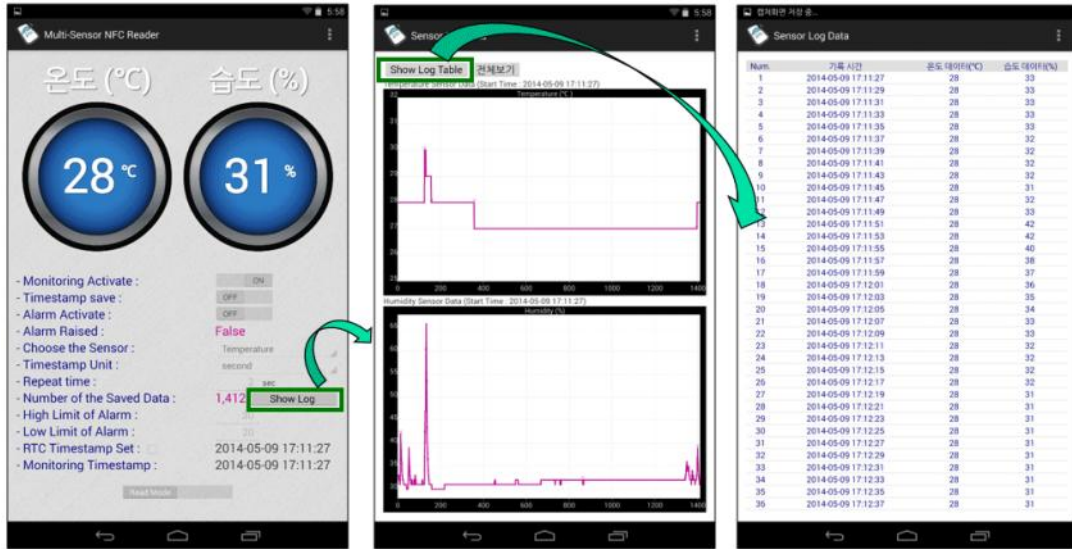
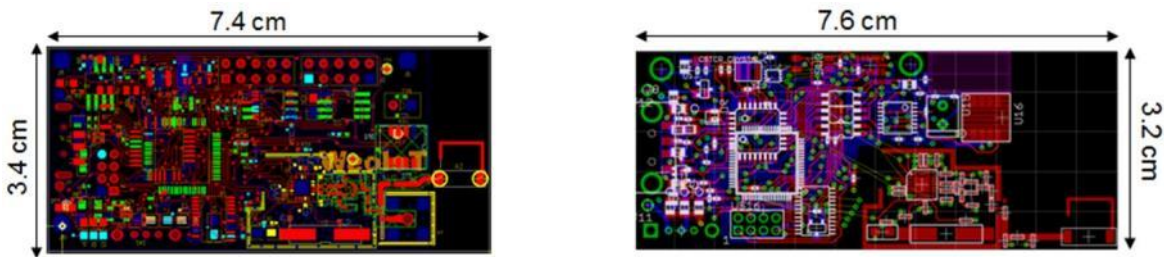


그림 4-13. 스마트 패드를 이용한 NFC 센서태그 연동 시험

나. 저전력 wake-on 무선 온도 센서 노드 시스템 검증

○ RFID 칩과 그 안테나를 추가하기 위해 센서 노드의 PCB레이아웃을 새로이 디자인하였다. RFID기능을 추가한 이후에도 기존과 거의 동일한 크기를 유지하는데 초점을 두고 진행하였으며, 그림 4-14의 (가)와 (나)는 각각 기존의 레이아웃과 새로이 디자인된 레이아웃을 나타내고 있다.



(가) PCB 레이아웃(original)

(나) 새로운 PCB 레이아웃

그림 4-14. 센서노드의 PCB 레이아웃

○ 기존 TelosW 센서 모듈에 RFID 기능을 추가하기 위해서는 RFID칩과 안테나가 필요하였다. RFID기능을 추가함으로써 센서 데이터에 직접적으로 액세스할 수 있게 되었다.

○ RFID칩인 WM72016은 RAMTRON사의 제품으로 아래와 같은 특징들을 가지고 있다.

- EPC(Electronic-Product-Code) Class1 Gen2 RFID 인터페이스
- 주파수 대역: 858-915 MHz, UHF(Ultra-High-Frequency)
- 16 Kbit 내부 메모리
- DSPI(Dual-Serial-Peripheral-Interface) 프로토콜
- 동작 온도 범위: -40°C ~ +85°C

○ EPC Class1 Gen2는 현재 RFID 통신의 국제표준이며, 858-915MHz 주파수 대역은 한국의 RFID 통신 주파수 사용규정에 적합하다. 압축된 센서 데이터는 16Kbit 내부 메모리에 저장되

며, 리더기를 통해서 읽어 올 수 있도록 하였다.

○ TelosW의 마이크로컨트롤러인 MSP430과 RFID칩 사이에 명령어나 데이터를 주고받는 통신은 DSPI 프로토콜을 이용해 이루어지며, 이 프로토콜은 16비트의 명령어와 16비트의 데이터로 구성되어 있다.

○ RFID 통신을 위해서는 안테나와 RFID칩인 WM72016 사이에 매칭 네트워크가 필요하다. 안테나의 출력 임피던스와 RFID칩의 입력 임피던스를 동일하게 맞추으로써, 신호세기를 감소시키지 않고 통신을 할 수 있게 되었다. 아래의 그림 4-15는 칩안테나와 매칭 네트워크를 보여주는 것이다.

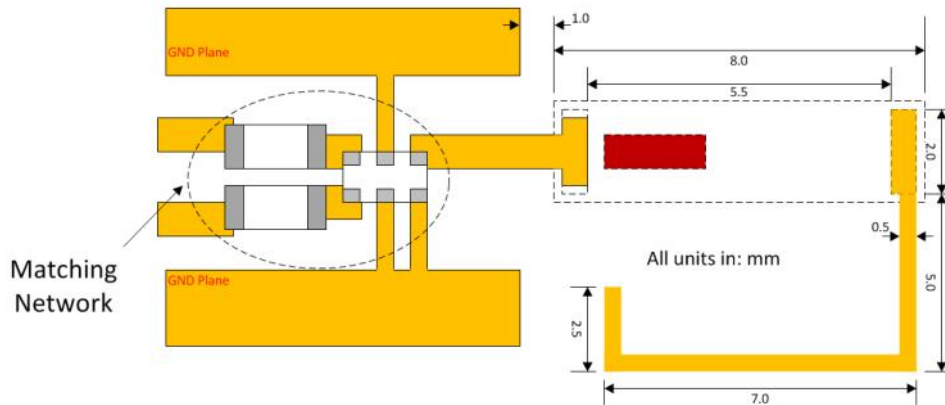


그림 4-15. 칩안테나 및 매칭 네트워크 레이아웃

2. 유통환경 센싱 및 통신 및 LBS 기반 유통관리 시스템 연구결과

○ 매칭 네트워크는 시뮬레이션을 통해 계산한 인덕터와 balun을 이용하여 구성하였으며, 안테나의 출력 임피던스인 50Ω 과 RFID칩의 입력 임피던스 $66-199j\Omega$ 을 서로 맞추어주었다. 그림 4-16은 매칭 네트워크의 시뮬레이션 결과를 보여주는 것이다. 붉은색 그래프는 신호이득인 S_{21} 으로, 이는 입력신호가 출력 쪽으로 얼마나 잘 전달되는가를 나타낸다. 푸른색 그래프는 입력 쪽에서 발생하는 반사신호인 S_{11} 으로, 이는 입력신호가 전달되지 않고 얼마나 많이 반사되는가를 나타낸다. 따라서 좋은 매칭 네트워크는 입력신호를 반사시키지 않고 최대한 출력 쪽으로 잘 전달할 수 있도록 도와주는 역할을 해야 한다. 즉, 매칭 네트워크를 사용하면 우리가 원하는 주파수대역에서 S_{21} 은 높고, S_{11} 은 낮아야한다. 실험결과에서, 설계한 매칭 네트워크가 원하는 900MHz 근처에서 높은 S_{21} 과 낮은 S_{11} 의 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

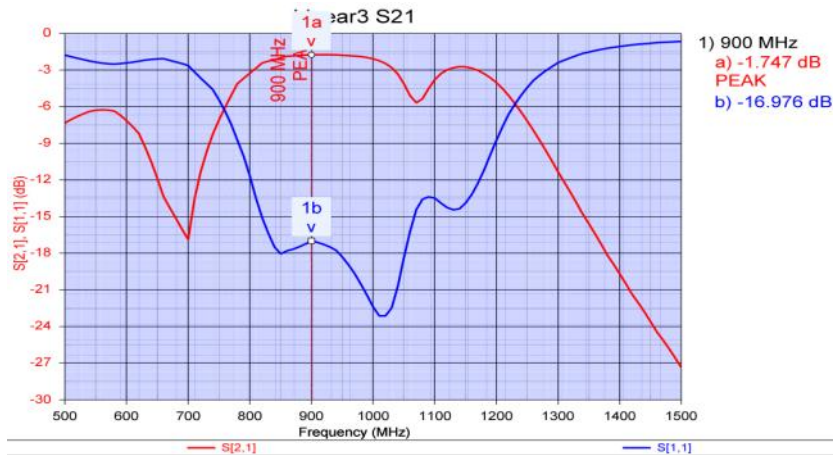


그림 4-16. 매칭 네트워크 시뮬레이션 결과

○ RFID칩과 안테나를 추가한 새로운 TelosW 모듈을 설계하였다. 기존에 비해 RFID기능을 추가했음에도 불구하고 동일한 크기를 유지하였다. 기본적인 센서동작과 TelosW 모듈간 통신 기능을 점검하였다.



그림 4-17. RFID 기능을 포함한 TelosW 모듈

○ RFID칩과 안테나를 하드웨어적으로 연결 후, RFID기능을 점검하기 위해 단계적으로 펌웨어를 구현하여 테스트를 하였다. 먼저 마이크로컨트롤러인 MSP430과 RFID칩 간의 데이터 통신이 원활히 이루어지는 지 확인하기 위해 DSPI 프로토콜을 지원하는 펌웨어를 구현하였다. 1부터 255의 숫자가 RFID칩의 내부메모리에 저장되고, 이 데이터를 마이크로컨트롤러가 차례대로 읽어오는 동작은 그림 4-18에 나타내었다.

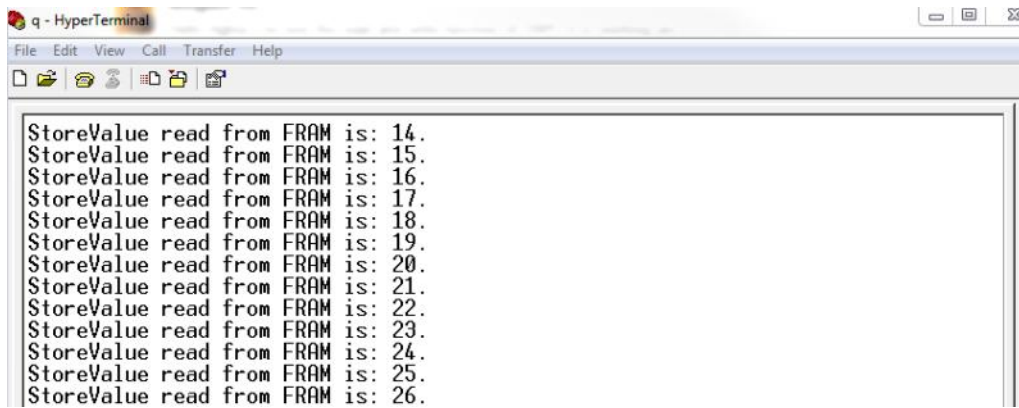


그림 4-18. RFID칩과 마이크로컨트롤러간의 데이터 통신

- RFID칩의 내부메모리 중 사용가능한 메모리는 993words(=1,986bytes)로 센서데이터 및 시간정보를 모두 저장하기 위해서는 데이터 압축 알고리즘이 필요하다.
- 온도, 습도, 가속도 및 시간정보를 16비트로 압축할 경우 총 993개의 데이터를 저장할 수 있으며 다음과 같이 표현할 수 있다. 온도 및 습도를 표현하기 위해 3비트를 사용하며 이는 각각 총 8단계로 데이터를 나타낼 수 있다. 가속도를 표현하기 위해 2비트를 사용하며 이는 총 4단계로 데이터를 나타낼 수 있다. 남은 8비트로 시간정보를 표현하면 총 128시간을 나타낼 수 있고 1비트는 30분을 나타낸다. 그림 4-19는 데이터 압축 알고리즘을 보여주는 것이다.

Compression of sensor data

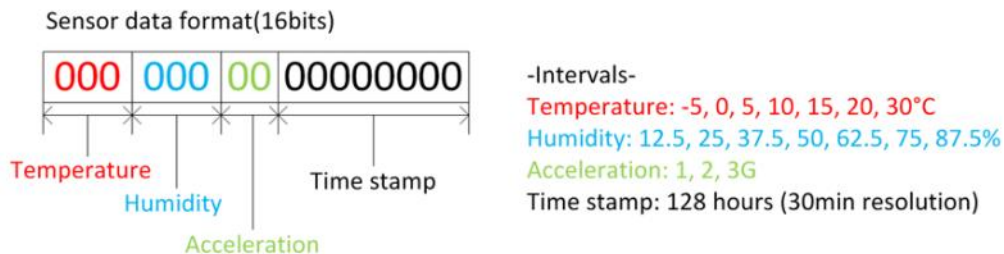


그림 4-19. 센서 데이터 압축 알고리즘

- 각각의 센서 데이터와 시간정보를 RFID통신을 이용하여 전달할 수 있는 펌웨어를 구현하였다. 각각의 센서로 부터 데이터를 마이크로컨트롤러가 수집하여 압축 알고리즘을 통해 압축을 하였다. 압축된 데이터는 DSPI 프로토콜을 통해 RFID칩의 내부메모리에 저장되며, 내부메모리에 저장된 데이터는 최종적으로 RFID리더기를 통해 확인 및 점검을 할 수 있다. RFID리더기의 경우 MTI사의 RU-824(RFID ME)를 사용하였다.
- 아래의 그림 4-20은 실질적으로 RFID통신을 통해 센서 데이터가 전달된 것을 나타내며 총 3개의 데이터를 저장하고 확인하였다. 첫 번째 데이터의 경우, 온도는 27°C로 압축 알고리즘 상 6단계에 해당하며 온도의 경우 3비트를 사용하기 때문에 이를 2진수로 나타내면 110에 해당한다. 습도는 53%로 알고리즘에 따라 4단계에 해당하며 습도 또한 3비트를 사용하기에 이를 2진수로 나타내면 100에 해당한다. 시간정보의 경우 3개의 데이터 모두 30분 안쪽에서 저장하였기에 0에 해당하며 8비트를 사용하였기에 00000000로 표현된다. 이 모든 정보를 2진수로 표현하면 11010000 00000000에 해당하며 4비트씩 끊어서 16진수로 표현할 경우 D0 00로 나타내

어진다. 이는 리더기를 통해 검출한 데이터 D0-00와 일치하며 나머지 2개의 데이터도 리더기를 통해 검출한 데이터와 일치함을 확인할 수 있다.

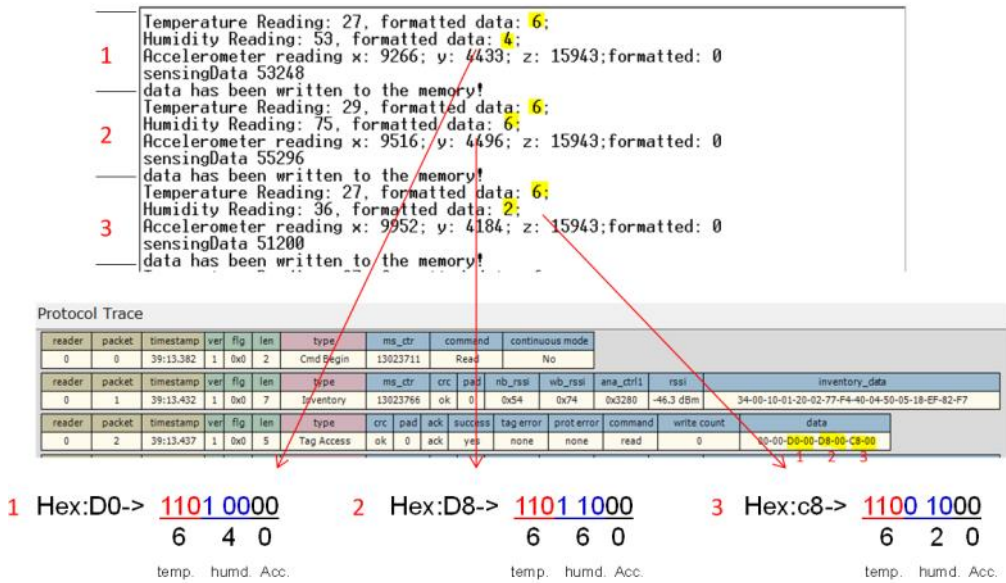


그림 4-20. RFID리더기를 이용한 센서데이터 점검

○ RFID칩은 평상시 꺼져 있다가 각종 센서로부터 데이터가 RFID칩의 메모리에 저장될 때마다 RFID용 전력 스위치를 통해 구동 전력을 공급받는다. 데이터의 저장 후 전력소모를 줄이기 위해 전력 스위치를 끄더라도 스위치가 완전히 꺼지지 않는 오류가 발생하였으며, 이는 결국에 RFID칩의 고장을 야기하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 아래 그림 4-21 (b)(수정전)에서 그림 (c)(수정후)와 같이 마이크로컨트롤러의 출력핀을 RFID칩의 구동전력 입력핀에 직접 연결하였다.

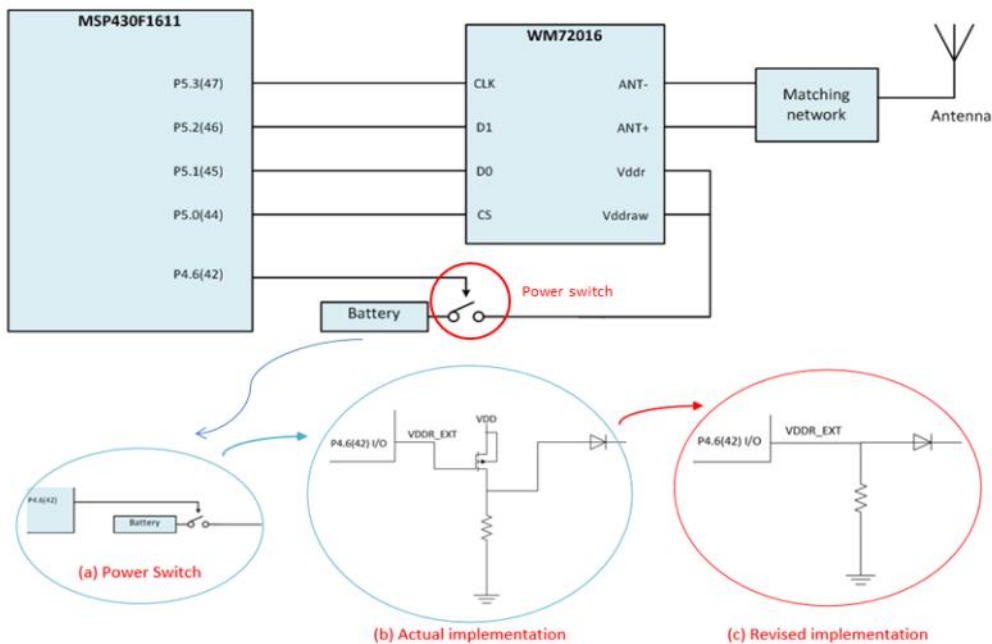


그림 4-21. 보완설계된 RFID용 전력 스위치

3. 저온수배송 시스템의 개발 및 성능분석

가. 공랭식 저온수배송 시스템 개발 및 성능분석

본 실험에 사용된 저온 수배송용기는 Peltier 효과를 기반으로 한 열전소자를 EPP box에 적용한 수배송 용기로 식품유통시 필요한 온도에 맞게 온도설정을 할 수 있도록 제작되었다.

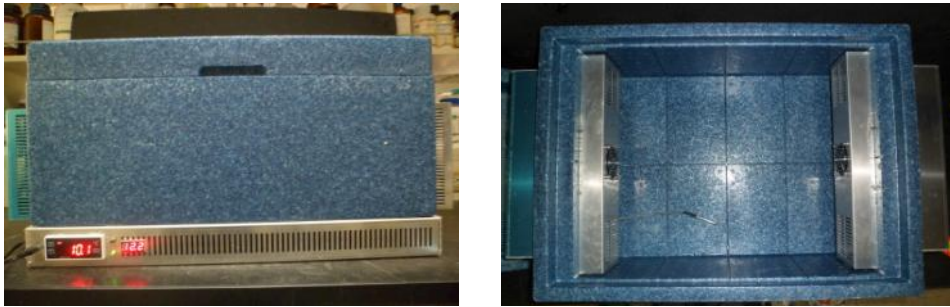


그림 4-22. 공랭식 수배송용기

(1) 저온수배송용기 내부 냉각도 변화

공랭식저온 수배송용기 온도 설정을 $-20, 5, 10^{\circ}\text{C}$ 로(T_0, T_5, T_{10}) 적용 한 후 온도를 측정하였다. 온도측정은 실온에서 시작하여 각 설정온도로 냉각될 때 까지 10분 단위로 측정하였으며 좌, 우, 중앙 세 군데를 측정하여 평균값으로 나타내었다. 온도변화는 Thermo Recorder (TR-52, T&D Co., Japan)로 처리시간에 따른 온도변화를 기록하였다.

(2) 잠열재를 적용한 공랭식 저온수배송용기 내부 냉각도 변화

저온수배송용기 온도는 $-20, 5, 10^{\circ}\text{C}$ 로(T_0, T_5, T_{10}) 설정하였으며, 잠열재는 1차 잠열재로 $0, 5, 10^{\circ}\text{C}$ 를 유지하는 것으로 LLDPE+Ny 재질의 포장지에 750 ± 5 g씩 담아 -20°C 에 24시간 보관 후 실험에 사용하였다. 각 온도별로 세팅된 저온수배송용기 내부에 잠열재를 5개씩 넣어 내부온도가 실온에서 각 설정온도로 냉각될 때 까지 10분 단위로 측정하였다. 온도측정은 좌, 우, 중앙 세 군데를 측정하여 평균값으로 나타내었다.

나. 25 L 저온수배송 시스템 개발 및 성능분석

(1) 25 L 저온수배송 시스템 개발

냉기의 전도를 잘 안되게 하는 재료로 이동형이므로 가벼워야 한다는 점을 중시하여 plastic인 ABS를 기본으로 하고 단열효율이 좋은 우레탄을 사용하였다. 우레탄은 plastic 5 mm를 양쪽 벽으로 하여 30 mm를 충진 하였다. 외부의 battery 및 power supply 및 controller등 box는 stainless steel 로 제작하였다.

저온 수배송용기의 용량은 $470*350*250$ mm 로 총 41.12 L이며, 양측의 잠열재 box 등 냉각 unit를 제외한 내부용량은 $350*300*250$ mm로 26.25 L이다.

냉각장치 성능측정 결과, 소모전압과 전류는 26 DVC, 2.6 A로 목표하였던 24 V, 3 A 이하로 측정되었다. 외부온도 28°C 에서 온도를 측정한 결과, 5 hr후 내부온도는 -3°C 로 측정되었고 외부 30°C 에서 0°C 를 유지하기 위한 온도차는 $dT=30^{\circ}\text{C}$ 로 측정되었다. 68 Watts 전력으로

40 L의 수배송용기를 목표온도까지 내리는데 일정시간이 필요한 것으로 보인다.

표 4-1. 25L 저온 이동식 수배송용기 기본 구성 및 전력사양

구분	세부항목
온도조절 system	용기내의 온도를 최저-2~-10℃ 까지 조절하여 식품의 특성에 맞게 온도를 설정
온도 센싱부 냉온소자부	설정된 온도를 지속적으로 모니터링 하여 온도 값을 보상 용기 내부의 온도를 내리거나 올리기 위한 장치
Battery unit	리튬폴리머 축전지로 충전이 용이하며 장치의 24시간 연속적으로 사용할 수 있게 구현
인가전압(DC)/소비전류	20V/5.0A, 22V/5.5A, 24V/6.0A



그림 4-23. 25 L 저온수배송용기

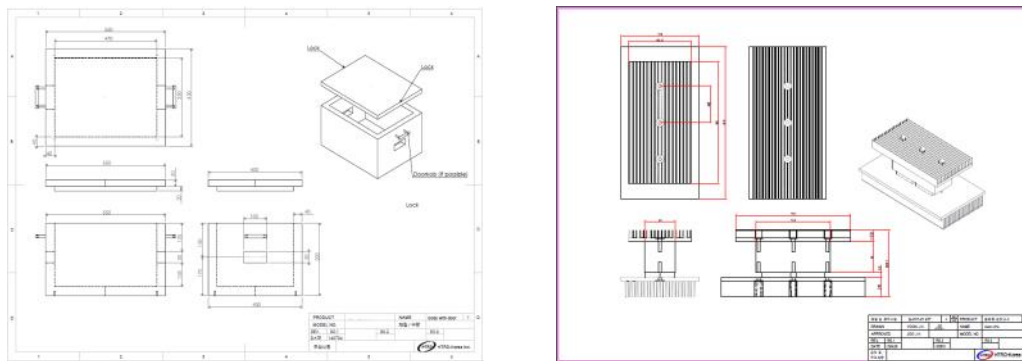


그림 4-24. 25 L 저온수배송용기의 설계도 및 냉각장치 unit

(2) 25 L 저온수배송용기의 온도유지특성 실험방법

(가) 25 L 저온수배송용기의 온도변화

25 L 저온 수배송용기의 냉각도 측정은 수배송용기의 내부 설정온도를 0, 5, 10℃로 한 후, 상온의 온도에서 수배송용기내부의 온도가 각 설정온도에 도달할 때까지의 온도 및 시간을 측정하였다. 전원공급은 AC 전원을 이용하여 계속적으로 공급하였으며, 온도변화는 처리시간에 따른 변화를 기록하였다.

(나) 축전지 적용 온도유지 실험

축전지 적용 온도유지 실험은 잠열재의 적용유무에 따라 2단계에 걸쳐 실험을 진행하였다. 25 L 저온수배송용기의 내부 설정온도를 0, 5, 10℃로 한 후, AC 전원을 공급하여 수배송용기 내부의 온도를 설정온도로 낮추었다. 1차 실험은 저온수배송용기 내부의 온도가 설정온도에 도달하였을 때 잠열재를 장착하지 않고 전원을 축전지로 전환한 후 방전될 때 실험을 종료하였다. 2차 실험은 저온수배송용기 내부의 온도가 설정온도에 도달하였을 때 각 설정온도에 맞는 잠열재를 4 팩(500±5 g)을 장착한 후 전원을 축전지로 전환하여 방전될 때까지의 온도변화를 측정하였다. 이때 잠열재는 각 설정온도의 저장고에서 24 hr 저장한 후 실험에 사용되었다. 온도변화는 Thermo Recoder (TR-52, T&D Co., Japan)로 처리시간에 따른 온도변화를 기록하였다.

다. 50 L 저온수배송 시스템 개발 및 성능분석

(1) 50 L 저온수배송 시스템 개발

(가) 기본 구성 및 설계도

냉기의 전도를 잘 안되게 하는 재질로 이동형임으로 가벼워야 한다는 점을 중시하여 외부 철판 1 mm를 기본으로 하고 내부는 0.4 mm의 얇은 철판으로 기존 냉장고와 같은 방법으로 제작하고 단열효율이 좋은 우레탄을 사용하여 40 mm를 충전하였다. 외부의 battery, power supply 및 controller 등은 스테인리스로 제작하였다.

수배송용기는 전체 650×400×270 mm = 70.2 L이며, 보냉제등 냉각 unit 부위를 제외한 내부 용량은 540×400×270 mm = 58.3 L로 제작하였다.

표 4-2. 50 L 수배송용기의 기본 구성

구분	세부항목
온도조절 system	용기내의 온도를 최저-2~-10℃ 까지 조절하여 식품의 특성에 맞게 온도를 설정
온도 센싱부	설정된 온도를 지속적으로 모니터링 하여 온도 값을 보상
냉온소자부	용기 내부의 온도를 내리거나 올리기 위한 장치
Battery unit	리튬폴리머 축전지로 충전이 용이하며 장치의 24시간 연속적으로 사용할 수 있게 구현
인가전압(DC)/소비전류	20V/5.0A, 22V/5.5A, 24V/6.0A

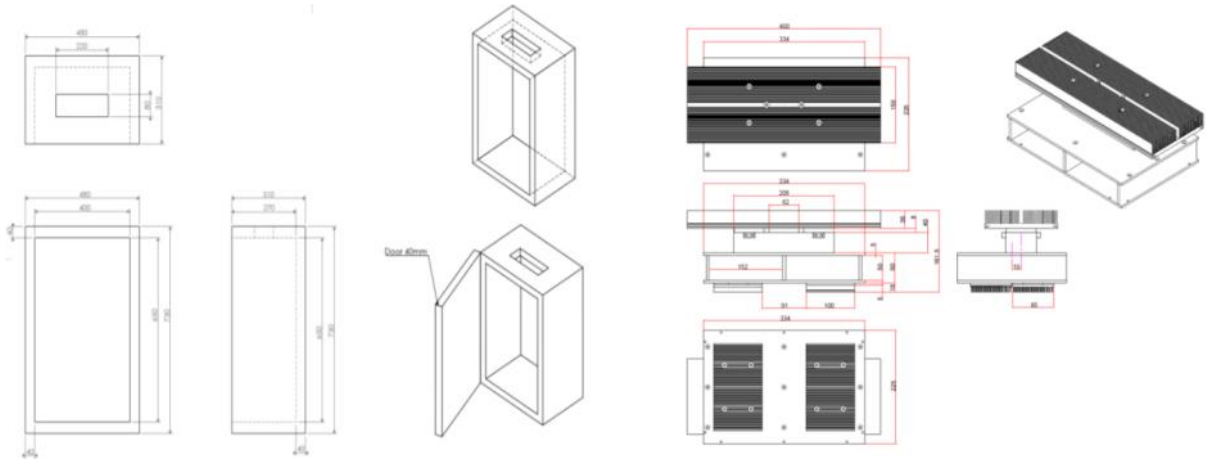


그림 4-25. 50 L 저온수배송용기의 설계도 및 냉각장치 unit

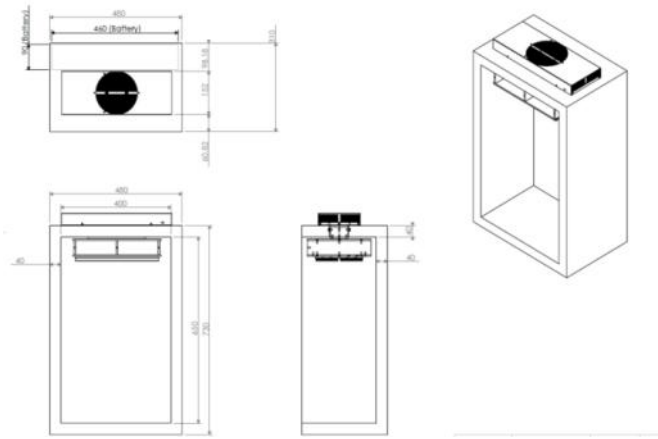


그림 4-26. 저온수배송용기 조립도

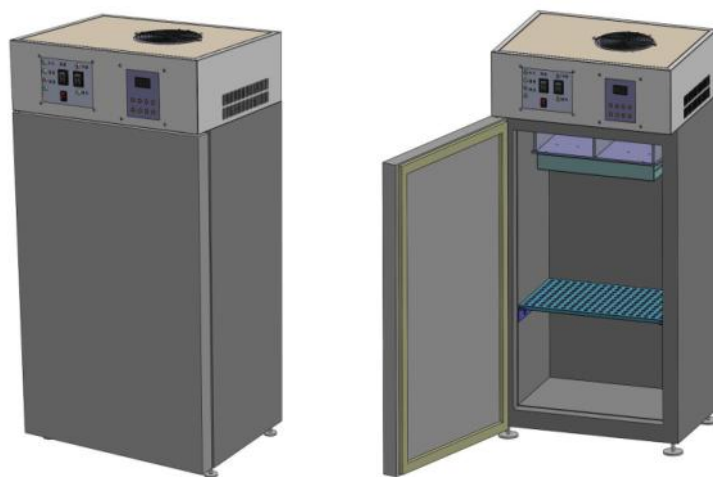


그림 4-27. 50 L 저온수배송용기 3D 외부 형상 및 내부 투영도



그림 4-28. 저온수배송용기 제작 과정

(나) 50 L 저온수배송용기 unit

냉각장치 2HT-085-S 3개를 직렬 연결하여 제작한 냉각 unit에 24 DVC를 인가할 때 최초 5.7 A의 전류가 흐르고 3분정도 냉각이 되면 5 A에 안정됨. 따라서 24 V, 6 A의 목표가 충분히 달성되었다.

가열장치 가열온도는 20분 뒤 91℃를 나타냄으로써 따라서 당초 목표로 한 24 V, 6 A와 목표 온도 60℃는 충분히 달성되었다. 여기에는 안전장치로 방열판의 온도가 90℃를 넘어가면 자동으로 전원을 차단하도록 90℃ Thermostat를 사진에는 보는 바와 같이 방열판 가장자리에 부착하였다.

냉/온장 제어장치 본 냉각장치의 기능을 충분히 살리려면 중요한 것이 제어장치로, 제어장치의 Display는 OLED를 이용하여 표시 창을 만들고, 냉장, 온장, 및 이동 중 또는 무 정전 사용을 위한 Battery 와 충전기능 등 복잡한 구조를 가지고 있다.

Display PCB기판에 OLED의 표시창을 가진 controller를 구성하여 냉장고의 상단에 그림과 같은 Display를 구성하여 냉장기능, 온장기능, 충전기능 등의 조작이 간편하고 단순하게 표시되도록 구성하여 이용의 편리성을 추구하였다.

Battery 저온수배송 시스템에 있어서 중요한 요소 중의 하나는 Battery의 개발로 기존의 연(Pb)축전지는 너무 무겁고 Size가 커 이동형의 저온수배송용기에는 사용이 불가능하다. 따라서 Size가 적고 축전지 밀도가 높은 Lithium-Ion으로 개발하고자 국내 업체에 수소문하였으나 개발에 응하는 업체가 없어 중국에 진출해 있는 한국 기업체에 의뢰하여 개발하였다. 축전지의 용량은 22 DVC 60 AH를 기준으로 하였으며, 저온 수배송 시스템이 안정적으로 가동되면 22 V에 4.5 A정도 소모됨으로 12시간 가동이 가능한 능력으로 제작되었다. 축전지의 전체 Size는 300x190x75 mm 로서 무게는 약 8kg정도로 연 축전지의 20%정도 되는 작은 Size를 구현하였다.

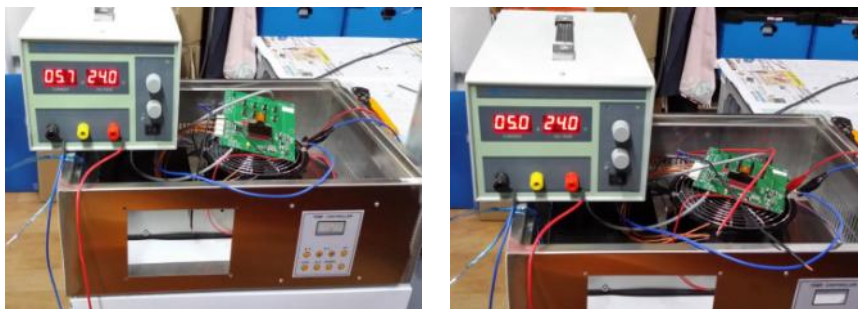


그림 4-29. 냉각 unit 제작 test

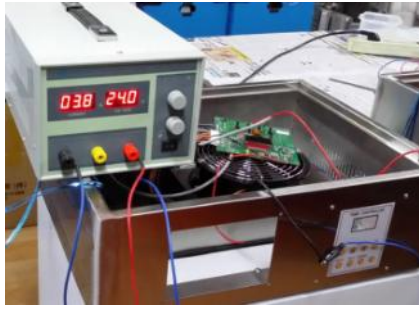


그림 4-30. 가열 unit 제작 test

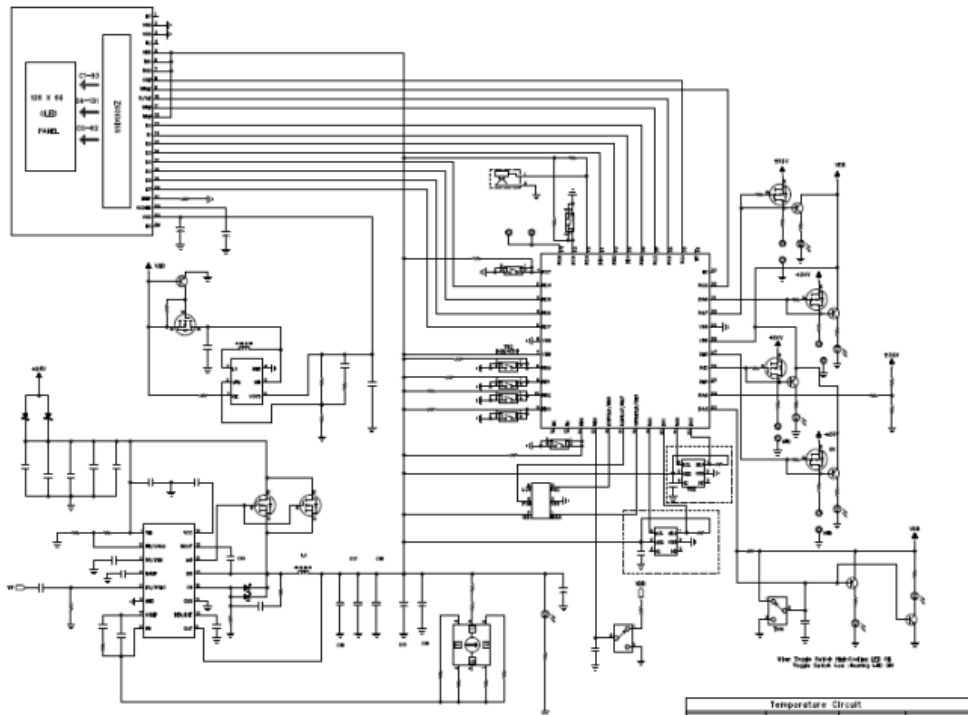


그림 4-31. OLED controller 기본 회로 구성도

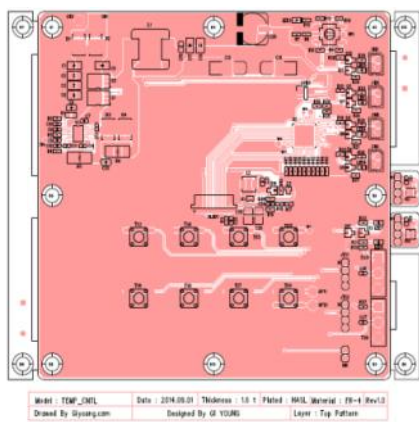


그림 4-32. OLED controller 기본 회로 구성도로 제작한 PCB 기판

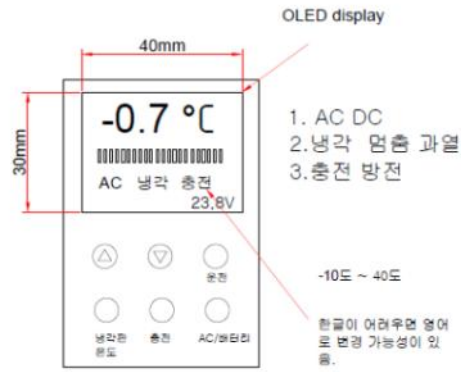


그림 4-33. Display

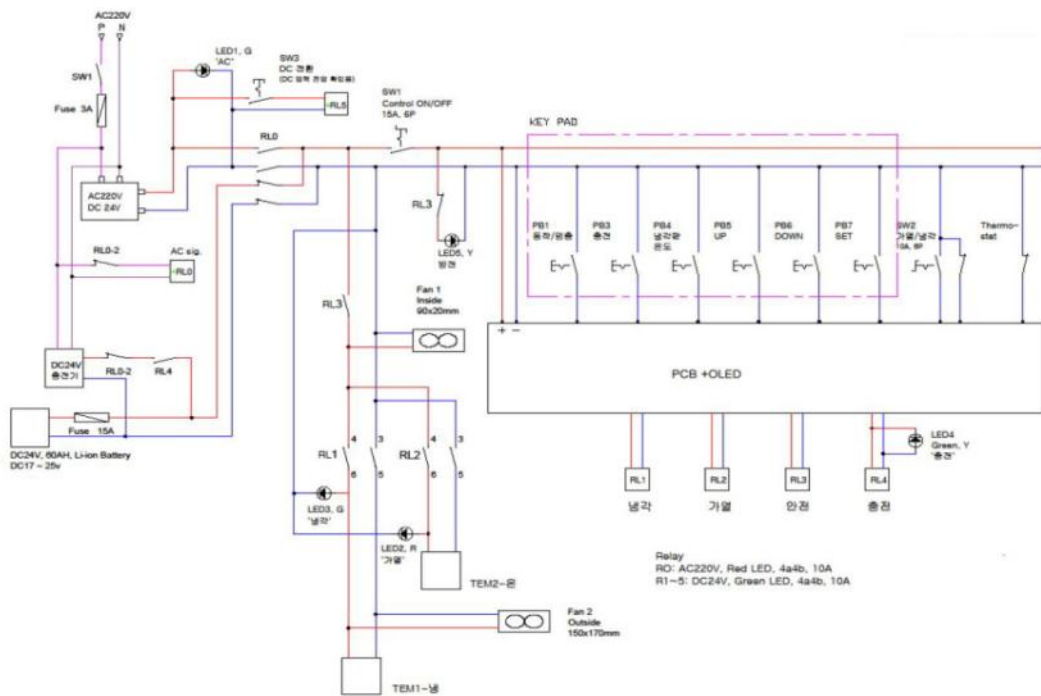
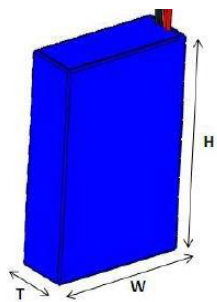


그림 4-34. 전체 system 배선 회로도



Description 项目	Items 内容	Value 数值
Thickness of package 厚度	T	75mm Max
Width of package 宽度	W	190mm Max
Height of package 高度	H	300mm Max
Battery weight 重量	wt	App: 8200g

그림 4-35. 축전지의 외형 및 규격

(다) 50 L 저온수배송용기의 완성

위에서 설명한 바와 같이 냉장고 Case를 만들고, 열전소자를 조립하고, Controller와 Display를 조립하여 완성품을 제작하였다. 제품을 조립하여 전반적인 기능의 정상 작동여부와 목표온도 도달 등을 제작 중간 중간 조립의 양 불량여부, 기능의 정상 작동여부를 점검하면서 제작하였고, 제작 완료 후에 성능을 test한 결과 냉장 0℃, 온장 60℃의 도달에 문제가 없었고, 소모전기량도 목표치 보다 약 20%정도 적게 소모됨을 보여주었다.



그림 4-36. 50 L 저온수배송용기 조립 과정

(2) 50 L 저온수배송용기 온도유지특성 실험방법

(가) 50 L 저온수배송용기 온도 유지 실험

수배송용기 내부의 9 곳의 위치별 온도 및 풍속을 측정하였다. 내부 온도는 0, 5, 10℃로 설정한 후, 실온에서 시작하여 내부 온도가 각 설정온도에 도달하면 전원을 차단한 후 실온으로 다시 상승할 때 까지 온도변화를 측정하였다



그림 4-37. 50 L 저온수배송용기 온도 및 풍속 측정 부위

(나) 자체냉각 잠열재를 사용한 50 L 저온수배송 시스템의 온도유지 실험

잠열재는 총 3 가지 종류로 (주)FMSkorea에서 제조한 5℃ 유지 잠열재(F-PCM), 본 연구에서 제조한 5℃유지 잠열재(K-PCM), 일반시중판매 잠열재(C-PCM)를 이용하였으며, 잠열재의 용량은 500±10 g 인 것 2개를 사용하였다. 내부 설정온도는 0, -5, -10℃로 설정하였으며, 잠열재를 수배송용기에 넣은 후 전원을 켜고 온도측정을 시작하였다. 수배송용기 내부의 온도가 5℃에 도달하면 전원을 끈 후 내부 온도가 10℃ 이상 상승한 후 실험을 종료하였다.

(다) 외부냉각 잠열재를 사용한 50 L 저온수배송 시스템 온도 유지 실험

잠열재는 총 3 가지 종류로 (주)FMSkorea에서 제조한 5℃ 유지 잠열재(F-PCM), 본 연구에서 제조한 5℃유지 잠열재(K-PCM), 일반시중판매 잠열재(C-PCM)를 이용하였으며, 잠열재의 용량은 500±10 g 인 것 2개를 사용하였다. 내부 설정온도는 5℃로 설정하였으며, 잠열재는 0℃에서 24시간 동안 냉각한 후 실험에 사용하였다. 외부냉각 잠열재를 수배송용기에 넣은 후 전원을 켜고 온도측정을 시작하여 수배송용기 내부의 온도가 5℃에 도달하면 전원을 끈 후 내부 온도가 10℃ 이상 상승한 후 실험을 종료하였다.

(라) 온도유지 및 경제성 실험

잠열재는 (주)FMSKorea에서 제조한 5℃ 유지 잠열재(F-PCM)를 사용하였으며, 용량은 500±10 g, 적재 개수는 상부 2 개, 하부 4 개로 총 6 개를 넣은 후 실험하였다. 잠열재는 0℃에서 24시간 냉각한 후 실험에 사용하였고, 수배송용기의 내부 설정온도는 5℃로 설정하였다. 각 처리구별 조건은 아래 표와 같으며, A는 잠열재 없이 열전소자만으로 온도유지를 하도록

하였고, B는 잠열제만으로 온도유지, C는 잠열제와 열전소자 모두 사용하여 온도유지를 하도록 하였다. D는 대조구로서, 일반 냉장고의 온도를 측정하였으며, 08~17시 까지 1시간 마다 1분씩 냉장고의 문을 열어 에너지를 사용하도록 유도하였다. 온도측정은 TR-52를 이용하여 측정하였으며, 사용전력 및 사용요금은 가정용 전기요금 측정기를 설치하여 측정하였다. 전기요금은 일반 저압 전력 전기요금으로 설정하여 Kwh당 요금이 84.4원을 기준으로 계산하도록 하였다.

표 4-3. 경제성 실험을 위한 수배송용기 및 잠열제 조건

	용기	잠열제 종류	잠열제온도(°C)	수배송용기 온도 (°C)
A	50 L 저온수 배송용기	-	5	5
B		F-PCM		-
C				5
D	일반 냉장고	-	-	-

라. 이동형 저온수배송 시스템개발 및 성능분석

장바구니형 저온수배송시스템은 기존의 장바구니에 열전소자와 축전지를 장착하여 제작하였으며, 캐리어형 저온수배송시스템은 하드캐리어에 열전소자와 축전지를 장착하여 제작하였다.



그림 4-38. 캐리어형 저온수배송 시스템



그림 4-39. 장바구니형 저온수배송 시스템

(1) 이동형 저온수배송용기의 온도유지특성 실험방법

(가) 이동형 저온수배송 시스템의 온도 유지 실험

축전지만을 이용한 온도유지 측정 방법은, 내부온도는 5℃로 설정하였고, 장바구니는 ON 상태로 설정하여 실험을 진행하였으며, 상온에서 시작하여 8 시간 동안 온도변화를 측정하였다.

(나) 자체냉각잠열재를 사용한 이동형 저온수배송 시스템 온도 유지 실험

자체냉각잠열재를 이용한 온도유지 측정방법은 용량 500±10 g의 상온상태의 잠열재(FMS korea, 한국)를 4 개 적재하였으며, 상온에서 시작하여 축전지가 방전될 때까지 온도를 측정하였다. 온도측정은 외부, 내부, 열전소자, 잠열재 총 4곳을 측정하였다.

(다) 외부냉각 잠열재를 사용한 이동형 저온수배송 시스템의 온도 유지 실험

외부냉각잠열재를 이용한 온도유지 측정방법은 용량 500±10 g의 잠열재(FMS korea, 한국)를 -20℃ 냉동고에 24시간 동안 보관한 후 실험에 사용하였다. 잠열재는 총 4개 적재하였으며, 축전지가 방전될 때까지 온도를 측정하였다. 온도측정은 외부, 내부, 열전소자, 잠열재 총 4곳을 측정하였다.

4. 저온수배송 시스템의 성능특성 연구결과

가. 공랭식 수배송시스템의 온도유지 실험 결과

(1) 저온수배송용기 내부 냉각도 변화

본 연구를 위해 개발된 공랭식 저온수배송용기를 각 설정온도로 설정 한 후 온도변화를 측정한 결과 0℃ 유지를 위하여 -20℃로 설정한 저온수배송용기는 10시간 후 2.75℃에 도달한 후 온도가 다시 증가하기 시작하였다. 5℃로 설정하였을 때는 1시간 후 4.65℃, 10℃ 설정 시 1시간 후 9.90℃에 도달하였다. 저온 수배송용기만으로는 5-10℃ 유지는 가능하지만 0℃ 까지 유지하기는 어려운 것으로 측정되었다.

(2) 잠열재를 적용한 공랭식 저온수배송용기 내부 냉각도 변화

잠열재를 적용한 공랭식 저온수배송용기 내부 온도 측정결과, -20℃ 설정하였을 때 50분 후 -0.89℃, 5℃ 설정 시 40분 후 4.82℃, 10℃ 설정 시 30분 후에 9.69℃에 도달하였다. 저온수배송용기만을 사용하여 내부 온도를 낮추었을 때 보다 훨씬 효과적이었으며, 특히 저온수배송용기만으로는 0℃에 도달하지 못하였으나 잠열재를 적용하였을 때는 0℃ 이하의 온도로 내려가는 것을 확인할 수 있었다.

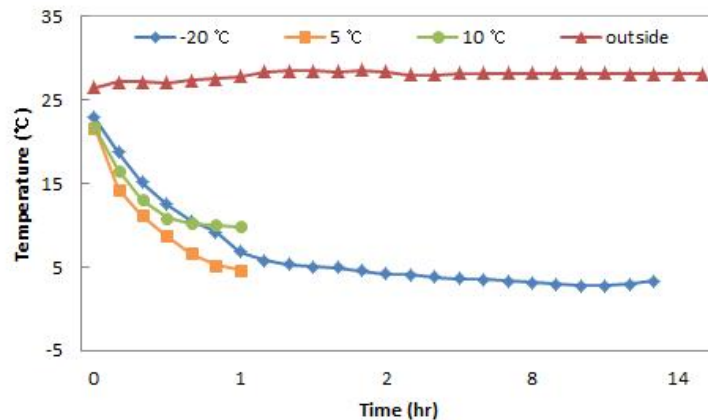


그림 4-40. 공랭식 저온수배송용기 내부 냉각도 변화

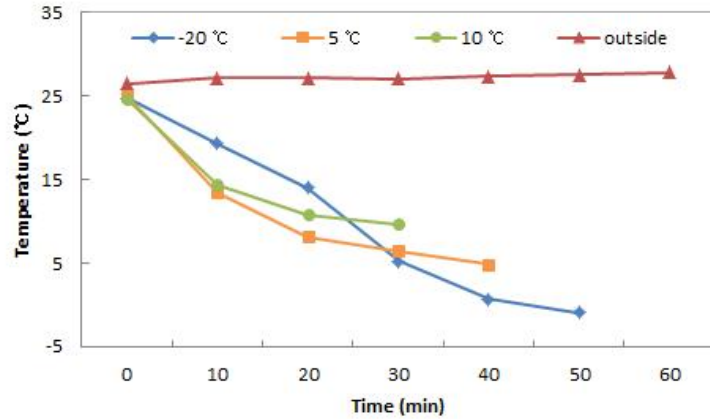


그림 4-41. 잠열재를 적용한 공랭식 저온수배송용기 내부 냉각도 변화

나. 25 L 저온수배송 시스템의 온도유지 실험 결과

(1) 25 L 저온 수배송용기의 온도변화

저온이동식 수배송용기의 냉각도 실험 결과 각 설정 온도 도달 시간은 10°C는 100 min, 5°C는 200 min, 0°C는 240 min으로 측정되었으며, 이때의 온도는 각각 10, 5.2, 0.8°C로 측정되었다. 10°C > 5°C > 0°C 순으로 온도 하강 시간이 측정되었으며, 각 설정 온도 도달 이후 온도는 일정하게 유지되는 것을 확인 할 수 있었다.

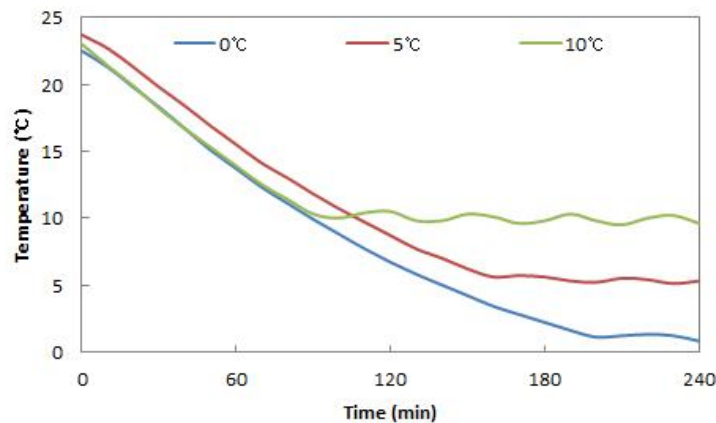
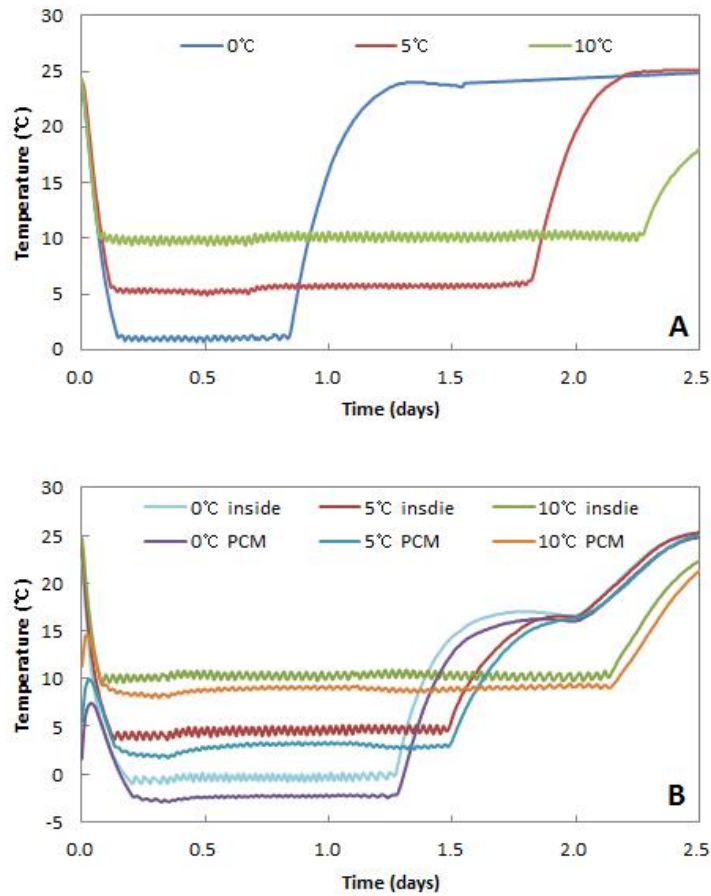


그림 4-42. 저온이동식 수배송용기의 냉각도 실험

(2) 축전지 적용 온도유지 실험

잠열재 없이 축전지를 이용하여 온도유지 실험을 진행한 결과, 내부 온도가 각 설정온도로 하강하는 시간은 10, 5, 0°C 순서대로 100, 200, 240 min이 소요되었으며, 이후 축전지 유지 시간은 0°C 20.4 hr, 5°C 43.0 hr, 10°C 54.5 hr로 측정되었다. 잠열재 적용 시 축전지를 이용하여 온도유지 실험을 진행한 결과, 내부온도가 각 설정온도로 하강하는 시간은 10, 5, 0°C 각각 100, 150, 220 min으로 잠열재 없을 때 보다 0, 5°C의 경우 더 빨리 하강하였다. 이후 축전지 유지 시간은 0, 5, 10°C 각각 30.48, 35.76, 51.36 hr로 측정되었다. 0°C의 경우 잠열재를 적용하였

을 때 축전지의 내부온도 유지시간이 10.10 hr 더 길어졌으나, 5, 10℃는 큰 차이를 나타내지 않았다.



A. 잠열재를 적용하지 않았을 때 온도변화 B. 잠열재를 적용하였을 때 온도변화

그림 4-43. 저온이동식 수배송용기의 축전지 적용 온도유지 실험

다. 50 L 저온 수배송시스템의 온도유지 실험 결과

(1) 수배송용기 온도 유지 실험

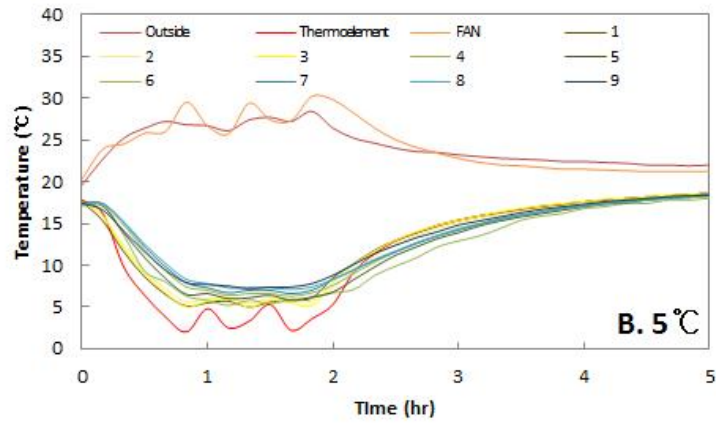
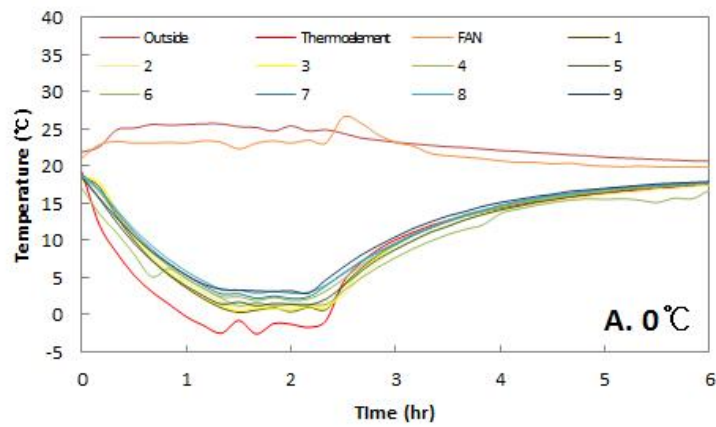
풍속은 온도설정 값과는 무관하게 위치별로 일정하게 측정되었으며, 1~9번 각 위치별 풍속은 1.0, 1.5, 1.0, 0.5, 0.0, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0 m/s로 측정되었다. 하부에는 팬의 영향이 전혀 미치지 않는 것으로 측정되어 공기순환에 어려움이 있을 것으로 판단되었다.

0℃로 온도설정 후 온도변화 측정 결과, 평균 0℃ 도달 시간은 1.5 hr 으로 측정되었으며, 이때의 온도는 1-9번 위치까지 각각 0.5, 1.0, 0.3, 1.2, 1.7, 2.4, 2.8, 3.3, 3.3℃로 측정되었다. 각 위치마다의 온도 편차가 있었고, 특히, 상중하의 온도편차가 3℃까지 일어나는 것으로 측정되었다. 5℃ 온도변화 측정결과, 평균 5℃ 도달 시간은 1.2 hr으로 측정되었으며, 이때의 각 위치별 온도는 5.9, 6.1, 5.7, 5.2, 6.0, 6.4, 6.7, 7.3, 7.5℃로 측정되었다. 10℃ 온도변화 측정결과, 평균 10℃ 도달 시간은 1.0 hr 이며, 각 위치별 온도는 9.6, 9.9, 9.6, 9.2, 10.6, 11.0, 11.4, 11.6, 11.4℃로 측정되었다. 온도 측정 결과, 위치별로 온도 편차가 나타났으며, 특히 1-3, 4-6, 7-9

번의 상·중·하의 온도편차가 3.0℃ 까지 일어나는 것으로 측정되었다. 이는 팬의 성능이 수 배송용기의 용적에 비해 떨어져 공기순환이 원활하게 이루어지지 않아 발생하는 것으로 여겨진다.

표 4-4. 설정온도에 따른 위치별 온도측정

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0℃	0.5	1.0	0.3	1.2	1.7	2.4	2.8	3.3	3.3
5℃	5.9	6.1	5.7	5.2	6.0	6.4	6.7	7.3	7.5
10℃	9.6	9.9	9.6	9.2	10.6	11.0	11.4	11.6	11.4
풍속 (m/s)	1.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0



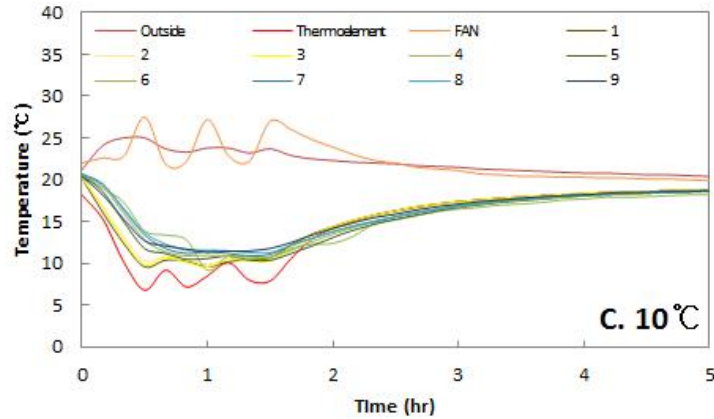


그림 4-44. 수배송용기의 설정온도에 따른 위치별 온도변화

(2) 자체냉각잠열재를 사용한 수배송용기의 온도유지 실험

일반잠열재(C-PCM) 이용한 온도실험 결과, 수배송용기 내부 평균온도가 5°C에 도달하는 시간은 C0, C-5은 1.7 hr, C-10은 1.5 hr가 소요되는 것으로 측정되었다. (주)FMS korea에서 개발한 잠열재(F-PCM)를 이용하여 온도실험을 실시한 결과, 수배송용기 내부 평균온도가 약 5°C에 도달하는 시간은 F0, F-5는 1.5 hr, F-10은 1.3 hr이 소요되는 것으로 측정되었다. 본 연구에서에서 개발한 잠열재(K-PCM)를 이용하여 5°C 도달 시간 및 온도를 측정한 결과, K0, K-5, K-10 모두 평균 5°C 도달 시간이 1.3 hr로 측정되었다.

본 연구에서에서 개발한 잠열재를 제외한 두 잠열재는 설정온도 값이 낮아질수록 5°C 평균 도달시간도 짧아지는 것을 확인하였다. 또한 열전소자, 잠열재의 온도 역시 설정온도 값이 낮을수록 같은 시간에서 더 낮은 온도를 형성하는 것으로 측정되었다. 각 잠열재의 설정온도에 따른 냉각과정 중 중량변화를 측정된 결과는 표 4-5와 같으며, 냉각온도는 중량에 큰 영향을 받지 않는 것으로 측정되었다.

표 4-5. 자체냉각 잠열재를 이용한 온도변화 측정 결과

	5°C 도달 시간 (hr)	5°C 도달 시 온도 (°C)				중량변화 (g)		
		내부	열전소자	잠열재	fan	상온	10°C	5°C
K0	1.3	4.6	3.2	7.8	21.7	658.61	658.61	658.6
K-5	1.3	4.6	-2.6	5.7	22.6	664.73	664.74	664.73
K-10	1.3	4.9	-3.8	5.8	21.3	662.91	662.91	662.92
F0	1.5	4.7	2.3	5.6	25.8	615.51	615.49	615.5
F-5	1.5	4.7	-1.6	3.8	26.7	614.54	614.52	614.53
F-10	1.3	4.8	-1.5	4.9	25.8	619.11	619.11	619.12
C0	1.7	4.9	1.6	5.0	23.5	534.11	534.12	534.11
C-5	1.7	4.9	-2.2	3.3	24.3	539.65	539.66	539.66
C-10	1.5	5.1	-1.7	4.1	22.6	526.5	526.49	526.5

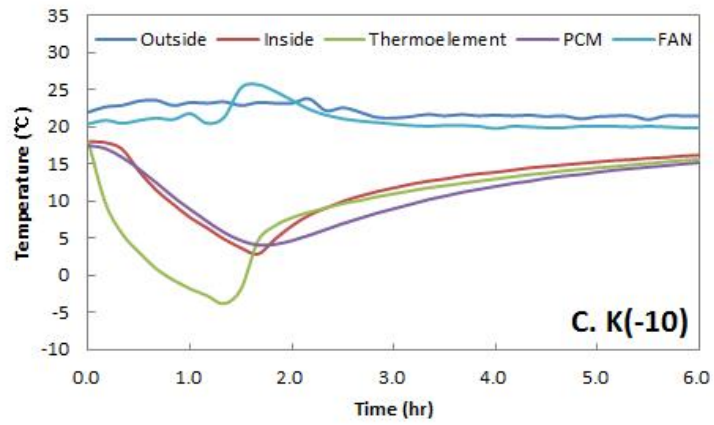
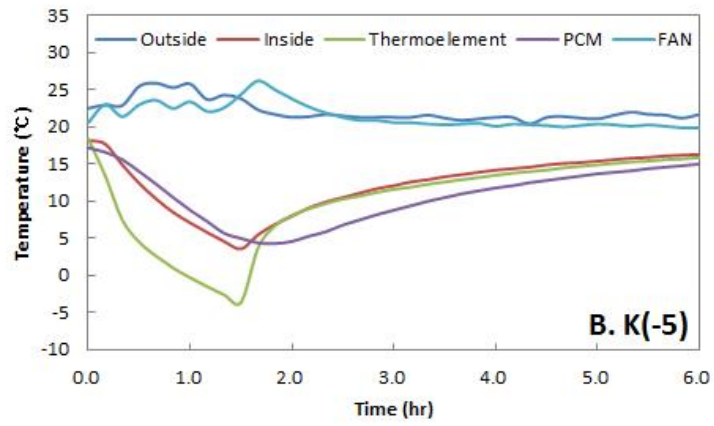
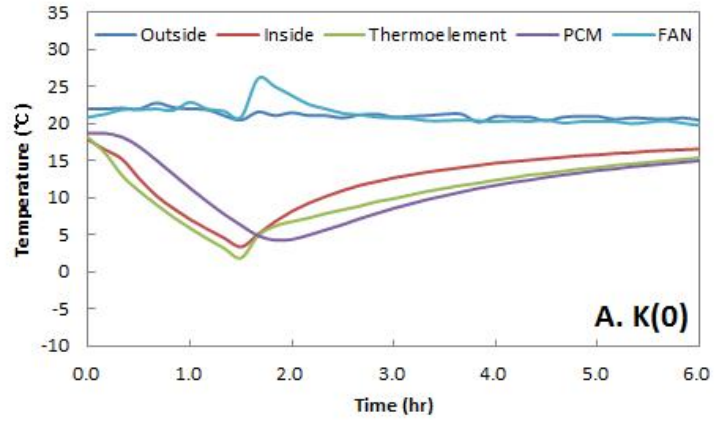


그림 4-45. K-PCM을 적용한 수배송용기의 설정온도에 따른 온도변화

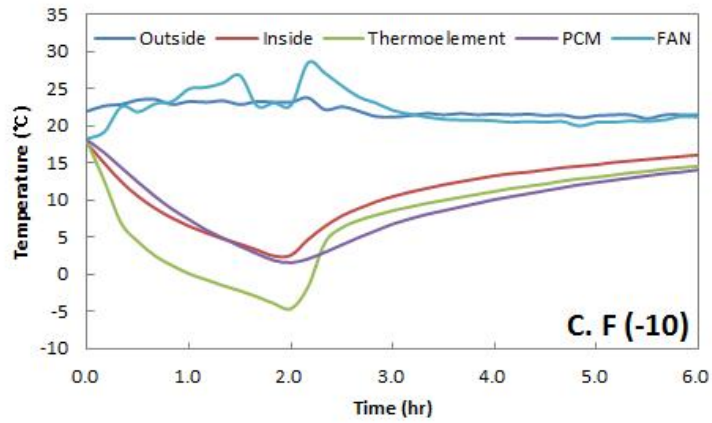
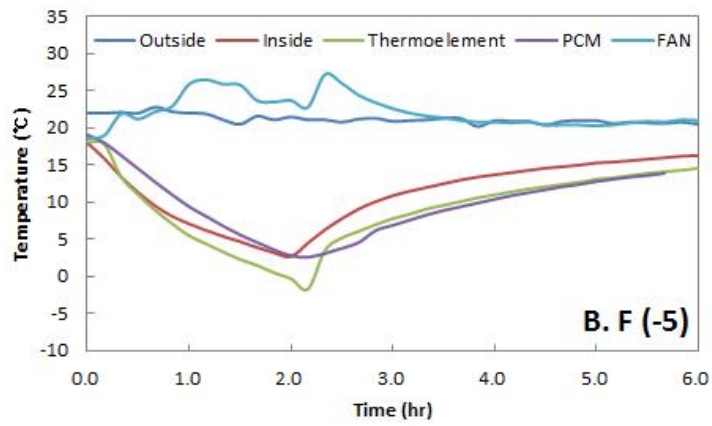
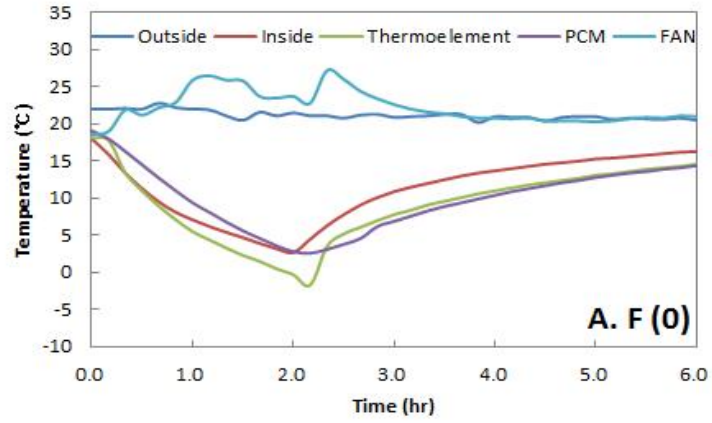


그림 4-46. F-PCM을 적용한 수배송용기의 설정온도에 따른 온도변화

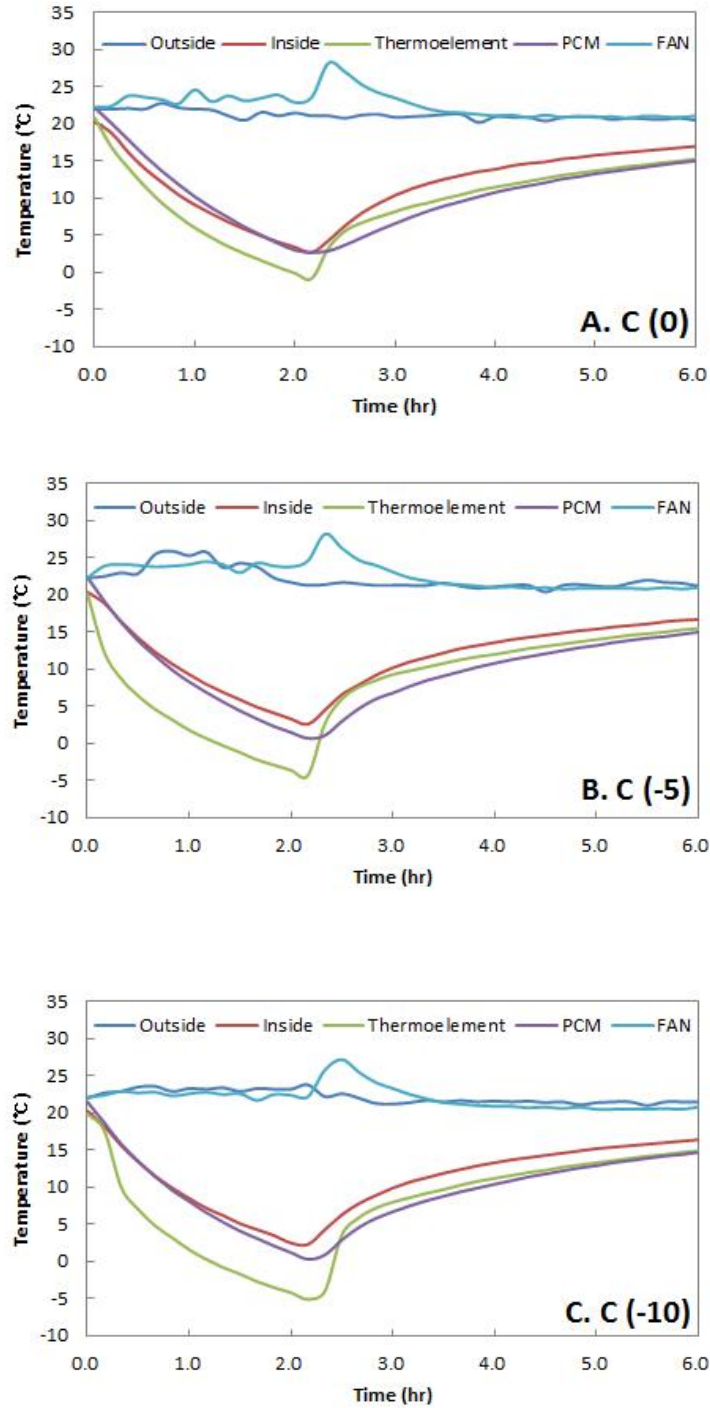


그림 4-47. C-PCM을 적용한 수배송용기의 설정온도에 따른 온도변화

(3) 외부냉각잠열재를 사용한 수배송용기 온도 유지 실험

온도변화를 측정된 결과, K-PCM과 F-PCM을 냉각하여 수배송용기 내부 온도를 하강시켰을 때, 5°C 도달 시간은 두 처리구 모두 1.0 hr이 소요되었고, C-PCM을 사용하였을 때는 1.2 hr이 소요되었다. 5°C로 내부 온도를 설정하였으나 실제 내부 온도는 6.0~6.1°C에 도달한 후 더 이상 온도가 하강하지 않았다.

표 4-6. 외부냉각잠열재를 이용한 수배송용기의 온도변화

	5°C 도달 시간 (hr)	5°C 도달 시 온도 (°C)			
		내부	열전소자	잠열재	fan
K-PCM	1.0	6.0	0.4	5.6	28.2
F-PCM	1.0	6.0	3.1	6.1	23.8
C-PCM	1.2	6.1	4.0	5.1	28.8

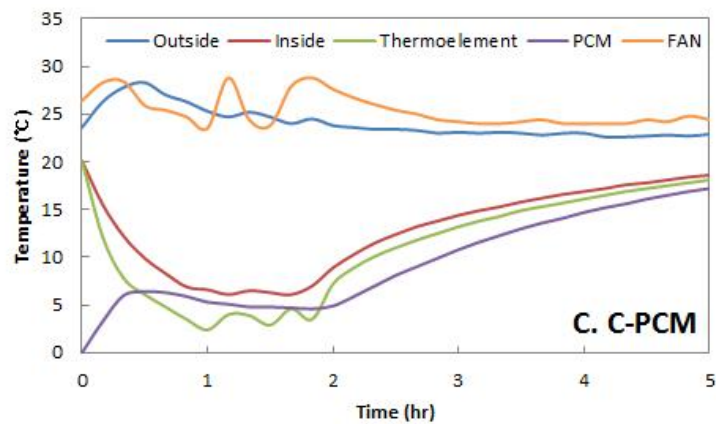
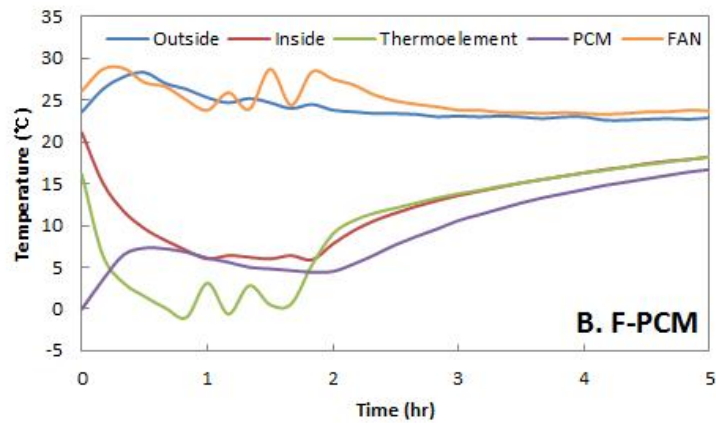
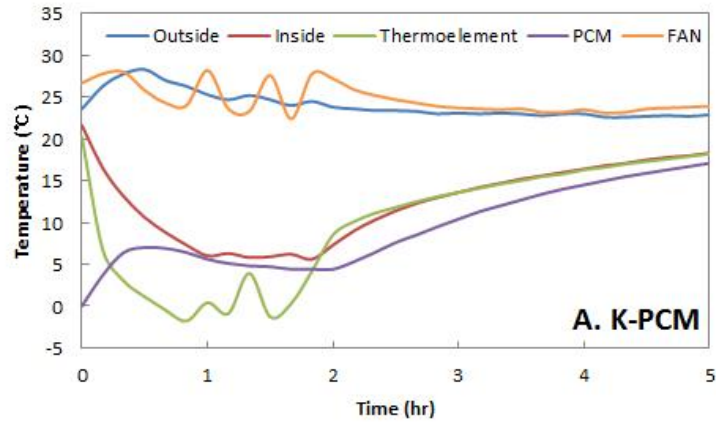


그림 4-48. 냉각 잠열재 종류에 따른 수배송용기의 온도변화

(4) 온도유지 및 경제성 실험

온도측정 결과, 열전소자만을 이용하여 개발 수배송용기 내부의 온도를 유지한 결과(A), 내부 온도는 평균 6.57℃로 측정되었고, 평균온도로 하강하는데 소요되는 시간은 1.5 hr으로 측정되었다. 잠열재와 열전소자를 적용한 개발 수배송용기 내부 온도 측정결과(C), 내부 온도는 평균 6.47℃로 열전소자만을 이용한 내부 온도와 큰 차이를 나타내지 않았으나, 내부 평균온도로 하강하는 시간은 0.7 hr으로 열전소자만을 이용하였을 때 보다 약 2배 빠르게 온도가 하강하는 것을 확인 할 수 있었다. 잠열재만을 이용하여 내부 온도를 측정한 결과(B), 온도측정 1.0 hr 후 13.2℃로 최저 온도를 기록하였으며, 이후 온도는 실온과 유사하게 상승하였다. 잠열재의 온도는 0.5 hr 후 10.5℃를 기록하여 온도가 가파르게 상승하는 것을 확인하였다. 일반 냉장고(D)는 내부 온도 1.60~10.50℃사이의 온도로, 평균 4.80℃를 유지하였다. 경제성 측정 결과 D의 사용전력 및 사용요금은 4321 KWh, 413원으로 측정되었고, A의 사용전력 및 사용요금은 6478 Kwh, 620원, C의 사용전력, 사용요금은 6803 Kwh, 652원으로 측정되어 일반 냉장고의 에너지 효율이 더 높은 것으로 측정되어 최적화된 구조설계 및 시스템 운영이 필요한 것으로 판단되었다.

표 4-7. 온도유지 실험 중 평균온도, 최저·최고 온도 값

		A	B	C	D
평균온도 (℃)	outside	21.89	21.89	21.89	21.89
	inside	6.57	20.74	6.47	4.80
	thermoelement	1.70	-	1.89	-
	PCM	-	22.84	4.21	-
	fan	23.83	-	24.42	-
평균온도 도달시간(hr)		1.5	-	0.7	-
최저온도 (℃)	inside	6.00	13.20	5.80	1.60
	thermoelement	-2.40	-	-0.90	-
	PCM	-	0.50	0.60	-
	fan	20.40	-	20.80	-
최고온도 (℃)	inside	20.20	21.80	17.20	10.50
	thermoelement	16.50	-	16.10	-
	PCM	-	24.10	6.20	-
	fan	29.00	-	29.10	-

표 4-8. 경제성 분석

	사용전력 (Kwh)	사용요금 (원)	예상월간요금 (원)	사용시간
A	6,478	620	6,055	
B	-	-	-	3일 1시간 53분
C	6,803	652	6,359	
D	4,286	420	4,009	

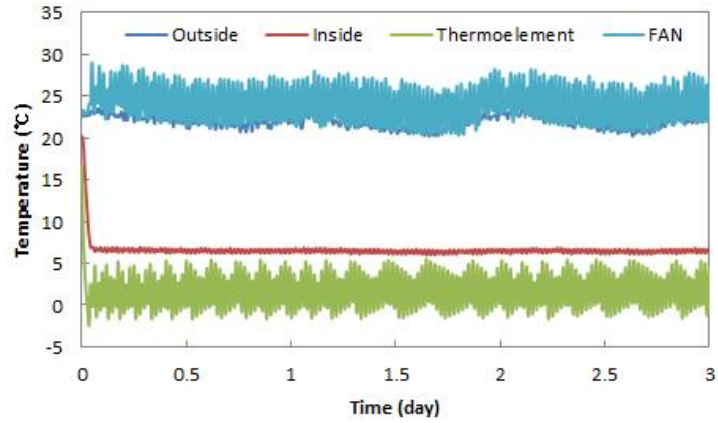


그림 4-49. 열전소자만을 사용한 개발 수배송용기(A)의 온도변화

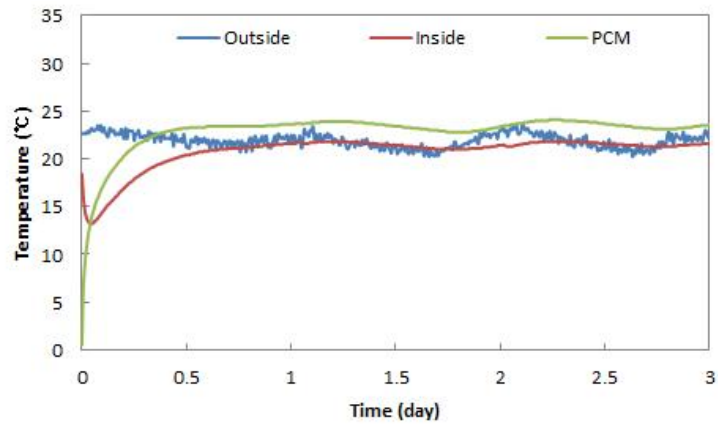


그림 4-50. 잠열재만 이용한 개발 수배송용기(B)의 온도변화

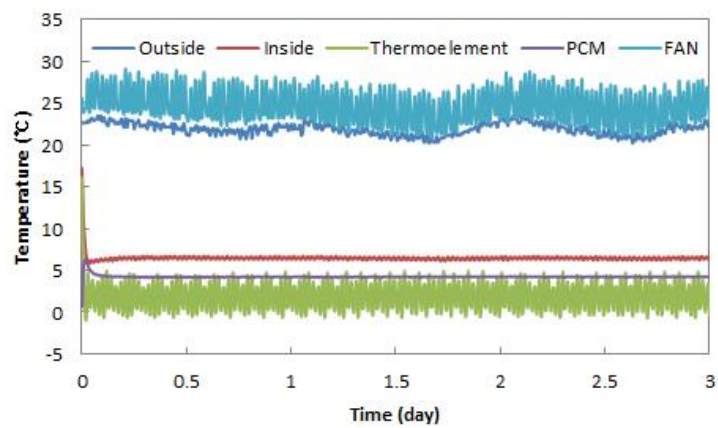


그림 4-51. 열전소자와 잠열재를 사용한 개발 수배송용기(C)의 온도변화

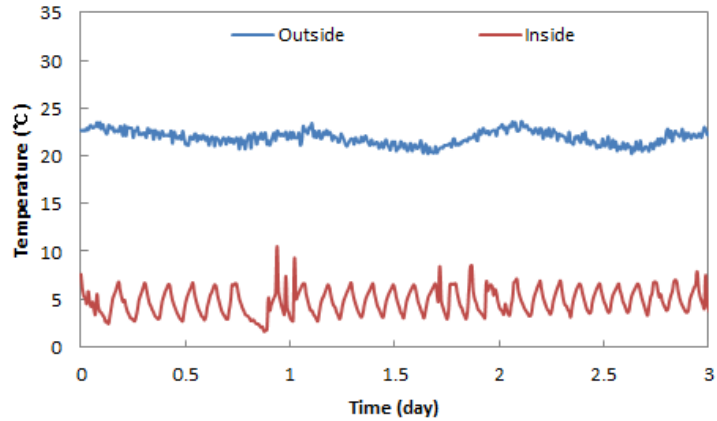


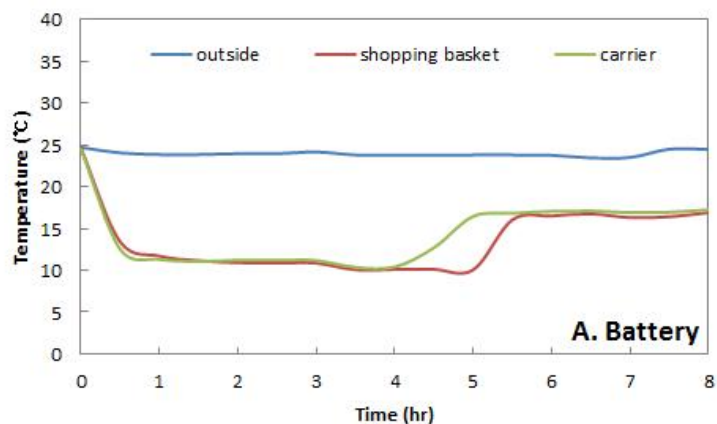
그림 4-52. 일반 냉장고(D)의 온도변화

라. 이동형 저온수배송 시스템의 온도유지 실험방법

(1) 이동형 저온수배송시스템의 온도 유지 실험

이동형 저온수배송시스템의 온도유지 실험 중 축전지만을 이용한 온도 측정 결과, 외부 평균온도는 23.9°C 이었으며, 측정 30분 후 장바구니 13.4°C, 캐리어 12.5°C로 측정되었다. 최저온도는 장바구니 10.1°C, 캐리어 10.4°C이었으며, 축전지 유지 시간은 장바구니 5.0 hr, 캐리어 4.5 hr 으로 측정되었다. 샘플 없이 축전지만으로 내부온도를 유지하는데 있어서 장바구니가 0.5 hr 더 길게 유지하는 것을 확인 할 수 있었고 두 수배송장치 모두 약 10°C 까지 온도가 낮아지는 것으로 확인되었다.

전원을 연결하여 72 hr 동안 저온수배송 시스템의 온도 측정결과, 외부 평균 온도는 30.24°C, 장바구니 16.54°C, 캐리어 15.18°C로 측정되었다. 최저온도는 외부 25.6°C, 장바구니 10.9°C, 캐리어 11.8°C 이었으며, 최고온도는 외부 32.8°C, 장바구니 19.2°C, 캐리어 17.8°C로 측정되었다. 장바구니 및 캐리어 저온수배송시스템은 외부온도에 의해 내부온도가 많은 영향을 받으며, 외부온도와 저온수배송시스템간의 온도차는 약 15°C로 확인되었다.



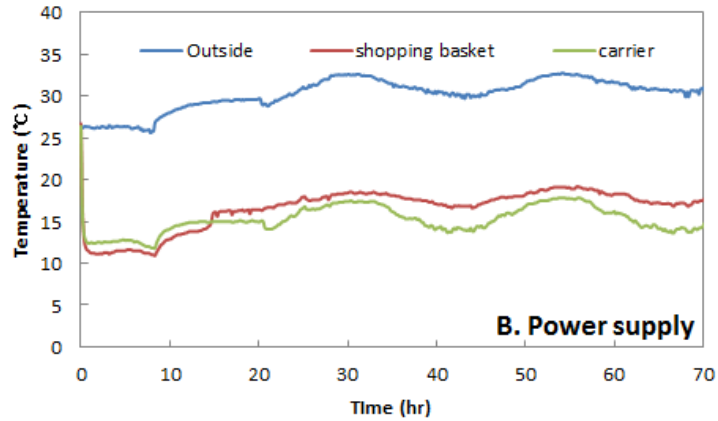


그림 4-53. 이동형 저온수배송용기의 온도변화

(2) 자체냉각잠열재를 사용한 이동형 저온수배송 시스템 온도 유지 실험

자체냉각 잠열재를 사용한 저온수배송시스템의 온도 측정결과, 외부 온도의 평균온도는 24.7°C였고, 최저온도는 외부 23.7°C, 장바구니 10.8°C, 장바구니 열전소자 9.2°C, 장바구니 잠열재 11.7°C, 캐리어 12.4°C, 캐리어 열전소자 10.1°C, 캐리어 잠열재 13.3°C로 측정되었다. 장바구니는 약 15°C 까지 온도가 낮아지는데 소요되는 시간이 0.8 hr, 캐리어는 0.3 hr 소요되었으며, 온도유지시간은 장바구니 5.0 hr, 캐리어 4.5 hr으로 측정되었다.

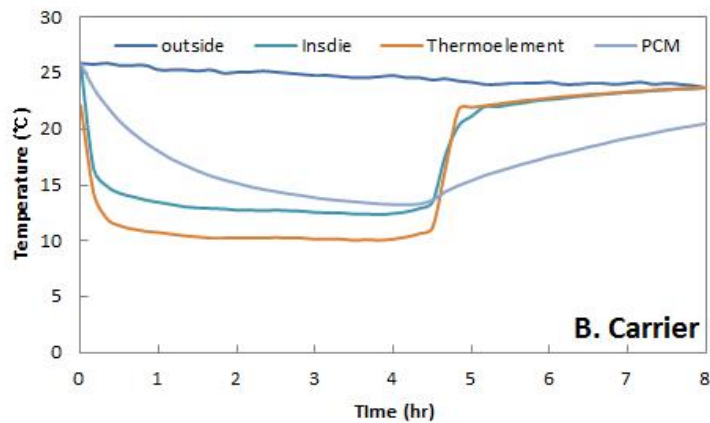
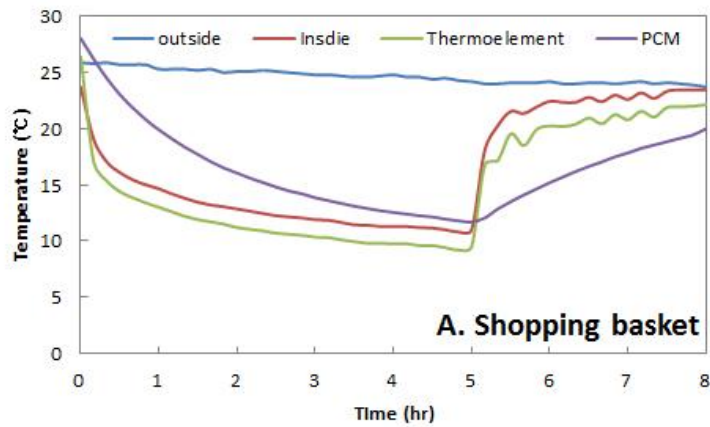


그림 4-54. 자체냉각 잠열재를 이용한 이동형 저온수배송시스템의 온도변화

(3) 외부냉각 잠열재를 사용한 이동형 저온수배송 시스템의 온도 유지 실험

외부냉각 잠열재를 사용한 저온수배송 시스템의 온도변화 측정결과, 외부의 평균온도는 27.4°C이었으며, 최저온도는 장바구니 2.2°C, 장바구니 열전소자 -0.9°C, 장바구니 잠열재 -13.2°C, 캐리어 5.3°C, 캐리어 열전소자 5.7°C, 캐리어 잠열재 -16.1°C로 측정되었고, 최저온도 도달시간은 두 수배송시스템 모두 0.3 hr이 소요되었다. 장바구니 수배송장치의 경우 자체냉각 잠열재를 사용하였을 때 보다 내부온도가 낮아지는데 소요되는 시간이 0.5 hr 빨라졌으며, 최저온도가 자체냉각잠열재를 사용하였을 때 보다 7~8°C 가량 더 낮아진 것으로 확인되었다. 캐리어는 내부온도 유지시간은 장바구니 5.2 hr, 캐리어 4.8 hr로 측정되었으며, 자체냉각잠열재를 사용하였을 때 보다 0.2~0.3 hr 온도유지 시간이 증가한 것으로 확인되어 자체냉각잠열재보다 외부냉각잠열재를 사용하는 것이 더 효과적인 것으로 나타났다.

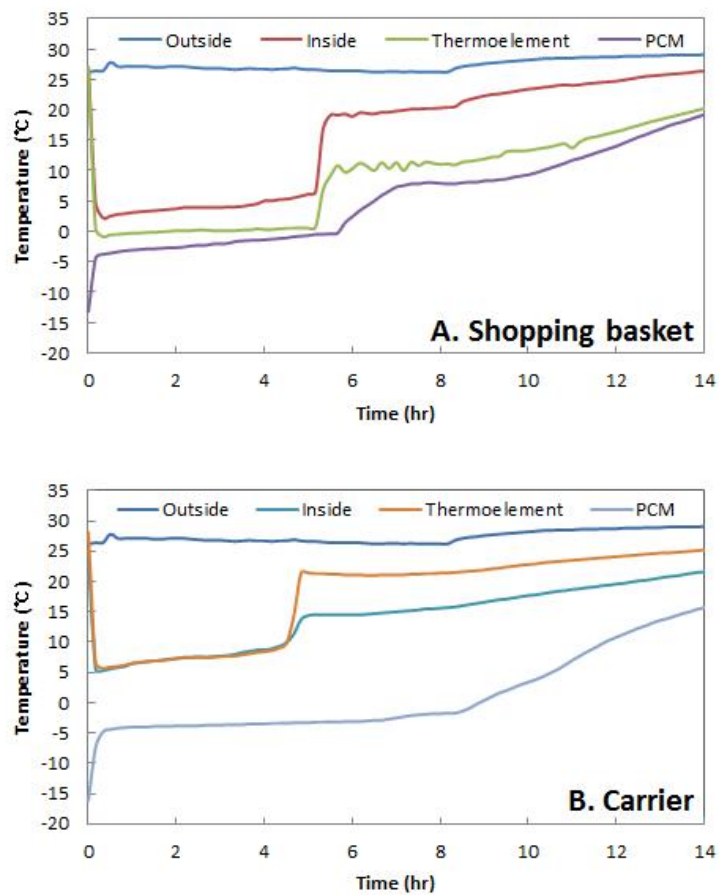


그림 4-55. 외부냉각잠열재를 이용한 이동형 저온수배송시스템의 온도변화

제 5 절 신선식품 유통시스템에서의 미생물 성장 특성 조사에 의한 집중 관리위해요소 도출

1. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

서울 지역에 소재하고 있는 마트 및 대형할인점에서 운영되고 있는 식육판매점을 방문하여 진열보관 중인 쇠고기에 대하여 100g 이상 채취하였다. 각 시료는 5일 동안 저장 후 시료를 채취하여 분석하였다.

나. 일반세균, 대장균군, 대장균 수 측정

시료 10g을 스토마커백에 취한 후 90ml의 0.85% saline(Sigma, USA)을 가하여 균질화한 다음 십진 희석하여 검액 1mL을 PetrifilmTMaerobic count plate(PAC), PetrifilmTMcoliform count plate(PCC), PetrifilmTM*E. coli*/coli form count plate(PEC)(3M, St. Paul, USA)에 분주하여 35°C에서 24~48시간 배양한 후 생성된 붉은 집락수를 계수하고, 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 균수를 측정하였다.

다. *E. coli* O157:H7 확인 및 동정

Novobiocin(Sigma, USA)을 첨가한 mTSB(Oxoid, England)를 시료의 10배 부피로 가하여 37°C에서 24시간 증균하였다. 이 증균액을 TC-SMAC(Oxoid, England) 배지에 접종하여 37°C에서 24시간 배양한 뒤 sorbitol을 분해하지 않은 무색집락을 취해 TBX agar(Oxoid, England)에 도말하여 청록색을 나타내는 집락을 PCR로 확인시험 하였다.

-PCR 프라이머 염기서열

유전자		결과확인
VT1	(F) CTG GAT TTA ATG TCG CAT AGT G (R) AGA ACG CCC ACT GAG ATC ATC	150bp
VT2	(F) ATC CTA TTC CCG GGA GTT TAC G (R) GCG TAT CGT ATA CAC AGG AGG	584bp

라. *Bacillus cereus*(*B.cereus*)확인 및 동정

시료 10g을 취하여 0.85% saline(Sigma, USA)을 가하고 2분간 고속으로 균질화 한 뒤 십진 희석하여 단계별 희석액을 MYP agar(Oxoid, England) 3장에 총 접종액이 1mL이 되도록 도말하였다. 30°C에서 24시간 배양한 후, 집락 주변에 lecithinase 양성으로 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 계수하고, 집락 수에 희석배수를 곱하여 균수를 측정하였다.

-PCR 프라이머 염기서열

유전자		결과확인
cytK	(F) TGC TAG TAG TGC TGT AAC TC (R) CGT TGT TTC CAA CCC AGT	881bp

마. *Staphylococcus aureus*(*S.aureus*)확인 및 동정

시료 10g을 취하여 0.85% saline(Sigma, USA)을 가하고 2분간 고속으로 균질화 한 뒤 십진 희석하여 단계별 희석액을 Baird-Parker(Oxoid, England) 3장에 총 접종액이 1mL이 되도록 도말하였다. 37°C에서 48시간 배양한 후, 투명한 띠로 둘러싸인 광택의 검정색 집락을 계수하고, 집락 수에 희석배수를 곱하여 균수를 측정하였다.

-PCR 프라이머 염기서열

유전자		결과확인
SEA	(F) CCT TTG GAA ACG GTT AAA ACG (R) TCT GAA CCT TCC CAT CAA AAA C	127bp
SEB	(F) TCG CAT CAA ACT GAC AAA CG (R) GCA GGT ACT CTA TAA GTG CCT GC	477bp

바. *Salmonella* spp. 확인 및 동정

시료 10g을 취하여 90mL의 peptone water(Oxoid, England)을 가하고 37°C에서 24시간 증균 배양 한 뒤 배양액 0.1m를 10m의 Rappaport-Vassiliadis배지(Oxoid, England)에 접종하여 42°C에서 24시간 배양한다. 증균배양액을 MacConkey agar(Oxoid, England)와 XLD agar(Oxoid, England)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양한 후, MacConkey배지에서는 회백색 집락을, XLD에서는 중앙에 흑색의 집락을 형성하는 빨간색의 집락을 취하여 PCR로 확인시험 하였다.

-PCR 프라이머 염기서열

유전자		결과확인
invA	(F) ACA GTG CTC GTT TAC GAC CTG AAT (R) AGA CGA CTG GTA CTG ATC GAT AAT	243bp

사. *Listeria monocytogenes*(*L.monocytogenes*)확인 및 동정

시료 10g을 취하여 UVM-modified *Listeria*Enrichmentbroth(Oxoid, England)를 90mL 가하고 30°C에서 24시간 1차 배양한 후 배양액 0.1mL를 취하여 Fraser *Listeria* broth(Oxoid, England) 10mL에 접종한 뒤 37°C에서 24시간 2차 증균을 실시한다. 증균 배양액을 멸균된 면봉을 이용하여 Oxford agar(Oxoid, England)에 접종하여 30°C에서 24~48시간 배양한 뒤 의심 집락(colony 주변에 검은 구역 형성)을 PCR로 확인시험 하였다.

-PCR 프라이머 염기서열

유전자		결과확인
hlyA	(F) GCA GTT GCA AGC GCT TGG AGT GAA (R) GCA ACG TAT CCT CCA GAG TGA TCG	456bp

아. Predictive modelling 소고기 처리

본 실험의 재료인 쇠고기는 서울에 위치한 G 마트에서 구입하였으며, 쇠고기 (약 1 cm × 1 cm × 0.5cm) 10g을 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 소분하여 사용하였다. 준비된 시료는 2차 오염을 방지하기 위해 clean bench 내에서 취급하였다.

자. Predictive modelling 두부 처리

실험에 사용된 두부는 시판 두부 중 모니터링 결과를 바탕으로 비교적 미생물이 검출되지 않은 두부를 선정하였다. 선정된 두부는 멸균 조건에서 일정한 크기(약 15×15×40 mm)로 절단하여 멸균 샘플백 (Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 충전수와 함께 넣고, 동정된 두부 부패 우점균을 각각 전배양 한 후, 두부에서의 부패집락 비율과 유사하도록 균주 A와 균주 B를 2:1로 혼합하여 초기균수가 2 log CFU/g 수준이 되도록 접종하고 밀봉한 다음 10, 15, 20, 25, 30°C에서 각각 배양하였다. 각 조건별로 배양된 두부는 일정 시간마다 멸균 샘플백에 한 조각씩 소분하고 멸균생리식염수로 10배 희석하여 Smasher를 이용해 2분간 균질화 하였다. 균질화된 시험용액을 평판배지법에 의해 단계적으로 희석하여 Tryptone soya agar(Oxoid)에 100 μ L씩 분주하고 도말한 다음 37°C에서 24시간 배양 후 인위적으로 접종한 균의 모양과 같은 집락의 colony를 계수하였다.

차. 소고기 균의 성장 측정

Monitoring 실험 결과를 바탕으로 쇠고기의 일반세균 초기 균수를 $10^4 \sim 10^5$ cfu/g로 예측하였다. 쇠고기의 가공 및 유통 가능 온도를 고려하여 5, 10, 15, 20, 25°C에서 보관하였고, 저장기간은 시간에 따른 온도별 균의 성장속도를 고려하여 각 시간대별로 시료를 채취하여 분석하였다. 각 조건 별로 배양된 쇠고기가 담긴 멸균곽에 0.85% saline으로 10배 희석하여 stomacher를 이용하여 2분간 균질화 하였다. 0.85% saline으로 균질화된 시험용액을 십진 희석한 후 각 단계별 희석액 1mL을 취하여 PetrifilmTM aerobic count plate(PAC)에 분주 한 다음 35°C에서 24~48시간 배양한 후 생성된 붉은 집락수를 계수하였다.

카. 두부균의 성장 측정

두부로부터 부패균을 분리하기 위해 포장된 시판 두부를 구입하여 37°C에서 48시간 배양하였다. 부패된 두부 25 g에 멸균생리식염수 225 mL을 첨가하여 Smasher를 이용해 2분간 균질화한 후 단계적으로 희석하고 Tryptone soya agar(Oxoid)에 도말하여 37°C에서 24시간 배양함으로써 두부의 부패균을 분리하였다. 한 평판에 30-300개의 colony가 형성된 것을 선별하여 colony 특징별로 계수하였고, 점유율이 높은 두 집락을 streak method으로 재분리하여 단일 colony를 얻었다. 평판배지에 분리한 두부 부패균을 Tryptone soya broth(Oxoid) 액체배지에 접종하여 37°C에서 24시간 배양시킨 후, 본 실험에 사용하였다. 분리균주의 동정은 27F primer를 사용하여 16S rRNA 유전자 증폭을 한 후 얻어진 염기서열을 토대로 blast search 하였다.

타. 성장예측 모델의 적용

미생물 성장은 sigmoidal curve의 형태를 나타내며, 미생물 성장을 예측하기 위하여 1차 모델로 사용될 수 있는 수학적 모델인 modified-Gompertz (식 1)(Zwietering 등. 1990), Baranyi (식 2)(Baranyi 등. 1994), Logistic 모델 (식 3)(Zwietering 등. 1990)에 fitting하여 각각의 배양 온도에 따른 균의 생육 증식 변수인 lag time (λ , h) 및 specific growth rate (μ , log CFU/mL/h)를 산출하였다.

Modified-Gompertz model에서 산출된 lag time과 specific growth rate를 통해 2차 모델을 개발하여 온도 영향에 따른 lag time과 specific growth rate를 예측하였다.

2. 연구결과

가. 소고기 및 두부의 위해요소 분석

신선식품의 수송배송과정 중 품질유지를 위한 저 에너지 유통공정과 냉동기 없는 시스템 개발 과제와 관련하여 신선식품 수·배송 중 위해요소를 분석하고 저감화 공정기술을 개발하고자 하였다. 특히 신선편이 유통시스템에서의 미생물 성장 특성 조사에 의한 집중 관리위해요소를 도출하고자 하였다. 대상식품으로는 주관연구기관과의 협의를 거쳐 소고기와 두부로 하였다.

(1) 소고기의 수거 및 식중독세균 분석

- 시판되는 소고기를 100점 수거하여 식중독세균 분리 실험을 실시하였으며 그 결과를 표 5-1에 나타내었음.
- 대장균은 19개의 시료에서 추정균주가 검출되었으며 대장균은 84개의 시료에서 검출되었음.
- *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*와 *Salmonella spp.*는 검출되지 않았지만 특이하게도 *Listeria monocytogenes*가 26개의 시료에서 검출되었음.
- *Listeria monocytogenes*가 검출된 시료는 특이하게도 단일매장에서 매우 높은 비율로 검출되는 것으로 보아 단일매장에서의 위생관리에 문제가 있거나 매장에 입고되는 원료가 오염된 것으로 생각되었음.
- 소고기에 대한 모니터링이 정확한 수의 일반세균수와 식중독균을 측정하는 것이 목적이라 시료 운반 중 시료의 변질 가능성 및 미생물성장 가능성을 고려하여 분석연구실 근방에서 수거한 시료가 많았으며 또한 수거한 다수의 시료에서 *Listeria monocytogenes*가 검출되었지만 일반적인 상황은 아니라고 생각되었음.
- 우리나라 전체 지역에서 수거한 소고기에 대한 정확한 모니터링이 필요하기도 하겠지만 이번 분석 결과는 단일 매장의 위생관리와 원료에 대한 위생관리가 매우 중요함을 알 수 있었음.

표 5-1. 실험에 사용된 소고기의 수거 현황

	시료	구입처		시료	구입처
1	한우목심 국거리	불광 NC백화점	51	호주산 냉장 치마살	이마트 미아점
2	한우채끝(1등급)	불광 NC백화점	52	횡성 한우 등심 2등급	이마트 미아점
3	한우등심 국거리(1+)	불광 NC백화점	53	호주 냉장 척아이롤	이마트 미아점
4	한우사태 국거리	불광 NC백화점	54	횡성 한우 설도 2등급	이마트 미아점
5	한우설도 국거리	불광 NC백화점	55	달링다운와규(호주산)	이마트 미아점
6	한우설도 국거리	불광 NC백화점	56	브랜드한우 토시살	이마트 미아점
7	한우양지 국거리	불광 NC백화점	57	브랜드한우(업진살)	이마트 미아점
8	한우등심(2등급)	불광 NC백화점	58	호주산냉장 부채살	이마트 미아점
9	한우양지(1등급)	불광 NC백화점	59	한우냉장(1등급)	이마트 미아점
10	한우앞다리(장조림용)	GS수퍼 종로평창점	60	한우 설도	이마트 하월곡점
11	한우사태 국거리용	GS수퍼 종로평창점	61	한우 양지	이마트 하월곡점
12	한우앞다리 카레용	GS수퍼 종로평창점	62	한우 등심 1+등급	이마트 하월곡점
13	한우양지 국거리용	GS수퍼 종로평창점	63	한우 등심 1등급	이마트 하월곡점
14	한우양지 업진살구이	GS수퍼 종로평창점	64	천하일품 한우(1+)	이마트 하월곡점
15	한우양지 국거리용	GS수퍼 종로평창점	65	한우 냉장 갈비살	이마트 하월곡점
16	한우채끝 로스(1등급)	불광 NC백화점	66	천하일품 한우 안심	이마트 하월곡점
17	한우 설도 불고기	불광 NC백화점	67	천하일품 한우 치마살	이마트 하월곡점
18	한우 목심 국거리	불광 NC백화점	68	천하일품 한우 사태	이마트 하월곡점
19	한우 양지 국거리	불광 NC백화점	69	천하일품 한우 우둔	이마트 하월곡점
20	척아이롤(호주산)	불광 NC백화점	70	달링다운와규(호주산)	이마트 하월곡점
21	부채살 로스용(호주산)	불광 NC백화점	71	호주냉장 안심	이마트 하월곡점
22	와규 꽃갈비살(호주산)	불광 NC백화점	72	달링다운와규(치마살)	이마트 하월곡점
23	양지 국거리(호주산)	불광 NC백화점	73	호주산 냉장 갈비살	이마트 하월곡점
24	한우사태 국거리	불광 NC백화점	74	호주산 냉장 안창살	이마트 하월곡점
25	홍두깨살(호주산)	불광 NC백화점	75	달링다운와규(호주산)	이마트 하월곡점
26	한우부채살 로스	불광 NC백화점	76	달링다운와규(치마살)	이마트 하월곡점
27	늑간살(호주산)	불광 NC백화점	77	호주산 냉장 척아이롤	이마트 하월곡점
28	와규 살치살(호주산)	불광 NC백화점	78	한우 카레용	이마트 하월곡점
29	와규 치마살(호주산)	불광 NC백화점	79	한우 양지	이마트 하월곡점
30	농협 안심한우 잡채용	홈플러스 익스평창점	80	한우 국거리	이마트 하월곡점
31	농협 안심한우(양지)	홈플러스 익스평창점	81	으뜸한우양지용(1등급)	홈플러스 월곡점
32	농협안심한우국거리용	홈플러스 익스평창점	82	으뜸한우국거리용(1+)	홈플러스 월곡점
33	한우안심 1+등급	GS수퍼 종로평창점	83	안심한우(1등급)	홈플러스 월곡점
34	한우양지 1등급	GS수퍼 종로평창점	84	으뜸선한우(1+)	홈플러스 월곡점
35	한우등심 1등급	GS수퍼 종로평창점	85	블랙앵거스(호주)	홈플러스 월곡점
36	호주 소척아이롤	GS수퍼 종로평창점	86	블랙앵거스(호주)	홈플러스 월곡점
37	한우등심 1등급 구이용	GS수퍼 종로평창점	87	블랙앵거스양지(호주)	홈플러스 월곡점
38	한우우둔 1등급	GS수퍼 종로평창점	88	홈플러스 냉장갈비살	홈플러스 월곡점
39	호주산 냉장 부채살	GS수퍼 종로평창점	89	홈플러스 냉장 부채살	홈플러스 월곡점
40	한우사태 1등급	GS수퍼 종로평창점	90	블랙앵거스(호주)	홈플러스 월곡점
41	미국산 냉장 살치살	이마트 미아점	91	블랙앵거스(호주)용	홈플러스 월곡점
42	한우 제비추리 구이용	이마트 미아점	92	스터링실버(미국)	홈플러스 월곡점
43	한우 양지 미절단	이마트 미아점	93	으뜸선한우(1+)	홈플러스 월곡점
44	브랜드 한우 치마살	이마트 미아점	94	안심한우 안심(2등급)	홈플러스 월곡점
45	브랜드 설도(삼각살)	이마트 미아점	95	안심한우(1등급)	홈플러스 월곡점
46	달링다운와규 (호주산)	이마트 미아점	96	안심한우용(1등급)	홈플러스 월곡점
47	호주산 냉장 홍두깨살	이마트 미아점	97	안심한우(앞다리혼합)	홈플러스 월곡점
48	달링다운와규(호주산)	이마트 미아점	98	국거리용(호주)	홈플러스 월곡점
49	횡성 한우 사태 1등급	이마트 미아점	99	국거리용 농협안심한우	홈플러스 월곡점
50	달링다운와규(호주산)	이마트 미아점	100	국거리용 농협안심한우	홈플러스 월곡점

표5-2. 시판되는 소고기의 식중독세균 분석

	대장균(/g)	대장균군(/g)	<i>Bacillus cereus</i>	Staphylococcus Aureus	Salmonola spp.	<i>Listeria monocytogenes</i>	pathogenic <i>E. coli</i>
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	1	23	ND	ND	ND	+	ND
3	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
4	2	20	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	5	ND	ND	ND	+	ND
6	4	9	ND	ND	ND	ND	ND
7	5	250	ND	ND	ND	+	ND
8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9	2	40	ND	ND	ND	+	ND
10	ND	5	ND	ND	ND	+	ND
11	1	15	ND	ND	ND	+	ND
12	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND
13	2	820	ND	ND	ND	+	ND
14	ND	28	ND	ND	ND	+	ND
15	ND	5	ND	ND	ND	+	ND
16	ND	1	ND	ND	ND	+	ND
17	ND	4	ND	ND	ND	ND	ND
18	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND
19	12	29	ND	ND	ND	+	ND
20	3	70	ND	ND	ND	ND	ND
21	ND	105	ND	ND	ND	ND	ND
22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24	1	17	ND	ND	ND	+	ND
25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
26	1	800	ND	ND	ND	ND	ND
27	ND	2400	ND	ND	ND	+	ND
28	ND	111	ND	ND	ND	+	ND
29	ND	140	ND	ND	ND	ND	ND
30	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND
31	ND	9	ND	ND	ND	+	ND
32	ND	20	ND	ND	ND	+	ND
33	ND	68	ND	ND	ND	+	ND
34	ND	53	ND	ND	ND	+	ND
35	ND	23	ND	ND	ND	+	ND
36	ND	7	ND	ND	ND	+	ND
37	ND	19	ND	ND	ND	+	ND
38	ND	360	ND	ND	ND	+	ND
39	ND	63	ND	ND	ND	ND	ND
40	ND	10	ND	ND	ND	ND	ND
41	ND	2800	ND	ND	ND	ND	ND
42	ND	2600	ND	ND	ND	ND	ND
43	ND	110	ND	ND	ND	ND	ND
44	ND	300	ND	ND	ND	ND	ND
45	ND	20	ND	ND	ND	ND	ND
46	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
47	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND
48	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
49	ND	275	ND	ND	ND	ND	ND
50	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
51	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
52	ND	700	ND	ND	ND	ND	ND
53	ND	140	ND	ND	ND	ND	ND

54	ND	14	ND	ND	ND	ND	ND
55	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND
56	ND	110	ND	ND	ND	ND	ND
57	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
58	ND	23	ND	ND	ND	ND	ND
59	ND	110	ND	ND	ND	ND	ND
60	ND	110	ND	ND	ND	ND	ND
61	ND	2000	ND	ND	ND	ND	ND
62	ND	10	ND	ND	ND	ND	ND
63	ND	1600	ND	ND	ND	ND	ND
64	ND	800	ND	ND	ND	ND	ND
65	ND	800	ND	ND	ND	ND	ND
66	ND	1600	ND	ND	ND	ND	ND
67	ND	500	ND	ND	ND	ND	ND
68	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
69	ND	2200	ND	ND	ND	ND	ND
70	ND	9	ND	ND	ND	+	ND
71	ND	32	ND	ND	ND	ND	ND
72	ND	105	ND	ND	ND	ND	ND
73	ND	32	ND	ND	ND	ND	ND
74	ND	71300	ND	ND	ND	ND	ND
75	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND
76	ND	12	ND	ND	ND	ND	ND
77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
78	ND	150	ND	ND	ND	ND	ND
79	3	11	ND	ND	ND	ND	ND
80	3	700	ND	ND	ND	+	ND
81	ND	10	ND	ND	ND	ND	ND
82	1	22	ND	ND	ND	+	ND
83	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND
85	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
86	ND	30	ND	ND	ND	ND	ND
87	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
88	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND
89	ND	10	ND	ND	ND	ND	ND
90	ND	84	ND	ND	ND	ND	ND
91	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
92	ND	1340	ND	ND	ND	ND	ND
93	2	10	ND	ND	ND	ND	ND
94	100	100	ND	ND	ND	ND	ND
95	ND	20	ND	ND	ND	ND	ND
96	ND	4	ND	ND	ND	ND	ND
97	5	5	ND	ND	ND	+	ND
98	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
99	1	16	ND	ND	ND	ND	ND
100	ND	36	ND	ND	ND	ND	ND

(2) 소고기의 저장중 일반세균수 및 식중독세균의 변화

- 시판되는 소고기를 수거하여 10℃에서 120 시간 저장하면서 일반세균수의 변화와 식중독균의 변화를 측정하였음(표 5-3).
- 초기일반세균은 10²~10³ cfu/g에 속하는 시료가 5점, 10³~10⁴ cfu/g에 속하는 시료가 26점, 10⁴ ~10⁵ cfu/g에 속하는 시료가 33점, 10⁵~10⁶ cfu/g에 속하는 시료가 32점이었으며 10⁶~10⁷ cfu/g에 속하는 시료도 4점이었음.
- 저장후 10⁵~10⁶ cfu/g에 속하는 시료가 3점, 10⁶~10⁷ cfu/g에 속하는 시료가 17점, 10⁷~10⁸ cfu/g에

속하는 시료가 41점 이었으며 $10^8 \sim 10^9$ cfu/g에 속하는 소고기가 39점으로 측정되었음.

- 초기에 비하여 10^3 수준 이상으로 일반세균수가 증가하는 양상을 나타내었음.

표 5-3. 소고기에 대한 일반세균수 분석 결과

	Microbial population range (cfu/g)						
	102-103	103-104	104-105	105-106	106-107	107-108	108-109
Initial	5	26	33	32	4		
After				3	17	41	39

- 일반세균수의 변화와 더불어 식중독균의 변화를 측정하여 표 5-4에 나타내었음. 대장균 및 대장균군수는 초기에 비하여 감소하는 경향을 나타내었으며 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*와 장출혈성대장균은 저장후에도 분리되지 않았음.
- *Listeria monocytogenes*는 초기에는 26개의 시료에서 검출되었으나 저장후에는 14개의 시료에서 검출되어 균수가 감소하였음을 알 수 있었음.
- 이는 저장기간 중 부패현상이 진행되어 식중독균 보다 성장속도가 높은 부패균이 성장하여 일반 식중독균이 diluted out 되는 현상에 의한 것으로 생각되었음(표 5-4, 5-5)

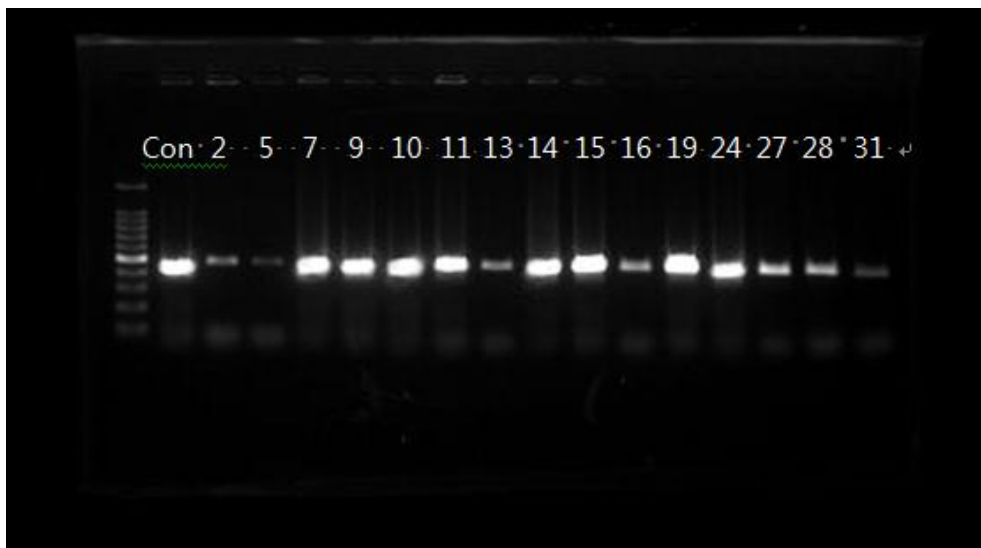


그림 5-1. hly A gene에 의한 *Listeria monocytogenes* confirmation (before storage)

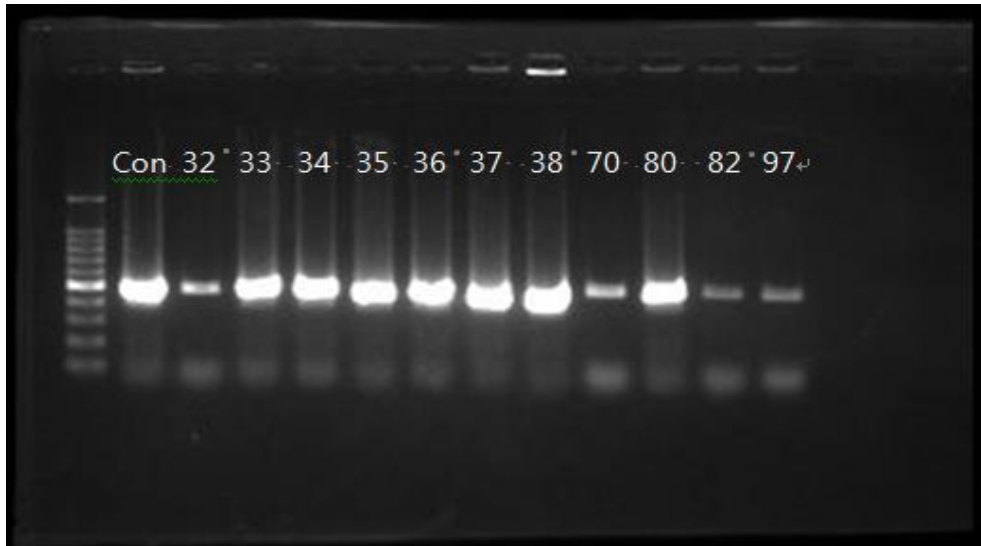


그림 5-2. hly A gene에 의한 *Listeria monocytogenes* confirmation (before storage)

- 시중에서 소고기를 수거한 후 식품공전에 따라 *Listeria monocytogenes* 분리실험을 실시하였으며 선택배지인 Oxoford agar를 이용하여 분리한 결과, 2, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 24, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 70, 80, 82, 97번 시료에서 *Listeria monocytogenes*의 presumptive colonies가 검출되었음.
- 이를 hly A gene을 target gene으로 하여 PCR을 수행한 결과 모두 동일한 gene을 가지고 있는 것으로 나타났음.

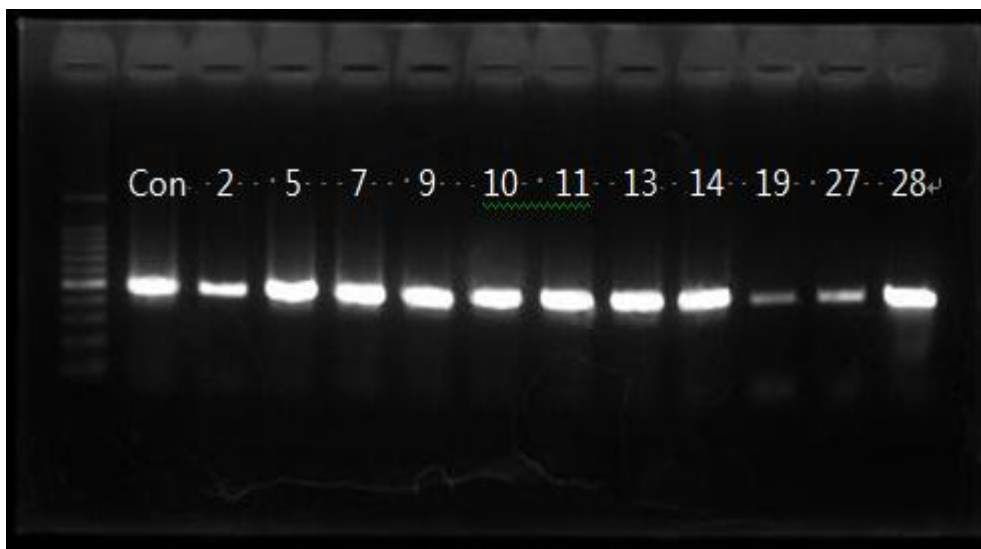


그림 5-3. hly A gene에 의한 *Listeria monocytogenes* confirmation (after storage)

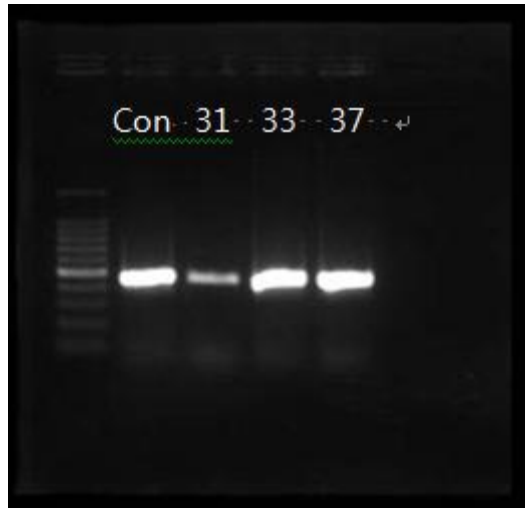


그림 5-4. hly A gene에 의한 *Listeria monocytogenes* confirmation (after storage)

- *Listeria monocytogenes*가 검출된 시료를 10℃에서 120시간 저장 한 후 다시 동일한 방법으로 *Listeria monocytogenes* 분리 실험을 한 결과, 2, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 19, 27, 28, 31, 33, 37 시료에서 검출되었음.
- 이는 저장 과정중 *Listeria monocytogenes* 보다 성장이 빠른 부패균에 의해 *Listeria monocytogenes*가 diluted out이 된 것으로 생각되었음.
- *Listeria monocytogenes*는 시중에서 수거된 다양한 시료에서 고르게 분리되기 보다는 특정 판매매장에서 집중적으로 검출되었음.
- 이는 판매매장의 위생관리나 원료에 대한 미생물 관리가 이루어지지 않고 있음을 의미하며 따라서 소고기의 미생물적 안전성을 확보할 수 있는 유통관리 및 품질관리 기술이 필요함을 알 수 있었음.

표 5-4. 소고기에 대한 식중독균 분리 결과

	대장균	대장균군	<i>Bacillus cereus</i>	Staphylococcus aureus	<i>Salmonella</i> tphi	<i>Listeria monocytogenes</i>	장출혈성 대장균
Initial	19/100 (19%)	84/100 (84%)	0/100 (0%)	0/100 (0%)	0/100 (0%)	26/100 (26%)	0/100 (0%)
After	1/100 (1%)	64/100 (64%)	0/100 (0%)	0/100 (0%)	0/100 (0%)	14/100 (14%)	0/100 (0%)

표 5-5. 시판소고기의 10℃, 120 시간 저장후 일반세균수의 변화

번호	초기 균수 (log cfu/g)	저장 후 균수 (log cfu/g)	번호	초기 균수 (log cfu/g)	저장 후 균수 (log cfu/g)
1	4.228	7.544	51	4.631	7.839
2	2.270	6.173	52	4.632	8.551
3	2.415	6.344	53	5.494	7.845
4	4.331	6.148	54	4.283	7.875
5	3.401	7.079	55	3.649	7.450
6	3.854	6.220	56	5.453	8.393
7	5.167	6.004	57	6.071	8.533
8	3.682	7.255	58	5.593	7.839
9	4.857	7.505	59	5.828	8.318
10	2.881	5.580	60	5.185	7.260
11	3.146	6.756	61	4.799	7.155
12	3.623	6.491	62	5.483	8.393
13	3.961	6.628	63	4.433	7.585
14	3.892	6.362	64	5.585	7.690
15	3.146	5.708	65	6.147	7.342
16	3.863	7.458	66	4.591	7.274
17	3.602	5.996	67	3.085	7.476
18	4.845	6.653	68	5.921	8.167
19	3.748	7.253	69	4.265	6.914
20	5.453	8.100	70	5.288	8.555
21	5.455	8.127	71	4.322	7.973
22	5.480	8.019	72	4.785	8.274
23	4.521	7.792	73	4.973	7.748
24	5.334	8.013	74	5.253	8.210
25	3.708	6.886	75	4.869	8.233
26	5.176	7.410	76	4.978	8.436
27	5.380	7.973	77	5.998	7.863
28	5.803	8.938	78	4.185	6.914
29	5.671	8.861	79	5.610	7.265
30	3.288	7.924	80	5.787	7.117
31	2.732	7.991	81	3.562	8.438
32	2.708	7.886	82	5.049	8.748
33	3.531	6.778	83	4.248	8.146
34	4.093	6.833	84	6.010	8.446
35	4.740	7.398	85	4.431	7.949
36	5.703	7.270	86	5.316	8.748
37	4.806	7.199	87	5.303	8.033
38	4.130	6.236	88	4.456	8.350
39	3.836	6.869	89	3.342	7.806
40	4.987	7.253	90	3.724	8.049
41	5.430	8.146	91	5.004	8.158
42	5.695	7.892	92	4.875	8.009
43	5.176	8.124	93	3.396	8.230
44	5.758	8.201	94	6.104	8.396
45	5.230	8.314	95	4.820	8.025
46	3.989	8.500	96	3.732	7.924
47	4.619	7.568	97	4.845	7.934
48	3.348	8.356	98	3.380	7.908
49	4.508	7.991	99	4.342	8.431
50	4.863	8.949	100	3.483	8.413

(3) 두부의 수거 및 식중독세균 분석

- 시판되는 두부를 100점 수거하여 식중독세균 분리 실험을 실시하였으며 그 결과를 표 5-6에 나타내었음.
- 식중독 세균중 두부에서 검출되는 것으로 알려져 있는 식중독세균인 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp.와 pathogenic *E. coli*는 전체 수거 시료에서 검출되지 않았음.

표 5-6. 시판되는 두부의 식중독세균 분석

	제조원	대장균(/g)	대장균군(/g)	<i>Bacillus cereus</i>	Staphylococcus Aureus	Salmonola spp.	<i>Listeria monocytogenes</i>	pathogenic <i>E. coli</i>
1	(주)보현산	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	(주)보현산	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	소이빈네이처	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	소이빈네이처	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	(주)아워홈	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	(주)아워홈	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	CJ제일제당(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8	CJ제일제당(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9	(주)피피이씨의령	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	삼영식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	삼영식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	(주)해뜨락	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13	(주)피피이씨의령	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	(주)오빌식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	(주)오빌식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	금강멧돌두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17	(주)피피이씨의령	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18	(주)동화식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19	(주)동화식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	(주)에스앤푸드	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	(주)에스앤푸드	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24	(주)우천식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25	(주)맑은식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
26	(주)우천식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
27	(주)강릉최가두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28	(주)강릉최가두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
29	안동농협	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30	안동농협	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
31	(주)강릉최가두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
32	(주)하늘찬	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
33	진선식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
34	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
35	(주)피피이씨의령	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
36	(주)맑은동해	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
37	(주)풀잎라인	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

38	(주)보현산	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
39	(주)보현산	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
40	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
41	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
42	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
43	서신식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
44	서신식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
45	서신식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
46	(주)맑은물에	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
47	(주)맑은물에	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
48	강릉초당두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
49	강릉초당두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
50	(주)맑은식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
51	(주)맑은식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
52	(주)에스엔푸드	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
53	(주)에스엔푸드	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
54	(주)해뜨락	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
55	(주)에스엔푸드	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
56	(주)해뜨락	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
57	(주)꿈꾸는콩	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
58	(주)동화식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
59	(주)동화식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
60	(주)동화식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
61	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
62	(주)피피이씨춘천	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
63	(주)풀잎라인	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
64	CJ제일제당(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
65	CJ제일제당(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
66	(주)오빌식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
67	(주)피피이씨춘천	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
68	(주)피피이씨의령	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
69	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
70	CJ제일제당(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
71	CJ제일제당(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
72	(주)에스엔푸드	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
73	(주)에스엔푸드	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
74	풀무원식품(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
75	소이빈네이처	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
76	소이빈네이처	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
77	소이빈네이처	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
78	소이빈네이처	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
79	(주)피피이씨춘천	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
80	(주)풀잎라인	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
81	소이빈네이처	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
82	(주)아워홈	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
83	(주)피피이씨춘천	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84	(주)해뜨락	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
85	CJ제일제당(주)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
86	(주)오빌식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
87	한그루식품2공장	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
88	한그루식품2공장	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

89	(주)피피이씨의령	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
90	강릉초당두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
91	강릉초당두부	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
92	(주)해뜨락	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
93	한그루식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
94	우리콩식품	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
95	푸른들영농조합	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
96	맑은물에	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
97	맑은물에	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
98	(주)피피이씨춘천	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
99	(주)피피이씨의령	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
100	(주)해뜨락	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

(4) 두부의 저장중 일반세균수의 변화

- 시판되는 두부를 수거하여 10℃에서 120 시간 저장하면서 일반세균수의 변화를 측정하여 그 결과를 표 5-7에 나타내었음.
- 두부를 수거한 직 후 분석한 경우 32개의 시료에서 일반세균이 검출되었지만 저장 후에는 28개 시료에서 일반 세균이 검출되었음.
- 존재하는 일반세균수는 초기에는 10⁰ cfu/g 수준에서 10⁶ cfu/g 수준까지 존재하였지만 저장후에는 10⁰ cfu/g에서 10⁹ cfu/g 수준까지 다양하게 존재함을 알 수 있었음.
- 이는 초기의 일반 세균이 검출된 시료에서만 일반세균의 성장이 일어남을 의미하여 초기에 일반세균이 검출되지 않은 시료는 저장 후에도 일반세균이 성장하지 않았을 가능성이 있으며 또한 초기에 미량으로 존재하는 일반세균이 성장하기 어려운 환경조건에 있었음을 의미함.
- 따라서 현재 시중에서 수거할 수 있는 두부는 일반세균이 검출되는 두부, 즉 미생물적 위해의 가능성이 존재하는 두부와 일반세균이 검출되지 않는 두부, 즉 미생물적 위해의 가능성이 매우 낮은 두부로 나눌 수 있었음.
- 이는 과거의 두부에서의 미생물 모니터링 결과에 비하여 미생물적 안전성이 많이 개선되고 있음을 의미함. 그러나 그럼에도 불구하고 아직까지 일반세균이 검출되는 두부도 적지 않기 때문에 미생물적 저감 기술이 필요함을 알 수 있었음.

표 5-7. 시판 두부의 10℃, 120 시간 저장후 일반세균수의 변화

번호	초기 균수 (log cfu/g)	저장 후 균수 (log cfu/g)	번호	초기 균수 (log cfu/g)	저장 후 균수 (log cfu/g)
1	ND	0.85	51	ND	ND
2	ND	ND	52	ND	ND
3	ND	3.05	53	0.48	ND
4	0.00	0.90	54	ND	ND
5	0.48	ND	55	ND	ND
6	ND	ND	56	ND	ND
7	ND	ND	57	ND	ND
8	ND	ND	58	3.48	7.76
9	ND	ND	59	1.95	5.85
10	1.71	2.23	60	2.40	3.05

11	3.07	3.44	61	3.18	5.30
12	ND	ND	62	1.15	ND
13	ND	ND	63	ND	ND
14	2.4	5.3	64	ND	ND
15	ND	ND	65	2.90	ND
16	5.0	3.7	66	ND	ND
17	ND	ND	67	ND	ND
18	4.90	6.16	68	ND	ND
19	2.95	4.41	69	ND	ND
20	ND	ND	70	ND	ND
21	ND	ND	71	ND	ND
22	1.30	ND	72	ND	ND
23	1.51	ND	73	ND	ND
24	4.36	5.58	74	ND	ND
25	ND	ND	75	ND	ND
26	4.84	4.00	76	ND	ND
27	4.89	5.96	77	2.48	5.11
28	5.29	5.93	78	ND	ND
29	ND	ND	79	ND	ND
30	ND	ND	80	ND	ND
31	3.39	4.57	81	ND	ND
32	4.36	5.83	82	ND	ND
33	1.87	1.67	83	ND	ND
34	ND	ND	84	ND	ND
35	2.67	5.32	85	ND	ND
36	ND	ND	86	ND	ND
37	ND	ND	87	1.76	3.05
38	ND	ND	88	ND	ND
39	ND	ND	89	ND	ND
40	ND	ND	90	ND	ND
41	ND	ND	91	ND	ND
42	ND	ND	92	ND	ND
43	ND	ND	93	ND	ND
44	ND	ND	94	1.32	4.44
45	0.48	ND	95	ND	ND
46	5.74	8.91	96	ND	ND
47	4.73	6.60	97	ND	ND
48	ND	ND	98	ND	ND
49	ND	ND	99	ND	ND
50	ND	ND	100	ND	ND

표 5-8. 두부의 초기 및 저장후 일반세균수 분석 결과

	Microbial population range (cfu/g)									Sum
	10 ⁰ -10 ¹	10 ¹ -10 ²	10 ² -10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁸ -10 ⁹	
Initial	4	9	6	4	7	2				32
After	3	1	1	5	5	9	2	1	1	28

(5) 소고기와 두부에 대한 모니터링 및 위해도 평가

- 소고기와 두부를 시중에서 수거하여 모니터링을 실시하였음. 소고기는 대부분의 식중독균은 검출되지 않았으나 *Listeria monocytogenes*가 다수 검출되었음.
- 그러나 광범위하게 검출되기 보다는 특정 매장에서 판매되는 시료에서 검출되는 것으로 보아 매장에서의 위생관리가 미흡하거나 원료의 미생물적 안전성이 미흡함을 알 수 있었음.
- 두부는 일반세균이 검출되는 시료와 검출되지 않는 시료로 나눌 수 있었는데, 일반세균이 검출되는 시료는 상당히 높은 미생물 수를 나타내기도 하였음.
- 따라서 현재 상태에서 시중에서 유통되는 소고기와 두부는 미생물적 안전성이 보장되지는 않음을 알 수 있었음.
- 최종적으로 소고기와 두부의 유통과정 중 미생물적 안전성 확보를 위한 관리방안과 저감화 기술이 필요하다고 생각되었음.

나. 미생물의 성장예측을 통한 유통기한 설정 모델 개발

(1) 신선식품에 존재하는 미생물의 성장예측을 위한 수학적 모델 조사, 평가, 선정

- 미생물 성장은 sigmoidal curve의 형태를 나타내며, sigmoidal curve의 경우 표 5-9에 제시된 modified-Gompertz (Zwietering 등. 1990), Baranyi (Baranyi 등. 1994), Logistics (Zwietering 등. 1990) 등의 수학적 모델에 의해 설명될 수 있음.
- Modified-Gompertz, Baranyi, Logistic 모델의 수학적식과 산출 변수를 표 5-11에 도시함.
- 특히 각 수학적모델은 회귀곡선 fitting의 목적과 변수 산출의 목적에 따라 탄력적으로 이용될 수 있음.
- 신선식품, 즉 소고기 및 두부에 존재하는 미생물의 성장 예측에 적합한 수학적 모델을 선정하기 위해 소고기 및 두부 미생물의 성장 패턴을 조사함.
- 시간에 따른 소고기 및 두부 미생물의 변화 값을 표 5-11에 도시된 수학적 모델에 적용하였으며, 각 모델의 미생물 예측에 대한 적합성을 판단하여, 최적 모델을 선정함.
- 그림 5-5는 소고기 및 두부를 각각 25℃ 및 30℃에서 저장 중 총 미생물의 변화를 관찰한 분석과 modified-Gompertz 및 Baranyi 모델에 fitting한 결과를 도시하고 있음.
- 당 분석결과를 modified-Gompertz 및 Baranyi 모델과 함께 Logistic 모델에 적용하였으나, Logistic 모델을 이용할 경우 당 분석 결과를 전혀 fitting 할 수 없었음.
- 따라서 Logistic 모델은 신선식품 내재 미생물 예측을 위한 모델의 후보에서 제외됨.
- 식품 미생물 안전을 위한 미생물 성장 예측은 안전한 식품을 섭취할 수 있는 온도 및 저장 기간 설정을 주요 목적으로 하고 있음.
- 따라서 특정 온도에서 식품의 미생물 안전성을 식품의 미생물 안전을 확보할 수 있는 저장 기간 선정에 필요한 lag time 및 specific growth rate 산출이 요구됨.

표 5-9. 미생물 예측에 사용될 수 있는 수학적 모델

Models	Equation
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp \left[-\exp \left\{ \left(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C} \right) \times (\lambda - t) + 1 \right\} \right]$ <ul style="list-style-type: none"> • N_0: initial number of microbe • C: difference between N_0 and N_{max} • λ: lag time • μ_{max}: maximum growth rate
Baranyi	$y(t) = y_0 + \mu_{max} t + \frac{1}{\mu_{max}} \ln(e^{-vt} + e^{-t_0} - e^{-v+t_0}) - \frac{1}{m} \ln \left(1 + \frac{e^{-\mu_{max} t} - 1}{e^{m(y_{max} - y_0)}} \right)$ <ul style="list-style-type: none"> • m: curvature parameter from the exponential phase • μ_{max}: maximum growth rate • v: curvature parameter to the exponential phase • y_0: initial population density • y_{max}: asymptotic for the population density
Logistic	$y = N + \frac{A}{1 + \exp \left\{ \frac{(4 \cdot \mu_{max})}{A \cdot (\lambda - t) + 2} \right\}}$ <ul style="list-style-type: none"> • A: $\ln(N_{max}/N_0)$ • λ: lag time • μ_{max}: maximum growth rate

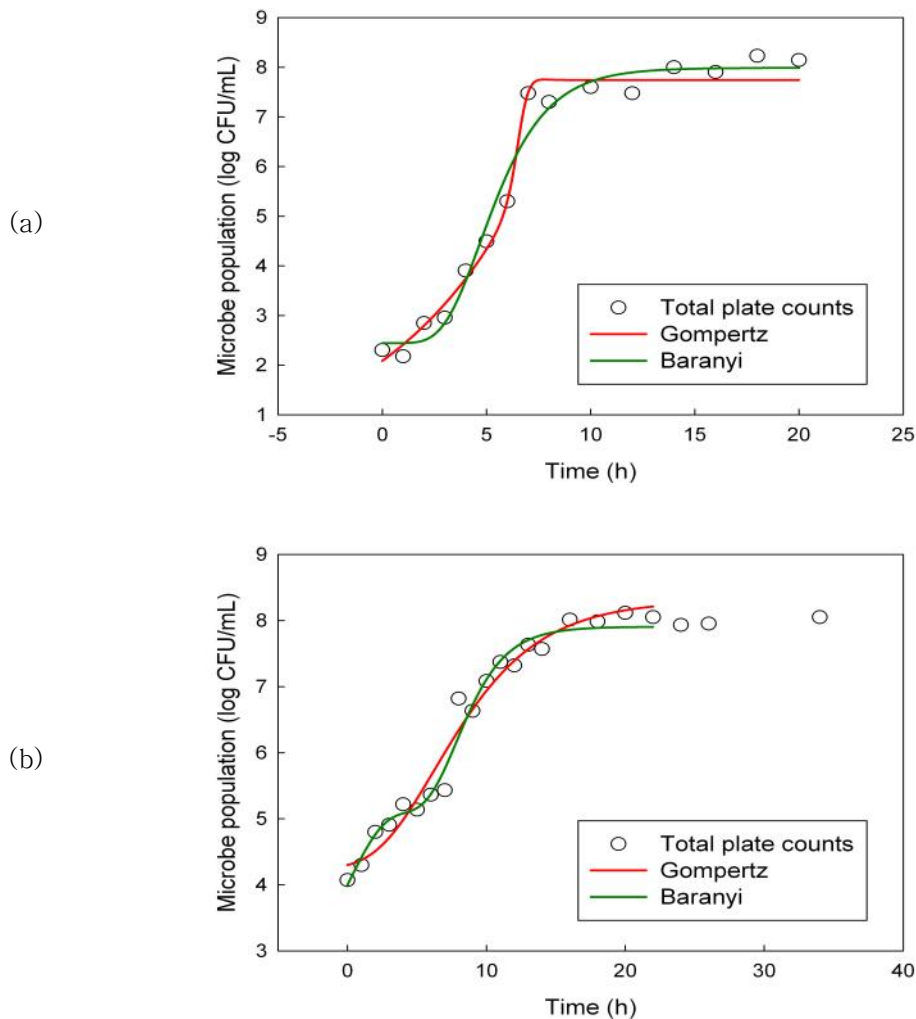


그림 5-5. 소고기 및 두부에 내재된 미생물의 저장 간 성장 분석 (total plate counts)과 modified-Gompertz 및 Baranyi 모델을 이용한 회귀곡선 fitting. (a) 25°C 저장 간 시판 소고기 내재 미생물의 성장 특성과 modified-Gompertz 및 Baranyi 모델을 이용한 fitting. (b) 30°C 저장 간 시판 두부 내재 미생물의 성장 분석과 modified-Gompertz 및 Baranyi 모델을 이용한 fitting.

- Baranyi 모델은 미생물의 성장특성 중 lag phase에서 log phase 전환 시의 특성 및 log phase에서 stagnant phase 전환 시의 특성 분석, 즉 변화가 exponential 또는 logarithmic 형태를 나타내는 지에 대한 분석이 가능하나, 과장된 lag time을 산출함 (표 5-12, 표 5-13).
- 식품의 미생물 안전성 확보를 위한 모델 개발에서 정확한 lag time 산출이 요구됨에 따라 Baranyi 모델은 신선식품 내재 미생물 예측에 부적합 한 것으로 판단됨.
- Modified-Gompertz 모델은 Baranyi 모델에 비해 간단하나 lag time 및 specific growth rate 산출이 용이하여 식품 미생물 예측에 빈번하게 사용됨 (Brandao 등, 2013).
- Modified-Gompertz 모델은 소고기 뿐만 아니라 두부에 내재된 미생물 예측 모델링 수행을

통해 lag time과 specific growth rate를 정확하게 산출하여, 0.98 이상의 높은 R²를 나타냄..

- 따라서 본 연구에서 신선식품에 내재된 미생물 성장 예측을 위해 modified-Gompertz 모델을 이용함.

표 5-10. Gompertz 및 Baranyi 모델에 의한 소고기 30°C 저장 간 소고기 내재 미생물의 성장 특성 (lag time; λ , specific growth rate, μ) 분석 결과

Model	Lag time, λ (h)	Max growth rate, μ_{max} (log CFU/mL/h)	R ²
Gompertz	2.62	0.38	0.98
Baranyi	6.51	0.54	0.98
Logistic	N.A.	N.A.	N.A.

표 5-11. Modified-Gompertz 및 Baranyi 모델에 의한 시판 두부 25°C 저장 간 두부 내재 미생물의 성장 특성 (lag time; λ , specific growth rate, μ) 분석 결과

Model	Lag time, λ (h)	Max growth rate, μ_{max} (log CFU/mL/h)	R ²
Modified-Gompertz	2.93	1.15	0.98
Baranyi	10.82	1.82	0.99
Logistic	N.A.	N.A.	N.A.

(2) Modified-Gompertz 모델을 이용한 소고기 내재 미생물의 성장 특성 분석과 소고기의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 설정

(가) 온도에 따른 소고기 내재 미생물의 성장 분석과 modified-Gompertz 모델을

이용한 성장특성 분석

- 소고기를 상이한 온도 (5, 10, 15, 20, 25°C)에 저장하는 동안 시간별로 미생물 성장을 평판 배지법에 의해 분석함 (그림 5-6).
- 저장 간 미생물 정량 결과를 modified-Gompertz 모델에 적용하여 회귀곡선을 작성하였으며 (그림 5-6), modified-Gompertz 모델 분석에 따른 산출변수를 표 5-10에 도시함.
- 그림 5-6에 나타난 바와 같이 modified-Gompertz 모델은 소고기에 내재된 미생물 성장을 정확하게 표현할 수 있음은 물론, 식품 미생물 안전성 확보를 위한 모델링 구축에 필수적인 lag time 및 specific growth rate를 정확하게 산출함 (표 5-11).
- 그러나 5°C 저장 간 소고기에 내재된 미생물은 활발하게 성장하지 못하여 stationary phase에 도달하지 못함. 따라서 해당 온도의 소고기 내재 미생물의 성장은 modified-Gompertz 모델로 분석할 수 없음.

표 5-12. Gompertz 모델을 이용한 온도별 소고기 내재 미생물 성장 특성 분석.

Temperature (°C)	Parameter estimates		Regression analysis		
	λ (h) ^a	μ [(log CFU/g)/h] ^b	R ^{2c}	RMSE ^d	Bias ^e
5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
10	11.72	0.056	0.99	0.095	1.00
15	5.00	0.105	0.99	0.15	1.00
20	3.08	0.210	0.99	0.14	1.00
25	2.63	0.379	0.98	0.22	1.00

^a λ = lag time (hour)

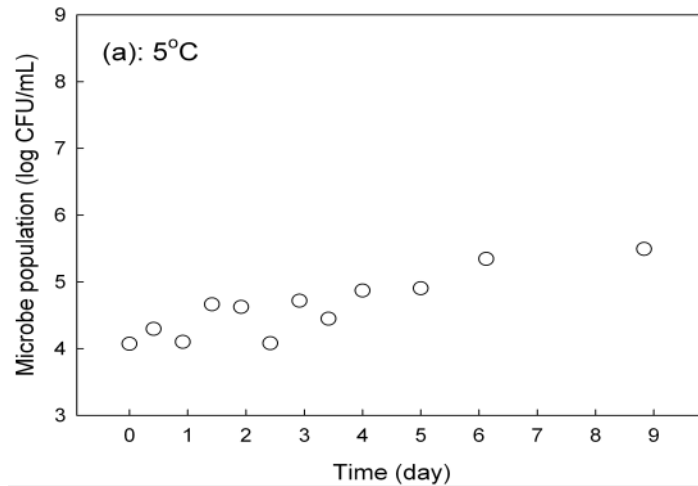
^b μ =specific growth rate [(log CFU/g)/h]

^cR²=determination coefficient

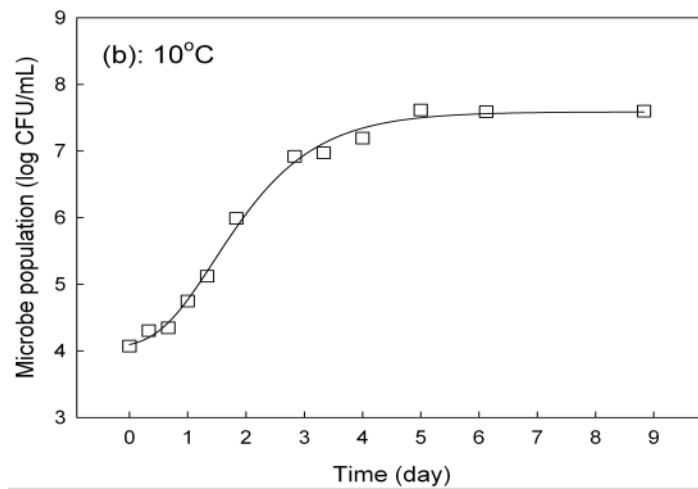
^dRMSE = root mean square error

^eBias=Bias factor

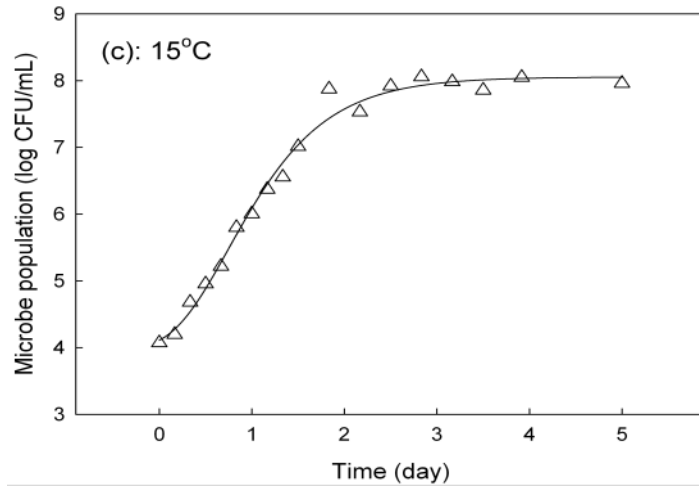
(a)



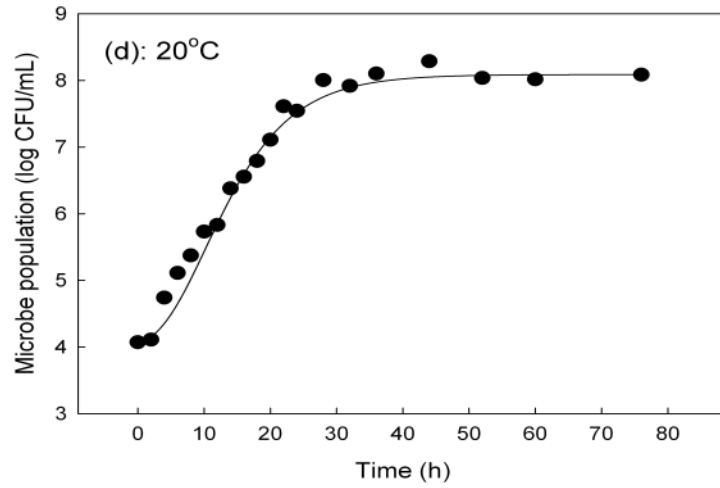
(b)



(c)



(d)



(e)

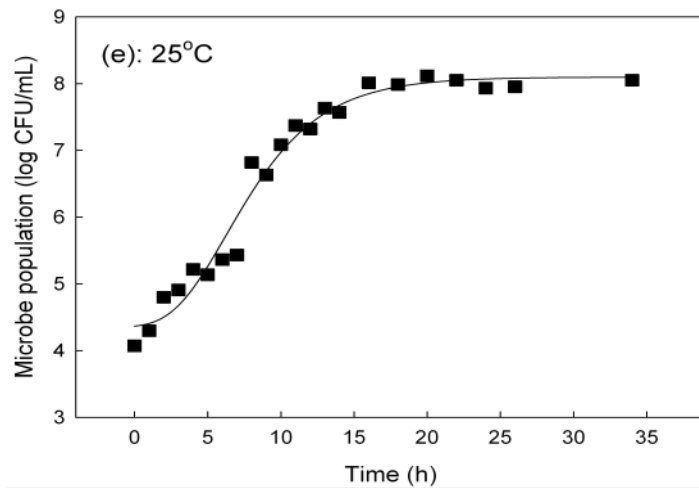


그림 5-6. 소고기의 상이한 온도 저장에 따른 소고기 내재 미생물의 성장분석 및 Gompertz 모델에 의한 회귀곡선 (fitting curves).

- 소고기 내재 미생물은 온도의 상승에 따라 빠르게 성장한 반면, 온도가 상승에 따라 더 긴 lag time을 나타냄 (그림 5-6, 표 5-12).

- 소고기는 미생물 안전성을 고려하여 일반적으로 5°C 이하에서 유통 및 저장됨.
- 소고기와 같은 신선식품의 저온저장 간 미생물 안전성은 실험적으로 분석될 수 있으나, 장기간의 저장 및 분석이 요구됨은 물론 연구 완료 후 실험의 재연과 실험결과 검증이 현실적으로 불가능함.
- 앞서 제시한 바와 같이 (그림 5-6, 5-7) 미생물은 온도에 따라 일정한 패턴의 양상을 나타내며, 그 양상은 수학적 모델로 표현할 수 있고, 수학적 모델 적용에 따라 특성 변화를 예측할 수 있음.
- 따라서 본 연구에서는 소고기를 5°C에서 저장하는 동안 미생물 성장특성을 예측하기 위해 10°C 이상의 온도에서 소고기 내재 미생물이 나타낸 성장특성의 온도에 따른 변화, 즉 온도에 따른 lag time 및 specific growth rate 변화 양상을 수학적으로 모델링하여 10°C에서 나타내는 소고기 내재 미생물의 lag time 및 specific growth rate를 예측함. 본 모델링은 온도에 따른 소고기 내재 미생물의 성장특성을 modified-Gompertz 모델에 의해 예측된 후 수행됨에 따라 2차 모델링으로 명명하여 수행함.

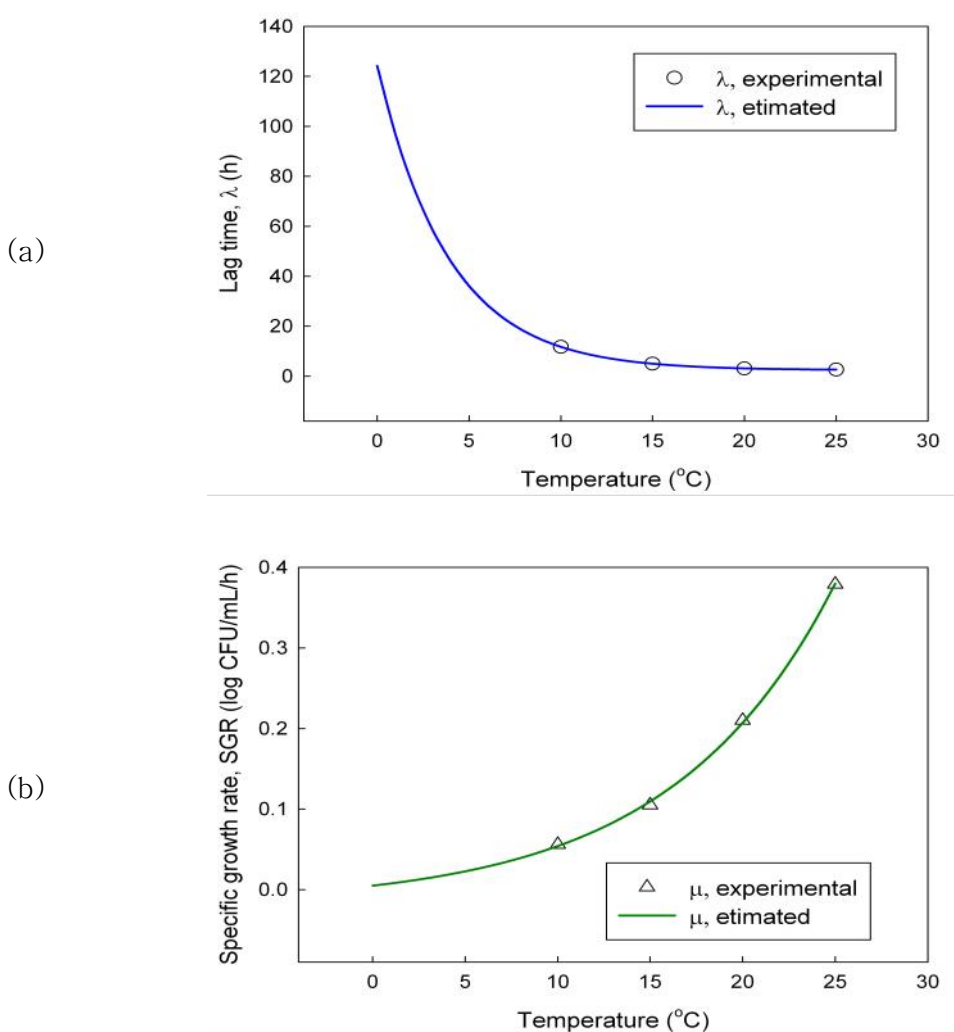


그림 5-7. Modified-Gompertz 모델을 이용하여 산출된 소고기 내재 미생물의 온도에 따른 lag time (a) 및 specific growth rate (b) 를 이용한 2차 모델링 및 회귀곡선

(2) 온도에 따른 소고기 내재 미생물의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 온도에 따른 소고기 내재 미생물의 lag time은 exponential decay를 따르는 양상을 (그림 5-7a), 그리고 specific growth rate은 exponential growth 형태를 나타냄 (그림 5-7b). 이를 기반으로 2차 모델식을 산출하였으며, 2차 모델에 따른 lag time 및 specific growth rate를 표 5-13과 같이 산출함.
- Lag time 및 specific growth rate은 exponential decay 및 exponential growth 모델에 잘 fitting 되어 각각 1.0 및 0.99의 R²를 나타냄.
- 따라서 5°C 저장 간 평판배지법에 의한 소고기 내재 미생물 정량 및 modified-Gompertz 모델에 의해 산출되지 못한 lag time 및 specific growth rate을 2차 모델을 이용하여 산출함.
- 산출 결과 5°C에서 소고기 내재 미생물은 약 36.08 h의 lag time을 나타내며, 0.023 log CFU/mL/h의 specific growth rate을 나타내는 것으로 예측됨.
- 2차 모델에 의해 산출된 lag time 및 specific growth rate은 소고기의 5°C 저장 간 미생물 안전성 확보의 저장기간 및 유통기간 산출에 그 목적이 있음.

표 5-13. Modified-Gompertz 모델을 이용하여 산출된 소고기 내재 미생물의 온도에 따른 lag time 및 specific growth rate를 이용한 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 specific growth rate.

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated Values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 2.4071 + 121.73 \times e^{-0.257 \cdot T}$ (R ² = 1.0)	5	36.08
		10	11.72
		15	4.98
		20	3.12
		25	2.60
Maximum growth rate, μ (log CFU/mL/h)	$\mu = -0.0183 + 0.0232 \times e^{0.1137 \cdot T}$ (R ² = 0.99)	5	0.023
		10	0.054
		15	0.109
		20	0.207
		25	0.380

- 따라서 5°C에서 36.08 h의 lag time을 나타내며, 0.023 log CFU/mL/h의 specific growth rate을 나타내는 소고기 내재 미생물이 소고기 저장 간 성장을 예측하여 안전한 소고기를 섭취할 수 있는 유통기한 및 저장기간 산정이 요구됨.
- 앞서 1차 모델링 결과 modified-Gompertz 모델이 소고기 내재 미생물 성장 특성을 가장 잘 표현할 수 있음에 따라 특정 lag time 및 specific growth rate을 나타낼 경우 modified-Gompertz 모델을 이용하여 성장을 예측할 수 있음.

(3) Modified-Gompertz 모델을 응용한 소고기의 5°C 저장 간 소고기 내재 미생물의 성장 예측과 소고기의 유통기한 설정

- 대표적 신선식품인 소고기는 도축의 과정과 포장 및 생산의 과정 간 오염이 빈번하게 일어나 유통 및 저장 간 미생물 성장은 피할 수 없는 결과임.
- 소고기 미생물의 수준이 약 6 log CFU/mL을 초과할 경우 섭취에 따라 식중독 발생의 위험성이 존재함. 따라서 일반적으로 총균수를 기준으로 할 경우 6 log CFU/mL을 소고기의 미생물 안전성의 기준으로 사용되고 있는 실정.
- 본 연구는 소고기의 5°C 저장 간 소고기의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 또는 저장기간을 산출하기 위한 소고기 총균수 기준을 소고기의 일반적인 총균수 기준인 6 log CFU/mL을 적용함.
- Modified-Gompertz 모델을 이용하여 미생물 성장을 예측하기 위해서는 앞서 수행된 2차 모델링 결과인 lag time 및 specific growth rate을 비롯하여 초기 미생물 총균수 (N_0), 최대 미생물 성장 수준 (N_{max}) 입력이 필수적임.
- 당해연도 연구 중 모니터링 수행결과 시판되어 유통되는 소고기는 일반적으로 2 ~ 4 log CFU/mL 수준의 미생물을 포함하고 있으며, 소고기의 5°C 저장 간 소고기 내재 미생물 성장 예측 중 미생물 안전성을 최대한 확보할 수 있는 유통기한 및 저장기간 산출을 위해 N_0 를 4 log CFU/mL로 설정함 (표 5-14).
- 또한 소고기의 온도에 따른 소고기 내재 미생물의 성장 특성 분석 (그림 5-6)에 따르면 소고기 내재 미생물은 소고기 저장 간 약 8 log CFU/mL 수준 까지 성장하는 것으로 판단되어, N_{max} 를 8 log CFU/mL로 설정함 (표 5-14).
- 그림 6-8는 modified-Gompertz 모델을 이용하여 표 6-16에 기술된 변수를 입력할 경우 예측된 소고기의 5°C 저장 간 소고기 내재 미생물의 성장을 예측한 결과임.

표 5-14. Modified-Gompertz 모델식 및 소고기 내 유통기한 설정을 위한 변수 결정

Models	Equation	Determined value
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp \left[-\exp \left\{ \left(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C} \right) \times (\lambda - t) + 1 \right\} \right]$	
Variables	<ul style="list-style-type: none"> • N_0 (초기 균수)= • N_{max} (최대 균수)= • λ (lag time)= • μ (specific growth rate)= • $C = N_0 - N_{max}$ 	<ul style="list-style-type: none"> 4 log CFU/mL 8 log CFU/mL 36.08 h 0.023 log CFU/mL/h

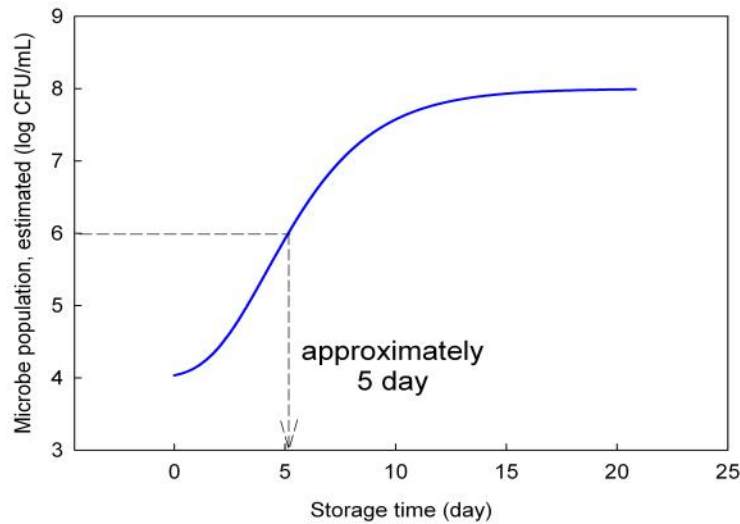


그림 5-8. Modified-Gompertz 모델을 이용한 5°C 저장 간 소고기의 미생물 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 또는 저장기간 설정

- Modified-Gompertz 모델을 응용한 소고기의 5°C 저장에 따른 소고기 내재 미생물의 성장을 예측할 경우, 소고기를 5°C에서 약 5일 간 저장할 경우 소고기 내재 미생물이 약 6 log CFU/mL 수준으로 증가하는 것을 예측됨.
- Modified-Gompertz 모델에 의해 예측한 결과 소고기가 약 4 log CFU/mL 수준으로 오염된 소고기를 5°C에서 저장할 경우 5일의 저장 후 소고기의 미생물 안전성을 보장할 수 없음.
- 따라서 소고기의 미생물 안전성을 확보를 위한 유통기한 및 저장기간은 소고기 저장에 권장되는 5°C 저장 조건에서 5일 이내로 산정되어야 할 것으로 판단됨.

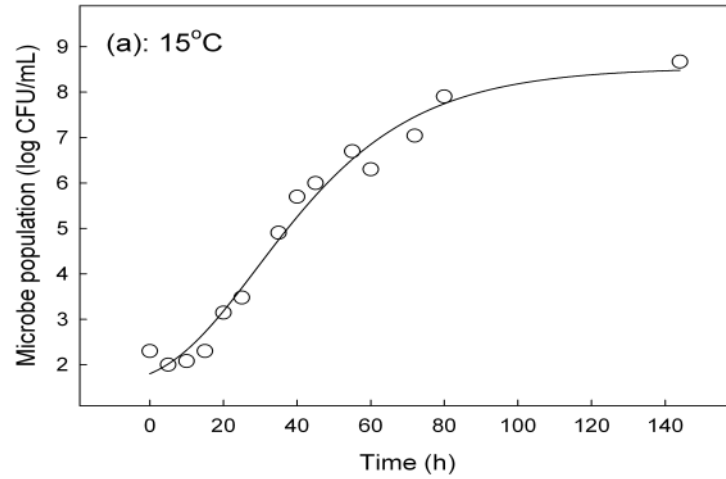
(4) Modified-Gompertz 모델을 이용한 두부 내재 미생물의 성장 특성 분석과 두부의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 설정

(가) 온도에 따른 두부 내재 미생물의 성장 분석과 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

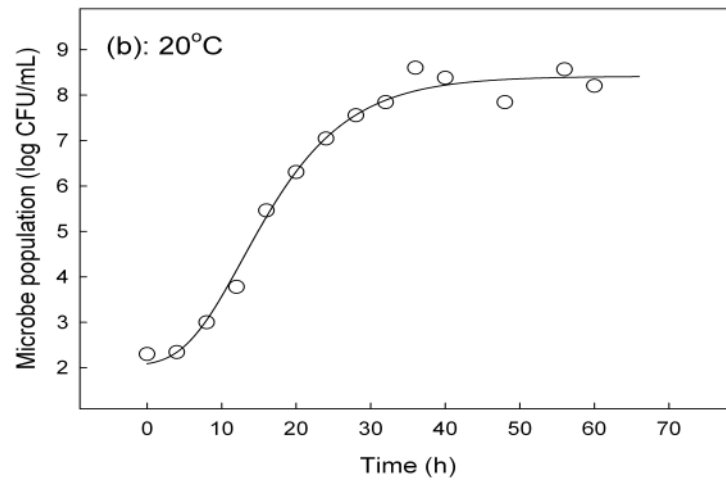
- 앞서 두부의 모니터링 결과에 도시된 바와 같이 두부는 생산 시설 및 생산 방법에 따라 미생물 검출 수준이 상이하게 나타남.
- 실험적으로 두부의 미생물 안전성을 판단하기 위해서는 오염된 두부를 대상으로 연구가 진행되어야 하나 현실적으로 오염된 두부를 두부 생산과정 중 또는 생산 직후 수급할 수 없음
- 따라서 본 연구에서는 두부의 인위적 미생물 오염을 위해 두부 부패 중 우점하여 성장하는 미생물을 동정하였고, 이를 두부에 인위 접종하여 두부 저장 간 미생물 정량 분석을 수행함.
- 시판 두부 중 모니터링 결과를 바탕으로 비교적 미생물이 검출되지 않는 두부를 선정하여 동정된 두부 우점균을 2 log CFU/g 수준으로 접종하고 15, 20, 25, 30°C 저장 간 총균수의 변화를 평판배지법에 의해 정량함 (그림 5-9).
- 우점균은 16S rDNA 분석 결과 *B. cereus*와 98% homology를 가지는 것으로 나타나 *B. cereus*로 동정되었음

- 앞서 수행된 저장 간 소고기의 미생물의 성장 특성 즉 lag time 및 specific growth rate 분석의 방법과 같이 modified-Gompertz 모델을 이용하여 15, 20, 25, 30°C 저장 간 두부의 총균수 정량 결과를 fitting 하였으며 (그림 6-9), 도출된 lag time 및 specific growth rate를 표 6-15에 도시함.

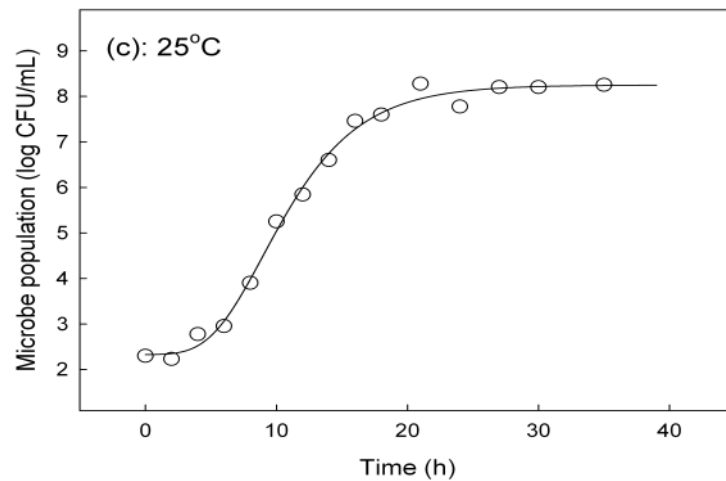
(a)



(b)



(c)



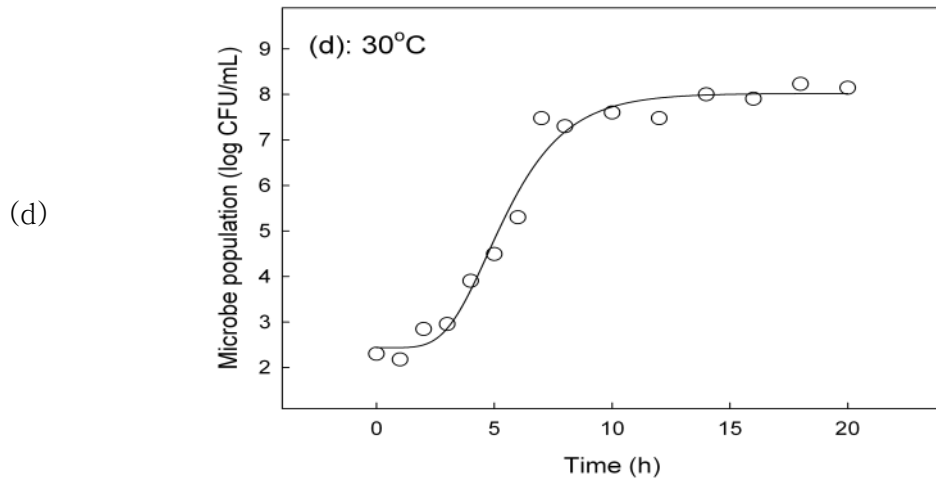


그림 5-9. 두부 우점균이 접종된 두부의 15, 20, 25, 30°C 저장 간 미생물 정량 결과와 modified-Gompertz 모델에 의한 회귀곡선.

표 5-15. 두부의 온도별 저장 간 총균수 분석과 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

Temperature (°C)	Parameter estimates		Regression analysis		
	λ (h) ^a	μ [(log CFU/g)/h] ^b	R ^{2c}	RMSE ^d	Bias ^e
15	13.09	0.062	0.98	0.31	1.00
20	9.30	0.135	0.99	0.22	1.00
25	6.60	0.280	0.99	0.17	1.00
30	4.69	0.564	0.98	0.33	1.00

^a λ = lag time (hour)

^b μ =specific growth rate [(log CFU/g)/h]

^cR²=determinationcoefficient

^dRMSE = root mean square error

^eBias=Biase factor

- Modified-Gompertz 모델은 소고기 내재 미생물 성장예측에서 보여준 바와 같이 두부의 각기 다른온도 저장에 따른 두부 미생물 성장 패턴을 잘 표현하여 회귀곡선 fitting에서 모두 0.98 이상의 R²를 나타냄.
- 저장 온도를 15도에서 30도까지 상승시킴에 따라 specific growth rate의 상승과 lag time의 감소가 나타나는 등 두부의 저장에 따른 미생물 성장 패턴은 기타 식품 미생물 성장 향상과 동일한 결과를 나타냄.
- 두부는 미생물 안전성에 대한 고려에 따라 10°C 미만의 저장 및 유통이 권장됨.
- 본 연구 중 두부의 10°C 저장에 따른 미생물 성장을 분석 한 바 있으나, 2 log CFU/mL 수준으로 인위 접종된 두부 우점균이 10°C 저장 간 전혀 성장하지 못한 결과를 나타냄.
- 이는 소고기의 5°C 저장과 유사하며, 저온에서 신선식품 저장에 따른 내재 미생물의 변화

분석은 장기간의 저장실험이 요구됨은 물론 정확한 실험 결과를 보장하지 못함.

- 앞서 기술한 바와 같이 미생물은 온도에 따라 일정한 패턴으로 그 특성을 나타내며, 두부를 10°C에 저장하는 동안 두부 미생물의 성장 특성 분석은 실험적으로 수행되기 보다 2차 모델 개발을 통한 lag time 및 specific growth rate 예측이 효과적임.
- 특히 lag time 및 specific growth rate 예측을 기반으로 두부 유통 및 저장에 권장되는 10°C 조건에서 미생물 안전성을 확보할 수 있는 유통기한 및 저장기간 산정이 가능함.

(5) 온도에 따른 두부 미생물의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 소고기 내재 미생물 연구수행에서 보여준 바와 같이 이와 같은 신선식품의 저온저장에 따른 실험적 문제점을 해결하기 위해 15°C 미만의 저장 조건에서 두부 저장에 따른 두부 미생물의 성장특성 특히 lag time 및 specific growth rate를 예측하기 위해 2차 모델을 개발함.
- 온도에 따른 소고기 내재 미생물의 lag time은 exponential decay를 따르는 양상을 (그림 5-10a), 그리고 specific growth rate은 exponential growth 형태를 나타냄 (그림 5-10b). 이를 기반으로 2차 모델식을 산출하였으며, 2차 모델에 따른 lag time 및 specific growth rate를 표 5-16과 같이 산출함.
- Lag time 및 specific growth rate은 exponential decay 및 exponential growth 모델에 잘 fitting 되어 모두 0.99의 R²를 나타냄 (표 5-16).
- 저장온도가 일정 수준 미만으로 감소될 경우 lag time이 급격하게 상승되고, 일정 수준 이상으로 저장온도가 상승될 경우 specific growth rate가 급격하게 상승되는 양상을 나타냄 (그림 5-10).
- 온도에 따른 두부 미생물의 성장특성이 수학적 모델에 의해 fitting 됨에 따라 두부의 10°C 저장에 따른 두부 미생물의 성장특성을 예측할 수 있었으며, 해당 조건에서 lag time과 specific growth rate를 각각 13.09 h 및 0.062 log CFU/mL/h으로 예측됨.

표 5-16. Modified-Gompertz 모델을 이용하여 산출된 소고기 내재 미생물의 온도에 따른 lag time 및 specific growth rate를 이용한 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 specific growth rate.

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated Values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 25.941 \times e^{-0.0684 \cdot T}$ (R ² = 0.99)	10	13.09
		15	9.30
		20	6.60
		25	4.69
		30	3.33
Maximum growth rate, μ (log CFU/mL/h)	$\mu = -0.0141 + 0.0195 \times e^{0.1356 \cdot T}$ (R ² = 0.99)	10	0.062
		15	0.135
		20	0.280
		25	0.564
		30	1.125

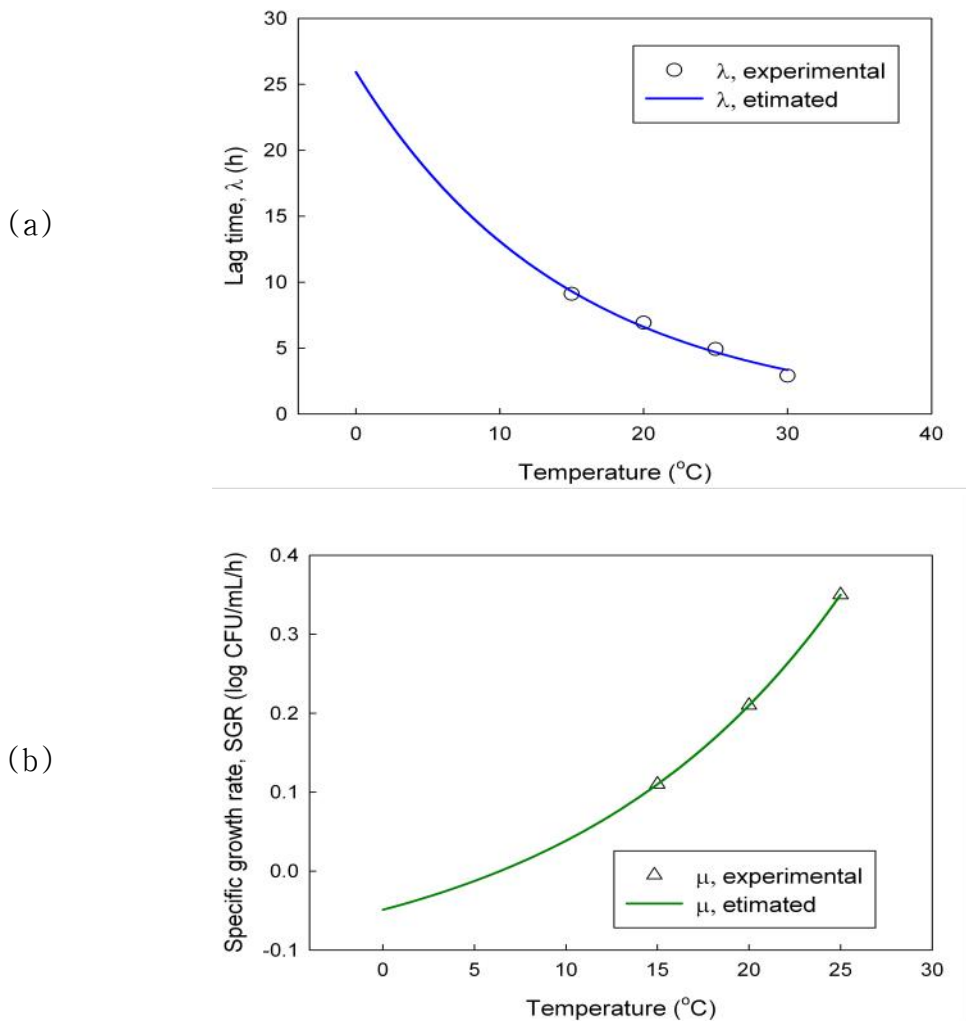


그림 5-10. Modified-Gompertz 모델을 이용하여 산출된 두부 우점균 접종 두부의 온도에 따른 미생물 성장의 lag time (a)과 specific growth rate (b)의 2차 모델링과 회귀곡선

- 평판배지법에 의해 도출될 수 없었던 두부의 10°C 저장 간 미생물 성장특성 분석을 2차 모델링을 통해 도출할 수 있었음. 도출된 lag time 및 specific growth rate를 이용할 경우 두부를 10°C에서 저장할 때 미생물 안전성을 확보할 수 있는 유통기한 및 저장기간을 산출할 수 있음.
- 두부의 10°C 저장 간 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 및 저장기간은 앞서 소고기의 유통기한 및 저장기간 산출에서 본바 와 같이 modified-Gompertz 모델을 이용하여 산출될 수 있음.

(6) Modified-Gompertz 모델을 응용한 두부의 10°C 저장 간 미생물 성장 예측과 유통기한 설정

- 소고기와 마찬가지로 두부의 미생물 안전성 판단기준은 총균수를 기준으로 할 경우 약 6 log CFU/mL 임에 따라, 두부의 10°C 저장 간 미생물 안전성 확보를 위한 저장기간 및 유통기한 산출은 총균수를 기준으로 하여 6 log CFU/mL로 설정함.

- 앞서 언급한 바와 같이 modified-Gompertz 모델을 이용하여 미생물 성장을 예측하기 위해 2차 모델에서 도출된 lag time 및 specific growth rate 이외에 초기 미생물 총균수 (N_0), 최대 미생물 성장 수준에 대한 정보 입력이 필수적임 (표 5-19).
- Lag time 및 specific growth rate은 2차 모델링에 의해 산출된 결과를 사용함 (표 5-18).
- 온도별 두부 저장에 따른 미생물 성장 분석결과 (그림 5-9)에 따르면 두부 미생물은 두부 저장 간 약 8 log CFU/mL 정도 까지 성장함에 따라 N_{max} 를 8 log CFU/mL로 결정함 (표 5-19).

표 5-17. Modified-Gompertz 모델식 및 두부의 10°C 저장 간 유통기한 설정을 위한 변수 결정

Models	Equation	Determined value
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp \left[-\exp \left\{ \left(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C} \right) \times (\lambda - t) + 1 \right\} \right]$	
Variables	<ul style="list-style-type: none"> • N_0 (초기 균수) • N_{max} (최대 균수) • λ (lag time) • μ (specific growth rate) • $C = N_0 - N_{max}$ 	<ul style="list-style-type: none"> 1 log CFU/mL 8 log CFU/mL 13.09 h 0.062 log CFU/mL/h

- 두부의 미생물 안전성 모니터링 결과에 따르면, 두부 내 미생물은 생산업체 및 생산방법에 따라 큰 차이를 나타냄에 따라 N_0 를 1 log CFU/mL으로 결정함 (표 5-19).
- 그림 5-11는 표 5-19에 나타난 바와 같은 modified-Gompertz 모델의 변수에 따라 두부를 10°C에서 저장할 경우 미생물의 성장을 예측한 결과를 나타내고 있음.
- 현재 두부의 유통기한은 약 15일로 권장되고 있는 실정이나, 두부에 미생물이 1 log CFU/mL 수준으로 미량 존재할 경우 10°C의 저장 조건에서 약 4일 후 총균수가 6 log CFU/mL을 초과하는 것으로 예측됨.

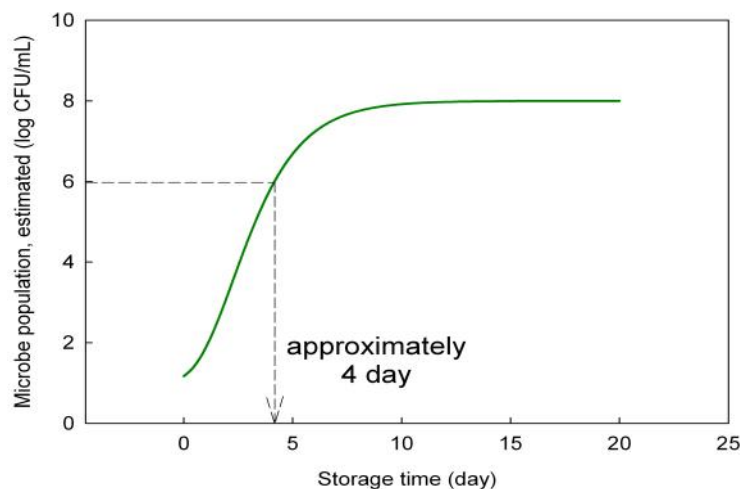


그림 5-11. Modified-Gompertz 모델을 이용한 10°C 저장 간 두부의 미생물 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 또는 저장기간 설정

- 시판 두부의 미생물 모니터링에 따르면 두부의 미생물 안전성은 두부의 초기 미생물 수준 및 포장의 형태, 생산방법과 생산시설에 크게 좌우되어 두부 생산 중 미생물 품질관리가 철저하게 이루어진 제품의 경우 10℃ 혹은 그 이상의 온도에서 2주 이상 저장할 경우에도 불구하고 미생물이 검출되지 않는 결과를 나타냄.
- 대부분의 시판 두부는 생산과정 중 미생물 오염이 이루어 지지 않음은 물론 콩 또는 두부에 포함되어 존재하는 미생물이 생산과정 중 효과적으로 제어되어 2주 이상 저장 이후 미생물이 검출되지 않는 결과를 나타낸 것으로 판단됨.
- 따라서 두부의 경우 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 및 저장기간 설정에 있어 타 신선식품과는 달리 다소 복잡한 과정이 요구될 것으로 판단됨.
- 예를 들어 두부 생산공정에 멸균 공정 및 후 살균 공정이 포함되어 있는 경우 10℃에서 2주 이상의 유통기한을 설정할 수 있을 것으로 판단됨.
- 전통적인 두부 생산 방법과 같이 두부의 후 살균공정이 포함되지 않은 경우 그리고 멸균포장되지 않은 두부의 경우, 그 유통기한을 최대 4일까지 부여할 수 있을 것으로 판단되며, 더욱이 해당 두부의 경우 미생물 오염 수준이 1 log CFU/mL을 초과할 가능성이 크게 존재함에 따라 4일 미만의 유통기한 설정이 권장됨.

(7) 수학적 모델링을 통한 신선식품의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 산출에 대한 고찰 (lag time 및 specific growth rate 중심으로)

- 본 연구에서는 신선식품을 대표하는 소고기 및 두부의 저장 중 미생물 안전성을 확보할 수 있는 유통기한 및 저장기간을 산출하고자 수학적 모델링을 사용함.
- 식품 미생물은 신선식품 저장에 권장되는 온도범위에서 느리게 성장하여 긴 lag time 및 낮은 specific growth rate를 나타냄에 따라 실험을 통해 신선식품의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한을 산출할 경우 긴 저장실험을 요구함은 물론 실험의 오류 발생 시 실험을 보정할 수 있는 기회를 가지지 못함.
- 수학적 모델링을 이용할 경우 비교적 단시간의 저장실험을 바탕으로 장시간의 신선식품 저장 간 미생물 성장을 예측하고 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한을 산출할 수 있음.
- 앞서 언급한 바와 같이 소고기 및 두부의 저장은 각각 권장되는 적정 온도에서 유통되고 저장됨. 소고기의 경우 5℃ 미만 그리고 두부의 경우 10℃ 미만에서 유통과 저장이 권장되고 있으며, 국내 유통과정 중 소고기 및 두부는 적정 온도에서 유통되고 저장되고 있는 것으로 판단됨.
- 미생물이 비교적 높은 수준으로 오염된 소고기의 경우 (4 log CFU/g) 5℃ 5일 저장 후 미생물 안전성을 보장할 수 없으며, 1 log CFU/g으로 오염된 두부의 경우 10℃ 4일 저장 후 미생물 안전성을 보장할 수 없는 결과를 산출함.
- 이와 같이 본 연구에서 관찰된 두부는 소고기에 비해 1/1000 배의 미생물을 포함한 반면 더 짧은 유통기한을 나타내는 것으로 나타남.
- 표 5-20에 도시된 바와 같이 두부에 존재하는 미생물이 소고기에 존재하는 미생물에 비해 빠른 성장을 나타내고, 빠른 성장에 따라 소고기에 비해 짧은 유통기한을 나타내는 것으로 추정됨.
- 소고기의 경우 생산 및 유통의 특성 상 추가적인 가공이 불가능하고 타 신선식품에 비해 유통 및 소비가 짧은 시간에 이루어짐. 따라서 유통 중 소고기의 미생물 안전성 확보를 위

해 유통업자 및 소비자에 대한 소고기의 적정온도 저장 및 단기간 소비에 대한 홍보가 필요한 것으로 판단됨.

표 5-18. 2차 모델링에 의해 산출된 소고기 및 두부의 lag time (λ) 및 specific growth rate (μ)

온도	Growth parameters	소고기	두부
5°C	λ (h)	36.08	N.A.
	μ (log CFU/mL/h)	0.023	N.A.
10°C	λ (h)	11.72	13.09
	μ (log CFU/mL/h)	0.054	0.062

- 두부는 현재 10°C 14일로 유통기한이 설정되어 있음. 두부의 미생물 안전성에 대한 모니터링이 결과 대부분의 경우 미생물에 대해 안전한 것으로 나타났으나, 두부의 생산 및 가공특성에 따라 10°C 14일의 유통 과정 중 두부의 미생물 위해성이 발생할 가능성이 존재함.
- 따라서 신선식품의 미생물 안전성 보장을 위한 유통기한 설정은 식품의 특성 별 그리고 생산, 가공, 포장의 특성별로 다르게 설정되어야 하며, 특히 두부의 경우 초기 미생물 오염 유무가 유통 중 두부의 미생물 안전성을 결정짓는 것으로 판단됨.

다. 신선식품 (소고기, 두부)의 저장 간 부패균 발생과 미생물 군집분석

(1) 소고기의 저온 저장 (5°C) 간 부패균 발생 유무 및 미생물 군집분석

- 소고기는 소의 근육 부위로써 소의 도축과정 중 소 외부 상피의 털 및 소의 장기 또는 칼, 도축자의 손 등 도축에 사용되는 도구 등에 존재하는 미생물의 전이를 통해 오염됨.
- 따라서 소고기에는 토양 미생물 또는 장내 미생물이 주로 존재할 것으로 예상되었으며, 그림 5-12는 소고기에 존재하는 미생물을 조사하고 5°C 5일 저장 간 성장한 미생물의 군집 변화를 관찰하기 위한 소고기에 존재하는 총 박테리아의 pyro-sequencing 결과를 도시하고 있음.

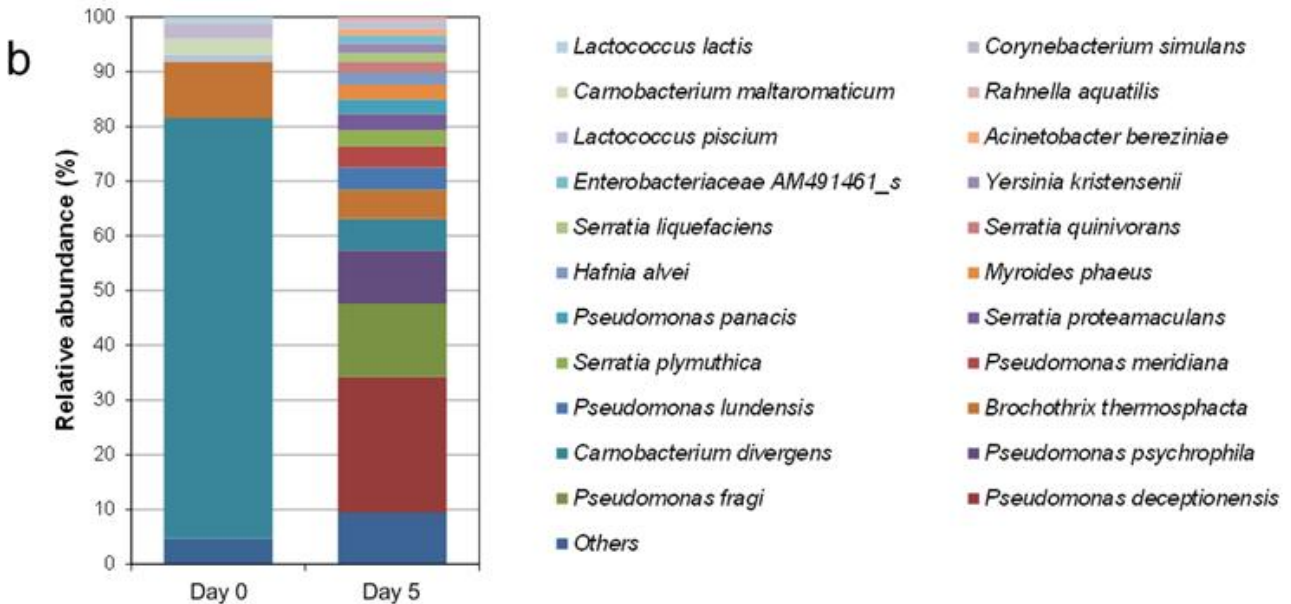
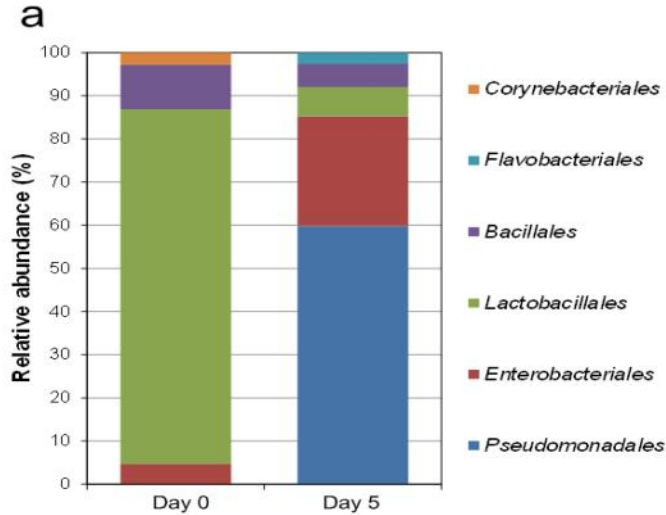


그림 5-12. 소고기 저장 간 미생물 군집 변화 조사를 위한 pyro-sequencing 결과 (a) 박테리아의 order 수준의 군집 변화, (b) 박테리아의 species 수준의 군집 변화

- 소고기에는 5°C 5일 저장 이전 소의 장관에서 유래된 것으로 추정되는 *Lactobacillales* 목의 *Carnobacterium divergens* 종과 소 상피의 털 또는 도축과정 중 칼 또는 도축 시설에서 오염된 것으로 추정되는 *Bacillales* 목의 *Brochothrix thermosphacta* 종이 총 미생물의 87% 이상을 차지하는 것으로 나타남 (그림 5-12).
- 5°C 5일 저장 후 저장 이전 소고기에 우점하던 *Lactobacillales*와 *Bacillales*는 총 미생물의 12% 수준으로 감소한 반면 *Pseudomonadales* 및 *Enterobacteriales* 목이 85% 이상으로 증가하는 추세를 나타냄.
- 각기 다른 미생물이 식품에 존재하고 해당 식품을 저장할 경우 우점 미생물의 성장에 따라 미생물의 군집이 단순해지는 결과를 나타내는 것이 일반적이나 소고기의 경우 5°C 5일 저

장 이전 검출 수준 미만으로 존재하던 미생물이 저장 기간 중 크게 증가하여 미생물의 군집이 더욱 복잡해지는 결과를 나타냄 (그림 5-12b).

- 이는 소의 장기에서 유입된 *Lactobacillales* 목과 같은 혐기성 박테리아가 호기 조건의 저장 중 개체수가 감소한 반면 호기성 박테리아인 *Pseudomonadales* 및 *Enterobacteriales* 목의 박테리아의 저장 간 개체수 증가에 그 원인이 있는 것으로 판단됨.
- 특히 *Pseudomonas* spp. 종이 5°C 5일 저장 이후 약 60%를 차지함 (그림 5-12b).
- 5°C 5일 저장 이후 우점하는 것으로 나타난 *Pseudomonadales* 및 *Enterobacteriales* 목의 박테리아는 5일 보다 더 오랫동안 5°C에서 저장할 경우 개체 수가 더욱 증가하여 미생물 군집에서 더욱 많은 부분을 차지할 것으로 예상됨.
- 비록 주요 식중독인 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. 등은 발견되지 않았으나, 5°C 5일 저장 후 검출된 *Enterobacteriales* 목의 *Serratia* spp., *Hafnia* spp., *Yersinia* spp. 및 *Pseudomonadales* 목의 *Pseudomonas* spp.은 병원성 미생물임.
- 본 연구 결과를 통해 소고기의 미생물 부패는 식중독균을 유발할 수 있는 병원성 미생물의 개체수 증가를 확인할 수 있었으며, 따라서 소고기와 같은 신선식품은 적정 온도에서 유통기한 이내에 유통되고 소비되어야 하는 것으로 판단됨.

(2) 두부의 저온 저장 (10°C) 간 부패균 발생 유무 및 미생물 군집분석

- 두부는 콩에서 추출된 단백질로 이루어져 있으며, 콩의 표피에 존재하는 토양 미생물이 1차 오염원으로 그리고 생산 과정 중 설비 및 작업자 등을 2차 오염원으로 판단됨.
- 콩 단백질 추출은 열수추출을 기반으로 함에 따라 많은 수의 미생물이 열수공정 중 조절될 것으로 판단되나, 토양에 다수 존재하는 포자 형성균인 *Bacillus* spp. 및 *Clostridium* spp.의 오염은 열수추출 공정 중 제어되지 않고 두부에 전이되어 추후 성장과 함께 식중독을 유발할 가능성을 가지고 있음.
- 그림 5-13은 두부를 10°C 14일 저장 이전과 이후, 두부에 존재하는 미생물 군집을 pyro-sequencing에 의해 분석한 결과를 도시함.
- 두부에 존재하는 미생물의 군집은 10°C 14일 저장 이전 발견된 *Lactobacillales*, *Enterobacteriales* 목의 총 19 종의 박테리아는 10°C 14일 저장 이후 발견되지 않는 등 저장 이전과 이후 미생물 군집에 상이한 결과를 나타냄.

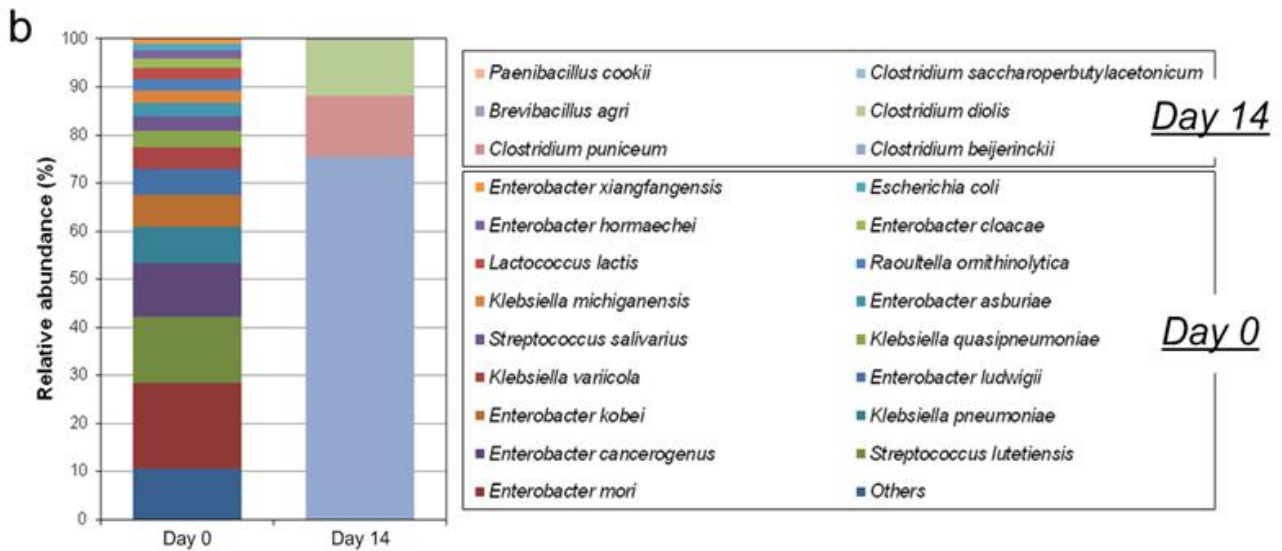
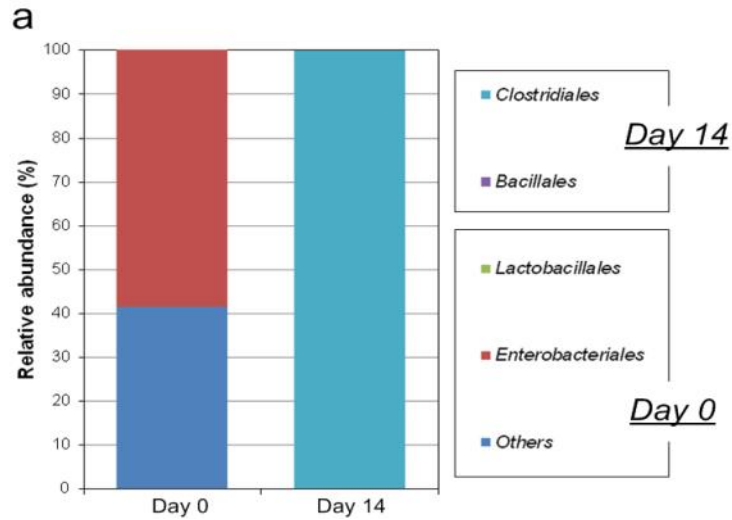


그림 5-13. 두부저장 간 미생물 군집 변화 조사를 위한 pyro-sequencing 결과
 (a) 박테리아의 order 수준의 군집 변화, (b) 박테리아의 species 수준의 군집 변화

- 10°C 14일 저장 후 포자를 형성하는 *Clostridiales* 및 *Bacillales* 목의 박테리아가 우점하며, 특히 *Clostridiales* 목의 3종의 *Clostridium* spp. (*Clostridium beijerinckii*, *Clostridium puniceum*, *Clostridium diolis*)이 전체의 99.8% 이상을 차지함.
- 따라서 두부의 경우 토양에서 유래된 것으로 추정되는 포자 형성균인 *Clostridium* spp. 포자의 오염과 저장 중 포자의 발아 및 성장이 두부 부패의 주요 원인인 것으로 판단됨.
- 두부와 같이 미생물의 오염이 토양에서 유래되는 경우 포자 형성균의 오염 방지 및 제어 유무에 따라 저장 간 미생물 안전성이 결정되는 것으로 판단됨.

제 6 절 식중독세균 성장 특성 조사를 통한 중요 관리방안(조건) 설정

1. 실험재료 및 방법

가. PMP (pathogen modeling program)을 이용한 식중독세균 성장특성 조사

- USDA (United States Department of Agriculture)에서 제공하는 Pathogen Modeling Program (PMP) Online site (<http://pmp.ercr.usda.gov/PMPOnline.aspx>)를 이용한 식중독세균의 성장특성 조사 및 분석하였음.

(1) 식중독균 성장특성 분석 모델

- 전년도 연구수행을 통해 도출된 최적 모델인 modified-Gompertz 모델에 의한 식중독균 성장 특성 분석함(Brandao 등, 2013).

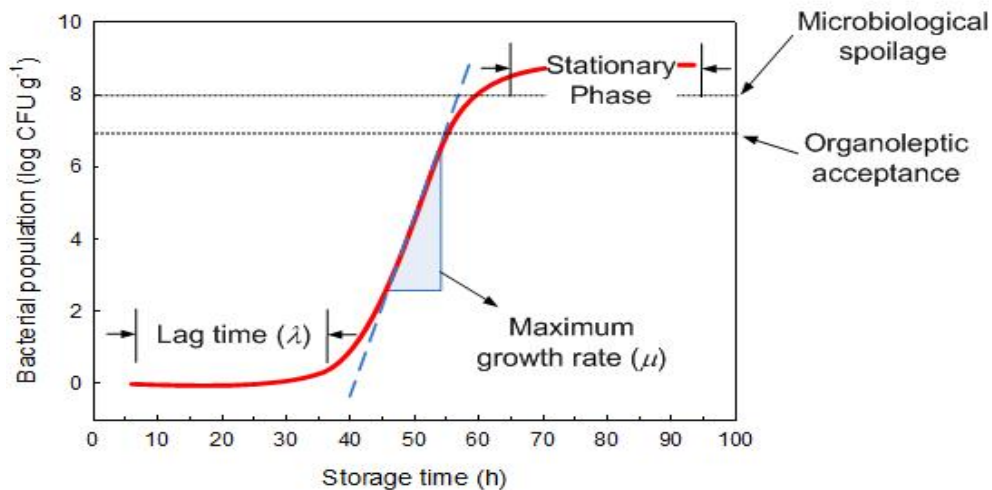


그림 6-1. 세균성장 성장 곡선 및 성장특성

$$N = A \cdot \exp(-\exp((\mu \cdot e \cdot (\lambda - t) / A + 1)))$$

, where N is the bacterial population at time (t) and A is N_{\max}/N_0 .

Equation 1. 식중독균 성장특성 분석에 사용된 modified-Gompertz equation

(2) PMP 분석의 대상 식중독균

- 신선식품에서 검출될 수 있는 5종의 식중독균을 선정하여 PMP 분석하였음.
- PMP 분석 대상 식중독균: *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *S. aureus*, *B. cereus*

(3) 식중독균 성장특성의 환경적 변이요소

- 신선식품 저장 및 유통 간 신선식품에 오염된 미생물의 성장은 영양소, 온도에 의해 영향을

받으며, 본 연구의 경우 두부 및 쇠고기와 같은 단일식품의 저장에 따른 미생물 성장특성 변이 분석을 목적으로 하는바 온도에 따른 중독균 성장특성 변이를 분석함.

- 온도조건: 두부는 10, 15, 20, 25, 30°C, 쇠고기는 5, 10, 15, 20, 25°C에서의 성장특성을 분석하였음.

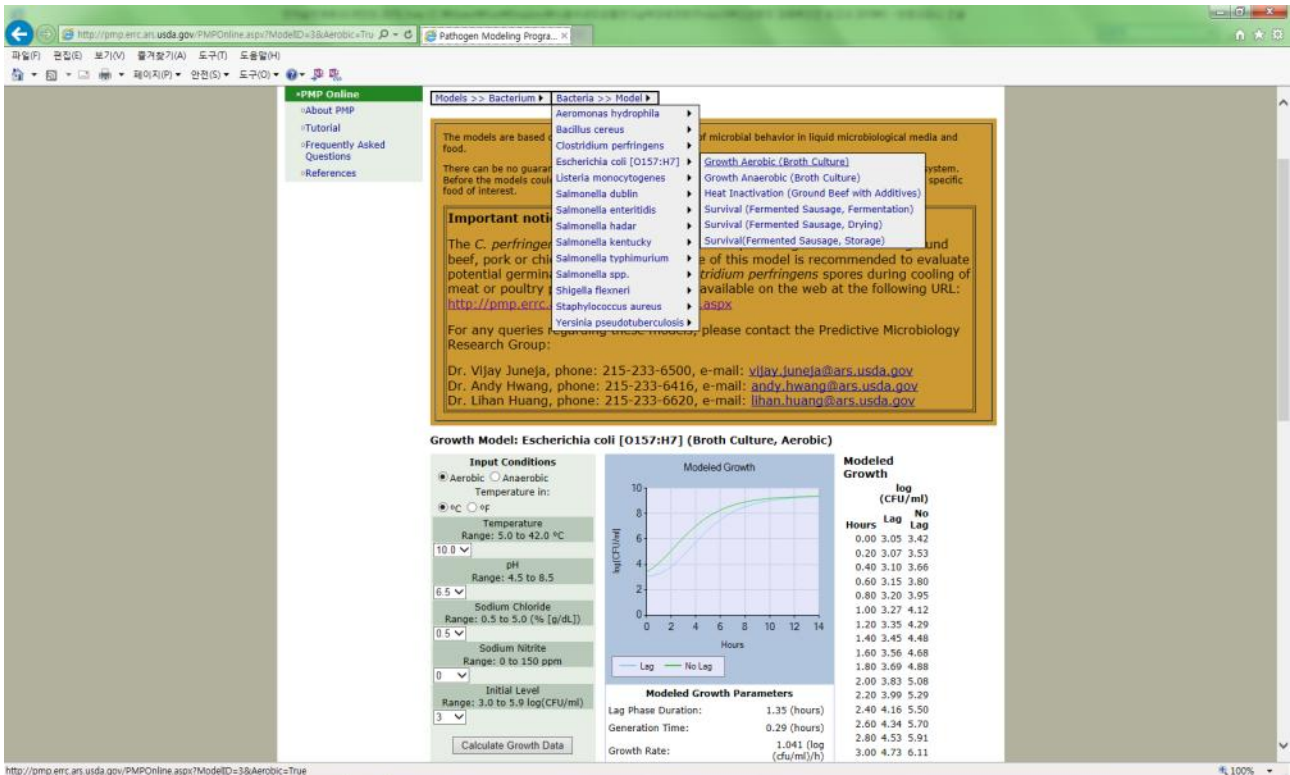


그림 6-2. USDA 제공 PMP 분석의 예시

나. 신선식품 오염 식중독균의 배지내 성장 및 성장특성 분석

- PMP를 이용한 식중독균 성장특성의 이론적 분석결과 검증에 위해 신선식품의 주요 식중독균의 배지내 성장을 측정하고 그 특성을 분석하여 PMP 결과와 비교 검증함.

(1) 배지 내 성장특성 분석의 대상 식중독균

- PMP 분석에 적용된 5종의 식중독균 중 섭취 시 유해성에 따른 4종의 식중독균을 선발함. (*E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella Typhimurium*)
- 특히 대상 식중독균의 배지 및 식품내 성장환경 유사성을 유도하기 위해 대상 식중독균의 동일 종 중 다수의 아종을 혼합하여 배지에 접종하고 성장을 측정하고 특성을 분석함.

(2) Modified-Gompertz equation을 이용한 식중독균 성장특성 분석

- 식중독균의 성장특성은 앞서 기술한바와 같이 지체기 시간 (lag time, λ), 최대성장속도 (maximum growth rate, μ), 최대성장수준 (maximum population density, N_{max})로 대표됨.
- 각 식중독균 성장곡선 측정 후 성장곡선을 modified-Gompertz equation을 이용한 회귀곡선을 작성하고 분석하여 식중독균의 성장특성 분석하였음.

- Modified-Gompertz equation을 이용한 회귀곡선 작성은 전년도 분석의 내용과 같으며, 회귀곡선 작성 및 분석은 Graphpad prism software (Ver. 5, Graphpad Software, Inc., San Diego, CA, USA)를 이용하여 수행하였음.

(3) 식중독균 성장곡선 측정

(가) *Listeria monocytogenes*

- *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*) ATCC 7644, *L. monocytogenes* ATCC 19116, *L. monocytogenes* ATCC 19117 3종을 cocktail하여 성장특성 분석함.
- 3종의 *L. monocytogenes*를 각각 10ml의 Typtone soya broth(TSB)(Oxoid, England)에 접종하여 37°C에서 24시간 전배양, 본배양 후 분석에 사용함.
- 3종의 균을 일정량 섞은 후 단계적으로 십진 희석하여 초기 균수가 3 log CFU/ml이 되도록 100ml의 TSB(Oxoid)에 접종함.
- *L. monocytogenes*가 접종된 TSB(Oxoid)를 각각 5, 10, 20, 30°C에 배양하면서, 각 온도 조건에 따라 일정한 시간마다 배양액을 취하여 Tryptone soya agar(TSA)(Oxoid)에 도말하고, 배양 후 형성된 집락수를 계수하고 희석배수를 곱하여 균수를 측정함.

(나) *E. coli* O157:H7

- *E. coli* O157:H7 ATCC 43895, *E. coli* O157:H7 ATCC 35150, *E. coli* O157:H7 ATCC 43894 3종을 cocktail하여 성장특성 분석함.
- 3종의 *E. coli* O157:H7를 각각 10ml의 Typtone soya broth(TSB)(Oxoid)에 접종하여 37°C에서 24시간 전배양, 본배양 후 분석에 사용함.
- 3종의 균을 일정량 섞은 후 단계적으로 십진 희석하여 초기 균수가 3 log CFU/ml이 되도록 100ml의 TSB(Oxoid)에 접종함.
- *E. coli* O157:H7가 접종된 TSB(Oxoid)를 각각 5, 10, 20, 30°C에 배양하면서, 각 온도 조건에 따라 일정한 시간마다 배양액을 취하여 Tryptone soya agar(TSA)(Oxoid)에 도말하고, 배양 후 형성된 집락수를 계수하고 희석배수를 곱하여 균수를 측정함.

(다) *Staphylococcus aureus*

- *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 29213, *S. aureus* ATCC 12600 3종을 cocktail하여 성장특성 분석함.
- 3종의 *S. aureus*를 각각 10ml의 Typtone soya broth(TSB)(Oxoid)에 접종하여 37°C에서 24시간 전배양, 본배양 후 분석에 사용함.
- 3종의 균을 일정량 섞은 후 단계적으로 십진 희석하여 초기 균수가 3 log CFU/ml이 되도록 100ml의 TSB(Oxoid)에 접종함.
- *S. aureus*가 접종된 TSB(Oxoid)를 각각 5, 10, 20, 30°C에 배양하면서, 각 온도 조건에 따라 일정한 시간마다 배양액을 취하여 Tryptone soya agar(TSA)(Oxoid)에 도말하고, 배양 후 형성된 집락수를 계수하고 희석배수를 곱하여 균수를 측정함.

(라) *Salmonella* Typhimurium

- *Salmonella* Typhimurium (*S. Typhimurium*) ATCC 19585, *S. Typhimurium* DT 104, *S.*

Typhimurium PT 10 3종을 cocktail하여 성장특성 분석함.

- 3종의 *S. Typhimurium*를 각각 10ml의 Tryptone soya broth(TSB)(Oxoid)에 접종하여 37°C에서 24시간 전배양, 본배양 후 분석에 사용함.
- 3종의 균을 일정량 섞은 후 단계적으로 십진 희석하여 초기 균수가 3 log CFU/ml이 되도록 100ml의 TSB(Oxoid)에 접종함.
- *S. Typhimurium*가 접종된 TSB(Oxoid)를 각각 5, 10, 20, 30°C에 배양하면서, 각 온도 조건에 따라 일정한 시간마다 배양액을 취하여 Tryptone soya agar(TSA)(Oxoid)에 도말하고, 배양 후 형성된 집락수를 계수하고 희석배수를 곱하여 균수를 측정함.

다. 신선식품(쇠고기, 두부)의 주요 오염 식중독균 분리, 동정 및 분리된 식중독균의 식품 내 성장특성 분석

(1) 식품(두부, 쇠고기)내 성장특성 분석 대상 식중독균

- 전년도 연구수행 및 PMP 분석결과 국내 유통 신선식품(두부, 쇠고기)에서 검출이력이 존재하며, 섭취 시 위해성을 내포하는 식중독균을 선별하여 대상 식중독균으로 사용함.
- 두부의 경우 전년도 연구수행 중 국내 유통 두부에서 검출이력이 존재하는 *S. aureus*와 *B. cereus*를 대상으로 두부에서 분리, 동정하여 연구에 사용함.
- 쇠고기의 경우 전년도 연구수행 중 국내 유통 쇠고기에서 검출이력이 존재하는 *L. monocytogenes* 및 *S. aureus*를 대상으로 쇠고기에서 분리, 동정하여 연구에 사용함.

(2) 신선식품(쇠고기, 두부) 주요 오염 식중독균 분리, 동정

(가) 쇠고기 내 *S. aureus*, *L. monocytogenes* 분리, 동정

- 쇠고기에 주로 존재한다는 식중독 세균인 *S. aureus*, *L. monocytogenes*를 대상으로 쇠고기에서 검출하였음.
- 본 실험의 재료인 쇠고기는 서울 성북구 일대 대형 마트에서 구매하였음.
- *S. aureus*를 검출하기 위하여 쇠고기 25g을 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣고 10% NaCl이 첨가된 TSB(Oxoid) 225ml을 가하고 2분간 균질화 한 뒤 37°C에서 24~48h 배양 후 단계적으로 십진 희석하여 tellurite egg yolk emulsion(Oxoid)이 첨가된 Baird-Parker(Oxoid)에 도말한 다음 37°C에서 48시간 배양 후, 투명한 환에 둘러싸인 광택의 검정색 집락을 분리함.
- *L. monocytogenes*를 검출하기 위하여 쇠고기 25g을 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣고 *Listeria* selective enrichment supplement가 첨가된 *Listeria* enrichment broth (UVM)(Oxoid) 225ml을 가하고 2분간 균질화 한 뒤 30°C에서 24~48h 배양 후 단계적으로 십진 희석하여 *Listeria* selective supplement(Oxoid)이 첨가된 Oxford agar(Oxoid)에 도말한 다음 30°C에서 48시간 배양 후, 검은색 환이 있는 갈색 집락을 분리함.
- 분리된 *S. aureus*, *L. monocytogenes* 의심 집락은 DNA 추출 후, PCR과 16S rRNA sequencing을 통하여 동정함.

표 6-1. 쇠고기에서의 *L. monocytogenes*, *S. aureus* 검출을 위한 PCR 프라이머 염기서열

균종	유전자	염기서열	결과확인
<i>L. monocytogenes</i>	<i>hlyA</i>	(F) 5'-GCA GTT GCA AGC GCT TGG AGT GAA-3' (R) 5'-GCA ACG TAT CCT CCA GAG TGA TCG-3'	456bp
<i>S. aureus</i>	<i>nuc</i>	(F) 5'-GCG ATT GAT GGT GAT ACG G-3' (R) 5'-CAA GCC TTG ACG AAC TAA AGC-3'	275bp

표 6-2. 쇠고기에서의 검출된 *L. monocytogenes*, *S. aureus* 동정을 위한 16S rRNA sequencing 프라이머 염기서열

Universal primer	염기서열
27F	5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3'
1492R	5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3'

(3) 두부 내 *S. aureus* 및 *B. cereus* 분리 및 동정

- 두부에 주로 존재한다는 식중독세균인 *S. aureus*, *B. cereus*를 대상으로 두부에서 검출하였음.
- 본 실험의 재료인 두부는 서울 성북구 일대 대형 마트 및 시장에서 구매하였음.
- *S. aureus*를 검출하기 위하여 두부 25g을 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣고 10% NaCl이 첨가된 TSB(Oxoid) 225ml을 가하고 2분간 균질화 한 뒤 단계적으로 십진 희석하여 tellurite egg yolk emulsion(Oxoid)이 첨가된 Baird-Parker(Oxoid)에 도말한 다음 37°C에서 48시간 배양 후, 투명한 환에 둘러싸인 광택의 검정색 집락을 분리함.
- *B. cereus*를 검출하기 위하여 두부 25g을 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣고 MYP broth(Oxoid) 225ml을 가하고 2분간 균질화 한 뒤 단계적으로 십진 희석하여 egg yolk emulsion(Oxoid), polymyxin B(Oxoid)이 첨가된 MYP agar(Oxoid)에 도말한 다음 30°C에서 24시간 배양 후, 집락 주변에 lecithinase 양성으로 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 분리함.
- 분리된 *S. aureus*, *B. cereus* 의심 집락은 DNA 추출 후, PCR과 16S rRNA sequencing을 통하여 동정함.

표 6-3. 두부에서의 *B. cereus*, *S. aureus* 검출을 위한 PCR 프라이머 염기서열

균종	유전자	염기서열	결과확인
<i>B. cereus</i>	<i>cytK</i>	(F) 5'-TGC TAG TAG TGC TGT AAC TC-3' (R) 5'-CGT TGT TTC CAA CCC AGT-3'	881bp
<i>S. aureus</i>	SEA	(F) 5'-CCT TTG GAA ACG GTT AAA ACG-3' (R) 5'-TCT GAA CCT TCC CAT CAA AAA C-3'	127bp
	SEB	(F) 5'-TCG CAT CAA ACT GAC AAA CG-3' (R) 5'-GCA GGT ACT CTA TAA GTG CCT GC-3'	477bp

표 6-4. 두부에서의 검출된 *B. cereus*, *S. aureus* 동정을 위한 16S rRNA sequencing 프라이머 염기서열

Primer	염기서열
27F	5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3'
1492R	5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3'

라. 신선식품에서 분리, 동정된 식중독균의 성장 특성 분석

(1) 소고기 분리균주 성장곡선 측정

- 소고기에서 분리한 식중독세균 *S. aureus*, *L. monocytogenes*를 대상으로 소고기에서의 성장을 측정함.
- 저장온도는 5, 10, 15, 20, 25℃로 설정하여 각각의 온도에서 *S. aureus*, *L. monocytogenes*의 성장을 측정함.
- 소고기 10g을 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣고 초기 균수가 2-3 log CFU/g 수준이 되도록 *S. aureus*, *L. monocytogenes*를 각각 접종하여 5, 10, 15, 20, 25℃에 저장하며 각 온도 조건에 따라 일정한 시간마다 성장을 측정함.
- 성장 측정을 위하여 소분된 10g의 소고기에 멸균 0.85% saline 90ml을 넣고 2분간 균질화시킨 후 단계적으로 십진 희석하여 *S. aureus*, *L. monocytogenes* 각각의 선택배지인 tellurite egg yolk(Oxoid)가 첨가된 Baird-Parker(Oxoid), *Listeria* selective supplement(Oxoid)이 첨가된 Oxford agar(Oxoid)에 도말, 배양한 후 의심 집락을 계수함.

(2) 두부 분리균주 성장 측정

- 두부에서 분리한 식중독세균 *S. aureus*, *B. cereus*를 대상으로 두부에서의 성장을 측정함.
- 저장온도는 10, 15, 20, 25, 30℃로 설정하여 각각의 온도에서 *S. aureus*, *B. cereus*의 성장을 측정함.
- 두부 10g을 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣고 초기 균수가 2-3 log CFU/g 수준이 되도록 *S. aureus*, *B. cereus*를 각각 접종하여 10, 15, 20, 25, 30℃에 저장하며 각 온도 조건에 따라 일정한 시간마다 성장을 측정함.
- 성장 측정을 위하여 소분된 10g의 두부에 멸균 0.85% saline 90ml을 넣고 2분간 균질화시킨 후 단계적으로 십진 희석하여 *S. aureus*, *B. cereus* 각각의 선택배지인 tellurite egg yolk(Oxoid)가 첨가된 Baird-Parker(Oxoid), egg yolk emulsion(Oxoid), polymyxin B (Oxoid)가 첨가된 MYP agar(Oxoid)에 도말, 배양한 후 집락을 계수함.

(3) Modified-Gompertz equation을 이용한 식중독균 성장특성 분석

- 식중독균의 성장특성은 앞서 기술한바와 같음.
- 식중독균의 성장특성은 Graphpad prism software을 이용한 성장곡선의 modified-Gompertz equation 회귀곡선 작성을 통해 수행되었으며, 분석을 통해 산출된 환경조건에 따른 λ , μ , N_{max} 정량값을 비교하여 분리, 동정된 식중독균의 성장특성을 이해함.

표 6-5. 식중독균 성장특성 분석에 사용된 modified-Gompertz model

Models	Equation
modified -Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp[-\exp(2.718 \times \frac{\mu_{\max}}{C}) \times (\lambda - t) + 1]$ <ul style="list-style-type: none"> ◆ N_0: initial number of microbe ◆ C: difference between N_0 and N_{\max} ◆ λ: lag time ◆ μ_{\max}: maximum growth rate

2. 연구결과

가. PMP (pathogen modeling program)을 이용한 신선식품 주요 오염 식중독균의 성장특성 분석

(1) 온도조건에 따른 신선식품 오염 식중독균의 성장특성의 PMP 분석

- 미생물의 성장특성은 lag time (λ), maximum growth rate (μ)로 표현될 수 있으며, 영양조건, 온도에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려졌다.
- 본 연구는 신선식품(두부, 쇠고기)내 식중독균 성장특성분석을 목적으로 하는바 영양성분 변화에 의한 식중독균 성장특성 변화보다 온도에 의한 성장특성변화 분석을 수행함.
- λ 은 미생물이 성장을 위한 환경적응 및 대사물질 생산에 요구되는 시간으로써 온도 상승에 따라 감소되는 것으로 분석됨. 또한 미생물의 성장은 온도에 의해 가속됨에 따라 PMP 분석결과 μ 는 온도에 따라 증가되는 것으로 분석됨.

(가) 온도에 따른 *E. coli* O157:H7 성장의 PMP 분석

- *E. coli* O157:H7의 PMP분석 결과 10℃와 15℃를 비교한 결과, 온도증가에 따라 *E. coli* O157:H7 lag time은 약 3배 감소했으며 growth rate는 약 2.5배 증가하였음.
- 저장온도가 10℃ 보다 높아질 경우 *E. coli* O157:H7의 성장이 급속하게 증가함.
- 10℃에서 lag time은 각각 *L. monocytogenes* 약 350 h, *S. aureus* 약 330 h, *B. cereus* 약 150 h, *E. coli* O157:H7는 약 60 h로 나타남. *E. coli* O157:H7이 다른 균에 비해 lag time이 상당히 짧은 것으로 확인됨.
- 10℃ 및 15℃에서 *E. coli* O157:H7의 lag time은 각각 약 62 및 20 h을 나타낸 반면, *L. monocytogenes* 의 경우 동일조건에서 약 350 및 180 h을 나타냄.
- 20℃에서 성장할 경우 최종균수는 9 log CFU/mL 수준에 도달함.
- 25℃(상온)에서 lag time이 4.09 h로 상당히 짧음에 따라 냉장보관 시 유의해야함.
- PMP 분석결과 *E. coli* O157:H7는 다른 식중독균 특히 *L. monocytogenes*에 비해 비교적 빠르게 성장하며, 짧은 lag time을 나타내는 것으로 분석됨에 따라 *E. coli* O157:H7가 신선식품에 오염될 경우 다른 식중독균에 비해 단시간 내에 위험 수준으로 증식될 가능성이 존재함. 따라서 *E. coli* O157:H7 오염이 빈번한 신선식품은 유통 및 저장 중 온도관리에 유의해야 할 것으로 판단됨.

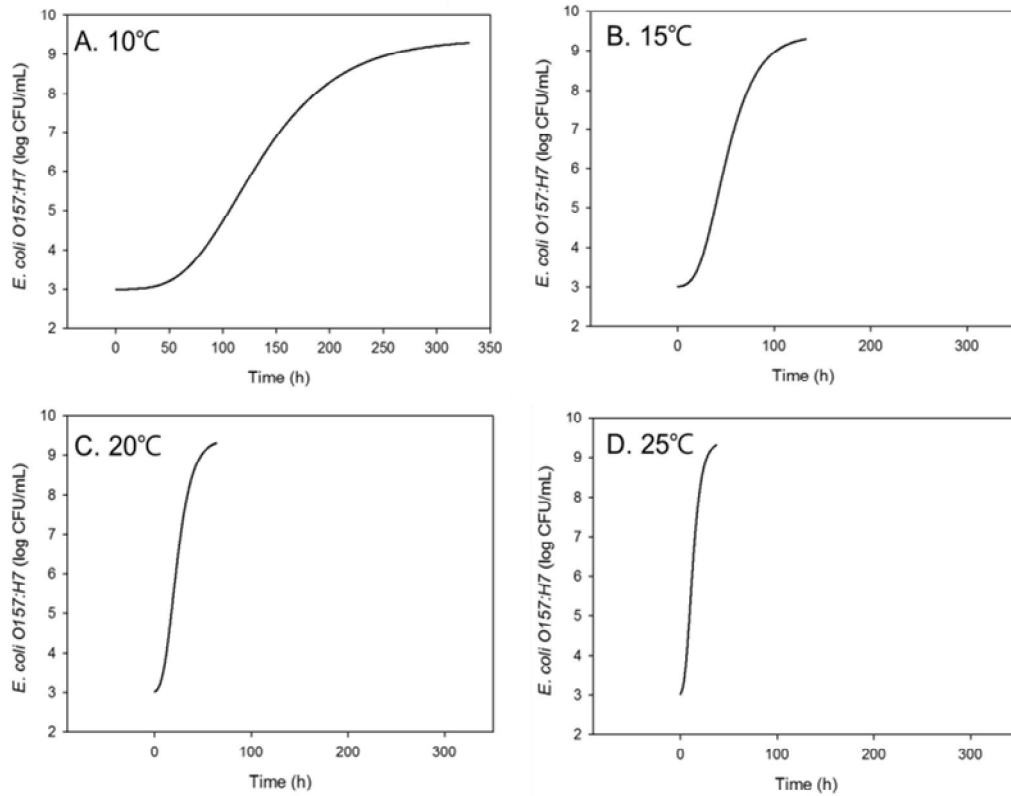


그림 6-3. PMP 분석을 통한 배지 내 *E. coli* O157:H7 의 성장특성 분석 및 예측

표 6-6. Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지 내 *E. coli* O157:H7 의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time, λ (h)	Maximum growth rate, μ (log CFU/mL/h)
10	62.14	0.045
15	20.17	0.108
20	8.14	0.218
25	4.09	0.378

(나) 온도에 따른 *L. monocytogenes* 성장의 PMP 분석

- *L. monocytogenes*의 PMP 분석에 따르면 온도를 10°C에서 15°C로 증가시킬 경우, lag time 이 약 2배 감소 및 growth rate의 약 2배 증가될 것으로 추정됨.
- 25°C에서 *L. monocytogenes* 및 *E. coli* O157:H7의 lag time은 각각 60, 4 h로 분석됨.
- *E. coli* O157:H7의 경우 25°C에서 maximum growth rate가 0.378로 나타났고, *L. monocytogenes*의 경우 동일온도에서 0.091로 나타나 약 4배정도 차이가 나는 것을 확인하였음.
- 따라서 *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7을 상온(25°C)에서 저장할 경우 *L. monocytogenes* population의 위험수준 도달 시간은 *E. coli* O157:H7에 비해 15배 이상 느릴 것으로 판단됨.

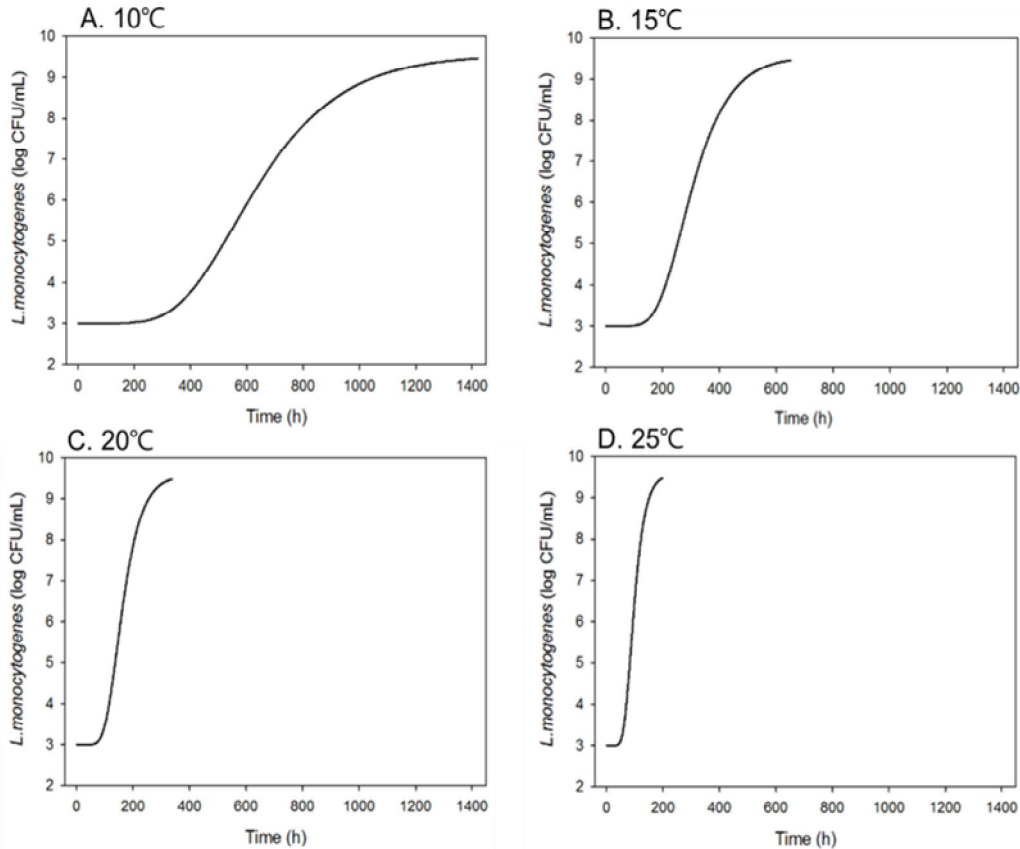


그림 6-4. PMP 분석을 통한 배지 내 *L. monocytogenes* 의 성장특성 분석 및 예측

표 6-7. Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지 내 *L. monocytogenes* 의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time, λ (h)	Maximum growth rate, μ (log CFU/mL/h)
10	350.68	0.012
15	177.04	0.026
20	98.37	0.052
25	60.16	0.091

(다) 온도에 따른 *Salmonella* spp. 성장의 PMP 분석

- PMP database는 일반적으로 배지 내 식중독균 성장특성을 제시하고 있는 반면 *Salmonella* spp.의 경우 최고기에서 *Salmonella* spp. 성장특성을 제시함. 그림 7-5 및 표 7-8 은 최고기내 *Salmonella* spp. 성장특성의 PMP 분석결과를 도시하고 있음.
- *Salmonella* spp.의 lag time을 *E. coli* O157:H7과 비교할 경우, 20°C에서 *E. coli* O157:H7의 lag time은 약 8 h인 반면 *Salmonella* spp.은 약 4 h로 나타남. 또한 다른 온도조건 역시 *Salmonella* spp.의 lag time 및 maximum growth rate은 *E. coli* O157:H7 및 기타 식중독균에 비해 각각 짧고, 빠른 결과를 나타냄.

- 동일조건에서 다른 균보다 성장이 빠른 균인 *E. coli* O157:H7 보다 lag time이 2배 정도 빠른 것을 확인하였음.
- *Salmonella* spp.는 다른 식중독균에 비해 환경에 잘 적응하며, 성장이 빠름에 따라 신선식품의 *Salmonella* spp. 안전성을 확보하기 위해 신선식품 유통 및 저장 간 철저한 온도관리가 요구될 것으로 판단됨.

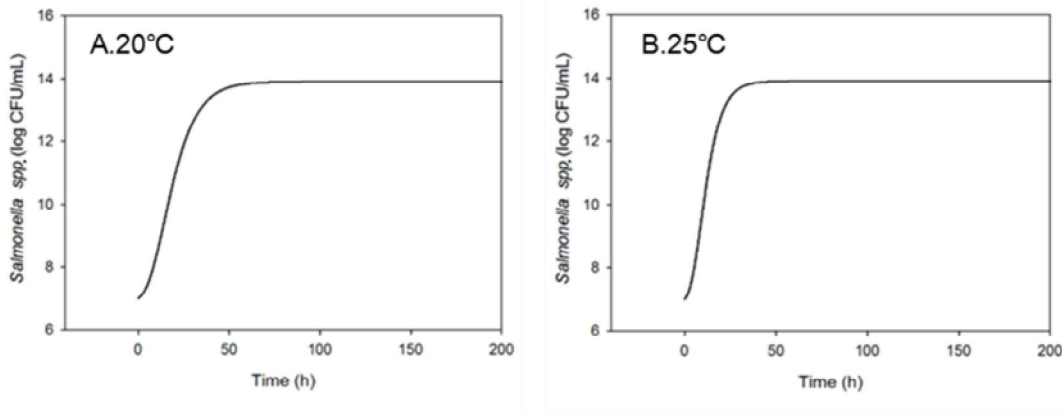


그림 6-5. PMP 분석을 통한 쇠고기에서 *Salmonella* spp. 의 성장특성 분석 및 예측

표 6-8. Gompertz 회귀곡선을 이용한 쇠고기에서 *Salmonella* spp. 의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time, λ (h)	Maximum growth rate, μ (log CFU/mL/h)
20	4.5	0.261
25	2.9	0.416

(라) 온도에 따른 *S. aureus* 성장의 PMP 분석

- PMP 분석결과 *S. aureus*의 온도조건을 10°C 이상으로 증가시킬 경우 성장특성에 큰 변화가 나타날 것으로 분석됨.
- 10°C에서 *S. aureus*의 lag time 및 maximum growth rate은 각각 약 330 h 및 0.02인 반면, 15°C에서 lag time 및 maximum growth rate은 각각 약 100 h 및 0.06으로 분석됨.
- 온도를 10°C에서 15°C로 증가시킬 경우, *S. aureus* lag time은 약 3배 감소되고 growth rate는 약 2.5배 증가할 것으로 추정됨.
- *S. aureus* 오염에 취약한 신선식품의 경우 유통 및 저장 간 온도관리에 유의해야 할 것으로 판단되며, 허용될 수 있는 온도 범위는 10°C로 추정됨.

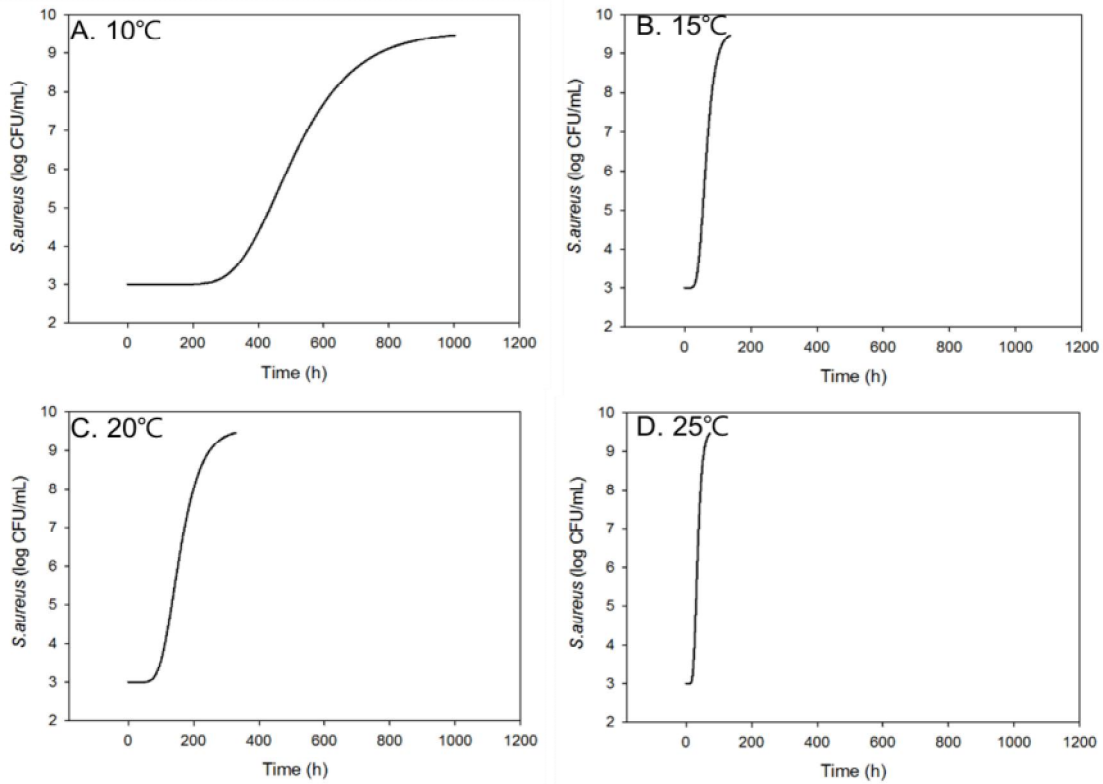


그림 6-6. PMP 분석을 통한 배지 내 *S. aureus* 의 성장특성 분석 및 예측

표 6-9. Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지에서의 *S. aureus* 의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time, λ (h)	Maximum growth rate, μ (log CFU/mL/h)
10	328.51	0.019
15	95.31	0.054
20	38.50	0.128
25	21.65	0.252

(마) 온도에 따른 *B. cereus* 성장의 PMP 분석

- PMP분석 결과 10°C에서 *B. cereus*의 lag time 및 maximum growth rate은 각각 약 150 h 및 0.1 로 분석되었고 15°C에서 lag time 및 maximum growth rate은 각각 약 40 h 및 0.2 로 분석됨.
- *B. cereus* 성장특성의 변화량은 온도를 10°C 이상으로 상승시킬 경우 가장 높은 것으로 분석되었고 이는 다른 식중독균의 성장특성과 유사함.
- *B. cereus*의 maximum population density는 약 8 log CFU/mL로 분석됨. 타 식중독균의 maximum population density는 약 9 log CFU/mL 수준으로 분석됨.
- *B. cereus*의 성장특성을 식중독균의 성장특성과 비교할 경우 *B. cereus*는 타 식중독균에 비해 환경적응성이 뛰어나 짧은 lag time과 빠른 maximum growth rate를 나타내는 반면 maximum population density는 타 식중독균에 비해 낮은 것으로 분석됨.

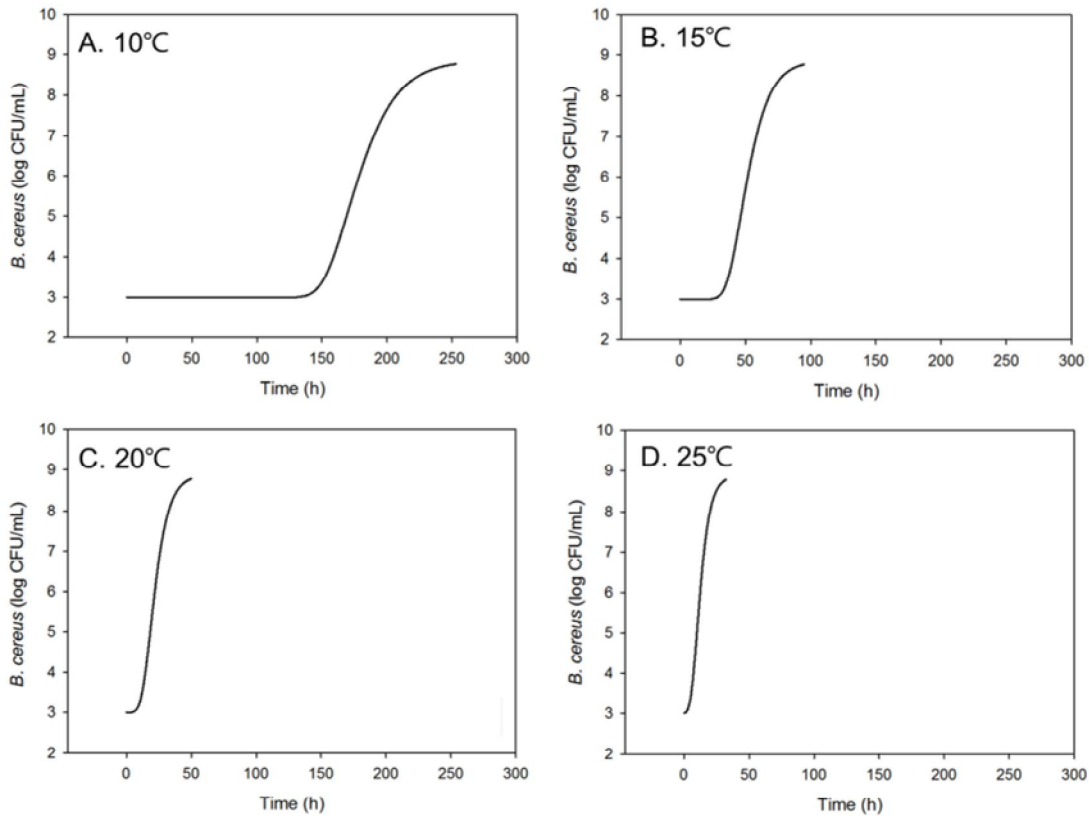


그림 6-7. PMP 분석을 통한 배지 내 *B. cereus* 의 성장특성 분석 및 예측

표 6-10. Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지 내 *B. cereus* 의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time, λ (h)	Maximum growth rate, μ (log CFU/mL/h)
10	150.21	0.107
15	35.29	0.184
20	11.34	0.288
25	4.99	0.410

(바) 식중독균 간 PMP 분석결과 비교

- *E. coli*와 *B. cereus*의 PMP분석 결과 타 식중독균에 비해 짧은 lag time을 나타내는 것으로 분석됨.
- *L. monocytogenes*는 저온 적응성이 뛰어나며, 타 미생물에 비해 저온 성장이 빠른 것으로 알려져 있으나 (Kim 등, 2010), PMP 분석결과 저온에서 *L. monocytogenes*의 성장은 타 식중독균에 비해 느린 것으로 분석됨.
- 전년도에 수행된 신선식품내 식중독균 모니터링 연구 결과에 따르면, 쇠고기내 *L. monocytogenes* 검출 이력과 두부내 *B. cereus* 검출이력이 존재하며, 또한 당해연도에 수행한 추가적 모니터링 결과 쇠고기에서 *L. monocytogenes* 및 *S. aureus*과 두부에서 *B. cereus* 및 *S. aureus*가 검출된 바 있음.

- *L. monocytogenes* 및 *B. cereus*는 토양에 빈번하게 존재하는 식중독균으로 채소 및 두류 가공품과 같은 신선식품 오염이 빈번한 것으로 알려져 있으며, *S. aureus*는 환경에 널리 존재하며, 신선식품 취급자에 의해 오염되어 식중독을 유발하는 것으로 보고된바 있음 (Kluytmans 등, 2005).
- 특히 *S. aureus*는 일반적으로 신선식품 유통 및 저장온도(20°C 미만) 보다 높은 온도조건에서 lag time이 현저히 감소됨에 따라 신선식품 섭취를 통한 식중독 발생의 위험성을 내재함.
- 따라서 PMP 분석결과, 전년도, 당해연도 연구결과에 따라 신선식품은 *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *S. aureus*에 취약한 것으로 판단됨.

(2) 신선식품 오염 식중독균의 배지내 성장 및 성장특성 분석

- PMP database의 경우 10°C 미만에서 식중독균 성장 data 및 *Salmonella* spp.의 배지 내 성장 data가 부재함. 따라서 식중독균 성장특성에 대한 해당 조건 분석을 위해 신선식품의 주요 오염 식중독균의 배지내 성장특성을 측정하고 그 특성을 분석함.
- 분석에 사용된 예측 모델은 PMP에 적용된 modified-Gompertz equation을 적용함.
- PMP 분석에서 관찰한 바와 같이 식중독균은 배지 내에서 온도의 증가에 따른 lag time 감소 및 maximum growth rate 증가가 관찰됨.

(가) 온도에 따른 배지 내 *E. coli* O157:H7의 성장 측정 및 성장특성 분석

- *E. coli* O157:H7는 5°C에서 성장이 활발하지 못하여 stationary phase에 도달하지 못함.
- 타 온도구간에 비해 저장온도가 10°C 보다 높아질 경우 *E. coli* O157:H7의 lag time 및 maximum growth rate가 급격하게 변화됨.
- 20°C와 30°C에서 *E. coli* O157:H7의 lag time은 각각 5.39 및 1.92을 나타냄. *E. coli* O157:H7의 lag time의 타 식중독균에 비해 다소 짧은 것으로 나타남에 따라 *E. coli* O157:H7은 타 식중독균에 비해 환경적응성이 뛰어나며 뛰어난 환경적응성에 따른 짧은 lag time을 나타내는 것으로 판단됨.
- 성장속도는 20°C에서 *E. coli* O157:H7의 경우 0.29, *L. monocytogenes*에서 0.2, *S. aureus*에서 0.19로 *E. coli* O157:H7가 가장 높음.
- *E. coli* O157:H7 성장곡선 측정 및 modified-Gompertz equation에 의한 성장특성 분석에 따르면, *E. coli* O157:H7를 배지에서 성장시킬 경우 maximum population density는 약 9 log CFU/mL로 분석됨.

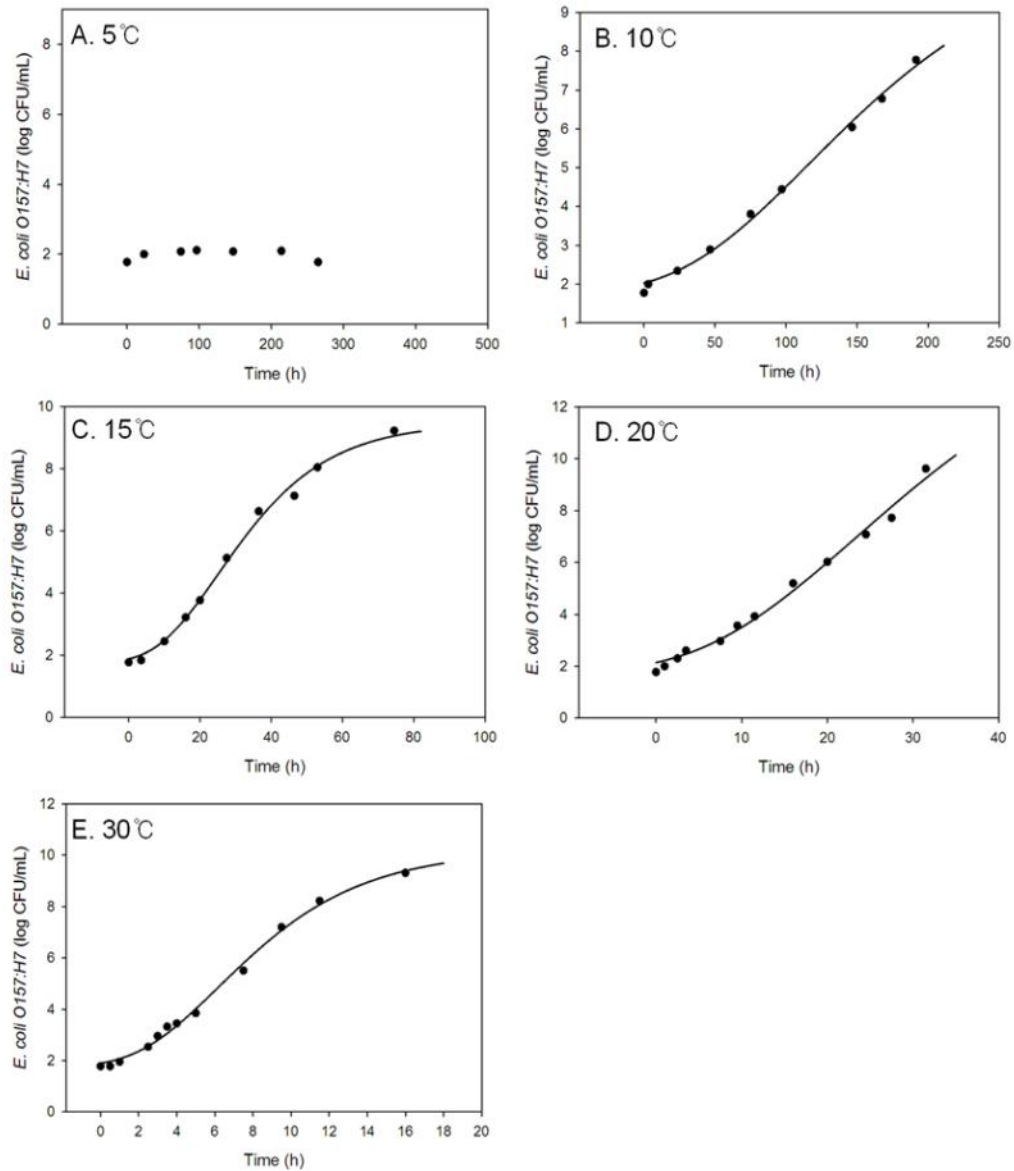


그림 6-8. 온도에 따른 배지 내 *E. coli* O157:H7의 성장곡선

표 6-11. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지에서 온도조건에 따른 *E. coli* O157:H7의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE	R ²	Bias
5°C	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
10°C	25.37	0.04	0.29	0.98	1.02
15°C	7.76	0.16	0.24	0.99	1.00
20°C	5.39	0.29	0.24	0.99	1.01
30°C	1.92	0.72	0.16	1.00	1.00

(나) 온도에 따른 배지 내 *L. monocytogenes*의 성장곡선

- PMP 분석결과에 따라 5°C, 배지내 *L. monocytogenes*의 미미한 성장이 예상되었으나, 본 연구팀이 수행한 성장측정결과 배지내 *L. monocytogenes*의 5°C 성장이 관찰됨. 또한 *L. monocytogenes*를 제외한 식중독균은 5°C에서 원활히 성장하지 못함.
- 5°C에서는 lag time이 68.78인 반면 10°C에서는 19.41, 15°C에서는 6.77로 5°C에서 10°C로 온도가 변할 때 lag time이 급격히 변화하였음.
- 앞서 수행한 PMP 분석에서 나타난바와 같이 온도증가에 따라 lag time의 감소 및 maximum growth rate의 증가가 관찰됨.
- R² 값은 5, 10, 15, 20, 30°C에서 각각 0.87, 0.97, 0.99, 0.98, 1.00을 나타내어 분석결과는 통계적으로 적합한 것으로 판단됨.

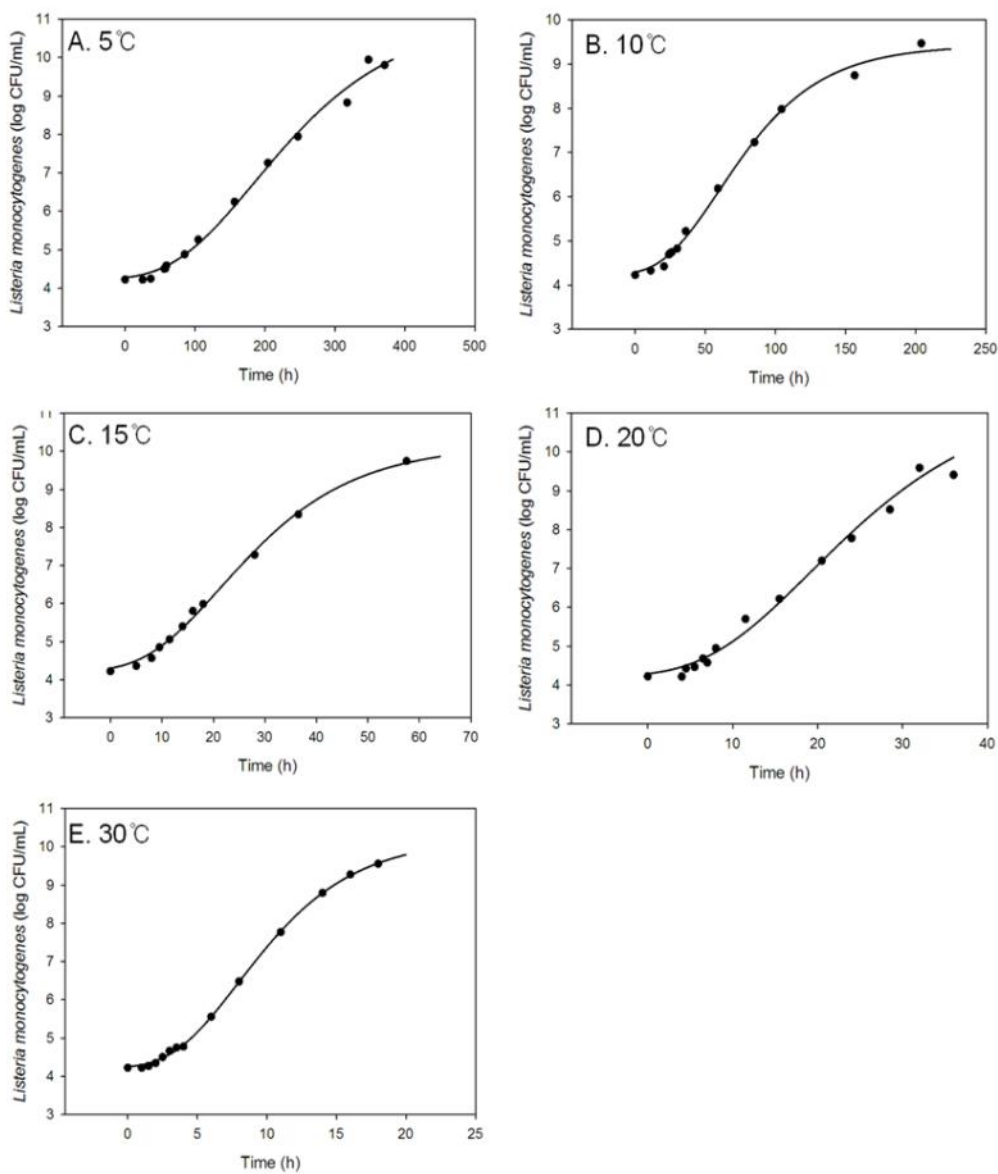


그림 6-9. 온도에 따른 배지 내 *L. monocytogenes*의 성장곡선

표 6-12. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지에서 온도조건에 따른 *L. monocytogenes*의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE	R ²	Bias
5°C	68.78	0.02	0.54	0.87	1.02
10°C	19.41	0.05	0.29	0.97	1.00
15°C	6.77	0.15	0.15	0.99	1.00
20°C	6.76	0.20	0.22	0.98	1.01
30°C	3.22	0.47	0.05	1.00	1.00

(다) 온도에 따른 배지 내 *Salmonella* spp.의 성장곡선

- *Salmonella* spp.는 *E. coli* O157:H7 및 *S. aureus*에서 관찰된 바와 같이 5°C에서 활발히 성장하지 못하여 exponential growth 및 stationary phase를 나타내지 못함.
- 10°C 및 15°C에서 *Salmonella* spp.의 lag time은 약 37 h 및 7 h를 나타낸 반면 20°C 및 30°C에서 lag time은 약 4 h 및 1.6 h를 나타냄. *Salmonella* spp.의 배양온도를 10°C에서 15°C로 증가시킬 경우 lag time은 약 5배 감소하였으나, 20°C에서 30°C로 증가시킬 경우 lag time의 감소수준은 약 2.5배에 불과함.
- 또한 10, 15, 20, 30°C에서 maximum growth rate는 각각 0.05, 0.13, 0.29, 0.74 log CFU/ml/h를 나타냄. *Salmonella* spp. 배양온도의 상승에 따른 maximum growth rate는 대략적으로 온도상승 수준과 비례하는 것으로 판단됨.
- 배양온도에 따른 *Salmonella* spp.의 성장곡선 측정 및 성장특성 분석결과 배양온도상승에 따른 lag time의 변화가 maximum growth rate에 비해 더욱 현저한 것으로 분석되었으며, 특히 저온 즉 10°C에서 그 이상으로 온도를 변화 시킬 경우 lag time 변화의 폭이 더욱 현저한 것으로 판단됨. 이와 같은 배양온도에 따른 *Salmonella* spp. 성장특성 변화는 타 식중독균 성장특성과 유사함.

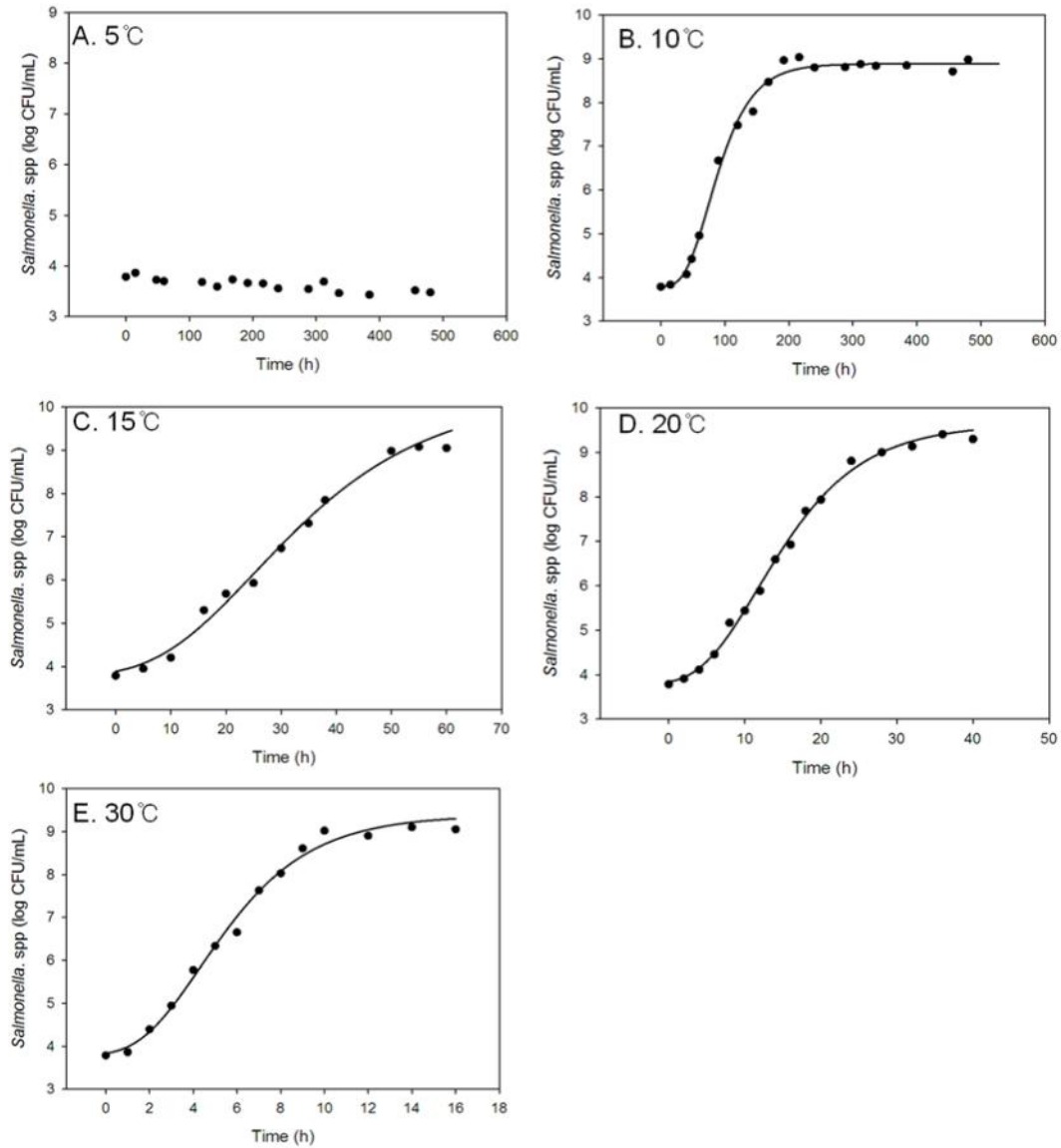


그림 6-10. 온도에 따른 배지 내 *Salmonella* spp.의 성장곡선

표 6-13. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지에서 온도조건에 따른 *Salmonella* spp.의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE	R ²	Bias
5°C	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
10°C	37.23	0.05	0.15	0.99	1.00
15°C	7.48	0.13	0.16	0.99	1.00
20°C	4.17	0.29	0.11	1.00	1.00
30°C	1.55	0.74	0.16	0.99	1.00

(라) 온도에 따른 배지 내 *S. aureus*의 성장곡선

- *S. aureus*는 앞서 기술된 *E. coli* O157:H7 및 *Salmonella* spp.의 성장특성과 유사한 성장패턴을 나타냄. 따라서 *S. aureus*의 lag time는 타 온도범위의 변화에 비해 저온(10℃ 부근)에서 온도변화에 더욱 민감하게 작용되는 것으로 판단됨.
- 10, 15, 20, 30℃에서 *S. aureus*의 lag time 및 maximum growth rate는 각각 약 30, 8, 7, 3 h 및 0.03, 0.12, 0.19, 0.64 log CFU/ml/h를 나타내었으며, 본 연구에서 분석된 타 식중독균의 lag time과 maximum growth rate와 비교할 경우 *S. aureus*의 lag time 및 maximum growth rate가 전반적인 온도구간에서 각각 길고, 느린 결과를 나타냄.
- *S. aureus*는 비교적 긴 lag time 및 느린 maximum growth rate를 나타냄에 따라 *S. aureus*는 타 식중독균에 비해 환경적응능력이 좋지 않으며, 성장이 느린 것으로 판단됨.
- 그러나 *S. aureus* 배양온도를 20℃에서 30℃로 증가시킬 경우 maximum growth rate가 3배 이상 증가하는 것으로 분석되었으며, 이는 PMP 분석결과와 유사함.
- 따라서 *S. aureus*가 신선식품에 오염되었을 경우 또한 신선식품 유통 및 저장 간 온도가 20℃ 이상으로 상승될 경우 *S. aureus*의 성장이 예상됨. 신선식품의 유통 및 저장 간 온도 관리는 신선식품의 *S. aureus* 안전성을 확보를 위한 주요 요소로 판단됨.

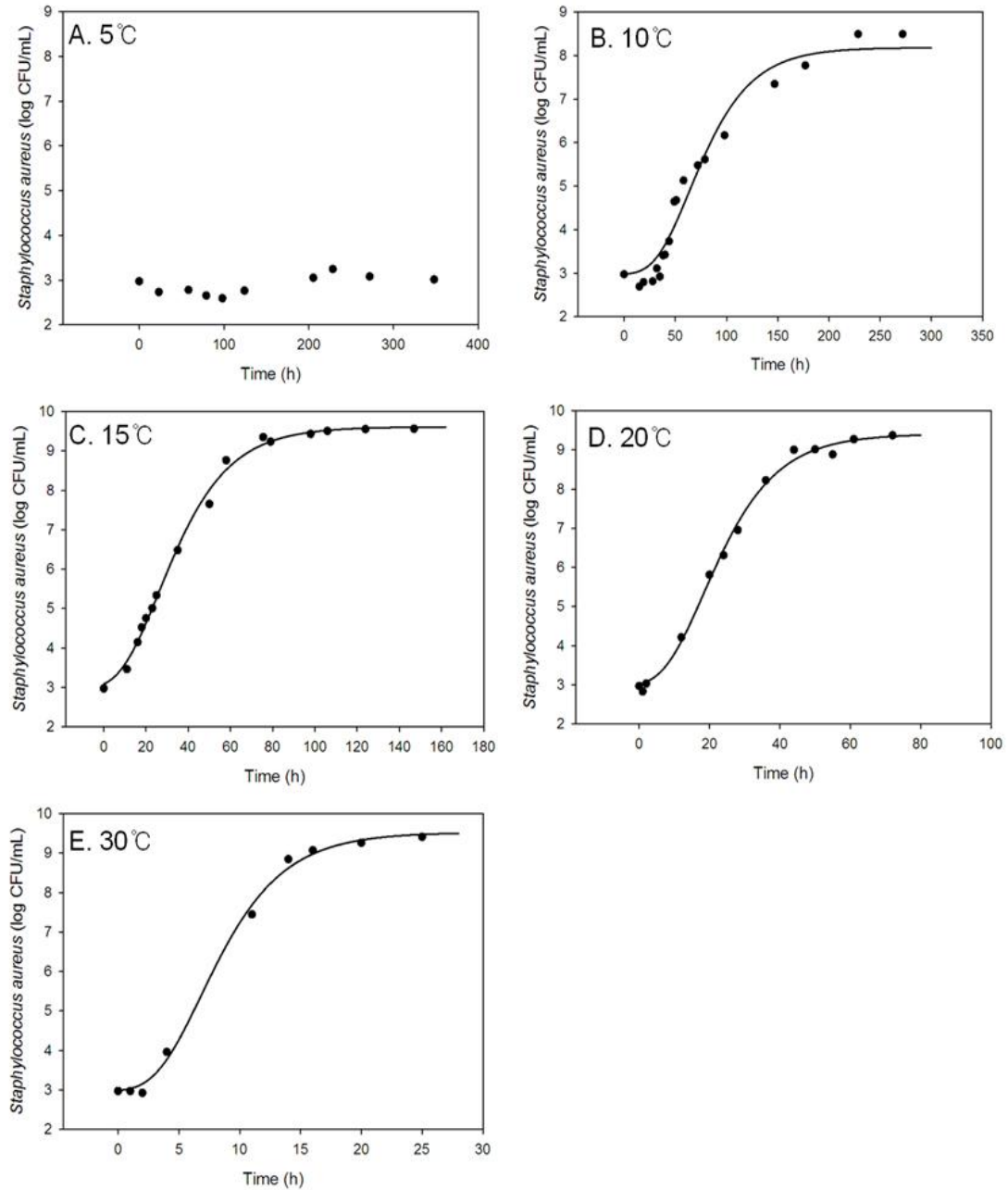


그림 6-11. 온도에 따른 배지 내 *S. aureus*의 성장곡선

표 6-14. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 배지에서 온도조건에 따른 *S. aureus*의 성장 특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE	R ²	Bias
5°C	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
10°C	30.21	0.03	0.57	0.88	1.00
15°C	7.52	0.12	0.18	0.99	1.00
20°C	6.77	0.19	0.17	1.00	1.00
30°C	3.04	0.64	0.16	1.00	1.00

(마) Modified-Gompertz 분석결과를 바탕으로 식중독균 간 성장특성 분석결과 비교

- 식중독균의 배지내 성장 곡선 측정과 modified-Gompertz equation을 이용한 회귀곡선 작성을 통해 분석된 성장특성과 PMP 분석결과를 비교한 결과, 본 연구팀이 직접 수행한 식중독균의 lag time 및 maximum growth rate가 대체적으로 PMP 분석결과에 비해 각각 짧고 빠른 결과를 나타냄.
- 특히 PMP에 따르면 *L. monocytogenes*는 5°C에서 잘 성장하지 못하여 stationary phase에 도달하지 못하는 것으로 분석된 반면 성장곡선 측정결과 *L. monocytogenes*는 5°C에서 성장함에 따라 신선식품의 저온 저장간 *L. monocytogenes* 식중독 위험성이 존재할 것으로 판단됨.
- *S. aureus*의 PMP 분석결과 20°C 미만 조건에서 *S. aureus* 성장이 타 식중독균에 비해 다소 빠른 것으로 나타났으나, 본 연구팀이 수행한 *S. aureus* 성장곡선 측정과 성장특성 분석결과 *S. aureus*의 성장속도는 타 식중독균에 비해 비교적 느린 것으로 나타남.
- 그러나 신선식품 내 *S. aureus* 검출이력이 존재하며, 신선식품 내 *S. aureus*는 정성기준으로 관리되고 있는바 신선식품의 *S. aureus* 안전성 확보를 위한 신선식품 내 *S. aureus* 성장특성 관련 연구가 요구됨.
- *E. coli* O157:H7 및 *Salmonella* spp.는 신선식품 섭취에 의한 주요 식중독균으로 인식되어 신선식품내 존재 여부가 국내, 국제적으로 연구되는 실정이나 전년도 연구결과에 따르면 국내 유통 신선식품의 해당 식중독균 오염이 극히 미미함. 따라서 신선식품 오염 *E. coli* O157:H7와 *Salmonella* spp.에 관련된 연구는 당 식중독균의 성장특성 보다 당 식중독균을 식품에서 민감하게 검출할 수 있는 기법에 관련된 연구가 신선식품의 *E. coli* O157:H7 및 *Salmonella* spp. 안전성 확보를 위한 연구방향으로 판단됨.
- 신선식품 주요 오염 식중독균 성장특성의 PMP 분석과 배지 내 성장곡선 측정을 통한 성장특성 분석결과 및 전년도 수행한 신선식품 내 식중독균 모니터링 결과를 종합적으로 판단하여, 신선식품의 식중독 안전성 향상을 위한 식중독균 성장특성연구의 대상 식중독균을 *L. monocytogenes*, *S. aureus*로 선정하였으며, 신선식품 내 검출이력이 존재하는 *B. cereus*를 추가적으로 선정하여 향후 연구에 적용됨.

나. 신선식품(두부, 쇠고기)의 주요 오염 식중독균 분리, 동정 및 분리된 식중독균의 식품 내 성장특성 분석

(1) 신선식품(두부, 쇠고기)의 주요 오염 식중독균 선정, 분리 및 동정

- 국내 유통 신선식품인 두부, 쇠고기내 주요 오염 식중독균 성장특성 분석을 위하여 전년도 연구수행 및 PMP 분석결과를 바탕으로 검출이력이 존재하고, 섭취 시 위해성을 내포하는 대상 식중독균을 식품에 따라 각각 2종씩 선발함.
- 두부의 경우 *S. aureus*와 *B. cereus*를 주요 오염 식중독 균으로 선정하였고, 이를 각각의 식품에서 2종, 3종씩 분리함.
- 식중독균은 PCR과 16S rRNA sequencing 결과를 통하여 동정함.
- 유전자 염기서열 분석은 흔히 표현형에 대한 자료가 부족한 미생물 등 다양한 생화학적 성상을 나타낼 수 있는 미생물의 동정에 유용할 뿐 아니라, 밝혀지지 않은 새로운 병원균을 찾을 수 있는 장점이 있음. 현재 16S rRNA 유전자를 세균 분류에 가장 흔히 사용하며, 16S rRNA 유전자의 염기서열은 약 1,550의 길이로 16S rRNA 유전자가 세포의 구조 형성

에 필수적인 역할을 하지 않으므로 세균마다 차이를 보일 수 있는 변이 발생이 적기 때문에 염기서열을 이용한 세균 동정에 유용함.

- 분석된 16S rRNA의 염기서열은 GenBank에 저장되어있는 90,000가지 이상의 16r RNA 유전자 염기서열 정보를 이용하여 비교 동정함.

(가) 쇠고기 오염 식중독균의 분리 및 동정

① 쇠고기에서의 *L. monocytogenes* 분리 및 동정

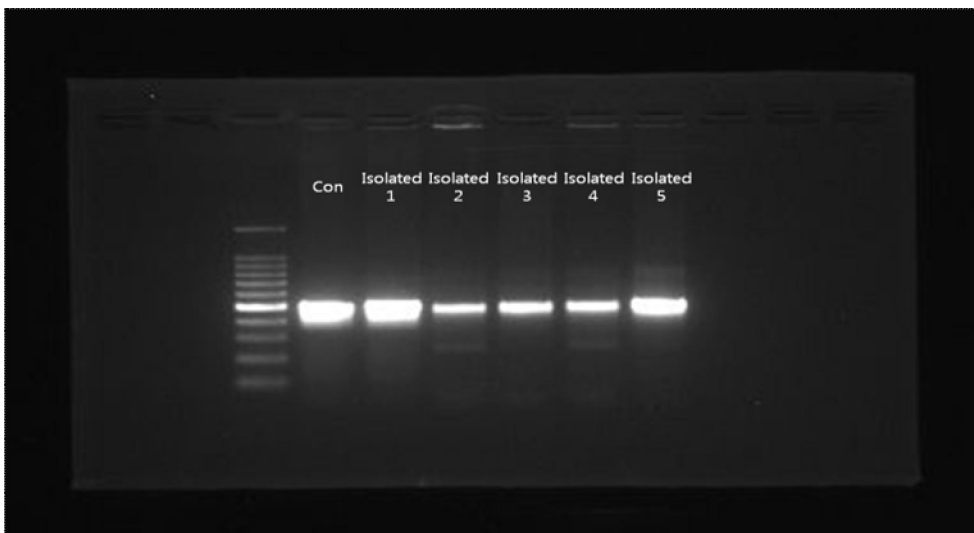


그림 6-12. *hly A* gene에 의한 *L. monocytogenes* confirmation

- 시중에 판매중인 쇠고기를 구입한 후 식품 공전에 따라 *L. monocytogenes* 분리실험을 실시하였으며 선택배지인 Oxford agar를 이용하여 분리한 결과, 5개의 시료에서 *L. monocytogenes*의 presumptive coloneis가 검출되었음.
- 이를 *hly A* gene을 target gene으로 하여 PCR을 수행한 결과 모두 동일한 gene을 가지고 있는 것으로 나타났음.
- PCR로 확인한 *L. monocytogenes*의 16s rRNA sequencing 결과를 표 6-15에 나타내었음.

표 6-15. 16S rRNA sequencing을 이용한 쇠고기에서 *L. monocytogenes* 분리균주 동정 결과

Samples	Strains	Identities
<i>L. monocytogenes</i> isolated-1	<i>Listeria monocytogenes</i> 07PF0776 strain 07PF0776 16S ribosomal RNA	99% (1356/1359)
<i>L. monocytogenes</i> isolated-2	<i>Listeria monocytogenes</i> 07PF0776 strain 07PF0776 16S ribosomal RNA	99% (1473/1480)
<i>L. monocytogenes</i> isolated-3	<i>Listeria monocytogenes</i> 07PF0776 strain 07PF0776 16S ribosomal RNA	99% (1471/1477)
<i>L. monocytogenes</i> isolated-4	<i>Listeria monocytogenes</i> 07PF0776 strain 07PF0776 16S ribosomal RNA	99% (1471/1477)
<i>L. monocytogenes</i> isolated-5	<i>Listeria monocytogenes</i> 07PF0776 strain 07PF0776 16S ribosomal RNA	99% (1480/1487)

- 각각 다른 5개의 쇠고기 샘플에서 검출된 *L. monocytogenes* 동정 결과 모두 *L. monocytogenes* 07PF0766와 99% 상동성이 나타나는 것으로 확인되었음.

② 쇠고기에서의 *S. aureus* 분리 및 동정

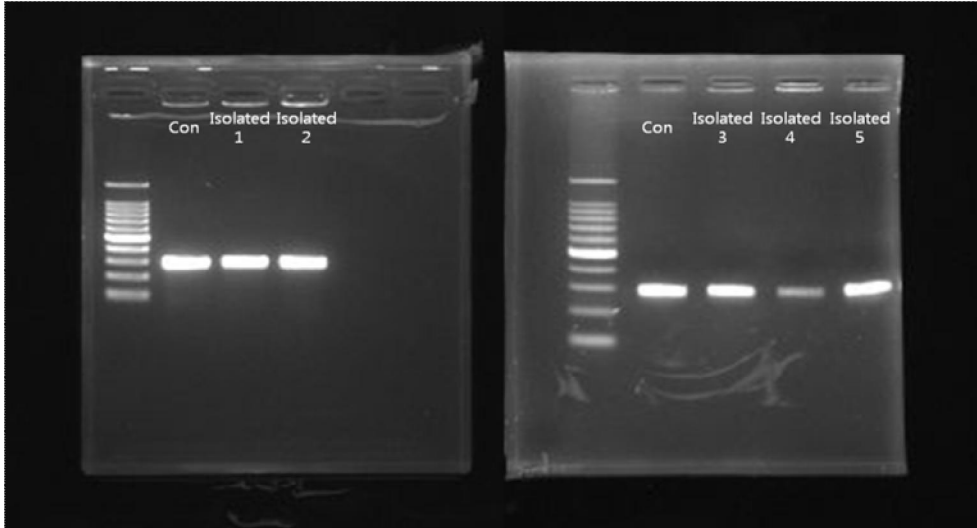


그림 7-13. *nuc* gene에 의한 *S. aureus* confirmation

- *S. aureus* 역시 마찬가지로 시중에 판매중인 쇠고기를 구입한 후 식품 공전에 따라 분리실험을 실시하였으며 선택배지인 Baird-Parker agar를 이용하여 분리한 결과, 5개의 시료에서 *S. aureus*의 presumptive coloneis가 검출되었음.
- 이를 *nuc* gene을 target gene으로 하여 PCR을 수행한 결과 모두 동일한 gene을 가지고 있는 것으로 나타났음.
- PCR로 확인한 *S. aureus*의 16s rRNA sequencing 결과를 표 6-16에 나타내었음.

표 6-16. 16S rRNA sequencing을 이용한 쇠고기에서의 *S. aureus* 분리균주 동정 결과

Samples	Strains	Identities
<i>S. aureus</i> isolated-1	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. aureus N315 strain N315 16S ribosomal RNA	99% (1373/1374)
<i>S. aureus</i> isolated-2	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. aureus N315 strain N315 16S ribosomal RNA	99% (1473/1480)
<i>S. aureus</i> isolated-3	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. aureus N315 strain N315 16S ribosomal RNA	99% (1485/1488)
<i>S. aureus</i> isolated-4	Assembly 되지 않은 서열	-
<i>S. aureus</i> isolated-5	Assembly 되지 않은 서열	-

- 5개의 시료에서 검출된 *S. aureus* 중 3종의 분리균주가 *S. aureus* subsp. aureus N315와

99% 상동성이 나타나는 것으로 확인되었음.

- 2종의 분리균주는 assembly 되지 않은 서열이었음.
- 이는 16s rRNA sequencing 분석 시 single colony 채취가 제대로 이뤄지지 않았을 것으로 추정됨.
- 전년도 시판 쇠고기 100종에 대하여 모니터링을 실시한 결과 쇠고기에서 *S. aureus*는 모두 검출되지 않았음. 이는 식품공전에 따른 정량분석을 실시하였기 때문에 쇠고기 내에 존재하지 않으면 검출한계 미만으로 존재하여 정량 분석으로는 검출되지 않았을 것으로 판단됨.

(나) 두부 오염 식중독균의 분리 및 동정

- 시중 판매중인 두부를 수거한 후, 두부 내 주로 오염되어있는 것으로 알려진 *S. aureus*와 *B. cereus*를 식품의약품안전처에 고시된 식품공전 미생물 시험법에 기초하여 분리함.
- *S. aureus*의 선택배지인 Baird-Parker agar를 이용하여 분리한 결과, 3종의 두부에서 확인된 투명한 환에 둘러싸인 광택의 검은색 집락을 SEA, SEB gene을 target gene으로 하여 PCR을 수행한 결과 모두 동일한 gene을 가지고 있는 것으로 나타남.
- *B. cereus*의 선택배지인 Egg yolk emulsion (Oxoid), polymyxin B (Oxoid)가 첨가된 MYP agar를 이용하여 분리한 결과, 3종의 두부에서 확인된 집락 주변에 lecithinase 양성으로 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 cytK gene을 target gene으로 하여 PCR을 수행한 결과 모두 동일한 gene을 가지고 있는 것으로 나타남.
- PCR 단계에서 확인된 각각 3종의 *S. aureus*와 *B. cereus*는 동정을 위하여 16s rRNA sequencing을 하였으며, 결과는 표 6-17에 나타내었음.

표 6-17. 16S rRNA 염기서열 분석을 통한 두부 분리 *S. aureus*, *B. cereus* 균주의 동정

Samples	Strains	Identities
Tofu_S_1	<i>Staphylococcus aureus</i> strain NBRC 100910	99% (1408/1412)
Tofu_S_2	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. aureus N315	99% (1399/1401)
Tofu_S_3	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. aureus JH1	99% (932/938)
Tofu_B_1	<i>Bacillus cerues</i> strain NH-Beihezhu1	98% (1171/1190)
Tofu_B_2	<i>Bacillus cereus</i> strain Bc	98% (1175/1204)

- 분리 동정된 *S. aureus* 및 *B. cereus*는 각각 다른 두부 샘플에서 분리·동정됨.
- 두부에서 분리한 *S. aureus* 3종을 16S rRNA 유전자 염기서열에 기초하여 동정한 결과, *S. aureus* 의심균주 3종 Tofu_S_1, Tofu_S_2, Tofu_S_3 모두 *S. aureus* 종의 계통학적 그룹에 속하는 균주로 분리됨. Tofu_S_1은 *Staphylococcus aureus* strain NBRC 100910과 99%, Tofu_S_2는 *Staphylococcus aureus* subsp. aureus N315와 99%, Tofu_S_3는 *Staphylococcus aureus* subsp. aureu JH1과 99% 상동성이 나타남(표 6-17).

- 두부에서 분리한 *B. cereus* 2종을 16S rRNA 유전자 염기서열에 기초하여 동정한 결과, *B. cereus* 의심균주 2종 Tofu_B_1, Tofu_B_2 모두 *B. cereus*의 종의 계통학적 그룹에 속하는 균주로 분리됨. Tofu_B_1은 *Bacillus cereus* strain NH-Beihezhui1과 98%, Tofu_B_2는 *Bacillus cereus* strain Bc와 98% 상동성이 나타남(표 6-17).
- 전년도 시판 두부 100종에 대하여 모니터링을 실시한 결과에 의하면, 두부에서 *S. aureus* 및 *B. cereus* 모두 검출되지 않았음. 이는 식품공전에 따라 *S. aureus* 및 *B. cereus*는 정량 분석을 실시하였기 때문에, 미미한 수준으로 두부에 존재하지만 검출 수준 이하로 존재하여 정량 분석으로는 검출이 되지 않았을 가능성이 있을 것으로 판단됨.
- 따라서 본 연구에서는 두부에 존재하는 *S. aureus*와 *B. cereus*를 분리하기 위하여 특정 균주만 선택적으로 증균시키는 정성 분석 방법을 이용했으므로 검출·분리 할 수 있었음으로 판단됨.

(2) 신선식품(두부, 쇠고기)내 주요 오염 식중독균의 성장특성 분석

- 미생물 성장 예측 모델은 식품의 안전성 문제에 있어 가장 중요하고도 큰 비중을 차지하는 위해 미생물의 성장을 수학적 모델에 의해 정량적으로 예측하고 평가함으로써 기존의 미생물 검사에 비하여 매우 신속한 예측이 가능하므로 식중독 예방에 큰 효과가 있는 것으로 평가되고 있음(Park 등, 2007).
- 유통 전 신선식품 내 식중독균이 오염될 가능성이 충분히 있으며, 유통, 저장 및 보관 온도가 부적절한 경우 신선식품 내 식중독균 증식의 위험성이 있음.
- 따라서 본 연구에서는 신선식품 내 주요 오염 식중독균의 성장을 예측 모델에 적용하고, 이를 통해 저장 온도에 따른 미생물 안전성 확보를 위한 저장기간 및 유통기한 산출을 목적으로 함.
- 신선식품 내 주요 오염 식중독균의 성장 예측은 안전한 식품을 섭취할 수 있는 온도 및 저장기간 설정을 주요 목적으로 하고 있음.
- 따라서 특정 온도에서 신선식품의 미생물 안전을 확보할 수 있는 저장기간 선정에 필요한 lag time 및 maximum specific growth rate 산출이 요구됨.
- 균의 sigmoid한 형태의 성장을 표현하기 위해 사용되는 sigmoidal curve의 대표적인 식으로는 modified-Gompertz (Zwietering 등, 1990), Baranyi (Baranyi 등, 1994), Logistics (Zwietering 등, 1990) 등이 있음.
- 전년도 연구 결과에 따르면, modified-Gompertz equation은 소고기뿐만 아니라 두부에 내재된 미생물의 lag time과 maximum specific growth rate를 정확하게 산출하였음. modified-Gompertz equation은 lag time 및 maximum specific growth rate 산출이 용이하며 식품 미생물 예측에 빈번하게 사용됨(Brandao 등, 2013).
- 따라서 본 연구에서 신선식품 내 주요 오염 식중독균의 성장특성을 분석하기 위해 modified-Gompertz 모델을 이용함.

(가) 쇠고기 내 주요 오염 식중독균의 성장 특성 분석

① 쇠고기 내 *L. monocytogenes*의 성장 특성 분석

- 쇠고기에서 분리된 *L. monocytogenes* 5종 중 식품 내 성장특성 분석에 사용할 3종을 선정함.

- *L. monocytogenes* ATCC 7644와 쇠고기에서의 *L. monocytogenes* 분리균주 5종을 ELISA reader를 이용하여 30°C에서의 TSB 내 성장을 예측함 (그림 6-14).

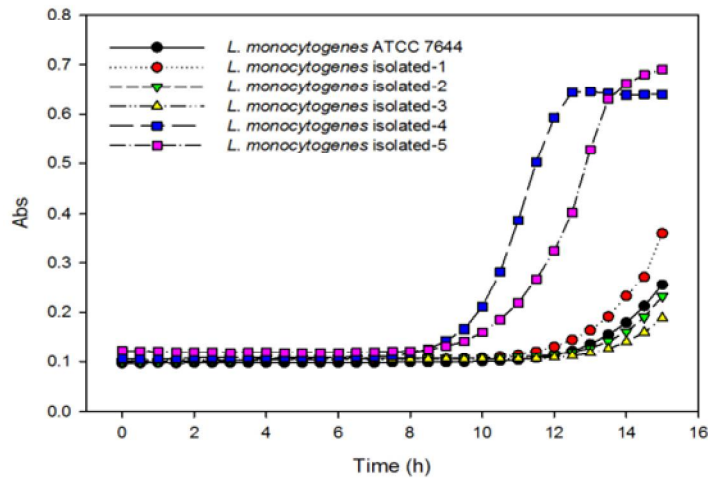


그림 6-14. 흡광도를 이용한 30°C에서의 TSB 내 *L. monocytogenes* 표준균주 및 분리균주의 성장 예측

- 분리균주 5종 중 2종은 표준균주와 유사한 성장 패턴을 보임.
- *L. monocytogenes* ATCC 7644와 비교했을 때 성장이 빠를 것이라고 예상되는 분리균주 3종을 선정하여 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 성장특성 분석에 사용함.
- 현재 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 의 성장에 관한 연구는 모두 표준균주를 인위 접종한 결과임.
- 따라서 본 연구에서는 *L. monocytogenes* 표준균주 3종과 분리균주 3종의 쇠고기 내 성장 특성을 비교하여 저온저장 시 쇠고기의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 및 저장기간을 산출하고자 함.

㉔ 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장 특성 분석

1) 온도에 따른 쇠고기 내 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장 분석과 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

- *L. monocytogenes* ATCC 7644, *L. monocytogenes* ATCC 19111, *L. monocytogenes* ATCC 19115를 cocktail하여 쇠고기에 3 log CFU/g 수준으로 접종하고 5, 10, 15, 20, 25°C 저장 간 총 균수의 변화를 평판 배지법에 의해 정량함 (그림 6-15).
- 저장 간 *L. monocytogenes* 표준균주의 정량 결과를 modified-Gompertz 모델에 적용하여 회귀곡선을 작성하였으며 (그림 6-15), modified-Gompertz 모델 분석에 따른 산출변수를 표 7-18에 나타냄.
- 그림 7-15에 나타난 바와 같이 modified-Gompertz 모델의 적용은 쇠고기에서의 *L. monocytogenes* 성장을 표현할 수 있음은 물론, 식품 미생물 안전성 확보를 위한 모델링 구축에 필수적인 lag time 및 specific growth rate를 산출할 수 있음 (표 6-18).
- 그러나 5°C 저장 간 쇠고기에서의 *L. monocytogenes*은 활발하게 성장하지 못하여 stationary phase에 도달하지 못함. 따라서 해당 온도의 쇠고기 내 *L. monocytogenes*의 성

장은 modified-Gompertz 모델로 분석할 수 없음.

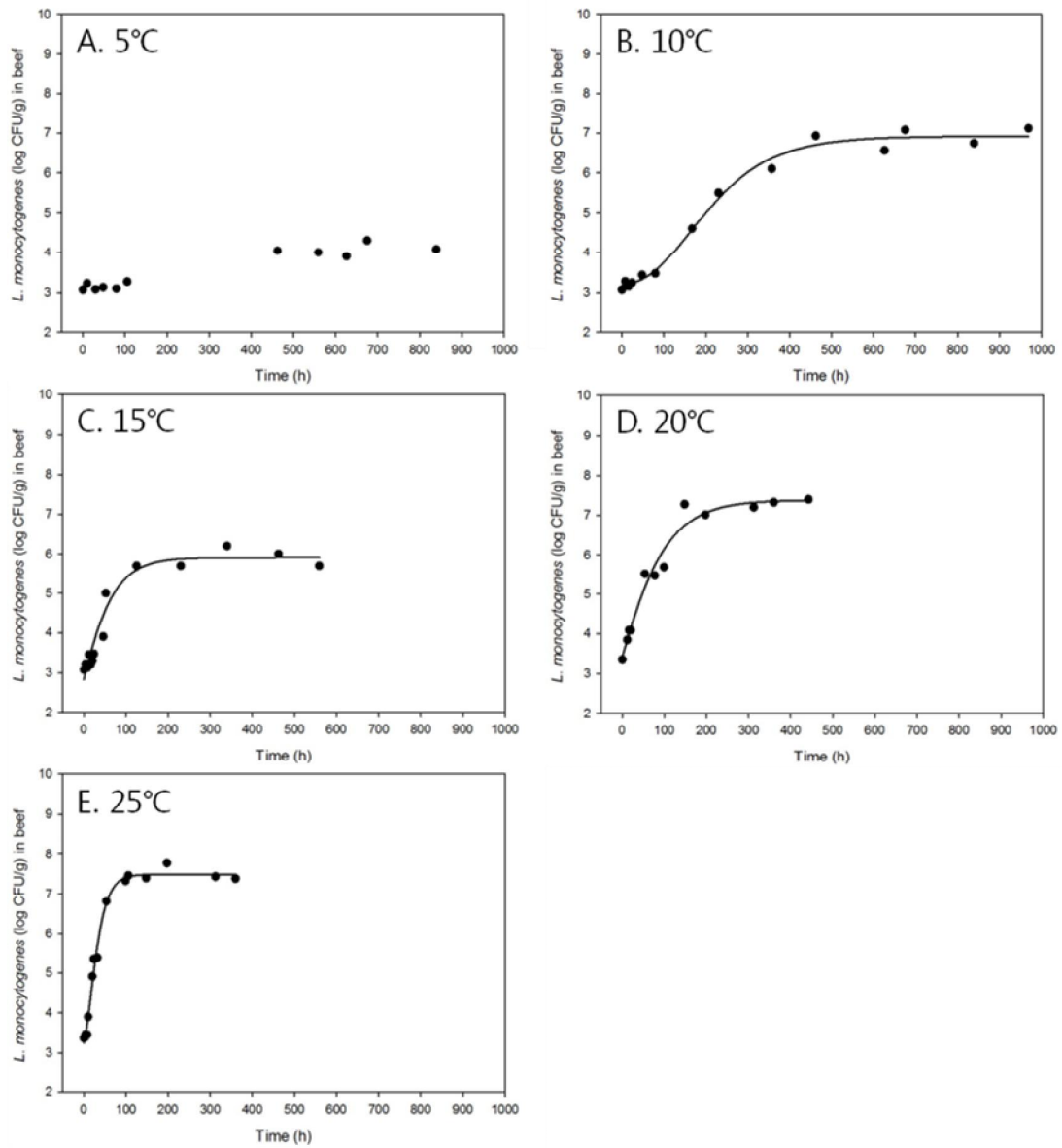


그림 6-15. 온도에 따른 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장곡선

표 6-18. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 쇠고기에서 온도조건에 따른 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE ^a	R ^{2b}	Bias ^c
5°C	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
10°C	44.99	0.01	0.19	0.99	1.01
15°C	16.94	0.03	0.04	1.00	1.00
20°C	8.74	0.03	0.25	0.98	1.00
25°C	5.81	0.09	0.20	0.99	0.99

^aRMSE = root mean square error

^bR² = determination coefficient

^cBias = Bias factor

- 쇠고기에서의 *L. monocytogenes* 표준균주는 온도의 상승에 따라 짧은 lag time을 나타내며, 빠르게 성장함 (그림 6-15, 표 6-18).
- 쇠고기는 미생물 안전성을 고려하여 일반적으로 5°C 이하에서 유통 및 저장됨.
- 쇠고기의 저온저장 간 미생물 성장특성은 장기간의 저장 및 분석과 실험의 재연 및 결과 검증이 요구되지만 현실적으로 불가능함.
- 앞서 제시한 바와 같이 미생물은 온도에 따라 일정한 패턴의 양상을 나타내며, 그 양상은 수학적 모델로 표현할 수 있고, 수학적 모델 적용에 따라 특성 변화를 예측 할 수 있음.
- 따라서 본 연구에서는 쇠고기를 5°C에서 저장하는 동안 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장특성을 예측하기 위해 10°C 이상의 온도에서 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주가 나타낸 온도에 따른 lag time 및 specific growth rate 변화 양상을 수학적으로 모델링하여 5°C에서 나타내는 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 lag time 및 specific growth rate를 예측함.

2) 온도에 따른 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 온도에 따른 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 lag time은 exponential decay를 따르는 양상을 (그림 6-16A), 그리고 specific growth rate은 exponential growth 형태를 나타냄 (그림 6-16B). 이를 기반으로 2차 모델식을 산출하였으며, 2차 모델에 따른 lag time 및 specific growth rate를 표 7-19와 같이 산출함.
- Lag time 및 specific growth rate은 exponential decay 및 exponential growth 모델에 잘 fitting 되어 각각 1.00 및 0.98의 R²를 나타냄.
- 따라서 5°C 저장 간 산출되지 못한 lag time 및 specific growth rate를 2차 모델을 이용하여 산출함.
- 산출 결과 5°C에서 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주는 약 136.79h의 lag time과 0.016 log CFU/g/h의 specific growth rate을 나타내는 것으로 예측됨.

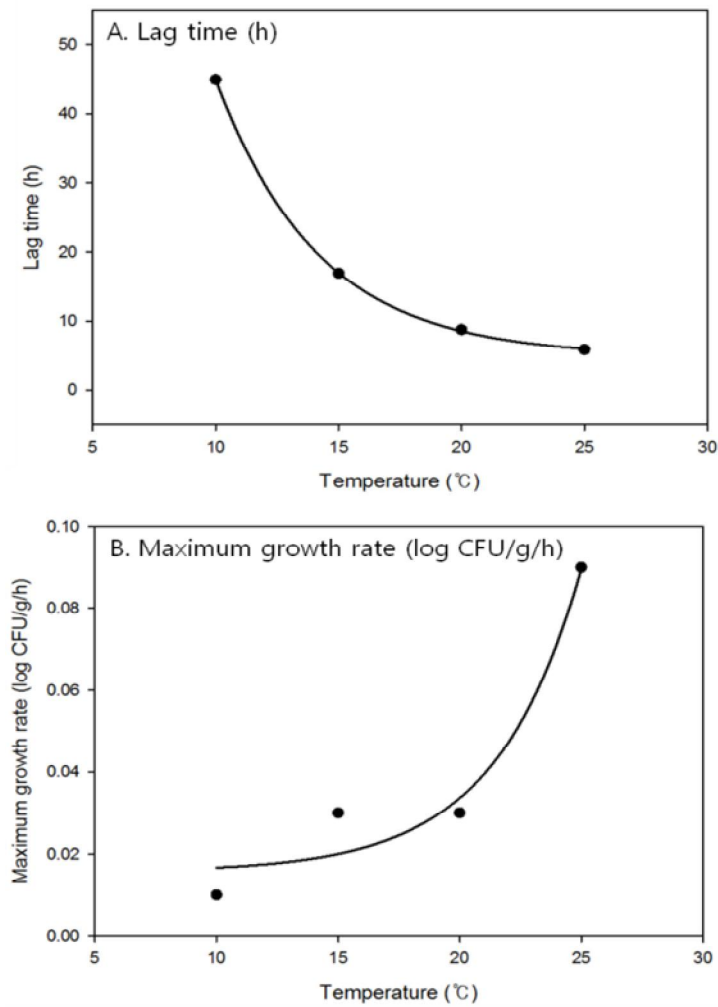


그림 6-16. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델링 및 회귀곡선

표 6-19. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 maximum growth rate

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 4.8097 + 433.8439 \times e^{-0.2380 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	5	136.79
		10	44.96
		15	17.02
		20	8.53
		25	5.94
Maximum growth rate, μ (log CFU/g/h)	$\mu = 0.0156 + 0.000063764 \times e^{0.2822 \cdot T}$ ($R^2 = 0.98$)	5	0.016
		10	0.017
		15	0.020
		20	0.034
		25	0.089

- 따라서 5°C에서 136.79h의 lag time과 0.016 log CFU/g/h의 specific growth rate을 나타내는 *L. monocytogenes* 표준균주의 쇠고기 저장 간 성장을 modified-Gompertz 모델을 이용하여 미생물 안전성이 확보되는 유통기한 및 저장기간을 산정할 수 있음.

3) Modified-Gompertz 모델을 응용한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장 예측과 쇠고기의 유통기한 설정

- 식품 의약품 안전처에서 권장하는 쇠고기 내 미생물 수준은 5-7 log CFU/g으로, 이를 초과할 경우 식중독 발생의 위험성이 존재함.
- 본 연구는 5°C 저장 간 쇠고기의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한을 산출하기 위해 *L. monocytogenes*의 기준을 쇠고기의 일반적인 총균수 기준인 5 log CFU/g을 적용함.
- Modified-Gompertz 모델을 이용하여 미생물 성장을 예측하기 위해서는 앞서 수행된 2차 모델링 결과인 lag time 및 specific growth rate를 비롯하여 초기 미생물 균수 (N_0)와 최대 미생물 성장 수준 (N_{max}) 입력이 필수적임.
- 식품에서의 미생물 성장 연구 시 일반적으로 인위접종 되는 미생물 수준인 2 log CFU/g을 N_0 로 설정함 (표 6-20).
- 또한 저장 온도에 따른 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장 특성 분석 (그림 6-15)에 따르면 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주는 저장 간 약 7.5 log CFU/g 수준 까지 성장하는 것으로 판단되어, N_{max} 를 7.5 log CFU/g으로 설정함 (표 7-20).

표 6-20. Modified-Gompertz 모델식 및 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 유통기한 설정을 위한 변수 결정

Models	Equation	Determined value
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp \left[- \exp \left\{ \left(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C} \right) \times (\lambda - t) + 1 \right\} \right]$	
	• N_0 (초기 균수)=	2 log CFU/mL
	• N_{max} (최대 균수)=	7.5 log CFU/mL
Variables	• λ (lag time)=	136.79 h
	• μ (specific growth rate)=	0.016 log CFU/g/h
	• $C = N_0 - N_{max}$	

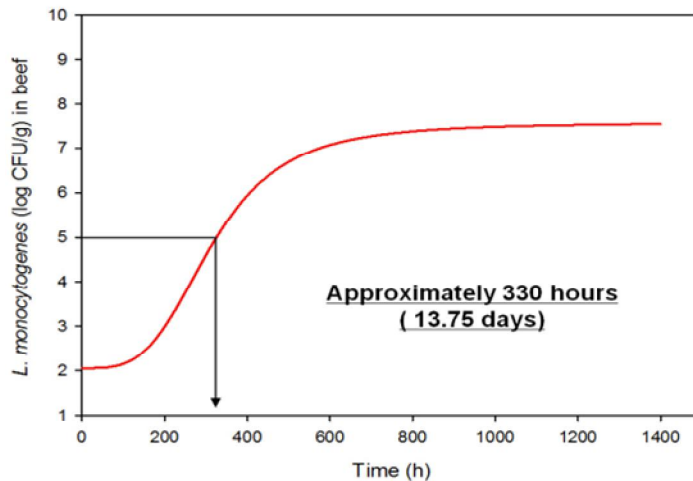


그림 6-17. Modified-Gompertz 모델을 이용한 5°C 저장 간 쇠고기에서의 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 또는 저장기간 설정

- Modified-Gompertz 모델을 이용한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장을 예측할 경우, 쇠고기를 5°C에서 약 13.75일 간 저장할 경우 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주가 약 5 log CFU/g 수준으로 증가한다고 예측됨 (그림 6-17).
- 따라서 쇠고기에 2 log CFU/g 수준으로 *L. monocytogenes* 표준균주를 접종하여 유통기한을 예측할 경우 5°C 저장 조건에서 약 13일 이내로 산정되어야 할 것으로 판단됨.

㉞ 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장 특성 분석

1) 온도에 따른 쇠고기 내 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장 분석과 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

- 앞서 수행된 저장 간 쇠고기의 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장 특성 분석 방법과 같이 modified-Gompertz 모델을 이용하여 5, 10, 15, 20, 25°C 저장 간 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주 정량 결과를 fitting하였으며 (그림 6-18), 도출된 lag time 및 specific growth rate를 표 6-21에 나타냄.

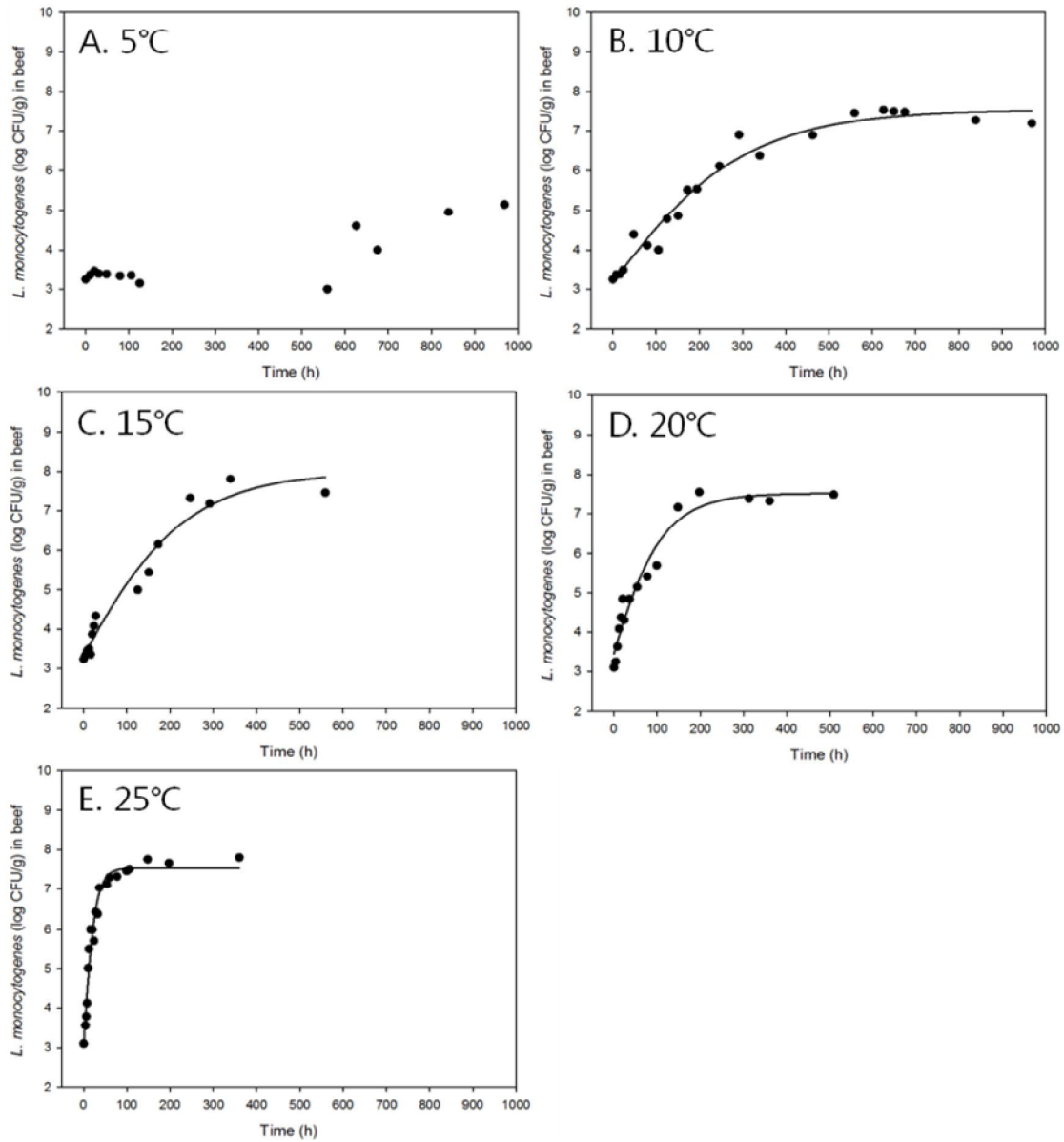


그림 6-18. 온도에 따른 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장곡선

표 6-21. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 쇠고기에서 온도조건에 따른 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE ^a	R ^{2b}	Bias ^c
5°C	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
10°C	32.07	0.02	0.12	0.99	1.00
15°C	8.02	0.02	0.20	0.98	1.00
20°C	4.52	0.04	0.17	0.99	1.00
25°C	1.77	0.18	0.18	0.99	1.01

^aRMSE = root mean square error

^bR² = determination coefficient

^cBias = Bias factor

- 앞선 실험에서 보여준 바와 같이 저장 온도 별 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장 패턴은 modified-Gompertz 모델에 의해 잘 표현되어 회귀곡선 fitting에서 모두 0.98 이상의 R²를 나타냄.
- 저장 온도를 상승시킴에 따라 lag time의 감소와 specific growth rate의 상승이 나타남. 이는 앞선 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 성장 패턴을 비롯한 기타 식품 미생물 성장 향상과 동일한 결과를 나타냄.
- 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주 마찬가지로 저장온도 5°C에서의 성장이 활발하지 않아 stationary phase에 도달하지 못함.
- 앞서 기술한 바와 같이 미생물은 온도에 따라 일정한 패턴의 특성을 나타내며, 저장온도 5°C에서의 *L. monocytogenes* 분리균주 성장 특성 분석은 2차 모델 적용을 통해 lag time 및 specific growth rate를 예측할 수 있음.

2) 온도에 따른 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 신선식품의 저온저장에 따른 실험적 문제점을 해결하기 위해 10°C 이하의 저장 조건에서 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장특성 특히 lag time 및 specific growth rate를 2차 모델에 적용함으로써 예측함.
- 온도에 따른 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 lag time은 exponential decay를 따르는 양상을 (그림 6-19A), specific growth rate는 exponential growth 형태를 나타냄 (그림 6-19B). 2차 모델에 따른 lag time 및 specific growth rate를 표 7-22과 같이 산출함.
- Lag time 및 specific growth rate는 2차 모델에 잘 fitting 되어 모두 1.00의 R²를 나타냄 (표 6-22).
- 2차 모델을 이용하여 산출된 lag time 및 specific growth rate 공식을 이용하여 5°C 저장간의 lag time과 specific growth rate를 예측한 결과 각각 147.61h 및 0.019 log CFU/g/h로 나타남.

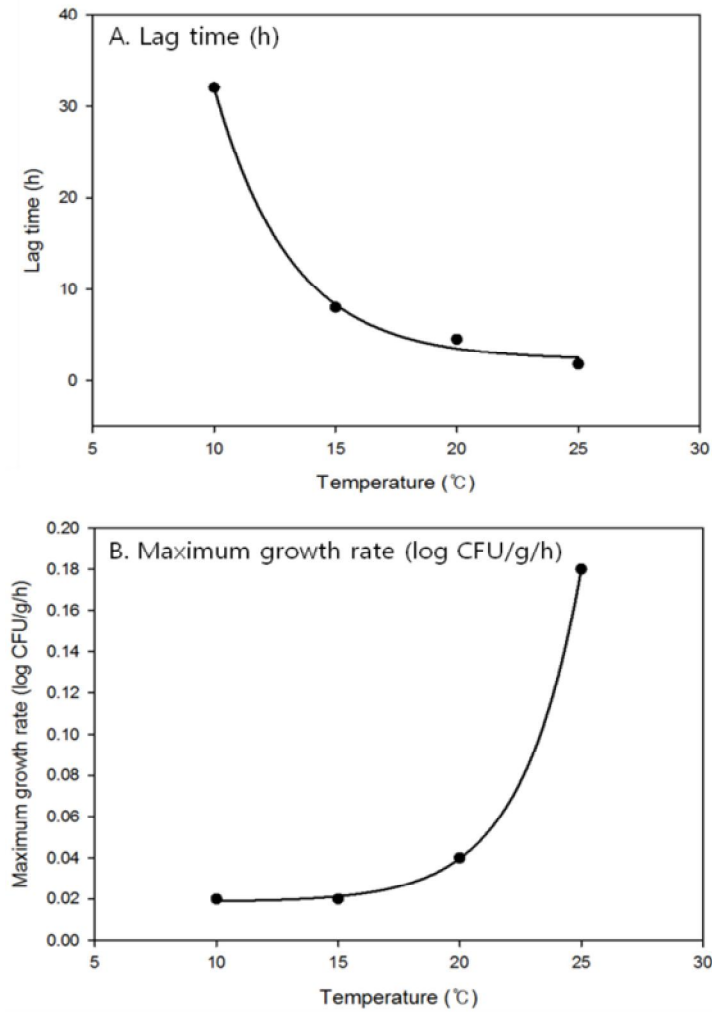


그림 6-19. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델링 및 회귀곡선

표 6-22. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 maximum growth rate

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 2.2416 + 709.2921 \times e^{-0.3170 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	5	147.61
		10	32.03
		15	8.35
		20	3.49
		25	2.50
Maximum growth rate, μ (log CFU/g/h)	$\mu = 0.0186 + 0.0000061977 \times e^{0.4067 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	5	0.019
		10	0.019
		15	0.021
		20	0.040
		25	0.180

- 2차 모델을 통해 산출된 lag time과 specific growth rate를 이용하여 앞선바와 같이 5°C 저장 간 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 유통기한 및 저장기간을 modified-Gompertz 모델을 이용하여 산정할 수 있음.

3) Modified-Gompertz 모델을 응용한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장 예측과 쇠고기의 유통기한 설정

- 앞서 언급한 바와 같이 식품 의약품 안전처에서 권장하는 쇠고기 내 미생물 수준에 따라, 쇠고기의 5°C 저장 간 미생물 안전성을 위한 *L. monocytogenes* 표준균주의 최대 균수 기준을 5 log CFU/g로 설정함 (표 6-23).
- *L. monocytogenes* 표준균주 연구와 마찬가지로 초기 미생물 총균수 (N_0)는 2 log CFU/g로, 최대 미생물 성장수준 (N_{max})는 7.5 log CFU/g으로 설정함 (표 6-23).

표 6-23. Modified-Gompertz 모델식 및 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 표준균주의 유통기한 설정을 위한 변수 결정

Models	Equation	Determined value
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp \left[- \exp \left\{ \left(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C} \right) \times (\lambda - t) + 1 \right\} \right]$	
	<ul style="list-style-type: none"> • N_0 (초기 균수)= • N_{max} (최대 균수)= 	2 log CFU/mL 7.5 log CFU/mL
Variables	<ul style="list-style-type: none"> • λ (lag time)= • μ (specific growth rate)= • $C = N_0 - N_{max}$ 	147.61 h 0.019 log CFU/g/h

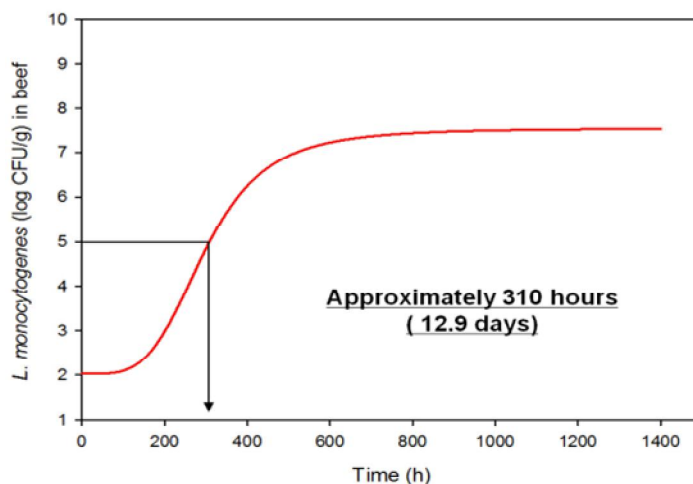


그림 6-20. Modified-Gompertz 모델을 이용한 5°C 저장 간 쇠고기에서의 *L. monocytogenes* 분리균주의 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 또는 저장기간 설정

- Modified-Gompertz 모델을 이용한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주의

성장을 예측할 경우, 쇠고기를 5°C에서 약 12.9일 간 저장할 경우 쇠고기 내 *L. monocytogenes* 분리균주가 약 5 log CFU/g 수준으로 증가한다고 예측됨 (그림 6-20).

- 따라서 쇠고기에 2 log CFU/g 수준으로 *L. monocytogenes* 분리균주를 접종하여 유통기한을 예측할 경우 5°C 저장 조건에서 약 12일 이내로 산정되어야 할 것으로 판단됨.
- Modified-Gompertz 모델을 이용해 산출한 쇠고기의 유통기한은 5°C 저장 조건에서 쇠고기에서 분리한 *L. monocytogenes* 분리균주의 유통기한이 *L. monocytogenes* 표준균주의 유통기한에 비해 약 1일 빠른 것으로 나타남.
- 또한 10, 15, 20, 25°C의 성장특성을 비교했을 때, *L. monocytogenes* 표준균주에 비해 *L. monocytogenes* 분리균주의 lag time은 더 짧고, specific growth rate는 더 높은 것을 확인할 수 있었음. 이는 저장온도 5°C 외의 온도에서도 *L. monocytogenes* 분리균주가 *L. monocytogenes* 표준균주보다 위험수준에 더욱 빠르게 도달한다는 것을 의미함.
- 따라서 쇠고기에 인위적으로 *L. monocytogenes*를 접종하여 산출한 유통기한은 미생물 안전성을 보장할 수 없으며, 이를 극복하기 위해 쇠고기에 내재된 *L. monocytogenes*를 분리하여 유통기한을 산출할 것을 권장함.

② 쇠고기 내 *S. aureus*의 성장 특성 분석

- *S. aureus* 표준균주 3종과 쇠고기에서 분리한 *S. aureus* 3종을 ELISA reader를 이용하여 37°C에서의 TSB 내 성장을 예측함 (그림 6-21).

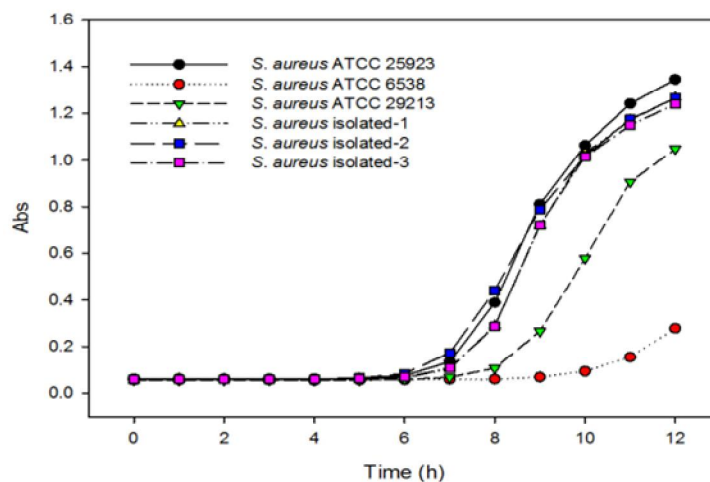


그림 6-21. 흡광도를 이용한 37°C에서의 TSB 내 *S. aureus* 표준균주 및 분리균주의 성장 예측

- 분리균주 3종 모두 *S. aureus* ATCC 25923과 유사한 성장 패턴을 보임.
- *S. aureus* ATCC 6538과 *S. aureus* ATCC 29213은 다소 느린 성장 패턴을 보임.
- 현재 쇠고기 내 *S. aureus*의 성장에 관한 연구도 마찬가지로 모두 표준균주를 인위 접종한 결과임.
- 따라서 본 연구에서는 *S. aureus* 표준균주 3종과 분리균주 3종의 쇠고기 내 성장특성을 비교하여 저온저장 시 쇠고기의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 및 저장기간을 산출하고자 함.

㉔ 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장 특성 분석

1) 온도에 따른 쇠고기 내 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장 분석과 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

- 앞서 사용한 *S. aureus* 3종의 표준균주를 cocktail하여 쇠고기에 2 log CFU/g 수준으로 접종하고 5, 10, 15, 20, 25°C 저장 간 총 균수의 변화를 평균 배치법에 의해 정량함 (그림 6-22).
- 쇠고기 내 *L. monocytogenes*의 성장 분석과 같이 저장 온도 별 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장 패턴은 modified-Gompertz 모델에 의해 잘 fitting되어 모두 0.99의 R²를 나타냄 (표 6-24).
- 앞선 실험과 마찬가지로 저장 온도의 상승에 따라 lag time의 감소 및 specific growth rate의 상승이 나타남.
- 저장온도 5, 10°C에서의 *S. aureus* 성장은 전혀 이루어지지 않았음. 또한 15, 20°C에서의 최대 성장 수준은 25°C에 비해서 낮은 수준인 것을 확인할 수 있었음.
- 이는 쇠고기에 내재 되어있는 미생물들에 의해 성장을 방해받았을 것으로 예상함.

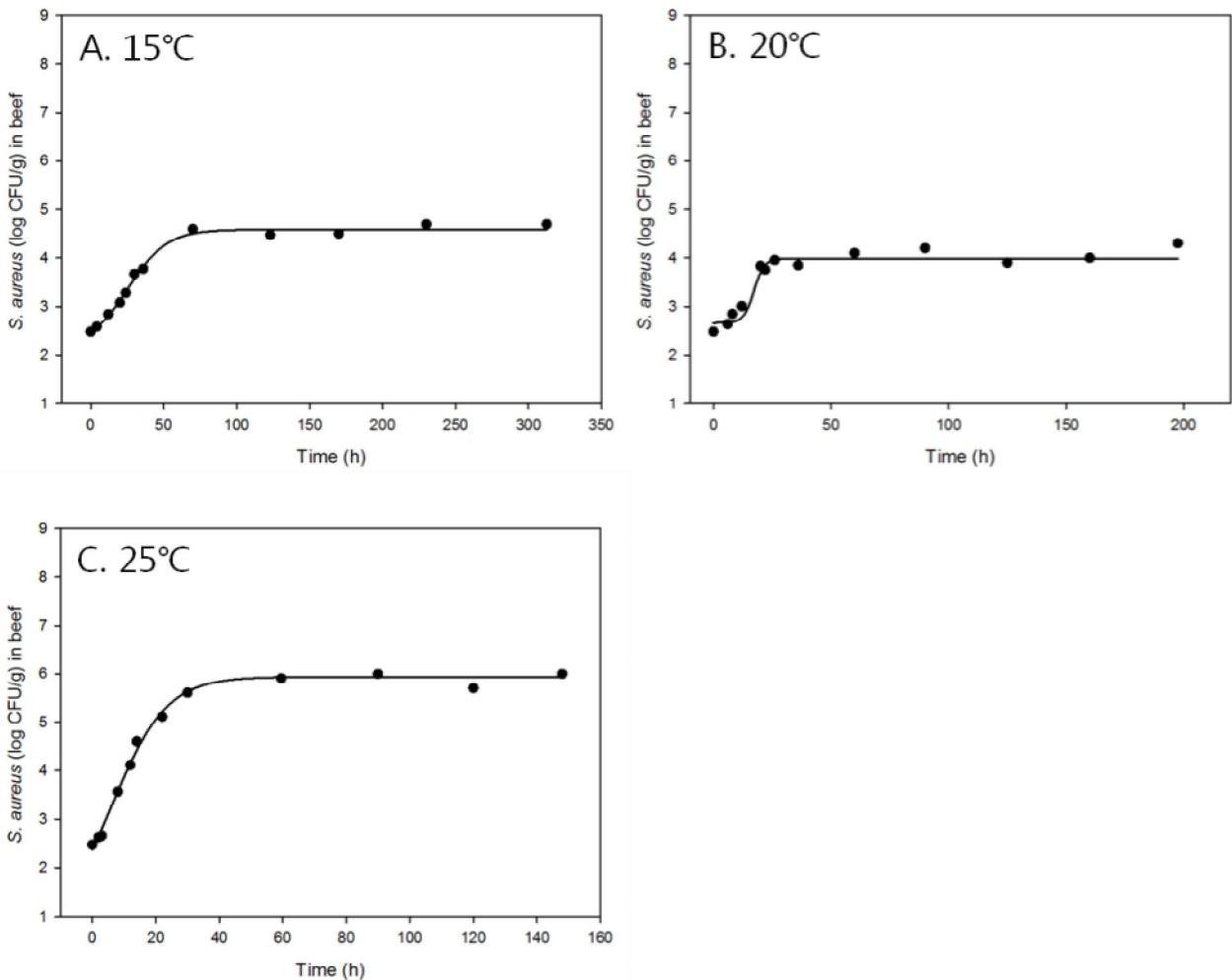


그림 6-22. 온도에 따른 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장곡선

표 6-24. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 쇠고기에서 온도조건에 따른 *S. aureus* 표준균주의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE ^a	R ^{2b}	Bias ^c
15°C	6.01	0.05	0.07	0.99	1.01
20°C	3.54	0.07	0.05	0.99	1.00
25°C	2.16	0.17	0.11	0.99	1.00

^aRMSE = root mean square error

^bR² = determination coefficient

^cBias = Bias factor

2) 온도에 따른 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 15°C 미만의 저장 조건에서 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 lag time과 specific growth rate를 예측하기 위해 2차 모델에 적용함.
- 앞선 실험 결과와 마찬가지로 lag time은 exponential decay를 (그림 6-23A), specific growth rate는 exponential growth를 따르는 양상을 보임 (그림 6-23B). 표 7-25는 2차 모델에 따른 lag time 및 specific growth rate를 나타냄.
- 온도에 따른 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장특성이 2차 모델에 잘 fitting됨에 따라 저장 온도 5, 10°C에서의 lag time 및 specific growth rate를 산출 할 수 있었음 (표 6-25).
- 산출 결과 5, 10°C에서 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주는 각각 10.44h, 18.38h의 lag time과 0.046, 0.045 log CFU/g/h 의 specific growth rate를 나타내는 것으로 예측됨.

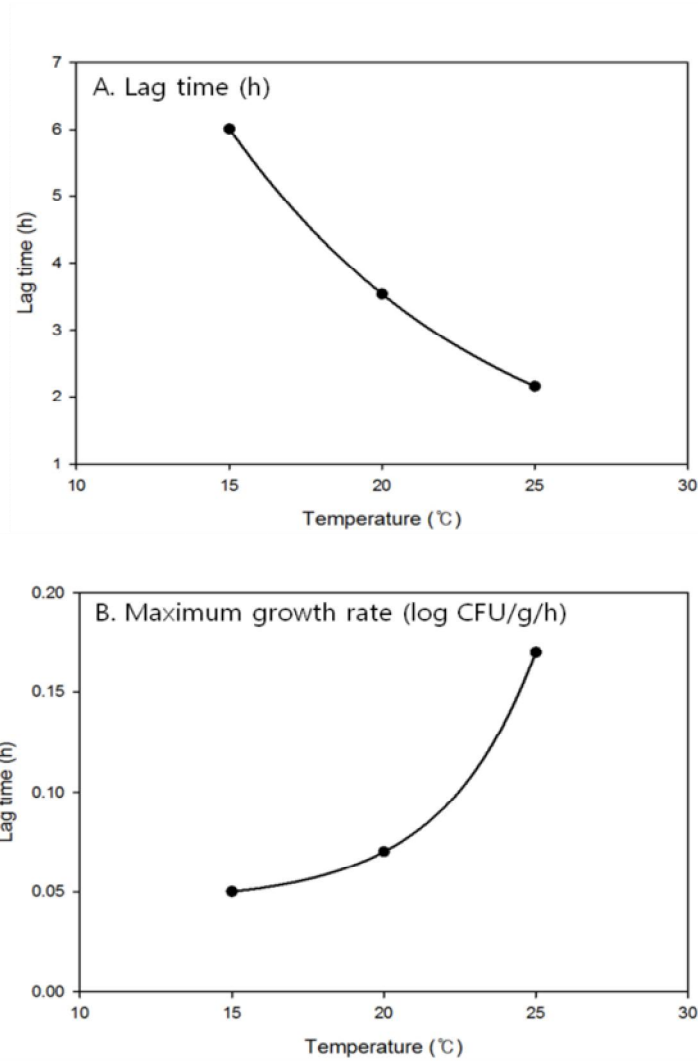


그림 6-23. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델링 및 회귀곡선

표 6-25. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 maximum growth rate

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 0.4213 + 32.2059 \times e^{-0.1168 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	5	18.38
		10	10.44
		15	6.01
		20	3.54
		25	2.16
Maximum growth rate, μ (log CFU/g/h)	$\mu = 0.0450 + 0.00004 \times e^{0.3219 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	5	0.045
		10	0.046
		15	0.050
		20	0.070
		25	0.170

- 따라서 modified-Gompertz 모델을 이용하여 저장 온도 5°C에서의 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 유통기한 및 저장기간을 산정할 수 있음.

3) Modified-Gompertz 모델을 응용한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장 예측과 쇠고기의 유통기한 설정

- 앞선 실험에서와 마찬가지로 안전성이 확보된다고 판단되는 쇠고기 내 미생물 수준은 5 log CFU/g로 설정하였음 (표 6-26).
- 초기 미생물 균수는 2 log CFU/g으로 설정하였으며, 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장 특성 분석 (그림 6-22)에 따라 N_{max} 는 6 log CFU/g으로 설정함 (표 7-26).

표 6-26. Modified-Gompertz 모델식 및 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 유통기한 설정을 위한 변수 결정

Models	Equation	Determined value
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp \left[- \exp \left\{ \left(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C} \right) \times (\lambda - t) + 1 \right\} \right]$	
Variables	• N_0 (초기 균수)=	2 log CFU/mL
	• N_{max} (최대 균수)=	6 log CFU/mL
	• λ (lag time)=	18.38 h
	• μ (specific growth rate)=	0.045 log CFU/g/h
	• $C = N_0 - N_{max}$	

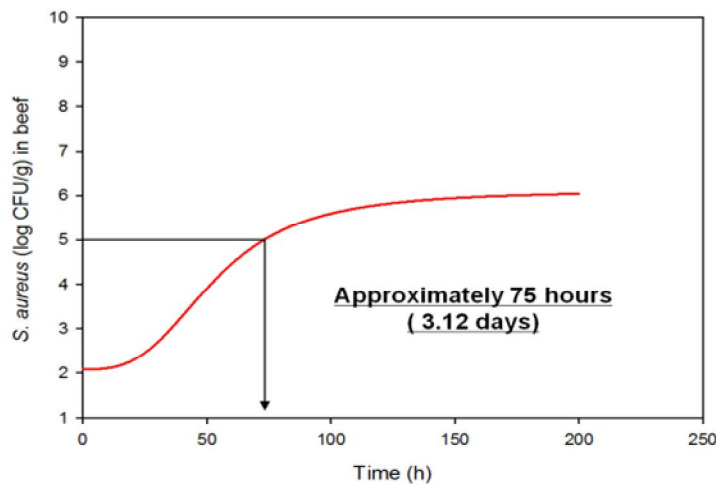


그림 6-24. Modified-Gompertz 모델을 이용한 5°C 저장 간 쇠고기에서의 *S. aureus* 표준균주의 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 또는 저장기간 설정

- Modified-Gompertz 모델을 이용한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장을 예측할 경우, 쇠고기를 5°C에서 약 3.12일 간 저장할 경우 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주가 약 5 log CFU/g 수준으로 증가한다고 예측됨 (그림 6-24).
- 따라서 쇠고기에 2 log CFU/g 수준으로 *S. aureus* 표준균주를 접종하여 유통기한을 예측

할 경우 5°C 저장 조건에서 약 3일 이내로 산정되어야 할 것으로 판단됨.

㉔ 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 성장 특성 분석

1) 온도에 따른 쇠고기 내 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 성장 분석과 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

- 앞서 수행 된 저장 간 쇠고기의 *S. aureus* 표준균주의 성장 특성 분석 방법과 같이 modified-Gompertz 모델을 이용하여 5, 10, 15, 20, 25°C 저장 간 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주 정량 결과를 fitting하였으며 (그림 6-25), 도출된 lag time 및 specific growth rate를 표 7-27에 나타냄.

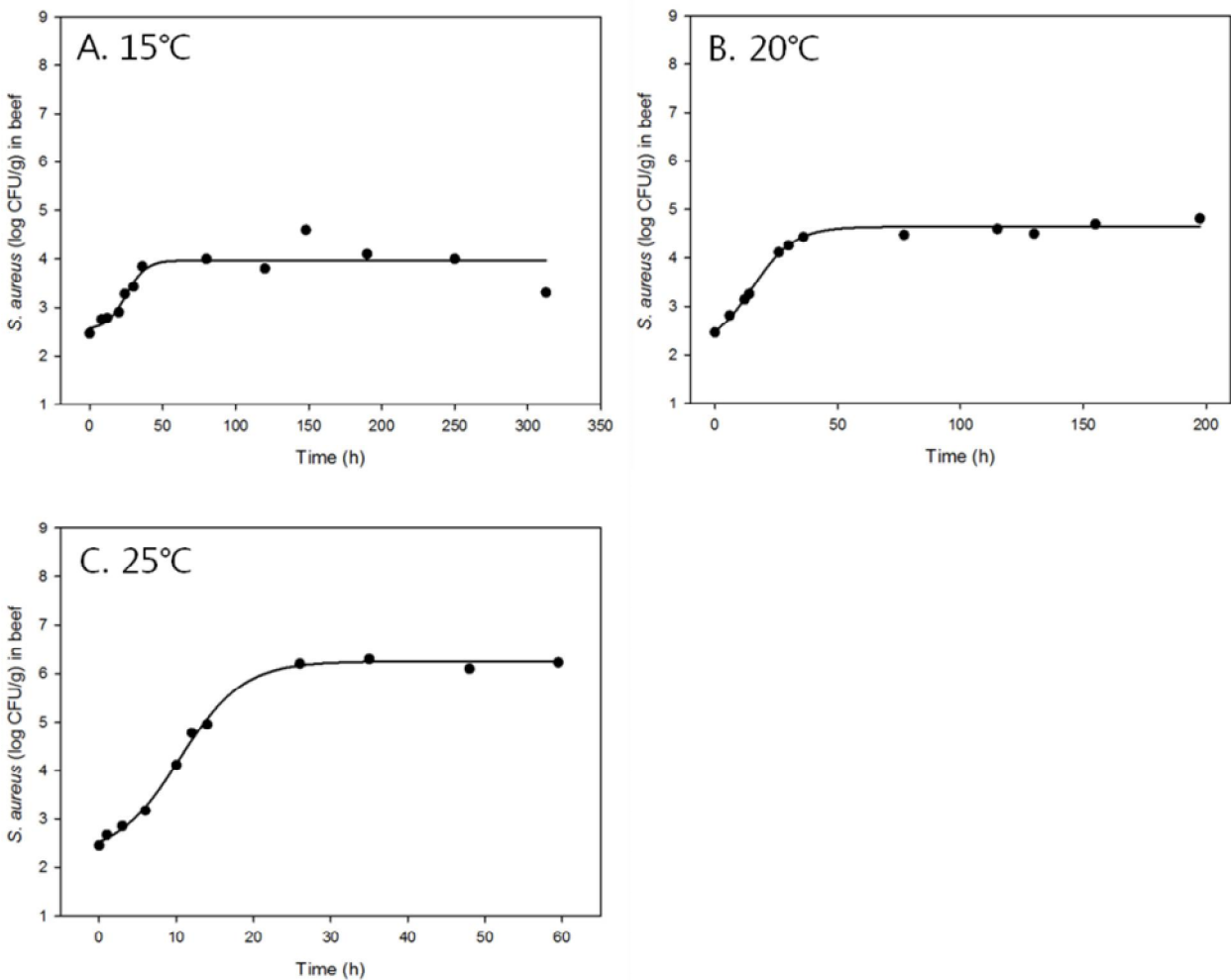


그림 6-25. 온도에 따른 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 성장곡선

표 6-27. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 쇠고기에서 온도조건에 따른 *S. aureus* 분리균주의 성장특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/ml/h)	RMSE	R ²	Bias
15°C	4.98	0.04	0.06	0.99	1.00
20°C	3.21	0.08	0.09	0.99	1.01
25°C	2.72	0.24	0.10	1.00	1.00

- 저장 온도 별 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 성장 패턴은 modified-Gompertz 모델에 잘 fitting되어 모두 0.99 이상의 R²를 나타냄 (표 6-27).
- 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 성장 특성 결과와 마찬가지로 저장온도 5, 10°C에서의 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 성장은 전혀 일어나지 않음 (그림 6-25).
- 또한 25°C를 제외한 온도 조건에서 최대 미생물 성장 수준이 5 log CFU/g 미만으로 매우 낮았음. 이 역시 앞선 결과와 마찬가지로 쇠고기 내재 미생물에 의해 성장이 저해된 것으로 예상됨.
- 앞선 실험과 마찬가지로 2차 분석 모델 적용을 통해 저온 저장 간 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 lag time과 specific growth rate를 예측함.

2) 온도에 따른 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 10°C 이하의 저장 조건 시 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 lag time 및 specific growth rate를 예측하기 위해 2차 모델을 적용함 (그림 6-26).
- Lag time 및 specific growth rate는 적용한 2차 모델에 잘 fitting 되어 모두 1.00의 R²를 나타냄 (표 6-28).
- 산출된 lag time 및 specific growth rate는 5°C 저장조건일 때 각각 34.46h와 0.028 log CFU/g/h을, 10°C 저장조건일 때 각각 11.37h와 0.030 log CFU/g/h로 나타남.

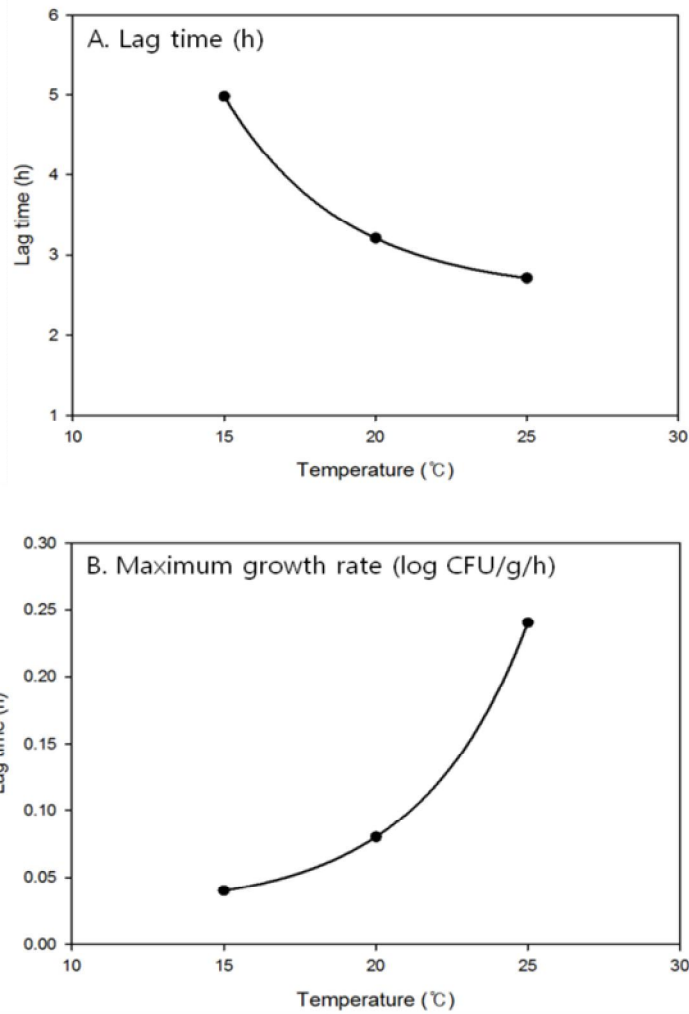


그림 6-26. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델링 및 회귀곡선

표 6-28. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 maximum growth rate

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 2.5324 + 115.3634 \times e^{-0.2569 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	5	34.46
		10	11.37
		15	4.98
		20	3.21
		25	2.72
Maximum growth rate, μ (log CFU/g/h)	$\mu = 0.0267 + 0.0002 \times e^{0.2773 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	5	0.028
		10	0.030
		15	0.040
		20	0.078
		25	0.232

- 2차 모델을 통해 산출된 5°C 저장조건에서의 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 lag time 및 specific growth rate을 modified-Gompertz 모델에 적용하여 미생물 안전성을 위한 유통기한 및 저장기간을 산정할 수 있음.

3) Modified-Gompertz 모델을 응용한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 성장 예측과 쇠고기의 유통기한 설정

- 쇠고기의 5°C 저장 간 미생물 안전성을 위한 *S. aureus* 분리균주의 최대 균수 기준을 5 log CFU/g로 설정함 (표 6-29).

- 또한 앞선 실험과 마찬가지로 초기 미생물 총균수 (N_0)는 2 log CFU/g 로, 최대 미생물 성장 수준 (N_{max})는 6 log CFU/g으로 설정함 (표 6-29).

표 6-29. Modified-Gompertz 모델식 및 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 유통기한 설정을 위한 변수 결정

Models	Equation	Determined value
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp \left[- \exp \left\{ \left(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C} \right) \times (\lambda - t) + 1 \right\} \right]$	
	• N_0 (초기 균수)=	2 log CFU/mL
	• N_{max} (최대 균수)=	6 log CFU/mL
Variables	• λ (lag time)=	34.46 h
	• μ (specific growth rate)=	0.028 log CFU/g/h
	• $C = N_0 - N_{max}$	

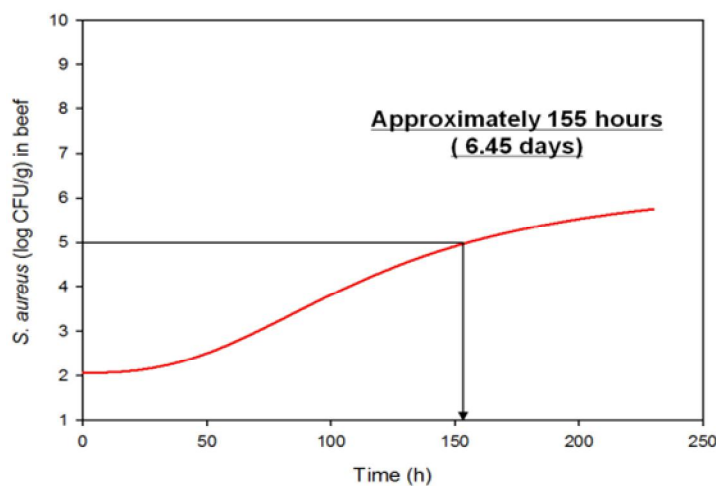


그림 6-27. Modified-Gompertz 모델을 이용한 25°C 저장 간 쇠고기에서의 *S. aureus* 분리균주의 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 또는 저장기간 설정

- Modified-Gompertz 모델을 이용해 산출한 5°C 저장 간 쇠고기 내 *S. aureus* 분리균주의 예상 유통기한은 초기 균수가 2 log CFU/g일 때 약 6일이라고 판단됨 (그림 6-27).
- 5°C 저장 간 쇠고기 내 *S. aureus* 표준균주의 예상 유통기한과 비교했을 때 *S. aureus* 분리

균주의 예상 유통기한이 약 3일 긴 것으로 나타남.

- 하지만 고온으로 온도를 높일수록 *S. aureus* 표준균주에 비해 *S. aureus* 분리균주의 lag time은 줄어들고 specific growth rate는 급격하게 늘어남. 이는 저장온도가 올라갈수록 *S. aureus* 분리균주가 *S. aureus* 표준균주보다 위험수준에 더욱 빠르게 도달할 것으로 예상됨.
- 따라서 쇠고기 내 *S. aureus*에 따른 유통기한은 저장 온도를 고려하여 미생물 안전성을 완전히 보장할 수 있는 범위 내에서 산출 되어야 할 것으로 판단됨.
- 실제 쇠고기에 내재 된 *L. monocytogenes*와 *S. aureus*는 매우 미미한 수준으로 존재하고 있음.
- 따라서 앞선 실험결과에서 산출 된 유통기한보다 실제 쇠고기 내 주요 오염 식중독균의 위험 수준에 도달하는 기한은 더욱 길 것으로 예상됨.
- 쇠고기의 일반적 유통 온도인 5°C에서는 고온의 저장조건일 때에 비해 미생물의 성장속도가 현저히 느려짐.
- 본 연구에서 개발하고자 하는 에너지 recycling 참여재 및 저온 수배송 시스템의 경우 쇠고기의 도축 후 신속한 수송 및 저장이 가능함.
- 수송온도 5°C의 조건 일 때 쇠고기의 품질 손상이 최소화 될 것으로 판단됨.
- 따라서 쇠고기의 유통 및 물류 과정에 저온 수배송 시스템을 적용한다면 도축 및 수송 시 발생하는 품질 저해 요소를 해결과 소비자에게 고품질의 식품 및 식재료를 공급할 수 있을 것으로 예상됨.
- 또한 이동이 가능한 저온 수배송 시스템은 수확 및 이송 중 축냉이 가능하므로 시간과 노동력 최소화에도 기여할 것으로 판단 됨.

(나) 두부에서 분리, 동정된 식중독균 성장 특성 분석

- 전년도 모니터링 결과에 의하면 두부에서 *S. aureus* 및 *B. cereus*가 검출되지 않았음. 앞서 정성적 방법으로 *S. aureus*와 *B. cereus*를 검출하였을 때, *S. aureus* 및 *B. cereus*가 분리된 바에 의하면 미량으로 존재하여 정량적 방법으로는 검출이 되지 않았을 것으로 판단됨.
- 두부에 *S. aureus* 및 *B. cereus*가 잠재적으로 미량 존재함에 따라 저장 간 두부의 미생물 안전에 위협적인 영향을 미칠 것으로 판단됨.
- 따라서 본 연구에서는 두부의 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 설정을 위하여, 두부에서 분리된 두부 주요 상재균인 *S. aureus*와 *B. cereus*를 두부에 인위 접종하여 두부 저장 간 미생물 성장 정량 분석을 수행함.
- 시판 두부 중 전년도 모니터링 결과를 바탕으로 비교적 미생물이 검출되지 않은 두부를 선정하여 분리·동정된 식중독균(*S. aureus*, *B. cereus*)을 2-3 log CFU/g 수준으로 접종하고, 배양 온도는 냉장보관 온도조건과 상온보관 온도조건을 고려하여 10, 15, 20, 25, 30°C로 정하였고, 각 온도별 저장 간 균수의 변화를 평판배지법에 의해 정량함.
- Modified-Gompertz 모델을 이용하여 10-35°C 저장 간 두부에서의 두부 분리 식중독균(*S. aureus*, *B. cereus*) 성장 측정 정량 결과를 fitting하여 lag time 및 maximum growth rate를 산출함.

① 두부 분리균주 *S. aureus* 성장 측정

② 온도에 따른 두부 분리 *S. aureus*의 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

- 10, 15, 20, 30, 35°C의 보관온도에서 두부에 접종된 *S. aureus*가 7 log CFU/g 수준 이상으로 증식할 때까지 각각 온도에 따라 성장을 정량함.
- Modified-Gompertz 모델을 적용하여 온도(10, 15, 20, 30, 35°C)에 따른 두부에서 두부 분리 *S. aureus* 성장곡선을 작성하였으며(그림 6-28), 산출된 lag time과 maximum growth rate를 표 7-30에 도시함.

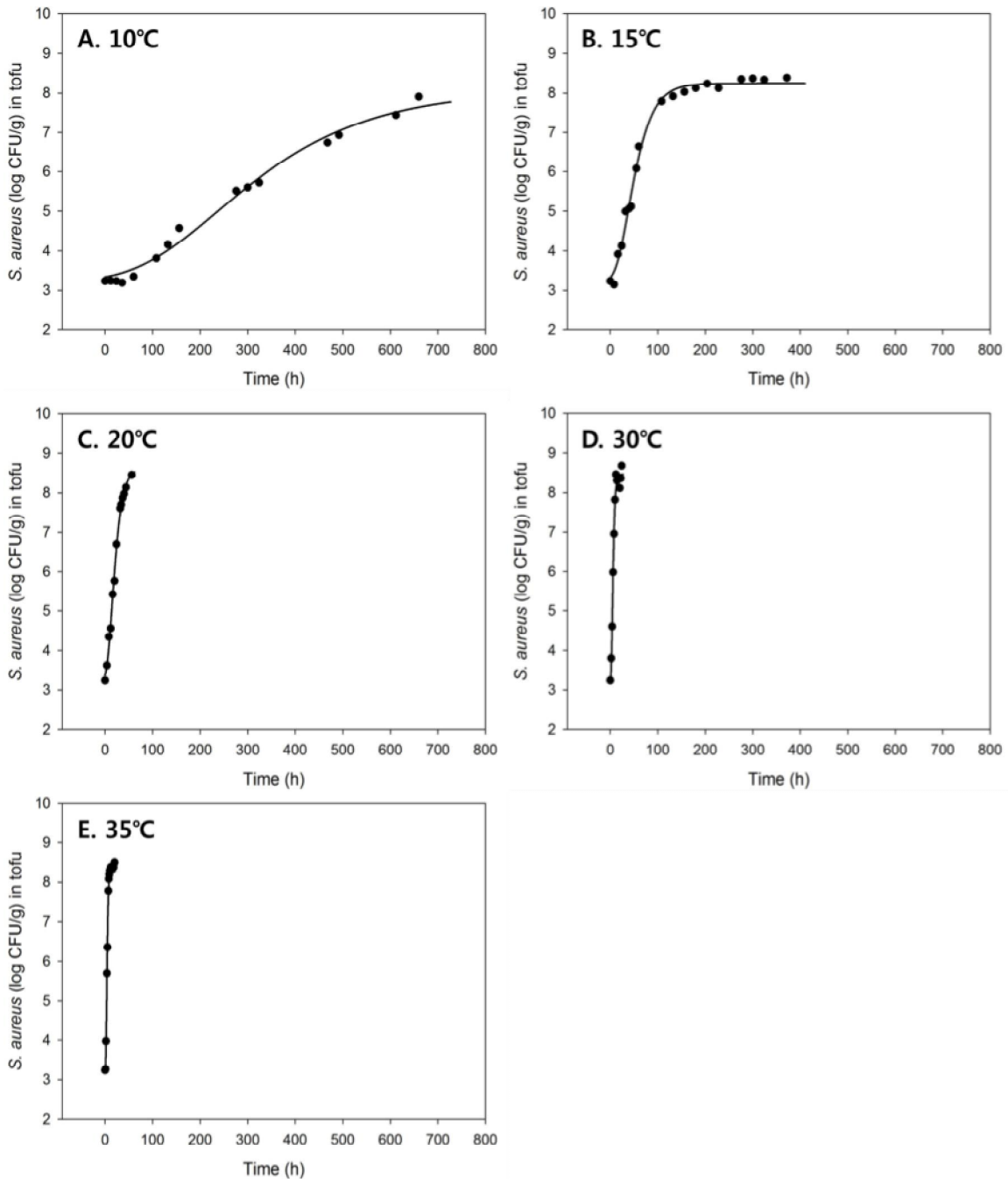


그림 6-28. 온도에 따른 두부 내 *S. aureus*의 성장곡선

표 6-30. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 두부에서 온도조건에 따른 *S. aureus*의 성장 특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/g/h)	RMSE	R ²	Bias
10°C	49.27	0.01	0.17	0.99	1.00
15°C	10.86	0.07	0.17	0.99	1.00
20°C	3.44	0.17	0.13	1.00	1.00
30°C	1.73	0.58	0.17	0.99	1.00
35°C	1.67	0.87	0.09	1.00	1.00

- Modified-Gompertz 모델은 각 저장온도에 따른 두부에서의 두부 분리 *S. aureus* 균주의 성장 패턴을 잘 표현하여 통계적 적합성을 나타내는 R² 값이 모두 1에 근접한 0.99 이상을 나타냄.
- 저장 온도 10, 15, 20, 30, 35°C에 따라 lag time은 49.27, 10.86, 3.44, 1.73, 1.67 h, maximum growth rate는 0.01, 0.07, 0.17, 0.58, 0.87 log CFU/g/h으로 분석됨.
- 전반적으로 설정한 저장온도(10-35°C)가 상승함에 따라 maximum growth rate는 증가하였고, lag time은 감소하는 경향을 나타냄. 이는 기존에 알려진 식품에서의 미생물 성장 패턴과 동일한 결과를 나타냄.
- 온도를 10°C에서 15°C로 증가시킬 경우, 두부에서의 두부 분리 *S. aureus*의 lag time은 약 5배 가까이 감소되고 maximum growth rate는 약 7배 증가할 것으로 추정됨.
- 두부 내 *S. aureus*가 내재된 경우, 두부의 안전성 확보를 위하여 유통 저장 간 온도관리에 유의해야 할 것으로 판단되며, 10°C 이상의 온도에서는 *S. aureus* 성장에 의한 부패에 취약할 것으로 판단됨.

㊤ 온도에 따른 두부 분리 *S. aureus*의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 두부는 단백질 식품으로 특성상 수분이 많고, pH 5-6.5으로 비교적 높기 때문에 미생물 성장이 쉬운 조건으로 부패하기 쉬워 저장 및 유통에 문제점이 따를 수 있음.
- 실험에 설정한 저장온도 외 온도에서의 온도 변화에 따른 lag time과 maximum growth rate를 2차 모델을 개발함으로써 산출할 수 있음. 2차 모델을 통하여 lag time 및 maximum growth rate를 예측하고, 두부 내의 *S. aureus*의 성장을 제어할 수 있음.
- 1차 모델에서 산출된 lag time 및 maximum growth rate를 기반으로 2차 모델식을 산출하였으며, 2차 모델에 따른 lag time 및 maximum growth rate를 표 6-31에 도시함.

표 6-31. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 두부 내 *S. aureus*의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 maximum growth rate

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 1.6619 + 1274.787 \times e^{-0.3287 \cdot T}$ ($R^2 = 1.0$)	10	49.30
		15	10.87
		25	2.01
Maximum growth rate, μ (log CFU/g/h)	$\mu = 0.02 \times e^{0.1086 \cdot T}$ ($R^2 = 0.99$)	10	0.06
		15	0.10
		25	0.30

- 온도에 따른 두부에서의 두부 분리 *S. aureus*의 lag time은 exponential decay를 따르는 양상을 나타냄(그림 6-29A). Specific growth rate은 exponential growth 형태를 나타냄(그림 6-29B).
- Exponential한 패턴은 각 저장온도에 따른 두부에서의 두부 분리 *S. aureus* 성장 생육 변수인 lag time과 maximum growth rate를 잘 표현하여 통계적 적합성을 나타내는 R^2 값이 1.0, 0.99를 나타냄. 이는 실험에 의해 관측된 값과 2차 모델에 의해 얻어진 예측값의 상관관계가 밀접함과 동시에 모델의 적합도가 높음을 의미함.
- 식품공전에 고시된 두부류의 권장 유통기간은 비포장 제품의 두부는 상온(15-25°C)에서 24시간(4월-10월), 48시간(11월-3월), 냉장(10°C 이하)에서 3일로 제시되어있고, 살균제품의 경우 냉장(10°C 이하)에서 15일을 권장유통기간으로 제시함.
- 2차 모델을 통하여 식품공전에 고시된 두부류의 권장 유통 온도를 기초로 10, 15, 25°C에서의 두부 내 *S. aureus*의 성장을 예측하기 위해 lag time과 maximum growth rate를 산출하였고, 각각 10, 15, 25°C에서의 lag time은 49.30, 10.87, 2.01 h, maximum growth rate은 0.06, 0.10, 0.30 log CFU/g/h으로 분석됨.
- 2차 모델을 통하여 도출된 lag time과 maximum growth rate를 이용할 경우, 저장 온도에 따라 미생물 안전성을 확보할 수 있는 유통기한 및 저장기간을 산출할 수 있음.

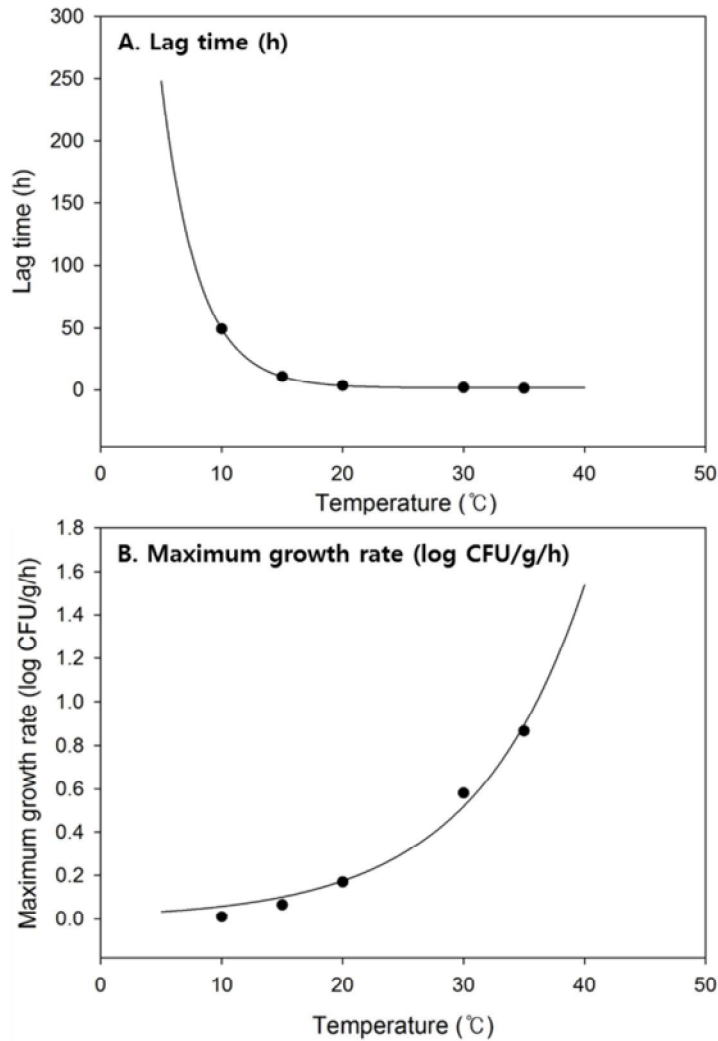


그림 6-29. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 두부 내 *S. aureus*의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델링 및 회귀곡선

㉔ Modified-Gompertz 모델을 응용한 저장 간 두부 내재 *S. aureus* 성장 예측과 두부의 유통·저장기간 설정

- 두부에서 미생물이 5 log CFU/g 이상 존재할 시, 부패가 진행되어 관능적으로 변화하기 시작하여 부패취가 발생하므로, 두부 저장 간 미생물 안전성 확보를 위한 유통·저장 기간 산출기준은 5 log CFU/g로 설정함.
- 유통·저장 기간을 산출하기 위하여 modified-Gompertz model을 이용함. 따라서 2차 모델에서 도출된 lag time 및 maximum growth rate, 초기 미생물 균수(N_0), 최대 미생물 성장 수준(N_{max})에 대한 정보가 필수적임(표 6-32).
- 온도별 두부 저장에 따른 두부 내재 *S. aureus* 성장 분석 결과(그림 7-32)에 따르면 두부 내 *S. aureus*는 약 8 log CFU/g 정도까지 성장함에 따라 N_{max} 를 8 log CFU/g으로 설정함(표 6-32).
- *S. aureus*의 정량적 검출 방법의 검출 한계가 2 log CFU/g 임에 따라 N_0 를 2 log CFU/g으로 결정함(표 6-32).

표 6-32. Modified-Gompertz 모델식 및 *S. aureus* 두부의 유통·저장 기간 산출을 위한 변수 설정

Models	Equation		
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp[-\exp(2.718 \times \frac{\mu_{\max}}{C}) \times (\lambda - t) + 1]$		
Variables	Determined value 10°C	Determined value 15°C	Determined value 25°C
◆ N_0 (초기 균수)	2 log CFU/g	2 log CFU/g	2 log CFU/g
◆ N_{\max} (최대 균수)	5 log CFU/g	5 log CFU/g	5 log CFU/g
◆ λ (lag time)	49.30 h	10.87 h	2.01 h
◆ μ (maximum growth rate)	0.06 log CFU/g/h	0.10 log CFU/g/h	0.30 log CFU/g/h
◆ $C=N_0-N_{\max}$	3 log CFU/g		

- 표 6-32에 도시한 변수를 modified-Gompertz 모델에 적용한 결과 각 온도(10, 15, 25°C)에 따른 두부 내 *S. aureus*의 성장 예측 그래프를 나타내었고(그림 7-30), modified-Gompertz 모델로부터 산출된 저장 온도(10, 15, 25°C)간 예측 유통·저장 기간을 표 7-33에 나타냄.

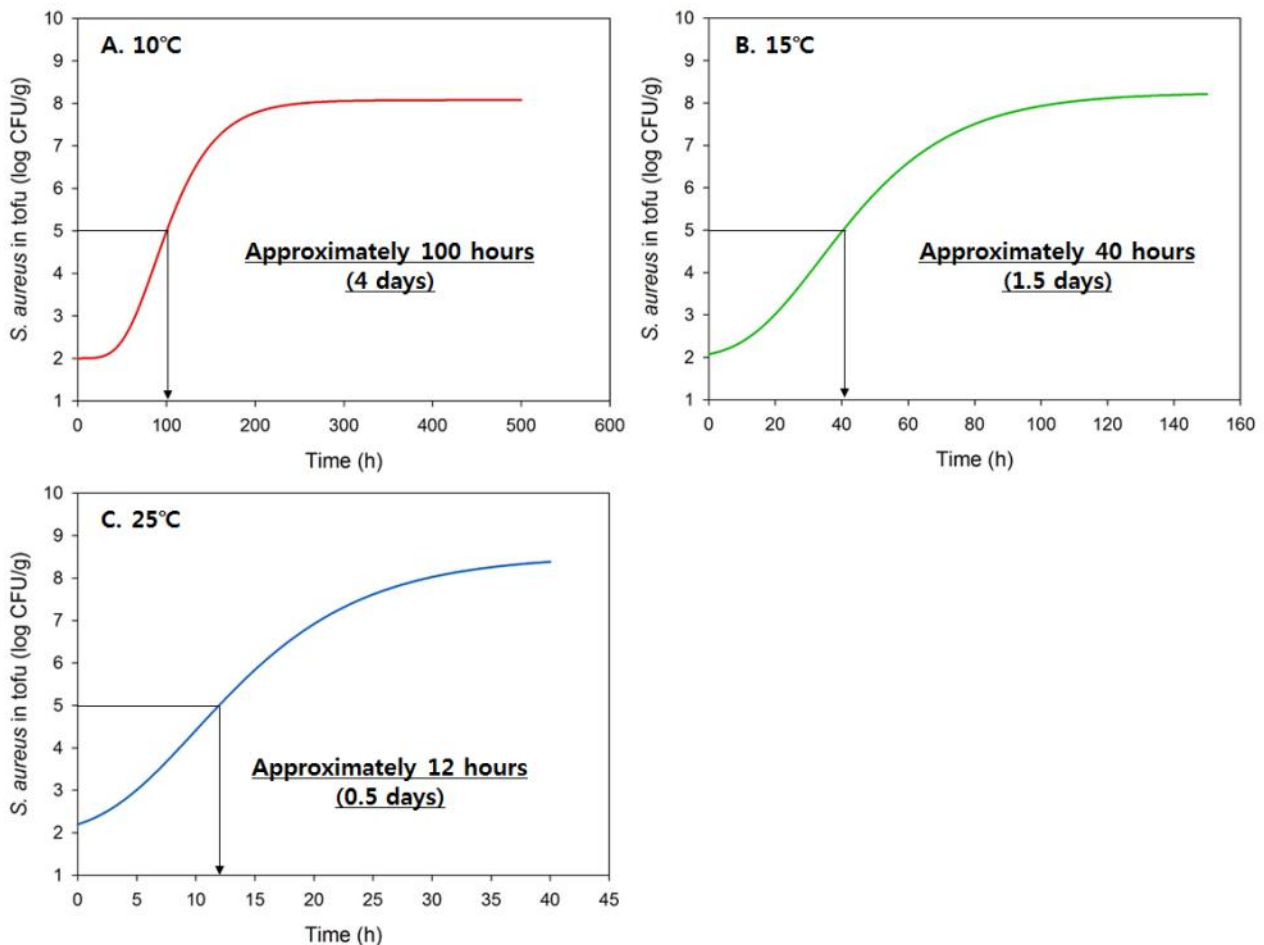


그림 6-30. Modified-Gompertz 모델을 이용한 10, 15, 25°C 저장 간

두부에서의 *S. aureus* 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통·저장 기간 설정

- 현재 살균 두부의 경우 냉장(10℃ 이하)보관 15일을 권장되고 있는 실정이나, 살균 두부 내 *S. aureus*가 2 log CFU/g 수준으로 미량 존재할 경우 10℃의 저장 조건에서 약 4일 후 5 log CFU/g을 초과하는 것으로 예측됨.

표 6-33. Modified-Gompertz 모델을 이용한 10, 15, 25℃ 저장 간 *S. aureus* 내재 두부의 미생물 안전성 확보를 위한 유통·저장 기간 설정

Temperature (℃)	예측 유통·저장 기간, h (date)
10	100 (4.1)
15	40 (1.5)
25	12 (0.5)

- 전년도 모니터링 연구 결과에 의하면, 대부분의 시판 두부는 살균 두부로 두부 생산과정 중 미생물이 효과적으로 제어되어 두부 내 미생물이 존재하지 않는 않았음.
- 그러나 실험에 사용된 두부 또한 살균 두부를 사용하여 *S. aureus*를 분리하였으므로, 두부 내 *S. aureus*가 잠재적으로 존재할 수 있는 가능성이 있음.
- 따라서 두부 생산 공정·방법에 따라 두부 내 미생물의 존재 가능성을 파악하여 각 조건에 따라 유통·저장 기한을 설정해야할 것으로 판단되며, 전년도 모니터링 연구 결과에 따르면 미생물 오염 수준이 2 log CFU/g을 초과할 가능성이 크게 존재함에 따라 10℃에서 4일 미만의 유통·저장 기한 설정이 권장됨.

㉔ 두부에서 분리된 *S. aureus* 균주와 *S. aureus* 표준균주의 성장 비교

- 두부에서 분리된 *S. aureus* 및 *S. aureus* 표준균주는 유래된 곳이 다르므로 두부에서의 성장 또한 차이가 있는지 알아보기 위하여 성장 비교 실험을 진행함.
- 두부에서 분리된 3종의 *S. aureus*를 cocktail, 3종의 *S. aureus*를 cocktail하여 2 log CFU/g 수준으로 접종하였고, 15, 20, 30, 35℃에 보관하며 각 균주의 성장을 비교 정량함.
- 두부 분리균주와 표준균주 성장의 차이를 검증하기 위하여 SPSS를 이용해 독립표본 T검정을 실시하였음(유의성 95%).
- 유의성 검증을 위하여 독립표본 T검정을 시행한 결과, p-value가 0.05 이하로 산출됨. 따라서 각 저장 온도(15, 20, 30, 35℃) 모두 두부 분리균주와 표준균주의 성장이 유의적으로 차이가 있음(그림 6-31)

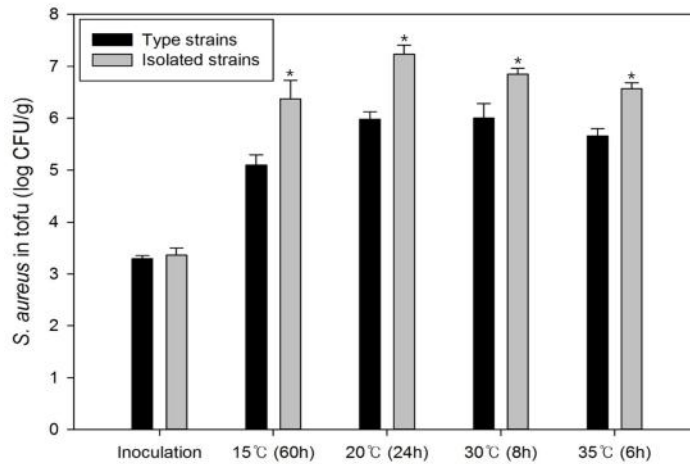


그림 6-31. 온도(15, 20, 30, 35°C)에 따른 두부에서의 두부 분리 *S. aureus* 균주(Isolated strains) 및 *S. aureus* 표준균주(Type strains)의 성장 비교

- 두부에서 두부 내 내제하는 *S. aureus*는 같은 시간동안 표준균주보다 성장이 약 1 log CFU/g 정도 빠르므로, 두부의 유통기한 설정 시, 표준균주를 인위적으로 접종하여 산출한다면 실제 유통기한과 차이가 날 것으로 판단됨.
- 따라서 식품에서 유통기한을 설정할 경우, 표준균주의 인위접종 보다는 해당 식품 내 존재하는 미생물을 분리, 접종한다면 보다 정확한 유통기한을 산출할 수 있을 것으로 판단됨.

② 두부 분리균주 *B. cereus* 성장 측정

㉞ 온도에 따른 두부 분리 *B. cereus*의 modified-Gompertz 모델을 이용한 성장특성 분석

- 10, 15, 20, 25, 30°C의 보관온도에서 두부에 접종된 *B. cereus*가 7 log CFU/g 수준 이상으로 증식할 때까지 각각 온도에 따라 성장을 정량함.
- Modified-Gompertz 모델을 적용하여 온도(10, 15, 20, 25, 30°C)에 따른 두부에서 두부 분리 *B. cereus*의 lag time과 maximum growth rate를 산출하여 이를 표 7-34에 도시하였고, 성장곡선을 작성함(그림 6-32).

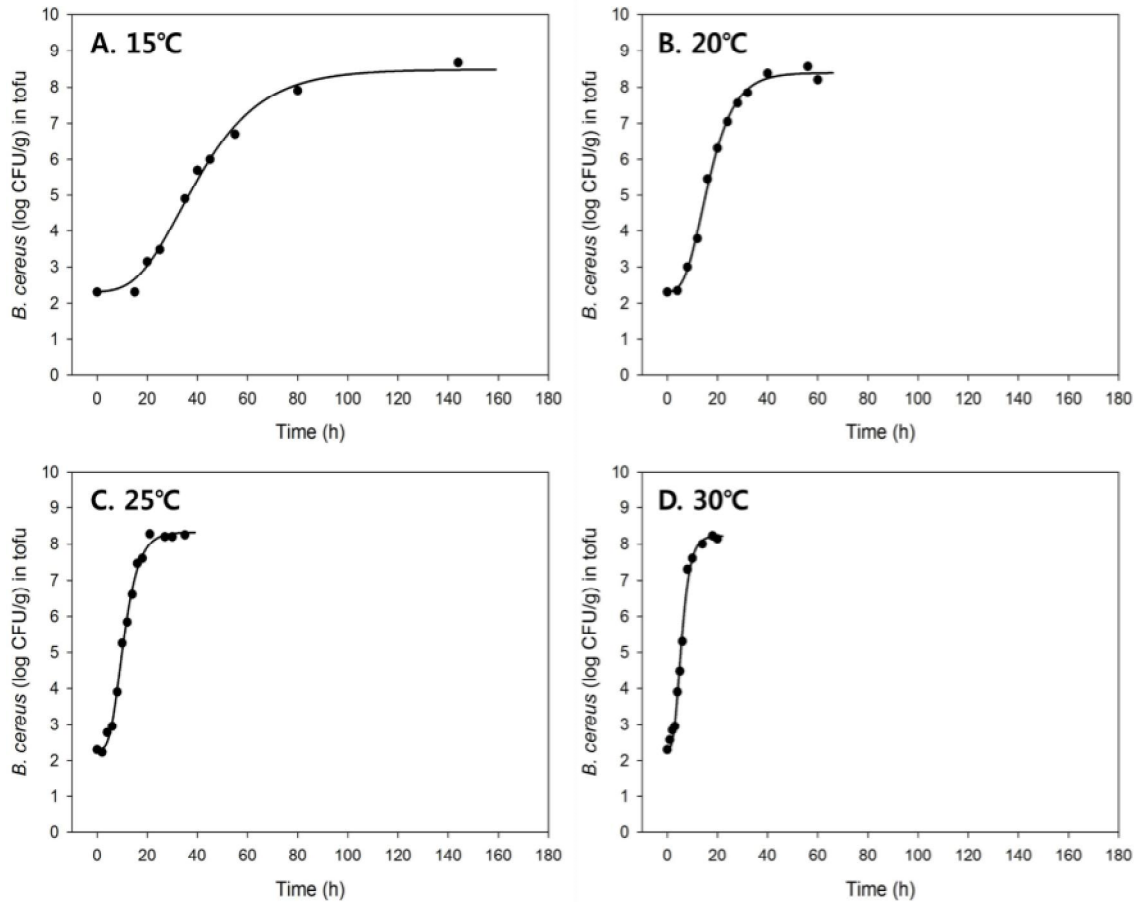


그림 6-32. 온도에 따른 두부 내 *B. cereus*의 성장곡선

표 6-34. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용한 두부에서 온도조건에 따른 *B. cereus*의 성장 특성 분석 결과

Temperature (°C)	Lag time (h)	Maximum growth rate (log CFU/g/h)	RMSE	R ²	Bias
15°C	15.68	0.13	0.19	0.99	1.01
20°C	6.72	0.32	0.13	1.00	1.00
25°C	4.86	0.53	0.15	1.00	1.00
30°C	2.38	0.91	0.20	0.99	1.00

- Modified-Gompertz 모델은 각 저장온도에 따른 두부에서의 두부 분리 *B. cereus* 균주의 성장 패턴을 잘 표현하여 통계적 적합성을 나타내는 R² 값이 모두 1에 근접한 0.99 이상을 나타냄.
- 저장 온도 10, 15, 20, 30, 35°C에 따라 lag time은 15.68, 6.72, 4.86, 2.38 h, maximum growth rate는 0.13, 0.32, 0.53, 0.91 log CFU/g/h으로 분석됨.
- 전반적으로 설정한 저장온도(15-30°C)가 상승함에 따라 maximum growth rate는 증가하였고, lag time은 감소하는 경향을 나타냄. 이는 기존에 알려진 식품에서의 미생물 성장 패턴

과 동일한 결과를 나타냄.

- 온도를 15°C에서 20°C로 증가시킬 경우, 두부에서의 두부 분리 *B. cereus*의 lag time은 약 2배 가까이 감소되고 maximum growth rate는 약 2배 증가할 것으로 추정됨.
- 본 연구 중 두부의 10°C 저장에 따른 *B. cereus* 성장을 정량적으로 측정하였으나, 2 log CFU/g 수준으로 인위 접종된 *B. cereus*가 10°C 저장 간 성장을 하지 못한 결과를 나타냄.
- 앞서 진행된 두부 내재 *S. aureus* 성장 측정 결과와 마찬가지로 미생물 안전성에 대한 고려에 따라 10°C 미만의 저장 및 유통이 권장됨.
- 또한 앞서 기술한 바와 같이 미생물은 온도에 따라 일정한 패턴으로 성장 특성을 나타내므로, 두부를 10°C 저장하는 동안의 *B. cereus* 성장 특성 분석은 실험적으로 수행되기보다 2차 모델 개발을 통한 lag time 및 maximum growth rate 예측이 효과적임.

㊤ 온도에 따른 두부 분리 *B. cereus*의 성장특성 예측을 위한 2차 모델 개발 및 2차 모델에 의한 lag time 및 specific growth rate 예측

- 두부의 저온 저장에 따른 실험적 문제점을 해결하기 위해 15°C 미만의 두부 저장 조건에서의 *B. cereus* 성장 특성, 즉 lag time 및 maximum growth rate를 예측하기 위해 2차 모델을 개발함.
- 특히 lag time 및 specific growth rate 예측을 기반으로 두부 유통 및 저장에 권장되는 10°C 조건에서 두부 내재 *B. cereus*에 의한 미생물 안전성을 확보할 수 있는 유통기한 및 저장기간 산정이 가능함.
- 1차 모델에서 산출된 lag time 및 maximum growth rate를 기반으로 2차 모델식을 산출하였으며, 2차 모델에 따른 lag time 및 maximum growth rate를 표 6-35에 도시함.
- 온도에 따른 두부에서의 두부 분리 *B. cereus*의 lag time은 exponential decay를 따르는 양상을 나타냈고(그림 6-33A), Specific growth rate은 exponential growth 형태를 나타냄(그림 6-33B).

표 6-35. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 두부 내 *B. cereus*의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델과 2차 모델에 의해 산출된 온도별 lag time 및 maximum growth rate

Variables	Models	Temperature (°C)	Estimated values
Lag time, λ (h)	$\lambda = 2.1995 + 269.0159 \times e^{-0.1999 \cdot T}$ ($R^2 = 0.99$)	10	38.64
		15	15.61
		25	4.02
Maximum growth rate, μ (log CFU/g/h)	$\mu = -0.1998 + 0.102 \times e^{0.0795 \cdot T}$ ($R^2 = 1.00$)	10	0.03
		15	0.14
		25	0.54

- 각 저장온도에 따른 두부에서의 두부 분리 *B. cereus* 성장 생육 변수인 lag time과

maximum growth rate은 Exponential한 패턴에 의해 잘 표현되어 통계적 적합성을 나타내는 R² 값이 0.99, 1.00를 나타냄.

- 이는 실험에 의해 관측된 값과 2차 모델에 의해 얻어진 예측값의 상관관계가 밀접함과 동시에 모델의 적합도가 높음을 의미함.
- 앞서 언급한 바와 같이, 식품공전에 고시된 두부류의 권장 유통기간 및 저장온도 조건을 기초로 10, 15, 25°C에서의 두부 내 *S. aureus*의 성장을 예측하기 위해 lag time과 maximum growth rate를 산출하였고, 각각 10, 15, 25°C에서의 lag time은 38.64, 15.61, 4.02 h, maximum growth rate은 0.03, 0.14, 0.54 log CFU/g/h으로 분석됨.
- *B. cereus* 내재 두부의 10, 15, 25°C 저장 간 미생물 안전성 확보를 위한 유통기한 및 저장기간은 앞서 두부 내재 *S. aureus*의 저장·유통기간 산출에서 본 바와 같이 modified-Gompertz 모델을 이용하여 산출될 수 있음.

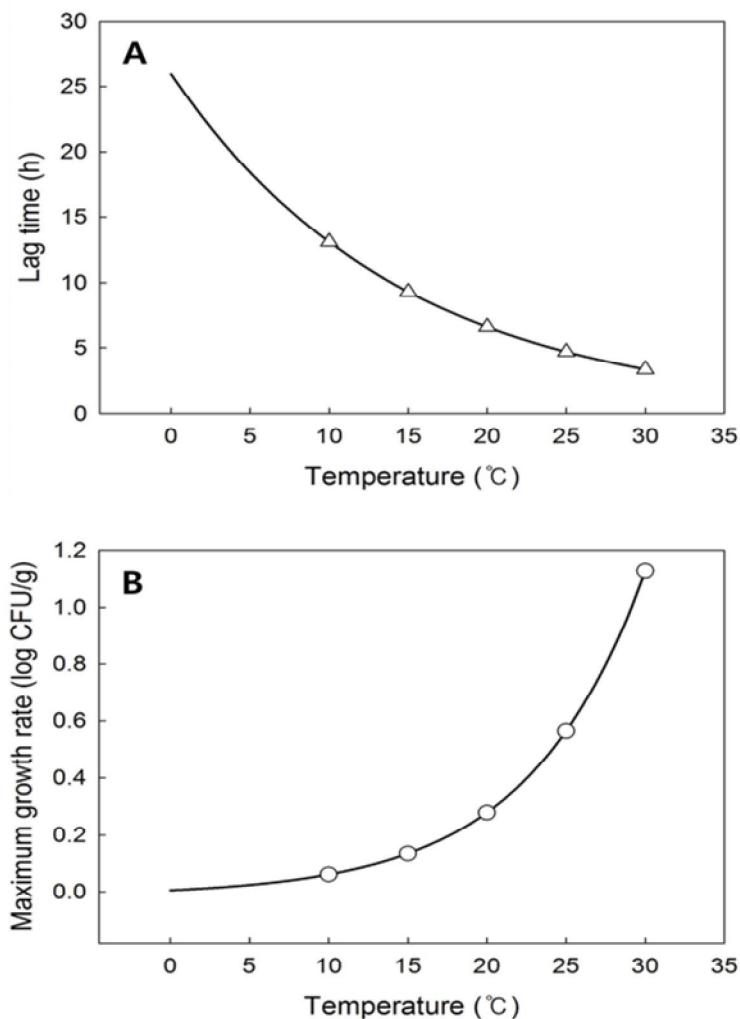


그림 6-33. Modified-Gompertz 회귀곡선을 이용하여 산출된 두부 내 *B. cereus*의 온도에 따른 lag time 및 Maximum growth rate의 2차 모델링 및 회귀곡선

㉔ Modified-Gompertz 모델을 응용한 저장 간 두부 내재 *B. cereus* 성장 예측과 두부의 유통·저장기간 설정

- 앞서 *S. aureus*의 성장 예측과 두부의 유통·저장기간 설정과 마찬가지로 두부 저장 간 미생물 안전성 확보를 위한 유통·저장 기간 산출기준의 최대 미생물 수준은 5 log CFU/g로 설정함.
- 온도별 두부 저장에 따른 두부 내재 *B. cereus* 성장 분석 결과(그림 6-32)에 따르면 두부 내 *B. cereus*는 약 8 log CFU/g 정도까지 성장함에 따라 N_{max} 를 8 log CFU/g으로 설정함(표 6-36).
- *B. cereus*의 정량적 검출 방법의 검출 한계가 2 log CFU/g 임에 초기 두부에 존재할 것으로 예상되는 균의 양 N_0 를 2 log CFU/g으로 결정함(표 6-36).

표 6-36. Modified-Gompertz 모델식 및 *B. cereus* 내재 두부의 유통·저장 기간 산출을 위한 변수 설정

Models	Equation		
modified-Gompertz	$y = N_0 + C \times \exp[-\exp(2.718 \times \frac{\mu_{max}}{C}) \times (\lambda - t) + 1]$		
Variables	Determined value 10°C	Determined value 15°C	Determined value 25°C
◆ N_0 (초기 균수)	2 log CFU/g	2 log CFU/g	2 log CFU/g
◆ N_{max} (최대 균수)	5 log CFU/g	5 log CFU/g	5 log CFU/g
◆ λ (lag time)	38.64 h	15.61 h	4.02 h
◆ μ (maximum growth rate)	0.03 log CFU/g/h	0.14 log CFU/g/h	0.54 log CFU/g/h
◆ $C=N_0-N_{max}$	3 log CFU/g		

- 표 7-36에 도시한 변수를 modified-Gompertz 모델에 적용한 결과 각 온도(10, 15, 25°C)에 따른 두부 내 *B. cereus*의 성장 예측 그래프를 나타내었고(그림 7-30), modified-Gompertz 모델로부터 산출된 저장 온도(10, 15, 25°C)간 예측 유통·저장 기간을 표 7-37에 나타냄.

표 6-37. Modified-Gompertz 모델을 이용한 10, 15, 25°C 저장 간 *B. cereus* 내재 두부의 미생물 안전성 확보를 위한 유통·저장 기간 설정

Temperature (°C)	예측 유통·저장 기간, h (date)
10	150 (6)
15	38 (1.6)
25	9.5 (0.4)

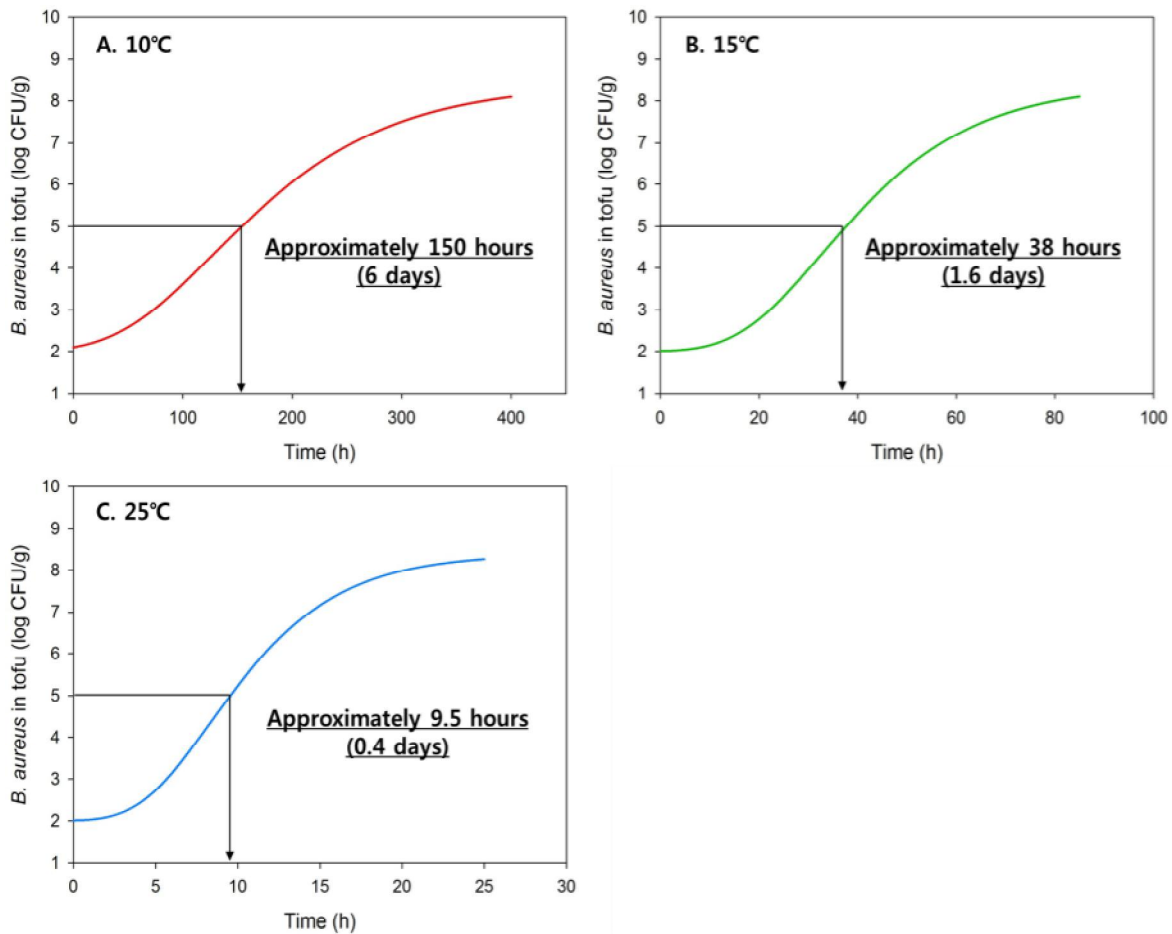


그림 6-34. Modified-Gompertz 모델을 이용한 10, 15, 25°C 저장 간 두부에서의 *B. cereus* 성장 예측 및 미생물 안전성 확보를 위한 유통·저장 기간 설정

- 현재 살균 두부의 경우 냉장(10°C 이하)보관 15일을 권장되고 있는 실정이나, 살균 두부 내 *B. cereus*가 2 log CFU/g 수준으로 미량 존재할 경우 10°C의 저장 조건에서 약 6일 후 5 log CFU/g을 초과하는 것으로 예측됨.
- 전년도 모니터링 연구 결과에 의하면, 대부분의 시판 두부는 살균 두부로 두부 생산과정 중 미생물이 효과적으로 제어되어 두부 내 미생물이 존재하지 않는 않았음.
- 그러나 실험에 사용된 두부 또한 살균 두부를 사용하여 *B. cereus*를 분리하였으므로, 두부 내 *B. cereus*가 잠재적으로 존재할 수 있는 가능성이 있음.
- 두부는 콩에서 추출된 단백질로 만들어지며, 콩 단백질 추출은 열수추출을 기반으로 함에 따라 많은 수의 미생물이 열수과정 중 조절될 것으로 판단되나, 토양에 다수 존재하는 포자 형성균인 *Bacillus* spp.의 오염은 열수추출 공정 중 제어되지 않고 두부에 전이되어 추후 성장과 함께 두부의 변패 및 식중독을 함께 유발할 가능성을 가지고 있음.
- 따라서 두부와 같이 미생물의 오염이 토양에서 유래되는 경우 포자 형성균의 오염 방지 및 제어 유무에 따라 저장 간 미생물 아닌성이 결정되는 것으로 판단됨.
- *B. cereus*는 포자 형성균으로 두부 내재 가능성이 크게 존재함에 따라 10°C에서 6일 미만의 유통·저장 기간 설정이 권장됨.

- 전년도 연구 결과, 신선편이 식품에서 집중적으로 관리해야하는 위해요소 중, 신선식품의 유통 과정 중 존재하는 주요 식중독균 및 미생물 변이를 파악함.
- 우선적으로 신선편이 식품이 유통되는 환경 조건에서 식중독균의 성장 특성이 파악되어야 신선 식품의 수·배송 중의 식중독균 제어가 가능함.
- 따라서 본 연구에서는 신선편이 식품이 유통되는 각 온도 조건에서 인위적으로 대상 식품인 두부, 쇠고기에 접종된 식중독균의 성장 특성을 predictive microbiology를 이용하여 파악하였음.
- 두부의 경우 *S. aureus* 및 *B. cereus* 균을 대상으로 두부에서의 성장 특성을 조사한 결과, *S. aureus*가 내재한 두부는 10℃ 유통 조건에서 약 4일 이내, *B. cereus*가 내재한 두부는 10℃ 유통 조건에서 약 6일 이내에 유통이 되어야 미생물적 안전성을 보장할 수 있으나, 두부에 *S. aureus* 및 *B. cereus*가 2 log CFU/g 수준으로 존재할 가능성이 낮으므로 실제로 적용될 수 있는 유통기한은 4-6일 이상일 것으로 판단됨.
- 현재 개발중인 수송 온도대별(0, 5, 10℃) 에너지 recycling 잠열재 및 저온 수배송 시스템이 두부 배송에 이용될 경우, 두부의 품질 유지 및 효율적인 유통관리가 이루어질 것으로 판단됨.

제 7 절 신선식품 수·배송 미생물적 위해요소 저감화 공정 기술 개발

1. 저장 기간에 따른 소고기와 두부의 품질 변화 조사

가. 저장 기간에 따른 소고기와 두부의 미생물적 품질 변화 분석

- 소비자의 고품질의 식자재 수요가 증가함에 따라 제품의 품질 향상을 위한 최적의 유통기술 등에 대한 연구가 요구되고 있음.
- 두부는 제조 과정상 80% 이상의 수분을 함유하고 있기 때문에 보존성이 취약하여 저장성을 향상시키기 위해 단위 포장하여 저온 유통되고 있음.
- 또한 쇠고기도 절단 등 소비자의 구매 요구에 맞게 1차 가공 상태로 포장되어 저온 유통되고 있음.
- 따라서, 저온 조건에서 유통되는 신선식품에 대한 미생물적 품질 변화에 대한 자료가 필요함.
- 본 연구에서는 포장두부, 비포장두부, 소고기를 저온(0°C) 보관하며 미생물적 변화를 측정하였음.
- 실험에 사용된 포장두부, 비포장두부, 소고기는 서울 성북구 주변 대형마트와 슈퍼마켓에서 구매하여 사용하였음.
- 포장두부는 포장을 뜯지 않은 상태로 보관하며 일주일 단위로 7주간 미생물적 변화를 측정하였음.
- 비포장두부는 멸균된 칼을 이용해 사각형 형태로 잘라 멸균백에 보관하며 일주일 단위로 7주간 일반세균수를 측정하여 미생물적 변화를 관찰하였음.

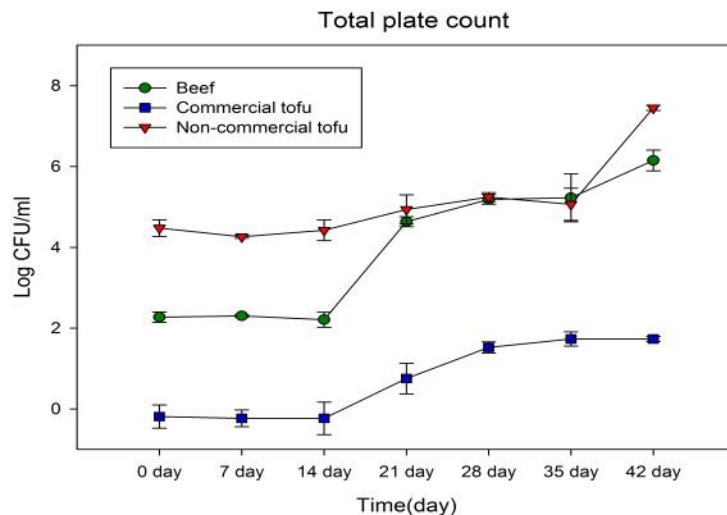


그림 7-1. 0°C 저온 조건에서 저장 기간에 따른 소고기, 포장두부, 비포장두부의 일반세균수 측정

- 그림 7-1은 0°C 저온 조건에서 소고기, 포장두부, 비포장두부의 미생물적 변화를 측정한 표

임.

- 소고기는 초기균수가 2.27 log로 측정되었고 14일 동안 초기균수를 유지하는 경향을 보였음.
- 14일 이후 균이 유의적으로 증가하여 21일에는 균수가 초기균수보다 약 2.5log정도 유의적으로 증가하였음.
- 21일 이후, 균수는 꾸준히 증가하는 경향을 보이며, 28일에는 21에 측정된 일반세균수 보다 유의적으로 증가하였고, 42일에는 초기균수에 비하여 약 4 log 증가하였음.
- 포장두부는 초기균수가 10^{-1} CFU/g로 측정되었음.
- 포장두부 또한 14일 동안 초기균수를 유지하는 경향을 보였고 14일 이후 균이 증가하여 21일에 초기균수보다 약 0.7 log 로 유의적으로 증가하였음.
- 21일 이후, 균수는 꾸준히 증가하는 경향을 보이며 42일에는 초기균수보다 약 1.7 log 증가하였음.
- 비포장두부는 초기균수 4.47 log로 다른 sample보다 높게 측정되었고 14일 동안 초기균수를 유지하는 경향을 나타냄.
- 21일에는 약 0.3 log정도 조금 증가하는 것을 확인함.
- 그 후 균수는 꾸준히 증가하며 42일에는 7.45 log로 초기균수보다 약 3 log 증가함.
- 소고기, 포장두부, 비포장두부에서 14일 이후 균수가 증가하며 21일부터 초기균수와 유의적 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있었음.

나. 저장 기간에 따른 소고기와 두부의 관능적 품질 변화 분석

- 본 연구에서는 포장두부, 비포장두부, 소고기를 저온(0°C) 보관하며 미생물적 변화를 측정하였을 뿐만 아니라, 관능적 품질 변화를 관찰함.
- 일반세균수가 유의적으로 증가한 21일부터 소고기와 포장두부, 비포장두부의 관능적 품질저하가 일어남.
- 21일째의 소고기는 악취와 선홍색을 띠던 육질의 색이 탁해지고, 점액질이 형성됨.
- 21일 이후부터 42일째 까지 육질이 청녹색을 띠고 악취가 더욱 강해지며 표면의 점액질 형성이 증가함.
- 포장두부의 관능적 특성은 시작적 후각적 모두 이상이 없었음.
- 유의적으로 미생물수가 증가한 21일부터 42일까지 색, 냄새 모두 기존의 상태를 유지함.
- 비포장두부의 경우 21일부터 새콤한 쉰 냄새가 나기 시작하고 색이 어두워짐.
- 또한 21일 이후부터 42일까지 쉰 냄새의 강도가 점점 증가하며 35일 이후부터는 곰팡이가 관찰됨.
- 따라서 저온에서 신선식품을 보관할 경우 미생물적·관능적 품질 저하를 막기 위해서는 초기에 오염된 미생물을 저감화 시킬 수 있는 방법이 요구됨.

표 7-1. 저온에서 저장기간에 따른 소고기, 포장두부, 비포장두부의 관능적 품질 변화

	소고기	포장두부	비포장두부
0 day			
7 day			
14 day			
21 day			
28 day			
35 day			
42 day			

2. 유기산 및 기타항균제와 물리적 처리를 활용한 신선식품 유해균의 오염방지 기술 조사

가. 유기산을 항균제로 활용한 식중독세균 저감화 기술 조사

- 최근 생활수준의 향상과 더불어 식품을 소비하는데 있어 편이성과 건강성이 강조되어 특히 신선편이 채소류에 대한 소비가 급증하고 있음.
- 하지만 채소류는 재배에서 섭취까지 비가열적으로 처리되어 유통되기 때문에 농산물에 존재하는 미생물을 비롯한 각종 오염원에 취약함.
- 특히 식중독에 관여하는 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*와 *Salmonella* Typhimurium과 같은 병원성미생물에 오염될 수 있고, 주변 환경으로부터 교차오염으로 인한 *Staphylococcus aureus* 등의 식중독세균에 오염될 수 있어 이에 대한 효율적인 성장 억제 및 저감화 방법이 필요함.
- 채소류는 특성상 가열처리가 어렵기 때문에 단순 물 세척만으로는 식중독세균을 충분히 제거하는 데는 한계가 있음.
- 현재까지는 비가열 농산물의 전처리 과정에 사용하는 살균소독제로는 차아염소산나트륨, 이산화염소, 과산화수소 등이 사용되고 있지만, 이들 소독제는 관능적 품질 저하를 일으킬 뿐만 아니라 잔류염소에 의한 트리할로메탄 등의 형성이 문제가 되고 있음.
- 이러한 문제점을 해결하기 위해 인체에 무해한 유기산을 사용하여 식중독균을 저해하고자 하였음.
- 유기산은 FDA에서 일반적으로 안전하다고 인정하는 물질(GRAS; generally recognized as safe)로써 몇 가지 유기산들은 채소나 과일을 세척하는데 사용되고 있음.
- 유기산을 사용하기에 앞서 유기산의 종류와 농도, 적용방법, 노출시간 등을 설정하기 위해 기존의 연구들을 참고하여 식중독 저감화 사례들을 조사하였음.
- Eswaranandam S 등에 의하면 유기산의 종류에는 여러 가지가 있지만 그 중 malic acid는 다른 유기산보다 *L. monocytogenes*를 가장 효과적으로 저해한다고 보고하였음.
- 또한 Park SH 등에 따르면 malic acid는 상온에서 propionic acid, acetic acid, lactic acid, citric acid 보다 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*를 더욱 효과적으로 저해한다고 보고하였음.
- Ramos-Villarroel 등에 따르면 양상추에 2% malic acid를 처리했을 때 *E. coli* O157:H7을 15일 동안 총 1.73-1.82 log CFU/g 저감시켰음.
- 또한, 양상추에 유기산을 처리했을 때 1%의 propionic acid, acetic acid, lactic acid, citric acid보다 동일한 농도의 malic acid가 식중독세균 저감화에 더욱 효과적이라고 보고하였음.
- Sagong 등의 연구에서도 1%의 malic acid를 양상추에 접종된 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*에 5분 처리했을 때, 다른 동일한 농도의 lactic acid, citric acid보다 보다 저감화 효과가 뛰어났다고 보고하였고, *S. Typhimurium*의 경우에는 citric acid에서 malic acid와 비슷한 저감화 효과를 나타냈다고 보고하였음.
- Tamblyn과 Conner에 따르면 0.5, 1% malic acid는 닭 가슴살에 존재하는 *S. Typhimurium*에 대하여 1.20, 2.16 logs CFU씩 저해되었다고 보고하였음.
- 또한, 2, 2.5% malic acid를 세 가지 과일 주스에 첨가하여 실험한 결과, *E. coli* O157:H7,

S. Typhimurium, *L. monocytogenes*에서 모두 5 log 이상의 저해 효과가 나타났다고 Raybaudi-Massilia 등이 밝혔음.

나. 유기산 이외에 물리·화학적 처리에 대한 식중독균 저감화 기술 조사

(1) 자몽종자추출물 처리에 대한 식중독균 저감화기술 조사

- 최근에는 유기산뿐만 아니라 자몽종자 추출물과 같은 천연 추출물의 첨가에 따른 가식기간 연장 연구가 다수 진행되고 있음.
- Heggors JP 등과 Reagor L 등에 따르면 자몽종자는 항균성, 항바이러스성, 항진균성, 항기생충성의 특징을 가지고 있음.
- 또한 Saito M 등의 보고에 따르면 자몽종자는 항산화 기능을 가진 catechin, epicatechin-3-O-gallate, epicatechin, trimeric, dimeric, tetrameric procyanidin과 같은 이로운 성분들을 가지고 있는 것으로 알려져 있음.
- Stratford M 등과 같은 보고에 의하면 자몽종자 추출물은 살균제로써 효과적이라고 보고하였고, Xu W 등에 따르면 0.1% 자몽종자 추출물은 0.5-0.8 log CFU/g의 저해 효과가 있다고 하였음.

(2) TDS 처리에 대한 식중독균 저감화 기술 조사

- 미생물을 효과적으로 저감할 수 있는 천연 첨가물의 하나로 thiamine dilauryl sulfate(TDS)의 적용가능성을 검토하였음.
- TDS는 비타민 B1 라우릴 황산염이라고도 하며, 비타민 B1 유도체임.
- 이는 식품에 첨가되어 영양 강화제로 쓰이는 동시에 항균활성을 나타낼 수 있음.
- TDS는 모든 식품에 적용이 가능하여 항균 스펙트럼이 넓음.
- 또한, 열 안정성이 높으며 분산성이 우수한 성질을 지니고 있어 식중독균을 저감하기 위한 첨가물로 사용될 수 있을 것으로 보임.
- TDS를 실제 식품에 적용하기에 앞서 이전 연구에서 사용한 농도, 방법 등을 조사하였음.
- Choi 등에 의하면 커스타드 크림에 인위적으로 접종한 *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*와 *Bacillus cereus* spore를 2% 농도의 TDS를 통해 효과적으로 저감할 수 있다고 보고하였음.
- 2% TDS를 처리한 뒤, 25 °C에 보관한 커스타드 크림에 인위적으로 접종된 *E. coli* O157: H7, S. Typhimurium, *L. monocytogenes*는 각각 2.43, 2.37, 0.93 log CFU/g이 감소하였음.
- *Bacillus cereus* 의 spore에 대해서는 항균활성이 거의 없다고 보고하였음.
- 또한 TDS의 작용기작은 thiazol ring의 amine group이 지질 이중막을 교란하고, sodium lauryl sulfate이 미생물의 membrane을 공격하여 미생물의 증식을 억제하고, 단백질 구조를 붕괴시키는 것으로 보고하였음.
- Fransisca 등에 따르면 TDS와 malic acid를 함께 사용하여 알과과 씨앗에 접종된 *E. coli* O157:H7을 효과적으로 제어할 수 있다고 보고하였음.
- 10% malic acid와 1% TDS를 첨가한 용액에 *E. coli* O157:H7이 접종된 알과과 씨앗을 20분간 침지한 뒤, 20분간 세척 후 미생물 수의 변화를 관찰하였음.
- 1% malic acid와 1% TDS는 3.08 log CFU/g의 저감이 가능했으며 10% malic acid와 1%

TDS는 균이 모두 사멸되는 결과를 나타내었음.

- TDS와 유기산을 병행처리할 경우 시너지효과를 극대화 할 수 있었음.
- Oh 등은 *L. monocytogenes*가 인위적으로 접종된 닭 가슴살을 100 ml/kg chlorine과 1,000 mg/kg TDS가 첨가된 용액에 5분간 침지하여 이를 효과적으로 제어할 수 있다고 보고하였음.
- 결과적으로 0.38 log CFU/g을 저감할 수 있었음.
- 또한 TDS를 처리한 닭 가슴살의 관능적 변화를 관찰한 결과, 부정적인 영향은 없었다고 보고하였음.
- Lee 등에 의하면 TDS와 chlorine, calcium oxide, ethanol, hydrogen peroxide, quaternary ammonium compounds 등의 상업적 소독제를 병행처리할 경우에는 쌀에 인위적으로 접종된 coliform을 더욱 효과적으로 저감시킬 수 있다고 보고하였음.
- 5,000 ppm hydrogen peroxide와 1,000 ppm TDS, 100 ppm chlorine과 800 ppm의 TDS, 150 ppm chlorine과 500ppm TDS, 200 ppm chlorine과 100 ppm TDS, 100,000 ppm ethanol과 800 ppm TDS의 병행처리구는 coliform을 전량 제거할 수 있었음.
- 또한 대조구인 물을 처리한 쌀과 각각의 처리구를 비교한 결과 관능적으로 변화가 없다고 보고하였음.
- 이를 통해 TDS는 식품 내 미생물을 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 확인하였음.
- TDS를 식품에 처리했을 때 관능적인 변화가 나타나지 않으며, 이를 단독으로 처리하는 것은 미생물 저감에 효과적이지만, 유기산이나 소독제 등을 병행처리한다면 더욱 효과적일 것으로 보임.

(3) UV 처리에 대한 식중독균 저감화 기술 조사

- UV-C 조사는 신선식품의 위생 안전을 위한 살균 방법으로 사용되고 있음.
- UV-C는 채소와 과일의 표면에 존재하는 식중독균을 저해하기 위하여 주로 사용되며, 박테리아 DNA의 염기서열을 파괴하여 세균을 죽임.
- 또한, 비열 처리 방식이며 화학물질을 사용하지 않고 쉽게 사용할 수 있기 때문에 신선식품에 존재하는 식중독균을 저해하는데 주로 쓰임.
- Martinez-Hernandez 등은 브로컬리에 존재하는 *E. coli*, *S. enteritidis*, 그리고 *L. monocytogenes*의 저해를 위해 UV-C를 사용함.
- 실험에 사용한 박테리아 중, *L. monocytogenes*에서 가장 효과가 좋았음.
- 2.5 kJ/m² 으로 조사하였을 때, *E. coli*, *S. enteritidis*, 그리고 *L. monocytogene*에서 0.72, 1.22, 2.61 logs의 조감 효과가 나타났음.
- 또한, Kim 등은 1 kJ/m² 세기의 UV-C를 조사하였을 때, 새싹 채소에 존재하는 aerobic bacteria를 효과적으로 제어할 수 있었다고 보고하였음.
- 이 외에도, 토마토에 존재하는 *Salmonella*는 0.223 kJ/m² 세기로 30초 간 UV-C를 조사했을 때, 2.33 logs 감소하였다고 Lim 과 Harrison이 밝혔음.
- UV-C가 아닌 또 다른 비열처리 방법으로 저온 플라즈마가 있음.
- 저온 플라즈마는 활성 산소종, 전자와 같은 물질을 만들어 세포막을 파괴하면서 세균에 대한 살균 효과를 가진다고 알려져 있음.
- 또한, 저온 플라즈마는 bacteria 뿐만 아니라, 곰팡이, 바이오필름, 포자 등도 효과적으로 불

활성화 시킨다고 보고되고 있음.

- Lacelli는 적색 치커리에 저온 플라즈마를 15분 동안 처리했을 때, *L. monocytogenes*와 *E. coli* O157:H7가 각각 1.35 MPN/cm², 0.33 log CFU/cm²씩 저감되었다고 밝혔음. 또한, 처리 직후, 식품의 품질에 유의적인 차이가 없었음.
- 이 외에도, Lee 등은 현미에 존재하는 *E. coli* O157:H7, *Bacillus cereus*, 그리고 *Bacillus subtilis*에 저온 플라즈마를 20분간 처리했을 때, 모든 균에서 2.30 log CFU/g 정도 저감되었다고 보고하였음.

3. 유기산 및 기타항균제와 물리적 처리를 활용한 신선식품 유해균의 오염방지 기술 분석

가. 천연항균제인 유기산을 이용한 저감

(1) Malic acid를 사용한 식중독세균의 저감화 기술

- 여러 가지 유기산 중 사전조사를 통해 최종 malic acid를 선정하여 실험에 사용하였음.
- 냉장온도(5°C)에서 Malic acid의 살균특성을 확인하기 위해 대표적인 식중독세균인 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*를 대상으로 살균특성을 확인하였음.
- 본 실험에는 쇠고기에 식중독세균을 접종하여 malic acid의 살균특성을 측정하였음.
- 본 실험 재료인 쇠고기는 서울 성북구 일대 대형 마트에서 구매하였음.
- *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*을 초기 균수가 5-6 log CFU/mL이 되도록 쇠고기 25g에 접종하여 laminar flow에서 20분 건조시킨 뒤 malic acid 0.25, 0.5, 1, 2%의 dipping 용액에 15초간 침지한 후 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣어 5°C에서 4일간 보관하며 식중독세균의 저해 효과를 측정하였음.
- 각각의 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*는 EMB(Eosin Methylene Blue), XLD(Xylose Lysine Deoxycholate), Oxford(*Listeria* selective) agar 배지를 이용하여 균수를 측정함.

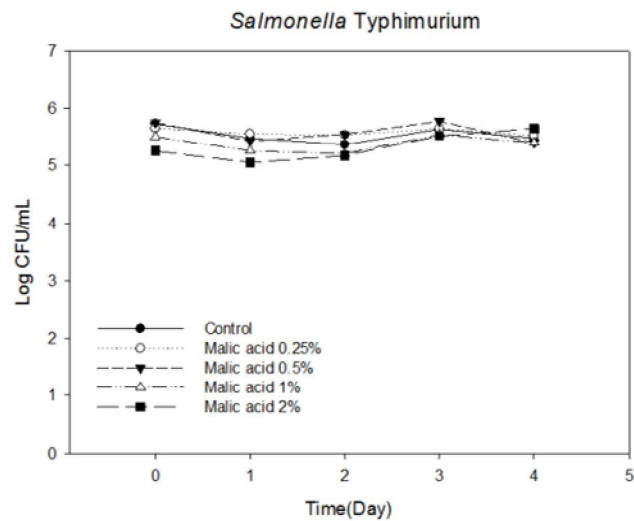
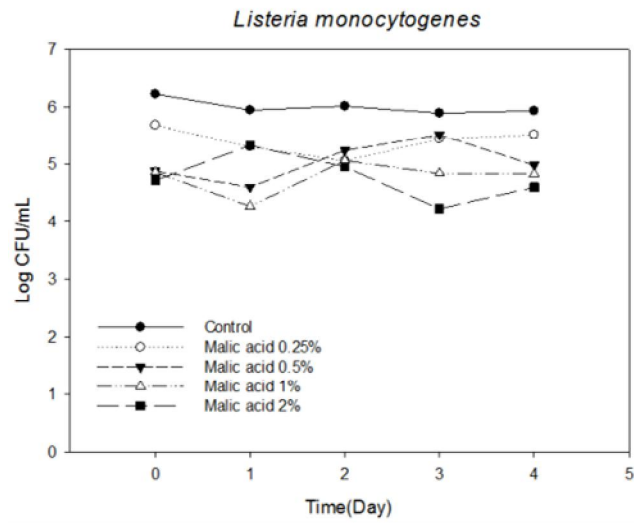
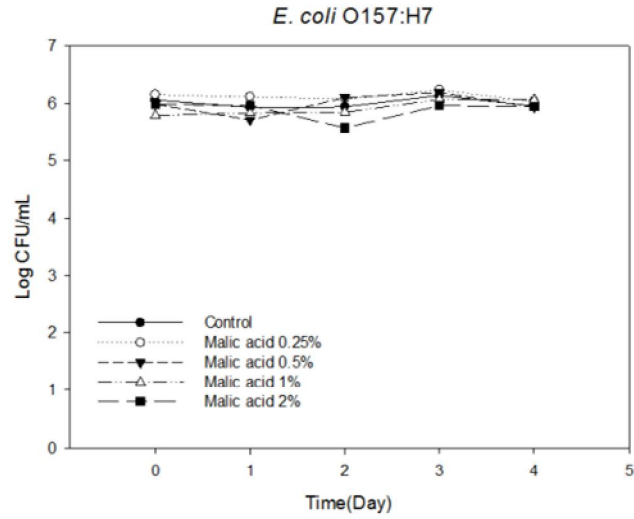


그림 7-2. 쇠고기에서의 malic acid 농도에 따른 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*의 저감화 특성 분석

- 그림 8-2의 결과에 따르면 *L. monocytogenes*의 결과 0 day에서 0.5% malic acid부터 control보다 유의적으로 균수가 감소된 경향을 보임.
- Malic acid 2%의 경우 control보다 최대 2 log CFU/mL까지 저감화 되는 것으로 판단됨.
- 소고기의 경우 소고기의 지방성분과 아미노산 등으로 인해 malic acid의 저해효과가 크지 않은 것으로 판단됨.
- 따라서 유기산 단독 처리가 아닌 다른 시너지 효과를 도출 할 수 있는 다른 물리·화학적 처리가 추가적으로 필요할 것으로 사료됨.

(2) Acetic acid와 TDS를 이용한 저감

- 다양한 유기산 중 acetic acid를 선정하여 실험에 사용하였음.
- 유기산은 천연 항균제로 pH를 저하시켜 미생물의 번식을 효과적으로 억제할 수 있음.
- 또한 유기산과 식품의 천연 첨가물인 TDS를 함께 처리하여 시너지효과를 측정하고자 하였음.
- TDS 용액의 용매는 30% ethanol을 사용하였음.
- 소고기에 인위적으로 접종한 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*를 대상으로 유기산의 항균활성을 측정하고자 하였음.
- 본 실험 재료인 쇠고기는 서울 성북구 일대 대형 마트에서 구매하였음.
- *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*을 초기 균수가 8 log CFU/mL이 되도록 쇠고기 25 g에 접종하여 laminar flow에서 30분 동안 건조시킴.
- 멸균 증류수, 1% TDS, 2% TDS, 1% acetic acid(AA), 2% AA, 1% TDS+1% AA, 1% TDS+1% AA, 2% TDS+1% AA, 2% TDS+2% AA 의 각 용액을 준비함.
- 각 용액에 30초 간 침지한 후 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣어 5°C에서 5일 간 보관하며 식중독 세균의 저해 효과를 측정하였음.
- 각각의 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*는 EMB(Eosin Methylene Blue), XLD(Xylose Lysine Deoxycholate), Oxford(Listeria selective) agar 배지를 이용하여 균수를 측정함.
- 저장기간 동안의 미생물 수의 변화를 그림 8-2, 8-3, 8-4에 나타냄.
- 그림 8-3에서 *E. coli* O157:H7의 각 처리구에서 미생물 수의 변화를 나타냄.
- 전체적으로 큰 저감효과가 나타나지 않았으나 2% TDS+2% AA에서 효과가 좋았으며, 1% TDS, 2% TDS에서 효과가 좋은 것으로 나타났음.
- TDS는 일반적으로 그람양성 세균에 더욱 민감하게 작용하는 것으로 알려져 있기 때문에 그람음성 세균인 *E. coli* O157:H7에서 큰 효과를 나타내지 못한 것으로 판단됨.

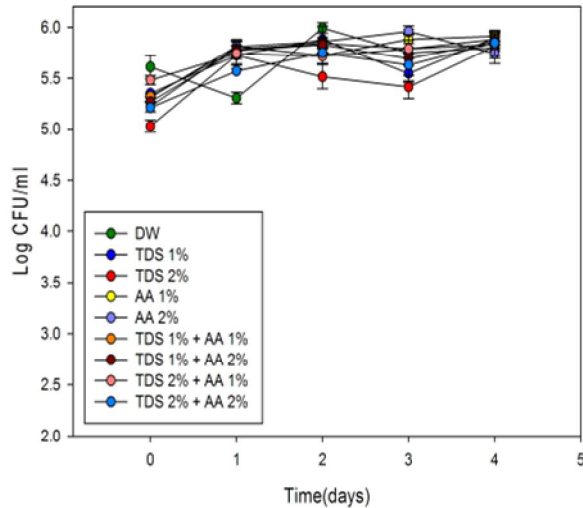


그림 7-3. 5일 간 5 °C에 저장한 소고기 내 *E. coli* O157:H7의 균수 변화 측정 결과

- 그림 7-4에서 *S. Typhimurium*의 각 처리구에서 미생물 수의 변화를 나타냄.
- *E. coli* O157:H7에 비해 큰 저감효과가 나타났으며, TDS와 AA를 함께 처리한 처리구에서 그 농도가 높을수록 저감효과가 커지는 것을 확인했음.
- 대조구와 비교했을 때, 최대 2 log CFU/g의 차이가 나는 것으로 나타났음.
- 2% TDS+2% AA가 가장 효과가 좋았으며 2% TDS+1% AA가 그 다음으로 효과가 좋았음.

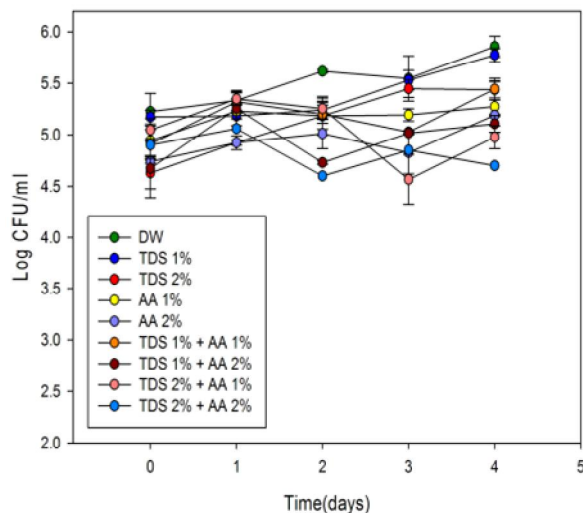


그림 7-4. 5일 간 5 °C에 저장한 소고기 내 *S. Typhimurium*의 균수 변화 측정 결과

- 그림 7-5에서 *L. monocytogenes*의 각 처리구에서 미생물 수의 변화를 나타냄.
- *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*의 그람음성 세균과는 다르게 그람양성 세균인 *L. monocytogenes*에서는 큰 저감효과가 나타났음.

- TDS와 AA의 병합처리 용액에서 효과가 더욱 좋았으며 그 농도가 높을수록 효과적이었음.
- 2% TDS+2% AA 처리구에서 저감효과가 가장 뛰어났음.
- 대조구와 비교했을 때, 최대 5 log CFU/g의 차이가 나는 것으로 나타났음.

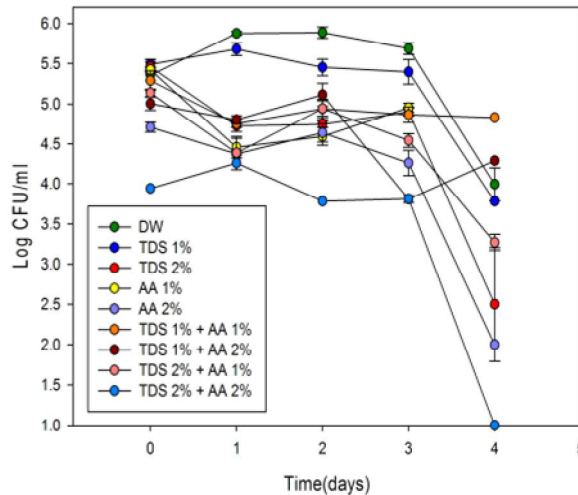


그림 7-5. 5일 간 5 °C에 저장한 소고기 내 *L. monocytogenes*의 균수 변화 측정 결과

- 전체적으로 TDS와 유기산인 acetic acid를 함께 사용했을 때, 저감효과가 더욱 뛰어난 것을 확인하였음.
- 그람양성 세균에 특히 효과적이었으며, 그람음성 세균에 대해서는 처리용액의 농도를 높이거나 침지시간을 증가시키는 등의 처리가 필요할 것으로 보임.

(3) 천연추출물을 이용한 저감

- 유기산 단독처리 이외에 천연추출물의 자몽종자추출물이 단독 효과를 측정함.
- *E. coli* O157:H7 ATCC 35150, ATCC 43894, ATCC 43895를 cocktail하여 사용하였음.
- *S. Typhimurium* ATCC 7644, ATCC 19111, ATCC 19115를 cocktail하여 사용하였음.
- *L. monocytogenes* ATCC 19585, ATCC 6994, ATCC 14028을 cocktail하여 사용하였음.
- 본 실험에서는 쇠고기에 식중독세균 3종 (*E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*)을 5-6 log CFU/mL 수준으로 접종하여 laminar flow에 20min간 건조시킨 후, 자몽종자추출물 0.5, 1, 2, 3%에 각각 5분간 침지하여 각 농도별 저감화 효과를 측정함.

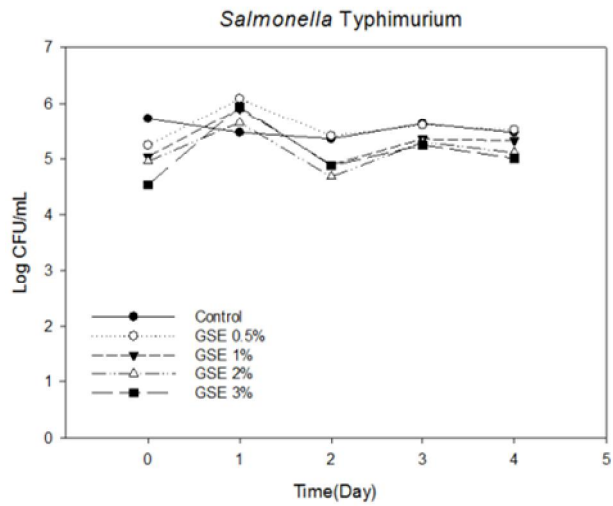
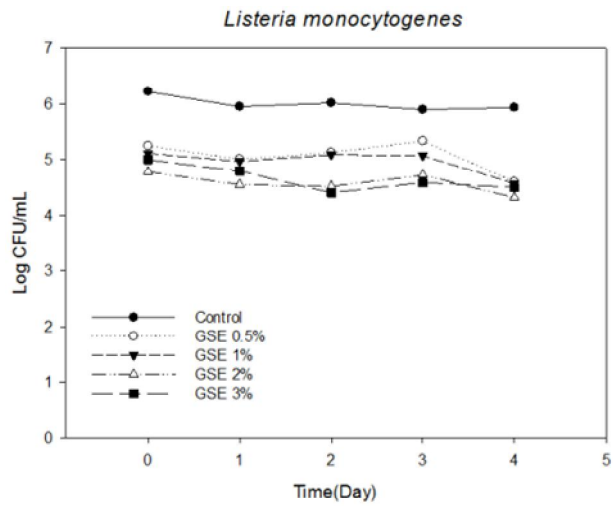
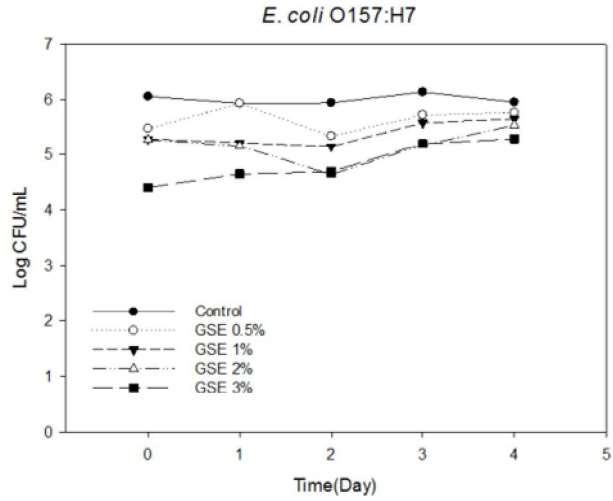


그림 7-6. 쇠고기에서의 자몽종자추출물 농도에 따른 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*의 저감화 특성 분석

- 그림 7-6에 따르면 자몽종자추출물은 그람양성균인 *L. monocytogenes*에서 가장 저감화 효과가 큰 것으로 판단됨.
- *L. monocytogenes*는 자몽종자추출물 0.5-3% 처리구에서 최소 1 log CFU/mL, 최대 1.5 log CFU/mL만큼 감소됨.
- *E. coli* O157:H7에서는 0 day에 자몽종자추출물 3% 침지한 처리구에서 1.8 log CFU/mL 감소하였지만 5°C 보관 중에 회복되는 경향을 나타냄.
- *S. Typhimurium*의 경우에는 모든 자몽종자추출물의 농도에서 비슷한 추세를 나타내었음.
- 쇠고기에서 자몽종자추출물 농도에 따라 식중독세균의 저감화 특성 결과 가장 낮은 농도인 0.5% 처리구와 가장 높은 농도인 3% 처리구의 차이가 크게 나타나지 않은 것으로 판단됨.
- 소고기에서의 malic acid와 자몽종자추출물의 경우 단독처리의 살균효과는 고기의 지방질, 단백질 등의 영향으로 인해 크게 나타나지 않은 것으로 판단됨.
- 따라서 malic acid + 자몽종자추출물과 같은 다른 항균제와의 상승효과를 통한 제어가 요구됨.

나. 기타 천연항균제와의 상승효과 검토

(1) 유기산과 자몽종자추출물의 상승효과 검토

(가) 소고기에 접종된 식중독균의 저감화 효과 검토

- 기타 천연항균제 자몽종자의 천연 추출물을 사용하여 유기산과의 시너지 효과를 통해 최종적으로 신선식품의 유통기한 연장시키기 위해 실험을 진행함.
- 본 실험에 사용된 균주는 3종을 cocktail하여 사용하였음.
- *E. coli* O157:H7 ATCC 35150, ATCC 43894, ATCC 43895를 cocktail하여 사용하였음.
- *S. Typhimurium* ATCC 7644, ATCC 19111, ATCC 19115를 cocktail하여 사용하였음.
- *L. monocytogenes* ATCC 19585, ATCC 6994, ATCC 14028을 cocktail하여 사용하였음.
- 본 실험 재료인 소고기는 서울 성북구 일대 대형 마트에서 구입하였음.
- 소고기에 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*를 5-6 log CFU/mL 수준으로 접종하여 malic acid와 자몽종자추출물의 저감화 효과를 측정하였음.
- 접종된 소고기는 laminar flow에 20분간 건조시킨 후 각각 멸균 증류수, malic acid 2%, 자몽종자추출물(GSE) 0.5%, malic acid 2% + 자몽종자추출물 0.5% 용액에 5분간 침지하여 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣어 5°C에서 3일간 보관하며 살균 효과를 측정하였음.

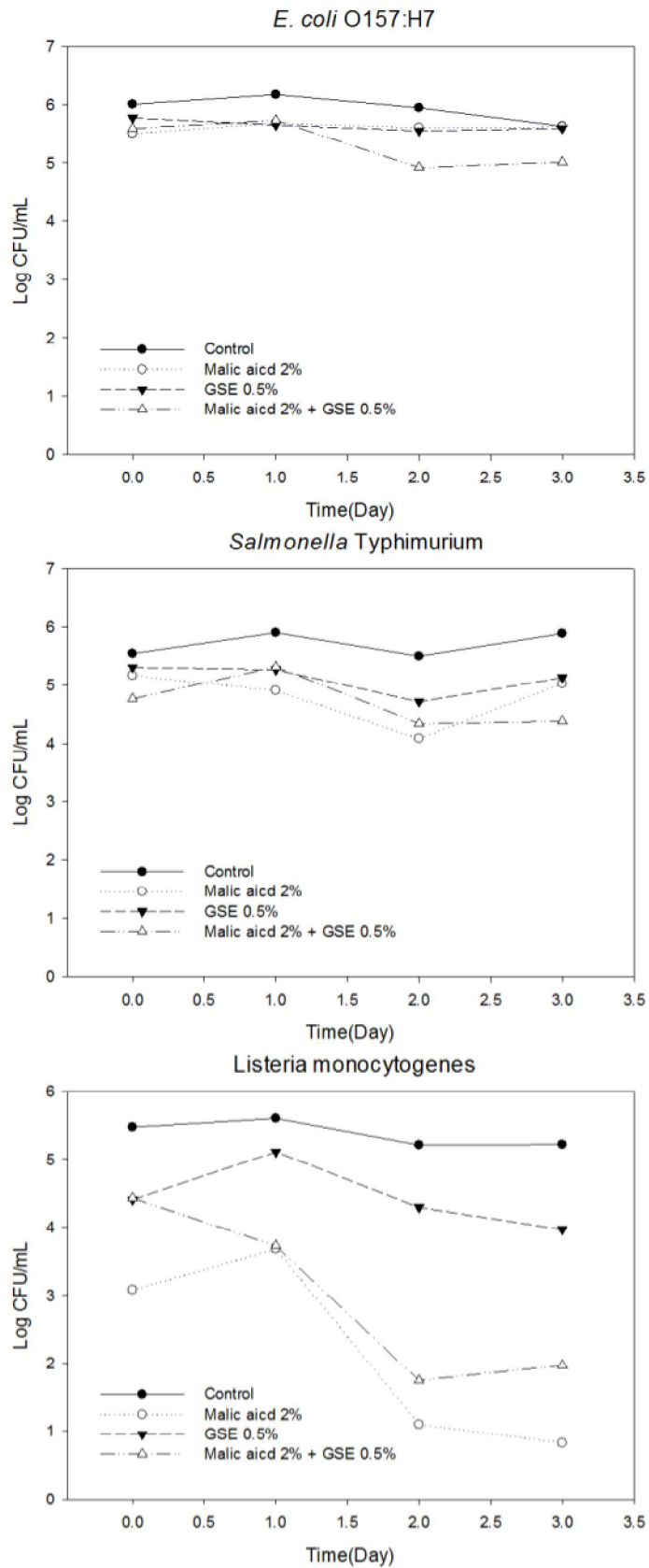


그림 7-7. 쇠고기에서 5°C 저장기간에 따른 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*에 대한 malic acid와 자몽종자추출물의 저감효과 측정

- 그림 7-7의 결과에 따르면 *L. monocytogenes*에서 가장 저감화 효과가 크게 나타남.
- *E. coli* O157:H7의 경우는 2 day에서 malic acid 2% + 자몽종자추출물 0.5% 처리구에서 control보다 1 log CFU/mL 감소되었음.
- *S. Typhimurium*에서는 malic acid 2% 처리구에서 2 day와 3 day에서 1, 1.4 log CFU/mL 감소하였지만 4 day에서는 control에 비교하여 0.8 log CFU/mL의 감소에 불과함.
- 저장 후 2, 3 day에서 malic acid 2% + 자몽종자추출물 0.5% 처리구는 control보다 각각 1.1 log CFU/mL, 1.5 log CFU/mL 감소하는 추세를 보임.
- *L. monocytogenes*의 경우 malic acid 2%에서 3 day에서 control에 비교하여 4.3 log CFU/mL 감소하였음.
- 소고기에서는 malic acid와 자몽종자에서의 시너지 효과가 관찰되지 않음.
- 소고기에 존재하는 지방질과 단백질의 영향일 것으로 예상됨.
- 또한 지난결과의 malic acid에 *L. monocytogenes*가 접종된 소고기를 1초 침지 결과보다 저감화 효과가 더 큰 것으로 측정됨.
- 이 결과는 침지 시간에 따른 살균 효과의 차이가 크다고 판단됨. 따라서 살균제의 침지시간을 비교하여 최적 침지 시간을 설정할 필요가 있을 것으로 판단됨.

① 침지시간(dipping time)에 따른 저감화 효율 비교

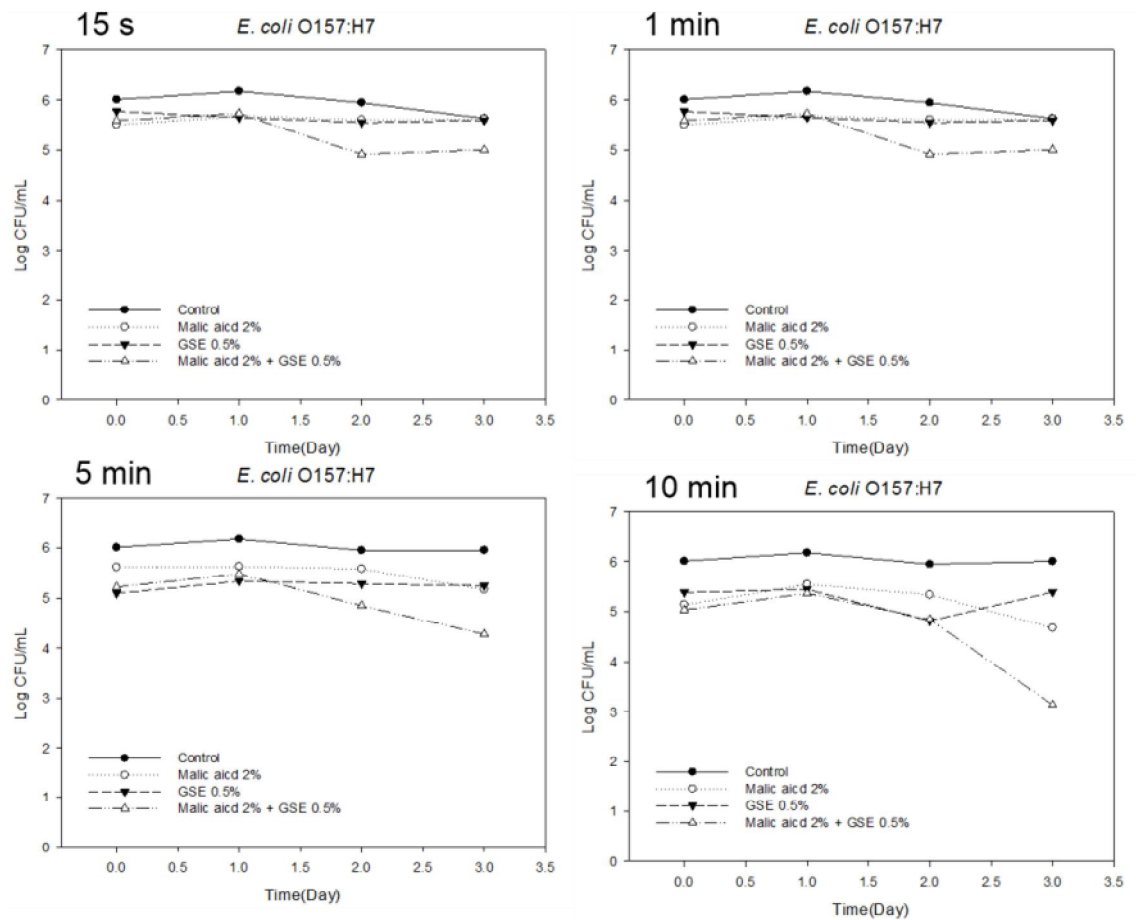


그림 7-8. 침지시간(Dipping time)에 따른 *E. coli* O157:H7의 균수 변화

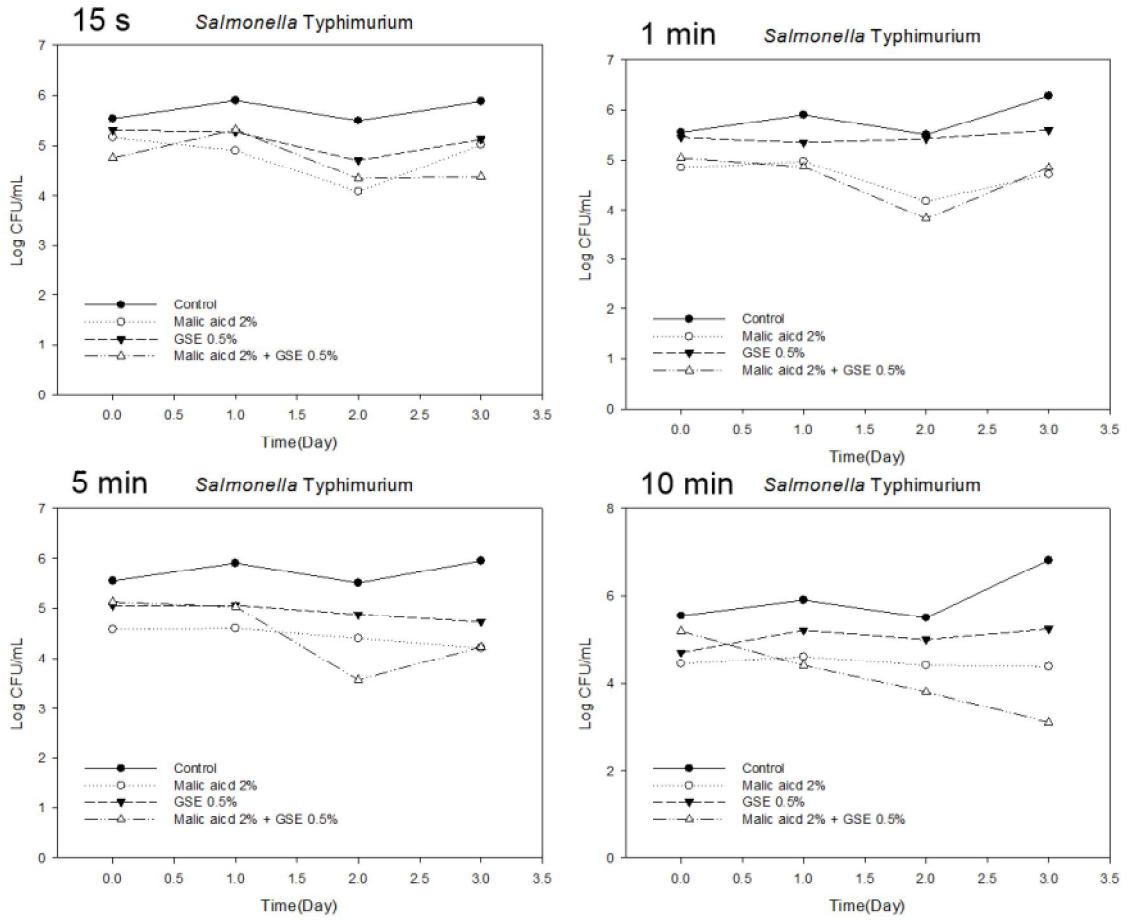


그림 7-9. 침지시간(Dipping time)에 따른 *S. Typhimurium*의 균수 변화

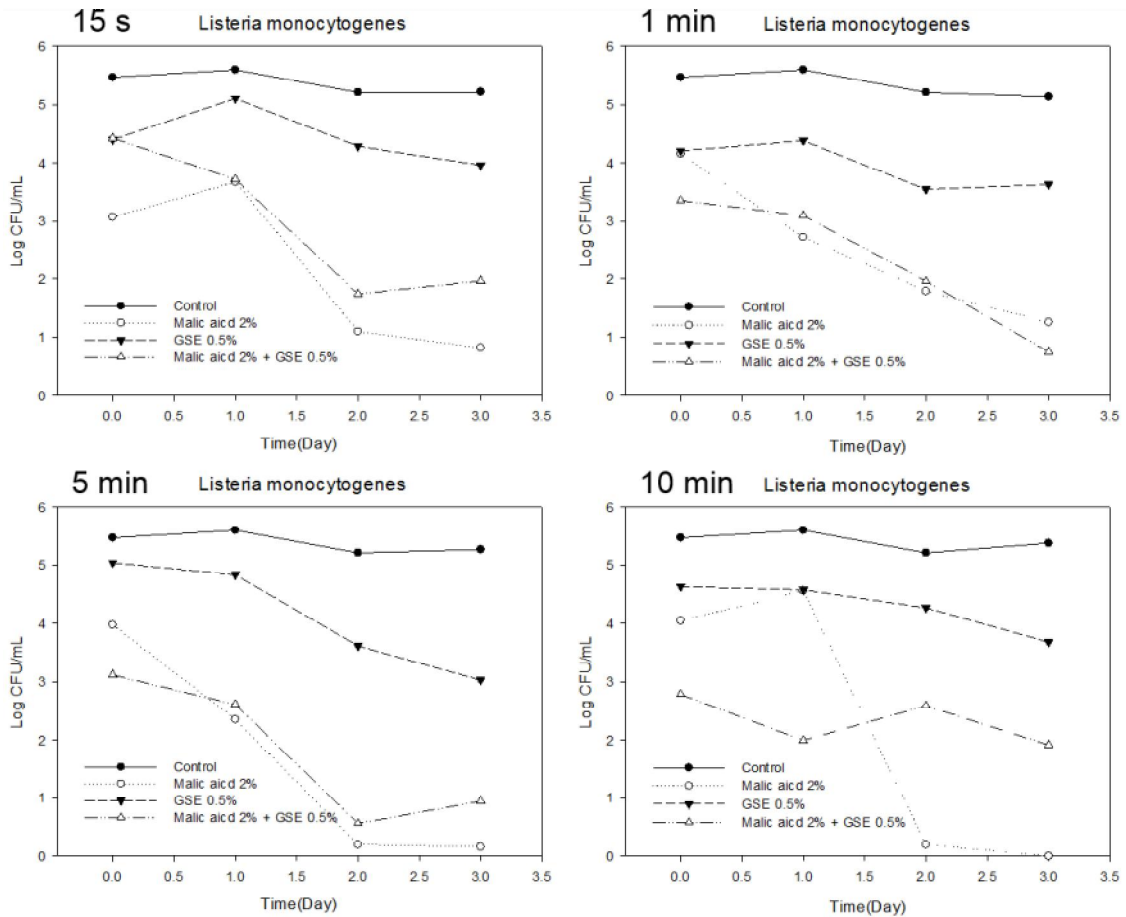


그림 7-10. 침지시간(Dipping time)에 따른 *L. monocytogenes*의 균수 변화

- 그림 7-8, 7-9, 7-10은 침지시간에 따른 식중독세균의 저감화 차이를 나타냄.
- 본 실험에서는 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*과 *L. monocytogenes*를 양상추에 각각 접종하여 멸균증류수, malic acid 2%, 자몽종자추출물(GSE) 0.5%, malic acid (2%) + 자몽종자추출물 (0.5%) 용액에 각각 15초, 1분, 5분, 10분 동안 침지한 후 5°C 에 보관하면서 균수를 측정함.
- 그림 7-8의 결과에 따르면 침지 시간이 길어질수록 control 보다 살균제 처리구의 *E. coli* O157:H7에 대한 살균효과가 증가되었음.
- *E. coli* O157:H7의 경우 침지시간이 5분 이상일 때 malic acid + 자몽종자추출물의 살균효과가 단독처리보다 증가되는 것으로 판단됨.
- 그림 7-9의 *S. Typhimurium*에 대한 침지시간별 저감화 결과에 따르면 5분 침지 처리구의 2 day에서 단독처리보다 복합처리구의 살균력이 증가되는 것으로 판단됨.
- *S. Typhimurium*의 경우 10분 침지 처리구에서는 5분 침지 처리구보다 저감화 효과가 높은 것으로 판단됨.
- 그림 7-10에서는 *L. monocytogenes*를 대상으로 침지시간에 따른 저감화 차이를 나타냄.
- *L. monocytogenes*의 경우 침지 15초부터 다른 식중독세균보다 저감화 효과가 높았음.
- *E. coli* O157:H7과 *S. Typhimurium*보다 *L. monocytogenes*의 살균제에 대한 민감도가 높

은 것으로 판단됨.

- 하지만 10분 이상 침지하였을 경우 양상추가 물러져 관능적 품질을 유지하기 어려울 것으로 판단됨.
- 따라서 이후 실험에서는 신선식품의 저장기간 연장을 위해 앞서 실험한 침지시간별 저감화 결과를 바탕으로 식품을 살균제에 5분 침지하여 처리한 실험을 진행할 것임.

(나) 양상추에 접종된 식중독균의 저감화 효과 검토

- 이전 실험을 통해 도출된 5분의 침지시간을 기준으로 신선식품의 냉장조건에서의 유통기한 연장을 위해 malic acid와 자몽종자 추출물 처리에 따른 시너지 효과를 측정하고자 하였음.
- 본 실험에 사용되는 신선편의식품은 채소류 중 엽채류인 양상추를 사용하여 사용하였음.
- 양상추는 서울 성북구 주변 대형 마트에서 구매하였음.
- 실험에 사용된 균주는 3종을 cocktail 하여 사용하였음.
- *E. coli* O157:H7 ATCC 35150, ATCC 43894, ATCC 43895를 cocktail하여 사용하였음.
- *S. Typhimurium* ATCC 7644, ATCC 19111, ATCC 19115를 cocktail하여 사용하였음.
- *L. monocytogenes* ATCC 19585, ATCC 6994, ATCC 14028을 cocktail하여 사용하였음.
- 양상추에 접종된 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*과 *L. monocytogenes*는 초기균수가 각각 5.41, 4.95, 4.21 log CFU/g이 되도록 하였음.
- 접종된 양상추는 laminar flow를 이용해 20분간 건조시킨 뒤 각각의 살균용액에 침지하여 실험을 진행하였음.
- 살균용액은 1% malic acid, 0.5% 자몽종자추출물, 1% malic acid와 0.5% 자몽종자추출물을 섞은 용액, 총 3가지에 각각 5분간 침지하였음.
- 대조구로는 멸균증류수를 사용하여 살균용액과 비교하였음.
- 모든 처리가 끝난 후, 각각의 양상추를 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 넣어 5°C에서 14일간 보관하며 미생물적 변화를 측정하였음.
- *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*과 *L. monocytogenes*는 각각 EMB, XLD, Oxford agar 배지를 이용하여 균수를 측정하였음.

표 7-2. 1% malic acid, 0.5% 자몽종자추출물(GSE)과 malic acid와 GSE의 병합처리에 의한 양상추에서의 *E. coli* O157:H7의 저감 효과 측정^a

Treatments	Population (log10 CFU/g) by storage time			
	0 Day	1 Day	2 Day	3 Day
Water	5.41 ± 0.15 Aa	5.22 ± 0.17 Aa	5.02 ± 0.07 Aa	5.13 ± 0.27 Aa
MA ^b 1%	5.33 ± 0.18 Aa	3.73 ± 0.34 Bb	3.75 ± 0.6 Bb	3.08 ± 0.54 Bb
GSE ^c 0.5%	5.30 ± 0.13 Aa	4.67 ± 2.34Aab	2.15 ± 1.25 Bc	2.34 ± 0.09 Bb
MA + GSE ^d	5.40 ± 0.17 Aa	1.91 ± 1.44 Bc	1.51 ± 0.91 Bc	0.99 ± 0.86 Bc

Treatment	Population (log ₁₀ CFU/g) by storage time			
	5 Day	7 Day	10 Day	14 Day
Water	4.79 ± 0.31 Aa	4.82 ± 0.08 Aa	3.72 ± 0.39 Ba	4.06 ± 0.71 Ba
MA ^b 1%	2.59 ± 0.14 Bb	2.77 ± 0.19 Bb	2.51 ± 0.31Bab	1.02 ± 1.77 Cb
GSE ^c 0.5%	2.08 ± 1.31 Bb	1.79 ± 1.33 Bb	1.51 ± 2.14 Bb	0.67 ± 1.17 Bb
MA + GSE ^d	1.58 ± 1.39 Bb	1.63 ± 0.33 Bb	1.07 ± 1.2 Bb	0.46 ± 0.55 Bb

Different capital letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among storage times for each treatment; different lower case letters show significant differences ($P < 0.05$) among treatments for each storage time.

^aMean ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicate ($n = 3$).

^bMA = 1% malic acid.

^cGSE = 0.5% grapefruit seed extract.

^dCombined = 1% malic acid + 0.5% grapefruit seed extract.

- 표 7-2는 냉장조건에서 1% malic acid와 0.5% 자몽종자추출물 단독처리와 병행처리를 했을 시, 양상추에 존재하는 *E. coli* O157:H7의 변화를 나타낸 표임.
- 냉장조건에서 14일 동안 보관된 양상추의 *E. coli* O157:H7은 모든 처리구에서 유의적으로 저감되었음.
- 14일 이후, malic acid, 자몽종자추출물, 병합 처리구를 처리하였을 경우에 *E. coli* O157:H7은 5.41 log CFU/g에서 1.02, 0.67, 0.46 log CFU/g으로 저감화 되었음.
- 저장기간 14일 이후에는 모든 처리구들은 *E. coli* O157:H7을 4.4 log CFU/g 이상 저감화시킬 수 있었음.
- 천연살균제를 처리한지 1일째에는 병행처리한 조건이 malic acid와 자몽종자추출물 단독처리보다 저해효과가 유의적으로 가장 크게 측정되었음.
- 이 결과는 단독처리보다 병행처리시 *E. coli* O157:H7의 저해효과가 더 큰 것을 나타냄.
- 표 7-3은 냉장조건에서 1% malic acid와 0.5% 자몽종자추출물 단독처리와 병행처리를 했을 시, 양상추에 존재하는 *S. Typhimurium*의 변화를 나타낸 표임.
- 모든 처리구에서 *S. Typhimurium*은 유의적으로 감소하였음.
- 저장기간 1일부터 3일까지는 단독처리보다 malic acid와 자몽종자추출물의 병행처리시 *S. Typhimurium*에 대한 살균효과가 유의적으로 높게 측정되었음.
- 14일간의 저장기간 동안 *S. Typhimurium*은 모든 처리구에서 4.1 log CFU/g 이상 저감되었음.

표 7-3. 1% malic acid, 0.5% 자몽종자추출물(GSE)과 malic acid와 GSE의 병합처리에 의한 양상추에서의 *S. Typhimurium*의 저감 효과 측정^a

Treatment	Population (log ₁₀ CFU/g) by storage time			
	0 Day	1 Day	2 Day	3 Day
Water	4.95 ± 0.26 Aa	4.5 ± 0.06 Ba	3.81 ± 0.16 Ca	3.68 ± 0.32 Ca
MA ^b 1%	4.46 ± 0.18 Aab	2.59 ± 0.66 Bbc	2.53 ± 0.43 Bc	2.41 ± 0.52 Bbc
GSE ^c 0.5%	4.43 ± 0.03 Ab	3.7 ± 0.44 ABab	3.20 ± 0.27 BCb	2.87 ± 0.72 BCab
MA + GSE ^d	4.87 ± 0.4 Aab	1.8 ± 1.22 Bc	1.95 ± 0.01 Bd	1.68 ± 0.72 BCc

Treatment	Population (log10 CFU/g) by storage time			
	5 Day	7 Day	10 Day	14 Day
Water	3.48 ± 0.27 CDa	3.18 ± 0.28 Da	3.19 ± 0.24 Da	3.35 ± 0.3 CDa
MA ^b 1%	1.25 ± 1.09 Cbc	0.84 ± 0.62 Cb	0.92 ± 0.11 Cb	0.68 ± 0.6 Cb
GSE ^c 0.5%	2.08 ± 0.59 CDb	1.76 ± 1.52CDEab	0.51 ± 0.89 Eb	0.88 ± 0.84 DEb
MA + GSE ^d	1.30 ± 0.65 CDc	0.10 ± 0.17 Db	0.26 ± 0.24 Db	0.16 ± 0.28 Db

Different capital letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among storage times for each treatment; different lower case letters show significant differences ($P < 0.05$) among treatments for each storage time.

^aMean ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicate ($n = 3$).

^bMA = 1% malic acid.

^cGSE = 0.5% grapefruit seed extract.

^dMA + GSE = 1% malic acid + 0.5% grapefruit seed extract.

표 7-4. 1% malic acid, 0.5% 자몽종자추출물(GSE)과 malic acid와 GSE의 병합처리에 의한 양상추에서의 *L. monocytogenes*의 저감 효과 측정^a

Concentration	Population (log10 CFU/g) by storage time			
	0 Day	1 Day	2 Day	3 Day
Water	4.21 ± 0.19 Aa	4.04 ± 0.17 Aa	4.01 ± 0.27 Aa	3.78 ± 0.47 ABCa
MA ^b 1%	3.86 ± 0.38 Aa	3.27 ± 0.91 ABa	2.22 ± 1.19 BCab	2.42 ± 0.81 ABb
GSE ^c 0.5%	3.90 ± 0.08 Aa	3.51 ± 0.08 ABa	2.53 ± 1.36 BCab	1.79 ± 0.16 CDb
MA + GSE ^d	4.07 ± 0.27 Aa	1.62 ± 0.14 Bb	1.03 ± 0.97 Bb	0.77 ± 0.40Bc

Concentration	Population (log10 CFU/g) by storage time			
	5 Day	7 Day	10 Day	14 Day
Water	3.27 ± 0.32 Ca	3.92 ± 0.12 ABa	3.44 ± 0.38 BCa	3.69 ± 0.13 ABCa
MA ^b 1%	1.89 ± 0.49BCDb	1.99 ± 1.02BCDb	0.75 ± 0.65 CDb	0.65 ± 0.91 Db
GSE ^c 0.5%	1.02 ± 1.05 DEb	1.36 ± 0.21 CDEbc	0.55 ± 0.95 DEb	0.39 ± 0.36 Eb
MA + GSE ^d	0.76 ± 0.36 Bb	0.72 ± 0.73 Bc	0.68 ± 0.36 Bb	0.25 ± 0.24 Bb

Different capital letters indicate significant differences ($P < 0.05$) among storage times for each treatment; different lower case letters show significant differences ($P < 0.05$) among treatments for each storage time.

^aMean ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicate ($n = 3$).

^bMA = 1% malic acid.

^cGSE = 0.5% grapefruit seed extract.

^dMA + GSE = 1% malic acid + 0.5% grapefruit seed extract.

- 표 7-4는 냉장조건에서 1% malic acid와 0.5% 자몽종자추출물 단독처리와 병행처리를 했을 시, 양상추에 존재하는 *L. monocytogenes*의 변화를 나타낸 표임.
- 총 저장기간 동안 *L. monocytogenes*는 malic acid, 자몽종자추출물, 병행처리구에서 각각 0.65, 0.39, 0.25 log CFU/g으로 감소됨.
- 1-3일간의 저장기간 동안 단독 처리구를 제외한 병행처리구에서 대조구와 유의적인 차이를 나타내었음.
- Malic acid, 자몽종자추출물, 병행처리시 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*과 *L. monocytogenes*에 대한 저감화결과, 14일째에는 모든 처리구에서 3종의 식중독세균이 유의

적으로 감소됨.

- 하지만 모든 식중독세균에서 병행처리구의 살균효과가 더 빠르게 나타남.
- 병행처리구의 살균효과는 처리 1일째부터 단독 처리구보다 유의적으로 큰 살균력을 나타내었음.

(2) 식품첨가물로써 사용 가능한 TDS의 항균효과 검토

- 자몽종자 이외에 사용 가능한 천연 항균제를 탐색하였음.
- 영양 강화제로 사용이 되며 항균활성이 있는 TDS를 선정하여 식품 내 미생물을 저감하고자 하였음.
- TDS의 항균활성을 확인하기 위해 대표적인 식중독세균인 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *B. cereus*를 사용하였음.
- *B. cereus*는 본 연구팀에서 분리한 균주 3종을 cocktail하여 사용하였음.
- 부패한 두부로부터 분리한 균주를 사용하였음.
- *E. coli* O157:H7 ATCC 35150, ATCC 43894, ATCC 43895를 cocktail하여 사용하였음.
- *S. Typhimurium* ATCC 7644, ATCC 19111, ATCC 19115를 cocktail하여 사용하였음.
- *L. monocytogenes* ATCC 19585, ATCC 6994, ATCC 14028을 cocktail하여 사용하였음.
- 본 실험 재료인 포장두부는 서울 성북구 일대 대형 마트에서 구매하였음.
- 본 실험에서는 두부에 식중독 세균을 접종하여 TDS의 항균활성을 측정하였음.
- 멸균 샘플백(Nasco whirl-pak, 19×30 cm)에 무균적으로 소분한 두부 25 g에 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *Bacillus cereus*를 초기 균수가 4-6 log CFU/mL이 되도록 접종하였음.
- 이 후 0, 0.1, 0.5, 1, 2% 농도의 TDS를 각각 100 μ l씩 접종했으며 0% TDS는 대조구이며 멸균 증류수를 사용하였음.
- TDS 용액의 용매는 30% ethanol을 사용하였음.
- 각 처리구는 5 °C, 25 °C에서 5일간 보관하며 0, 1, 3, 5일에 미생물 수의 변화를 측정하였음.
- *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *B. cereus*는 EMB(Eosin Methylene Blue), XLD(Xylose Lysine Deoxycholate), Oxford(*Listeria* selective), MYP(Mannitol egg Yolk Polymyxin) agar 배지를 이용하여 균수를 측정함.
- 또한, TDS의 농도가 높아짐에 따라 색, 냄새, 전체적 수용도의 관능적인 변화 유무를 측정하였음.
- 5 °C에 보관한 두부를 대상으로 훈련된 패널 10명이 5점 척도를 이용하여 관능검사를 수행하였음.
- 모든 결과는 statistical analysis system (SAS, version 9.4, SAS institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 유의적인 차이 유무를 확인하였음.
- 미생물 수의 변화는 표 8-5, 8-6, 8-7에 나타내었으며, 관능 검사 결과는 표 8-8, 8-9, 8-10에 나타내었음.
- 표 7-5, 7-6, 7-7에서 5 °C 및 25 °C에서 5 일 동안 보관하는 동안 TDS로 처리 한 후 두부의 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes* 및 *B. cereus*의 미생물 수 변화를 나타냄.

- 각 미생물 수는 TDS 처리구와 멸균 증류수를 처리한 대조구 사이에서 유의적인(P <0.05) 차이를 나타내었음.
- 5 °C에서 보관한 2 % TDS 처리구의 경우, *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *B. cereus*의 농도가 각각 0.29, 0.34, 0.70, 1.47 log CFU/g씩 감소하였음.
- 그러나 각 미생물 수는 25 °C에서 증가하였음.
- 전반적으로 증가하는 양상을 보였지만 2 % TDS 처리구는 대조구에 비해 성장 억제 효과를 나타내었음.
- 25 °C에 보관한 2 % TDS 처리구에서 대조구에 비해 *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *B. cereus*의 농도가 각각 0.34, 0.90, 1.34, 1.29 log CFU/g만큼 낮게 나타났다.
- 전반적으로 TDS의 농도가 높을수록 두부에 접종된 미생물의 수가 효과적으로 줄어드는 양상을 보였음.
- 특히 두부의 주요한 부패 미생물 중 하나인 *B. cereus*는 다른 미생물보다 TDS에 더욱 민감한 것을 확인하였음.
- 이는 TDS를 두부에 첨가한다면 두부의 부패 미생물을 효과적으로 제어할 수 있을 것으로 판단됨.

표 7-5. 5일 간 5, 25 °C에 저장한 두부 내 *E. coli* O157:H7의 균수 변화 측정 결과

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	1 Day		3 Days
		5 °C	25 °C	5 °C
Control ^b	^a 6.05 ± 0.10 Ac	6.19 ± 0.10 Aad	9.53 ± 0.04 Aa	6.23 ± 0.03 Aa
0.1% TDS	5.97 ± 0.17 A	6.11 ± 0.09 Aab	8.91 ± 0.30 Ba	6.16 ± 0.14 ABab
0.5% TDS	6.03 ± 0.25 A	6.19 ± 0.10 Aa	8.85 ± 0.11 Ba	6.02 ± 0.11 BCa
1% TDS	6.06 ± 0.04 A	6.16 ± 0.07 Aa	8.83 ± 0.16 Ba	5.98 ± 0.08 BCb
2% TDS	5.88 ± 0.17 A	6.11 ± 0.03 Aa	8.94 ± 0.21 Bab	5.92 ± 0.06 Cab

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	3 Days		5 Days
		25 °C	5 °C	25 °C
Control ^b	^a 6.05 ± 0.10 Ac	8.94 ± 0.02 Ab	6.74 ± 0.13 Ab	9.33 ± 0.03 Ac
0.1% TDS	5.97 ± 0.17 A	8.94 ± 0.04 Aa	6.35 ± 0.26 Bb	9.31 ± 0.01 Ab
0.5% TDS	6.03 ± 0.25 A	8.83 ± 0.03 Bb	6.16 ± 0.12 Ba	9.27 ± 0.03 Ab
1% TDS	6.06 ± 0.04 A	8.81 ± 0.02 BCa	6.08 ± 0.11 Bab	9.17 ± 0.06 Bb
2% TDS	5.88 ± 0.17 A	8.76 ± 0.05 Ca	5.76 ± 0.15 Cb	8.97 ± 0.06 Cb

^aMeans ± standard deviations from triplicates.

^bTreated with sterile distilled water.

^cMeans with the same uppercase letter in the same column are not significantly different (P > 0.05).

^dMeans with the same lowercase letter in the same row are not significantly different (P > 0.05).

표 7-6. 5일 간 5, 25 °C에 저장한 두부 내 *S. Typhimurium*의 균수 변화 측정 결과

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	1 Day		3 Days
		5 °C	25 °C	5 °C
Control ^b	^a 6.20 ± 0.15 Ac	5.95 ± 0.17 Aabd	8.73 ± 0.07 ABa	5.98 ± 0.31 Aab
0.1% TDS	6.21 ± 0.03 A	5.95 ± 0.12 Aa	9.01 ± 0.05 Aa	5.86 ± 0.07 Aa
0.5% TDS	6.19 ± 0.04 A	5.94 ± 0.07 Aa	8.52 ± 0.07 Ba	5.98 ± 0.09 Aab
1% TDS	6.20 ± 0.10 A	6.16 ± 0.18 Aa	8.54 ± 0.25 Ba	5.85 ± 0.13 Aab
2% TDS	6.16 ± 0.12 A	6.10 ± 0.03 Aa	8.05 ± 0.08 Ca	5.75 ± 0.05 Ab

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	3 Days	5 Days	
		25 °C	5 °C	25 °C
Control ^b	^a 6.20 ± 0.15 Ac	9.17 ± 0.12 Ab	6.27 ± 0.08 Ab	9.27 ± 0.04 Ab
0.1% TDS	6.21 ± 0.03 A	8.94 ± 0.02 Ba	6.09 ± 0.32 ABa	8.17 ± 0.08 Ba
0.5% TDS	6.19 ± 0.04 A	8.39 ± 0.38 Ba	6.09 ± 0.08 ABb	8.20 ± 0.03 Ba
1% TDS	6.20 ± 0.10 A	8.22 ± 0.25 Ba	6.00 ± 0.15 ABb	8.50 ± 0.65 Ba
2% TDS	6.16 ± 0.12 A	8.10 ± 0.02 Ba	5.84 ± 0.16 Bb	8.37 ± 0.04 Bb

^aMeans ± standard deviations from triplicates.

^bTreated with sterile distilled water.

^cMeans with the same uppercase letter in the same column are not significantly different (P > 0.05).

^dMeans with the same lowercase letter in the same row are not significantly different (P > 0.05).

표 7-7. 5일 간 5, 25 °C에 저장한 두부 내 *L. monocytogenes*의 균수 변화 측정 결과

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	1 Day		3 Days
		5 °C	25 °C	5 °C
Control ^b	^a 6.63 ± 0.14 Ac	6.55 ± 0.01 Aad	8.51 ± 0.23 Aab	6.60 ± 0.01 Aa
0.1% TDS	6.61 ± 0.14 A	6.49 ± 0.07 Aa	8.38 ± 0.26 Aa	6.66 ± 0.10 Aa
0.5% TDS	6.68 ± 0.07 A	6.44 ± 0.07 Aa	8.64 ± 0.04 Aa	6.29 ± 0.14 Ba
1% TDS	6.59 ± 0.06 A	6.44 ± 0.04 Aa	8.54 ± 0.02 Aa	6.20 ± 0.20 BCa
2% TDS	6.58 ± 0.12 A	6.22 ± 0.01 Ba	7.98 ± 0.19 Ba	6.02 ± 0.05 Cb

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	3 Days		5 Days
		25 °C	5 °C	25 °C
Control ^b	^a 6.63 ± 0.14 Ac	8.39 ± 0.08 Aa	7.17 ± 0.06 Ab	8.79 ± 0.09 Ab
0.1% TDS	6.61 ± 0.14 A	8.56 ± 0.10 Aa	7.22 ± 0.06 Ab	8.52 ± 0.14 Aa
0.5% TDS	6.68 ± 0.07 A	8.35 ± 0.06 Ab	7.12 ± 0.11 Ab	8.77 ± 0.10 Aa
1% TDS	6.59 ± 0.06 A	8.42 ± 0.20 Aa	6.81 ± 0.09 Bb	8.62 ± 0.14 Aa
2% TDS	6.58 ± 0.12 A	7.64 ± 0.19 Bab	5.93 ± 0.08 Cb	7.45 ± 0.21 Bb

^aMeans ± standard deviations from triplicates.

^bTreated with sterile distilled water.

^cMeans with the same uppercase letter in the same column are not significantly different (P > 0.05).

^dMeans with the same lowercase letter in the same row are not significantly different (P > 0.05).

표 7-8. 5일 간 5, 25 °C에 저장한 두부 내 *B. cereus*의 균수 변화 측정 결과

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	1 Day		3 Days
		5 °C	25 °C	5 °C
Control ^b	^a 4.24 ± 0.34 Ac	4.34 ± 0.31 Aad	8.09 ± 0.17 Aa	4.36 ± 0.51 Aa
0.1% TDS	4.40 ± 0.35 A	4.25 ± 0.10 Aa	7.90 ± 0.09 ABa	4.12 ± 0.12 ABa
0.5% TDS	3.65 ± 0.63 A	4.24 ± 0.30 Aa	7.92 ± 0.22 ABa	3.75 ± 0.21 BCa
1% TDS	4.05 ± 0.13 A	3.95 ± 0.18 ABa	7.59 ± 0.27 BCa	3.80 ± 0.10 BCab
2% TDS	3.65 ± 0.75 A	3.60 ± 0.12 Ba	7.44 ± 0.14 Ca	3.50 ± 0.18 Cab

Reduction treatment	Population (log CFU/g) by storage days (at each temperature)			
	0 Day	3 Days		5 Day
		25 °C	5 °C	25 °C
Control ^b	^a 4.24 ± 0.34 Ac	7.98 ± 0.15 ABa	3.79 ± 0.16 Aa	8.24 ± 0.22 Aa
0.1% TDS	4.40 ± 0.35 A	8.25 ± 0.13 Aa	3.70 ± 0.21 Ab	8.14 ± 0.23 ABa
0.5% TDS	3.65 ± 0.63 A	7.54 ± 0.09 Ca	3.64 ± 0.13 Aa	7.61 ± 0.16 Ca
1% TDS	4.05 ± 0.13 A	7.63 ± 0.19 Ca	3.42 ± 0.37 Ab	7.85 ± 0.07 BCa
2% TDS	3.65 ± 0.75 A	7.81 ± 0.16 BCb	2.77 ± 0.07 Bb	6.95 ± 0.05 Dc

^aMeans ± standard deviations from triplicates.

^bTreated with sterile distilled water.

^cMeans with the same uppercase letter in the same column are not significantly different (P > 0.05).

^dMeans with the same lowercase letter in the same row are not significantly different (P > 0.05).

- 표 7-9, 7-10, 7-11는 5 °C에서 5일 동안 보관하는 동안 TDS로 처리 한 후 두부의 색, 냄새, 전반적인 수용도의 변화를 나타냄.
- 색 특성은 TDS처리구와 대조구 사이에서 유의적인 차이(P > 0.05)가 없는 것으로 나타났음.

- 냄새 특성은 보관 기간이 길어질수록 TDS가 처리된 두부의 냄새에 대한 기호도는 감소하였지만 유의적인 차이는($P > 0.05$) 없었음.
- 또한 전반적인 수용도 역시 보관 기간이 길어질수록 수용도가 감소했으나 유의적인 차이는($P > 0.05$) 없는 것으로 나타났음
- 전체적으로 TDS가 처리된 두부와 대조구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았기 때문에 실제 두부에 적용할 가능성이 높을 것으로 보임.

표 7-9. 5일 간 5 °C에 저장한 두부의 색 변화 측정 결과

Treatment	Color			
	0 Day	1 Day	3 Day	5 Day
Control ^b	^a 4.90±0.32 a	4.60±0.70 a	4.70±0.67 a	4.50±1.08 a
0.1% TDS	4.90±0.32 a	4.50±0.71 a	4.70±0.67 a	4.30±1.06 a
0.5% TDS	4.70±0.48 a	4.40±0.84 a	4.70±0.67 a	4.50±0.71 a
1% TDS	4.90±0.32 a	4.40±0.84 a	4.60±0.70 a	4.50±0.85 a
2% TDS	4.80±0.42 a	4.20±0.79 ab	4.60±0.84 ab	4.20±1.03 ab

^aMeans with same lowercase letter in the same row are not significantly different ($P > 0.05$).

^bTreated with sterile distilled water.

표 7-10. 5일 간 5 °C에 저장한 두부의 냄새 변화 측정 결과

Treatment	Odor			
	0 Day	1 Day	3 Day	5 Day
Control ^b	^a 4.67±0.48 a	4.40±0.97 a	4.20±1.03 a	4.20±1.14 a
0.1% TDS	4.79±0.42 a	4.20±1.03 ab	4.30±0.82 ab	3.90±1.20 ab
0.5% TDS	4.67±0.48 a	4.20±1.03 a	4.20±0.79 a	3.70±1.42 a
1% TDS	4.56±0.53 a	4.20±0.79 ab	3.90±0.74 ab	3.90±0.88 ab
2% TDS	4.33±0.67 a	3.70±1.16 a	4.00±0.67 a	3.90±0.88 a

^aMeans with same lowercase letter in the same row are not significantly different ($P > 0.05$).

^bTreated with sterile distilled water.

표 7-11. 5일 간 5 °C에 저장한 두부의 전반적 수용도 측정 결과

Treatment	Overall acceptability			
	0 Day	1 Day	3 Day	5 Day
Control ^b	^a 4.80±0.42 a	4.30±0.82 ab	4.30±0.95 ab	4.10±0.99 ab
0.1% TDS	4.70±0.48 a	4.50±0.71 ab	4.50±0.71 ab	4.00±0.94 ab
0.5% TDS	4.80±0.42 a	4.50±0.71 ab	4.30±0.67 ab	3.90±0.57 bc
1% TDS	4.70±0.48 a	4.30±0.67 a	4.10±0.57 ab	4.00±0.47 ab
2% TDS	4.40±0.52 a	3.90±0.99 a	4.20±0.42 a	3.70±0.82 ab

^aMeans with same lowercase letter in the same row are not significantly different ($P > 0.05$).

^bTreated with sterile distilled water.

다. 물리적 처리를 이용한 상승효과 검토

(1) 유기산과 UV처리에 의한 상승효과 검토

- 또한, malic acid에 dipping 하여 실험하는 방법 외에도 aerosol 상태로 분무화시켜 malic acid를 사용하는 방법이 연구되고 있음.
- 식품 표면을 살균하기 위해서, 살균제는 대부분 액체 상태나 가스 상태로 이용됨.
- 하지만, 액체 상태의 살균제는 식품의 상처와 같은 곳에는 침투하기가 용이하지 않음.
- 그러므로 식중독균을 저해하기 위한 방법으로는 적합하지 않음.
- 또한, 가스 상태의 살균제는 가스 생성을 위한 복잡한 기계 때문에 사용하는데 제약이 있음.
- 이러한 이유로, 분무화 상태의 살균제가 이를 대체할 방법으로 대두되고 있음.
- Oh 등은 양상추에 사용하는 살균제로 분무화한 peroxyacetic acid의 효과를 측정하였음.
- 양상추에 존재하는 *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, 그리고 *Listeria monocytogenes*는 분무화한 peroxyacetic acid를 10 분간 처리했을 때, 0.8, 0.3, 그리고 2.5 logs 씩 감소되었다고 보고함.
- Choi 등도, 시금치와 양상추에 존재하는 식중독균을 저감하기 위하여 분무화한 2% malic acid를 100 분간 처리했을 때, 모든 식중독균에서 3 log 이상의 저감 효과를 보였음.
- 이에 본 연구팀은 분무화 상태의 2% malic acid와 비열 처리 방법인 UV-C를 병합 처리하여 양상추에 존재하는 식중독균을 저해하는 연구를 진행함.
- 양상추에 접종한 *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, 그리고 *Listeria monocytogenes*는 초기균수가 각각 5.54, 4.40, 5.21 log CFU/g이 되도록 하였음.
- 접종한 뒤, clean bench 안에서 30 분간 건조시킨 뒤 실험을 진행하였음.
- 처리구는 대조구, 분무화한 2% malic acid 단독 처리(MA), UV-C 단독 처리(UV), malic acid 처리 후 UV-C 처리(MA+UV), UV-C 처리 후 malic acid 처리(UV+MA), 총 5가지로 진행되었음.
- malic acid는 멸균된 증류수를 사용하여 최종 농도라 2%가 되도록 제조하여 사용하였으며, nebulizer를 이용하여 분무화하였음.
- 50 x 50 x 30 cm의 아크릴 캐비닛과 nebulizer를 tube를 사용하여 연결하였으며 아크릴 캐비닛 바닥에 양상추가 직접적으로 닿지 않도록 양상추를 배치하여 실험하였음(그림 7-10).

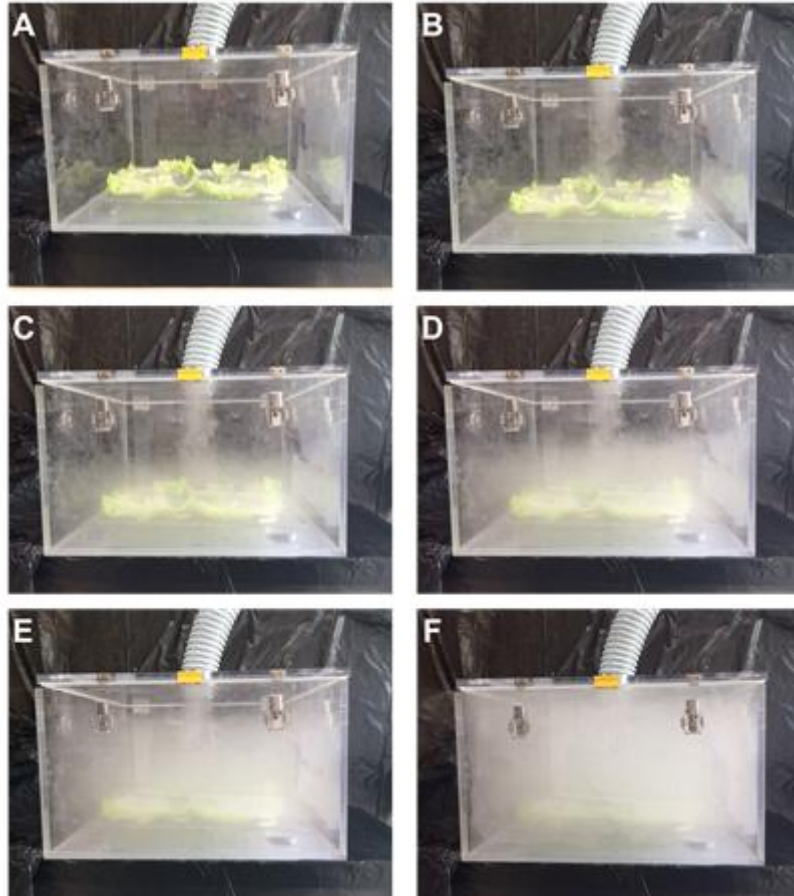


그림 7-11. 아크릴 캐비닛을 사용한 분무화한 2% malic acid 처리 시스템: (A) 0 초, (B) 5 초, (C) 10 초, (D) 15 초, (E) 30 초, and (F) 40 초.

- 분무화한 2% malic acid는 20분 동안 양상추에 처리하였으며, 모든 처리는 room temperature에서 진행되었음.
- UV-C 조사는 clean bench 안에서 진행되었으며, 2 kg/s³의 세기로 30 분간 처리하였음.
- 복합처리는 각각의 첫 번째 처리가 끝난 후, 다음 처리로 진행하는 방식으로 처리하였음 (MA+UV, UV+MA).
- 모든 처리가 끝난 후, 멸균 백에 담아 5 도에서 15일 간 보관하며 미생물적 변화와 관능평가를 실시하였음.
- *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*는 각각 EMB, XLD, Oxford agar 배지를 이용하여 균수를 측정함.

표 7-12. 분무화한 2% malic acid와 UV-C에 의한 양상추에서의 *E. coli* O157:H7의 저감 효과 측정^a

Treatment	Storage time (days)			
	0	after treatment	1	3
Control	5.54 ± 0.20Aa	5.53 ± 0.18Aa	5.48 ± 0.41Aa	5.41 ± 0.27Aa
MA ^b	5.54 ± 0.20Aa	4.43 ± 0.36Bb	4.65 ± 0.42Bb	4.35 ± 0.77Bb
UV	5.54 ± 0.20Aa	4.31 ± 0.64Bb	4.03 ± 0.03Bb	3.88 ± 0.78BCbc
MA + UV	5.54 ± 0.20Aa	3.88 ± 0.02Bb	3.12 ± 0.29BCc	3.33 ± 0.51BCc
UV + MA	5.54 ± 0.20Aa	2.64 ± 0.60Bc	2.50 ± 0.50Bd	2.36 ± 0.34Bd

Treatment	Storage time (days)			
	6	9	12	15
Control	5.65 ± 0.19Aa	5.25 ± 0.01Aa	4.93 ± 0.25Aa	5.05 ± 0.03Aa
MA ^b	4.10 ± 0.45Bb	4.57 ± 0.02Bb	3.95 ± 0.16Bb	3.89 ± 0.67Bb
UV	3.45 ± 0.37CDb	3.55 ± 0.24DEc	3.60 ± 0.23EFb	3.50 ± 0.50Fbc
MA + UV	2.76 ± 0.49CDc	2.53 ± 0.37DEd	2.99 ± 0.40DEc	3.09 ± 0.30Ec
UV + MA	2.18 ± 0.45BCd	1.90 ± 0.11BCe	1.79 ± 0.57Cd	1.90 ± 0.75Cd

^aMeans ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicated (n = 3).

^bMA = aerosolized 2 % malic acid.

Different capital letters indicate significant differences (p < 0.05) among storage times for each treatment; different lowercase letters indicate significant differences (p < 0.05) among treatments for each storage time.

- 표 7-12은 MA와 UV 단독처리와 병행처리를 했을 시, 양상추에 존재하는 *E. coli* O157:H7의 변화를 나타낸 표임.
- MA, UV, MA+UV, UV+MA 처리를 했을 때, 양상추에 존재하는 *E. coli* O157:H7는 각각 1.1, 1.22, 1.65, 2.89 log CFU/g씩 처리 직후 저감되었음.
- 모든 처리구에서 대조구에 비하여 유의적인 차이(p < 0.05)가 나타났으며, UV+MA 처리를 했을 시 가장 좋은 균 저해효과가 나타났음.
- 더욱이, 보관 9일 째에 가장 큰 저해효과가 나타났으며, 15일 째에 대조구에 비하여MA, UV, MA+UV, UV+MA 처리를 한 양상추의 *E. coli* O157:H7이 각각 1.16, 1.55, 1.96, 3.15 log CFU/g씩 저해됨.

표 7-13. 분무화한 2% malic acid와 UV-C에 의한 양상추에서의 *Salmonella* Typhimurium의 저감 효과 측정^a

Treatment	Storage time (days)			
	0	after treatment	1	3
Control	4.40 ± 0.30Aa	4.39 ± 0.12Aa	4.32 ± 0.51Aa	4.38 ± 0.28Aa
MA ^b	4.40 ± 0.30Aa	3.86 ± 0.68ABab	3.77 ± 0.13ABab	3.72 ± 0.01ABab
UV	4.40 ± 0.30Aa	3.67 ± 0.34ABabc	3.43 ± 0.45BCbc	3.26 ± 0.47BCbc
MA + UV	4.40 ± 0.30Aa	3.38 ± 0.47Bbc	2.85 ± 0.59BCcd	2.75 ± 0.35BCc
UV + MA	4.40 ± 0.30Aa	3.01 ± 0.44Bc	2.13 ± 0.50Cd	1.75 ± 0.50CDd

Treatment	Storage time (days)			
	6	9	12	15
Control	4.3 ± 0.05Aa	4.37 ± 0.26Aa	4.31 ± 0.16Aa	4.23 ± 0.25Aa
MA ^b	3.75 ± 0.22ABa	3.60 ± 0.35ABab	3.45 ± 0.94Bab	3.50 ± 0.50Bab
UV	3.44 ± 0.50BCab	2.99 ± 0.87BCbc	3.10 ± 0.35BCbc	2.74 ± 0.29Cbc
MA + UV	2.81 ± 0.39BCb	2.59 ± 0.20BCc	2.16 ± 0.94Ccd	2.1 ± 0.65Cc
UV + MA	1.83 ± 0.76CDc	1.33 ± 0.38Dd	1.15 ± 0.17Dd	1.23 ± 0.25Dd

^aMeans ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicate (n = 3).

^bMA = aerosolized 2 % malic acid.

Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times for each treatment; different lowercase letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each storage time.

- 표 7-13은 MA와 UV 단독처리와 병행처리를 했을 시, 양상추에 존재하는 *Salmonella* Typhimurium의 변화를 나타낸 표임.
- S. Typhimurium은 양상추에 초기농도가 4.40 log CFU/g이 되도록 접종하였음.
- MA, UV, MA+UV, UV+MA 처리를 했을 때, 양상추에 존재하는 S. Typhimurium은 각각 0.53, 0.72, 1.01, 1.38 log CFU/g씩 저감되었음.
- 대조구에 비하여 유의적인 차이($p < 0.05$)는 단독 처리구를 제외한 복합처리구에서만 나타났음.
- 모든 처리구 중, UV+MA 처리구가 가장 S. Typhimurium에 대한 저감 효과가 크게 나타났음.

표 7-14. 분무화한 2% malic acid와 UV-C에 의한 양상추에서의 *Listeria monocytogenes*의 저감 효과 측정^a

Treatment	Storage time (days)			
	0	after treatment	1	3
Control	5.21 ± 0.59Aa	5.22 ± 0.22Aa	5.31 ± 0.65Aa	5.3 ± 0.27Aa
MA ^b	5.21 ± 0.59Aa	4.52 ± 0.11ABab	4.39 ± 0.13Bb	3.88 ± 0.21BCb
UV	5.21 ± 0.59Aa	4.21 ± 0.71Bb	3.95 ± 0.45BCbc	3.35 ± 0.49CDbc
MA + UV	5.21 ± 0.59Aa	4.16 ± 0.73Bb	3.59 ± 0.40BCc	2.97 ± 0.07CDc
UV + MA	5.21 ± 0.59Aa	2.27 ± 0.67Bc	2.07 ± 0.06Bd	1.98 ± 0.31Bd

Treatment	Storage time (days)			
	6	9	12	15
Control	5.38 ± 0.34Aa	5.39 ± 0.29Aa	5.75 ± 0.33Aa	5.74 ± 0.19Aa
MA ^b	3.83 ± 0.28BCb	3.61 ± 0.67Cb	3.59 ± 0.05Cb	3.35 ± 0.27Cb
UV	3.28 ± 0.23CDbc	3.18 ± 0.11CDb	3.09 ± 0.14Db	3.01 ± 0.00Dc
MA + UV	2.70 ± 0.30EDc	2.45 ± 0.11EDc	2.27 ± 0.45EDc	2.08 ± 0.05Ed
UV + MA	1.66 ± 0.57BCd	1.58 ± 0.17BCd	1.44 ± 0.28BCd	1.16 ± 0.10Ce

^aMeans ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicated (n=3).

^bMA = aerosolized 2 % malic acid.

Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times for each treatment; different lowercase letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each storage time.

- 표 7-14는 MA와 UV 단독처리와 병행처리를 했을 시, 양상추에 존재하는 *Listeria monocytogenes*의 변화를 나타낸 표임.
- *L. monocytogenes*는 초기농도가 5.21 log CFU/g가 되도록 접종하였음.
- MA 처리구를 제외한 모든 처리구에서 대조구와 비교했을 때, 유의적인 차이($p < 0.05$)가 나타났음.
- MA, UV, MA+UV, UV+MA 처리를 했을 때, 양상추에 존재하는 *L. monocytogenes*는 각각 0.70, 1.01, 1.06, 2.95 log CFU/g씩 저감되었음.
- 모든 처리구 중, UV+MA에서 가장 좋은 저감 효과가 나타남.
- 2% malic acid를 20분 동안 양상추에 처리한 직후에는 *E. coli* O157:H7만 유의적인 차이가 나타나도록 저감되었으며, UV-C를 처리한 후에는 *E. coli* O157:H7과 *S. Typhimurium*에서 유의적인 차이가 나타났음.
- 5가지 처리 후의 양상추를 5도에서 15일 보관한 후에는, UV+MA 처리구가 모든 식중독균에서 가장 큰 저감효과를 나타냈음.
- 이러한 결과는, 식중독균에 따라 차이가 있게 나타난 것으로 판단된다. *E. coli* O157:H7은 다른 식중독균에 비하여 malic acid에 민감한 것으로 나타났으며, UV-C는 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* 순으로 저감 효과가 크게 나타나는 것을 알 수 있었음.

표 7-15. 분무화한 2% malic acid와 UV-C를 처리한 양상추의 보관 중 색변화 측정^a

Sensory characteristics	Treatment	Storage time (days)			
		0	after treatment	1	3
color	control	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.48Aa
	MA ^b	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.60 ± 0.69Aa
	UV	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.60 ± 0.51Aa	4.60 ± 0.51Aa
	MA + UV	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.60 ± 0.69Aa	4.60 ± 0.84Aa
	UV + MA	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.60 ± 0.51Aa	4.60 ± 0.84Aa

Sensory characteristics	Treatment	Storage time (days)			
		6	9	12	15
color	control	4.70 ± 0.48Aa	4.60 ± 0.69Aa	4.20 ± 1.13Ba	3.90 ± 1.19Ba
	MA ^b	4.30 ± 0.67Aa	4.40 ± 0.69Aa	3.90 ± 1.37Ba	3.30 ± 1.05Bab
	UV	4.20 ± 0.63ABa	4.20 ± 1.03ABa	3.70 ± 1.25BCa	3.20 ± 1.03Cab
	MA + UV	4.00 ± 0.81ABa	4.00 ± 1.15ABa	3.20 ± 1.22BCa	2.70 ± 1.49Cab
	UV + MA	4.10 ± 0.87Aa	4.00 ± 0.66Aa	3.10 ± 1.28Ba	2.50 ± 1.35Bb

^aSensory scores are based on a 5-point hedonic scale ranging from 1 = dislike extremely to 5 = like extremely.

^bMA = aerosolized 2 % malic acid.

Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times for each treatment; different lowercase letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each storage time.

표 7-16. 분무화한 2% malic acid와 UV-C를 처리한 양상추의 보관 중 냄새 측정^a

Sensory characteristics	Treatment	Storage time (days)			
		0	after treatment	1	3
odor	control	4.90 ± 0.31Aa	4.90 ± 0.31Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.60 ± 1.26Aa
	MA ^b	4.90 ± 0.31Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.60 ± 0.51Aa	4.50 ± 0.84ABa
	UV	4.90 ± 0.31Aa	4.80 ± 0.63Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.50 ± 0.97ABa
	MA + UV	4.90 ± 0.31Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.60 ± 0.69Aa	4.40 ± 0.84ABa
	UV + MA	4.90 ± 0.31Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.60 ± 0.51Aa	4.50 ± 1.26ABa

Sensory characteristics	Treatment	Storage time (days)			
		6	9	12	15
odor	control	4.50 ± 0.97Aa	4.10 ± 1.28Aa	4.00 ± 1.24Ba	3.80 ± 1.22Ba
	MA ^b	4.40 ± 0.51ABa	4.10 ± 1.28ABa	4.00 ± 1.33Ba	3.80 ± 1.13Ba
	UV	4.40 ± 0.51ABCa	3.70 ± 1.41BCa	3.70 ± 1.49BCa	3.60 ± 1.42Ca
	MA + UV	4.00 ± 0.66ABCa	3.60 ± 1.26BCa	3.60 ± 1.57BCa	3.10 ± 1.44Ca
	UV + MA	4.10 ± 0.99ABCa	3.50 ± 1.08BCa	3.30 ± 1.49CDa	2.90 ± 1.44Da

^aSensory scores are based on a 5-point hedonic scale ranging from 1 = dislike extremely to 5 = like extremely.

^bMA = aerosolized 2 % malic acid.

Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times for each treatment; different lowercase letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each storage time.

표 7-17. 분무화한 2% malic acid와 UV-C를 처리한 양상추의 보관 중 전체적인 수용도 측정^a

Sensory characteristics	Treatment	Storage time (days)			
		0	after treatment	1	3
overall appearance	control	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa
	MA ^b	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.67Aa
	UV	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa	4.80 ± 0.42Aa
	MA + UV	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.70 ± 0.67Aa	4.50 ± 0.84Aa
	UV + MA	4.80 ± 0.42Aa	4.70 ± 0.48Aa	4.60 ± 0.96Aa	4.30 ± 1.05Aa

Sensory characteristics	Treatment	Storage time (days)			
		6	9	12	15
overall appearance	control	4.70 ± 0.48Aa	4.40 ± 0.69Aa	3.90 ± 1.59Ba	3.60 ± 1.5Ba
	MA ^b	4.50 ± 0.52ABa	4.40 ± 0.69Ba	3.60 ± 1.83Ba	3.50 ± 1.35Ba
	UV	4.50 ± 0.52Aa	4.40 ± 0.84Ba	3.40 ± 1.71Ba	3.30 ± 1.33Ba
	MA + UV	4.20 ± 0.63Ba	4.00 ± 0.94Ba	3.10 ± 1.28BCa	2.90 ± 1.28Ca
	UV + MA	4.20 ± 1.03Aa	3.90 ± 0.56Ba	3.10 ± 1.1Ba	2.90 ± 1.19Ca

^aSensory scores are based on a 5-point hedonic scale ranging from 1 = dislike extremely to 5 = like extremely.

^bMA = aerosolized 2 % malic acid.

Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times for each treatment; different lowercase letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each storage time.

- 본 연구에서 실험된 양상추에 대한 관능평가(색, 냄새, 전체적인 수용도)를 표 8-15, 8-16, 8-17에 나타냄.
- MA를 처리한 양상추는 색, 냄새, 전체적인 수용도 면에서 대조구에 비하여 12, 12, 9일째에 유의적인 차이($p < 0.05$)가 나타남.
- UV를 처리한 양상추는 색, 냄새, 전체적인 수용도 면에서 12, 9, 9일에서 대조구에 비하여 유의적인 차이($p < 0.05$)가 나타났음.
- 또한, 모든 관능적 평가 면에서 처리한 양상추와 처리하지 않은 양상추의 차이가 나타나지 않았음.
- 그러므로 본 실험의 결과는 신선식품에 존재하는 식중독균을 저해하는데 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 판단됨.

(2) 저온 플라즈마와 UV의 복합처리에 의한 저장성 향상 가능성 검토

- 분무화한 malic acid와 UV-C를 복합처리한 연구 외에도, 본 연구팀은 저온 플라즈마와 UV-C를 복합처리하여 양상추에 존재하는 식중독균을 제어하고자 하였음.
- 본 연구에는 *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes* 가 사용되었으며, 양상추에 초기 농도가 5.82, 5.09, 5.65 log CFU/g이 되도록 각각 접종함.

- 본 연구에 사용된 저온 플라즈마는 유전체 격벽 방전 방식을 사용하는 기계를 사용하였으며, 기계 본체 밖에 설치된 타이머에 의해 조절되는 방법을 사용함.
 - 양상추의 바로 아래에 플라즈마 발생기를 위치시켜 30분 동안 플라즈마를 발생시킴.
 - UV-C는 200uW/m²의 세기로 clean bench내에 양상추를 두고 30분 동안 처리함.
 - 단독처리 외에도, UV-C를 양상추에 처리한 후 저온 플라즈마를 병행처리한 처리구 또한 진행하였음.
 - 각각의 처리 후, 양상추를 멸균백에 넣어 4도에서 9일 간 보관하며 식중독균 개체수의 변화와 관능적 변화를 살펴봄.
 - *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes*는 각각 EMB, XLD, Oxford agar 배지를 이용하여 균수를 측정함.
 - 관능검사는 패널 5명으로 진행하였으며, 외관, 질감, 전체적인 수용도를 평가하였음.
 - 1점이 매우 좋지 않음, 9점이 매우 좋음으로 하여 검사를 실시함.
-
- 표 7-18는 양상추에 존재하는 식중독균에 대한 저온 플라즈마와 UV-C, 그리고 병행처리의 항균 효과를 나타냈음.
 - 저온 플라즈마와 UV-C 단독처리 및 병행처리 후에 양상추에 존재하는 *E. coli* O157:H7는 0.26, 0.87, 1.44 log CFU/g 수준으로 저감됨.
 - UV-C 단독처리와 병행처리 후에는 유의적인 차이($p < 0.05$)가 있었지만 저온 플라즈마를 단독 처리했을 시에는 유의적인 차이가 나타나지 않았음.
 - 보관 9일째, 저온 플라즈마와 UV-C 단독처리와 병행처리 후에 양상추에 존재하는 *E. coli* O157: H7는 0.61, 0.89, 1.55 log CFU/g 수준으로 저감됨.
 - *S. Typhimurium*의 경우는, 대조구에 비해 저온 플라즈마와 UV-C 단독처리 및 병행처리 후에 0.65, 0.88, 2.70 log CFU/g 수준으로 저감되었으며, *E. coli* O157:H7과 비슷한 경향으로 병행처리에서 가장 큰 저감효과를 나타내었다.
 - 양상추에 존재하는 *L. monocytogenes*는 저온 플라즈마와 UV-C 병행처리 후에 가장 큰 저감 효과를 나타냈으며, 저온 플라즈마와 UV-C를 병행처리 했을 시에만 유의적으로 차이($p < 0.05$)가 나타났음.
 - 세 가지 균의 저감 양상을 살펴보면, *S. Typhimurium*이 다른 식중독균에 비하여 저온 플라즈마에 민감한 것으로 나타났으며 UV-C 처리 시에는 *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 순으로 민감하였음.
 - 한편, 병행처리 시에도 *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 순으로 저해 효과가 크게 나타남.

표 7-18. 저온 플라즈마와 UV-C를 처리한 양상추의 보관 중 식중독균 저감 효과 측정^a

Pathogens	Treatment	Log CFU/g		
		0 day	0.5 day	1 day
<i>E. coli</i> O157:H7	Control	5.82 ± 0.15Aa	5.82 ± 0.15Aa	5.83 ± 0.13Aa
	plasma 30min	5.82 ± 0.15Aa	5.57 ± 0.06Aa	5.14 ± 0.18Bb
	UV 30min	5.82 ± 0.15Aa	4.95 ± 0.15Bb	4.65 ± 0.10Cb
	Plasma after UV ^b	5.82 ± 0.15Aa	4.39 ± 0.35Cb	4.25 ± 0.06Db
<i>S. Typhimurium</i>	Control	5.09 ± 0.57Aa	5.09 ± 0.57Aa	5.26 ± 0.33Aa
	plasma 30min	5.09 ± 0.57Aa	4.44 ± 0.14ABb	4.02 ± 0.34Bbc
	UV 30min	5.09 ± 0.57Aa	4.21 ± 0.32Bb	3.80 ± 0.25Bbc
	Plasma after UV	5.09 ± 0.57Aa	2.39 ± 0.68Cb	2.18 ± 0.64Cb
<i>L. monocytogenes</i>	Control	5.65 ± 0.38Aa	5.65 ± 0.38Aa	5.45 ± 0.46Aa
	plasma 30min	5.65 ± 0.38Aa	4.71 ± 0.41Bb	4.74 ± 0.31Bb
	UV 30min	5.65 ± 0.38Aa	4.51 ± 0.40BCb	4.41 ± 0.18BCb
	Plasma after UV	5.65 ± 0.38Aa	4.03 ± 0.11Cb	3.90 ± 0.27Cb

Pathogens	Treatment	Log CFU/g		
		3 day	6 day	9 day
<i>E. coli</i> O157:H7	Control	5.81 ± 0.06Aa	5.67 ± 0.14Aa	5.66 ± 0.04Aa
	plasma 30min	5.06 ± 0.40Bb	5.09 ± 0.36Bb	5.05 ± 0.25Bb
	UV 30min	4.75 ± 0.60BCb	4.68 ± 0.27Cb	4.76 ± 0.32Bb
	Plasma after UV ^b	4.25 ± 0.22Cb	4.14 ± 0.10Db	4.11 ± 0.31Cb
<i>S. Typhimurium</i>	Control	4.94 ± 0.09Aa	4.57 ± 0.15Aa	4.75 ± 0.20Aa
	plasma 30min	4.06 ± 0.51Bbc	3.64 ± 0.34Bc	3.57 ± 0.37Bc
	UV 30min	3.35 ± 0.07Bcd	2.95 ± 0.21Ccd	3.09 ± 0.12Bd
	Plasma after UV	2.28 ± 0.09Cb	2.40 ± 0.24Db	2.36 ± 0.09Cb
<i>L. monocytogenes</i>	Control	5.13 ± 0.37Aa	5.13 ± 0.13Aa	5.23 ± 0.13Aa
	plasma 30min	4.79 ± 0.13ABb	4.69 ± 0.18Ab	4.66 ± 0.17Bb
	UV 30min	4.36 ± 0.18BCb	4.01 ± 0.35Bbc	3.68 ± 0.16Cc
	Plasma after UV	3.88 ± 0.15Cbc	3.38 ± 0.22Cc	2.81 ± 0.46Dd

^aMeans ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicated (n=3).

^bTreated with cold plasma for 30min after treating with UV-C for 30min.

Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each storage time; different lowercase letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times for each treatment.

표 7-19. 저온 플라즈마와 UV-C를 처리한 양상추의 보관 중 관능 평가 측정^a

Sensory characteristics	Treatment	Sensory evaluation of lettuce (9 scale)		
		0 day	0.5 day	1 day
Appearance	Control	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa
	plasma 30min	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	8.80 ± 0.45Aab
	UV 30min	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	8.80 ± 0.45Aa
	Plasma after UVb	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	8.60 ± 0.55Aab
Texture	Control	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa
	plasma 30min	9.00 ± 0.00Aa	8.80 ± 0.45Aa	8.40 ± 0.55Aa
	UV 30min	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	8.80 ± 0.45Aa
	Plasma after UV	9.00 ± 0.00Aa	8.60 ± 0.55Aa	8.40 ± 0.55Aa
Overall acceptability	Control	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa
	plasma 30min	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	8.60 ± 0.55Aa
	UV 30min	9.00 ± 0.00Aa	9.00 ± 0.00Aa	8.80 ± 0.45Aab
	Plasma after UV	9.00 ± 0.00Aa	8.80 ± 0.45Aa	8.60 ± 0.55Aab

Sensory characteristics	Treatment	Sensory evaluation of lettuce (9 scale)		
		3 day	6 day	9 day
Appearance	Control	8.60 ± 0.55Aab	8.00 ± 0.71Abc	7.80 ± 0.84Ac
	plasma 30min	8.20 ± 0.84Abc	7.60 ± 0.89Ac	7.80 ± 0.45Ac
	UV 30min	8.40 ± 0.55Aab	8.00 ± 0.71Ab	6.80 ± 0.45Bc
	Plasma after UVb	8.00 ± 0.71Abc	7.60 ± 0.89Ac	6.20 ± 0.45Bd
Texture	Control	8.20 ± 0.84Ab	7.80 ± 0.45Ab	8.00 ± 0.71Ab
	plasma 30min	7.40 ± 0.89Ab	7.20 ± 0.84Ab	6.80 ± 0.45Bb
	UV 30min	8.00 ± 0.71Ab	7.80 ± 0.45Ab	7.80 ± 0.45Ab
	Plasma after UV	7.20 ± 0.84Ab	7.00 ± 1.00Ab	5.20 ± 0.84Cc
Overall acceptability	Control	8.40 ± 0.55Ab	7.80 ± 0.45Ac	7.60 ± 0.55Ac
	plasma 30min	8.00 ± 0.00Ab	7.60 ± 0.45Ab	6.80 ± 0.45Ac
	UV 30min	8.20 ± 0.45Abc	7.80 ± 0.45Acd	7.40 ± 0.89Ad
	Plasma after UV	8.00 ± 0.71Abc	7.40 ± 0.55Ac	5.00 ± 0.71Bd

^aMeans ± standard deviation obtained in two experiments, one of two experiments in duplicated (n=3).

^bTreated with cold plasma for 30min after treating with UV-C for 30min.

Different capital letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments for each storage time; different lowercase letters indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times for each treatment.

- 표 7-19은 저온 플라즈마 처리와 UV-C 처리, 그리고 병행처리가 양상추의 품질에 미치는 영향을 나타냈음.
- appearance score는 저온 플라즈마, UV-C, 병행처리 후 1일이 경과했을 때부터 조금씩 하락하였음.

- 그러나 대조구와 비교 했을 때, 유의적인 차이가 나타나지 않았음.
- 보관 마지막 날인 9일 째, UV-C 단독 처리와 병행처리 한 양상추에서 대조구에 비하여 유의적 차이($p < 0.05$)가 나타남.
- texture score는 복합처리 했을 시 저온 플라즈마 처리에 비하여 유의적($p < 0.05$)으로 크게 하락하였음.
- 실험한 모든 처리구에서 모든 관능적 항목이 3일이 경과했을 때, 유의적($p < 0.05$)으로 하락하지만, 대조구와 비교했을 때는 유의적 차이가 없었음.
- 모든 처리 후, 보관 6일까지는 양상추의 관능적인 품질이 잘 보존되는 것으로 나타남.
- 본 연구에서 최대 2.70 log CFU/g 미만의 저감화 효과가 나타났음.
- 대부분의 신선식품에 식중독균이 최대 102 CFU/cm² 이하로 존재하기 때문에, 본 실험의 연구 결과는 신선 식품에 존재하는 식중독 균을 저해하는데 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 판단됨.

4. 두부 충전수의 염도가 식중독세균 성장에 미치는 영향 파악

가. 염과 유기산에 따른 *B. cereus*의 성장 특성 분석

- 두부는 대두의 수용성 단백질을 응고시켜 제조됨.
- 두부의 응고는 단백질 분자간의 수소결합, 소수성회합, 이황화결합 등에 의해 이루어짐.
- 따라서 두부는 수분량이 높아 유통과정에서 오염되기 쉬움.
- 두부는 일반적으로 보존성 향상을 위해 소금 등을 침지액에 첨가하여 충전두부 형태로 유통됨.
- 따라서 두부에 포함되어있는 염이 식중독세균 성장에 미치는 영향을 측정하였음.
- 대상균주로는 *Bacillus cereus*를 선정하였음.
- 앞서 2차년도에 분리한 *B. cereus*와 표준균주를 비교하여 염도에 따른 성장곡선을 측정하였음.
- 염도에 따른 분리균주와 표준균주의 성장패턴을 비교하기 위해 각각 NaCl을 0.5, 1, 3, 5, 7, 9% 농도로 첨가한 TSB를 제조하였음.
- NaCl을 각각의 농도로 첨가한 TSB에 분리균주와 표준균주를 접종하여 ELISA reader를 이용해 1시간별로 TSB의 Optical density(OD)를 측정하였음.

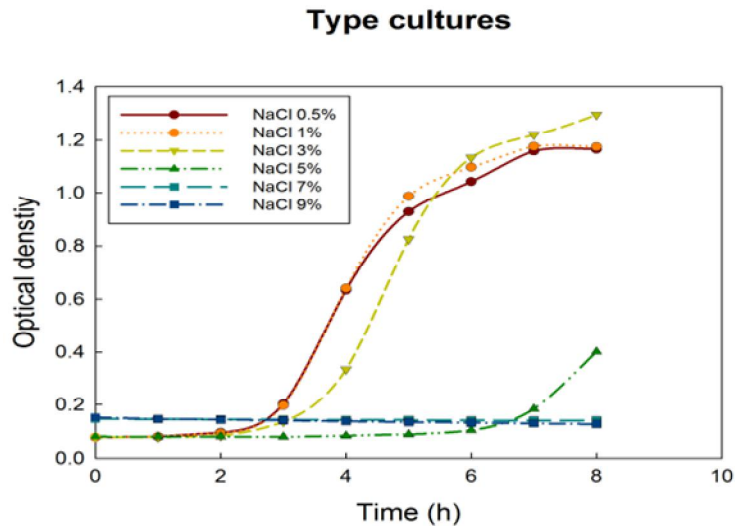


그림 7-12. NaCl 농도에 따른 *B. cereus* 표준균주의 성장 특성

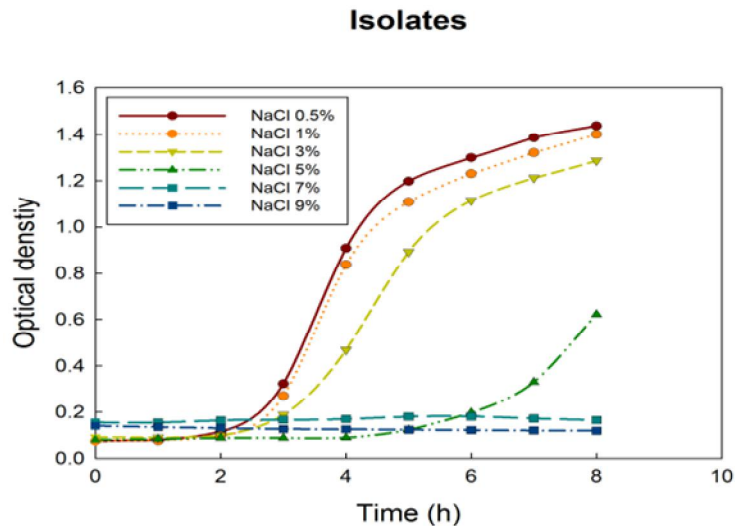


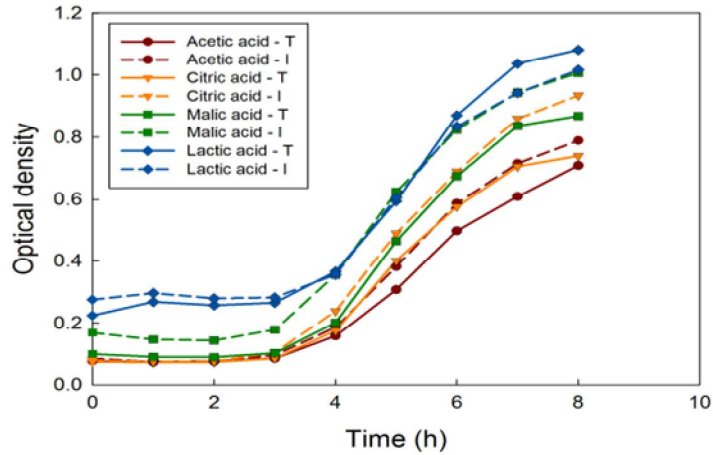
그림 7-13. NaCl 농도에 따른 *B. cereus* 분리균주의 성장 특성

- 그림 7-11, 7-11, 7-12는 염농도에 따른 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 성장특성을 비교함.
- 염농도가 증가할수록 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 성장을 효과적으로 저해하는 패턴을 보임.
- 염 농도가 5% 이상일 때 *B. cereus* 표준균주와 분리균주 모두 성장이 억제됨.
- *B. cereus*의 성장을 억제하기 위해서 염의 단독 처리했을 경우 높은 농도의 NaCl이 요구됨.
- 따라서 유기산과의 시너지 효과를 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 진행함.
- 유기산 단독 처리에 따른 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 성장패턴 변화를 관찰함.
- Acetic acid, citric acid, malic acid, lactic acid와 같은 4종의 유기산을 농도별로 처리하였

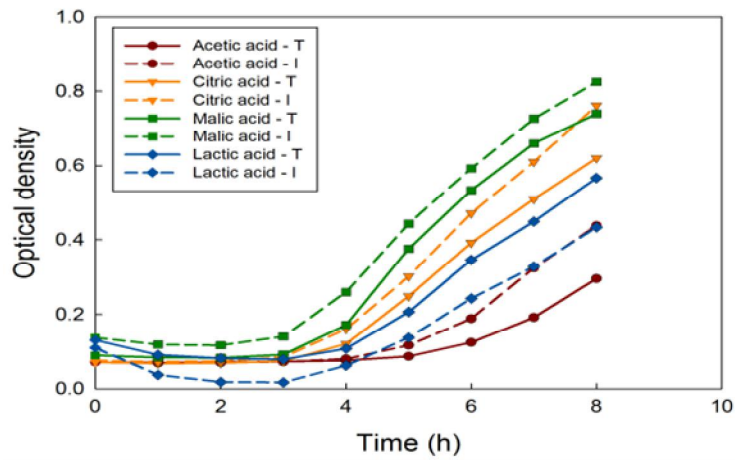
을 때 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 성장패턴 변화를 관찰함.

- 4종의 유기산은 각각 0.5, 1, 2, 3, 5%의 농도가 되도록 TSB에 첨가되어 실험에 사용되었음.
- 성장패턴 변화는 ELISA reader를 사용하여 1시간별로 OD값을 측정하였음.

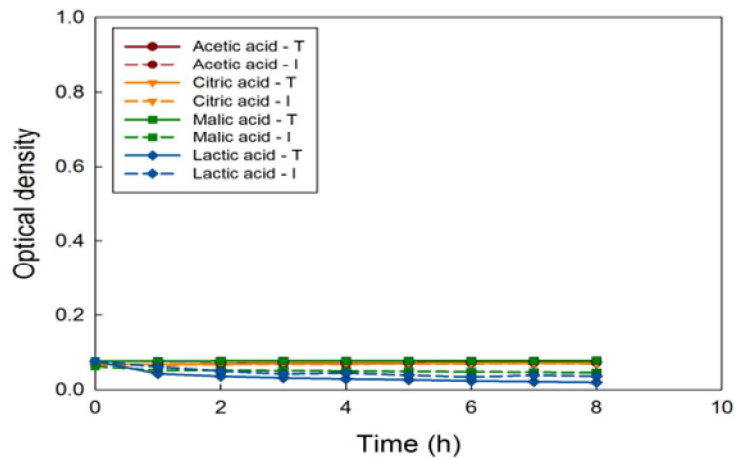
Organic acid (0.5%)



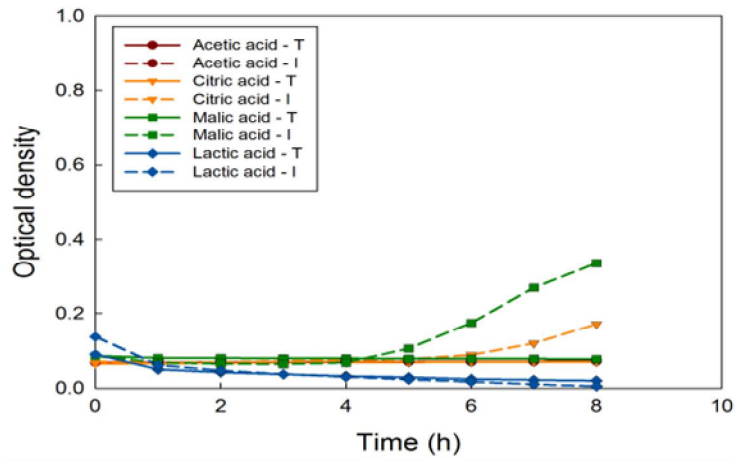
Organic acid (1%)



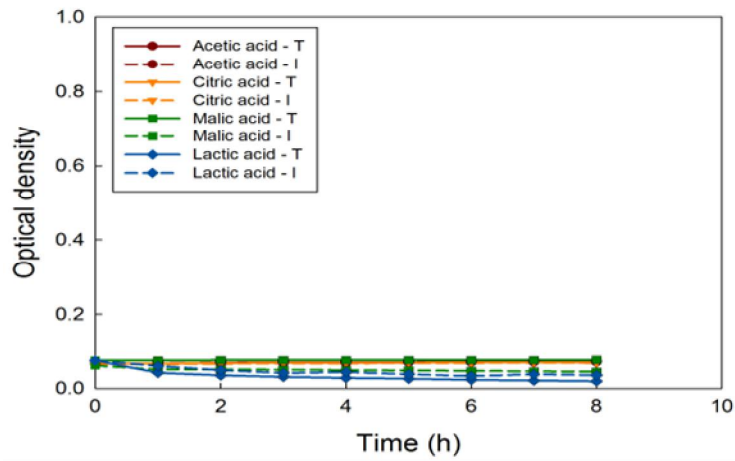
Organic acid (3%)



Organic acid (2%)



Organic acid (3%)



Organic acid (5%)

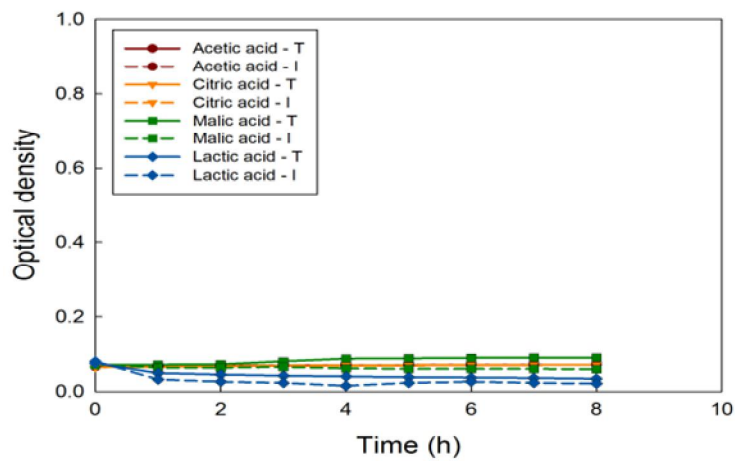


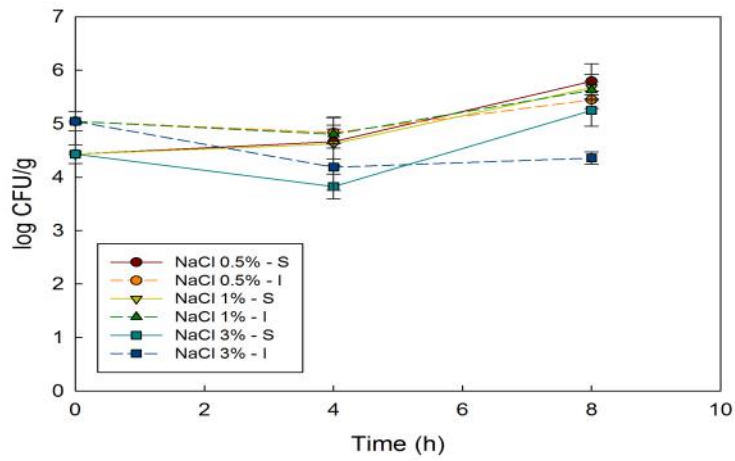
그림 7-14. 유기산 종류(acetic acid, citric acid, malic acid, lactic acid)와 농도(0.5, 1, 2, 3, 5%)에 따른 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 성장 특성. (T: Type culture; 표준균주, I: Isolated culture; 분리균주)

- 그림 7-14은 유기산 종류와 농도가 *B. cereus*의 성장에 미치는 영향을 나타낸 표임.
- 0.5% 유기산 조건에서 *B. cereus*는 많은 영향을 받지 않고 3시간 이후부터 균이 성장하는 양상을 보임.
- 성장 저해 효과는 acetic acid, citric acid, malic acid, lactic acid 순으로 높게 나타남.
- 1% 유기산 조건에서 *B. cereus* 표준균주와 분리균주는 0.5% 유기산을 처리하였을 때보다 적게 자랐지만 균이 성장하는 곡선을 보임.
- 또한, 1% 유기산 농도와 0.5% 유기산 농도조건에서 비슷한 성장 패턴을 보임.
- 2% 농도의 유기산 처리는 유기산 1% 조건보다 *B. cereus*의 성장 억제가 더욱 효과적임.
- *B. cereus* 표준균주의 경우 2% lactic acid를 처리하였을 때 균이 줄어드는 양상을 보였고, acetic acid, citric acid, malic acid 모두 *B. cereus* 성장이 억제되었음.
- 분리균주의 경우 lactic acid 처리시 균수가 감소되었으며, malic acid에서는 4시간까지 성장이 억제되고 4시간 30분 이후부터는 증가하는 양상을 보임.
- 또한 citric acid 처리시에도 배양 6시간까지 성장이 억제되고 6시간 30분 이후부터는 성장하는 패턴을 보임.
- Acetic acid의 경우 표준균주와 분리균주 모두 8시간까지 성장이 억제됨.
- 앞서 서술한 결과에 따르면, 2% 농도의 유기산 처리시 표준균주보다 분리균주의 내성이 강한 것을 확인할 수 있음.
- 유기산을 3, 5% 농도로 처리한 조건에서는 모든 종류의 유기산에서 *B. cereus*의 성장이 억제되었음.
- 본 실험의 결과로는 acetic acid와 lactic acid의 성장 억제 효과가 가장 높았지만, 자극적인 냄새로 인해 실제 두부 충전수에 사용하기에 어려움이 있어 citric acid와 malic acid를 선정하였음.
- 또한 유기산을 최소한의 농도로 처리하였을 때, 염과 복합처리시 성장 저해 효과 증폭 가능성 여부를 확인하기 위한 실험이 필요함.

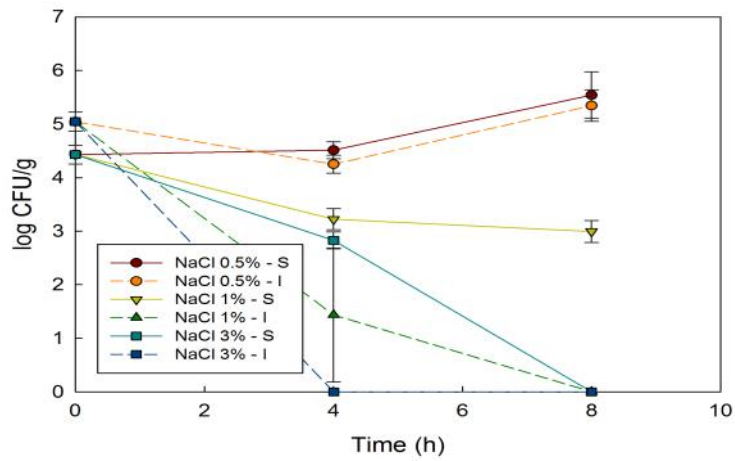
나. 염과 유기산 처리의 상승효과 검토 :Malic acid, Citric acid

- Citric acid와 malic acid를 각각 0.5%, 1%의 NaCl과 복합처리 하였을 때 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 저감화 효과를 측정함.
- 본 실험에는 두부에 염과 유기산을 첨가하여 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 저감화 특성을 측정하였음.
- 본 실험 재료인 두부는 서울 성북구 주변 대형 마트에서 구매하였음.
- *B. cereus* 표준 균주와 분리균주는 4-5 log CFU/g의 농도가 되도록 10g의 두부에 접종하여 사용하였음.
- 각각의 접종된 두부는 멸균백에 넣어 citric acid(0.5, 1%)에 각각 NaCl이 0.5, 1, 3% 포함되어 있는 증류수와 malic acid(0.5, 1%)에 각각 NaCl이 0.5, 1, 3% 포함되어 있는 증류수를 충전하여 37°C에서 8시간동안 배양하며 균수를 측정하였음.
- *B. cereus*는 MYP(Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar)를 사용하여 균수를 측정하였음.

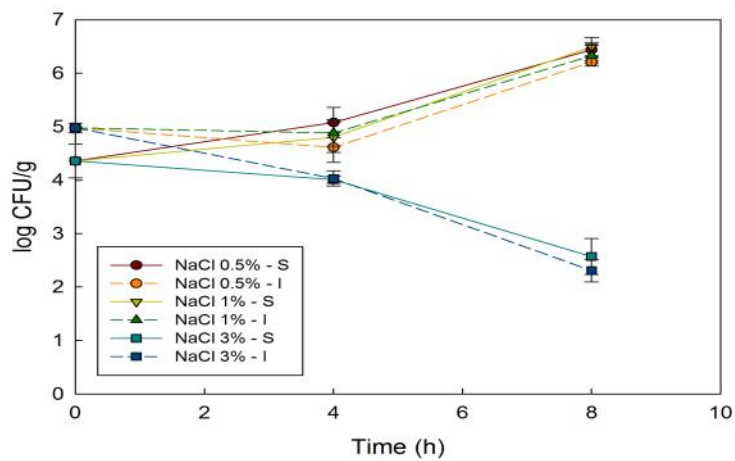
Citric acid 0.5%



Citric acid 1%



Malic acid 0.5%



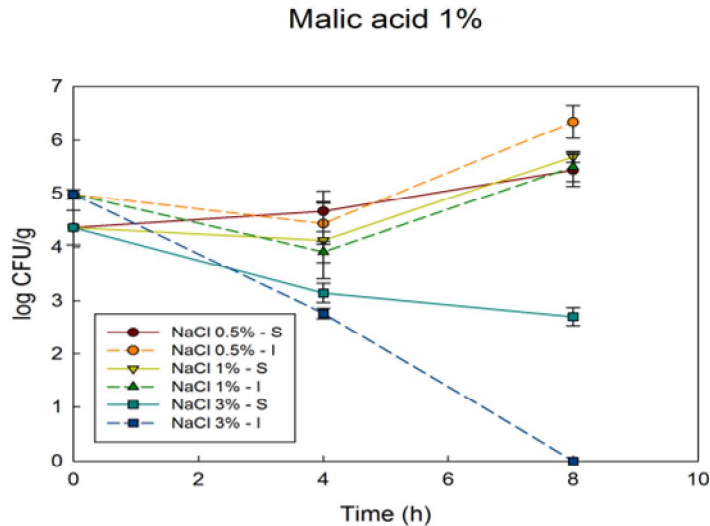


그림 7-15. 낮은 농도의 유기산(citric acid, malic acid)과 NaCl의 복합처리시 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 성장 패턴. (T: Type culture; 표준균주, I: Isolated culture; 분리균주)

- 그림 7-15는 0.5, 1%와 같은 낮은 농도의 유기산 처리와 NaCl의 복합처리시
- 시너지 효과를 측정하기 위해 다음의 실험을 진행함.
- Citric acid 0.5%에서는 NaCl 각각 0.5, 1, 3% 처리시 *B. cereus* 표준균주와 분리균주의 성장을 억제함.
- 이전의 단독 처리 결과와 비교하였을 때, 0.5% citric acid에서 *B. cereus* 표준균주와 분리균주는 모두 4시간부터 성장하였지만 NaCl과 병행처리시 성장이 억제 됨.
- 따라서 citric acid 0.5%와 NaCl 0.5%의 총진수는 *B. cereus*의 효과적인 성장 억제제로써 사용될 수 있음.
- Citric acid 1% 용액에서는 NaCl 1, 3%에서 *B. cereus*의 생균수가 감소됨.
- 또한, NaCl 1%에서는 표준균주보다 분리균주의 생균수가 8시간만에 모두 사멸됨.
- Citric acid 1% 단독 처리 결과와 비교하였을 때 NaCl 1% 이상의 첨가는 *B. cereus*의 살균제로써 사용될 수 있을 것으로 판단됨.
- Malic acid 0.5, 1%의 용액에서는 NaCl 3% 용액이상에서 *B. cereus*의 생균수를 감소시킴.
- 그러나 NaCl과 malic acid 복합처리시에 malic acid 단독처리시보다 균수가 느리게 증가하는 경향을 보임.
- 따라서 유기산(citric acid, malic acid)과 NaCl의 복합처리는 두부에 존재하는 *B. cereus*의 저감화에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 판단됨.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제 1 절 목표달성도

1. 신선식품의 수배송과정 중 품질유지를 위한 저 에너지 유통공정과 냉동기 없는 시스템 개발

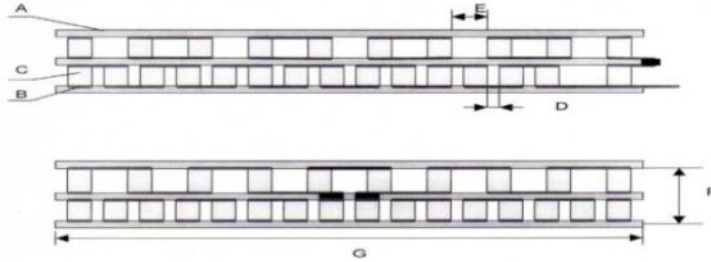
세부연구목표	달성도	연구개발 수행내용
에너지 지속형 잠열재 및 산지형 축냉 수배송 시스템 개발	100	<p>• 본 연구수행에서 개발한 에너지 지속형 잠열재의 잠열에너지 분석결과 0℃ 유지 PCM의 열 특성은 상변화 시작온도(Onset), 상변화 종료온도(Endset), 최대잠열 온도(Peak)가 각각 -5.97℃, 6.24℃, 1.75℃이며 엔탈피(ΔH)는 211.34 J/g이다. 5℃ 유지 PCM의 열 특성변화는 Onset -5.18℃, Endset 7.43 ℃, Peak 2.17 ℃, ΔH 231.43 J/g 이었으며, 10℃ 유지 PCM은 Onset -5.34℃, Endset 7.18℃, Peak 2.50℃ ΔH 213.84 J/g 로 측정되었음. 마이크로캡슐화 제조공정을 거쳐 300회 이상 재사용 후 표면 분석결과 캡슐 손상이 10% 이하로 분석되어 경제적인 냉각열 공급이 가능할 것으로 판단됨.</p> <p>• 열적특성과 과냉도 분석결과는 F-PCM 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 222.37 J/g, -280.13 J/g으로 측정었다. 이때 peak 온도는 -23.68℃, -1.46℃, 과냉도는 3.66℃, K-PCM 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 221.00 J/g, -239.51 J/g으로 측정되었다. 이때 peak 온도는 -24.67℃, 5.86℃로 측정되었음. 과냉도는 1.56℃로 측정되어 F-PCM보다 낮은 과냉도 값으로 분석되었음.</p> <p>• 에너지 지속형 잠열재를 구축하기 위해서는 물성안정이 매우 중요한 인자로 판단되었으며, 결과는 F-PCM 초기 조건에서 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 222.37 J/g, -280.13 J/g, 300 사이클 후에는 183.01 J/g, 231.57 J/g로 분석되었다. peak 온도는 초기조건에서 발열 및 흡열 시 각각 -23.68℃, -1.46℃, 300 사이클 후 -18.32℃, -1.88℃로 분석되었음.</p> <p>K-PCM 초기 조건에서 발열 및 흡열 시 잠열 에너지 값은 각각 221.00 J/g, -239.51 J/g, 300 사이클 후 208.45 J/g, 223.63 J/g으로 분석되었다. peak 온도는 초기조건에서 발열 및 흡열 시 각각 -24.67℃, 5.86℃, 300 사이클 후 -23.57℃, 5.89℃로 분석되었음.</p> <p>F-PCM , K-PCM 모두 사이클이 증가할수록 잠열 에너지 값이 감소하는 경향을 나타내었고, K-PCM은 peak 온</p>

	<p>도는 큰 차이가 없었으나 F-PCM은 300사이클 후 발열 peak 값이 낮아지는 것이 확인되었음.</p>
<p>Peltier effect 기반 에너지 지속형 수배송용 열전소자 선정 및 통합공정 개발</p>	<p>100</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peltier 냉각효과를 적용하기 위해 P-형 및 N-형 반도체로 구성된 Thermoelectric Module를 사용하였으며, 열량은 아래 식으로 계산하였음. $Q_p = C \cdot \Delta T$ $Q_c = \text{역류하는 열량 [WATT]}$ $C = \text{열전도계수 [WATT/°C]}$ $\Delta T = \text{접점온도차 [°C]}$ • 최대 냉각능력인 QP는 전류 I에 정비례하여 증가하는 반면 냉각효과를 방해하는 증열은 전류의 자승에 비례하여 증가한다는 이론을 기초로 Qn(max)값은 I가 0인 조건에서 다음과 같은 식으로 구하였음. $Q_{N(MAX)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{S^2 T_C^2}{R} - C \cdot \Delta T$ • 펠티어효과의 가열 능력은 열역학 제1법칙에 의하여 펠티어 가열기의 가열능력 QH는 냉각효과 QN와 이 효과를 일으키게 하기 위하여 가한 사용 에너지 QI를 합한 에너지량이 되도록 설계에 반영하였음. • 열전소자의 성적계수는 냉각효과 또는 가열효과를 규정하기 위하여 아래와 같이 정의 되는 성적계수 (Coefficient of Performance (COP))를 사용하였음. • 열전소자는 냉각용 열전소자를 선정하였으나 수배송 시스템의 냉각성능을 도출하려면 적은 소비전류로 설정온도에 도달하여야 하는 어려운 문제가 검토되었음. • 열전효율이 높고 열 전도성은 아주 낮은 소재를 사용한 열전소자를 택해야 하며, 성적계수가 높은 소재를 사용한 열전소자를 검토하였음. • 외기온도 30°C 이상의 고온에서 내부는 0°C까지 내려야 하는 즉, 높은 온도 차를 낼 수 있는 열전소자를 사용해야 함으로 2단의 열전소자를 사용을 검토하였음. • 열전소자에서 말하는 최대 성적계수와 최대 흡수열량, 최대 온도 차를 나타내는 성능지수 Z로 나타내는데 Z의 값이 높을 수록 이들 값이 상승하므로 Z의 값이 높은 소자를 검토하였음. • 따라서 모든 공정과 상용화 가능성을 검토한 결과 2HT-085-S로 사양을 검토한 결과 n-type : Bi₂ Te₂ Se의 합금, p-type : Bi₁ Sb₂ Te₂ Se의 합금으로서 Z=0.003 /°C 이상에 가까운 2단 열전소자를 제작한 2HT-085-S Model을 선정하였음.

THERMoeLECTRIC MODULES

Type	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm
2HT-085-(15.5-9.5-60)-62-83-S	1.0	0.65	2.15×2.15×1.8	1.55	2.9	9.2	62×62
2HT-095-(15.5-12-75)-62-83-S	1.0	0.65	2.25×2.25×1.3	1.45	2.8	8.2	62×62

A	B	C	D	E	F	G
Thickness of the ceramics plate	Thickness of the Cu-plate	Leg	Distance between the legs on the first stage	Distance between the legs on the second stage	Height of the module	Dimensions of the module



• 열전소자 적용 통합공정은 가열용 열전소자를 응용 다 단열전소자로서 가열을 하게 되면 가열 시 높은 열전소자 연결 접점이 온도로 인하여 단락이 되게 됨으로 단 단의 이 열전소자를 사용하였으며, 가열 시 - 로 대전된 쪽에서 열을 흡수하여 + 로 대전된 쪽으로 이동시킴으로 1 쪽에서 흡수하는 열량만큼 가열 효과가 높게 나타남으로 높은 에너지효율을 보이는 것으로 분석되었음. 그 결과 Tmax=220℃인 HT-15-15-S 라는 열전소자를 사하였음.

• 열전소자를 두 개를 직렬로 하여 24V를 인가하여 6A의 전류가 흘러 냉각장치로 제작한 2HT-085-S 3개를 직렬로 연결한 것과 유사한 전기소모를 나타내며 본 연구에서 수행한 통합 수배송 시스템을 구축하였음.

• HT-15-15-S 모델 사양

Overall Dimension, mm	40±0.1×40±0.1×6.5±0.1
Max. current, I _{max} =A	11.4
Max. voltage, V _{max} =V	24.75
Electrical resistance, R, Ohms	1.5±0.1
Max. cooling capacity, Q _{max} =W	173
Max. temp. diff., dT _{max} =℃	69 (Th=25℃)
Max. hot side temp., T _{max} =℃	220
Minimum figure of merit, Z, 1/K	0.00275
Parallel difference, mm	±0.05
Thickness tolerance, mm	±0.05
Wire length, mm, Gauge	150±10, 18AWG

<p>신선식품의 통합형 수배송 시스템 유통 환경 확립</p>	<p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 소고기의 택배 유통환경 모니터링 결과 평창에서 서울까지 기존 택배 방법으로 유통시 포장 2시간 후 내부 3.2℃, 외부 2.6℃까지 상승한 것은 택배 배송을 위해 냉동고에서 바로 포장하였기 때문으로 판단되며, 7시간 후 택배의 승하차가 이루어진 후 9~12시간까지 택배 분류작업 등으로 인하여 외부(1~2℃)에 있었던 것으로 추정됨. 배송 중 외부 온도는 1.6~3.1℃, 내부 온도는 0.8~2.2℃로 측정됨. • 내부 온도는 변화는 보관 2시간 이후 온도 상승은 택배 발송으로 인한 것으로 여겨지며, 6시간 이후 온도 상승은 택배 물류센터에서 승하차에 의한 것으로 9-12시간에는 3시간 가량 0.8~1.1℃ 사이에서 작업이 이루어진 것으로 판단됨. 수원에 배송될때 까지 내부 온도는 1.1~2.3℃로 측정되었음. • 외부 온도는 포장 후 2시간 동안 -4.4~-1.6℃의 온도로 측정되었고, 6.5시간 까지 0.1~-1.7℃를 유지하였으며 이는 냉장탑차 내부 온도일 것으로 여겨짐. 6.5~7시간, 9~12시간에서 영상의 온도를 나타내었는데 이는 택배 승하차 및 택배 물류분류에 의해 상온에 택배가 있었던 것으로 추정됨. 이후 온도 상승은 수원 배송지로 택배 배송중 온도가 올라간 것으로 보이며 내외부 온도에 큰 차이가 나지 않았음. • 기존 두부의 유통 환경 온도 모니터링 및 품질 분석은 두부는 [원당농협(제조)~양재하나로마트(도매처)~웰빙하우스석촌점(소매처)~소비자]까지의 유통단계로 이루어짐. 제조공장에서 도매처까지 샘플 온도는 0~5℃를 유지하였으며, 이동시간은 30분 내외로 이루어졌음. 도매처인 양재하나로마트 냉장보관창고에서 12 hr 동안 저장한 후 다음 유통과정이 이루어졌으며 도매처에서 소매처로의 유통 중 냉장차량 온도는 0℃인 것으로 측정되었음. 30분 내외로 유통시간 후 소매처인 웰빙하우스 석촌점 도착 쇼케이스에 1~3일 동안 보관하였음, 이때의 온도는 3~10℃의 온도를 유지하였고. 소매처~소비자까지 이동 중 샘플 온도 변화는 0~10℃를 유지하였으며, 외부의 온도가 15℃까지 상승하였으나 두부의 온도는 10℃를 넘지 않는 것으로 측정되었음. • 본 연구에서 개발된 수배송용기를 적용한 두부의 유통환경 모니터링은 결과는 전 두부 유통 구간 및 단계별에 걸쳐 내부, 샘플, 잠열재 모두 5℃ 내외 온도를 일정하게 유지하는 것으로 측정되었으며, 실험이 진행된 4일 동안은 두부의 품질에 변화는 일어나지 않았음.
-----------------------------------	------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • 소고기의 수배송시스템 온도모니터링 및 유통환경 중 품질분석 결과는 유통단계별 온도는 소고기의 택배유통은 [안성물류센터-하나로 웰빙하우스 석촌점-택배배송-연구원]의 단계로 이루어졌으며, 0-2일 동안은 안성 물류센터에서 지육상태로 보관 환경에서 측정되었음. 2일차 택배배송으로 하나로 웰빙하우스에 지육이 도착하였고 이후 소분작업을 진행 중 온도변화는 외부 온도가 15℃ 까지 상승하였고, 소분에 의해 샘플의 온도가 5℃ 까지 증가하였음. 소분·포장하여 냉장보관하면서 샘플 및 내부 온도가 0℃ 이하로 내려가는 것을 확인 할 수 있었으며, 하나로 웰빙하우스에서 연구원으로 택배를 이용하여 배송된 후 소고기는 일반냉장고에 저장되었으며, 이때 온도는 5-10℃ 사이를 유지하였음. • 수배송용기의 내부 및 샘플의 온도는 0℃ 이하를 유지하는 것을 확인 할 수 있었으며, 배송 후 소고기의 품질 평가는 0, 7일 2번 실시하였는데, 7일 후 일반 냉장고에 저장된 소고기의 경우 부패가 진행되었음. 반면 개발 수배송용기를 이용하여 저장한 소고기는 갈변 및 이취는 발생하였으나 미생물이 $4.64 \pm 0.05 \log \text{ cfu/g}$로 측정되어 일반 냉장고에 저장한 소고기보다 부패 진행속도가 지연되는 것으로 확인되었음. • 통합형 수배송 시스템 유통환경 확립을 위한 두부 품질분석 T1-EPS는 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플중심온도 모두 저장 후 계속적으로 증가하여 저장 1일 후 각각 19.6, 24.3, 20.4℃, T1-EPP는 저장 1일 후 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플 중심온도가 각각 22.1, 24.7, 22.5℃, T1-TEPP는 축전지로 온도 유지 가능 시간은 0.45시간으로 측정되었으며, 이때 잠열재 8.5, 수배송용기 내부 3.5, 샘플중심온도 3.7℃, 이후 EPS나 EPP 박스와 마찬가지로 온도는 상승하여 저장 1일 후 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플 중심온도는 각각 18.1, 22.9, 19.2℃, T2-EPS는 저장 1일 후 잠열재 16.1℃, 수배송용기 내부 21.8℃, 샘플중심온도 17.6℃, T2-EPP는 저장 1일 후 잠열재 16.5℃, 수배송용기 내부 21.8℃, 샘플 중심온도 18.6℃, T2-TEPPB의 축전지 온도 유지 가능시간은 0.45시간으로 이때 잠열재 4.0, 수배송용기 내부 6.0, 샘플중심온도 5.9℃, 이후 온도가 상승하여 저장 1일 후 잠열재 17.9℃, 수배송용기 내부 21.4℃, 샘플 중심온도 17.1℃, T2-TEPPA는 저장 1일 후 잠열재, 수배송용기 내부, 샘플중심온도가 각각 7.3, 5.6, 4.7℃, 저장기간 동
--	--

	<p>안 평균온도는 각각 8.0, 5.2, 5.7℃로 측정되어 AC 전원을 연결하여 수배송용기 내부 온도를 설정온도로 적절하게 유지되는 것을 확인하였음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 저장 중 pH는 T2-TEPPA는 저장 28일 후 5.95로 초기 값과 유사한 값을 나타내었으며 T2-TEPPA를 제외한 모든 대조구 및 처리구에서 저장 2일 이후 pH가 급격하게 떨어지는 경향을 나타내었음. 산도는 T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP 가 저장 초기 0.41에서 저장 4일 후 각각 0.80, 0.83, 0.85로 증가 T2-EPS, T2-EPP 및 T2-TEPPB는 저장 초기 0.45에서 저장 4일 후 각각 0.74, 0.85, 0.75로 증가하는 경향을 나타냄. • 저장 중 두부의 색도 변화는 저장기간이 경과할수록 두부의 L 값은 낮아지고 a 값, b 값은 증가하는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이를 나타내지는 않았음. 탁도 변화는 T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP의 저장 초기 탁도는 0.0426이며 저장 2일 후 각각 0.2090, 0.2908, 0.1567로 가장 높게 측정되었고 저장 4일 후엔 0.0700, 0.1300, 0.0900으로 값이 감소하였음. • 두부의 저장 중 총균수의 변화는 T1-TEPPA를 제외한 모든 처리구에서 저장 2일 후 미생물이 증식하였음. T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP는 저장 2일 후 각각 6.39 Log CFU/g, 7.03 Log CFU/g, 5.64 Log CFU/g 로 측정되어 대조구에 비해 T1-TEPP가 1 log cycle 정도 낮게 나타났다. T2-EPS, T2-EPP 및 T2-TEPPB는 저장 2일 후 각각 6.79 Log CFU/g, 5.95 Log CFU/g, 6.15 Log CFU/g 로 측정되었으며 T2-TEPPA는 저장기간 동안 총균수가 측정되지 않아 부패되지 않았음을 알 수 있었음. • 두부의 저장 중 관능평가는 T1-EPS, T1-EPP 및 T1-TEPP 기호도조사결과 저장 1일 전체적인 항목에서 T1-TEPP가 높은 평가를 얻은 것으로 나타났으며, 이후 저장기간 동안은 대조구와 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았음. T2-EPS, T2-EPP, T2-TEPPB 및 T2-TEPPA 기호도조사결과 저장 1일 두부 원관색을 제외한 5가지 평가항목에서 T2-TEPPB 와 T2-TEPPA가 유의적으로 높은 평가를 얻었으며, 저장 2일에는 6가지 평가항목 모두에서 T2-TEPPB 와 T2-TEPPA가 유의적으로 높은 평가를 나타내었음. • 5℃ 축냉수배송 시스템에서 유통 및 저장 모니터링을 위한 품질분석는 저장 초기 pH는 5.63, 저장 2일에 EPS
--	--

	<p>5.78, HM 5.45, TEPP-1 5.58, TEPP-2 5.58, EPS는 저장 3일에 5.85로 증가하였고, 저장 7일에 HM은 5.42로 감소하는 경향을 보였지만 TEPP-1는 5.66, TEPP-2는 5.94로 점차 증가하는 것으로 나타났음 VBN 저장 초기 7.20 mg%, 저장 2일에 EPS는 11.53 mg%로 크게 증가한 반면 HM, TEPP-1, TEPP-2는 각각 7.60, 7.90, 7.50 mg%으로 큰 변화를 보이지 않았음. EPS는 저장 3일 이후 부패로 인해 분석이 불가능 하였고, 저장 7일에 HM, TEPP-1은 각각 7.92, 8.39 mg%로 적은 증가율을 나타내었음. TBA 저장 초기 0.1940 mgMA/kg에서 EPS는 저장 1일에 0.4930, 3일에 1.4338 mgMA/kg으로 급격히 증가하는 경향을 보였고, 나머지 처리구는 저장 4일까지 0.4 mgMA/kg 이하의 TBA를 나타내었음. 하지만 저장 7일에 HM는 0.3893 mgMA/kg로 0.4 mgMA/kg 이하의 수치로 측정되었고, TEPP-1은 1.1681, TEPP-2는 1.7396 mgMA/kg으로 TEPP-2처리구의 TBA 변화가 가장 큰 것으로 나타났음.</p> <p>미생물 저장 초기 총균수는 3.47 log cfu/g로 측정되었고 저장기간이 지남에 따라 미생물 증식은 증가 하였고, EPS는 저장 2일에 7.03 log cfu/g로 증식하여 부패가 발생하였음을 알 수 있었음. 저장 4일에 HM, TEPP-1, TEPP-2는 각각 3.68, 4.08, 3.97 log cfu/g로 증식하였고, 저장 7일째 HM이 4.79 log cfu/g로 TEPP-1, TEPP-2(6.65, 7.62 log cfu/g)에 비해 유의적으로 적게 증식한 것으로 측정되었음. TEPP-2는 NVRQS(2013)의 권장기준인 총균수 7.0 log cfu/g은 초과하였으나 pH 기준 6.0, VBN 기준 20 mg%, TBA값 기준 4.0 mg MA/kg 보다 낮은 값을 보이고 있어 시료가 완전히 부패되지는 않았으나 식용으로 사용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단되었음.</p> <p>Drip loss 초기 0.64%에서 저장 2일에 EPS는 1.44%로 가장 큰 육즙손실을 나타내었고, 나머지 처리구는 0.65-0.75%로 손실이 적은 것으로 측정되었음. 저장 7일에 HM은 0.72%, TEPP-1은 0.87%로 큰 변화가 발생하지 않은 반면 TEPP-2는 1.78% 육즙 손실을 나타내었음.</p> <p>표면색의 변화는 L값은 41.94 value에서 EPS는 저장 3일에 37.83 value로 감소하는 경향을 나타내었으며. HM, TEPP-1는 저장 7일에 44.46, 42.97 value로 저장기간 동안 점차 증가하였고, TEPP-2는 저장 4일까지 증가하다가 7일에 40.16 value로 감소하는 것으로 측정되었음. a 값은 저장초기 28.10 value에서 모든 처리구에서 저장 기간이 지날</p>
--	---

	<p>수록 감소하는 경향을 보였고 EPS는 저장 3일째에 17.57 value로 나타나 소고기의 붉은 색이 크게 감소한 것으로 나타났음. 나머지 저장 시설 처리구들은 저장 7일에 HM은 26.30 value로 가장 적은 변화를 보였고, 그 다음으로 TEPP-1이 23.21 value로 측정되었음. TEPP-2는 16.30 value로 측정되어 소고기의 붉은색이 가장 크게 변화 된 것으로 보였고. b 값 또한 저장 초기 15.00 value에서 EPS는 저장 3일 10.09 value로 감소하였으며, 나머지 처리구는 저장 7일째 HM 15.10, TEPP-1 13.46, TEPP-2 12.19로 감소한 것으로 나타났음. 저장 기간 동안 소고기의 기호도 저장 3일 EPS 처리구는 모든 항목에서 2점 이하의 점수를 받아 상품성이 상실된 것을 알 수 있었음. 저장 4일째 HM, TEPP-1, TEPP-2 모두 6점 이상의 평가를 받았고, 저장 7일에 HM, TEPP-1은 각각 대부분의 항목에서 7점 이상의 평가를 받았지만 TEPP-2는 3점 이하의 평가를 받아 소고기가 부패되어 상품성이 상실된 것으로 판단되었음. HM 처리구는 저장 9일까지 모든 항목에서 7점 이상의 좋은 평가를 받은 반면 TEPP-1은 저장 9일부터 5점 이하의 평가를 받은 것으로 나타났음.</p> <p>• 2℃ 축냉수배송 시스템에서 유통 및 저장 모니터링을 위한 품질분석는 pH 저장 초기 pH는 5.25으로 측정되었고, 저장 2일에 EPS 5.51, HM 5.38, TEPP-1 5.40, TEPP-2 5.41로 모든 처리구가 증가하는 경향을 보였음. EPS는 저장 3일에 5.71로 증가하였고, 고기의 부패로 인해 더 이상 분석이 불가능하였음. 저장 7일에 HM은 5.33로 저장 2일 보다 약간 감소하는 경향을 보였고, TEPP-1은 5.51, TEPP-2는 5.70로 점차 증가하는 것으로 나타났음. 저장 9일째 HM은 5.34로 큰 변화 없이 유지하는 경향을 보인 반면, TEPP-1, TEPP-2는 각각 5.53, 5.71로 증가하는 것으로 나타났음. VBN 저장 초기 6.98 mg%로 측정되었고, 저장 기간이 지날수록 모든 처리구에서 점차 증가하는 경향을 보였고. 저장 2일에 EPS는 8.11 mg%로 가장 크게 증가하였으며, HM, TEPP-1, TEPP-2는 각각 7.16, 7.44, 7.37 mg%으로 측정되었음. EPS는 저장 3일 이후 부패로 인해 분석이 불가능 하였고, 저장 7일째 HM, TEPP-1(7.24, 7.72 mg%)은 적은 증가를 보인 반면 TEPP-2는 9.20 mg%로 가장 크게 증가하여 소고기의 부패가 진행 되고 있는 것으로 분석되었음. 저장 9일에 HM은 8.40mg%로 가장 적은 증가를 보였고, TEPP-1, 9.03 mg%, TEPP-2 11.45 mg%</p>
--	---

로 TEPP-2 처리구의 VBN 함량이 다른 처리구보다 높게 측정되어 가장 빨리 소고기의 부패가 발생하는 것으로 나타났다. VBN의 NVRQS(2013)의 기준은 20 mg%로 저장기간 동안 모든 처리구는 부패기준에 부합하지는 않았으나 식용으로 사용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단되었음.

TBA는 저장 초기 0.1350 mgMA/kg에서 EPS는 저장 1일에 0.5105, 3일에 1.6812 mgMA/kg으로 급격히 증가하는 경향을 보였고, 나머지 처리구는 저장 4일까지 0.4 mgMA/kg 이하의 TBA를 나타내었음. 저장 9일에 HM는 0.3761 mgMA/kg로 0.4 mgMA/kg 이하의 수치로 측정되었고, TEPP-1은 0.5339, TEPP-2는 1.1211 mgMA/kg으로 TEPP-2 TBA 변화가 가장 큰 것으로 나타났다.

미생물 초기 총균수는 1.55 log cfu/g로 측정되었고 저장기간이 지남에 따라 미생물 증식은 증가하였음. EPS는 저장 3일에 8.45 log cfu/g로 증식하여 부패가 발생하였음을 알 수 있었음. 저장 4일에 HM, TEPP-1은 각각 1.75, 1.85 log cfu/g로 큰 변화는 없었지만 TEPP-2는 3.67 log cfu/g로 가장 큰 증식을 보였고, 저장 7일째 HM이 3.34 log cfu/g로 TEPP-1, TEPP-2(4.62, 7.09 log cfu/g)에 비해 유의적으로 적게 증식한 것으로 측정되었음. 저장 9일에는 HM이 4.35 log cfu/g로 가장 적은 증식을 보였고, 다음으로 TEPP-1(5.92 log cfu/g), TEPP-2(7.71 log cfu/g) 순으로 나타났다.

Drip loss 초기 0.78%에서 저장 2일에 EPS는 1.45%로 가장 큰 육즙손실을 나타내었고, 나머지 처리구는 1.00~1.14%로 손실을 보였음. 저장 3일에 EPS구는 3.45%의 큰 육즙손실을 보였고 더 이상 분석이 불가능 하였고, 저장 4일째 HM, TEPP-1, TEPP-2 모두 1.02~1.16%의 손실을 보였음. 저장 9일에 HM은 1.24%, TEPP-1은 1.19%, TEPP-2는 1.68%로 T(라) 표면 색변화는 L값은 39.77 value에서 EPS는 저장 2일에 43.37 value로 증가하는 경향을 나타내었고 HM는 저장 4일째까지 45.01 value로 증가하였다가 저장 7일에 38.98 value로 감소 후 유지하는 경향을 보였으며, TEPP-1, TEPP-2는 저장 기간 동안 증가하는 것으로 측정되었음. a 값은 저장초기 32.60 value에서 모든 처리구에서 저장 기간이 지날수록 감소하는 경향을 보였음. EPS는 저장 3일째에 14.66 value로 나타나 소고기의 붉은 색이 크게 감소한 것으로 나타났다. 나머지 저장 시설 처리구들은 저장 7일에 HM은 26.29 value로 가장 적은 변화를 보였고,

		<p>그 다음으로 TEPP-1이 23.22 value로 측정되었음.</p> <p>관능평가는 저장 2일까지 EPS 처리구는 모든 항목에서 6점 이상의 평가를 받았지만 저장 3일에 모든 항목에서 2점 이하의 점수를 받아 상품성이 상실된 것을 알 수 있었음. 나머지는 처리구는 저장 4일까지 처리구간 차이를 보이지 않았고, 저장 7일에 HM, TEPP-1은 각각 대부분의 항목에서 6.5점 이상의 평가를 받았지만 TEPP-2는 4점 이하의 평가를 받아 부패 단계로 판단되었음. TEPP-1도 저장 9일부터 대부분의 항목에서 5점 이하의 평가를 받아 저장 7일까지 소고기의 신선도를 유지하는 것으로 나타났음.</p>
<p>잠열재, 산지 이동식 축냉 수배송 시스템 및 열전소자를 적용한 그린 공정 및 수배송 시스템 모델 확립 및 실용화</p>	<p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 공랭식 수배송시스템 성능평가로써 <ul style="list-style-type: none"> - 열전소자 단일공정을 적용한 저온수배송용기 내부 냉각도는 0℃ 유지를 위하여 -20℃로 설정한 10시간 후 2.75℃에 도달 한 후 온도가 다시 증가하기 시작하였다. 5℃로 설정하였을 때는 1시간 후 4.65℃, 10℃ 설정 시 1시간 후 9.90℃에 도달하였음. 저온 수배송용기 만으로는 5-10℃ 유지하는 가능하지만 0℃ 까지 유지하기는 어려운 것으로 측정되었음. - 열전소자 및 잠열재를 적용한 저온수배송용기 내부 냉각도는 -20℃ 설정하였을 때 50분 후 -0.89℃, 5℃ 설정 시 40분 후 4.82℃, 10℃ 설정 시 30분 후에 9.69℃에 도달하였음. 특히, 저온수배송용기 만으로는 0℃에 도달하지 못하였으나 잠열재를 적용하였을 때는 0℃ 이하의 온도로 내려가는 효과를 확인할 수 있었음. • 잠열재 없이 배터리를 이용하여 온도유지 실험을 진행한 결과, 내부 온도가 각 설정온도로 하강하는 시간은 10, 5, 0℃ 순서대로 100, 200, 240 min이 소요되었으며, 이후 배터리 유지 시간은 0℃ 20.4 hr, 5℃ 43.0 hr, 10℃ 54.5 hr로 측정되었음. • 잠열재 적용 시 배터리를 이용하여 온도유지 실험을 진행한 결과, 내부온도가 각 설정온도로 하강하는 시간은 10, 5, 0℃ 각각 100, 150, 220 min으로 잠열재 없을 때 보다 0, 5℃의 경우 더 빨리 하강하였으며 이후 배터리 유지 시간은 0, 5, 10℃ 각각 30.48, 35.76, 51.36 hr로 측정되었음. • 내부공기 강제순환 단위공정 실험결과, 각 위치별 풍속은 1.0, 1.5, 1.0, 0.5, 0.0, 0.5, 0.0, 0.0, 0.0 m/s로 측정되었으며, 하부에는 강제 순환 팬의 영향이 거의 없는 것으로 설정온도 값이 낮을수록 상중하의 온도편차가 크게 일어나는 것으로 분석되었음. • 기존 잠열재와 본 연구에서 개발된 잠열재 대조구 수배송

	<p>송용기 내부 평균온도측정결과, 시중 제품은 5℃에 도달하는 시간은 C-0℃, C-5℃는 1.7 hr, C-10℃는 1.5 hr가 소요, (주)FMS korea 제품은 F-0℃, F-5℃는 1.5 hr, F-10℃는 1.3 hr가 소요, 본 연구 시제품은 K-0℃, K-5℃, K-10℃ 모두 평균 5℃ 도달 시간이 1.3 hr로 측정되었음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 외부에서 -20℃에서 잠열재 동결 후 측정한 결과 본 연구원 개발 제품과 FMS 제품은 5℃ 도달 시간은 두 처리구 모두 1.0 hr이 소요되었고, 기존 제품을 사용하였을 때는 1.2 hr이 소요되었으며 5℃로 내부 온도를 설정하였으나 실제 내부 온도는 6.0~6.1℃에 도달한 후 더 이상 온도가 하강하지 않았음. • 매칭 네트워크는 시뮬레이션을 통해 계산한 인덕터와 balun을 이용하여 구성하였으며, 안테나의 출력 임피던스인 50Ω과 RFID칩의 입력 임피던스 66-199jΩ을 서로 맞추어 줌. 실험결과에서, 설계한 매칭 네트워크가 원하는 900MHz 근처에서 높은 S21과 낮은 S11의 특성을 나타내고 있음을 확인하였음. • 열전소자만을 이용하여 개발 수배송용기 내부의 온도를 유지한 결과 내부 온도는 평균 6.57℃로 측정되었으며, 평균온도로 하강하는데 소요되는 시간은 1.5 hr으로 측정되었음. • 잠열재만을 이용하여 내부 온도를 측정한 결과 온도측정 1.0 hr 후 13.2℃로 최저 온도를 기록하였으며, 이후 온도는 실온과 유사하게 상승하였음. 잠열재의 온도는 0.5 hr 후 10.5℃를 기록하여 온도가 가파르게 상승하는 것을 확인하였음. • 잠열재와 열전소자를 적용한 내부 온도는 평균 6.47℃로 열전소자만을 이용한 내부 온도와 큰 차이를 나타내지 않았으나, 내부 평균온도로 하강하는 시간은 0.7 hr으로 열전소자만을 이용하였을 때 보다 약 2배 빠르게 온도가 하강하는 것을 확인하였음. • 경제성 측정 결과는 일반 냉장고의 전력 및 요금은 4321 KWh, 413원, 열전소자만 사용한 경우 전력 및 요금은 6478 Kwh, 620원, 열전소자와 잠열재를 동시에 사용한 전력, 요금은 6803 Kwh, 652원으로 측정되었음. 이는 최적화된 구조설계 및 시스템 운영이 필요한 것으로 판단되었음. • 실용화 모델 구축을 위한 결과로 열전소자 적용 후 축전지 실험 측정 결과, 외부 평균온도 23.9℃, 측정 30분 후 장바구니 13.4℃, 캐리어 12.5℃로 측정되었으며, 최저온도
--	--

	<p>는 장바구니 10.1℃, 캐리어 10.4℃였고 축전지 유지 시간은 장바구니 5.0 hr, 캐리어 4.5 hr 으로 측정되었음.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 열전소자와 외부전원을 연결하여 72 hr 동안 축냉수배송 시스템의 온도 측정결과, 외부 평균 온도는 30.24℃, 장바구니 16.54℃, 캐리어 15.18℃로 측정되었으며, 최저온도는 외부 25.6℃, 장바구니 10.9℃, 캐리어 11.8℃로 나타났음. 최고온도는 외부 32.8℃, 장바구니 19.2℃, 캐리어 17.8℃로 측정되었음. 현장 실용화 장바구니 및 캐리어 축냉수배송 시스템은 외부온도에 의해 내부온도가 많은 영향을 받으며, 외부온도와 축냉 수배송 시스템 간의 온도차는 약 15℃로 확인되었음. • 잠열재의 자체냉각공정 후 온도 측정결과, 외부 온도의 평균온도는 24.7℃, 최저온도는 외부 23.7℃, 장바구니 10.8℃, 장바구니 열전소자 9.2℃, 장바구니 잠열재 11.7℃, 캐리어 12.4℃, 캐리어 열전소자 10.1℃, 캐리어 잠열재 13.3℃로 측정되었음. 장바구니는 약 15℃ 까지 온도가 낮아지는데 소요되는 시간이 0.8 hr, 캐리어는 0.3 hr 소요되었으며, 온도유지시간은 장바구니 5.0 hr, 캐리어 4.5 hr으로 분석되었음. • 잠열재의 외부냉각 후 온도변화 측정결과, 외부의 평균온도는 27.4℃, 최저온도는 장바구니 2.2℃, 장바구니 열전소자 -0.9℃, 장바구니 잠열재 -13.2℃, 캐리어 5.3℃, 캐리어 열전소자 5.7℃, 캐리어 잠열재 -16.1℃로 측정되었고, 최저온도 도달시간은 두 수배송시스템 모두 0.3 hr이 소요되었음. • 현장 실용화가 가능한 장바구니 수배송장치의 경우 자체 냉각 공정한 잠열재를 사용하였을 때 보다 내부온도가 낮아지는데 소요되는 시간이 0.5 hr 빨라졌으며, 최저온도가 자체 냉각공정을 사용하였을 때 보다 7~8℃ 가량 더 낮아진 것으로 확인되었음. 캐리어는 내부온도 유지시간은 장바구니 5.2 hr, 캐리어 4.8 hr로 측정되었으며, 자체 냉각공정을 사용하였을 때 보다 0.2~0.3 hr 온도유지 시간이 증가한 것으로 확인되어 외부 냉각 잠열재를 사용하는 것이 더 효과적인 것으로 나타났음.
--	--

2. 신선식품 수배송 중 위해요소 분석 및 저감화 공정기술 개발

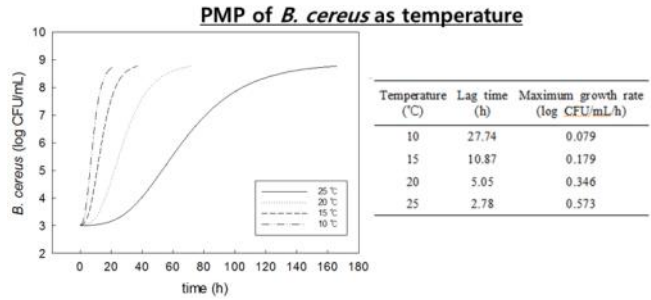
세부연구목표	달성도	연구개발 수행내용
<p>신선식품 유통시스템에서의 미생물 성장 특성 조사에 의한 집중 관리위해요소 도출</p>	<p>100</p>	<p>○ 쇠고기, 두부의 미생물 분석</p> <p>1. 쇠고기, 두부의 미생물 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초기 식중독균 설정 (<i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Salmonella</i> spp. <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Staphylococcus aureus</i>) - 식품공전 기준 장출혈성대장균(쇠고기: 음성, 원료용 분쇄육) 대장균군(두부: 전두부, 1g당 10이하) - 최종선발 미생물 (일반세균, <i>Listeria monocytogenes</i>, <i>Salmonella</i> spp. <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Staphylococcus aureus</i>, 대장균군(coliform), 대장균) <p>○ 유통온도 조건 및 유통기한 설정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 쇠고기는 일반세균이 6-7 log 수준일 때 초기 부패로 설정하였음 (이후 metagenome 분석) <div data-bbox="654 996 1204 1288" style="text-align: center;"> <p>10°C 저장</p> </div> <p>○ 유통시스템 투입 전후에 과정에 따른 일반세균 및 식중독세균 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 쇠고기는 10°C 저장기간 중 식중독세균이 검출되지 않았음(0, 5 day) - 두부는 10°C 저장기간 동안 식중독세균 및 일반세균이 검출되지 않았음(0, 5, 10, 25 day) <p>○ 유통전후의 metagenome 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> - 초기와 부패에 달한 후 시료 분석 - Pylosequencing에 의한 MCA 실시
<p>식중독세균 성장 특성 조사를 통한 중요 관리방안(조건) 설정</p>	<p>100</p>	<p>○ PMP (pathogen modeling program, USDA) 및 문헌 조사를 통한 식중독균의 성장 특성 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1차 연도 연구결과에 따른 신선식품에서 빈번하게 검출되는 부패세균 설정 <p>1. 두부</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>B. cereus</i>, <i>L. monocytogenes</i>, <i>S. aureus</i>, <i>S. Typhimurium</i>, <i>Clostridium</i> spp. <p>2. 쇠고기</p>

- ◆ *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Shigella sonnei*, *Salmonella* spp., *Pseudomonas* spp.,

● 신선식품 저장에 따른 온도별 PMP 분석

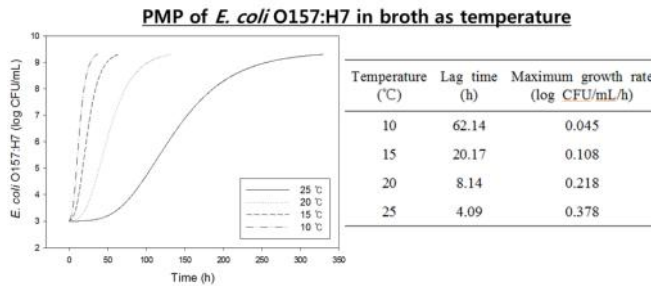
1. 두부

- ◆ 총 5 종의 두부 검출 부패미생물 중 가장 빈번한 부패세균인 *B. cereus*를 제시함



2. 쇠고기

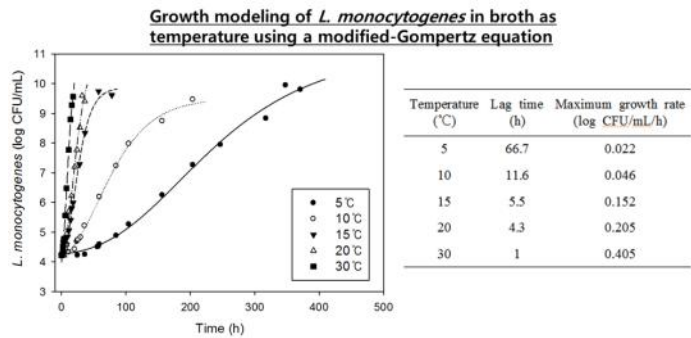
- ◆ 총 5 종의 쇠고기 검출 부패미생물 중 가장 위험도가 높은 부패세균인 *E. coli* O157:H7을 제시함



○ 두부에서의 식중독균 성장모델

: 실험 및 수학적 분석을 이용한 성장 특성 이해

1. *L. monocytogenes*의 온도별 성장 특성

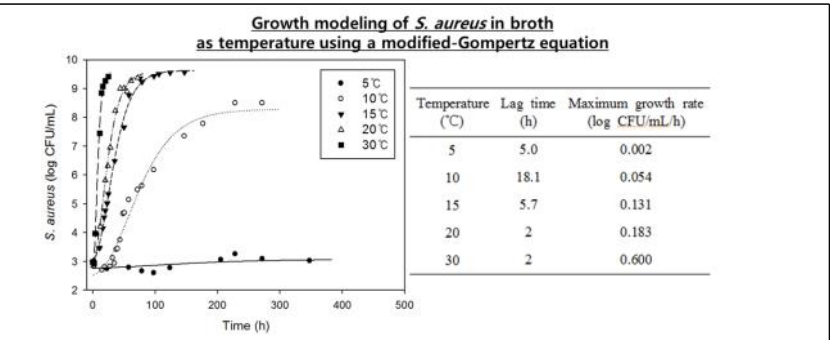


- ◆ *L. monocytogenes*는 냉장 조건에서 성장·증식함에 따라 두부를 포함하는 신선식품 생산 중 10 CFU/mL 미만의 충분한 제어가 요구됨.

2. *S. aureus*의 온도별 성장 특성

신선식품 수·배송중
저감화 공정기술 개발

100

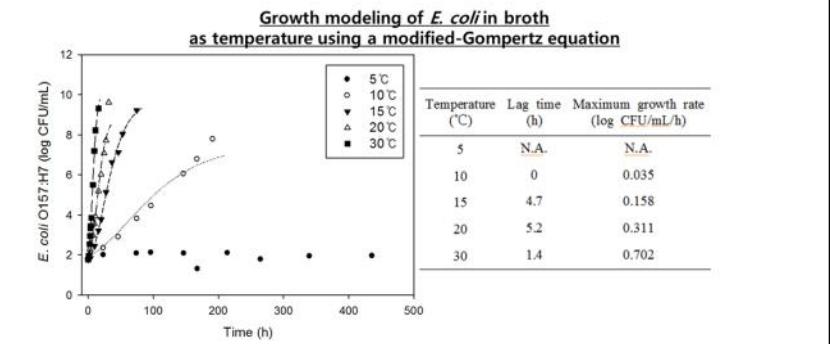


◆ *S. aureus*는 신선식품에 존재할 경우 섭취에 따라 식중독을 유발하나 5°C 미만에서 성장이 극히 느린 결과를 나타냄.

○ **최고기에서의 식중독균 성장모델**

: 실험 및 수학적 분석을 이용한 성장 특성 이해

1. ***E. coli* O157:H7의 온도별 성장 특성**



◆ *E. coli* O157:H7 5°C에서 성장 및 증식하지 못하는 것으로 나타났으나 10°C에서 성장 증식함에 따라 최고기 저장 간 엄격한 온도관리가 요구됨.

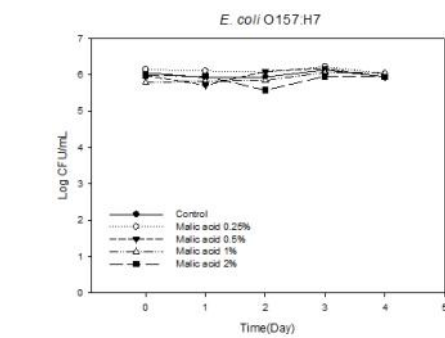
○ **유기산을 항균제로 활용한 식중독세균 저감화 기술 검토**

● Food model에서의 살균 특성 구명

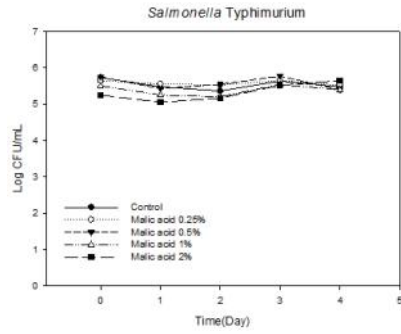
- 천연항균제인 유기산을 이용한 저감

1. 소고기

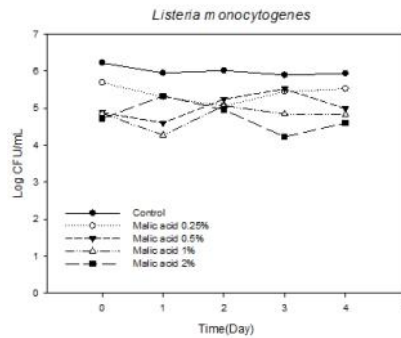
◆ *E. coli* O157:H7 에서의 malic acid의 살균특성을 제시함



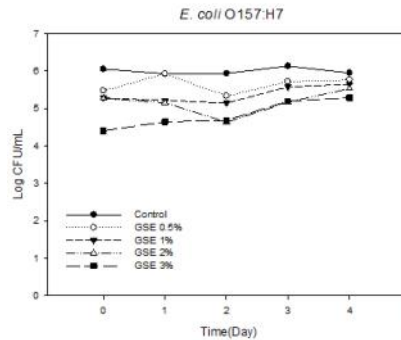
◆ *S. Typhimurium* 에서의 malic acid의 살균특성을 제시함



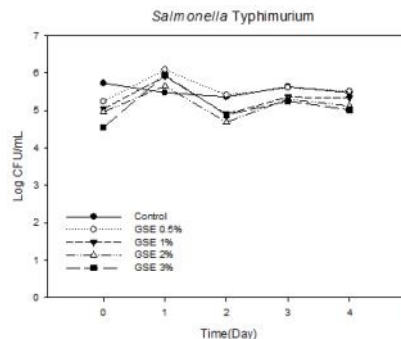
- ◆ *L. monocytogenes* 에서의 malic acid의 살균특성을 제시함



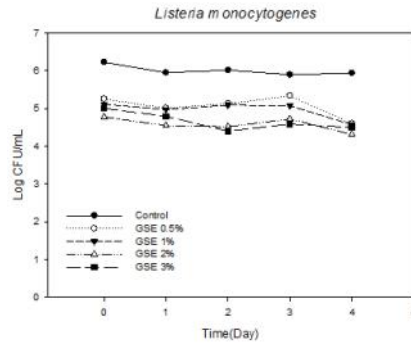
- ◆ *E. coli* O157:H7 에서의 자몽종자추출물의 살균특성을 제시함



- ◆ *S. Typhimurium* 에서의 자몽종자추출물의 살균특성을 제시함



- ◆ *L. monocytogenes* 에서의 자몽종자추출물의 살균특성을 제시함



☞ 소고기에서의 Malic acid와 자몽종자추출물 단독 처리의 살균효과는 고기의 지방질, 단백질 등의 영향으로 인해 크지 않아 다른 항균제와의 상승효과를 통한 제어가 요구됨.

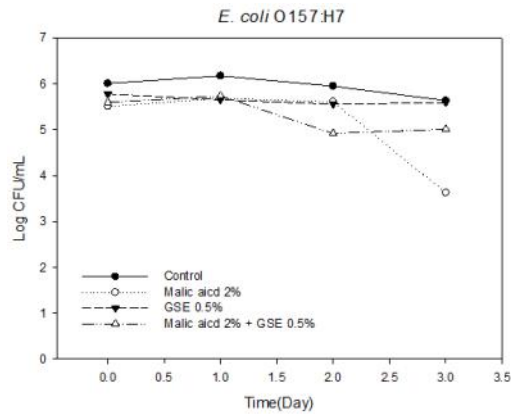
☞

● 기타 천연항균제와의 상승효과 가능성 검토

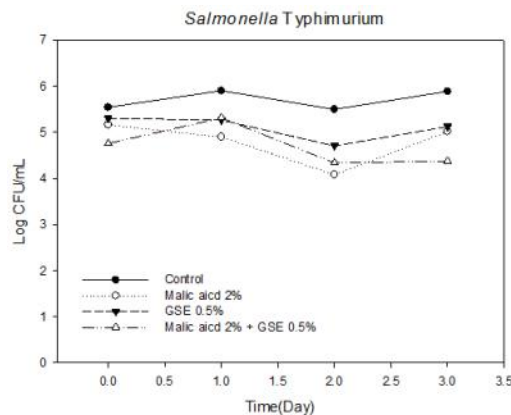
- Malic acid + Grapefruit seed extract

1. 소고기

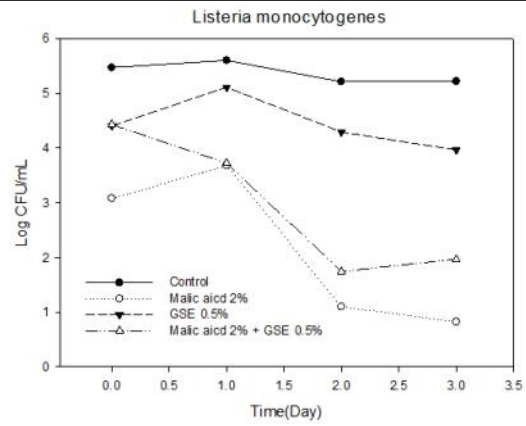
◆ *E. coli* O157:H7 에서의 malic acid와 자몽종자 추출물의 살균 상승 특성을 제시함



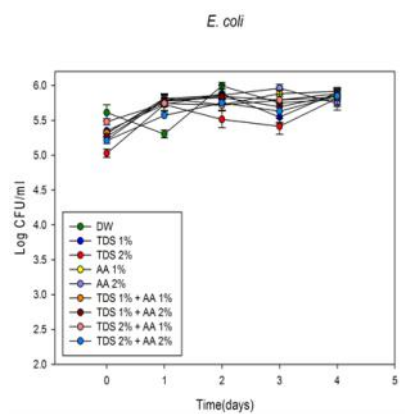
◆ *S. Typhimurium* 에서의 malic acid와 자몽종자 추출물의 살균 상승 특성을 제시함



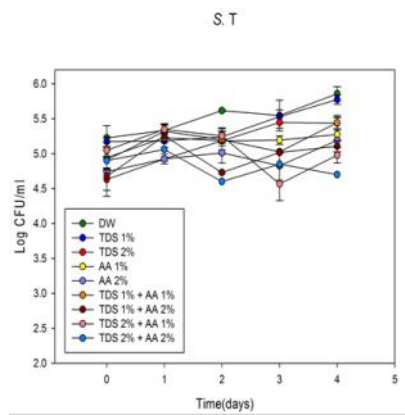
◆ *L. monocytogenes* 에서의 malic acid와 자몽종자 추출물의 살균 상승 특성을 제시함



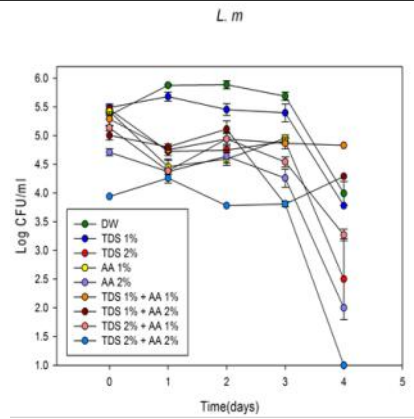
- ◆ *E. coli* O157:H7 에서의 TDS와 acetic acid의 살균효과를 제시함



- ◆ *S. Typhimurium* 에서의 TDS와 acetic acid의 살균효과를 제시함



- ◆ *L. monocytogenes* 에서의 TDS와 acetic acid의 살균효과를 제시함



☞ 소고기에서의 TDS와 acetic acid의 살균효과는 *Listeria monocytogenes*에서 가장 큰 것으로 나타났고, 단독처리한 것보다 TDS와 Acetic acid의 상승효과를 통한 제어가 효과적이었음.

제 2 절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 효과

- 잠열 에너지를 36hr 유지할 수 있는 수배송 온도대별 잠열재 제조방법 구현 및 잠열재 3종 개발 완료
- 저 에너지 형 잠열재 개발을 위한 300회 이상 재활용으로 저탄소 그린공정 실현
- 1L, 25L, 50L, 100L 등 다양한 유통이 가능하도록 수배송 시스템 설계 및 제작을 통한 현장 실용화가 가능하도록 최적화
- 전자 냉, 열 공급이 가능한 열전소자 개발로 식품 산업에서의 산지-도매지-소비지 안전 수배송 체계 가능
- Microbial community analysis 기술에 의한 미생물 관리위해요소 도출 기술 개발 완료
- 예측미생물학을 이용한 미생물위해요소 중요 관리방안(조건) 도출 기술 개발 완료
- 안전한 신선식품 공급을 위한 저감화 공정기술 개발 완료

2. 경제적 효과

- 신선편이식품 및 식자재의 일관 저온 유통·물류시스템을 구축함으로써 연간 25~35% 유통 손실과 폐기물 발생량 감소로 인한 산업적 비용 절감(신선편이식품 6,000억원 30%손실 →10% 감소로 1,200억원의 가치창출)
- 산지-유통-도매-유통-소비지-유통-소비자로 연관되는 수송·물류기능을 수행할 수 있는 종합적인 수송·물류 체계 구축
- 신선식품에 대한 소비자의 신뢰도 향상에 기여하고 고품질의 식품 및 식재료를 소비자에게 공급하여 국민 건강 증진 및 폐기물에 최소화에 따른 사회적 비용 절감
- 국내 전체 탄소배출량 중 에너지부문이 83%로 가장 높으며 신선식품 생산 에너지를 소비하는 과정에서 800만ton의 탄소 배출에서 수확, 가공, 유통 등 Farm to table 과정에서 250만 kL의 에너지가 사용되고 있어 이를 10% 저감화 가능
- 신선편이 농식품 연관사업 분야 신규 사업 창출과 기술 수출 사업화
- 신선식품 유통시스템에서의 식중독세균 모니터링, 미생물군집 분석 및 예측미생물학을 통한 성장특성규명을 통하여 안전한 식품을 유통할 수 있는 식품안전관리기술 확립으로 최종적으로 신선식품 및 유통관련 산업 발전에 기여

3. 과학적 효과

- 에너지 recycling 잠열재의 수확 후 산지원물 수송 및 수배송 시스템 실용화 기술 확보
- 에너지 recycling 축냉 수배송 시스템은 산지 잠열재 축냉 및 이동식 예냉 공정에 활용하기 위한 기술적 특허 출원 및 등록 완료
- 산지부터 소비지까지 이동식 수송 컨테이너 및 장치에 잠열재 충진을 통한 열전소자 삽입으로 냉열 제어에 활용 및 이를 적용한 신선식품 유통환경 확립
- 신선식품의 집중 관리위해 요소 도출 및 관리방안 도출 기술은 관련 산업에 적용 가능한

적용 방법 및 조건 구명

○ 신선식품의 수·배송 중 저감화 공정기술은 식품안전을 확보하기 위한 원천기술로 활용을 위한 소포장에 의한 오염방지 기술 공정관리 방법 확립 및 유기산 활용 및 두부 충전수를 활용한 미생물 제어기술 확립

○ 신선식품의 산지 수확-수송-산지유통센터-전처리-포장 소비지 유통까지 통합 수송/물류체계 개선, 활용하여 저 탄소 그린 수송 시스템 활용안 제시

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

1. 사업화지표

가. 특허출원

특허명	출원번호	출원국	출원일
삼온유통수배송 차량	10-2015-0130862	대한민국	2015.09.16
높은엔탈피를 갖는 잠열제조성물(0℃) 및 이의제조방법	10-2014-0154599	대한민국	2014.11.07
높은엔탈피를 갖는 잠열제조성물(10℃) 및 이의제조방법	10-2014-0154600	대한민국	2014.11.07
수배송용기 및 이를 이용한 유통방법	10-2015-0150603	대한민국	2015.10.29

나. 특허등록

특허명	등록번호	출원국	등록일
저장 수송용기의 온도조절방법	10-1608057	대한민국	2016.03.25
높은엔탈피를 갖는 잠열제조성물(0℃) 및 이의제조방법	10-1589907	대한민국	2016.01.25
높은엔탈피를 갖는 잠열제조성물(10℃) 및 이의제조방법	10-1589906	대한민국	2016.01.25
삼온 유통 수배송 차량	10-1682553	대한민국	2016.11.19

다. 기술이전

기술명	기술이전업체	유/무상	출원일
열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치기술	(주)FMS	유상	2016.02.22

라. 제품화

사업화명	제품명	제품출시일

2. 연구기반 지표

가. 논문게재

게재 연도	논문명	학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
2015	Synergistic Antimicrobial Effects of Organic Acids in Combination with Cavacrol Against <i>Shigella sonnei</i>	Journal of Food Safety	36(3)	국외	SCI
2016	Quality evaluations of bell pepper in cold system combined with TEM (thermoelectric materials) and PCM (phase change material)	Korean J. Food Preservation	23(4)	국내	비SCI
2016	Microbial Contamination of Tofu in Korea and Growth Characteristic of <i>Bacillus cereus</i> Isolates in Tofu	LWT-Food Science and Technology	78(1)	국외	SCI
2016	Effects of malic acid or/and grapefruit seed extract for the inactivation of common food pathogens on fresh-cut lettuce	Food Science and Biotechnology	25(6)	국내	SCI
2017	양상추에 인위접종된 <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium과 <i>Listeria monocytogenes</i> 에 대한 저온 플라즈마와 UV-C의 살균 효과	식품위생안전성학회	게재예정	국내	비SCI
2016	The antimicrobial effect of thiamine dilauryl sulfate in tofu inoculated with <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Bacillus cereus</i>	LWT-Food Science and Technology	투고	국외	SCI
2016	Combined effect of aerosolized malic acid and UV-C for the inactivation of <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, and <i>Listeria monocytogenes</i> on fresh-cut lettuce	Journal of Food Safety	투고	국외	SCI
2016	Comparing the growth pattern of <i>L. monocytogenes</i> isolates from beef and <i>L. monocytogenes</i> type culture artificially inoculated on raw beef	Food microbiology	투고	국외	SCI

나. 학술발표

논문명	학회명	연도	발표장소
Assessing Microbial Quality of Tofu in Korea, Identifying a Dominant Bacteria Contaminating Tofu, and Characterizing the Growth in Tofu	International association for food protection	2015	Portland
Assessment of microbial contamination of retail beef in Korea and prediction of its shelf-life at the refrigerated temperature using a modified-Gompertz model	International association for food protection	2015	Portland
Mathematical modeling of <i>Listeria monocytogenes</i> isolated from retail beef for predicting the microbiological shelf-life of beef under refrigerated condition	한국식품위생안전성학회	2015	서울
The antimicrobial effect of thiamine dilauryl sulfate in tofu inoculated with <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Bacillus cereus</i>	The international union of food science and technology	2016	Ireland
Combined effect of UV and aerosolized malic acid on the inactivation of <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, and <i>Listeria monocytogenes</i> on fresh lettuce	The international union of food science and technology	2016	Ireland
열전소자를 적용한 저온 유통시스템에서 저장 중 두부의 품질평가	한국식품저장유통학회	2014	목포
열전소자 적용 수배송 시스템을 이용한 소고기의 저장 중 품질변화특성	한국식품저장유통학회	2015	제주
열전소자 적용 수배송 시스템을 이용한 두부의 저장 중 품질변화특성	한국식품저장유통학회	2015	제주
플라즈마 적용 수배송 시스템을 이용한 소고기의 저장 중 품질평가	한국식품저장유통학회	2016	부산

다. 교육 및 컨설팅

교육 및 컨설팅 명	교육기간

라. 홍보전시

홍보유형	홍보제목	매체명	홍보일
중앙전문지	냉동기 대체 농산물 수배송장치개발	농민신문	2015.01.21
중앙전문지	유통환경 대응형 삼온 수배송 시스템 구축	유통식품	2015.08.27
중앙전문지	열전소자 적용 삼온수배송시스템 구축	농축환경신문	2015.09.03
중앙전문지	상변화 물질과 열전소자를 적용 삼온 수배송 시스템 구축	한국영농신문	2015.09.07

제 2 절 성과활용계획

○ 본 연구 결과를 통해 에너지 recycling 잠열재의 경우 수확 후 산지원물 및 APC 전처리 신선농산물, 신선식품을 수송·배송시 발생될 수 있는 품질저하 방지 및 손실에 대한 최소화에 활용을 추진하고 자함.

○ 신선식품의 선도 유지 및 품질관리를 위해서는 수확 후 일괄처리 공정과 시스템이 적용되어 수배송이 이루어져야 하며 이를 현장에 적합하게 적정기술을 이전하고 교육함으로써 신선편이 수배송 산업의 선진화에 기여함.

○ 식중독세균 및 metagenome 분석을 통한 미생물적 관리위해요소 도출하고 예측미생물학 도입으로 미생물의 중요 관리방안(조건)을 도출하여 신선식품의 집중 관리위해요소 도출 및 관리방안 도출 기술은 관련 산업에 적용하고자 함.

○ 소포장에 의한 오염방지 기술과 유기산과 두부 충전수를 활용한 미생물 제어기술을 이용하여 신선식품의 수·배송 중 미생물적 위해요소를 감소시킬 수 있는 공정기술을 사용해 식품 안전을 확보하기 위한 원천기술로 활용하고자 함.

○ 본 연구에서 발생된 정량적성과 및 정성적 성과를 신선식품의 산지 수확-수송-산지유통센터-전처리-포장 소비지 유통까지 통합 수송/물류체계 개선, 활용하여 저 탄소 그린 수송 시스템 실현하고자 1차 기술이전으로 완료하였으며, 향후 다양한 기업의 기술이전과 이를 활용하기 위한 직접 관련업체를 지속적으로 컨설팅 함으로써 기술의 실용화 완성도를 높이고자함.

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2014.11.07
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(5591)
 출원번호 10-2014-0154599 (접수번호 1-1-2014-1075647-65)
 출원인명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3)
 대리인성명 특허법인 총현(9-2010-100021-9)
 발명자성명 권기현 김병삼 김중훈 차환수 김지영 정진웅
 발명의명칭 높은 엔탈피를 갖는 잠열재 조성물(0℃) 및 이의 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2014.11.07
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(5592)
 출원번호 10-2014-0154600 (접수번호 1-1-2014-1075654-85)
 출원인명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3)
 대리인성명 특허법인 총현(9-2010-100021-9)
 발명자성명 권기현 김병삼 김중훈 차환수 김지영 정진웅
 발명의명칭 높은 엔탈피를 갖는 잠열재 조성물(10℃) 및 이의 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2015.09.16
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(6192)
 출원번호 10-2015-0130862 (접수번호 1-1-2015-0899732-53)
 출원인명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3)
 대리인성명 특허법인 총현(9-2010-100021-9)
 발명자성명 권기현 김병삼 김종훈 차환수 김지영 김소희
 발명의명칭 삼온 유통 수배송 차량

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 이전기가 : 특허, 실용신안은 12개월, 상표, 디자인은 6개월 이내

관인생략 출원번호통지서

출원일자 2015.10.29
 특기사항 심사청구(무) 공개신청(무) 참조번호(6259)
 출원번호 10-2015-0150603 (접수번호 1-1-2015-1050433-17)
 출원인명칭 한국식품연구원(3-1998-007755-3)
 대리인성명 특허법인 총현(9-2010-100021-9)
 발명자성명 권기현 김병삼 김종훈 차환수 김지영 김소희
 발명의명칭 수배송 용기 및 이를 이용한 유통방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 이전기가 : 특허, 실용신안은 12개월, 상표, 디자인은 6개월 이내

특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허 제 10-1589907 호
Patent Number

출원번호 제 10-2014-0154599 호
Application Number

출원일 2014년 11월 07일
Filing Date

등록일 2016년 01월 25일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention
높은 엔탈피를 갖는 잠열재 조성물(0 °C) 및 이의 제조방법

특허권자 Patentee
한국식품연구원(130122-0*****)
경기도 성남시 분당구 안양판교로1201번길 62 (백현동)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2016년 01월 25일



특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최동규

특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허 제 10-1589906 호
Patent Number

출원번호 제 10-2014-0154600 호
Application Number

출원일 2014년 11월 07일
Filing Date

등록일 2016년 01월 25일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention

높은 엔탈피를 갖는 잠열재 조성물(10 °C) 및 이의 제조방법

특허권자 Patentee

한국식품연구원(130122-0*****)

경기도 성남시 분당구 안양판교로1201번길 62 (백현동)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2016년 01월 25일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

특허증

CERTIFICATE OF PATENT

특허 제 10-1682553 호
Patent Number

출원번호 제 10-2015-0130862 호
Application Number

출원일 2015년 09월 16일
Filing Date

등록일 2016년 11월 29일
Registration Date



발명의 명칭 Title of the Invention

삼온 유통 수배송 차량

특허권자 Patentee

한국식품연구원(130122-*****)

경기도 성남시 분당구 안양관교로1201번길 62 (백현동)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2016년 11월 29일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최동규

특허증
CERTIFICATE OF PATENT



특허 제 10-1608057 호
Patent Number

출원번호 제 10-2013-0144430 호
Application Number

출원일 2013년 11월 26일
Filing Date

등록일 2016년 03월 25일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention
저장 수송 용기의 온도 조절 방법

특허권자 Patentee
한국식품연구원(130122-*****)
경기도 성남시 분당구 안양판교로1201번길 62 (백현동)

발명자 Inventor
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2016년 03월 25일

특허청장
COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

최 동 규

Quality evaluations of bell pepper in cold system combined with TEM (thermoelectric materials) and PCM (phase change material)

Jung-Min Sung, So-Hee Kim, Byeong-Sam Kim, Jong-Hoon Kim,
Ji-Young Kim, Ki-Hyun Kwon*

Smart Postharvest Technology Research Group, Korean Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea

PCM을 장착한 열전소자 냉각시스템의 저장 중 피망의 품질 평가

성정민 · 김소희 · 김병삼 · 김종훈 · 김지영 · 권기현*

한국식품연구원 스마트 유통시스템 연구단

Abstracts

For the distribution of fresh produce, the thermoelectric cooling system combined with thermo electric materials (TEM) and phase change material (PCM) was studied. The PCM used this study was produced by in-situ polymerization technology which referred microencapsulation of hydrocarbon (n-tetradecane and n-hexadecane). In this study, quality characteristics of bell peppers in thermoelectric cooling system combined with TEM and PCM were analyzed and control was placed in an EPS (expanded polystyrene) box. As a result of quality characteristics analysis, weight of bell peppers decreased and moisture content of bell peppers was 90.96~94.43% during storage. Vitamin C content of bell pepper decreased during storage and reduction ratio of control was higher than that of BPT-5 treatment (bell pepper in thermoelectric cooling system with PCM which is kept the temperature at 5°C). The result of color value, on 21 day, ΔE value of BPT-5 treatment was 5.05 while that of control was 41.8. On 21 day, total bacteria count of BPT-5 treated bell pepper shown less than that of control. In conclusion, it suggested that the thermoelectric cooling system combined with PCM improved quality of fresh produce during transportation and storage.

Key words : thermoelectric cooling system, phase change material, bell pepper, quality, vitamin C

서 론

국민생활 수준 향상과 더불어 저온 유통 시스템을 이용한 육류, 어패류, 신선편의 농산물 등의 물류량이 증가하고 있다. 저온 유통 시스템은 농산물의 품질과 신선도 및 안전성을 확보하여 신선도를 장기간 유지하기 위한 유통 시스템

거치는 과정에서 일정한 온도 유지 및 관리가 어렵고 이로 인하여 품질저하 및 입출고를 위한 인건비, 하역 및 상차시간 소요 등 과도한 비용이 발생하고 있다. 특히 농산물은 온도에 민감하여 유통과정 중 온도변동이 심하면 초기 품질을 유지하기가 어려워진다(2). 또한 생산여건 측면에서 다품종, 소량생산으로 산지에서 즉각 예냉 시설을 가동하기



Microbial contamination of tofu in Korea and growth characteristics of *Bacillus cereus* isolates in Tofu



Da-Young Lee^a, Ki-Hyun Kwon^b, Changhoon Chai^c, Se-Wook Oh^{a,*}

^a Department of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 02707, Republic of Korea

^b Korea Food Research Institute, Gyeonggi 13539, Republic of Korea

^c Division of Applied Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 July 2016

Received in revised form

24 November 2016

Accepted 27 November 2016

Available online 28 November 2016

Keywords:

Bacterial contamination

Tofu

Spoilage bacteria

Identification

Growth model

ABSTRACT

This study investigated the microbial contamination of commercial tofu from local supermarkets in Seoul, Korea. Growth modeling of *Bacillus cereus* isolated from spoiled tofu was used to determine the appropriate and temperature for safe storage of tofu. During the monitoring of 100 commercial tofu products, pathogenic bacteria (*B. cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., and enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 [EHEC]) were not detected. Aerobic bacteria were isolated from 32 of 100 tofu samples because of different sterilization and packaging methods. To isolate the dominant microorganism involved in tofu putrefaction, tofu was intentionally spoiled by storage at 30 °C for 24 h. After spoilage, the most abundant colonies were harvested and confirmed as *B. cereus* by analyzing their 16 S ribosomal RNA (rRNA) sequences and fatty acid compositions. To investigate growth properties on tofu, isolated *B. cereus* was cultured and inoculated on tofu. The growth of *B. cereus* at different storage temperatures (15 °C, 20 °C, 25 °C, and 30 °C) was analyzed. As a result, the appropriate storage time of tofu stored at 5 °C, 10 °C, and 15 °C was determined to be 9.99, 4.17, and 2.08 days, respectively.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Tofu, a popular soy-based food in East Asian countries, is an inexpensive source of high-quality protein (Pontecorvo & Bourne, 1978; Préstamo & Fontecha, 2007). Tofu contains approximately 6.0%–8.4% protein and 79%–87% water, and has a near-neutral pH (5.2–6.2) (Kovats, Doyle, & Tanaka, 1984). It has been reported that tofu is easily contaminated by microorganisms, even when stored in refrigerated conditions (Dotsom, Frank, & Cavaletto, 1977). Spoiled tofu has a sour taste and an unpleasant smell due to bacterial growth. Therefore, tofu is a perishable product with a very short shelf life compared to other soybean products. The preservation of tofu is influenced by environmental factors such as bacterial load, storage temperature, air composition, and manufacturing process (Angeles & Marth, 1971; Kang, Lee, & Oh, 1998). Prevention of microbial spoilage of tofu is considered an important research topic to ensure food safety (Diana, Maurice, Claudio, Luciana, & Elisabetta, 2013; Franca, Giovanna, Anita,

Biagio, & Sandra, 2016).

Estimation of growth characteristics by predictive models using mathematical equations can be used to estimate the growth, survival, and inactivation of microbes by using mathematical equations (Juneja et al., 2007; Rodríguez, Alcalá, Gimeno, & Cosano, 2000; Sant'Ana, Franco, & Schaffner, 2012). Primary models describe changes in microbial counts or other microbial responses with time. Sigmoidal models, such as modified Gompertz equations, and logistic and Baranyi models are widely used for fitting observed microbial growth data and predicting microbial growth rates (Gibson, Bratchell, & Roberts, 1988). Secondary models describe the responses of primary models to changes in environmental conditions such as temperature, pH, or water activity. Among these, temperature is the major factor affecting bacterial growth that is likely to show variation during food processing and storage (Hiroshi & Satoshi, 2005); therefore, a number of predictive models of bacterial growth in food have been developed to model the effect of temperature changes. Several studies have been reported for predictive models of *Bacillus cereus* growth in broth and foods (Heo, Lee, & Ha, 2009; Lanciotti, Sinigaglia, Gardini, Vannini, & Guerzoni, 2001; Sutherland, Aherne, & Beaumont, 1996; Ölmez &

* Corresponding author.

E-mail address: swoh@kookmin.ac.kr (S.-W. Oh).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.081>

0023-6438/© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Research Note

Effects of malic acid or/and grapefruit seed extract for the inactivation of common food pathogens on fresh-cut lettuce

Jin-Hee Kim, Ki-Hyun Kwon¹, and Se-Wook Oh*

Department of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 02707, Korea

¹Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 13539, Korea

Received September 6, 2016
Revised October 6, 2016
Accepted October 18, 2016
Published online December 31, 2016

*Corresponding Author
Tel: +82-2-910-8778
Fax: +82-2-910-8249
E-mail: swoh@kookmin.ac.kr

pISSN 1226-7708
eISSN 2092-6456

© KoSFBST and Springer 2016

Abstract This study investigated the antimicrobial activity of malic acid (MA), grapefruit seed extract (GSE), and combined (MA+GSE) treatment against *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut lettuce. The antimicrobial effects of 1% MA and 0.5% GSE alone and in combination (1% MA+0.5% GSE) were tested on artificially inoculated lettuce during storage at 5°C for 14 days. The maximum reductions of *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* were 4.96, 4.80, and 3.95 log CFU/g observed with MA+GSE during storage for 14 days, respectively. MA+GSE showed the greatest reduction against in *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes*. These results indicate that the combined treatment was more effective than MA and GSE alone treatment. Therefore, it suggests that MA + GSE could be used as an effective intervention method for improving microbiological safety of fresh-cut lettuce.

Keywords: malic acid, grapefruit seed extract, foodborne pathogens, lettuce, reduction

Introduction

Consumption of ready-to-eat vegetables has been increasing as consumers' demand for safe food that can maintain their health (1-3). These products are usually sealed in packages and stored at low temperatures. They can possess diverse pathogenic microorganisms, such as *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* (1,4-6).

Among foodborne pathogens, *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* are of high public health concern (2,7). These foodborne pathogens have been isolated from lettuce and cause severe cases of foodborne illnesses (1-3,8-11). Various sanitizers such as chlorine dioxide (ClO₂), hydrogen peroxide (H₂O₂), and ozonized water have been used for enhancing microbiological safety of fresh products (1,2). Chlorine-based sanitizers are most widely used in fresh produce industry. But the use of chlorine-based sanitizers is likely to produce toxic chemicals such as trihalomethanes formed with organic matter, considered as carcinogens (12). Therefore, there is a continuous demand from consumers for safe sanitizers such as natural sanitizers.

Organic acids are considered generally-recognized-as-safe (GRAS) products. Several organic acids have been used as sanitizers on vegetables (13-16). Among organic acids, malic acid (MA) has been found to be highly effective against *L. monocytogenes* compared to other organic acids (17). In addition, MA showed more reduction

activity against *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* than other organic acids (propionic, acetic, lactic, or citric acid) when applied on unwaxed apples at room temperature (22±2°C) (2).

Grapefruit seed extract (GSE) is also known as a natural antimicrobial. It possesses antimicrobial, antiviral, antifungal, and antiparasitic properties (18,19). In addition, GSE contains beneficial products such as catechins, epicatechin-3-O-gallate, epicatechin, and trimeric, dimeric, and tetrameric procyanidins (20). These properties of GSE have been attributed to the antioxidative activity of citrus flavonoids.

In a previous study, Poimenidou *et al.* (21) reported that combined treatment of commercial sanitizers with natural antimicrobials was more effective for pathogen reduction than the application of single treatments. Therefore, combination of natural antimicrobials, such as organic acids and GSE, could be effective in the reduction of foodborne pathogens. Hence, this study was performed to investigate the combined effect of natural antimicrobials (MA and GSE) for inactivation of *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* on fresh-cut lettuce.

Materials and Methods

Bacterial strains Strains of *E. coli* O157:H7 (ATCC 43895, ATCC 35150, and ATCC 43894), *S. Typhimurium* (ATCC 19585, ATCC 6994,

기 술 이 전 계 약 서

한국식품연구원(이하 “연구원”이라 한다)과 ㈜에프엠에스코리아(이하 “기업”이라 한다)는 “연구원”이 개발한 「열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치(이하 “기술”이라 한다)」을 “기업”이 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조(“기술”의 정의) ① 본 계약상의 “기술”이라 함은 열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치 기술을 말한다.

- 관련특허 : 열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치 기술(특허등록번호: 10-1389531)

제2조(실시권의 내용) ① “연구원”은 “기업”이 본 계약의 조건에 따라 대한민국 내에서 “기술”을 실시하는데 동의하며 “기업”에게 전용실시권을 설정한다. 단, 국외실시의 경우 본 계약 범위를 벗어난 것으로 하지만, “기업”이 국외에서 본 기술을 사용하여 사업을 하고자 요청할 경우는 “연구원”은 “기업”에게 우선적으로 기술을 실시하게 할 수 있다.

② 상기 제1항의 실시권은 “기술”을 이용하여 제품을 생산, 판매하는 권리를 말한다.

③ “기업”은 “연구원”의 사전 서면 동의 없이 제3자에게 동 실시권을 제공하거나 양도할 수 없다.

④ “기업”이 “기술”중 일부분을 정해진 기한 내에 실시하지 아니하는 경우 “연구원”은 “기업”에게 실시권의 포기 여부의 확답을 최고할 수 있고, 이에 대해 “기업”이 1개월 이내에 확답을 하지 아니하는 경우 “연구원”은 “기업”이 그 부분에 대한 실시권을 포기한 것으로 간주한다.

제3조(실시기간) 본 계약은 계약체결일로부터 5년을 유지하며, 필요시 재계약을 협의할 수 있다.

제4조(실시료) ① “기업”은 본 실시권에 대한 대가로서 실시료를 “연구원”에게 지급한다. 다만, 본 조항은 제2조 제4항에 의거 “기업”이 “기술”의 일부를 포기할 경우에도 계속 유효하다.

② “기업”은 본 기술실시권에 대한 대가로 금 일천만원정(₩10,000,000)을

한식연, 냉동기 대체 농산물 수배송장치 개발

에너지 재활용기술 적용...상품 저장성 향상 등 효과 높아

한국식품연구원 유통시스템연구단 권기현 박사 연구팀은 최근 '에너지 재활용기술을 적용한 차세대 친환경 농산물 수배송 시스템'을 개발했다고 밝혔다.

연구팀이 개발한 시스템은 많은 양의 열에너지를 축적하거나 저장된 에너지를 방출하는 물질인 이른바 '상변화 물질'을 농산물 수송이나 배송에 활용한 것이다. 이 시스템을 활용하면 기존의 냉장·냉동 탑차나 냉장 컨테이너 등 냉동기를 활용한 시스템보다 에너지 사용량을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

실제 연구팀이 택배형(25ℓ)과 단체급식용(300ℓ)으로 구분해 수배송 시스템을 현장 실험한 결과, 기존 냉동기를 활용한 수배송 시스템보다 30% 정도의 에너지 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 또 해당 기술을 활용했을 때 농산물의 저장성이 크게 늘어나는 효과도 있는 것으로 확인됐다. 딸기의 경우 기존 냉장 탑차 등과 비교해 온도 유지기간이 1.5일에서 10일까지 확대됐고, 짓무름 및 부패 발생시기도 기존 3일에서 12일로 늦춰졌다.

권기현 박사는 "이번 연구로 식품 유통과정에서 에너지 비용을 줄이고 온도 유지기간을 확보할 수 있게 돼, 앞으로 다양한 유통현장에 적용할 수 있을 것으로 기대한다"고 말했다.

한재희 기자 hanj@nongmin.com

[최종편집 : 2015-01-21]

© 농민신문 & nongmin.com. 무단 전재 및 재배포 금지

열전소자 적용 '심온 수배송 시스템' 구축

한식연, 유통비 절감과 안전한 농식품 공급에 최적

한국식품연구원은 박용관 스마트유통시스템연구단 권기현 박사는 상변화 물질과 열전소자를 활용한 열전소자 적용을 통해 기존 단일 온도 유통 시스템을 동시에 상온, 냉장, 냉동유통이 가능한 환경 대응형 심온 수배송 시스템 시제품을 구축했다.

스마트유통시스템연구단이 보유하고 있는 유통온도대별(0, 5, 10, 50℃) 상변화 물질과 열전소자를 융합하여 농식품 저장 및 유통 특성 맞춤형 온도대별 유지특성을 확인했다.

권기현에 따르면 기존 상변화 물질과 열전소자는 각각의 기능별 소재로 사용하였으나, 특히 열전소자의 특정



중 하나인 투입에너지에 비해 생산에 나가기 적은 것이 단점으로 이들 국부하기위해 상변화 물질을 융합한 기술이 국내외 최초로 적용하여 시제품을 제작했다고 밝혔다. 현재 관련 기술의 특허등록을 완료한 상태이며 열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치(특허 제 10-1389531 호)에 대한 기술이전 추진이 협의 중이다.

유통 환경 대응형 심온 수배송 시스템은 기존의 냉장/생동 운송차량은 유통 및 적재함에 관계없이 동일한 조건에서 수배송이 이루어져 효율적인 수배송이 어렵고 특히, 동일한 유통온도 및 농식품이 아닌 경우 수배송이 복잡하여 유통 및 물류비 증가와 품질저하를 가져올 수 있다.

하지만 본 연구에서 적용된 심온 상변화물질과 열전소자를 적용한 유통 환경 대응형 수배송 시스템은 동일한 적재면적을 가지고 큰을 다루고 통합하여 보온, 냉장, 냉동, 해동 등 다양한 공정적용한 장치로서 대량, 소량, 다양한 품목 등을 선별하여 수배송이 가능하다.

권기현 박사는 "국내 소비처의 주류는 온라인 택배 분야, 화고급식 일일유동분야, 대형마트 스포징 자가분류분야, 식품제조업 분야, 외식 및 조리 분야 등으로 구분하여 빠르게 성장하고 있다"며 "물류·유통 구조개선을 실현함으로써 유통비 절감, 안전한 농식품 공급 저에너지그린 정책 실현 등 유통과 저장 분야에 서 활용될 수 있을 것으로 판단된다"고 말했다. <백주현기자>

농축환경신문

2015. 9. 3 (목)

4p2

제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

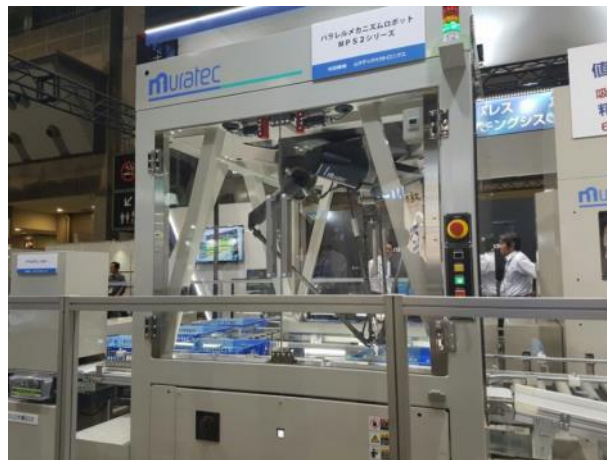
○ 2016년도 동경국제포장전

- 아시아 지역 최대 포장전시회로 포장재료, 기계, 인쇄포장재 가공기계, 식품 및 의약품 청정관련 장비, 검사, 측정 포장관련 기자재, 포장 디자인, 서비스, 유통, 물류 시스템 장비, 연구기관, 중국 및 대만관 등 국제관으로 구분되어 1관부터 6관 까지 관련제품 및 기업의 기술 발전도를 함께 알아 볼 수 있는 기회가 되었음.

○ Hi/S-tec Japan 2016

- 이번 전시회에선 ‘건강과 천연 및 기능성에 대한 새로운 제품’이란 주제에 걸맞게 천연음식재료, 유기농 제품, 식품첨가물, 코스 메슈티컬, 이를 생산하기 위한 S-TEC으로 생산 중 품질관리 모니터링, 기술분석, 생산환경 제어, 식품관련 제조관련 장비 등의 고도화된 시스템을 전시하였으며, 다양한 제품군들도 전시되었음.

- Muratec는 Teaching-less piece picking solution을 제공하는 업체로써 이송하고자 하는 대상물의 모양, 크기, 위치, 자세, 조각 중복 등을 빠르게 식별, 로봇과 이송대상의 위치관계를 최적의 궤적으로 연산 하여 수행하는 시현을 전시장에 선보였음. 의약품 및 식품 등 다양한 산업분야에서 파라 메카 시스템을 적용한 자동화 설비를 실현시키는 회사로써 고속 카메라와 순차제어 센서를 적용한 이송장치로써 기존의 흡입자국이나 상처 및 찍어짐을 최소화 하는 공정을 개선하였음.



< 무라타기계 >

- Teeoack는 충전공정과 포장공정을 한 단계공정으로 최소화함으로써 공정 손실개선과 생산성을 향상시켰으며, 설비 장치로 연속식 더블 챔버 방식으로 간단하게 연속식 생산이 가능하도록 하였음. 접촉방식은 열 실링 방식으로 향기를 중심으로 하는 차 종류의 향 분산도 제어할 수 있도록 공기압 공정이 추가되어 고도화 공정으로 특허가 출원 중.

- SEIKO ENGINEERING는 초단파(마이크로웨이브방식)을 활용하여 적은양의 전처리 식품을 제조하는 기술로써 건조 온도는 40℃로 유지하여 영양성분 손실을 최소화하면서 잔류 유용성분을 최대화 한 소량 다품종 고품질 신선식품 제조 시스템을 개발하였음.



< TEEPACK, SEIKO ENGINEERING >

- 동양자동지대기계에서 2구식 로터리 포장기를 활용 연속식 진공공정을 설명하였으며, 특히 액상도 가능한 것으로 다양한 포장기 가능하도록 하였음. 또한 고온의 원료 포장도 가능하여 방냉시간을 최소화한 설비를 제시 설명하였음.
- 대체가스액체주식회사의 경우 -196℃(액화질소)를 활용한 동결분쇄공정과 설비를 전시하였음. 애즉, 액화질소를 활용하여 상온에서도 수지와 식품을 “저온 분쇄 기술”을 할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 이는 우수품질 유지가 가능하며, 손실 최소화의 가공공정에 적합할 것임.



< 동양자동 지대기계, 액체가스주식회사 >

- 일통상사는 신선식품 물류 유통 및 PCM, PCM 제조장치 등을 소개하였음. 관련된 HybridICE 시스템은 화학제가 첨가물로 전혀 포함되는 않는 순수 물과 소금으로 제조하는 시스템으로 고선도 유지 생선물류조건은 100% Snow로 제조하여 -1℃로 유지 얼림 대신에 활용하는 것이 바람직함. 초선도 유지 공정으로 80% Slurry(-21.3℃, 23.5%)의 조건으로 제조하여 실험한 결과를 현장에서 보여줌. 또한 선어 초기 냉동용으로 40% Slurry(-1℃, 1%)을 제조하여 초기 선도를 유지하면서 물류 유통이 가능하다고 설명하였음. 이는 국내에서 산업용으로 활용할 수 있고 특히, 물류 수송 중 발생하는 품질손실을 개선할 수 있음. 현재 일본 자체 특허 출원 중.



< 일통상사 >

○ 2016년도 IUFoST

- 관련 분야의 최근정보를 수집하고 포스터를 발표하여 식품의 유통기한 연장을 위한 정보를 교환함. 출장기간동안 참석한 학회 내용가운데에서도 다음의 포스터들은 중요한 시사점을 남기는 것으로 판단됨.
- L. K. Dygico 등에 따르면 Cell-free supernatants를 활용하면 mushroom에서의 *L. monocytogenes*의 biofilm 제어가 가능함. Shoukni He 등에 따르면 *Salmonella*의 에탄올 적응 시간에 따른 제어 가능 정도를 비교함. D. Holliday 등에 따르면 black seed oil을 사용해 유통기한을 연장시킨 결과를 발표하여 식품의 품질을 유지 가능한 물질에 대한 정보를 얻음. Ali Mohamadi Sani 등은 food system과 packaging에 도움을 줄 수 있는 essential oil과 zinc oxide nanoparticle의 효과를 측정함. Yangjin Jung 등은 교차오염을 예방하기 위한 살균제에 대한 연구를 발표함. 이외에도 유통기한 연장을 위한 다양한 연구들이 발표되었음. 이번 국제 학술대회에서 다양한 포스터들의 정보를 접함으로써 식품의 품질 유지를 위한 연구진행방향을 구체적으로 조감케 하였음.

The antimicrobial effect of thiamine diluryl sulfate in tofu inoculated with *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Bacillus cereus*

Boonjung Kim, Eun Young Park, Ki Hyun Park, and So Won Kim
Department of Food and Nutrition, Kyungpook National University, South Korea
Home Food Research Institute, South Korea

ABSTRACT
Thiamine diluryl sulfate (TDS), a novel UV-irradiated, is a heat labile that is used as a preservative against spoilage in a wide range of food products. The study was conducted to evaluate the antimicrobial effect of TDS on the bacterial strains *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Bacillus cereus*. The growth rates were measured with 10% of each microorganism in a natural soy. Each concentration of TDS (0.1, 0.5, 1 and 5%) was added to the soy. TDS was added at 0 and 10 °C for 5 days. The minimum inhibitory concentration (MIC) of TDS was determined by the 2-fold dilution method. MICs of TDS against *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes* and *B. cereus* were 0.1, 0.5, 0.5, and 1 mg TDS, respectively. At 0.1, 0.5, and 1 mg TDS, respectively, 100% of the strains were inhibited in 5 days. TDS was effective against the growth of the strains. Inoculation of a strain of *B. cereus* in soybean was also tested. TDS was effective against the growth of *B. cereus* in soybean. The study was conducted to evaluate the antimicrobial effect of TDS on the bacterial strains *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Bacillus cereus*.

OBJECTIVE
To measure the antimicrobial effect of TDS on *Escherichia coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes* and *B. cereus*.

MATERIALS AND METHODS
Microbial strains
• *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 35297) strain
• *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028) strain
• *Listeria monocytogenes* (ATCC 49619) strain
• *Bacillus cereus* (ATCC 10774) strain
• Natural soybean was used as a control in this study.
• Each soybean was sterilized at 121°C for 15 min.

Preparation of TDS
• 100 mg of TDS was added to 100 ml of soybean.
• The TDS was added at 0 and 10 °C for 5 days.

Antimicrobial activity
• Growth curves were determined by measuring the optical density (OD) at 600 nm.
• The MIC was determined by the 2-fold dilution method.

Statistical analysis
• The data were analyzed by one-way ANOVA.

CONCLUSION
• TDS was effective against the growth of *Escherichia coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes* and *B. cereus* in soybean.

REFERENCES
• Kim, B. J., Park, E. Y., Park, K. H., and Kim, S. W. (2015). Antimicrobial effect of thiamine diluryl sulfate on *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Bacillus cereus* in soybean. *Journal of Food Safety and Nutrition*, 18(1), 1-10.

Combined effect of malic acid and grapefruit seed extract treatments on the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce

Jinhee Kim, Sun Jung, Ki Hyun Park, and So Won Kim
Department of Food and Nutrition, Kyungpook National University, South Korea
Home Food Research Institute, South Korea

ABSTRACT
The study was conducted to evaluate the antimicrobial effect of malic acid (MA) and grapefruit seed extract (GSE) on the bacterial strains *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce. The antimicrobial effect of MA and GSE was determined by the 2-fold dilution method. MICs of MA and GSE against *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* were 0.1, 0.5, and 1 mg MA and 0.1, 0.5, and 1 mg GSE, respectively. At 0.1, 0.5, and 1 mg MA and 0.1, 0.5, and 1 mg GSE, respectively, 100% of the strains were inhibited in 5 days. MA and GSE were effective against the growth of the strains. The study was conducted to evaluate the antimicrobial effect of MA and GSE on the bacterial strains *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce.

OBJECTIVE
To measure the antimicrobial effect of MA and GSE on *Escherichia coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* on fresh lettuce.

MATERIALS AND METHODS
Microbial strains
• *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 35297) strain
• *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028) strain
• *Listeria monocytogenes* (ATCC 49619) strain

Preparation of MA and GSE
• 0.1, 0.5, and 1 mg of MA and GSE were added to 100 ml of lettuce.

Antimicrobial activity
• Growth curves were determined by measuring the optical density (OD) at 600 nm.
• The MIC was determined by the 2-fold dilution method.

Statistical analysis
• The data were analyzed by one-way ANOVA.

CONCLUSION
• MA and GSE were effective against the growth of *Escherichia coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* on fresh lettuce.

REFERENCES
• Kim, J., Kim, S. J., Park, K. H., and Kim, S. W. (2015). Combined effect of malic acid and grapefruit seed extract treatments on the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce. *Journal of Food Safety and Nutrition*, 18(1), 1-10.

Combined effect of UV and neutralized malic acid on the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce

Jinhee Kim, Sun Jung, Ki Hyun Park, and So Won Kim
Department of Food and Nutrition, Kyungpook National University, South Korea
Home Food Research Institute, South Korea

ABSTRACT
The purpose of this study was to evaluate the antimicrobial effect of UV and neutralized malic acid (NMA) on the bacterial strains *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce. The antimicrobial effect of UV and NMA was determined by the 2-fold dilution method. MICs of UV and NMA against *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* were 0.1, 0.5, and 1 mg NMA, respectively. At 0.1, 0.5, and 1 mg NMA, respectively, 100% of the strains were inhibited in 5 days. UV and NMA were effective against the growth of the strains. The study was conducted to evaluate the antimicrobial effect of UV and NMA on the bacterial strains *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce.

OBJECTIVE
To measure the antimicrobial effect of UV and NMA on *Escherichia coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* on fresh lettuce.

MATERIALS AND METHODS
Microbial strains
• *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 35297) strain
• *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028) strain
• *Listeria monocytogenes* (ATCC 49619) strain

Preparation of UV and NMA
• 0.1, 0.5, and 1 mg of NMA were added to 100 ml of lettuce.

Antimicrobial activity
• Growth curves were determined by measuring the optical density (OD) at 600 nm.
• The MIC was determined by the 2-fold dilution method.

Statistical analysis
• The data were analyzed by one-way ANOVA.

CONCLUSION
• UV and NMA were effective against the growth of *Escherichia coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, and *L. monocytogenes* on fresh lettuce.

REFERENCES
• Kim, J., Kim, S. J., Park, K. H., and Kim, S. W. (2015). Combined effect of UV and neutralized malic acid on the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce. *Journal of Food Safety and Nutrition*, 18(1), 1-10.

< 학회 발표 내용 >

제 7 장 연구개발결과의 보안등급

7. 연구개발결과의 보안등급

코드번호	D-09
○	

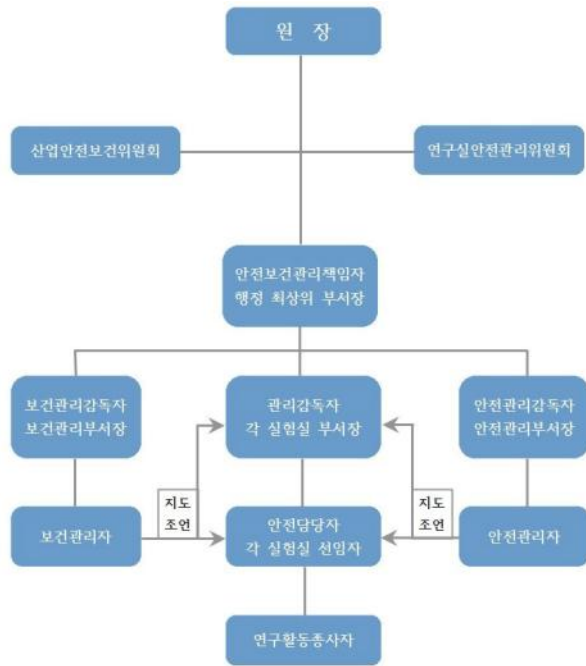
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		D-10	
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행 실적

코드번호 D-11

가. 연구실 안전 담당부서 : 총무실 안전팀
 나. 안전보건관리 조직도



다. 안전점검

- 일일점검 실시 : 실험실 안전순찰 2회/일 실시
- 자체안전점검 실시 : 매월 4일 실험실별 자체점검 실시
- 정기안전점검 실시 : 매월 2회 한국안전기술연구원과 합동으로 안전점검 실시
- 특별안전점검 실시 : 동·하절기 및 해빙기 특별안전점검 실시
- 정밀안전진단 실시 : 2년 주기 외부 전문기관 위탁 정밀안전진단 실시

라. 안전교육

- 신규직원 안전교육 : 신규직원 채용시 안전교육 실시
- 맞춤형 안전교육 : 실험실 위험지역별 맞춤형 안전교육 년 4회 실시
- 관리감독자 안전교육 : 안전관리감독자 및 안전관리자 외부전문기관 교육 이수
- 특별안전교육 : 특별한 사항 발생시 유형별 특별안전교육 실시

마. 연구활동종사자 건강검진 실시

- 매년 건강검진 실시
- 성인병 건강 검진비 지원

바. 연구활동종사자 보험가입

- 매년 정기적으로 보험가입 및 갱신처리를 지속적으로 이행함

- 가입회사 : 동부화재(재해보장 책임보험), 산재보험
- 가입대상 : 전직원

사. 안전시설 및 안전장비 설치 : 실험실 7개소 설치



- 실험실 안전시설 및 장비설치

번호	품명	수량	용도	번호	품명	수량	용도
1	산소호흡기	1set	질식환자 구호	8	안전장갑	10켢레	내구성 장갑
2	산소구급벨트	1set	유독가스지역 비상탈출	9	내열장갑	5켢레	내열성 장갑
3	국민방독면	1set	독가스 살포시	10	화학장갑	5켢레	내화학 장갑
4	세안기	1대	안구 이물질 세척	11	실험복	5벌	내화학 실험복
5	비상약품	1set	24종 구비	12	흡착포	1set	흡착제거
6	보안경	10ea	안구보호	13	흡착펜스	1set	구획설정, 확산방지
7	마스크	10ea	호흡기 보호	14	비상샤워	1대	유독물질 세척

아. 비상대피 시설 구축

- 가스누출 자동감지 경보 및 대피방송시스템 구축
- 주요연구장비보호구역내 자동화재소화설비 구축운영(하론소화설비) 및 법정구역내 소화기 비치

- 비상시 탈출을 위한 피난계단 설치

자. 기타 안전사고 예방 활동 강화

- 연구실안전관리 위원회 개최 년2회
- 안전사고 매뉴얼 제작,배포 및 숙지
- 연구활동종사자 안전점검 일지 작성
- 화학약품의 올바른 취급을 위한 MSDS(물질안전보건자료) 통합제작 및 배포
- 실험실습실 안전수칙 게시판 제작 부착(9개소)
- 폐용매 분리수거 및 위탁처리(6회/년)

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/기 타)	논문명/특허명/기 타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허 등 록	저장 수송용기의 온도조절방법	한국식품 연구원	주 발 명 자	대한민국		2016.03.25		
2	특허 등 록	높은 엔탈피를 갖 는 잠열재조성물 (0℃) 및 이의제조 방법	한국식품 연구원	주 발 명 자	대한민국		2016.01.25		
3	특허 등 록	높은 엔탈피를 갖 는 잠열재조성물 (10℃) 및 이의제 조방법	한국식품 연구원	주 발 명 자	대한민국		2016.01.25		
1	특허 출 원	삼온 유통수배송 차량	한국식품 연구원	주 발 명 자	대한민국		2015.09.16		
2	특허 출 원	높은 엔탈피를 갖 는 잠열재조성물 (0℃) 및 이의제조 방법	한국식품 연구원	주 발 명 자	대한민국		2014.11.07		
3	특허 출 원	높은 엔탈피를 갖 는 잠열재조성물 (10℃) 및 이의제 조방법	한국식품 연구원	주 발 명 자	대한민국		2014.11.07		
4	특허 출 원	수배송용기 및 이 를 이용한 유통방 법	한국식품 연구원	주 발 명 자	대한민국		2015.10.29		
1	정책 제 안	신선 농산물 수확 후 관리 및 선도 유지 저장유통기 술 이슈보고서	농기평	주저자	대한민국		2015.12		
1	홍보	냉동기 대체 농산 물 수배송장치개 발	농민신문	주저자			2015.01.21		
2	홍보	유통환경 대응형 삼온 수배송 시스 템 구축	유통식품	주저자			2015.8.27		
3	홍보	열전소자 적용 삼 온 수배송 시스템 구축	농축환경 신문	주저자			2015.09.3		

4	홍보	상변화 물질과 열전소자를 적용 삼온 수배송 시스템 구축	한국영농신문	주저자			2015.09.07			
1	기술이전	열전소자가 적용된 농식품 수배송 장치기술	(주)FMS	주 계약자			2016.02.22		기술료 10,000,000 원	
1	논문	Synergistic Antimicrobial Effects of Organic Acids in Combination with Cavacrol Against <i>Shigella sonnei</i>	국민대			Journal of Food Safety	0.915	2015.11.03	단독사사	SCI
2	논문	Microbial Contamination of Tofu in Korea and Growth Characteristic of <i>Bacillus cereus</i> Isolates in Tofu	국민대	참여저자		LWT-Food Science and Technology	2.416	2017.01.01	단독사사	SCI
3	논문	Effects of malic acid or/and grapefruit seed extract for the inactivation of common food pathogens on fresh-cut lettuce	국민대	참여저자		Food Science and Biotechnology	0.699	2016.12.31	중복사사	SCI
4	논문	양상추에 인위적으로 증된 <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium과 <i>Listeria monocytogenes</i> 에 대한 저온 플라즈마와 UV-C의 살균 효과	국민대	참여저자		식품위생안전성학회		2017.02.28	중복사사	비SCI

5	논문	The antimicrobial effect of thiamine dilauryl sulfate in tofu inoculated with Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium, Listeria monocytogenes and Bacillus cereus	국민대		LWT-Food Science and Technology		2016.10.14 투고	중복사사	SCI
6	논문	Combined effect of aerosolized malic acid and UV-C for the inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium, and Listeria monocytogenes on fresh-cut lettuce	국민대		Journal of Food Safety	0.915	2017.03.03	중복사사	SCI
7	논문	Comparing the growth pattern of L. monocytogenes isolates from beef and L. monocytogenes type culture artificially inoculated on raw beef	국민대		Food microbiology	2.416	2017.03.16	단독사사	SCI

8	논문	Q u a l i t y evaluations of bell pepper in cold system combined with TEM (thermoelectric materials) and PCM (phase change material)	한국식품연구원	주저자	Korean J. Food Preservation	2016.08.	단독사사	비SCI
1	포스터	A s s e s s i n g Microbial Quality of Tofu in K o r e a , Identifying a D o m i n a n t B a c t e r i a Contaminating Tofu, and Characterizing the Growth in Tofu	국민대		International association for food protection	2015.07.27		국외
2	포스터	Assessment of microbial contamination of retail beef in Korea and prediction of its shelf-life at the refrigerated temperature using a modified-Gomper tz model	국민대		International association for food protection	2015.07.27		국외

3	포스터	Mathematical modeling of <i>Listeria monocytogenes</i> isolated from retail beef for predicting the microbiological shelf-life of beef under refrigerated condition	국민대		한국식품위생안전성학회	2015.10.23		국내
4	포스터	Combined effect of malic acid and grapefruit seed extract treatments on the inactivation of <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium and <i>Listeria monocytogenes</i> on fresh lettuce	국민대		The international union of food science and technology	2016.08.25		국외
5	포스터	The antimicrobial effect of thiamine dilauryl sulfate in tofu inoculated with <i>Escherichia coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> Typhimurium, <i>Listeria monocytogenes</i> and <i>Bacillus cereus</i>	국민대		The international union of food science and technology	2016.08.25		국외

6	포스터	Combined effect of UV and aerosolized malic acid on the inactivation of Escherichia coli O 157 : H 7 , Salmonella Typhimurium, and Listeria monocytogenes on fresh lettuce	국민대		The international union of food science and technology		2016.08.25		국외
7	포스터	열전소자를 적용한 저온 유통시스템에서 저장 중 두부의 품질평가	한국식품연구원		한국식품저장유통학회		2014.11.28		국내
8	포스터	열전소자 적용 수배송 시스템을 이용한 소고기의 저장 중 품질변화특성	한국식품연구원		한국식품저장유통학회		2015.10.22		국내
9	포스터	열전소자 적용 수배송 시스템을 이용한 두부의 저장 중 품질변화특성	한국식품연구원		한국식품저장유통학회		2015.10.22		국내
10	포스터	플라즈마 적용 수배송 시스템을 이용한 소고기의 저장 중 품질평가	한국식품연구원		한국식품저장유통학회		2016.10.20		국내

제 11 장 참고문헌

- Bendall J.R., (1978) Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses., *Meat Sci.*, 2(2), 91-104.
- Brewer M.S., Habers C.A.Z., (1991a) Effect of packaging on color and physical characteristics of ground pork in long-term frozen storage. *J. Food Sci.*, 56(2), 363-366.
- Brewer M.S., Habers C.A.Z., Harbers, (1991b) Effect of packaging on physical and sensory characteristics of ground pork in long-term frozen storage. *J. Food Sci.*, 56(3), 627-631.
- Brewer M.S., Habers CAZ. (1993). Effect of packaging on physical and sensory characteristic of ground pork in ling-term frozen storage. *J. Food Sci.*, 56,627-631.
- Chun K.H., Kim. B.Y. and Hahm Y.T. (1997) Extension of tofu shelf-life with water soluble degraded chitosan as a coagulant. *J. Korean Soc. Food Sci.* 29(3), 476-481
- Demeyer D.I., Vandekerckhove P and Moermans R. (1979) Compounds determining pH in dry sausage. *Meat Sci.*, 3(3),161-167.
- Doston C.R., Frank H.A., Cavaletto C.G. (1977) Indirect methods as criteria of spoilage in tofu (soybean curd). *J. Food Sci.*, 42(1), 273-274.
- Holly R.A., Garipey D., Delaquis P., Doyon G. and Gagnon J. (1994) Static controlled atmosphere packaging retail ready pork. *J. Food Sci.*, 59(6), 1296-1301.
- H.Y. Shin., K.J. Ku, S.K. Park and K.B. Song. (2006) Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of beef and pork during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38(3),325-330.
- Jeong G.G., Park N.Y. and Lee S.H., (2006) Quality characteristics of high and low grade Hanwoo beef during storage at 1°C. *Korean J Food Sci Technol*, 38(1), 10-15.
- Jang W.Y., Kim B.Y. and Shin D.H. (1995) Studies on the physical properties on soybean curd stored in the solution of different salt concentration. *Agric. Chem. Biotechnol.* 38, 135-140
- J.Y. Kim and G.S. Park. (2006). Quality Characteristics and shelf-life of Tofu Coagulated by Fruie juice of Pomegrante. *Korean J. Food Culture*, 21(6), 644-652
- Kang S.J., Moon Y.H., Park K.S., Park H.S. and Jung I.C., (2010) Effect of maturity and marbling score on meat quality properties on korean native fattening Hanwoo. *J East Asian Soc. Dietary Life*, 20(2), 248-253.
- Kim C.J., Suck S.J., Ko W.S. and Lee. E.S., (1994) Studies on the cold and Frozen Storage

for the Production of High Quality Meat of Korean Native Cattle II. Effects of Cold and Frozen Storage on the Drip , Storage Loss and Cooking Loss in Korean Native Cattle., Korean J Food Sci. Ani. Resour. 14(2), 155-158.

Kim J.Y. and Park G.S. (2006) Quality Characteristics and shelf-life of Tofu Coagulated by Fruite juice of Pomegranate. Korean J. Food Culture, 21(6), 644-652.

Kim K.I., Chung N.K., Kim J.H. and Kim C.O. (2003) The Study of Thermal Properties of TMA Clathrate on Additives. Proceedings of the KSME Conference, 250-255.

Lee M.S., Park S.K., Bae D.H., Ha S.D. and Song K.B., (2004) Effect of Soy Protein Film Packaging on the Qualities and the Microbial Growth of Beef during Storage., Korean J Food Preser., 11(4), 565-568.

Lee K.T., Lee K.J., Lee C.S. and Chung K.Y. (1998) Investigation on the Actual state of temperature control in the raw meat distributing chain for chilled beef. Korean J Food Sci. Ani. Resour. 18(4), 322-331.

Lee J.Y., Jang S.H., Lee Y.S. and Park S.I. (2009) Effect of vacuum container on the storability of leftover Tofu. Korean J. Food Sci. Technol. 41(1), 11-15.

Lee K.S., Kim D.H., Beak S.H. and Choun S.H. (1990) Effect of coagulants and soaking solutions of tofu (soybean cured) on extending its shelf life. Korean J. Food Sci. Technol. 22, 116-122.

NVRQS (2013) Processing standards and component specification of livestock products. National Veterinary Research and Quarantine Service, Anyang, Korea.

Park L.Y. and Lee S.H., (2007) Effect of immersion in chitosan solutions on shelf life of tofu. J. Chtin Chitosan., 12(3), 128-132.

Rho J.H., Kim M.H. and Song H.N., (2007) A study on the quality characteristics of brand and non-brand korean beefs. Korean J Food Cookery Sci, 23, 187-194

Shin. H.Y., Ku K.J., Park S.K. and Song K.B.. (2006) Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of beef and pork during storage. Korean J. Food Sci. Technol.. 38(3),325-330.

Tskeshi. S. (1985). On the slimy spoilage of tofu(soybean curd). Nippon Shokuhin kogyo Gakkaishi, 32, 75-82

Tak A.B., D.H Kim, S.K. Yoon and Y.C. Lee. (2005) Effect of natural preservatives and storage temperatures on quality and shelf life of fresh pork meat. Korean J. Food Sci. Technol., 37(4), 557-561.

Van Laack, R. L. J. M., Kauffman, R. G., Sybesma, W., Smulder, F. J. M., Elikelenboom, G. and Pinheiro, J. C., (1994) Is colour brightness(L value) a reliable indicator of water holding capacity in porcine muscle. *Meat Sci.* 38(2), 193-201.

Wu M.T., and Salunkhe D.K. (1977) Extending shelf-life of fresh soybean curds by in package microwave treatment. *J. Food. Sci.*, 42(6), 1448-1451.

Baranyi, J., & Roberts, T. A. (1994). A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3 - 4), 277-294.

Brandão, T. S., Gil, M., Miller, F., Gonçalves, E., & Silva, C. M. (2013). Dynamic approach to assessing food quality and safety characteristics: the case of processed foods. In S. Yanniotis, P. Taoukis, N. G. Stoforos & V. T. Karathanos (Eds.), *Advances in Food Process Engineering Research and Applications* (pp. 567-579): Springer US.

Zwietering, M. H., Jongenburger, I., Rombouts, F. M., & van 't Riet, K. (1990). Modeling of the bacterial growth curve. *Applied and Environmental Microbiology*, 56(6), 1875-1881.

Brandão, T. S., Gil, M., Miller, F., Gonçalves, E., & Silva, C. M. (2013). Dynamic approach to assessing food quality and safety characteristics: the case of processed foods. *Advances in Food Process Engineering Research and Applications*. 567-579

KIM, J. and JIANG, X. (2010). The growth potential of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* in dairy manure-based compost in a greenhouse setting under different seasons. *Journal of Applied Microbiology*. 109, 2095-2104.

KLUYTMANS, J.A.J.W. and WERTHEIM, H.F.L. (2005). Nasal carriage of *Staphylococcus aureus* and prevention of nosocomial infections. *Infection*. 33, 3-8.

Park, S. Y., Choi, J. W., Chung, D. H., Kim, M. G., Lee, K. H., Kim, K. S., Bahk, G. J., Bae, Do. H., Park, S. K., Kim, K. Y., Kim, C. H., and Ha, S. D. (2007). Development of a predictive mathematical model for the growth kinetics of *Listeria monocytogenes* in sesame leaves. *Food Sci. Biotechnol.* 16, 238-242.

ESWARANANDAM, S.; HETTIARACHCHY, N. S.; JOHNSON, M. G. Antimicrobial activity of citric, lactic, malic, or tartaric acids and nisin incorporated soy protein film against *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157: H7, and *Salmonella* gaminara. *Journal of Food Science*, 2004, 69.3: FMS79-FMS84.

PARK, Sang Hyun, et al. Use of organic acids to inactivate *Escherichia coli* O157: H7,

Salmonella Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh apples and lettuce. Journal of Food Science, 2011, 76.6: M293–M298.

RAMOS–VILLARROEL, A. Y.; MARTÍN–BELLOSO, Olga; SOLIVA–FORTUNY, Robert. Combined effects of malic acid dip and pulsed light treatments on the inactivation of *Listeria innocua* and *Escherichia coli* on fresh-cut produce. Food Control, 2015, 52: 112–118.

SAGONG, Hun-Gu, et al. Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. International Journal of Food Microbiology, 2011, 145.1: 287–292.

TAMBLYN, Katherine C.; CONNER, Donald E. Bactericidal activity of organic acids against *Salmonella* Typhimurium attached to broiler chicken skin. Journal of Food Protection, 1997, 60.6: 629–633.

RAYBAUDI–MASSILIA, Rosa M.; MOSQUEDA–MELGAR, Jonathan; MARTÍN–BELLOSO, Olga. Antimicrobial activity of malic acid against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Enteritidis and *Escherichia coli* O157: H7 in apple, pear and melon juices. Food Control, 2009, 20.2: 105–112.

HEGGERS, John P., et al. The effectiveness of processed grapefruit–seed extract as an antibacterial agent: II. Mechanism of action and in vitro toxicity. The Journal of Alternative & Complementary Medicine, 2002, 8.3: 333–340.

REAGOR, Lee, et al. The effectiveness of processed grapefruit–seed extract as an antibacterial agent: I. An in vitro agar assay. The Journal of Alternative & Complementary Medicine, 2002, 8.3: 325–332.

SAITO, Makoto, et al. Antiulcer activity of grape seed extract and procyanidins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46.4: 1460–1464.

GABRIEL, Alonzo A.; PINEDA, Jennifer Karen F. Influences of vanillin and licorice root extract supplementations on the decimal reduction times of *Escherichia coli* O157: H7 in mildly heated young coconut liquid endosperm. Food Control, 2014, 38: 136–141.

XU, Wentao, et al. Antibacterial effect of grapefruit seed extract on food-borne pathogens and its application in the preservation of minimally processed vegetables. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45.1: 126–133.

CHOI, Mi-Ran, et al. Effect of thiamine dilaurylsulfate against *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes* and *Bacillus cereus* spores in custard cream. LWT–Food Science and Technology, 2015, 60.1: 320–324.

FRANSISCA, Lilia; PARK, Hee Kyung; FENG, Hao. *E. coli* O157:H7 population reduction from alfalfa seeds with malic acid and thiamine dilauryl sulfate and quality evaluation of

the resulting sprouts. *Journal of food science*, 2012, 77.2: M121–M126.

OH, Se-Ra; PARK, Shin Young; HA, Sang-Do. Combined effects of chlorine and thiamine dilauryl sulfate on reduction of *Listeria monocytogenes* in chicken breast and development of predictive growth models. *Poultry science*, 2014, 93.6: 1503–1510.

LEE, Min Jeong; HA, Sang-Do. Synergistic effect of vitamin B 1 on sanitizer and disinfectant treatments for reduction of coliforms in rice. *Food Control*, 2008, 19.2: 113–118.

MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, Ginés Benito, et al. Inactivation kinetics of foodborne pathogens by UV-C radiation and its subsequent growth in fresh-cut kailan-hybrid broccoli. *Food microbiology*, 2015, 46: 263–271.

KIM, Yunjung; KIM, Minhee; SONG, Kyung Bin. Combined treatment of fumaric acid with aqueous chlorine dioxide or UV-C irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* inoculated on alfalfa and clover sprouts. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42.10: 1654–1658.

LIM, Winnie; HARRISON, Mark A. Effectiveness of UV light as a means to reduce *Salmonella* contamination on tomatoes and food contact surfaces. *Food Control*, 2016, 66: 166–173.

LAVELLI, Vera. Antioxidant activity of minimally processed red chicory (*Cichorium intybus* L.) evaluated in xanthine oxidase-, myeloperoxidase-, and diaphorase-catalyzed reactions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2008, 56.16: 7194–7200.

LEE, Kyung Ha, et al. Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice. *LWT-Food Science and Technology*, 2016, 73: 442–447.

FRANSISCA, Lilia; FENG, Hao. Effect of surface roughness on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 87–23 by new organic acid - surfactant combinations on alfalfa, broccoli, and radish seeds. *Journal of Food Protection*, 2012, 75.2: 261–269.

RHEE, Min-Suk, et al. Antimicrobial effects of mustard flour and acetic acid against *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *Applied and environmental microbiology*, 2003, 69.5: 2959–2963.

ADAMS, M. R.; HALL, C. J. Growth inhibition of food borne pathogens by lactic and acetic acids and their mixtures. *International Journal of Food Science & Technology*, 1988, 23.3: 287–292.

ANANCHAIPATTANA, Chiraporn, et al. Bacterial contamination of soybean curd (tofu) sold in Thailand. *Food Science and Technology Research*, 2012, 18.6: 843–848.

KIM, Bo-Yeon; LEE, Ji-Young; HA, Sang-Do. Growth characteristics and development of a predictive model for *Bacillus cereus* in fresh wet noodles with added ethanol and thiamine. *Journal of Food Protection*, 2011, 74.4: 658-664.

KIM, H. S.; CHO, K. W.; LEE, D. K. A study on the antimicrobial activity and preservative effect of thiamine dilauryl sulfate in cosmetics. *J. Korean Oil Chem. Soc*, 2005, 22: 212-218.

WEI, Lina, et al. A novel formulation of thiamine dilaurylsulphate and its preservative effect on apple juice and sterilised milk. *Food chemistry*, 2014, 152: 415-422.

CHOI, Mi-Ran, et al. Effect of aerosolized malic acid against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium, and *Escherichia coli* O157: H7 on spinach and lettuce. *Food Control*, 2012, 24.1: 171-176.

OH, Se-Wook; DANCER, Genisis Iris; KANG, Dong-Hyun. Efficacy of aerosolized peroxyacetic acid as a sanitizer of lettuce leaves. *Journal of Food Protection*, 2005, 68.8: 1743-1747.