

11-1543000
-002750-01

발간등록번호

11-1543000-002750-01

고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발 최종보고서

2019

농림축산식품부

고부가가치식품개발사업 R&D Report

고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발 최종보고서

2019.06.12

주관연구기관 / (주)에프엠에스코리아
협동연구기관 / 국가식품클러스터지원센터
한국건설생활환경시험연구원
연세대학교 원주산학협력단

농림축산식품부

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발"(개발기간 : 2016. 07. 07 - 2018. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 06. 12.

주관연구기관명 : 에프엠에스코리아 (대표자) 최동현

협동연구기관명 : 국가식품클러스터지원센터 (대표자) 윤태진 (인)

협동연구기관명 : 한국건설생활환경시험연구원 (대표자) 윤갑석 (인)

협동연구기관명 : 연세대학교 원주산학협력단 (대표자) 정형선 (인)

주관연구책임자 : 이강표

협동연구책임자 : 국가식품클러스터지원센터 윤찬석
한국건설생활환경시험연구원 서상욱
연세대학교 원주산학협력단 이윤석

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 일람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	316067-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.01.01. ~2018.12.31	단 계 구 분	(총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발			
	세부 과제명	1협동 국가식품클러스터 : 고효율 보냉용기 적용을 위한 저가형 진공 단열재 개발 2협동 한국건설생활환경시험연구원 : 고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 성능 검증 3협동 연세대학교 원주산학협력단 : 신선 식품에 적합한 단열 포장 용기의 품질 개선 연구			
연구책임자	이강표	해당단계 참여연구원 수	총: 23명 내부: 23명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 210,000천원 민간: 70,000천원 계: 280,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 40명 내부: 40명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 550,000천원 민간: 183,334천원 계: 733,334천원
연구기관명 및 소속부서명	에프엠에스코리아 (부설연구소)			협동기관명 국가식품클러스터지원센터 한국건설생활환경시험연구원 연세대학교 원주산학협력단	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

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

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록· 기탁 번호	I S S N : · 1588-2926 · 1879-0003 · 0260-8774 · 2193-4134 · 0260-8774	· 10-19 10860									

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

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

- 고가의 신선 농축산물에 대한 배송 및 시장분석을 통한 농축산물 택배유통 활성화 제시
- 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발 완료
- 최적 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 기술 적용 및 보냉팩 개발
- 택배 배송용 패키징 구조설계 및 디자인 개발
- 저가형 외피재를 적용한 진공단열재 개발
- 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발

적용품목	보관온도	지속시간
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간

- 특허 등록 2건, 기술이전 1건, 제품화 3건, 논문 5편 등
- 해외로 실제 신선 농축산물(한우, 버섯) 택배배송 현장시험 성공적으로 완료
- 국내외 협력사를 통해서 고급 신선 농축산물 택배 배송 상용화 계획

<국문 요약문>

<p style="text-align: center;">연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고가의 신선 농축산물에 대한 배송 및 시장현황 분석을 통한 농축산물 택배유통 활성화 <ul style="list-style-type: none"> - 적용품목 : 고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물 - 적용품목에 대한 수요처, 배송 및 시장현황 분석 - 개발 보냉용기의 적정 제조원가 분석을 통한 시장경쟁력 확보 - 온라인 직거래 활성화 및 개발용기 확산을 위한 사업화 시나리오 ○ 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 외부온도 35℃의 환경에서 내부온도 4~10℃ 유지 - 최소 72시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발 - 개발용기의 가격 경쟁력 확보를 위한 두께 및 외피재의 구조 최적화 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">적용품목</th> <th style="width: 33%;">보관온도</th> <th style="width: 33%;">지속시간</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>고급신선육</td> <td>-2℃ ~ 4℃</td> <td>최소 72시간</td> </tr> <tr> <td>송이버섯</td> <td>0℃ ~ 5℃</td> <td>최소 72시간</td> </tr> <tr> <td>신선약용작물</td> <td>4℃ ~ 10℃</td> <td>최대 120시간</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ○ 최적 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 기술 적용 및 보냉팩 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 품목별 목표 보냉온도 유지를 위한 최적의 상변화 물질 기술 적용 - 원가 절감을 위한 최적의 상변화물질(PCM) 전용 파우치 개발 - 개발 보냉팩의 성능평가 (보냉성 및 내화학성, 물리적 안전성 등) ○ 택배 배송용 패키징 구조설계 및 디자인 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 유통물류환경에서 대상화물의 안전성 , 경제성을 고려한 최적설계 - 시각디자인, 편의성을 고려한 디자인 개발 - 내용물의 선도 및 유통 안전성 검증을 위한 성능평가 (실험실 평가 및 택배 배송을 통한 실증) 	적용품목	보관온도	지속시간	고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간	송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간	신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간
적용품목	보관온도	지속시간											
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간											
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간											
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간											
<p style="text-align: center;">연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업화지표 <ul style="list-style-type: none"> - 특허등록 2건 이상 - 기술이전 1건 이상 - 제품화 3건 - 고용창출 1건 ○ 연구기반지표 												

	<ul style="list-style-type: none"> - SCI급 5편 - KCI급 2편 이상 ○ 전략성과 - 개발용기 확산을 위한 사업화 시나리오 1부 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 활용계획 및 기대효과 - 택배 유통과정에서의 장기 보냉성 확보를 통한 신선 농축산물의 품질 안전성 및 신뢰성 향상으로 온라인 직거래 활성화 수출시장 개척 가능 - 산지 직배송 소비자 선호도가 높은 지역 특산 신선 농축산물의 소비 활성화 및 농가소득 증대 - 보냉 유지기간 연장으로 수요물량 증가시 사전 배송 준비가 가능하고, 배송지연 최소화로 수요자 만족도 제고 - 신선농축산물의 온라인 상거래 확대로 후방 연계산업인 포장산업의 성장기대 - 향후 새로운 수출용 신선 농축산물의 저온유통 포장을 위한 선행자료 제공 및 패시브(passive) 타입 의약품 포장 등 타 산업 분야로의 시장확대 기대 				
국문핵심어 (5개 이내)	택배	보냉용기	상변화물질	단열소재	신선식품
영문핵심어 (5개 이내)	Parcel service	cooler packaging	PCM	heat insulator	fresh food

* 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< SUMMARY >

		코드번호	D-02											
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○ Promoting the distribution of agricultural and livestock products through analysis of shipping and market conditions for high-priced fresh agricultural products <ul style="list-style-type: none"> - Application : High-quality fresh meat, pine mushroom, fresh medicinal crop - Analysis of demand, delivery and market situation for applicable items - Gain market competitiveness by evaluating appropriate production cost of a developing shipper - Business scenario for magnifying online direct transactions and expanding product development ○ Developing insulated packaging for international shipment to maintain temperature for a long period of time <ul style="list-style-type: none"> - Maintain 4~10° C under 35° C of ambient temperature - Develop insulated packaging to maintain at least 72 hours - Optimal structure of packaging thickness and outer material to gain price competitiveness 													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Application</th> <th style="text-align: center;">Target Temperature</th> <th style="text-align: center;">Duration</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">High-Quality Fresh Meat</td> <td style="text-align: center;">-2°C ~ 4°C</td> <td style="text-align: center;">min. 72hr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pine Mushroom</td> <td style="text-align: center;">0°C ~ 5°C</td> <td style="text-align: center;">min. 72hr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Fresh Medicinal Crop</td> <td style="text-align: center;">4°C ~ 10°C</td> <td style="text-align: center;">max. 120hr</td> </tr> </tbody> </table>	Application	Target Temperature	Duration	High-Quality Fresh Meat	-2°C ~ 4°C	min. 72hr	Pine Mushroom	0°C ~ 5°C	min. 72hr	Fresh Medicinal Crop	4°C ~ 10°C	max. 120hr	
Application	Target Temperature	Duration												
High-Quality Fresh Meat	-2°C ~ 4°C	min. 72hr												
Pine Mushroom	0°C ~ 5°C	min. 72hr												
Fresh Medicinal Crop	4°C ~ 10°C	max. 120hr												
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Apply appropriate PCM (Phase Change Material) technology and develop insulated pack <ul style="list-style-type: none"> - Apply appropriate PCM technology according to the target temperature for each product - Develop a pouch exclusively for PCM to reduce production cost - Performance test for developing pack (insulation, chemical resistance, physical safety, etc.) 													

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Design packaging structure for delivery purpose <ul style="list-style-type: none"> - Optimal design considering safety and economical efficiency of target container in distribution logistics environment - Design development considering visual design and convenience - Performance qualification to validate product freshness and distribution safety <p>(OQ: Operational Qualification & PQ: Performance Qualification)</p>
Results	<ul style="list-style-type: none"> ○ Commercialization Indicator <ul style="list-style-type: none"> - 2 or more patent registered - 1 or more technology transfer - 3 productization - 1 job creation ○ Research Base Indicator <ul style="list-style-type: none"> - 5 SCI class - 2 or more KCI class ○ Strategy Outcome <ul style="list-style-type: none"> - 1 business scenario for expanding shipper development
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utilization Plan and Expectations <ul style="list-style-type: none"> - Promoting export market by activating online direct transactions by improving safety quality and reliability of fresh agricultural products through securing long-term cold storage in distribution process of courier - Promoting consumption of fresh local agricultural products with high consumer preference and increasing farm income - Prepare for pre-shipment when demand quantity increases by extending temperature duration and produce consumer satisfaction by minimizing delivery delay - Growth expectation of packaging industry as back-linked industry from expansion of online commerce of fresh agricultural products

	- Provision of antecedent materials for low-temperature distribution packaging of new export-oriented fresh agricultural products and expand market to other industries such as passive type pharmaceutical packaging				
Keywords	Delivery Service	Temperature Control Packaging	PCM	Insulator	Fresh Food

< Contents >

1. Outline of Research and Development Project	11
2. Research Content and Results	26
3. Target Achievement and Contribution to Related Field	271
4. Utilization Plan of Research Outcome	283
Attachment. Reference Literature	284

<Enclosure> Self-evaluation opinion of main research institute

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	11
2. 연구수행 내용 및 결과	26
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	271
4. 연구결과의 활용 계획 등	283
붙임. 참고 문헌	284

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

제 1장. 연구개발과제의 개요

제 1 절. 연구개발 개요

1. 연구개발의 개요

- 장시간 배송제품의 온도관리가 가능한 고효율의 택배용(One-way) 보냉용기를 개발하여, 고가의 신선 농산물 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물 등)의 품질확보를 통한 온라인 유통시장 확대 및 해외 수출 경쟁력 확보.



그림. 연구개발 기술의 개념도

2. 연구개발의 내용

- 적용품목 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물 등)에 대한 배송 및 시장 현황 분석을 통한 농산물 택배유통 활성화 전략제시
- 냉장 배송온도 4°C~10°C로 최소 72 시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발 (현재 24시간 이내 지속)
- 적용품목별 배송에 최적화 된 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 기술 및 보냉팩 개발
- 적용품목별 고효율 보냉용기 개발 및 제품화 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물)
- 유통물류 환경에서 편의성, 경제성, 보호성, 시각디자인 등을 고려한 택배 배송용 패키징 구조 설계 및 디자인 개발
- 내용물의 선도(시험실 평가) 및 유통 안전성 검증을 위한 성능 평가 (실제 택배배송을 통한 실증)

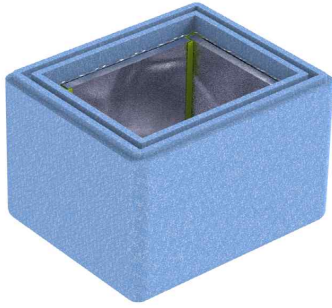


그림. 고효율 택배용 보냉용기 개념도

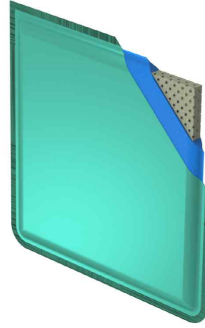


그림. 보냉팩 개념도

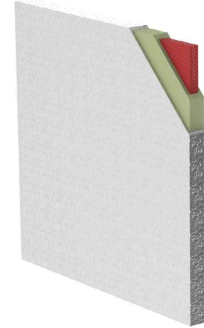


그림. 진공단열재 개념도

3. 적용 분야

- 국내의 고가의 농축산품의 해외 배송 서비스 시장 적용 및 확대
- 신선식품의 온라인 쇼핑 배송 서비스 (ex. 아마존 프레스의 영국 등 다양한 국가로의 24시간 이상 선도유지 배송)
- 유기농, 무농약 등의 고급 신선식품 전문 배송 O2O 서비스 수요 창출 (ex. 네이처, 마켓 컬리 등의 취급점과 배민프레시와 올가 등의 배송서비스)
- 산지에서 직배송되는 해산물, 인삼, 나물 등의 우수 특산물을 취급하는 ‘프리미엄 지역관’ (ex. G마켓- 지역자치단체)
- 글로벌 푸드테크기업 (美 인스타카트, 아마존프레시, 英 딜리버루, 中 하오추스 등) 및 국내의 농업, 식품, 외식 분야의 스타트업 기업의 시장 수요 (배민프레시, 헬로네이처, 카카오 만나씨이에이, 농사펀드 등)



그림. 韓 배민프레시



그림. 中 하오추스



그림. 美 아마존프레시

4. 연구개발의 목표

- 장시간 배송제품의 온도관리가 가능한 고효율의 택배용(One-way) 보냉용기를 개발하여, 고가의 신선 농산물 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물 등)의 품질확보를 통한 온라인 유통시장 확대 및 해외 수출 경쟁력 확보
- 적용품목 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물 등)에 대한 배송 및 시장 현황 분석을 통한 농산물 택배유통 활성화 전략제시
- 냉장 배송온도 4℃~10℃로 최소 72 시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발 (현재 24시간 이내 지속)
- 적용품목별 배송에 최적화 된 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 기술 및 보냉팩 개발
- 적용품목별 고효율 보냉용기 개발 및 제품화 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물)

- 유통물류 환경에서 편의성, 경제성, 보호성, 시각디자인 등을 고려한 택배 배송용 패키징 구조 설계 및 디자인 개발
- 내용물의 선도(실험실 평가) 및 유통 안전성 검증을 위한 성능 평가 (실제 택배배송을 통한 실증)

제 2 절. 연구개발의 목표 및 필요성

1. 연구개발의 목표

- 장시간 배송제품의 온도관리가 가능한 고효율의 택배용(One-way) 보냉용기를 개발하여, 고가의 신선 농산물 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물 등)의 품질확보를 통한 온라인 유통시장 확대 및 해외 수출 경쟁력 확보
- 적용품목 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물 등)에 대한 배송 및 시장 현황 분석을 통한 농산물 택배유통 활성화 전략제시
- 냉장 배송온도 4℃~10℃로 최소 72 시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발 (현재 24시간 이내 지속)
- 적용품목별 배송에 최적화 된 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 기술 및 보냉팩 개발
- 적용품목별 고효율 보냉용기 개발 및 제품화 (고급 신선육, 송이버섯, 신선약용작물)
- 유통물류 환경에서 편의성, 경제성, 보호성, 시각디자인 등을 고려한 택배 배송용 패키징 구조 설계 및 디자인 개발
- 내용물의 선도(실험실 평가) 및 유통 안전성 검증을 위한 성능 평가 (실제 택배배송을 통한 실증)

2. 연구개발의 필요성

- 온라인 시장 및 신선 택배 시장규모의 성장
 - 온라인 매장을 통한 국내 식품 택배유통 규모는 9,000억원 이상이고, 일본과 중국에서도 택배를 통한 신선식품 배송 서비스가 증가하고 있으며, e-commerce 시장의 활성화에 따라 지속적으로 성장
 - 야마토 운수는 2013 ~ 2015년 일본에서 홍콩과 대만으로 신선식품 배송 국제 쿨 택배 서비스를 개시하여 일본산 메론, 복숭아, 성계, 전복 등을 익일 배송하는 시스템을 구축하여 화물 취급량을 2배 이상 성장 시키고 있음
 - 2013년 중국의 신선식품 저장량은 2600만톤으로 중국의 물류기업은 온라인 신선식품 시장선점을 위해 노력하고 있으며 대표적으로 SF 익스프레스사의 신선식품 매출은 2012년 대비 536%의 폭발적인 증가를 보임
 - 온라인 상거래 활성화에 따라 고가의 농축산 식품(한우, 송이버섯, 인삼 등)의 산지 직배송을 통한 유통구조 개선으로 가격인하 효과와 함께 소비자 선호도 증가

성공 요인	성공 사례	유망 품목	
		신선 농산물	가공 식품
1. 기술적 우위	6년근 홍삼 난초(심비디움) 버섯류	- 파프리카, 딸기, 토마토 (고기능성) - 선인장	- 처리 가금육 (삼계탕) - 과즙음료 - 혼합조미료 - 대두유 (조유/식품용)
2. 국가 브랜드 소비자 선호	유자차 인스턴트 라면	- 인삼(5년근 이하/가공품) - 한우	- 김치, 한과 - 장류 (고추장, 된장) - 생막걸리
3. 식품 안전성	조제분유 신선우유	- 단감, 포도	- 과자 및 베이커리 - 아이스크림

표. 중국시장 수출 성공사례와 유망품목 (자료: 농림축산식품부)

○ 핵심 신선 농산물의 해외 수출의 신장세

- 2014년 기준 국내 농축임산물의 수출은 신선 농산물과 인삼 등을 중심으로 61.9억\$, 인삼 수출액은 1.8억\$로 매년 증가
- 신선농산물은 일본 수출 비중이 24.6%로 큰 비중을 차지하고 있으며, 매년 10억불 이상 수출

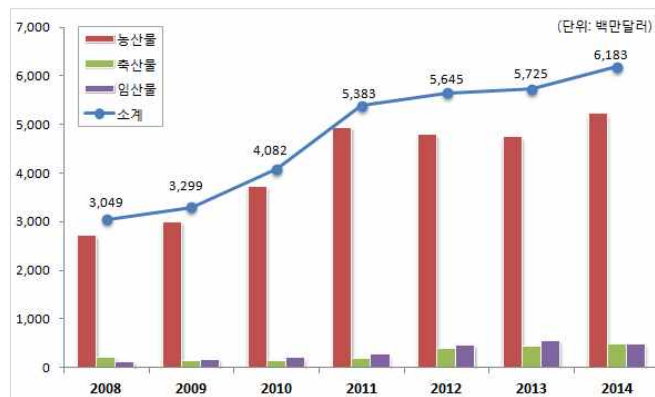


그림. 농림수산물수출 동향 (자료: 농수산물유통공사 수출입 정보)

○ 고효율 배송용 보냉용기 개발의 필요성

- 신선식품 또는 의약품 등의 저온유통을 위한 콜드체인(Cold chain)용 회수용 (returnable) 보냉용기는 개발되어 있으나, 장기 택배 배송용 고효율의 보냉용기 개발 사례는 없어 차별성 확보가능
- 독일 등 선진국에서는 VIPs(Vaccum Insulation Panels)를 활용하여 고효율의 회수용 냉장 물류박스(96시간 보냉유지)를 개발하여 의약품 운송에 사용하고 있으나, 높은 제조가격으로 인해 택배와 같은 one-way용으로 적용한 사례는 없음

○ 안전성과 신뢰성 확보를 위한 보냉용기

- 농축산 신선 식품의 택배 배송과정에서 식품의 안전성 및 신선도 유지를 위해 서는 용기의 보냉성 확보가 필요
- 현재 식품식품 택배용기로 가장 많이 사용되고 있는 EPS(발포폴리스티렌) 상자

는 냉매(PCM)를 동봉하고 있음에도 24시간 이상 저온유지가 어렵고, 특히 여름철에는 신뢰성이 현저히 저하됨

- 신선 농축산품이 산지에서 최종 소비자까지 품질 저하없이 안전하게 배송되기 위해서는 장시간(24시간 이상)의 저온유지 패키징 기술 개발 필요

○ 농축산 신선 식품의 온라인 시장 확대와 글로벌 유통을 위해서는 고효율의 택배용 보냉 용기 개발 필요

- 온라인을 통한 국산 농축산품의 수출을 위해서는 장시간 품질보존이 가능한 고효율의 보냉용기 개발이 필요

- 산지 직배송에 대한 소비자의 선호도가 높아지면서 신선 수송포장용기의 개발과 회수용 용기의 회수율이 저조하여, 저가의 택배용기 개발이 필요함

제 3 절. 연구개발 범위

1. 연차별 개발목표 및 내용

가. 1차년도

(1) 개발목표

○ 주관연구기관(에프엠에스코리아)

- 글로벌 택배 배송용 보냉유지 단열용기 컨셉 정립
- 글로벌 택배 배송 용기용 보냉팩 시제품 개발
- 글로벌 택배 배송 용기용 단열용기 구조 연구
- 단열재(주/보조 단열재) 특성 분석 및 적합성 연구

○ 협동연구기관(국가식품클러스터지원센터)

- 진공단열재 국내외 시장 현황 조사
- 기존 진공단열재 기본 물성 비교 분석
- 보냉 용기용 저가형 진공단열재 개발을 위한 기본 개념 연구
- 진공단열재 외피재 1차 시제품 제작 및 평가

○ 협동연구기관(한국건설생활환경시험연구원)

- 택배 물류 운송 환경 및 성능평가방법 해외 사례 자료 조사
- 물류 선진국의 보냉유지 단열 용기의 안전성 검증 비교 분석
- 글로벌 배송을 위한 택배용기의 최적 규격 및 성능평가방법 개발

○ 협동연구기관(연세대학교)

- 고가 신선 농식품 제품에 대한 포장 조사 연구
- 택배용 보냉 용기 개발 관련 기술 조사 및 시험 연구
- 상변화물질(PCM) 및 보냉팩 적용 연구 분석

(2) 개발 내용 및 범위

○ 주관연구기관(에프엠에스코리아)

연구내용	연구범위
글로벌 택배 배송용 보냉유지 단열용기 컨셉 정립	<ul style="list-style-type: none"> - 국내/외 관련 기업 현황 조사 - RFP에 적합한 기술 수준과 사양 등 개념 정립 - 최소 72시간 유지 가능한 단열성능 확보 방안 연구 - 최소 72시간 유지 가능한 냉매 열량 계산 및 자체 테스트
글로벌 택배 배송용기용 단열용기 구조 연구	<ul style="list-style-type: none"> - RFP의 목적시간과 목적온도 정합성 유무 검증 - 실험 방법 : 유사 단열 용기 또는 후보 택배용기의 환경챔버를 통한 온도유지 성능 검증 - 열손실 문제 및 단열 특성 고려한 단열용기 구조 연구 - 최소 72시간 ~ 최대 120시간 적용제품 특성 고려한 시제품 시물레이션 - 선진사 제품 입수 및 경쟁사 제품 입수를 통한 성능 연구

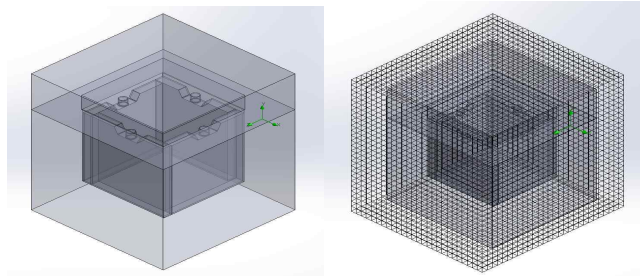


그림. 고효율 택배용기 모델링 개념도

글로벌 택배 배송용기용 보냉팩 시제품 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 대상 제품 선정 및 적용 따른 보냉팩 열량계산 - 상변화물질을 이용한 냉매의 초기 설정값과 방향 결정 - 상변화물질을 이용한 보냉팩 시제품 개발
단열재(보조 단열재 포함) 특성 분석 및 적합성 연구	<ul style="list-style-type: none"> - 주 단열소재의 특성 분석 및 글로벌 택배용기의 적합성 연구 - 보조 단열소재의 특성 연구 및 글로벌 택배용기의 적합성 연구 - 1차년도 시제품 제작에 필요한 단열소재 정리

○ 협동연구기관(국가식품클러스터지원센터)

연구내용	연구범위
진공 단열재 시장조사	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 진공 단열재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 문헌조사(진공 단열재 관련 논문, 보고서, 특허 등) - 제조회사 조사(가격, 용도, 생산량 및 수요량 등에 관한 국내

	외 현황)
	[실험 대상]
	- 기존 진공 단열재
	[분석 내용]
	- FT-IR: 재질 및 구조 확인
진공 단열재	- 투과도: 산소, 수분 투과도 분석
물성 분석	- UTM: 기계적 특성 분석(찢링강도, 인장강도, 합지강도 등)
	- SEM: 심재 구조 및 공극률 분석
	- 심재 밀도, 열전도도 등 물리적 특성 분석
	- 진공 단열재 내부 진공도 및 내구성 분석
	- 진공 단열재 열전도도 분석
	[실험 대상]
저가형 진공 단열재 개발 기본 개념 연구	- 저가형 진공 단열재
	[분석 내용]
	- 기존 단열재 물성 분석에 따른 적정 외피재 구조(안) 도출
	[실험 대상]
진공 단열재 외피재 1차 시제품 제작 및 평가	- 외피재 1차 시제품
	[분석 내용]
	- FT-IR: 재질 및 구조 확인
	- 투과도: 산소, 수분 투과도 분석
	- UTM: 기계적 특성 분석(찢링강도, 인장강도, 합지강도 등)

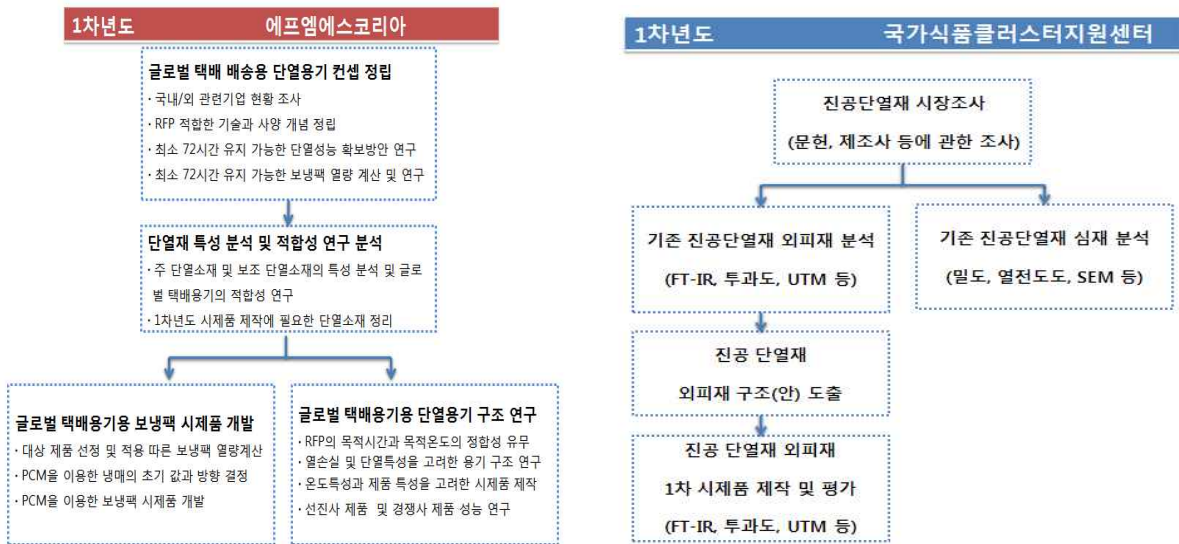


그림. 1차년도 기관별 연구내용 및 연구범위 (에프엠에스코리아/국가식품클러스터지원센터)

○ 협동연구기관(한국건설생활환경시험연구원)

연구내용	연구범위
택배 물류 운송	- 국내·외 택배산업업체 방문을 통한 수송 운용 현황 조사 및

환경 및 성능평 가방법 해외 사 례 자료 조사	분석 - 유통 포장화물 안전운송 인증관련 국내·외 사례 및 자료 조 사
물류 선진국의 보냉유지 단열 용기의 안전성 검증 비교 분석	- 물류 선진국의 보냉단열 용기 평가 사례 조사 - 국내·외 보냉단열 용기 성능평가와 비교 및 분석
글로벌 배송을 위한 택배용기의 최적 규격 선정 및 성능평가방법 확정	- 분석 자료를 통한 글로벌 택배 배송용 보냉유지 단열용기에 맞는 물류 안전성 성능평가 방법 및 디자인 확정 - 재료의 물성, 용기의 내구성, 물류 환경에 대한 안전성(ISTA), 신선도 등

○ 협동연구기관(연세대학교)

연구내용	연구범위
고가 신선 농식 품 제품에 대한 포장 조사 연구	- 선정된 제품에 대한 유통 포장 현황 및 조사 분석 : 고급 신선육, 신선 약용작물, 고가 가공식품 분류에 대한 택 배 포장에 대한 제조, 유통 및 판매 현황 - 각 신선 식품들에 대한 유통 품질 변화 요인 파악
택배용 보냉 용 기 개발 관련 기 술 조사 및 시험 연구	- 현재 신선 농식품에 사용되는 단열용기 분석 - 단열용기 재질에 대한 물성 및 특성 조사 : 물리적 특성 분석(인장강도, 압축강도), 열적 특성(DSC, TGA) 분석 - 국내·외 단열재 기술 및 연구 문헌 조사
상변화물질(PCM) 및 보냉팩 적용 연구 분석	- 현재 신선 농식품에 사용되고 있는 보냉팩 및 포장 적용 분석 - 보냉팩 및 포장 용기에 사용되는 PCM 현황 및 특성 조사 : 구조적 및 화학적 특성(SEM, FT-IR), 열적 특성(DSC, TGA) 분석 - 국내·외 PCM 적용 기술 및 자료 조사 - 국내·외 PCM 분석 연구를 통한 PCM 성능 평가시험 설계



그림. 1차년도 기관별 연구내용 및 연구범위 (한국건설생활환경시험연구원/연세대학교)

나. 2차년도

(1) 개발목표

- 주관연구기관(에프엠에스코리아)
 - 핵심개발 기술 기초 설계
 - 핵심개발 기술 상세 설계
 - 핵심요소 기술 제작 및 검증
 - 핵심요소 기술의 통합/연계 및 시제품 제작
- 협동연구기관(국가식품클러스터지원센터)
 - 기존 진공단열재의 외피재 및 완제품 성능 분석을 통한 저가형 진공 단열재 최적 사양 도출
 - 외피재 구조설계 _ 알루미늄 호일, 증착 알루미늄, 무기증착 및 EVOH 소재 적용 3개안 도출
 - 적정 심재 선정 _ 유리섬유, 흡드실리카, PU 보드, 에어로 겔 등 3개안 적용(안) 도출
 - 적정 심재의 선정 및 진공단열재 규격 및 구조(안) 도출
 - 외피재 및 심재를 적용한 진공 단열재 제작 및 기본 물성 평가(진공도, 열전도도, 내구성 평가)
 - 저가형 진공 단열재 원가 분석
- 협동연구기관(한국건설생활환경시험연구원)
 - 선정된 최적 시험 규격 및 성능평가 방법으로 1차 안전성 평가를 통한 규격 적정성 파악
 - 보냉 유지 단열 용기에 대한 물류 안전성 성능평가 및 디자인 보완점 분석
 - 보완점을 개선한 디자인 및 성능평가 방법 1차 선정
 - 글로벌 택배를 통한 보냉 유지 용기의 보호성, 경제성을 고려한 최적 규격 및 성

능평가 선정

○ 협동연구기관(연세대학교)

- 고가의 신선 농식품 보냉용기 개발을 위한 상변화물질(PCM) 및 보냉팩 분석 평가
- 대상 품목별 최적 단열포장 소재와 상변화물질(PCM) 선정 및 보냉팩 개발 적합성 확인
- 적용분야 확대 검토 및 적용 방안 연구

(2) 개발 내용 및 범위

○ 주관연구기관(에프엠에스코리아)

연구내용	연구범위
핵심개발 기술 기초 설계	- 제품군에 따른 택배용 보냉용기의 치수 설계
	- 상변화물질을 이용한 보냉팩의 모델링
핵심개발 기술 상세 설계	- 1차년도 진공단열재 시제품의 결과를 반영한 보냉용기 구조 설계
	- 단열 및 파우치 소재의 선정
핵심개발 기술 상세 설계	- 핵심개발 기술 상세 설계
	· 택배용 보냉용기의 3D 모델링 · 상변화물질을 이용한 보냉팩 및 파우치의 3D 모델링

핵심개발 기술 상세 설계

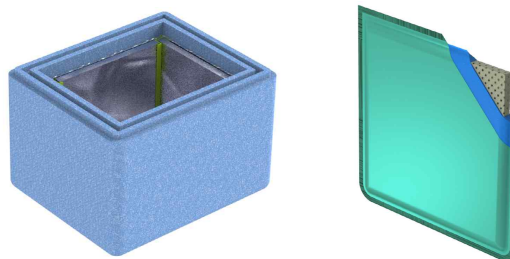


그림. 핵심개발기술 3D 설계의 예

핵심개발 기술 설계 분석	- 핵심개발 기술 설계 분석
	· 택배용 보냉용기의 CFD(전산유체역학) 시뮬레이션 · 보냉팩 및 파우치의CFD(전산유체역학) 시뮬레이션
핵심개발 기술 시제품 제작 및 검증	- 핵심개발 기술의 시제품 제작 (목업제작 및 보냉용기 구조 설계 검증)
	- 시험 및 결과 검토 (잠열량, 압축하중 등 정량적 목표 확인)
핵심개발 기술의 통합/연계 및 시제품 제작	- 핵심개발 기술 성능 보완 및 추가 검증
	- 핵심개발 기술(용기/냉매제/진공단열재)이 통합된 시제품 제작
- Validation 검증 : 아래 3건	

적용품목	보관온도	지속시간
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간

- 2차년도 개발 목표 확인 (시험성적서 등)

○ 협동연구기관(국가식품클러스터지원센터)

연구내용	연구범위
진공 단열재 최적사양 도출	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 진공 단열재, 저가형 진공 단열재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - WVTR(Water Vapor Transmission Rate) : 1.0 g/m²·24hr 이하 - OTR(Oxygen Transmission Rate) : 0.7 cc/m²·24hr 이하 - 열전도율 : 8.0~12.0 mW/mK 수준 달성 - 진공 단열재 내구성 : 1년
저가형 진공 단열재 외피재 구조 설계	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 진공 단열재에 적용하기 위한 외피재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 알루미늄 호일, 증착 알루미늄, 무기증착 및 EVOH 소재 적용 3개(안) 도출 - FT-IR: 재질 및 구조 확인 - 투과도: 산소, 수분 투과도 분석 - UTM: 기계적 특성 분석(씰링강도, 인장강도, 합지강도 등)
저가형 진공 단열재 심재 구조 설계	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 진공 단열재에 적용하기 위한 심재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 유리섬유, 건식 실리카, PU 보드, 에어로 겔 등 3개(안) 도출 - SEM: 심재 구조 및 공극률 분석 - 심재 밀도, 열전도도 등 물리적 특성 분석
진공 단열재 설계 및 물성 분석	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 진공 단열재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 외기온도 35° C 하에서 4° C~10° C 내부온도를 최소 72시간 유지 - 진공도 유지 능력, 단열 효과 분석 - 내구성 1년
저가형 진공 단열재 원가 분석	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 진공 단열재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진공 단열재 원재료(외피재, 심재, 게터)와 가공비 조사 및 비율 산정 - 저가형 진공 단열재의 적정 원가 선정

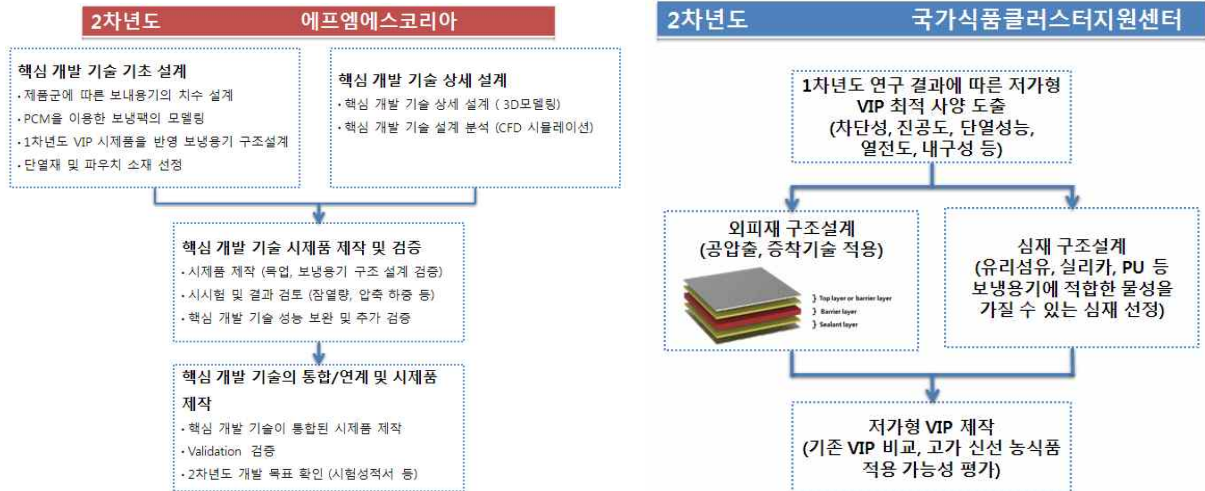


그림. 2차년도 기관별 연구내용 및 연구범위 (에프엠에스코리아/국가식품클러스터지원센터)

○ 협동연구기관(한국건설생활환경시험연구원)

연구내용	연구범위
선정 성능 평가 방법으로 시제품에 대한 안전성 검증	<ul style="list-style-type: none"> - 국내·외 유통환경 조건을 고려한 선정 성능평가방법에 대한 적정성 및 안전성 검증 (시제품에 대한 온도 유지성, 진동 내구성, 충격 내구성 검증 등) - 선정 성능평가 방법 보완점 파악 및 분석 적용 - 시제품에 대한 안전성 검토(열전도율, 잠열량 등)
글로벌 택배를 위한 보냉 유지 용기의 보호성, 경제성을 고려한 최적 규격 및 성능평가 확정	<ul style="list-style-type: none"> - 보냉 유지 단열 용기에 대한 물류 안전성 성능평가 실시 및 디자인 보완점 파악 - 보완 자료를 통한 선정 성능평가 방법에 대한 개선점 (VIP & PCM에 대한 성능평가, WVTR, OTR, 열전도율, 물리적 강도 등)

○ 협동연구기관(연세대학교)

연구내용	연구범위
고가 신선농식품 선도유지를 위한 상변화물질(PCM) 특성 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 적용품목별 PCM의 SEM 분석을 통한 소재의 형태학적 분석 평가 - 적용품목별 PCM의 FT-IR을 이용한 화학적 구조 분석 - 적용품목별 PCM의 TGA, DSC를 통한 소재의 열적 분석
상변화물질(PCM) 전용파우치 특성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 파우치 소재에 대한 물리적 강도 평가 - 파우치 소재에 대한 물리적 안정성 평가(파열강도, 진동 후 누수 등) - 파우치 소재에 대한 열안정성 평가

2차년도 한국건설생활환경시험연구원



2차년도 연세대학교

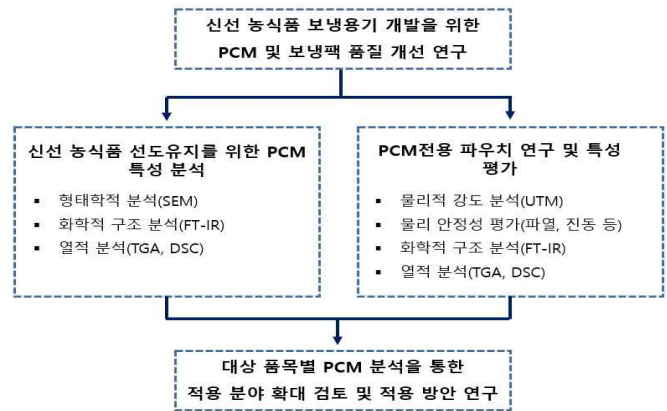


그림. 2차년도 기관별 연구내용 및 연구범위 (한국건설생활환경시험연구원/연세대학교)

나. 3차년도

(1) 개발목표

○ 주관연구기관(에프엠에스코리아)

- 시제품 테스트 및 수정 보완
- 핵심개발 기술의 현장 적용성 평가
- 사업화 전략 구축 (사업화 시나리오 외)

○ 협동연구기관(국가식품클러스터지원센터)

- 설계된 택배용 보냉용기에 적합한 규격 설정 및 적용 평가
- 적용평가에 따른 진공단열재 개선 및 최적화
- 진공단열재 양산 가능성 검토

○ 협동연구기관(한국건설생활환경시험연구원)

- 최종 선정된 성능평가 방법을 통한 고가의 신선 농식품 대상 품목별 보냉 용기 시제품 재료 평가
- 시제품에 대한 국제 물류 안전성 확보 및 인증 획득
- 설계 규격 성능평가의 적정성 및 유효성 검증

○ 협동연구기관(연세대학교)

- 대상 품목별 시제품을 이용한 저장성 평가
- 대상 품목별 시제품을 이용한 현장 평가를 통한 모니터링

(2) 개발 내용 및 범위

○ 주관연구기관(에프엠에스코리아)

연구내용	연구범위
시제품 테스트	- 2차년도 시제품을 국내/외 현장 검증을 통하여 문제점을 도출

및 수정 보완	<ul style="list-style-type: none"> - 핵심개발 기술성능 보완 및 최적화 - 고가의 농축산품 제품별 효과 검증 및 최적화 - Validation 검증 : 아래 3건
---------	---

적용품목	보관온도	지속시간
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간

핵심개발 기술의 현장 적용성 평가

- 3차년도 개발 목표 검증 (잠열량, 과냉각율, 내구성 외)
- ISTA / ASTM 등의 인증 획득

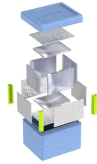


그림. 핵심개발기술의 현장 적용성 평가

사업화 전략 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 국내/외 신선식품, O2O 업체와의 MOU 체결 1건 이상 - 사업화 시나리오 제시 1부 이상 - 특허등록 2건 이상 - 제품화 3건 이상 <p>※ 비고 : 위의 성과물은 전체 사업일 기준으로 평가</p>
-----------	---

○ 협동연구기관(국가식품클러스터지원센터)

연구내용	연구범위
보냉용기 적용 평가	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 진공 단열재를 적용한 보냉용기 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진공 단열재 사용 효과 확인(온도유지, 내구성 등)
진공 단열재 개선 및 제품별 최적화	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 진공 단열재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고급 신선육, 신선약용작물, 고가 가공식품 등 제품에 적합한 진공 단열재 최적화 - WVTR(Water Vapor Transmission Rate) : 0.8 g/m²·24hr 이하 - OTR(Oxygen Transmission Rate) : 0.5 cc/m²·24hr 이하 - 열전도율 : 5.0~10.0 mW/mK 수준 달성 - 합지강도 : 0.6 kgf 이상 - 진공 단열재 내구성 : 1년
저가형 진공 단열재 양산 가능성 검토	<p>[실험 대상]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 진공 단열재 <p>[분석 내용]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진공 단열재 전문업체 및 전문가 자문을 통한 저가형 진공 단열재 양산 가능성 검토

○ 협동연구기관(한국건설생활환경시험연구원)

연구내용	연구범위
최종 성능평가 실시	- 보냉용기에 대한 재료 평가를 통한 목표치 달성 평가 - 최종 설계 성능 평가를 통한 시제품의 안전성 평가 - 대상 품목별 온도 시험을 통한 선도 유지 성능 평가
시제품 개발의 적정성 파악	- ISTA Certification 획득을 통한 국제 물류 안전성 확보 (환경 및 적재 안전성, 운송 진동에 대한 안전성, 낙하 충격의 안전성 평가)
설계 규격 성능 평가의 적정성 및 유효성 검증	- 대상 품목별 고가의 신선품을 실제 택배 배송을 통한 최종 설계 - 규격의 적정성 비교 평가 및 유효성 검증

○ 협동연구기관(연세대학교)

연구내용	연구범위
고급 신선육 보냉 용기 시제품 개발 및 평가	- 저장성 평가를 통한 대상 제품의 품질 변화 연구 - 육색, pH, TBA(thiobarbituric acid), 총균수 등
신선약용작물 보냉 용기 시제품 개발 및 평가	- 저장성 평가를 통한 대상 제품의 품질 변화 연구 - 총균수, pH, 경도, 당도, 색도, 중량 감소율 등
고가 가공식품 보냉 용기 시제품 개발 및 평가	- 저장성 평가를 통한 대상 제품의 품질 변화 연구 - 총균수, pH, 경도, 당도, 색도, 중량 감소율 등
적용품목별 시제품을 이용한 현장평가	- Data logger 온습도계를 이용한 시제품 내부 온도 변화 관찰

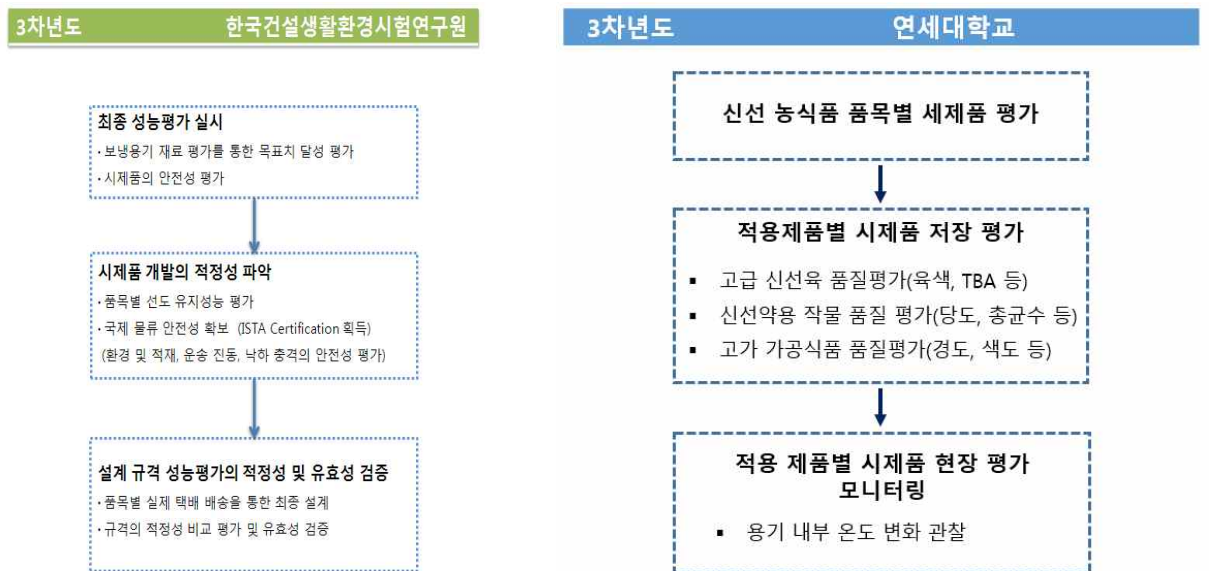


그림. 3차년도 기관별 연구내용 및 연구범위 (한국건설생활환경시험연구원/연세대학교)

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절. 연구개발추진전략

1. 연구개발 추진 전략 및 방법

○ 연구개발 추진전략

- 본 과제의 추진전략은 기본적으로 준비단계, 추진단계, 완료단계로 구분하여 추진하고자 함.
- 준비단계에서는 RFP(과제제안서)를 바탕으로 과제를 추진하는 목적과 과제의 범위를 명확히 정의하고 과제추진에 적합한 제반환경을 조성하며 체계적인 과제추진을 위한 일정계획을 수립할 예정임.
- 추진단계는 다시 설계 단계, 핵심기술 개발 및 시제품 제작 단계, 실내시험 및 검증 단계로 구분할 수 있음.
- 설계 단계에서는 준비단계의 방향성을 재확인하고, 핵심개발기술에 대한 목표를 선정 및 성과목표를 설정하고 기술별 상세 설계를 수행 할 예정.
- 핵심 개발기술개발 및 시제품 제작 단계에서는 핵심개발 기술별로 요소기술을 개발하고, 제작 및 실내 시험을 통해 성능을 검증한 후 핵심요소기술들의 통합 및 연계를 통해 시제품 및 관련 매뉴얼 등을 개발할 예정.
- 완료단계에서는 시제품 테스트 및 수정보완, 테스트 베드, 시험인증 등의 단계로 구분하여 진행할 수 있다.
- 시제품 테스트 및 수정보완단계에서는 시제품제작과 실내시험에서 도출된 문제점을 수정하여, 완성도 높은 제품으로 추가 제작할 수 있으며, 연계되는 핵심 기술들의 택배용기라는 패키징 단위의 관점에서 시험 결과물을 얻을 수 있음.
- 테스트 베드 구축 및 시험인증 단계에서는 핵심 요소기술 및 패키징을 위한 시제품 테스트 및 보완, 현장 적용성 평가 및 기술인증 등을 통해 테스트베드를 대상으로 기술 적용 및 시연을 추진하고 그 효과를 분석하며 개발기술의 실용화 및 기술이전을 추진 할 예정이며 이를 위한 법·제도검토도 함께 수행할 예정.
- 본 과제의 연구개발을 담당하는 컨소시엄의 역할을 아래와 같이 정리.

기관명	담당 업무 및 역할
에프엠에스코리아	전체 일정관리 및 보냉팩, 용기의 개발 ,시험, 진공단열재 적용시험 및 평가, 시제품 제작을 수행.
국가식품클러스터 지원센터	진공단열재의 연구 및 개발 , 실내시험을 수행.
한국건설생활환경 시험연구원	핵심개발기술의 시험 및 인증을 담당하며, 최종 개발 제품의 적합성을 평가.
연세대대학교	핵심개발기술의 기초연구와 실내시험을 수행하여, 적용품목별 저장성 및 현장모니터링 수행.

표. 연구개발 컨소시엄별 담당업무 및 역할

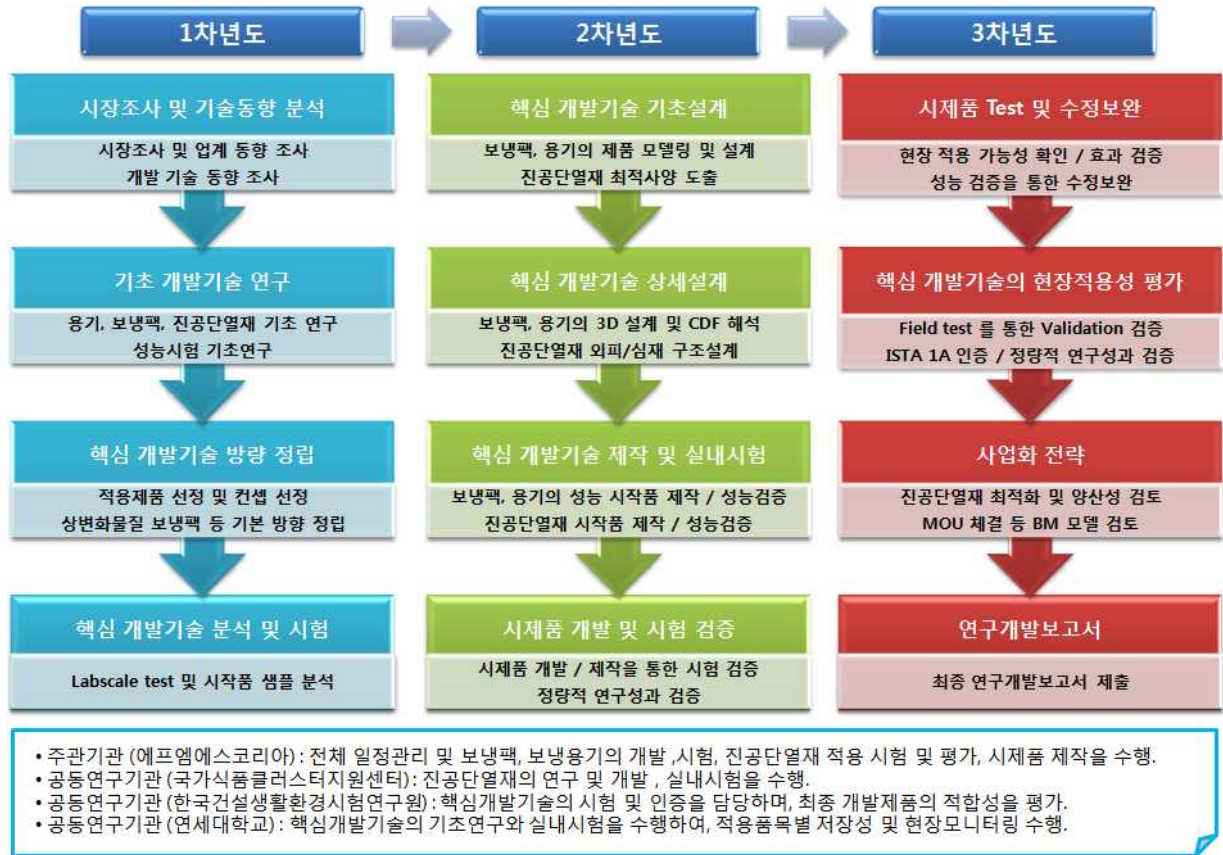


그림. 연구개발 추진전략

2. 연구개발 추진 체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발	주관연구책임자 (이강표)외 총19명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
대 기업		
중견기업		
중소기업	1	6명
대 학	1	6명
국공립(연)		
출연(연)	2	8명
기 타		

1차년도

주관 : 에프엠에스코리아
고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발
연구책임자 (이강표) 외 5명
담당기술개발내용
- 글로벌 택배 배송용 보냉유지 단열용기 개념 정립
- 용기개발에 최적화 된 수치해석 기법(CFD) 기초연구
- 핵심 개발기술 개발방향 확립 및 성과 목표 검토

협동연구기관 : 국가식품클러스터지원센터
저가 고효율 진공단열재 개발
연구책임자 (윤찬석)외 3명
담당기술개발내용
- 진공단열재 국내외 시장 현황 조사
- 기존 진공단열재 기본 물성 비교 분석
- 보냉 용기용 저가형 진공단열재 개발을 위한 기본 개념 연구
- 진공단열재 외피재 1차 시제품 제작 및 평가

협동연구기관: 한국건설생활환경시험연구원
고효율 보냉용기 / 진공단열재 시험 및 평가
연구책임자 (서상욱)외 3명
담당기술개발내용
- 택배 물류 운송 환경 조사 및 성능 평가방법 자료 조사, 분석
- 물류 선진국의 보냉유지 단열 용기의 안전성 검증 자료 조사
- 글로벌 배송을 위한 택배용기의 최적 규격 및 성능평가방법 선정 확정

협동연구기관: 연세대학교
신선 농식품 택배 배송용 보냉팩 / 진공단열재 연구 및 저장성 평가
연구책임자 (이윤석)외 5명
담당기술개발내용
- 고가의 신선농식품(고급 신선육, 신선약용작물, 고가 가공식품) 택배용 보냉 용기 현황조사
- 택배용 보냉 용기 개발 기술 및 정보 획득
- 상변화물질(PCM) 및 보냉팩 연구 조사
- 대상 품목별 최적 PCM 적용 온도 정립

2차년도

주관 : 에프엠에스코리아
고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발
담당기술개발내용
- 핵심개발 기술 기초 설계
- 핵심개발 기술 상세 설계
- 핵심요소 기술 제작 및 검증
- 핵심요소 기술의 통합/연계 및 시제품 제작

<p>협동연구기관 : 국가식품클러스터지원센터</p> <p>저가 고효율 진공단열재 개발</p> <p>담당기술개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진공 단열재 최적사양 도출 - 저가형 진공단열재 외피재 구조 설계 - 저가형 진공단열재 심재 구조 설계 - 진공 단열재 설계 및 물성 분석 - 저가형 진공 단열재 원가 분석 	<p>협동연구기관: 한국건설생활환경시험연구원</p> <p>고효율 보냉용기 / 진공단열재 시험 및 평가</p> <p>담당기술개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 선정 성능 평가 방법으로 시제품에 대한 안전성 검증 - 글로벌 택배를 위한 보냉 유지 용기의 보호성, 경제성을 고려한 최적 규격 확정 - 성능 평가 방법 확정 	<p>협동연구기관: 연세대학교</p> <p>신선 농식품 택배 배송용 보냉팩 / 진공단열재 연구 및 저장성 평가</p> <p>담당기술개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고가의 신선 농식품 보냉용기 개발을 위한 상변화물질(PCM) 및 보냉팩 분석 평가 - 대상 품목별 최적 단열포장 소재와 상변화물질(PCM) 선정 및 보냉팩 개발 적합성 확인 - 적용분야 확대 검토 및 적용 방안 연구
--	---	--

3차년도

<p>주관 : 에프엠에스코리아</p> <p>고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발</p> <p>담당기술개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시제품 테스트 및 수정 보완 - 핵심개발 기술의 현장 적용성 평가 - 사업화 전략구축 (사업화시나리오 외)

<p>협동연구기관 : 국가식품클러스터지원센터</p> <p>저가 고효율 진공단열재 개발</p> <p>담당기술개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 설계된 택배용 보냉용기에 적합한 규격 설정 및 적용 평가 - 적용평가에 따른 진공단열재 개선 및 최적화 - 진공단열재 양산 가능성 검토 	<p>협동연구기관: 한국건설생활환경시험연구원</p> <p>고효율 보냉용기 / 진공단열재 시험 및 평가</p> <p>담당기술개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 최종 선정된 성능평가 방법을 통한 고가의 신선 농식품 대상 품목별 보냉 용기 시제품 재료 평가 - 시제품에 대한 국제 물류 안전성 확보 및 인증 획득 - 설계 규격 성능평가의 적정성 및 유효성 검증 	<p>협동연구기관: 연세대학교</p> <p>신선 농식품 택배 배송용 보냉팩 / 진공단열재 연구 및 저장성 평가</p> <p>담당기술개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대상 품목별 시제품을 이용한 저장성 평가 - 대상 품목별 시제품을 이용한 현장 평가를 통한 모니터링
---	---	--

표. 연차별 연구개발 추진체계

3. 연구개발 추진 일정

1차년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	계획수립 및 자료조사														35,000	이운석 (연세대학 교)
2	진공 단열재 분석 및 1차 외피재 시제품 제작														28,000	윤찬석 (국가식품 클러스터지 원센터)
3	핵심 개발기술 개발방향 정립														39,000	이강표 (에프엠에 스코리아)
4	핵심 개발기술의 자체 분석 및 시험														28,000	서상욱 (한국건설 생활환경시 험연구원)
2차년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	저가형 진공 단열재 개발 및 평가														42,000	윤찬석 (국가식품 클러스터지 원센터)
2	핵심 개발기술 상세설계														84,000	이강표 (에프엠에 스코리아)
3	핵심 개발기술 시작품 및 실내시험														42,000	이운석 (연세대학 교)
4	시제품 제작 및 시험 평가														42,000	서상욱 (한국건설 생활환경시 험연구원)
3차년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	보냉용기 적용 최적화 및 양산 가능성 검토														50,000/ 37,000	이운석(연)/ 윤찬석(식)
2	현장 적용성 평가														51,000	서상욱 (한국건설 생활환경시 험연구원)
3	핵심개발기술 최적화 및 사업화 검토														72,000	이강표 (에프엠에 스코리아)
4	연구개발 보고서														-	이강표 외 (에프엠에 스코리아 외)

표. 연차별 연구개발 추진일정

제 2절. 연차별 연구개발 내용

1. 1차년도

가. 주관기관 FMS

(1) 글로벌 택배 배송용 보냉유지 단열용기 컨셉 정립

(가) 국내 기업 현황 조사

○ 레코

- 2016년 4월 신선제품을 위한 전용 포장재 '쿨팩'을 출시함
- 식료품이나 농수산 품목, 화장품 등의 제품을 택배로 배송할때 신선도 유지를 위해 사용하는 포장재로 스티로폼을 활용한 EPS박스나 알루미늄 은박으로 만든 보온, 보냉 포장재들의 문제점인 재활용의 어려움을 해결하는 제품을 출시함
- 소재는 고성능 폴리에틸렌으로 구성되어 있으며 공기 주입식 제품이라 EPS박스보다 단위 부피가 적고 일반 비닐 포장재보다 내구성이 뛰어나 손쉽게 재활용할 수 있음
- 세계적인 유통판매 업체들의 신선제품 당일배송시스템 구축에 초점을 맞추어 냉동, 냉장, 신선 제품, 화장품 등의 시장을 타깃으로 시장을 확장할 계획임



그림. 레코의 전용포장재 '쿨러'

○ OCI

- 2013년 9월, 에너백쿨러를 출시함
- 캠핑시 필요한 아이스박스를 출시, 신선식품의 신선도 유지와 생수를 보관하기 위한 제품
- 고성능 친환경 단열제 에너백을 적용하여 최대 7일 동안 신선한 보냉력 유지에 초점
- 고급형 냉장고에 적용되는 단열재를 적용하여 외기온도 36도에서도 음식물을 장시간 보관
- 20만원대 고가이며 지속사용하는 아이스백으로 본 과제의 기술과는 상이함



그림. OCI의 캠핑용 제품 ‘에너백쿨러’

○ CJ 대한통운

- 전문 의약품 배송에 특화된 정온관리 솔루션 ‘스마트 큐브(Smart Cube)’
- EPS 재질 단열재보다 향상된 단열 효과를 자랑해 최대 시간, 2~8도 유지 가능함
- 반영구적인 재사용 및 폐기가 용이한 친환경 소재를 사용하였으며 온도, 충격, 개폐 정보의 실시간 모니터링으로 배송 신뢰성을 확보
- 그룹사의 일부 사업에 시범적으로 적용



그림. CJ 대한통운의 의약품 배송용기 ‘스마트 큐브(Smart Cube)’

(나) 국외 기업 현황 조사

○ 일본 야마토 운수의 ‘쿨택배’

- 대만 택배사업에 진출한 것은 2000년으로 당시 현지에서는 냉동·냉장식품 택배 서비스에 대한 수요가 거의 없었으나, 평균적으로 일본보다 기온이 높아 잠재적으로 수요가 높아질 것이라 판단하여 일반 택배사업과 함께 ‘쿨 택배’ 사업을 전개
- 특히 ‘쿨 택배’는 운송화물의 온도관리에 큰 주의를 기울여야 하며 운송트럭에서 고객의 집까지 짧은 시간에도 보냉전용팩과 전용 운송카트를 사용하도록 철저히 지도하고 있음
- ‘일본식’의 철저하고도 친절한 서비스가 서서히 현지 시장에 침투해 ‘쿨 택배’ 요금이 150대만 달러(약 6천원)로 고액임에도 불구하고, 과자류 대신 아이스크림의 주문, 농촌의 과일을 도시로 배달하는 경우 등의 이용이 증가해 2014년 택배 취급수량은 1,200만개로 2000년 대비 약 20배 규모로 성장
- 현재 야마토운수가 해외에서 ‘쿨 택배’ 사업을 전개하고 있는 곳은 대만, 싱가포르, 중국(상해), 홍콩, 말레이시아 등 5개국으로, 이 중 홍콩에서는 2013년, 대만에서는 2015년부터 일본으로부터의 신선식품을 익일배송하는 ‘국제 쿨 택배’

서비스를 개시

- 엔저기조 정착으로 방일 관광객이 증가하면서 일본 음식에 대한 수요가 높아져 일본産 메론, 복숭아, 성계, 전복 등을 주문하는 현지 부유층, 백화점, 고급 레스토랑이 증가, 홍콩에서는 금년 국제화물 취급량이 1년 전의 2배까지 증가하고 있음

○ 미국 아마존프레시

- 회원제로 운영되며 다음날 배달 서비스인 ‘아마존 프라임’ 서비스에 이어 2015년 주문 뒤 60분내배달해 주는 ‘아마존 프라임 나우’ 서비스를 도입했으며, 이를 위해 일반인들이 자신의 자동차로 상품을 전달해 주는 ‘아마존 플렉스’ 서비스도 시행 중임
- 또한 영국 슈퍼마켓 체인 모리슨과 손잡고 신선·냉동식품 배달에도 뛰어들어 아마존의 온라인쇼핑몰에 모리슨이 제공하는 신선·냉동식품 목록을 추가해 자사의 유통망을 통해 배달해주는 서비스를 시행 예정
- 신선함을 유지하고 물류 비용절감을 위해 쿨러와 드라이아이스를 이용한 크레이트(Crate)를 제작하여 사용하였으며, 다음 배송시에는 수거하여 재활용할 수 있으며 QR코드를 이용하여 배송현황 제공
- 2020년까지 도심지역 30분 배송을 목표로 하는 ‘아마존 프라임에어’ 서비스 구상



그림 . 아마존프레시의 크레이트(crate)

○ 미국 구글 익스프레스

- 구글은 미 특허청으로부터 ‘무인트럭 배송기술’ 특허를 따내며 배달 전쟁에 가세했으며, 전자상거래 분야의 진출을 위해 온라인 마케팅업체인 채널인텔리전스를 인수하여 런칭
- 미국 식료품 소매업체인 홀푸드마켓과 도소매 체인인 코스트코, 타겟 등과의 파트너십을 맺고 신선식품부터 생활용품까지 배달하는 시스템을 구축
- 샌프란시스코·로스앤젤레스 등지에서 신선식품을 당일 배달해 주는 서비스도 시작함

○ 중국 알리바바

- 계열사인 물류업체 차이나오(菜鸟)가 설립한 대형 식료품 유통센터를 통해 신선

식품 다음날 배달 서비스도 시행하며, 현재 중국 250여 개 배달가능 도시와 50여 곳의 익일내 배송서비스 가능 지역을 가지고 있음

- 3시간 내 헬스케어 제품을 배달하는 특급배송서비스인 ‘지쭈다오’ (極速到)에도 주력하며 사업을 확장하고 있음

○ 중국 징둥산청(JD.com)

- 종합 물류 플랫폼형태로 중국 전역 곳곳에 물류창고를 보유하고 있으며 물류 네트워크 구축에 큰 투자하고 있음
- 프루잇데이(FruitDay)는 중국 43개 도시에서 당일 배송을 256개 도시에서 익일 배송을 시행

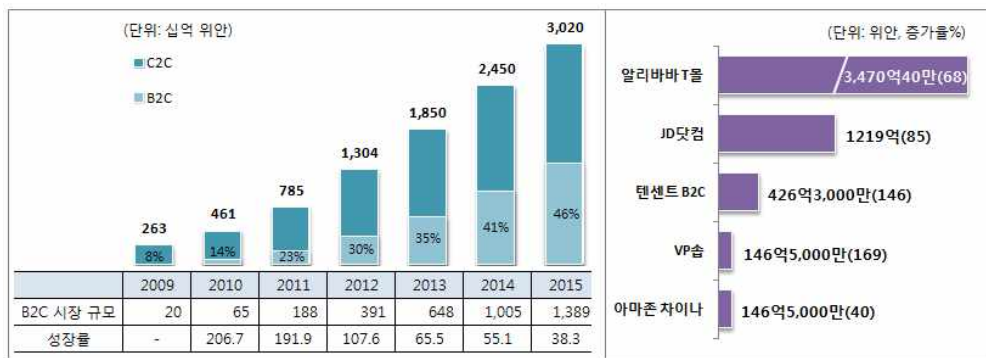


그림. 중국 전자상거래 시장 규모 및 B2C 5대 업체
(출처 : 아이리서치, 중화상업정보센터(CNCIC))

○ 중국 유미왕, 메이르유셴

- 2007년 런칭한 중국의 신선식품 전문 이커머스 유미왕은 특정지역에서 27위안 이상의 제품을 주문하면 1시간 이내에 무료배달이라는 파격적인 서비스 시행
- 유미왕은 2014년 아마존에게 2,000만 달러를 투자받았으며, 프리미엄 시장이 아닌 가격은 더 낮추고, 지역특산물과 국산품의 비중을 높임
- 메이르유셴은 중국 첫 상업화에 성공한 모바일 신선식품 전자상거래 플랫폼으로 신선식품유통에 모바일 개념을 도입하여 생산자와 소비자간 선진화된 유통시스템을 안착시킴

(다) RFP에 적합한 기술 수준과 사양 등 개념 정립

○ 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발

- 외부온도 35℃의 환경에서 내부온도 4~10℃ 유지
- 글로벌택배 배송용기의 기술수준과 사양을 확립하기 위해서는 기본적으로 국제안전운송협회(ISTA)에서 인증한 시험평가방법을 준수하여 패키징의 성능을 검증하는 방법이 합리적이다. ISTA 7D series Development Test Procedure 에 의하면,

Thermal Controlled Transport Packaging for Parcel Delivery System Shipment는 아래와 같은 조건을 제시하고 있어 비교적 가혹조건에 속하는 Summer Profile / Hot Shipping & Hot Receiving 구간을 선정하여 테스트 및 인증을 진행 할 예정.

표. ISTA 7D summer profile 72Hr

Winter Profile			Summer Profile		
Cold Shipping & Cold Receiving			Hot Shipping & Hot Receiving		
Temperature	Cycle Period Hours	Total Time Hours	Temperature	Cycle Period Hours	Total Time Hours
18°C (65°F)	4	4	22°C (72°F)	4	4
-10°C (14°F)	6	10	35°C (95°F)	6	10
10°C (50°F)	56	66	30°C (86°F)	56	66
-10°C (14°F)	6	72	35°C (95°F)	6	72

※ remark : Cyclic Test Profiles: For winter and summer transport conditions for international shipments from the United States : 72-hour international expedited airfreight transport.

-또한, ISTA 7D summer profile 상의 최고온도는 35°C 이므로 이를 최대 외부온도 설정값으로 선택하기로 함. 표 4의 summer profile을 도식화하면 아래와 같이 표현할 수 있으며, 이는 시제품 (또는 최종 개발품)의 테스트 및 ISTA 인증시에도 적용하여 시험을 진행 할 예정.

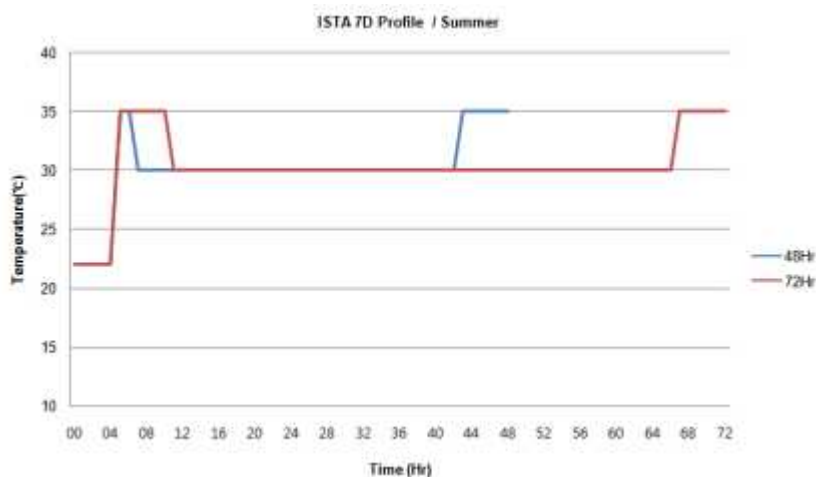


그림. ISTA 7D summer profile 72Hr

- 국제안전운송협회의 시험평가 방법외에도 실험적인 방법에 의한 외부온도 설정값을 유추할 수가 있는데, 항공기 화물칸의 실내온도를 참고하는 온도범위를 적용할 수 있다. 항공기 화물칸의 실내온도는 계절이나 탑재화물의 종류나 수량에 따

라 다르지만 대략 10~27℃ 를 유지하도록 되어있음.

- 또한, 항공기 화물칸은 환기, 여압, 온도조절, 소화 장치 유무에 따라 여러 구획으로 나누어져 있으며, 고도 1만 미터 상공의 외기온도는 -50℃ 내외이기 때문에 순항 중에 조종실에서는 화물칸 온도를 일정 기준으로 조절해주고 있음.

표. B747F 화물전용기의 화물칸 설정 온도 (자료출처: 일본항공)

화물칸 종류	온도설정 유무	화물칸 온도
메인데크	40°F(약4.5℃) 50°F(약7.2℃) 75°F(약24℃) 등 3단계 온도설정	2℃~27℃
	온도설정을 하지 않을 경우	15℃~20℃
하부/전방 화물칸	온도설정 불가	2℃~7℃
후방 화물칸	온도설정을 할 경우	-6℃~14℃
	온도설정을 하지 않을 경우	16℃~30℃

- 화물칸에 제품 특성별 일정 구획이 있지만, 후방 화물칸(back-ground yard)의 온도 미설정시 온도가 최대 30℃ 까지 설정되어 있음을 확인할 수 있다. 이는 글로벌 택배 배송용 용기가 실렸을 때 최대 30℃ 까지 외부온도가 상승한다는 것을 미루어 유추할 수 있음.
- 적용제품별 보관온도와 보냉용기의 지속시간을 정하는 기준은 고객사와 콜드체인 솔루션 제공업체마다 조금씩 다른 기준을 가지고 있다. 글로벌 배송과 관련된 사항으로 목적시간 (또는 지속시간)은 기본적으로 최소 72시간~ 최대 120시간을 보증하며, 수탁화물별 신선도 유지에 필요한 온도는 적용품목별로 다양하게 구분할 수 있음.
- 고급 신선육은 0℃~5℃의 기준으로 농촌진흥청 축산과학원의 근거자료에 따라 보관과 저장기간을 따르고 있으며, 송이버섯과 같은 버섯류는 1℃~5℃, 신선약용작물은 0℃~5℃의 통상적인 기준이 정해져 있음.
- 그러나, 각 제품군별 차별성과 개발 용기(냉매제 포함)의 기술성을 확보하기 위해, 아래와 같은 온도분포와 지속시간을 적용하여 개발하도록 한다. 고급신선육은 보관온도 -2℃ ~ 4℃로 육질의 부패를 최소화 하는 관점에서 지속시간을 최소 72시간(3일), 송이버섯은 보관온도 0℃ ~ 5℃, 지속시간을 최소 72시간(3일)으로 각각 선정하였음.
- 또한, 신선약용작물은 수삼, 인삼, 홍삼 등 다양한 제품을 적용할 수 있는데, 보관온도를 4℃ ~ 10℃로 하고, 지속시간은 최대 120시간(5일)으로 선정하였음. 이

는 실제 택배배송물의 특성에 따라 조금씩 변경 적용할 수 있도록 함.

표. 적용품목별 보관온도와 지속시간

적용품목	보관온도	지속시간
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간

- 글로벌 택배배송용기에 적합한 단열성능을 확보하기 위해 최소 72시간의 온도유지가 필요하며, 이는 one-way 배송용기의 특성에 맞는 재질선정 및 기초물성 등을 고려하여 연구가 기초되어야 한다. 1차년도에는 글로벌 택배배송용기에 적합한 기초 단열성능확보 방안을 연구하였으며, 이는 2차년도 시제품 개발에 근거가 될 예정임
- 아래의 표 8.에서 정리된 바와 같이, one-way 용으로 적합하고 단열성과 가격적으로 경쟁력이 확보된 EPS(expanded polystyrene)를 주요 단열용기 후보로 적용하고, 다른 단열용기 또한 열량계산 및 시제품 제작에 필요한 시뮬레이션에 활용하도록 함
- 공통 고려사항은 단열성이 비교적 우수한 EPS(expanded polystyrene), XPS(extruded polystyrene), EPP (expanded polypropylene) 재질을 선정하였으며, 택배배송용기 내부에 냉매제(보냉팩 또는 보냉파우치)가 삽입되는 상황을 고려하여, 내부 payload를 산정하는 작업을 진행하였다. 각 각의 제품과 용기 재질의 특성에 맞게 내부의 pack-out(냉매제의 구성과 배치)은 변경될 소지는 있지만, 10 liter의 payload를 확보한다면, 고부가가치식품을 수용할 수 있는 공간은 충분하다고 판단됨
- 최소 72시간의 온도유지가 필요하다는 전제로 보냉팩과 같은 냉매제의 총량 기준으로 7~8kg의 냉매제가 필요하다고 실험치로 확인 할 수 있으며, 이는 시제품 제작과 실험을 거쳐 이론치와 시뮬레이션 데이터를 검증 하고자 함

표. EPS 재질의 글로벌 택배배송용기 시제품

외관	구분	설명
----	----	----


	Material	EPS (expanded polystyrene) , 35배율
	Thickness	80T
	Payload	10 liter
	Dimension	outer : 440 x 440 x 430
Inner : 280 x 280 x 270		

표. EPP 재질의 글로벌 택배배송용기 시제품



외관	구분	설명
	Material	EPP (expanded polypropylene) , 13.5 배율
	Thickness	38T
	Payload	10 liter
	Dimension	outer : 430 x 370 x 435
Inner : 250 x 310 x 310		

표. XPS 재질의 글로벌 택배배송용기 시제품

외관	구분	설명
	Material	XPS (extruded polystyrene)
	Thickness	50T
	Payload	10 liter
	Dimension	outer : 400 x 400 x 450
Inner : 300 x 300x 350		

향후 제작될 용기의 구조를 정리하면, 아래와 같이 정리 할 수 있음

- 제품을 담는 용량(payload)을 기준으로 10 liter 이하 (냉매제와 단열재의 두께 제외)
- 용기 본체(body)와 뚜껑(lid)이 맞물리는 부분의 틈새를 최소화
- 용기 본체에 적재되는 냉매제가 이동하는 동안 움직이지 않도록 고정
- 단열재의 두께는 열관류율 측면에서 40mm~80mm를 확보하여 외부의 열을 차단 가능

- 열교(heat bridge)를 최소화할 수 있는 용기 구조 설계

위에서는 글로벌 택배배송용기의 온도유지 성능을 단열재질에 기본을 두고 기술하였다면, 본 장에서는 단열재질의 물성 및 특성은 상수(常數)로 취급하고, 냉매를 변수(變數)로 취급하여 필요한 열량과 그에 따른 테스트를 하고자 한다. 그림과 같이, 글로벌 택배배송용기는 내부 제품을 담은 박스(product box)와 냉매제(refrigerant), 그리고 단열용기(box)로 구성이 된다. 냉매제의 설계 또는 one-way에 적합한 보냉팩의 개발은 제품의 온도 유지에 빠질 수 없는 중요한 개발 요소에 속함.

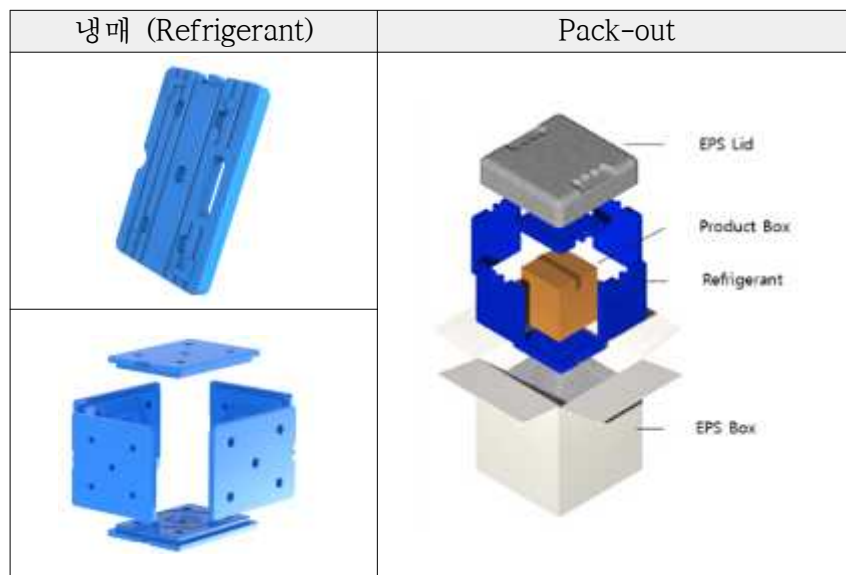


그림. 냉매 모습과 글로벌 택배배송용기 구조도

목적시간 72시간의 목표를 설정하여 표 8.에서 기술한 내용을 전제로 냉매의 열량 계산을 아래와 같이 진행하였음.

(2)단열재(주/보조 단열재) 특성 분석 및 적합성 연구

(가) 주/보조 단열소재의 특성 분석 및 글로벌 택배용기의 적합성 연구

- 건축자재로서의 주로 사용되는 단열재의 기초 물성을 아래의 표와 같이 확인하여 정리하였다. 국내용 택배에서 사용되고 있는 단열재 등급은 다등급이 주로 사용되고 있으며, 목적시간 48시간이상의 단열이 필요한 단열용기의 제작에는 등급가와 나가 주로 적용되어 개발되고 있음.

표. 단열재의 등급 분류 (출처: 건축물의 에너지절약설계기준)

등급분	열전도율의 범위	KS M 3808, 3809 및 KS L 9102에 의한

류	(KS L 9016에 의한 20±5°C 시험조건에서 열전도율)		해당 단열재 및 기타 단열재
	W/mK	kcal/mh°C	참고사항
가	0.034 이하	0.029 이하	- 압출법보온판 특호, 1호, 2호, 3호 - 비드법보온판 2종 1호, 2호, 3호, 4호 - 경질우레탄폼보온판 1종 1호, 2호, 3호 및 2종 1호, 2호, 3호 - 그라스울 보온판 48K, 64K, 80K, 96K, 120K - 기타 단열재로서 열전도율이 0.034 W/mK (0.029 kcal/mh°C)이하인 경우
나	0.035~0.040	0.030~0.034	- 비드법보온판 1종 1호, 2호, 3호 - 미네랄울 보온판 1호, 2호, 3호 - 그라스울 보온판 24K, 32K, 40K - 기타 단열재로서 열전도율이 0.035~0.040 W/mK (0.030~0.034 kcal/mh°C)이하인 경우
다	0.041~0.046	0.035~0.039	- 비드법보온판 1종 4호 - 기타 단열재로서 열전도율이 0.041~0.046 W/mK (0.035~0.039 kcal/mh°C)이하인 경우
라	0.047~0.051	0.040~0.044	- 기타 단열재로서 열전도율이 0.047~0.051 W/mK (0.040~0.044 kcal/mh°C)이하인 경우

- 또한, EPS (Expanded Polysterene)은 다른 단열재의 장점과 단점을 두루 갖추고 있어, 경량의 저비용의 제품에 적합하고, 내구성이 EPP와 같이 견고하지 못해, 일회성으로 사용하는 단열용기에 적합한 재질로 표현할 수 있음
- 아래의 표에는 EPS 단열재와 기타 유사 단열재질의 기능적 측면을 비교하여 정리하였음

표. EPS와 유사 단열재질과의 기능 비교정리

재료	중량	성형성	리사이클	코스트	에너지흡수 효율	복원성
EPS	○	○	×	○	×	×
EPP	○	○	○	△	○	○
EPP + 보드(복합)	○	○	○	△	△	△
경질 우레탄	○	○	×	△	○	×
금속	×	○	○	×	○	×

표. ESP와 유사소재의 특성 비교

항목	EPP	EPE	EPS	PS/PE
밀도(g/l)	20~60	25~47	13~200	20~93
배율	15~45	20~38	5~75	10~45
압출강도	양호	보통	매우양호	양호
파손성	양호	양호	불량	보통
탄성안정성	양호	매우 양호	보통	보통
유연성	양호	매우 양호	불량	보통
항장력	매우 양호	보통	보통	양호
내약품성	매우 양호	매우 양호	보통	양호
내열성	매우 양호	보통	보통	보통
치수정밀도	매우 양호	보통	매우 양호	보통
동적완충(1회)	양호	양호	매우 양호	양호
동적완충(반복)	매우 양호	매우 양호	불량	보통

(나) 1차년도 시제품 제작에 필요한 단열소재 정리

- 앞에서 EPS 재질을 주 단열재질로 선정하고, 동일 재질로 구성된 선진사 또는 경쟁사 제품의 샘플을 입수하여 비교 검증도 해보았다. 협동연구기관에서 진공단열재 (V.I.P)의 시제품을 제작하고 있는 배경에는 기본 단열재와 보냉팩의 구성만으로는 본 과제의 기술요구 수준인 목적시간 최대 120시간의 성능을 만족시키는데 어려움이 존재하기 때문임



그림. 진공단열재 (V.I.P)

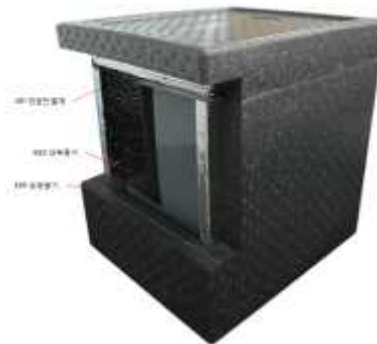


그림. 진공단열재를 적용한 EPP 단열용기 단면도

- 그리하여, 차년도 글로벌 택배배송용기 상세설계에 접목하기 전에 상용화 된 산업용 진공단열재(열전도율 $K=0.0027W/mK$)를 구입하여, 그 성능을 검증하고 적합성을 검토 하였음

- 실험 방법은 EPP 단열재로 구성된 단열용기의 내부 육면에 진공단열재 삽입하고, 환경챔버를 통해 온도특성을 측정하였다. 그 후에, 진공단열재를 제거하고, 환경챔버를 통해 온도특성을 재측정 함

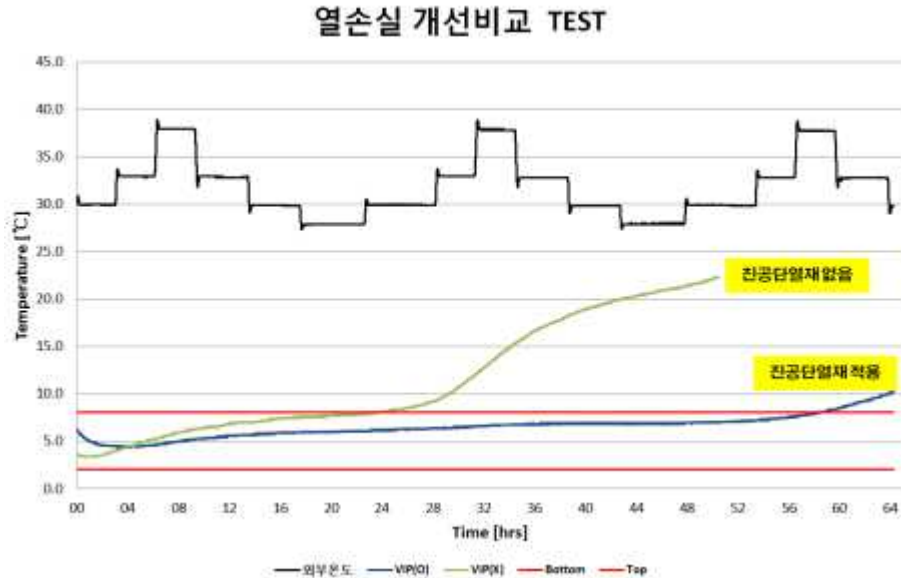


그림. 진공단열재의 유무에 따른 온도특성 차이

- 위의 그림 동일한 외기온도와 시험환경에서 진공단열재의 유무에 따른 온도특성 차이를 보여주는 데이터이다. 진공단열재의 유무에 따라 최대 140%이상의 열손실이 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 진공단열재가 없는 제품은 온도유지시간이 25시간 이내로 글로벌 택배배송용도 보다 국내 택배배송용으로 적합한 수준으로 확인 되었음.

표. 진공단열재의 유무에 따른 온도특성 실험 정리

진공단열재 적용	적용 전	적용 후	성능 비교
목적온도	온도 그래프 불안정	2°C ~ 8°C	안정적 온도성능 확보
목적시간	25시간 이내	60시간 40분이상	140%이상 향상
응용분야	국내 택배배송용	글로벌 택배배송용	바이오 및 확장가능

- 결론적으로, 글로벌 택배용 배송용기를 구성하는 EPS 재질과 진공단열재의 조합은 EPS 본체의 두께를 감소와 온도 유지시간의 향상에 기여할 것으로 예상되며, 차년도에 적용제품별 패키징레벨의 검증이 필요함

(3) 글로벌 택배 배송 용기용 보냉팩 시제품 개발

(가) 대상 제품 선정 및 적용 따른 보냉팩 열량계산

- 고부가가치 식품을 어떠한 제품으로 선정하는 지에 따라 제품의 신선도와 제품에 설정하는 온도범위가 조금씩 차이가 발생하게 된다. 이를 위해 적용품목을 선정하고 그에 따른 보관온도와 지속시간에 따른 보냉팩의 필요 열량을 계산하여, 보냉팩 및 냉매제의 개발 방향을 계획할 수 있음

○ 글로벌 대상 제품군의 상변화 물질 선정

- 보냉팩이 사용되는 대상제품군은 아래와 같은 고부가가치 신선식품류로 선정하며, 각 제품의 특성에 맞게 보관온도와 지속시간의 범위를 설정하여, 냉매제를 각 제품과 온도대에 적합한 상변화물질 (PCM : Phase Change Material)로 선정.

표. 보냉팩이 필요한 제품별 보관온도 및 지속시간

적용품목	보관온도	지속시간	상변화물질
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간	-2℃ PCM
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간	0℃ PCM
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간	5℃ PCM

○ 대상 제품군의 선정에 따른 보냉팩 열량 계산

- 적용대상 제품에 따른 지속시간과 목적온도가 표 14와 같다는 전제로, 상변화물질을 함유한 보냉팩의 열량을 계산할 수 있다. 이는 외부온도 조건만 고려가 되어있으며, 보냉팩을 구성하는 재료와 적용제품이 품고 있는 온도 또는 환경적인 변수는 고려하지 않은 이론상의 계산임.

보냉팩의 냉매의 열량 계산은 보냉팩과 글로벌 택배배송용기 설계에 있어 아주 중요한 요소이며, 차후 시뮬레이션과 시제품 제작을 통한 검증이 반드시 필요하다. 이를 validation이라고 업계에서 부르고 있으며 이는 고부가가치 식품뿐만 아니라 바이오, 의약품 등 온도 관리가 필요한 솔루션에서 필수항목이 되어 가고 있음

	외기 온도(°C)	목적 온도(°C)	지속 시간(h)	열량계산
고급신선육	30	0	72	① 보냉팩의 상변화 물질 -2°C : 잠열량 250j/g (6.4kg 필요) ② 0.4592(m ²) x 0.19516 (W/m ² K) x 30 (K) x 72 (hr) = 422 (Wh) ③ 보냉팩의 필요 열량 : 400kcal
송이버섯	30	3	72	① 보냉팩의 상변화 물질 0°C : 잠열량 300j/g (4.8kg 필요) ② 0.4592(m ²) x 0.19516 (W/m ² K) x 27 (K) x 72 (hr) = 380 (Wh) ③ 보냉팩의 필요 열량 : 360kcal
신선약용작물	30	8	120	① 보냉팩의 상변화 물질 5°C : 잠열량 180j/g (10.9kg 필요) ② 0.4592(m ²) x 0.19516 (W/m ² K) x 22 (K) x 120 (hr) = 516 (Wh) ③ 보냉팩의 필요 열량 : 490kcal

(나) 상변화물질을 이용한 보냉팩 시제품 개발

- 글로벌 택배배송에 적합한 보냉팩은 크게 세가지 분류로 구분할 수 있다. 고밀도 폴리에틸렌 (high density polyethylene, HDPE) 재질로 제작된 제품과 젤팩 (carton 포함), 그리고 sheet 타입의 기능성 원단내부에 상변화물질을 주입하여 제작된 제품이다. 글로벌 택배배송에 요구되는 보냉팩의 방향을 결정하고, 성능을 확인하는 작업을 걸쳐 차년도에 최적화 된 제품을 적용할 계획임

○ 상변화물질을 이용한 냉매의 초기 설정값과 방향 결정

- 적용제품 별로 냉매로 사용할 수 있는 상변화 물질과 필요한 열량을 간략하게 정리해보았다. 일반적으로 업계에서 사용되는 보냉팩의 중량은 0.5kg ~ 2.0kg 까지 다양하다. 기본적으로 1.0kg의 보냉팩을 사용한다고 가정하면 목적온도와 목적시간에 따라 다르지만, 표 15의 내용을 적용하면 5개~11개의 보냉팩이 용기 내부에 삽입되어야 한다고 볼 수 있음

표. 상변화물질을 이용한 보냉팩 기본정보

적용품목	보관온도	지속시간	상변화물질	필요열량
고급신선육	-2°C ~ 4°C	최소 72시간	-2°C PCM (미정)	400kcal / 6.4kg
송이버섯	0°C ~ 5°C	최소 72시간	0°C PCM (water based)	360kcal / 4.8kg
신선약용작물	4°C ~ 10°C	최대 120시간	5°C PCM (Tetradecane)	490kcal / 10.9kg

고급신선육에 사용되는 -2°C PCM 은 당해년도에는 개발방향이 정해지지 않았다. 당해년도에는 0°C PCM으로 같은 보냉팩을 제작하여, validation을 진행하고자 하는 컨셉으로 접근하고 있어, 차년도이후에 연구 및 개발을 통한 성능검증이 진행될 예정이다

송이버섯과 같은 고가의 버섯은 water base와 고흡수성수지 (S.A.P)을 이용한 gel pack을 제작하여, 보냉팩을 제작하는 방법으로 방향을 접근하고자 한다. gel pack에 carton을 씌워 냉기로 인한 직접적인 열충격을 방지할 수 있어 손쉽고 취급하기 편리함

마지막으로 신선약용작물과 같이 최대 120시간의 고열량이 필요한 품목은 목적온도와 지속시간을 모두 맞추는 것이 난제이다. 현재 대안으로는 5°C PCM (Tetradecane)으로 시뮬레이션하고 있으며, 필요열량이 기본적으로 높아 pack-out을 지속시간에 맞게 개선하는 방법도 고려해야함

○ 상변화물질을 이용한 보냉팩 시제품 개발

기능성 sheet를 합지하여, 특정 온도대의 상변화물질을 수용할 수 있는 공간(cell)을 만들어 실링하게 되면 기존의 무겁고 취급하기 불편한 플라스틱계열의 하드케이스와 차별성을 확보할 수 있는 sheet 타입의 보냉팩을 제작할 수 있음

당해년도에는 제품 디자인 단계와 시제품 제작에 필요한 요구사항을 검토완료 하였으며, 차년도에 글로벌 택배배송용기의 기초 설계와 치수가 완료되면, 그 용기의 내부에 적합한 보냉팩의 개발이 본격적으로 진행될 예정이다.

그림 sheet 타입 보냉팩의 시제품의 디자인을 나타냈으며, 이는 가장 기본적인 디자인으로 향후 cell의 수량이나, sheet를 구성하는 원단의 두께 등은 글로벌 택배배송용기나 적용제품군에 따라 지속적으로 변경될 가능성은 있음.

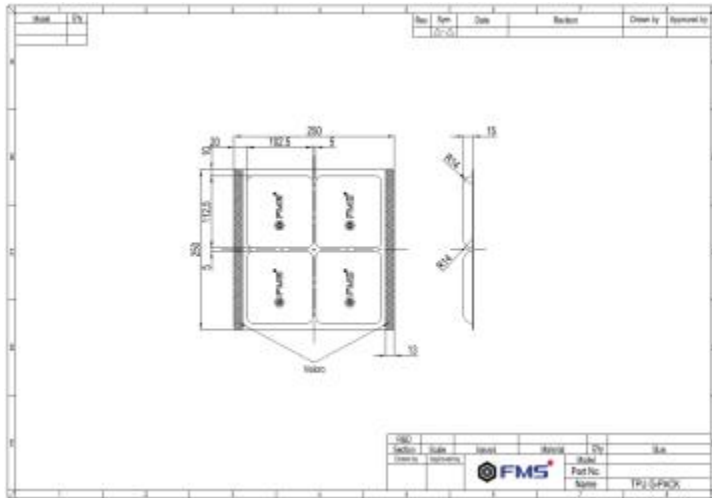


그림. Sheet 타입의 보냉팩 (2D)



그림. Sheet 타입의 보냉팩 (3D)

또한, sheet 타입으로 개발을 진행하기 때문에 원단내부에서 주입된 상변화물질의 누수(leak) 또는 전이(migration)현상이 발생하는지 정밀하게 검토가 필요하다. 현재까지 생산성 및 누수(leak)현상으로 인한 검토와 개선작업이 진행되었으며, sheet (원단) 레벨에서의 연구는 완료 됨.

표. sheet 타입 보냉팩의 원단소재의 구조 (layer)

구성	두께 (두께:350 μ m)	기능	비고
MDPE		열 실링	
EVA	250	내한성, 수분차단성	- MDPE/EVA/EVA-3layer가 한 필름으로 구성
EVA		내한성, 수분차단성	
Nylon	15	밀폐성(wax계열), 강성	- MDPE면 유광, PVC면 무광 처리
PVC	80	고주파 실링	

그림에는 HDPE 재질의 용기를 이용한 보냉팩을 표현하고 있다. 기본적인 제품 디자인과 기능적인 측면은 개발 초기단계에서 반영 완료하였으며, HDPE 재질은 금형 또는 mock-up으로 제작을 하는 작업이 필요해 제품의 수정과 개선하는 어려움이 따른다. 또한 부가적인 비용도 수반되어 차년도에 글로벌 택배배송용기의 기초설계의 일정과 함께 진행하고자함.

앞장에서 기술한 바와 같이 옆면의 두께는 30~40T로 선정하여, 보냉팩의 예냉이 골고루 빠르게 진행될 수 있도록 설계하였음.

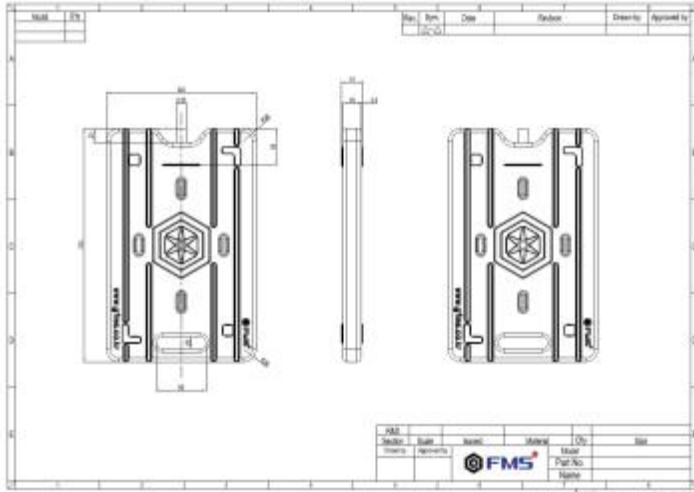


그림. HDPE plate의 보냉팩 (2D)

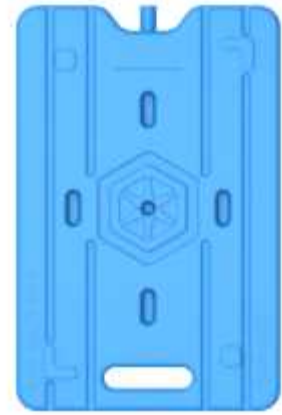


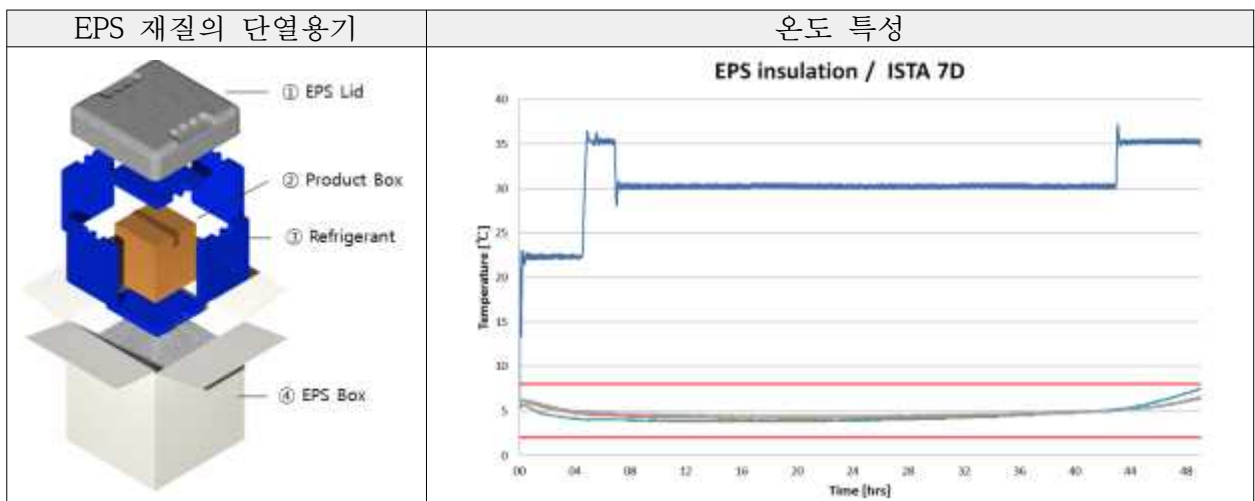
그림. HDPE plate의 보냉팩 (3D)

(4) 글로벌 택배 배송 용기용 단열용기 구조 연구

(가) RFP의 목적시간과 목적온도 정합성 유무 검증

- 기존 선진사의 제품사양을 조사한 결과 2°C~8°C의 온도 범위와 최소 72시간의 온도유지특성을 만족하면, 보냉팩의 구성을 변경하여, 고급신선육 -2°C ~ 4°C / 송이버섯 0°C ~ 5°C / 신선약용작물 4°C ~ 10°C 로 정의된 제품별 온도 범위를 세부적으로 만족할 수 있을 것으로 전망함.
- 이를 검증하기 위해, 시제품 3종을 주관기관에서 보유하고 있는 환경챔버를 사용하여, 온도특성을 검증하여 보았으며, 이에 대한 분석자료를 아래와 같이 기술하였음.

○ EPS 재질 용기 (EPS Insulation Box)

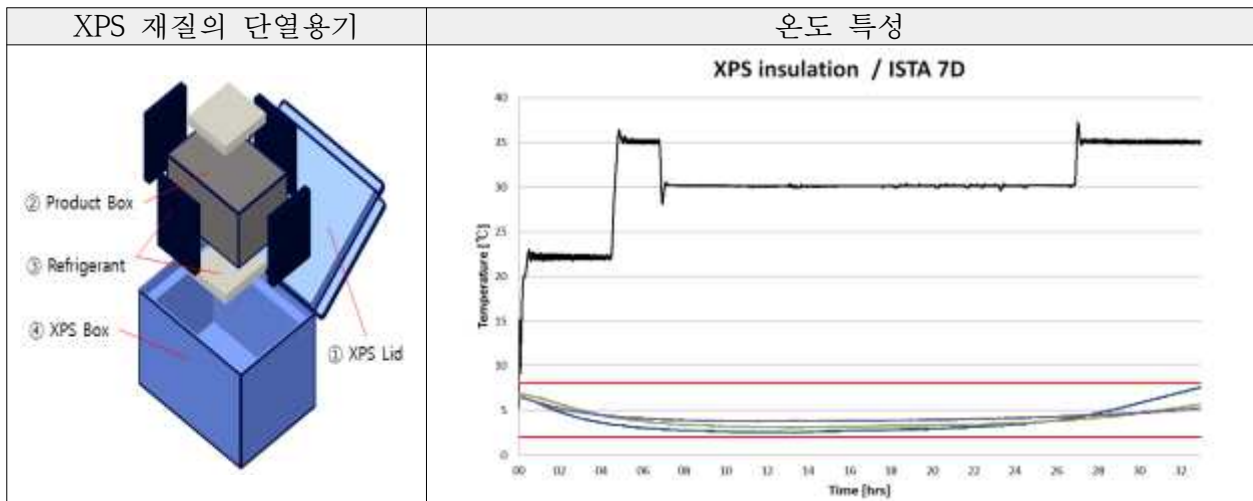


- EPS를 용기의 주 단열재질로 사용하여, 10liter의 payload를 확보할 수 있도록, 시제품

을 제작하였음.

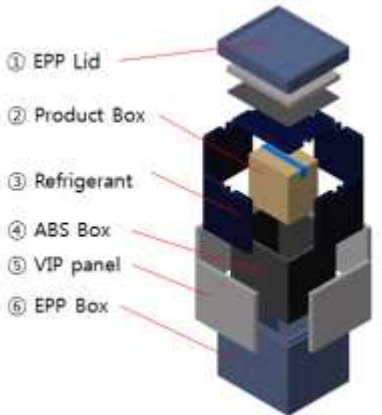
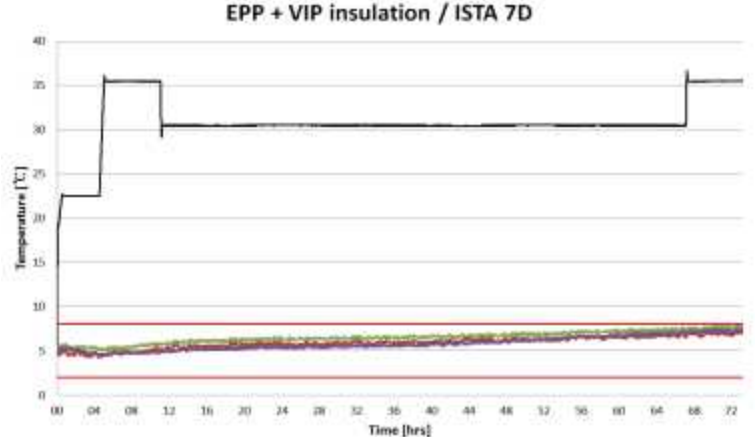
- 글로벌 택배배송 규격에 적합한 ISTA 7D(summer) 조건으로 온도특성을 검증하였음.
- 목적온도 2°C~8°C / 목적시간 48시간을 만족하는 성능의 온도특성 보임.
- 2차년도에 진공단열재(VIP)를 접목한 고부가가치 식품용 고효율 단열용기로의 가능성 확인.

○ XPS 재질 용기 (XPS Insulation Box)



- XPS를 용기의 주 단열재질로 사용하고, 내부에 inner case를 사용하여, 10liter의 payload를 확보할 수 있도록 시제품을 제작하였음.
- XPS panel 에 aluminum 원단을 입혀, heat bridge를 개선 하였음.
- 글로벌 택배배송 규격에 적합한 ISTA 7D(summer) 조건으로 온도특성을 검증하였음.
- 목적온도 2°C~8°C / 목적시간 32시간을 만족하는 성능의 온도특성 보임.
- 단열용기 원가구조의 경쟁력이 없고, 온도 성능이 국내 배송용에 적합하여 본 과제 개발목표에서 제외.

○ EPP 재질 용기 (EPP Insulation Box)

EPP 재질의 단열용기	온도 특성
	
<ul style="list-style-type: none"> • EPP을 용기의 주 단열재질로 사용하고, EPS보다 EPP가 기본 단열성능이 떨어지는 것으로 알려져 있으므로, 보조 단열재질로 진공단열재(V.I.P)를 적용함. • EPP와 EPS 의 구조적 특성, 단열적 특성을 배제한 진공단열재의 개선효과를 확인 가능. • 글로벌 택배배송 규격에 적합한 ISTA 7D(summer) 조건으로 온도특성을 검증. • 목적온도 2°C~8°C / 목적시간 72시간을 만족하는 성능의 온도특성 보임. • EPP 제품이 강도와 신뢰성이 EPS보다 높아, 일회성이 아닌 다회성 용도에 적합. 	

(나) 열손실 문제 및 단열 특성 고려한 단열용기 구조 연구

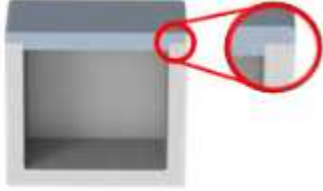

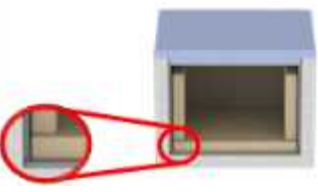
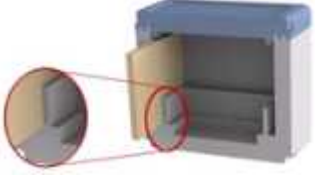

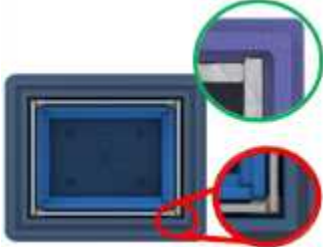
- 목적온도와 목적시간의 유지를 위해서는 단열용기를 구성하는 기본 단열재의 선정과 냉매제의 충분한 물리적 열량이 출발지에서 도착지까지의 제품의 신선하고 안전한 배송을 보장해 줄 것이다. 이러한 주된 요소말고도, 단열용기의 구조적인 측면과 보조 단열재의 적용 및 개선 등이 열손실 문제, 제품의 내구성과 관련된 요소도 패키징에 있어서는 매우 중요한 사항임.
- 이러한 열손실과 단열특성과 관련된 구조연구는 2차년도 글로벌 택배배송용기 기초 및 상세설계에 반영되어 고효율 보냉용기 시제품 제작의 기초연구로 사용 될 예정임.

○ 글로벌 택배배송용기 구조연구

- 글로벌 택배배송용기의 구조적인 측면에서는 기존의 일반 패키징 설계에 있어, 차별성을 열손실과 Heat bridge의 저감에 중점을 두고 설계할 예정이다. 또한, 1차 설계에서 72시간이상의 온도유지 확보가 물리적으로 불가할 경우에는 진공단열재를 적용하여, 외부온도와 내부온도와의 열관류를 최소화하여 최대 120시간의

온도유지가 가능하도록 구조적 문제와 열손실 방지에 연구에 만전을 가할 예정이다. 아래의 표는 기존의 일반 국내배송용 택배용기와 글로벌 택배배송용기의 구조적 차별성을 정리한 내용임

표. 글로벌 택배배송용기 구조적 개선 연구

기존 설계	설계변경 및 구조연구	차별성
		<ul style="list-style-type: none"> • 2중 요철 구조의 설계 • 외부충격에 의한 Lid 개폐 방지 • 내부 냉기의 외부유출 차단 기능 • Heat Bgidge 최소화 설계
		<ul style="list-style-type: none"> • 냉매패널 고정을 위한 슬라이딩 홈 • 냉매패널과 수탁물의 충격방지 • Heat Bgidge 저감 설계 • 냉매패널 고정에 의한 온도 안정성 확보 • 패킹 작업의 편리성
		<ul style="list-style-type: none"> • 바이오의약품 운송박스에 최적화 된 구조 및 패키징 • 단열패널 고정을 위한 고정바 • 진공단열패널 (V.I.P)을 적용한 Heat Bridge 저감 설계 • 냉매제를 저장하여 목적시간/온도를 유지하는 특수용기 설계 기술

○ 최소 72시간 ~ 최대 120시간 적용제품 특성 고려한 시제품 시뮬레이션

- 단열재의 기본물성 설명하는 용어에는 열전도율, 열관류율 등의 용어가 있는데, 열전도율은 단위두께에 대한 열적특성, 열관류율은 특정두께에 대한 열적특성이라고 간략하게 정의된다. 즉, 열관류율은 단열재의 두께에 따라 달라지는 값을 의미하며, 특정한 열관류율을 유지하기 위해서는 단열재의 두께를 키우거나 줄여 패키징을 제작해야한다는 의미로 해석할 수 있음
- 이전에 글로벌 택배배송용 보냉유지 단열용기 컨셉을 정의할 때, 최소 72시간의 단열성을 확보하기 위해 내부용기에 삽입하는 냉매제의 양을 일정(7.2kg)하게 고정하고, 열량 계산식에 의해 열관류율 개념을 적용하여 용기의 적정 두께를 산출

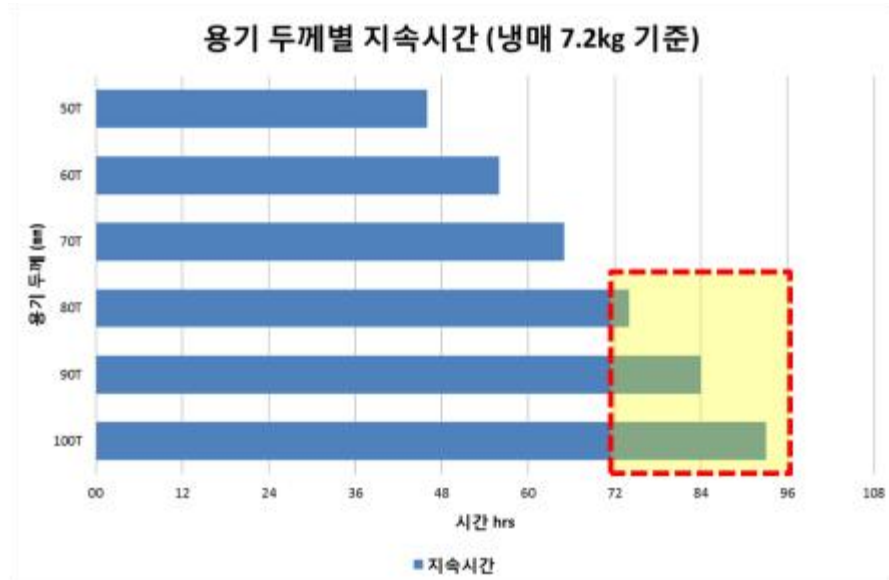


그림. 용기 두께와 지속시간의 상관관계

글로벌 택배배송용기의 재질로 사용하고자 하는 단열재의 열전도율과 에너지 비용의 상관관계를 계산하여 단열성능의 한계치를 산출하면, EPS 재질의 경우 그림 9와 같이 계산할 수 있다. 즉, 두께를 80T에서 100T로 증가하면 약 90시간이상까지도 향상할 수 있다는 결론임.

- 여기서, 두께의 상승에 따른 무게의 증가와 상품성 훼손은 일단 배제함
- 당해년도에서는 에너지 비용보다는, 글로벌 택배배송용기의 설계 가능성을 시뮬레이션하고 최대 120시간의 온도특성을 검증하는 데 중점을 두고 연구하도록 하였는데, 차년도부터는 이를 기초자료로 하여 가격경쟁력과 에너지효율을 고려한 연구를 진행하도록 할 예정임

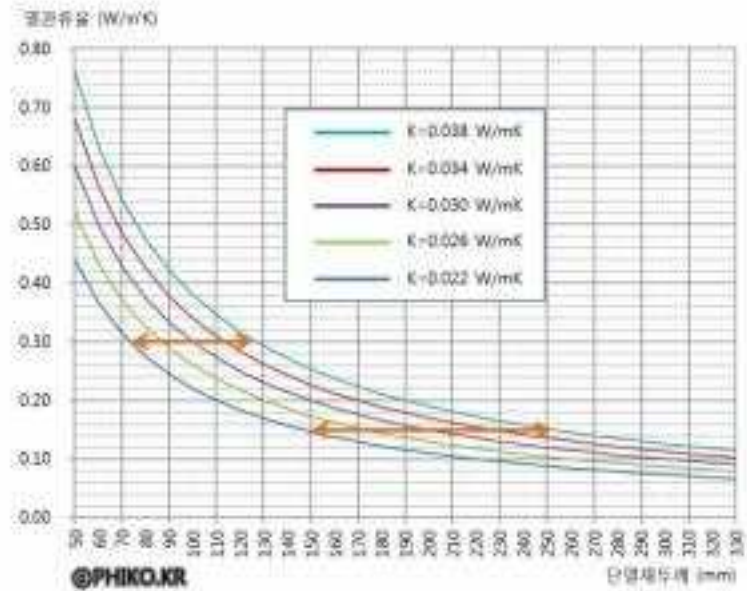


그림. 열관류율과 단열재 두께와의 상관성 (출처: 패시브하우스)

- 위의 그림에는 열관류율과 단열재 두께와의 상관성을 도식화하였는데, 일단, EPS ($K=0.038\text{W/mK}$, $K=0.034\text{W/mK}$) 와 폴리우레탄($K=0.022\text{W/mK}$)를 비교분석해보자. 먼저, 동일성능의 열관류율 $U=0.30\text{W/m}^2\text{K}$ 를 달성하기 위해서는 두 단열재의 두께가 각각 약 60T 차이라고 할 수 있다. 그러나, 열관류율 $0.14\text{W/m}^2\text{K}$ 를 달성하기 위해서는 두 단열재의 두께 차이가 110T 차이가 됨.
- 이는 고효율의 단열 용기를 제작하기 위해서는 목표 열관류율이 낮게 설정되어야 하는데, 열전도율이 낮은 소재의 선정만으로는 제작비용의 상승이 불가피하다는 결론을 방증하는 것이다. 즉, EPS 만으로는 설계에 한계가 있으며, 진공단열재와 같은 보조단열재의 채택으로 열손실의 최소화 및 에너지비용을 절감할 필요가 있다는 것을 알 수 있음.

(라) 선진사 제품 입수 및 경쟁사 제품 입수를 통한 성능 연구

- 제품의 수준을 확인하기 위해, 유사한 디자인과 단열재질의 구성 및 냉매제로 pack-out 되어 있는 선진사 또는 경쟁사 제품을 입수하여, 주관기업의 환경챔버를 통해 직접 성능을 확인하는 작업을 수행하였다. 이는 차년도 상세설계에 있어 성능을 가늠할 수 있는 지표로 사용될 수 있으며, 개발 제품의 원가구조와 개발 방향에 영향을 미칠 수 있음.

○ CSI 社 콜드체인 패키징

표. CSI 社 제품 정보 (2종)

제품	제품 설명
 <p>제품명 : C-12L-EPS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 제품명 : C-12L-EPS • 목적온도 : 2℃ ~ 8℃ • 목적시간 : 48시간 / 72시간 • 단열재질: EPS • payload : 12L • 제품용도 : one-way / 바이오
 <p>제품명 : C-16L-PU</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 제품명 : C-16L-PU • 목적온도 : 2℃ ~ 8℃ • 목적시간 : 48시간 / 72시간 • 단열재질: Poly urethane • payload : 16L • 제품용도 : multi-use / 바이오 , 신선식품

- 위의 그림 에는 CSI 社에서 입수한 온도측정용 샘플을 환경챔버에 넣고 온도센서를 삽입한 모습과 그 내부에 온도 측정용으로 보관한 의약품 샘플을 나타냄.



그림. CSI 제품 온도특성 시험 장면



그림. 내부 온도측정용 의약품 샘플

- 아래의 온도측정 결과를 확인해보면, 제품명 C-16L-PU는 2℃ ~ 8℃의 목적온도를 약 64시간정도 유지한 후에 상한선인 8℃ 을 이탈한 것으로 확인 되었다. 이 제품은 단열재가 Poly urethane으로 구성되어 있는데, 기본적인 단열성은 확보된 것으로 판단할 수 있으며, 냉매제의 구성을 변경하면 최소 72시간을 만족하는 온도 특성을 기대할 수 있음.

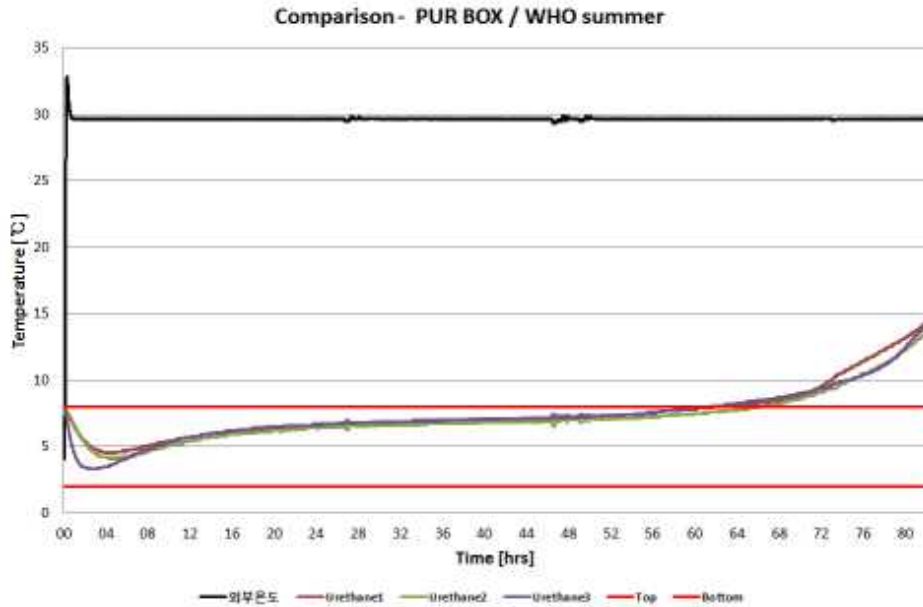


그림. CSI 社의 PUR 재질의 보냉용기 성능 (C-16L-PU)

- 아래의 그림은 제품명 C-12L-EPS의 온도 측정 데이터이다. 2°C ~ 8°C의 목적온도를 약 60시간정도 유지한 후에 상한선인 8°C을 이탈한 것으로 확인되었다. 이 제품은 단열재가 EPS로 구성되어 있는데, 72시간이하의 온도유지에 적합한 제품임을 알 수 있다. 그림과 달리 온도그래프의 분포가 고르지 못하고 위치별 분포가 차이가 생기는 점으로 미루어보아, 냉매제를 사용한 기술보다는 단열재의 두께 증가 및 보조 단열재의 채택 등이 필요한 것으로 확인 됨.

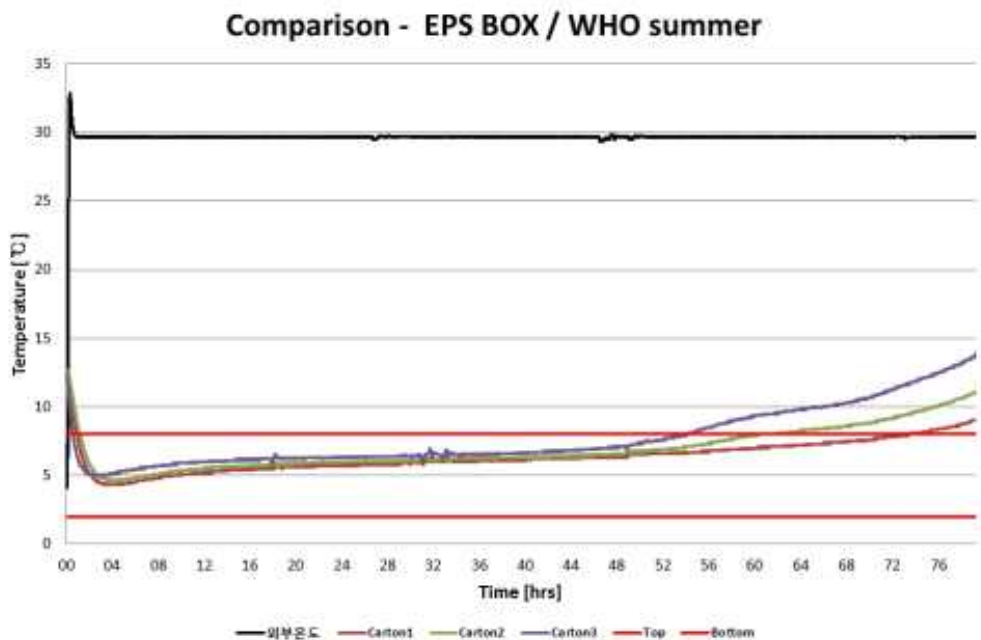


그림. CSI 社의 EPS 재질의 보냉용기 성능(C-12L-EPS)

○ Inmark 社 의 바이오 보냉용기

표. Inmark 社 제품 정보 (3종)

제품		제품 설명
		<ul style="list-style-type: none"> • 제품명 : FORTIS • 목적온도 : 2℃ ~ 8℃ • 목적시간 : 62시간 / 96시간 • 단열재질: EPS (Neopor) • payload : 8.4L
제품명 : FORTIS		<ul style="list-style-type: none"> • 제품용도 : one-way / 바이오
		<ul style="list-style-type: none"> • 제품명 : VOLO • 목적온도 : 2℃ ~ 8℃ • 목적시간 : 77시간 / 96시간 • 단열재질: EPS (Neopor) • payload : 6L
제품명 : VOLO		<ul style="list-style-type: none"> • 제품용도 : one-way / 바이오
		<ul style="list-style-type: none"> • 제품명 : SEPIO • 목적온도 : 2℃ ~ 8℃ • 목적시간 : 48시간 / 72시간 • 단열재질: EPS • payload : 7L
제품명 : SEPIO		<ul style="list-style-type: none"> • 제품용도 : one-way / 바이오

- 아래의 그림에는 Inmark 社에서 입수한 온도측정용 샘플을 환경챔버에 넣고 온도센서를 삽입한 모습과 그 내부에 온도 측정용으로 보관한 의약품 샘플을 나타내었음.



그림. Inmark社 제품 온도특성 시험 장면



그림. 내부 온도측정용 의약품 샘플

- 아래 그림의 Inmark 社의 EPS 재질의 보냉용기 성능 온도측정 결과를 확인해보면, 제품명 FOTIS는 2°C ~ 8°C의 목적온도를 약 56시간정도 유지한 후에 상한선인 8°C을 이탈한 것으로 확인되었음. 이 제품은 단열재가 EPS으로 구성되어 있는데, 일반 EPS는 아니고 Neopor 이라고 통상적으로 불리고 있는 기능성물질을 첨가된 단열재이다. 온도는 제품 메뉴얼에 의하면 62시간까지 확인할 수 있다고 하나, 조건과 외부적인 변수에 따라 재현되지 않을 수 있음.

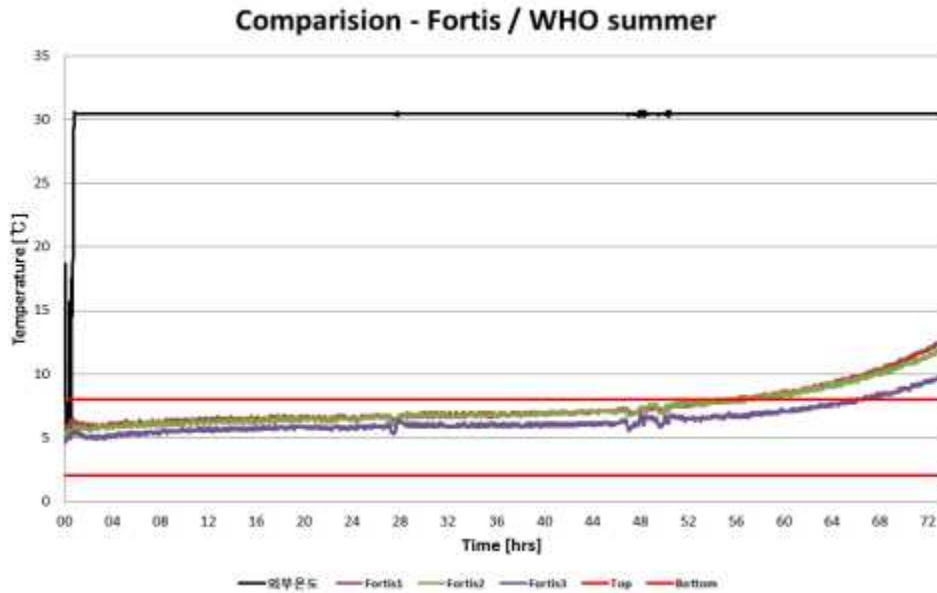


그림. Inmark 社의 EPS 재질의 보냉용기 성능 (FOTIS)

- 아래의 그래프는 Inmark 社의 EPS 재질의 보냉용기 제품명 VOLO의 테스트 결과이며, 평균 60시간의 온도유지 성능을 보여줌. 단열재질은 EPS (NEOPOR)이며, pack-out 을 목적에 맞게 변경하면 목적온도 2°C ~ 8°C를 유지하며, 최소 72시간 ~ 96시간의 목적시간을 확보가능한 제품으로 판단됨.

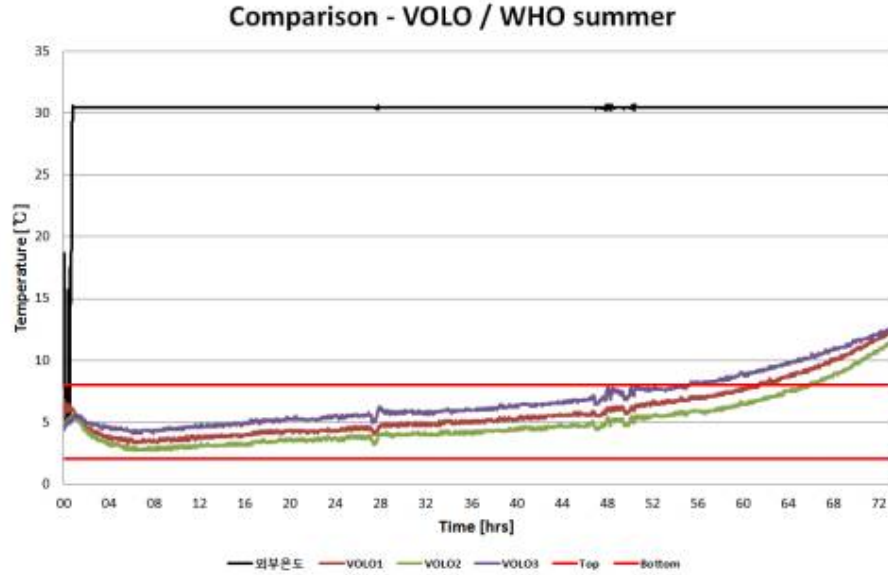


그림. Inmark 社의 EPS 재질의 보냉용기 성능 (VOLO)

Inmark 社의 EPS 재질의 보냉용기는 제품명 SEPIO 로 EPS 재질의 제품으로 , 이전에 주관기업의 시제품 컨셉과 상당히 유사한 제품이라고 할 수 있음. EPS 단일 재질만으로 이루어 SEPIO도 온도유지 성능이 48시간으로 비교적 무난한 성능으로 측정됨. 냉매제 pack-out 을 변경하여 72시간에 맞게 validation 하면 72시간까지 확장할 수 있을 거라 판단됨

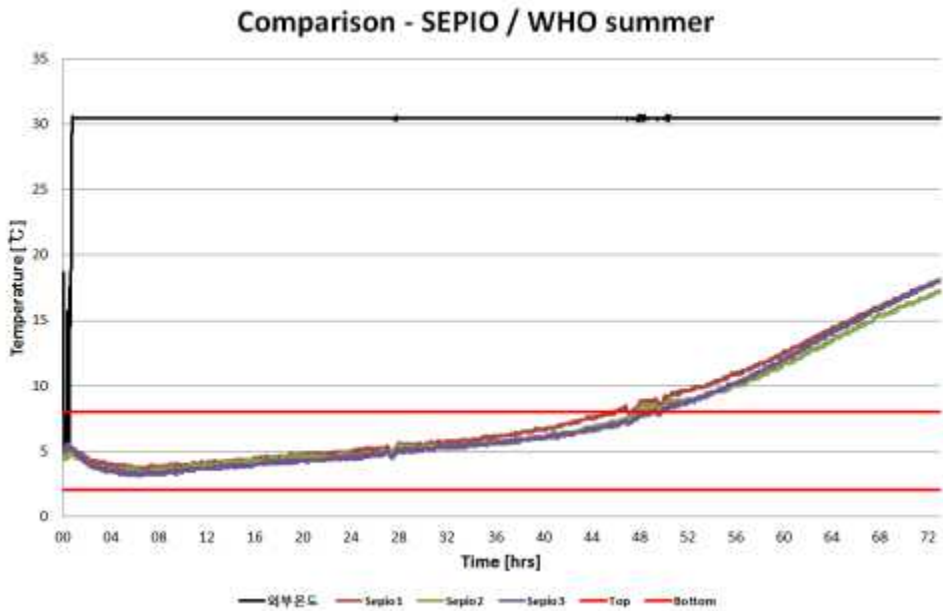


그림. Inmark 社의 EPS 재질의 보냉용기 성능 (SEPIO)

나 제 1협동 국가식품클러스터

(1) 기존 진공 단열재의 외피재 및 완제품 성능 분석을 통한 저가형 진공 단열재 최적 사양 도출

(가) 기존 진공 단열재의 구성요소 확인

○ 상용화 된 진공 단열재의 구성 요소

- 진공 단열재는 주요 선진국의 에너지 절감 정책에 따라 가전제품, 건축물 등 에너지 소비가 큰 가정용 에너지 사용을 효과적으로 낮추고자 연구가 증가하고 있으며 단열재의 두께가 얇아짐에 따라 내부 용적률은 높이면서 에너지 소비를 낮추기 위하여 필수로 사용되고 있는 단열재임
- 현재 상업화되어 사용되고 있는 진공 단열재의 구성요소(외피재, 심재)와 초기 열전도율, 내부 진공도에 관한 문헌 조사를 가전제품용, 건축용 등 사용 목적에 따라 표에 정리함

표 . 가전제품 적용 진공 단열재 조사

(출처: Vacuum insulation panel products: A state-of-the-art review and future research pathways)

Manufacturer	Product	Initial thermal Conductivity (mW/mK)	initial gas pressure	core materials	Envelope
Jinko	VIP	1~6	-	-	-
Va-Q-tec	Va-Q-pur	7~9	<1 mbar	PUR-foam	Al foil
	Va-Q-mic	2.8~3.5	<1 mbar	Micro fleece	
Foamcore INC	Therm-max	-	-	Aerogel	MF
Nanopore	VIP	4	-	Silica, titania and/or carbon	MF
Xiamen Goot	VIP	4	<0.1 Pa	Fibre glass	-
American Aerogel	Aerocore VIP	1.9~4.2	-	Organic aerogel	MF
Fujian supertehc	VIP	2.5	-	-	-
Unifrax	Exelfrax 200	3.75	-	Fumed silica, opacifiers	Laminated PE film

Manufacturer	Product	Initial thermal Conductivity (mW/mK)	initial gas pressure	core materials	Envelope
Neofas AG	Vakutherm	4.5~8.0	-	Pyrogenic silica	MF
Va-Q-tec	Va-Q-vip	5	<5 mbar	Fumed silica	High barrier film
	Va-Q-plus	3.5	<5 mbar	80% fumed silica, opacifiers, organic fibres	-
	Va-Q-plus A	3.5	<5 mbar	-	-
Qingdao	Creek VIP	3.5	<0.001 Pa	Fibre glass	-
Caralon Global	CG Max-Thermic	3.8	<1 mbar	Inert alkaline earth silicate glass wool	Al2O3
LG Hausys	VIP	4	-	Glass fibre board	Al laminated film

Porextherm	Vacupor NT-B2-S	5	<5 mbar	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF
	Vacupor RP-B2-S	5	<5 mbar	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	Al laminate
	Vacupor PS-B2-S	5	<5 mbar	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	Al laminate
	Vacupor TS-B2-S	5	<5 mbar	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	Al laminate + sound absorbing plastic board
	Vacuspeed	4.3	<5 mbar	Fumed silica, opacifiers	Al laminate
	Vacupor NT	-	<5 mbar	-	-
Dow Corning	VIP	3.69		Fumed silica	MF
Microtherm	Slimvac	4.2	<5 mbar	Filament reinforced silica and opacifier	MF
Vaku-isotherm	Standard	5	-	Fumed silica, opacifiers and cellulose fibres	MF
VakuVIP B2	-	5	-	Fumed silica, opacifiers and cellulose fibres	MF
Variotec	QASA	7	<7 mbar	Pyrogenic silica, opacifiers	-
Suzhou VIP	VIP	8	-	Glass fibre	-

표. 건축용 진공 단열재 조사

(출처: Vacuum insulation panel products: A state-of-the-art review and future research pathways)*MF : The metalized multilayer foil

- 가전제품용 진공 단열재의 초기 열전도율은 구성요소에 따라 1.0~9.0 mW/mK으로 넓은 범위로 확인되었으며, 건축용의 경우 3.5~8.0 mW/mK으로 가전제품용과 비교하여 그 범위가 좁았으나 평균적으로 가전제품의 진공 단열재에서 보다 낮은 열전도율을 가진 진공 단열재가 사용됨을 확인
- 내부 진공도는 가전제품에 적용되는 진공 단열재의 경우 약 1 mbar 이하, 건축용은 5 mbar 이하로 건축용 진공 단열재에서 약간 높게 나타났으며 건축용 진공 단열재에서는 주로 fumed silica 심재가 사용함을 확인
- 진공 단열재의 외피재는 사용 목적과 관계없이 Al foil, 금속 증착 필름 등 기체 차단성이 높은 금속 박막류 필름 등이 사용
- 진공 단열재의 내부는 진공으로 유지되는데, 이는 단열재 전·후 가스 분자의 이동을 차단하여 단열효과를 유지하기 위함으로 내부 진공이 유지되지 못 할 경우

단열재 내부에서 대류현상이 발생하고 이에 따른 열전달이 증가하여 단열효과가 매우 떨어짐

- 이러한 현상을 막기 위하여 진공 단열재 전체를 보호 할 수 있는 덮개를 추가한 진공 단열재도 상용화 되어 있으며 이는 표 보냉용기 적용 진공 단열재 최적 사양 에서 확인 할 수 있다.



그림. EPS로 덮인 진공 단열재

Manufacturer	Product	Initial thermal Conductivity (mW/mK)	initial gas pressure	core materials	Envelope
Va-Q-tec	Va-Q-VIP B	4.3	<5 mbar	Fumed silica	Foil and glass fibre
	Va-Q-Plus B	3.5	<5 mbar	80% fumed silica, opacifiers, organic fibres	Foil and glass fibre
Porextherm	Vacupor XPS -B2-S	5	<5 mbar	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	Al laminate+EPS
Vaku-isotherm	Gum-1	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + rubber granulate
	SP-1	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + polystyrene
	SP-2/E	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + polystyrene plates and sides covered with EPS
	Protekt-1	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + fleece
	Bauplatte	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + plastic plates and sides covered with EPS
	Sandwich paneel 1	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + glass plates and sides covered with EPS

	Sandwich paneel 2	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + glass/Al and sides covered with EPS
	Sandwich paneel 3	5	-	Fumed silica, opacifiers and fibre filaments	MF + Al/Al and sides covered with EPS
Variotec	QASA	7	<7 mbar	Pyrogenic silica, opacifiers	

표 . 보호 덮개가 추가된 진공 단열재 조사

(출처: Vacuum insulation panel products: A state-of-the-art review and future research pathways)

- 가전제품용 진공 단열재의 내구성은 약 10년, 건축용 진공 단열재는 약 30년으로 내구연한에서 큰 차이를 보이지만, 초기 열전도율은 사용목적과 관계없이 10 mW/mK 이하를 보였으며 이는 내부 진공도도 유사한 경향을 보임.
- 신선 농식품 택배 배송용 단열용기의 개발 목표를 달성하기 위하여 일반 단열재와 비교하여 두께가 얇아 내부 용량을 높일 수 있으며 단열효과가 우수한 진공 단열재는 장시간 온도유지에 필수적인 단열소재임.
- 보냉용기의 온도유지를 위해 진공 단열재와 함께 적용하는 보냉팩은 제품과 같은 공간에 적용되어 제품적재효율과 밀접하게 관련 있기 때문에 진공 단열재의 사양이 높을수록 보냉팩 사용량이 줄어들어 내부용량을 높일 수 있는 장점이 있음.
- 진공 단열재의 연구연한동안 단열효과는 초기 열전도율과 내부 진공도, 심재의 종류와 밀접한 관련이 있는데, 심재와 관계없이 내부 진공도가 높아질수록 열전도율이 높게 상승하며, 심재 중에서 fumed silica가 진공도의 영향을 가장 적게 받는다는 연구를 확인하였음.

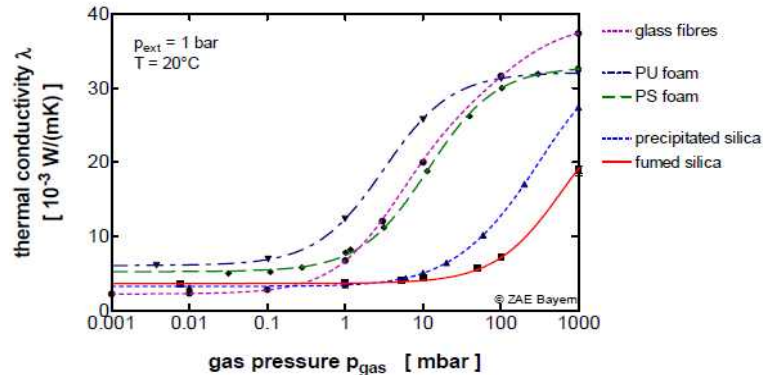


그림. 심재의 종류별 진공상태에 따른 열전도도

(출처: Vacuum Insulation Panels - Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Applications, 2005)

(나) 저가형 진공 단열재 열전도율, 내구성 등 최적 사양 도출

- 조사결과를 바탕으로 보냉용기에 적용하자기 위한 진공 단열재는 표와 같은 물성을 갖춘 제품을 시제품을 제작 할 계획임.

표. 보냉용기 적용 진공 단열재 최적 사양

물성목표	열전도율(mW/mK)	진공도(mbar)	내구성
2차년도	8.0~12.0	7 이하	1년
3차년도	5.0~10.0	5 이하	1년

(2) 저가형 진공 단열재 적정 심재 선정

- 진공 단열재 적용 심재 탐색 및 적정 심재 선정

- 진공 단열재의 내부를 구성하는 심재는 단열재의 형태 유지와 내·외부 가스이동을 차단하여 열전달을 최소화 하는 역할을 함으로써 진공 단열재의 단열효과를 유지하는 역할을 함.
- 진공 단열재의 심재는 Fumed silica, glass wool가 가장 많이 사용되며 glass wool을 적용할 경우 내부에 흡착제를 사용하여 glass wool에서 방출되는 잔류 기체 및 수분을 흡착하여 내부 진공도를 유지하도록 하며, 이외에도 일반 단열재로 사용되는 EPS, PU board 등을 심재로 사용한 단열재도 사용되고 있음.
- 진공 단열재의 초기 심재 재료는 glass wool이 사용되었는데, glass wool은 진공 단열재 성형전 건조 후에도 미세 잔존 가스가 남아 있어 시간이 지남에 따라 내부진공도가 상승하여 이를 보완하기 위한 흡착제를 추가로 삽입하여 진공도를 유지하여 사용되고 있음.

- Glass wool은 기공률과 기공 크기 조절이 쉬워 높은 절연 성능과 진공 단열재의 장기 내구성을 확보할 수 있는 역할과 불연성 재료이며 생분해성 glass wool 개발도 이루어지고 있어 친환경성도 가짐.



Glass wool 사진



glass wool 습식공정



glass wool 건식공정

그림. GLASS WOOL 생산 공정

- 그러나 매우 낮은 직경(3~10 um), 길이(≥ 100 um)로 인체 유해성에 관한 연구가 진행 중이며 본 연구에서는 식품용에 적용하는 진공 단열재이며 덮개가 없이 사용되기 때문에 파손 될 경우, 식품과 접촉할 수 있기 때문에 glass wool의 사용이 적절하지 않을 것으로 보임.
- fumed silica는 진공 단열재의 심재로 가장 널리 사용되고 있는 재료로 초기 열전도율은 glass wool 보다 높지만, 시간에 따른 열전도율 상승폭이 적고 추가적인 흡착제가 필요하지 않는 장점을 가진 심재임.
- 그러나 fumed silica, glass wool 등 건축용, 가전제품에 사용되는 진공 단열재는 생활폐기물에 속하지 않기 때문에 폐기의 문제가 대두되지 않지만, 택배용으로 사용될 경우 생활폐기물로 폐기할 수 없어 이에 대한 대책이 강구되어야함.
- 이러한 문제를 해결하기 위하여 외피재의 기재필름인 PET와 같은 재질의 PET fiber를 심재로 활용한 진공 단열재도 제조가 되고 있으며 이는 생활폐기물로 분류가 가능하여 이를 적용한 진공 단열재도 제작이 필요함.

다. 제 2협동 한국건설생활환경시험연구원

(1) 택배 물류 운송 환경 및 성능평가 방법 조사

○ 택배 물류 운송 환경 조사

1) 택배서비스의 정의

- 택배서비스란, 고객의 시간가치를 증대하기 위하여 익일 배달과 별도의 운임표를 기준으로 모든 운송수단을 이용하여 고객이 원하는 시간과 장소에서 화물을 집하여 고객이 원하는 시간과 장소에 화물을 배송하고 확인하는 서비스로 정의됨.
- 소형·소량의 운송물을 고객의 주택, 사무실 또는 기타의 장소에서 수탁하여 수하인의 주택, 사무실 또는 기타의 장소까지 운송하여 인도하는 것 (출처 : 공정거래위원회 택배표준약관 제2조)을 의미함.
- 택배서비스는 기업과 기업 간 서비스(B2B), 기업과 개인 간 서비스(B2C), 개인과 개인 간 서비스(C2C)의 형태를 보이고 있으며, 다품종·소량의 물량을 운송하는 것이 주요 특징임.

2) 택배 서비스의 성장

- 우리나라의 택배서비스는 1990년대에 도입되어, 27억원의 매출에서 20년 후인 2011년 3조 3천억 원 시장으로 1,226배로 고속 성장하였으며, 주요 요인은 다음과 같음.
 - ① 인터넷 및 온라인 쇼핑, TV 홈쇼핑과 같은 신 유통 시장의 확산.
 - ② 국민 소득 증가에 따른 국민의 소비행태 변화
 - ③ 편의성 위주의 라이프스타일 변화 및 여성의 사회 활동 증가.
 - ④ 택배업체의 택배서비스 향상 노력
- 특히, 통신판매, 홈쇼핑, 전자상거래의 활성화 등 경제 환경의 변화와 수요자 중심의 편리한 서비스 자체의 특성으로 인해 시장규모가 확대되는 추세이며, 최근에는 귀중품이나 부패·파손되기 쉬운 품목의 취급, 빠른 배송, 심야 또는 지정시간배달 등 소비자들의 수요에 맞추어 다양한 서비스를 개발하여 제공하고 있음.



그림 . 국내 택배 매출액 변동과 택배산업 성장

3) 택배서비스 운영체계

- 택배는 기존의 대형·대량화물의 거점간 (terminal to terminal) 화물수송과는 상이한 수송형태로써, 개인 또는 기업으로부터 의뢰받은 소형의 소량화물 수송으로 이루어지는 문전 배송 (door to door) 기능의 서비스가 중심이 되며, 소화물의 집화·수송·배달에 이르기까지 일체의 수송서비스를 운송인의 일관 책임아래 운송하는 수송체계임.
- 택배사업은 물품공급에 따라 부수적으로 서비스 기회가 발생하는 유통업태로, 제조업, 전자상거래기업, 유통기업 등의 업태를 지원하는 기능으로, 현재 택배산업의 주된 매출형태는 인터넷 쇼핑몰, TV 홈쇼핑 등 B2C 시장이 85~90 %를 차지하고 있으며, 택배의 이용이 보편화됨에 따라 택배의 활용도가 다양한 분야 및 대상으로 확대되는 추세임.

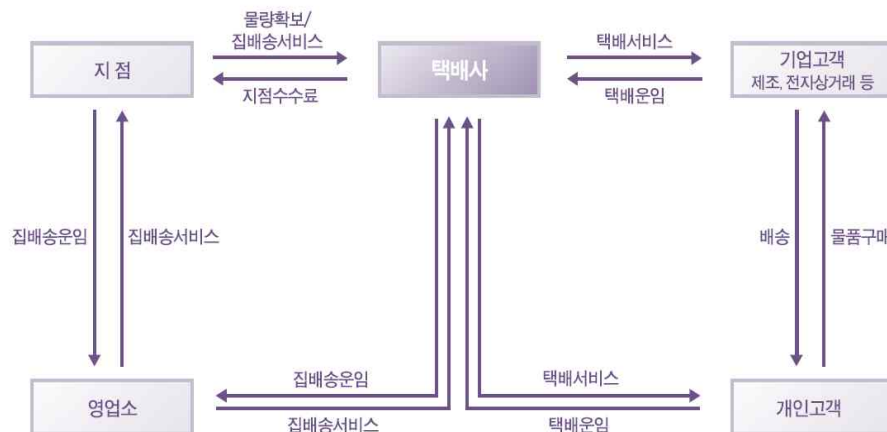


그림 . 택배서비스 운영체계

4) 택배 서비스 물동량 현황

- 2015년 한국통합물류협회에서 발표한 자료에 따르면, 국내 택배 시장의 물동량 및 매출액은 2009년 10억 박스로 약 2.7 조원의 시장규모에서 2015년 18억 박스로 약 4.3 조원의 시장규모로 증가하는 것을 확인할 수 있음.
- 이는 모바일 커머스 시장 및 TV 홈쇼핑과 같은 전자상거래의 성장으로 판단할 수 있으며, 지속적으로 국민의 연간택배 이용 횟수가 증가할 것으로 예상되어짐.



그림 . 국내 택배시장의 물동량 및 증감율



그림 . 국내 택배시장의 매출액 및 증감율

5) 택배의 유통 중 물품 파손 현황

- 한국소비자원 조사자료 (2014년)에 의하면, 2012년 1월부터 2013년 7월에 접수된 택배 유통 중 소비자의 피해사례는 제품의 파손과 분실이 80% 이상으로 접수되고 있는데, 이 중 분실사고가 44.4%, 제품의 파손은 38.6%로 높은 비율을 보임.

- 또한, 택배의 배송사고 물품은 신선식품 및 가공식품이 26.7%로 가장 높은 비율을 보였으며, 의류 및 잡화가 19.0%, 전자제품 17.4% 생활용품 9.2% 및 운동용품 3.1% 순으로 식품에 대한 파손·부패 사례가 가장 많은 것으로 확인됨.

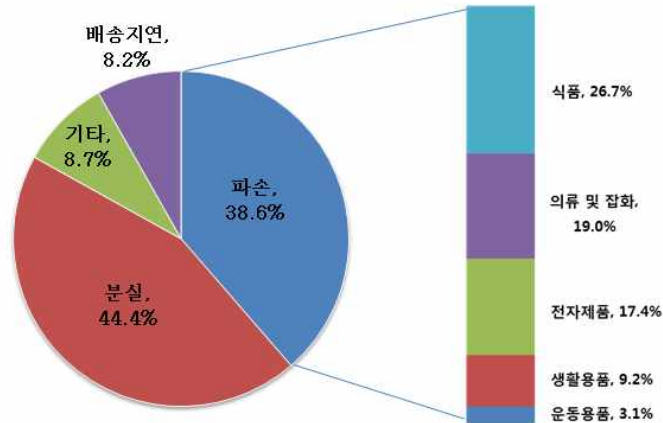



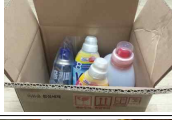



그림 . 택배 유통 중 피해 사례

- 택배 운송 시 파손 사례에 대한 유형을 살펴보면 파손 원인에 따라 크게 분류할 수 있음.

- ① 제품 고유특성에 의한 파손 : 제품 고유의 외관이나 민감성에 의해 유통과정 중 파손
- ② 제품의 부적절한 포장형태에 의한 파손 : 제품의 전 유통과정 중 배송차량에 의한 진동이나 상·하차 시 발생하는 충격에서 제품의 특성보다는 부적절한 포장 재료나, 방법 및 규격에 의한 파손형태

표 . 택배 파손 유형

파손형태	품목	포장상태	예시	비고
제품의 고유특성	음료	- 스키포장필름 사용 - 묶음형태로 판매되어 포장이 요구되지 않음 - 상단 플라스틱 필름으로 씌워 운송장 부착		2차피해우려
	화장품	- 유리용기 사용 : 파손이 쉬움 - 플라스틱용기 사용 : 돌출된 마개부분에 의한 파손이 쉬움 - 택배제품 중 주요 파손제품으로 분류		2차피해우려
	낱시대	- 얇은 종이와 신문지로 포장 : 파손이 쉬움 - 완충제나 보충제 없이 배송되는 경우가 많		

		음		
제품의 부적절한 포장형태	섬유 유연제	- 지기박스 내부의 보호재 및 완충재 없음 - 유통과정 중 빈 공간에 의한 파손 위험 - 마찰에 의한 제품 및 포장재		
	한약	- 지기박스 내부의 보호재 및 완충재 없음 - 유통과정 중 빈 공간에 의한 파손 위험 - 제품 파손으로 인한 내용물 유출로, 2차 피해 유발 - 플라스틱필름 사용 : 근본적 해결방안 아님		2차피해우려
	식품 (김치류)	- 주로 EPS용기로 배송 - 발효식품 : 유통 중 팽창으로 인한 파손발생 - 제품 파손으로 인한 내용물 유출로, 2차 피해 유발		2차피해우려
	컴퓨터	- 전자상거래 시 보호재 및 완충재 없이 배송되는 경우 있음 - 상·하차 시 모서리쪽으로 낙하하여 충격에 의한 제품의 파손의 경우 있음		

6) 신선식품의 택배시장 규모

- 현대는 1인 가구 및 소가족 형태의 사회구조의 변화와 인터넷, TV 등 전자매체의 발달에 따라 다양한 제품군의 온라인 전자상거래가 활성화되고 있다. 또한, 전자상거래가 발달함에 따라 상품의 전달을 위한 운송화물의 증가로 택배산업의 규모도 증가하고 있음.
- 다양한 제품군의 전자상거래가 이루어지고 있는데, 그 중에서도 신선식품의 전자상거래의 규모는 2005년 3천억 원에서 2015년 2조 4 천억 원으로 8배 증가하였으며, 주요 요인은 다음과 같음.
 - ① 1인 가구, 맞벌이가구 등 소규모의 가족형태 증가
 - ② 소비자의 식품에 대한 친환경 및 생산지 신뢰성 관심도 증가
 - ③ 전자 매체 발달에 따른 음식 관련 미디어 콘텐츠 확대
 - ④ 택배 운송의 신속성과 정확성의 증가 (유통업체의 당일 배송 서비스 증가)



그림. 식품의 전자상거래 매출액 추이

- 또한, 전자상거래가 활성화됨에 따라 고가의 농축산 식품(한우, 송이버섯, 인삼 등)의 산지 직거래 배송을 통한 유통구조 개선으로 가격인하 효과와 함께 소비자 선호도가 증가하고 있는 추세임

○ 택배 안전운송 성능 평가 방법 조사

- 택배 운송 중 포장화물의 안전성을 확보하기 위한 수단으로 유통 상의 파손 요인별로 다양한 시험평가 방법 및 조건들을 연구·개발하여 국가 및 국제표준화 작업을 통해 유통환경 부하의 일반적 가이드라인을 제시하고 있다. 이를 통해, 실험실에서 모의실험을 수행함으로써 실제 현장에서 소요되는 시간 및 경제적 비용을 감소할 수 있음
- 하지만, 이와 같이 실험실에서 수행되는 시험평가 방법들은 사용자 및 제품에 따라 시험항목을 선택적으로 적용하므로, 실제 화물의 유통환경에서 발생하는 환경 부하와 오차가 있기 때문에 신뢰성이 약화되는 경향이 있음.
- 따라서, 전반적인 유통환경의 관점에서 실제 유통환경을 재현한 모의실험 수행을 위해서는 유통의 각 단계별 환경부하 및 손상요인에 따라 개발된 각각의 단일 시험평가 항목의 조합을 토해 일련의 운송시험 절차를 구성하여 수행해야 한다. 이러한 일련의 운송 시험절차를 규정한 대표적인 사례로 다음과 같은 표준 및 가이드라인이 있음

① ASTM D 4169 Standard Practice for Performance Testing of Shipping Container and Systems

② ISTA Test Procedures 1, 2, 3, 5, 6 & 7 Series

- 특히, ISTA(International Safe Transit Association)에서는 다양한 물류환경에서의 제품의 손상요인들의 수집을 통하여 실질적이고 다양한 형태의 시험평가 방법을 개발함.
- 화물의 목적 또는 유통화물의 형태, 특성 등에 따라 다양한 평가 항목을 만들어 일련의 운송시험 절차를 적용함으로써, 개별 유통화물의 시험평가를 통해 유통 포장화물에 대한 안전운송 인증제도 (ISTA Certification)를 도입하여 운영하고 있음
- 이 절에서는 ISTA 안전운송 인증제도에 조사·분석하고, 국내 택배 유통화물의 안전운송에 대한 최적 규격의 선정을 위한 참고 자료로 활용하고자 함.

1) ISTA (International Safe Transit Association)

- 국제안전운송협회 (ISTA)는 미국에서 1948년 포장 성능시험으로 시작하여. 1990년대에 이르러 안전운송을 위한 포장화물 성능시험 절차 마련 및 인증시스템을 도입함으로써, 유통 포장화물 운송에 관련된 포장재료 공급업체, 화주, 운송업체, 시험기관 및 유관단체 등을 회원사로 하여 유통 포장화물에 대한 안전운송 인증시스템 및 프로그램을 운영하고 있음
- 특히, 안전운송 인증시스템을 구성하는 다양한 시험평가 방법의 개발. 인증 기준 및 운영 절차 정립 등을 위해 다양한 분야에 종사하는 전문가 그룹과의 인적 네트워크를 활용하고, 축적된 포장분야의 다양한 전문지식을 정보·문서화하여 다양한 인력양성 교육 프로그램을 운영하고 있음.
- ISTA에서 진행하고 있는 주요 사업은 다음과 같음
 - ① 포장시스템의 경제적, 사회적, 환경적 최적화를 위한 교육 프로그램 및 시험 평가 방법과 기기의 개발 및 보급
 - ② 유통 포장화물의 시험 절차서 발간 및 개발
 - ③ 유통 포장화물의 안전운송을 위한 인증 프로그램 운영
 - ④ 운송 시험기관 인증 프로그램 운영
 - ⑤ 포장 전문인력 인증 프로그램 운영 (Certified Packaging Laboratory Professional Program)
- ISTA 회원사의 범위에서 화주가 인증된 시험기관을 통해 적합한 시험결과를 받은 포장화물에 대하여 운송업체를 통해 수송함으로써 안전운송에 대한 최소한의 품질시스템을 구축하고 있음.

2) ISTA의 시험평가 방법

- ISTA의 안전운송 인증을 위한 시험평가 방법으로, 유통의 목적에 따라 7개의 일련의 시험평가 항목들 (ISTA 7 series)을 개발하였고, 각 시리즈마다 포장형태 및 운송조건 등에 따라 세부 시험방법 및 절차들이 다양하게 개발되어 있음

(2) 택배 배송용 보냉단열 용기의 안정성 검증 비교분석

- 택배 배송용 보냉단열 용기의 성능평가 방법을 개발하기 위해서 현재 상용화되고 있는 보냉단열 용기의 현황과 국내·외 보냉단열 용기의 인증·성능평가 방법을 알아보고, 택배 보냉단열 용기의 성능평가 방법 선정을 위한 참고 자료로 활용하고자 함.

표 . ISTA 시험항목 평가 방법

항목	내용		
ISTA 1 series	<ul style="list-style-type: none"> - 포장화물 자체의 성능시험 - 유통 상의 환경인자 고려X - 제품-포장과의 결합견고성 및 강도 평가 		
	순서	종류	기본 필수 시험 평가항목
	1A	68 kg 미만의 포장제품	고정 변위 진동시험, 충격시험
	1B	68 kg 이상의 포장제품	고정 변위 진동시험, 충격시험
	1C	68 kg 미만의 포장제품	고정 변위/랜덤 진동시험, 충격/압축시험
	1D	68 kg 이상의 포장제품	고정 변위/랜덤 진동시험, 충격/압축시험
	1E	단위화물	고정 변위/랜덤 진동시험, 압축시험 충격시험 (경사충격, 수평충격, 회전낙하)
	1G	68 kg 미만의 개별포장제품	랜덤 진동시험, 충격시험
	1H	68 kg 이상의 개별포장제품	랜덤 진동시험, 충격시험
ISTA 2 series	<ul style="list-style-type: none"> - 운송에 대한 부분적 모의 성능 시험 - 기후적 전처리, 모드 형상의 랜덤 진동시험과 같은 요소를 최소 하나이상 포함 - 1 series의 기본적 시험평가 항목을 포함 		
	순서	종류	기본 필수 시험 평가항목
	2A	68 kg 미만의 포장제품	기후적 전처리, 압축시험, 고정 변위/랜덤 진동시험, 충격시험
	2B	68 kg 이상의 포장제품	기후적 전처리, 압축시험, 고정 변위/랜덤 진동시험, 충격시험
2C	가구류 포장제품	기후적 전처리. 압축/충격시험	
ISTA 3 series	<ul style="list-style-type: none"> - 운송에 대한 일반적인 모의 성능시험 - 광범위한 운송환경 (운송수단, 운송경로, 취급사항)을 반영할 수 있도록 파손을 유발하는 유동, 힘, 조건 및 일련의 운송환경을 적용한 실험실 모의 시험 - 단순 랜덤 진동시험, 다양한 낙하높이, 열대, 냉대 기후와 같은 전처리를 포함 		

○ 국내·외 보냉단열 용기 인증 및 성능평가 관련 사례 및 표준조사

1) 보냉단열 용기현황

표. 국내·외 보냉단열 용기 현황

제품명	제조회사 (제조국)	특징	사양	제품사진
GTX-004	(주)FMS 코리아 (한국)	- 음식보온/보냉 용기 - 실시간 온도 모니터링	온도범위 : 제품별 온도 범위 선택가능 유지시간 : 8 ~12시간	
에너백 쿨러	(주)OCI (한국)	- 캠핑용 아이스박스 - 고성능 친환경 단열재 에너백 적용	온도범위 : 상온 유지시간 : 150 시간 (MAX)	
스마트 큐브	CJ대한통 운(주) (한국)	- 전문 의약품 배송용 단열 보냉용기 - 재사용 및 폐기용이성 회수용기	온도범위 : 2~8 ℃ 유지시간 : 100시간 (MAX)	
Thermod esign	(주)탐스 인터 내셔널 (한국)	- 대용량 의약품, 의료기기 보냉용기 - 실시간 온도 모니터링	온도범위 : 제품별 온도 범위 선택가능 (2~8 ℃, 15~25 ℃) 유지시간 : 72 시간 (MAX)	
Bac Container	Olivo (프랑스)	- 대용량 의약품, 의료기기, 식품용 보냉용기	온도범위 : 2~8 ℃ 유지시간 : 24 시간	
Credo	Pelican biotherm al (미국)	- 대용량 의약품, 의료기기, 식품용 보냉용기	온도범위 : 제품별 온도 범위 선택가능 (2~8 ℃, 15~25 ℃) 유지시간 : 120 시간 (MAX)	
Thermo safe	Sonoco (미국)	- 택배 배송용, 회수용 대용량 의약품, 의료기기, 식품용 보냉용기	온도범위 : 1~6 ℃ 유지시간 : 8 시간	

2) 국내의 보냉단열 용기 인증·성능평가 관련 현황 조사

표 . 국내의 보냉단열 용기 인증·성능평가 사례






분야	제목	담당기관	범위	비고
----	----	------	----	----

표준	KS T ISO 4180-1 (폐지)	수송포장화물의 평가 시험방법 통칙-제 1부 일반원칙	국가기술표준원 (산업통상자원부)	- 적재강도 - 충격강도	-
	KS T ISO 4180-2 (폐지)	수송포장화물의 평가 시험방법 통칙-제 2부 정량적 데이터	국가기술표준원 (산업통상자원부)	- 내후성 - 진동	-
	KS T 2030	저온 롤컨테이너	국가기술표준원 (산업통상자원부)	- 보온성 - 기밀성	-
	KS T 1712	배송용 소형 보냉고 시험 방법	국가기술표준원 (산업통상자원부)	- 보온성 - 기밀성	-
	KS T 1049	냉장 냉동 자동차의 보랭 차체 성능 시험 방법	국가기술표준원 (산업통상자원부)	- 디자인 - 보냉성 - 기밀성 - 시동성 - 적재하중 - 기계적 강도 - 전도안전성	-
인증	자율안전확인 부속서_보온 보냉용기		국가기술표준원 (산업통상자원부)	- 디자인 - 보온성 - 내충격성 - 인쇄성 - 도금성	(자율적 인증절차)
	해상컨테이너지침_방열컨테이너		한국선급	- 디자인 - 보온성 - 기밀성 - 냉동성	
사례	보냉용기 시험결과보고서		한국소비자원	- 보온성 - 방수성 - 표시사항	

3) 해외의 보냉단열 용기 인증·성능평가 관련 현황 조사

표 . 해외의 보냉단열 용기 인증·성능평가 사례

분야	제목		담당기관	범위	비고
표준	ASTM D3103-14	Standard Test Method for thermal insulation performance of distribution packages	American Society Testing and Materials (ASTM)	- 보온성 (단열, 냉각) - 기밀성	-
	ISO 8058:1999	Air cargo-insulated container ;thermal efficiency	International Organization for Standardization (ISO)	- 디자인 - 보온성 (단열, 냉각) - 기밀성	-
인증	ISTA	Standard 7E & Standard 20 ;Insulated shipping container thermal	International Safe	- 디자인 - 물리적특성	

		performance	Transit Association (ISTA)	- 열적 특성 (온도·운송 조건을 세부적으로 분류)	
	ABS	Certification of cargo containers	American Bureau of shipping (ABS)	- 디자인 - 보온성 (단열, 냉각) - 표시	
	RS	The refrigerating plant is intended for the cooling of cargo carried in the insulated containers.	Russian Maritime Register of shipping (RS)	- 디자인 - 보온성 (단열, 냉각) - 기밀성	
	CR	Standard for thermal container	CR classification society	- 디자인 - 보온성 (단열, 냉각) - 기밀성	
	DNV	Standard for freight container ;Thermal container	Det Norske Veritas (DNV)	- 디자인 - 보온성 (단열, 냉각) - 기밀성	
	BV	Guide for certification of freight containers ;thermal container	Bureau Veritas (BV)	- 디자인 - 보온성 (단열, 냉각) - 기밀성 - 표시	

(3) 글로벌 배송을 위한 택배용기 최적규격 및 성능평가 방법 선정 확정

○ 국내.외 관련 표준 조사

1) 성능평가 우선순위 결정

- 택배 배송용 보냉단열 용기의 적합한 성능평가 방법의 선정을 위해, 특성에 맞는 우선순위를 결정하고, 각 항목에 적합한 성능 평가를 검토함.

표 . 택배 배송용 보냉단열 용기의 성능 평가 항목 및 표준

순위	항목	표준, 규격, 인증
1	보냉성 (보냉, 온도유지)	KS A 1712 배송용 소형 보냉고 시험방법 KS T 2030 저온 톨컨테이너 ISTA 7D Temperature test for transport packaging
	열전도율	KS L 9016 보온재의 열전도율 측정방법
2	낙하(충격)시험	KS T ISO 2248 수송포장 화물의 수직 낙하시험 ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of

		shipping containers and systems ISTA 1A,2A,3A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
3	운송시험 (적재, 압축)	KS T ISO 12048 포장-압축시험기를 이용한 수송 포장 화물의 압축시험과 적재 시험방법 ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less * 최대압축시험 : 적재시험을 하기위한 선행 시험단계. 안전성 확보를 위한 최대압축하중 필요
	운송시험 (진동)	ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems Random (Air, Truck, Rail) - 3h ISTA 1A,2A,3A Packaged products 150 lb (68 kg) or less - Fixed displacement, Random, Over-the-Load etc.

2) 택배 배송용 보냉단열 용기 성능평가 방법

① 온도 유지 측정 방법 (=단열성 검증)

- 택배 배송용 보냉단열 용기의 온도 측정은 [KS A 1712 배송용 소형 보냉고 시험방법]을 활용하여, 그림에 나타난 것과 같이 용기 내부에 설치하고, 시간에 따른 온도를 측정함. 또한, 용기 위치에 따른 온도를 측정하기 위해서, 온도측정 포인트를 용기의 하단부, 중앙부, 상단부에 설치하여 측정함. 택배 배송용 보냉단열 용기의 온도 유지시간은 [ISTA 7D Temperature test for transport packaging]에 준하여 측정하고, 시간에 따른 온도변화를 측정함.

- 최종 과제목표: 4℃, 10℃ (온도유지시간 : 120시간),
-2℃ (온도유지시간 72시간 이상 120시간 이하)

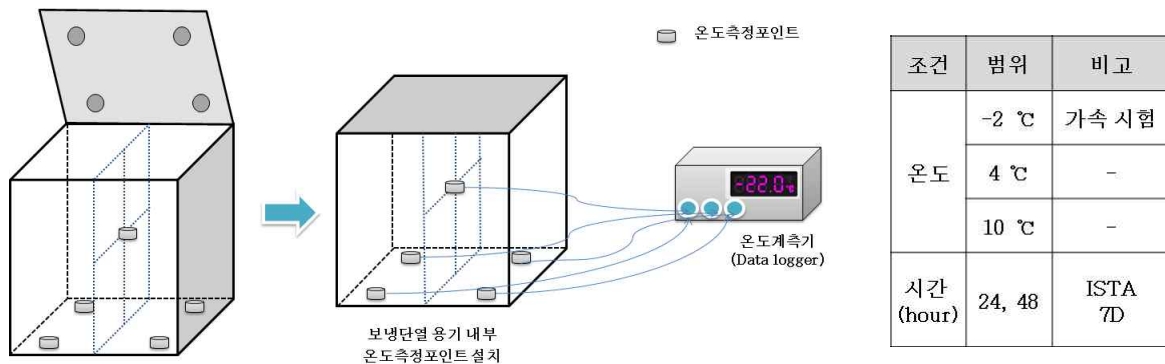


그림 . 보냉단열 용기 온도 측정 설계디자인 예시

- 외부 대기 온도 조건에서 ISTA 7D의 경우, 35 ℃ 유지로 되어 있으나 이 온도로 24시간 혹은 48시간 동안 유지되는 경우는 실제 현장에서는 나타나지 않는 현상임. 이에 따라 실질적인 운송 환경과 비슷한 조건의 온도 사이클 시험을 적용하여 온도측정을 실시해야함.

- 따라서 아래표에 나타난 것과 같이, ISTA 7D의 Summer profile 중 가장 가혹한 조건인 Hot Shipping & Hot Receiving을 변형하여 시험시간 72시간 혹은 120시간으로 적용하여 온도측정을 실시할 예정이다.

표. ISTA 7D Summer profile의 온도 조건 (Hot shipping & hot receiving)

SUMMER PROFILE			
Hot shipping & Hot receiving			
Temperature	Cycle period	Cycle Period Hours	Total time hours
22 °C (72 °F)	1	4	4
35 °C (95 °F)	2	6	10
30 °C (86 °F)	3	56	66
35 °C (95 °F)	4	6	72

- 또한, 보냉단열 용기의 가장 중요한 목적은 단열 효과를 이용한 보냉성 유지이다. 이를 위하여 단열성과 기밀성의 검증이 필요함.
- 보냉단열 용기의 단열성을 측정하기 위하여 소재의 열전도율을 지표로 채택하였으며, 측정법은 [KS L 9016 보온재의 열전도율 측정방법]에 준하여, 열전도율을 산출함.

$$\text{열전도율}(W/m \cdot k) = \frac{l}{R_c}, R_c = \frac{A \cdot (\theta_1 - \theta_2)}{P}$$

- 여기서, l : 시험체의 두께 (m), Rc : 시험체의 열저항 (m² · k/w), A : 주열판의 유효 면적(m²) , θ1 : 시험체의 고온면 온도(K), θ2 : 시험체의 저온면 온도 (K), P : 주열판에 대한 공급 전력(W)
- 기밀성과 단열효과를 검증하기 위하여 그림에 나타난 것과 같이, 개발된 보냉용기 내부의 부분별 온도 변화를 측정하여 온도 유지 유효성을 검증하고자 함.

② 낙하 (충격)시험

- 택배용 보냉단열 용기의 충격 강도는 [ISTA 1A Packaged products 150 lb (68 kg) or less]에 준하여 실시함.

표 . 포장화물의 구조 명칭 및 낙하 순서

포장화물의 구조	순서	방향	세부 사항
	1	Corner (각)	가장 취약한 부분 Corner 2-3-5
	2	edge (능)	Corner를 기준으로 가장 짧은 길이의 변
	3	edge (능)	Corner를 기준으로 중간 길이의 변
	4	edge (능)	Corner를 기준으로 가장 긴 길이의 변
	5	face (면)	가장 작은 면적의 면
	6	face (면)	가장 작은 면적의 면 (반대편)
	7	face (면)	중간 면적의 면
	8	face (면)	중간 면적의 면 (반대편)
	9	face (면)	가장 큰 면적의 면
	10	face (면)	가장 큰 면적의 면 (반대편)

- KS T ISO 2248의 낙하시험 방법과 ISTA 1A의 낙하시험 방법은 동일하며, 두 표준의 차이점은 KS T ISO 2248은 낙하 순서가 명확히 되어 있지 않으나, ISTA 1A의 시험 방법은 명확히 규정되어 있으며, 국내·외에서 가장 보편화되어 사용되고 있는 낙하시험 방법임.
- ISTA 규정의 낙하 시험 방법은 Freefall Drop, Rotational Edge Drop, Hazard Drop 등 여러 가지의 시험 방법이 있으나, 골판지 상자나 택배용 상자의 시험 방법으로는 Freefall Drop(자유낙하시험)을 가장 보편적으로 사용하고 있음.
- ISTA 2A에 명시된 낙하 높이는 최대 970mm이나, 그 외 ISTA 1A, KS T ISO 2248 등의 다른 규격은 최대 760mm부터 포장화물 (Package)의 무게에 따라 나누어져 있음.
- 현 과제에서는, 국내 택배의 유통환경에 맞는 낙하 높이 최대 760mm로 시험을 설정하였으며, 시험 순서는 위의 표 40와 같이 1각·3능·6면을 실시.
- 포장 화물의 택배 배송용 안전성을 확보하기 위하여 표 41, 42과 같은 충격 시험 종류와 포장 화물의 중량에 따른 시험 조건을 선택하여 시행함.

표 . 충격시험의 종류

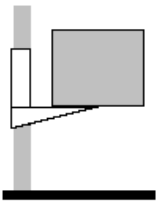
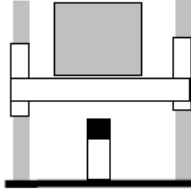
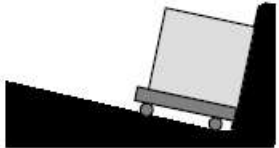
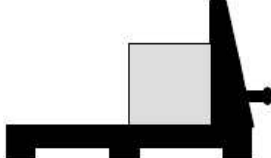
충격 시험 유형	장비	인용 표준	비고
낙하 시험 (자유낙하)		ASTM D 5276	포장화물 중량에 따른 높이 설정
수직 충격 시험		ASTM D 5487	포장화물 중량에 따른 높이 설정
경사 시험 (대체 가능)		ASTM D 880	포장화물 중량에 따른 충격 속도 설정
수평 충격 시험 (대체 가능)		ASTM D 4003	포장화물 중량에 따른 충격 속도 설정

표 . 포장화물 중량별 낙하 높이 및 충격 속도 조건

포장 화물의 중량				낙하 높이		충격 속도	
χ kg 이상		χ kg 미만		자유 낙하		경사 혹은 수평 시험	
lb	kg	lb	kg	inch	mm	ft/s	m/s
0	0	21	10	30	760	13	3.9
21	10	41	19	24	610	11	3.5
41	19	61	28	18	460	10	3.0
61	28	100	45	12	310	8.0	2.5
100	45	150	68	8	200	6.6	2.0

③ 운송시험(적재, 압축)

- 택배용 보냉단열 용기의 운송시험(적재, 압축)은 [ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less]에 준하여 측정하며 또한, 최대압축강도는 적재시험을 진행하기 위한 선행 시험단계로써, 안전성 확보를 위한 최대압축하중의 데이터가 필요함.

표 . 압축시험

압축시험	인용 표준	산출식 (newton, N)	비고
Apply and hold test Force	ASTM D 642	$W_t \times (S - 1) \times F \times 9.8$	Wt : 포장화물의 총 중량 S : 적재된 포장화물의 수 F : 안전계수 (ISTA 3 ~ 6 권장)

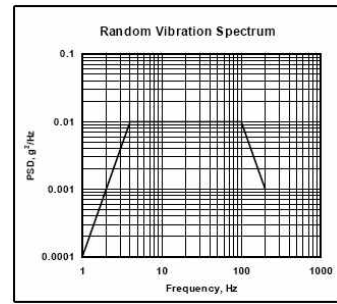
- 택배용 보냉단열 용기의 운송시험 (진동)은 표 44과 같이 [ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less]와 [ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems]에 준하여 시험을 실시함.
- [ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems]에 명시된 일련의 성능평가 방법 중 'single package environment (45.4 kg 이하) '의 규격에 준하여 측정함. 또한, 운송환경 정도에 따른 시험조건의 선택을 Assurance Level 3-2-1 순으로 진행함. (1: high level, 2: medium, 3: low level)
- 진동시험의 가속도를 측정하는 기준은 Grms 값으로써, ISTA 2A가 1.15으로 시료에 대한 가속도가 높은 것으로 확인되어짐. (ASTM D 4169의 경우, Assurance level에 따라 0.73, 0.52, 0.37 의 값을 나타냄.) ISTA 2A의 진동의 경우 시험시간은 2시간 이내로 짧지만, 대신 가속도는 1.15 Grms로 매우 강한 시험이다. 이에 반해 ASTM D 4169의 경우는 시험시간은 3시간 이내이며, 가장 강한 Assurance level 1이 0.73 Grms로 ISTA 2A의 시험보다 가속도가 낮음.
- 2가지 시험을 모두 실시하여 개발 보냉단열 용기의 진동 안정성을 평가할 예정이며, ISTA 2A의 시험방법은 실제 진동보다 2~3배 정도 강하므로 진동(운송) 시험 선정에는 ASTM D 4169가 적절할 것으로 판단됨.

표 . 진동시험

		ISTA 2A	ASTM D 4169
종류		고정변위 진동시험 랜덤 진동시험	고정변위 진동시험 랜덤 진동시험
시간		1 시간	3 시간
인용 표준	고정 변위	ASTM D 999	ASTM D 999
	랜덤	ASTM D 4728	ASTM D 4728
진동 조건	고정 변위	- 고정변위 1 inch (25 mm) - CPM, Hz 설정 $Test\ duration\ minutes = \frac{14,200\ vibratory\ Impacts}{Cycles\ Per\ Minutes\ (CPM)}$	- 고정변위 1 inch (25 mm) - CPM, Hz 설정 $Test\ duration\ minutes = \frac{14,200\ vibratory\ Impacts}{Cycles\ Per\ Minutes\ (CPM)}$

		(예시)			(예시)			
		CPM	Hz	Test duration in minutes	CPM	Hz	Test duration in minutes	
	랜덤	150	2.5	95	150	2.5	95	
		180	3.0	79	180	3.0	79	
		210	3.5	68	210	3.5	68	
		240	4.0	60	240	4.0	60	
		270	4.5	53	270	4.5	53	
		300	5.0	48	300	5.0	48	
		Power spectral density (PSD) (g ² /Hz)			Frequency (Hz)	PSD level (g ² /Hz)	Grms	
		Hz	Assurance I	Assurance II	Assurance III	1.0	0.0001	1.15
		1	0.0001	0.00005	0.000025	4.0	0.01	
		4	0.02	0.01	0.005	100.0	0.01	
	16	0.02	0.01	0.005	200.0	0.001		
	40	0.002	0.001	0.0005				
	80	0.002	0.001	0.0005				
	200	0.00002	0.00001	0.000005				
	전체 (Grms)	0.73	0.52	0.37				
	지속 시간	180	180	180				
인증 여부		X			ISTA 인증 (안전운송)			

(예시)



라 제 3협동 연세대학교 원주산학협력단

(1) 고가 신선 농식품 제품에 대한 포장 조사 연구

(가) 신선 농식품의 유통 포장 현황 및 조사 분석

- 온라인으로 음식료품 및 신선 식품의 구매율은 증가하고 있음
- 통계청이 지난해 ‘온라인 쇼핑몰 상품군별 거래액’ 통계에 따르면 음식료품, 농축수산물 거래액은 2015년에 음식료품은 약 4조 8천억원, 농축수산물은 1조 4천억원으로 매년 증가하고 있는 추세로 확인됨
- 이에 따라 신선식품을 대상으로 한 쇼핑몰도 증가하고 있음
- 배민프레시, 마켓컬리, 헬로네이처와 같은 업체가 대표적이며, 온라인 신선식품 판매의 급증 및 신선식품 쇼핑몰의 증가로 인해 신선한 배송 프로세스 중요성이 커지고 있음

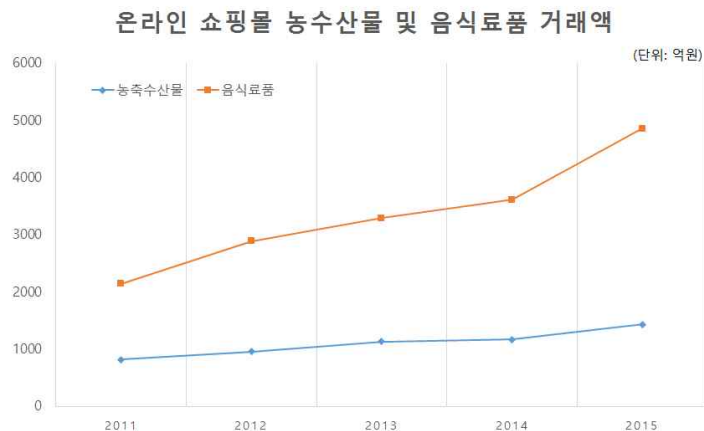


그림 . 온라인 쇼핑몰 농수산물 및 음식료품 거래액 (출처: 통계청 2016)

- 현재 국내의 유통산업은 규모 면이나 질적인 면에서 모두 괄목할만한 성장세를 유지하고 있으며 특히, 국민 생활수준의 향상과 식생활의 서구화로 인하여 인스턴트식품(fast food)류, 육류, 냉동 생선류 및 신선식품류 등의 저온유통이 날로 증가되고 있음
- 이에 따라 식품의 장·단거리 운반수단으로 사용되는 냉동차량 및 저온저장창고, 쇼케이스, 소포장용 냉동박스 등과 관련된 산업 역시 지속적인 성장을 보임
- 신선 농식품은 자연 상태 혹은 가공 직후의 상태로는 부패되기 쉽기 때문에, 안

전성이 확보된 고품질의 식품을 소비자에게 공급하기 위하여 식품 보존기술이 개발 사용되고 있음

- 그 중 가장 보편적으로 사용하는 방법이 냉장·냉동 기술로서, 냉장식품은 빙결 정대의 낮은 온도인 0~4℃에서, 냉동식품은 -18℃ 이하로 보관하고 있음

○ 기존 신선 농식품의 유통 단계

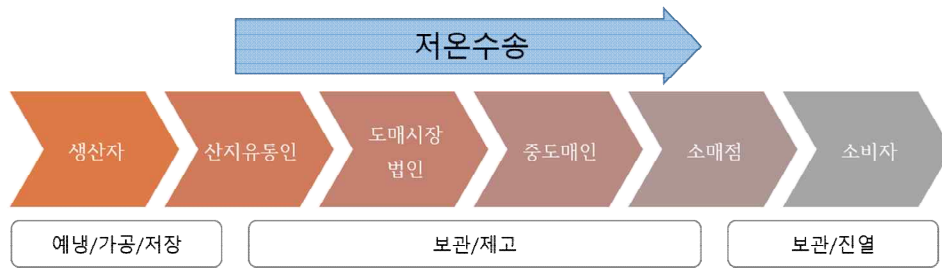


그림 . 기존 신선식품 유통 과정

- 기존 신선 농산물의 유통 과정은 수확된 농산물이 산지 유통센터 (APC)나 혹은 물류센터로 이동하는 작목반 중심의 조달 물류에 대한 인프라가 매우 취약함
- 또한 물류센터에 입하된 엽채류, 과채류 등이 출하될 때까지 일정한 온도관리 상태를 유지하기가 힘들어, 수확 당시의 신선도 유지에 많은 어려움이 있음
- 소매점 또는 점포에서는 상품이 입고되는 단계에서부터 후방공간에 일시로 보관되다가, 영업장의 진열대에 진열되는 순간까지 일관된 온도로 제품이 보관되지 못하고 상온에 노출되는 경우도 발생함
- 배송과정에서 차량 내 온도관리가 잘 이루어지지 않은 경우가 많고, 냉장식품과 냉동식품, 상온 그리고 정온식품 (도시락, 김밥, 삼각김밥 등)이 구분되지 않고 같이 적재되는 경우 있음
- 또한 온도의 변동 상황이 실시간으로 관리되지 않아 신선 식품의 선도유지가 잘 이루어지지 않고 있음
- 이와 같이 산지와 협력업체, 물류센터의 각종 소매점, 판매 점포와 판매 이후 가정에 이르기까지 배달차량의 온도유지 배송 관리체계 등이 모두 열악한 상황임

○ 신선 농식품의 포장 현황

- 기존에 가장 많이 사용하는 보냉 유통 시스템은 발포 스티로폼 (EPS) 용기에 얼음, 보냉팩 등의 축냉제를 넣고 저온으로 유지하여 배송하고 있음
- 그러나 EPS 용기는 내부 온도를 어느 정도 유지하는 효과는 있어도 지속성을 갖지 못하기 때문에 냉매제의 사용이 필수적으로 이용됨
- 냉매제로는 고흡수성 수지와 물을 이용한 보냉팩이나 드라이아이스가 이용되고 있으며, 최근에는 상변화물질(PCM)을 이용하여 다양한 범위의 온도를 조절하여 사용하고 있음
- 국내 보냉 유통 중 냉매제를 이용하여 실시되고 있는 제품으로 신선 버섯류와 돈육 등의 수출, 녹즙, 생육 (닭고기, 쇠고기, 돼지고기), 생선회, 어패류 (홍어, 옥돔, 흑갈치, 어리굴젓 등의 지역 특산품 및 일반 어패류) 등 고가 농식품, 냉동 식품 등에 이용되고 있음
- 현재 우편배달, 전자상거래, 협동조합 등을 매체로 진행되고 있으며, 1인 가구가 늘어나면서 그 운용 범위는 급격히 증가됨
- 신선 농식품, 또는 신선 식품의 전문적인 유통은 장기 저장을 목적으로 냉장고, 냉동 탑차, 보냉 컨테이너 등 콜드체인 시스템이 형성된 곳에서 유통 되고 있으나, 일반적인 식품의 유통에 있어서 고가의 콜드체인 시스템이 이루어져 있지 않아 가격이 저렴한 보냉 용기에 냉매제를 넣어서 유통되고 있음
- 온라인 쇼핑몰에서 고가로 판매되는 수삼, 소고기, 전복의 유통 포장 현황은 아래 그림에 정리하여 나타냄

내용물	유통 사진	내용 포장 사진	
수삼			
소고기			
전복			

그림. 온라인 신선식품 제품 유통 포장 현황

- 수삼의 경우 유통시 EPS 박스에 상품이 담겨 배송되었으며 내부에 보냉제 없이 유통됨
- 소고기는 EPS박스에 보냉제와 상품을 넣어서 유통되고 있었으며 외부에 고급스러운 상자를 이용하여 상품성을 높였으며, 유통 시 상자를 단열 커버로 덮은 상태로 배송 됨
- 전복은 일반 골판지 상자로 배송되었으며 내부에는 EPS 박스에 산소로 충전된 전복 제품과 보냉제가 함께 동봉되어 유통됨
- 보냉제의 경우 모든 제품에서 고흥수성 수지 (SAP)를 이용한 보냉팩을 이용함

○ ‘횡성 축협’ 한우 유통 및 포장 현황

- ‘횡성 축협’ 에서 다양한 형태의 육제품이 여러 가지 형태로 판매되고 있으며 신선육의 경우 등심, 차돌박이, 사골 등 여러 부위별로 판매 되고 있고, 가공식품의 경우 육포, 사골 곰탕 스테이크 등 다양한 제품군이 있음
- 축협 내에서 마트에서 바로 신선육과 가공식품을 직접 포장하여 판매하고 있으며 인터넷을 통한 전자상거래도 진행하고 있음
- 전자상거래를 통한 배송의 경우 신선육과 가공식품은 온도에 취약하기 때문에 냉매제와 단열용기를 이용하여 배송되고 있음

- 신선육의 경우 개별포장은 신선도 유지를 위해 개별용은 진공포장, 선물용은 MA 포장 처리를 한 후 배송이 이루어지고 있음

				
등심(선물용)	등심(개별용)	차돌박이	사골	스테이크
				
보냉팩	하단부	고정부	최종포장	

그림. 신선육 및 가공육 제품 포장 형태

- 단열 용기로는 EPS재질의 용기를 사용하고 있으며 배송용 포장시 신선육 및 가공육 제품 포장 형태 그림과 같이 EPS 용기 밑에 보냉팩을 삽입 한 후 상층부에 제품을 담아 포장함
- 겨울철에는 보냉팩 2개로 충분하지만 여름철에는 2개 이상을 사용하여 배송을 진행 하고 있음
- EPS 용기는 총 4가지 사이즈로 배송이 되고 있으며, 그 규격은 신선육 포장을 기준으로 제작되어 이용됨

(나) 신선 농식품의 품질 변화 요인

- 모든 식품은 본질적으로 시간의 흐름에 따라 부패·변질이 됨
- 식품 부패란 소비자들이 더 이상 섭취할 수 없는 정도로 변질된 것을 말하며 일반적으로 식품의 색깔, 풍미, 조직감, 향 등이 변하여 소비자가 더 이상 섭취할 수 없는 상태를 말함



그림. 신선 농식품의 품질 변화 요인

- 식품의 품질을 유지하기 위해 가장 중요한 기술은 냉장유지기술이지만 식품의 생산, 유통 및 저장하는 동안 특정 온도의 저온을 유지하는 것은 매우 어려움
- 특히, 신선 농식품은 온도 환경에 대한 영향, 수분, 미생물, 대사작용, 산화 등 물리적, 생화학적, 생물학적 요소에 의한 품질 변화가 발생하기 때문에 선도 유지에 어려움이 있음
- 신선 농식품의 대사작용은 저장 온도에 영향을 받아 낮은 온도에서는 대사작용이 억제되어 품질유지 기간이 연장됨
- 아래 표는 신선 농식품의 대사활성을 억제해 품질을 유지해서 유효하게 수송하는 온도 조건을 보여줌.
- 신선 농식품은 캔 포장된 야채나 냉동야채 등의 가공식품과 달리 제품의 보존성이 낮고, 변질되기 쉬워 장기적인 저장보관이 어려움
- 미생물의 생장에 영향을 미치는 요인들로는 수분활성도(상대습도), 온도, 수소이온농도(pH) 등이 있으며, 미생물은 이런 요인에 따라 증식속도가 달라짐
- 이러한 신선 식품의 선도를 유지하기 위한 최대의 조건은 온도관리이며, 온도가 상승함에 따라 과채류의 경우 활발한 호흡작용에 의해 위조현상이 발생하고 어패류와 육류 등에서는 잡균의 번식으로 부패의 원인이 됨
- 약용작물의 경우 저온에 대한 민감성이 다소 낮기 때문에 최대한 저온저장을 하는 것이 품질유지에 효과적이라는 보고가 있으나, 수삼의 선도연장을 위한 최적

저장온도에 대한 연구가 이루어지지 않음

- 신선 농식품의 고품질을 유지하기 위해서 품질유지 기술이 필요하며 보냉유통에
서는 우선 저온을 유지할 수 있는 용기가 선결되어야 한다.

표. 식품 유형별 부패/변질의 주요 형태 및 요인

식품 유형	부패·변질 형태	주요 요인
우유	산화, 가수분해형 산패, 세균발육	산소, 온도, 빛, 금속
쇠고기	세균발육, 산화, 수분 손실, 색 손실	산소, 온도, 빛, 습도
닭고기	세균발육, 병원균, 관능 품질, 효소 저하, 물리적 부패	산소, 온도
어류/수산물	세균발육, 산화	산소, 온도
과일	효소성 연화, 세균 발육, 수분 손실	산소, 온도, 빛, 습도
야채	효소 활성화, 세균발육, 수분 손실	산소, 온도, 빛, 습도
빵	수분이동, 전분 노화, 세균/곰팡이 발육, 산패	산소, 온도, 습도
건조식품	영양소 손실, 수분 증가 비효소적 갈변, 산화, 색소분해	산소, 온도, 습도
치즈	세균/곰팡이 발육, 수분 손실, 산화, 비효소적 갈변, 유당 결정화	산소, 온도
농축주스	영양소 손실, 세균/곰팡이 발육, 색·맛·탁도 손실	산소, 온도
과실/채소 통조림	색·맛·조직감 손실, 영양소 손실	온도
기타 냉동 제품	산화, 빙결정, 조직 변화	산소, 온도

표. 신선 농식품의 저온수송 추천 온도

과일	1~2일 수송	2~3일 수송	채소	1~2일 수송	2~3일 수송
사과	3~10℃	3~10℃	아스파라거스	0~5℃	0~2℃
귤	4~8℃	4~8℃	콜리플라워	0~8℃	0~4℃
오렌지	4~10℃	2~10℃	양배추	0~10℃	0~6℃
레몬	8~15℃	8~15℃	싹양배추	0~8℃	0~4℃
포도	0~8℃	0~6℃	양상추	0~6℃	0~2℃
복숭아	0~7℃	0~3℃	시금치	0~5℃	-
살구	0~3℃	0~2℃	고추	7~10℃	7~8℃
자두	0~7℃	0~5℃	오이	10~15℃	10~13℃
멜론	4~10℃	4~10℃	호박	0~5℃	-
딸기	1~2℃	-	토마토(미숙)	10~15℃	10~13℃
파인애플	10~12℃	8~10℃	토마토(완숙)	4~8℃	-
바나나	12~14℃	12~14℃	당근	0~8℃	0~5℃
밤	0~20℃	0~20℃	양파	-1~20℃	-1~13℃

(2) 택배용 보냉 용기 개발 관련 기술 조사 및 시험 연구






(가) 신선 농식품에 사용되는 단열용기 현황 분석

○ 국내 단열 용기

- 국내 단열 용기는 주로 택배에 사용되는 EPS 단열용기가 가격이 저렴하여 쉽게 구입할 수 있어 가장 많이 사용됨
- 일반적으로 사용되는 단열용기로서는 가볍고 단열성이 있는 EPS 용기가 적절하나 EPS 용기는 내부 온도를 어느 정도 유지하는 효과는 있어도 지속성을 갖지는 못하기 때문에 냉매제의 사용이 필요함
- 국내 택배시스템에 이용되고 있는 기존의 단열 용기로서는 단열효율이 높은 아이스박스 및 EPS 용기가 있으나, 아이스박스는 높은 제조비용으로 인하여 식품유통에 실제 이용되고 있지 못하며, EPS 단열용기는 대부분이 어류의 운송에 이용되고 있을 뿐이며, 청과물의 경우에는 저온 보냉 용도가 아닌 운반, 운송용 상자 개념으로 사용하는 단계임
- 이러한 이유로 EPS 단열용기에 보냉팩을 넣고 저온으로 유지하여 배송하는 방법으로 주로 이용되며, 현재 우편배달, 전자상거래, 협동조합 등에서 사용됨
- 최근 EPP 단열용기가 다른 단열 소재에 비해 충격강도 및 충격흡수성, 내화학적, 그리고 내구성 이 세 가지에서 뛰어난 특성을 보여주어 단열용기로 사용됨

- 그러나 EPP는 EPS에 비해 고가의 소재로 적용에 어려움이 있으며 그 밖에 골판지 내부에 알루미늄 단열 소재를 접착시켜 사용하거나, EPS 단열용기를 넣어서 사용되는 제품도 개발됨












표. 국내 단열 용기 현황

제작 업체	특징	재질	사진
Wild DOCOOL	- 알루미늄 커버로 덮힌 패널을 이용한 보냉 용기	단열재 + AL 커버	
	- 골판지 내부에 알루미늄이 코팅된 에어캡 단열재를 적용하여 온도 유지	골판지+AL 단열재	
	- 보냉 효과를 높이기 위해 플라스틱 사이에 폴리우레탄 폼을 삽입하였다.	외부 : PE/PP 내부 : PU 폼	
Taps international	- 골판지 상자 내부에 EPS 용기를 삽입하여 온도 유지 - 2℃ ~ 8℃ 에서 50시간 이상 온도 유지	EPS + 골판지 상자	
	- EPP 재질에 PCM 및 냉매 삽입 가능 - 24 ~ 48 시간 온도 유지	EPP	

○ 국외 보냉 용기

- 국외 보냉용기는 국내보다 다양한 형태로 존재하고 골판지 내부에 단열 용기나 알루미늄이 코팅된 단열재를 넣어서 사용하는 제품들이 많이 제작됨
- Taracell에서 제작하는 보냉용기는 EPP와 EPS용기에 보냉제를 넣어서 사용하며 냉장 제품의 경우 PCM 보냉제를, 냉동의 경우 뚜껑에 드라이아이스를 삽입하여 온도를 유지함
- Turvac 제품은 플라스틱 용기에 진공단열재를 넣어 저온에서 30시간 이상의 온도유지가 가능함

표. 국외 단열 용기 현황

업체	특징	재질	사진
Turvac	- 진공 단열재가 결합된 보냉 용기 - 2 ~ 8℃, 30시간 이상 유지	VIP-combined box	
Taracell	- EPP 보냉 용기 뚜껑에 PCM 보냉 팩을 삽입해 온도 유지	EPP	
	- EPP 보냉 용기 뚜껑에 드라이아이스를 삽입해 저온 유지	EPP	
	- EPP 또는 EPS 로 제작된 보냉 용기 - -80℃ ~ 100℃ 까지 광범위한 온도 범위에서 사용	EPP or EPS	
	- EPP 보냉용기에 쿨링시스템이 결합된 형태 - -12℃ ~ 2℃, 12시간 이상 유지	EPP	
Cascades	- 골판지 상자에 알루미늄 코팅된 판지를 삽입한 형태 - 4℃ 유지	AL/BOPP+paperboard Corrugated box	
Cold chain technologies	- 골판지 상자에 PCM 보냉팩이 적재 가능한 플라스틱 용기를 삽입	plastic container in corrugated box	
	- 골판지 상자 안에 폴리 우레탄 폼을 사용하여 단열 효과 증대	PU foam container in corrugated box	
	- EPS 몰드 형태 - 다양한 사이즈로 가공 가능	EPS	
Insulated products corp	- 골판지 상자 내부에 에어캡에 알루미늄이 코팅된 단열재 (Cooliner)을 삽입하여 온도 유지	Cooliner + corrugated box	
	- 골판지 상자 내부에 친환경 소재에 단열 패널을 삽입하여 온도 유지	Cotton based panel + corrugated box	

(나) 단열 용기 재질에 대한 물성 및 특성 조사

○ 유기질 단열재

① EPS (Expanded Polystyrene)

- EPS는 비드법으로 제작된 단열재로 스티로폼, 발포 폴리스틸렌으로 알려져 있으며, 밀도에 따라 등급이 구분되며 보통 30kg/m³이 가장 단단하며 열전도특성도 가장 우수함
- EPS의 장점은 절단, 성형 등 가공이 쉬우며 가격이 저렴하여 건축자재나 택배용 저온 배송 용기로 많이 사용됨
- 단점은 열에 취약하고 열에 의해 분해가되면 해로운 가스를 발생하여 단열재로의 사용은 주의가 요구됨
- 또한 수분 흡수율이 약 2~4%대로 상대적으로 흡수율이 높으며 이에 따라 단열성이 급격히 저하될 수 있으므로 직접 물에 닿는 부위는 주의가 요구됨

② EPP (Expanded Polypropylene)

- EPP는 범용플라스틱인 Polypropylene을 화학적 발포제를 사용하지 않고 물리적으로 발포한 구 형태의 입자를 말함
- EPP는 열에 강하므로 EPS, EPE(Expanded Polyethylene, PU (Polyurethane)과 골판지로 사용이 제한되던 내열성 포장분야에 적합하며 기존 완충 포장재와 비교하여 반복충격에 대한 완충성이 뛰어나고 온도범위(-40~110℃)에서 에너지 효과가 뛰어남
- 매우 높은 강도 대비 중량 특징을 갖고 있어서 포장재의 무게와 부피를 줄일 수 있고 우수한 단열성을 가지고 있어 식품, 의약품 등 온도에 민감한 제품에 주로 이용됨

③ PU foam (Polyurethane foam)

- 폴리우레탄폼은 Polyol, Isocyanate를 주제로하여 발포제, 촉매제, 안정제, 난연제 등을 혼합시켜 얻어지는 발포 생성물로 주로 고성능 단열재로 사용되고 있으며, 특히 보냉용 단열재로 여러 분야에 사용됨
- 폼의 밀도를 비교적 자유롭게 조절할 수 있으며, 발포가 용이한 장점이 있음
- 사용하는 원료 글리콜의 종류에 따라 폴리에테르폼과 폴리에스터폼으로 나눌 수 있는데, 폴리에테르폼의 경우 유연성이 좋고, 폴리에스터폼은 단단하여 공업용으

로 사용됨

- 우수한 단열성을 갖고 있어서 아이스박스에서 PE사이에 충전하여 단열재 역할로 사용됨

④ XPS (Extruded Polystyrene)

- XPS는 압출법 보온판으로, EPS에 비해 흡수율이 거의 없어 흡수에 의해 단열성이 저하되는 것을 방지함
- 동일한 밀도의 비드법 보온판보다 단열성능이 높으므로 두께를 줄이거나 동일한 두께로 더 우수한 단열효과를 보임
- 매우 가볍고 단열성이 좋아 벽의 단열재나 아이스박스 등에 사용되기도 하고 완충재로 사용됨

○ 무기질 단열재

① Grass wool

- 원료로 규사, 장석, 석회석 등을 1,500 ~ 1,600°C에서 용융하여 원심분리공법으로 섬유화한 후 Binder를 첨가하여 집면, 경화로 제품화한 단열재
- 불연성으로 불에 강하고, 단열성이 우수하여 화재의 위험이 있는 건물에 점차 사용이 확대됨
- 수분흡수로 인한 단열성 저하와 압축침하로 인한 유효두께 감소가 발생하여 사용에 주의가 필요함

② Mineral wool

- 원료로 현무암, 슬래그, 안산암의 내열성이 높은 규산칼슘계의 광물을 1,500 ~ 1,700°C의 고열로 용융액화 시켜 고속 회전 원심분리 공법으로 만든 순수 무기질 섬유
- 사용온도의 범위가 내열도 650°C를 가지고 있으며, 불연재로서 일반건축, 내화벽, 기타 산업용으로 널리 사용됨
- 밀도는 40 ~ 300kg/m³이며 열전도율은 0.037 ~ 0.038W/mk를 가지고 있음

(3) 상변화물질(PCM) 및 보냉팩 적용 연구 분석

(가) 상변화물질 (PCM) 시장조사

○ PCM의 정의 및 분류

- PCM은 Phase change material의 약자로서 상변화물질을 뜻하며 특정한 온도에 의해 고체에서 액체, 액체에서 기체로, 또는 그 반대 방향으로 변하면서 많은 열을 흡수 또는 방출할 수 있는 물질을 말함
- 외부 온도가 상승하면 상변화 물질은 고유의 용융점에 도달하고 물질은 고체 상태에서 액체 상태로 상이 변하면서 용융 엔탈피로 알려진 일정한 양의 열을 흡수함
- 반대로, 외부의 온도가 상변화 물질을 용융점 이하로 내려가면 상변화 물질은 액체상태에서 고체 상태로 상이 변하면서 저장한 열을 방출함
- 이러한 특성으로 인해 열이 투입 되었음에도 불구하고 일정한 온도를 유지하는 효과를 보임
- 이와 같이 상변화 물질이 상변화할 때 동일한 온도를 유지하면서 흡수 또는 방출하는 열을 잠열 (latent heat)이라고 하며, 고체와 액체 간의 상변화와 관련된 열을 용융열 (Heat of fusion)이라고 한다.
- 물질이 상변화 할 때 잠열은 에너지 저장에 중요한 역할을 하는데 현열 (Sensible heat)에 비해 잠열은 상변화 온도에서 10배에서 100배 이상의 에너지 저장 능력과 방출 능력을 가지기 때문에 기존 현열을 이용하는 에너지 절약 소재들 보다 효율적임
- 이러한 특징을 이용하여 상변화 물질은 잠열재, 축열재, 축냉재, 열조절성 물질로 상변화과정을 통하여 많은 양의 열에너지를 축적하거나 저장된 열에너지를 방출하는데 사용됨

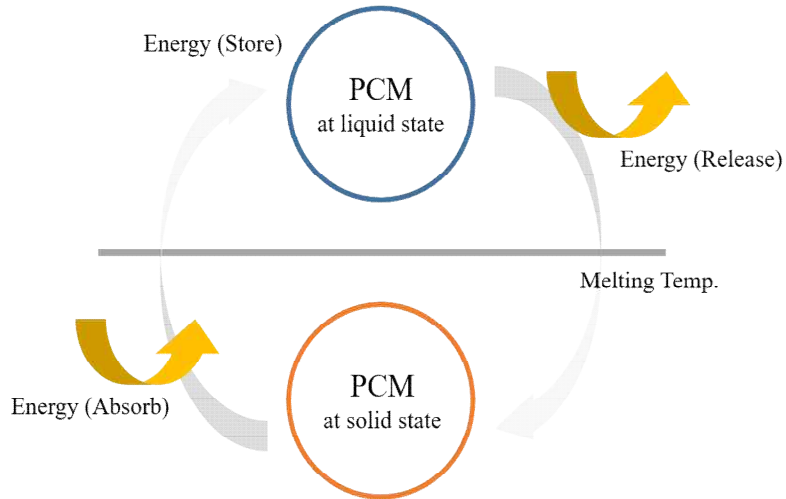


그림. 상변화물질 (PCM) 특성

- 상전이 온도 및 잠열량 등은 그 물질의 고유한 특성이어서, 물질마다 다르며 사용 목적에 따라 적당한 물질을 선택하여 사용됨
- 자연계에 존재하거나 화학적으로 기초 소재로 가공되어진 물질 중에서 실질적으로 PCM로 쓰임에 적용 가능한 물질은 100~200여 종류가 존재함
- 다양한 온도에서 상변화를 일으키는 물질은 탄화수소, 고급지방산 계열의 유기화합물 (Organic)과 무기수화염 (Salt hydrate) 계열의 무기화합물 (Inorganic) 그리고 2종 이상의 화합물 (유기화합물+유기화합물, 무기화합물+무기화합물, 유기화합물+무기화합물)이 혼합된 공용 혼합물 (Eutectic)로 분류됨
- 유기화합물 상변화물질의 예로는 탄소와 수소로 이루어진 하이드로카본 계열의 테트라데칸, 옥타데칸, 노나데칸 등의 탄화수소와 스테아린산, 팔미틴산, 유산, 글리세롤, PEG, 밀납, 왁스 등의 고급지방산 물질이 있으며, 무기화합물의 예로는 수화염형태의 염화나트륨, 염화칼슘, 염화칼륨, 황산나트륨, 초산나트륨, 수산화바륨 등의 수화물이 있음

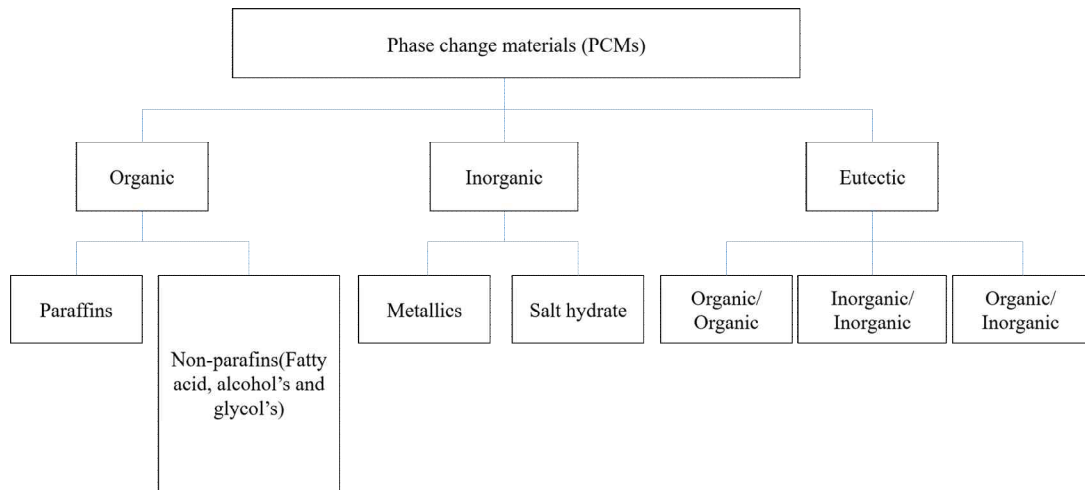


그림. 상변화물질 (PCM)의 분류

- 유기화합물 PCM의 특징은 대체적으로 밀도가 낮고 잠열량이 작은 반면, 무기화합물 PCM에 비해 부식성이 작고 부피팽창이 작은 장점이 있음
- 무기화합물 PCM의 특징은 유기화합물과 반대로 밀도가 높고 잠열량이 큰 반면, 유기화합물 PCM에 비하여 부식성이 강하고 부피팽창이 큰 단점이 있음
- 무기물 혼합에 의한 eutectic PCM이나, 저온 PCM에 자주 활용되는 수용액 형태로 PCM을 형성하는 물질도 상당 수 존재함

표. 저온 저장에 사용되는 PCM의 열적 특성

Composition	Type	Melting temp. (°C)	Heat of fusion (kJ/kg)	Density (kg/m ³)
NaCl (22.4 wt.%) + H ₂ O	Eutectic water-salt solution	-21.2	222	1165
Diethylene glycol	Eutectic	-10	247	1200
6 wt.% KCl + H ₂ O	Inorganic	-10	-	-
Dodecane	Organic	-9.6	216	-
Triethylene glycol	Organic	-7	247	1200
16.5 wt.% KHCO ₃ + H ₂ O	Inorganic	-6	-	-
Tetradecane + ocatadecane	Eutectic organic	-4.02	227.52	-
20.5 wt.% NaCO ₃ + H ₂ O	Inorganic	-3	-	-
H ₂ O		0	333	998
91.67% tetradecane + 8.33% hexadecane	Eutectic organic	1.7	156.2	-
Tetradecane +	Eutectic organic	1.5-5.6	234.33	-

docosane				
Tetradecane + geneicosane	Eutectic organic	3.54-5.56	200.28	-
K2HPO4 · 6H2O	Salt hydrates	4	109	-
KF 4H2O	Paraffin	4.5	165	-
Tetrahidrorurano (THF)	Eutectic organic	5	280	970
Paraffin C14	Organic	5.5	228	-
n-Tetradecane	Organic	6	230	-
Pentadecane + heneicosane	Eutectic organic	6.23-7.21	128.25	-
Formic acid	Fatty acid	7.8	247	-
Polyglycol E400	Organic	8	99.6	1125
Paraffin C15-C16	Organic	8	153	-
Pentadecane + octadecane	Eutectic organic	8.5-9.0	271.93	-
Pentadecane + docosane	Eutectic organic	7.6-8.99	214.83	-
n-Pentadecane	Organic	10	-	-
Paraffin C15	Organic	10	205	-

○ PCM의 문제점

① 과냉각 현상

- 과냉각 (Super-cooling) 현상이란, 축열시 온도가 상변화 온도에 도달해도 상변화가 일어나지 않고, 그 과냉각 온도를 넘어서야만 상변화가 일어나는 현상
- 대부분의 PCM에서 이 현상이 발생하며, 과냉각 정도가 클 경우 시스템의 효율을 저하시킴
- 과냉각은 물질의 고유 성질이 아니기 때문에 용액의 부피, 순도, 냉각속도, 용기의 상태 등의 여러 인자에 의해 같은 물질이라도 다른 정도를 나타냄
- 과냉각을 방지하기 위해서 주로 조핵제 (Nucleating agent)를 사용하며, 조핵제가 응고 과정에서 결정핵을 형성하는 촉매작용을 하기 때문에 과냉각 정도가 줄어듬

② 상분리 현상

- 무기 수화물 PCM을 반복하여 사용할 경우, 대부분의 경우 상분리 현상이 나타나게 되어 더 이상 사용할 수 없는 경우가 발생함
- PCM의 상변화 온도가 비조화 용융점 (Incongruent melting point)의 특성을 가지고 있기 때문에 상분리 현상이 발생함

- 녹는점에서 상변화가 일어난 후 모든 무수염이 결정수에 용해되지 못하고 남게 되며 용해되지 못한 무수염은 밀도가 커서 용기의 밑에 침전물이 발생함
- 축열과 방열이 반복될수록 이 양은 점차 많아지게 되며, 축열 성능이 계속 줄어들게 되어 잠열재로 더 이상 사용할 수 없게됨
- 이 현상을 해결하기 위해 주로 증점제 (thickening agent)를 이용함
- 이 방법은 비교적 간단하고 비용이 저렴하며 과냉각 현상을 방지하기 위해 첨가되는 조핵제의 침전도 예방함
- 증점제로는 고흡수성 고분자 (SAP; Super absorption polymer), CMC (Cellulose metallic chloride), 점토 등이 이용되고 있음.

③ 퇴화 현상

- 퇴화 현상은 PCM을 반복하여 사용할 경우, 상분리 현상이나 PCM 자체의 특성으로 인해 잠열량이 점점 감소하게 되는 현상을 말함
- 퇴화 현상이 일어나 잠열량이 지속적으로 감소하는 경우에는 더 이상 잠열재의 효율이 떨어지며 주기적인 반복실험을 통해 퇴화 현상의 정도는 관찰할 수 있지만, 이를 방지하기 위한 연구는 미비함

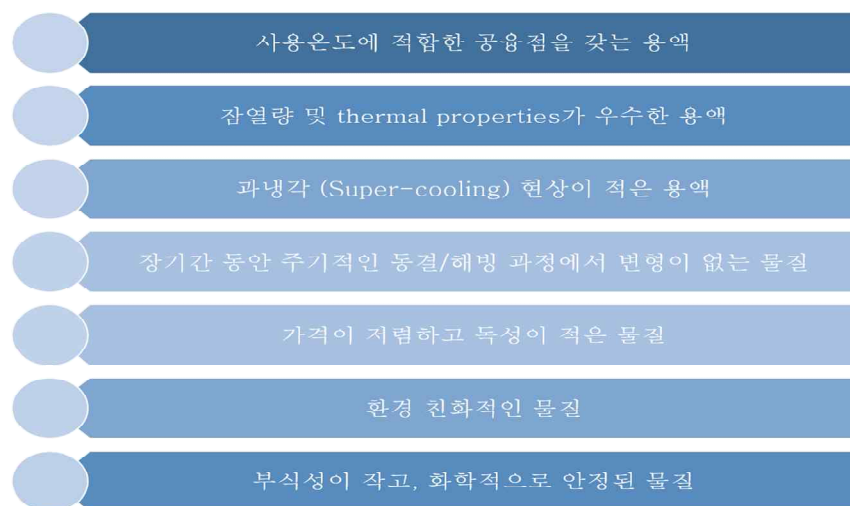


그림. PCM 개발시 고려해야할 필수 조건

○ PCM의 조건

- 대부분의 PCM은 앞에서 설명한 특성을 갖는 혼합 또는 화합물질이며, 단일물질의 경우는 일반적으로 비싼 편이어서 경제적 이유로 배제되는 경우가 많아 소량 또는 특수한 요구 조건이 있을 경우에 사용됨
- 따라서 대부분의 저온 PCM은 공융점 (Eutectic point)을 갖는 혼합물질 또는 화합물질이며 실용화를 위한 개발과정에서 위 그림에서 나타난 필수 조건을 고려해야 함
- 대부분의 PCM에 공통적으로 발생되고 있는 과냉각 현상의 효과적인 해결 또한 실용화 단계에서 매우 중요함
- 과냉각 해소 방법으로는 조핵제 투입에 의해 PCM 냉각시 동결온도 부근에서 결정핵을 생성시켜 과냉각 현상 없이 동결과정이 진행되도록 하는 방법을 주로 사용하고 있으며, 외적 요인에 의한 과냉각 해소방식으로 cold finger, 초음파 발진, 기계적 충격요법 등 다양한 방법들이 제시됨

○ PCM의 사용 현황

- PCM은 콜드체인 전 분야에 걸쳐 사용목적에 따라 효율적인 적용이 가능함
- PCM을 이용하여 기존 시스템을 개선 또는 대체할 수 있는 분야로는 택배분야의 수동형 및 능동형 이동식 냉동 박스, 정확한 온도조절이 요구되는 농산물 저온 창고, 기타 냉동/냉장창고에 적용 가능하며 PCM은 태양열 가정용 온수 장치나 수동적 태양열 공간 냉난방 시스템과 같이 열을 유지하는데 사용됨

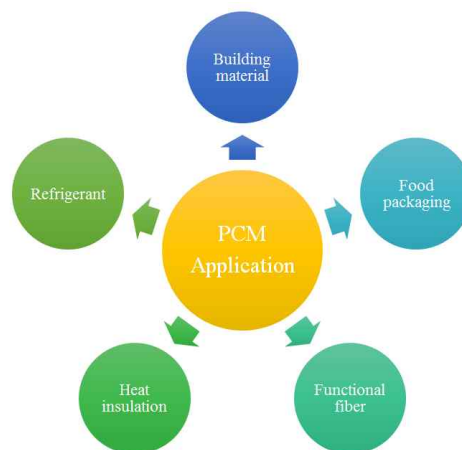


그림. PCM의 적용 분야

- PCM이 마이크로캡슐로 함유된 섬유로 만들어진 직물은 식물과 동물을 보호 및 보호성 의류에 도입될 수 있으며 통상적으로 온도변동을 최소화할 필요가 있는 환경에 적용됨
- PCM은 에너지 저장, 건물 열 조절장치, 에너지 절약, 비스기 전력 효율, 열 펌프 시스템, 노트북 컴퓨터 냉각, 쿨 슈트, 통신 기지국 등 다양한 분야에서 적용됨
- 그밖에 소방수복, 직업어부와 군용의 보호성 의복에도 적용되어 사용됨
- 또한 PCM은 우주항공, 첨단무기, 전장/계측/통신기기, 생물/생화학물질의 보관/운반 및 열 펌프 (heat pump), 히트 파이프 (heat pipe), 열회수 (heat recovery) 시스템과 연계한 에너지이용효율 극대화 분야, 에너지 산업 및 친환경 주택 시스템, 스포츠 의류 및 장신구류, 특수분야, 자동차 산업, 각종 디지털 및 전열 기기의 발열 보호 시스템의 분야에도 적용하여 사용 가능함

(나) 국내외 PCM 적용 기술 및 자료 조사

○ PCM 연구 및 특허 현황

① 국내 연구 현황

- 상변화물질을 이용한 건축자재나 섬유의 제조에 관한 연구는 많이 이루어지고 있으나, 보냉팩이나 잠열재로서의 연구는 미비함
- 이수양 (2015)은 상용필름을 잠열축열재 용기로 사용하는 것에 대한 타당성을 검토함
- 김학수 (2014)의 연구에서는 상전이물질인 PCM을 이용하여 외부환경변화에 대한 온도조절 및 제어가 가능한 PCM/Nylon 복합섬유를 제조하였으며 이에 다양한 특성분석을 진행하였음
- 그 결과, PCM/Nylon 복합섬유에 대한 항균성 가공제의 가공성은 상대적으로 높은 농도 및 온도가 높을수록, pH가 염기성일수록, 욱비가 낮을수록 가공성이 향상됨을 흡광도 및 K/S 값을 통해 확인함
- 김형국 (2013)의 연구에 따르면 PCM의 배치에 따른 상변화 특성을 CFD 계산으로 파악한 결과 이중 PCM을 열원으로 이용할 경우 PCM의 적절한 배치 및 순환수의 분배를 통해 유효한 열전달이 가능하여 축열조 내 PCM의 충전설계에 고려되어야 할 요소임을 확인함

표. 국내 연구 현황

년도	제목	저자	키워드
2015	상용필름을 이용한 잠열축열재 용기 내구성 평가	이수양 외 3명	잠열축열재, 용기, 내구성 시험
2015	파라핀과 초고분자량 폴리에틸렌으로 구성된 형태안정성 상 전이 물질의 제조 및 특성	이현석 외 4명	PCM, UHMWPE, 파라핀 왁스, SSPCM, absorption method, SSPCM composite, latent heat aftertreatment,
2014	상전이물질(PCM)과 Nylon 6를 이용한 Sheath/Core 형태의 복합섬유 제조, 물리적 특성 미 항균 가공특성 연구	김학수 외 4명	antibacterial finishing agent, berberine chloride, PCM/Nylon, PCM
2013	이종 PCM의 선택적 상변화 시의 열전달 해석	김형국 외 3명	상변화물질, 응고, 용해, 상변화, CFD
2013	건축적용을 위한 다공성 물질을 이용한 상안정 PCM 제조	정수광 외 6명	상변화물질, 다공성 물질, 진공 함침, 에너지 저감
2012	CDF를 이용한 인접한 이종 PCM의 열전달 해석	김형국 외 3명	상변화물질, 응고, 용해, 상변화, 전산유체역학

② 국외 연구 현황

- 국내 상변화물질 연구 현황과 달리 상변화 물질의 적용 분야부터 적용 방법 및 성능 개선에 대한 연구가 많이 진행됨
- 특히, 최근에는 PCM을 Encapsulation을 하여 고분자에 적용하는 연구가 많이 이루어짐
- Wilson Chalco-Sandoval (2016)은 PCM과 PVOH를 전기방사를 하여 제작한 PCM 캡슐화의 형태학적 및 열적 특성에 대한 연구를 진행함
- Tingyu (2016)은 PCM의 열안정성과 열전도율 개선을 위해 캡슐화된 Paraffin을 expanded graphite를 이용하여 phase change composites (PCC) 개발에 대한 연구를 진행함
- Mohamed Lachheb (2016)은 PCM의 열적, 물리적 특성의 개선을 위하여 Lithium nitrate/Graphite composite를 Cold uni-axial compression 기술을 이용하여 제작하여 분석함

표. 국외 연구 현황

년도	제목	저자	키워드
2016	Development of an encapsulated phase change material via emulsion and coaxial electrospinning	Wilson Chalco-Sandoval et al.	Applications, biopolymers and renewable polymers, DSC, electrospinning, fibers
2016	Enhancement on thermal properties of paraffin/calcium carbonate phase change microcapsules with carbon network	Tingyu Wang et al.	Thermal energy storage, PCM, Network structure, Thermal conductivity, Thermal stability
2016	Magnetic microencapsulated phase change materials with an organo-silica shell: Design, synthesis and application for electromagnetic shielding and thermal regulating polyimide films	Fuyun Jiang et al.	Magnetic microencapsules, PCM, Electromagnetic shielding, Thermal regulation, Polyimide films
2016	Structure and thermal properties of octadecane/expanded graphite composites as shape-stabilized phase change materials	Dowan Kim et al.	PCMs, Octadecane, Expanded graphite, Shape-stability, Thermal properties
2016	Thermal properties improvement of Lithium nitrate/Graphite composite phase change materials	Mohamed Lachhed et al.	PCM, Salt, Graphite waste, Latent heat storage, Thermal conductivity, Thermal diffusivity
2015	Use of phase change materials to develop electrospun coatings of interest in food packaging applications	Wilson Chalco-Sandoval et al.	PCM, Electrohydrodynamic processing, Heat management materials, Food packaging, Encapsulation
2008	Composite nano-structured calcium silicate phase change materials for thermal buffering in food packaging	James H. Johnston et al.	Calcium silicate, PCM, Packaging

③ 국내 특허 현황

- 특허 또한 마찬가지로 상변화물질을 이용한 건축자재 및 섬유에 적용한 특허는 많으나, PCM을 적용한 보냉팩에 관한 특허는 미비함
- ‘보냉제의 제조방법, 보냉제 및 아이스팩’에서는 보냉 효과를 유지하면서 어는 점을 강화시켜 식품, 음료 등을 오랫동안 저온 상태로 유지시킬 수 있는 보냉제를 저가로 제조할 수 있는 제조 방법에 대한 내용이 명시됨
- 상변화 물질의 제조방법’에서는 일정한 온도 범위에서 저온을 유지해야하는 농산물의 저온 유통에 적용할 수 있는 상변화 물질을 유화 콜로이드와 전처리된 고분자를 반응시켜 마이크로캡슐 슬러리 형태의 상변화 물질을 제조하는 방법이 명시됨

표. 국내 특허 현황

년도	명칭	출원번호	출원인	상태
2014	상변화물질을 이용한 휴대용 쿨링팩	10-2014-0114462	최영하	공개
2014	파라핀계 상변화 물질을 이용한 내열성 축열재 및 이의 제조방법	10-2014-0154393	라성에너지(주)	등록
2014	축냉 축열용 형태안정성 상변화물질 팩	10-2014-0099182	주식회사 탭스인터내셔널	공개
2013	상변화물질이 충전된 복합패널	10-2013-0025374	주식회사 탭스인터내셔널	등록
2013	상변화물질 및 에어로겔을 포함하는 복합체 및 이의 제조방법	10-2013-0093487	알이엠텍	등록
2012	진공함침법을 이용한 상안정된 상변화 물질 및 이의 제조방법	10-2012-0131861	숭실대학교 산학협력단	등록
2012	축열 시스템용 상변화물질	10-2012-0017896	경희대학교 산학협력단	등록
2012	보온 및 보냉이 가능한 포장상자	10-2012-0098238	손진현 외 2명	등록
2011	상변화 물질을 이용한 농업자재용 필름	10-2011-0102089	(주)사이언팜	등록
2010	상변화 물질을 함유한 마이크로 캡슐 및 그 제조 방법	10-2010-0061443	경북대학교	등록

			연세대학교 산학협력단	
2008	보냉재의 제조방법, 보냉제 및 아이스팩	10-2008-0074366	에스디에프 (주)	등록
2007	상변화물질의 제조방법	10-2007-0048717	한국식품연 구원	등록

④ 국외 특허 현황

- 국외 특허는 건축 자재용 PCM 설계 및 PCM 제조 방법과 저온유지를 위한 포장 설계 방법에 대한 특허들이 많이 출원됨
- ‘Thermally-controlled packaging device and method of making’ 와 ‘Package having phase change materials and method of use in transport of temperature sensitive payload’ 에서는 온도유지를 하기위해 보냉팩을 이용한 배송용 포장 설계 방법에 대한 내용이 명시됨

표. 국외 특허 현황

년도	명칭	출원번호	출원인	상태
2013	Thermally-controlled packaging device and method of making	US8443623 B2	Tegrand Diversified Brands	등록
2013	Phase change material bladder for use in a temperature controlled product shipper	US9267722 B2	Packaging Technology Group, Inc.	등록
2012	Phase change material compositions	US8308861 B2	E I Du Pont De Nemours And Company	등록
2011	Thermal packaging system	US7919163 B2	Benjamin Romero	등록
2011	Packaging including phase change materials	EP201107106 27	Nestec S.A.	출원
2011	Package having phase change materials and method of use in transport of temperature sensitive payload	US8607581 B2	Entropy Solutions, Inc.	등록
2010	Active thermal insulation system	US7797950	Beal	등록

	utilizing phase change material and a cool air source	B2	Energy Management Llc	
--	---	----	-----------------------	--

(다) 보냉팩 및 포장용기에 사용되는 PCM 유통 현황

○ 국내 시장 현황

- 현재 사용되고 있는 대표적인 보냉팩의 PCM으로는 물이 가장 많이 이용됨
- 물의 경우 0 °C의 상변화온도를 갖고 있고 약 80 kcal/kg의 잠열량을 갖고 있으며 고체-액체 상변화 열량으로는 여타 다른 물질에 비하여 매우 높은 특징을 가짐
- 이러한 물은 고흡수성수지 (SAP)와 함께 주로 이용되는데, 고흡수성수지는 자체 무게의 500~1000 배의 물을 흡수할 수 있으며, 흡수 속도가 빠르고 흡수상태를 유지하는 능력이 뛰어나
- 고흡수성수지는 물을 흡수하면 빠르게 겔 상태로 변화되고, 겔 상태로 변화된 이후에는 압력을 받아도 물을 잘 배출하지 않는 특징이 있음
- 이러한 특징을 이용하여 오랜 시간 냉기를 유지함 그러나 축열된 열량과는 관계 없이 사용하고자 하는 온도가 0 °C 이하인 경우에는 이에 적합한 상변화 온도를 갖는 저온 PCM과 함께 사용해야하는 단점이 있음
- 보냉팩 재질로는 나일론, 부직포, 폴리에틸렌이 주로 사용됨
- 나일론의 경우 견고한 재질로 가장 일반적으로 사용되며 재질의 특성상 반영구적 재사용이 가능하여 제품을 받은 소비자도 활용할 수 있어 광고 효과와 자원 절감 효과적임
- 부직포 아이스팩은 인쇄 시 직물 특유의 질감으로 고급스러운 포장이 가능하며 배송과정 중 생기는 결로현상 완화 및 얼린 후 녹으면 표면에 생기는 물방울이 부직포 재질에 흡수되어 고급 어류와 송이버섯, 임산물 그리고 병원용으로 많이 사용됨
- 폴리에틸렌은 나일론만큼 견고하지 않으나 소량으로 원하는 규격과 인쇄 시 적합한 재질로 크게 충격을 받지 않는 수산물 배송 등 특정 분야에 사용됨

- PCM의 사용율이 아직 포장에 전반적으로 사용되어지지 않고 있으며, 보냉팩의 크기는 다양하며 상황에 따라 보냉용기에 맞추어 제작하거나 변형하여 사용됨

표. 국내 PCM 보냉팩 현황




형태	내용물	용기 재질	제작 업체	사진
파우치	고흡수성 폴리머+물	Nylon + PE	(주)별룬스틱스 코리아	
	고흡수성 폴리머+물	부직포	(주)별룬스틱스 코리아	
	고흡수성 폴리머+물	부직포 +PET	(주)별룬스틱스 코리아	
	고흡수성 폴리머+물	PE	(주)별룬스틱스 코리아	
	PCM	Nylon + PE	(주)별룬스틱스 코리아	
	PCM	Nylon + PE	리우스 코리아	
	물 + 페놀수지	PE	탭스 인터네셔널	
플레이트	PCM	HDPE + PE	리우스 코리아	

○ 국외 시장 현황

- 국내와 다르게 다양한 재질과 형태의 보냉팩제품이 있음
- 아이스블 타입의 PCM 보냉팩 경우 LDPE 재질에 용기가 사용되고 있으며 이외에도 스테인리스 스틸 등과 같은 금속재 재질의 잠열 축열재가 용기가 개발됨
- 크기는 사용처에 따라 다양하며, 열전달 향상을 위해 금속 재질을 사용한 제품도 있음
- 하지만 잠열 축열재의 종류에 따라 화학적 부식성 및 상변화시 부피 팽창 등으로 인해 고분자 재질이 주로 사용됨

표. 국외 PCM 보냉팩 현황

형태	내용물	용기 재질	제품명	사진
파우치	PCM	Multi-layer film	Pack Vesl	
	PCM	Multi-layer film	Mat Vesl	
	PCM	-	PlusICE™	
플레이트	PCM	-	Block Vesl	
	PCM	HDPE	SavENRG	
구형	PCM	HDPE	Micro Vesl	

캡슐	PCM	HDPE	Micro Vesl	
튜브형	PCM	Aluminum	Tube Vesl	
캔형	PCM	Steel	Can Vesl	

(라) 신선 농식품에 사용되는 보냉팩 분석

○ 연구 목적

- 기존 보냉팩에 사용되는 PCM의 열 특성 분석을 통하여 많이 사용되는 물질의 상 변화 온도와 잠열량, 과냉각 온도를 분석함
- 상변화 온도측정을 통하여 제품의 온도유지 범위를 알고, 잠열량 측정은 온도 유지력, 과냉각 온도 분석을 통하여 보냉팩 사용 가능성을 확인함
- 열적 특성분석을 위해 시차주사열량법을 이용하였으며 시차주사열량법 (DSC)은 현재 가장 널리 이용되는 방법으로, 기준 물질과 시료를 일정 속도로 가열하거나 냉각하여 잠열량, 비열 등의 열적 물성치를 측정하는 방법
- DSC의 원리는 시료와 기준 물질을 각각 로에 넣고 일정한 속도로 온도를 올리거나 내리면 시료가 흡열이나 방열을 하여 그와 똑같은 에너지를 기준 물질의 로에 공급하여 두 개의 로 안의 시료 접시 온도를 항상 같게 한다. 이때의 열 흐름을 온도의 함수로 보여줌
- DSC 곡선에서 피크점의 위치, 모양 및 수로부터 시료의 정성적인 성질을 분석하여 측정함

○ 실험 재료 및 방법

- 실험 재료로는 주관기관에서 공급받은 PCM0와 PCM-10, PCM-25, PCM5, PCM20 총 5가지의 샘플을 이용하여 분석을 진행함

- 실험방법은 DSC (DSC Q10, TA instrument Co. Ltd., Delaware, USA)를 이용하여 질소 조건에서 PCM0과 PCM-10은 -60℃에서 60℃까지 PCM-25는 -60℃에서 40℃까지 PCM20은 -60℃에서 50℃까지의 온도 변화를 2, 5, 10 °C/min (Scan@2, Scan@5, Scan@10)의 열 변화율로 측정함
- 각 시료는 약 10mg을 정량하여 진행함

표. 샘플 구성

Samples	Composition
PCM0	Distilled water + SAP
PCM-10	Potassium chloride
PCM-25	Sodium tetraborate decahydrate + sodium chloride + ammonium chloride
PCM5	Tetradecane
PCM20	Capric acid + Lauric acid

○ 실험 결과

① PCM0 (Distilled water + SAP)

- 물과 고흡수성 수지 (3~5 wt%)로 이루어지 PCM0은 Scan@2에서 녹는점 0.98℃, 어는점 -9.48℃을 보임
- Scan@5에서 녹는점 0.51℃, 어는점 -11.66℃, Scan@10에서 녹는점 0.48℃, 어는점 -11.76을 보임
- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 335.3 J/g, 어는점에서 305.0 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 305.1 J/g, 어는점에서 285.4 J/g, Scan@10은 녹는점에서 342.1 J/g, 어는점에서 306.0 J/g의 잠열량이 측정됨
- 열변화율이 증가할수록 높은 과냉각 (Supercooling) 온도가 측정되었는데 Scan@2에서는 9℃, Scan@5에서 11℃, Scan@10에서 11℃를 보임
- 과냉각은 용융체 또는 액체가 평형상태에서의 상변화 온도 이하까지 냉각되어도 변화를 일으키지 않는 현상을 말함
- 과냉각은 PCM의 효율을 낮추는데 이러한 과냉각을 낮추기 위한 연구가 많이 진행됨
- Sharma A (2009) 연구에 따르면 저장 중 약간의 과냉각은 보냉에 있어서 효율을

떨어트리며, 5~10°C 정도의 과냉각 온도는 이런 현상을 예방 할 수 있다고 보고 함

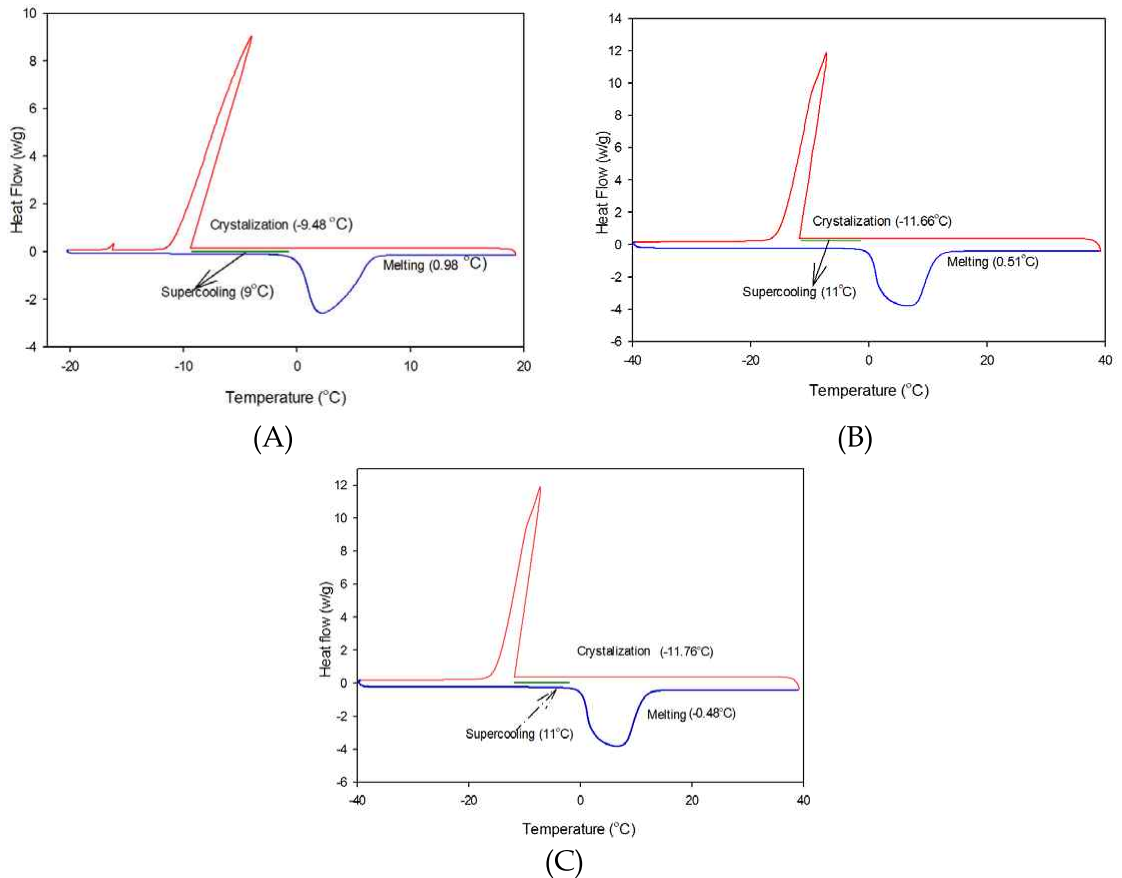


그림. PCM0의 DSC 곡선 (A) 열 변화율 2°C/min; (B) 열변화율 5°C/min; (C) 열변화율 10°C/min

표. 열 변화율에 따른 PCM0의 열적 특성

Samples	Melting Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Freezing Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Supercooling (°C)
Scan@2	0.98	335.3	-9.48	305.0	9
Scan@5	0.51	305.1	-11.66	285.4	11
Scan@10	0.48	342.1	-11.76	306.0	11

② PCM-10 (Potassium chloride)

- PCM-10에서 사용된 염화칼륨은 주로 공용액에서 사용됨

- Scan@2에서 녹는점 -10.52°C, 어는점 -20.36°C 을 보여주었으며 Scan@5에서 녹는점 -10.45°C, 어는점 -26.22°C, Scan@10에서 녹는점 -10.07°C, 어는점 -26.62°C 을 보임

- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 275.4 J/g, 어는점에서 277.5 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 272.7 J/g, 어는점에서 258.6 J/g, Scan@10은 녹는점에서

267.3 J/g, 어는점에서 261.1 J/g의 잠열량이 측정됨

- PCM0과 마찬가지로 열변화율이 증가할수록 높은 과냉각 (Supercooling) 온도가 측정되었는데 Scan@2에서는 10°C, Scan@5에서 16°C, Scan@10에서 16°C 를 보여줌

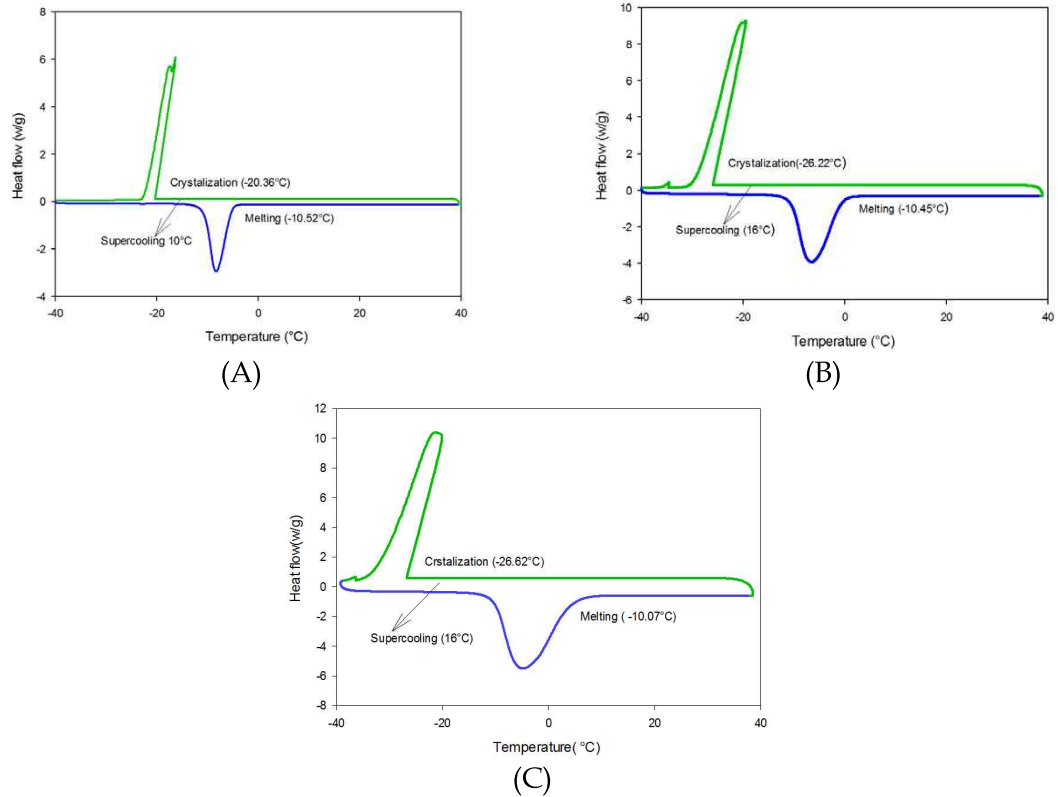


그림. PCM-10의 DSC 곡선 (A) 열 변화율 2°C/min; (B) 열변화율 5°C/min; (C) 열변화율 10°C/min

표. 열 변화율에 따른 PCM-10의 열적 특성

Samples	Melting Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Freezing Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Supercooling (°C)
Scan@2	-10.52	275.4	-20.36	277.5	10
Scan@5	-10.45	272.7	-26.22	258.6	16
Scan@10	-10.07	267.3	-26.62	261.1	16

③ PCM-25

- PCM-25은 Sodium tetraborate decahydrate + sodium chloride + ammonium chloride 으로 이루어진 공용액으로 이루어짐
- PCM-25의 열적 특성은 Scan@2에서 녹는점 -24.70°C, 어는점 -39.00°C 을 보여주었 으며 Scan@5에서 녹는점 -24.55°C, 어는점 -40.66°C, Scan@10에서 녹는점 -24.40°C, 어는점 -42.44°C 을 보임

- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 224.0 J/g, 어는점에서 223.7 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 220.0 J/g, 어는점에서 215.1 J/g, Scan@10은 녹는점에서 228.0 J/g, 어는점에서 222.3 J/g의 잠열량이 측정됨
- PCM0과 마찬가지로 열변화율이 증가할수록 높은 과냉각 (Supercooling) 온도가 측정되었는데 Scan@2에서는 15°C, Scan@5에서 16°C, Scan@10에서 18°C로 다른 샘플에 비해 다소 높은 과냉각 정도를 보임

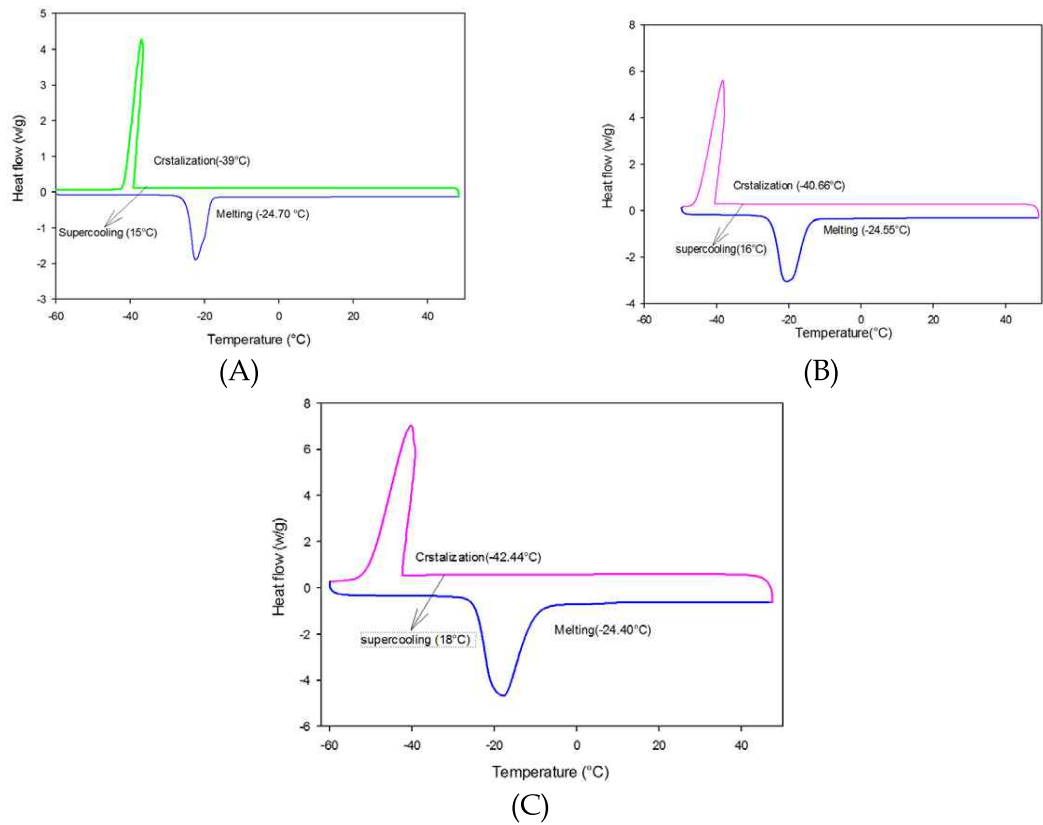


그림. PCM-25의 DSC 곡선 (A) 열 변화율 2°C/min; (B) 열변화율 5°C/min; (C) 열변화율 10°C/min

표. 열 변화율에 따른 PCM-25의 열적 특성

Samples	Melting Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Freezing Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Supercooling (°C)
Scan@2	-24.70	224	-39.00	223.7	15
Scan@5	-24.55	220	-40.66	215.1	16
Scan@10	-24.40	228	-42.44	222.3	18

④ PCM5

- PCM5은 Tetradecane으로 Paraffin wax에 한 종류로 PCM5의 열적 특성은 Scan@2에서 녹는점 5.82°C, 어는점 2.43°C 을 보임

- Scan@5에서 녹는점 5.97°C, 어는점 1.67°C, Scan@10에서 녹는점 6.24°C, 어는점 1.87°C 을 보임
- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 198.6 J/g, 어는점에서 202.8 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 218.8 J/g, 어는점에서 223.4 J/g, Scan@10은 녹는점에서 199.9 J/g, 어는점에서 202.1 J/g의 잠열량이 측정됨
- 과냉각 (Supercooling) 온도는 Scan@2에서는 3.39°C, Scan@5에서 4.30°C, Scan@10에서 4.37°C로 열 변화율이 클수록 높은 과냉각 정도를 보여줌

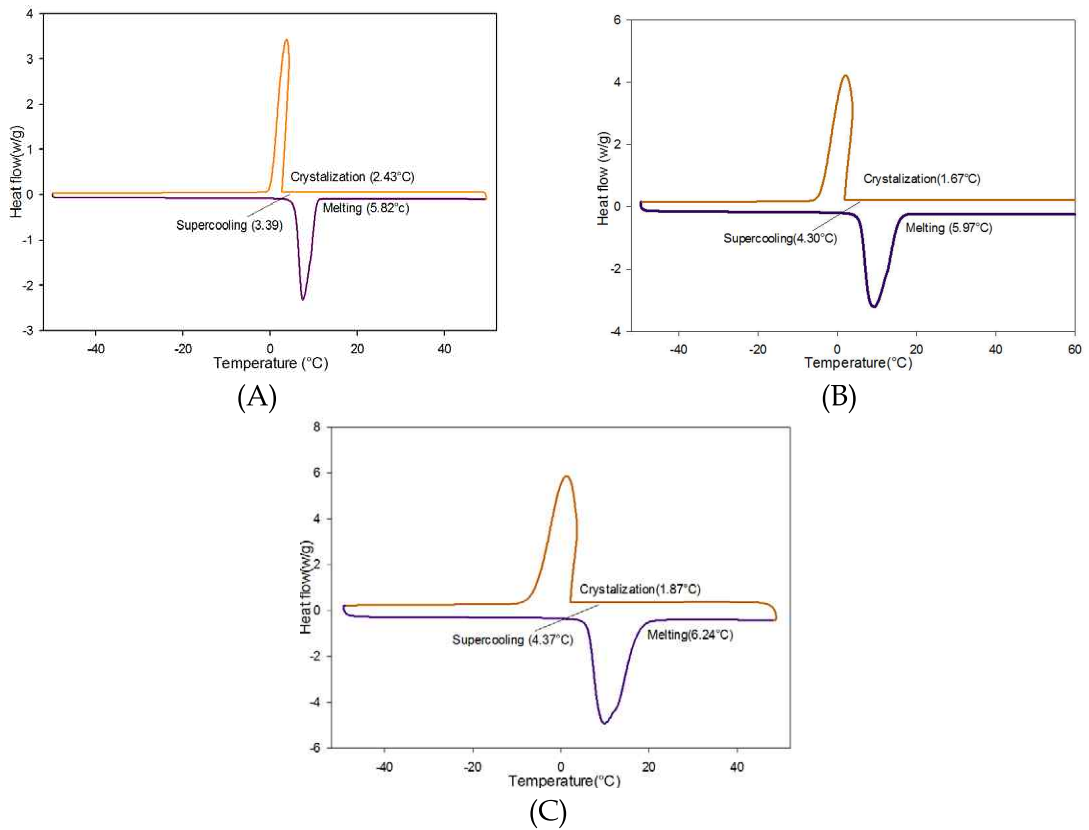


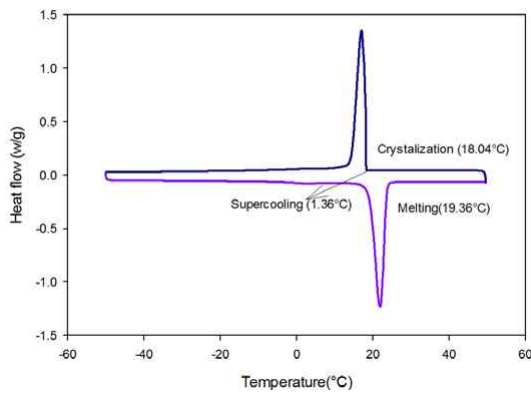
그림. PCM5의 DSC 곡선 (A) 열 변화율 2°C/min; (B) 열변화율 5°C/min; (C) 열변화율 10°C/min

표. 열 변화율에 따른 PCM5의 열적 특성

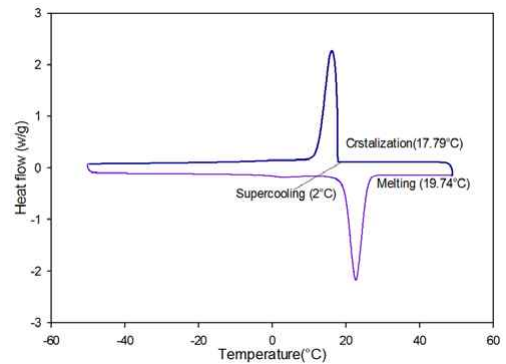
Samples	Melting Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Freezing Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Supercooling (°C)
Scan@2	5.82	198.6	2.43	202.8	3.39
Scan@5	5.97	218.8	1.67	223.4	4.30
Scan@10	6.24	199.9	1.87	202.1	4.37

⑤ PCM20

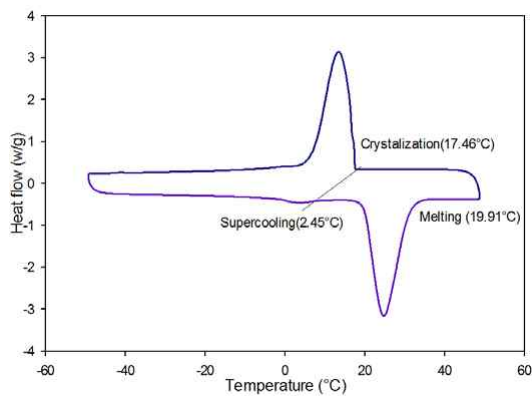
- PCM20은 Capric acid와 Lauric acid로 이루어진 공용액으로 이루어져 있으며 주로 건축 자재에 적용되어 이용됨
- PCM20의 열적 특성은 Scan@2에서 녹는점 19.36°C, 어는점 18.04°C을 보였으며 Scan@5에서 녹는점 19.74°C, 어는점 17.79°C, Scan@10에서 녹는점 19.91°C, 어는점 17.46°C을 보임
- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 93.76 J/g, 어는점에서 90.27 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 89.02 J/g, 어는점에서 93.28 J/g, Scan@10은 녹는점에서 108.7 J/g, 어는점에서 111.1 J/g의 잠열량이 측정됨
- 다른 샘플들과 마찬가지로 열변화율이 증가할수록 높은 과냉각 (Supercooling) 온도가 측정되었는데 Scan@2에서는 1.36°C, Scan@5에서 2.00°C, Scan@10에서 2.45°C로 모든 샘플 중 가장 낮은 과냉각 정도를 보임



(A)



(B)



(C)

그림. PCM20의 DSC 곡선 (A) 열 변화율 2°C/min; (B) 열변화율 5°C/min; (C) 열변화율 10°C/min

표. 열 변화율에 따른 PCM20의 열적 특성

Samples	Melting Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Freezing Temp. (°C)	Latent heat (J/g)	Supercooling (°C)
Scan@2	19.36	93.76	18.04	90.27	1.36
Scan@5	19.74	89.02	17.79	93.28	2.00
Scan@10	19.91	108.7	17.46	111.1	2.45

○ 결론 및 고찰

- PCM의 외부 온도 변화에 따른 열적 특성을 확인하기 위하여 DSC의 열변화율을 2, 5, 10 °C/min 총 3가지로 변화를 주어 측정함
- 모든 샘플에서 열변화율에 따른 잠열량의 변화가 유의적 차이를 보이지 않았지만 열변화율이 작을수록 낮은 과냉각 온도를 확인함
- 과냉각 온도가 낮을수록 평형상태에서의 상변화 온도 이하까지 냉각되어도 변화를 일으키지 않는 현상이 줄어들어 온도 유지에 효율적임
- 이러한 이유로 PCM 선정시 잠열량과 과냉각 온도는 중요한 요소 사용됨
- 이번 연구를 통해서 낮은 과냉각 온도와 높은 잠열량을 가지고 있는 PCM0과 PCM5의 혼합, PCM -10과 PCM5의 혼합을 이용하면 더 좋은 효과가 있을 것으로 판단됨

2. 2차년도
가 주관기관 FMS

(1) 핵심개발기술 기초 설계
(가) 택배용 보냉용기 기초설계

○ 형상에 따른 보냉용기 기초 설계

- 사각형과 팔각형 타입의 2가지 타입으로 보냉용기를 기초 설계를 하였다. 2가지 타입 모두 고급신선육과 송이버섯, 신선약용작물 공용으로 사용 가능함

① 팔각형 타입의 구조 설계 및 치수설계

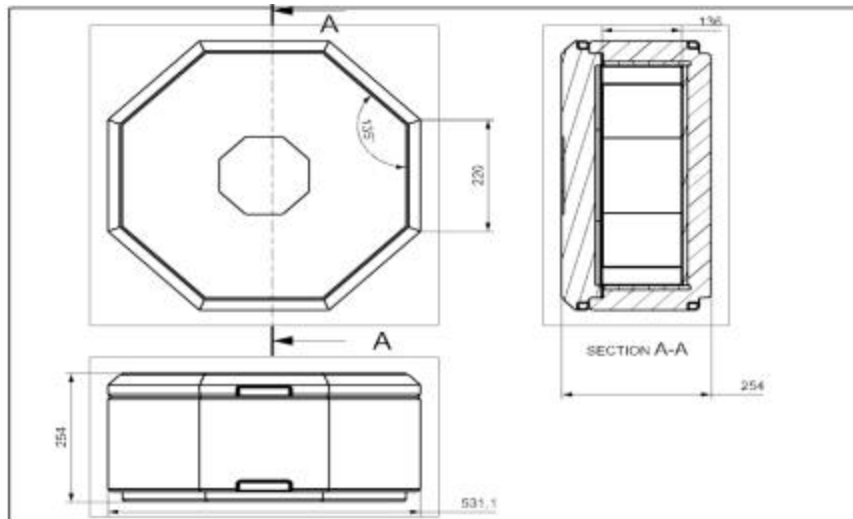


그림. 팔각형 타입 보냉용기 및 PCM 기초설계

② 사각형 타입의 구조 설계 및 치수설계

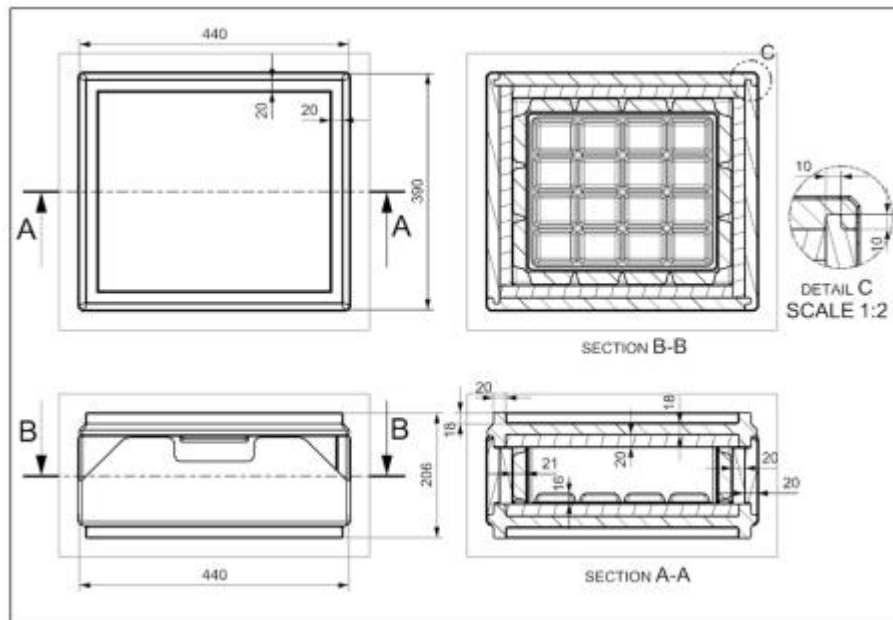


그림. 사각형 타입 보냉용기 및 PCM 기초설계

팔각형 타입의 경우, 내부 공간의 효율성이 낮으며, 제품을 적재 하였을 경우 불필요한 공간에 대한 우려로 인해 사각형 타입으로 최종 결정하였다.

○ 상변화물질을 이용한 보냉팩(파우치)의 모델링

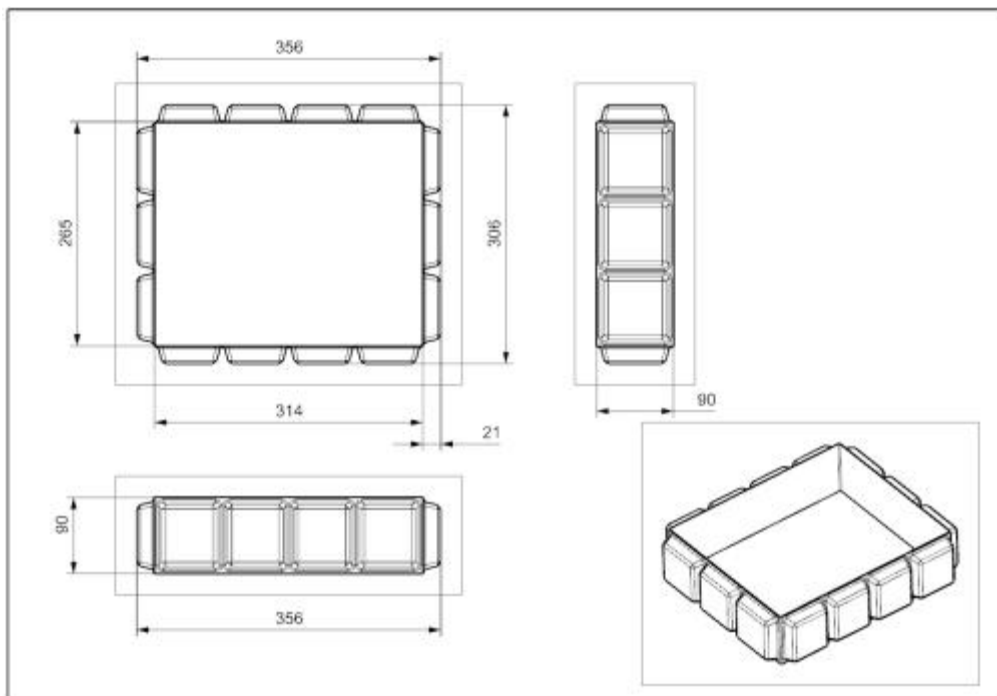
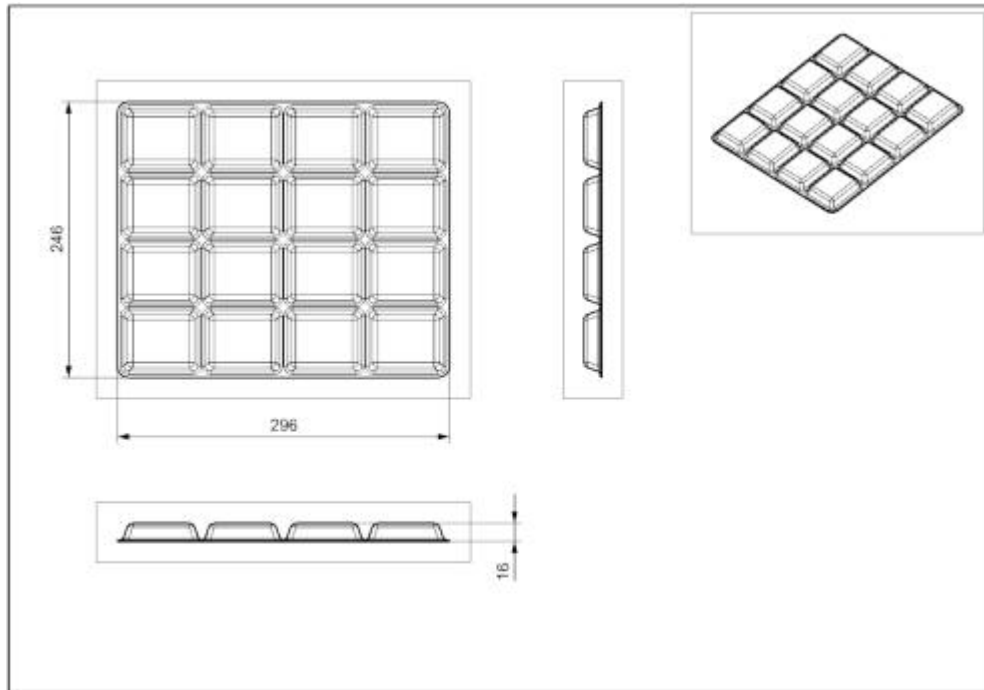


그림. 사각형 타입 보냉팩(파우치) 기초설계

냉매로써 열전달 효율을 극대화하기 위해, 냉매의 표면적을 최대한 넓힐 수 있는 구조로 설계하였으며 외부의 충격 및 냉매 예냉 시 부피 증가로 인한 표면의 찢어짐 방지를 위해 우레탄 소재를 사용하여 보냉팩(파우치)을 설계하였음

○ 단열 및 파우치 소재의 선정

① 단열 소재의 선정

	Image	밀도	단열성능(열전도율)
EPS		30kg/m ³	0.038 W/m.K
EPP		68kg/m ³	0.038 W/m.K
PU		45kg/m ³	0.026 W/m.K
XPS		30kg/m ³	0.03 W/m.K
VIP		250kg/m ³	0.005 W/m.K

표. 보냉박스 재질에 대한 물성 및 특성

- EPS (Expanded Polystyrene)

- 비드법으로 제작된 단열재이며, 스티로폼으로 가장 많이 알려져 있는 소재 임.
- 가볍고 열전도특성이 우수하며 성형 및 가공이 쉬운 장점이 있으나, 밀도가 낮아 내충격성이 약하며 열에 취약한 단점이 있음.

- EPP (Expanded Polypropylene)

- Polypropylene을 구형태의 비드형태로 만들어 열 및 증기로 압축하여 제품을 제작함.

- 성형 및 가공성이 우수하고 내열성이 및 내충격성이 우수하여 포장재 및 용기로 많이 사용 됨.
- 중량 대비 높은 강도를 가지고 있어 포장재의 무게 및 부피를 줄일 수 있는 장점이 있음.

- PU (Polyurethane foam)

- 폴리우레탄 폼은 MDI라고 하는 발포제와 폴리올을 1:1로 혼합 화학적인 반응을 이용하여 20배 이상 팽창시켜 사용하는 단열재료 임.
- 가볍고 열전도성능이 우수하나 열에 취약하고 변색의 우려가 있어 내부의 단열재로 많이 사용 됨.

- XPS (Extruded Polystyrene)

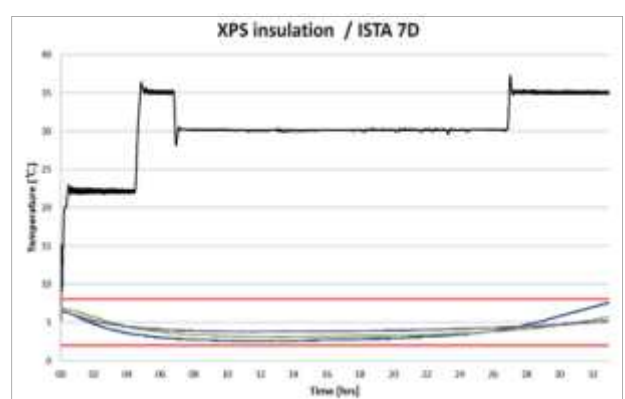
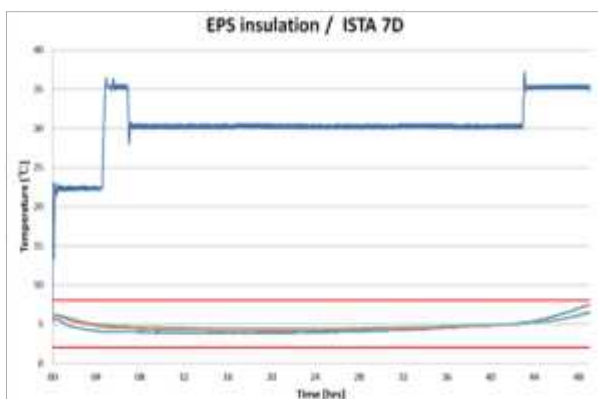
- 폴리스티렌을 압출법으로 생산한 타입으로 EPS에 비해 흡수률이 낮아 단열성이 우수함.
- 압출방법으로 인해 보드 타입으로 생산이 되어 벽면의 단열재나 내부의 단열재로 많이 사용됨.

- VIP (Vaccum Insulation Panel)

- 열적 특성이 우수하며 제품 내부의 초고진공 상태로 만들기 때문에 일반 단열재에 비해 10배 이상 우수한 성질이 있음.
- 타 단열재에 비해 단가가 높으며, 보드 타입으로만 가공이 가능하여 성형성이 떨어지는 단점이 있음.

- 최종 소재 선정

- 보냉용기 선정



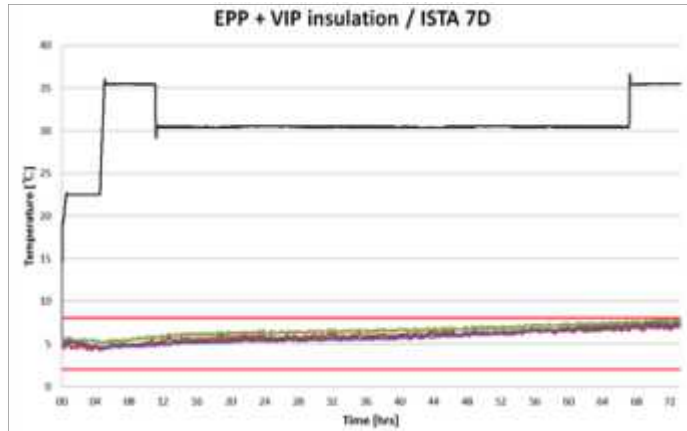


그림. 보냉용기 소재별 온도유지 성능

- EPS, XPS, EPP 3가지 소재로 Payload 10리터 샘플을 제작하여 ISTA7D 2°C~8°C 조건으로 테스트 진행 함. EPS 샘플의 경우 48시간, XPS 샘플의 경우 32시간, EPP 샘플의 경우 72시간 온도 유지 되는걸 볼 수 있음.
- EPP 용기의 온도유지 성능이 가장 우수했으며, 택배배송용기 특성상, 외란에 의한 충격이 많을 것으로 예상되어, 열적 특성이 우수하며, 내충격성, 단열성, 가공성이 우수한 EPP 소재로 선정하여 진행함.

· 단열재

단열재 소재	보냉용기 소재	열관류율 [W/m².K]	Total 열량 [KJ]	0°C PCM 예상 냉매량 [kg]	열량[J] = $K \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta d} \times Time(sec)$ = $U \times A \times \Delta T \times Time(sec)$
PU 20mm	EPP 20mm	0.74	2,913	9.7	K: 열전달율 [W/m.K] U: 열관류율 [W/m².K] A: 면적[m²] ΔT: Packaging 내외부 온도차[°C] Δd: 소재두께[m] Time: 지속시간[sec.] 복합소재 열관류율 계산 $U = \frac{1}{\left[\frac{d_1}{K_1}\right] + \left[\frac{d_2}{K_2}\right] \dots}$
XPS 20mm	EPP 20mm	0.84	3,320	11.1	
VIP 20mm	EPP 20mm	0.22	875	2.9	

표. 소재별 냉매량 산출

- 보냉용기를 EPP 적용 시, 단열재를 PU, XPS, VIP로 적용하여 열관류율, total 열량, 예상 냉매량을 산출 함.
- 냉매량이 가장 적은 VIP로 적용 결정 함. PU와 XPS의 경우, 냉매량이 너무 무거워 적용하기 어려울 것으로 판단되어짐.

② 상변화 물질 보냉팩(파우치) 소재의 선정

- 외부의 충격 및 냉매 예냉 시 부피 증가로 인한 표면의 찢어짐 방지를 위해 우레탄

소재를 사용하여 보냉팩(파우치)을 개발함.

(2) 핵심개발 기술 상세설계

(가) 핵심개발 기술 상세 설계

① 택배용 보냉용기의 3D 모델링

- 팔각형 타입의 경우, 내부 공간의 효율성이 낮으며, 제품을 적재 하였을 경우 불필요한 공간에 대한 우려로 인해 사각형 타입으로 최종 결정 하여 상세설계를 진행 함.

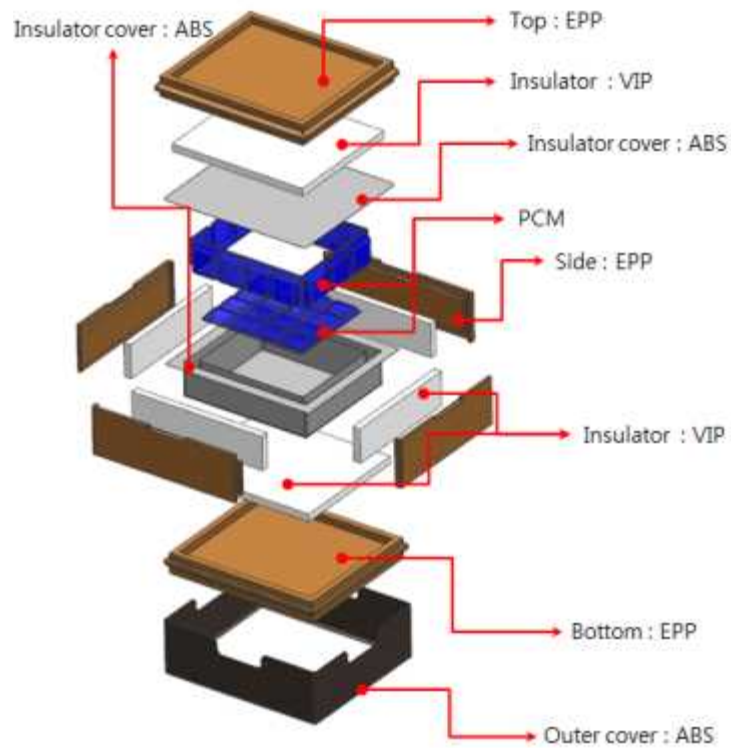
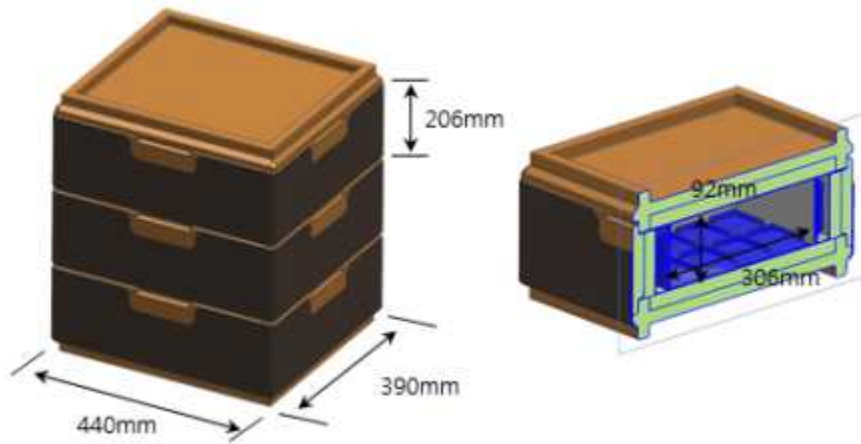


그림. 보냉용기 / 보냉팩 형상 및 전체 구조 3D 모델링

② 상변화물질을 이용한 보냉팩의 3D 모델링

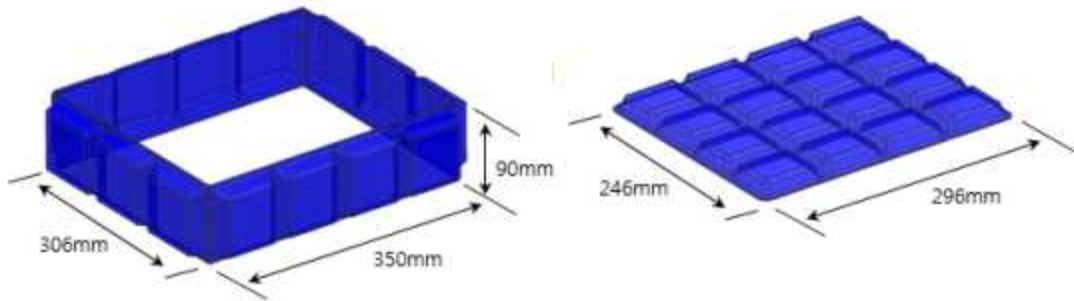


그림. 보냉용기 / 보냉팩 형상 및 전체 구조의 3D 모델링

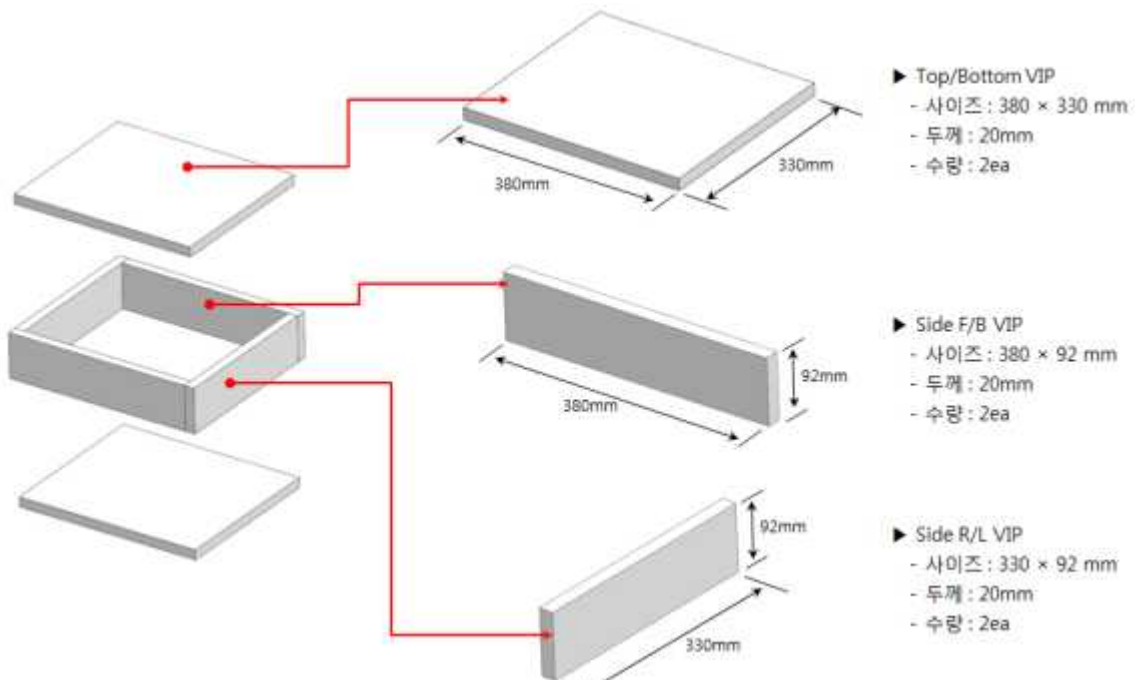


그림. 단열재 구조 및 사이즈 3D 모델링

(나) 핵심개발 기술 설계 분석

- CFD(전산유체역학)를 이용한 열 해석 simulation은 유체 및 열의 흐름에 따른 온도를 비롯한 여러 물성치의 변화를 확인하기 위해 사용되고 있으며, 실제 제품 적용 전 전체적인 온도 성능의 경향을 파악 할 수 있음. 또한 외부 및 내부 조건에 따라 내부 공간온도(Air)의 결과를 비교하여 제품 적용시 어떤 조건으로 생산할지 알고자 하는데 목적을 가지고 있음.
- 본 과제의 경우, 정지해 있는 유체를 다루기 때문에 유동해석 보다는 외부의 온도 조건 및 내부의 조건에 따른 열 해석에 초점을 맞추어 진행함.

① 택배용 보냉용기 및 보냉팩 CFD(전산유체역학) 시뮬레이션

- EPP 보냉용기 및 단열재(VIP), 보냉팩을 형상화 하여 모델링 진행함.

- 위의 제품 구조로 모델링 후, 실제 내부 공간온도(Air)의 열평형 상태에서의 온도 분포를 조건에 따라 계산하여 비교 분석하고자 함.

- 시뮬레이션에 앞서 그림과 같이 고급신선육, 송이버섯, 신선약용작물에 대한 보냉용기 및 보냉팩 열량 분석을 진행함.

	Outer			Inner			Incase			열관류율 [W/m2.k]
	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	
Side	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22
Top	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22
Bottom	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22

▶ 열량계산 (고급신선육)

외기온도[°C]	30.5			
내부목표온도[°C]	1			
지속시간[hr]	72	가르[mm]	세르[mm]	
면적	Side (F/B)	306	92	0.056304
	Side (R/L)	256	92	0.047104
	Top	306	256	0.078336
	Bottom	306	256	0.078336
위치별 열량	Side	175	KJ	
	Top	132	KJ	
	Bottom	132	KJ	
안전계수	1.5			
Total 열량	659	KJ		
중류수 용해잠열	300	KJ/kg		
필요한 냉매량 (중류수)	2.2	kg		

$$\text{열량}[J] = K \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta d} \times \text{Time}(sec)$$

$$= U \times A \times \Delta T \times \text{Time}(sec)$$

K: 열전달율 [W/m.K]

U: 열관류율 [W/m².K]

A: 면적[m²]

ΔT: Packaging 내외부 온도차[°C]

Δd: 소재두께[m]

Time: 지속시간[sec.]

복합소재 열관류율 계산
$$U = \frac{1}{\left[\left(\frac{d_1}{K_1}\right) + \left(\frac{d_2}{K_2}\right) \dots\right]}$$

별강색 글씨 부분만 입력 하면 열량 및 필요냉매량 자동 계산 됨.

표. 고급신선육 열량분석

	Outer cover			Insulator			Incase			열관류율 [W/m2.k]
	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	
Side	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22
Side (R/L)	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22
Top	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22
Bottom	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22

▶ 열량계산

외기온도[°C]	30.5			
내부목표온도[°C]	3			
지속시간[hr]	72	가로[mm]	세로[mm]	면적[m²]
면적	Side (F/B)	306	92	0.056304
	Side (R/L)	256	92	0.047104
	Top	306	256	0.078336
	Bottom	306	256	0.078336
위치별 열량	Side(F/B)	89	KJ	
	Side(R/L)	74	KJ	
	Top	123	KJ	
	Bottom	123	KJ	
안전계수	1.5			
Total 열량	614 KJ			
종류수 용해잠열	300 KJ/kg			
필요한 냉매량 (종류수)	2.0 kg			

$$열량[J] = K \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta d} \times Time(sec)$$

$$= U \times A \times \Delta T \times Time(sec)$$

K: 열전달율 [W/m.K]

U: 열관류율 [W/m².K]

A: 면적[m²]

ΔT: Packaging 내외부 온도차[°C]

Δd: 소재두께[m]

Time: 지속시간[sec.]

$$복합소재 열관류율 계산 \quad U = \frac{1}{\left[\frac{d_1}{K_1} + \left(\frac{d_2}{K_2}\right) \dots\right]}$$

빨간색 글씨 부분만 입력 하면 열량 및
필요냉매량 자동 계산 됨.

표. 송이버섯 열량분석

- 3가지 제품 군에 대해서 안전계수 1.5로 계산함.
- 보냉용기 및 단열재는 동일한 구조이며, 제품군에 따라 삽입되는 냉매량에 대해서만 차이가 있음.

	Outer			Inner			Incase			열관류율 [W/m2.k]
	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	
Side	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22
Top	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22
Bottom	EPP	0.038	20	VIP	0.005	20	가교PE	0.05	0	0.22

▶ 열량계산 (신선약용작물)

외기온도[°C]	30.5			
내부목표온도[°C]	7			
지속시간[hr]	120	가로[mm]	세로[mm]	면적[m²]
면적	Side (F/B)	306	92	0.056304
	Side (R/L)	256	92	0.047104
	Top	306	256	0.078336
	Bottom	306	256	0.078336
위치별 열량	Side	232	KJ	
	Top	176	KJ	
	Bottom	176	KJ	
안전계수	1.5			
Total 열량	875 KJ			
종류수 용해잠열	300 KJ/kg			
필요한 냉매량 (종류수)	2.9 kg			

$$열량[J] = K \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta d} \times Time(sec)$$

$$= U \times A \times \Delta T \times Time(sec)$$

K: 열전달율 [W/m.K]

U: 열관류율 [W/m².K]

A: 면적[m²]

ΔT: Packaging 내외부 온도차[°C]

Δd: 소재두께[m]

Time: 지속시간[sec.]

$$복합소재 열관류율 계산 \quad U = \frac{1}{\left[\frac{d_1}{K_1} + \left(\frac{d_2}{K_2}\right) \dots\right]}$$

빨간색 글씨 부분만 입력 하면 열량 및
필요냉매량 자동 계산 됨.

표. 신선약용작물 열량분석

- 열량분석 결과를 토대로 제품 시뮬레이션을 진행하기 위해 모델링에 대해 격자 형성 시 격자의 질을 향상시키기 위해 라운드 형상이 적용된 부분은 라운드 부를 제거하고 결과에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 단순화 진행함.

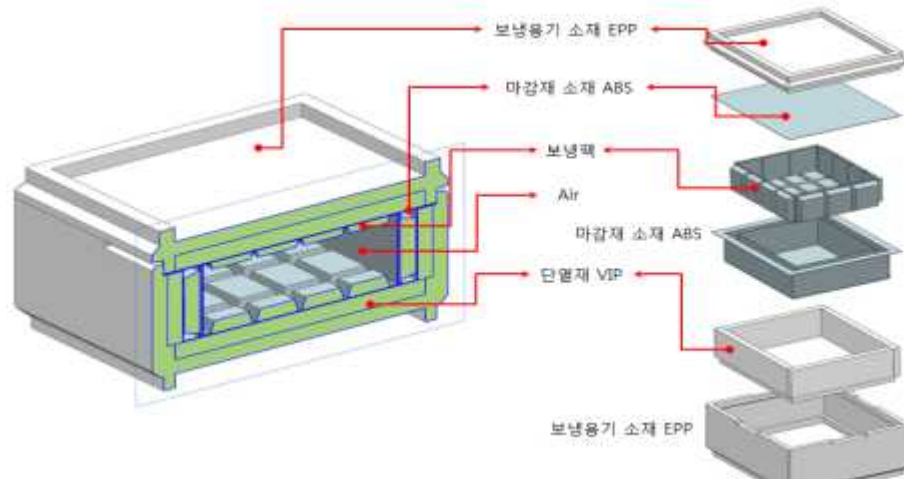


그림. 제품 구조 및 모델링

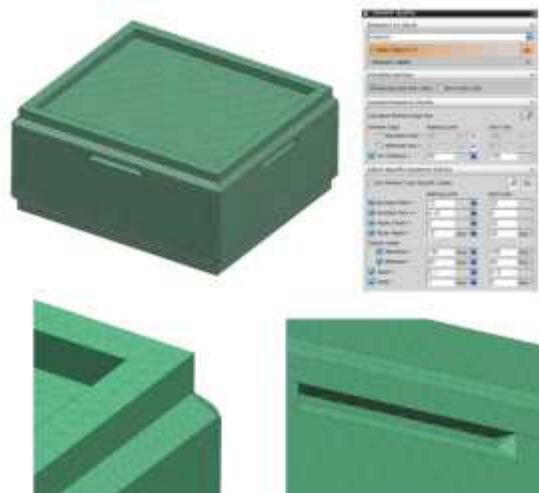
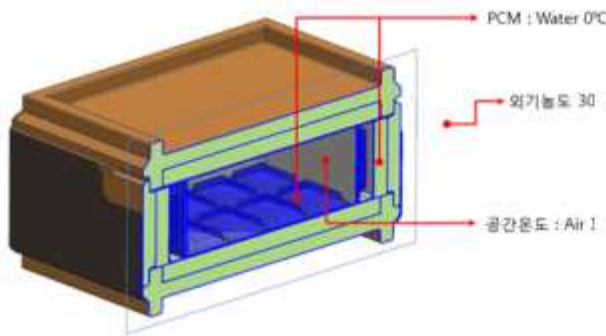


그림. 격자 형성

- Tetrahedral Mesh의 경우, 비정렬 격자로써 복잡한 형상에서도 격자 형성이 가능하며, 일반적으로 Boundary Layer 등 좁은 영역에서도 격자를 생성 할 수 있는 장점을 가지고 있어 Tetrahedral Mesh를 사용함.

- 본 과제에 사용된 격자 사이즈는 평균5mm 이며, 110,335개의 격자를 형성하여 진행.

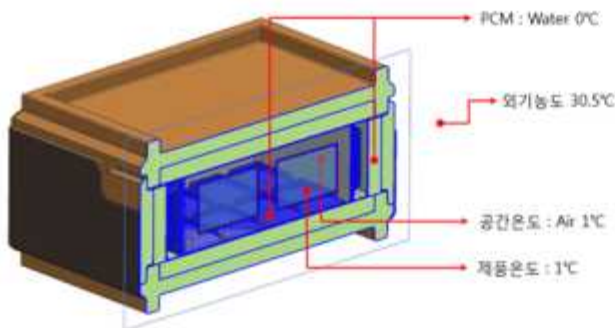
- 격자의 질을 나타내는 지표로 Skewness 값을 많이 활용함. Skewness는 격자의 비틀림을 나타내는 지표로써, 0과 1사이의 값을 가지며 0에 가까운 값을 가질수록 격자의 질이 좋으며, 0.95 이상일 경우 계산 시 발산 되거나 부정확한 해석 결과를 초래 할 수도 있으나, 본 과제외의 Skewness 값의 경우, 최대값이 0.84로써 격자의 질은 큰 문제가 없다고 판단됨.
- 경계조건
 - Case 1 : Board 조립 타입 / Side + Bottom 면에만 PCM 장착한 경우



위치	Condition	Remark
Bottom PCM	0°C	초기온도, Water
Side PCM	0°C	초기온도, Water
공간온도 (Air)	1°C	초기온도, Air
외기온도	30.5°C	고정온도, ISTA 7D 평균온도

그림. Case 1 경계조건

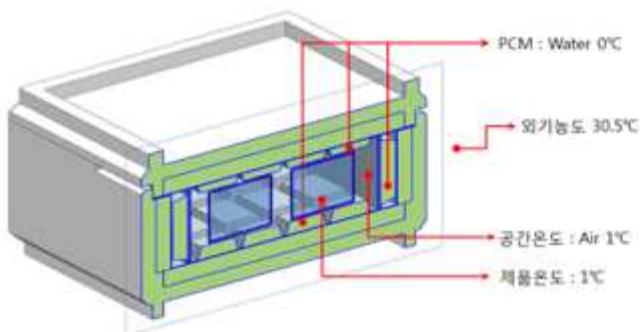
- Case 2: Board 조립 타입+제품 / Side + Bottom 면에만 PCM 장착한 경우



위치	Condition	Remark
Bottom PCM	0°C	초기온도, Water
Side PCM	0°C	초기온도, Water
공간온도 (Air)	1°C	초기온도, Air
외기온도	30.5°C	고정온도, ISTA 7D 평균온도
제품온도	1°C	초기온도

그림. Case 2 경계조건

- Case 3 : Union 타입 / Side + Top + Bottom 면 모두 0°C PCM 장착한 경우



위치	Condition	Remark
Top PCM	0°C	초기온도, Water
Bottom PCM	0°C	초기온도, Water
Side PCM	0°C	초기온도, Water
공간온도 (Air)	1°C	초기온도, Air
외기온도	30.5°C	고정온도, ISTA 7D 평균온도
제품온도	1°C	초기온도

그림. Case 3 경계조건

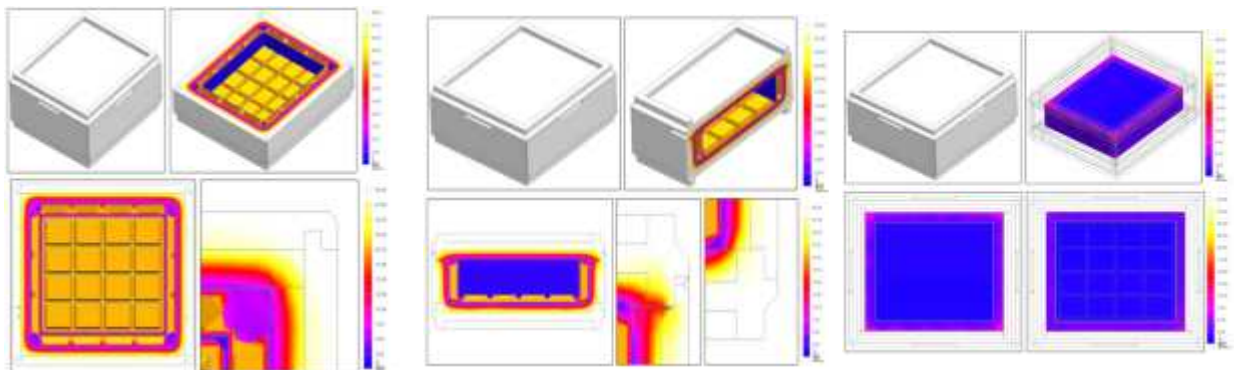
- Case 4 : Union 타입 / PCM 5°C + PCM 0°C 혼용하여 사용한 경우



그림. Case 4 경계조건

- Board 타입 조립의 경우, 보냉 용기 제작 시 Side부와 Bottom부 board를 제작하여 조립하는 타입으로 물류 이동시 공간 효율을 줄일 수 있는 장점이 있고, Union 타입의 경우 board 제작 없이 Side/Bottom부를 Union 타입으로 제작함. 틈새가 없어 견고성은 우수하나 이동시 공간을 많이 차지하는 단점이 있음.

- Case 1 결과(Board 조립 타입 / Side + Bottom 면에만 PCM 장착한 경우)



Top View

Side View

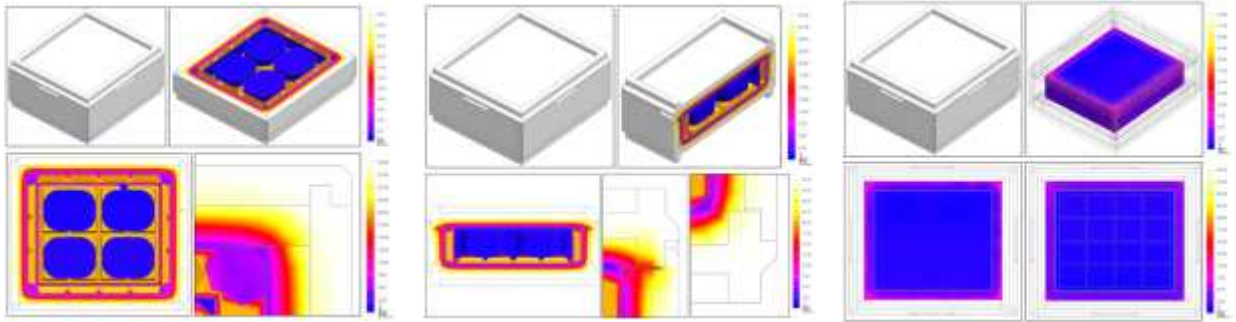
내부공간

그림. CASE1 Temp. Profile

- Case 1의 경계조건 하에서 열평형 도달 후의 결과임
- 내부 공간 온도 분포를 통하여 Body와 Top부의 접촉부의 온도가 높은 것을 알 수 있으며, 즉 Body와 Top부의 조립부가 heat bridge 임을 알 수 있음. 조립부를 통해 냉기가 loss 되는 부분을 개선 할 필요 있을 것으로 판단됨
- Case 1의 경우, Side와 Bottom부에만 PCM이 장착 된 경우 Side와 Bottom부의 온도에 비해 상단부의 온도가 높은 것으로 보아 균일한 온도 조건을 위해 상단부에서 PCM을 장착 하는 것이 좋을 것으로 판단됨

- 보냉용기의 경우, Body를 Union 타입으로 제작하는 것이 아닌 Side부와 Bottom부를 각각 Board 형태로 만들어 조립하는 타입이다. 따라서 조립되어 지는 부분에서 냉기가 loss가 발생되어 단열재 조립부의 온도가 상대적으로 높은 것으로 판단된다. 제품 제작 시, 냉기의 loss를 줄이기 위해서는 Side부와 Bottom부를 조립하는 형태가 아닌 Union 형태로 제작 할 필요가 있을 것으로 보여짐

- · Case 2 결과(Board 조립 타입+제품 / Side + Bottom 면에만 PCM 장착한 경우)



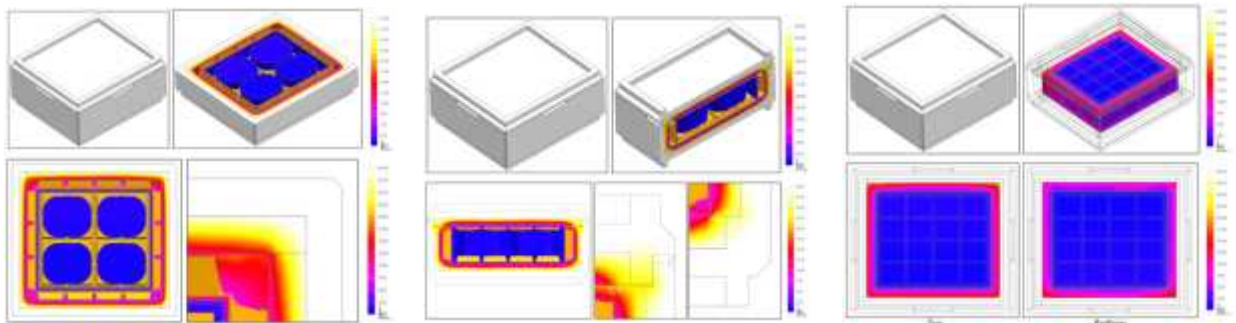
Top View

Side View
그림. CASE2 Temp. Profile

내부 공간

- 내부에 제품 장착을 가정하여 계산 된 결과임
- 고급신선육을 가정하여 초기 온도 1℃ 일 때, 열평형 후 온도를 계산 함.
- Case 1의 계산결과와 비교하여, 내부공간 온도를 비교하였을 때, 내부 장착 된 제품으로 인해 Case 2의 내부 사이드 부의 공기온도가 약 2℃에서 3℃ 높은 것을 볼 수 있음. 내부의 제품을 위치시킬 경우, 시간 경과에 따라 외부로부터 내부로 열이 전달 될 때, PCM으로 열전달이 이루어져 사이드의 온도가 높아진 것으로 생각되며, PCM으로 인해 내부의 제품과 공기 온도가 더 잘 유지 될 수 있을 것으로 판단됨.

- Case 3 결과(Union 타입+제품 / Side + Top + Bottom 면 모두 0℃ PCM 장착한 경우)



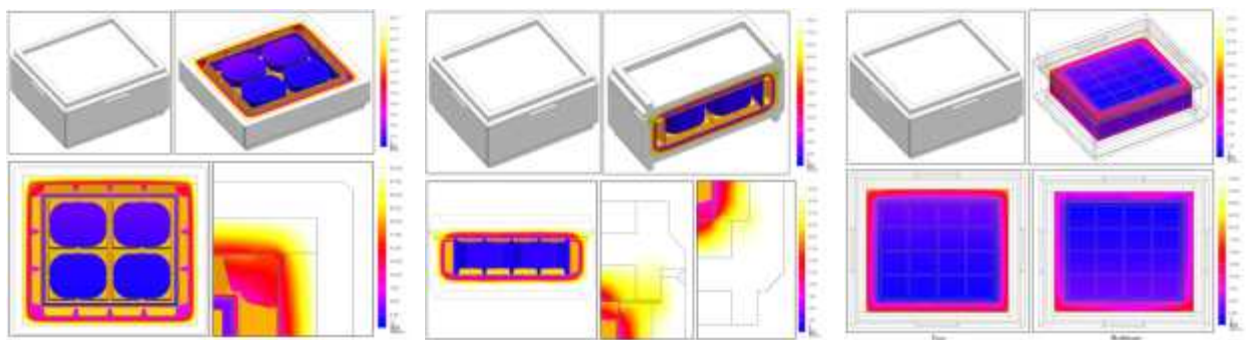
Top View

Side View
그림. CASE3 Temp. Profile

내부 공간

- Case 3의 경우, 제품 상단에 PCM 0°C 추가한 건으로 상단부 PCM 추가를 통해 내부 온도 유지 시간을 증가시키기 위함임.
- Case 2와 비교하여 상단의 PCM이 외부로부터의 열을 흡수하여 내부 온도 상승을 지연시키고 있음. 하단에만 PCM을 장착하는 것보다 상단까지 위치시킬 경우, 온도 유지가 더 오래 지속 될 수 있을 것으로 사료되나 상단부에 위치하는 PCM 공간으로 인해 실제 제품 보관 부피가 줄어들 수 있으므로 적절한 PCM 양을 조절 할 필요가 있음.

- Case 4 결과(Union 타입+제품 / PCM 5°C + PCM 0°C 혼용하여 사용한 경우)



Top View

Side View
그림. CASE4 Temp. Profile

내부 공간

- Case 3와 비교하여, 상단부 PCM 5°C 사용함.
- Case 3와 비교하였을 때, 계산상으로 큰 차이는 보이지 않았으나 신선육의 경우, 4°C 이하로 유지해야 하므로 PCM 5°C는 적절치 않을 것으로 사료되며, 송이버섯과 신선약용작물의 경우, PCM 0°C만 사용 할 경우, 저온으로 온도 이탈이 발생할 위험이 있으므로 5°C PCM과 혼용하여 사용하는 것이 좋을 것으로 판단되어짐.

(3) 핵심요소 기술 제작 및 검증

(가) 핵심개발 기술의 시작품 제작

① 보냉용기 시작품 제작

- 보냉용기 목업 제작
 - EPP 소재로 시작품 제작함.
 - Gray 색상, 13.5배 비드 사용, 밀도 75kg/m³



그림. 보냉용기 : EPP 소재

- 단열재의 삽입



그림. 단열재 : VIP

- Fumed Silica 소재로 제작 완료하였다.
- 일반적으로 사용되는 VIP의 경우, 심재가 유리섬유로 제작되어 인체에 유해성으로 인해 식품 용기에 사용되지 않는다. 따라서 식품 용기에 사용 가능한 Fumed Silica 소재 사용.
- Fumed Silica VIP 열전도율(K) 4.6mW/m.K 이며, 초기 열전도율은 유리섬유로 제작된 VIP와 비교하여 높은 경향이 있으나 시간에 따른 열전도율 유지시간이 좋은 장점이 있으며 택배 용기와 같이 오랜시간 단열효과가 필요한 용기에 많이 사용됨

- 보냉용기와 단열재 조립성 검토



그림. 단열재 : VIP

- EPP 보냉용기 시작품 제작 완료 (15배 비드, Black 색상으로 제작)
- 전체 형상 및 단열재 조립성 검토를 위해 EPP 보드를 이용하여 제작 함.
- 단열재 조립성 검토 결과, 이상 없음 확인

- 보냉팩 시작품 제작

- 보냉팩의 경우, 우레탄 소재의 시트에 0℃ 냉매용 증류수 및 5℃ 냉매용 테트라테칸을 주입하여 제작함

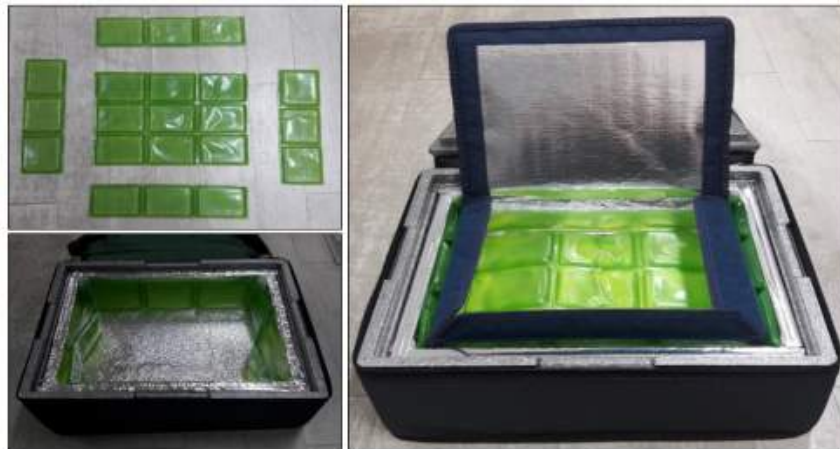


그림. 보냉팩

③ 전체 조립 형상

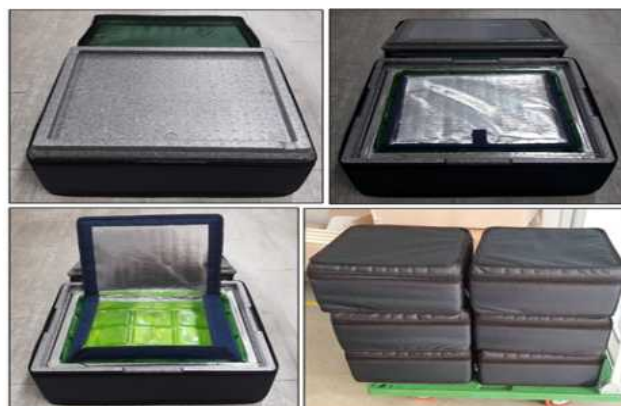


그림. 전체조립형상

④ 자체 온도 성능 테스트

- 온도 성능 테스트 PCM적용 조건

적용품목	인케이스 하단	인케이스 상단	인케이스 사이드	비고
고급신선육	0 ° C PCM 800g	0 ° C PCM 800g	0 ° C PCM 1200g	상온 에이징 10분
송이버섯	0 ° C PCM 800g	0 ° C PCM 800g	0 ° C PCM 1200g	상온 에이징 10분
신선약용작물	5 ° C PCM 800g	5 ° C PCM 800g	0 ° C PCM 1200g	에이징 없음

표. PCM 적용 조건

- PCM 무게 및 종류를 변경하여 2차 자체 온도성능 테스트를 실시함.
- 내부 제품 무게의 경우, 1차 때와 동일한 무게를 사용하였으며, PCM 무게와 종류의 경우, 각 제품별로 상이하게 적용.



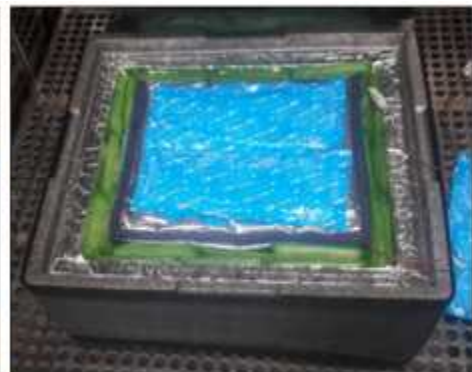
고급신선육



버섯



신선약용작물



PCM 장착



그림. 2차 자체 성능 테스트 셋팅 사진

- 2차 자체 온도 성능 테스트 결과

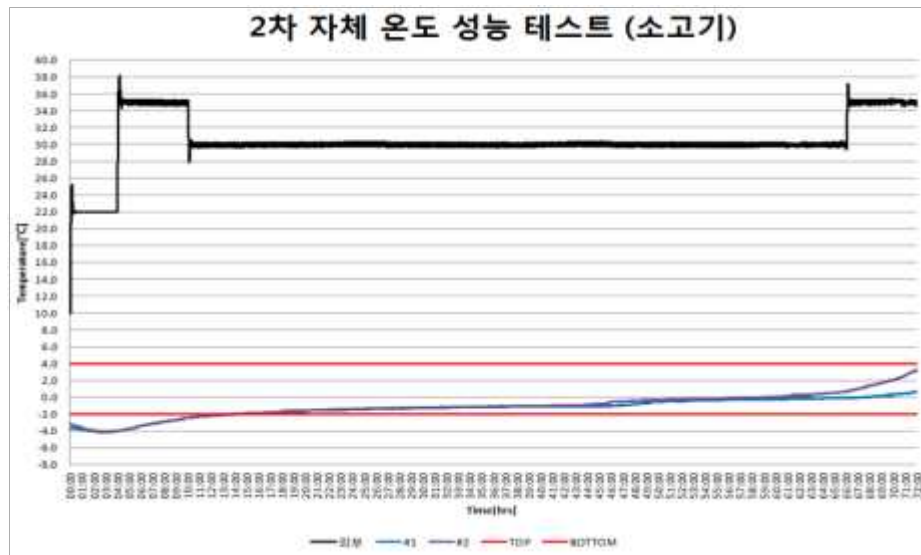


그림. 자체 온도 성능 테스트(소고기) 그래프

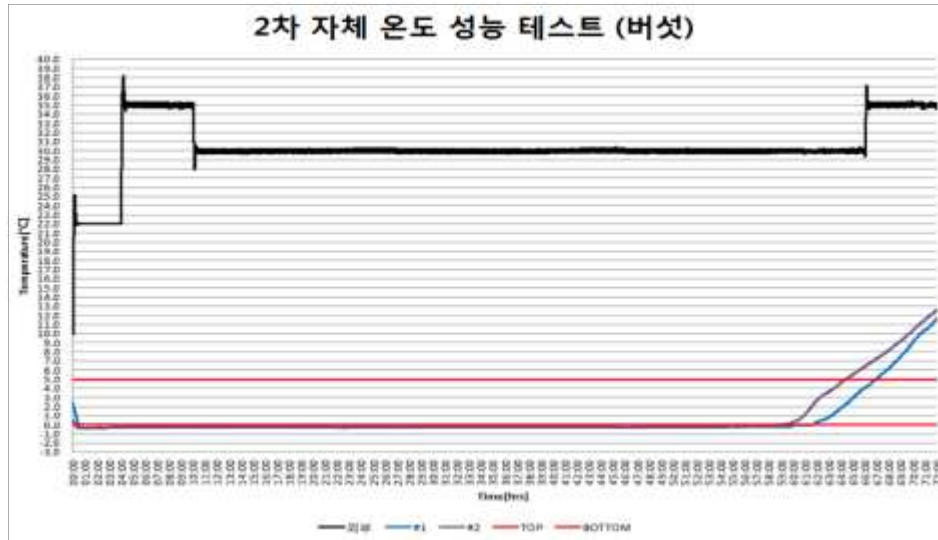


그림. 2차 자체 온도 성능 테스트(버섯) 그래프

- 고급 신선육의 경우, 72시간 동안 목표 온도를 유지 하였으며, 버섯의 경우 65시간, 인삼의 경우 49시간에서 온도가 이탈됨
- 고급 신선육과 버섯의 경우, 동일한 조건으로 냉매를 사용하였으나, 버섯은 65시간에서 이탈 되었고 신선육의 경우 신선육 자체가 냉매 역할을 하여 온도 유지 시간이 증가 할 수 있었던 것으로 판단된다. 버섯의 경우 실제 적용된 무게도 상대적으로 작고 버섯 자체의 열용량이 작아서 온도 유지에 도움을 주지 못한 것으로 판단됨
- 인삼의 경우, 인케이스 내부의 PCM을 5°C 를 적용한 결과 초반 온도 이탈 없이 적정 온도로 유지 됨
- 버섯과 인삼의 경우, 냉매량을 증가 시키면 온도유지 시간을 증가 시킬 수 있으나, 현재의 보냉 용기 사이즈의 한계로 인하여 냉매량을 증가시키는 것은 무리가 있다고 판단됨

(4) 시작품 2차 보완 설계 진행

○ 1차 시작품 보완 내용

- 자체테스트 결과 버섯 및 신선육용 작물의 냉매량 조절이 필요하며 냉매량 증가를 통해 목표온도 및 지속시간 유지를 시키기 위해서는 보냉 용기의 사이즈를 현재 보다 약 30%이상 증가시켜 적용해야함
- 적용품목에 따라 목표 보관온도가 상이한 관계로, 적용품목별 PCM 종류를 상이하게 적용하며, 지속시간을 오래 유지 할 수 있도록 설계 검토

(가) 2차 시작품 보완 설계

① 구조 설계 및 치수설계

○ 보냉용기 구조 및 치수 설계

- 그림과 같이 1차 시작품의 보완점을 개선하여 기초 설계를 진행함
- 제품 용량 20% 이상 증가

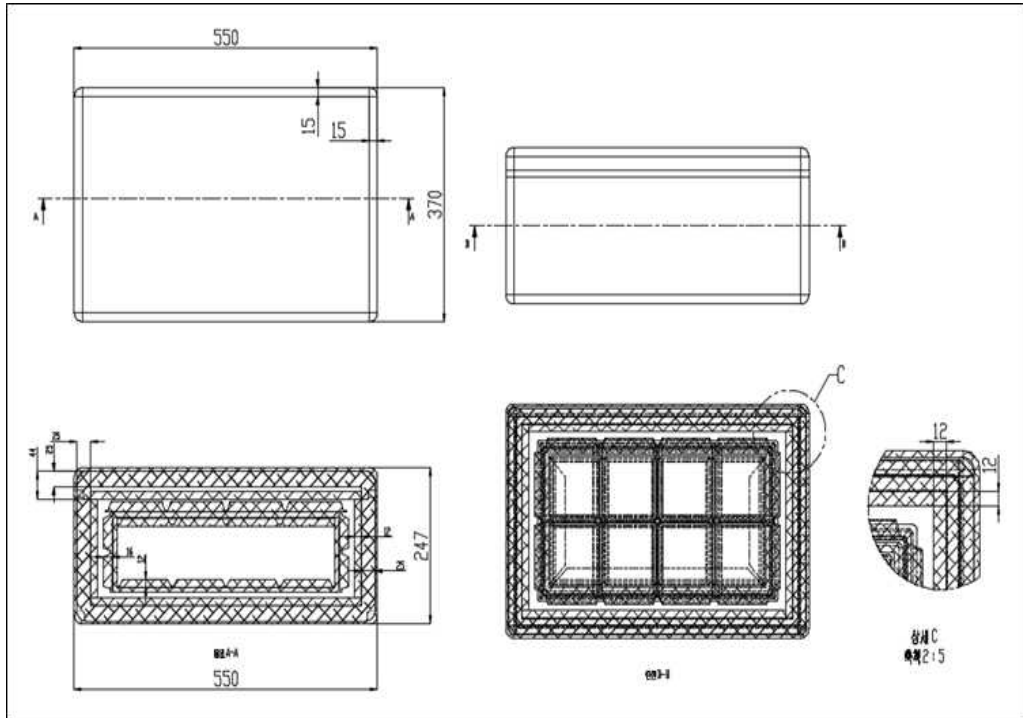


그림. 보냉용기 및 PCM 기초설계

○ 상변화물질을 이용한 보냉팩(파우치) 설계

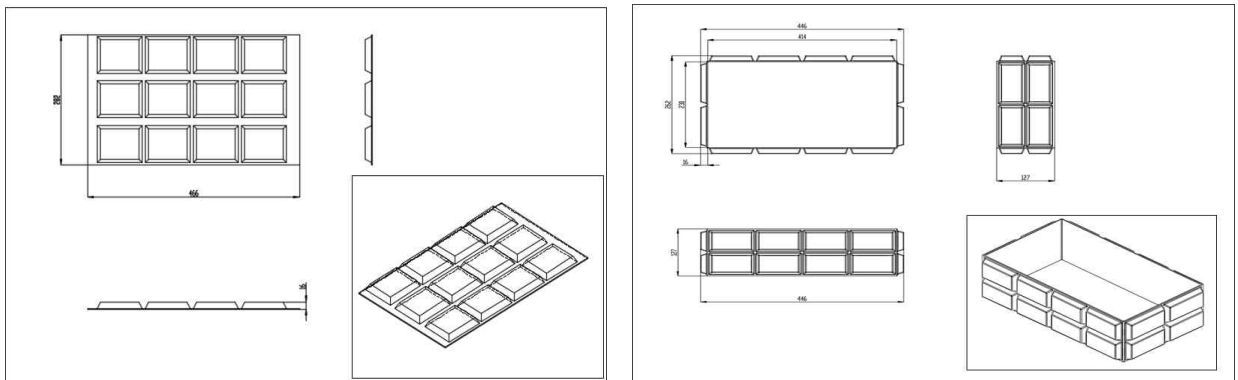


그림. 냉매시트 기초설계

(나) 2차 시작품 상세 설계

① 보냉용기 3D 모델링

○ 제품별 구조 구성 및 3D모델링

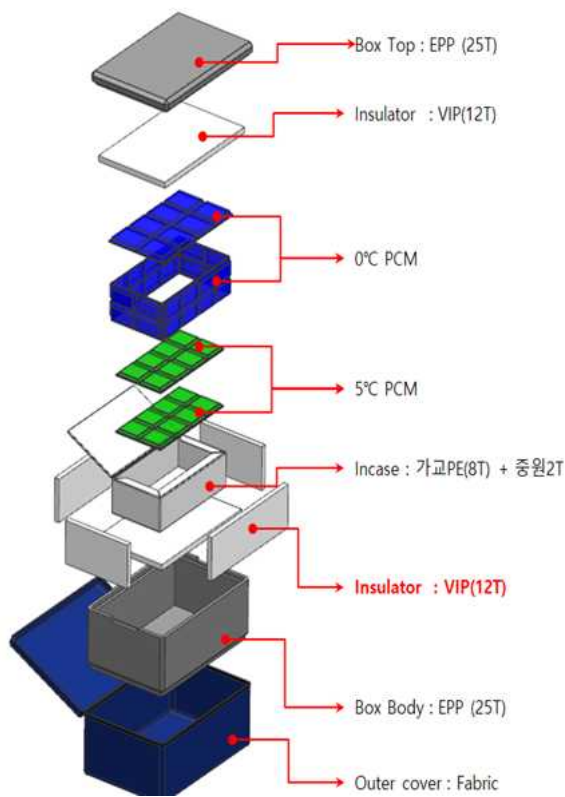
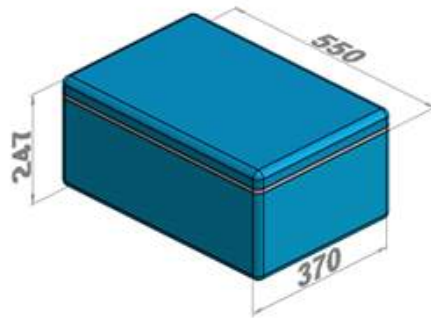


그림. 고급신선육 및 버섯 구조 구성

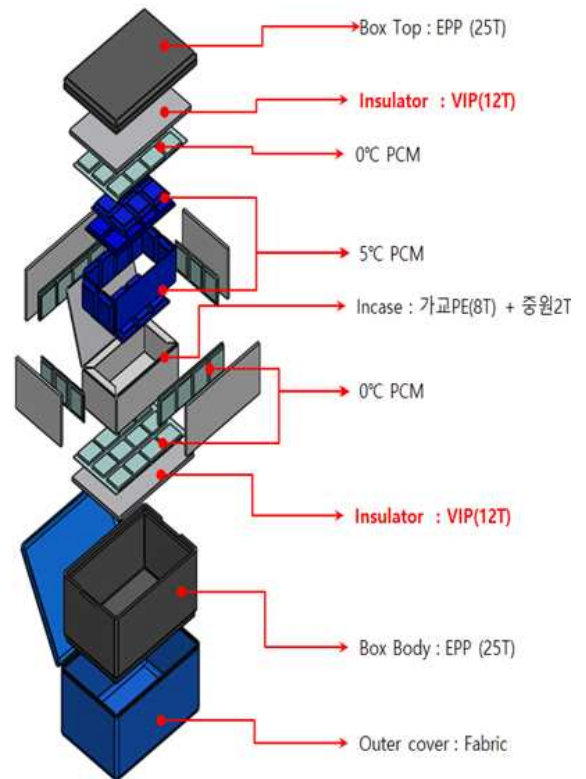


그림. 신선약용작물 구조 구성

② 보냉용기 3D 모델링

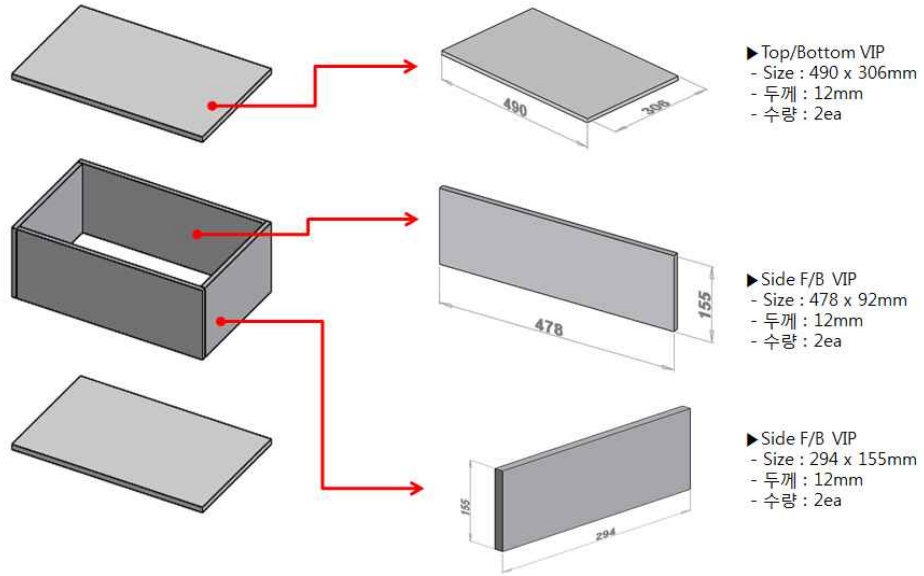


그림. 단열재 구조 및 사이즈 3D 모델링

③ 2차 시작품 열량 계산

- 보완된 상세 설계를 통해 그림과 같이 고급신선육, 송이버섯, 신선약용작물에 대한 열량 분석 진행

	Outer cover			Insulator			Incase			열관류율 [W/m2.k]
	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	
Side (F/B)	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Side (R/L)	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Top	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Bottom	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31

▶ 열량계산

외기온도[°C]	35			
내부목표온도[°C]	1			
지속시간[hr]	72			
면적	가로[mm]	세로[mm]	면적[m ²]	
	Side (F/B)	550	370	0.407
	Side (R/L)	370	247	0.18278
	Top	550	370	0.2035
위치별 열량	Bottom	550	370	0.2035
	Side(F/B)	1,101	KJ	
	Side(R/L)	494	KJ	
	Top	550	KJ	
Bottom	550	KJ		
안전계수	1.0			
Total 열량	2,696	KJ		
중류수 용해잠열	320	KJ/kg		
5°C PCM 용해잠열	302	KJ/kg		
필요한 냉매량 (5°C PCM)	-	kg		
필요한 냉매량 (중류수)	8.4	kg		

$$\text{열량}[J] = K \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta d} \times \text{Time}(sec)$$

$$= U \times A \times \Delta T \times \text{Time}(sec)$$

K: 열전달율 [W/m.K]

U: 열관류율 [W/m².K]

A: 면적[m²]

ΔT: Packaging 내외부 온도차[°C]

Δd: 소재두께[m]

Time: 지속시간[sec.]

복합소재 열관류율 계산
$$U = \frac{1}{\left[\frac{d_1}{K_1}\right] + \left[\frac{d_2}{K_2}\right] \dots}$$

빨간색 글씨 부분만 입력 하면 열량 및 필요냉매량 자동 계산 됨.

표. 고급신선육 열량분석

	Outer cover			Insulator			Incase			열관류율 [W/m2.k]
	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	
Side (F/B)	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Side (R/L)	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Top	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Bottom	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31

▶ 열량계산

외기온도[°C]	35					
내부목표온도[°C]	3					
지속시간[hr]	72					
면적	가로[mm]	550	세로[mm]	370	면적[m²]	0.407
	Side (F/B)	550	370	0.18278		
	Side (R/L)	370	247	0.2035		
	Top	550	370	0.2035		
위치별 열량	Bottom	550	370	0.2035		
	Side(F/B)	1,036	KJ			
	Side(R/L)	465	KJ			
	Top	518	KJ			
Bottom	518	KJ				
안전계수	1.0					
Total 열량	2,538	KJ				
증류수 용해잠열	320	KJ/kg				
5°C PCM 용해잠열	302	KJ/kg				
필요한 냉매량 (5°C PCM)	2.0	kg				
필요한 냉매량 (증류수)	6.0	kg				

$$\text{열량}[J] = K \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta d} \times \text{Time}(sec)$$

$$= U \times A \times \Delta T \times \text{Time}(sec)$$

K: 열전달율 [W/m.K]

U: 열관류율 [W/m².K]

A: 면적[m²]

ΔT: Packaging 내외부 온도차[°C]

Δd: 소재두께[m]

Time: 지속시간[sec.]

복합소재 열관류율 계산
$$U = \frac{1}{\left[\left(\frac{d_1}{K_1}\right) + \left(\frac{d_2}{K_2}\right) \dots\right]}$$

빨강색 글씨 부분만 입력 하면 열량 및 필요냉매량 자동 계산 됨.

표. 송이버섯 열량분석

	Outer cover			Insulator			Incase			열관류율 [W/m2.k]
	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	종류	열전도율	두께[mm]	
Side (F/B)	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Side (R/L)	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Top	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31
Bottom	EPP	0.038	25	VIP	0.005	12	가교PE	0.05	10	0.31

▶ 열량계산

외기온도[°C]	35					
내부목표온도[°C]	7					
지속시간[hr]	120					
면적	가로[mm]	550	세로[mm]	370	면적[m²]	0.407
	Side (F/B)	550	370	0.18278		
	Side (R/L)	370	247	0.2035		
	Top	550	370	0.2035		
위치별 열량	Bottom	550	370	0.2035		
	Side(F/B)	1,511	KJ			
	Side(R/L)	679	KJ			
	Top	756	KJ			
Bottom	756	KJ				
안전계수	1.0					
Total 열량	3,701	KJ				
증류수 용해잠열	320	KJ/kg				
5°C PCM 용해잠열	302	KJ/kg				
필요한 냉매량 (5°C PCM)	4.0	kg				
필요한 냉매량 (증류수)	7.8	kg				

$$\text{열량}[J] = K \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta d} \times \text{Time}(sec)$$

$$= U \times A \times \Delta T \times \text{Time}(sec)$$

K: 열전달율 [W/m.K]

U: 열관류율 [W/m².K]

A: 면적[m²]

ΔT: Packaging 내외부 온도차[°C]

Δd: 소재두께[m]

Time: 지속시간[sec.]

복합소재 열관류율 계산
$$U = \frac{1}{\left[\left(\frac{d_1}{K_1}\right) + \left(\frac{d_2}{K_2}\right) \dots\right]}$$

빨강색 글씨 부분만 입력 하면 열량 및 필요냉매량 자동 계산 됨.

표. 신선약용작물 열량분석

- 3가지 제품 군에 대해서 안전계수 1.0으로 계산함.
- 보냉용기 및 단열재는 동일한 구조이며, 제품군에 따라 삽입되는 냉매량에 대해서만 차이를 둠.
- 2차 시작품 상세 설계 및 열량계산의 결과를 바탕으로 고효율 보냉용기 시작품을 제작 함.

(다) 2차 시작품 제작

① 보냉용기 시작품 제작

- EPP 소재로 제작 / 15배 비드 사용



그림. 보냉용기 : EPP 소재

② 단열재(VIP) 적용

- 심재 : PET fiber

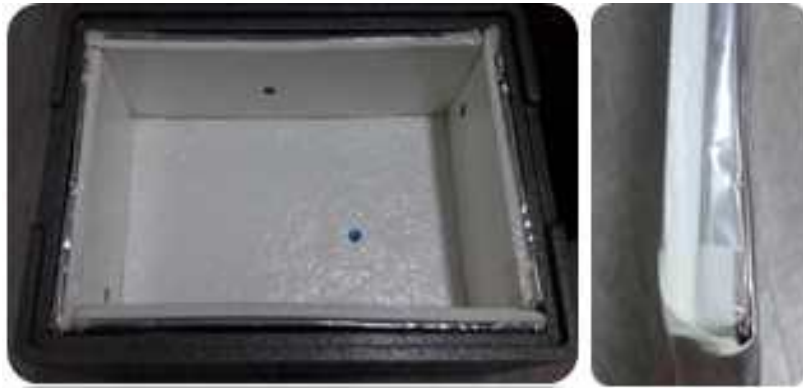


그림. 단열재 VIP 적용

③ 적용 제품에 따른 보냉팩 제작

- 보냉팩의 경우 우레탄 소재의 시트에 0℃ 냉매용 증류수 및 5℃ 냉매용 테트라테칸을 주입하여 제작함. (적용 품목별로 냉매량 상이함)



그림. 보냉팩

- 보냉팩의 경우 우레탄 소재의 시트에 0℃ 냉매용 증류수 및 5℃ 냉매용 테트라테칸을 주입하여 제작함.
- 위의 시작품을 가지고 3차년도에는 적용 제품별 자체 성능테스트 및 현장 적용성 평가를 진행할 예정임.

나 제 1협동 국가식품클러스터

(1) 저가형 진공 단열재 시제품 제작 및 물성분석

○ 시제품 제작 및 물성분석

(가) 1차 시제품 제작 및 물성 분석

○ 1차 시제품 제작

- 1차년도에 제작한 외피재 중에서 기체 투과도가 높은 투명증착필름을 제외한 알루미늄증착3중지(HD95), 알루미늄증착2중지(HD85)를 외피재로 적용하고 심재는 board type fumed silica, PU board를 이용한 진공 단열재 시제품을 제작.

순 번	외피재 1	외피재 2	심 재	비 고
1	HD95	HD95	Board type fumed silica	두께 : 10mm
2	HD95	HD95	PU board	
3	HD85	HD95	Board type fumed silica	
4	HD85	HD95	PU board	
5	HD85	HD85	Board type fumed silica	
6	HD85	HD85	PU board	

표. 1차 시제품 구성요소



HD95/HD95/PU board



HD95/HD95/board type fumed silica





그림33. 시제품 제작

○ 1차 시제품 분석

제품 구성	초기 열전도율(mW/mK)
HD95/HD95/PU board	48.1±0.1
HD95/HD85/PU board	48.5±0.5
HD85/HD85/PU board	48.9±0.3
HD95/HD95/board type fumed silica	4.8±0.1
HD95/HD85/board type fumed silica	4.9±0.1
HD85/HD85/board type fumed silica	4.9±0.2

표. 외피재 1차 시제품 구조 및 열전도율

- 1차년도에 제작한 외피재와 fumed silica, PU board 심재를 적용한 진공 단열재 시제품의 열전도율 분석결과, 외피재의 종류와 관계없이 심재에 따른 차이를 보였으며 PU board에서는 약 48 mW/mK, board tyoe fumed silica는 약 4.9 mW/mK 로 PU board를 적용한 진공단열재는 초기 열전도율이 나왔는데, 이는 내부 진공과 함께 PU board가 압착되어 내부 진공이 적절하지 못함에 따른 결과로 보임.

(나) 2차 시제품 제작 및 물성 분석

○ 2차 시제품 제작

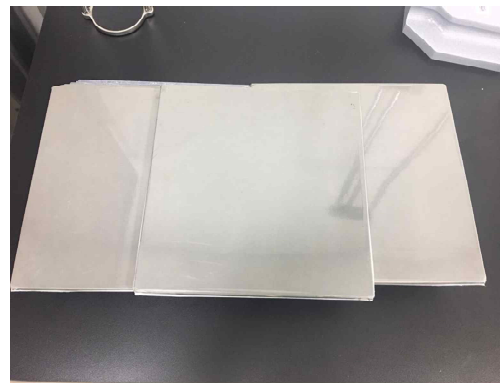
- 내부 진공도를 확인 할 수 있는 지시계를 적용한 진공 단열재를 개발하기 위하여 한쪽 외피재를 투명증착 필름을 적용한 진공 단열재 제작은 fumed silica, 유기심재를 적용하여 제작함.

순 번	외피재 1	외피재 2	심 재	비 고
1	투명필름	증착2중지	fumed silica	두께 : 8mm
2	투명필름	증착2중지	유기심재	
3	증착2중지	증착2중지	fumed silica	
4	증착2중지	증착2중지	유기심재	

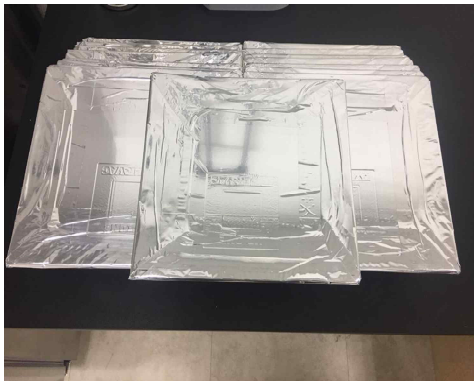
표. 2차 시제품 구성요소



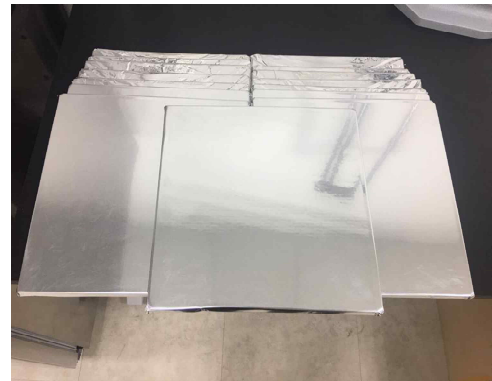
투명필름/증착2중지/fumed silica



투명필름/증착2중지/유기심재



증착2중지/증착2중지/fumed silica



증착2중지/증착2중지/유기심재

그림. 2차 시제품 제작

○ 2차 시제품 분석

제품 구성	초기 열전도율(mW/mK)
투명필름/증착2중지/fumed silica/8mm	4.9±0.1
증착2중지/증착2중지/fumed silica/8mm	5.5±0.3
투명필름/증착2중지/유기심재/8mm	44.2±0.8
증착2중지/증착2중지/유기심재/8mm	43.7±0.2

표. 외피재 2차 시제품 구조 및 열전도율

- 초기 열전도율은 fumed silica는 board type silica와 유사한 값을 보였으며, 유기 심재는 PU board보다 약간 낮았지만 진공 단열재로 사용하기에는 높은 열전도율 값을 투명필름을 적용하여도 열전도율은 크게 변화하지 않았으며, 두께 변화(0.2 mm 감소)도 열전도율에 영향이 없음.

(다) 3차 시제품 제작 및 물성 분석

○ 3차 시제품 제작

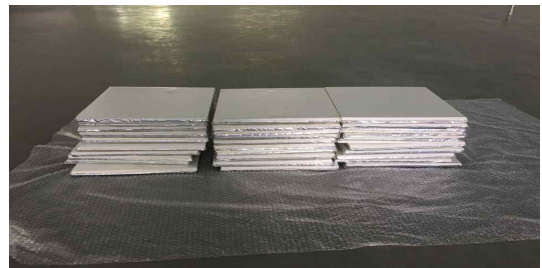
- PET fiber 적용 진공 단열재의 열전도율 평가는 알루미늄호일 합지필름, 알루미늄증착2중지, 투명필름 등의 외피재와 조합하여 진행하였으며, PET fiber 심재의 두께를 10, 20mm 두 가지로 제작.

순 번	외피재 1	외피재 2	심 재	비 고
1	알루미늄호일합지	투명필름	PET fiber	두께 : 20mm
2	알루미늄증착2중지	투명필름	PET fiber	
3	알루미늄호일합지	투명필름	PET fiber	두께 : 10mm
4	알루미늄증착2중지	투명필름	PET fiber	

표. 3차 시제품 구성요소



알루미늄호일합지/투명필름/PET fiber/20mm



알루미늄증착2중지/투명필름/PET fiber/20mm



알루미늄호일합지/투명필름/PET fiber/10mm



알루미늄증착2중지/투명필름/PET fiber/10mm

그림. 3차 시제품 제작

○ 3차 시제품 분석

제품 구성	초기 열전도율(mW/mK)
알루미늄호일합지/투명필름/PET fiber (두께 20 mm)	2.5±0.2
알루미늄증착2중지/투명필름/PET fiber (두께 10 mm)	3.9±0.2
알루미늄호일합지/투명필름/PET fiber (두께 20 mm)	2.9±0.4
알루미늄증착2중지/투명필름/PET fiber (두께 10 mm)	4.4±0.5

표. 외피재 3차 시제품 구조 및 열전도율

- PET fiber 심재를 적용하여 제작한 진공 단열재는 초기 열전도율이 앞서 제작한 진공 단열재보다 가장 낮은 약 2.5 mW/mK 값을 보였으며 두께 변화에 따라 약 1~2 mW/mK 값이 상승함을 확인함.

(라) 보냉용기 적용 진공 단열재 구조 도출

○ 진공 단열재 구조 도출 결론

- 기존 진공 단열재의 물성분석을 통한 저가형 진공 단열재의 최적사양을 도출 후 외피재와 심재를 조합한 3차례 시제품의 초기 열전도율은 심재에 따라 PET fiber, fumed silica류, PU board 및 유기심재 순으로 높게 나타남.
- 기존 진공 단열재 분석결과에서 확인할 수 있듯이 PET fiber 심재보다 fumed silica 심재의 사용이 더욱 많은 것을 확인하였으며, 보냉용기의 온도조건 유지를 위해 초기 열전도율 보다는 시간이 지남에 따른 열전도율 변화폭이 적은 심재가 적절하다고 판단하여 심재는 fumed silica 심재로 시제품을 제작하는 것이 적합하다고 생각됨.
- 외피재는 투명필름을 사용할 경우, 열전도율이 다소 상승하기 때문에 양쪽 모두 알루미늄증착2중지 필름으로 제작하는 것이 물성확보에 도움이 될 것으로 보이며, 규격은 보냉용기의 규격에 맞춰 제작하기로 함.

(마) 최종 시제품 제작 및 물성 분석

○ 최종 시제품 제작

- 보냉용기에 적용하는 진공 단열재는 보냉용기의 규격에 따라 크기를 선정 하였으며, 진공 단열재 초기 열전도율 목표를 달성하고 내구성이 가장 우수하다고 알려진 fumed silica를 심재로 적용하여 제작함.

순 번	외피재 1	외피재 2	심 재	비 고
1	알루미늄증착 2중지	알루미늄증착 2중지	fumed silica	380×330×20
2	알루미늄증착 2중지	알루미늄증착 2중지	fumed silica	380×92×20
3	알루미늄증착 2중지	알루미늄증착 2중지	fumed silica	330×92×20

표. 4차 시제품 구성요소



알루미늄증착2중지/알루미늄증착2중지
/fumed silica (top/bottom)



알루미늄증착2중지/알루미늄증착2중지
/fumed silica (front/back)



알루미늄증착2중지/알루미늄증착2중지
/fumed silica (left/right)



보냉용기 적용

그림. 4차 시제품 제작

○ 4차 시제품 분석

제품 구성	초기 열전도율(mW/mK)
알루미늄증착2중지/알루미늄증착2중지 /fumed silica(top/bottom)	4.5±0.3
알루미늄증착2중지/알루미늄증착2중지	4.5±0.4

/fumed silica(front/back)	
알루미늄증착2중지/알루미늄증착2중지	
/fumed silica(left/right)	4.6±0.2

표. 4차 시제품 분석

- 이 때 초기 열전도율은 크기와 관계없이 약 4.5 mW/mK로 2차년도 목표 및 최종 목표보다 낮은 열전도율 값을 확보하였으며, 내구성을 확인하기 위한 열충격 테스트를 진행 중임.

(바) 저가형 진공 단열재 원가 분석

○ 단열재 원가분석

- 상업용 진공 단열재 원가분석

구 분	구 성	규 격	단 가(원)
1	심재	fumed silica (board type)	23,000~34,500
		glass wool/fiber	8,050~13,800
	외피재	알루미늄증착2중지필름	2,300~3,450
2	제조비	전기, 인건비, 감가상각 등	6,900~1,1500
3	최종원가	fumed silica	33,580~54,280
		glass wool/fiber	18,630~33,580

표. 상업용 진공 단열재 원가분석

- 보냉용기 적용 진공 단열재 단가

진공 단열재 종류	가 격
알루미늄호일합지/알루미늄호일합지/fumed silica(top/bottom)	10,100원/EA
알루미늄호일합지/알루미늄호일합지/fumed silica(front/back)	4,735원/EA
알루미늄호일합지/알루미늄호일합지/fumed silica(left/right)	4,440원/EA

표. 상업용 진공 단열재 원가분석

○ 단열재 원가 분석 결론

- 진공 단열재 원가의 구성은 외피재, 심재 등 구성품과 제조비용, 인건비 등으로 원재료 비용, 인건비 등이 큰 비중을 차지함.

- 상업용 진공 단열재의 원가는 크기(1000×1000×20), 생산량(월 1만개)를 기준으로 상업용 진공 단열재 원가분석 표와 같이 조사됨.
- fumed silica 적용 진공 단열재는 fumed silica의 단가가 차지하는 비율이 높으며, glass wool/fiber는 fumed silica 보다 낮은 가격으로 판매되고 있음.
- 그러나 진공 단열재의 원가는 생산량, 크기에 따라 매우 가변적이며 가격차이는 조사결과 보다 2배 이상 증가 할 수 있다는 의견이 있어 건축용, 가전제품용보다 상대적으로 작은 크기로 제작하는 저가형 진공단열재는 불리하게 작용하게 될 수 있음.
- 이번 연구에서 제작한 보냉 용기 적용 진공 단열재의 원가는 표로 확인할 수 있으며, 현재 보냉 용기에 적용되는 6개의 총 금액은 38,550원으로 연구목표인 12,000원/m² 보다 상당히 높은 가격으로 제작되어짐.
- 2차년도에는 보냉 용기의 온도유지에 초점을 맞춰 제작한 진공 단열재 시제품들은 실험용으로 제작하여 생산하였기 때문에 매우 높은 가격대로 현재는 원가 경쟁력이 없는 상태이지만, 양산 시 원가는 수량에 따라 매우 가변적이며 정확한 원가 계산 산출이 가능함.
- 또한 보냉 용기와의 조합으로 진공 단열재의 물성 조절 및 제품의 온도유지 최적화하여 원재료를 조정하여 장거리 유통용에 적합한 저가형 진공 단열재로 원가경쟁력을 확보할 예정임.

다. 제 2협동 한국건설생활환경시험연구원

(1) 선정 성능 평가 방법으로 시제품에 대한 안전성 검증

- 국내·외 유통환경 조건을 고려한 선정 성능평가방법에 대한 적정성 및 안전성 검증

1) 유통환경 분석

① 국내 유통환경 분석

- 우리나라의 전자상거래의 규모는 통신판매, 홈쇼핑, 모바일 커머스 시장의 확대에 따라 매년 15% 이상의 지속적인 성장이 이루어지고 있으며 이러한 전자상거래에 의한 소비자 구매 패턴의 변화와 확산은 택배 물동량의 지속적인 증가와 함께 운송 중의 제품 파손을 최소화하는 유통물류 패키징의 설계와 안전운송 서비스에 대한 요구가 증가하고 있음.
- 국내 일반적인 전자상거래는 B2C 형태로 택배의 유통물류 경로는 화물의 출하-거점터미널-허브터미널-거점터미널-배송(소비자)의 단계를 거치고 있음. 국내 택배 유통 경로에서의 유통물류 패키징의 물류 환경부하 측정과 택배서비스 기업별 환경부하 차이를 확인하기 위해 2개의 택배 물류서비스 기업(A사와 B사)을 선정하여 서울(일산 물류센터)-부산(소비자) 경로에 대하여 준비된 유통물류 패키징 모형(dummy)에 진동 및 충격 데이터 기록계를 장착하여 측정함. 또한 운송수단 및 작업과정에서 발생하는 진동수 범위를 고려하여 데이터 기록계의 주파수 측정 범위를 1~500 Hz로 설정하였고, 측정 데이터의 재현성 확인을 위해 5종의 유통물류 패키징 모형에 대하여 택배사별 각각 10회씩 반복 실험 진행 함.
- 실험결과 낙하충격 높이는 중량에 따라 약 0.3~0.7 m로 나타나고 있으며, 유통물류 패키징의 무게가 무거울수록 낙하 횟수 및 낙하높이가 낮은 것을 확인할 수 있는데 이는 택배 물류거점 별 이동 시 중량물이 운송수단의 하부의 적치되어 트럭 내 화물 유동이 한정적인 것으로 판단됨. 택배사별 낙하 횟수는 평균적으로 3~5회로 유사한 수준으로 측정 되어짐.
- 진동은 유통물류 패키징의 상하 방향인 Z축에 대하여 가장 높은 진동 가속도(Grms)를 보여줌. 진동수 범위를 고려하여 데이터 기록계의 주파수 측정범위를 1~500 Hz로 설정하였으나, 국내 유통물류패키징에 가해지는 유통환경 중 진동에 대한 환경부하는 1~30 Hz 영역의 주파수에서 85~90% 이상인 것으로 확인됨. 측정된 진동부하 데이터 중 대부분이 저주파수 영역대에서 발생하는 이유는 주로 1000~3000 rpm (17~50 Hz)으로 운행되는 택배 차량의 자체의 내부 진동에 기인되는 것으로 판단 됨.

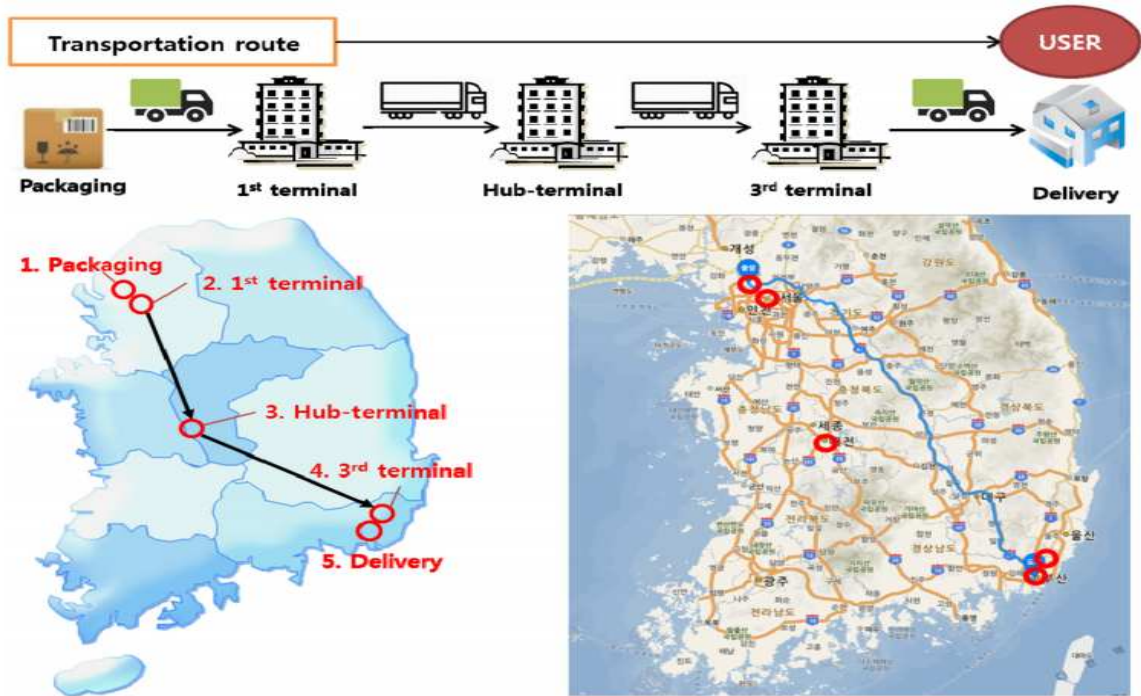


그림. 운송환경 측정을 위한 트럭의 운송경로

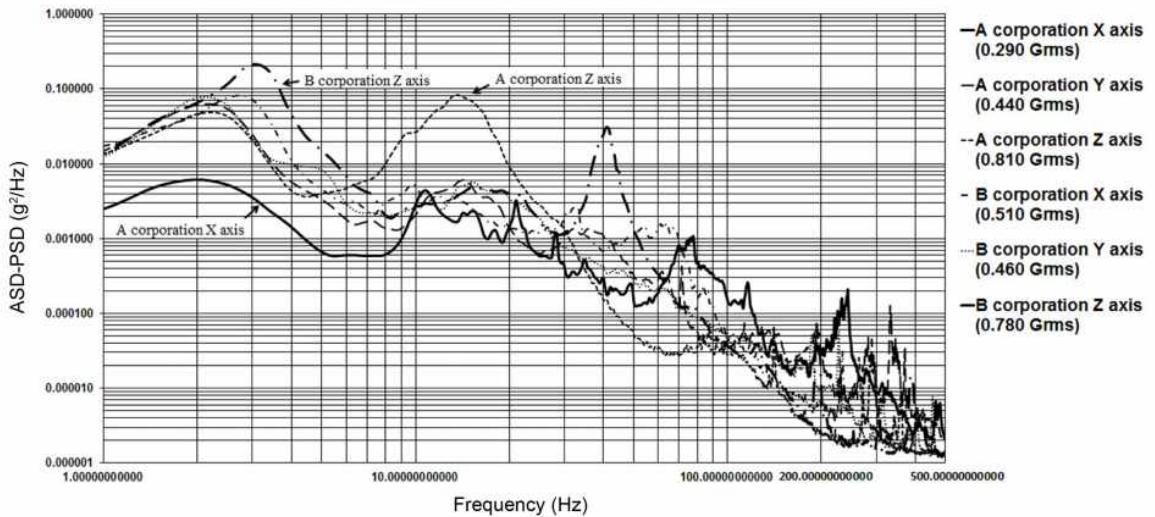


그림. 국내 택배 배송 진동측정 결과

② 중국 유통환경 분석

- Ran Zhou 등(2015)은 중국의 도로 조건, 트럭의 속도, 적재 수준에 따라 운송 중 발생하는 진동을 측정. 중국의 도로는 기능과 교통량을 기준으로 크게 고속도로 (Highways), 간선도로(ARs, Arterial roads), 2차 도로(SRs, Secondary roads), 3차 도로(TRs, Tertiary roads), 4차 도로(QRs, Quaternary roads)로 구분됨. 연구에서는 주간 통행량 1,500대 미만의 4차 도로를 제외한 도로를 대상으로 분석하였으며, 속도는 0-30 km/h, 31-60 km/h 및 61-90 km/h 세 그룹으로 구분, 적재 수준은

정상적인 적재와 과적재 두 가지로 구분해서 분석을 실시함.

- 아래 그림은 일반적인 적재상태로 고속도로, 간선도로, 2차 도로, 3차 도로에서 다른 속도에서 측정한 RMS(Root Mean Square) 가속도 결과 값이며. 최저 및 최고 진동 수준은 각각 0-30 km / h 및 61-90 km / h에서 나타남. 트럭의 속도 증가가 운송 중 발생하는 진동 수준의 증가에 영향을 미침을 보여줌. 진동수준은 TRs 에서 가장 높게 나왔으며, SRs, ARs, Highways 에서는 감소되는 추세가 나타났다. TRs 와 같이 상대적으로 열악한 도로 상태에서 높은 진동레벨이 나타남을 알 수 있음. 또한, TRs 에서의 RMS 가속도 값은 고속도로와 비교하여 61-90 km/h 일 때, 1.32배, 31-60 km/h 일 때, 1.11배 높음. 이러한 결과는 도로 상태가 진동레벨에 미치는 영향이 저속보다 고속에서 더 큰 영향을 미치는 결과를 보여줌

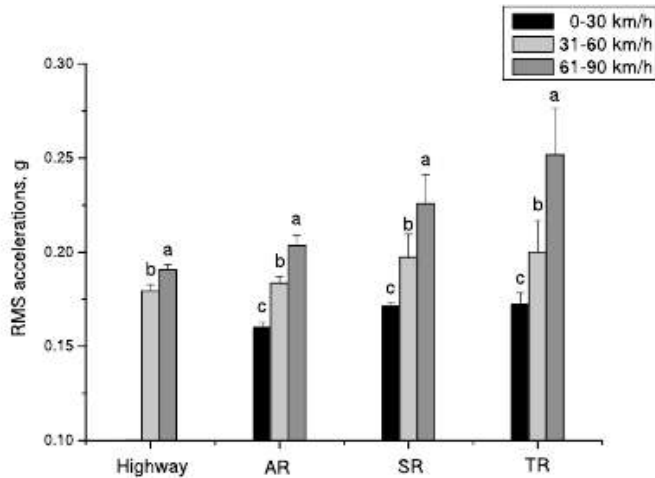


그림. 트럭의 속도와 도로상태 변화에 따른 RMS accelerations value(중국, 화물 정상 적재)

- Ran Zhou 등(2015)의 연구를 통해 일반 하중 및 과부하 된 트럭에서의 RMS 가속도 및 최고 PSD(Power Spectral Density) 값이 트럭 속도의 함수로서 유의하게 증가함을 보여줌. TRs에서 가장 높은 진동 수준을 나타내며, SRs, ARs, 고속도로 순으로 진동의 수준이 낮아짐. 트럭의 과부하 적재가 화물의 진동을 낮추는 결과를 나타내었으며, 저속에서는 과부하가 운송 진동 수준을 상당히 감소시킴.

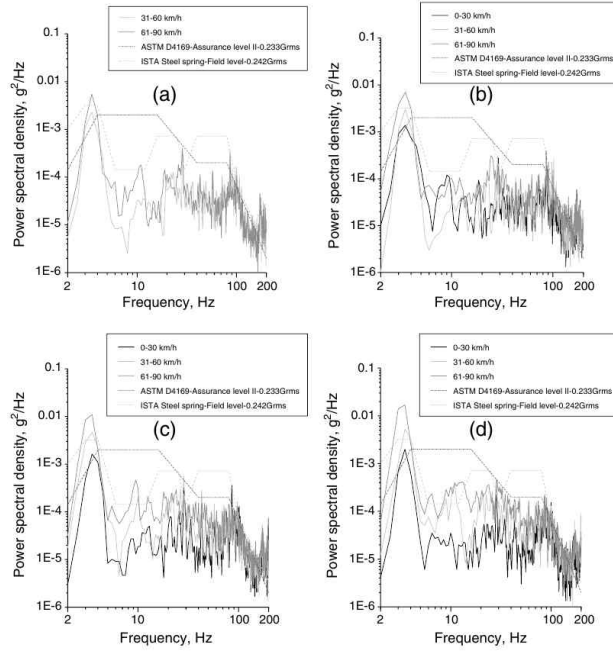
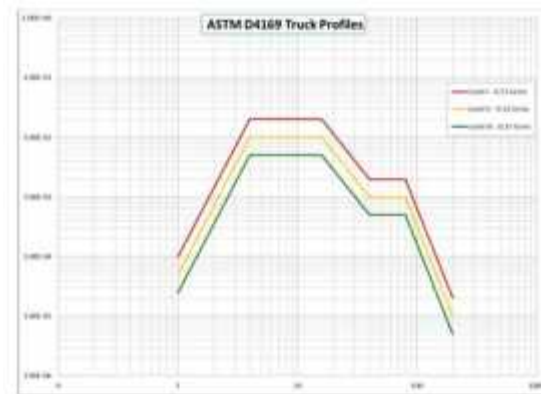


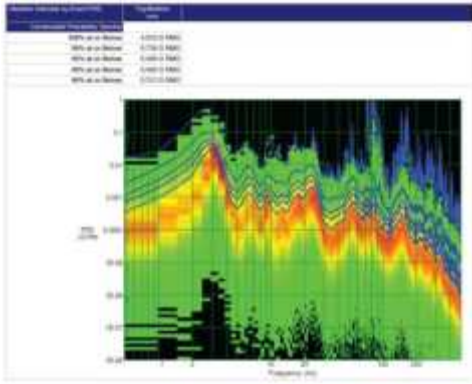
그림. 일반 적재 상태에서의 PSD levels((a) highways, (b) ARs, (c) SRs, (d) TRs)

③ ASTM D 4169 트럭에서의 유통환경 프로파일 업데이트

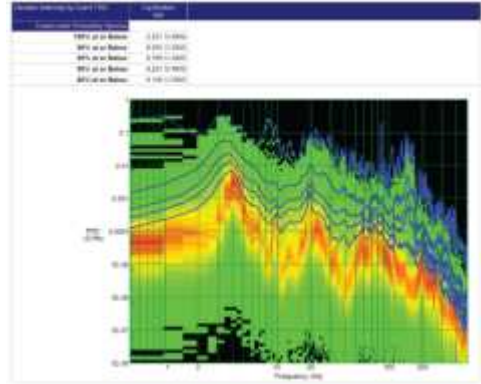
- 다양한 도로환경에 대한 트럭의 유통환경 연구가 진행되었으며, 상당 부분 데이터가 공개되어 있지만, 최근에 측정된 데이터의 모양과 강도는 ASTM D 4169에서 언급된 트럭 진동 프로파일과 낮은 일치도를 나타내고 있음. 현재의 D 4169 트럭 프로파일의 모양과 최근 조사된 북·남미의 진동 프로파일을 비교해 보면 그 차이가 더욱 분명함.



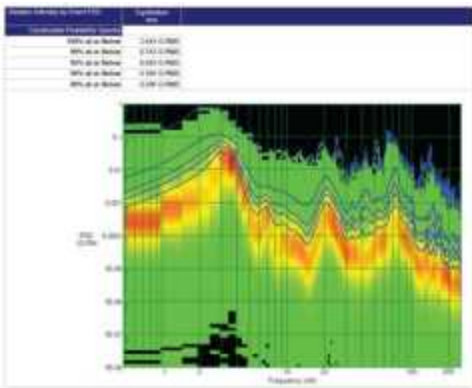
a) ASTM D 4169 Truck Assurance Levels 1 to 3



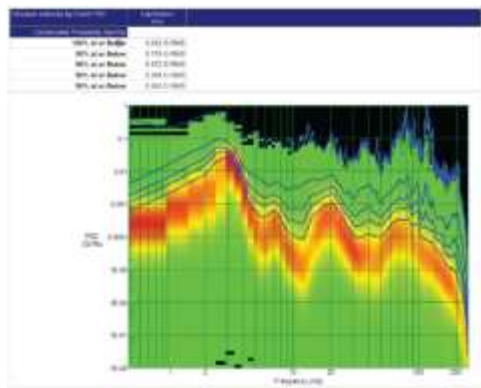
b) 펜실베니아(2013 가을)



c) 남아메리카(2013 봄)



d) 남아메리카(2012 겨울)



e) 남캐롤리나(2012 가을)

그림. 트럭에서의 유통환경 프로파일

- 북·남미에서 측정된 실제 진동 프로파일을 바탕으로 ASTM D 4169의 진동 시험의 변경을 제안함. 1) 프로파일 스펙트럼 모양, 2) 프로파일 강도(Grms²), 3) 프로파일 지속시간(time)

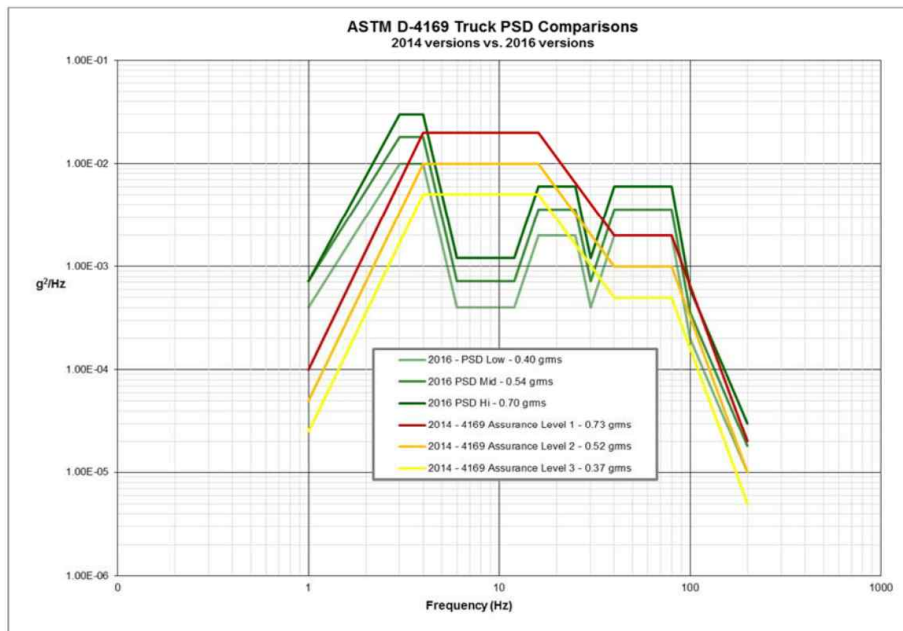


그림. ASTM D 4169 Truck PSD(2014 vs. 2016)

- 스펙트럼은 복남미 측정데이터를 바탕으로 ASTM D 7386, ISTA 3 프로파일과 같이 현재 널리 사용되고 있는 산업 테스트 사양과 일치하도록 제안함.

2) 성능평가방법 선정 및 적정성, 안전성 검증(전문가 자문회의)

- 1차년도 선정된 성능평가방법 및 유통환경 조건을 고려한 새로운 성능평가방법을 대상으로 적정성 및 안전성에 대한 전문가 자문회의를 개최하였으며, 평가항목은 보냉성, 열전도율, 낙하시험, 운송시험(적재, 압축, 진동) 등을 대상으로 함.

순위	항목	표준, 규격, 인증
1	보냉성 (보냉, 온도유지)	<ul style="list-style-type: none"> • KSA 1712 배송용 소형 보냉고 시험방법 • KS T 2030 저온 롤컨테이너 • ISTA 7D Temperature test for transport packaging • ISTA 7E Testing Standard for Thermal Transport Packaging Used in Parcel Delivery System Shipment
	열전도율	<ul style="list-style-type: none"> • KS L 9016 보온재의 열전도율 측정방법
2	낙하(충격)시험	<ul style="list-style-type: none"> • KS T ISO 2248 수송포장 화물의 수직 낙하시험 • ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems • ISTA 1A, 2A, 3A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
3	운송시험 (적재, 압축)	<ul style="list-style-type: none"> • KS T ISO 12048 포장-압축시험기를 이용한 수송 포장 화물의 압축시험과 적재 시험방법 • ISTA 1A, 2A, 3A Packaged products 150 lb (68 kg) or less * 최대압축시험 : 적재시험을 하기 위한 선행 시험단계 안전성 확보를 위한 최대압축하중 필요
	운송시험 (진동)	<ul style="list-style-type: none"> • ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems - Random (Air, Truck, Rail) - 3h • ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less - Fixed displacement, Random, Over-the-Load etc.

그림. 성능평가 항목 및 검토된 표준

- 성능평가방법의 안전성 및 적정성에 대한 전문가 평가를 실시한 결과 위 평가방법의 온도유지, 진동, 충격에 대한 안전성과 적정성이 대체로 확보되었다는 의견이 대부분이었으며, 용기 파손에 대한 항목의 추가 및 내용물과 PCM 간 고유진동에 대한 검토가 필요하다는 보완 의견이 있음.

전문가 평가 의견서

1. 요청사항

사업명	국가기능시험평가사업		
과목명	국가기능 시험 분야별 특성 시험 방법 개발 및 성능 평가 개발		
연구기관	한국건설생활환경시험연구원		
연구기간	연도	기간	총액
(연월)	2017.01.01~	2017.12.31	42,000
주요 및 평가항목	열전도도 측정 (100W) / 국가기능시험(100W)시험 (열전도, 열전도도 측정항목)		

2. 평가항목

평가항목	구분	평가항목명	구분	평가항목명	구분	평가항목명	구분	평가항목명
1. 개발항목의 내용	3	V	N	1. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	2. 열전도도 측정 방법 개발
				2. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	3. 열전도도 측정 방법 개발
				3. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	4. 열전도도 측정 방법 개발
				4. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	5. 열전도도 측정 방법 개발
				5. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	6. 열전도도 측정 방법 개발
				6. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	7. 열전도도 측정 방법 개발
				7. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	8. 열전도도 측정 방법 개발
				8. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	9. 열전도도 측정 방법 개발
				9. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	10. 열전도도 측정 방법 개발
				10. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	11. 열전도도 측정 방법 개발

3. 의견사항

국가기능 시험 분야별 특성 시험 방법 개발 및 성능 평가 개발 - ISTA 7E는 택배배송을 위한 별도의 규정으로 72, 144 시간/ 저온, 고온 등 총 4개 환경에 대한 온도 프로파일을 제공하고 있으므로 ISTA 7D보다 택배를 위한 구체적인 성능평가 방법이 될 것으로 판단됨. 낙하시험으로는 기존 ASTM D 4169가 검토되었으나, ISTA 1A가 보다 보편적으로 사용되고 있으며, 낙하 높이가 ISTA와 비교하여 낮기 때문에 가혹한 조건의 ISTA를 적용하도록 함. 적재, 압축 시험 또한 KS, ASTM 보다 보편적으로 사용되고 있는 ISTA의 적용을 검토함

2017. 09. 13.
주최: KETRI | 담당: 이영석

전문가 평가 의견서

1. 요청사항

사업명	국가기능시험평가사업		
과목명	국가기능 시험 분야별 특성 시험 방법 개발 및 성능 평가 개발		
연구기관	한국건설생활환경시험연구원		
연구기간	연도	기간	총액
(연월)	2017.01.01~	2017.12.31	42,000
주요 및 평가항목	열전도도 측정 (100W) / 국가기능시험(100W)시험 (열전도, 열전도도 측정항목)		

2. 평가항목

평가항목	구분	평가항목명	구분	평가항목명	구분	평가항목명	구분	평가항목명
1. 개발항목의 내용	3	V	N	1. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	2. 열전도도 측정 방법 개발
				2. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	3. 열전도도 측정 방법 개발
				3. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	4. 열전도도 측정 방법 개발
				4. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	5. 열전도도 측정 방법 개발
				5. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	6. 열전도도 측정 방법 개발
				6. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	7. 열전도도 측정 방법 개발
				7. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	8. 열전도도 측정 방법 개발
				8. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	9. 열전도도 측정 방법 개발
				9. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	10. 열전도도 측정 방법 개발
				10. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	11. 열전도도 측정 방법 개발

3. 의견사항

국가기능 시험 분야별 특성 시험 방법 개발 및 성능 평가 개발 - ISTA 7E는 택배배송을 위한 별도의 규정으로 72, 144 시간/ 저온, 고온 등 총 4개 환경에 대한 온도 프로파일을 제공하고 있으므로 ISTA 7D보다 택배를 위한 구체적인 성능평가 방법이 될 것으로 판단됨. 낙하시험으로는 기존 ASTM D 4169가 검토되었으나, ISTA 1A가 보다 보편적으로 사용되고 있으며, 낙하 높이가 ISTA와 비교하여 낮기 때문에 가혹한 조건의 ISTA를 적용하도록 함. 적재, 압축 시험 또한 KS, ASTM 보다 보편적으로 사용되고 있는 ISTA의 적용을 검토함

2017. 09. 13.
주최: KETRI | 담당: 이영석

전문가 평가 의견서

1. 요청사항

사업명	국가기능시험평가사업		
과목명	국가기능 시험 분야별 특성 시험 방법 개발 및 성능 평가 개발		
연구기관	한국건설생활환경시험연구원		
연구기간	연도	기간	총액
(연월)	2017.01.01~	2017.12.31	42,000
주요 및 평가항목	열전도도 측정 (100W) / 국가기능시험(100W)시험 (열전도, 열전도도 측정항목)		

2. 평가항목

평가항목	구분	평가항목명	구분	평가항목명	구분	평가항목명	구분	평가항목명
1. 개발항목의 내용	3	V	N	1. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	2. 열전도도 측정 방법 개발
				2. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	3. 열전도도 측정 방법 개발
				3. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	4. 열전도도 측정 방법 개발
				4. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	5. 열전도도 측정 방법 개발
				5. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	6. 열전도도 측정 방법 개발
				6. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	7. 열전도도 측정 방법 개발
				7. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	8. 열전도도 측정 방법 개발
				8. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	9. 열전도도 측정 방법 개발
				9. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	10. 열전도도 측정 방법 개발
				10. 열전도도 측정 방법 개발	3	V	N	11. 열전도도 측정 방법 개발

3. 의견사항

국가기능 시험 분야별 특성 시험 방법 개발 및 성능 평가 개발 - ISTA 7E는 택배배송을 위한 별도의 규정으로 72, 144 시간/ 저온, 고온 등 총 4개 환경에 대한 온도 프로파일을 제공하고 있으므로 ISTA 7D보다 택배를 위한 구체적인 성능평가 방법이 될 것으로 판단됨. 낙하시험으로는 기존 ASTM D 4169가 검토되었으나, ISTA 1A가 보다 보편적으로 사용되고 있으며, 낙하 높이가 ISTA와 비교하여 낮기 때문에 가혹한 조건의 ISTA를 적용하도록 함. 적재, 압축 시험 또한 KS, ASTM 보다 보편적으로 사용되고 있는 ISTA의 적용을 검토함

2017. 09. 13.
주최: KETRI | 담당: 이영석

그림. 성능평가방법 선정을 위한 전문가 평가 의견서

○ 선정 성능평가 방법 보완점 파악 및 분석 적용

- ISTA 7E는 택배배송을 위한 별도의 규정으로 72, 144 시간/ 저온, 고온 등 총 4개 환경에 대한 온도 프로파일을 제공하고 있으므로 ISTA 7D보다 택배를 위한 구체적인 성능평가 방법이 될 것으로 판단됨. 낙하시험으로는 기존 ASTM D 4169가 검토되었으나, ISTA 1A가 보다 보편적으로 사용되고 있으며, 낙하 높이가 ISTA와 비교하여 낮기 때문에 가혹한 조건의 ISTA를 적용하도록 함. 적재, 압축 시험 또한 KS, ASTM 보다 보편적으로 사용되고 있는 ISTA의 적용을 검토함

- 전문가 평가 의견 및 평가방법의 가혹도, 보완점 등을 고려하여 항목에 따른 평가 방법을 아래와 같이 결정하였으며, 성능평가에 적용함.

- 1) 보냉성 : ISTA 7E Testing Standard for Thermal Transport Packaging Used in Parcel Delivery System Shipment
- 2) 열전도율 : KS L 9016 보온재의 열전도율 측정방법
- 3) 낙하시험 : ISTA 1A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
- 4) 적재, 압축시험 : ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
- 5) 진동시험 : ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less

○ 시제품에 대한 안전성 검토

- 시제품의 안전성을 검토하기 위해 고효율 보냉 용기 시제품에 대한 성능시험을 실시하였음.

1) 보냉성

- 온도유지 시험의 챔버 내부온도는 ISTA Procedure 7E : 2017의 Heat temperature (72 h) 온도 조건을 따름. 7E는 택배 운송 및 화물 운송 등의 온도 데이터를 장기간 동안 수집하여 개발한 시험 방법으로 기존 7D와 비교하여 택배운송을 위한

본 제품의 시험에 더욱 적합하다고 할 수 있음. 이는 ISTA(국제안전수송협회)에서 나온 해설에도 명확하게 제시하고 있음. 시험은 육류, 버섯류, 약용작물 총 3가지 품목에 대해 실시하였으며, 목적 온도는 각각 육류(-2 ℃ ~ 4 ℃), 버섯류(0 ℃ ~ 5 ℃), 약용작물(4 ℃ ~ 10 ℃) 으로 온도 유지 측정 시간 시험 결과는 다음과 같음

- 육류 : 66.29 h 목적 온도(-2 ℃ ~ 4 ℃)를 유지함
- 버섯류 : 35.95 h 목적 온도(0 ℃ ~ 5 ℃)를 유지함
- 약용작물 : 54.97 h 목적 온도(4 ℃ ~ 10 ℃)를 유지함

- 목표 온도 유지 시간인 72 h 을 모두 달성하지 못하였으며 목표 시간 대비 온도 유지 시간은 육류 92.1 %, 약용작물 76.3 %, 버섯류 49.9 % 순으로 나타남. 육류의 경우, 대상 품목 중 가장 낮은 온도를 유지하여야 했지만 육류 자체가 가진 잠열로 인해 목표 온도 유지 시간과 가장 유사한 온도 유지 시간을 나타낸 것으로 판단됨. 약용작물은 다른 품목에 비해 목적 온도범위가 높아 버섯류에 비해 유지시간이 좋게 나타났으며, 버섯류의 경우, 버섯 자체의 낮은 잠열과 낮은 목적 온도(0 ℃ ~ 5 ℃)로 인해 가장 적은 유지 시간을 나타낸 것으로 판단됨

2) 열전도율

- 열전도율 시험은 KS L 9016 시험조건으로 ‘EPP 용기’ 에 대한 시험과 ‘EPP 용기 + VIP’에 대한 시험을 실시함. 시험 결과는 다음과 같음
 - EPP 용기 : 0.043 W/(m · K)
 - EPP 용기 + VIP : 0.010 W/(m · K)
- ‘EPP 용기’ 에 대한 열전도율 시험 결과 0.043 W/(m · K) 으로 개발 목표치인 0.018 W/(m · K) 이하를 충족시키지 못함. ‘EPP 용기 + VIP’는 시험 결과 0.010 W/(m · K) 로 개발 목표치를 달성하였음.
- 하지만, 시판중인 EPP 단열재의 열전도율은 0.030 W/(m · K) ~ 0.040 W/(m · K) 로 조사되며, 시험 결과 개발 용기에 사용된 EPP의 열전도율이 기존 단열재와 비교하여 성능이 떨어짐으로 EPP 용기의 밀도를 높이는 등의 개선이 필요하다고 판단됨.

3) 낙하시험

- 육류, 버섯류, 약용작물을 사용 시와 유사한 상태로 포장을 한 후 낙하시험을 실시함. 육류와 약용작물의 경우, 제품의 외관과 내부 시료에 손상 등이 발생하지 않음. 다만 버섯류의 경우, 제품의 외관에는 문제가 없었으나, 내부 시료인 버섯이 파손되었다. 다른 시료에 비해 물리적 충격에 약한 버섯이 내부에 추가된 PCM의 영향을 받아 낙하 충격시 버섯에 압력을 가해져 파손이 발생한 것으로 판단됨.



그림. 낙하시험 중 이상 발생 모습 - 버섯류 파손

4) 적재, 압축시험

- 압축시험은 10 단 적재의 기준인 504 kgf 이상의 힘으로 3 차례의 압축시험을 실시하였으며 시험 결과 제품의 외관과 성능에 문제가 발생하지 않음.

5) 진동시험

- 진동시험은 ISTA Procedure 2A : 2017 시험 조건으로 3 차례 실시하였으며 진동에 의한 제품의 외관상 파손 및 성능에 문제가 발생하지 않음

(2) 글로벌 택배를 위한 보냉 유지 용기의 보호성, 경제성을 고려한 최적 규격 및 성능평가 확정

- 보냉 유지 단일 용기에 대한 물류 안전성 성능평가 실시 및 디자인 보완점 파악 시제품의 성능 평가를 통해 5 가지의 보완사항을 도출함.

- 첫 번째, PCM 사용 열량 재계산이 필요함. 대상 농식품에 따라 0 ℃, 5 ℃ PCM 을 혼합하여 사용하였지만 온도유지 시험결과에서 나타났듯이 목표시간에 3 가지 시료 모두 목표시간에 도달하지 못함. 이는 온도를 유지하기 위한 열용량이 부족했기 때문이라고 판단됨으로 필요한 PCM양을 재계산할 필요가 있음.

- 두 번째, 적재 공간의 추가 확보가 필요하다. 목적 온도를 유지하기 위해 추가로 PCM을 농식품과 함께 포장함. 이로 인해 시료에 직접적으로 PCM이 접촉하였으며, 낙하시 시료의 파손에 직접적인 영향을 미침. 또한, 낮은 온도의 PCM으로 인해 PCM과 직접 접촉한 시료의 경우 냉해가 발생할 우려가 있다고 판단됨.
- 적재 공간의 부족으로 시료의 적재시 내부 용기가 불록하게 튀어나오게 되었으며, 용기가 정확하게 밀폐되지 못하여 온도 유지에 부정적인 영향을 미쳤을 것이라고 판단됨. 이는 추가로 적재된 PCM양을 고려하지 못한 설계로 인해 발생한 문제로 내부 시료의 충분한 적재 공간의 확보와 시료와 PCM이 분리된 공간에 적재할 수 있는 구조의 용기 개선이 필요함.

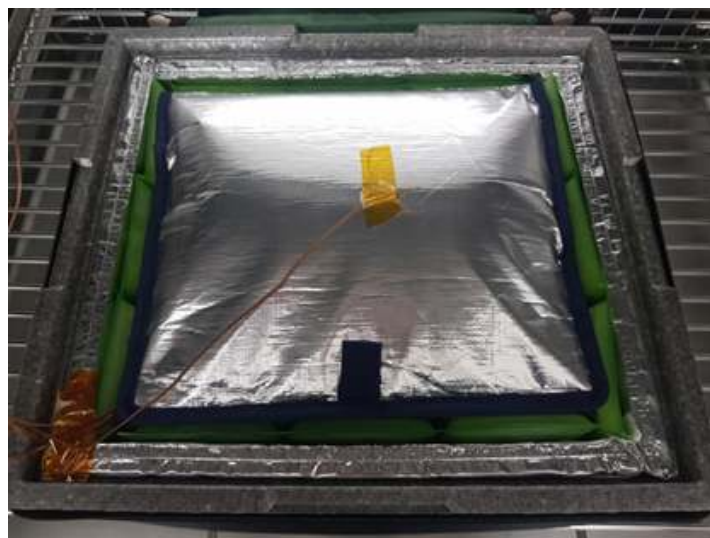


그림. 내부 적재 공간이 부족한 모습 - 용기가 튀어나옴

- 세 번째, 단열재와 용기의 정교한 결합이 필요하다. VIP의 실제 크기가 설계보다 크게 제작되어 뚜껑이 정교하게 결합되지 않음. 뚜껑의 결합을 위해 무리하게 눌러 결합할 경우, VIP 및 용기가 파손될 가능성이 있고, 뚜껑과 본체가 정교하게 결합되지 않아 테이핑한 후에도 미세한 틈이 발생함. 이 틈으로 온도의 손실이 크게 발생했을 것이라 판단됨으로 이를 개선한 시제품의 제작이 필요함.



그림. 내부 적재 공간이 부족한 모습 - 용기가 튀어나옴

- 네 번째, PCM 외형 및 내부 구성물의 개선이 필요함. PCM의 사용을 위해 냉장 및 냉동 전처리를 실시한 결과 부피가 증가하였고 보관 상태에 따라 불규칙한 모양으로 굳어짐. PCM의 불규칙한 모양과 부피의 증가는 용기와의 결합을 어렵게 하였고 뽀족하게 굳어버린 모서리는 VIP의 파손 및 Heat bridge를 발생 시킬 수 있음. 늘어나는 부피를 예상하여 적절한 내부 구성물을 조성하여야 하며, PCM 외형이 잘 고정될 수 있도록 개선이 필요함.



그림. PCM과 용기가 결합된 모습 - PCM 모양이 일정하지 않음

- 다섯 번째, 용기와 VIP 간 결합 형태의 개선이 필요하다. 6면의 VIP가 독립적으로 존재하여 결합 간 틈이 발생하고 틈으로 온도의 손실이 발생되고 있다고 판단됨. 온도의 손실을 최소화하기 위하여 VIP를 일체형 타입으로 제작하거나 EPP 용기의 심재로 VIP를 적용하는 등의 밀폐성에 대한 개선이 필요함.

○ 보완 자료를 통한 선정 성능평가 방법에 대한 재선정

- 전문가 자문의견 및 평가방법의 가혹도를 고려하여 성능평가를 수정하였고 다음과 같은 방법으로 성능평가를 실시함.
 - 1) 보냉성 : ISTA 7E Testing Standard for Thermal Transport Packaging Used in Parcel Delivery System Shipment
 - 2) 열전도율 : KS L 9016 보온재의 열전도율 측정방법
 - 3) 낙하시험 : ISTA 1A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
 - 4) 적재, 압축시험 : ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
 - 5) 진동시험 : ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
- 수정된 성능평가 방법을 적용하여 시험을 진행하는데 문제점이 발생하지 않음. 개발 용기의 성능을 평가하는데 적합하다고 판단되어 3차년도 성능평가 방법으로 재선정함. 다만 3차년도 추가적으로 진행되는 국제안전수송협회 인증을 위한 필요한 절차를 주관기관의 협조를 요청함

라 제 3협동 연세대학교 원주산학협력단

(1) 고가 신선 농식품 선도유지를 위한 상변화물질 (PCM) 특성 분석 평가

(가) 상변화 물질(PCM) 특성 분석 평가

○ 유기물, 무기물 상변화물질의 열적 특성

① 연구 목적

- 신선 식품에 적합한 상변화물질 (PCM)의 선정을 위하여 기존에 사용되는 PCM 적용 온도별 제품을 받아 열적 특성을 분석 평가하고자 함
- 상변화 온도 측정을 통하여 제품의 온도유지 범위를 파악하고, 잠열량과 과냉각 정도를 분석하여 신선 식품에 적합한 상변화 물질 선정을 진행

② 실험 재료 방법

- 실험 재료로는 주관기관에서 공급받은 PCM0와 PCM-10, PCM-25, PCM5, PCM20 총 5가지의 샘플을 이용하여 분석을 진행
- 실험방법은 DSC (DSC Q10, TA instrument Co. Ltd., Delaware, USA)를 이용하여 질소 조건에서 PCM0과 PCM-10은 -60℃에서 60℃까지 PCM-25는 -60℃에서 40℃까지 PCM20은 -60℃에서 50℃까지의 온도 변화를 2, 5, 10 ℃/min (Scan@2, Scan@5, Scan@10)의 열 변화율로 측정함. 각 시료는 약 10mg을 이용하여 측정함

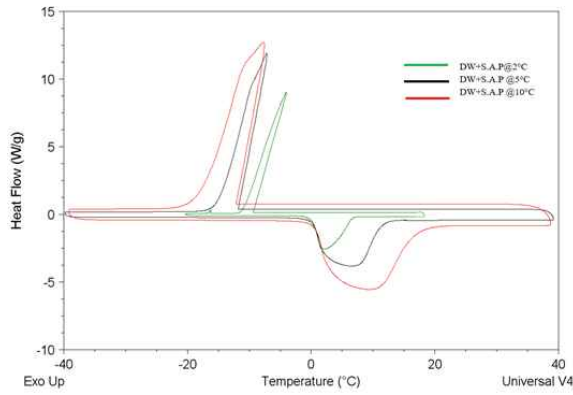
표. 각 실험 PCM 샘플들의 녹는점과 잠열량의 값

구분	구성	녹는점(℃)	잠열량 (kJ/g)
PCM0	DW; Distilled water + S.A.P ; Super absorbing polymer	0	305
PCM-10	PC; Potassium chloride	-10.7	283
PCM-25	STD;sodium tetra-borate decahydrate +SC; sodium chloride + AC; ammonium chloride	-24.55	228
PCM20	CA; Capric acid + LA; lauric acid	19	99
PCM5	Tetradecane	5.82	218

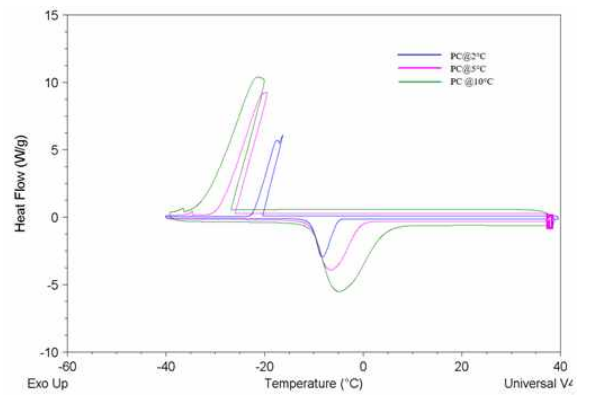
③ 신선식품에 적합한 상변화물질 선정 실험 결과

- 낮은 녹는점과 높은 잠열량 그리고 낮은 과냉각 정도를 보여준 PCM0과 PCM-10, PCM5를 선정하여 실험을 진행하였음
- 물과 고흡수성 수지 (3~5 wt%)로 이루어지 PCM0은 Scan@2에서 녹는점 0.98℃, 어는점 -9.48℃을 보임

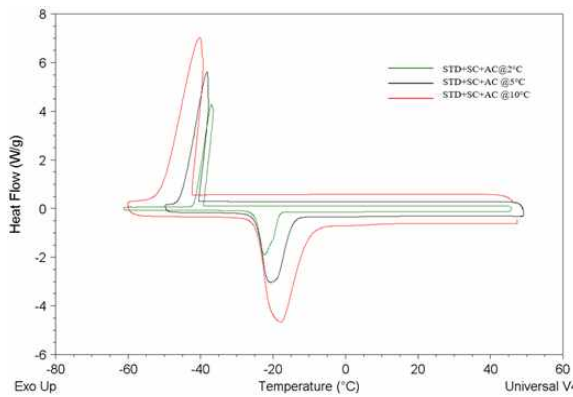
- Scan@5에서 녹는점 0.51°C, 어는점 -11.66°C, Scan@10에서 녹는점 0.48°C, 어는점 -11.76을 보임
- PCM-10에서 사용된 염화칼륨은 주로 공용액에서 사용됨
- Scan@2에서 녹는점 -10.52°C, 어는점 -20.36°C 을 보여주었으며 Scan@5에서 녹는점 -10.45°C, 어는점 -26.22°C, Scan@10에서 녹는점 -10.07°C, 어는점 -26.62을 보임
- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 275.4 J/g, 어는점에서 277.5 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 272.7 J/g, 어는점에서 258.6 J/g, Scan@10은 녹는점에서 267.3 J/g, 어는점에서 261.1 J/g의 잠열량이 측정됨
- PCM5은 Tetradecane으로 Paraffin wax에 한 종류로 PCM5의 열적 특성은 Scan@2에서 녹는점 5.82°C, 어는점 2.43°C 을 보임
- Scan@5에서 녹는점 5.97°C, 어는점 1.67°C, Scan@10에서 녹는점 6.24°C, 어는점 1.87°C 을 보임
- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 198.6 J/g, 어는점에서 202.8 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 218.8 J/g, 어는점에서 223.4 J/g, Scan@10은 녹는점에서 199.9 J/g, 어는점에서 202.1 J/g의 잠열량이 측정됨
- PCM20은 Capric acid와 Lauric acid로 이루어진 공용액으로 이루어져 있으며 주로 건축 자재에 적용되어 이용됨
- PCM20의 열적 특성은 Scan@2에서 녹는점 19.36°C, 어는점 18.04°C 을 보였으며 Scan@5에서 녹는점 19.74°C, 어는점 17.79°C, Scan@10에서 녹는점 19.91°C, 어는점 17.46°C 을 보임
- Scan@2에서 잠열량은 녹는점에서 93.76 J/g, 어는점에서 90.27 J/g 측정되었고 Scan@5는 녹는점에서 89.02 J/g, 어는점에서 93.28 J/g, Scan@10은 녹는점에서 108.7 J/g, 어는점에서 111.1 J/g의 잠열량이 측정됨



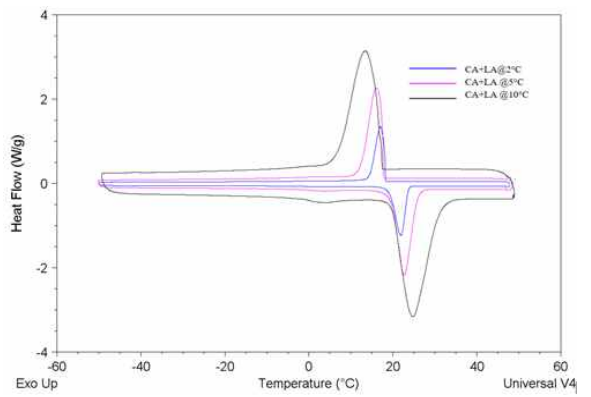
(A)



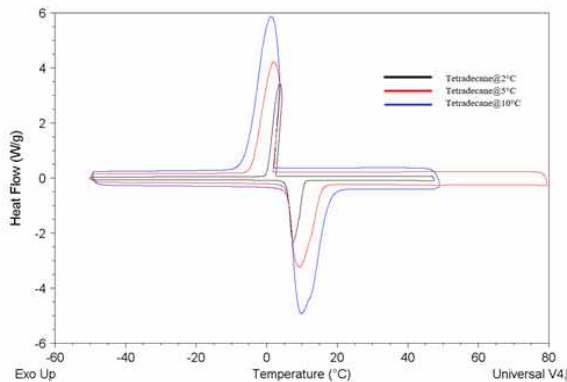
(B)



(C)



(D)



(E)

그림. Thermal analysis of different organic and inorganic PCMs (A)PCM0; (B)PCM-10; (C)PCM-25; (D)PCM20; (E)PCM5

④ 결론 및 고찰

- PCM의 외부 온도 변화에 따른 열적 특성을 확인하기 위하여 DSC의 열변화율을 2, 5, 10 °C/min 총 3가지로 변화를 주어 측정
- 모든 샘플에서 열변화율에 따른 잠열량의 변화가 유의적 차이를 보이지 않았지만 열변화율이 작을수록 낮은 과냉각 온도를 보여줌

- 과냉각 온도가 낮을수록 평형상태에서의 상변화 온도 이하까지 냉각되어도 변화를 일으키지 않는 현상이 줄어들어 온도 유지를 효율적임
- 이러한 이유로 PCM 선정시 잠열량과 과냉각 온도는 중요함
- 이번 연구를 통해서 낮은 과냉각 온도와 높은 잠열량을 가지고 있는 PCM0과 PCM5의 혼합, PCM-10과 PCM5의 혼합을 이용하면 더 좋은 효과가 있을 것으로 판단 됨

(1) 적용품목별 PCM의 SEM, FT-IR, TGA, DSC를 통한 분석

(가) 멜라민으로 캡슐화된 상변화물질 (PCM) 특성 분석

○ 연구 목적

- PCM은 주로 액상형태이고 leakage가 발생하여 포장에 적용 시 어려움이 발생하여 이러한 점을 보완하고 적용 특성 확장을 위해 Encapsulation을 사용함
- 본 연구에서는 멜라민을 이용하여 캡슐화한 Melamine-based microencapsulated powder (MMP) 및 이를 코팅하여 제작한 PCM 코팅 원단(MMP Polytextile)의 특성 분석을 목적으로 함

○ 실험 재료 및 방법

- 실험에 사용된 melting point $^{\circ}\text{C}$, 216 J/g 잠열량을 가진 PCM은 주관기관 FMS 코리아(Gyeonggi-do, Korea)에서 MMP와 MMP Polytextile, Tetradecane (TET) 샘플을 공급받아 분석을 진행
- 실험 분석은 형태학적 분석 (SEM)과 열적특성 분석 (DSC, TGA), 화학적 특성 분석 (FTIR)을 진행
- 샘플의 형태학적 특성과 파우더의 사이즈 측정을 위해 FESEM (Quanta FEG 250, FEI, Oregon, USA)를 이용하여 분석
- 열적특성 분석은 DSC (DSC Q10, TA instrument Co. Ltd., Delaware, USA)를 이용하여 질소 조건에서 -60°C 에서 60°C 까지의 온도 변화를 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 로 측정
- 시료는 약 10mg을 이용하여 측정하였으며 샘플의 재사용에 따른 열안정성 특성 분석을 위해 위 측정을 100 cycle을 하여 진행
- TGA (Thermogravimetric Analysis, TGA 4000, PerkinElmer Co., Waltham, USA)를 사용하여 온도에 따른 중량변화 (%weight)와 유도열중량분석을 측정

- TGA 분석을 위하여 4-10 mg의 시편을 준비하고 질소 조건에서 800 °C까지 20 °C/min 속도로 온도를 상승시키며 온도 증가에 따른 중량 변화를 관찰
- 샘플 (MMT, MMT polytextile, TET)의 화학적 특성 분석을 위해 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Spectrum 65, PerkinElmer Co., Waltham, USA) 를 사용
- ATR (Attenuated total reflectance) mode로 측정하였으며 4000-400 cm⁻¹ 범위에서 16회 스캔으로 진행

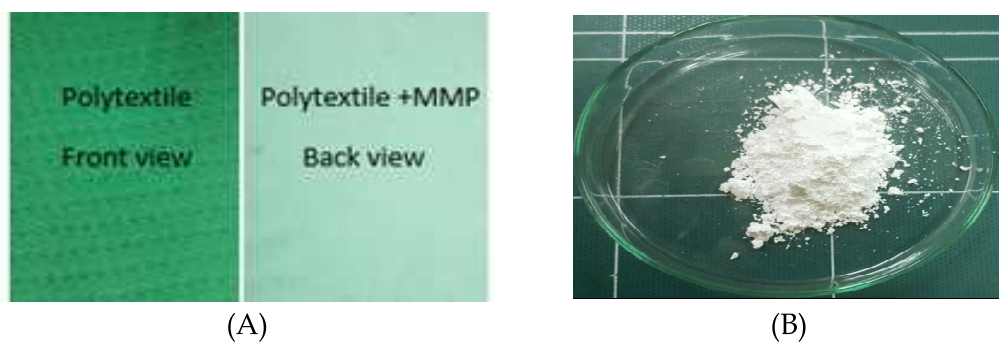


그림. Images of (A) MMP polytextil and (B) MMP

○ 결과 및 고찰

① 형태학적 분석

- x 1,000 배율에서 MMP의 표면은 microsphere 형태가 관찰됨
- 더 높은 x 5,000 배율에서 MMP는 close-pack microsphere 형태로 관찰됨
- 이는 선행연구에서 미세캡슐화의 형태가 비슷한 결과를 보여줌
- MMP particle의 사이즈는 평균 5.11 um을 확인함

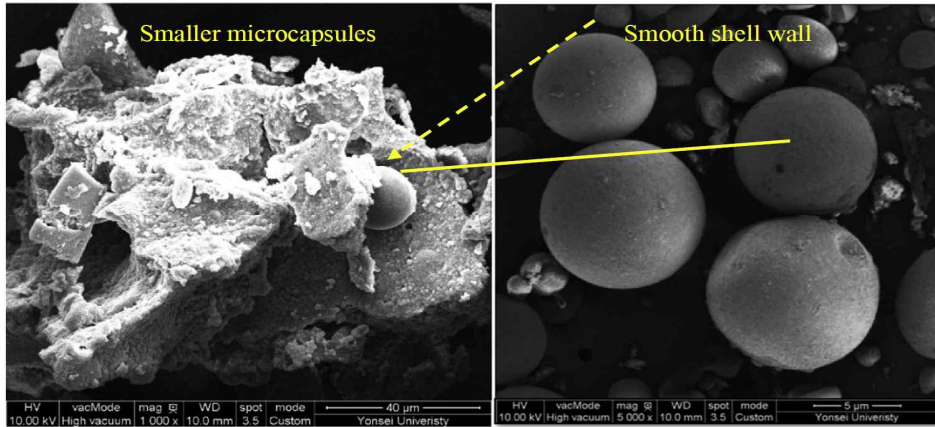
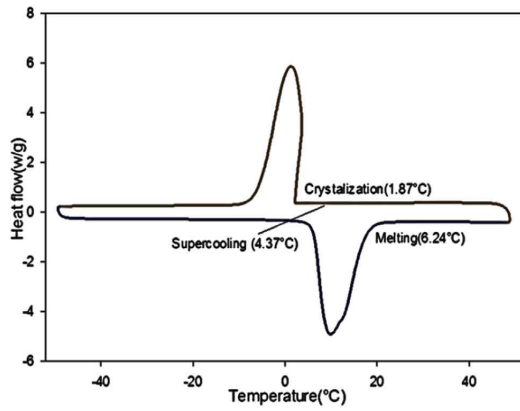


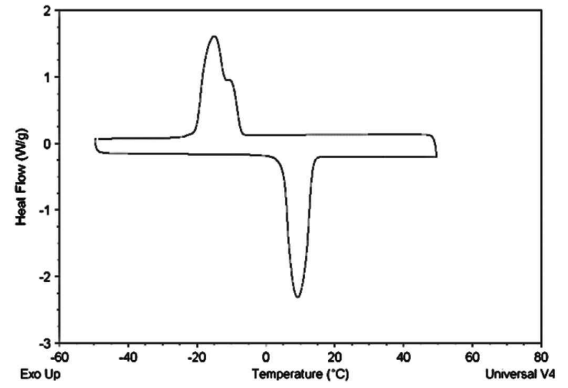
그림. SEM images of the MMP microcapsule surface morphology.

② 열적특성 분석 (DSC)

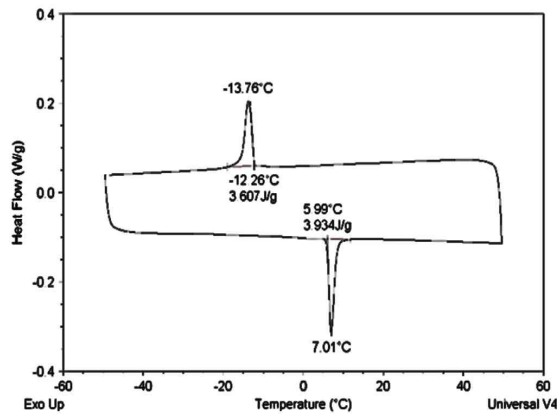
- 그림 (A) Pure TET의 녹는점과 결정화온도는 각각 6.24°C, 1.87°C이며 196.9 J/g의 잠열량을 보여줌
- 그림 (B) MMP의 녹는점과 결정화 온도는 5.24°C, -7.25°C이며 151.4 J/g의 잠열량을 보여줌
- 그림(C) MMP polytextile의 녹는점과 결정화 온도는 5.99°C, -12.26°C이며 3.934 J/g의 잠열량을 보여줌
- 캡슐화된 PCM에서 녹는점과 결정화온도가 낮아지고 잠열량 또한 낮아지는 변화를 보여줌
- 그림(D)에서 100 cycle 열안정성은 TET에서 녹는점과 결정화 온도가 각각 6.69°C, -1.92°C로 변화였고, 잠열량은 196.9 J/g에서 141 J/g으로 감소함
- MMP의 경우 녹는점과 결정화 온도가 각각 5.42°C, -10.13°C로 변화였고, 잠열량은 151.4 J/g에서 137 J/g으로 감소함
- MMP에서 TET에 비해 녹는점과 결정화 온도 변화의 정도가 적었고, 더 낮은 잠열량의 감소율을 보여줌



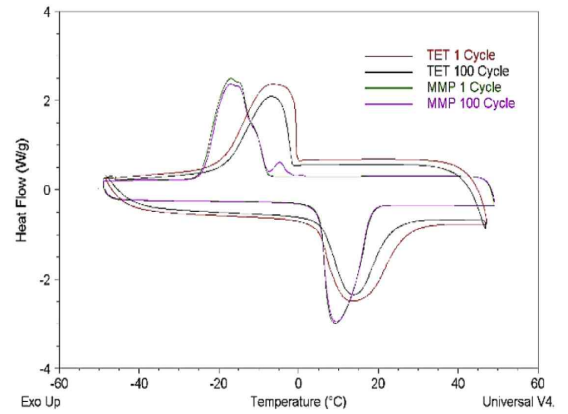
(A)



(B)



(C)



(D)

그림. DSC heating and cooling curves for (A)TET; (B)MMP; (C)MMP polytextile; (D)The first and 100th heating and cooling curves for MMP and TET.

③ 열적특성 분석 (TGA)

- TGA 분석을 통한 TET의 boiling point와 flash point는 각각 253.5°C와 99°C를 보여줌
- TET는 30-150°C에서 97.5 weight loss%를 보여주었으며 DTG는 232°C에서 TET가 완전히 분해되는 흡열 피크를 보여줌
- MMP는 온도가 증가함에 따라 중량이 감소하는 경향을 보여주었다. 265°C에서 감소가 시작되어 461°C까지 계속적으로 중량 감소가 진행됨
- 이는 멜라민 캡슐이 깨지면서 발생되어지는 것으로 판단됨

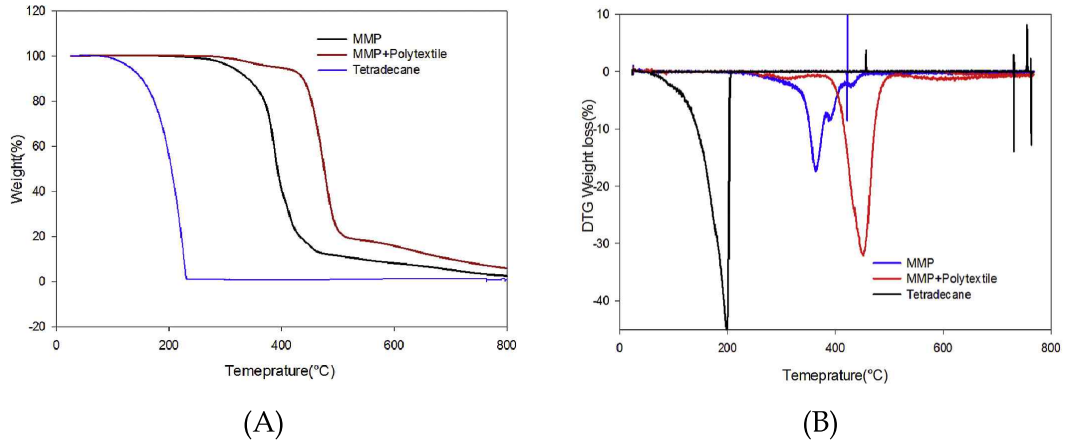


그림. (A)TGA and (B)DTG curve for MMP, MMP polytextile and TET

④ 화학적특성 분석 (FTIR)

- TET는 alkane-based paraffin으로 2,934cm⁻¹, 2,855cm⁻¹ 에서 고유 피크를 확인함
- MMP는 3,392cm⁻¹에서 N-H stretching vibration 피크와, 1,556cm⁻¹과 815cm⁻¹에서 triazine ring 피크를 확인함
- MMP polytextile에서는 1,734cm⁻¹ 와 739cm⁻¹ 피크를 제외하고 MMP와 유사한 피크를 보여주어 MMP 코팅이 된 것을 확인함

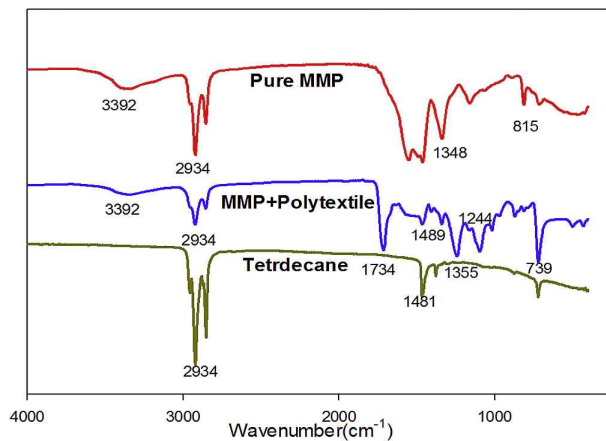


그림. (A)TGA and (B)DTG curve for MMP, MMP

(나) 멜라민으로 캡슐화된 상변화물질(PCM) 적용 버섯의 품질 변화 평가

○ 연구 목적

- 본 연구의 목적은 캡슐화된 PCM (MMP)를 기존 유통 박스 (골판지 박스)에 적용하여 유통 박스 내 일정 온도를 유지정도 확인 및 이에 따른 버섯의 품질 변화를 평가를 목적으로 함

○ 실험 재료 및 방법

- 버섯의 품질 변화 평가를 위해 양송이버섯을 이마트 판매점(Wonju, Korea)에서 구입하여, 바로 실험실로 옮겨 세척한 후 갈변이나 손상된 버섯을 제거하여 선별함
- 선별된 버섯은 PET 용기에 담겨 사용함
- 버섯을 저장하기 위한 단열 박스의 제작 및 구성은 아래 그림과 표에 나타냄
- 단열 박스는 4mm의 두께를 가지고 270*180*150mm 사이즈의 골판지 박스에 표 2에 보여준 구성에 따라 총 4개의 박스 형태 (Control, TET, MMP polytextile, MMP polytextile+MMP)로 제작되었다.

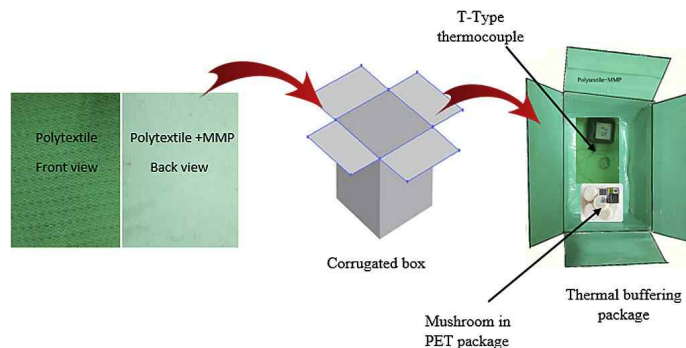


그림. Thermally buffered boxes with MMP polytextile.

표. Compositions of thermally buffered box samples

Samples	Composition
control	only corrugated box
TET	non-coating corrugated box and LDPE bag filled TET
MMP polytextile	MMP polytextile coating corrugated box
MMP polytextile + MMP	MMP polytextile coating corrugated box and LDPE bag filled MMP

- 버섯의 품질평가 저장기간은 5일 동안 (0, 3, 5 day) 5°C 저온 창고에 저장되어 측정됨
- 포장 박스 내 시간에 따른 온도 변화 분석은 박스 내 Wifi 온습도계를 넣어 저장 기간 5일 동안 내부 온도를 측정하였으며 3일차에 박스를 한 시간 동안 상온에 저장한 후 다시 저온 창고에 보관

- 단일 용기를 적용한 버섯의 품질변화 항목으로는 산도, 색도, 경도, 중량감소율, 효소활성 평가를 측정함
- 산도 (pH)는 버섯 5g을 증류수에 균질화하여 pH meter (AB15pH, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험함
- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L (brithness)와 a*(+a red, -a green) 그리고 b*(+b yellow, -b blue) 값을 측정하였으며 아래 식을 이용하여 버섯의 갈변정도 (BI; Brown index)를 계산함

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.172}, \text{ where } x = \frac{a + 1.75L}{5.646L + a - 3.01b}$$

- 경도는 Texture analyzer (TA.XT Express-v3.1, Stable Micro Systems, UK)를 이용하여 직경 5mm의 prove를 장착한 후 버섯의 과피 내부 5mm 까지의 경도를 측정하였다. 속도는 2.0 mm/s로 진행함
- 중량감소율은 저장기간의 저장 첫날의 초기중량에 대한 저장 5일 동안 측정된 중량의 변화를 백분율로 나타냄
- 효소활성평가는 버섯의 품질에 영향을 미치는 PPO (Polyphenoloxidase) 활성을 평가함
- 버섯시료 4g을 50mM sodium phosphate buffer (pH7.3)에 넣어 균질화 한 후 여액 0.5ml 에 50mM catechol 2.5ml를 가하여 398nm에서 3분간 흡광도의 변화를 측정함
- 효소 활성은 효소액 0.1ml가 1분간 0.01의 흡광도를 증가시킨 것을 1 unit로 진행함

○ 결과 및 고찰

① 포장 박스 내 시간에 따른 온도 변화 분석

- Control 박스의 경우 최대 18°C의 온도와 최저 6.5°C의 온도 유지를 보여주어 온도 변화에 취약한 모습을 보여줌
- MMP polytextile+MMP 샘플은 최고 9.9°C, 최저 약 5°C를 유지하여 가장 효율적인 온도 유지 효과를 보여줌

- TET와 MMP polytextile의 박스 내부는 최고 온도 각각 15°C, 17°C로 TET가 좀 더 좋은 효과를 보여주었지만 비슷한 내부 온도를 보여줌
- 결과적으로 MMP polytextile+MMP의 포장 내부 온도가 외부 환경 온도와 가장 유사하였으며 좋은 온도 유지효과를 보여줌

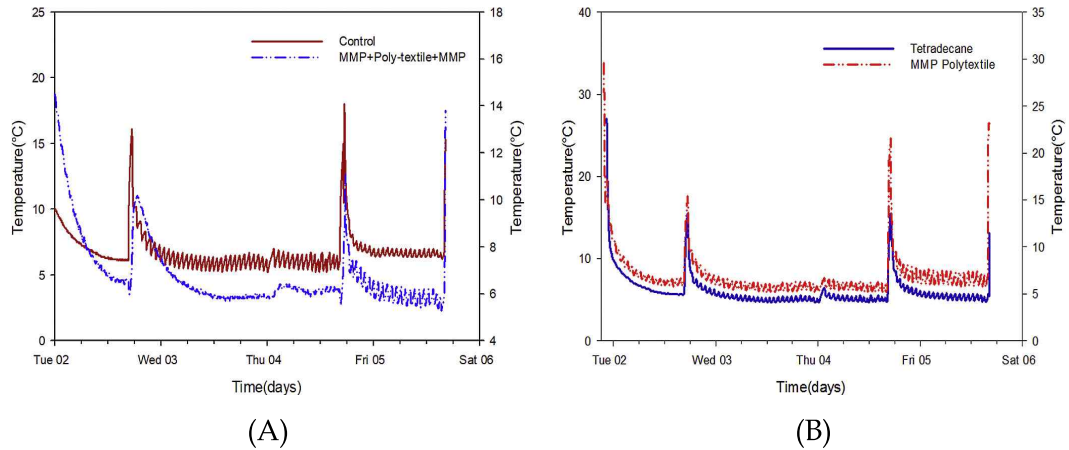


그림. The temperature-time cooling and heating for (A) the empty control and the MMP polytextile+MMP coated corrugated boxes; (B) TET and MMP polytextile coated corrugated boxes

② 산도 변화 (pH)

- 신선한 버섯의 pH는 6.75으로 0일차 버섯에서도 약 pH 6.76을 보여주며 신선한 버섯의 pH와 비슷한 값을 보여줌
- 3일차에서 모든 샘플에서 큰 변화는 보이지 않았으며 5일차에서 control 샘플이 pH 6.17로 가장 낮았으며, MMP 에서 pH 6.6, TET와 MMP polytextile+MMP에서 pH 6.70으로 가장 신선 했을 때의 pH 값을 보여주었다.

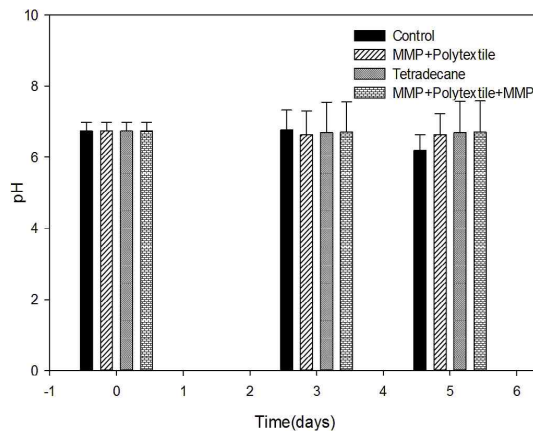
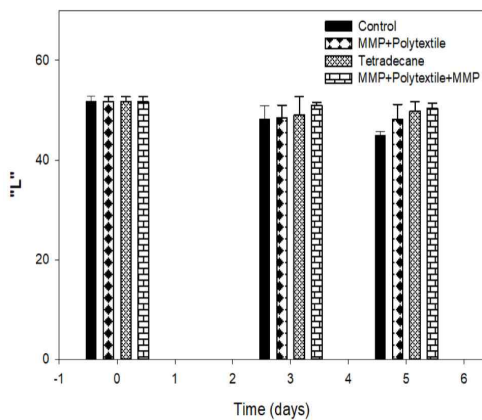


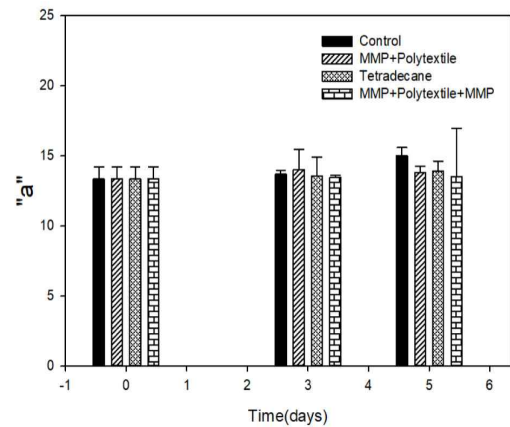
그림. The effects of the thermally buffered packaging on the pH of stored mushrooms

③ 색도 변화 (color)

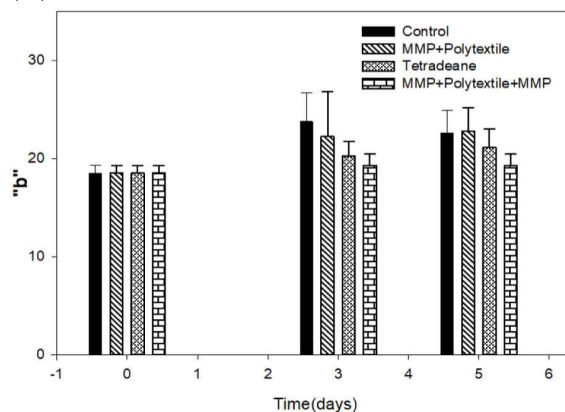
- 저장기간에 따른 버섯의 색도 변화에서 모든 샘플은 L value는 감소하는 경향을 보여주었으며, 특히 control에 가장 낮은 값을 보여주었는데 이는 수분의 감소로 발생된 것으로 판단됨
- 모든 샘플에서 a*와 b*에서 증가하는 경향을 보여주었으며 특히 control 샘플에서 높은 증가를 보여주었는데 이는 저장기간 동안 효소적 갈변이 발생하여 증가된 것으로 판단됨
- 갈변 정도는 5일차에서 control이 54.21, MMP 41.89, TET 35.23, MMP polytextile+MMP 30.37로 control의 갈변정도가 가장 심하였고, MMP polytextile+MMP에서 가장 낮은 정도를 보여줌



(A)



(B)



(C)

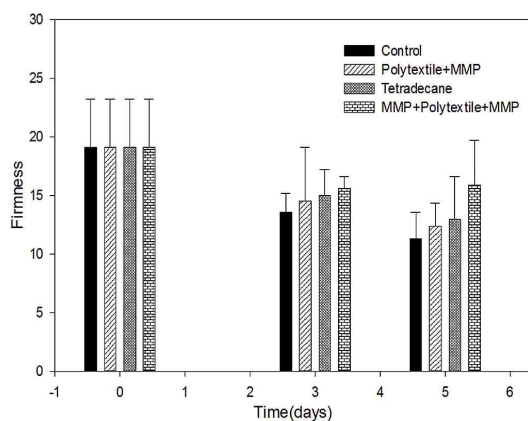
그림. The effects of the thermally buffered packaging on the whiteness (L value), a*, and b* value during storage.

표. Changes in the browning index of button mushrooms packaged in thermally buffered packaging.

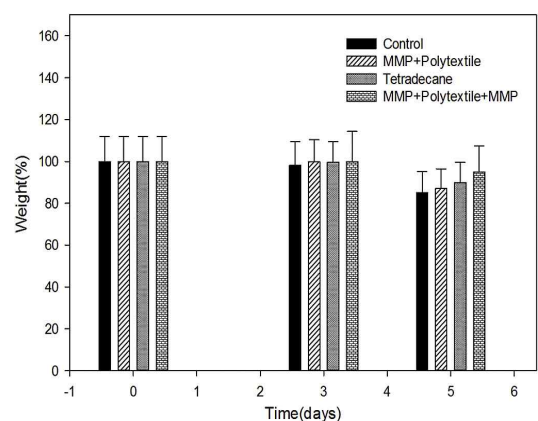
Days	Control	MMP	TET	MMP polytextile + MMP
0	23.25±0.63	23.25±0.63	23.25±0.63	23.25±0.63
3	45.25±0.14	31.08±0.54	29.45±0.25	28.36±0.25
5	54.21±0.21	41.89±0.08	35.23±0.09	30.37±0.13

④ 경도 (Firmness) 및 중량감소율 (Weight loss) 변화

- 경도는 수분함량과 대사 작용에 따른 버섯의 품질 정도를 보여주는 척도로 가장 신선한 상태의 버섯은 약 19N의 경도를 보여줌
- 저장 기간 동안 경도는 급격하게 감소하였으며, MMP polytextile+MMP는 5일차에서도 약 15.5N으로 다른 샘플에 비해 높은 경도 유지효과를 보여줌
- 중량 감소율에서 저장기간 동안 모든 샘플에서 감소하는 경향을 보여줌
- 3일차에서 모든 샘플이 2% 내외에 중량 감소율을 보여주었으며 5일차에서 control은 약 15%의 중량 감소율을 보여줌
- MMP polytextile+MMP는 5일차에서 약 5%의 중량감소율을 보이며 가장 낮은 중량 감소율을 보여줌



(A)



(B)

그림. The effects of the thermally buffered packaging on (A)firmness; (B)weight loss.

⑤ 효소 활성 평가 (PPO activity)

- PPO activity는 버섯을 갈변으로 변하게 하는 phenolic 화합물의 산화에 의해서 발생됨

- control에서 5일차에 54.21 ± 0.21 U/mg protein로 가장 높은 PPO 활성을 보여줌
- MMP와 TET에서 각각 29.59 ± 0.25 U/mg protein , 25.32 ± 0.05 U/mg protein을 확인하였고, MMP polytextile+MMP에서 20.17 ± 0.26 U/mg protein으로 가장 낮은 PPO 활성을 보여줌
- 이는 갈변정도 (BI) 와 같은 경향을 보여주며, MMP polytextile+MMP 샘플의 버섯이 가장 신선도를 유지한 것을 보여줌

표. Changes in the PPO activity of button mushrooms packaged in thermally buffered packaging.

Days	Control	MMP	TET	MMP polytextile + MMP
0	18.25 ± 0.52	18.25 ± 0.52	18.25 ± 0.52	18.25 ± 0.52
3	35.12 ± 0.37	21.05 ± 0.13	20.15 ± 0.15	19.15 ± 0.14
5	42.05 ± 0.12	29.59 ± 0.25	25.32 ± 0.05	20.17 ± 0.26

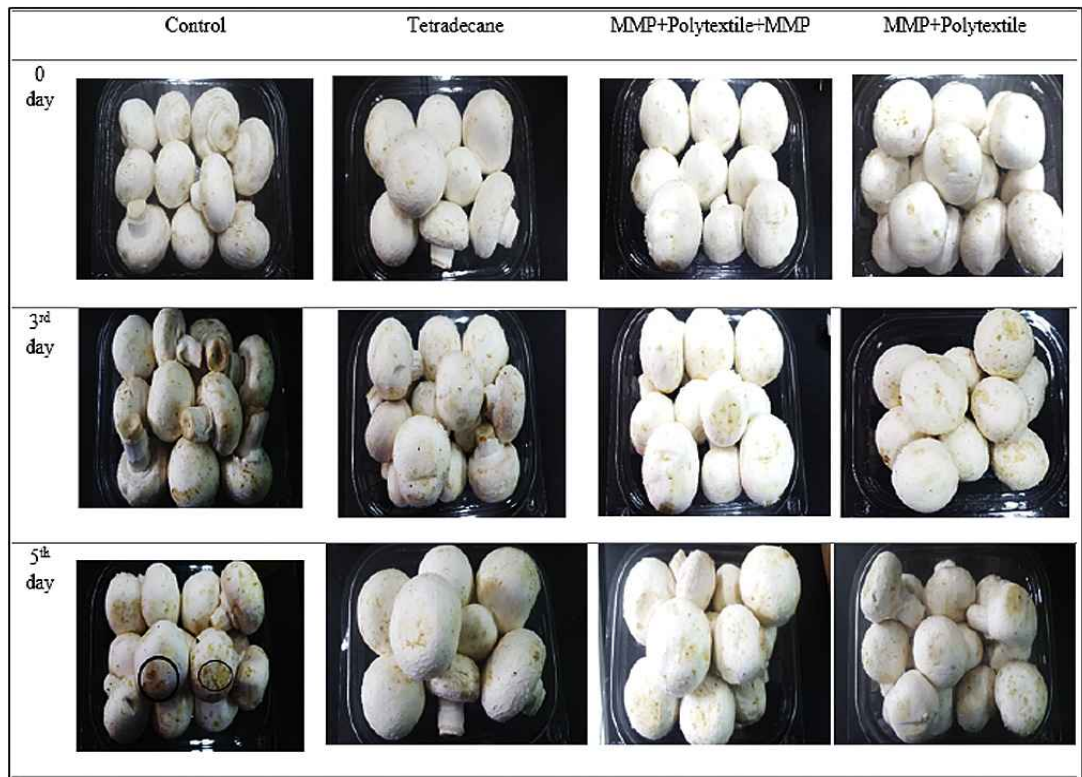


그림. The effects of the thermally buffered

○ 결론

- 물리적, 생화학적, 미생물학적, 생리학적 반응으로 인한 품질 저하가 대부분 온도 변화에 의해 크게 좌우되기 때문에 저장 온도는 수확 후 버섯의 신선도 품질 유지와 유통기한 연장에 중요함
- 본 연구에서는 유통과정에서 발생하는 불규칙한 온도차 문제를 열적 안정성이 향상된 단열 박스 개발을 통해 효과적으로 해결함
- 개발된 포장재는 pure MMP LDPE bag liner와 MMP coated poly-textile의 특성을 조합하였으며, 포장재 내부 온도를 일정하게 유지하는 탁월한 효과를 보임

(다) EPG (Expanded graphite)를 이용한 상변화물질 (PCM) 캡슐화 제작 및 특성 분석연구

○ 연구 목적

- 신선 한우의 선도유지를 위한 상변화 물질의 열효율 개선 연구 및 이를 적용하기 위한 캡슐화 제작과 제작된 캡슐화 상변화 물질의 특성 분석을 목표로 함

○ 실험 재료 및 방법

- 실험에 사용된 EPG (Expandable graphite)는 (주)삼정씨엔지에서 ES 350 F5 grade 를 구매한 후 전자레인지로 이용하여 발포한 후 사용함
- 상변화물질(PCM)의 EPG를 이용한 캡슐화는 Vacuum impregnation 방법을 이용하여 진행함
- 제작 방법은 아래 그림처럼 EPG 5g이 투입된 삼각 플라스크를 1시간 동안 진공 상태로 만든 후 그곳에 PCM 20g을 넣은 후 대기 압력을 이용하여 EPG 내부로 함침하여 캡슐화 형태로 제작함

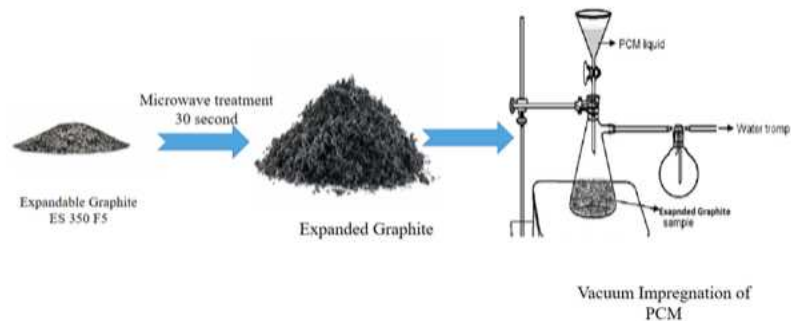


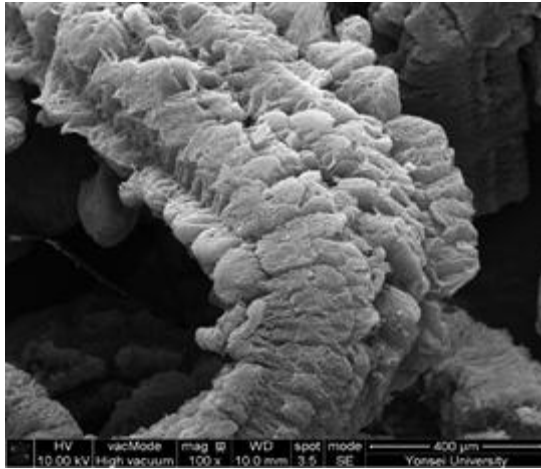
그림. Preparation and vacuum impregnation of expanded graphite.

- 샘플의 특성 분석은 형태학적 분석 (SEM)과 열적특성 분석 (DSC, TGA), 화학적 특성 분석 (FTIR)을 진행함
- 열적특성 분석은 DSC (DSC Q10, TA instrument Co. Ltd., Delaware, USA)를 이용하여 질소 조건에서 -50℃에서 50℃까지의 온도 변화를 10 °C/min 속도로 각 시료는 약 10mg을 정량하여 측정함
- TGA (Thermogravimetric Analysis, TGA 4000, PerkinElmer Co., Waltham, USA)를 사용하여 온도에 따른 중량변화 (%weight)와 유도열중량분석을 측정함
- TGA 분석을 위하여 4-10 mg의 시편을 준비하고 질소 조건에서 800 °C까지 20 °C/min 속도로 온도를 상승시키며 온도 증가에 따른 중량 변화를 관찰함
- 화학적특성 분석을 위해 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Spectrum 65, PerkinElmer Co., Waltham, USA)를 사용함
- ATR (Attenuated total reflectance) mode로 측정하였으며 4000-400 cm⁻¹ 범위에서 16회 스캔으로 진행함

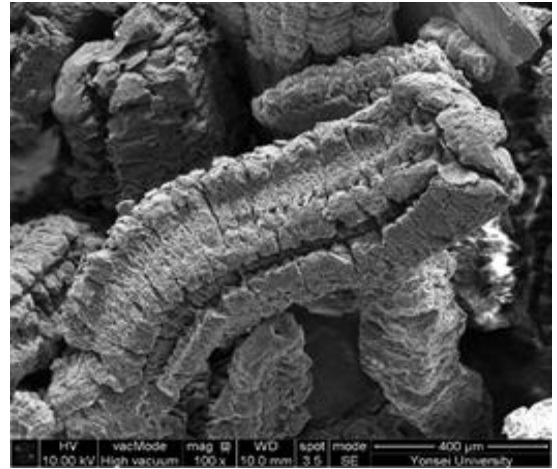
○ 결과 및 고찰

① 형태학적 특성 분석 (SEM)

- Vacuum Impregnated EPG/PCM 샘플에서는 EPG의 다공구조에 PCM이 흡착되어, 다소 매끄러운 표면과 수축된 형태가 관찰됨
- Rice bran 샘플에서는 파우더가 평균 0.75 mm 길이의 직선적인 구조를 취하고 있음을 확인함
- Rice bran+coated EPG/PCM 샘플은 거친 행태를 띠는데 이는 Rice Bran의 집합체이기 때문인 것으로 판단됨
- 또한 표면 작은 균열이 발생한 것은 EPG의 영향을 받은 것으로 판단됨



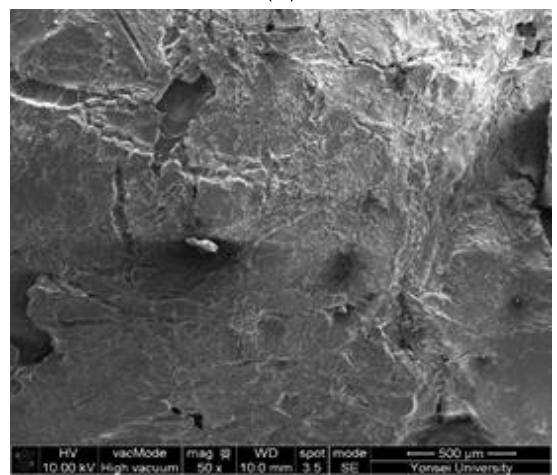
(A)



(B)



(C)



(D)

그림. Surface morphology of (A) EPG; (B) Vacuum impregnated EPG/PCM; (C) Rice bran+Coated EPG/PCM

② 화학적 특성 분석 (FTIR)

- FTIR spectra를 이용하여 EPG와 rice bran, TET, rice bran+coated EPG/PCM을 측정함
- 위 실험결과에서 나타난 TET peak의 특징을 통해 graphite에 PCM 물질이 성공적으로 함침되어 캡슐화 되었음을 확인함

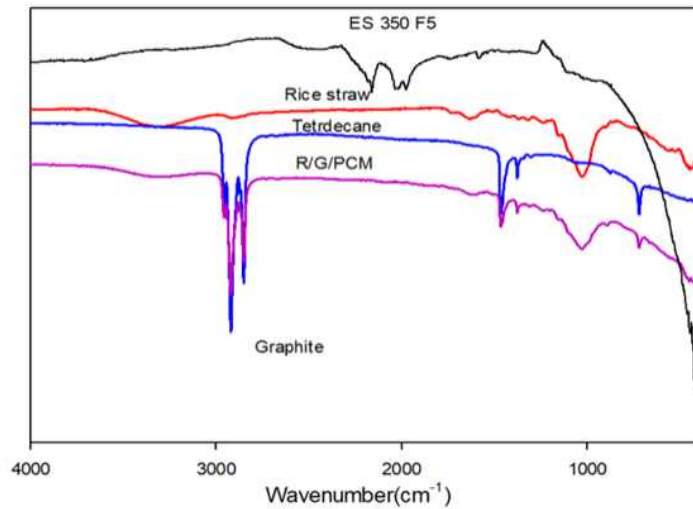


그림. FTIR spectra of EPG, Rice bran, TET, Rice bran+Coated EPG/PCM

③ 열적특성 분석 (TGA)

- 열적 특성 분석 결과 EPG 샘플은 800°C 에서도 분해되지 않아 우수한 열안정성을 보여줌
- Rice bran과 Vacuum impregnated EPG/PCM 샘플은 200°C 에서 열분해가 진행되는 모습을 보여줌
- Vacuum impregnated EPG/PCM는 두 단계로 나뉘어 분해된 것을 관찰하였으며 200°C 에서rice bran에 의한 첫번째 분해가 시작되고, 350°C 에서 coating solution의 binder와 hardener에 의한 두번째 분해가 일어난 것으로 판단됨

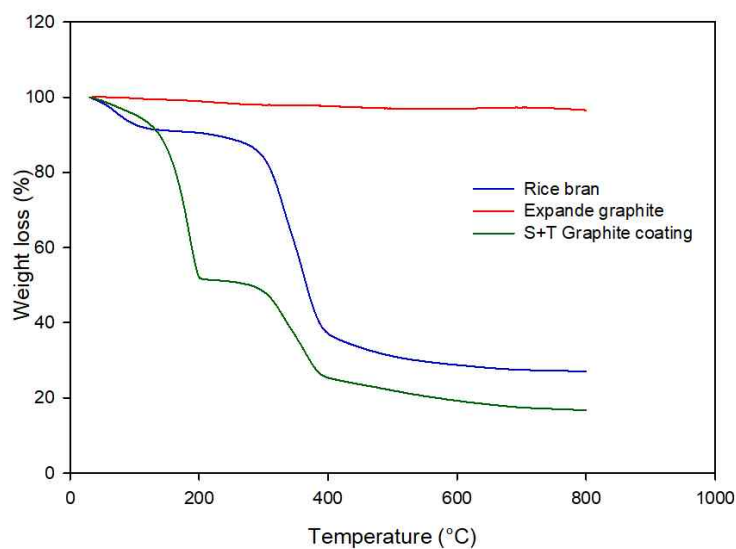


그림. TGA curve for Rice bran, EPG, Vacuum impregnated EPG/PCM

④ 열적특성 분석 (DSC)

- TET의 녹는점과 결정화도는 각각 -0.31°C , -2.01°C 를 보여주었으며 녹는점과 결정화도의 잠열량은 각각 71.0J/g , 74.89J/g 를 보여줌
- Vacuum impregnated EPG/PCM의 녹는점과 결정화도는 각각 -0.98°C , -3.50°C 를 보여주었으며 녹는점과 결정화도의 잠열량은 각각 60.71 J/g , 65.16 J/g 를 보여줌.
- Rice bran+Coated EPG/PCM의 녹는점과 결정화도는 각각 -0.94°C , -3.93°C 를 보여주었으며 녹는점과 결정화도의 잠열량은 각각 19.49 J/g , 19.35 J/g 을 보임
- 이러한 특성은 개발된 PCM 물질의 녹는점은 소고기 제품에서 요구되는 저장온도에 적합하여 그 활용가치가 높을 것으로 판단됨

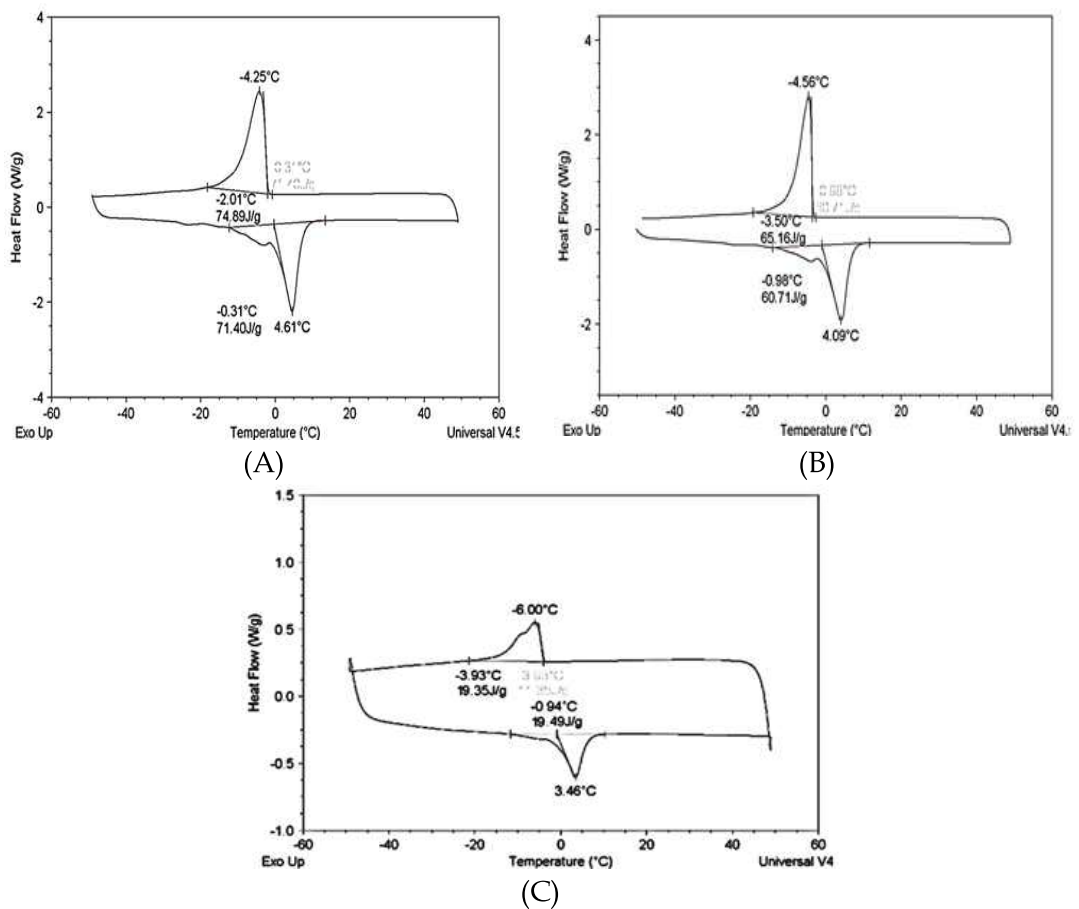


그림. DSC heating and cooling curves for (A) TET; (B) Vacuum impregnated EPG/PCM; (C) Rice bran+Coated EPG/PCM

(라) EPG/PCM을 적용한 고가의 신선 농식품 (한우) 선도유지 품질 변화 평가

○ 연구 목적

- 본 연구의 목적은 캡슐화된 EPG/PCM를 기존 유통 박스 (EPP 박스)에 적용하여 유통 박스 내 일정 온도를 유지정도 확인 및 이에 따른 한우의 품질 변화를 평가를 목적으로 함

○ 실험 재료 및 방법

- 한우의 품질 변화 평가를 위해 신선 한우를 축산 정육점(Wonju, Korea)에서 구입하여 신선도 유지를 위해 약 5℃ 로 1시간 내로 공급받아 사용함
- 한우 약 200g 씩 절단하여 PET 용기에 담아 랩핑한 후 각 단열 박스에 PET 용기 4개씩 넣어 진행함
- 한우를 저장하기 위한 단열 박스의 제작 및 구성은 아래 그림과 표에 나타냄
- 단열 박스는 18mm의 두께를 가지고 280*230*130mm 사이즈의 EPP 박스에 표29 구성표를 따라 총 4개의 박스 형태 (Control, DW PCM, G-pack, EPG/PCM/EPP with g-pack)로 제작하였음

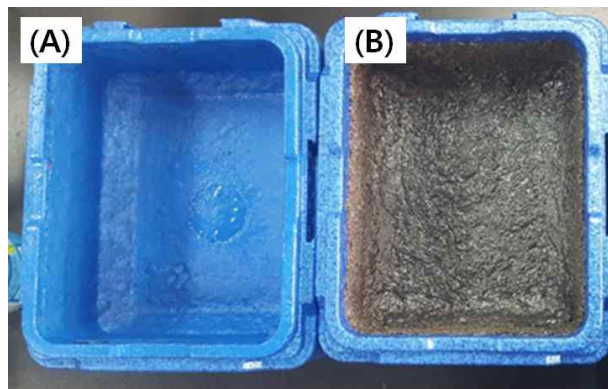


그림. Images of EPP boxes

(A)Control EPP box; (B) Rice bran+EPG/PCM coated EPP box

표. Compositions of thermally buffered box samples

Samples	Composition
control	Only EPP box
DW PCM	EPP box with SAP PCM (super absorber polymer PCM)
G-pack PCM	EPP box with G-pack (commercial PCM)
EG/RS/EPP box + G-pack	EG/rice straw/PCM coated EPP box with G-pack

- 한우의 품질평가 저장기간은 8일 동안 (0, 2, 4, 6, 8 day) 저온 ($1\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)에 저장 되었으며 열에 의한 완충효과를 확인하기 위하여, 실험 측정시 2-3시간 동안 상온에 두어 진행함
- 포장 박스 내 시간에 따른 온도 변화 분석은 박스 내 Wifi 온습도계를 집어넣어 저장기간 8일 동안 내부 온도를 측정함
- 단열 용기를 적용한 버섯의 품질변화 항목으로는 산도, 색도, 지방산화율, 총균수, 전단력 (Warner-Bratzler shear test) 평가를 측정함
- 산도 (pH)는 한우 10g을 10ml 증류수에 균질화하여 pH meter (AB15pH, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험함
- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L (brithness)와 a^* (+a red, -a green) 그리고 b^* (+b yellow, -b blue) 값을 측정하였으며, 한우 표면 5군데를 무작위로 지정하여 측정하였다.
- 지방산화는 TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) 방법을 이용하여 한우 표면 4mm를 균질화하여 2반복 진행하였다. 각 샘플의 지방산화 정도는 u-moles malonaldehyde (MA)/kg meat로 표시함
- 총균수는 샘플 10g 을 0.85% tryptone 90ml 에 넣어 2분동안 blending 한 후 총균수 평가를 진행함
- 전단력 평가 (Warner-Bratzler shear test)는 73° 각도의 V 자형 칼날을 이용하여 4mm 두께의 한우를 전단할 때의 힘을 측정함

○ 결과 및 고찰

① 포장 박스 내 시간에 따른 온도 변화 분석

- Control 박스의 경우 최대 18.95°C 의 온도와 최저 0.2°C 의 온도 유지를 보여주었으나 상온에 노출 되었을 때 온도 변화에 따른 완충 효율에는 취약한 모습을 보임
- 기존 한우 유통시 사용되는 DW PCM과 G-Pack의 경우 각각 최대 15°C , 13°C 를 보여주었고 최저 0.1°C , 0.3°C 의 온도 유지를 보여주었으며, 온도 변화에 따른 완충 효율은 Control과 유사한 결과를 보여줌
- EG/RS/EPP box + G-pack의 박스 내부는 최고 온도 각각 7.2°C , -0.2°C 로 가장 적

은 온도 변화를 보여줌

- 결과적으로 EG/RS/EPP box + G-pack의 포장 내부 온도가 외부 환경 온도와 가장 유사하였으며 좋은 온도 유지효과를 보여줌

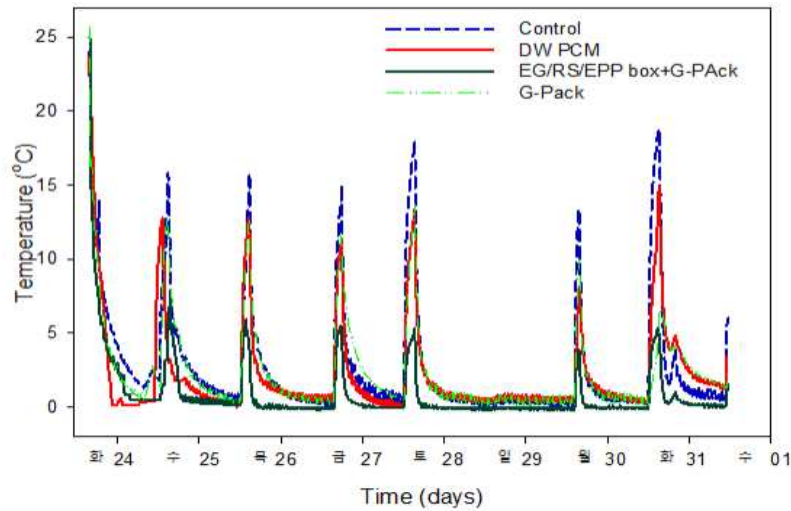


그림. The temperature-time cooling and heating for EPP box samples

② 산도 변화 (pH)

- 신선한 한우의 pH는 6.15으로 0일차 한우에서도 약 pH 6.12을 보여주며 신선한 한우의 pH와 비슷한 값을 보여줌
- 저장 기간이 지남에 따라 모든 샘플에서 pH 값은 낮아지는 경향을 보여주었으며 Control의 경우 6일차에서 급격한 pH 감소를 보여줌
- DW Pack을 사용한 한우의 경우 6일 차까지 EG/RS/EPP box+G-pack 와 유사한 감소를 보이다 8일차에서 급격한 감소를 보여줌
- EG/RS/EPP box+G-pack에서 8일차까지 가장 낮은 pH 감소를 보여주며 다른 샘플에 비해 낮은 품질 저하를 보여줌

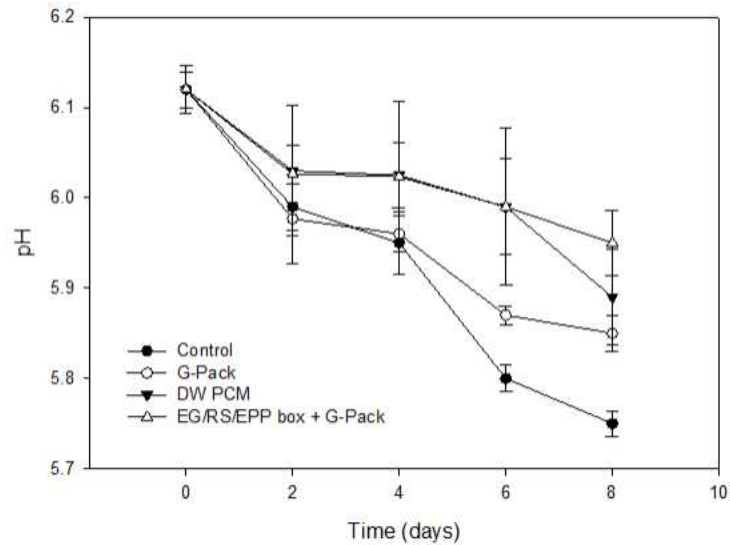


그림. The effects of the thermally buffered packaging on the pH of stored beef

③ 색도 변화 (color)

- 저장기간에 따른 버섯의 색도 변화에서 모든 샘플은 L value는 증가하는 경향을 보임
- 특히 control에 15.1에서 19.5로 증가하면서 가장 높은 값을 보여주었으며 Control을 제외한 나머지 샘플에서는 큰 유의적 차이는 발생하지 않음
- 0일차 신선 한우에서 *a value는 26.4이며 control에서 8일차에 16.5로 가장 많은 감소를 보여줌
- 이는 시간 지남에 따라 붉은 색이 산화로 인하여 사라진 것으로 판단됨
- 특히 EG/RS/EPP box+G-pack에서 8일차에 23.85로 가장 적은 변화를 보여주어 선도가 유지된 것을 확인함

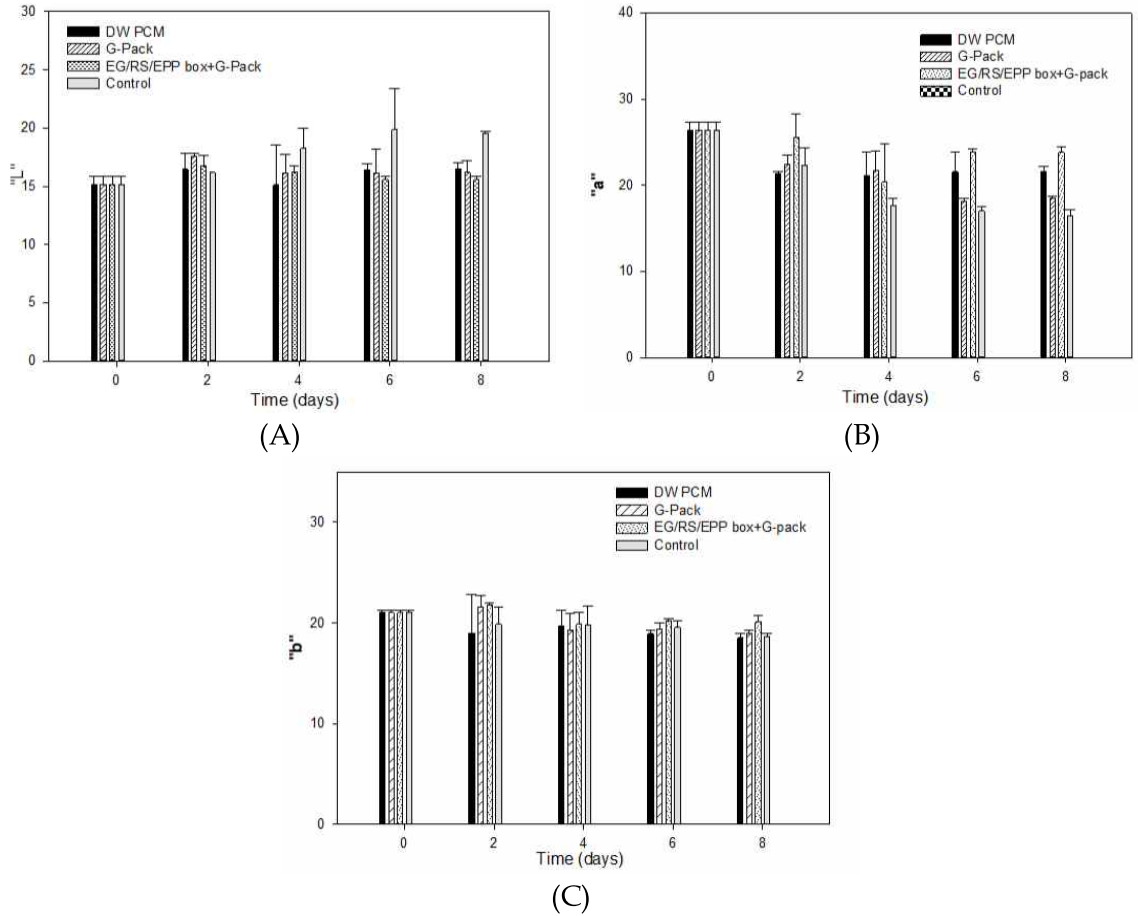


그림. The effects of the thermally buffered packaging on the whiteness (L value), a*, and b* value during storage

④ 지방산화 (TVB-N) 변화

- 저장기간에 따른 한우는 부패가 되면 효소나 미생물로 인하여 암모니아나 아민 같은 휘발성 물질을 발생하게 되며 이는 육류의 부패정도를 측정하는 중요한 척도로 사용됨
- Control은 8일차에 30.2 mg/100g로 가장 높은 부패정도를 보여주었고, EG/RS/EPP box+G-pack 은 20.1 mg/100g로 가장 낮은 부패 정도를 보여줌

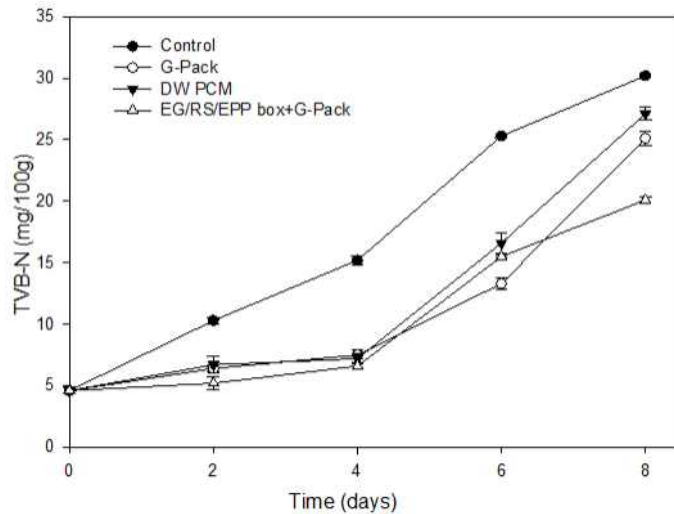


그림. The effects of the thermally buffered packaging on the TVB-N of stored beef

⑤ 총균수 (TPC; Total plate count)

- 최초 신선 한우의 TPC는 3.41 log CFU/g를 보여줌
- 8일차 control에서는 6.59 log CFU/g 로 가장 높은 총균수를 보여주었고, EG/RS/EPP box+G-pack에서 8일차에 4.53 log CFU/g로 가장 낮은 총균수를 보여 줌
- G-Pack과 DW PCM 샘플에서는 각각 4.93 log CFU/g, 5.12log CFU/g를 보여줌

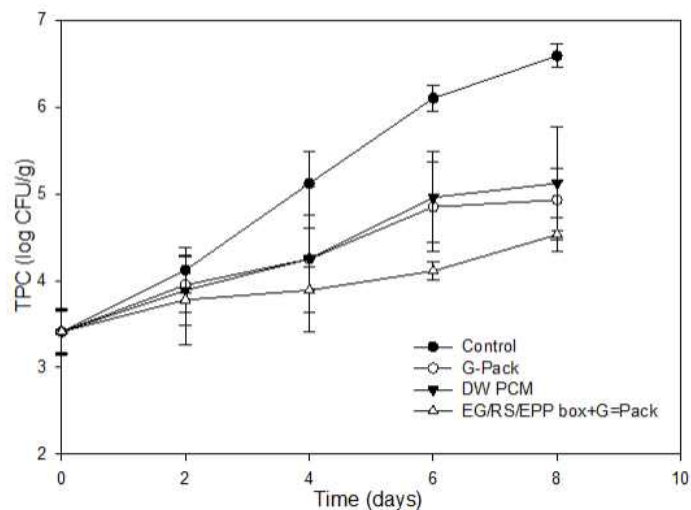


그림. The effects of the thermally buffered packaging on the TPC of stored beef

⑥ 전단력 평가 (Warner-Bratzler shear test)

- 육류의 식감은 소비자에게 그 신선도를 판단할 수 있는 매우 중요한 척도로 사용됨

- 단열 포장재 속 샘플은 저장 기간에 따라 상대적으로 약간의 경도 저하를 보이지만 그 외 나머지 샘플들은 매우 급속히 경도 저하를 보임
- 초기 신선 한우의 전단력은 99.26 N을 보여주었으며 Control의 경우 8일차에서 68.2 N으로 가장 낮은 전단력을 보여줌
- EG/RS/EPP box+G-pack은 8일차에 89.56 N으로 가장 높은 전단력을 보여주었고 G-Pack과 DW PCM은 각각 75.25 N과 85.63 N을 보여줌

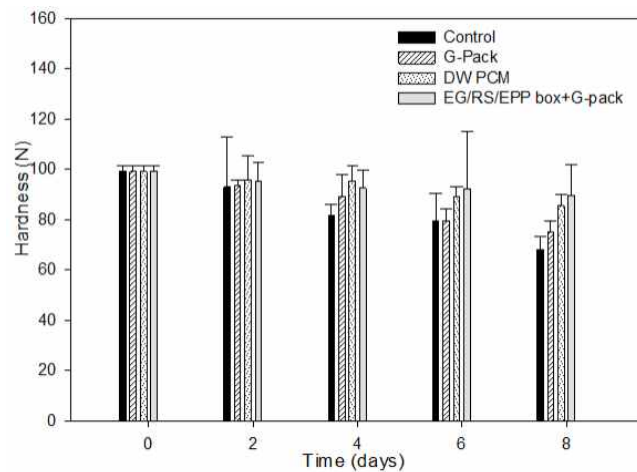


그림. The effects of the thermally buffered packaging on the shear test of stored beef

(2) 최적 단열포장 소재와 상변화물질(PCM)선정 및 보냉팩 개발 적합성확인

(가) 보냉팩 파우치 특성 평가

○ 연구 목적

- 상변화물질 (PCM)의 최적 보냉팩 선정을 위한 기존 보냉팩과 선정된 보냉팩 소재 물질의 특성 분석 (인장강도, 열적특성)을 목표로 함

○ 재료 및 방법

- 실험에 사용된 보냉팩 소재는 기존에 사용된 보냉팩 ‘G-pack’에 사용된 재질과 새로 선정된 보냉팩 소재를 FMS 코리아 (Gyeonggi-do, Korea)에서 공급받아 사용함
- 샘플의 특성 분석은 재질의 물성특성 (인장강도, 신장률)과 열적특성 분석 (TGA)을 진행함
- 보냉팩의 인장강도 (Tensile strength)와 신장률 (Elongation)은 ASTM 882

(Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting) 방법을 참고하여 UTM (DTU-900, Dae-Kyung Tech Co., Korea)를 이용하여 측정함

- UTM의 Load cell은 50 Kg을 이용하였으며 인장속도는 120 mm/min으로 측정함
- TGA (Thermogravimetric Analysis, TGA 4000, PerkinElmer Co., Waltham, USA)를 사용하여 온도에 따른 중량변화 (%weight)와 유도열중량분석을 측정함
- TGA 분석을 위하여 4-10 mg의 시편을 준비하고 질소 조건에서 800 °C까지 20 °C/min 속도로 온도를 상승시키며 온도 증가에 따른 중량 변화를 관찰함



(A)



(B)

그림. Image of PCM pouch samples (A) Commercial pouch; (B) New pouch

○ 결과 및 고찰

① 물리적 특성 분석

- Commercial pouch의 인장강도는 약 19.7 N을 보여주었고 신장률은 61.30%의 물성을 보여줌
- New pouch의 경우 물성 측정시 일정 강도 이상에서 샘플이 장비 고정 장치로부터 이탈되어 일정 강도 이상으로는 정확한 측정이 불가능
- New pouch의 물성은 인장강도에서 약 121.49 N 이상으로 추측되며 신장률은 약 214.48 % 이상으로 추측됨
- New pouch의 경우 물성의 정확한 측정을 위해 타 기간의 문의하여 재측정이 필요하다고 판단됨

표. Physical properties of PCM pouch samples.

	Commercial pouch		New pouch	
	tensile strength (N)	Elongation (%)	tensile strength (N)	Elongation (%)
1	19.46	66.97	125.13 <	221.12 <
2	17.63	61.29	122.59 <	215.25 <
3	20.70	65.41	119.25 <	216.25 <
4	21.00	68.33	118.98 <	205.28 <
Average	19.70	61.30	121.49 <	214.48 <
Standard deviation	1.53	11.27	2.53	5.75

② 열적 특성 분석 (TGA)

- 기존 commercial pouch에서는 약 486°C 에서 분해가 되고, New pouch 에서는 약 322°C 정도의 분해온도를 보여줌
- New pouch에서 400°C 이후 중량이 천천히 감소하는데, 이는 다중필름으로 인한 다양한 소재들의 분해온도가 각각 달라서 발생한 것으로 판단됨
- New pouch는 commercial pouch에 비해 열안정성이 다소 낮지만, 제조 공정시 문제가 되지 않을 것으로 판단됨

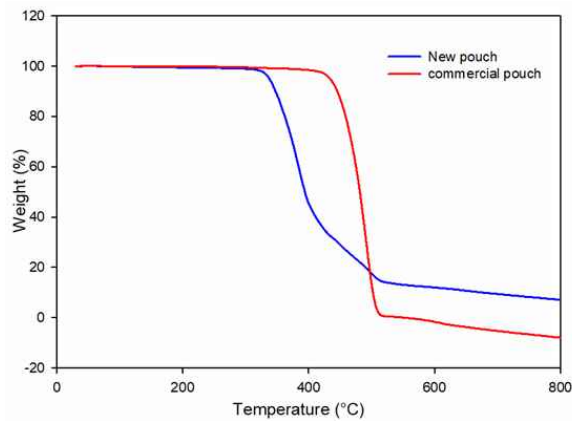


그림. TGA curve for PCM pouch samples

(나) 적용분야 확대 검토 및 적용 방안 연구

○ PCM 물질의 적용 분야 확대를 위한 캡슐화 제작 연구

- PCM 물질은 상변화로 인해 포장에 적용 했을 시 누수 및 형태 유지의 어려움을 가지고 있어 적용하기 어려운 점이 있음
- 이러한 적용의 어려운 점을 개선하기 위해 Microencapsulated PCM (MPCM) 연구 개발이 많이 이루어짐

- MPCM은 PCM을 캡슐화한 형태로 PCM이 상이 변화하여도 이를 캡슐화 형태로 유지하기 때문에 액상인 상태여도 누수되지 않고 다양한 제품에 적용이 가능함
- 이번 연구에서는 PCM 물질인 Tetradecane을 열안정성이 우수한 멜라민을 이용하여 캡슐화한 MPCM을 박스에 적용하여 버섯 품질변화 평가를 진행함
- 또한 expanded graphite에 Tetradecane을 진공함침 (vacuum impregnation) 방법을 이용하여 캡슐화를 진행함

○ 제작된 캡슐화의 따른 특성 분석 연구

- 멜라민을 이용하여 캡슐화한 PCM (MMP)은 화학적 특성 분석을 통해 캡슐화 유무를 확인하였고 열적 특성 분석에서 100 cycle MMP의 경우 녹는점과 결정화 온도가 각각 5.42°C, -10.13°C로 변하였고, 잠열량은 151.4 J/g에서 137 J/g으로 감소함
- MMP에서 TET에 비해 녹는점과 결정화 온도 변화의 정도가 적었고, 더 낮은 잠열량의 감소율을 보여줌
- 버섯의 적용한 결과 개발된 포장재는 pure MMP LDPE bag liner와 MMP coated poly - textile의 특성을 조합하였으며, 포장재 내부 온도를 일정하게 유지하는 탁월한 효과를 보임
- 또한 expanded graphite를 이용하여 캡슐화한 PCM과 TET의 열적특성 분석에서 TET의 녹는점과 결정화도는 각각 -0.31°C, -2.01°C를 보여주었으며 녹는점과 결정화도의 잠열량은 각각 71.0J/g, 74.89J/g를 보여줌
- Vacuum impregnated EPG/PCM의 녹는점과 결정화도는 각각 -0.98°C, -3.5°C를 보여주었으며 녹는점과 결정화도의 잠열량은 각각 60.71 J/g, 65.16 J/g를 보여줌
- Rice bran+Coated EPG/PCM의 녹는점과 결정화도는 각각 -0.94°C, -3.93°C를 보여주었으며 녹는점과 결정화도의 잠열량은 각각 19.49 J/g, 19.35 J/g 보여줌
- 이러한 특성은 개발된 PCM 물질의 녹는점은 소고기 제품에서 요구되는 저장온도에 적합하여 그 활용가치가 높을 것으로 판단됨

○ 결론

- PCM의 캡슐화 제작 연구를 통해 PCM의 적용분야 확대 가능성을 확인함
- 또한, 캡슐화된 PCM을 이용하여 다양한 방법을 통해 포장재 적용을 진행하였으며 이에 따른 제품의 품질 변화 평가에서 좋은 효과를 보여줌

3. 3차년도

가. 주관기관 FMS

(1) 시제품 테스트 및 수정 보완

(가)2차년도 시제품의 자체 테스트 (각 제품별로 1~2회 테스트 한 결과 작성)

○ 테스트 조건과 냉매셋팅 작성

- 본문 내용 작성(본문이 있을 경우 사용)

① 버섯 테스트

○ 버섯 테스트 준비 (본문이 있을 경우 사용)

- 버섯테스트를 위해 아래와 같이 냉매와 보냉용기를 세팅하였음



그림. 버섯 테스트를 위한 세팅과정

○ 버섯 테스트 결과

- 버섯테스트 결과 80시간 이상 5℃ 이하 유지됨
- 다만, 초반 38시간동안 0℃ 이하로 유지되는 현상이 발생이 되어 냉매량 감소 또는 냉매제를 상온에서 안정화하는 작업이 필요함

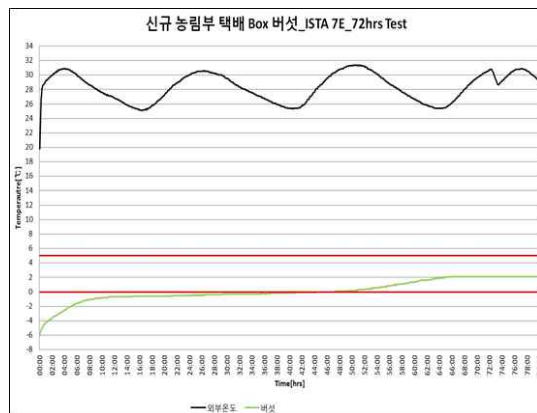


그림. 버섯 테스트 결과 그래프(좌) 버섯시료 상태(우. 80시간 후 상태변화없음)

② 한우 테스트

○ 한우테스트 준비

- 한우테스트를 위해 아래와 같이 냉매와 보냉용기를 세팅하였음



그림. 한우 테스트를 위한 세팅과정

○ 한우테스트 결과

- 한우테스트 결과 80시간 이상 4℃ 이하 유지 됨
- 다만, 초반 6시간 0℃ 이하로 유지되는 현상이 발생이 되어 냉매량 감소 또는 냉매제를 상온에서 안정화하는 작업이 필요함

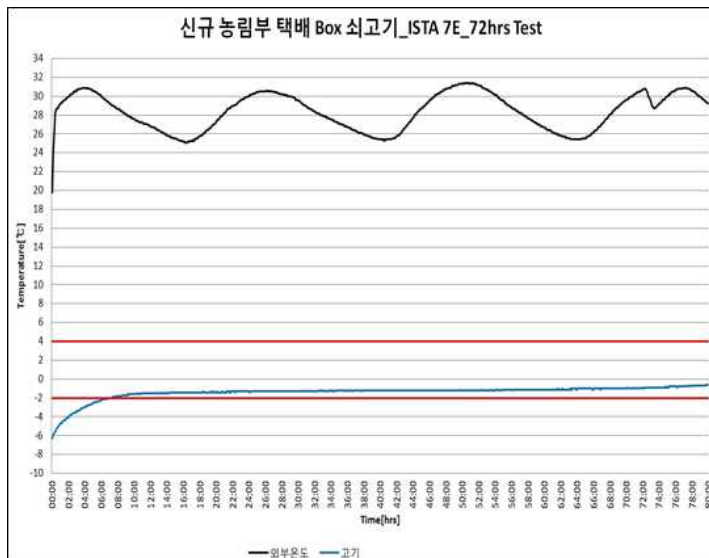


그림. 한우 테스트 결과 그래프(좌) 한우시료 상태(우. 80시간 후 상태변화 없음)

③ 수삼 테스트

○ 수삼 테스트 준비

- 한우테스트를 위해 아래와 같이 냉매와 보냉용기를 세팅하였음

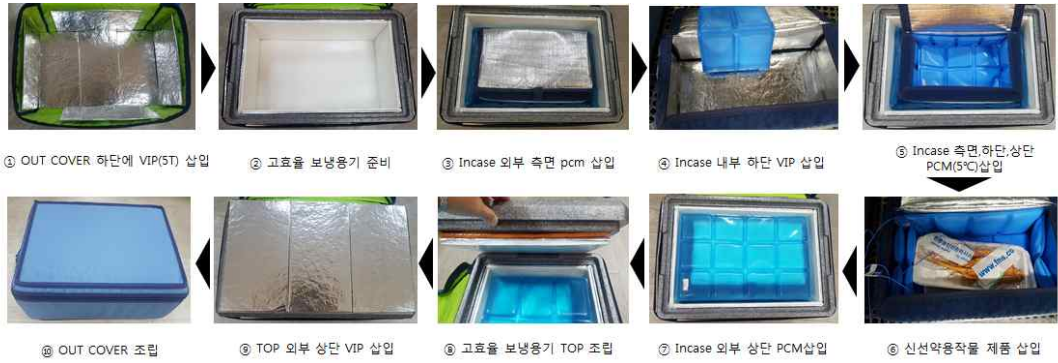


그림. 수삼 테스트를 위한 세팅과정

○ 수삼테스트 결과

- 수삼테스트 결과 142시간 0~10℃ 유지 함
- 0℃ 이하로 하향이탈 현상없음

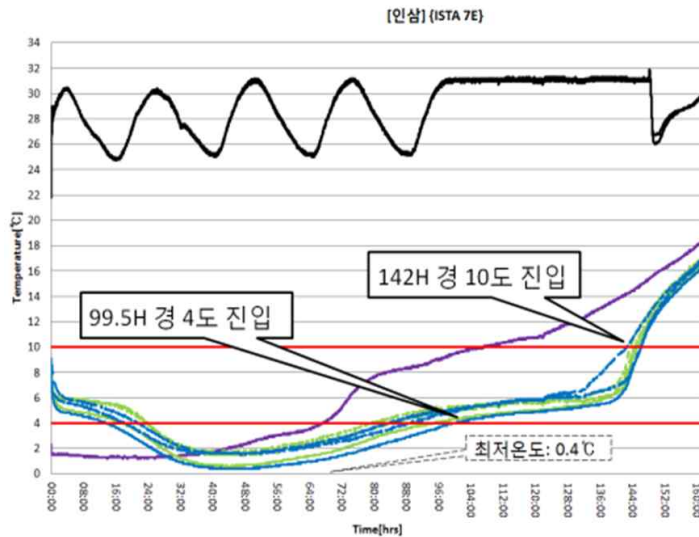


그림. 수삼 테스트 결과 그래프(좌) 수삼시료 상태(우. 142시간 후 상태변화 없음)

(나)2차 시제품의 공인시험 성적 결과

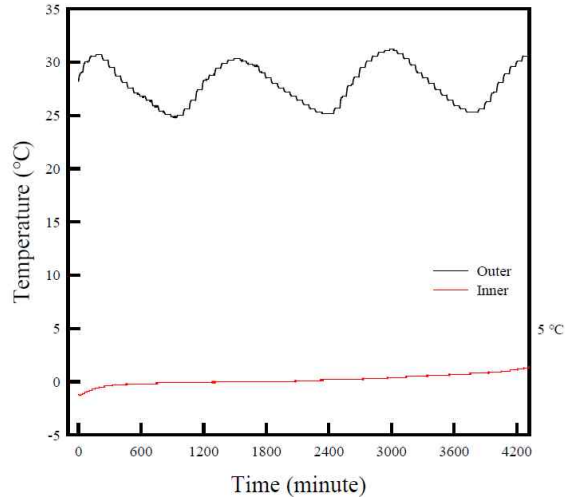
○ 공인시험 테스트 개요

항목	내용
시험 기관	Onetech (경기도 광주시 초월읍 진새골길 12-5)
시험방법	ISTA 7E
시험기간	2018.06

① 버섯 테스트 공인시험성적서

○ 버섯 테스트 결과

- 공인시험기관 테스트 결과 목표온도범위 유지



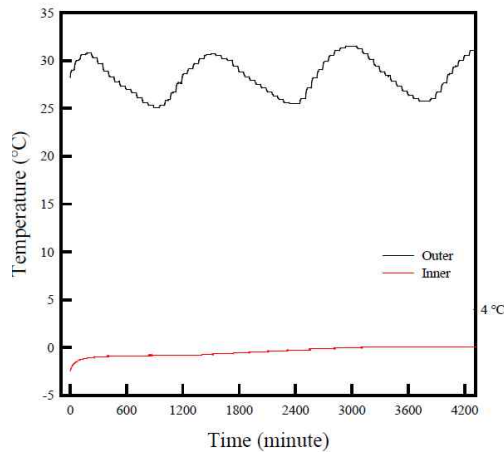
시험품	결과
버섯	5 °C이하, 72 시간 이상 유지 (0 °C PCM 1EA, 5 °C PCM 1EA)

그림. 버섯 공인시험기관결과(시험성적서)

② 한우 테스트 공인시험성적서

○ 한우 테스트 결과

- 공인시험기관 테스트 결과 목표온도범위 유지



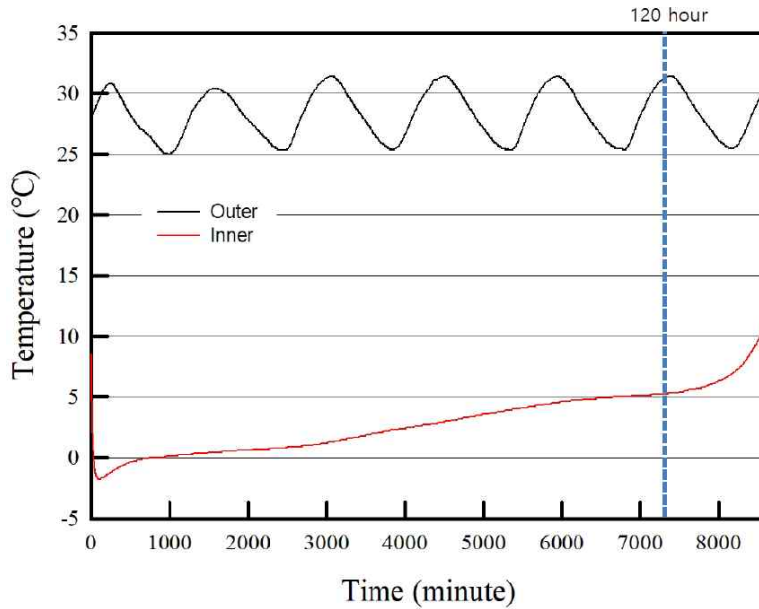
시험품	결과
육류	4 °C이하, 72 시간 이상 유지 (0 °C PCM 2EA)

그림. 한우 공인시험기관결과(시험성적서)

③ 수삼 테스트 공인시험성적서

○ 수삼 테스트 결과

- 수삼시험기관 테스트 결과 목표온도범위 유지



시험품	결과
수삼	10 °C 이하, 120 시간 이상(142 시간) 유지

그림. 수삼 공인시험기관결과(시험성적서)

(2) 핵심개발기술의 현장 적용성 평가

○ 자체 및 공인시험기관 테스트 등 실험실 환경 결과를 바탕으로 실제 배송환경에서 내용물의 선도 및 유통 안정성 검증을 위한 성능평가를 위함

(가)현장 적용성 평가의 개요

○ 테스트 개요

- 테스트 제품 및 시료 수량에 대한 개요

제품	배송 국가(지역)	수량	온도센서	비고
고급신선육(한우)	중국(청도)	4	USB/NFC	비교시료 2개
버섯(송이)	호주(브리즈번)	3	USB/NFC	비교시료 2개
신선약용작물(수삼)	한국(제주)	3	USB/NFC	비교시료 2개

- 제품별 경로



<제품별 이동경로>

- 버섯(2018.11.26.~12.01)
경남창녕농장(포장)->이동 (1박)-> 인천공항
-> 호주 브리즈번 도착 -> 개봉
- 한우(2018.12.03.~12.06)
경기도 동탄(FMS코리아 포장) -> 김포 배송
사무소 -> 김포공항 -> 중국 청도
- 수삼(2018.12.13.~12.19)
경기도 동탄(FMS코리아 포장)-> 김포공항
-> 제주도-> 인천항-> FMS코리아

그림. 현장 적용성 평가 배송 장소 및 이동 경로

(나)현장 적용성 평가

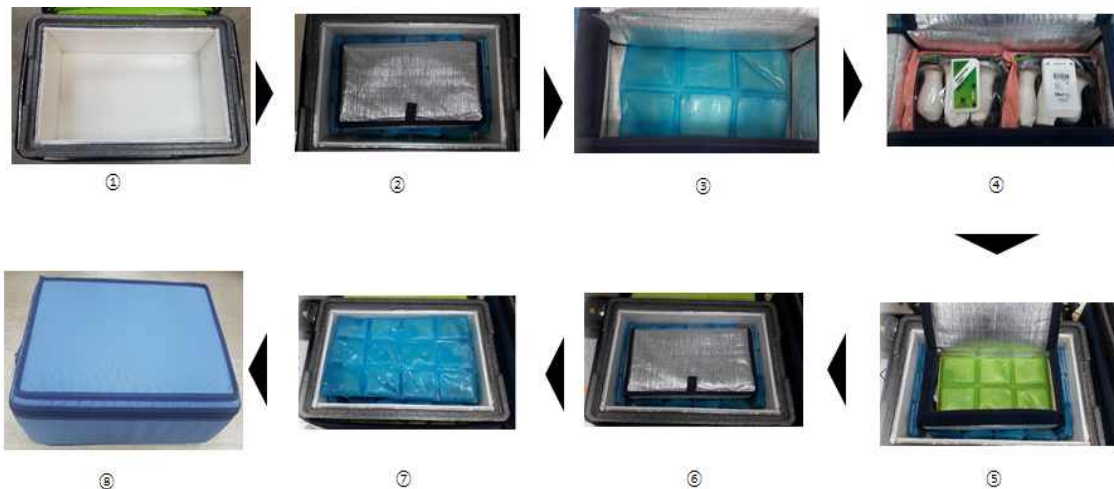
①버섯 테스트

- 버섯은 경남창녕의 농장에서 호주 브리즈번으로 배송하여 시험
- 버섯 현장 적용성 평가를 위한 상세 일정은 아래와 같음

날짜	시간	일정	비고
11/26	12:00 ~ 18:00	농가 방문 후 버섯 포장 및 초기 버섯 평가 *창녕 버섯 농가 (경남 창녕군 당포길 20)	새송이 (2박스) 양송이 (2박스) 기존 새송이 (1박스) 기존 양송이 (1박스)
11/27~28	20:00 ~ 11:30	연구원 한국 (인천 공항) - 호주 (브리즈번 공항) 이동	
11/28	13:00 ~ 16:40	*샘플 버섯 대한항공 창고 이동 및 도착	버섯 포장 (48시간)
11/28~29	19:35 ~ 05:55	*KE 0123 항공편 이용 19:35 -	

		05:00 브리스번 공항 도착	
11/29	05:55 ~ 15:00	*통관 진행 후 바이어 창고로 이동 *통관 시간 변경 가능	버섯 포장 (72시간)
11/29	15:00 ~ 17:00	연구원 바이어 창고로 이동 및 버섯 확인 (1차 확인)	
11/30	12:00 ~ 13:00	연구원 버섯 확인 (2차 확인)	96시간 (버섯 상태 확인)
12/01	12:00 ~ 13:00	연구원 버섯 확인 (3차 확인)	120시간 (버섯 상태 확인)
12/01	19:05 ~ 19:00	연구원 호주 (브리스번 공항) 이동 - 한국 (인천 공항) 이동	

- 경남 창녕 버섯 농장에서 포장과정은 아래와 같이 진행함



<포장과정> ①용기준비 ②용기 냉매삽입, 인케이스 준비③ 인케이스 내부 하단 냉매삽입
④온도센서 세팅 ⑤인케이스 내부 상단 냉매 삽입 ⑦인케이스 외부 상단
냉매삽입⑧포장완료

그림. 현장적용성평가 버섯 포장 과정

- 버섯 포장의 냉매 구성은 아래와 같음

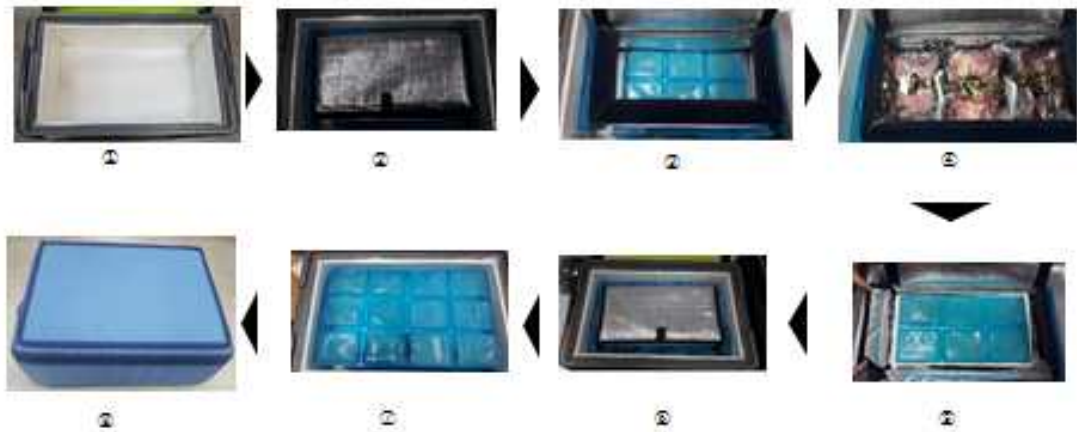
버섯 냉매 구성 방법					
pcm0℃ 인케이스 외부		중량(Kg)	pcm0℃5℃ 혼합 인케이스 내부		중량(Kg)
상단=하단	4x3x1	0.96	상단(5℃)	3x2x1	0.63
측면(좌,우)	3x2x2	0.91	하단(0℃)	3x2x1	0.63
측면(전,후)	4x2x2	1.26	측면(좌,우)	-	-
			측면(전,후)	-	-
합계(Kg)		3.13	합계(Kg)		1.26
총 합(Kg)			4.39		

② 한우 테스트

- 한우는 주관기관이 위치한 경기도 동탄의 마트에서 배송 당일 구입하여 주관기관에서 포장 후 중국 청도로 배송하여 시험
- 한우 현장 적용성 평가를 위한 상세 일정은 아래와 같음

날짜	시간	일정	비고
12/03	09:30~11:00	- 경기도 동탄에 위치한 마트에서 배송용 한우 구입 - 주관기관에서 포장	한우 (3박스) 비교용 (2박스)
12/03	11:00~13:00	김포에 위치한 배송 사무실에 이동하여 배송	
12/04	-	*김포공항에서 중국 청도로 이동	
12/05	-	*중국 청도 한국건설생활환경시험연구원에 보관	
12/06	-	연구원 한우확인	72시간(한우상태확인)

- 주관기관 에프엠에스코리아에서 포장과정은 아래와 같이 진행함



<포장과정> ①용기준비 ②용기 냉매삽입, 인케이스 준비③ 인케이스 내부 하단 냉매삽입④한우 및 온도센서 세팅 ⑤인케이스 내부 상단 냉매 삽입 ⑦인케이스 외부 상단 냉매삽입⑧포장완료

그림. 현장적용성평가 한우 포장 과정

- 한우 포장의 냉매 구성은 아래와 같음

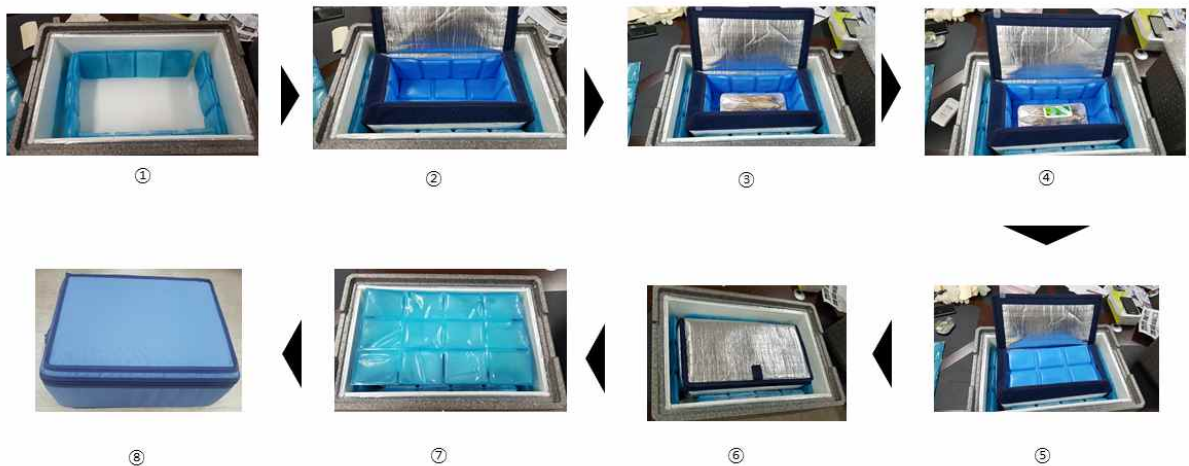
고기(한우) 냉매 구성 방법					
pcm0 인케이스 외부		중량(Kg)	pcm0 인케이스 내부		중량(Kg)
상단=하단	4x3x1	0.96	상단	3x2x1	0.63
측면(좌,우)	3x2x2	0.91	하단	-	-
측면(전,후)	4x2x2	1.26	측면(좌,우)	-	-
			측면(전,후)	-	-
합계(Kg)		3.13	합계(Kg)		0.63
총 합(Kg)			3.76		

③ 수삼 테스트

- 수삼은 주관기관 근처에 위치한 경기도 오산의 전문매장에서 배송 당일 구입하여 주관기관에서 포장 후 제주도로 배송하여 시험
- 수삼 현장 적용성 평가를 위한 상세 일정은 아래와 같음

날짜	시간	일정	비고
12/03	09:30~11:00	- 경기도 동탄에 위치한 마트에서 배송용 한우 구입 - 주관기관에서 포장	한우 (3박스) 비교용 (2박스)
12/03	11:00~13:00	김포에 위치한 배송 사무실에 이동하여 배송	
12/04	-	*김포공항에서 중국 청도로 이동	
12/05	-	*중국 청도 한국건설생활환경시험연구원에 보관	
12/06	-	연구원 한우확인	72시간(한우상태확인)

- 주관기관 에프엠에스코리아에서 포장과정은 아래와 같이 진행함



<포장과정> ①용기준비 ②용기 냉매삽입, 인케이스 준비③ 인케이스 내부 하단

냉매삽입④한우 및 온도센서 세팅 ⑤인케이스 내부 상단 냉매 삽입 ⑦인케이스 외부 상단 냉매삽입⑧포장완료

그림. 현장적용성평가 수삼 포장 과정

- 수삼 포장의 냉매 구성은 아래와 같음

신선약용작물(수삼) 냉매 구성 방법					
pcm0℃ 인케이스 외부		중량(Kg)	pcm5℃ 인케이스 내부		중량(Kg)
상단=하단	4x3x1	0.96	상단(5℃)	3x2x1	0.63
측면(좌,우)	3x2x2	0.91	하단(0℃)	3x2x1	0.63
측면(전,후)	4x2x2	1.26	측면(좌,우)	2x2x2	0.60
			측면(전,후)	2x2x2	0.56
합계(Kg)		3.13	합계(Kg)		2.42
총 합(Kg)			5.55		

(다)현장 적용성 평가 결과



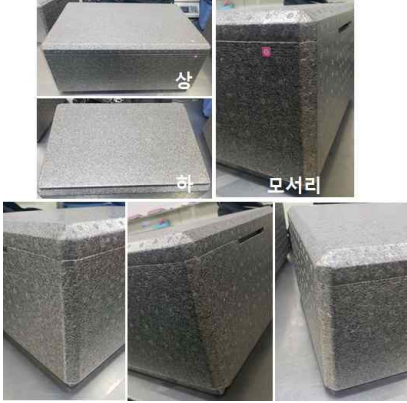
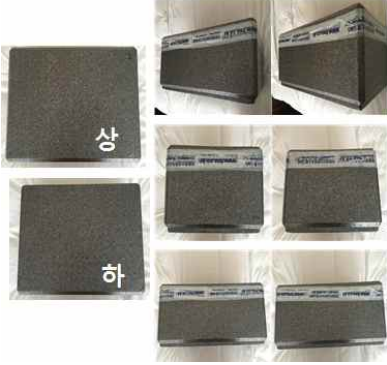
- 현장 적용성 평가는 외관, 냉매상태, 제품상태, 온도지속시간을 평가요소로 함
 - 현장 적용성 평가 체크 리스트는 다음과 같음





점검사항	내용	비고
외부케이스 개폐여부	외부케이스 손상 여부 소재 및 부속물(지퍼등) 손상여부	동작 시험
박스 파손 여부	개봉 후 외관의 파손이 있나?	육안
VIP 파손 여부	개봉 후 외관의 파손이 있나?	육안
냉매 상태	개봉 후 냉매 상태?	육안
제품 상태	제품상태 비교	육안
온도 지속 시간	온도 지속시간을 별도 확인	그래프 확인

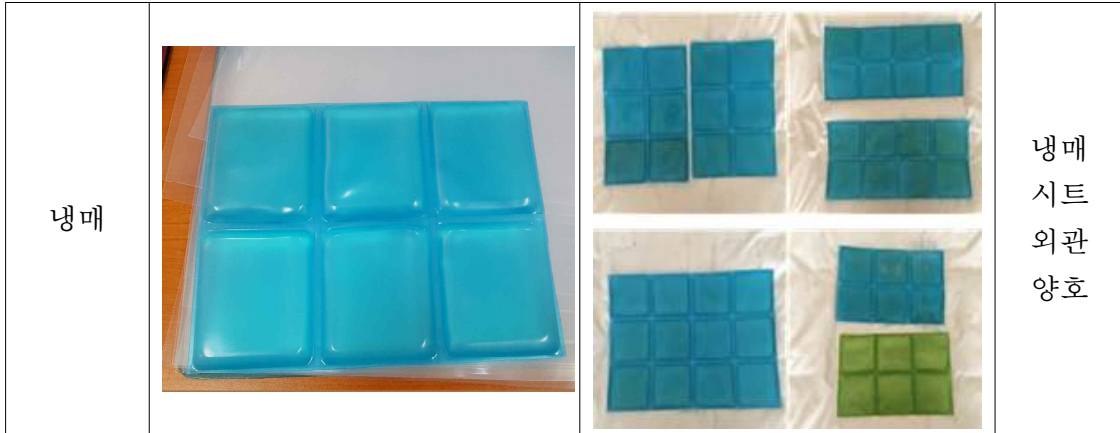
○ 버섯 배송 검수결과

- 버섯 배송용기와 제품의 외관 테스트 결과는 아래 표에 정리

구분	사진		내용
	수출모니터링 전	수출모니터링 후	
버섯수확 및 포장상태			

<p>보냉용 기 외부 케이스</p>			<p>파손 없음</p>
<p>보냉용 기 EPP 외부상 태</p>			<p>파손 없음</p>

<p>보냉용 기 EPP 내부상 태</p>	 <p>EPP상단</p>  <p>EPP 내부 냉매</p>  <p>이너케이스 하단 냉매</p>  <p>이너케이스 상단 냉매</p>	 <p>EPP상단</p>  <p>EPP 내부 냉매</p>  <p>이너케이스 하단 냉매</p>  <p>이너케이스 상단 냉매</p>	<p>파손 없음</p>
<p>센서 위치</p>	 <p>센서 위치</p>	 <p>센서 위치</p>	<p>변동 없음</p>



- 버섯배송용기의 온도결과는 아래와 같음

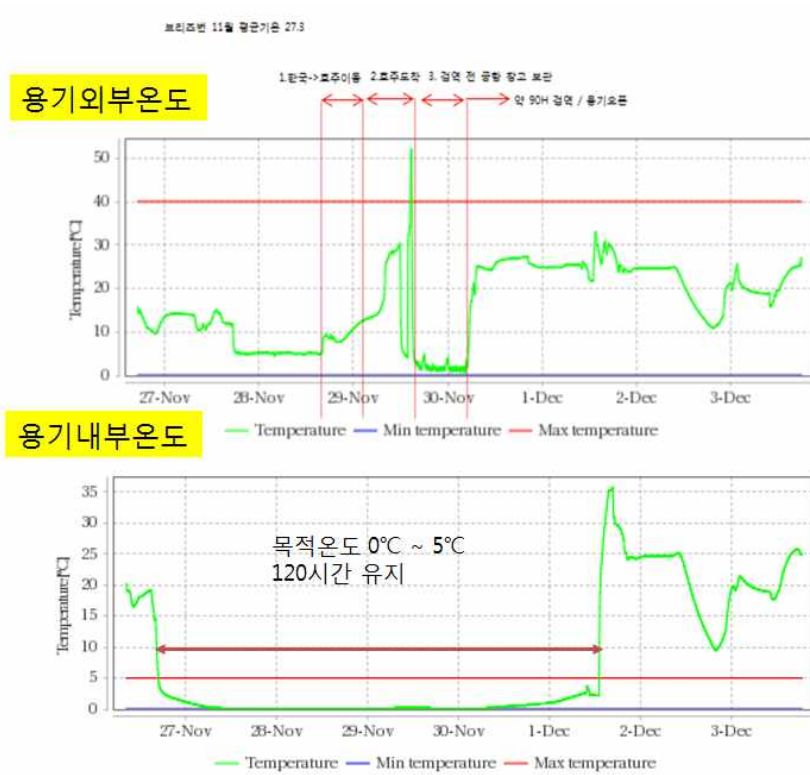







그림. 버섯 용기 온도시험 결과

○ 한우 배송 검수결과

- 한우 배송용기와 제품의 외관 테스트 결과는 아래 표에 정리

구분	사진		내용
	수출모니터링 전	수출모니터링 후	
한우 포장 상태			
보냉 용기 외부 케이스			파손 없음
보냉용기 EPP 외부상태			파손 없음

<p>보냉용 기 EPP 내부상 태</p>	 <p>EPP상단</p>  <p>EPP내부 냉매</p>  <p>이너케이스 하단 냉매</p>  <p>이너케이스 상단 냉매</p>	 <p>EPP상단</p>  <p>EPP내부 냉매</p>  <p>이너케이스 하단 냉매</p>  <p>이너케이스 상단 냉매</p>	<p>파손 없음</p>
<p>냉매</p>	 	 	<p>냉매 시트 외관 이상없 음</p>

- 한우배송용기와 온도결과는 아래와 같음

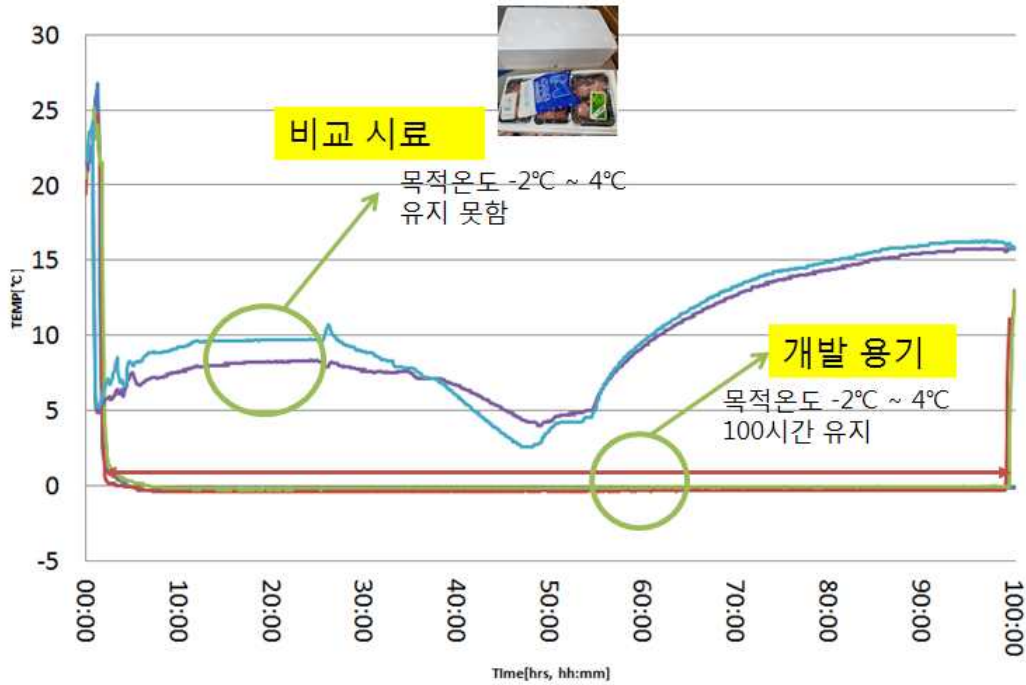




그림. 한우 용기 온도시험 결과

○ 수삼 배송 검수결과

- 수삼 배송용기와 제품의 외관 테스트 결과는 아래 표에 정리

구분	사진		내용
	수출모니터링 전	수출모니터링 후	
수삼 포장 상태			
보냉용기 외부 케이스			파손 없음

<p>보냉용 기 EPP 외부상 태</p>			<p>파손 없음</p>
<p>보냉용 기 EPP 내부상 태</p>	 <p>EPP상단</p>  <p>EPP내부 냉매</p>  <p>이너케이스 하단 냉매</p>  <p>이너케이스 상단 냉매</p>	 <p>EPP상단</p>  <p>EP내부 냉매</p>  <p>이너케이스 하단 냉매</p>  <p>이너케이스 상단 냉매</p>	<p>파손 없음</p>
<p>센서 위치</p>			<p>변동 없음</p>

냉매			냉매 시트 외관 이상 없음
----	---	--	----------------

- 수삼배송용기와 온도결과는 아래와 같음

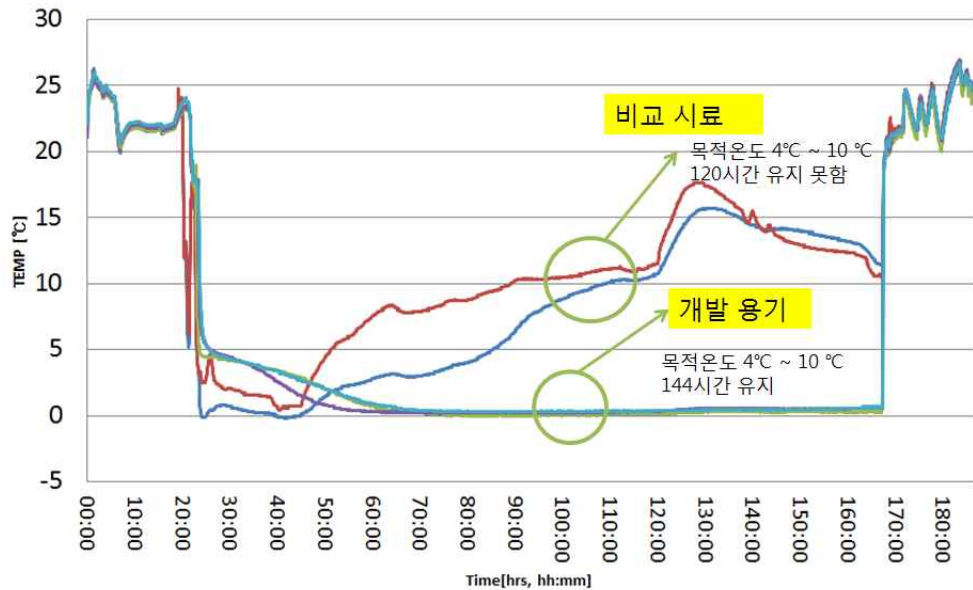


그림. 수삼 용기 온도시험 결과

○ 향후 추가 연구개발

- 최근 신석식품에 대한 수요 증가로 쿠팡, 마켓컬리 등 새벽 배송을 시행하는 대형 유통업체 증가 하고 있음. 이로 인해 일회용으로 버려지는 포장용기에 대한 환경규제 정책들이 마련되고 있는 시점에 있어, 회수 가능한 용도의 제품 개발과 용도변경을 고려하고 보냉 용기에서 성능 및 가격을 낮추는 방향으로 적용하여 제품을 개발하여 판매 할 예정임.
- 또한 국내 배송에 활용하기 위해 최대 2일 48시간 이내 온도 유지 할 수 있도록 심재 및 외피재의 소재를 변경하고, 보냉용기의 두께 및 냉매량 조절을 통해 원가를 50% 절감하여 개발 예정임.

- 외기 조건에 대한 안전성 확보를 위해 단열용기 개발만이 아닌 유통 중 콜드체인 시스템 구축에 대한 추가적인 활동이 필요하며 단열 용기 내부에 농산물의 품질 유지를 높여주는 기능성 포장재에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단됨.
또한, 추가 개발진행시 저가격, 중성능, 친환경 보냉용기의 경제성분석의 연구가 필요하다고 판단됨

(3) 사업화 전략 구축

(가)사업화 시나리오

○ 비즈니스 모델 목표

- 산업계와 고가의 전자제품에 채택되고 있는 진공단열재의 범용성을 확보하는 기술로 저가의 고효율 보냉용기에 기술 적용
- 저가의 고효율 보냉용기를 개발하여, 고가의 농산물의 해외 배송을 가능하게 하며, 국내, 외 신선식품과 푸드테크 기업으로 확장 적용을 목표로 함
- 새로운 진공단열재 기술의 확보를 통한 국내, 외 포장재 기업으로의 기술이전을 고려
- 택배시장의 출혈 경쟁으로 인해, 새로운 비즈니스모델을 강구하는 고객사에게 프리미엄 콜드체인 시장의 활성화를 제안하고 협력을 모색
- 프리미엄 콜드체인 배송서비스에 적합한 포장재와 진공단열재를 공급함으로써, 시장경쟁력을 확보하고자 함
- 글로벌 택배배송을 가능하게 하는 보냉용기에 최적화된 저가형 진공단열재를 개발하여, 가격경쟁력을 확보하고, 신선식품의 온도관리를 통한 선도유지를 가능하게 함

①사업화를 위한 전략

○ 사업화를 위한 실적

- 본 개발 과제 진행 중 호주에 버섯을 수출하는 업체와 현장적용성 평가를 실시하여 현장의 상황과 요구사항 수집

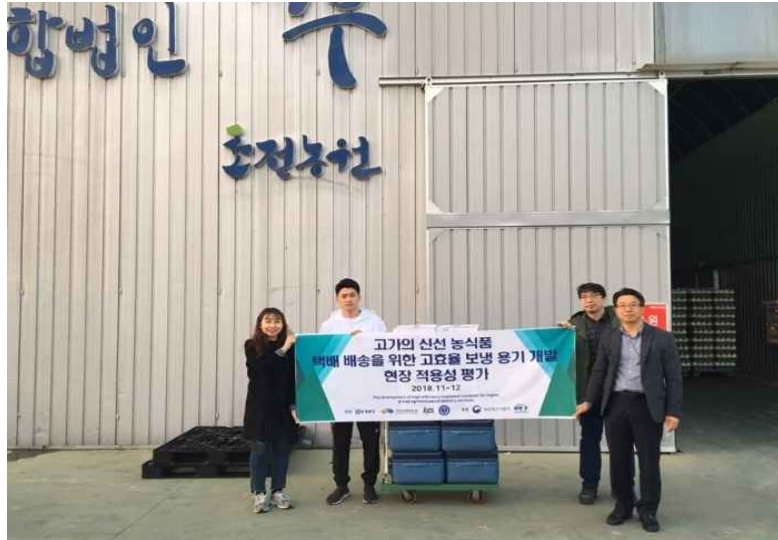


그림. 경남창원 버섯수출농가 현장적용성평가 (2018년 11월28일)

- 각종 전시회에 참가하여 개발된 고효율 보냉용기 홍보

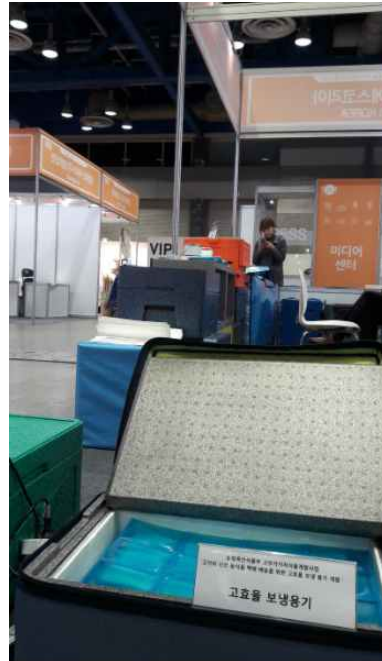


그림. 전시회 참가 (국제식품산업전_코엑스. 2018.11.28.~12.01)

② 목표 시장

○ 경쟁 기업 현황

- 국내외 경쟁사 및 서비스형태는 다음과 같음

경쟁사명	국 적	서비스 형태	점유율
① KEVO THERMAL	영국	VIP 패널 공급	1%
② Cold Chain Technologies	미국	콜드체인 패키징 전반	1%
③ Cryopak	미국	콜드체인 패키징 전반	3%
④ Sofrigram	프랑스	콜드체인 패키징 전반	2%
⑤ ThermoSafe Brands	미국	Healthcare svc	8%
⑥ Pure Temp	미국	Bio/백신 운송 서비스	1%
⑦ Va-q-tec	독일	콜드체인 패키징 전반	7%
⑧ American Aerogel	미국	Aerogel 단열재	1%
⑨ Pelican Bio Thermal	미국	의약품 패키징	1%
⑩ Inmark	미국	의약품 패키징	15%
⑪ 탭스인터네셔널	한국	의약품 패키징 전반	0.3%
⑫ 엑스쿨메니지먼트	한국	콜드체인패키징 전반	0.1%

○ 경쟁 구조 및 판매 전략

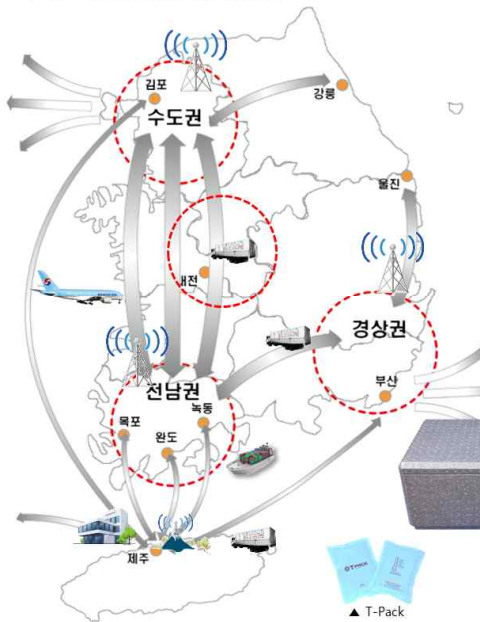
- 본 개발용기는 EPS(발포폴리스티렌)상자 또는 카톤 상자 제조업과 경쟁하는 구조이지만, 진공단열재의 콜드체인 성능면에서 EPS 또는 카톤 상자와 8배~15배에 이르는 성능상의 차이로 인하여 고가의 신선식품 또는 전자부품 운송 서비스에 특화된 대체 서비스를 위한 상품으로서 시장을 달리하면서 확대하는 기능을 할 것으로 보임
- 개발용기의 핵심부품이 될 진공단열재는 독일의 Va-q-tec, 중국의 산요그룹, 국내의 LG 하우스시스, KCC, OCI 등 수 없이 많은 공급업체 있으나, 모두 산업체 또는 고효율 보냉, 단열성능 시장을 위주로 생산하고 있으며, 무게, 두께, 외피재, 가격 등에서 본 과제의 진공단열재 결과물과 차별성이 있음
- 본 개발용기는 고가의 신선식품, 농축산품 등의 시장 확대와 외연상 비례관계에 있으며, 상변화물질을 이용한 보냉팩 등의 온도 맞춤형 냉매시장과는 밀접한 관계에 있음
- 기술의 검증과 품질의 안정화 이후에는 양산화를 고려하여, 사업화 단계에서 중국, 베트남등 현지 법인화 등의 생존 전략등이 반드시 필요함
- 신선식품업체와 고부가가치 농식품 업체의 냉장온도 관리를 통한 제품의 선도관리 의식의 전환 필요성이 절실함.
- 가격경쟁 구도의 배송 문화에서 탈피하여, 제품의 품질과 새로운 가치창출을 위

한 유통문화 확대가 필요함

- 향후 택배용기의 내부 온도상태를 모니터링 할 수 있는 IoT센서를 장착하여 배송 완료 후 운송과정의 온도상태를 확인할 수 있는 서비스 실시를 고려함

▶ 사업화 전략

▶ IoT 기반 Solution & Platform



▶ 실시간 관제용 IoT 적용 (온도모니터링/블록체인)



▶ PCM 보냉팩 자동화 양산 및 스마트 팩토리 구축



▲ 고효율 보냉용기

▲ T-Pack



그림. IoT온도센서를 적용한 고효율 보냉용기 서비스 전략 및 스마트 팩토리 구축

○ 수익확보 전략

- 주요 수요처로 농협,수협,축협과 국제 특송업체 등이 있음

예상 수요처	국적	업체/업종	Remark
① 전국 지역농협	한국	농산물 유통업	인삼, 버섯, 소고기, 굴비, 김치 등 신선식품 유통업체
② 특산물 협동조합	한국	기타 식품유통업	
③ 한국담배인삼공사	한국	임산물 유통업	
④ 전국 지역수협	한국	수산물 유통업	
⑤ 전국 지역축협	한국	축산물 유통업	
⑥ DHL	독일	World wide Express	국제 특송업체
⑦ FedEx (TNT)	미국	World wide Express	
⑧ Ups	미국	World wide Express	
⑨ Aeris	네덜란드	World wide Express	
⑩ 녹십자랩셀	한국	Healthcare svc	바이오향약품 (물류) 업체
⑪ 지오영	한국	Bio/백신 운송 서비스	
⑫ 일양로지스	한국	의약품 택배	
⑬ 용마로지스	한국	의약품 택배	

⑭ 우체국(한국)	한국	우체국 EMS 용기	EMS 서비스 (조달)
⑮ 우정국(한국)	일본	우정국 EMS 용기	

○ 해외 판매 전략

- 주관기관 에프엠에스코리아의 해외 협력사 네트워크를 통한 해외 판매 전략 수립



그림. 해외 거래처를 통한 제품 경쟁력 확보 및 유통망 구축 전략수립

나 제 1협동 국가식품클러스터

(1) 보냉용기 적용평가

(가) 저가형 진공단열재를 적용한 보냉용기

- 3차년도 시제품은 가격 경쟁력을 확보, 내부상태 확인, 열전도 효율 달성을 위한 고차단성 외피재용 필름(Al 증착 2중지/투명필름)과 심재로 Glass fiber를 조합하여 열전도율을 측정하였고 열전도율이 제일 낮은 알루미늄증착2중지와 투명증착층을 사용하여 시제품을 제작함.

외피재 1	외피재 2	심재	비고	열전도율 (mW/mK)	
				초기	ALT
투명증착	알루미늄증착2중지	Fumed silica	300×300×8	4.9±0.1	5.6±0.1
투명증착	알루미늄증착2중지	유기심재	300×300×8	44.2±0.8	-
알루미늄증착2중지	알루미늄증착2중지	Fumed silica	300×300×8	5.5±0.3	6.6±0.1
알루미늄증착2중지	알루미늄증착2중지	유기심재	300×300×8	43.7±0.2	-
알루미늄호일합지	투명증착	PET fiber	300×300×20	2.9±0.4	3.7±0.0
알루미늄증착2중지	투명증착	PET fiber	300×300×20	2.5±0.2	3.6±0.0
알루미늄호일합지	투명증착	PET fiber	300×300×10	4.4±0.5	5.5±0.1
알루미늄증착2중지	투명증착	PET fiber	300×300×10	3.9±0.2	5.2±0.1



- 이를 가지고 다음과 같이 보냉용기에 적용하여 보냉용기 시제품을 적용함.



(나) 저가형 단열재 사용효과 확인

○ WVTR, OTR, 열전도율, 합지강도 사용효과 확인

- 저가형 단열재의 사용효과는 다음과 같으며, 계획된 성과를 모두 달성함.

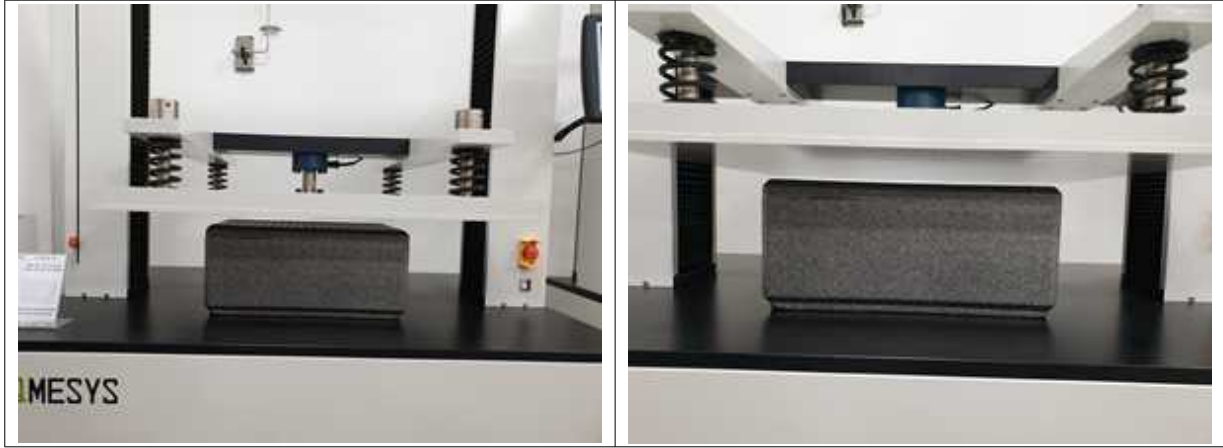
평가 항목 (주요성능 Spec)		달성여부	계획 성능수준	달성 성능수준	평가 방법
진공 단열재 (VIP)	1. WVTR (외피)	달성	0.8 g/m ² ·24hr	0.6 g/m ² ·24hr	ISO 15106-3 / ASTM F 1249
	2. OTR(외피)	달성	0.5 cc/m ² ·24hr	0.43 cc/m ² ·24hr	ASTM D 3985 / ASTM F 1927
	3. 열전도율(VIP)	달성	5.0~10.0 mW/mK 수준	2.5±0.2mW/mK	KS M 3808, 3809 / KS L 9106
	4. 합지강도	달성	0.6 kgf 이상	0.6 kgf	KS T 1329 / KS M ISO 11339

○ 진공단열재의 사용효과를 확인하기 위해 개발된 보냉용기에 진공단열재를 적용하여 최대압축하중을 측정함.

- 진공단열재의 최종사용효과를 확인하기 위해서는 결국 보냉박스에 적용하여 예상되는 값이 제대로 반영되었는지 파악할 필요가 있음.

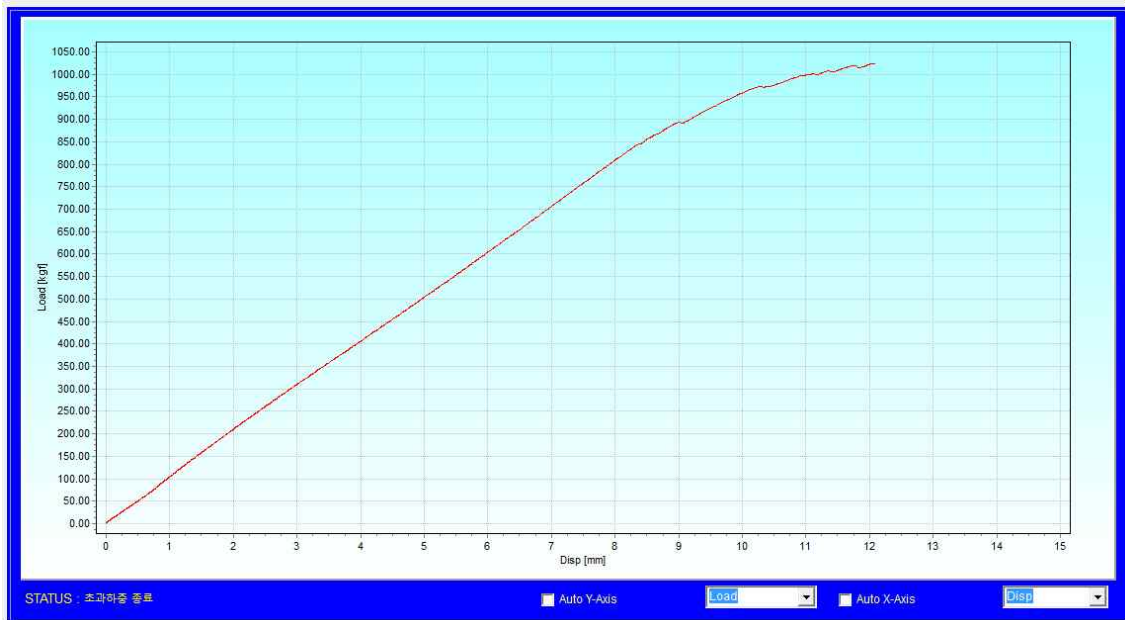
- 최대 압축하중은 보냉박스가 다른 화물과 혼재되어 운송시 최악의 경우 적재 파손강도를 측정하기 위한 시험으로 다음과 같이 시험을 진행함.

그림. 최대압축하중 시험



- 시험결과는 10단 적재기준인 504kgf 이상인 최대 1,028kgf에서도 파단·항복상태가 발생하지 않아 45.4kg의 무게를 가정시 제품을 안전하게 운송할 수 있는 것으로 판단됨.

그림. 최대압축하중 결과그래프



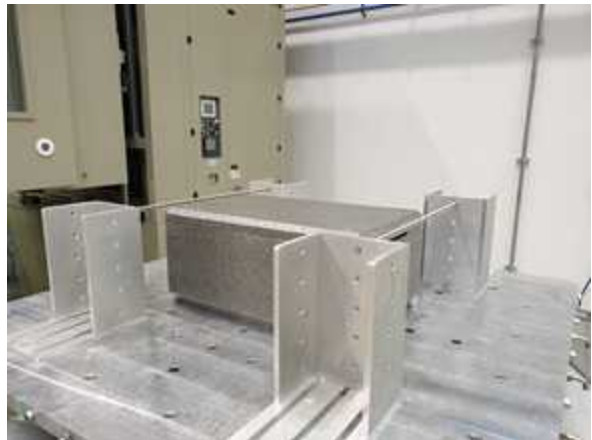
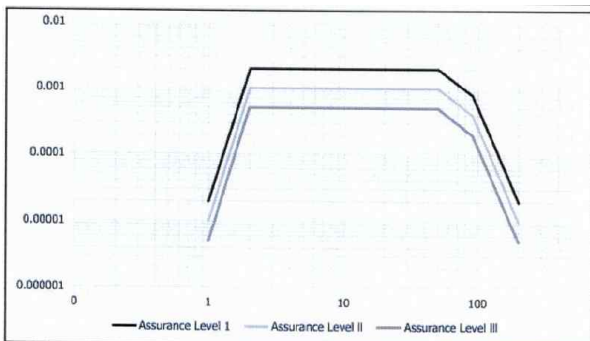
- 진공단열재의 사용효과를 확인하기 위해 개발된 보냉용기에 적용하여 진동 내구성 테스트를 진행함.
- 3차년도에는 차량으로 운송될 것을 고려하여 이에 대한 진동내구성을 고려하였으나 대상제품이 고가의 신선품 임을 고려하여 운송시간이 상대적으로 빠른 항공으로 운송될 것을 가정하고 시험기준을 선택함.

- 진동시험은 ASTM D 4169-16 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems]에 명시된 일련의 성능평가 방법 중 'single package environment (45.4 kg 이하) '의 규격에 준하여 시험을 진행함.

표 . 진동시험 조건

Frequency (Hz)	Assurance Level		
	1	2	3
2	0.0004	0.0002	0.0001
12	0.02	0.01	0.005
100	0.02	0.01	0.005
300	0.00002	0.00001	0.000005

그림. ASTM 4169-16 AIR-power spectral density Levels의 시험모습 및 시험 후



- 시험 결과 파손은 발견되지 않았다.

외피재 1	외피재 2	심재	비고	열전도율 (mW/mK)	
				초기	ALT
투명증착	알루미늄증착2중지	Fumed silica	300×300×8	4.9±0.1	5.6±0.1
투명증착	알루미늄증착2중지	유기심재	300×300×8	44.2±0.8	-
알루미늄증착2중지	알루미늄증착2중지	Fumed silica	300×300×8	5.5±0.3	6.6±0.1
알루미늄증착2중지	알루미늄증착2중지	유기심재	300×300×8	43.7±0.2	-
알루미늄호일합지	투명증착	PET fiber	300×300×20	2.9±0.4	3.7±0.0
알루미늄증착2중지	투명증착	PET fiber	300×300×20	2.5±0.2	3.6±0.0
알루미늄호일합지	투명증착	PET fiber	300×300×10	4.4±0.5	5.5±0.1
알루미늄증착2중지	투명증착	PET fiber	300×300×10	3.9±0.2	5.2±0.1

(2) 진공단열재 개선 및 최적화

(가) 저가형 진공단열재 제품에 적합한 진공단열재 최적화

- 고급 신선육, 신선약용작물, 고가 가공식품 등 제품은 개발된 보냉용기를 공통으로 사용하며, 제품의 특성에 맞게 PCM을 조절하여 사용할 수 있음.
- 현재 개발된 진공단열재의 경우 고가의 신선농산품을 포함한 일반 신선품 용도로도 사용이 가능하게 성능이 도출 됨.

평가 항목 (주요성능 Spec)		달성여부	계획 성능수준	달성 성능수준	평가 방법
진공 단열재 (VIP)	1. WVTR (외피)	달성	0.8 g/m ² ·24hr	0.6 g/m ² ·24hr	ISO 15106-3 / ASTM F 1249
	2. OTR(외피)	달성	0.5 cc/m ² ·24hr	0.43 cc/m ² ·24hr	ASTM D 3985 / ASTM F 1927
	3. 열전도율(VIP)	달성	5.0~10.0 mW/mK 수준	4.4±0.5mW/mK	KS M 3808, 3809 / KS L 9106
	4. 합지강도	달성	0.6 kgf 이상	0.6 kgf	KS T 1329 / KS M ISO 11339

(나) 친환경성의 검토

- 진공단열재 필름에 천연코팅필름의 사용
 - 현재 보냉용기에서 사용하는 투명증착층은 EVOH가 포함되어 있는 층이나 이는 폐기물로 분류가 되어 재활용이 어려운 실정함
 - 따라서 재활용이 용이하고 성능조건을 만족하는 저가형 진공단열재 소재를 검토함.

그림. 복합필름의 단층 구조



- 진공단열재의 성공여부는 산소투과도, 수분투과도, 열전도 등을 만족하는데 있으며, 이를 위해 EVOH를 사용하고 있음. EVOH는 필름층 중에서 고가에 해당하며, 일본에서 전량 수입하고 있으며, 재활용이 되지 않아 이를 대체한다면 진공단열재의 단가를 크게 낮추면서도, 친환경성에 적합할 수 있음.
- EVOH의 대체물로는 천연물기반의 코팅필름으로 천연소재에서 추출분리한 단백질 기반 코팅을 본 연구기간 동안에 검토하였으며 제조원가는 다음과 같다. 하지만 국내에서는 현재 개발중인 제품으로 제품 주문량과 설비 유무에 따라 가격이 변화할 것으로 판단됨.

품목	제조원가
재료비	3,738원
임가공비	8,727원
간접비	3,795원
제품원가	16,260원

- 수분투과도와 산소투과도만 확보가 된다면 EVOH를 대체할 수 있는 제품이 될 것으로 판단되며, 향후 현재 개발된 보냉용기의 친환경성 기능을 포함한 개선품이 될 수도 있을 것으로 판단됨.

(3) 저가형 진공 단열재 양산 가능성 검토

(가) 진공단열재 전문업체 및 전문가 자문을 통한 저가형 진공단열재 양산 가능성 검토

○ 저가형 진공단열재 양산가능성 분석

- 2차년도에서는 진공단열재의 양산가능성을 검토하였으나 목표단가보다 높은 가격이 산출되었다. 진공 단열재 원가의 구성은 외피재, 심재 등 구성품과 제조비용, 인건비 등으로 원재료 비용, 인건비 등이 큰 비중을 차지함.
- 따라서 원재료 비용과 인건비를 낮추는 것이 가격결정에 큰 영향이 있음.

- 진공단열재는 생산량과 크기에 따라 매우 가변적이며, 2차년도에 생산량 월1만개로 검토하여 38,550원으로 연구목표인 12,000원보다 상당히 높은 가격으로 제작함.

- 1만장 생산기준 단가는 아래와 같음

구 분	구 성	규 격	단 가(원)
1	심재	fumed silica (board type)	23,000~34,500
		glass wool/fiber	8,050~13,800
	외피재	알루미늄증착2중지필름	2,300~3,450
2	제조비	전기, 인건비, 감가상각 등	6,900~1,1500
3	최종원가	fumed silica	33,580~54,280
		glass wool/fiber	18,630~33,580

- 하지만 생산량을 생산기본단위인 10만장으로 하고 심재를 fumed silica 보다 저렴한 PET을 사용하며, 최종시제품인 단면투명필름을 사용하고, 자동화라인을 고려하여 제조비(인건비)를 낮출경우 가격이 크게 낮아질 것으로 예측됨.

구 분	구 성	규 격	단 가(원)
1	심재	PET (board type)	8,568~15,800
	외피재	알루미늄증착/투명증착	3,450~4,500
2	제조비	전기, 인건비, 감가상각 등	4,900~9,500
3	최종원가		16,918~29,800

진공 단열재 종류	가 격
알루미늄호일합지/투명증착/PET(top/bottom)	7,998원
알루미늄호일합지/투명증착/PET(front/back)	4,560원
알루미늄호일합지/투명증착/PET(left/right)	4,360원

- 진공단열재의 제작원가는 위의 표로 확인할 수 있으며, 현재 보냉용기에 적용되는 6개의 총 금액은 16,918원으로 연구목표인 12,000원/m² 보다 높은 가격이나 많이 낮아짐을 알 수 있음.
- 또한 신선농식품의 수출실적은 매년 증가하고 있어 본 연구과제를 통해 개발한 보냉용기의 활용성은 더욱 커질 것으로 판단됨.
- 2018년 농산물 수출실적을 보면 그간 농식품 수출은 가공식품 성장이 주도했으나 2018년부터는 신선농산물이 수출 증가세로 전환되어 앞으로 수요가 많이 발생할 것으로 보임,

- 이러한 수요에 보냉용기의 사용이 많아진다면 향후 목표금액에 맞출 수 있을 것으로 판단됨.

* (' 18) ' 17년 대비 인삼 18.5% 증가, 버섯류 16.9%증가

구 분	2017(A)		2018(B)		증감률(B/A)	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액
□ 농림축산식품	3,927.0	6,826.5	4,183.5	6,928.3	6.5	1.5
○ 신 선	454.0	1,095.3	521.9	1,277.2	14.9	16.6
- 과실류	124.4	272.7	130.6	311.4	5.0	14.2
- 채소류	98.1	266.3	98.5	279.8	0.4	5.1
- 인삼류	6.4	158.4	7.5	187.7	17.2	18.5
- 김 치	24.3	81.4	28.2	97.4	15.9	19.7
- 버섯류	17.5	42.5	19.8	49.6	13.6	16.9
- 곡 류	87.8	43.4	98.1	49.5	11.7	14.0
- 가금육류	6.6	16.8	35.6	47.6	440.4	183.7
- 화훼류	2.7	23.6	2.2	18.7	△20.2	△20.9
- 돼지고기	1.5	5.2	0.9	5.2	△36.8	0.4
- 산림부산물	84.7	185.0	100.5	230.3	18.5	24.5

표. 신선농산물 2018년 수출실적

출처: 신선농산물 수출증가 보도자료, 2018, 농림축산식품부

다. 제 2협동 한국건설생활환경시험연구원

(1) 최종 성능평가 실시

(가) 보냉용기에 대한 재료 평가를 통한 목표치 달성 평가

○ 성능 평가 결과

- 2018년 06월에서 2018년 09월까지 고효율 보냉 용기 시제품에 대한 성능 평가를 실시하였고, 평가 결과는 다음과 같음.

항목	시험 기준	성능 평가 결과		시험방법
낙하 시험	제품의 무게가 0 kg ~ 10 kg이하인 경우 낙하높이 760 mm (Free Fall) 에서 1각 3능 6면의 방향으로 총 10회 낙하시험을 실시한 후 제품1) 및 시료2)에 이상이 없어야 함	육류, 버섯류 : 이상 없음 약용작물 : 시료 파손		ISTA Procedure 1A : 2018
압축 (적재) 시험	$[Wt \times (S-1) \times F \times 9.8] \times 1.4$ 계산식으로 산출된 Test Force 값으로 제품을 압축하여 제품 및 시료에 이상이 없어야 함	이상 없음		ISTA Procedure 2A : 2018
진동 시험	Random Vibration 진동 조건하에 시험을 실시한 후, 제품 및 시료에 이상이 없어야 함	이상 없음		ISTA Procedure 2A : 2018
온도 유지 시험	시제품의 내부가 목적 온도로 안정화 된 상태가 되었을 때 PCM과 시료를 매뉴얼에 맞춰 포장한 후, 시제품 외기온도를 ISTA Procedure 7E : 2018 Heat Temperature Profiles로 온도시험을 실시하여 시제품 내부 시료 표면의 온도가 아래 목적 시간 및 온도를 유지하여야 함 - 육류 : -2 °C ~ 4 °C / 72시간 이상 - 버섯류 : 0 °C ~ 5 °C / 72시간 이상 - 약용작물 : 4 °C ~ 10 °C / 120시간 이상	1차	육류 : 72 h 이상 유지됨 버섯류 : 72 h 이상 유지됨 약용작물 : 106 h 유지됨	ISTA Procedure 7E : 2018
		2차	육류 : 72 h 이상 유지됨 버섯류 : 66 h 유지됨 약용작물 : 85 h 유지됨	
		3차	약용작물 : 142 h 유지됨	

(나) 최종 설계 성능 평가를 통한 시제품의 안전성 평가

-
- 1) 고효율 보냉 용기 시제품
 - 2) 육류, 버섯류, 약용작물

○ 성능평가 결과 및 보완사항

- 육류, 버섯류, 약용작물을 사용 시와 유사한 상태로 시료를 포장 한 후 낙하시험을 실시함. 낙하시험 결과 육류 및 버섯류는 제품의 외관과 시료에 손상이 발생하지 않았지만, 약용작물은 제품의 외관에는 문제가 없었으나, 시료의 부분적인 파손이 발생함. 약용작물의 파손은 낙하 시 발생하는 충격이 시료에 직접 전달되었으며, 시료 간 충돌로 파손이 발생한 것으로 판단됨. 이번 버섯류의 시험에서는 낙하로 인한 파손이 발생하지 않았으나, 버섯의 종류에 따라 낙하 시 시료의 파손이 발생할 가능성이 높다고 판단됨.



【 그림. 낙하시험 결과 시료의 파손 - 약용작물 】

- 압축시험은 10 단 적재를 기준으로 제품의 무게에 따라 적재하중을 설정하여 시험을 실시하였으며 시험 결과 제품의 외관 및 성능에 문제가 발생하지 않음.
- 진동시험은 ISTA Procedure 2A : 2018 시험 조건으로 시험을 실시하였으며 진동에 의한 제품의 외관 및 성능에 문제가 발생하지 않음.
- 온도유지 시험의 챔버 내부온도는 ISTA Procedure 7E : 2018 의 Heat temperature (72 h, 144 h) 온도 조건을 따름. 7E 는 택배 운송 및 화물 운송 등의 온도 데이터를 장기간 동안 수집하여 개발한 시험 방법으로 기존 7D 와 비교하여 택배운송을 위한 본 제품의 시험에 더욱 적합하다고 할 수 있음. 이는 ISTA(국제안전수송협회)에서 나온 해설에도 명확하게 제시하고 있음. 시험은 육

류, 버섯류, 약용작물 총 3가지 품목에 대해 실시하였으며, 목적 온도는 각 각 육류(-2 ℃ ~ 4 ℃), 버섯류(0 ℃ ~ 5 ℃), 약용작물(4 ℃ ~ 10 ℃)으로 온도 유지 측정 시험 1차 결과는 다음과 같음.

- 육류 : 72 h 이상 목적 온도(-2 ℃ ~ 4 ℃)를 유지함
 - 버섯류 : 72 h 이상 목적 온도(0 ℃ ~ 5 ℃)를 유지함
 - 약용작물 : 106 h 목적 온도(4 ℃ ~ 10 ℃)를 유지함
- 1차 시험과 동일한 조건에서 제품에 들어가는 PCM 구성만 변경하여 2차 시험을 실시하였으며, 2차 온도 유지 측정 시험 결과는 다음과 같음.

- 육류 : 72 h 이상 목적 온도(-2 ℃ ~ 4 ℃)를 유지함
 - 버섯류 : 66 h 목적 온도(0 ℃ ~ 5 ℃)를 유지함
 - 약용작물 : 85 h 목적 온도(4 ℃ ~ 10 ℃)를 유지함
- 육류는 PCM 구성을 변경한 1, 2차 시험 모두 목표 온도 유지 시간인 72 h 이상을 달성함. 버섯류는 0 ℃ PCM 1 set, 5 ℃ PCM 1 set를 넣은 1차 시험에서는 목표 온도 유지 시간인 72 h 이상 온도를 유지하였으나, 5 ℃ PCM 2 set를 넣은 2차 시험에서는 목표 온도를 66시간 유지하여 개발 목표치를 달성하지 못함. 약용작물은 1, 2차 시험 모두 온도 유지시간 목표치를 달성하지 못함.

- 육류의 잠열이 다른 시료에 비해 큼으로 PCM 구성을 변경한 1, 2차 시험 모두 온도 유지시간 목표치를 만족한 것으로 판단됨. 약용작물은 다른 품목과 비교하여 온도 유지시간이 길었지만, PCM 구성을 육류 포장 방법과 동일하게 설계하여 온도 유지시간 목표치 달성에 실패하였다고 판단됨. 버섯의 목표 온도 유지 시간 시험은 PCM 구성에 따라 목표치의 달성 여부가 결정됨.

- 시제품의 성능 평가를 통해 3 가지의 보완사항을 도출함.

- **첫 번째**, 목적 온도 유지시간의 연장을 위한 방안이 필요하다. 0 ℃ PCM 2set를 적재한 약용작물의 목적 온도 유지시간 측정시험에서 106 h 유지하여 목표치 달성에 실패함. 약 10 시간의 온도 유지시간 연장을 위해 0 ℃ 이하의 PCM 적재, PCM 추가 적재 등을 고려하였지만, 0 ℃ 이하의 PCM을 적재할 경우, 내용물의 냉해가 우려되며, PCM을 추가 적재할 경우, 판매단가 상승, 적재 공간 협소화 등 경제적 문제의 발생이 예상됨. 기타 방법으로 에어캡의 적용 등 온도 유지시간 연장을 위한 추가적인 방안 검토 및 검증이 필요함.

- **두 번째**, PCM 전처리 과정의 시스템화가 필요함. 0 ℃ PCM은 사용 전 -18 ℃에서 24시간 이상 보관 후 상온에서 안정화 한 뒤 사용되고 있음. 상온에서 보관 시간이 충분하지 않을 경우, 1차 버섯류 온도유지 시험에서 확인 가능하듯이 적

재함의 온도가 영하에서 장기간 유지될 수 있음. 버섯 및 농작물 등은 영하에서 장기간 보관 시 냉해가 발생하여 상품의 가치를 떨어뜨린다. PCM의 상온보관 시간에 따라 영하의 유지시간 변경됨으로 내용물에 맞는 PCM 전처리 과정을 시스템화하여 내용물의 파손을 방지하여야 함.

- 세 번째, 완충에 대한 추가 설계가 필요함. 낙하시험에서 약용작물의 파손이 발생하였다. 파손의 발생은 직접적인 충격의 전달 및 내용물 간 충돌 등의 이유 때문으로 판단됨. 용기 자체의 견고함은 확보하였으나, 적재함 내 내용물의 보호를 위한 설계가 부족함. 내용물의 고정 및 완충 역할을 할 수 있는 고정제(에어캡 등)의 추가 설계 등 개선이 필요함.

(2) 시제품 개발의 적정성 파악

(가) 대상 품목별 온도 시험을 통한 선도 유지 성능 평가

○ 시험 방법

- 육류와 버섯류는 ‘ISTA Procedure 7E : 2018, 표 1’의 ‘Heat temperature profiles(72 h)’에 따라 약용작물은 ‘ISTA Procedure 7E : 2018, 표 2’의 ‘Heat temperature profiles(144 h)’에 따라 챔버의 온도를 설정함.
- 온도측정 레코더를 시료 표면과 제품 외부에 장착한 후, 시료 표면의 온도 변화를 측정함.
- 시료별 온도유지 목적 온도 조건 : 육류(-2 ℃ ~ 4 ℃), 버섯류(0 ℃ ~ 4 ℃), 약용작물(4 ℃ ~ 10 ℃)

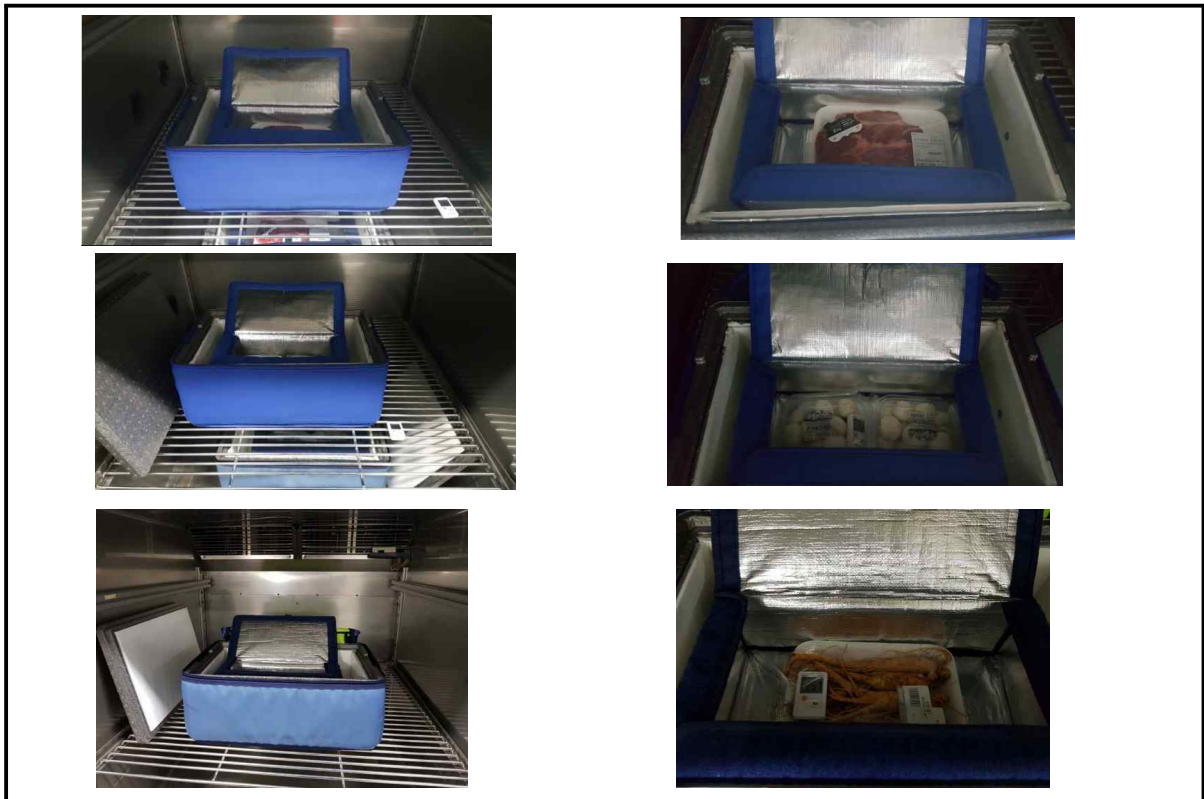
Elapsed Time	Temperature			Elapsed Time	Temperature		
	Low Tolerance	Heat Profile	High Tolerance		Low Tolerance	Heat Profile	High Tolerance
h	°C	°C	°C	h	°C	°C	°C
0	25.1	28.1	31.1	37	22.7	25.7	28.7
1	26	29	32	38	22.3	25.3	28.3
2	26.8	29.8	32.8	39	22	25	28
3	27.3	30.3	33.3	40	21.9	24.9	27.9
4	27.4	30.4	33.4	41	21.9	24.9	27.9
5	26.9	29.9	32.9	42	22.4	25.4	28.4
6	26.2	29.2	32.2	43	23.5	26.5	29.5
7	25.4	28.4	31.4	44	24.6	27.6	30.6
8	24.8	27.8	30.8	45	25.4	28.4	31.4
9	24.2	27.2	30.2	46	26.3	29.3	32.3
10	23.7	26.7	29.7	47	26.9	29.9	32.9
11	23.4	26.4	29.4	48	27.4	30.4	33.4
12	23	26	29	49	27.7	30.7	33.7
13	22.5	25.5	28.5	50	27.9	30.9	33.9
14	22	25	28	51	27.9	30.9	33.9
15	21.7	24.7	27.7	52	27.6	30.6	33.6
16	21.5	24.5	27.5	53	27.1	30.1	33.1
17	21.7	24.7	27.7	54	26.5	29.5	32.5
18	22.3	25.3	28.3	55	25.8	28.8	31.8
19	23.1	26.1	29.1	56	25.2	28.2	31.2
20	24.1	27.1	30.1	57	24.7	27.7	30.7
21	25.1	28.1	31.1	58	24.1	27.1	30.1
22	25.6	28.6	31.6	59	23.6	26.6	29.6
23	26.2	29.2	32.2	60	23.1	26.1	29.1
24	26.7	29.7	32.7	61	22.6	25.6	28.6
25	27	30	33	62	22.3	25.3	28.3
26	27.1	30.1	33.1	63	22	25	28
27	26.9	29.9	32.9	64	22	25	28
28	26.6	29.6	32.6	65	22.3	25.3	28.3
29	26.4	29.4	32.4	66	23	26	29
30	25.8	28.8	31.8	67	23.9	26.9	29.9
31	25.2	28.2	31.2	68	24.9	27.9	30.9
32	24.7	27.7	30.7	69	25.7	28.7	31.7
33	24.3	27.3	30.3	70	26.4	29.4	32.4
34	23.9	26.9	29.9	71	26.9	29.9	32.9
35	23.5	26.5	29.5	72	27.4	30.4	33.4
36	23.1	26.1	29.1				

【 Ⅴ. Heat temperature profiles (72 h) 】

Elapsed Time	Temperature			Elapsed Time	Temperature			Elapsed Time	Temperature			Elapsed Time	Temperature		
	Low Tolerance	Heat Profile	High Tolerance		Low Tolerance	Heat Profile	High Tolerance		Low Tolerance	Heat Profile	High Tolerance		Low Tolerance	Heat Profile	High Tolerance
h	°C	°C	°C	h	°C	°C	°C	h	°C	°C	°C	h	°C	°C	°C
0	25.1	28.1	31.1	36	23.1	26.1	29.1	72	27.4	30.4	33.4	108	23.1	26.1	29.1
1	26	29	32	37	22.7	25.7	28.7	73	27.7	30.7	33.7	109	22.6	25.6	28.6
2	26.8	29.8	32.8	38	22.3	25.3	28.3	74	27.9	30.9	33.9	110	22.3	25.3	28.3
3	27.3	30.3	33.3	39	22	25	28	75	27.9	30.9	33.9	111	22	25	28
4	27.4	30.4	33.4	40	21.9	24.9	27.9	76	27.6	30.6	33.6	112	22	25	28
5	26.9	29.9	32.9	41	21.9	24.9	27.9	77	27.1	30.1	33.1	113	21.9	24.9	27.9
6	26.2	29.2	32.2	42	22.4	25.4	28.4	78	26.5	29.5	32.5	114	22.4	25.4	28.4
7	25.4	28.4	31.4	43	23.5	26.5	29.5	79	25.8	28.8	31.8	115	23.5	26.5	29.5
8	24.8	27.8	30.8	44	24.6	27.6	30.6	80	25.2	28.2	31.2	116	24.6	27.6	30.6
9	24.2	27.2	30.2	45	25.4	28.4	31.4	81	24.7	27.7	30.7	117	25.4	28.4	31.4
10	23.7	26.7	29.7	46	26.3	29.3	32.3	82	24.1	27.1	30.1	118	26.3	29.3	32.3
11	23.4	26.4	29.4	47	26.9	29.9	32.9	83	23.6	26.6	29.6	119	26.9	29.9	32.9
12	23	26	29	48	27.4	30.4	33.4	84	23.1	26.1	29.1	120	27.4	30.4	33.4
13	22.5	25.5	28.5	49	27.7	30.7	33.7	85	22.6	25.6	28.6	121	27.7	30.7	33.7
14	22	25	28	50	27.9	30.9	33.9	86	22.3	25.3	28.3	122	27.9	30.9	33.9
15	21.7	24.7	27.7	51	27.9	30.9	33.9	87	22	25	28	123	27.9	30.9	33.9
16	21.5	24.5	27.5	52	27.6	30.6	33.6	88	22	25	28	124	27.6	30.6	33.6
17	21.7	24.7	27.7	53	27.1	30.1	33.1	89	21.9	24.9	27.9	125	27.1	30.1	33.1
18	22.3	25.3	28.3	54	26.5	29.5	32.5	90	22.4	25.4	28.4	126	26.5	29.5	32.5
19	23.1	26.1	29.1	55	25.8	28.8	31.8	91	23.5	26.5	29.5	127	25.8	28.8	31.8
20	24.1	27.1	30.1	56	25.2	28.2	31.2	92	24.6	27.6	30.6	128	25.2	28.2	31.2
21	25.1	28.1	31.1	57	24.7	27.7	30.7	93	25.4	28.4	31.4	129	24.7	27.7	30.7
22	25.6	28.6	31.6	58	24.1	27.1	30.1	94	26.3	29.3	32.3	130	24.1	27.1	30.1
23	26.2	29.2	32.2	59	23.6	26.6	29.6	95	26.9	29.9	32.9	131	23.6	26.6	29.6
24	26.7	29.7	32.7	60	23.1	26.1	29.1	96	27.4	30.4	33.4	132	23.1	26.1	29.1
25	27	30	33	61	22.6	25.6	28.6	97	27.7	30.7	33.7	133	22.6	25.6	28.6
26	27.1	30.1	33.1	62	22.3	25.3	28.3	98	27.9	30.9	33.9	134	22.3	25.3	28.3
27	26.9	29.9	32.9	63	22	25	28	99	27.9	30.9	33.9	135	22	25	28
28	26.6	29.6	32.6	64	22	25	28	100	27.6	30.6	33.6	136	22	25	28
29	26.4	29.4	32.4	65	21.9	24.9	27.9	101	27.1	30.1	33.1	137	22.3	25.3	28.3
30	25.8	28.8	31.8	66	22.4	25.4	28.4	102	26.5	29.5	32.5	138	23	26	29
31	25.2	28.2	31.2	67	23.5	26.5	29.5	103	25.8	28.8	31.8	139	23.9	26.9	29.9
32	24.7	27.7	30.7	68	24.6	27.6	30.6	104	25.2	28.2	31.2	140	24.9	27.9	30.9
33	24.3	27.3	30.3	69	25.4	28.4	31.4	105	24.7	27.7	30.7	141	25.7	28.7	31.7
34	23.9	26.9	29.9	70	26.3	29.3	32.3	106	24.1	27.1	30.1	142	26.4	29.4	32.4
35	23.5	26.5	29.5	71	26.9	29.9	32.9	107	23.6	26.6	29.6	143	26.9	29.9	32.9
												144	27.4	30.4	33.4

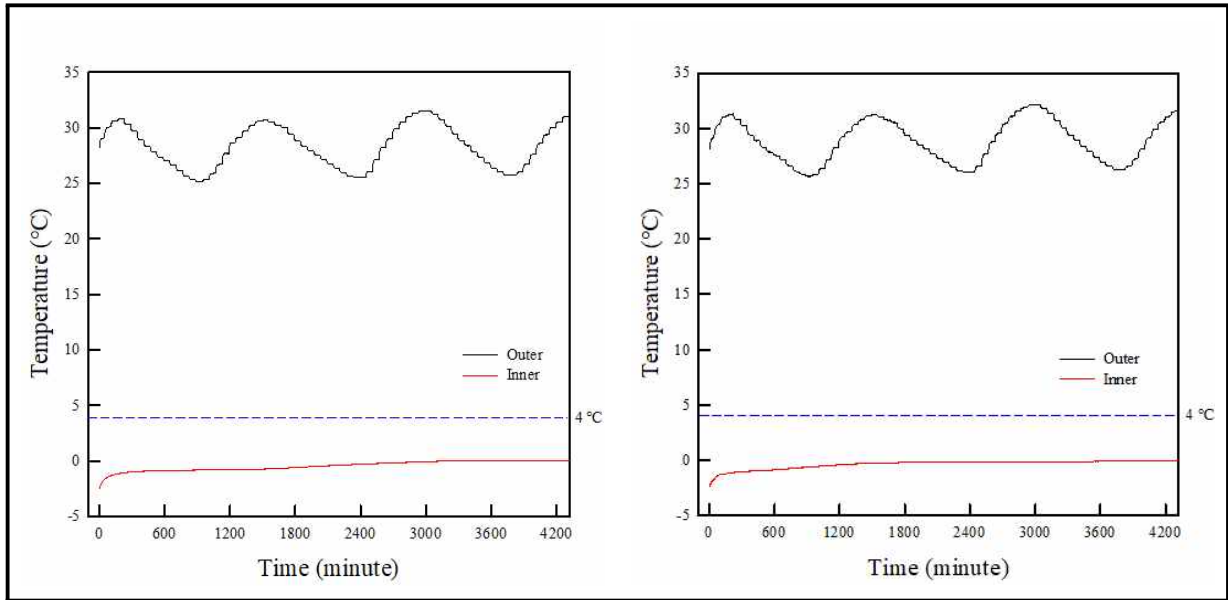
【 표. Heat temperature profiles (144 h) 】

○ 시험 사진

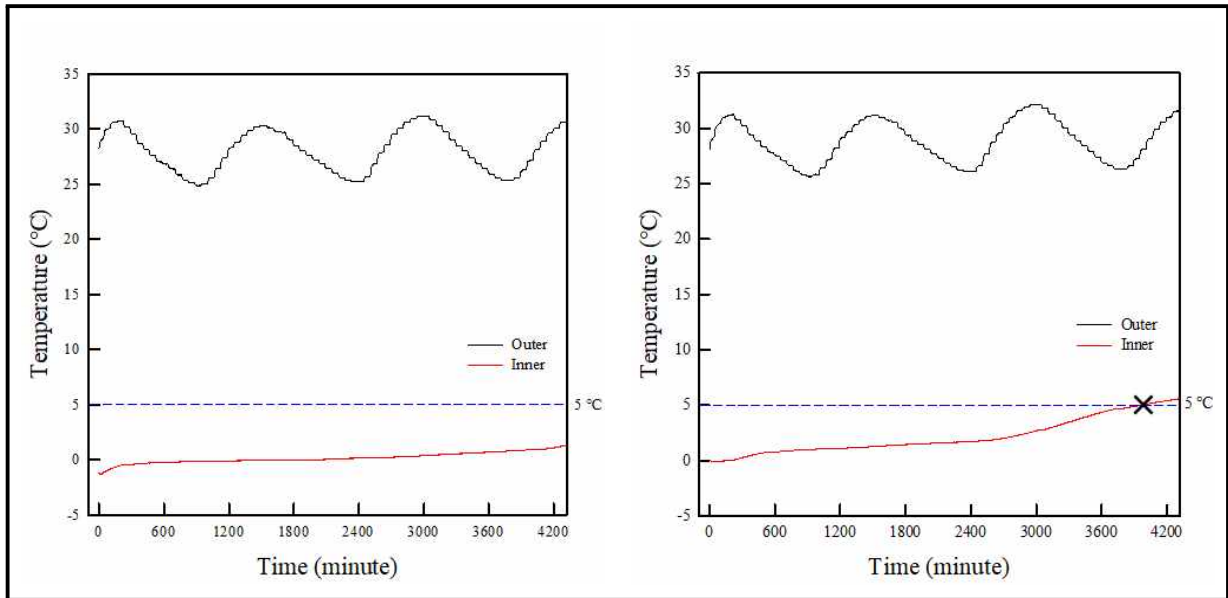


【 그림. 온도유지 시험 사진 】

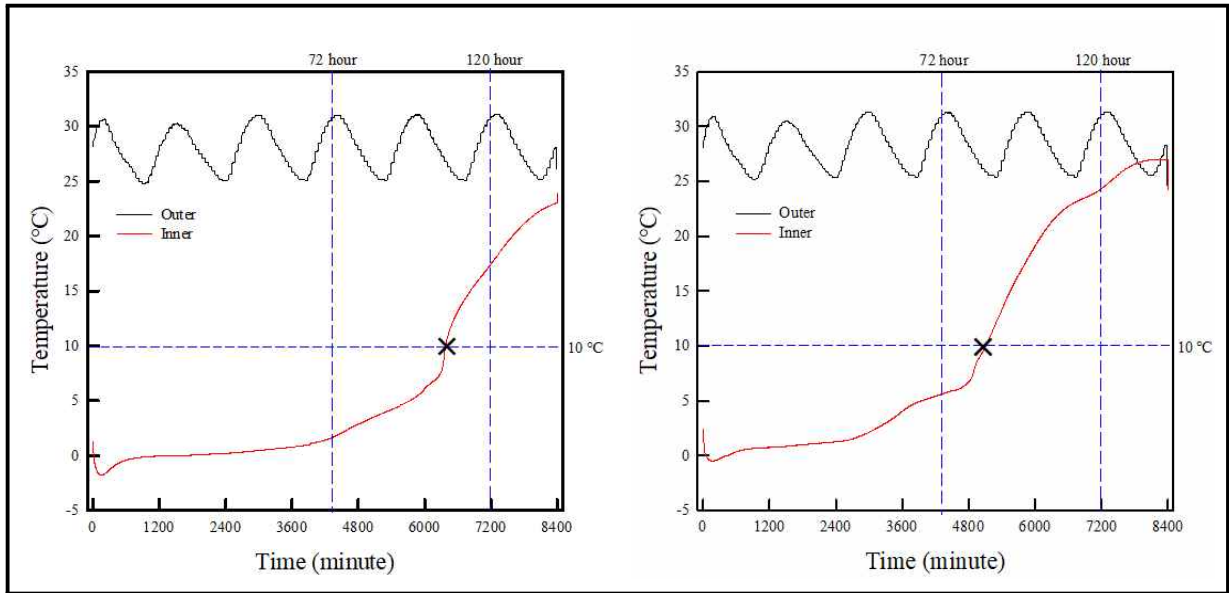
○ 시험 데이터



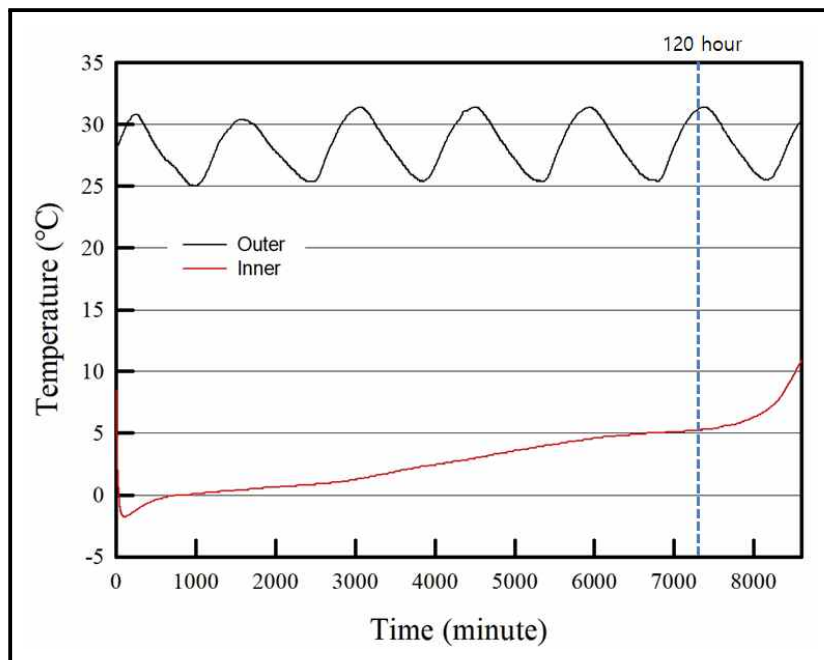
【 그림. 시료(유클류) 1, 2차 온도 그래프 】



【 그림. 시료(버섯류) 1, 2차 온도 그래프 】



【 그림. 시료(약용작물) 1, 2차 온도 그래프 】



【 그림. 시료(약용작물) 3차 온도 그래프 】

(나) ISTA Certification 획득을 통한 국제 물류 안전성 확보(환경 및 적재 안전성, 운송 진동에 대한 안전성, 낙하 충격의 안전성 평가)

○ ISTA Certification 획득

- ISTA(국제안전수송협회) 인증 취득
- ISTA Procedure 1A 규격에 대한 인증 취득
- 취득일 : 2018년 6월 17일



그림. ISTA Packaged-Product Certification

(3) 설계 규격 성능평가의 적정성 및 유효성 검증

(가) 대상 품목별 고가의 신선품을 실제 택배 배송을 통한 최종 설계

○ 글로벌 택배 운송 환경 측정

- 측정 Dummy에 운송환경기록계와 Data Rogger(온도, 습도)를 결합하여 해외 배송
- KCL 서울 ↔ 베트남 호치민 배송 측정 데이터 취합
- 장소/일정 : 베트남 호치민/2018.09.19(수) ~ 09.22(토)

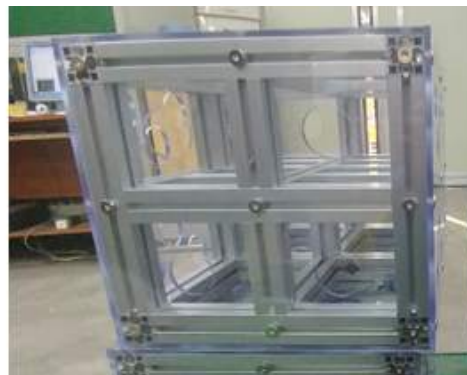
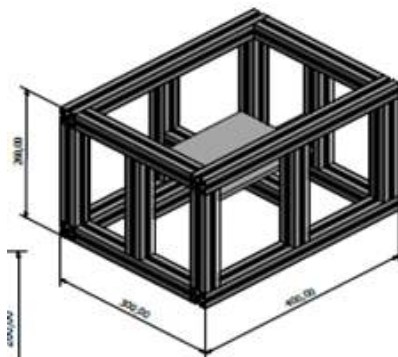


그림. 운송환경 측정을 위한 Dummy

- 측정 데이터 분석 및 Field to Lab 시험 방법 도출
 - 진동, 충격, 온도 등 Data 측정, 분석
 - 시험 Method로 변환

- Field to Lab 시험 방법으로 개발 시제품 적정성 평가
 - 선정된 성능 평가와 도출된 시험 방법과 비교
 - 선정된 성능 평가의 적정성 및 유효성 평가

(나) 규격의 적정성 비교 평가 및 유효성 검증

○ 온도시험 적정성 평가

- 항공 운송 중 0~10℃, 차량 운송 중 20~30℃ 의 외부 온도범위가 측정되었음
- 측정기간 중 순간적으로 40℃ 이상의 온도가 측정되었으며, 활주로에서 이륙 도중 발생하는 열의 노출로 인한 영향으로 판단됨
- 글로벌 택배 온도 환경 측정결과 순간적으로 40℃ 이상을 기록하기도 하였으나, 제품에 영향을 받기에 짧은 시간이었으며, 유의수준에 벗어나는 데이터로 성능평가를 위해 실시한 ISTA 7E 온도시험과 글로벌 택배환경이 유사함으로 시험을 실시하기에 적정하였다고 판단됨

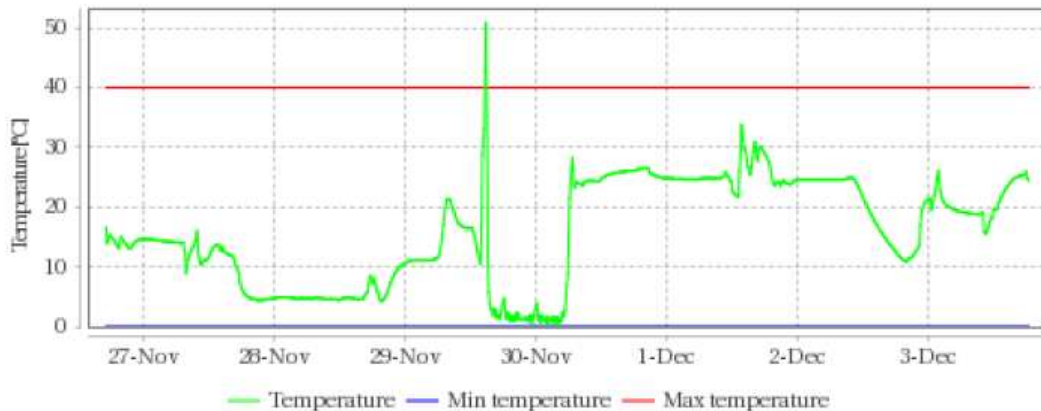


그림. 글로벌 택배 온도 환경

○ 진동시험 적정성 평가

- 글로벌 택배 환경에서 진동을 측정한 결과, Z축에서 최대 0.8G의 진동 값이 측정됨
- 성능평가의 기준으로 사용한 ISTA 2A는 진동의 최대값이 1.15G임으로 글로벌 택배 환경에서 측정된 최대 진동 값을 포함하고 있으므로 시험조건으로 설정함이 타당하다고 판단됨

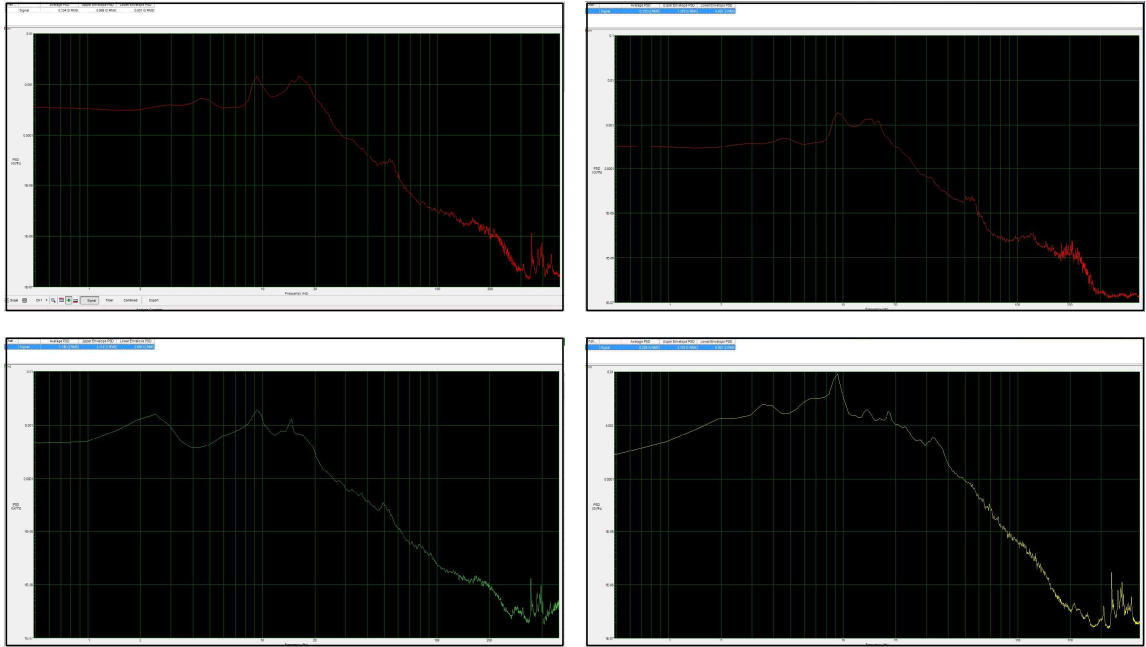


그림. 글로벌 택배 진동 환경

○ 충격시험 적정성 평가

- 글로벌 택배 환경에서 총 6회의 충격이 발생하였음
- 글로벌 택배 환경이 성능평가로 실시한 ISTA 2A와 비교하여 낙하높이, 충격의 발생 횟수가 적었음
- 성능평가의 환경조건이 보다 가혹, 유사하였으므로 시험 조건으로 적정하다고 판단됨

EventNumber	EventTime	Channel	Acceleration (G)	Duration (msec)	Channel	Acceleration (G)	Duration (msec)	Channel	Acceleration (G)	Duration (msec)
735	09-14-2018 01:18:45	X	4.832	33	Y	6.602	39	Z	11.595	69
1436	09-14-2018 06:41:16	X	5.056	43	Y	1.808	143	Z	19.999	34
2588	09-16-2018 09:19:44	X	19.999	9	Y	19.999	7	Z	15.107	10
2875	09-18-2018 06:06:48	X	19.999	13	Y	12.333	4	Z	8.082	10
3000	09-19-2018 01:47:41	X	8.759	6	Y	8.657	5	Z	16.338	5
3080	09-19-2018 02:51:25	X	6.837	28	Y	3.227	19	Z	12.109	24

그림. 글로벌 택배 충격 환경

라 제 3협동 연세대학교 원주산학협력단

(1) 대상 품목별 시제품을 이용한 저장성 평가 (lab scale 평가)

○ 연구목적

- 본 연구의 목적은 제작된 시제품의 성능 비교 평가를 위해 이를 적용하여 유통 박스 내 일정 온도를 유지정도 확인 및 이에 따른 대상 품목별 품질 변화를 평가를 목적으로 함

(가) 단열 용기를 적용한 양송이 버섯 저장성 평가

○ 실험 재료 및 방법

- 버섯의 품질 변화 평가를 위해 양송이 버섯을 원주시 이마트 (Gangwon-do, Korea)에서 구입하여 세척한 후 갈변이나 손상된 버섯을 제거하여 선별된 버섯을 PET 용기에 500g 씩 담아 사용함
- 버섯을 저장하기 위한 단열 박스 샘플 구성은 아래 그림과 표에 나타냄
- 제작된 EPP 단열 박스는 20mm의 두께를 가지고 440*320*206mm 사이즈의 EPP 박스 내부에 20mm 두께의 VIP와 비교군으로 동일한 두께의 EPS 패널을 삽입하여 진행
- 단열 박스 내부에 인케이스를 넣어서 진행하였으며 샘플당 500g 버섯 2팩을 넣어서 진행
- 버섯의 품질 평가 저장기간은 5일동안 (0, 3, 5 day) 28.5 ± 1 °C 창고에서 저장되어 평가를 진행함
- 단열 박스 내부 온도 변화 분석은 인케이스 내부에 온습도계 data logger (testo 174H, Testo Inc., Germany)를 넣어 저장기간 5일 동안 측정함. 대조군은 외부에 온습도계 data logger를 두어 측정함
- 단열 박스를 적용한 버섯의 품질변화 평가 항목으로는 중량감소율, 경도, 색도 (갈변정도), pH, 총균수, 호흡률, 외관품질을 진행함
- 중량감소율은 디지털 전자 밸런스 (MW-II series, CAS, Fullerton, USA)를 사용하여 버섯의 저장 초기 중량에서 저장 5일 동안 측정된 중량의 변화를 백분율 (%)로 나타냄

- 버섯의 경도는 직경 5mm의 probe를 장착한 Texture analyzer (TA1, AMETEK sensor Co., USA)을 이용하여 버섯의 갓 내부 10 mm 까지 20 mm/s 속도로 삽입할 때 저항 최대값을 N으로 표시하여 경도를 측정
- 버섯의 호흡률은 밀폐가 되는 500 ml 유리 용기에 버섯 샘플 약 70 g을 넣고 2 시간 후 headspace analyzer (Checkmate 2, PBI densensor Co., USA)를 이용하여 용기 내부 기체 농도를 측정
- 용기 내부 발생된 CO2 농도 측정 후 아래 식을 이용하여 호흡률 계산

$$RCO_2 = \left(\frac{(y_{CO_2})_t - (y_{CO_2})_i}{(t - t_i)} \right) \times \frac{V_f}{W}$$

$(y_{CO_2})_t$ = 발생된 CO2, $(y_{CO_2})_i$ = 초기 CO2, t = 시간, V = 샘플 무게, W = 용기 부피

- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter L (brightness)와 a^* (+a red, -a green) 그리고 b^* (+b yellow, -b blue) 값을 측정하였으며 아래 식을 이용하여 버섯의 갈변정도 (BI: Brown index)를 측정함

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.172}, \text{ where } x = \frac{a + 1.75L}{5.646L + a - 3.01b}$$

- 산도 (pH)는 버섯 샘플 5g을 증류수 10 ml에 넣어 Homogenizer (Ultra-Turex T 18, IKA, Germany)를 이용하여 분쇄 후 원심분리기 (FLETA 5, Hanil, Korea)를 통해 5000 rpm, 10분동안 원심분리 후 상층액을 pH meter (AB15pH, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험함
- 총균수는 버섯 샘플 10 g을 생리식염수 90 ml에 넣고 균질기 (Stomacher 400, Seward Ltd., France)를 사용하여 균질화 한 후 충분히 균질화된 용액을 10배씩 희석하여 효모 및 곰팡이용 배지인 PDA (Potato dextrose agar)에 1 ml씩 분주함
- 분주된 배지는 37 °C에서 48시간 배양 후 육안으로 콜로니 개수를 측정하여 log CFU/g으로 나타냄



그림. 단열 박스 적용 버섯 샘플 사진 (A) EPP box with EPS panel; (B) EPP box with VIP

표. 단열 박스 샘플 적용 구성 (버섯)

샘플	구성	
	단열재	냉매량
Control (Outside)	-	-
EPP box with EPS panel	EPS 패널	인케이스 외부 : 0℃ 3.2kg 인케이스 내부 : 0℃ 0.68kg
EPP box with VIP	VIP	인케이스 외부 : 0℃ 3.2kg 인케이스 내부 : 0℃ 0.68kg

○ 결과 및 고찰

① 단열 용기 내부 온도 변화

- 외부 온도는 저장 기간 동안 28 ± 1 °C를 일정하게 유지한 모습 확인함
- VIP 적용 단열 용기에서 72시간 이후에도 0 °C를 유지하는 모습을 보여줌
- EPS 패널을 적용한 단열 용기에서는 72 시간 이후 급격하게 온도가 증가하여 5 일차에서 21 °C 까지 증가하는 모습을 보임

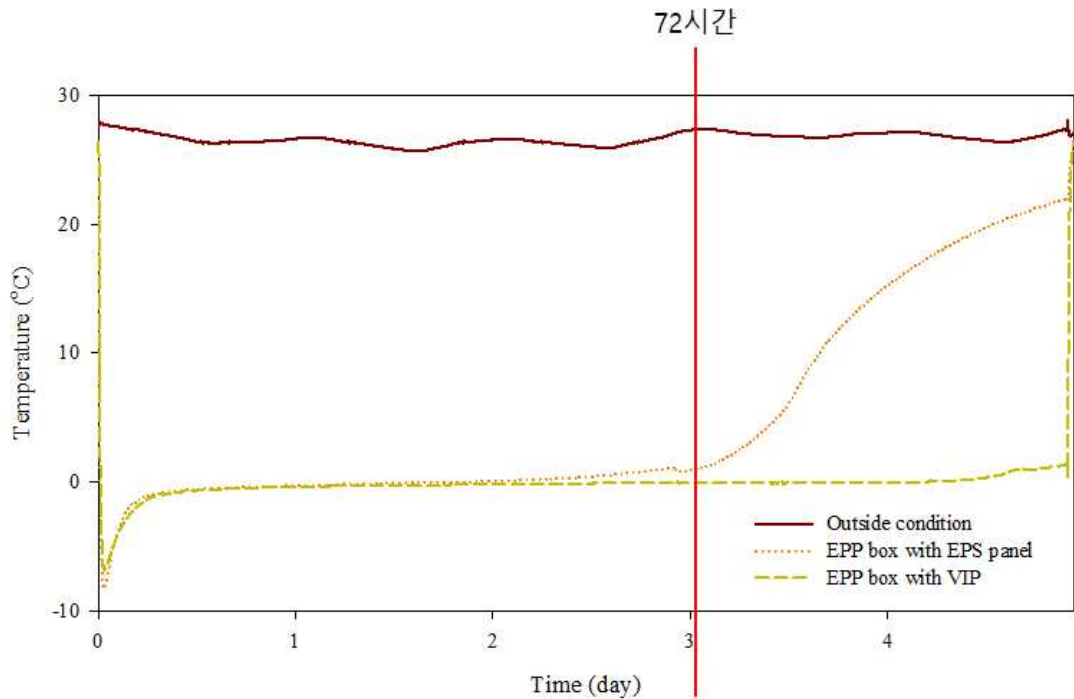


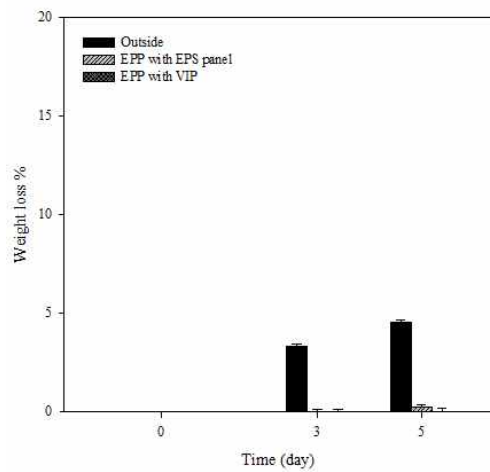
그림. 저장기간 동안 단열 용기 내부 온도 변화

② 중량 감소율

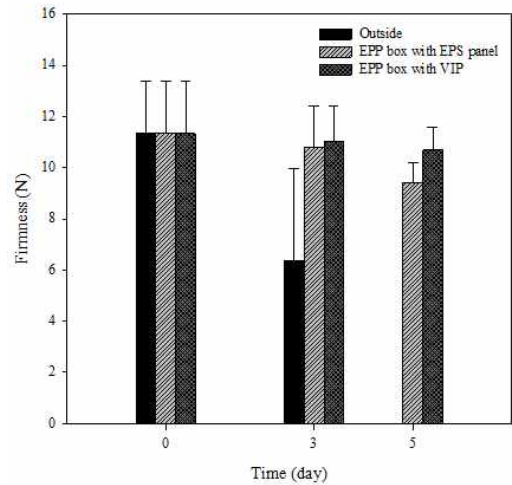
- 외부 온도에 저장된 버섯의 중량 감소율은 3일차에서 3.3%, 5일차에서 4.5%로 단열 용기에 적용된 버섯에 비해 다소 높은 중량 감소를 보임
- EPS 패널을 적용한 버섯의 중량 감소율은 3일차에서 0.04%, 5일차에서 0.24%의 중량 감소율을 보임
- VIP를 적용한 버섯의 중량 감소율은 3일차에서 0.01%, 5일차에서 0.03%로 저장기간 동안 가장 낮은 중량 감소를 보임

③ 경도

- 3일차에서 외부 온도에 저장된 버섯의 경도는 6.4 N으로 0일차 11.3 N에 비해 많이 감소하였으며, 5일차는 버섯의 부패가 심하여 측정이 불가하였음
- EPS 패널을 적용한 버섯의 경우 3일차에서 10.8 N, 5일차에서 9.4 N을 보임
- VIP 적용 버섯의 경우 3일차에서 11.0 N, 5일차에서 10.7 N의 경도를 보임



(A)



(B)

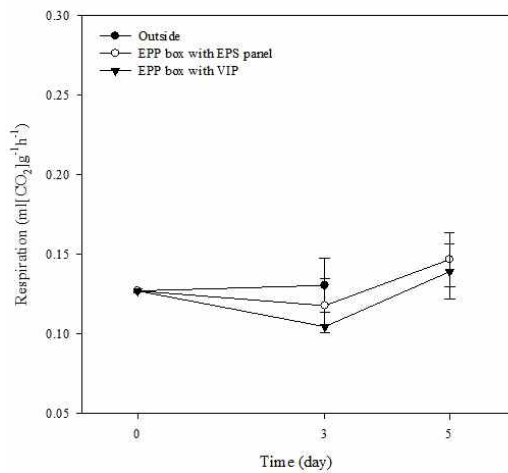
그림. 저장기간 동안 버섯의 품질 변화 (A) 중량감소율; (B) 경도

④ 호흡률

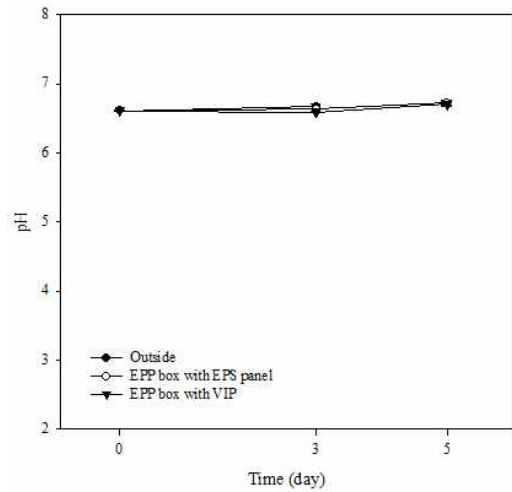
- 0 일차에서 버섯의 호흡률은 약 0.127 ml[CO₂]/g/h 정도의 CO₂ 발생량을 보임
- 3일차에서 외부에 둔 버섯의 경우 0.131 ml[CO₂]/g/h 으로 가장 높은 CO₂ 발생량을 보여주었으며, EPS 패널을 적용한 버섯의 경우 0.118 ml[CO₂]/g/h, VIP 적용 버섯은 0.107 ml[CO₂]/g/h 의 CO₂ 발생량을 보임
- 5일차에서 외부에 둔 버섯은 심하게 부패가 발생하여 측정이 불가 하였으며, EPS 패널을 적용한 버섯에서 0.147 ml[CO₂]/g/h, VIP 적용 버섯은 0.139 ml[CO₂]/g/h의 CO₂ 발생량을 보임

⑤ 산도 (pH)

- 0일차에서 버섯의 pH는 6.61을 보여줌
- 저장 기간 동안 샘플들 간 pH의 유의적 차이는 보이지 않음
- EPS 패널을 적용한 버섯에서 3일차에 pH 6.63, 5일차에서 pH 6.67을 보임
- VIP를 적용한 버섯에서 3일차에 pH 6.59, 5일차에서 pH 6.70을 보임



(A)



(B)

그림. 저장기간 동안 버섯의 품질 변화 (A) 호흡률; (B) pH

⑥ 총균수

- 외부에서 저장된 버섯은 3일차에서 242.7 log CFU/ml를 보여주었으며 5일차에서 부패가 심하게 발생하여 측정 불가 상태로 변함
- EPS 패널 적용 버섯은 3일차에서 36.5 log CFU/ml, 5일차에서 121.1 log CFU/ml를 보임
- VIP 적용 버섯에서는 3일차에서 30.3 log CFU/ml, 5일차에서 68.7 log CFU/ml로 가장 낮은 증가율을 보임

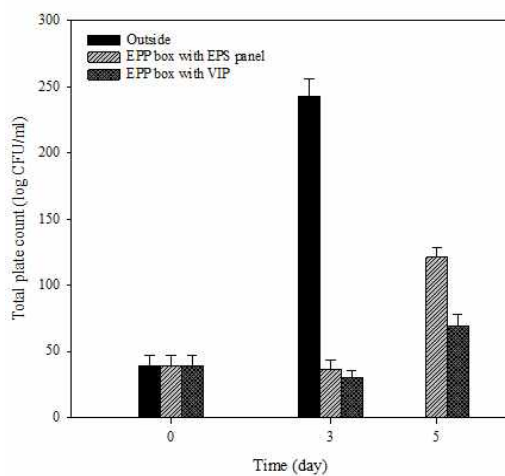


그림. 저장기간 동안 버섯의 총균수 변화

⑦ 색도

- 0일차에서 버섯의 갈변정도는 78.11, L값은 47.11을 보임
- 3일차에서 외부에 둔 버섯은 156.73으로 가장 높은 갈변정도를 보였으며 EPS 패널 적용 버섯은 90.28, VIP 적용 버섯은 85.24로 가장 낮은 갈변 정도를 보임
- 5일차에서 EPS패널 적용 버섯은 113.12, VIP 적용 버섯은 90.05로 가장 낮은 갈변 정도를 보임










표. 저장기간 동안 버섯의 색도 및 갈변정도 변화

Day	Samples	L* (brightness)	BI (Browning index)
0	Control (Outside)	47.11±0.41	78.11±3.18
	EPP box with EPS panel	47.11±0.41	78.11±3.18
	EPP box with VIP	47.11±0.41	78.11±3.18
3	Control (Outside)	36.62±1.81	156.73±10.66
	EPP box with EPS panel	45.71±1.05	90.28±9.17
	EPP box with VIP	46.22±0.75	85.24±5.44
5	Control (Outside)	-	-
	EPP box with EPS panel	42.32±2.17	113.12±12.36
	EPP box with VIP	45.12±1.86	90.05±9.85

⑧ 외관품질

- 외부에서 저장된 버섯은 3일차부터 갈변 발생하였으며 5일차에서 곰팡이 발생으로 부패 정도가 심함
- EPS 패널 적용 버섯은 3일차에 갈변이 많이 발생하지 않았지만 5일차에 갈변이 심하게 발생함
- VIP 적용 버섯은 5일차까지 외관적으로 큰 변화 없음

표. 저장기간 동안 버섯의 외관 변화

Day	Samples		
	control (outside)	EPP box with EPS panel	EPP box with VIP
0			
3			
5			

(나) 단열 용기를 적용한 신선육의 저장성 평가

○ 실험 재료 및 방법

- 소고기의 품질 변화 평가를 위해 호주산 소고기를 원주시 이마트 (Gangwon-do, Korea)에서 구입하여 EPS 접시에 330g 씩 담아 사용함
- 소고기를 저장하기 위한 단열 박스 샘플 구성은 아래 그림과 표에 나타냄
- 제작된 EPP 단열 박스는 20mm의 두께를 가지고 440*320*206mm 사이즈의 EPP 박스 내부에 20mm 두께의 VIP와 비교군으로 동일한 두께의 EPS 패널을 삽입하여 진행
- 단열 박스 내부에 인케이스를 넣어서 진행하였으며 샘플당 330g 소고기 2팩을 넣어서 진행

- 소고기의 품질 평가 저장기간은 5일동안 (0, 3, 5 day) 37 ± 1 °C 창고에서 저장되어 평가를 진행함
- 단열 박스 내부 온도 변화 분석은 인케이스 내부에 온습도계 data logger (testo 174H, Testo Inc., Germany)를 넣어 저장기간 5일 동안 측정함. 대조군은 외부에 온습도계 data logger를 두어 측정함
- 단열 박스를 적용한 소고기의 품질변화 평가 항목으로는 전단력 평가 (Hardness), 색도, 산도 (pH), 총균수, 단백질 변패도 (T-VBN), 외관품질을 진행함
- 전단력 평가 (Warner-Bratzler shear test)는 73 각도의 V 자형 칼날 probe를 장착한 exture analyzer (TA1, AMETEK sensor Co., USA)을 이용하여 4mm 두께의 소고기를 전단할 때의 저항 최대값을 측정함
- 소고기의 산도 (pH)는 5g을 10 ml에 넣어 Homogenizer (Ultra-Turex T 18, IKA, Germany)를 이용하여 분쇄 후 원심분리기 (FLETA 5, Hanil, Korea)를 통해 5000 rpm, 10분동안 원심분리 후 상층액을 pH meter (AB15pH, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험함
- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter L (brightness)와 a^* (+a red, -a green) 그리고 b^* (+b yellow, -b blue) 값을 측정함
- 소고기의 단백질 변패도 정도를 측정하기 위해 소고기 샘플 10 g을 6% 과염소산 용액에 넣고 1분 동안 균질화한 후 여과지를 통해 여과를 진행, 여과된 용액을 증류하여 0.01M 염산용액으로 적정하여 측정함
- 총균수는 버섯 샘플 10 g을 생리식염수 90 ml에 넣고 균질기 (Stomacher 400, Seward Ltd., France)를 사용하여 균질화 한 후 충분히 균질화된 용액을 10배씩 희석하여 효모 및 곰팡이용 배지인 PDA (Potato dextrose agar)에 1 ml씩 분주함
- 분주된 배지는 37 °C에서 48시간 배양 후 육안으로 콜로니 개수를 측정하여 log CFU/g으로 나타냄



(A)



(B)

그림. 단열 박스 적용 소고기 샘플 사진 (A) EPP box with EPS panel; (B) EPP box with VIP

표. 단열 박스 샘플 적용 구성 (소고기)

샘플	구성	
	단열재	냉매량
Control (Outside)	-	-
EPP box with EPS panel	EPS 패널	인케이스 외부 : 0℃ 3.2kg 인케이스 내부 : 5℃ 0.63kg
EPP box with VIP	VIP	인케이스 외부 : 0℃ 3.2kg 인케이스 내부 : 5℃ 0.63kg

○ 결과 및 고찰

① 단열 용기 내부 온도 변화

- 외부 온도는 저장 기간 동안 37 ± 1 °C를 일정하게 유지한 모습 확인함
- VIP 적용 박스에서는 72시간까지 5 °C 이내의 온도 유지를 보여줌
- EPS 패널을 적용한 단열 용기에서는 72시간까지 14 °C 정도의 내부 온도를 보여 주었으며 120 시간에는 30 °C 이상의 온도 상승을 보임

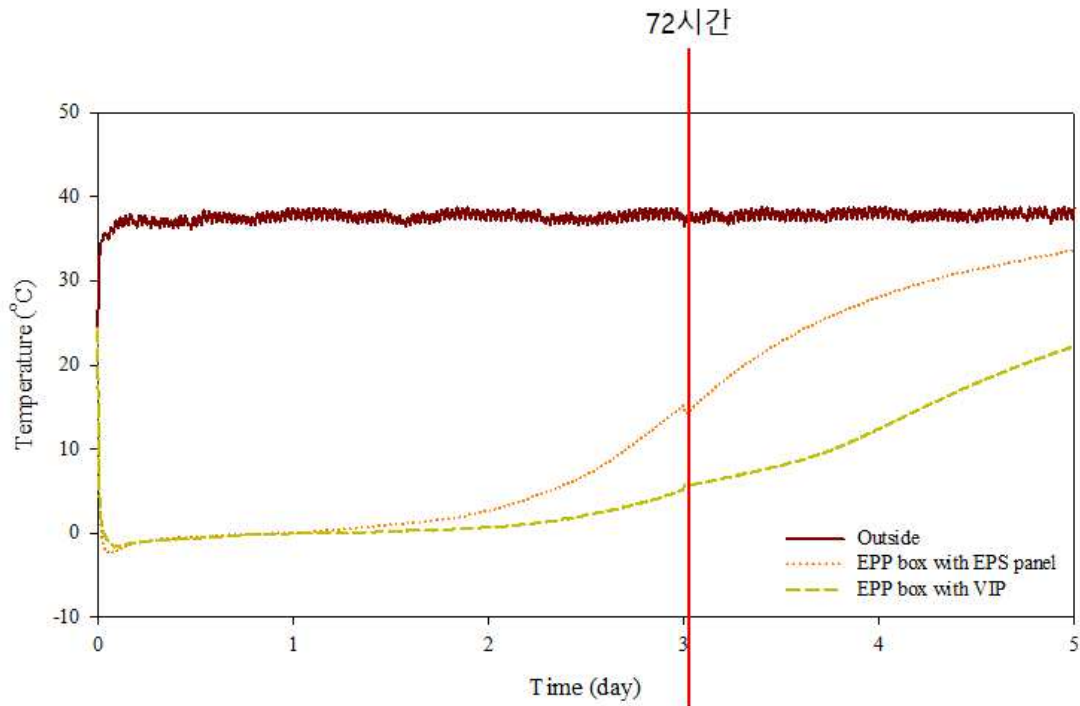


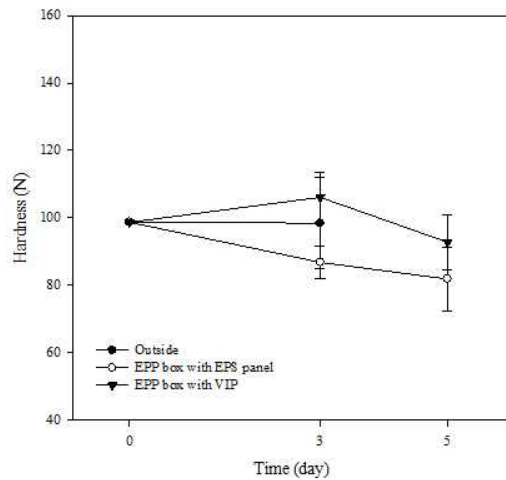
그림. 저장기간 동안 단열 용기 내부 온도 변화

② 전단력 평가

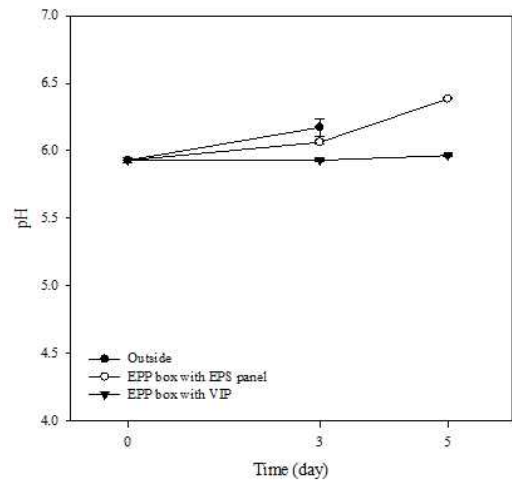
- 3일차에서 외부 소고기의 전단력은 98.5 N을 보였으며 5일차는 부패 정도가 심하여 측정이 불가 상태로 변함
- 3일차에 외부 소고기는 EPS 적용 소고기 보다 전단력이 높게 측정되었는데 외부 높은 열에 의해 소고기 수분이 빠져다가 전단력이 올라간 것으로 판단됨
- VIP 적용 소고기는 3일차에서 106.1 N, 5일차에서 92.8 N으로 3일차에 전단력이 증가하다가 감소하는데 이는 저온에 노출되어 소고기 내부가 얼어 전단력이 증가한 것으로 판단됨
- EPS 적용 소고기는 3일차에서 86.8 N, 5일차에서 81.9 N을 보임

③ 산도 (pH)

- 0일차의 소고기 pH는 5.93을 보였으며 변패가 발생함에 따라 pH가 증가됨 Kim (1994)과 동일한 결과를 보임
- 3일차에서 외부 저장 소고기는 pH 6.10, EPS 패널 적용 소고기는 pH 6.03, VIP 적용 소고기는 pH 5.93을 보임
- VIP 적용 소고기의 경우 5일차까지 pH 5.97를 보임



(A)



(B)

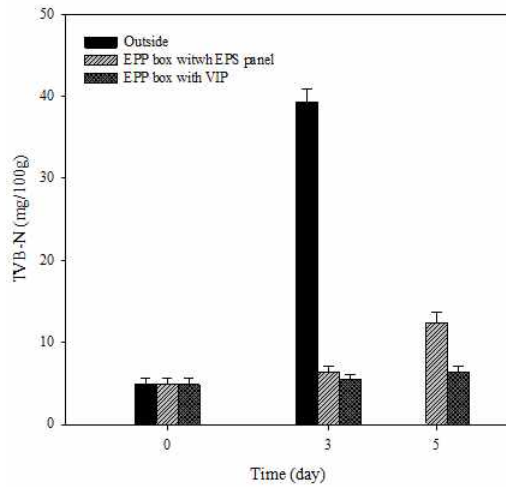
그림. 저장기간 동안 소고기의 품질 변화 (A) 전단력 평가, (B) pH

④ 단백질 변패도 (T-VBN)

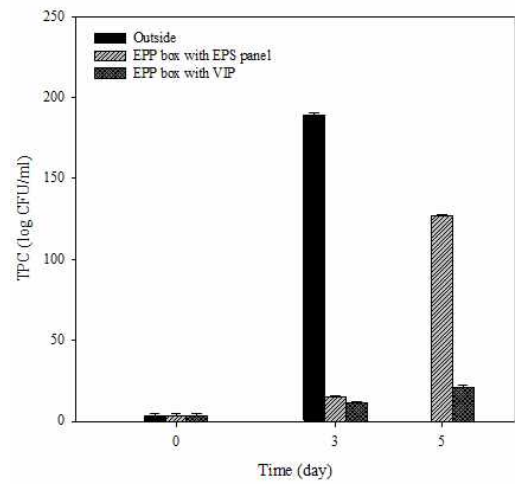
- 3일차에서 외부 온도에 저장된 소고기의 VBN 생성량은 39.3 mg/100g으로 급격한 부패정도를 보여줌
- 5일차에서 EPS 패널 적용 소고기는 12.4 mg/100g을 보였으며, VIP 적용 소고기는 6.3 mg/100g으로 EPS 패널 적용 소고기보다 단백질 변패도가 적게 진행된 것을 확인함

⑤ 총균수

- 3일차에서 외부 온도에 저장된 소고기의 총균수는 189.1 log CFU/ml로 급격한 증가를 보였으며, 5일차에서 부패가 심하여 측정이 불가능한 상태로 변함
- EPS 패널 적용 소고기의 경우 5일차에서 126.7 log CFU/ml을 보임
- VIP 적용 소고기의 경우 5일차에서 20.9 log CFU/ml 로 가장 낮은 총균수를 보임



(A)



(B)

그림. 저장기간 동안 소고기의 품질 변화 (A) 단백질 변패도, (B) 총균수

⑥ 색도

- 0일차에서 소고기의 L값은 15.68 ± 0.73 , a^* 값은 27.01 ± 1.44 을 보임
- 저장기간 동안 L, a^* , b^* 값 모두 감소하는 경향을 보임
- 3일차에서 외부 온도에 저장된 소고기의 L값은 12.04 ± 0.50 로 감소하였고 EPS 패널과 VIP 적용 소고기는 각각 18.40 ± 1.64 , 17.44 ± 0.59 값을 보임
- 5일차에서 EPS 패널 적용 소고기는 a^* 는 12.92 ± 0.55 , b^* 값은 20.01 로 붉은 빛이 사라진 모습을 보임
- VIP 적용 소고기는 5일차에서 a^* 21.43 ± 1.84 , b^* 22.08 ± 0.57 로 다른 샘플에 비교하여 가장 적은 변화를 보임










표. 저장기간 동안 소고기의 색도 및 갈변정도 변화

Day	Samples	L* (brightness)	a*	b*
0	Control (Outside)	15.68±0.73	27.01±1.44	24.46±0.10
	EPP box with EPS panel	15.68±0.73	27.01±1.44	24.46±0.10
	EPP box with VIP	15.68±0.73	27.01±1.44	24.46±0.10
3	Control (Outside)	12.04±0.50	12.76±0.33	19.66±0.75
	EPP box with EPS panel	18.40±1.64	24.88±2.30	24.96±0.85
	EPP box with VIP	17.44±0.59	25.58±0.63	24.92±0.35
5	Control (Outside)	-	-	-
	EPP box with EPS panel	14.01±0.72	12.92±0.55	20.01±0.48
	EPP box with VIP	18.72±1.61	21.43±1.84	22.08±0.57

⑦ 외관평가

- 3일차에서 외부 온도에 저장된 소고기는 높은 온도로 외부 표면이 건조한 상태가 되고 심하게 부패하여 육색이 변하였으며 5일차에서는 곰팡이 발생함
- EPS 패널에 적용된 소고기는 3일차에서 육색이 점차 변하기 시작하였으며 5일차에 심하게 부패한 모습 보임
- VIP 적용 패널에서 3일차에서는 육안으로 큰 변화는 확인할 수 없었으며 5일차에서 육색이 변한 것을 확인함

표. 저장기간 동안 소고기의 외관 변화

Day	Samples		
	control (outside)	EPP box with EPS panel	EPP box with VIP
0			
3			
5			

(다) 단열 용기를 적용한 수삼의 저장성 평가

○ 실험 재료 및 방법

- 수삼의 품질 변화 평가를 위해 금산인삼 4호 (4년근)를 한국인삼유통공사 (Chungcheongnam-do, Korea)에서 구입하여 갈변이나 손상된 수삼을 제거하여 선별된 버섯을 PET 용기에 300g 씩 담아 사용함
- 수삼을 저장하기 위한 단열 박스 샘플 구성은 아래 그림 1과 표 2에 나타냄
- 제작된 EPP 단열 박스는 20mm의 두께를 가지고 440*320*206mm 사이즈의 EPP 박스 내부에 20mm 두께의 VIP와 비교군으로 동일한 두께의 EPS 패널을 삽입하여 진행
- 단열 박스 내부에 인케이스를 넣어서 진행하였으며 샘플당 300g 수삼 1팩을 넣어서 진행

- 수삼의 품질 평가 저장기간은 6일동안 (0, 5, 6 day) 28±1 °C 창고에서 저장되어 평가를 진행함
- 단열 박스 내부 온도 변화 분석은 인케이스 내부에 온습도계 data logger (testo 174H, Testo Inc., Germany)를 넣어 저장기간 5일 동안 측정함. 대조군은 외부에 온습도계 data logger를 두어 측정함
- 단열 박스를 적용한 버섯의 품질변화 평가 항목으로는 중량감소율, 경도, 색도 (갈변정도), pH, 당도, 총균수, 외관품질을 진행함
- 수삼의 경도는 직경 5mm의 probe를 장착한 Texture analyzer (TA1, AMETEK sensor Co., USA)을 이용하여 수삼의 몸통부 10 mm 까지 20 mm/s 속도로 삽입할 때 저항 최대값을 N으로 표시하여 경도를 측정
- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter L (brightness)와 a* (+a red, -a green) 그리고 b* (+b yellow, -b blue) 값을 측정하였으며 아래 식을 이용하여 수삼의 갈변정도 (BI: Brown index)를 측정함

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.172}, \text{ where } x = \frac{a + 1.75L}{5.646L + a - 3.01b}$$

- 산도 (pH)는 수삼 샘플 5g을 증류수 10 ml에 넣어 Homogenizer (Ultra-Turex T 18, IKA, Germany)를 이용하여 분쇄 후 원심분리기 (FLETA 5, Hanil, Korea)를 통해 5000 rpm, 10분동안 원심분리 후 상층액을 pH meter (AB15pH, Fisher Scientific Co., USA)를 이용하여 측정하였으며 처리구당 3회 반복 실험함
- 당도는 수삼 샘플 5g을 증류수 10 ml에 넣어 Homogenizer (Ultra-Turex T 18, IKA, Germany)를 이용하여 분쇄 후 원심분리기 (FLETA 5, Hanil, Korea)를 통해 5000 rpm, 10분동안 원심분리 후 상층액을 당도계 (Master M, Atago Co., Japan)로 측정하여 Brix° 로 나타내었으며 처리구당 3회 반복 실험함
- 총균수는 수삼 샘플 10 g을 생리식염수 90 ml에 넣고 균질기 (Stomacher 400, Seward Ltd., France)를 사용하여 균질화 한 후 충분히 균질화된 용액을 10배씩 희석하여 효모 및 곰팡이용 배지인 PDA (Potato dextrose agar)에 1 ml씩 분주함
- 분주된 배지는 37 °C에서 48시간 배양 후 육안으로 콜로니 개수를 측정하여 log CFU/g으로 나타냄



(A)



(B)

그림. 단열 박스 적용 수삼 샘플 사진 (A) EPP box with EPS panel; (B) EPP box with VIP

표 270. 단열 박스 샘플 적용 구성 (수삼)

샘플	구성	
	단열재	냉매량
Control (Outside)	-	-
EPP box with EPS panel	EPS 패널	인케이스 외부 : 0℃ 3.4kg 인케이스 내부 : 5℃ 2.69kg
EPP box with VIP	VIP	인케이스 외부 : 0℃ 3.4kg 인케이스 내부 : 5℃ 2.69kg

○ 결과 및 고찰

① 단열 용기 내부 온도 변화

- 외부 온도는 저장 기간 동안 28 ± 1 °C 를 일정하게 유지한 모습 확인함
- VIP 적용 박스에서 120시간까지 5°C 이내의 온도유지를 보여주었으며 144시간까지 5.3°C 온도를 보여줌
- EPS 패널 적용 박스에서는 72시간부터 급격히 온도가 증가하여 120시간에서는 18°C, 144시간에서 21.5°C 까지 증가함

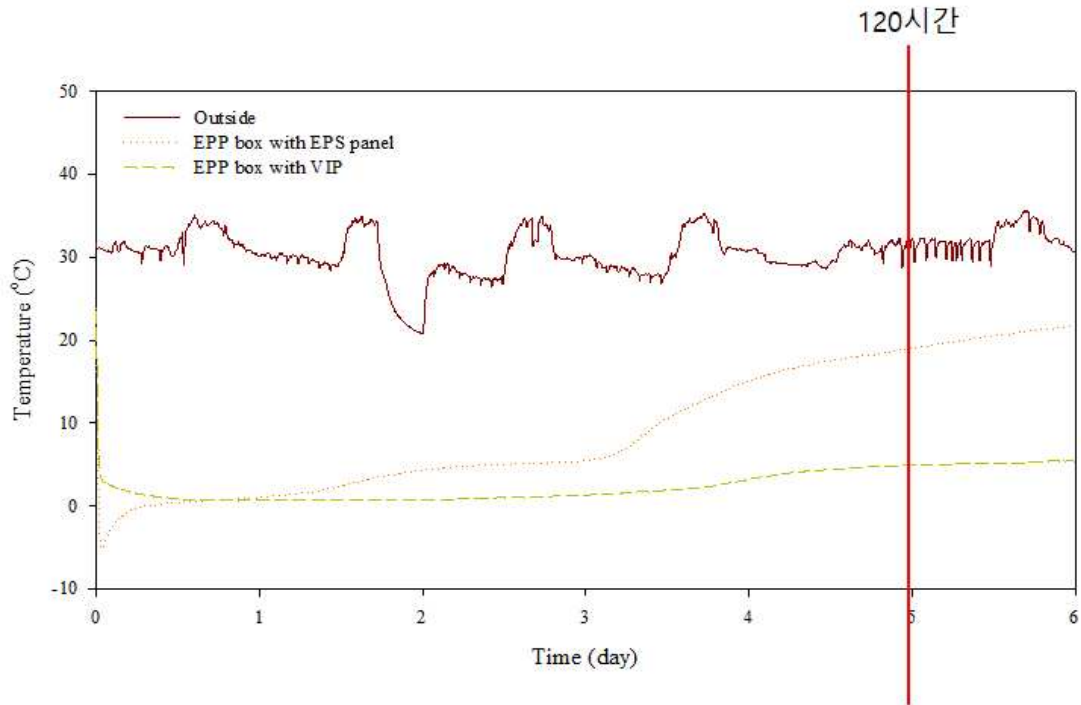


그림. 저장기간 동안 단열용기 내부 온도 변화

② 경도

- 0일차에서 수삼의 경도는 83.2 N을 보임
- 5일차에서 외부 온도에 저장된 수삼의 경도는 81.8 N을 보였으며 5일차에서 76.9N으로 점차적으로 감소함
- 6일차에서 EPS 패널 적용 수삼과 VIP 적용 수삼의 경도는 각각 87.0 N, 87.5 N으로 0일차의 경도를 유지한 것을 확인함

③ 총균수

- 0일차에서 수삼의 총균수는 4.0 log CFU/ml를 보임
- 5일차에서 외부 온도에 저장된 수삼의 총균수는 17.0 log CFU/ml 6일차에서 60.7 log CFU/ml 로 급격한 증가를 보임
- EPS 패널을 적용한 수삼은 6일차에서 19.3 log CFU/ml, VIP 적용 수삼에서는 6일차에서 12.31 log CFU/ml로 가장 낮은 총균수를 보임

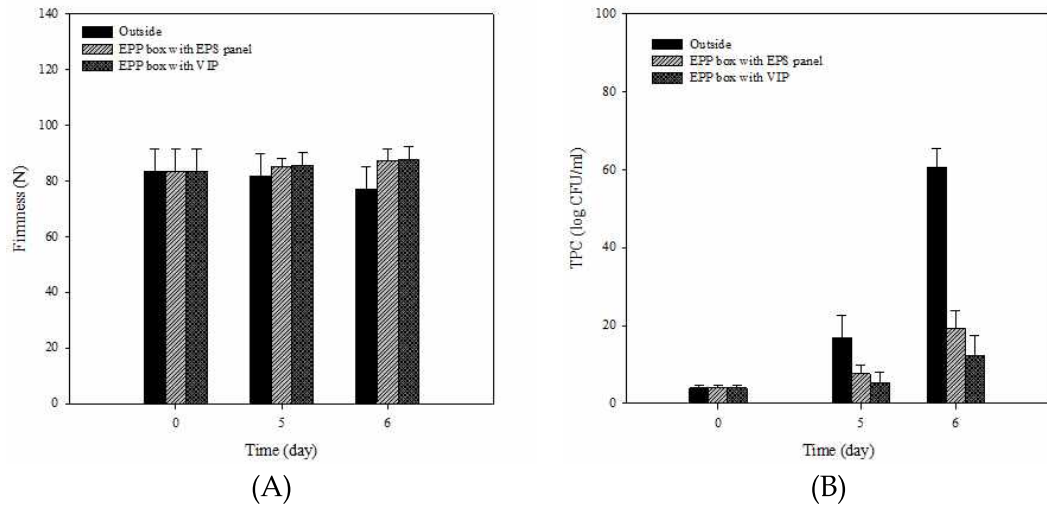


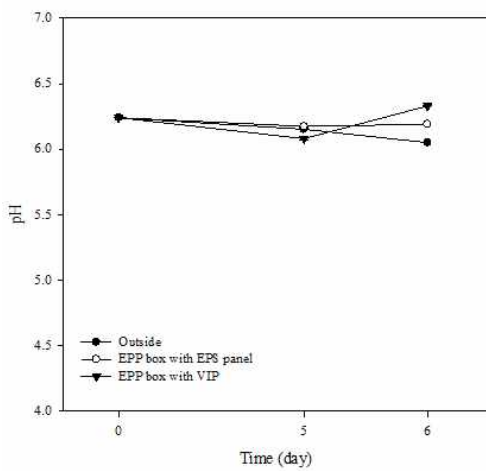
그림. 저장기간 동안 수삼의 품질변화 (A) 경도, (B) 총균수

④ 산도 (pH)

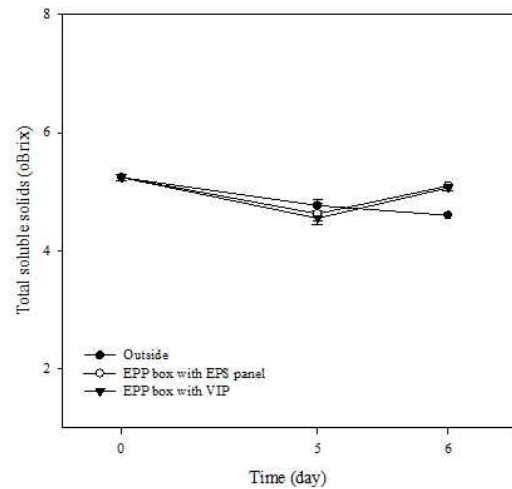
- 0일차 수삼의 pH는 6.24를 보임
- 모든 샘플에서 pH 변화의 유의적 차이는 보이지 않음
- EPS 패널을 적용한 수삼에서 5일차에 pH 6.17, 6일차에서 pH 6.19를 보임
- VIP 적용 수삼에서 5일차에 pH 6.08, 6일차에서 pH 6.33을 보임

⑤ 당도

- 0일차에서 수삼의 당도는 5.24 Brix° 를 보임
- 5일차에 모든 샘플에서 당도는 감소하였고 평균 4.6 Brix° 를 보임
- 6일차에서 외부 수삼의 경우 4.6 Brix° 를 보였고 EPS 패널 적용 수삼은 5.1 Brix° , VIP 적용 수삼은 5.07 Brix° 를 보임



(A)



(B)

그림. 저장기간 동안 수삼의 품질변화 (A) 산도 (pH), (B) 당도

⑥ 색도

- 0일차의 수삼의 갈변정도는 86.03을 보임

- 5일차에서 외부 온도에 저장된 수삼은 110.74로 가장 높은 갈변정도를 보였으며, EPS 패널 적용 수삼은 86.07, VIP 적용 수삼은 88.46으로 0일차와 유사한 갈변정도를 보임

- 6일차에서 외부 온도 적용 수삼은 124.55, EPS 패널 적용 수삼은 102.32를 보였으며 VIP 적용 수삼은 100.88로 가장 낮은 갈변정도를 보임

표. 저장기간 동안 수삼의 색도 및 갈변정도 변화

Day	Samples	L* (brightness)	BI (Browning index)
0	Control (Outside)	69.32±2.19	86.03±5.24
	EPP box with EPS panel	69.32±2.19	86.03±5.24
	EPP box with VIP	69.32±2.19	86.03±5.24
5	Control (Outside)	63.44±4.79	110.74±2.57
	EPP box with EPS panel	71.50±2.89	86.07±2.89
	EPP box with VIP	66.67±4.39	88.46±2.79
6	Control (Outside)	61.93±2.78	124.55±2.35
	EPP box with EPS panel	66.58±2.36	102.32±4.17
	EPP box with VIP	66.53±4.18	100.88±2.67

⑦ 외관품질

- 외부온도에 적용된 수삼의 경우 5일차에 육안으로 큰 변화를 확인 할 수 없었으며, 6일차에 몇몇 수삼에서 곰팡이가 발생함
- EPS 패널 적용 수삼과 VIP 적용 수삼에서는 6일차까지 육안으로 큰 변화는 확인 할 수 없음

표. 저장기간 동안 수삼의 외관 변화

Day	Samples		
	control (outside)	EPP box with EPS panel	EPP box with VIP
0			
5			
6			

(2) 대상 품목별 시제품 적용 현장 모니터링 평가

○ 연구목적

- 본 연구의 목적은 제작된 단열용기의 실제 효과 평가를 위해 현장 모니터링을 통해 유통 박스 내 일정 온도를 유지정도 확인 및 이에 따른 대상 품목별 품질 변화를 평가를 목적으로 함

(가) 버섯 현장 모니터링 평가 (호주, 브리즈번)

○ 실험 재료 및 방법

- 버섯의 품질 변화 평가를 위해 경상남도 창원군 버섯 농가에서 새송이 버섯을 (주)머쉬엠 (Gangwon-do, Korea)을 통해 구입하여 사용함
- 기존 버섯 수출 시 골판지 박스에 냉매제 없이 포장되어 항공으로 저온 유통됨
- 개발된 단일 박스 시제품과 비교를 위해 기존 버섯 수출에 이용되는 골판지 박스와 현장 모니터링을 진행함
- 단일 박스는 55mm의 두께를 가지고 440*320*206mm 사이즈의 EPP 박스 내부에 20mm 두께의 VIP 적용하였으며, 인케이스 내부에 버섯 500g 샘플 2개를 넣어서 진행
- 버섯의 품질 평가는 아래 표에 나타난 현장 모니터링 기간에 맞춰서 5일 동안 (0, 4, 5 day) 평가를 진행함

표. 현장 모니터링 스케줄 (버섯-브리즈번)

날짜	시간	일정	비고
11/26	14:00 -	농가 방문 후 버섯 포장 및 초기 버섯 평가 버섯 인천 공항 이동	
11월 27-28일	20:00 - 10:20	인천 - 시드니 이동	기상악화로 지연
11월 28일	12:50 - 14:20	시드니 - 브리즈번 이동	
11월 29일	15:00 - 18:00	바이어 접선 및 업무일정 안내	호주 검역측의 업무과다 통지
	05:00 - 13:00	검역 및 통관업무 동행 일정취소	
11월 30일	13:00 - 15:00	바이어 회의 및 변경일정 안내	
	05:00 - 07:00	검역 및 통관업무 동행	
	07:00 - 08:00	저장고 이동 및 등록절차 동행	
12월 1일	09:00 - 10:00	버섯 1차 품질평가 실시	
	14:00 - 15:00	버섯 2차 품질평가 실시	
12월 2일	18:05 - 19:40	브리즈번 - 시드니 이동	
	08:20 - 19:00	시드니 - 인천 이동	

- 단일 박스 및 기존 박스 내부 온도 변화 분석은 포장 내부에 온습도계 data logger (testo 174H, Testo Inc., Germany)를 넣어 저장기간 5일 동안 측정함
- 현장 모니터링 기간 동안 버섯의 품질변화 평가 항목으로는 중량감소율, 경도, 색도, 외관품질을 진행함
- 중량 감소율은 디지털 전자 밸런스 (MW-II series, CAS, Fullerton, USA)를 사용하여 버섯의 저장 초기 중량에서 저장 5일 동안 측정된 중량의 변화를 백분율 (%)로 나타냄
- 버섯의 경도는 직경 3mm의 probe를 장착한 경도계 (FR-5105, Lutron Co., Taiwan)을 이용하여 버섯의 몸통 내부 10 mm 까지 삽입할 때 나타나는 저항 최대값을 N으로 표시하여 경도를 측정
- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter L (brightness)와 a* (+a red, -a green) 그리고 b* (+b yellow, -b blue) 값을 버섯의 몸통 부분으로 측정하였으며 아래 식을 이용하여 버섯의 갈변정도 (BI: Brown index)를 측정함

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.172}, \text{ where } x = \frac{a + 1.75L}{5.646L + a - 3.01b}$$



(A)



(B)



(C)



(D)

그림. 현장 적용 모니터링 버섯 샘플 사진 (A) 버섯 포장 (파우치); (B) 버섯 포장 (트레이); (C) 기존 포장 형태; (D) 단일 박스 포장 형태

표. 단일 박스 샘플 적용 구성 (버섯)

샘플	구성	
	단열재	냉매량
Commercial packaging	골판지 박스	-
Insulation packaging	EPP 박스+VIP	인케이스 외부 : 0℃ 3.2kg 인케이스 내부 : 0℃ 0.68kg

○ 결과 및 고찰

① 포장 용기 내부 온도 변화

- 기존 포장재를 통해 유통된 샘플의 내부 온도는 외부 온도의 영향을 직접적으로 받아 온도 유지가 어려움
- 검역 및 통관 기간 동안 약 27℃ 까지 온도가 상승하였으며, 호텔에 저장시 28℃ 를 유지하는 것을 확인함
- 단일 용기를 적용한 샘플의 포장 내부 온도는 5일 차까지 0.5℃ 정도의 온도를 유지하였으며, 검역 및 통관 기간과 호텔 저장 기간 동안 상온의 노출에 되어도 낮은 온도 유지를 확인함

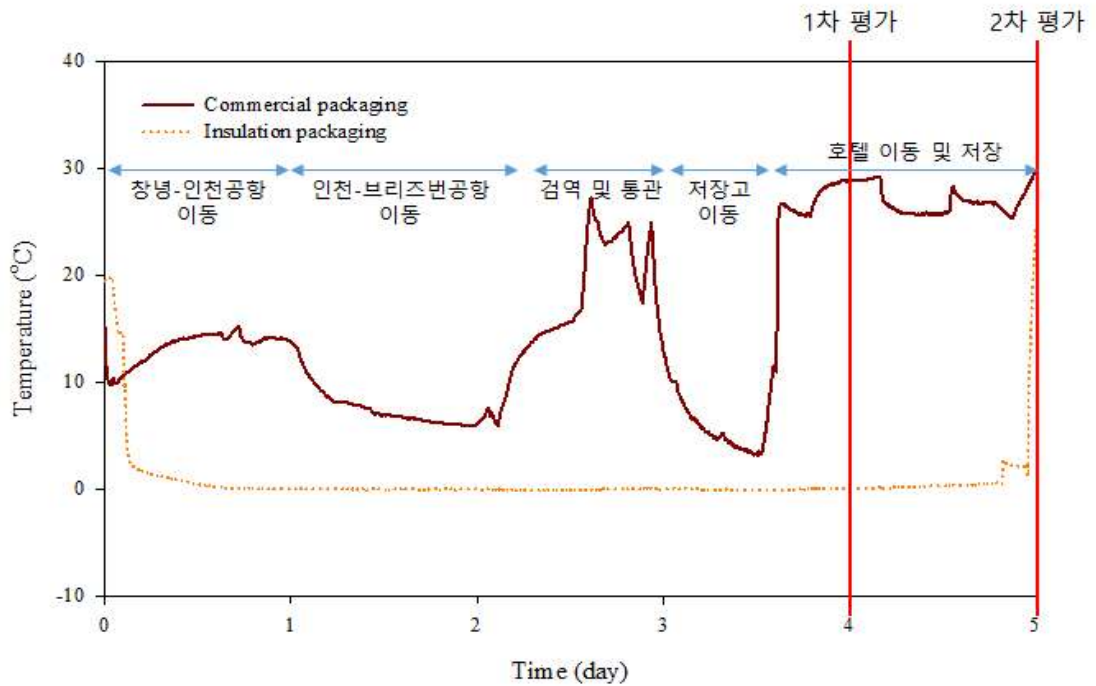


그림. 현장 모니터링 기간 동안 포장 내부 온도 변화 (버섯)

② 중량감소율

- 현장 모니터링 기간 동안 모든 샘플에서 1% 내의 중량 감소율을 보임
- 기존 포장재에 적용된 버섯은 4일차에 0.21 %, 5일차에 0.69 %의 중량 감소율을 보임
- 단열 포장재에 적용된 버섯은 4일차에 0.03%, 5일차에 0.06%로 낮은 중량감소율을 보임

③ 경도

- 0일차의 버섯의 경도는 8.9 N을 보임
- 기존 포장재에 적용된 버섯은 4일차의 8.4 N, 5일차의 7.0 N으로 감소하는 경향을 보임
- 단열 포장재에 적용된 버섯은 4일차의 9.6N, 5일차에 9.5 N으로 현장 모니터링 기간 동안 0일차의 경도와 큰 차이를 보이지 않음

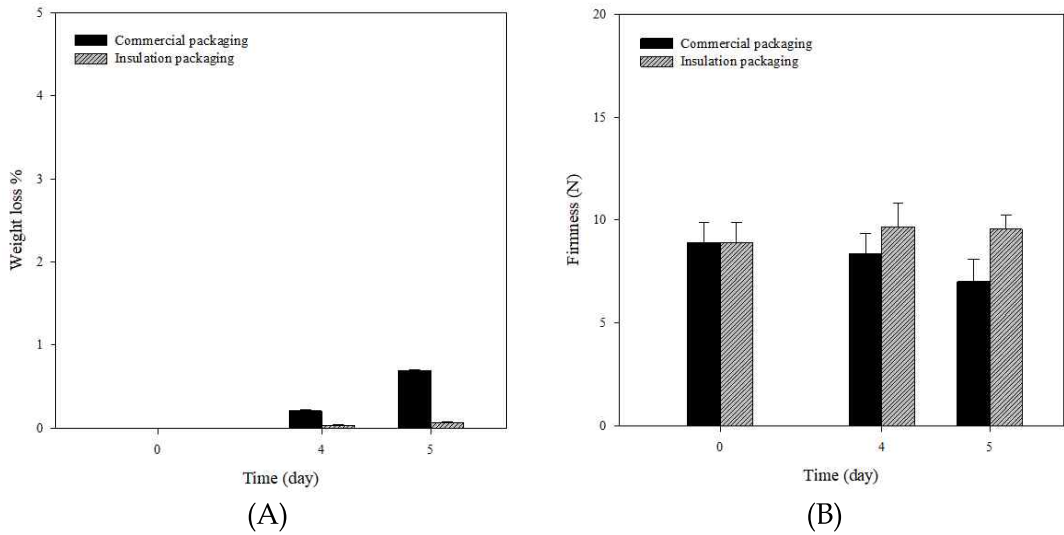


그림. 현장 모니터링 기간 동안 버섯의 품질 변화 (A) 중량감소율; (B) 경도

④ 색도

- 0일차에서 버섯의 갈변정도는 81.68, L값은 44.88을 보임
- 4일차에서 기존 포장재에 적용된 버섯은 143.40으로 증가된 갈변정도를 보였으며 단열포장재 적용 버섯은 85.98로 0일차의 갈변 정도와 큰 차이를 보이지 않음
- 5일차에서 기존 포장재 적용 버섯은 148.20, 단열 포장재 적용 버섯은 86.82의 갈변 정도를 보임







표. 현장 모니터링 기간 동안 버섯의 색도 및 갈변정도 변화

Day	Samples	L* (brightness)	BI (Browning index)
0	Commercial packaging	44.88±0.11	81.68±0.45
	Insulation packaging	44.88±0.11	81.68±0.45
4	Commercial packaging	36.22±1.80	143.40±0.56
	Insulation packaging	45.35±0.51	85.98±0.46
5	Commercial packaging	35.66±1.02	148.20±0.56
	Insulation packaging	43.96±2.33	86.82±1.32

⑤ 외관평가

- 현장 모니터링 기간 동안 버섯의 외관 품질은 육안으로 큰 차이를 보이지 않음
- 기존 포장재로 적용된 버섯은 5일차에서 약간의 갈변 현상을 보임
- 단열 용기에 포장된 버섯은 5일차까지 외관적으로 큰 변화 보이지 않음

표. 현장 모니터링 기간 동안 버섯의 외관 변화

Day	Samples	
	Commercial packaging	Insulation packaging
0		
4		
5		

(나) 신선육 현장 모니터링 평가 (중국, 청도)

○ 실험 재료 및 방법

- 소고기의 품질 변화 평가를 위해 한우 등심을 동탄 하나로마트 (Gyeonggi-do, Korea)에서 구입하여 사용함
- 기존 한우 유통은 EPS 박스에 냉매제 1개를 포함하여 진행됨
- 개발된 단열 박스 시제품과 비교를 위해 기존 한우 유통에 이용되는 EPS 박스와 동시에 현장 모니터링을 진행함
- 단열 박스는 55mm의 두께를 가지고 440*320*206mm 사이즈의 EPP 박스 내부에 20mm 두께의 VIP 적용하였으며, 인케이스 내부에 한우 약 700g 샘플 3개를 넣어서 진행

- 한우의 품질 평가는 아래 표에 나타낸 현장 모니터링 기간에 맞춰서 5일 동안 (0, 4, 5 day) 평가를 진행함

표. 현장 모니터링 스케줄 (한우-청도)

날짜	시간	일정	비고
12월 3일	09:00 -	한우 포장 및 초기 품질 평가 한우 인천 공항 이동	
12월 7일	08:45 - 09:20	인천공항 - 중국 청도공항 이동	
	09:50 - 10:20	청도공항 - KCL 청도 지사 이동	
	10:30 - 13:00	소고기 1차 품질 평가 실시	
12월 8일	11:00 - 12:00	소고기 2차 품질 평가 실시	
	15:30 - 16:30	중국 청도 공항 이동	
	20:30 - 22:50	중국 청도 공항 - 인천공항 이동	

- 단열 박스 및 기존 박스 내부 온도 변화 분석은 포장 내부에 온습도계 data logger (testo 174H, Testo Inc., Germany)를 넣어 저장기간 5일 동안 측정함
- 현장 모니터링 기간 동안 한우의 품질변화 평가 항목으로는 중량감소율, 경도, 색도, 외관품질을 진행함
- 중량 감소율은 디지털 전자 밸런스 (MW-II series, CAS, Fullerton, USA)를 사용하여 한우의 저장 초기 중량에서 저장 5일 동안 측정된 중량의 변화를 백분율 (%)로 나타냄
- 한우의 경도는 직경 3mm의 probe를 장착한 경도계 (FR-5105, Lutron Co., Taiwan)을 이용하여 한우 내부 10 mm 까지 삽입할 때 나타나는 저항 최대값을 N으로 표시하여 경도를 측정
- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter L (brightness)와 a* (+a red, -a green) 그리고 b* (+b yellow, -b blue) 값을 측정



(A)



(B)



(C)

그림. 현장 적용 모니터링 소고기 샘플 사진 (A) 한우 포장; (B) 기존 포장 형태; (C) 단열 박스 포장 형태

표. 단열 박스 샘플 적용 구성 (소고기)

샘플	구성	
	단열재	냉매량
Commercial packaging	EPS 박스	SAP 냉매제 1개
Insulation packaging	EPP 박스+VIP	인케이스 외부 : 0℃ 3.2kg
		인케이스 내부 : 5℃ 0.63kg

○ 결과 및 고찰

① 단열 용기 내부 온도 변화

- 기존 포장재를 통해 유통된 샘플의 내부 온도는 인천에서 청도 공항 이동시까지 약 8℃ 정도의 내부 온도를 보였으며 KCL 청도 지사 도착 후부터 4일차까지 약 16℃까지 온도 상승을 보임
- 기존 포장재의 경우 냉매제 부족과 외부 온도의 영향을 직접적으로 받아 온도 유지가 어려운 것으로 판단됨

- 단열 용기를 적용한 샘플의 포장 내부 온도는 5일 차까지 약 0°C 정도의 온도를 유지하였으며, KCL 청도지사 도착 후 보관 기간과 호텔 저장 기간 동안 상온의 노출에 되어도 낮은 온도 유지를 확인함

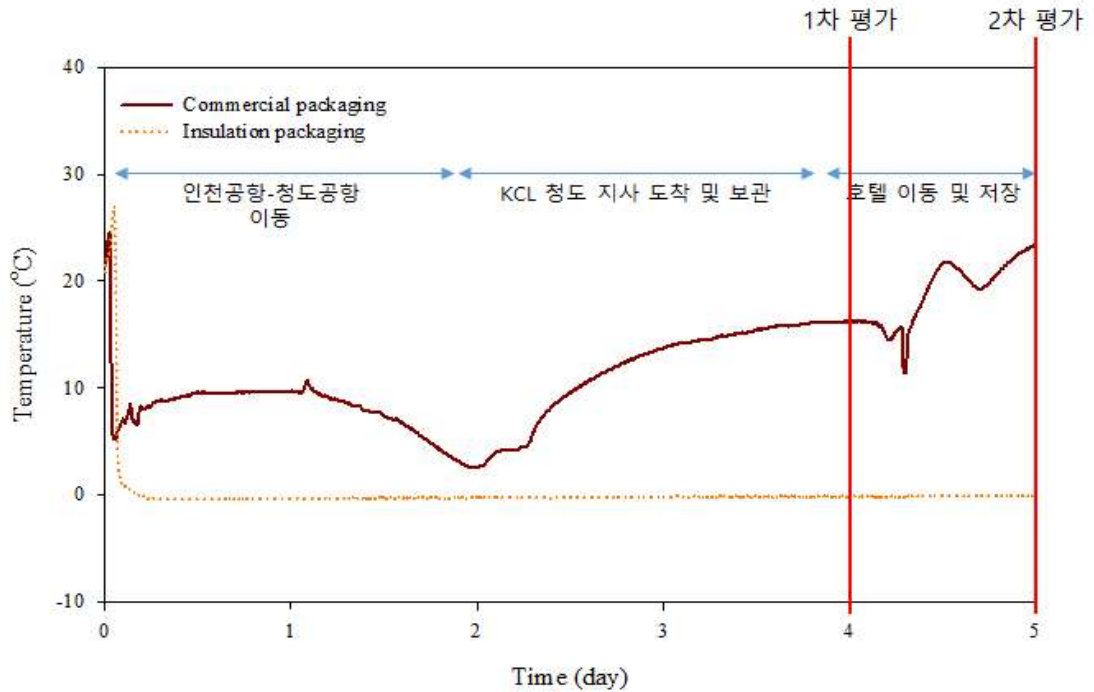


그림. 현장 모니터링 기간 동안 포장 내부 온도 변화 (소고기)

② 중량감소율

- 현장 모니터링 기간 동안 모든 샘플에서 1% 내의 중량 감소율을 보임
- 기존 포장재에 적용된 소고기는 4일차에 0.18 %, 5일차에 0.24 %의 중량 감소율을 보임
- 단열 포장재에 적용된 버섯은 4일차에 0.06%, 5일차에 0.10%로 낮은 중량감소율을 보임

③ 경도

- 0일차의 소고기의 경도는 9.8 N을 보임
- 기존 포장재에 적용된 소고기는 4일차 9.4 N, 5일차에서 9.3 N으로 저장기간 동안 0일차의 경도와 유사한 값을 보임
- 단열 포장재에 적용된 소고기 4일차의 10.8 N, 5일차에 10.9 N으로 현장 모니터링 기간 동안 0일차에 비해 1 N 정도 경도가 증가하는 값을 보임

- 저온에 노출되어 소고기 내부가 얼어 경도 값이 증가한 것으로 판단됨

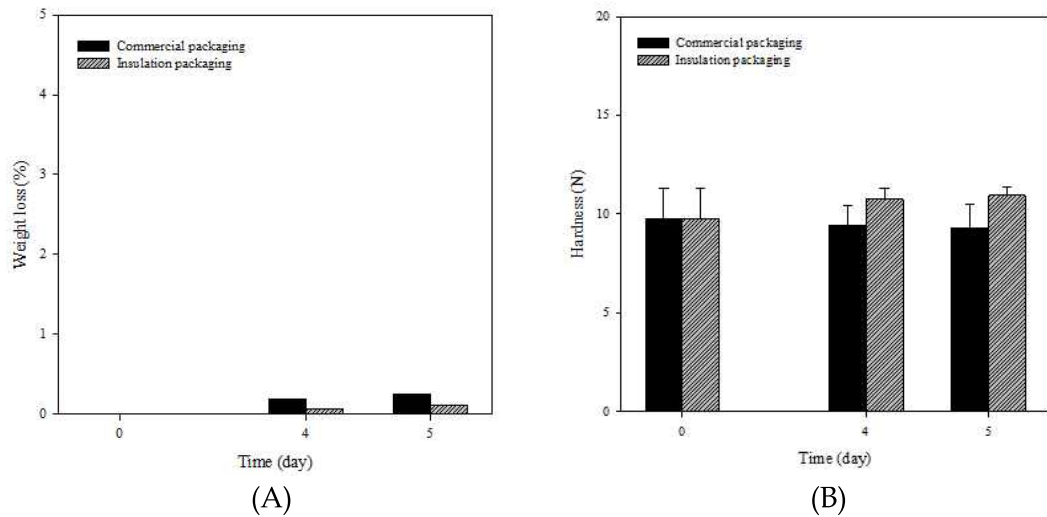


그림. 현장 모니터링 기간 동안 소고기의 품질 변화 (A) 중량감소율; (B) 경도

④ 색도

- 0일차에서 소고기의 L값은 20.29 ± 0.456 , a^* 값은 27.30 ± 1.21 을 보임
- 저장기간 동안 L, a^* , b^* 값 모두 감소하는 경향을 보였으나, 기존 박스에 적용된 소고기의 비해 단열 용기에 적용된 소고기에서 색차 변화가 적음
- 4일차에서 기존 박스에 저장된 소고기의 L값은 17.52 ± 0.82 로 감소하였고 단열용기 적용 소고기는 22.58 ± 1.47 값을 보임
- 4일차에서 기존 박스 적용 소고기는 a^* 는 20.3 ± 0.86 , b^* 값은 21.75 ± 0.50 로 붉은 빛이 사라진 모습을 보임
- 단열 용기 적용 소고기는 4일차에서 a^* 24.28 ± 1.52 , b^* 23.73 ± 0.36 으로 기존 박스 소고기와 비교하여 적은 변화를 보임







표. 저장기간 동안 소고기의 색도 변화

Day	Samples	L* (brightness)	a*	b*
0	Commercial packaging	20.29 ± 0.46	27.03 ± 1.21	25.68 ± 1.00
	Insulation packaging	20.29 ± 0.46	27.30 ± 1.21	25.68 ± 1.00
4	Commercial packaging	17.52 ± 0.82	20.3 ± 0.86	21.75 ± 0.50
	Insulation packaging	22.58 ± 1.47	24.28 ± 1.52	23.73 ± 0.36
5	Commercial packaging	18.31 ± 1.36	22.35 ± 0.47	22.93 ± 0.28
	Insulation packaging	22.26 ± 2.62	23.13 ± 0.28	23.08 ± 0.23

⑤ 외관평가

- 4일차에서 기존 박스에 적용된 소고기는 내부 온도 상승에 의해 핏물이 발생하였으나 단열 용기에 적용된 소고기에서는 핏물 발생 없이 0일차와 동일하게 신선한 상태를 유지함
- 5일차에서 기존 박스 적용 소고기는 4일차와 마찬가지로 핏물이 발생하였으며 단열 용기에서도 약간의 핏물이 발생함

표. 저장기간 동안 소고기의 외관 변화

Day	Samples	
	Commercial packaging	Insulation packaging
0		
4		
5		

(다) 수삼 현장 모니터링 평가 (한국, 제주도)

○ 실험 재료 및 방법

- 수삼의 품질 변화 평가를 위해 재래시장에서 고려인삼을 구입하여 사용함
- 기존 수삼 판매는 카톤 박스에 신문지를 넣어 냉매제 없이 포장되며 유통시 골판

지 박스를 통해 유통됨

- 개발된 단일 박스 시제품과 비교를 위해 기존 수삼 유통에 이용되는 골판지 박스를 이용하여 현장 모니터링을 진행함
- 단일 박스는 55mm의 두께를 가지고 440*320*206mm 사이즈의 EPP 박스 내부에 20mm 두께의 VIP 적용하였으며, 인케이스 내부에 수삼 약 160g 샘플 1개를 넣어서 진행
- 수삼의 품질 평가는 아래 표에 나타난 현장 모니터링 기간에 맞춰서 6일 동안 (0, 6 day) 평가를 진행함

표 . 현장 모니터링 스케줄 (수삼-제주도)

날짜	시간	일정	비고
12/13	09:30~13:30	- 경기도 오산에 위치한 전문점에서 수삼구입 - 주관기관에서 포장	수삼 개발용 용기 (3박스) 비교용 일반 포장 (2박스)
	14:00~15:30	김포공항 화물 터미널로 이동하여 택배배송	배송회사 : 제주로지스틱스
12/14~16	-	*김포공항에서 제주도로 이동 제주도 제주로지스틱스에 사무실에 보관	
12/17	-	*제주도에서 당초 항공기로 이동하려고 하였으나 통관문제로 배로 이동	제주도 세관에서 온도센서의 배터리 문제 통관이 안됨
12/19	13:00	연구원 수삼상태 확인	144시간(수삼상태확인)

- 단일 박스 및 기존 박스 내부 온도 변화 분석은 포장 내부에 온습도계 data logger (testo 174H, Testo Inc., Germany)를 넣어 저장기간 6일 동안 측정함
- 현장 모니터링 기간 동안 수삼의 품질변화 평가 항목으로는 중량감소율, 경도, 색도, 외관품질을 진행함
- 중량감소율은 디지털 전자 밸런스 (MW-II series, CAS, Fullerton, USA)를 사용하

여 수삼의 저장 초기 중량에서 저장 6일 동안 측정된 중량의 변화를 백분율 (%)로 나타냄

- 수삼의 경도는 직경 3mm의 probe를 장착한 경도계 (FR-5105, Lutron Co., Taiwan)을 이용하여 수삼의 몸통 내부 10 mm 까지 삽입할 때 나타나는 저항 최대값을 N으로 표시하여 경도를 측정
- 색도는 색차계 (CR-10, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter L (brightness)와 a* (+a red, -a green) 그리고 b* (+b yellow, -b blue) 값을 측정하였으며 아래 식을 이용하여 수삼의 갈변정도 (BI: Brown index)를 측정함

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.172}, \text{ where } x = \frac{a + 1.75L}{5.646L + a - 3.01b}$$



(A)



(B)

(C)

(D)

그림. 현장 적용 모니터링 버섯 샘플 사진 (A) 수삼 1차 포장; (B) 단열박스용 수삼 포장; (C) 단열 박스 포장 형태; (D) 단열 박스 포장 형태,

표. 단열 박스 샘플 적용 구성 (버섯)

샘플	구성	
	단열재	냉매량
Commercial packaging	-	-
Insulation packaging	VIP	인케이스 외부 : 0°C 3.4kg 인케이스 내부 : 5°C 2.69kg

○ 결과 및 고찰

① 단열 용기 내부 온도 변화

- 기존 포장재를 통해 유통된 샘플의 내부 온도는 외부 온도의 영향을 직접적으로 받아 온도 유지가 어려움
- 제주도 루트를 이동하는 동안 약 10 °C 까지 온도가 상승하였으며, 김포공항으로 이동해서 FMS에 도착할 때까지 최고 17 °C까지 온도가 상승함
- 단열 용기를 적용한 샘플의 포장 내부 온도는 6일 차까지 0.5°C 정도의 온도를 유지하였으며, 제주도 및 김포공항 이동 기간 동안 상온의 노출에 되어도 낮은 온도 유지를 확인함

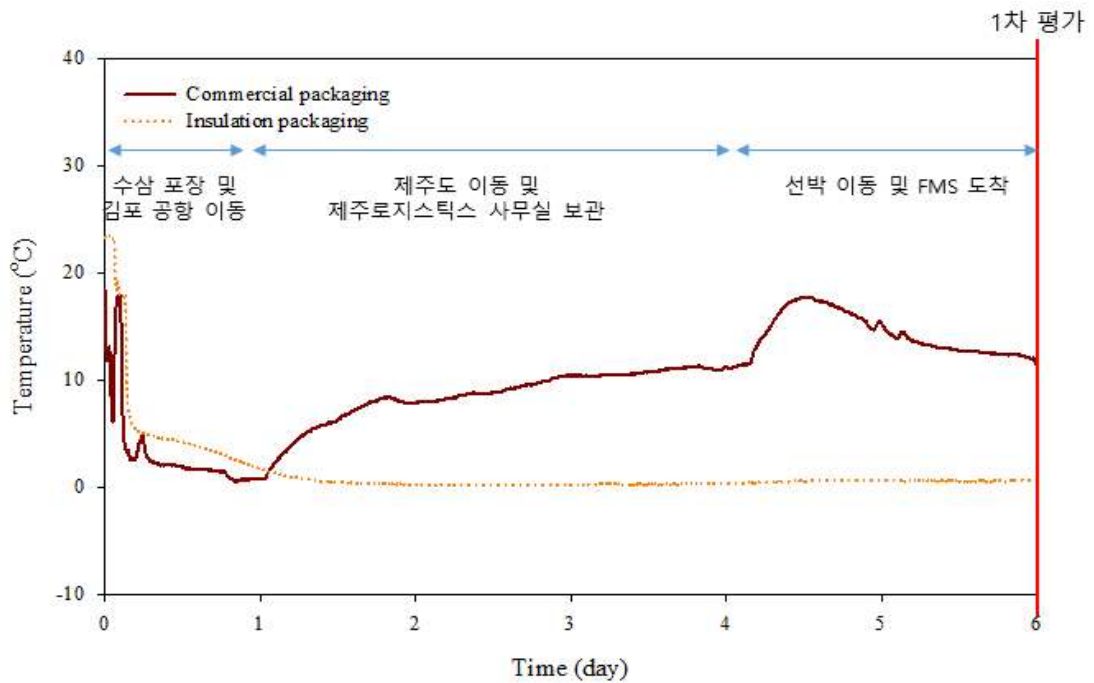


그림 . 수삼 장거리 현장 모니터링 기간 동안 포장 내부 온도 변화

② 중량감소율

- 현장 모니터링 기간 동안 모든 샘플에서 1% 내의 중량 감소율을 보임
- 6일차에 기존 포장재에 적용된 수삼은 0.58 %, 단열 포장재에 적용된 수삼은 0.14%로 낮은 중량감소율을 보임

③ 경도

- 0일차의 버섯의 경도는 27.92 N을 보임

- 6일차의 기존 포장재에 적용된 수삼은 22.58 N, 0일차에 비해 약 5.4 N 정도의 경도 감소를 보임
- 단열 포장재에 적용된 수삼은 6일차에서 25.10 N, 0일차에 비해 약 2.8 N 의 감소를 보임

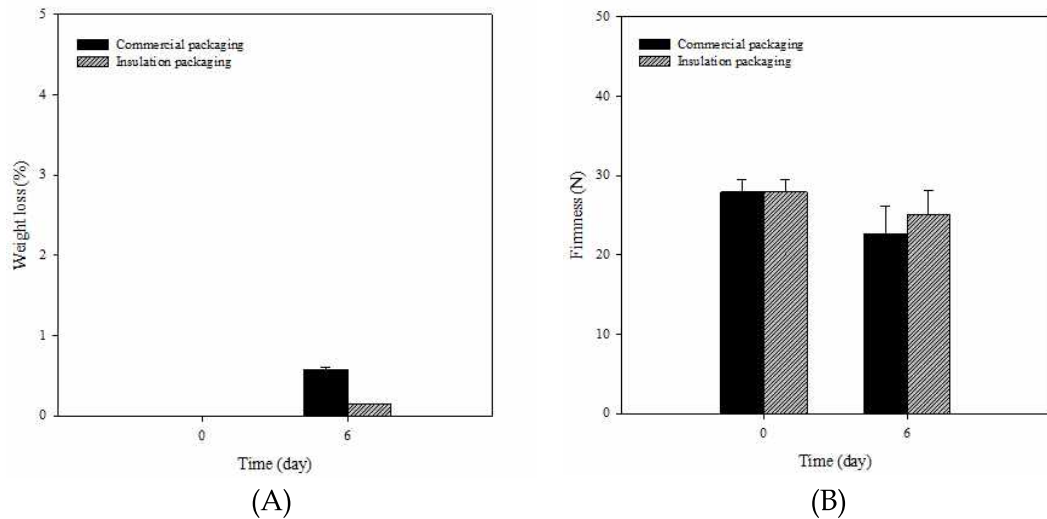


그림.. 현장 모니터링 기간 동안 수삼의 품질 변화 평가

④ 색도

- 0일차에서 수삼의 갈변정도는 135.85 ± 0.53 , L값은 40.28 ± 1.23 을 보임
- 6일차에서 기존 포장재에 적용된 수삼은 138.49 ± 0.55 로 약간 증가된 갈변정도를 보였으며 단열포장재 적용 수삼은 134.86 ± 0.54 으로 0일차의 갈변 정도와 큰 차이를 보이지 않음
- 6일차에서 기존 포장재 적용 수삼은 39.93 ± 1.46 , 단열 포장재 적용 수삼은 41.01 ± 0.91 L* 값을 보임





표. 현장 모니터링 기간 동안 수삼의 색도 및 갈변정도 변화

Day	Samples	L* (brightness)	BI (Browning index)
0	Commercial packaging	40.28 ± 1.23	135.85 ± 0.53
	Insulation packaging	40.28 ± 1.23	135.85 ± 0.53
6	Commercial packaging	39.93 ± 1.46	138.49 ± 0.55
	Insulation packaging	41.01 ± 0.91	134.86 ± 0.54

⑤ 외관평가

- 현장 모니터링 기간 동안 수삼의 외관 품질은 육안으로 큰 차이를 보이지 않음
- 기존 포장재로 적용된 수삼은 6일차에서 약간의 갈변 현상을 보임
- 단열 용기에 포장된 수삼은 6일차까지 외관적으로 큰 변화 보이지 않음

표. 저장기간 동안 수삼의 외관 변화

Day	Samples	
	Commercial packaging	Insulation packaging
0		
6		

⑥ 기타 보완 사항

- 과제 목표 중 lab scal의 저장 중 품목별 품질 변화는 국내외 논문을 기반으로 품질 변화 평가에 가장 많이 활용되는 평가 방법을 선정하여 진행하였으며 품목별로 품질 지표 변화 평가 방법이 추가적으로 있으나, 현재 연구실에서 보유한 장비로 가능한 평가 방법을 모색하여 진행함.
- 또한 현장 모니터링 기간 동안의 품질 변화 평가에 대해서는 한정 된 휴대용 실험기기로 인해 가능한 품질 평가를 진행하였음.

제 3절. 연구개발 성과

1. 국내외 논문 게재

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일	등록번호
1	Microwave-assisted step reduced extraction of seaweed (Gelidiella acerosa) cellulose nanocrystals	International journal of biological macromolecules	Suman singh	30	국외	Elsevier	SCI	2017.03.04	
2	Thermally buffered corrugated packaging for preserving the postharvest freshness of mushrooms	Journal of food engineering	Suman singh	216	국외	Elsevier	SCI	2017.07.21	
3	Microwave-assisted micro-encapsulation of phase change material using zein for smart food packaging applications	Journal of thermal analysis and calorimetry	Suman singh	131	국외	Springer	SCI	2017.10.25	
4	Temperature-regulating materials for advanced food packaging applications: a review	Journal of food measurement and characterization	Suman singh	12	국외	Springer	SCIE	2017.10.24	
5	Temperature sensitive smart packaging for monitoring the shelf life of fresh beef	Journal of food engineering	Suman singh	234	국외	Elsevier	SCI	2018.04.10	

2. 국내 및 국제학술회의 발표

No	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	한국 포장학회 제 50회 학술대회 (Application of bio based PCM for shipment of high value food)	Suman Singh	2016-10-20	제주도	한국
2	한국 포장학회 제 51회 학술대회 (Properties of zein based thermal regulating material for food packaging application)	Suman Singh	2017-04-20	일산	한국
3	IFT 17 (Novel zein-based thermal regulating system for food packaging applications)	Suman Singh	2017-06-26	Las Vegas, Nevada	America
4	제 52회 포장학회 정기 학술대회 신선 농수산물 장기 배송을 위한 진공 단열재 개발	윤찬석	2017-10-18	국가식품 클러스터	대한민국
5	한국 포장학회 제 53회 학술대회 (Thermal insulation of vacuum impregnated EG/RS coated EPP box for quality maintenance of fresh beef)	Myungho Lee	2018-04-19	일산	한국

3. 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

No	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
1	보냉용 포장 상자	대한민국	에프엠에스코리아	2018.02.14	10-2018-0018320	에프엠에스코리아	2018.10.16	10-1910860	100%
2	진공 단열 패널용 복합 필름, 이를 포함한 진공 단열 패널 및 진공 단열 패널용 복합필름의 제조 방법	대한민국	국가식품클러스터지원센터	2018.12.21	10-2018-0167900	-	-	-	100%

4. 기술요약정보

연도	기술명	요약내용	기술완성도	등록번호

5. 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록번호
2017	1	2017.10.31	
2018	2	2017.12.31	

6. 기타

연도	내용	취득일	자격번호
2018	포장기술사(서상욱)	2018.05.24	18114010611C

제 4 절. 연구결과

1. 기술적 성과

- 상변화물질 (PCM)의 온도유지(잠열량)에 대한 성능과 포장재의 단열성능 적용 연구를 통해 신선 식품의 국내외 택배 발송 가능성 확인
- 진공단열재 (VIP)를 적용한 단열 용기를 이용하여 고부가가치 제품군 (버섯, 신선육, 약용작물)의 품질 평가를 통해 저온 유통의 가능성 확보

2. 경제적 성과

- 사업화 성과

항목	세부항목		성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	25억원
		관련제품	개발후 현재까지	10억원
			향후 3년간 매출	50억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : - 국외 : -
			향후 3년간 매출	국내 : 7.3 % 국외 : 0.5 %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 20% 국외 : -
			향후 3년간 매출	국내 : 10 % 국외 : 0.8 %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		- 위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		5위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	종료후 1년			
	소요예산(백만원)	500			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
			25	50	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내		7.3	12
국외			0.8	1	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	IoT온도센서를 적용한 모니터링 서비스 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	-	-	-	
	수 출	-	20	70	

제 3 장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1절. 목표

1. 최종 목표

- 고가의 신선 농축산물에 대한 배송 및 시장 분석을 통한 농축산물 택배유통 활성화 제시
 - 적용품목 : 고급 신선육, 신선약용작물 , 송이버섯
 - 적용품목에 대한 수요처, 배송 및 시장현황 분석
 - 개발 보냉용기의 적정 제조원가 분석을 통한 시장경쟁력 확보
 - 온라인 직거래 활성화 및 개발용기 확산을 위한 사업화 시나리오 제시

- 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발
 - 외부온도 35℃의 환경에서 내부온도 4~10℃ 유지
 - 최소 72시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발
 - 개발용기의 가격 경쟁력 확보를 위한 두께 및 외피재의 구조 최적화

적용품목	보관온도	지속시간
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간

표 1. 적용품목에 따른 보관온도와 지속시간 기준(최종목표)

- 최적 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 기술 적용 및 보냉팩 개발
 - 적용 품목별 목표 보냉온도 유지를 위한 최적의 상변화 물질 기술 적용
 - 원가 절감을 위한 최적의 상변화물질(PCM) 전용 파우치 개발
 - 개발 보냉팩의 성능평가 (보냉성 및 내화학적, 물리적 안전성 등)

- 택배 배송용 패키징 구조설계 및 디자인 개발
 - 유통물류환경에서 대상화물의 안전성 , 경제성을 고려한 최적설계
 - 시각디자인, 편의성을 고려한 디자인 개발
 - 내용물의 선도 및 유통 안전성 검증을 위한 성능평가 (시험실 평가 및 택배 배송을 통한 실증)

○ 사업화지표 및 연구기반 지표 달성

사업화 지표	연구기반 지표	전략 성과
특허등록 2건	SCI급 논문 3편	개발기술 확산을 위한 사업화 시나리오 1부
기술이전 1건		
제품화 3건	KCI급 논문 2편	
고용창출 1건		

표. 연구성과 목표 정리

○ 저가형 진공 단열재 특허 등록

- 투명 외피재를 사용하고 내부의 진공도나 잔여 가스에 대한 지시계(indicator)를 두어 진공단열재의 성능을 육안으로 확인 가능하게 하여 궁극적으로 용기의 성능과 배송 중 보냉 효율의 저하를 억제할 수 있는 스마트한 기술을 적용한 진공 단열재 개발을 진행 할 예정이며 이를 지적재산권으로 확보

2. 세부 목표

○ 저가형 진공단열재용 외피재(Envelope) 개발

- 내부 진공도 및 열전도율에 직접적인 영향을 주는 산소 및 수분에 대한 차단성을 최적화하기 위하여 차단성 소재, 복합다층필름의 구조 등을 고려
- WVTR(Water Vapor Transmission Rate) : 0.8 g/m²·24hr 이하
- OTR(Oxygen Transmission Rate) : 0.5 cc/m²·24hr 이하
- 합지강도 : 0.6kgf 이상

○ 저가형 외피재를 적용한 진공단열재 개발

- Thermal Conductivity : 5.0 ~ 10.0 mW/mK
- 내구성능 : 1년 이상
- 원가경쟁력 확보 : 1.2 만원/m² 이하

○ 최적의 상변화물질(PCM) 및 보냉팩 개발

- -2°C PCM: 잠열량 250J/g, 0°C PCM: 잠열량 300J/g , 5°C PCM: 잠열량 180J/g
- 과냉각율 : 3%이내
- 내구성 : 800cycle , 98% 유지

○ 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발

적용품목	보관온도	지속시간
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간

표. 적용품목에 따른 보냉유지 단열용기 세부목표

- 압축강도 : 15kN 이상
- 낙하시험 : 파손없음
- 온도유지 성능검증 : 외기 35℃ 조건 / 최소 72시간 ~ 최대 120시간
- ISTA 인증 : ISTA 1A 인증서

제 2절. 목표 달성 여부

1. 최종 목표 달성 여부

최종 목표	달성도(%)	연구개발수행내용
고가의 신선 농축산물에 대한 배송 및 시장현황 분석을 통한 농축산물 택배유통 활성화 제시	100	<ul style="list-style-type: none"> - 적용품목(고급 신선육, 신선약용작물, 송이버섯)에 대한 수요처, 배송 및 시장현황 분석완료 - 개발 보냉용기의 적정 제조원가 분석 완료 - 온라인 직거래 활성화 및 개발용기 확산을 위한 사업화 시나리오 제시
글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - ISTA 7E 조건에서 목적온도 유지 용기 개발 - 최소 72시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발 - 개발용기의 가격 경쟁력 확보를 위한 두께 및 외피재의 구조 최적화
최적 상변화물질 (PCM, Phase Change Material) 기술 적용 및 보냉팩 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 적용 품목별 목표 보냉온도 유지를 위한 최적의 상변화 물질 기술 적용 - 원가 절감을 위한 최적의 상변화물질(PCM) 전용 보냉팩 개발 - 개발 보냉팩의 성능평가 (보냉성 및 내화학성, 물리적 안전성 등)
택배 배송용 패키징 구조설계 및 디자인 개발	100	<ul style="list-style-type: none"> - 유통물류환경에서 대상화물의 안전성, 경제성을 고려한 최적설계 - 시각디자인, 편의성을 고려한 디자인 개발 - 내용물의 선도 및 유통 안전성 검증을 위한 성능평가 (시험실 평가 및 택배 배송을 통한 실증)
사업화지표 및 연구기반 지표 달성		<ul style="list-style-type: none"> - 사업화지표 · 특허등록 : 2건

		<ul style="list-style-type: none"> · 기술이전 : 1건 · 제품화 : 3건 · 고용창출 : 1건 -연구기반지표 · SCI급 논문 3편 · 비SCI급 논문 2편 - 전략성과 · 사업화 시나리오 1부
저가형 진공 단열재 특허 등록		- 진공 단열 패널용 복합 필름, 이를 포함한 진공 단열 패널 및 진공 단열 패널용 복합필름의 제조 방법 출원(출원번호10-2018-0167900)

2. 세부 목표 달성 여부

평가 항목 (주요성능 Spec)		단위	성능수준	달성도(%)	평가 방법
진공 단열재 (VIP)	1. WVTR (외피)	g/m ² ·24hr	0.8 g/m ² ·24hr	100	ISO 15106-3 / ASTM F 1249
	2. OTR(외피)	cc/m ² ·24hr	0.5 cc/m ² ·24hr	100	ASTM D 3985 / ASTM F 1927
	3. 열전도율(VIP)	W/(m · k)	5.0~10.0 mW/mK 수준	100	KS M 3808, 3809 / KS L 9106
	4. 합지강도	kgf	0.6 kgf 이상	100	KS T 1329 / KS M ISO 11339
상변화 물질 보냉팩 (PCM)	5. 잠열량(-2℃)	J/g	250 J/g	100	KS M ISO 11357-3
	6. 잠열량(0℃)	J/g	300 J/g	100	공인 시험성적서
	7. 잠열량(5℃)	J/g	180 J/g	100	
	8. 과냉각률	%	3 % 이내	100	
	9. 내구성	cycle	800 cycle	100	
보냉용 기 성능	10. 낙하시험	-	파손 없음	100	KS T 1304 / ASTM D 4169
	11. 압축강도(적재)	kN	변형 없음	100	
	12. 운송진동	-	성능 유지	100	
	13. 온도유지성능	-	4℃~10℃ / Min 72Hr~ Max 120Hr	100	ISTA Procedure 7D
	14. 열전도율	W/(m · k)	18 mW/mK	100	KS M 3808, 3809 /KS L 9106
	15. 국제안전수송협회 인증	-	파손 없음, 성능유지	100	ISTA 1A 인증서

3. 사업화 및 연구기반 지표

(단위 : 백만원, 건수)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표-								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍 보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SCI	비 SCI						
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
최종목표	-	2	-	1	-	3	-	-	1	-	-	3	2	-	-	-	-		
1차년도	목표	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-		
	실적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
2차년도	목표	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-		
	실적	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	4	-	-	3	-	-		
3차년도	목표	-	1	-	1	-	2	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-		
	실적	1	-	-	1	-	2	-	-	-	1	1	(1)	-	-	-	3		
소계	목표	-	2	-	1	-	3	-	-	1	-	3	2	-	-	-	-		
	실적	1	1	-	1	-	3	-	-	1	-	5	(1)	-	5	-	-		
종료 1차년도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
종료 2차년도	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	4	-	-	3	-	-		
종료 3차년도	1	-	-	1	-	2	-	-	-	-	1	1	(1)	-	1	-	3		
소계	1	1	-	1	-	3	-	-	1	-	1	5	(1)	-	5	-	-		
합계	1	1	-	1	-	3	-	-	1	-	1	5	(1)	-	5	-	-		

4. 연차별 세부목표 달성도 (각 협동별 1,2,3차년도 세부목표 및 달성도 작성)

가. 1차년도

○ 에프엠에스코리아

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
글로벌 택배 배송용 보냉유지 단열용기 컨셉 정립	100	- 국내/외 관련 기업 현황 조사 완료 - 최소 72시간 유지 가능한 단열성능 확보 방안 연구 완료 - 최소 72시간 유지 가능한 냉매 열량계산 및 자체 테스트 완료
글로벌 택배 배송 용기용 보냉팩 시제품 개발	100	- 대상 제품 선정 완료 및 보냉팩 열량계산 완료 - 상변화물질을 이용한 냉매의 방향결정 및 보냉팩 시제품 개발
글로벌 택배 배송 용기용 단열용기 구조 연구	100	- 열손실 문제 및 단열 특성 고려한 단열용기 구조 연구 완료 - 최소 72시간 ~ 최대 120시간 적용제품 특성 고려한 시제품 시뮬레이션 - 비교 샘플제품 입수 완료 및 성능 실험연구 완료

○ 국가식품클러스터지원센터

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
단열재(주/보조 단열재) 특성 분석 및 적합성 연구	100	- 단열소재의 특성 분석 완료 및 글로벌 택배용기의 적합성 연구 조사 (달성도 100%) - 1차년도 시제품 제작에 필요한 단열소재 정리 및 연구 완료 (달성도 100%)
진공단열재 국내외 시장 현황 조사	100	- 진공 단열재 국내.외 기술 및 시장 조사 완료 (달성도 100%)
기존 진공단열재 기본 물성 비교 분석	100	- 제조사별 진공 단열재 물성 조사 완료 (달성도 100%)
보냉 용기용 저가형 진공단열재 개발을 위한 기본 개념 연구	100	- 기존 단열재 물성분석에 따른 적정 외피재 구조 (안) 도출 완료 (달성도 100%)
진공단열재 외피재 1차 시제품 제작 및 평가	100	- 진공단열재 적용을 위한 외피재 시제품 3종 제작 완료 (달성도 100%) - 외피재 3종 물성평가 확인 (달성도 100%)

○ 한국건설생활환경시험연구원

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
택배 물류 운송 환경 조사 및 성능평가방법 자료 조사, 분석	100	- 국내 택배 유통환경 관련 자료 및 문헌 조사 - 유통 포장화물 안전운송 인증에 대한 국내·외 자료 및 문헌 조사

물류 선진국의 보냉유지 단열 용기의 안전성 검증 비교 분석	100	- 국내·외 보냉단열 용기 인증 및 성능평가 관련 사례 및 표준 조사
글로벌 배송을 위한 택배용기의 최적 규격 및 성능평가방법 선정 확정	100	- 국내·외 관련 표준 조사 - 전문가그룹 자문회의 구성

○ 연세대학교 원주산학협력단

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
고가 신선 농식품 제품에 대한 포장 조사 연구	100	- 선정된 제품에 대한 유통 포장 현황 및 조사 분석 - 각 신선 식품들에 대한 유통 품질 변화 요인 파악
택배용 보냉 용기 개발 관련 기술 조사 및 시험 연구	100	- 현재 신선 농식품에 사용되는 단열용기 분석 - 단열용기 재질에 대한 물성 및 특성 조사 - 국내·외 단열재 기술 및 연구 문헌 조사
상변화물질(PCM) 및 보냉팩 적용 연구 분석	100	- 현재 신선 농식품에 사용되고 있는 보냉팩 및 포장 적용 분석 - 보냉팩 및 포장 용기에 사용되는 PCM 현황 및 특성 조사 - 국내·외 PCM 적용 기술 및 자료 조사

나. 2차년도

○ 에프엠에스코리아

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
핵심개발 기술 기초 설계	100	- 제품군에 따른 택배용 보냉용기의 치수 설계 완료 - 상변화물질을 이용한 보냉팩의 모델링 완료 - 1차년도 진공단열재 시제품의 결과를 반영한 보냉 용기 구조 설계 완료 - 단열 및 파우치 소재의 선정 완료
핵심개발 기술 상세 설계	100	- 핵심개발 기술 상세 설계 완료 - 핵심개발 기술 설계 분석 완료
핵심요소 기술 제작 및 검증	100	- 핵심개발 기술의 시작품 제작 완료 - 시험 및 결과 검토 완료 (잠열량, 압축하중 등 정량적 목표 확인) - 핵심개발 기술 성능 보완 및 추가 검증 완료
핵심요소 기술의 통합/연계 및 시제품 제작	100	- 핵심개발 기술(용기/냉매제/진공단열재)이 통합된 시제품 제작 - Validation 검증 - 2차년도 개발 목표 확인 시험성적서

○ 국가식품클러스터지원센터

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
기존 진공단열재의 외피재 및 완제품 성능 분석을 통한	100	- 국내·외 진공 단열재 물성 및 규격 확인 - 보냉용기 적용 저가형 진공 단열재 최적사양 도출

저가형 진공 단열재 최적 사양 도출		
적정 심재 선정_유지섬유,흙드실리카,PU 보드, 에어로겔 등 3개안 적용 도출	100	- 저가형 진공 단열재에 적용하기 위한 심재 3 종 도출
적정 심재의 선정 및 진공단열재 규격 및 구조 도출	100	- 외피재 4종, 심재 3종을 조합한 저가형 진공 단열재 시제품 6 종 제작
외피재 및 심재를 적용 한 진공 단열재 제작 및 기본 물성평가(진공도,열전도도,내구성 평가)	100	- 저가형 진공 단열재 시제품 6 종의 열전도율 분석 및 열충격 테스트 후 열전도율 분석
저가형 진공 단열재 원가 분석	100	- 저가형 진공 단열재 시제품 제작 비용 산출 및 양산화 원가 산출

○ 한국건설생활환경시험연구원

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
선정된 최적 시험 규정 및 성능 평가 방법으로 1차 안전성 평가를 통한 규격 적정성 파악	100	- 국내·외 유통환경 조건을 고려한 선정 성능평가 방법에 대한 적정성 및 안전성 검증 (시제품에 대한 온도 유지성, 진동 내구성, 충격 내구성 검증 등) - 선정 성능평가 방법 보완점 파악 및 분석 적용 - 시제품에 대한 안전성 검토(열전도율, 잠열량 등)
보냉 유지 단열 용기에 대한 물류 안전성 성능평가 및 디자인 보완점 분석	100	- 보냉 유지 단열 용기에 대한 물류 안전성 성능평가 실시 및 디자인 보완점 파악
보완점을 개선한 디자인 및 성능평가 방법 1차 선정	100	- 보완 자료를 통한 선정 성능평가 방법에 대한 재 선정 (VIP & PCM에 대한 성능평가, WVTR, OTR, 열전도율, 물리적 강도 등)
글로벌 택배를 통한 보냉 유지 용기의 보호성, 경제성을 고려한 최적 규격 및 성능평가 선정	100	- 보완자료를 통한 글로벌 택배 보냉 유지 용기의 보호성, 경제성을 고려한 최적 규격 및 성능평가 완료

○ 연세대학교 원주산학협력단

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
고가의 신선 농식품 보냉용기 개발을 위한 상변화물질(PCM) 및 보냉팩 분석 평가	100	- 적용품목별 PCM의 SEM 분석을 통한 소재의 형태학적 분석 평가 - 적용품목별 PCM의 FT-IR을 이용한 화학적 구조 분석

		- 적용품목별 PCM의 TGA, DSC를 통한 소재의 열적 분석
대상 품목별 최적 단열포장 소재와 상변화물질(PCM) 선정 및 보냉팩 개발 적합성 확인	100	- 파우치 소재에 대한 물리적 강도 평가 - 파우치 소재에 대한 물리적 안정성 평가(파열강도, 진동 후 누수 등) - 파우치 소재에 대한 열안정성 평가
적용분야 확대 검토 및 적용 방안 연구	100	- PCM 물질의 적용 분야 확대를 위한 캡슐화 제작 연구 - 제작된 캡슐화의 따른 특성 분석 연구

다. 3차년도

○ 에프엠에스코리아

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
시제품 테스트 및 수정 보완	100	- 시제품 자체테스트 진행 및 보완
핵심개발 기술의 현장 적용성 평가	100	- 핵심개발 기술의 현장적용성 평가진행 · 고급신선육 : 중국 · 송이버섯 : 호주 · 신선약용작물: 제주도
사업화 전략 구축	100	- 사업화 시나리오

○ 국가식품클러스터

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
보냉용기적용평가	100	- 저가형 진공단열재를 적용한 보냉용기 및 사용효과
저가형진공단열재 최적화	100	- WVTR : 0.8g/m ² · 24h이하 - OTR : 0.5cc/m ² · 24h 이하 - 합지강도 : 0.6kgf이상 - 진공단열재 내구성 : 1년이상
양산성 검토	100	- 양산성 검토

○ 한국건설생활환경시험연구원

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
최종 성능평가 실시	100	- 보냉용기에 대한 재료 평가를 통한 목표치 달성 평가 - 최종 설계 성능 평가를 통한 시제품의 안전성 평가
시제품 개발의 적정성 파악	100	- 대상 품목별 온도 시험을 통한 선도 유지 성능 평가 - ISTA Certification 획득을 통한 국제 물류 안전성 확보

		(환경 및 적재 안전성, 운송 진동에 대한 안전성, 낙하 충격의 안전성 평가)
설계 규격 성능평가의 적정성 및 유효성 검증	100	- 대상 품목별 고가의 신선품을 실제 택배 배송을 통한 최종 설계 - 규격의 적정성 비교 평가 및 유효성 검증

○ 연세대학교 원주산학협력단

세부연구목표	달성도(%)	연구개발수행내용
대상 품목별 시제품을 이용한 저장성 평가 (lab scale)	100	- 단일 용기를 적용한 양송이 버섯 저장성 평가 - 단일 용기를 적용한 신선육 저장성 평가 - 단일 용기를 적용한 수삼의 저장성 평가
대상 품목별 시제품 적용 현장 모니터링 평가	100	- 버섯 현장 모니터링 평가 (호주, 브리즈번) - 신선육 현장 모니터링 평가 (중국, 청도) - 수삼 현장 모니터링 평가 (한국, 제주도)

5. 기여도

가. 기술적 측면

○ 기술고도화를 통한 제품경쟁력 향상

- 진공단열재를 이용하는 기술은 EPS에 비하여 고도화된 기술로 선진국들을 중심으로 활발히 연구되고 있으며 기존 EPS상자에 비하여 단열성, 내구성 측면에서 우수한 것으로 평가됨
- 특히 제품의 완성도 측면에서 기존 EPS에 비하여 동일한 성능을 내기 위해 보다 얇은 구조물 형성이 가능하여 보다 효율적인 물류·택배 운영이 가능해짐

○ 기술선점을 통한 연구개발기반 마련

- 한국표준협회(2015)에서도 향후 기술의 중요성이 높고 주변특허확보가능성이 높아 R&D로드맵에 관련 기술을 제시하고 있어, 추가적인 연구개발의 기반을 마련함
- 더불어 정책적, 산업적 측면에서 중요성이 부각되고 있으며 선진국대비 낮은 수준의 기술력을 세계적인 수준으로 높이는데 기여함

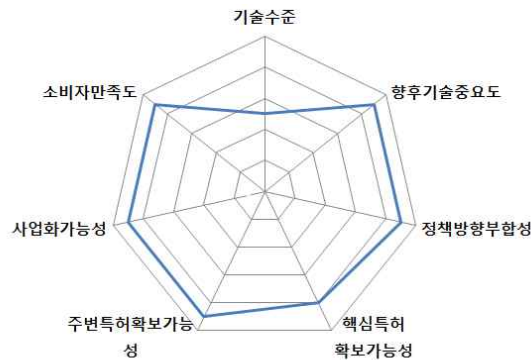


그림. 한국표준협회(2015), 2015년 표준기반 R&D로드맵-스마트SCM.

- 상변화물질 (PCM)의 적용 평가 연구를 통해 국내 상변화 물질 연구에 큰 기여를 할 것으로 판단됨
- 저온 유지 단열 용기를 이용한 식품의 유통 품질 변화 연구를 통해 중요한 연구 결과로 활용
- 개발된 단열용기를 이용한 품질 변화 평가를 통해 신선 식품 저온 유통 가능성 확보

나. 경제적 사회적 측면

- 농수산물 수출활성화를 위한 기반마련
 - 유통으로 인한 제품의 상품성 감소가 높은 농수산물의 특성상 유통과정에 있어 신선도 유지는 중요한 문제임
 - 본 기술은 이러한 농수산물을 비롯한 신선식품의 장기간 신선도 유지와 함께 기존 고가의 배송용기를 대체할 수 있는 기술로 이러한 기술이 적용된 제품의 양산화를 통하여 원가를 감소시킬 있어 대량생산과 유통 경쟁력을 확보할 수 있음
- 저온냉장 유통패키지의 적정기술을 활용한 新시장 창출
 - 현재 회수용 냉장물류 박스를 대체하여 10% 수준으로 원가를 감소시키는 경우 생산자 측면에서 유통비용을 감소시킬 수 있어 이를 활용한 신규비즈니스를 모색할 수 있음
 - 현재 국내에서 고성장 중인 샐러드, 아침식사 배달과 같은 신선 푸드 배송 사업모델을 지역 및 거리적 제약에서 벗어나 확장시킬 수 있음
 - 더불어 의류와 가전 중심의 온라인 쇼핑의 산업구조의 체계를 변화시켜 신선식품기반의 O2O 산업과 같은 신산업창출의 기반을 마련함
- 국민 삶의 질 향상 기여
 - 식품안전성을 향상 , 신선도 유지를 통해 및 음식물 폐기물로인한 비용 절감 효과를 창출함
 - 본 연구개발 과제를 통하여 개발된 기술이 산업에 활발히 적용된다면 이로 인하여 다양한 파급효과가 발생됨
 - 신선식품을 청결한 상태로 냉장 관리함으로써 식자재로부터 발생하는 식중독 등의 질환을 감소시킬 수 있으며, 올바른 냉장 상태로 식품을 유통하게 되면 식품의 신선도를 증대시켜 폐기해야 하는 식품을 감소시킬 수 있음
 - 이러한 긍정적인 영향은 결과적으로 국민들에게 안전한 먹거리를 제공함과 동시에 국민들이 섭취하는 식품의 영양소 손실 및 파괴를 감소시켜 결과적으로 국민 삶의 질이 향상됨

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

- 본 과제 of 개발목표는 해외로 신선 식품을 수출하기 위한 보냉용기를 개발하는 것으로 항공으로 배송되는 것을 감안하여 최소 3일 이상 유지할 수 있는 보냉용기를 개발하였음.
- 추후 국내 배송에 활용을 위해 심재 및 외피재의 소재를 변경하고 보냉용기의 두께 및 냉매량을 조정하여 원가를 50%이상 절감 할 수 있는 보냉용기 개발 및 4차 산업 혁명에 맞춘 IoT를 적용한 스마트 패키징 개발이 필요하다고 판단되어짐.
- 또한 개발 되어진 용기의 외기 조건에 대한 안전성 확보 방안을 위해 단열용기 개발 뿐만이 아닌 유통 중 콜드체인 시스템 구축에 대한 추가적인 활동이 필요하며 단열 용기 내부에 농산물의 품질 유지를 높여주는 기능성 포장재에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단됨.

제 4장. 연구결과의 활용 계획 등

- 본 기술은 글로벌 택배 배송용 장기 보냉유지 One-way 단열용기를 개발하는 것으로 신선식품 시장 확대 및 경쟁력 강화에 활용할 수 있음
- 기존의 EPS(폴리스테렌) 상자를 이용하는 경우, 장시간 온도유지 및 내구성 측면에서 어려운 점이 있었으나, 본 연구개발 과제를 통하여 신선식품의 배송에 있어 제품별 배송온도의 유지라는 문제점을 해결함으로써 자국내 신선배송뿐만 아니라 국가간 신선배송까지 가능해짐
 - 이러한 기술적 발전은 중국, 일본, 인도와 같이 신선식품에 대한 수요가 높고 장기간의 배송시간이 요구되는 지역에서 신선식품유통의 원가를 낮춰 산업경쟁력을 증대시킬 수 있음
 - 따라서 본 연구개발 과제를 통하여 개발된 기술을 이용한 신규시장 창출을 통하여 국내 농수산물식품의 수출의 기반으로 활용함
- 고부가가치 제품의 경쟁력 향상
 - 본 기술은 장기간 배송을 가능하게 하여 한국의 인삼, 한우와 같은 프리미엄 제품과 함께 어린이용 식음료 배송뿐 아니라, 먹거리에 대한 안정성이 부각되는 중국, 인도 등지에 제품의 신선도를 유지를 위한 패키지에 활용될 수 있음
 - 패키징산업은 지속적으로 성장하고 있으며 특히 일회용 음식패키징은 사회구조의 변화와 함께 시장이 확대되고 있음. 따라서 기존에 패키징화하기 어려운 농수산물식품의 패키징에 본 기술을 적용하여 제품의 상품성을 높이는데 활용할 수 있음
 - 이와 유사하게 최근 온도유지가 필요한 건강식품(예: 프로바이오틱스)의 패키징에도 적용 가능함
- 적정기술의 활용
 - 동남아시아, 아프리카와 같이 인프라가 부족한 국가에서 저온유통이 필요한 식품, 의약품과 같은 제품들의 보관을 위한 적정기술로 사용이 가능함
 - 기존 냉장용기는 냉장팬과 같은 전기장치가 포함되어 고가에 가격이 형성되므로 도움이 필요한 저개발 국가에서 사용하기 어려움. 따라서 본 기술을 통하여 적정온도를 유지할 수 있는 보냉용기가 저렴한 가격에 개발된다면 이들 국가에서 식중독예방, 의약품 변질방지 등에 활용할 수 있음
- 개발된 단열용기 시제품을 적용한 제품의 품질 평가 및 현장 모니터링 평가 결과를 이용하여 학술 발표 및 논문 투고
- 다른 고부가가치 제품 및 온도의 민감한 제품적용에 활용
- 저온 보냉 용기 적용을 통한 신선 식품 품질 기초 자료 제공

붙임. 참고문헌

- KS A 1712 배송용 소형 보냉고 시험방법
- KS T 2030 저온 롤컨테이너
- ISTA 7E Testing standard for thermal transport packaging used in parcel delivery system shipment
- KS T ISO 2248 수송포장 화물의 수직 낙하시험
- ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems
- ISTA 1A,2A,3A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
- KS T ISO 12048 포장-압축시험기를 이용한 수송 포장 화물의 압축시험과 적재 시험방법
- ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems
- ISTA 2A Packaged products 150 lb (68 kg) or less
- ASTM D 4169 Standard practice for performance testing of shipping containers and systems
- Random (Air, Truck, Rail) - 3h
- ISTA 1A,2A,3A Packaged products 150 lb (68 kg) or less - Fixed displacement, Random, Over-the-Load etc.
- JIS Z 0202:2017 Method of drop test for packaged freights
- 해양수산부, 수산물의 포장 및 용기에 관한 규칙
- 국립수산물품질관리원, 수산물 표준규격 (2013)
- 식품의약품안전처, 식품용 기구 및 용기·포장 공전 (2015)
- Chun, H. H., Choi, E. J., Han, A. R., Chung, Y. B., Kim, J. S., & Park, S. H. (2016). Changes in quality of hanwoo bottom round under different freezing and thawing conditions. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(2), 230-238.
- De Palo, P., Maggolino, A., Centoducati, P., & Tateo, A. (2013). Effects of two different packaging materials on veal calf meat quality and shelf life. *Journal of animal science*, 91(6), 2920-2930.
- Gao, M., Feng, L., & Jiang, T. (2014). Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. *Food Chemistry*, 149, 107-113.
- Jiang, T., Feng, L., & Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan-glucose complex coating under cold storage. *Food Chemistry*, 131(3), 780-786.
- Johnston, J. H., Grindrod, J. E., Dodds, M., & Schimitschek, K. (2008). Composite nano-structured calcium silicate phase change materials for thermal buffering in food packaging. *Current Applied Physics*, 8(3-4), 508-511.
- Joshi, K., Warby, J., Valverde, J., Tiwari, B., Cullen, P. J., & Frias, J. M. (2018). Impact

of cold chain and product variability on quality attributes of modified atmosphere packed mushrooms (*Agaricus bisporus*) throughout distribution. *Journal of Food Engineering*, 232, 44-55.

- Kim, J. H., Koo, N. S., Kim, E. H., & Sohn, H. J. (2002). Changes in sensory characteristics and chemical constituents of raw ginseng roots individually packaged in a soft film during storage. *Journal of Ginseng Research*, 26(3), 145-150.
- Kim, E. J., Kim, G. H., & Kim, D. M. (2007). Effect of surface washing treatment on quality of fresh ginseng during storage. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 39(4), 380-385.
- Laguerre, O., Hoang, H. M., & Flick, D. (2013). Experimental investigation and modelling in the food cold chain: Thermal and quality evolution. *Trends in Food Science & Technology*, 29(2), 87-97.
- Lee, H. S., Cha, H. S., Kim, B. S., & Kwon, K. H. (2009). Quality characteristics during storage of ginseng washed by different methods. *Korean Journal of Food Preservation*, 16(3), 342-347.
- Margeirsson, B., Gospavic, R., Pálsson, H., Arason, S., & Popov, V. (2011). Experimental and numerical modelling comparison of thermal performance of expanded polystyrene and corrugated plastic packaging for fresh fish. *International journal of refrigeration*, 34(2), 573-585.
- Seol, K. H., Kim, K. H., Kim, Y. H., Youm, K. E., & Lee, M. (2014). Effect of temperature and relative humidity in refrigerator on quality traits and storage characteristics of pre-packed Hanwoo loin. *Korean Journal of Agricultural Science*, 41(4), 415-424.
- Shin, H. Y., Ku, K. J., Park, S. K., & Song, K. B. (2006). Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of beef and pork during storage. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 38(3), 325-330.
- Singh, S. P., Burgess, G., & Singh, J. (2008). Performance comparison of thermal insulated packaging boxes, bags and refrigerants for single-parcel shipments. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 21(1), 25-35.
- Singh, S., Gaikwad, K. K., Park, S. I., & Lee, Y. S. (2017). Microwave-assisted step reduced extraction of seaweed (*Gelidium aceroso*) cellulose nanocrystals. *International journal of biological macromolecules*, 99, 506-510.
- Singh, S., Gaikwad, K. K., Lee, M., & Lee, Y. S. (2018). Thermally buffered corrugated packaging for preserving the postharvest freshness of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Food Engineering*, 216, 11-19.
- Singh, S., Gaikwad, K. K., Lee, M., & Lee, Y. S. (2018). Temperature-regulating materials for advanced food packaging applications: a review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 588-601.
- Singh, S., Gaikwad, K. K., Lee, M., & Lee, Y. S. (2018). Temperature sensitive smart packaging for monitoring the shelf life of fresh beef. *Journal of Food Engineering*, 234,

41-49.

- Wrona, M., Bentayeb, K., & Nerin, C. (2015). A novel active packaging for extending the shelf-life of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Control*, 54, 200-207.
- Rux, G., Mahajan, P. V., Geyer, M., Linke, M., Pant, A., Saengerlaub, S., & Caleb, O. J. (2015). Application of humidity-regulating tray for packaging of mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*, 108, 102-110.

<별첨작성 양식>

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발																
	(영문) The Development of high-efficiency insulated container for higher priced agrifood parcel delivery services.																
주 관 연구 기관	(주)에프엠에스코리아		주 관 연 구 책 임 자	(소속)에프엠에스코리아													
참 여 기 업	국가식품클러스터지원센터 한국건설생활환경시험연구원 연세대학교 원주산학협력단			(성명)이강표													
총연구개발비 (733,334천원)	계	733,334	총 연구 기간	2016.07.07.~2018.12.31.(2년6월)													
	정부출연 연구개발비	550,000	총 참 연 구 원 수	총 인원	40												
	기업부담금	18,334		내부인원	40												
	연구기관부담금	-		외부인원	-												
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고가의 신선 농축산물에 대한 배송 및 시장분석을 통한 농축산물 택배유통 활성화 제시 - 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발 완료 - 최적 상변화물질(PCM, Phase Change Material) 기술 적용 및 보냉팩 개발 - 택배 배송용 패키징 구조설계 및 디자인 개발 <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 저가형 외피재를 적용한 진공단열재 개발 - 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발 <table border="1" data-bbox="225 1563 1452 1715"> <thead> <tr> <th>적용품목</th> <th>보관온도</th> <th>지속시간</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>고급신선육</td> <td>-2℃ ~ 4℃</td> <td>최소 72시간</td> </tr> <tr> <td>송이버섯</td> <td>0℃ ~ 5℃</td> <td>최소 72시간</td> </tr> <tr> <td>신선약용작물</td> <td>4℃ ~ 10℃</td> <td>최대 120시간</td> </tr> </tbody> </table> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특허 등록 2건, 기술이전 1건, 제품화 3건, 논문 5편 등 - 해외로 실제 신선 농축산물(한우, 버섯) 택배배송 현장시험 성공적으로 완료 - 국내외 협력사를 통해서 고급 신선 농축산물 택배 배송 상용화 계획 						적용품목	보관온도	지속시간	고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간	송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간	신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간
적용품목	보관온도	지속시간															
고급신선육	-2℃ ~ 4℃	최소 72시간															
송이버섯	0℃ ~ 5℃	최소 72시간															
신선약용작물	4℃ ~ 10℃	최대 120시간															

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	316067-3		
사업구분	고부가가치식품기술개발사업				
연구분야	RC0404		과제구분	단위	
사업명	고부가가치식품기술개발사업			주관	
총괄과제			총괄책임자		
과제명	고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발		과제유형		개발
연구기관	(주)에프엠에스코리아		연구책임자		이강표
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2016.07.07. ~2016.12.31	130,000	43,334	173,334
	2차연도	2017.01.01. ~2017.12.31	210,000	70,000	280,000
	3차연도	2018.01.01. ~2018.12.31	210,000	70,000	280,000
	4차연도				
	5차연도				
	계		550,000	183,334	733,334
참여기업	국가식품클러스터지원센터/한국건설생활환경시험연구원/연세대학교 원주산학협력단				
상대국			상대국연구기관		

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2018.12.31

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)에프엠에스코리아	상무	이강표

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

고급신선육, 송이버섯, 수삼을 목적온도에 적합하게 장시간 보냉유지하는 보냉 개발

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

고가의 신선식품을 택배를 통해 장시간(최소 72시간)보냉유지할 수 있어서 농축산물의 수출증가가 클 것으로 기대됨

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

장기 보냉유지로 인해 온라인 직거래 활성화 수출시장 개척
신선 농축산물의 소비 활성화로 농가 소득 증대

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

연구의 목표와 개발을 성실히 수행하였으며, 실제 해외배송 실증도 진행하여 상용화를 위한 평가도 완료하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지식소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

특허 등록 2건, 논문 5건, 전시회 출품 등 개발성과를 공개발표하여 개발 성과를 홍보하였음

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
고가의 신선 농축산물에 대한 배송 및 시장현황 분석을 통한 농축산물 택배유통 활성화 제시	10	100	- 시장현황 분석 - 택배 유통 활성화를 위한 사업화 전략 제시
글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발	35	100	- ISTA 7E 조건에서 목적온도 유지 용기 개발 - 최소 72시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발
최적 상변화물질 (PCM, Phase Change Material) 기술 적용 및 보냉팩 개발	25	100	- 원가 절감을 위한 최적의 상변화물질(PCM) 전용 보냉팩 개발
택배 배송용 패키징 구조설계 및 디자인 개발	30	100	- 시각디자인, 편의성을 고려한 디자인 개발 - 내용물의 선도 및 유통 안전성 검증을 위한 성능평가 (시험실 평가 및 택배 배송을 통한 실증)
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

고가의 신선 농축산물을 항공과 배를 이용하여 현장 실증 테스트까지 완료하였음. 현장 적용테스트 결과 목적온도와 보냉 유지시간의 요구 사항을 만족하는 결과가 나왔으며, 이를 상용화하여 농축산물의 국내외 택배활성화를 통해 농가 소득증가가 기대됨

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 개발 과제는 개발된 제품을 해외로 배송을 실증하는 과제로서, 테스트 결과를 현지에서 확인을 해야 함. 그런데, 최소 2명이 가서 확인을 해야 했으나, 해외 출장 규정에 의해 1명만 가서 확인을 하였음.

본 과제와 같이 해외 실증이 필수인 과제에 한해서 해외출장규정에 대한 예외를 인정해 주셨으면 함

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

온라인 신선식품 배송 상용화
택배를 이용한 신선식품 해외 배송 상용화

IV. 보안성 검토

○ 해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

○ 해당사항 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

○ 해당사항 없음

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	RC0404
연구과제명	고가의 신선 농식품 택배 배송을 위한 고효율 보냉 용기 개발		
주관연구기관	에프엠에스코리아	주관연구책임자	이강표
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금
	550,000,000	183,334,000	-
연구개발기간	2016.07.07.~2018.12.31		
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)		

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 고가의 신선 농축산물에 대한 배송 및 시장현황 분석을 통한 농축산물 택배유통 활성화 제시	- 시장현황 분석 - 택배 유통 활성화를 위한 사업화 전략 제시
② 글로벌 택배 배송용 장시간 보냉유지 단열용기 개발	- ISTA 7E 조건에서 목적온도 유지 용기 개발 - 최소 72시간이상 지속 가능한 보냉 단열용기 개발
③ 최적 상변화물질 (PCM, Phase Change Material) 기술 적용 및 보냉팩 개발	- 원가 절감을 위한 최적의 상변화물질(PCM) 전용 보냉팩 개발
④ 택배 배송용 패키징 구조설계 및 디자인 개발	- 시각디자인, 편의성을 고려한 디자인 개발 - 내용물의 선도 및 유통 안전성 검증을 위한 성능평가 (시험실 평가 및 택배 배송을 통한 실증)

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)	
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF			학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치																				
최종목표		2		1		3			1			3	2							
연구기간내 달성실적	1	1		1		3			1		1	5	(1)				3			
달성율(%)		50		100		100			100			100								

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	보냉 유지 기능의 용기 설계 및 제작기술
②	진공단열재 설계 및 제작 기술

5. 연구결과별 기술적 수준

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

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	신선 농축산물 국내외 장시간 택배배송 상용화로 농가소득 확대
②의 기술	단열성능이 좋은 진공단열재로 온도유지가 필요한 다양한 곳에 적용 가능

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		논문평균 IF			학술발표	정책 활용		홍보 전 시
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명					
가중치																				
최종목표		2		1		3			1			3	2							
연구기간내 달성실적	1			1		3			1		1	5	(1)	5				3		
연구종료 후 성과창출 계획																				

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	진공 단열 패널용 복합 필름, 이를 포함한 진공 단열 패널 및 진공 단열 패널용 복합 필름의 제조 방법		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	2,590천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	3개월	실용화예상시기 ³⁾	2020년 전후
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	협의결정		

1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성

2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리

통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리

3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등

4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)