

RS-2022-
IP122025

허들
테크놀로
지를
적용한
농식품의
해충
피해 방지
포장기술
개발 및
상업화

최
종
보
고
서

2024

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

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

발간등록번호

11-1543000-004616-01

허들 테크놀로지를 적용한 농식품의 해충
피해 방지 포장기술 개발 및 상업화

2024.06.12.

주관연구기관 / 고려대학교 산학협력단
공동연구기관 / 주식회사 남경

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “허들 테크놀로지를 적용한 농식품의 해충 피해 방지 포장기술 개발 및 상업화”(개발기간 : 2022. 4. ~ 2023. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024.06.12.

주관연구기관명 : 고려대학교 산학협력단 권정환 (인)



공동연구기관명 : 주식회사 남경 김선창 (인)



참여기관명 : 주식회사 남경 김선창 (인)



주관연구책임자 : 나자현

공동연구책임자 : 문태경

참여기관책임자 : 문태경

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

최종보고서										보안등급		
										일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]		
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명			고부가가치 식품기술 개발(R&D)		
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		내역사업명			식품 품질·안전 기술 개발		
공고번호		2021000029			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			연구개발과제번호			RS-2022-IP122025	
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 식품저장/유통/포장		100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%				
	농림식품과학기술분류	1순위 식품 위생·안전		100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문										
		영문										
연구개발과제명		국문		허들 테크놀로지를 적용한 농식품의 해충 피해 방지 포장기술 개발 및 상업화								
		영문		Development and commercialization of packaging to prevent pest damage in agri-food using anti-insect hurdle technology.								
주관연구개발기관		기관명		고려대학교 산학협력단		사업자등록번호		209-82-08298				
		주소		(02841) 서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교 자연계캠퍼스 산학관		법인등록번호		114471-0002565				
연구책임자		성명		나자현		직위		교수				
		연락처		직장전화 전자우편		휴대전화		국가연구자번호				
연구개발기간		전체		2022. 04. 01. - 2023. 12. 31. (21개월)								
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2022. 04. 01. - 2023. 12. 31. (21개월)						
		n단계										
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타()		합계			연구개발비 외 지원금	
		현금		현금		현물		현금		현물		합계
총계		175,000		1,100		15,900		0		0		176,100
1단계		75,000		0		6,000		0		0		75,000
2단계		100,000		1,100		9,900		0		0		101,100
n단계												
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고
		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		역할
공동연구개발기관		(주)남경		문태경		이사						기관유형
												수요
위탁연구개발기관												중소기업
연구개발기관 외 기관												
연구개발담당자 실무담당자		성명		여상현		직위		팀장				
		연락처		직장전화 전자우편		휴대전화		국가연구자번호				

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

2024년 02월 29일

연구책임자 나자현 (인)

주관연구개발기관의 장: 김철환 (직인)

공동연구개발기관의 장: 권선창 (직인)

위탁연구개발기관의 장: (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

사업명	고부가가치 식품기술개발(R&D)			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)	식품 품질·안전 기술개발			연구개발과제번호		RS-2022-IP122025	
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 식품저장/유통/포장	100 %	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%
	농림식품 과학기술분류	1순위 식품 위생·안전	%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명 허들 테크놀로지를 적용한 농식품의 해충 피해 방지 포장기술 개발 및 상업화							
전체 연구개발기간 2022-04-01 ~ 2023-12-31 (21개월)							
총 연구개발비 총 192,000 천원 (정부지원연구개발비: 175,000천원, 기관부담연구개발비 : 17,000천원 , 지방자치단체: 0천원, 그 외 지원금: 0천원)							
연구개발단계		기초[] 응용[o] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(2) 종료시점 목표(6)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표			<p>본 연구를 통하여 해결하고자 하는 과제는 다단계 방충 허들 테크놀로지를 개발, 효과를 규명하고 식품 유형별 포장재에 효과적으로 적용하여, 유통 및 보관 단계에서 피해를 유발하는 곤충의 침입을 보다 효과적으로 방지하고자 하는데 있다. 따라서 본 연구는 각 식품의 유형별 문제가 되는 곤충을 막을 수 있는 방법을 식품의 특성에 맞게 구성하여, 포장재에 적용하는 것을 목표로 수행하고자 한다. 1차 년도는 포장 식품에 문제가 되는 해충을 식품 유형별로 조사하고, 해충의 종류별로 행동을 조사하며, 이를 해결할 수 있는 기술에 대한 적용성을 평가한다. 2차년도는 선정된 기술들을 구체적으로 포장재에 적용, 구현할 수 있는 기술을 개발하며, 양산 및 상업화를 목표로 한다.</p>			
	전체 내용			<p>◆ H1; Hurdle 1. 포장 구조의 개선 포장 식품에서 해충의 침입은 천공과 취약 부위를 통해 침입하는 경우로 기존의 포장재에서 해충 침입의 취약부위에 대한 개선 방법을 도출한다.</p> <p>◆ H2; Hurdle 2. Active packaging 기법을 활용한 해충의 제거 Active packaging 기법은 보존료 등 화학물질을 사용하지 않고 해충을 제거할 수 있는 방법으로 주로 원료 취득 및 저장 단계에서 감염된 해충과 해충의 알을 화학약제를 사용하지 않고 Active packaging 기법으로 제거하는 방법을 도출한다.</p> <p>◆ H3; Hurdle 3. 해충의 유인원 제거 포장 식품에서 해충을 유인하는 원인을 해충과 식품의 종류별로 조사하고, 이를 포장재를 통해 제거할 수 있는 방법을 도출한다.</p> <p>◆ H4; Hurdle 4. 물리적인 억제 포장재의 인쇄, 코팅, 표면 처리 가공 및 구조 개선으로 포장 식품으로의 해충 침입을 막을 수 있는 기술을 개발한다.</p> <p>- 해충의 저작 행동 파악 및 이를 방해할 수 있는 방법의 개발 - 해충을 유인할 수 있는 원인 파악 및 이를 방지할 수 있는 인쇄 방법 개발 - 열접착 부위등 해충 침입 취약 부위의 구조 개선</p>			

			<p>- 인위적 트랩 기능이 있는 구조 개발</p> <p>◆ H5; Hurdle 5. 화학적 억제</p> <p>기 개발된 천연 해충 기피물질의 순도 및 효과 지속성을 개선하기 위한 기술을 개발하며, 동시에 사용 확대를 위해 적용 방법의 다양화와 경제성을 확보할 수 있는 기술을 개발하며 적용 소재의 다양화를 위한 바인딩 기술, 효과의 지속성을 위한 기피물질의 가공기술, 원가절감 방법을 도출한다.</p>
	1단계 (해당 시 작성)	목표	<p>1차 년도는 포장 식품에 문제가 되는 해충을 식품 유형별로 조사하고, 해충의 종류별로 행동을 조사하며, 이를 해결할 수 있는 기술에 대한 적용성을 평가한다.</p> <p>2차 년도는 선정된 기술들을 구체적으로 포장재에 적용, 구현할 수 있는 기술을 개발하며, 양산 및 상업화를 목표로 한다.</p>
		내용	<p>(1) 포장식품 유형 및 포장 방법별 주요 피해 해충 조사/관건 피해해충 선정</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Target 선정 ○ 대상 식품의 포장 구조 모니터링 ○ 소비자 클레임 발생 종의 형태학적, 생태학적 특성 분석을 통한 포장상태에서 유통, 보관 중 침입가능성 분석 ○ 최근 식품 유형별 소비자 해충 클레임 발생 고빈도 해충 중 대상 피해특성 분석, 식품유형별 각 포장방법의 포장상태에서 유통, 보관 중 침입가능성 판별 모형개발, 관건 피해해충을 선정 후 실험곤충 사용시스템 구축 <p>(2) 선정된 주요 피해해충의 식품 유형 및 포장방법별 오염유발 생태, 행동학적 특성 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 해충 오염 다빈도 식품 유형에서의 유인원인 분석 ○ 선정된 주요피해 해충의 천공 기작 및 천공억제 포장 물리적 특성 분석 ○ 선정된 주요피해 해충의 천공/유인억제 요인 분석 <p>(3) 천연식물 유래 해충 기피유도 성분의 기피효과 향상 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 신규 천연식물 유래 해충 기피유도/ 유인억제 성분 탐색 ○ 천연식물 유래 해충 기피유도 성분 추출/ 효과 규명 ○ 주요 피해해충 기피/마스킹 효과 발현 물질의 함량, 효과 및 지속성을 향상시킬 수 있는 성분 조합비 규명 <p>(4) 주요 피해해충 식품 포장 침입억제 화학적 방벽 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 식품 포장 적용 소재 다양화 및 식품 포장 적용 시 기피효과 발현, 지속성 향상을 위한 식품 포장 적용기술 개발 ○ 화학적 방벽(천연식물 유래 해충 억제 물질) 적용 최종 시제품을 대상으로 식품 포장 안전성, 기준 및 규격에 대한 시험성적 발급 <p>(5) 주요 피해해충 식품 포장 침입억제 물리적 방벽 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 식품 포장유형별 침입경로 방어 디자인 도출 및 방어 효율 검증 ○ 곤충의 저작 행동 방해 코팅기술 개발 ○ 패턴 인쇄방법의 개발 <p>(6) 주요 피해해충 침입억제 허들 시스템 설계 및 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 화학적 침입억제기술과 물리적 침입억제기술의 시너지 효과 극대화 방안 도출 ○ 식품 유형 및 포장방법 별 도출된 해충 침입억제 허들 시스템 적용 포장의 효과대비 경제성, 작업성 분석을 통한 상용화 방안 및 사업화 방안 도출
	n단계 (해당 시 작성)	목표	
		내용	

<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 식품 유통, 보관 중 해충 침입으로 인한 피해를 막을 수 있는 물리화학적 방충 원천기술 개발 및 이를 조합, 적용한 식품 포장 기술 개발 • 식품 유형별 주요 피해해충의 생태행동학적 특성 기반 식품 포장재 침입기작 규명 • 식품 유형별 주요 포장 해충침입 억제 디자인 개발 • 천연유래 해충침입억제 성분 탐색 및 식품 포장 적용 기술 개발 • 플라스틱 필름 포장재(필름, 용기) 방충 허들 적용 기술 개발 • 종이 기반의 농식품 포장재 방충 허들 적용 기술 개발
<p>연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가공식품 산업체뿐만 아니라 식품 온라인 공급 산업체, 즉석식품 및 가정 간편식 식품 산업체와 이를 사용하는 소비자, 집단급식시설의 식품 안전성 향상. ○ 가공식품, 가정 간편식 제품에서 발생하는 해충 관련 신고에 대한 품질, 안전 점검 시 전반적인 식품 안전성 판단기준으로 활용 가능. ○ 식품안전규제의 사각지대였던 유통, 보관단계를 국가식품안전관리체계에 포함, 운영체계를 사고 발생 원인을 사전에 예방하는 체계로 전환하고 있는 미국, 유럽연합, 일본 등 주요국들의 동향에 부합하는 제품 경쟁력 확보. ○ 식품사고가 세계화, 대형화, 신속화되고 사고 원인인 위해요소 또한 다양해짐에 따라 세계 각국의 '농장에서 식탁까지(Farm to Table)'관리를 기본원칙으로 하는 국가식품안전관리체계 구축에 활용 ○ 기존의 가공식품뿐만 아니라 용기제품, 즉석식품, 가정 간편식, 농산물 원료의 소포장에서 해충 침입, 오염 제어 및 품질 유지 기술로 확대 활용. ○ 안전한 제조 함께 유통, 보관 중 품질 안정화는 제품생산을 통한 내수증진과 향후 수출증가 기여하며, 이 고급 국산 원료를 사용하는데 따른 농가소득 안정화에도 기여. ○ 기술적 측면 <ul style="list-style-type: none"> • 식품 또는 식품원료의 유통, 보관 중 해충 침입억제 기술 적용이 식품 공전상 기준 제정에 근거제시 • 실제 가공식품, 식품원료 유통, 보관과정 중 해충오염으로 인한 식품 산업체 위생에 대한 소비자 우려 감소 • 식품 유형별, 포장 방법별 적합한 방충 포장 설계 및 적용, 생산 기술 제시 • 식품 유형별 가공식품 및 농산물 식품원료 유통, 보관 공정에 적용가능 상업화 기술 제시 • 식품 유형별 가공식품, 농산물 식품원료의 유통, 보관 중 해충 침입으로 손실되는 식품 감소 • 생분해성 친환경 식품 포장에 적용, 식품 포장 폐기물로 인한 환경오염 감소로 환경 보존에 기여 • 유통, 보관 중 해충 오염으로 유발되는 2차적 미생물 오염 감소로 미생물학적 안전성 확보, 유통기한 연장 및 품질 향상 ○ 경제적·산업적 측면 <ul style="list-style-type: none"> • 식품 유형별 가공식품, 농산물 식품원료 제품의 해충오염을 감소시켜 이로 인해 유발되는 위해 미생물 및 포자에 의한 식품 안전 문제 감소와 더불어 높은 품질을 유지하는 것이 가능하므로 안전하고 저장성이 향상된 식품 관리에 기여 • 소비자들이 믿고 먹을 수 있는 각 식품 유형별 가공식품뿐만 아니라 농산물 식품원료 제품화 발전에 기여 • 해충 침입억제 허들 기술의 기준을 식품공전에 기재, 관련업체에서 합법적으로 사용할 수 있도록 하며 관련업체로 기술이전을 통해 산업화 가능 • 소비자들에게 안전한 식품을 제공하여 자국민의 건전한 식문화를 창달할 수 있고 해충 안전성 관련한 대기업뿐만 아니라 중소기업인 식품업계의 고충을 해결 • 해충 침입억제 허들 기술 이용 방충 포장은 천연 유래 방충 성분을 이용한 화학적 처리와 포장 구조 개선의 물리적 처리가 조합된 친환경적 처리로서 소비자들의 제품에 대한 신뢰성 증가와 안전성 향상으로 제품의 시장성 확보를 기대 • 식품 유형별 가공식품뿐만 아니라 농산물 식품원료의 저장, 유통 중에 발생하는 해충 오염, 품질 저하 방지에 의한 품질 경쟁력 향상 및 유통기한 연장을 통한 저장, 유통 손실률 감소로 원료생산업체, 가공 또는 제조업체의 소득 증대 도모 • 물리화학적 해충 침입억제 허들 기술을 이용한 방충 포장뿐만 아니라 이를 적용

	<p>한 가공식품, 식품원료의 수출 증대로 국가 경제발전에 기여</p> <ul style="list-style-type: none"> • 소비자 수요가 계속 증가할 것으로 예상되는 미래지향적인 신선편의식품 및 밀 키트 산업 분야에 식품 안전, 포장개발의 필요한 전문 인력을 양성 											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	1	1	1									
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	방충허들기술		방충포장		저장해충		방충물질		액티브포장			
영문핵심어 (5개 이내)	Anti-insect hurdle technology		Anti-insect packaging		Stored product insect		Anti-insect material		Active packaging			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	2
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	69
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	78
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	79
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	79

1. 연구개발과제의 개요

본 연구를 통하여 해결하고자 하는 과제는 다단계 방충 허들 테크놀로지를 개발, 효과를 규명하고 식품 유형별 포장재에 효과적으로 적용하여, 유통 및 보관 단계에서 피해를 유발하는 곤충의 침입을 보다 효과적으로 방지하고자 하는데 있다.

따라서 본 연구는 각 식품의 유형별 문제가 되는 곤충을 막을 수 있는 방법을 식품의 특성에 맞게 구성하여, 포장재에 적용하는 것을 목표로 수행하고자 한다.

본 연구에서 적용하고자 하는 다단계 방충 허들 테크놀로지의 개념도는 그림 1.과 같다.



그림 1. 방충 허들 테크놀로지를 도입한 방충 포장의 해충 침입 방지 개념도

◆ H1; Hurdle 1. 포장 구조의 개선

포장 식품에서, 해충의 침입은 천공에 의한 침입도 있지만, 보통은 취약 부위를 통해 침입하는 경우가 많다. 따라서 기존의 포장재에서 해충 침입의 취약부위에 대한 개선 방법을 개발하는 것이 목표임.

◆ H2; Hurdle 2. Active packaging 기법을 활용한 해충의 제거

Active packaging 기법은 보존료 등 화학물질을 사용하지 않고, 해충을 제거할 수 있는 방법이다. 주로 원료 취득 및 저장 단계에서 감염된 해충과 해충의 알을 화학제를 사용하지 않고 Active packaging 기법으로 제거하는 것을 목표로 함.

◆ H3; Hurdle 3. 해충의 유인원 제거

포장 식품에서 해충을 유인하는 원인을 해충과 식품의 종류별로 조사하고, 이를 포장재를 통해 제거할 수 있는 방법을 개발하는 것을 목표로 함.

◆ H4; Hurdle 4. 물리적인 억제

포장재의 인쇄, 코팅, 표면 처리 가공 및 구조 개선으로 포장 식품으로의 해충 침입을 막을 수 있는 기술 개발을 목표로 함. 이를 위하여, 다음의 연구 범위를 설정하였음.

- 해충의 저작 행동 파악 및 이를 방해할 수 있는 방법의 개발
 - * 포장재 표면의 미세 요철구조가 해충의 침입에 미치는 영향
 - * 다층 필름의 중층 및 표층에 저작을 방해할 수 있는 점착성 소재의 개발
- 해충을 유인할 수 있는 원인 파악 및 이를 방지할 수 있는 인쇄 방법 개발
 - * 특정 파장의 광산란을 할 수 있는 인쇄 방법 개발
- 열접착 부위 등 해충 침입 취약 부위의 구조개선
- 인위적 트랩 기능이 있는 구조 개발

◆ H5; Hurdle 5. 화학적 억제

기 개발된 천연 해충 기피물질의 순도 및 효과 지속성을 개선하기 위한 기술을 개발하며, 동시에 사용 확대를 위해 적용 방법의 다양화와 경제성을 확보할 수 있는 기술 개발을 목표로 함.

연구 범위는 적용 소재의 다양화를 위한 바인딩 기술 개발, 효과의 지속성을 위한 기피물질의 가공기술 개발, 원가절감 방법의 개발을 목표로 함.

본 연구는 1차 년도, 2차 년도에 걸쳐 2개의 step으로 구성된다.

1차 년도에는 포장 식품에 문제가 되는 해충을 식품 유형별로 조사하고, 해충의 종류별로 행동을 조사하며, 이를 해결할 수 있는 기술에 대한 적용성을 평가한다.

2차 년도에는 선정된 기술들을 구체적으로 포장재에 적용, 구현할 수 있는 기술을 개발하며, 양산 및 상업화를 목표로 한다.

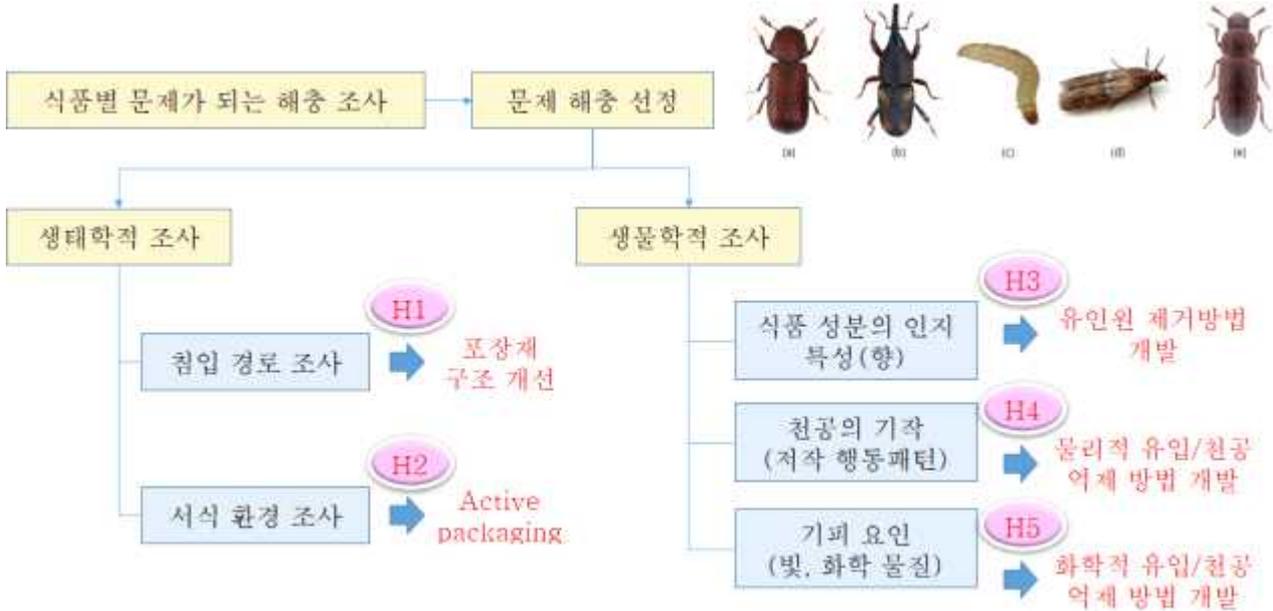


그림 2. 연구개발과제 개요 모식도

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1차년도 연구는 최근 급격히 변화되고 있는 식품을 둘러싼 환경(기후변화, 소비패턴, 포장방법 등)을 고려하여 1) 최근(2018~2022년) 발생한 식품 중 벌레발생으로 인한 소비자클레임 신고 데이터를 기반으로 신고 건수가 많은 포장 식품(과자, 라면, 커피, 시리얼, 초콜렛 등), 전통적으로 식품 회사에서 고질적인 클레임이 제기되는 식품(유통기한 장기 제품, 식품 향 과다 발생 제품 등), 그리고 최근 시장이 늘어나고 있는 택배 및 배달 식품을 중심으로 타겟을 설정하고 2) 이를 대상으로 문제가 된 곤충 종 분석, 곤충 종의 행동, 생태학적 분석, 발생유형분석, 피해유형분석, 침입시기 분석 KEY-FACTOR를 활용하여 주요피해 대상곤충과 발생원인을 구체화한 후 3) 이를 기반으로 한 물리적, 화학적 억제방법의 방향을 설정하고 방충 허들 테크놀러지를 도입한 방충 포장개발 연구를 위한 공시충의 대량사육 시스템을 완성하였다. 또한 4) 선행연구로 개발된 천연유래방충 성분(계피, 회향)의 성능(기피효과, 지속성)을 향상시킬 수 있는 추가 성분을 찾기 위해 17종의 신규 천연식물(한약재)를 선정하여 에탄올추출법을 통해 주요성분을 추출하고 선정된 공시충을 대상으로 기피효과를 검증하였으며, 5) 선행연구로 개발된 천연유래방충성분을 활용하여 방충포장 제작 시 효과성과 경제성을 동시에 만족 시킬 수 있는 처리방안에 대한 연구를 협동기관인 (주)남경이 제작한 시제품을 활용하여 진행하였다.

(1) 포장식품 유형 및 포장 방법별 주요 피해 해충 조사/관건 피해해충 선정

○ Target 선정

최근(2018~2022년) 식약처에 신고된 식품 중 이물 신고 현황과 고려대(주관연구기관)에서 자문 중인 식품회사(농심, 롯데, 크라운 해태, 남양유업)에 접수된 소비자 곤충 클레임 사례를 대상으로 제품 특성, 곤충 클레임 발생건수(빈도), 클레임 유발 곤충 특성 분석을 통한 유통, 보관 단계 침입 가능성을 도출하여 가공식품 유통 보관 중 관건 피해 곤충 선정 및 방충 허들 테크놀러지를 도입한 방충 포장개발, 적용 시 효과가 극대화 될 수 있는 식품(포장) 유형을 선정하였다. 온라인 유통을 통한 가공식품 구매 소비자의 해충 클레임의 경우 소비자 클레임 발생 시 온라인 유통회사에서 이물 발생 신고를 받기는 하지만 이에 대한 처리는 가공식품 생산 업체로 이관하여 처리하는 상황이었으며 배달식품의 경우 식약처 조사 결과 대부분 조리 단계에서 유입되어 발생되거나 판정불가(조리단계나 사용단계에서 모두 발생 가능성이 존재)로 조사되어 포장 용기 상태로 밀폐, 이동, 보관되는 짧은 시간 동안 발생할 가능성은 희박한 것으로 분석되었다. 2017년부터 2021년까지 식약처에 신고된 이물 현황은 표 1.과 같다.

표 1. 식약처에 신고된 이물 종류별 신고(보고) 현황

연도	계	이물 종류					
		벌레	곰팡이	금속	플라스틱	유리	기타이물
계	18,360	4,550 (24.8%)	2,699 (14.7%)	1,668 (9.1%)	1,577 (8.6%)	280 (1.5%)	7,586 (41.3%)
2017	3,236	938	371	303	275	60	1,289
2018	3,061	843	383	299	243	59	1,234
2019	3,898	990	524	387	326	47	1624
2020	4,044	894	767	366	361	60	1596
2021	4,121	885	654	313	372	54	1843

*기타이물 : 머리카락, 실, 탄화물, 나무 조각 등

최근 5년간 식약처에 신고된 이물 중 벌레 관련 이물의 비율은 전체 이물의 24.8% 정도로 전체 이물 중 가장 높은 비율을 차지하고 있으며 특히 식품 유형별로는 커피(846건), 면류(498건), 즉석 섭취/편의식품(355건), 특수용도식품(371건), 과자류(345건), 시리얼(241건), 주류(209건), 빵/떡류(162건), 음료류(160건), 초콜릿류(142건), 건포류(65건) 순으로 벌레 이물이 많이 신고 되었다. 신고된 건에 대한 이물 혼입 원인 조사결과 전체 신고건 중 2,366(16.3%)건은 제조단계에서 혼입된 것으로 분석되었고 2,771건(20.5%)이 조사불가, 1,949건(13.4%)이 오인신고였으며 10,217건(49.8%)이 유통단계에서 혼입되었을 가능성이 큰 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과는 전체 이물에 해당하는 원인 조사결과로 본 연구에서 실제 식품회사에 접수된 소비자 벌레이물 신고 627건을 분석하여 유통, 보관, 소비 단계에서 오염되었다고 판단한 결과(과자류 62%, 용기면 78%, 봉지면 85%, 유제품 92%, 간편조리 45%, 커피/음료 90%)를 감안하면 식약처 벌레 이물 신고 건수의 80%, 3,640건 정도가 유통, 보관, 소비 단계에서 오염되었을 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구의 대상 식품 유형은 과자류, 라면류로 선정하였으며 선정된 식품 유형의 대표적인 포장 구조에서 방충 허들 테크놀러지의 도입 가능성을 모색하였다.

○ 대상 식품의 포장 구조 모니터링

Target이 되는 식품의 포장 구조를 외포장/내포장으로 구분하여 분석하고, 포장의 구조 및 구성에 따른 상관관계를 모니터링하고 침입 경로가 유통의 어느 단계에서 이루어졌는지를 분석함.

A. 봉지 라면

1) 대상 품목: 국내 4개社 라면제품 (품목은 랜덤)

2) 재질 및 포장형태

재질은 대부분 비슷한 사양으로, OPP/VM-CPP로 구성되어 있으며, 총 두께는 50 μ m 내외임.

표 2. 국내 유통 봉지라면 포장재 재질 및 형태 조사 결과

제조사	재질(μ m)	형태
○○社	OPP20/VM-CPP30 (총두께 52)	Pillow 방식
○○○社	OPP30/VM-CPP20 (총두께 53)	Pillow 방식
○○社	OPP25/VM-CPP20 (총두께 46)	Pillow 방식
○○社	OPP30/VM-CPP20 (총두께 52)	Pillow 방식

3) 침입경로

- 벌레 침입(천공) 클레임의 대부분은 배접셀 부위에서 발생.
- 벌레가 배접 부위에 모여 있다가 취약부위를 뚫고 들어감.
- 가장 취약한 부위는 배면 셀과 컷셀이 만나는 부위임.

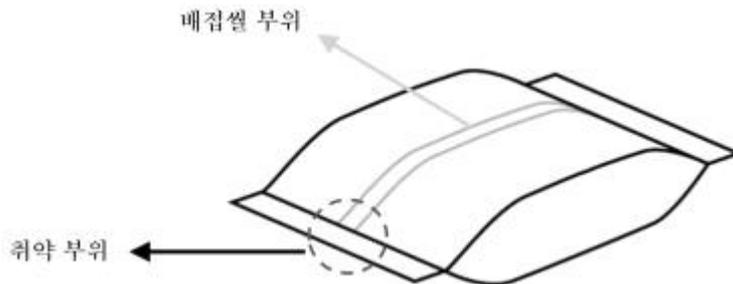


그림 3. 식품 포장 취약부위

B. 초콜릿바, 비스킷류

1) 대상 품목: 국내 3개社 제품 (품목은 랜덤)

2) 재질 및 포장형태

- 포장재 재질은 OPP/VM-CPP가 가장 많았으며, 내용물에 따라 다양함.
- 포장형태는 pillow type이 주종을 이룸.

표 3. 국내 유통 과자류 포장재 재질 및 형태 조사 결과

제조사	제품명	재질(μm)	형태	비고
○○○社	○○	OPP20/VM-CPP25 (총두께 46)	pillow	초코과자
	○○○	OPP20/VM-CPP25 (총두께 46)	pillow	스넥
	○○○○○○○	OPP20/PE15/VM-CPP25 (총두께 60)	pillow	초코쿠키
	○○○	OPP20/POPP30/AI9/PE15/EVA15 (총 92)	-	비스켓
	○○○○○껌	PET12/VM-PET12/LLDPE40	3방	껌 리필
○○社	○○○	OPP20/VM-CPP20 (총두께 47)	pillow	초코바
	○○초코바	OPP20/VM-CPP20 (총두께 47)	pillow	초코바
	○○○○○○○	OPP20/VM-CPP30 (총두께 50)	pillow	초코쿠키
	○○○○○	OPP20/PE15/VM-CPP25 (총두께 60)	pillow	비스켓
	○○크래커	OPP20/VM-CPP25 (총두께 46)	pillow	비스켓
	○○○○○껌	PET12/VM-PET12/LLDPE40	3방	껌 리필
○○○社	○○샌드	OPP20/VM-CPP20 (총두께 41)	pillow	과자
	○○○○○	OPP20/VM-CPP20 (총두께 41)	pillow	과자
	○크래커	OPP20/VM-CPP20 (총두께 42)	pillow	비스켓

3) 침입경로

- 벌레 침입(천공) 클레임의 대부분은 배접부위에서 발생.
- 가장 취약한 부위는 배면 셀과 컷셀이 만나는 부위임.

4) 취약부위 조사

: 가장 클레임이 많은 것으로 나타난 취약 부위에 대해 밀봉성을 조사한 결과, 취약부위의 밀봉성이 많이 떨어지며, 열접착이 완전하게 일어나지 않은 제품이 많은 것으로 조사됨. 이 부위로 식품의 향기가 유출되기 때문에, 벌레를 유인하는 원인이 될 수 있음.



그림 4. 제과류 포장 실링부위

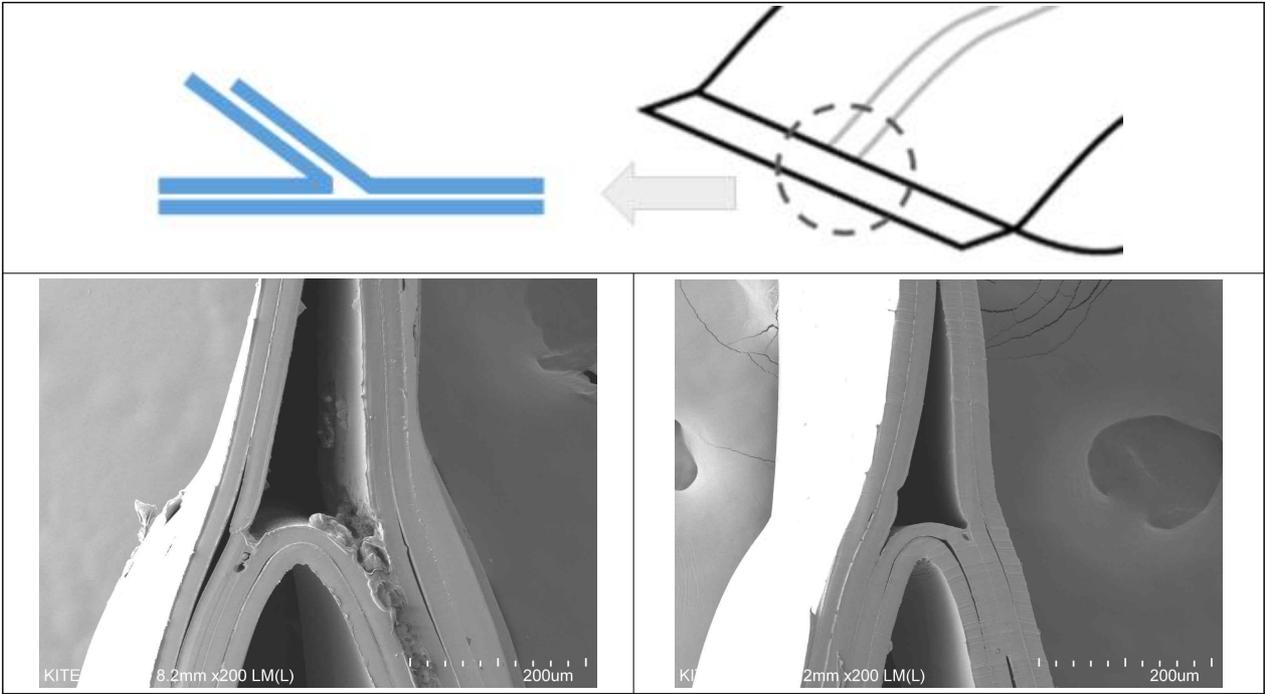


그림 5. 식품 포장실링부위 문제점(SEM)

○ 최근(2018~2022년) 고려대(주관연구기관)에서 자문 중인 식품회사(농심, 롯데, 크라운 해태, 남양유업)에 접수된 소비자 곤충 클레임 사례 627건을 대상으로 소비자 곤충 클레임 발생 종의 형태학적 특성과 생태학적 특성 분석을 통한 포장상태에서 유통, 보관 중 침입가능성 분석을 분석하였다.

- 고해상도 현미경(20~90배율 확대) 촬영된 소비자 곤충 클레임 샘플의 전반적인 형태, 머리, 가슴, 배, 구기, 부속지 특징을 기반으로 형태학적 분류키를 활용하여 목, 종을 동정 분석

<p>고해상도 현미경 확대촬영</p>	<p>형태학적 분류키</p>

그림 6. 식품 유형별 소비자 클레임 유발 곤충 이물 형태학적 분류방법

식품회사에 접수된 627건(봉지면 189건, 용기면 162건, 과자류 178건, 유제품류 153건, 간편조리식 31건, 커피/음료 21건)의 소비자 곤충 클레임 대상 곤충 이물을 대상으로 형태학적 분류기를 활용하여 곤충 목, 종을 분석한 결과는 그림 7.과 같다.

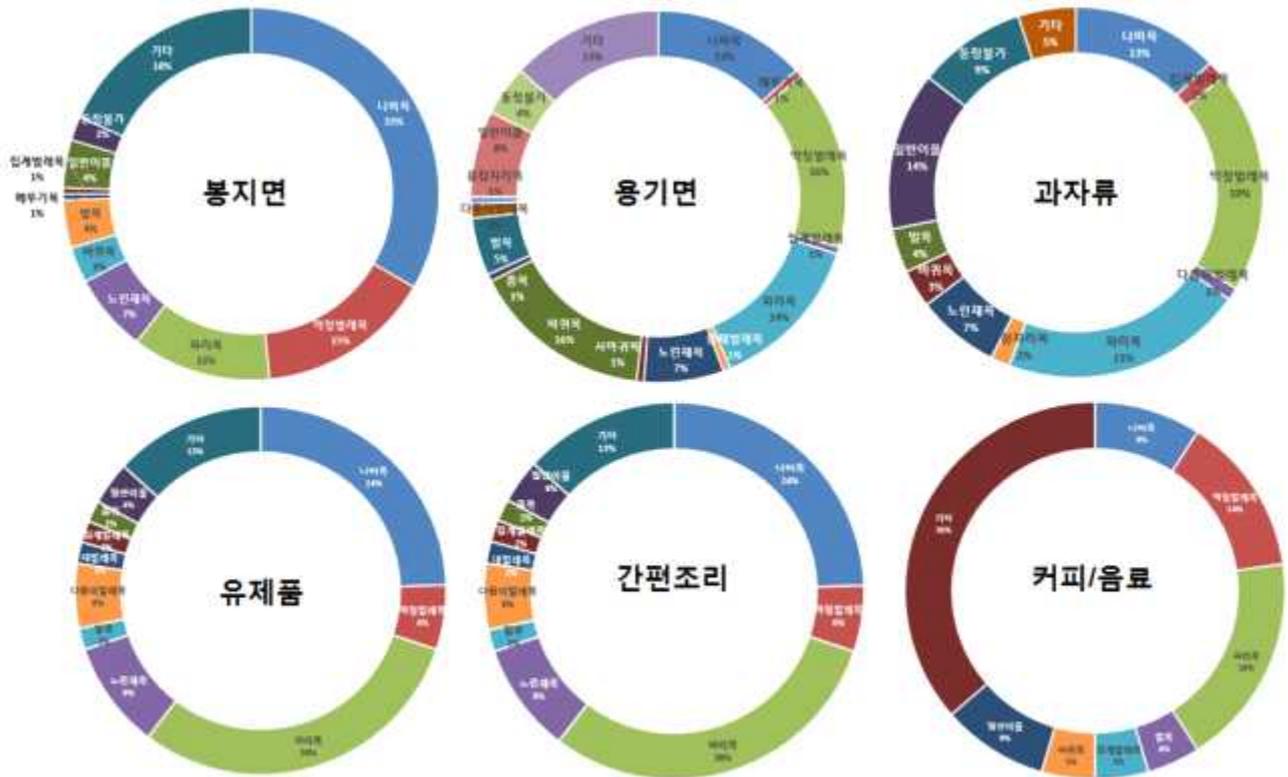


그림 7. 식품 유형별 소비자 클레임 유발 곤충 이물 형태학적 분류

- 동정된 종의 생태학적 특성을 고려하여 저장, 저장시설, 야외(원예, 경작지, 산림), 수서(습지), 위생곤충으로 재분류하여 식품 유형별 유통, 보관 중 포장상태에서 침입 가능한 저장해충의 발생 빈도를 분석.

<p>저장 해충</p> <p>활범이 넓은 저장식품을 가해하는 곤충군</p> <p>식품의 향을 감지하여 먹이 탐색을 하며 필요, 제품생산 시 오염이 가능하며, 보관 유통 시 포장지를 천공하여 가해 가능</p> <p>생위 시 인체에 무해하나 알리지 불편 가능</p> <p>나비목 : 밀나방과 제충기로 화알곡나방, 알락밀나방 등이 대표적</p> <p>말장벌레목 : 수시알미, 거저리, 머리대장, 끝안벌레, 말바구미, 말바구미, 곡식부시기, 예비섯벌레 등</p>	<p>위생 해충</p> <p>관중성이 약하여 포장완료, 제품의 보관 유통 시 포장지를 천공하지 못하며 포장지, 필요, 제품 생산현장, 소비자 사용 중 오염 가능</p> <p>오염된 환경에 서식하며 악취, 식품 향에 의해 유인되나 저장식품을 직접적으로 가해하지 않으며, 부패한 유기물을 가해하는 곤충군과 식품의 향으로 유인되어 저장식품을 직접적으로 가해하는 곤충군이 모두 존재</p> <p>클레임 제기 시 내부 미생물 등으로 인하여 2차적 피해가 가능하여 인체에 간접적인 피해가 우려됨</p> <p>파리목 : 머리파리, 초파리, 나비파리, 머리파리, 오기 등</p> <p>말장벌레목 : 독말바구, 먹바구, 이갈바구 등</p> <p>간드기, 흰대, 바퀴 등</p>
<p>저장시설 해충</p> <p>저조도, 고습도 조건의 저장, 보관시설에 서식하는 곤충군</p> <p>필요, 제품생산 시 유입이 가능하며, 보관 유통 시 포장박스, 포장지 표면, 포장용기 등에서 발견 가능</p> <p>생위 시 인체에 무해하나 알리지 불편 가능</p> <p>다듬이벌레목 : 날개가 없는 딱따구리, 어물다듬이벌레와 날개가 1쌍인 가루먼둥이벌레, 날개가 2쌍인 예기달둥이벌레</p> <p>종목 : 흙, 벌목 : 애집개미, 보리나방상아고지벌</p> <p>거미목 : 송애, 유랑거미, 기타 : 그리미, 굽등이, 귀뚜라미</p>	<p>습지, 수서 해충</p> <p>관중성이 약하여 포장완료, 제품의 보관 유통 시 포장지를 천공하지 못하며 포장지, 필요, 제품 생산현장, 소비자 사용 중 오염 가능</p> <p>물이 고인 지역에 서식하며 식품 향에 유인되나 저장식품을 직접적으로 가해하지 않으나 저장식품 필요, 제품 가공, 소비자 사용 시 간접적으로 유입 가능한 곤충군으로 생위 시 인체에 무해함.</p> <p>야간 불빛으로 유인 가능</p> <p>각류살아목 : 하루살이, 파리목 : 말다구, 각다구, 집게벌레목 : 집게벌레</p> <p>장지동물 : 노리개, 공벌레, 원머노리, 지네, 말장벌레목 : 반날개, 반날개살이</p> <p>수서생물 : 달팽이, 단각류, 등각류, 갯갈구 등</p>
<p>원예, 경작지, 야외 해충</p> <p>활범이 넓은 야외환경에 서식하는 모든 곤충 종류로 필요, 제품생산 시 유입이 가능하며, 보관 유통 시 포장박스, 포장지 표면 등에서 발견 가능하며 소비자 사용 중 오염 가능. 과편류의 상당부분을 차지함.</p> <p>경작지 해충의 경우 필요와 함께 혼입가능하며 소비자 취식 중 반찬류에 의해서도 오염가능. 생산현장으로 유입되어 혼입가능. 생위 시 인체에 무해함. 야간 불빛으로 유인 가능</p> <p>나비목 : 담배나방, 과방나방, 산림 나방 류, 딱정벌레목 : 바구미류, 풍영이, 노린재, 무당벌레, 잎벌레, 풀벌레 등, 벌목 : 주둥개미, 공개미, 거생벌, 말벌, 꿀벌 등</p> <p>파리목 : 송애, 꽃파리, 흑파리, 벼새파리 등, 장지리목, 해부기목, 머리목 등, 거미목 : 열송거미 등, 고목로브 집게벌레, 자갈미, 말갈미 등</p>	

그림 8. 식품 유형별 소비자 클레임 유발 곤충 이물 생태행동학적 분류방법

식품회사에 접수된 627건(붕지면 189건, 용기면 162건, 과자류 178건, 유제품류 153건, 간편조리식품 31건, 커피/음료 21건)의 소비자 곤충 클레임 대상 곤충 이물을 대상으로 생태행동학적 분류키를 활용하여 분석한 결과는 그림 9와 같다.

식품에서 발견되는 곤충 이물의 경우 형태학적인 분석을 통한 목, 종 분류 결과만 가지고 오염경로, 침입시기를 판별할 경우 발견되는 종수가 과다하고 빈도수가 적으며 유입경로가 다양하여 정확도가 떨어진다. 따라서 각 종의 생태행동학적 특성을 통해 유사한 환경조건에서 발견되는 종을 새로운 분류 기준으로 통합하여 통합된 분류군의 빈도수, 각 분류군의 곤충이 발육/서식환경에서 식품의 보관, 유통여부, 곤충에 노출되는 기간(생산일자에서 곤충 발견일자까지 기간), 소비자 보관, 사용 환경(구입경로, 구입일자, 발견일자, 소비자 보관 장소, 면의 경우 취사 시 함께 사용한 채소류, 섭취 시 함께 섭취한 식품 등의 소비자 증언) 등을 고려하여야 한다. 본 연구의 목표인 허들테크놀로지 방충 포장 개발을 위해서는 제품을 생산하여 포장한 후부터 소비자가 개봉할 때까지의 유통, 보관 단계에서 오염될 가능성이 큰 분류군으로 분류되는 곤충을 대상으로 연구가 진행되어야 하므로 식품 유통, 보관 환경에서 발육, 서식이 가능한 생태학적 특성을 지닌 곤충 종을 1차로 분류하고 이를 다시 해당 식품을 먹이자원으로 활용하고 포장재를 천공할 수 있으며 발견 시 생존상태로 발견되거나 발육잔재물이 함께 발견되어 소비자에게 혐오감을 크게 유발시키는 행동학적 특성을 가진 종을 저장해충으로 해당 식품을 먹이자원으로 활용하지 못하고 포장재를 천공할 수는 없으나 포장지에 오염되어 발견 시 치사, 생존상태로 발견되지만 발육잔재물은 발견되지 않는 종을 시설해충으로 분류하였다.

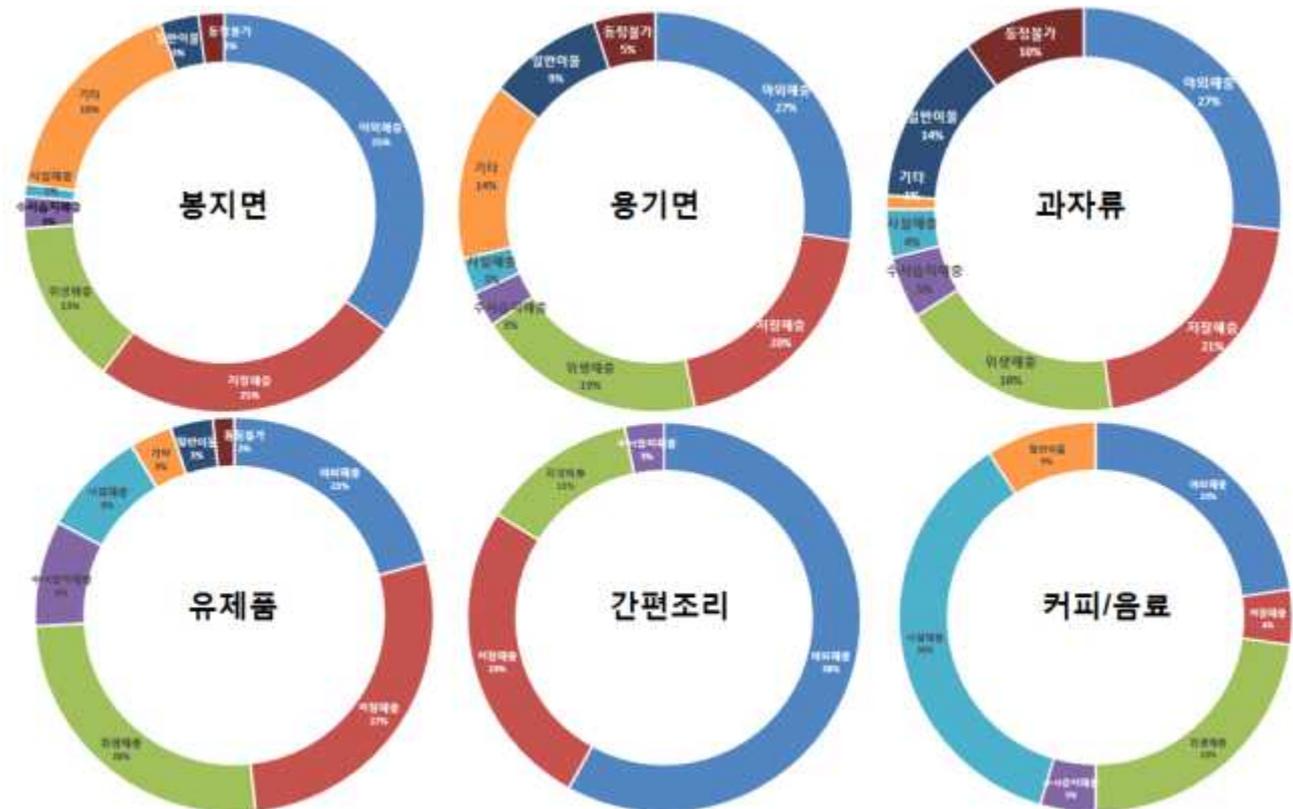


그림 9. 식품 유형별 소비자 클레임 유발 곤충 이물 생태행동학적 분류

식품 유형별 저장해충 발생비율은 붕지면에서 전체의 25%인 49건, 용기면 20%(27건), 과자류 21%(38건), 유제품류 27%(16건), 간편조리식품류 26%(8건), 음료 4%(1건)으로 조사되었으며 시설해충 발생비율은 붕지면 1%(2건), 용기면 3%(4건), 과자류 4%(7건), 유제품류 9%(5건), 음료 36%(8건)으로 조사되었다(그림 9). 저장해충의 경우 면류, 과자류의 식품을 가해할 수 있는 먹이적합성

과 향에 의한 유인, 면류, 과자류 제품이 보관 시 저조도 조건에서 장기간 보관한 다는 점, 포장 재질이 플라스틱 비닐(pp, pe 다층포장)로 유사하고 이를 천공할 수 있는 천공능력을 가지고 있다는 점에서 발견 빈도수가 큰 것으로 판단되며 시설해충의 경우 거의 대부분 냉장 유통이 되며 유통, 보관기간이 짧은 간편조리 식품류에서는 발견되지 않으나 용기 밀폐 포장으로 보관되는 음료에서는 보관하는 장소가 다른 식품에 비해 열악한 조건인 경우가 많고 시설해충으로 분류되는 종 중 응애류가 용기와 뚜껑사이 틈새를 선호하는 생태행동학적 특성을 가지고 있어 이에 대한 빈도수가 다른 식품 유형보다 많은 것으로 판단되었다.

표 4.~표 5.는 식품 유형별 소비자 신고로 접수된 곤충이물의 형태학적, 생태행동학적 분류 결과를 종합하여 나타낸 것으로 시설해충의 경우 다듬이벌레목 다듬이벌레와 벌목 애집개미의 발생 빈도가 높았으며(표 4.) 야외해충의 경우 봉지면에서는 나비목 밤나방과 곤충과 파밤나방의 빈도수가 가장 많았으며 용기면은 바퀴목 산바퀴, 과자류는 나비목 산림나방류와 파리목 깔따구, 유제품은 노린재목 매미충, 진딧물과 파리목 깔따구, 간편조리식품은 파리목 깔따구의 빈도가 높은 것으로 조사되었다(표 5.).

표 4. 식품 유형별 소비자 신고로 접수된 시설 해충 이물의 형태학적, 생태행동학적 분류

한글명	목명	학명	분류	봉지면	용기면	스낵	유제품	간편조리	음료
다듬이벌레	다듬이벌레목	Psocoptera	시설 해충		2	1	3		
보리나방살이고치벌	벌목	Bracon hebetor	시설 해충	1		1			
애집개미	벌목	Monomorium pharaonis	시설 해충		1	1	1		
흔들류	벌목	Chalcidoidea	시설 해충		1				

표 5. 식품 유형별 소비자 신고로 접수된 야외 해충 이물의 형태학적, 생태행동학적 분류

한글명	목명	학명	분류	봉지면	용기면	스낵	유제품	간편조리	음료
나방류	나비목	Lepidoptera	야외 해충	4	1	6		4	1
달배거세미나방	나비목	Spodoptera litura	야외 해충			1		2	
밤나방과	나비목	Noctuidae	야외 해충	17	1	1	1		
파밤나방	나비목	Spodoptera exigua	야외 해충	13	2				
갈색날개노린재	노린재목	Plautia stali	야외 해충	2					
거울벌레류	노린재목	Aphrophoridae	야외 해충			1			
노랑배허리노린재	노린재목	Plinactus bicoloripes	야외 해충			1			
노린재류	노린재목	Pentatomidae	야외 해충		1	1		1	
노티나무노린재	노린재목	Homalogonia grisea	야외 해충	1					
둥근양노린재	노린재목	Microporus nigrita	야외 해충		1				
억노린재	노린재목	Scotinophara lurida	야외 해충						
매미충류	노린재목	Cicadellidae	야외 해충	3	2	3	2		
방패갈대노린재	노린재목	Cantao ocellatus	야외 해충					1	
방패벌레류	노린재목	Tingidae	야외 해충		1				
북쪽비단노린재	노린재목	Eurydema gebleri	야외 해충	1					
샛노랑갈초노린재	노린재목	Rhopalus sapporensis	야외 해충	1					
세오베메미	노린재목	Cicadetta montana	야외 해충			1			
소나무허리노린재	노린재목	Leptoglossus occidentalis	야외 해충		1				
실노린재	노린재목	Yemma exilis	야외 해충		1				
억양나무노린재	노린재목	Halyomorpha halys	야외 해충	1	2	1			
갈초노린재류	노린재목	Rhopalidae	야외 해충		1	2	1		
물색노린재	노린재목	Nezara antennata	야외 해충		1				
진딧물류	노린재목	Aphidoidea	야외 해충	1		3	2		
뚝날노린재	노린재목	Megymenum gracilicorne	야외 해충	1					
뚝다리개미허리노린재	노린재목	Riptortus pedestris	야외 해충	1				1	
물색노린재	노린재목	Nezara antennata	야외 해충	2					
대벌레류	대벌레목	Phasmatodea	야외 해충				1		
가슴등머리먼지벌레	약정벌레목	Harpalus chalcensus	야외 해충		1				
견정오마강먼지벌레	약정벌레목	Tachyta laticollis	야외 해충			1			
고려비단벌레	약정벌레목	Buprestis haemorrhoidalis	야외 해충		1				
고요할망비섯벌레	약정벌레목	Episcapha gorhami	야외 해충						1
긴다색풍영이	약정벌레목	Heptophylla picea	야외 해충		1	1			
길쭉표본벌레	약정벌레목	Ptinus japonicus	야외 해충		1				
프마나생이우당벌레	약정벌레목	Propylea japonica	야외 해충		3				
프마노왕먼지벌레	약정벌레목	Acupalpus inornatus	야외 해충				1		
프마방아벌레	약정벌레목	Drasterius agnatus	야외 해충		1				
뚝굴표본벌레	약정벌레목	Gibbium psyllionides	야외 해충			1			
뚝일곡풍영이	약정벌레목	Blitopertha orientalis	야외 해충	1		1			1
약정벌레목	약정벌레목	Coleoptera	야외 해충	1					
먼지벌레류	약정벌레목	Harpalidae	야외 해충	1	1	2		1	1
우당벌레	약정벌레목	Harmonia axyridis	야외 해충			1			
요왕산거저리	약정벌레목	Anaedus mroczkowskii	야외 해충	1					
바구미류	약정벌레목	Curculionidae	야외 해충	1	1				
벼국일벌레	약정벌레목	Phyllotreta striolata	야외 해충			1			

사슴벌레	딱정벌레목	<i>Lucanus maculifemoratus</i>	야외 해충		1					
술소바구미	딱정벌레목	<i>Araecerus fasciculatus</i>	야외 해충	1			1			
알벌레류	딱정벌레목	Chrysomelidae	야외 해충	1			1			
주물주물차색종영이	딱정벌레목	<i>Adoretus tenuimaculatus</i>	야외 해충		1					
중국알벌레붙이	딱정벌레목	<i>Luprops orientalis</i>	야외 해충	2						
큰녹색가루바구미	딱정벌레목	<i>Phyllobius rotundicollis</i>	야외 해충							1
권연지벌레	딱정벌레목	<i>Lepticus magnus</i>	야외 해충		1					
종영이붙이	딱정벌레목	<i>Merohister jekeli</i>	야외 해충				1			
하늘소류	딱정벌레목	Cerambycidae	야외 해충	1						
귀뚜라미	메뚜기목	Gryllidae	야외 해충	1						
메뚜기류	메뚜기목	Orthoptera	야외 해충		1					
산바퀴	바퀴목	<i>Blattella nipponica</i>	야외 해충		4					
곰개미	벌목	<i>Formica japonica</i>	야외 해충		2					
구멍벌과	벌목	Sphécidae	야외 해충							1
기생벌류	벌목	Bethylidae	야외 해충	1						
꿀벌	벌목	<i>Apis mellifera</i>	야외 해충		1					
요마왕수벌벌	벌목	<i>Vespa ducalis</i>	야외 해충				1			
나나니	벌목	<i>Ammophila sabulosa</i>	야외 해충		1					
남작자루개미 수개미	벌목	<i>Technomyrmex gibbosus</i>	야외 해충	1						
등갈은알벌	벌목	<i>Vespa velutina</i>	야외 해충		1					
땅시벌과	벌목	Ichneumonidae	야외 해충							1
벌목	벌목	Hymenoptera	야외 해충	1						
왕살벌류	벌목	Poistinae	야외 해충							1
어리발생살벌	벌목	<i>Polistes mandarinus</i>	야외 해충	1						
육니장벌	벌목	<i>Chrysis prinoipalis</i>	야외 해충	1						
흰줄박이참시벌	벌목	<i>Achalis oratorius</i>	야외 해충	3						
사마귀	사마귀목	Mantodea	야외 해충		1					
방울살장자리	장자리목	<i>Platycnemis phyllopada</i>	야외 해충				1			
살장자리류	장자리목	Zygoptera	야외 해충		1					
좀재벌레	좀재벌레목	<i>Scirotothrips dorsalis</i>	야외 해충		1					
기생파리류	파리목	Tachinidae	야외 해충		1					
알미구류	파리목	Chironomidae	야외 해충	3	1	6	2	2	1	
꽃눈애류	파리목	Syrphidae	야외 해충				1			
뿔애물애	파리목	Stratiomyidae	야외 해충	1						
뿔애류	파리목	Tabanidae	야외 해충		1					
버섯파리류	파리목	Sciariidae	야외 해충		1	1				
작은뿌리파리	파리목	<i>Bradysia agrestis</i>	야외 해충			2				1
혹파리류	파리목	Cecidomyiidae	야외 해충	1	1	2	1			
포리꽃눈애	파리목	<i>Episyrphus balteatus</i>	야외 해충		1					
효박과살파리	파리목	<i>Bactrocera depressus</i>	야외 해충		1					

또한 식품에서 가장 발견 빈도가 높고 유통, 보관 단계에서 문제가 많은 것으로 분석된 저장해충의 경우 나비목 화랑곡나방이 발생빈도가 가장 높았으며 딱정벌레목 수시렁이류, 권연벌레, 톱가슴머리대장이 높은 빈도수를 보이거나 이중 권연벌레, 톱가슴머리대장의 경우 과자류의 생산단계에서 유입되는 경우가 많은 것으로 조사되었다(표 6). 위생해충의 경우 바퀴목에 해당되는 모든 종과 파리목 벼룩파리, 집파리의 빈도수가 높은 것으로 조사되었으며(표 7.) 습지, 수서해충의 경우 딱정벌레목 반날개와 집게벌레목의 빈도수가 높은 것으로 조사되었다(표 8).

표 6. 식품 유형별 소비자 신고로 접수된 저장 해충 이물의 형태학적, 생태행동학적 분류

한글명	독명	학명	분류	봉지면	용기면	스넥	유체분	간편조리	음료
화랑곡나방	나비목	<i>Plodia interpunctella</i>	저장 해충	30	17	15	12	7	1
갈색거저리	딱정벌레목	<i>Tenebrio molitor</i>	저장 해충	1					
갈색머리대장	딱정벌레목	<i>Cryptolestes pusilloides</i>	저장 해충			1			
거짓밭도둑거저리	딱정벌레목	<i>Tribolium castaneum</i>	저장 해충	2	1	1			
곡식수시렁이	딱정벌레목	<i>Trogoderma granarium</i>	저장 해충			1			
곡식수시기	딱정벌레목	Cryptophagidae	저장 해충		1				
권연벌레	딱정벌레목	<i>Lasioderma serricorne</i>	저장 해충	1	2	5	1		
노랑태가는버섯벌레	딱정벌레목	<i>Dacne picta</i>	저장 해충	2					
머리대장류	딱정벌레목	Cucujoidea	저장 해충				1		
수시렁이류	딱정벌레목	Dermeestidae	저장 해충	1	3				
살머리대장	딱정벌레목	<i>Ahasverus advena</i>	저장 해충	1					
애수시렁이	딱정벌레목	<i>Attagenus unicolor</i>	저장 해충	1	2				
애알수시렁이	딱정벌레목	<i>Anthrenus verbasci</i>	저장 해충			2		1	
어리쌀바구미	딱정벌레목	<i>Sitophilus oryzae</i>	저장 해충			3			
톱가슴머리대장	딱정벌레목	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	저장 해충	1	1	9			
팔바구미	딱정벌레목	<i>Callosobruchus chinensis</i>	저장 해충	1					

표 7. 식품 유형별 소비자 신고로 접수된 위생 해충 이물의 형태학적, 생태행동학적 분류

한글명	목명	학명	분류	분지면	윤기면	스낵	유제품	간편조리	음료
독일바퀴	바퀴목	<i>Blattella germanica</i>	위생 해충	1	15	1			
떡바퀴	바퀴목	<i>Periplaneta fuliginosa</i>	위생 해충		4	2			
미국바퀴	바퀴목	<i>Periplaneta americana</i>	위생 해충	5	1	2			
집바퀴	바퀴목	<i>Periplaneta japonica</i>	위생 해충	1	1	1			1
개미류	벌목	Formicidae	위생 해충		1	3			1
유령개미	벌목	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	위생 해충			1			
좀	좀목	<i>Thysanura</i>	위생 해충		1		1		
검정파리	파리목	<i>Calliphora vomitoria</i>	위생 해충	3	1				
구리금파리	파리목	<i>Lucilia sericata</i>	위생 해충			1			
금파리	파리목	<i>Lucilia caesar</i>	위생 해충	1		1	1	1	
나방파리	파리목	Psychodidae	위생 해충						1
모기과	파리목	Culicidae	위생 해충						1
백복파리	파리목	Phoridae	위생 해충	2	1	10	8		
빨간집모기	파리목	<i>Culex pipiens</i>	위생 해충	5	1	1			1
작은빨간집모기	파리목	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	위생 해충	3					
아기집파리	파리목	<i>Fannia canicularis</i>	위생 해충			1			
애기뿔파리	파리목	Sphaeroceridae	위생 해충		1	1			
연두금파리	파리목	<i>Lucilia illustris</i>	위생 해충		2				
집파리	파리목	<i>Musca domestica</i>	위생 해충	1	6	4	1	3	
초파리	파리목	Drosophilidae	위생 해충	2	1	3	1		1
파리목	파리목	Diptera	위생 해충	1	2	5	2	1	1

표 8. 식품 유형별 소비자 신고로 접수된 습지, 수서 해충 이물의 형태학적, 생태행동학적 분류

한글명	목명	학명	분류	분지면	윤기면	스낵	유제품	간편조리	음료
물똥이류	막정벌레목	Gyrinidae	습지, 수서 해충	1					
반날개류	막정벌레목	Staphylinidae	습지, 수서 해충	1	2	2		1	
병참자리불이류	병참자리목	<i>Parachauliodes asahinai</i>	습지, 수서 해충			2			
고마로브집게벌레	집게벌레목	<i>Timomenus komarowi</i>	습지, 수서 해충			1			1
골마디통통집게벌레	집게벌레목	<i>Anisolabella marginalis</i>	습지, 수서 해충	4					
면집게벌레류	집게벌레목	Anisolabidae	습지, 수서 해충		1	1	1		
집게벌레류	집게벌레목	Dermoptera	습지, 수서 해충			1			

○ 최근(2018~2022년) 식품 유형별 소비자 곤충 클레임 발생 빈도가 큰 피해곤충 종을 대상으로 식품유형별 각 포장방법의 포장상태에서 유통, 보관 중 침입가능성 판별 모형을 통해 식품 유형별 곤충의 피해특성을 분석하여 피해가 큰 관건 피해곤충을 선정하여 본 연구의 실험곤충으로 사용 - 발생유형 분석 KEY-FACTOR(발생 곤충 종 발육특성, 발육단계(유충, 번데기, 성충) 및 발생형태(생존, 치사 개체, 파편, 발육잔재물(노폐물, 실크)), 발생량)를 활용한 침입시기 분석(그림 10.)

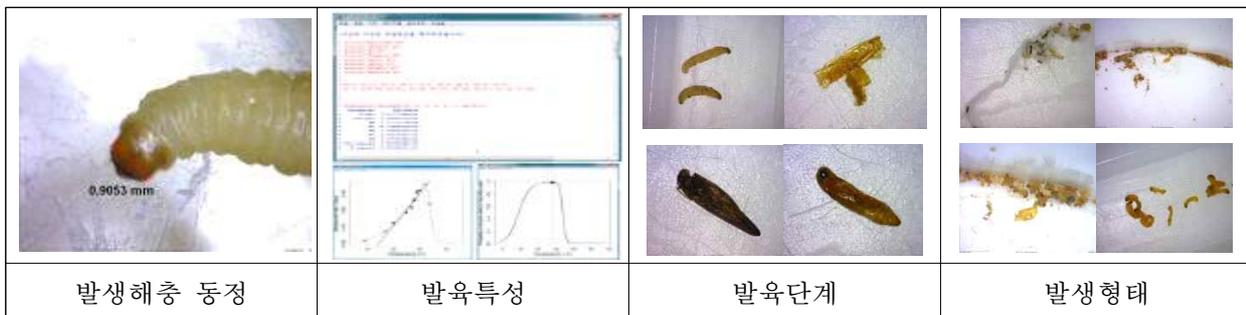


그림 10. 발생유형 분석 KEY-FACTOR

- 피해형태 분석 KEY-FACTOR(식품유형, 포장방법, 포장외부오염정도, 포장파손 및 포장천공여부, 포장내부오염정도(개체수, 발육단계 혼재여부/정도, 발육잔재물 양), 제품오염 정도(제품 가해 여부 및 정도, 섭취량, 제품 표면 함입여부))를 활용한 침입시기 결정(그림 11.)



그림 11. 피해형태 분석 KEY-FACTOR

- 열처리여부(생화학적 분석: 카탈라제효소반응(정성분석), 단백질 변성도 측정(정량분석)) KEY-FACTOR를 활용한 침입시기 결정(그림 12.)

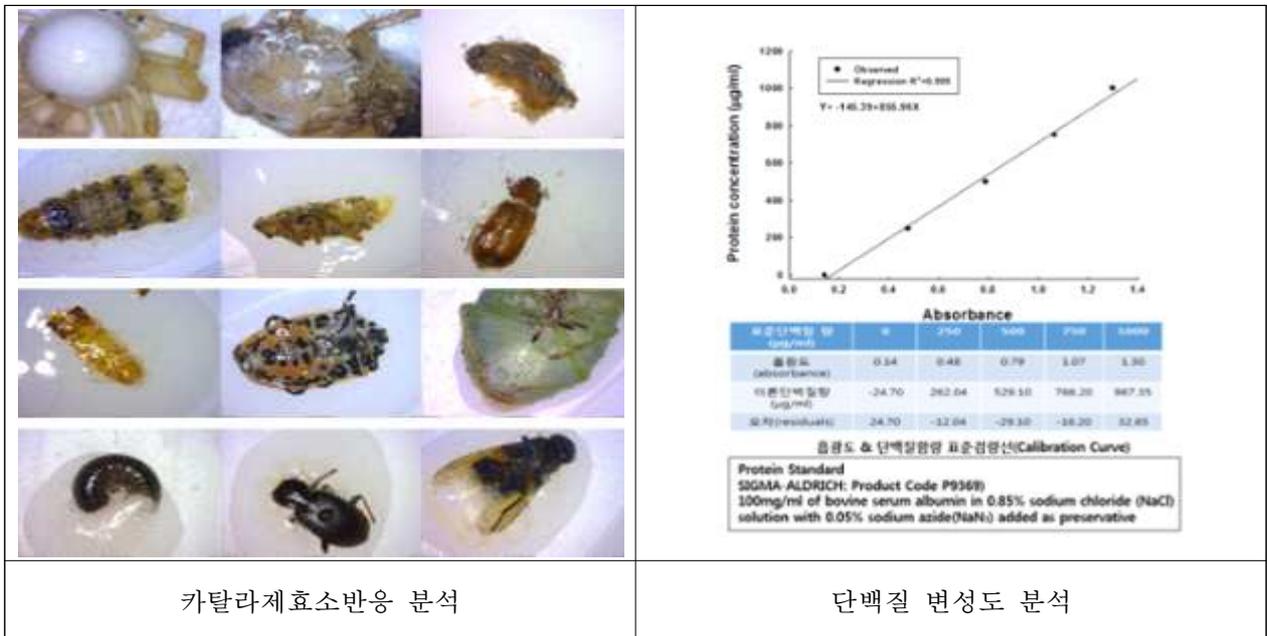


그림 12. 열처리 여부 분석 KEY-FACTOR

- 발생유형, 피해형태 분석 KEY-FACTOR를 활용한 분석 결과와 열처리 여부 분석 KEY-FACTOR를 활용한 분석 결과를 종합하여 각 식품 유형별 생산, 유통/보관, 소비단계 침입시기, 경로 및 오염가능성 판별 모형(그림 13.)을 구동한 후 유통/보관, 소비단계 침입으로 분석된 사례의 포장방법에서 주요 피해 곤충의 침입경로를 제어할 수 있는 방충포장 제작 다단계 허들 기술 도출

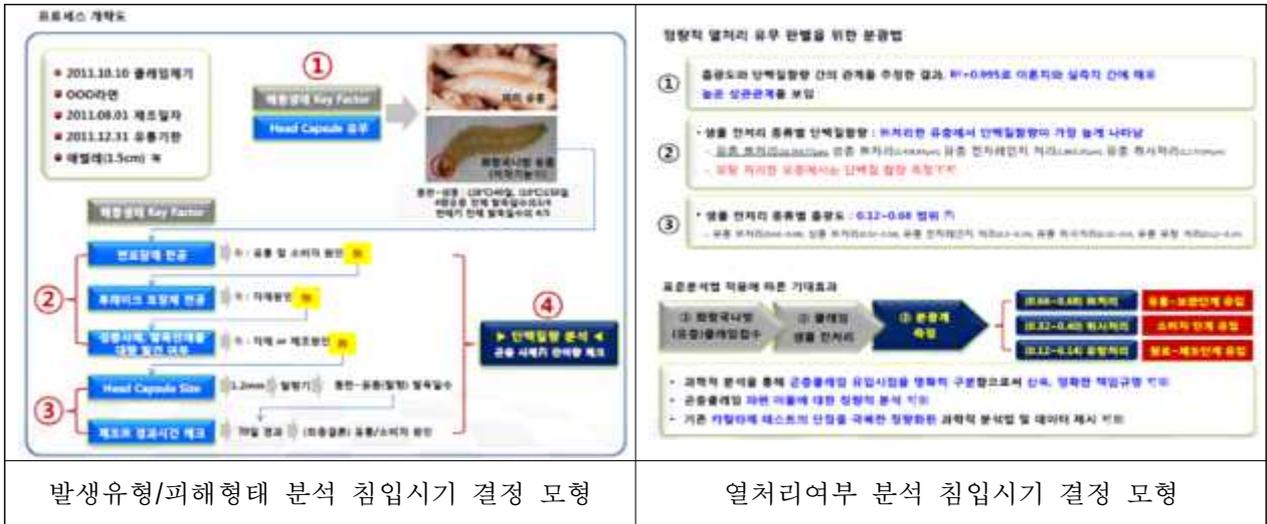


그림 13. 식품 유형별 생산, 유통/보관, 소비단계 침입시기, 경로 및 오염가능성 판별 모형

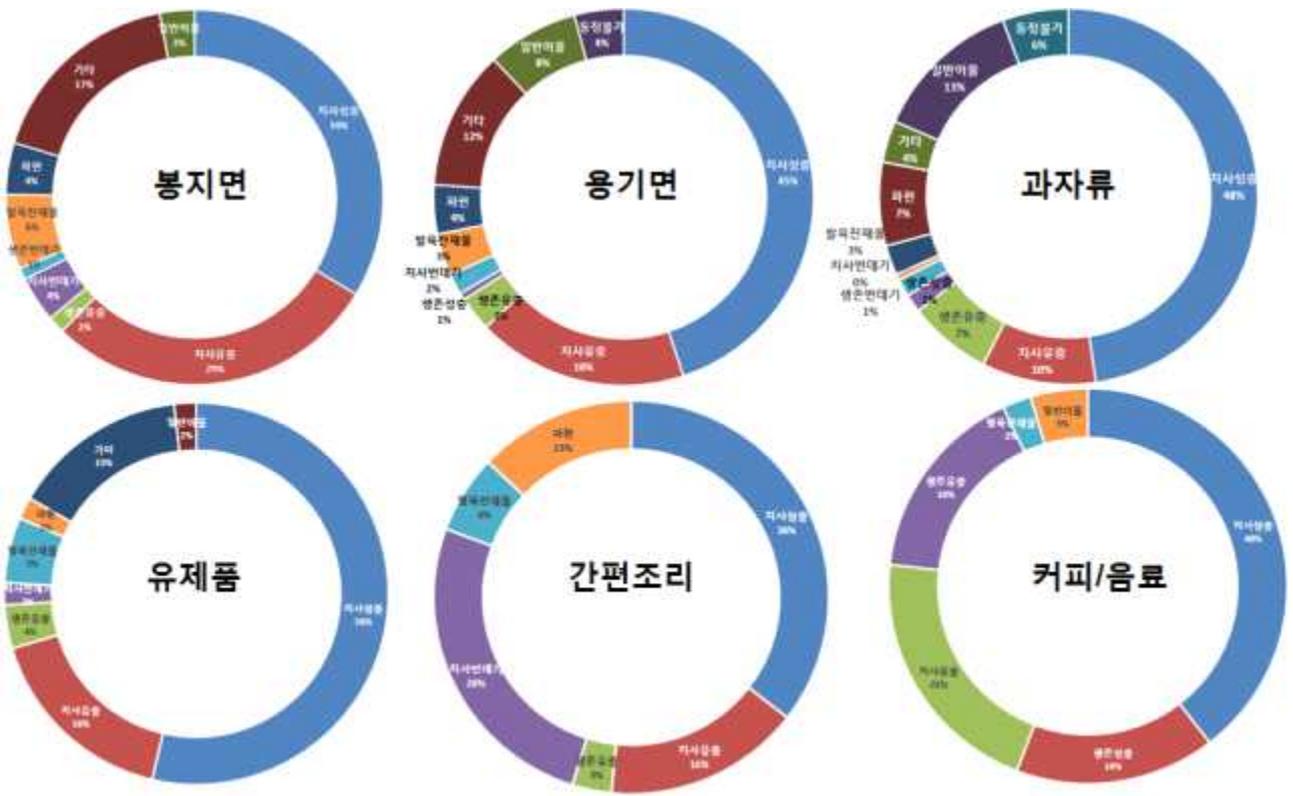


그림 14. 발생유형 분석, 피해형태 분석 KEY-FACTOR를 활용한 식품 유형별 침입시기 분석

식품에서 발견되는 곤충이물의 침입시기를 분석하기 위해서는 여러 종류의 분석 KEY-FACTOR가 필요하다. 특히 본 연구 과제의 목표인 허들 테크놀로지 방충포장 개발을 통해 유통, 보관 중 포장 오염, 천공을 통해 식품 내로 유입되어 소비자 클레임으로 이어지는 유형의 곤충이물 저감화를 위해서는 발견되는 곤충이물의 식품을 가해할 수 있는 먹이적합성과 향에 의한 유인 가능성, 식품 보관 시 저조도 조건 보관기간, 플라스틱 비닐(pp, pe 다층포장) 포장 재질 천공능력 등 곤충의 생태행동학적 특성 분석과 실제 신고 식품에서 발견되는 곤충이물의 발생유형, 피해형태에 대한 분석이 함께 고려되어야 한다. 연구결과 그림 14.와 같이 저장해충오염 빈도가 높은 식품유형인 면, 과자류, 유제품류에서 발생된 건의 경우 생존유충, 치사유충, 생존번데기와 함께 발육간재물(실크, 노폐물)이 함께 발생하는 비율이 높고 포장재의 천공흔적이 발견되는 경우가 대부분이었으며 간

편조리식품, 음료의 경우 발육잔재물, 천공된 흔적과 함께 발견된 경우가 없었다. 특히 유제품, 음료류 중 용기포장 제품의 경우 생존, 치사 개체가 대부분 뚜껑과 용기 사이 틈새에서 발견되며 응애류가 대부분이었다. 특히 면과 과자류의 경우 령기가 동일한 치사, 생존 유충 다수가 발견되거나 치사, 생존 유충, 번데기, 성충과 함께 이들을 가해하는 기생봉이 함께 발견되는 경우도 상당수로 분석되었다.



그림 15. 식품 유형별 생산, 유통/보관, 소비단계 침입시기, 경로 및 오염가능성 판별 모형 구동 결과

본 연구에서는 식품에서 발견되는 곤충이물의 침입시기를 분석하기 위해 발생유형, 피해형태를 분석하는 것과 함께 카탈라제 효소반응과 단백질 변성도 측정을 함께 수행하여 곤충이물의 체액소실, 단백질 변성여부를 통해 생산 단계에서 시행되는 열처리 여부와 소비자 사용 시 열처리, 공기 중 장기간 보존 시 보이는 체액손실 여부, 곤충이물의 형태변형, 파손정도를 분석하였으며 각 단계의 분석 결과를 토대로 침입시기, 경로 및 오염가능성 판별 모형을 구동하여 생산, 유통, 소비, 생산/유통/소비, 유통/소비 단계로 침입시기를 결정하였다(그림 15.). 연구결과 봉지면 82%(156건), 용기면 77%(123건), 과자류 62%(111건), 유제품류 92%(49건), 간편조리식품류 45%(14건), 음료류 90%(19건)가 유통/소비 단계에서 침입되어 발생된 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 생산 중 오염가능성이 각 분석 단계에서 조금이라도 있는 경우를 생산/유통/소비로 제외한 결과로 제외된 신고 건을 포함할 경우 거의 대부분 유통, 소비 단계에서 곤충이물 오염이 발생되는 것으로 판단할 수 있다.

○ 주요 피해해충 대량사육 시스템 구축 : 연구기간 중 지속적인 연령구조별 시험곤충 대량 공급 - 화랑곡나방의 대량사육 및 공시충 공급

우화 후 48시간미만의 화랑곡나방 성충 30마리(암수 성비 6:4)를 플라스틱 페트리디쉬 (직경 10cm)에 투입, 24시간 산란 유도 후 산란된 알을 확보하고 여기에 인공사료(쌀겨 800g, yeast extract 200g, glycerol 500ml, methyl p-hydroxybenzoate 2g, sorbic acid 2g)를 투입 후 온도

30±0.5℃, 상대습도 60~70%, 항온항습기(JISICO)에서 대량 사육하면서 연구에 필요한 발육단계 별 공시충(유충 2~4령)을 지속적으로 공급할 수 있는 시스템을 구축하였다.

- 수시령이의 대량사육 및 공시충 공급

사육용기에서 수시령이 성충을 30마리(암수 성비 6:4)를 플라스틱 사육용기(직경 120cm, 높이 80cm)에 투입 후 밀가루와 밀기울을 80:20으로 혼합한 인공사료와 황태를 투입하여 접종한 후 산란을 유도 후 투입한 성충을 보충하며 새로운 먹이가 투입된 사육용기로 주기적으로 옮겨주면서 온도 28±0.5℃, 상대습도 60~70%, 항온항습기(JISICO)에서 보관, 사육하며 연구에 필요한 발육단계 별 공시충(유충)을 지속적으로 공급할 수 있는 시스템을 구축하였다(그림 16).



그림 16. 주요피해해충 선정 및 대량사육시스템 구축

2) 선정된 주요 피해해충의 식품 유형 및 포장방법별 오염유발 생태, 행동학적 특성 연구

○ 해충 오염 다빈도 식품 유형에서의 유인원인 분석 :

소비자 해충발생 신고 데이터를 통한 해충 오염 다빈도 식품 유형(과자, 라면, 커피 등)을 대상으로 완제품 유통, 보관 중 대부분의 침입, 오염이 일어나는 저장해충(선정된 나비목, 딱정벌레 목 대표 종)을 현재의 유통, 보관 환경을 조성하여 고밀도 투입 후 침입경로, 유형을 분석, 이를 제어하기 위한 방충 포장 설계 기반 자료 확보

- 먹이(향) 선호성을 Olfactometer를 활용하여 분석

- 식품의 포장/보관방법에 따른 해충 침입/오염 가능성 분석: 포장 방법에 따른 은신처 제공, 침입 경로, 집중 유인/피해발생 부위 분석(열접착부 등 핀홀 발생부위, 포장에서 발생하는 저조도 공간 : 접착부/접힌부 틈새, 골판지 골, 배접부위 등), 포장 완제품 보관 환경에 따른 오염/유인 정도 분석



그림 17. 식품의 포장/보관방법에 따른 해충 침입/오염 가능성 분석

○ 선정된 주요피해 해충의 천공/유인억제 요인 분석

- 화학적 요인 규명 : 화학/천연 성분, 향
- 물리적 요인 규명 : 빛, 표면상태(거칠기, 재질변화), 연성

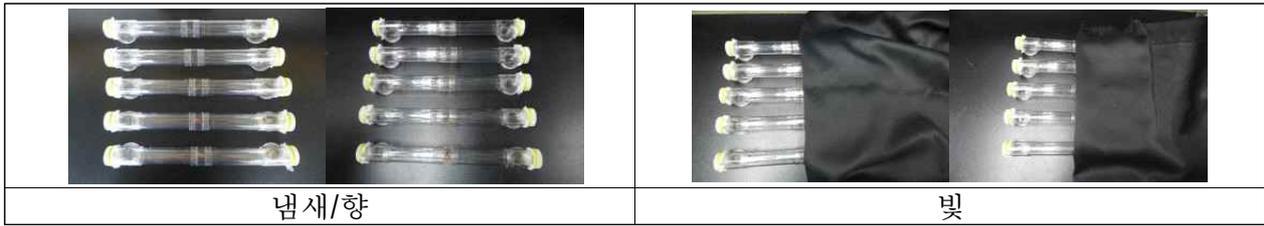


그림 18. 주요피해 해충의 천공/유인억제 요인 분석 실험

저장해충의 먹이 탐색은 먹이자원에 포함된 각종 성분의 자극에 대한 반응으로 일어난다. 포장된 가공식품의 경우 포장된 식품 향 성분은 포장재의 재질과 두께, 향 성분 종류에 따라 투과되는 데 소요되는 시간이 다르나 포장재를 투과하여 외부로 발산되며 주변의 저장해충은 이에 유인되어 포장재 외부에 도달한 후 포장재의 미세한 틈이나 천공이 유리한 부분을 찾아 천공 후 침입할 수 있다. 포장재를 투과하는 정도는 식품 향 성분의 화학적인 성질과 포장재의 재질에 따라 다르다. 일반적으로, 친수성 물질들은 플라스틱 포장재를 잘 투과하지 못하지만 친유성이거나 aromatic ring을 가진 방향성 화합물은 플라스틱 필름을 비교적 잘 투과하는 것으로 보고되고 있으며 Nylon, PE, PP 재질은 향 투과율이 PET film보다 높다(표 9).

표 9. 포장 필름의 종류별 향 성분이 투과하는데 걸리는 시간

필름종류	바닐라향	레몬향	카레향	마늘향	커피향	코코아향	녹차향
PET 12 μ m	2주이상	1~2주	1주	2주이상	2주이상	2주이상	2주이상
ONY 15 μ m	1일	1일이내	2주이하	1일	1일	1일	2주이상
OPP 20 μ m	1일	1일	1주	1일이내	1일	1주	1주
LLDPE 40 μ m	1일이내	1일이내	1일이내	1일이내	1일이내	1일	1일이내

그러나 실제 포장된 식품 내부로 저장해충의 천공은 포장재의 미세한 핀홀(pin-hole) 또는 열접착 불량 부위에서 이루어진다. 벌레들은 좁은 틈을 선호하는 경향이 많으며, 따라서 포장재 씰링 부위의 좁은 틈으로 벌레가 끼는 경우도 많다. 이와 같은 위치에 해충이 잠복하고 있는 경우에는 제품 개봉과 동시에 벌레가 제품 내로 침입할 수 있다. 가장 취약한 포장재를 들자면, 과자류의 필로우 포장이다. 필로우 포장의 배접 씰링 부위는 보통 씰링이 불완전해지기 쉬운 부위이다. 특히 T자형으로 맞닿는 부위는 씰바(seal bar)에 의한 열전달이 잘 일어나지 않아, 구멍이 생기기 쉬운 부위가 되며 이러한 틈으로 냄새가 새어나갈 수 있고 어두운 환경을 제공하여 저장해충의 유인, 침입이 쉬운 환경을 제공한다. 특히 화랑곡나방, 수시령이 유충은 포장재를 천공하는 행동학적 특성과 함께 어두운 포장재의 틈을 잘 찾아 들어가는 생태학적 특성을 가지고 있어 작은 핀홀 또는 씰링 부위의 간극을 제공하는 포장식품에서 제품에 침입하여 문제를 일으키는 빈도가 높다. 식품의 유통, 보관 중 오염되는 주요 피해해충으로 본 연구에서 선정된 화랑곡나방과 수시령의 경우 포장된 가공 식품의 유통, 보관 단계의 환경(먹이 향유인, 암조건 선호)에서 이를 가해할 수 있는 생태, 행동학적 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 방충 포장 설계에 있어 가장 기본적인 관건피해해충의 생태, 행동학적 특성인 먹이 향유인, 암조건 선호성 자료를 확보하기 위해 선정된

화랑곡나방과 수시렁이 유충을 대상으로 Olfactometer를 활용하여 이들의 먹이 향유인, 암조건 선호성을 규명하였다. 시험관 중앙 공시충 투입구로부터 1) 좌, 우측 먹이 제공부의 한쪽에만 먹이를 설치(먹이 향유인 실험), 2) 좌, 우측 먹이 제공부에 먹이를 설치하지 않고 한쪽부분만 암막을 설치(암조건 선호성 실험)하고 화랑곡나방, 수시렁이 유충 10마리를 각각 중앙의 공시충 투입부에 투입한 뒤 투입 후 25~28℃ 상온 조건에서 3, 6시간째에 각 구역에 위치한 유충 수를 조사하여 다음의 식으로 유인율을 분석하였다.

$$\text{유인율(\%)} = (\text{Nt} - \text{Nc}) / (\text{Nc} + \text{Nm} + \text{Nt}) \times 100$$

여기서 **Nc**는 무처리구에 있는 개체수, **Nt**는 처리구에 있는 개체수, **Nm**은 중앙(공시충 투입구)에 있는 개체수를 나타낸다. 각 먹이 향유인, 암조건 선호효과시험은 각 5반복씩 수행되었으며 무처리구와 처리구 간 차이의 분석은 LSD 다중 분산분석을 이용하여 분석하였다. (표 10.)

표 10. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 먹이 향유인, 암조건 선호 경향 및 통계량

구분	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	Non-food	Center	Food	유인율(%)	Non-food	Center	Food	유인율(%)
처리시간								
3h	0.4±0.5477	0±0	9.6±0.5477	92±10.9545	2.0±0.7071	2.0±1.0000	6.0±1.2247	40±17.3205
6h	0.2±0.4472	0±0	9.8±0.4472	96±8.9443	1.8±0.4472	1.2±1.0954	7.0±1.2247	53±14.8324
총합	0.3±0.4830 B	0±0 B	9.7±0.4830 A	94±9.6609	1.9±0.5676 B	1.6±1.0749 B	6.5±1.2693 A	46±16.4655
통계량	df=2,27 F=1955.79 P<0.0001				df=2,27 F=73.26 P<0.0001			
구분	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	Light	Center	Dark	유인율(%)	Light	Center	Dark	유인율(%)
처리시간								
3h	1.0±1.0000	2.4±1.8166	6.2±1.6432	55±21.7945	1.2±0.4472	2.4±1.1402	6.4±1.1402	52±13.0384
6h	1.8±0.8367	2.2±0.8367	6.0±0.7071	42±13.0384	1.6±0.5477	1.8±0.8367	6.6±1.3416	50±18.7083
총합	1.4±0.9661 B	2.3±1.3375 B	6.1±1.1972 A	48.5±18.2650	1.4±0.5163 B	2.1±0.9944 B	6.5±1.1785 A	51±15.2388
통계량	df=2,27 F=44.93 P<0.0001				df=2,27 F=86.71 P<0.0001			

표 10.은 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 먹이 향유인, 암조건 선호 경향 및 통계량을 나타낸 것이다. 연구결과 기존에 알려진 바와 같이 화랑곡나방, 수시렁이 유충은 먹이 향이 강력한 유인자극인 것으로 분석되었으며 수시렁이 유충보다, 화랑곡나방 유충이 먹이 향에 유인되는 유인율이 큰 것으로 조사되었다. 또한 두 종 모두 암조건 선호성을 보이는 것으로 조사되어 박스포장, 보관장소 등 어두운 환경이 대부분인 식품의 유통, 보관 단계에서 이들 저장해충의 오염 가능성이 매우 높을 것으로 판단되었다.

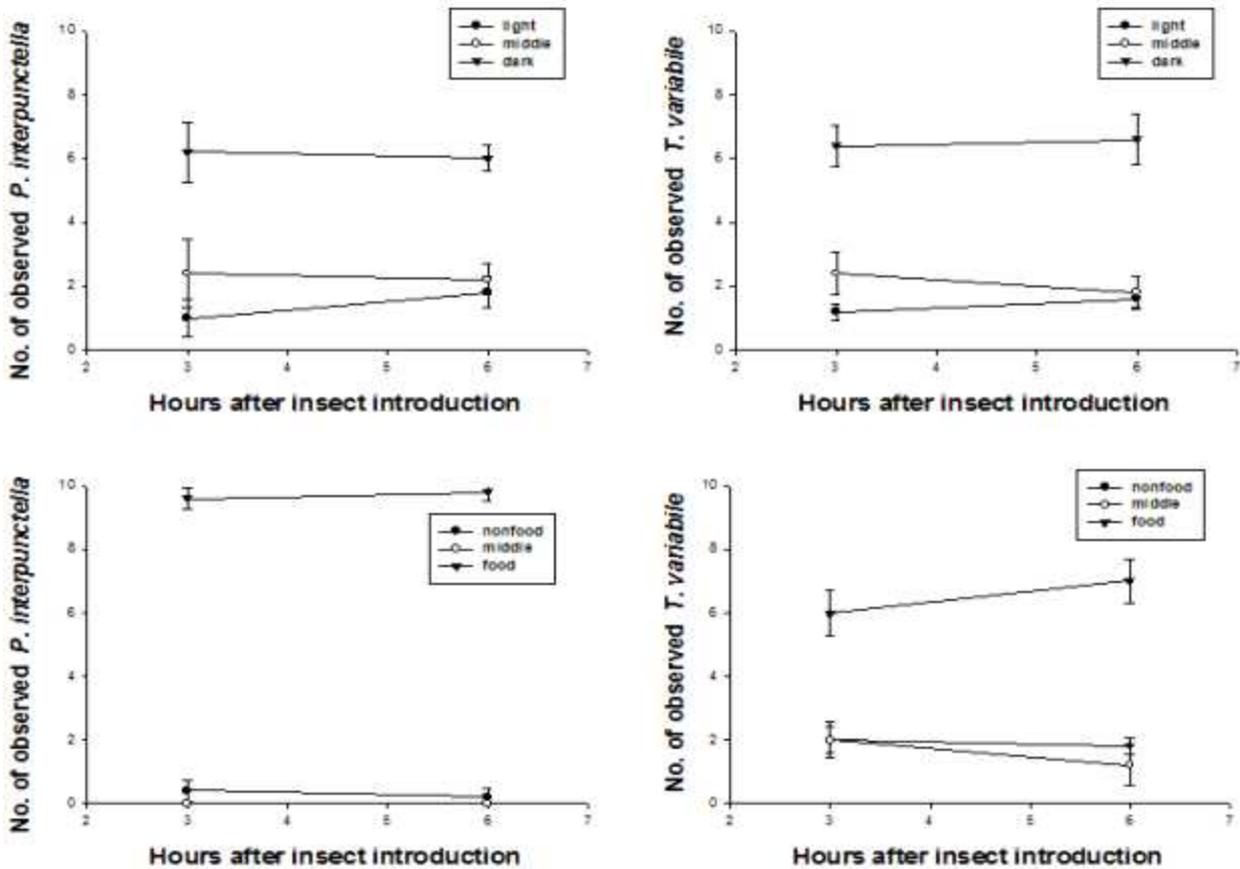


그림 19. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 먹이 향, 암조건 자극 처리 후 시간 경과별 분포양상

그림 19.는 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 먹이 향, 암조건 자극 처리 후 시간 경과별 분포양상을 나타낸 것이다. 이러한 생태, 행동학적 특성은 저장생태계와 같이 어두운 조건에서 성충기간 보다는 유충기간 동안 다양한 자극을 감지하고 먹이를 효율적으로 탐색하여 다량의 먹이를 단기간 섭취할 수 있도록 온몸에 미모를 가지고 포장재를 뚫을 수 있을 만큼 강한 구기 구조를 갖는 형태학적 특성을 갖게 한다.

본 연구에서는 식품 포장 방식 중 가장 많이 사용되는 T자형 포장 방식의 실링 부위에 유인, 천공을 통해 침입되는 저장해충의 오염을 저감화하는 기본적인 방안으로 열접착부위에 저장해충의 기피를 유발하는 천연방충성분을 안료에 첨가하여 인쇄하는 방법으로 정하고 이에 대한 연구를 1차적으로 진행하였다. 기본적인 화학적 허들을 포장재에 적용하는 1차 연구는 현재 가장 많이 사용되는 식품 포장 구조인 T자형 필로우 포장 전체의 바탕 부분과 열접착부위에만 본 연구진이 선행 연구로 개발한 한약재 유래 천연방충성분을 안료에 5%를 혼합하여 인쇄한 플라스틱 필름(OPP 20u / 인쇄 / ADHESIVE / LLDPE 50u)과 천연방충성분을 혼합하지 않은 안료로 인쇄한 플라스틱 필름(OPP 20u / 인쇄 / ADHESIVE / LLDPE 50u)을 위탁기관인 (주)남경에서 시제품으로 제작하였다(그림 20.). 제작된 각각의 필름 내부에 화랑곡나방, 수시렁이 유충이 선호하는 향을 발산하는 먹이를 투입하여 필로우포장을 제작한 후 실험용기에 각각의 필로우포장 10개씩 장착하고 화랑곡나방, 수시렁이 유충 각 50마리를 투입 후 25~28℃ 상온 조건에서 7일간 보관하면서 각 필로우포장에서 부위별(열접착부위, 배접부위, 표면부위)로 발견되는 개체수와 천공여부를 조사하였다. 실험은 각 처리구별 3반복씩 수행되었으며 무처리구와 처리구 간 관측부위별 개체수, 전체 개체수 차이의 통계 분석은 LSD 다중 분산분석을 이용하여 분석하였다(그림 21.).

견본제작 보고서

견본명	벌레기피제코팅 필름 견본제작	고객명	
요구부서	농림부 연구개발과제		
제작목적	벌레기피제 코팅 면적별 벌레침입 관찰		
견본사양	OPP 20u / 인쇄 / ADHESIVE / LLDPE 50u		
	규격: 220mm (폭) * 100 (repeat)		
케미컬 및 원단	• 잉크 : ECO GREEN INK (IPC 잉크)		
	• ADHESIVE : EA N6000 (무용제2액형)		
	• 필름 : 1급지 OPP20u 2급지 LLDPE 46u		
동판	• 인쇄동판 : 175LPI, 35u (레이저 부식)		
견본종류	견본1	• 적색파트인쇄 단독 코팅 (기피제 없음)	
	견본2	• 적색파트 인쇄(기피제없음) + 백색전체인쇄 (벌레 기피제 잉크의5% 혼합)	
	견본3	• 보라파트 인쇄(벌레 기피제 잉크의5% 혼합) + 백색전체인쇄 (기피제없음)	
			
	견본1	견본 2	견본 3

그림 20. 한약재 유래 천연방충성분 적용 방충포장 제작 보고서

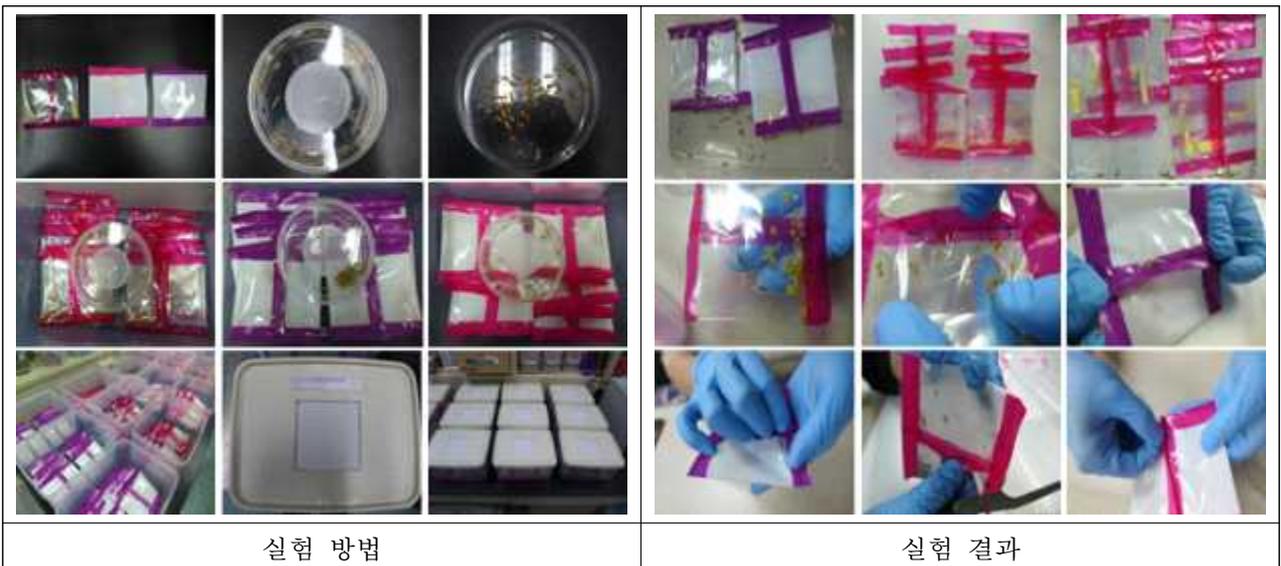


그림 21. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 천연방충성분 처리방법별 포장재 방충효과 검증 실험(NO-CHOICE TEST)

연구결과는 표 11. 과 같다. 화랑곡나방과 수시렁이 유충 모두 방충물질을 부분, 전체 처리한 실험 구에서 미처리 구에 비해 모든 부위에서 통계적으로 유의하게 유인이 억제되는 것으로 조사되었

으며 동일 처리구에서 부위별 유인 개체수는 화랑곡나방 유충의 경우 배접부위에서 가장 많은 개체가 관찰되었으며 봉합부위와 표면부위는 유사한 개체수가 관찰되었다.

표 11. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 천연방충성분 처리방법별 포장재 부위에서 발견되는 유인 개체수 및 통계량

관측결과 처리종류	화랑곡나방 유충				수시령이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
미처리	0.7±0.8226 A	1.8±1.1662 A	0.9±0.9781 A	3.4±1.7436 A	0.8333±0.8975 A	0.7667±0.7608 A	0.1±0.3 A	1.7±1.5524 A
부분처리	0.2667±0.5735 B	0.9667±0.7520 B	0.3±0.4583 B	1.5333±1.0241 B	0.2333±0.4230 B	0.2333±0.4229 B	0±0 B	0.4666±0.6699 B
전체처리	0.2667±0.5121 B	0.7333±0.8138 B	0.2333±0.4230 B	1.2333±1.0542 B	0.1333±0.3399 B	0.2±0.4 B	0±0 B	0.3333±0.6497 B
통계량	df=2,87 F=4.30 P=0.0166	df=2,87 F=10.57 P<0.0001	df=2,87 F=8.72 P=0.0004	df=2,87 F=23.05 P<0.0001	df=2,87 F=11.34 P<0.0001	df=2,87 F=9.58 P=0.0002	df=2,87 F=3.22 P=0.0447	df=2,87 F=15.05 P<0.0001

그러나 수시령이 유충의 경우 화랑곡나방 유충에 비해 포장재의 미끄러운 표면으로 이동하는 능력이 떨어져 모든 처리구에서 표면에서 발견되는 개체수가 적은 것으로 조사되었으며 모든 처리구에서 포장재 전체부위에서 발견되는 개체수도 화랑곡나방 유충에 비해 적은 것으로 조사되었다(그림 22.).

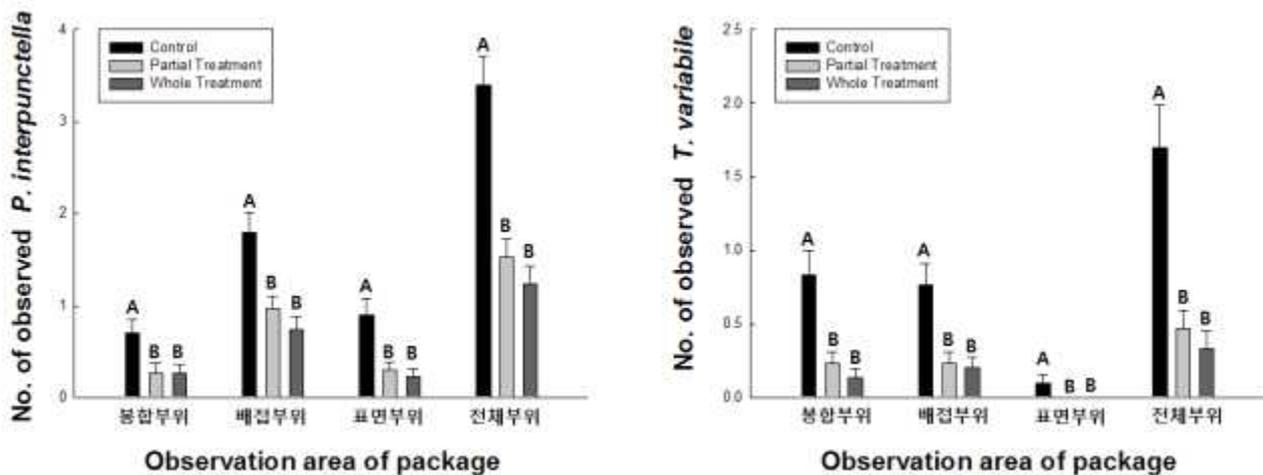


그림 22. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 천연방충성분 처리방법별 포장재 부위에서 발견되는 개체수 비교

이와 같은 연구결과는 식품에서 가장 많이 사용되는 필로우 포장에서 주요 침입 저장해충을 효과적으로 방어할 수 있는 해결방안을 제시해 주는 것으로 2차 년도에 진행되는 허들 방충 기술을 활용한 방충포장 개발의 기반이 되는 방법으로 활용하였다.

○ 선정된 주요피해 해충의 천공 기작 및 천공억제 포장 물리적 특성 분석

- 선정된 주요피해 해충의 천공기작 분석 : 천공유발 발육단계(연령구조 : 유충, 성충), 구기 형태, 천공 패턴 분석
- 천공억제 포장소재 물리적 특성 구명 : 재질, 구조, 두께 등 분석(그림 23.)

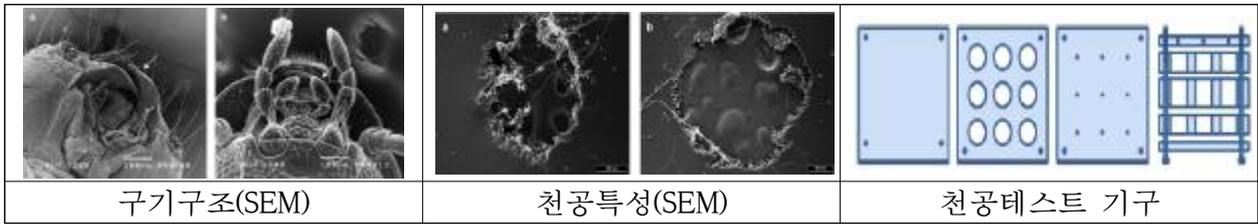


그림 23 . 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 천공 특성 검증 실험

먹이 향에 유인되고 암조건을 선호하는 생태학적 특성과 함께 화랑곡나방과 수시렁이가 식품의 유통, 보관 단계에서 침입 가능성이 큰 원인 행동학적 특성은 천공능력이다. 이들은 성충 단계에서는 천공능력이 없으나(화랑곡나방 성충의 경우 천공성이 없으며 수시렁이 성충의 경우에는 천공성이 약함) 유충 단계에서는 매우 강한 천공능력을 가지고 있어 현재 식품포장재로 주로 사용되는 재질, 두께의 플라스틱 필름을 모두 천공할 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 천공성이 강한 화랑곡나방 유충과 수시렁이 유충을 대상으로 천공테스트 기구를 통해 대표적인 플라스틱 포장을 장착하고 10마리의 유충을 투입하여 25~28℃ 조건에서 24시간 간격으로 천공여부를 조사한 결과 재질, 두께에 따른 경향성은 보이지 않으나 20일 이내에 모든 플라스틱 포장을 천공한 것으로 조사되었다(그림 24).

	재질	두께 (μm)	천공여부	
			화랑곡나방	수시렁이
	HDPE	40	○	○
		60	○	○
	LDPE	30	○	○
		40	○	○
		50	○	○
	CPP	90	○	○
		80	○	○
	OPP	100	○	○
		50	○	○
	OPP20+PE20	80	○	○
40		○	○	
OPP30+PE20	50	○	○	
NY15+PE20+LLDPE40	75	○	○	
OPP20+AL층+PE20	40	○	○	
PET12+PE15+AL7+PE2	36	○	○	
천공테스트	천공실험 결과			

그림 24. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 연포장 필름에 대한 천공 능력

천공성 해충의 구기구조를 분석하기 위해 본 연구에서 선정된 주요피해해충인 화랑곡나방 유충, 수시렁이 유충을 포함하여 식품 플라스틱 포장을 천공할 수 있다고 알려진 저장해충 5종(화랑곡나방 유충, 수시렁이 유충, 거저리 성충, 권연벌레 성충, 바구미 성충)의 구기 구조를 SEM을 통해 분석하였다(그림 25).

<p>1) 권연벌레 성충, 2) 바구미 성충, 3) 화랑곡나방 유충, 4) 거저리 성충, 5) 수시렁이 유충샘플을 통기구가 설치된 petri dish에 각각 넣고, 냉동시켜 사멸시킨 뒤, 동결 건조기에 넣고 48시간 동결건조. 동결 건조된 해충을 silver paste로 고정하고 SEM 분석 실시.</p>	
<p>실험방법</p>	<p>대상 해충 샘플</p>

그림 25. 대표적 천공성 저장해충의 SEM 촬영을 통한 구기구조 분석 방법

SEM을 통해 천공성 저장해충의 구기 구조를 촬영한 결과 공통적으로 윗입술과 좌우로 움직일 수 있는 큰 턱, 혀, 작은 턱 그리고 아랫입술로 구성되어 있으며, 좌우로 움직이는 강하고 큰 턱이 주로 관통을 일으키는 역할을 하고 있는 것으로 분석되었다(그림 26.). 특히 수시렁이 유충의 경우 다른 종에 비해 몸 전체가 먹이의 향이나 생존에 해가될 수 있는 화학성분, 환경요인 등을 미세한 자극을 감지하는 것으로 알려져 있는 많은 강모가 분포하고 있으며 특히 구기 부분에 많이 분포하는 경향을 보였다. 턱과 구기 구조만으로 보았을 때는 권연 벌레가 천공 능력이 강할 것으로 판단되나 포장재의 천공은 구기구조 뿐만 아니라 부착능력과 관련된 형태적 특성, 먹이탐색 능력과 같은 생태적 특성, 유충의 이동능력과 같은 행동학적 특성 등이 복합적으로 고려되어야 하는데 실제 식품 중 곤충이물이 발견되어 신고된 건 중 포장지 천공이 발견되는 건의 대부분은 화랑곡나방 유충과 수시렁이 유충으로 조사되었다. 특히 수시렁이에서 많이 발견되는 강모의 경우 주변 자극에 대한 센서 역할과 동시에 포장재 부착 및 포장재를 물리적으로 가해하여 천공에 도움을 주는 역할을 하는 것으로 판단되었다.

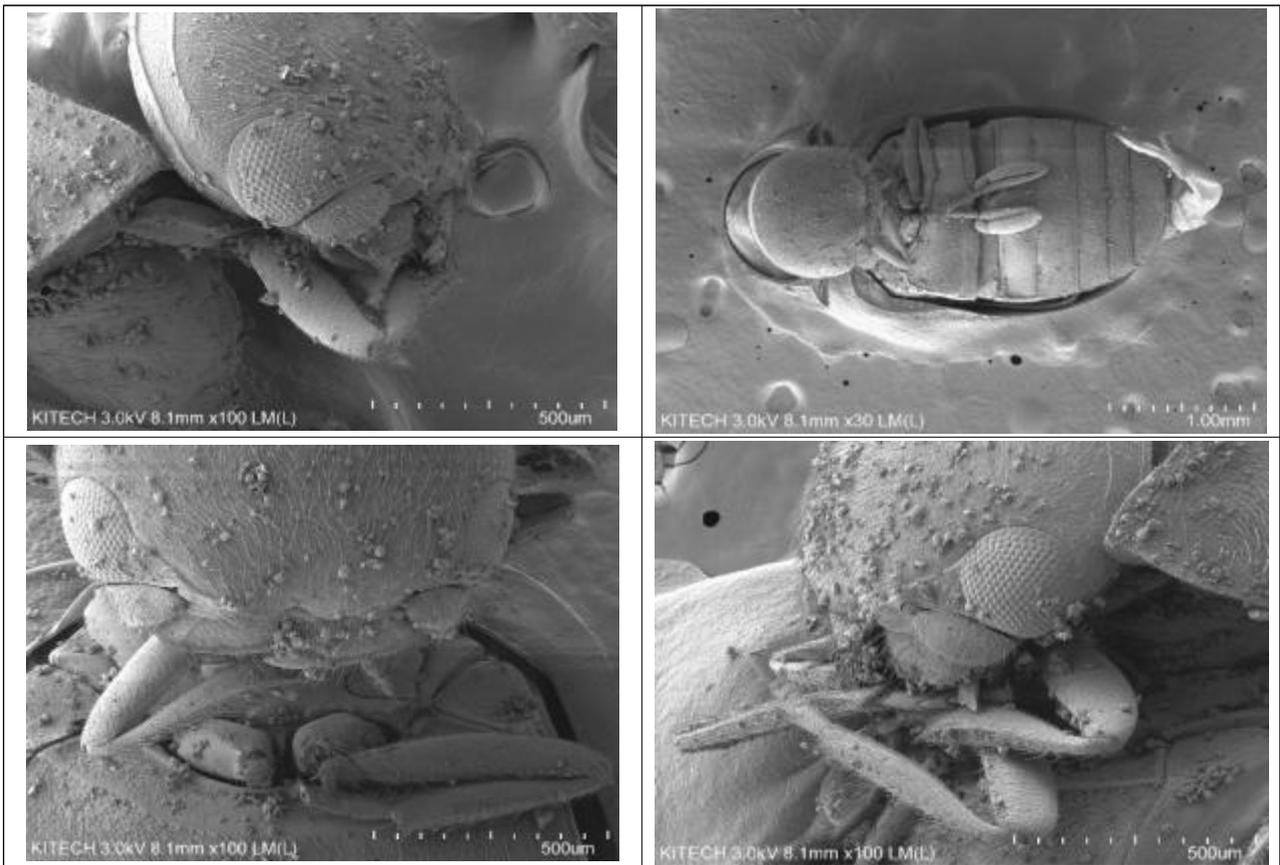


그림 26. 권연벌레 성충의 구기 구조(SEM)

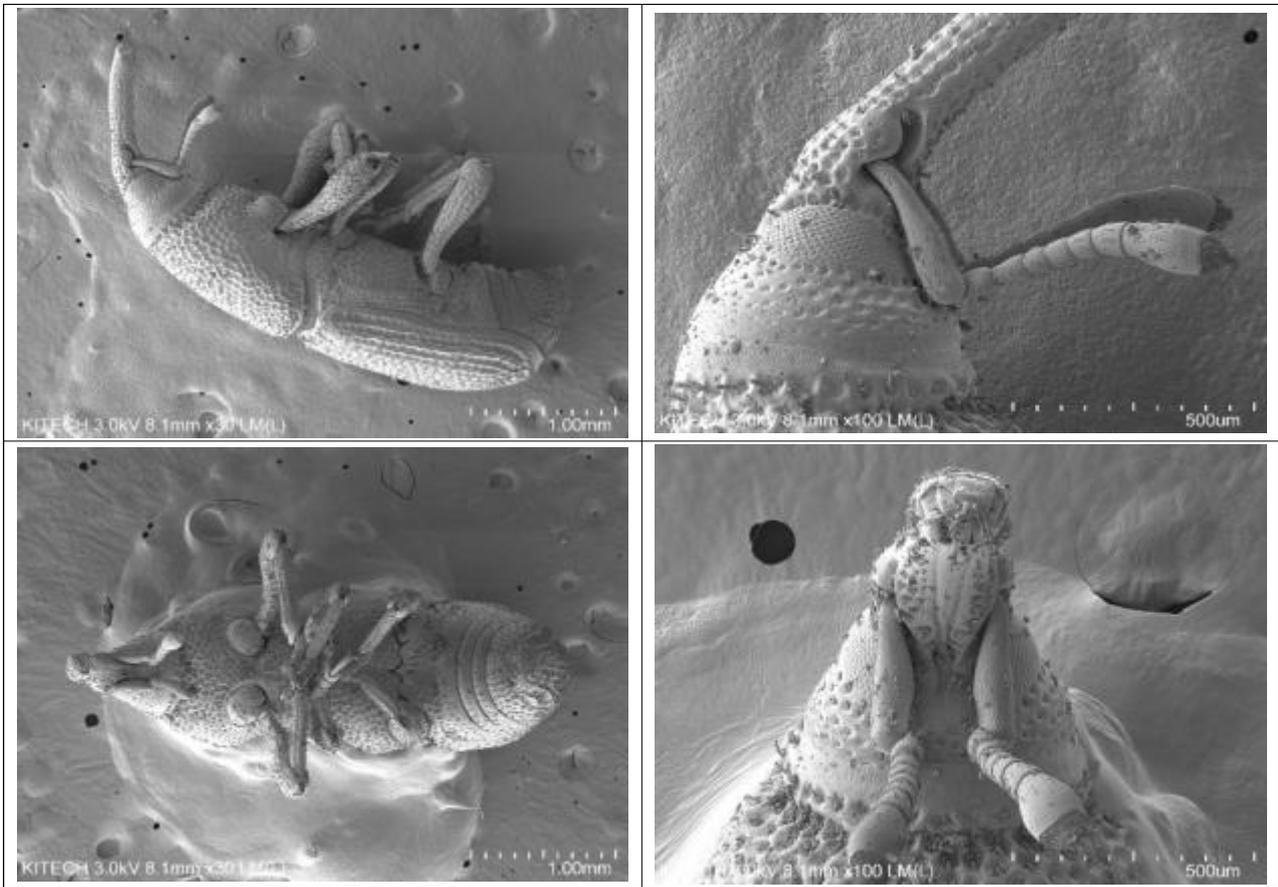


그림 27. 쌀바구미 성충의 구기 구조(SEM)

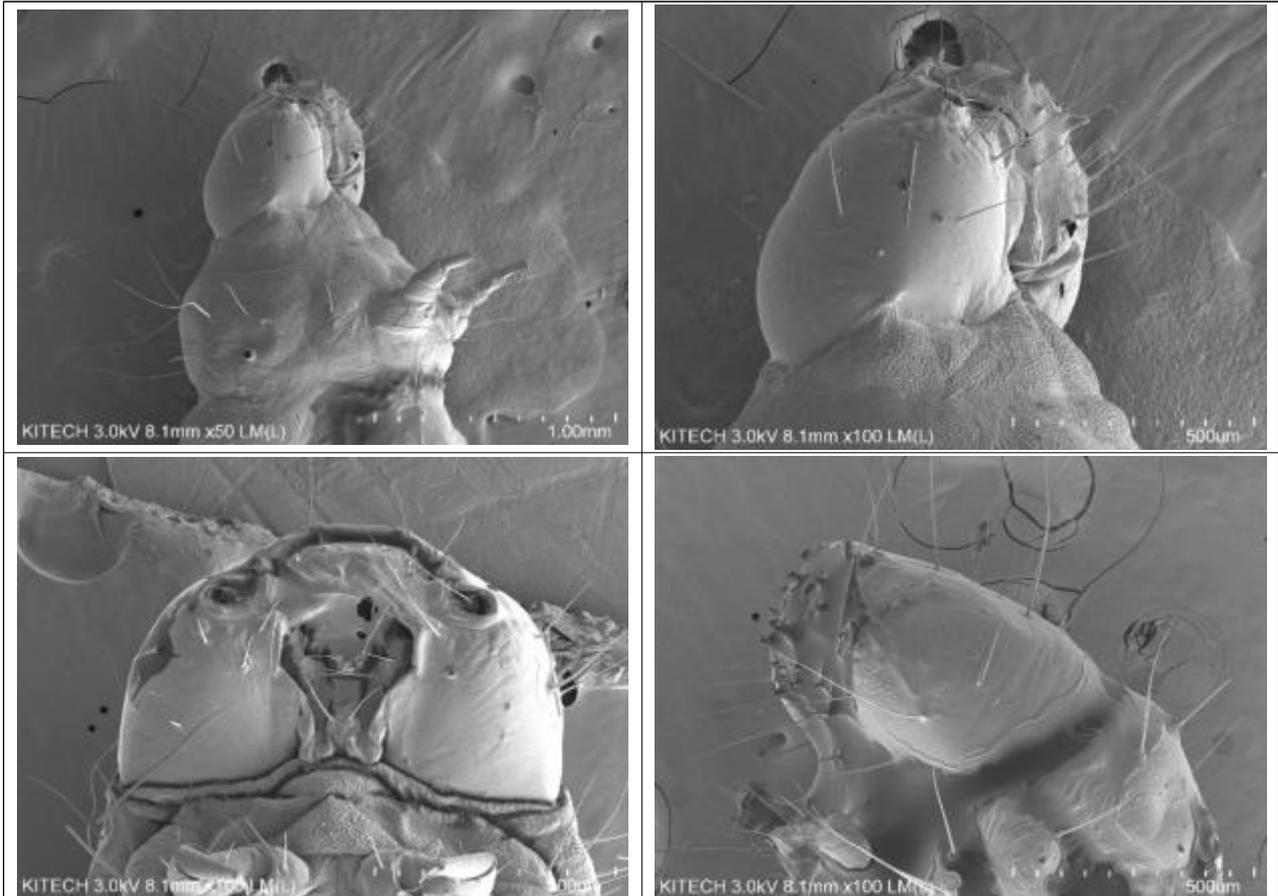


그림 28. 화랑곡나방 유충의 구기 구조(SEM)

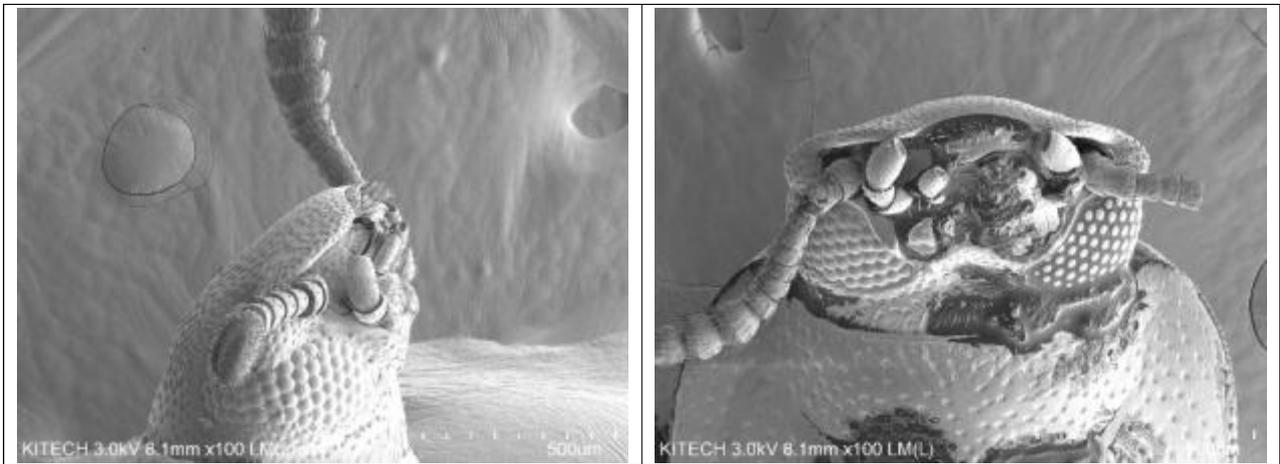


그림 29. 거짓쌀도둑거저리 성충의 구기 구조(SEM)

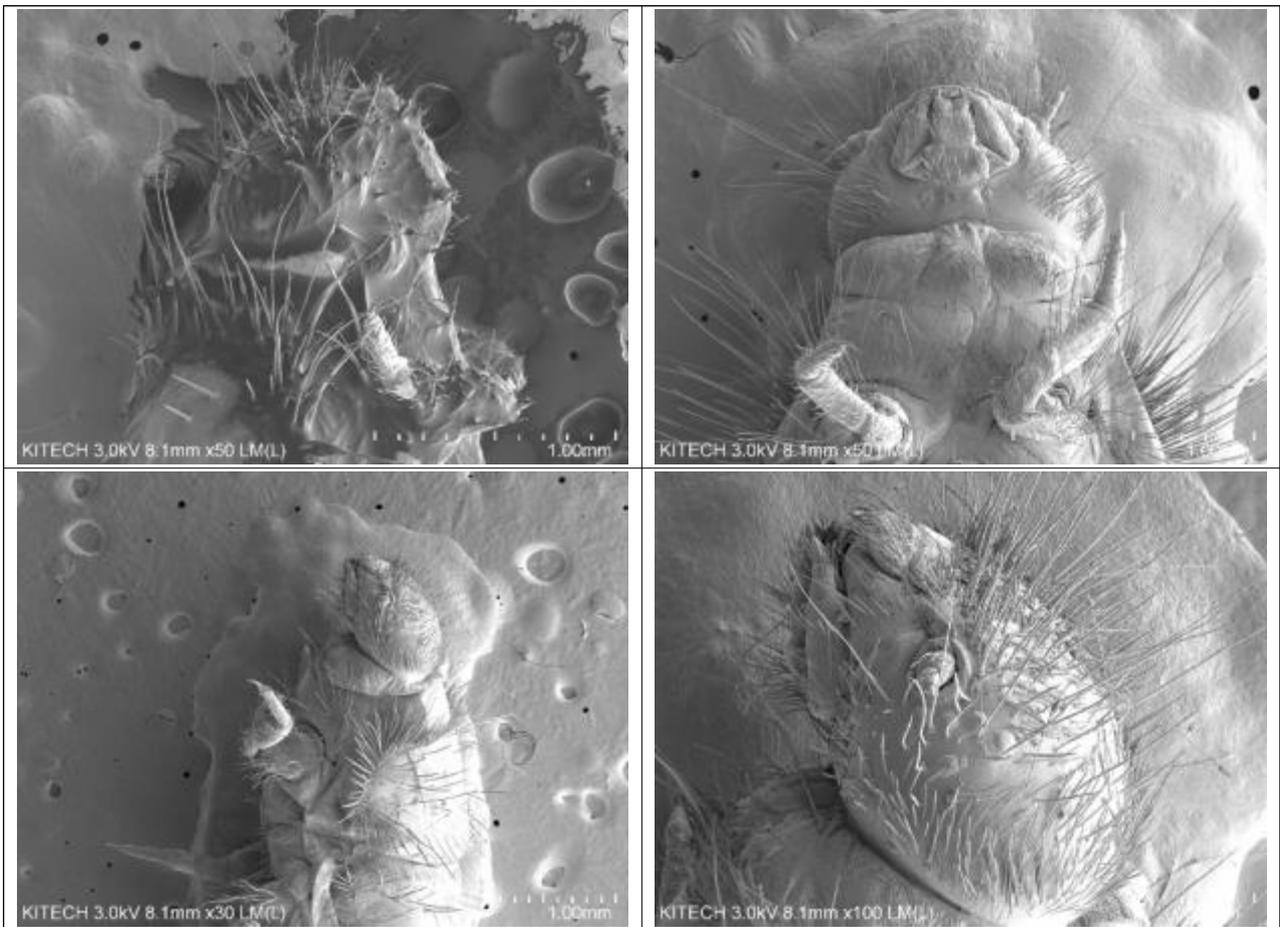


그림 30. 수시령이 유충의 구기 구조(SEM)

천공성 저장해충은 씹는 구조의 구기구조와 함께 포장지에 자신의 몸을 고정시키기 유리한 형태적 특징을 가지고 있다. 따라서 천공을 억제 효율은 포장재가 두껍고 표면이 미끄러운 재질일수록 울수록 커진다. 본 연구에서 실제 천공이 발생된 소비자 곤충이물 신고건의 포장재와 소포장 보관 실험에서 포장재 표면의 평평한 부분에서는 천공 흔적을 발견할 수 없었으나 모서리, 찢림 부분, 주름이 발생한 부분에서 천공 흔적이 발견되었으며 이들의 천공 흔적은 플라스틱 필름의 경우 대부분 외부에 비해 내부 구멍의 크기가 작으며 이러한 경향은 필름이 두껍고 유연할수록 커지며 유연한 필름의 경우 곤충의 폭보다 작은 통로로도 침입할 수 있어 출구 쪽 구멍의 크기가 작게 형성되는 경향을 보였다(그림 31).



그림 31. 천공 발생 소비자 곤충이물 신고된 포장재와 소포장 보관 실험에서 천공발생 양상

본 연구에서 진행한 소포장 보관 실험에서 수시령이 유충에 의해 발생된 천공 흔적의 특성을 SEM을 통해 촬영하여 분석한 방법(그림 32.)과 결과(그림 33.)는 다음과 같다.

<p>1) OPP20/LLDPE50 재질의 필름을 10mm 폭으로 열접착 한 100×100mm의 pillow 소포장 봉투를 제작하여 봉투 내부에 유인먹이(황태)를 넣어 열접착.</p> <p>2) 제작된 소포장 봉투 10개를 실험용기에 장착 후 수시령이 유충 50마리를 투입하여 상온에 보관하면서 7일 간격으로 천공여부 조사.</p> <p>3) 천공이 확인된 소포장 봉투의 천공부분을 절단하여 SEM 촬영 분석.</p>	
<p>실험방법</p>	<p>대상 샘플</p>

그림 32. SEM 촬영을 통한 수시령이 유충의 포장재 천공 흔적 분석 방법

수시령이 유충의 플라스틱 pillow 소포장 봉투 천공 흔적 분석결과, 천공된 포장재 내외부를 비교해보면, 필름을 갇아내는 과정은 턱으로 필름을 물어 포장재 밖으로 끌어내는 과정을 반복하는 것으로 판단되었으며 이 과정 시 아래턱은 포장재를 긁어내듯이 사선으로 포장재를 갇아내고 위턱은 포장재를 째 물어 고정시키고 파내는 형태의 흔적을 남기는 것으로 분석되었다. 특히 천공된 포장재 주변에 굽힌 자국과 줄 톱 같은 형태의 긴 막대가 많이 발견되는데 이것은 수시령이에서 천공행동 시 떨어져 나온 강모로 분석되었다.(그림 34.) 이러한 강모는 포장재 천공 시 수시령이 유충을 포장재에 부착시키는 역할, 포장재에 스크래치를 주어 포장재의 천공을 용이하게 돕는 역할, 갇아낸 포장재를 뭉쳐 제거하는 역할을 하는 것으로 분석되었다.

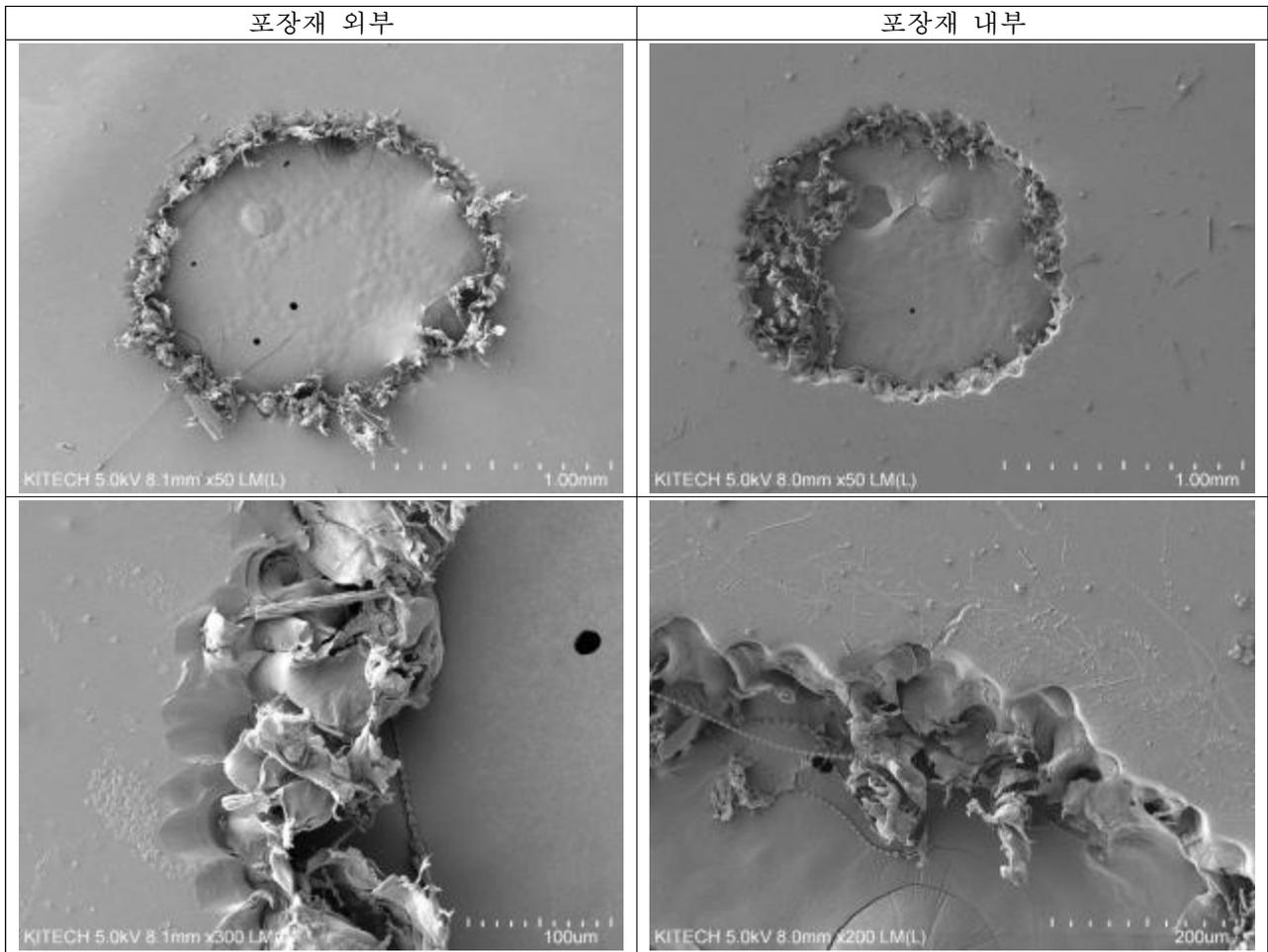


그림 33. 수시링이 유충이 천공한 플라스틱 포장

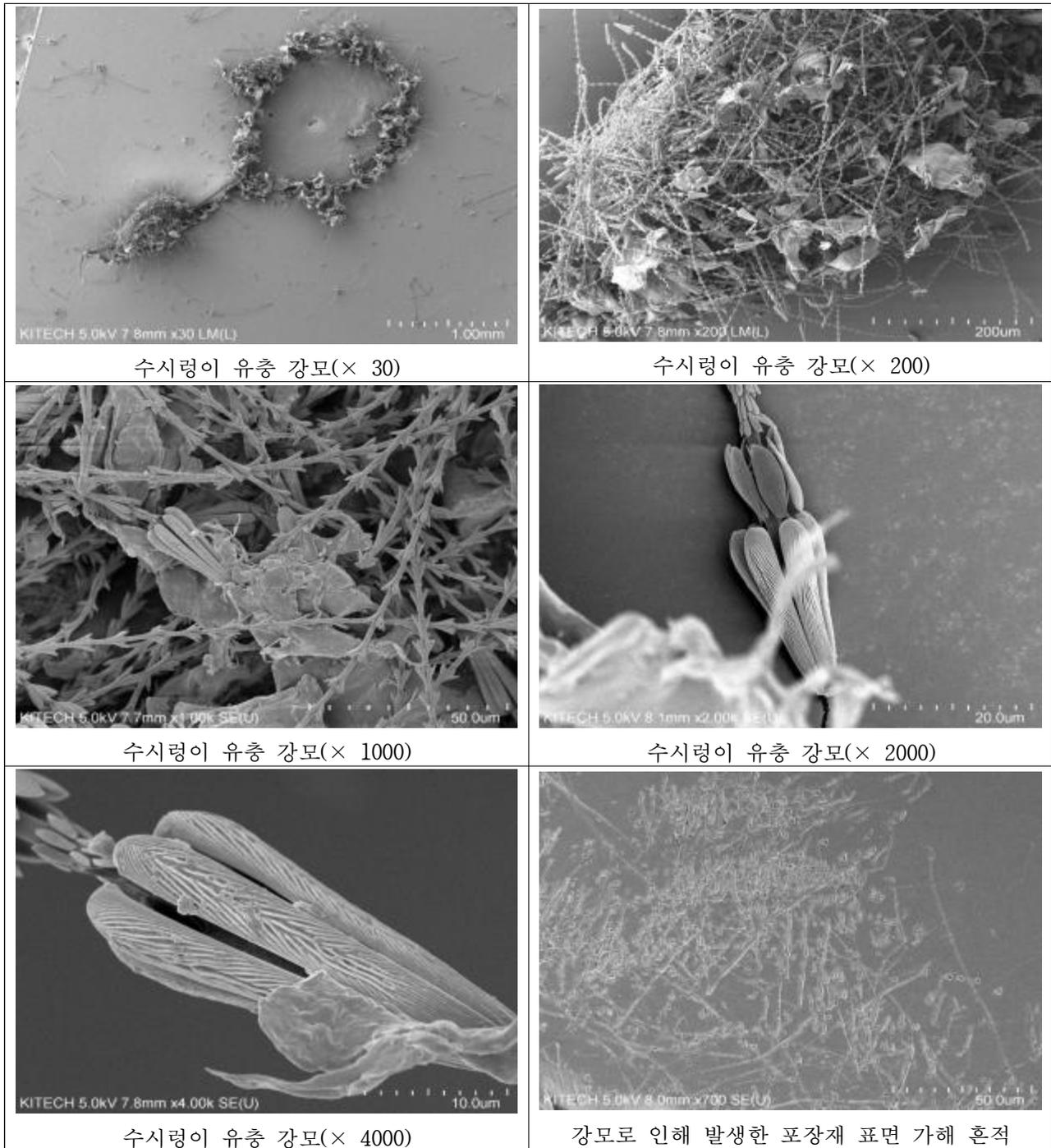


그림 34. 수시렁이 유충이 천공한 플라스틱 포장 천공 주변 흔적(SEM)

(3) 천연식물 유래 해충 기피유도 성분의 기피효과 향상 기술 개발

○ 신규 천연식물 유래 해충 기피유도/ 유인억제 성분 탐색

- 회피촉진, 식품 유인 향 마스킹효과 발현 성분 함유 천연물질을 탐색 하여 후보군 선정
 식품공전 상에 등재된 식용, 약용식물 중 방충, 살충, 훈증, 기피 효과가 있다고 알려진 후보군 84
 종 중 선행연구로 개발된 화랑곡나방 유충에 효과가 좋은 방충물질(계피, 회향 성분 추출)에 영향
 을 주지 않으면서 조합하여 효과를 증가 시킬 수 있는 새로운 후보군을 선정하였다(표 12.).

표 12. 식품 공전 상 등재된 해충기피효과 약용식물 후보군

No.	한약재명	학명	효능	구매향여부
1	우방자	<i>Arctiumlappa</i> L.	해충기피	○
2	죽엽	<i>Phyllostachysnigravar henonis</i>	해충기피	○
3	목통	<i>Akebiaquinata</i> Decaisne	해충기피	○
4	해동피	<i>Erythrinavariegata</i> L.	해충기피	○
5	후박	<i>Magnolia officinalis</i> Rehder	해충기피	○
6	상엽	<i>Morus alba</i> L.	해충기피	○
7	여정실	<i>Ligustrum japonicus</i> Thunberg	해충기피	○
8	대복피	<i>Areca catechu</i> L.	해충기피	○
9	호장근	<i>Polygonum cuspidata</i> SIEB. et ZUCC.	해충기피	○
10	복령	<i>Poria cocos</i> Wolf	해충기피	○
11	모과	<i>Chaenomeles sinensis</i> (Thouin) Koehne	해충기피	○
12	비파	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	해충기피	○
13	지유초	<i>Sanguisorbaofficinalis</i> L.	해충기피	○
14	청피	<i>Citrus unshiu</i> Markovich	해충기피	○
15	용안육	<i>Dimocarpuslongan</i> Loureiro	해충기피	○
16	삼릉	<i>Sparganiumstoloniferum</i> Buchanan-Hamilton	해충기피	○
17	곡기생	<i>Viscum coloratum</i> Nakai,	해충기피	○

○ 천연식물 유래 해충 기피유도 성분 추출/ 효과 규명

- 선정된 후보군 중 회피축진 성분, 마스킹효과 발현 성분 추출 및 효과 규명(그림 35.)

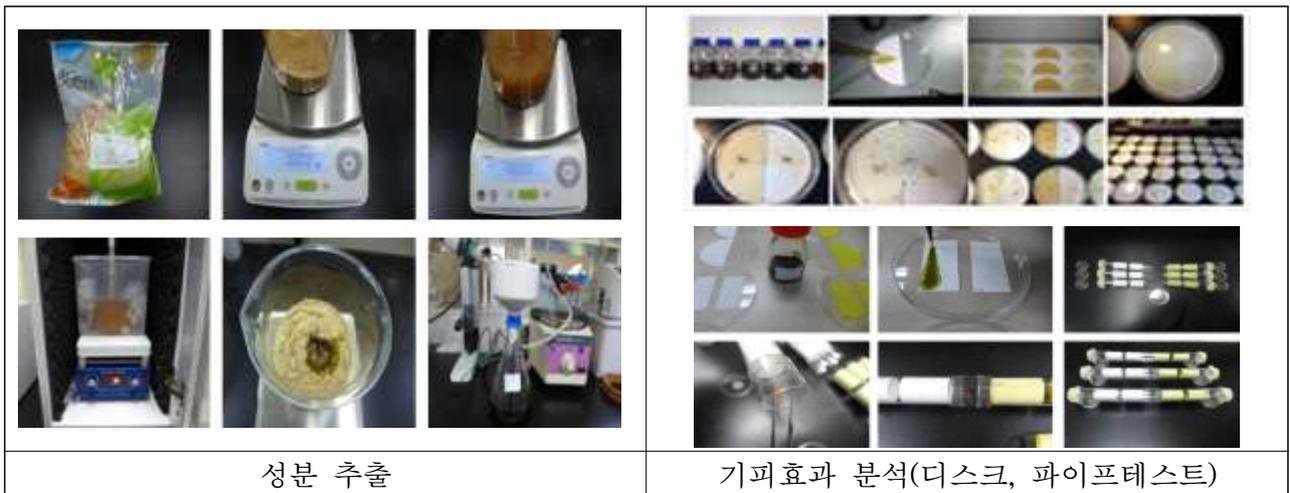


그림 35. 회피축진 성분, 마스킹효과 발현 성분 추출 및 효과 규명 실험

17종의 선정된 후보 한약재 분말을 100g과 에탄올 400g을 1000ml 비이커에 넣고 초음파분산기 (sonics, 미국)를 이용하여 2시간 혼합한 후 24시간 식물체를 침전시키고, 상등액을 모아 진공회전 농축기(EYELA; N-1100)를 이용하여 중량대비 65%가 될 때까지 농축시켜 각 식물체에 대한 추출 물을 확보하였다.

새로운 천연 방충 성분의 해충에 대한 기피효과 측정법의 경우 기존의 폭넓게 쓰이는 방법은 페트리디시 바닥 부분에 반원 모양의 여과지 2장을 부착한 후 한쪽은 방충 물질로 적신 후 건조시키고, 나머지 한쪽은 단순히 방충 물질을 녹일 때 사용한 용매만 적셔 건조한 후, 페트리디쉬 중앙

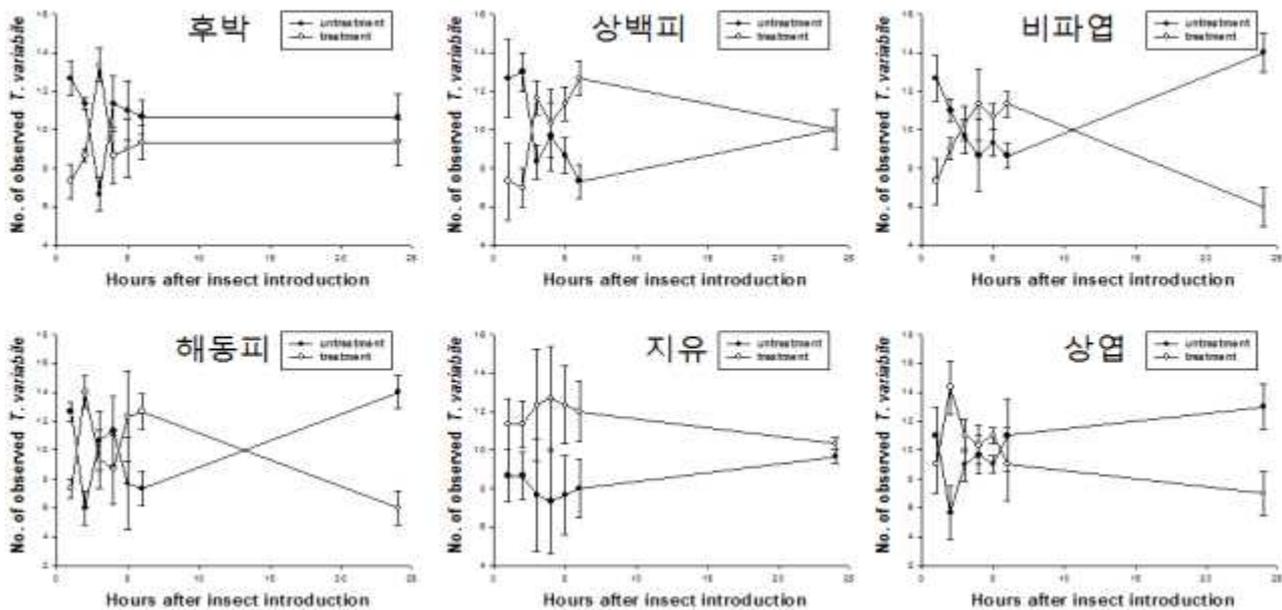
부분에 대상 해충을 다수 적재하고 페트리디쉬 뚜껑을 닫은 후 좌,우로 이동하는 해충의 수를 측정하는 여지확산법이다. 그러나 해충의 행동학적 특성에 따라(특히 화랑곡나방 유충) 페트리디쉬의 벽면을 타고 뚜껑으로 이동하거나, 벽면에 붙어있는 경우가 다수 발생하는 종은 이 방법으로 정확한 기피력 측정이 신뢰성이 떨어지며 또한, 휘발성이 강한 방충 물질 성분인 경우 페트리디쉬 내부가 일정시간이 지나면 휘발성 성분으로 포화되어 기피력 측정이 불가능해진다. 따라서 본 연구에서는 수시령이 유충의 경우 등관능력이 떨어져 페트리디쉬의 바닥면에서만 움직이므로 뚜껑을 닫지 않는 여지 확산법(디스크 테스트)을 사용하였으며 화랑곡나방 유충의 경우 본 연구진이 선행연구를 통해 개발한 Olfactometer(파이프테스트)를 사용하여 후보군 한약재 추출물 유효성분의 기피 효과를 검증하였다.

수시령이 유충에 대한 후보군 한약재 추출물 유효성분의 기피 효과시험은 여지확산법(Disc test)을 이용하여 검정하였는데, 직경 14cm의 여과지를 반으로 자른 후 각 한약재 추출물을 침지시킨 후 24시간 동안 용매를 휘발시키고 나서 각 추출물이 처리된 여과지와 무처리 여과지(추출용매)를 함께 직경 14cm의 페트리디쉬에 장착 후 활력이 우수한 수시령이 4령 유충 각 20마리를 접종하였다. 접종 후 25~28℃ 상온 조건에서 1, 2, 3, 4, 5, 6, 24시간 간격으로 유충의 분포 양상 및 개체수를 조사하였다. 각 추출물에 대한 기피 효과시험은 각 시험별로 3반복씩 수행되었으며 무처리구와 기피물질 처리구 간 차이의 분석은 Student's t-test를 이용하여 분석하였고 수시령이 유충의 기피율은 다음의 식으로 계산되었다.

$$\text{기피율(\%)} = (N_c - N_t) / (N_c + N_t) \times 100$$

여기서 N_c 는 무처리구에 있는 개체수, N_t 는 기피물질 처리구에 있는 개체수를 나타낸다.

그림 36. 은 각 한약재 추출물에 대한 수시령이 유충의 처리 후 시간경과에 따른 페트리디쉬 내부의 분포변동 양상이다.



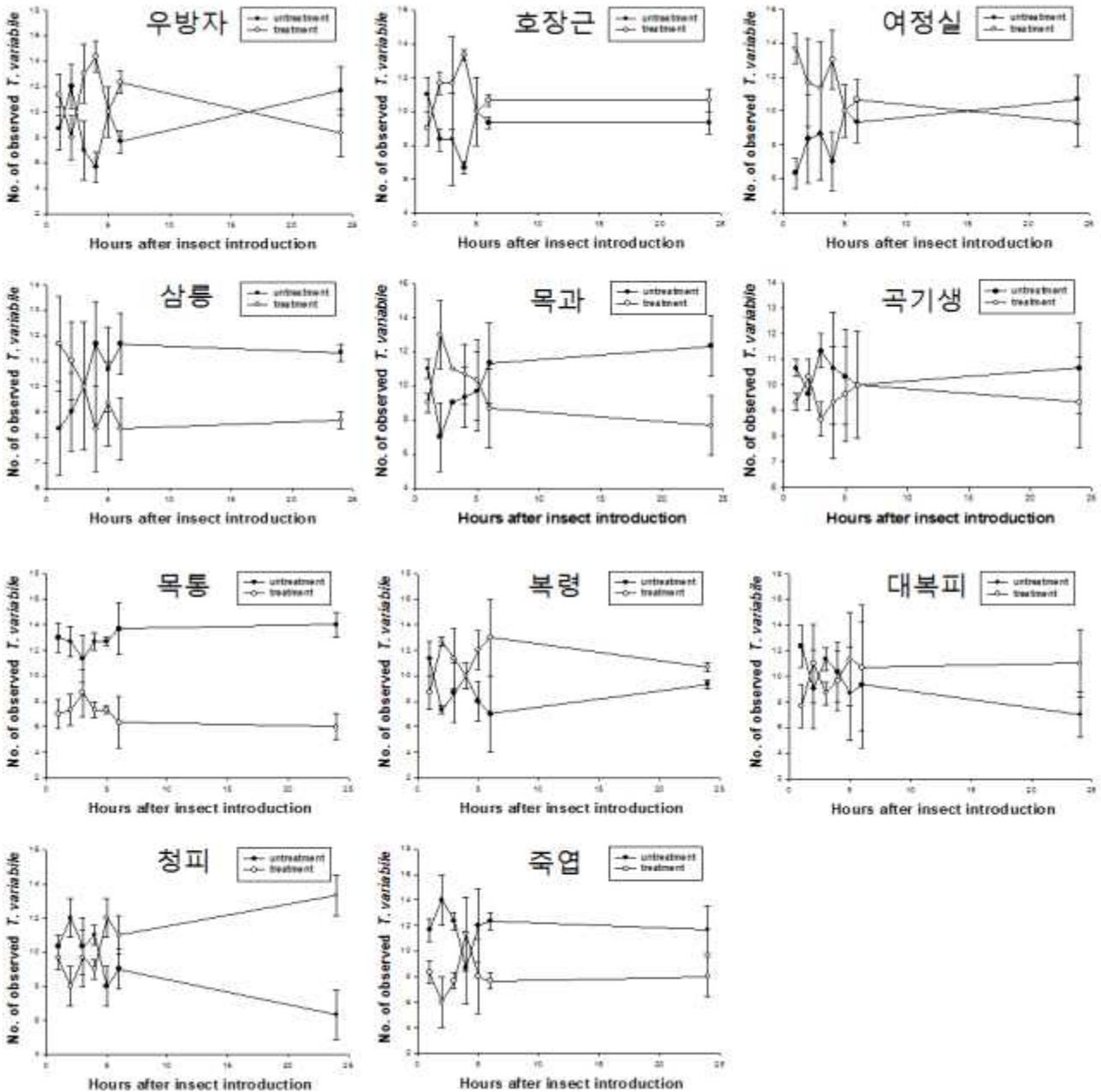


그림 36. 한약재 추출물에 대한 수시령이 유충의 처리시간경과에 따른 분포변동 양상

연구결과 수시령이 유충의 경우 후박, 비파엽, 해동피, 상엽, 삼릉, 목통, 청피, 죽엽 추출물에서 기피효과가 있는 것으로 보이거나 처리 후 24시간 경과 시 비파엽, 해동피 목통에서 처리 초기 보다 기피율이 커지는 경향을 보였다(표 13). 따라서 선행연구를 통해 개발된 화랑곡나방 유충에 대한 방충효과가 탁월한 계피, 시라자에서 추출한 방충성분과 본 연구에서 검증된 비파엽, 해동피 목통 추출물을 조합하여 방충효과의 강화와 함께 지속성을 증가 시키는 최적 조합비를 규명하고 이를 처리한 포장지에서 화랑곡나방, 수시령이 유충의 유인억제 효과를 동시에 발휘할 수 있는 방충포장 연구를 2차년도에 수행하였다.

표 13. 한약재 추출물에 대한 수시령이 유충의 처리시간 경과에 따른 기피율 및 통계처리량

한약재 처리시간	후박	상백피	비파엽	해동피	지유	상엽	우방자	호창근	여청실
1h	26.67±15.28	26.67±35.12	26.67±20.82	26.67±11.55	-13.33±23.09	10±34.64	-13.33±28.87	10±17.32	-36.67±15.28
2h	13.33±5.77	30±17.32	10±10	-40±20	-13.33±20.82	-43.33±32.15	20±30	-16.67±11.55	-16.67±45.09
3h	-33.33±15.28	-16.67±15.28	-3.33±15.28	6.67±35.12	-23.33±50.33	-10±20	-30±40	-16.67±47.26	-13.33±47.26
4h	13.33±25.17	-3.33±30.55	-13.33±32.15	13.33±41.63	-26.67±47.26	-3.33±23.09	-43.33±20.82	-33.33±5.77	-30±30
5h	10±26.46	-13.33±15.28	-6.67±11.55	-23.33±55.08	-23.33±35.12	-10±10	0±34.64	0±34.64	0±26.46
6h	6.67±15.28	-26.67±15.28	-13.33±11.55	-26.67±20.82	-20±26.46	10±43.59	-23.33±15.28	-6.67±5.77	-6.67±20.82
24h	6.67±20.82	0±17.32	40±17.32	-40±20	-3.33±5.77	30±26.46	16.67±32.15	-6.67±11.55	6.67±25.17

한약재 처리시간	삼릉	목과	곡기성	목통	복령	대복피	청피	죽엽	
1h	-16.67±32.15	10±10	6.67±5.77	30±20	13.33±23.09	23.33±28.87	3.33±11.55	16.67±15.28	
2h	-10±26.46	-30±34.64	-3.33±11.55	26.67±20.82	-26.67±5.77	-10±52.92	20±20	40±34.64	
3h	0±43.59	-10±0	13.33±11.55	13.33±32.15	-13.33±40.41	13.33±15.28	3.33±28.87	23.33±11.55	
4h	16.67±28.87	-6.67±30.55	6.67±37.86	26.67±11.55	0±17.32	3.33±40.41	10±10	-13.33±49.33	
5h	6.67±28.87	-3.33±40.41	3.33±32.15	26.67±5.77	-20±26.46	-13.33±63.51	-20±20	20±50	
6h	16.67±20.82	13.33±40.41	0±36.06	36.67±35.12	-30±51.96	-6.67±85.05	-10±20	23.33±11.55	
24h	13.33±5.77	23.33±30.55	6.67±30.55	40±17.32	-6.67±5.77	-20±34.64	-35.96±24.2	18.07±29.75	

한약재 처리시간	후박	상백피	비파엽	해동피	지유	상엽	우방자	호창근	여청실
1-6h	df=34, t=1.48, P=0.1490	df=34, t=-0.11, P=0.9104	df=34, t=0.00, P=1.0000	df=34, t=-1.14, P=0.2603	df=34, t=-2.94, P=0.0004	df=34, t=-1.53, P=0.1388	df=34, t=-2.76, P=0.0092	df=34, t=-2.46, P=0.0181	df=34, t=-3.37, P=0.0019
24h	df=4, t=0.78, P=0.4766	df=4, t=0.00, P=1.0000	df=4, t=3.06, P=0.0048	df=4, t=4.90, P=0.0090	df=4, t=-1.41, P=0.2302	df=4, t=2.78, P=0.0499	df=4, t=1.27, P=0.2729	df=4, t=-1.41, P=0.2302	df=4, t=0.85, P=0.5518
1-24h	df=40, t=1.68, P=0.0992	df=40, t=-0.11, P=0.9117	df=40, t=1.48, P=0.1466	df=40, t=-0.08, P=0.9378	df=40, t=-3.97, P=0.0001	df=40, t=-0.47, P=0.6380	df=40, t=-2.02, P=0.0506	df=40, t=2.69, P=0.0101	df=40, t=-2.69, P=0.0101

한약재 처리시간	삼릉	목과	곡기성	목통	복령	대복피	청피	죽엽	
1-6h	df=34, t=0.46, P=0.6488	df=34, t=-0.91, P=0.3700	df=34, t=1.18, P=0.2452	df=34, t=7.67, P=0.0001	df=34, t=-2.50, P=0.0173	df=34, t=0.22, P=0.8308	df=34, t=0.32, P=0.7541	df=34, t=3.99, P=0.0018	
24h	df=4, t=5.66, P=0.0045	df=4, t=1.87, P=0.1347	df=4, t=0.53, P=0.6213	df=4, t=5.86, P=0.0045	df=4, t=-2.81, P=0.0474	df=4, t=-1.26, P=0.2746	df=4, t=-3.71, P=0.0208	df=4, t=1.53, P=0.2018	
1-24h	df=40, t=0.91, P=0.3679	df=40, t=-0.10, P=0.9197	df=40, t=1.35, P=0.1851	df=40, t=9.00, P=0.0001	df=40, t=-2.72, P=0.0097	df=40, t=-0.20, P=0.8392	df=40, t=-1.07, P=0.2907	df=40, t=3.60, P=0.0005	

화랑곡나방 유충에 대한 후보군 한약재 추출물 유효성분의 기피 효과시험은 기피테스트 관 시험법을 이용하여 검정하였다. 시험관 중앙 공시층 투입구로부터 좌, 우측 먹이 제공부까지 추출 용매만 적시고 건조한 여과지(8.4 cm × 4 cm)와, 각 한약재 추출물 750µL 적시고 건조한 여과지(8.4 cm × 4 cm)를 각각 좌, 우 통로에 2장씩 위치시키고 화랑곡나방 3령 유충 10마리를 중앙의 공시층 투입부에 투입한 뒤, 파이프 양쪽 말단부에 동일한 양의 먹이를 놓고 보관하면서 25~28°C 상온 조건에서 투입 후 1, 2, 3, 4, 5, 24시간제에 각 구역에 위치한 화랑곡나방 3령 유충 수를 조사하여 다음의 식으로 기피율을 조사하였다.

$$\text{기피율(\%)} = (Nc - Nt) / (Nc + Nm + Nt) \times 100$$

여기서 Nc는 무처리구에 있는 개체수, Nt는 기피물질 처리구에 있는 개체수, Nm은 중앙(공시층 투입구)에 있는 개체수를 나타낸다. 각 추출물에 대한 기피 효과시험은 각 3반복씩 수행되었으며 무처리구와 기피물질 처리구 간 차이의 분석은 LSD 다중 분산분석을 이용하여 분석하였다. 그림 37. 은 각 한약재 추출물에 대한 화랑곡나방 유충의 처리 후 시간경과에 따른 기피테스트 관 내부의 분포변동 양상이다.

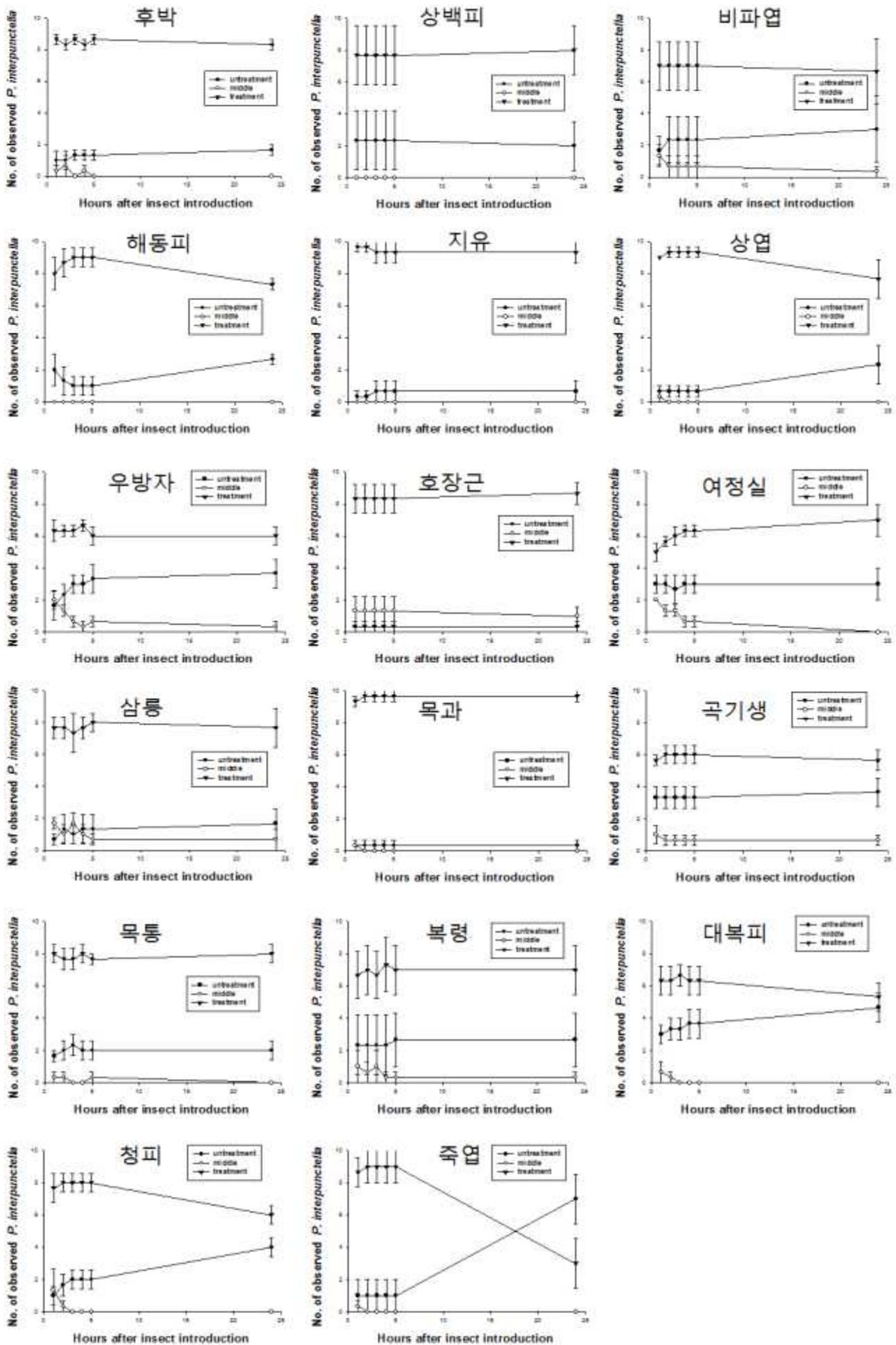


그림 37. 한약재 추출물에 대한 화랑곡나방 유충의 처리시간경과에 따른 분포변동 양상

연구결과 화랑곡나방 유충의 경우 17종 모든 한약재 추출물에서 처리 초기에 기피효과가 없는 것으로 조사되었으나 처리 후 24시간 경과 후 대복피, 청피, 죽엽에서 기피효과가 나타나 기피율이 커지는 경향을 보였다(표 14).

표 14. 한약재 추출물에 대한 화랑곡나방 유충의 처리시간 경과에 따른 기피율 및 통계처리량

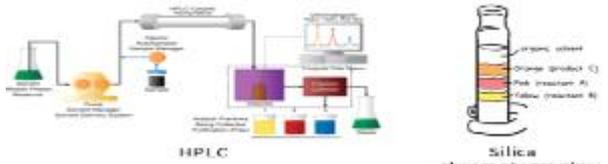
한약재	후박	상백피	비파엽	해동피	지유	상엽	우방자	호창근	여청실
처리시간									
1h	-76.67±15.28	-53.33±64.29	-53.33±41.63	-60±34.64	-93.33±11.55	-83.33±5.77	-46.67±25.17	-80±17.32	-24.44±21.43
2h	-73.33±11.55	-53.33±64.29	-46.67±50.33	-73.33±30.55	-93.33±11.55	-86.67±11.55	-40±17.32	-80±17.32	-26.67±15.28
3h	-73.33±11.55	-53.33±64.29	-46.67±50.33	-80±20	-86.67±23.09	-86.67±11.55	-33.33±15.28	-80±17.32	-33.33±25.17
4h	-70±10	-53.33±64.29	-46.67±50.33	-80±20	-86.67±23.09	-86.67±11.55	-41.11±8.39	-80±17.32	-33.33±15.28
5h	-73.33±11.55	-53.33±64.29	-46.67±50.33	-80±20	-86.67±23.09	-86.67±11.55	-30.37±19.45	-80±17.32	-33.33±15.28
24h	-66.67±11.55	-60±52.92	-36.67±70.95	-57.78±18.99	-86.67±23.09	-62.96±33.95	-27.04±20.38	-89.63±10.02	-49.63±34.52
한약재	삼릉	목과	곡기생	목통	복령	대복피	청피	죽엽	
처리시간									
1h	-70±17.32	-90±10	-23.33±15.28	-43.33±55.08	-63.33±15.28	-33.33±23.09	-66.67±11.55	-76.67±32.15	
2h	-63.33±25.17	-93.33±11.55	-26.67±20.82	-46.67±57.74	-56.67±20.82	-30±26.46	-63.33±20.82	-80±34.64	
3h	-63.33±30.55	-93.33±11.55	-26.67±20.82	-43.33±55.08	-53.33±23.09	-33.33±23.09	-60±20	-80±34.64	
4h	-65.56±25.02	-93.33±11.55	-26.67±20.82	-50±60.83	-60±20	-26.67±30.55	-60±20	-80±34.64	
5h	-66.67±25.17	-93.33±11.55	-26.67±20.82	-43.33±55.08	-56.67±15.28	-26.67±30.55	-60±20	-80±34.64	
24h	-61.48±33.43	-92.59±12.83	-20±26.46	-48.89±59.92	-58.52±20.16	54.29±41.21	22.22±41.06	45.93±57.1	
한약재	후박	상백피	비파엽	해동피	지유	상엽	우방자	호창근	여청실
처리시간									
1-5h	df=2.42, F=857.10, P<0.0001	df=2.42, F=47.08, P<0.0001	df=2.42, F=47.31, P<0.0001	df=2.42, F=370.53, P<0.0001	df=2.42, F=915.37, P<0.0001	df=2.42, F=2318.17, P<0.0001	df=2.42, F=121.29, P<0.0001	df=2.42, F=239.40, P<0.0001	df=2.42, F=120.01, P<0.0001
24h	df=2.6, F=261.50, P=0.0001	df=2.6, F=11.14, P=0.0095	df=2.6, F=3.55, P=0.0963	df=2.6, F=196.00, P<0.0001	df=2.6, F=91.50, P<0.0001	df=2.6, F=16.04, P=0.0039	df=2.6, F=19.91, P=0.0032	df=2.6, F=72.37, P<0.0001	df=2.6, F=18.50, P=0.0027
1-24h	df=2.51, F=1082.02, P<0.0001	df=2.51, F=61.44, P<0.0001	df=2.51, F=49.21, P<0.0001	df=2.51, F=385.62, P<0.0001	df=2.51, F=1035.94, P<0.0001	df=2.51, F=588.29, P<0.0001	df=2.51, F=137.04, P<0.0001	df=2.51, F=318.52, P<0.0001	df=2.51, F=124.06, P<0.0001
한약재	삼릉	목과	곡기생	목통	복령	대복피	청피	죽엽	
처리시간									
1-5h	df=2.42, F=186.94, P<0.0001	df=2.42, F=2360.19, P<0.0001	df=2.42, F=156.57, P<0.0001	df=2.42, F=435.84, P<0.0001	df=2.42, F=35.11, P<0.0001	df=2.42, F=138.91, P<0.0001	df=2.42, F=250.17, P<0.0001	df=2.42, F=249.80, P<0.0001	
24h	df=2.6, F=16.13, P=0.0039	df=2.6, F=406.50, P<0.0001	df=2.6, F=14.25, P=0.0033	df=2.6, F=78.00, P<0.0001	df=2.6, F=6.57, P=0.0308	df=2.6, F=16.29, P=0.0038	df=2.6, F=42.00, P=0.0003	df=2.6, F=7.93, P=0.0207	
1-24h	df=2.51, F=199.20, P<0.0001	df=2.51, F=2944.17, P<0.0001	df=2.51, F=171.83, P<0.0001	df=2.51, F=544.94, P<0.0001	df=2.51, F=44.38, P<0.0001	df=2.51, F=141.41, P<0.0001	df=2.51, F=197.59, P<0.0001	df=2.51, F=58.32, P<0.0001	

한약재 추출물에 대한 화랑곡나방과 수시령이 유충의 기피효과는 처리 초기부터 꾸준하게 발생하는 경우도 있으나 대부분 처리초기에 탐색과정이 필요하고 생존에 크게 영향을 주지 않는 성분의 경우 이에 대해 빠르게 적응하는 경향을 보이거나 장기간 노출 시 생존에 영향을 줄 수 있는 성분이 경우 처리 후 시간이 경과할수록 이에 대한 회피가 일어나는 경향을 보여 이와 같은 성분을 조합하여 사용할 경우 천연유래 방충성분을 활용한 방충포장의 효과 유지기간을 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

(1) 주요 피해해충 식품 포장 침입억제 화학적 방벽 개발

○ 천연식물 유래 해충 기피유도 성분 추출/정제 효율향상

- 선정된 후보군 중 회피축진 성분, 마스킹효과 발현 성분 함량 규명 및 추출/효과 극대화 방안 도출

	
<p style="text-align: center;">성분 추출</p>	<p style="text-align: center;">정제</p>

본 연구에서 개발하고자하는 방충식품포장 제작용 식물추출 방충 유효성분은 식물체가 곤충의 공격을 방어하기 위해 만들어 내는 2차대사산물로 대부분 향을 발산시키는 저분자 무극성 성분으로 구성되어 있어 일반적으로 많이 사용하는 열수추출법으로는 방충 유효성분을 효과적으로 추출하기 어렵다. 대부분의 저분자 무극성성분을 추출하는 방법으로 용매추출법을 사용하는데 추출하는 성분이 극성정도에 따라 용매의 종류를 다르게 사용하나 극성, 무극성 성분을 동시에 추출하는 경우에는 에탄올을 용매로 주로 사용한다. 에탄올 추출법은 저온에서 유효성분을 추출하기 때문에 분자량이 작은 성분을 추출하기 적합하나 용매가 세포막을 투과하여 내부의 유효성분을 용해시켜 추출해야하므로 추출시간이 열수추출법에 비해 길고 추출조건(외부자극, 식물상태, 용매 농도, 배합비율, 보관온도 등)에 따라 추출성분의 수율이 일정하지 않다. 본 연구에서는 선행연구를 통해 개발된 식물에 함유된 방충 유효성분을 최대 수율로 단시간 내 추출할 수 있는 최적화된 초음파병합에탄올 추출법을 기반으로 식물에 함유된 방충 유효성분을 대량으로 추출할 수 있는 에탄올 용매 추출법을 도출하여 각 추출법으로 추출된 시제품을 비교하여 대량생산을 통한 상용화가 가능한 에탄올 용매 추출법을 개발하였다. 기존에 개발된 초음파병합에탄올 추출법은 소량의 음전 세절한 한약재(계피, 시라자) 분말과 에탄올을 일정 비율로 혼합하여 초음파분산기를 이용하여 500 watt, 20 kHz, 80% amplitude 조건(40℃ 온도 유지를 위해 비이커 외부에 얼음냉각)으로 2 시간 동안 처리 후 여과지(Whatman No. 1 filter paper)로 여과하여 추출액 확보하고 추출액을 회전증발농축기를 이용하여 용매(에탄올)를 모두 제거한 후(건조중량, 수율 측정(표 15.)) 증류수 500ml을 넣고 현탁시킨 후, 분액깔때기에 넣고, Hexane(500ml × 3), Diethyl ether(500ml × 3), Ethyl acetate(500ml × 3)를 사용하여 순차적으로 Solvent-solvent partition을 진행하였다. 이렇게 얻어진 Hexane, Diethyl ether, Ethyl acetate, DW 분획물을 회전증발 농축기를 이용하여 각 용매를 모두 제거하고(중량 측정(표 16.)) 분획 용매에 농도별, 처리량별로 함침 후 대상해충에 대한 기피시험을 실시하여 가장 높은 기피율(Percentage repellency)을 보이는 Hexane 분획물을 가장 많이 얻을 수 있는 추출 조건을 선정하였다. 단순히 추출되는 파우더의 양이 많다고 해서 방충효과가 뛰어난 것은 아니므로 물리적인 수율($\frac{\text{추출분말의 무게}(g)}{\text{사용한시료의 무게}(g)} \times 100$)에 의한 최적추출법 탐색이 아닌 방충효과를 나타내는 용매 분획의 함량을 기준으로 최적추출법을 선정하였다.

표 15. 에탄올 추출물에서의 한약재별 성분 건조중량/수율과 각 유기용매 분획물에서의 한약재별 성분 건조중량

한약재	에탄올 %	용매(g)	한약재(g)	건조중량(g)	수율(%)
시라자	100	400	100	12.45	12.45
계피	100	400	100	11.99	11.99

한약재	Hexane(g)	Ether(g)	EtOAc(g)	DW(g)	분획총합(g)
시라자	3.66	2.64	0.69	5.1	12.09
계피	2.38	2.65	1.1	5.67	11.8

표 16. 에탄올 농도별 추출물에서 한약재별 각 Hexane 분획물에서의 한약재별 성분 건조중량

한약재	에탄올 %	용매(g)	한약재(g)	Hexane(g)
시라자	100	400	100	3.66
	75	400	100	3.60
	50	400	100	0.37
	25	400	100	0.34
계피	100	400	100	2.38
	75	400	100	2.30
	50	400	100	0.25
	25	400	100	0.23

본 연구에서는 선행연구에서 가장 좋은 추출효율이 검증된 원료 혼합 조건(한약재:에탄올=1:4 비율)으로 음건 세절한 한약재(계피, 시라자) 분말(5kg)과 에탄올(100%) 20kg을 혼합하여 단시간 초음파분산기를 활용하는 공정 대신 24, 48시간 저속 스테어링(300RPM: 회전으로 인한 온도 증가가 일어나지 않는 최대 회전 속도) 교반 후 0, 24시간 상온 숙성시키고 고속회전 탈수기를 이용하여 얻은 추출원액을 침전, 여과시켜 대용량 회전증발농축기를 이용하여 중량대비 65%가 될 때까지 진공 감압(30hPa 이하 40℃ 이하) 농축시켜 각각의 조건 최종 추출액을 확보하였다. 확보된 각 조건별 65% 농축 최종 추출액은 기존 초음파병합에탄올 추출법을 통해 확보된 65% 농축 추출액과 Brix 값을 비교하여 유사한 Brix 값을 나타내는 65% 농축 추출액을 1차로 선별하고 초음파병합에탄올 추출법을 통해 확보된 65% 농축 추출액과 같은 양(500g)을 회전증발농축기를 이용하여 용매(에탄올)를 모두 제거한 후(건조중량, 수율 측정)(표 17.) 증류수 500ml을 넣고 현탁시킨 후, 분액깔때기에 넣고, Hexane(500ml × 3), Diethyl ether(500ml × 3), Ethyl acetate(500ml × 3)를 사용하여 순차적으로 Solvent-solvent partition을 진행하였다.

대량 에탄올 용매 추출법으로 추출된 한약재 추출물 분말을 Hexane, Diethyl ether, Ethyl acetate, DW로 분획하여 회전증발 농축기를 이용하여 분획 용매를 모두 제거하고(중량 측정(표 18.)) Hexane 분획물 양을 측정하여 기존 개발된 초음파병합에탄올 추출법을 통해 얻어진 Hexane 분획물 양과 유사한 용매 추출법 조건을 대량생산 상용화에 사용될 최적추출법으로 선정하였다(표 19.).

표 17. 에탄올 용매 추출법 추출 조건별 성분 건조중량/수율/brix 값과 각 유기용매 분획물에서의 성분 건조중량

한약재	에탄올 %	교반시간 (300rpm)	용액 (용매4+한약재1) 전체 (kg)	숙성 시간	실험 용액 (g)	건조 중량 (g)	수율(%)	65% 농축액 Brix
시라자	100	24	5	0	500	12.39	12.39	22.8
				24		12.44	12.44	23.0
		48		0		12.40	12.40	22.8
				24		12.43	12.43	23.0
계피	100	24	5	0	500	11.97	11.97	25.0
				24		12.01	12.01	25.2
		48		0		11.99	11.99	25.0
				24		12.02	12.02	25.2

표 18. 분획 용매 제거 후 중량

한약재	Hexane(g)	Ether(g)	EtOAc(g)	DW(g)	분획총합(g)
시라자	3.67	2.63	0.67	5.0	12.06
계피	2.40	2.61	1.2	5.7	12.00

표 19. 선정된 에탄올 용매 추출법 추출물에서 한약재별 각 Hexane 분획물 성분 건조중량

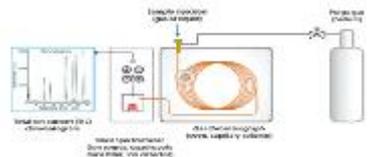
한약재	에탄올 %	용액전체(kg)	실험용액(g)	Hexane(g)
시라자	100	5	500	3.67
계피	100	5	500	2.40

기존의 초음파병합에탄올 추출법은 소량의 식물체에서 유효성분을 단시간 내 최대 수율로 추출하기 위해 500 watt, 20 kHz, 80% amplitude 조건으로 초음파분산기(sonics, 미국) 처리를 2시간 동안 진행한 후 추출된 추출액을 소형 진공회전농축기를 이용하여 중량대비 65%가 될 때까지 농축하는 방법으로 초음파분산기 처리 시 용액 내 입자의 진동, 충돌로 인한 고온의 열이 발생됨에 따라 초음파분산기 처리 시 용기 외부에 얼음으로 냉각해야하는 장치가 필요하다. 현재 연구용으로 사용되는 소형 초음파분산기와 주변 장치는 고가의 완제품 형태로 시판되고 있으나 대량생산 상용화에 이를 적용하기 위해서는 초음파분산기와 주변 장치는 주문제작을 해야 하며 설치 후 생산비용증가가 수반되어 최종 완제품의 가격이 높아지는 단점을 가지고 있으나 본 연구를 통해 도출된 대량생산에 적합한 에탄올 용매 추출법은 고가의 장비, 생산비용이 필요한 초음파분산 처리 공정을 24시간의 저속 스테어링 교반과 24시간 숙성 공정으로 대체함으로써 초음파분산 처리 공정 적용 대량생산 시설 구축 시 필요한 설비 구축, 생산, 관리비용 증가를 최소화시키면서 기존의 초음파병합에탄올 추출법으로 추출한 추출물 내 함유된 최대 방충 성분 함량을 유지시킬 수 있어 대량 생산을 통한 상용화에 최적화된 추출법으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 도출된 에탄올 용매 추출법과 기존의 초음파병합에탄올 추출법의 차이점은 표 20.과 같다.

표 20. 소량 초음파병합에탄올 추출법과 대량 에탄올 용매 추출법 비교

소량 초음파병합에탄올 추출법(기준)	대량 에탄올 용매 추출법(본 연구)
한약재 분말(50~100 μ m) 100g과 에탄올 400g을 1000ml 비이커에 넣고 초음파분산기(sonics, 미국: 500 watt, 20 kHz, 80% amplitude 조건: 40 $^{\circ}$ C 온도 유지를 위해 비이커 외부에 얼음냉각)를 이용하여 2시간 동안 추출 후 여과한 추출액을 소형 진공회전농축기(EYELA; N-1100)를 이용하여 중량대비 65%가 될 때까지 회전농축	한약재 분말(50~100 μ m) 5Kg과 에탄올 20Kg을 혼합하여 단시간 초음파분산기를 활용하는 공정 대신 24시간 저속 스테어링(300RPM) 후 24시간 식물체를 숙성시킨 후 고속회전으로 추출한 원액과 침전, 여과 시킨 추출액을 대형 진공회전농축기를 이용하여 중량대비 65%가 될 때까지 진공 감압(30hPa 이하 40 $^{\circ}$ C 이하) 농축

○ 주요 피해해충 기피/마스킹 효과 발현 물질의 함량, 효과 및 지속성을 향상시킬 수 있는 성분 조합비 규명

 		
성분 조합	기피효과 분석	조합비 규명(GC-MS)

식물에 포함되어 있는 여러 가지 2차대사 성분들은 많은 연구에서 다양한 해충에 방충효과가 있는 것으로 보고되고 있으나 함유된 방충성분의 종류, 함량 등은 상이하므로 이를 효과적으로 조합 추출하면 방충성분에 대한 해충의 저항성 발현을 감소시키고 효과와 지속성을 증가시킬 수 있다. 특히 본 과제 의 목표인 허들테크놀러지 방충 포장기술의 경우 포장재 제조 시 방충성분을 소량 사용하여 경제성을 높이고 효과성, 지속성은 극대화하는 것이 매우 중요한 요소로 방충효과를 극대화시킬 수 있는 성분 조합비를 규명하는 것이 핵심이 될 수 있을 것이다. 1차년도에 수행한 17종의 한약재 방충스크리닝 결과 후박, 목통, 청피에 함유된 성분 중에 본 연구의 대상해충인 화랑곡나방, 수시령이의 기피를 유발하는 성분이 존재하는 것으로 추정되었으나 한약재에 함유된 방충성분의 종류, 특성, 함량 등은 상이하므로 추출방법에 따라 추출된 추출물을 대상으로 동일한 방법으로 기피, 방충효과 검증실험을 하여도 방충효과 실험 결과는 차이가 날 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 1차년도 연구결과를 통해 화랑곡나방, 수시령이에 기피효과가 있을 것으로 판단되는 후박, 목통, 청피와 선행연구에서 기피효과가 규명된 계피, 시라자(회향류)를 본 연구를 통해 선정된 대량에탄올 추출법으로 방충유효성분을 추출하여 화랑곡나방, 수시령이 유충을 대상으로 기피효과를 규명하고 방충유효성분 최적조합비 개발을 위한 대상 식물로 선정하였다.

수시령이 유충에 대한 5종 한약재 추출물 유효성분의 기피 효과시험은 여지확산법(Disc test)을 이용하여 검증하였는데, 직경 14cm의 여과지를 반으로 자른 후 각 한약재 추출물을 침지시킨 후 24시간 동안 용매를 휘발시키고 나서 각 추출물이 처리된 여과지와 무처리 여과지(추출용매)를 함께 직경 14cm의 페트리디쉬에 장착 후 활력이 우수한 수시령이 유충 각 30마리를 접종하였다. 접종 후 25~28℃ 상온 조건에서 1, 2, 3시간 간격으로 유충의 분포 양상 및 개체수를 조사하였다. 각 추출물에 대한 기피 효과시험은 각 시험별로 5반복씩 수행되었으며 무처리구와 기피물질 처리구 간 차이의 분석은 Student's t-test를 이용하여 분석하였고 수시령이 유충의 기피율은 다음의 식으로 계산되었다.

$$\text{기피율(\%)} = (N_c - N_t) / (N_c + N_t) \times 100$$

여기서 N_c는 무처리구에 있는 개체수, N_t는 기피물질 처리구에 있는 개체수를 나타낸다.

그림 38. 는 각 한약재 추출물에 대한 딱정벌레목 유충의 처리 후 시간경과에 따른 페트리디쉬 내부의 분포변동 양상이다.

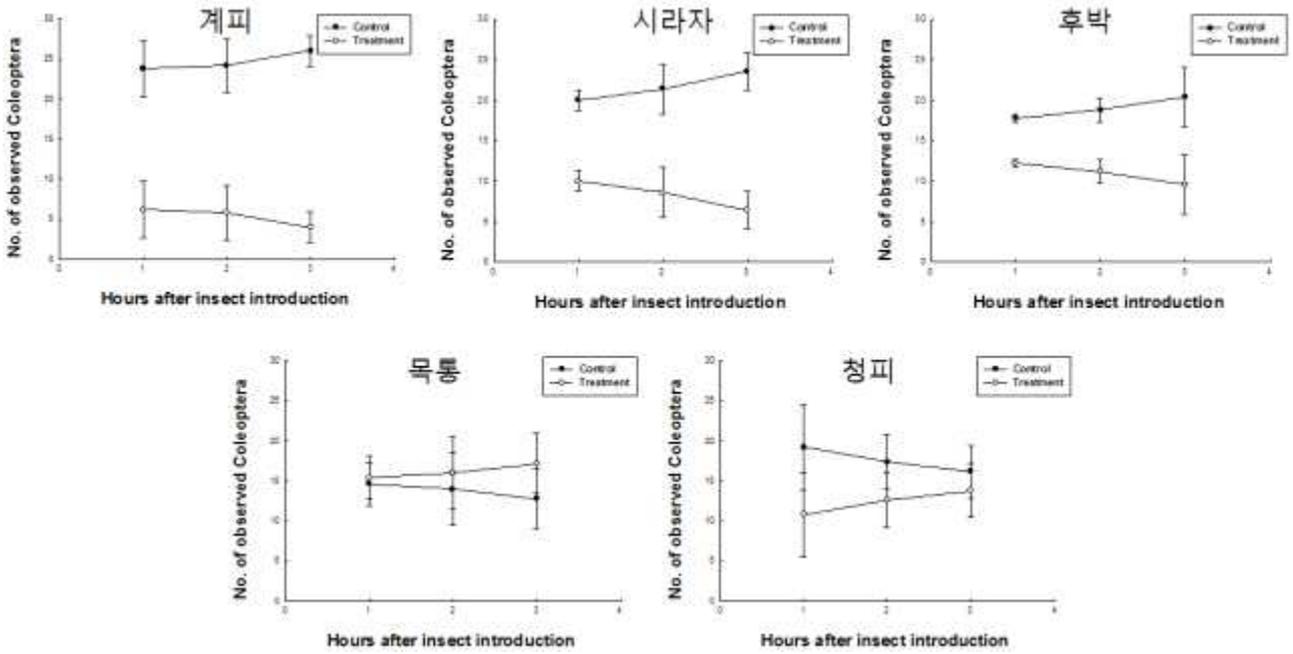


그림 38. 선발된 한약재 추출물에 대한 딱정벌레목 유충의 처리시간경과에 따른 분포변동 양상

연구결과 수시령이 유충의 경우 목통을 제외한 4종의 식물체 후보군 추출물에서 기피효과가 있는 것으로 조사되었다. 특히 계피, 시라자, 후박 추출물의 경우 처리 초기부터 일정하게 기피효과를 유지하고 시간이 경과될수록 기피효과가 커지는 것으로 조사되었으며 청피 추출물의 경우 초기부터 기피효과를 보이거나 처리시간이 경과됨에 따라 기피효과가 감소되는 경향을 보였다. 목통의 경우 기존의 소량 초음파병합에탄올 추출법으로 추출한 추출물을 가지고 기피효과를 조사한 1차년도 결과와 다르게 초기부터 기피효과를 보이지 않으며 시간이 경과할수록 유인되는 경향이 커지는 것으로 조사되었다. 표 21.은 각 식물체 후보군 추출물 처리시간 경과에 따른 수시령이 유충의 시간경과에 따른 기피율 변화와 통계분석 결과이다.

표 21. 선발된 한약재 추출물에 대한 딱정벌레목 유충의 처리시간 경과에 따른 기피율 및 통계처리량

한약재	후박	시라자	계피	청피	목통
처리시간					
1h	18.67±2.98	33.33±8.16	58.67±23.29	28±35.09	-2.67±18.01
2h	25.33±9.89	42.67±20.33	61.33±22.31	16±22.41	-6.67±30.18
3h	36±24.31	57.33±15.35	73.33±12.47	8±21.81	-14.67±25.12
종합	26.67±7.14	44.44±9.88	64.44±6.38	17.33±8.22	-8±4.99
한약재					
처리시간					
1h	df=8; t=19.80; P<0.0001	df=8; t=12.91; P<0.0001	df=8; t=7.97; P<0.0001	df=8; t=2.52; P=0.0356	df=8; t=-0.47; P=0.6522
2h	df=8; t=8.10; P<0.0001	df=8; t=6.64; P=0.0002	df=8; t=8.69; P<0.0001	df=8; t=2.26; P=0.0539	df=8; t=-0.70; P=0.5047
3h	df=8; t=4.68; P=0.0016	df=8; t=11.81; P<0.0001	df=8; t=18.59; P<0.0001	df=8; t=1.16; P=0.2795	df=8; t=-1.85; P=0.1021
종합	df=28; t=9.17; P<0.0001	df=28; t=13.85; P<0.0001	df=28; t=17.99; P<0.0001	df=28; t=3.58; P=0.0013	df=28; t=-1.85; P=0.0747

표 21. 에서 보는 바와 같이 각 추출물에 대한 수시령이 유충의 기피효과는 기피율로 정량화할 수 있는데 기피율은 0에서부터 양의 수로 표시되는 경우 기피효과가 있는 것으로 분석되며 양의 숫자가 커질수록 더 큰 기피효과가 발휘되는 것으로 계피, 시라자, 후박 추출물의 경우 물질처리 초기부터 기피효과가 크게 나타나 시간이 경과할수록 기피효과가 증가되는 경향을 보였으며 처리 초기부터 후기까지의 결과를 종합한 기피율도 다른 후보군 추출물에 비해 매우 높은 수치를 보였다. 따라서 수시령이 유충의 침입을 효과적으로 차단하는 허들테크놀로지 방충포장의 화학적 방벽으로 활용할 수 있는 기피물질은 계피, 시라자, 후박을 조합하여 기피효과가 극대화되는 조합의 추출물을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

화랑곡나방 유충에 대한 후보군 한약재 추출물 유효성분의 기피 효과시험은 기피테스트 관 시험법을 이용하여 검정하였다. 시험관 중앙 공시충 투입구로부터 좌, 우측 먹이 제공부까지 추출 용매만 적시고 건조한 여과지(8.4 cm × 4 cm)와, 각 한약재 추출물 750μL 적시고 건조한 여과지(8.4 cm × 4 cm)를 각각 좌, 우 통로에 2장씩 위치시키고 화랑곡나방 3령 유충 30마리를 중앙의 공시충 투입부에 투입한 뒤, 파이프 양쪽 말단부에 동일한 양의 먹이를 놓고 보관하면서 25~28°C 상온 조건에서 투입 후 1, 2, 3시간째에 각 구역에 위치한 화랑곡나방 3령 유충 수를 조사하여 다음의 식으로 기피율을 조사하였다.

$$\text{기피율(\%)} = (N_c - N_t) / (N_c + N_m + N_t) \times 100$$

여기서 N_c 는 무처리구에 있는 개체수, N_t 는 기피물질 처리구에 있는 개체수, N_m 은 중앙(공시충 투입구)에 있는 개체수를 나타낸다. 각 추출물에 대한 기피 효과시험은 각 5반복씩 수행되었으며 무처리구와 기피물질 처리구 간 차이의 분석은 LSD 다중 분산분석을 이용하여 분석하였다.

그림 39. 는 각 한약재 추출물에 대한 화랑곡나방 유충의 처리 후 시간경과에 따른 기피 테스트 기구 내부의 분포변동 양상이다.

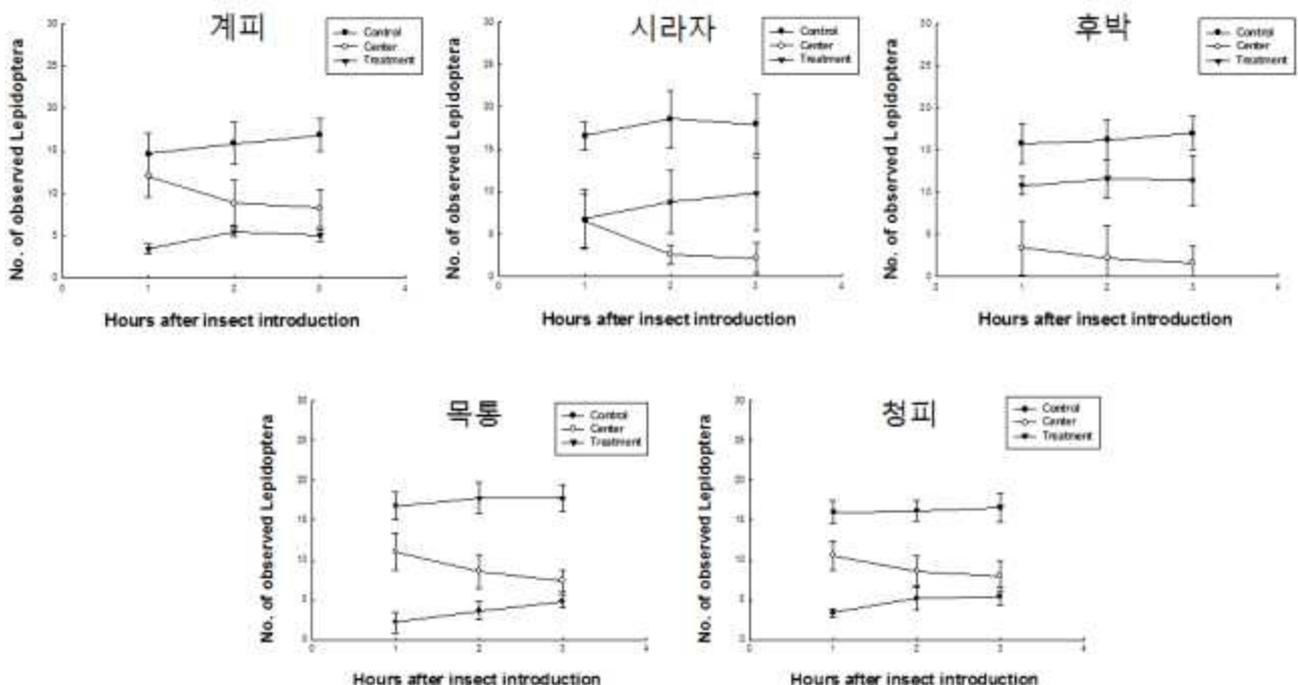


그림 39. 선발된 한약재 추출물에 대한 화랑곡나방 유충의 처리시간경과에 따른 분포변동 양상

연구결과 화랑곡나방 유충의 경우 청피, 목통을 제외한 3종의 식물체 후보군 추출물에서 기피효과가 있는 것으로 조사되었다. 특히 계피, 시라자, 후박 추출물의 경우 처리 초기부터 일정하게 기피효과를 유지하는 것으로 조사되었으며 청피, 목통 추출물의 경우 초기부터 기피효과를 보이지 않고 오히려 유인되는 경향을 보이는 것으로 조사되었다. 표 22.는 각 식물체 후보군 추출물 처리 시간 경과에 따른 화랑곡나방 유충의 시간경과에 따른 기피율 변화와 통계분석 결과이다.

표 22. 선발된 한약재 추출물에 대한 화랑곡나방 유충의 처리시간 경과에 따른 기피율 및 통계처리량

한약재 처리시간	후박	시라자	계피	청피	목통
1h	16.67±6.24	32.67±14.98	37.33±8.94	-42±3.8	-48.67±6.91
2h	15.33±9.01	32.67±23.26	34.67±8.03	-36.67±6.67	-47.33±7.96
3h	18.67±15.56	27.33±25.65	39.33±6.41	-37.33±7.6	-43.33±7.45
총합	16.89±1.37	30.89±2.51	37.11±1.91	-38.67±2.37	-46.44±2.27

한약재 처리시간	후박	시라자	계피	청피	목통
1h	df=2,12; F=33.94; P<0.0001	df=2,12; F=19.72; P=0.0002	df=2,12; F=49.90; P<0.0001	df=2,12; F=107.04; P<0.0001	df=2,12; F=79.94; P<0.0001
2h	df=2,12; F=29.72; P<0.0001	df=2,12; F=37.12; P<0.0001	df=2,12; F=30.79; P<0.0001	df=2,12; F=61.79; P<0.0001	df=2,12; F=83.68; P<0.0001
3h	df=2,12; F=54.90; P<0.0001	df=2,12; F=27.23; P<0.0001	df=2,12; F=62.76; P<0.0001	df=2,12; F=59.93; P<0.0001	df=2,12; F=136.50; P<0.0001
총합	df=2,42; F=124.41; P<0.0001	df=2,42; F=72.82; P<0.0001	df=2,42; F=95.08; P<0.0001	df=2,42; F=181.25; P<0.0001	df=2,42; F=202.32; P<0.0001

표 22. 에서 보는 바와 같이 각 추출물에 대한 화랑곡나방 유충의 기피효과는 기피율로 정량화할 수 있는데 기피율은 0에서부터 양의 수로 표시되는 경우 기피효과가 있는 것으로 분석되며 양의 숫자가 커질수록 더 큰 기피효과가 발휘되는 것으로 계피, 시라자, 후박 추출물의 경우 수시령이 유충에서 보이는 기피효과에 비해 작지만 물질처리 초기부터 기피효과가 지속적으로 유지되는 경향을 보여 처리 초기부터 후기까지의 결과를 종합한 기피율도 일정한 수치를 나타내었다. 따라서 화랑곡나방 유충의 침입을 효과적으로 차단하는 허들테크놀로지 방충포장의 화학적 방벽으로 활용할 수 있는 기피물질은 수시령이 유충과 마찬가지로 계피, 시라자, 후박을 조합하여 기피효과가 극대화되는 조합의 추출물을 활용할 수 있을 것으로 판단되었다. 이에 따라 허들테크놀로지 방충포장의 화학적 방벽으로 활용할 수 있는 최종 기피물질을 계피, 시라자, 후박 3종의 한약재의 조합비 조절하여 본 연구로 도출된 최적 추출조건(용매/용질비율, 농축비 등)으로 각 조합비에 따른 수시령이 유충의 기피효과를 검증하여 최종적으로 상용화할 허들테크놀로지 방충포장의 화학적 방벽 구축 최적 조합 기피물질을 개발하였다. 표 23.은 선정된 한약재 3종과 용매(주정)의 조합비와 추출방법을 나타낸 것이다.

표 23. 선발된 한약재 3종과 추출용매의 조합비와 추출방법

추출방법	실험내용	조합비(주정:계피:시라자:후박)(kg)
한약재 분말(50~100 μ m)을 500g 과 100% 주정 2Kg을 혼합	조합 1 추출	주정 2 계피 0.225 시라자 0.225 후박 0.05
	조합 2 추출	주정 2 계피 0.25 시라자 0.2 후박 0.05
단시간 초음파분산기를 활용하는 공정 대신 24시간 저속 스테어링(300RPM) 후 24시간 식물체를 숙성	조합 3 추출	주정 2 계피 0.3 시라자 0.15 후박 0.05
	조합 4 추출	주정 2 계피 0.35 시라자 0.1 후박 0.05
	조합 5 추출	주정 2 계피 0.2 시라자 0.2 후박 0.1
고속회전으로 추출한 원액을 침전, 여과 시킨 추출액을 대형 진공회전농축기를 이용하여 증량대비 65%가 될 때까지 진공 감압(30hPa 이하 40 $^{\circ}$ C이하) 농축	조합 6 추출	주정 2 계피 0.25 시라자 0.15 후박 0.1
	조합 7 추출	주정 2 계피 0.3 시라자 0.1 후박 0.1
	조합 8 추출	주정 2 계피 0.2 시라자 0.15 후박 0.15

각 조합비에 따른 8종의 조합 추출물을 대상으로 최종적으로 상용화할 허들테크놀로지 방충포장의 화학적 방벽 구축 최적 조합 기피물질 선정은 수시령이 유충을 대상으로 한약재 선정 시 수행한 기피효과 검증 실험방법(여지확산법)과 동일한 방법으로 수행하였다. 단 본 연구에서는 식물체 선정 시 수행한 기피효과 검증실험과 다르게 추출물 10% 희석액이 아닌 추출물 원액으로 실험을 진행하였는데 이는 수시령이 유충이 방충물질이 처리된 표면에 직접적으로 접촉하므로 미세하게 함유된 방충 성분에 대해서도 기피효과가 발생되기 때문에 수시령이 유충에 기피효과가 나타나는 것으로 조사된 3종의 한약재를 조합한 8종의 조합비 추출물을 10%로 희석하여 사용할 경우 각 조합물 함유된 특정 방충 성분의 함량 차이가 없어서 기피효과 차이를 보기 어려울 수 있기 때문이다.

표 24.는 각 선발된 3종 한약재 8가지 조합비 추출물 처리시간 경과에 따른 수시령이 유충의 기피율을 변화와 통계분석 결과이다. 연구결과 수시령이 유충의 경우 선발된 3종 한약재 8가지 조합비 추출물 모두에서 기피효과가 있는 것으로 조사되었다. 특히 조합 2, 3, 7에서 처리 초기부터 일정하게 높은 기피효과를 유지하는 것으로 조사되었으며 처리 후 1~3시간 경과 시 기피율을 종합한 결과 조합 2, 3, 7에서 90% 이상의 기피율을 보이는 것으로 분석되었다. 특히 조합 2에서는 처리 후 2시간 경과 시 100%의 기피율을 보였으며 처리 후 1~3시간 경과 시 기피율을 종합한 결과에서도 가장 높은 98%의 기피율을 나타내 조합 2의 조합비를 최종적으로 상용화할 허들테크놀로지 방충포장의 화학적 방벽 구축 기피물질 조합비로 선정하였다. 그림 40.은 각 선발된 3종 한약재 8가지 조합비 추출물에 대한 수시령이 유충의 처리 후 시간경과에 따른 페트리디쉬 내부의 분포변동 양상이다.

표 24. 선발된 3종 한약재 8가지 조합비 추출물 처리시간 경과에 따른 딱정벌레목 성충의 기피율 변화와 통계분석 결과

한약재	조합1	조합2	조합3	조합4	조합5	조합6	조합7	조합8
처리시간								
1h	77.78 \pm 7.7	97.78 \pm 3.85	91.11 \pm 3.85	75.56 \pm 15.4	77.78 \pm 10.18	77.78 \pm 16.78	88.89 \pm 3.85	71.11 \pm 16.78
2h	86.67 \pm 6.67	100 \pm 0	93.33 \pm 11.55	86.67 \pm 6.67	75.56 \pm 3.85	95.56 \pm 7.7	93.33 \pm 11.55	75.56 \pm 3.85
3h	84.44 \pm 13.88	95.56 \pm 3.85	91.11 \pm 7.7	86.67 \pm 6.67	84.44 \pm 10.18	95.56 \pm 3.85	91.11 \pm 3.85	88.89 \pm 7.7
평균	82.96 \pm 7.14	97.78 \pm 2.22	91.85 \pm 1.28	82.96 \pm 3.39	79.26 \pm 1.28	89.63 \pm 8.98	91.11 \pm 3.85	78.52 \pm 5.59
한약재								
처리시간								
1h	df=4, t=24.75, P<0.0001	df=4, t=62.23, P<0.0001	df=4, t=57.98, P<0.0001	df=4, t=12.02, P=0.0003	df=4, t=18.71, P<0.0001	df=4, t=11.36, P<0.0001	df=4, t=56.57, P<0.0001	df=4, t=10.38, P=0.0005
2h	df=4, t=31.84, P<0.0001	df=4, t=infty, P<0.0001	df=4, t=19.80, P<0.0001	df=4, t=31.84, P=0.0001	df=4, t=48.08, P<0.0001	df=4, t=30.41, P<0.0001	df=4, t=19.80, P<0.0001	df=4, t=48.08, P<0.0001
3h	df=4, t=14.90, P<0.0001	df=4, t=60.81, P<0.0001	df=4, t=28.99, P<0.0001	df=4, t=31.84, P<0.0001	df=4, t=20.31, P<0.0001	df=4, t=60.81, P<0.0001	df=4, t=57.98, P<0.0001	df=4, t=28.28, P<0.0001
총합	df=16, t=37.08, P<0.0001	df=16, t=124.45, P<0.0001	df=16, t=53.49, P<0.0001	df=16, t=33.21, P<0.0001	df=16, t=39.74, P<0.0001	df=16, t=29.35, P<0.0001	df=16, t=57.98, P<0.0001	df=16, t=26.92, P<0.0001

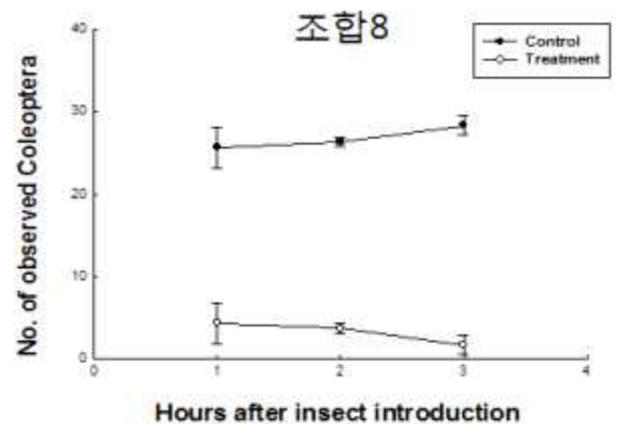
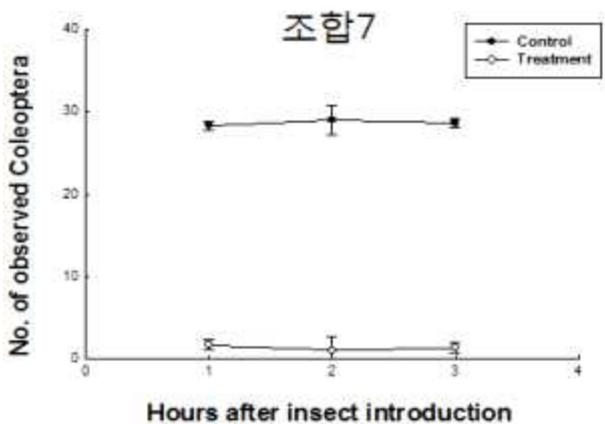
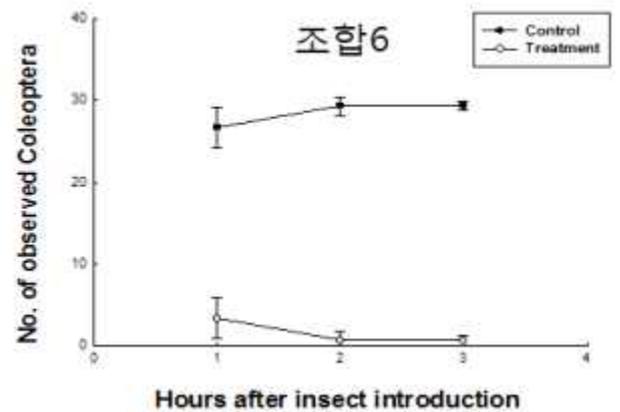
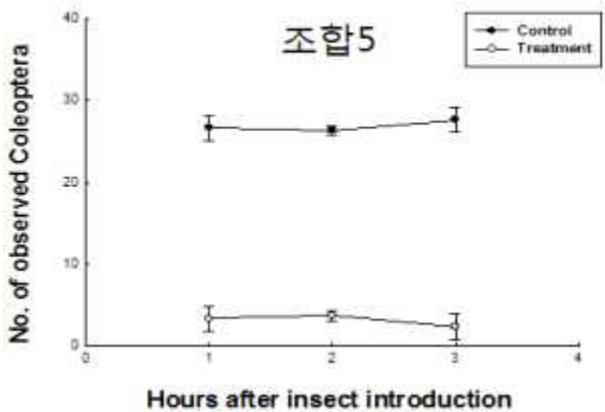
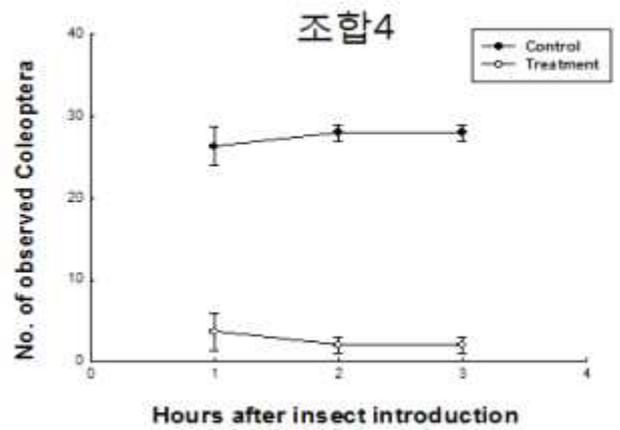
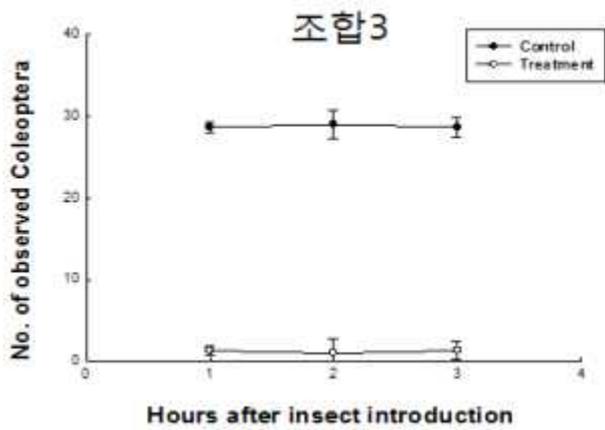
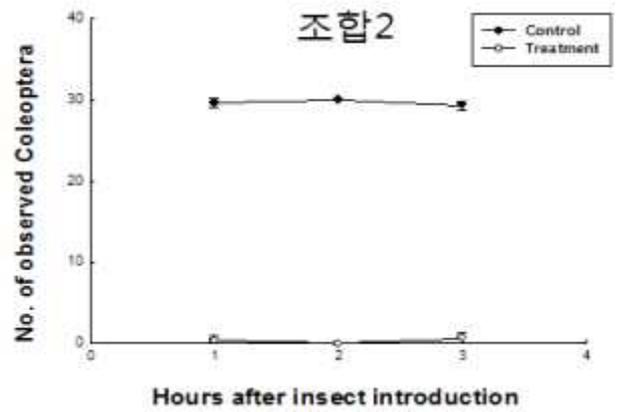
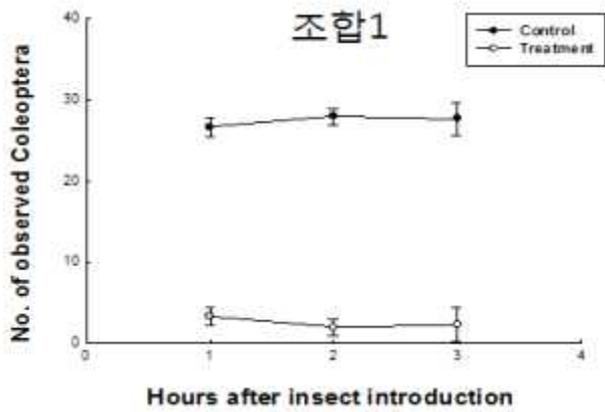


그림 40. 선발된 3종 한약재 8가지 조합비 추출물에 대한 수시령이 유충의 처리시간경과에 따른 분포변동 양상

○ 식품 포장 적용 소재 다양화 및 식품 포장 적용 시 기피효과 발현, 지속성 향상을 위한 식품 포장 적용기술 개발

- 그라비아, 플렉소, 읍셋 인쇄 잉크, 코팅제, 점착제, 마스터배치에 최적 농도(양)의 해충 기피유도 성분을 안정적으로 바인딩 할 수 있는 기술 개발 후 시제품 제작 및 효과검증

가공식품 방충포장 개발의 성공요소는 각 식품 유형별 관건 클레임 해충 종의 유인, 침입을 효과적으로 제어할 수 있는 안전성이 확인된 방충물질(방충 유효성분 함유)을 확보하고 경제성, 효과성을 극대화하기 위한 방충물질 적용농도(양) 선정, 지속성 유지 기술이 반드시 필요하다. 본 연구는 가공식품에서 가장 많이 사용되는 필름 파우치 포장의 열처리 부분에서 발산되는 식품 향을 감지하여 유인, 포장의 열처리 부위에서 발견되고 천공능력을 통해 열처리 부위를 천공하여 포장 내부로 유입되어 소비자 사용 중 가장 많이 발견되는 저장해충(화랑곡나방, 수시렁이 유충)을 관건해충으로 선정하고 이들의 유인, 천공을 억제하는 한약재 함유 방충유효성분을 3종의 한약재에서 탐색, 효과를 규명하고 이를 조합하여 방충유효성분 함량을 극대화시켜 식품포장에 적은 양이 함유되어도 효과를 발휘할 수 있는 방충물질을 확보하고 현재 식품업계의 상황에 맞춰 경제성, 작업성을 고려하여 방충효과 지속성 유지를 위한 방충물질 바인딩 방안을 마련하고자 하였다.

현재 식품업계에서 적용하고 있는 식품 포장은 식품 유형에 맞게 포장 방법, 소재 등을 선택하여 적용하고 있으나 기존 생산설비에서 크게 벗어나지 않는 범위에서 생산비를 최소화하는 포장방법을 선택하고 있다. 현재의 식품포장에 방충물질을 처리하는 방안은 근본적으로 포장필름(1급지) 제조 시 마스터배치(펠릿)에 방충물질을 함유시키는 방법과 생산된 1급지 필름으로 다층포장필름 제조 시 점착제나 인쇄 잉크에 투입하는 방안이 있다. 본 연구진은 선행연구를 통해 PP, PE 등 다양한 마스터배치(펠릿) 제조 시 방충물질을 다공성 바인더(실리카)에 함침 시켜 적용하는 기술을 개발하였다. 이 기술을 통해 필름뿐만 아니라 플라스틱 용기자체에 방충물질을 안정적으로 장기간 효과를 유지할 수 있도록 함유시킬 수 있었으나 투입되는 방충 실리카 소재의 입도를 5μ 이하로 유지해야 포장의 투명도와 표면 거칠기에 영향을 주지 않아 방충 실리카 소재의 제조과정에서 생산비가 크게 증가되는 단점이 있어 식품업계에 전반적으로 상용화하기는 어려움이 있었다. 따라서 본 연구에서는 다양한 식품업계에서 식품 포장 중 가장 많이 사용되는 T타입 파우치 포장을 선정하여 다층포장필름 제조 시 점착제나 인쇄 잉크에 확보된 천연식물 추출 방충물질을 적용하는 방안에 집중하였다.

① 인쇄잉크 적용방안 연구

현재까지 가공 식품 포장의 대표적인 인쇄방식은 잉크의 분산매질로 쓰이는 MEK등 유기용제가 건조후드를 통과하면서 열풍에 의해 증발되고, 경화가 일어나 피막을 형성하는 그라비아 인쇄 방식이었으나 최근 친환경적인 업계 동향과 맞물려, 대기업에서는 물이나 에탄올과 같은 친수성 용제를 유기용제 대신 사용하는 잉크를 이용한 인쇄로 전환되고 있어 본 연구에서는 이와 같은 추세에 맞추어 친수성 에탄올 잉크에 확보된 천연식물 추출 방충물질 적용하여 시제품을 제작하고 효과를 검증하였다. 본 연구진의 선행연구에서는 유성 그라비아 잉크에 천연식물 추출 방충물질을 혼합하여 주제, 경화제와 함께 용제에 섞어 건조/경화되어 피막을 형성하는 그라비아 인쇄방식으로 방충포장을 제작하는 방법을 개발하였다. 기존 그라비아 인쇄방법은 잉크 이외에 용제를 사용하기 때문에 방충물질의 지속성을 증가시키려는 목적으로 바인더를 첨가 시 넓은 범위의 다양한 성분의 바인더를 용제에 첨가하여 적용이 가능하였으나 본 연구에서 선정한 친수성 그라비아나 플렉소 인쇄잉크의 경우 물이나 에탄올을 용제대신 사용하기 때문에 물이나 에탄올에 분산이 잘 되는 친수성 바인더를 사용하여 1급지(OPP 20 μ)필름에 친수성 잉크(에탄올계:ECO GREEN

INK-IPC INK)와 확보된 천연식물 추출 방충물질을 95:5 비율로 혼합하여 도포, 인쇄하고 무용제2 핵형 접착제를 사용하여 2급지(LLDP 50 μ) 필름과 라미네이션을 한 방충포장을 제작하였다(그림 20.). 방충포장 시제품은 1차년도에 제작 후 방충 물질 미처리, 열봉합 부위 부분인쇄 처리, 전체인쇄 처리 시 방충효과를 선정된 관건해충을 대상으로 NON-CHOICE TEST를 수행하여 방충효과를 검증한 후 롤 상태로 6개월 이상 보관된 시제품으로 파우치 포장을 제작하여 선정된 관건해충을 대상으로 CHOICE TEST를 통해 방충효과 지속성을 검증하였다.

방충 물질 미처리, 열접착부위 부분인쇄 처리, 전체인쇄 처리된 방충필름 내부에 화랑곡나방, 수시렁이 유충이 선호하는 향을 발산하는 먹이를 투입하여 파우치 포장을 제작한 후 실험용기에 각각의 파우치 포장 5개를 혼합 장착(미처리:부분인쇄, 미처리:전체인쇄, 부분인쇄:전체인쇄)하고 화랑곡나방, 수시렁이 유충 각 50마리를 투입 후 25~28 $^{\circ}$ C 상온 조건에서 7일간 보관하면서 각 파우치 포장에서 부위별(열접착부위, 배접부위, 표면부위)로 발견되는 개체수와 천공여부를 조사하였다. 실험은 각 처리구별 3반복씩 수행되었으며 각 처리별 시제품 간 관측부위별 개체수, 전체 개체수 차이의 통계 분석은 t-TEST를 이용하여 분석하였다(그림 41.).



그림 41. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 천연식물 추출 방충물질 처리방법별 포장재 방충효과 검증 실험(CHOICE TEST)

연구결과는 표 25. 과 같다. 화랑곡나방과 수시렁이 유충 모두 방충물질 부분인쇄, 전체인쇄 처리한 실험구를 미처리 구와 혼합 투입한 실험에서 전체적으로 통계적으로 유의하게 유인이 억제되는 것으로 조사되었으나 방충물질 부분인쇄, 전체인쇄 처리한 실험구를 혼합 투입한 실험에서는 전체적으로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 25. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 천연식물 추출 방충물질 처리방법별 포장재 부위에서 발견되는 유인 개체수 및 통계량(방충 포장 제조 후 6개월 경과 시)

만류명	화랑곡나방 유충				수시령이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
미처리	1.0±0.966	2.2±0.909	0.33±0.596	3.53±1.626	3.4±4.16	0.133±0.499	0±0	3.533±4.24
부분처리	0.33±0.471	0.933±0.771	0.067±0.249	1.333±0.789	0.333±0.699	0±0	0±0	0.333±0.699
통계량	df=28 t=2.32 P=0.0278	df=28 t=3.97 P=0.0005	df=28 t=1.54 P=0.1339	df=28 t=-4.55 P<0.0001	df=28 t=2.72 P=0.0111	df=28 t=1.00 P=0.3259	df=28 t=Infity P=Infity	df=28 t=-2.79 P=0.0095

만류명	화랑곡나방 유충				수시령이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
미처리	0.6±0.611	2.67±1.299	0.47±0.618	3.73±1.181	2.133±3.364	0.2±0.4	0±0	2.333±3.477
전체처리	0.2±0.4	0.93±0.771	0.2±0.4	1.33±0.943	0.467±0.806	0±0	0±0	0.467±0.806
통계량	df=28 t=-1.80 P=0.0499	df=28 t=-4.29 P=0.0002	df=28 t=-1.36 P=0.1862	df=28 t=-5.94 P<0.0001	df=28 t=-1.80 P=0.0822	df=28 t=-1.87 P=0.0719	df=28 t=Infity P=Infity	df=28 t=-1.96 P=0.0604

만류명	화랑곡나방 유충				수시령이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
부분처리	0.266±0.442	1.2±0.909	0.6±0.712	2.067±1.289	0.6±1.306	0.333±1.011	0.2±0.4	1.133±1.668
전체처리	0.333±0.471	1.467±0.806	0.467±0.618	2.267±1.123	0.467±1.499	0.467±0.806	0.133±0.339	1.067±1.611
통계량	df=28 t=0.39 P=0.7025	df=28 t=0.82 P=0.4184	df=28 t=-0.53 P=0.6009	df=28 t=0.44 P=0.6650	df=28 t=-0.25 P=0.8038	df=28 t=0.39 P=0.7025	df=28 t=-0.48 P=0.6383	df=28 t=-0.11 P=0.9151

본 연구의 실험결과를 볼 때 1급지(OPP 20μ)필름에 친수성 잉크(에탄올계:ECO GREEN INK-IPC INK)와 확보된 천연식물 추출 방충물질을 중량 대비 5%를 혼합하여 인쇄 후 무용제 접착제를 사용하여 2급지(LLDP 50μ) 필름과 라미네이션 하여 제작된 방충포장재의 경우 제작 후 6개월 이상 보관 후 까지 방충효과가 나타나는 것으로 분석되었으며 부분 인쇄 시에도 전체 인쇄와 차이가 없이 방충물질의 방충효과 지속성이 저장식품 유통기한(대부분 제조 후 6개월 이내 소비)까지 유지되는 것으로 판단되어 기존 포장 제조 공정에서 추가적인 바인더 첨가가로 인한 경제적 비용 상승(바인더 비용, 바인더 첨가 공정 추가로 인한 간접비용, 바인더 첨가로 인한 LOSS 율 증가 등)이나 부분 인쇄를 통한 방충물질 사용량을 절감하여 기존 포장 제조 공정상에서 방충포장을 제조할 수 있을 것으로 판단된다(그림 42).

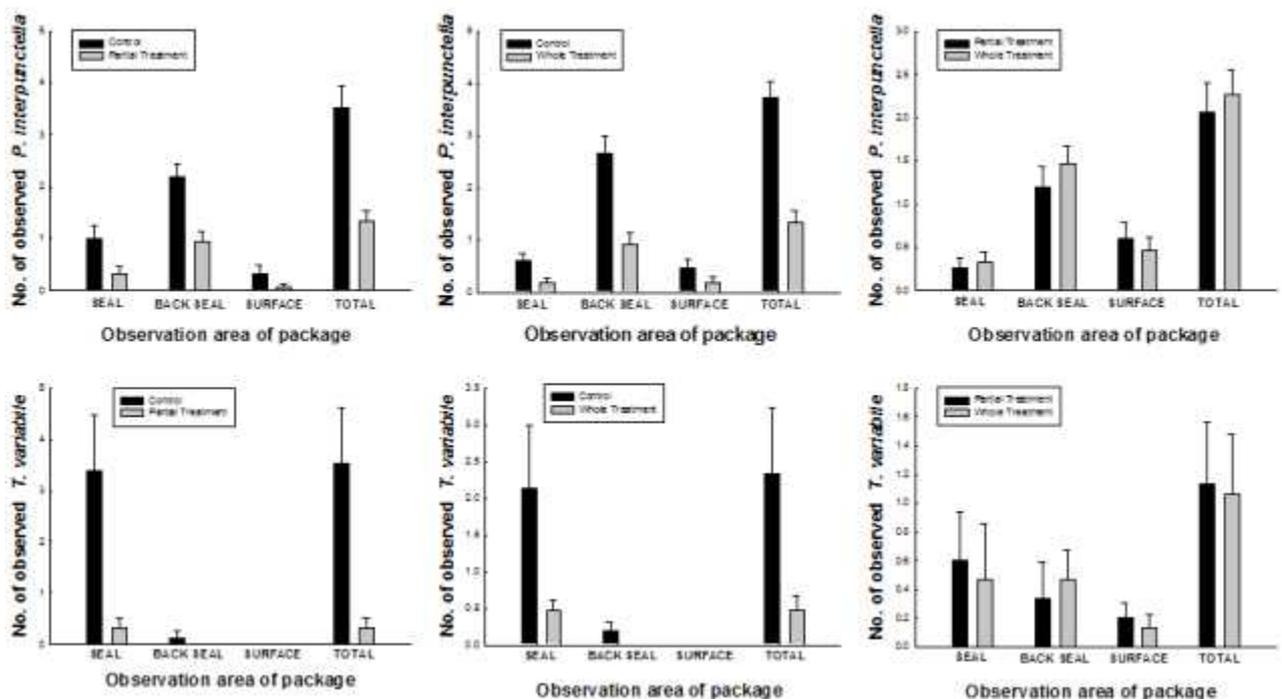


그림 42. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 천연식물 추출 방충물질 처리방법별 포장재 부위에서 발견되는 개체수 비교(방충 포장 제조 후 6개월 경과 시)

특히 본 연구에서 수행한 그라비아, 플렉소 인쇄 방식에 사용되는 친수성 알코올계 잉크뿐만 아니라 건성유가 금속을 촉매로 공기 중의 산소와 중합하여 피막을 형성하는 산화 중합 방식을 채용하고 있는 읍셋 인쇄용 잉크에도 본 연구에서 제시한 방충포장 제조방법을 적용할 경우 추가적인 바인더 개발 없이 천연식물 추출 방충물질을 적용한 방충포장을 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

② 다층필름 접착제 적용방안 연구

현재 플라스틱 필름 식품 포장재는 식품 유형별 특성에 따라 사용되는 필름 재질, 두께는 상이하나 대부분 다층필름형태로 가공된 필름을 사용하고 있다. 다층필름의 경우 필름사이에 접착제를 처리하여 재질이 다른 필름을 열을 가하여 합지하는 방식으로 본 연구에서는 필름 제조공정에서 추가되는 원료나 작업공정으로 인한 생산비용 증가를 최소화하고 기존의 작업공정에서 확보된 천연식물 추출 방충물질을 일정기간 안정적으로 유지하는 바인더로 다층필름 제조 시 사용하는 접착제를 활용하여 방충포장 시제품을 제작하고 선정된 관건해충을 대상으로 방충효과를 검증하였다. 접착제 대신 점착제를 사용하여 실험을 한 것은, 점착제는 라미네이션 후에도 완전히 경화되지 않고 점착성을 띠기 때문에, 해충이 포장재를 천공하는 과정에서 천공을 방해하는 효과에 대해 알아보고자 하는 목적이었다. 본 연구에서는 1급지(OPP 20 μ)필름에 접착제 대신 수성아크릴 에멀전(APA-F400(8.5)) 점착제에 확보된 천연식물 추출 방충물질을 95:5 비율로 혼합하여 도포하고 2급지(LLDP 50 μ) 필름을 라미네이션 한 방충필름 포장재와 1급지(OPP 20 μ)필름에 기존 사용하고 있는 열경화성 무용제 접착제를 사용하여 2급지(LLDP 50 μ) 필름을 라미네이션한 필름 포장재를 제작하여 롤 상태로 6개월 이상 보관 후 파우치 포장을 제작하여 선정된 관건해충을 대상으로 CHOICE TEST를 통해 방충효과 지속성을 검증하였다. 실험은 각 시제품 필름으로 화랑곡나방, 수시렁이 유충이 선호하는 향을 발산하는 먹이를 투입하여 파우치 포장을 제작한 후 실험 용기에 각각의 파우치 포장 5개를 혼합 장착하고 화랑곡나방, 수시렁이 유충 각 50마리를 투입 후 25~28 $^{\circ}$ C 상온 조건에서 7일간 보관하면서 각 필로우포장에서 부위별(열봉합부위, 배접부위, 표면부위)로 발견되는 개체수와 천공여부를 조사하였다. 실험은 각 처리구별 3반복씩 수행되었으며 각 처리별 시제품 간 관측부위별 개체수, 전체 개체수 차이의 통계 분석은 t-TEST를 이용하여 분석하였다(그림 43.).



그림 43. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 천연식물 추출 방충물질 점착제 처리 포장재 방충효과 검증 실험(CHOICE TEST)

연구결과는 표 26.에서와 같이 화랑곡나방과 수시렁이 유충 모두 방충물질을 혼합한 점착제 적용 다층필름의 모든 부위에서 기존 점착제 적용 다층필름에 비해 통계적으로 유의하게 유인이 억제 되는 것으로 조사되었다. 본 연구의 실험결과를 볼 때 1급지(OPP 20 μ)필름에 수성아크릴 에멀전 (APA-F400(8.5)) 점착제와 확보된 천연식물 추출 방충물질을 95:5 비율로 혼합하여 도포하고 2급 지(LLDP 50 μ) 필름을 라미네이션한 방충필름의 경우 제작 후 6개월 이상 보관 후 까지 방충효과 가 나타나는 것으로 분석되었으나 다층필름 제조 시 전면에 걸쳐 점착제를 도포해야하기 때문에 인쇄잉크에 방충물질을 혼합하여 부분 인쇄하는 방법에 비해 방충물질 처리 비용이 상승될 것으로 판단되다. 하지만 기존 열경화성 점착제 사용 다층필름 보다 필름사이의 점성이 유지되어 천공 성 해충의 천공행동을 억제할 수 있을 것으로 판단되어 식품 유형에 따라 천공성 해충 오염이 우려되는 제품의 포장에는 적합할 것으로 판단된다(그림 44).

표 26. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 천연식물 추출 방충물질 점착제 처리 포장재와 기존 포장재 부위에서 발견되는 유인 개체수 및 통계량(방충 포장 제조 후 6개월 경과 시)

관측결과 처리종류	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
기존(점착제EA)	1.27±1.44	1.4±1.2	1.73±1.06	4.4±2.09	1.4±1.4	0.73±0.93	1.6±1.45	3.73±2.29
점착제(APA)+ 기피제 A	0.53±0.62	0.73±0.57	0.53±0.72	1.8±1.17	0.67±0.87	0.2±0.54	0.53±0.88	1.4±1.7
통계량	df=28 t=-1.75 P=0.0902	df=28 t=-1.88 P=0.0712	df=28 t=-3.50 P=0.0016	df=28 t=-4.06 P=0.0004	df=28 t=-1.66 P=0.1079	df=28 t=-1.86 P=0.0740	df=28 t=-2.35 P=0.0262	df=28 t=-3.05 P=0.0049

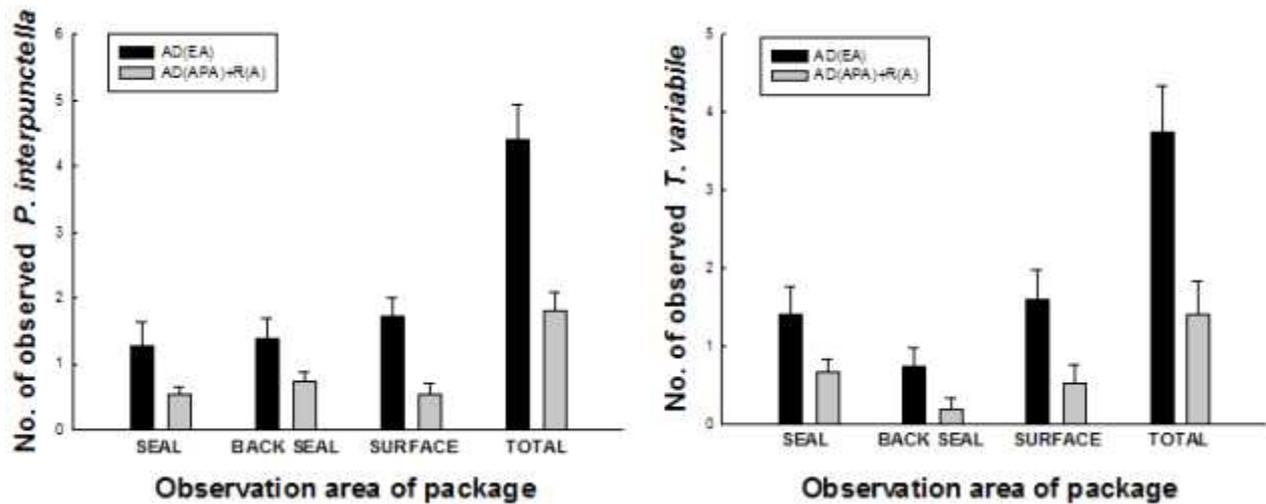


그림 44. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 천연식물 추출 방충물질 점착제 처리 포장재와 기존 포장재 부위에서 발견되는 개체수 비교(방충 포장 제조 후 6개월 경과 시)

○ 화학적 방벽(천연식물 유래 해충 억제 물질) 적용 최종 시제품을 대상으로 식품 포장 안전성, 기준 및 규격에 대한 시험성적 발급

6408-8587-8961-6753

시험 · 검사성적서



한국건설생활환경시험연구원

153-803 서울특별시 금천구 가산디지털1로 199(가산동)

TEL : 02-2102-2500 / FAX : 02-856-5618

식품의약품안전처 지정번호 : 식품 등 제23호

점 수 번 호 : FP24-00681K	발 행 번 호 : 240100681
의뢰업체 : 주식회사 남경 [대표자:김선창(연락처:031-611-4161)]	검사완료일 : 2024.02.29.
소재지 : 경기도 평택시 삼남로 745-41 (진위연)	접수연월일 : 2024.02.20.
검사목적 : 자가품질위탁검사	제조일자 : 2024.02.15.
제품명 : 벌레기피 허슬필름	발급일자 : 2024.02.29.
재질·유형 : Polyethylene	

시험 · 검사결과

첨부시험 · 검사분석결과표와 같음

시험검사원: 유보희

시험검사책임자: 김지영

「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제11조 제2항 및 같은 법 시행규칙 제12조 제4항 제1호에 따라 위와 같이 시험·검사성적서를 발급합니다.

한국건설생활환경시험연구원장



비고 : 1. 위 판정은 의뢰된 시험·검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.
2. 검사결과를 광고하거나 용기 포장 등에 표시할 때에는 시험·검사 성적서 전체 내용을 모두 표시해야 합니다.

- Page 1 of 2 -

KCL-HQP-09-02

전자문서본(Electronic Copy)

※ 이 성적서는 원본(제발행 포함)만 유효하며, 서본 및 전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

발행번호 : 240100681

시험·검사항목	단위	시험·검사기준	시험·검사결과	판정	비고
잔류 납	ng/kg	100 이하(합)	불검출	적합	-
잔류 카드뮴	ng/kg	100 이하(합)	불검출	적합	-
잔류 수은	ng/kg	100 이하(합)	불검출	적합	-
잔류 6가크롬	ng/kg	100 이하(합)	불검출	적합	-
용출 납	ng/L	1 이하	불검출	적합	-
용출 3-양간산칼륨소비량	ng/L	10 이하	1	적합	-
용출 총용출량 4% 초산	ng/L	30 이하	4	적합	-
용출 총용출량 물	ng/L	30 이하	2	적합	-
용출 총용출량 n-헵탄	ng/L	150 이하	6	적합	-
용출 1-헵산 4% 초산	ng/L	3 이하	불검출	적합	-
용출 1-헵산 물	ng/L	3 이하	불검출	적합	-
용출 1-헵산 n-헵탄	ng/L	3 이하	불검출	적합	-
용출 1-옥탄 4% 초산	ng/L	15 이하	불검출	적합	-
용출 1-옥탄 물	ng/L	15 이하	불검출	적합	-
용출 1-옥탄 n-헵탄	ng/L	15 이하	불검출	적합	-
용출 염조염산 4% 초산	ng/L	0.6 이하	불검출	적합	-
용출 염조염산 물	ng/L	0.6 이하	불검출	적합	-
용출 염조염산 n-헵탄	ng/L	0.6 이하	불검출	적합	-
물부만	ng/W	2 이하	불검출	적합	-
종합판정	적합				
시험·검사방법	식품용 기구 및 용기 - 포장 공전				

- 이 하 여 백 -

전자문서본(Electronic Copy)

*이 성적서는 원본(제일항 포함) 유효하며, 사본 및 전자문서본은 시험결과에 대한 참고용입니다.

그림 45. 식품 포장 안전성, 기준 및 규격에 대한 시험성적 발급

(2) 주요 피해해충 식품 포장 침입억제 물리적 방법 개발

○ 식품 포장 유형별 침입경로 방어 디자인 도출 및 방어 효율 검증

현재 가공식품 포장 디자인은 식품유형별 매우 다양하다 대부분 종이박스, 플라스틱필름(필로우, 트위스트 등), 용기(종이, 파우치, 플라스틱, 유리, 캔) 포장이다. 가공식품 포장의 디자인을 개선하여 물리적으로 해충의 유입을 차단하는 포장을 개발하기 위해서는 각 포장 구조에 따른 해충 피해발생 유형 별 침입경로를 분석하여, 침입 경로로 사용되는 틈새를 최소화 할 수 있는 포장 디자인을 설계하고, 시제품을 제작하고 해충 침입억제 효과를 검증하여 한다. 그러나 실제 이러한 단계를 거쳐 디자인을 개선한다고 하여도 상용화를 위해서는 비용 상승요인(포장재 비용, 포장 수출, 생산 시 작업성, 포장설비 교체 및 보강 등)과 포장 디자인 변화에 따른 마케팅적 요소 등 다양한 요인을 고려해야 하기 때문에 해충침입을 억제하기 위한 목적 하나로 제품의 포장 디자인을 바꾸기는 쉽지 않다. 본 연구에서는 대표적인 가공식품 포장에서 주로 발생하는 해충침입경로를 규명하고 해충침입을 최소화할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

① 용기포장

용기포장 식품에서 유통, 보관 중 해충의 유입은 용기와 뚜껑사이의 틈새로 인해 일어난다. 이를 최소화하기 위해서는 뚜껑과 용기사이의 유격을 최소화하는 디자인을 적용해야하나 마케팅적인 요소(소비자 개봉 용이성)로 인하여 쉽게 적용되지 않고 있다. 일부 제품에서 용기와 뚜껑을 필름(루뎡)으로 오버랩핑하는 방법을 적용하고 있으나 이러한 방법을 적용하는 제품도 소비자 개봉 용이성을 위해 캡셀에 타공선을 두어야 하기 때문에 이를 통한 해충의 유입이 일어난다.

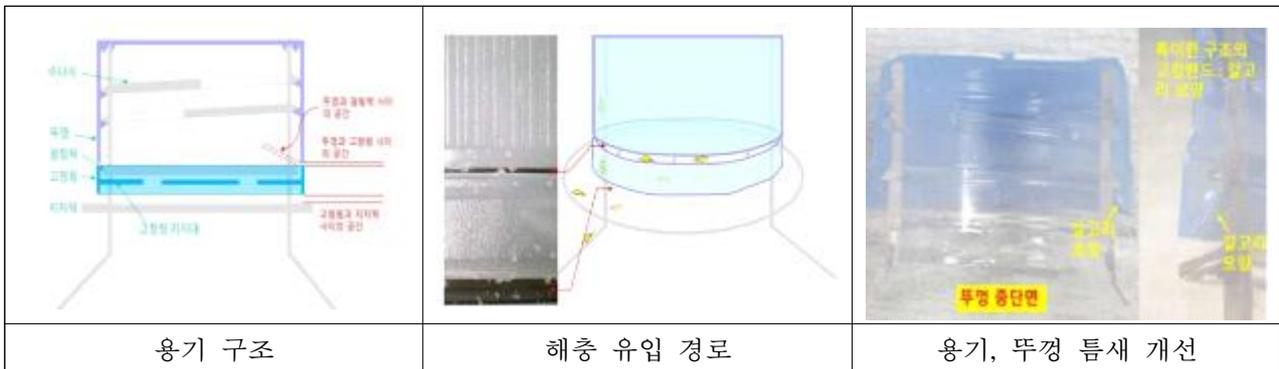
	
<p>파우치 용기 해충 유입</p>	<p>유리 용기 타공 부위 해충 유입</p>
	
<p>플라스틱 용기 캡셀 타공 부위 해충 유입</p>	<p>용기면 수축필름 타공 부위 해충 유입</p>

용기의 나사선을 통한 해충의 유입은 주로 PCO finish를 채용한 음료에서 발생된다. 대량생산되는 음료에는 생산성 향상과 원가절감을 위해 PCO(Plastic Closures Only) finish를 채용하는 경우가 많으며 이것이 해충의 주 유입통로가 되므로 해충을 유인하는 성분, 향을 함유한 음료의 경우 PCO finish의 적용이 자제되어야 한다. 또한 유리병에 채용되는 Lug cap도 해충의 유입 통로를 제공할

수 있어 해충 유입 빈도가 높은 음료의 경우 다른 형태의 캡을 사용한 밀봉방식을 검토해야 한다.

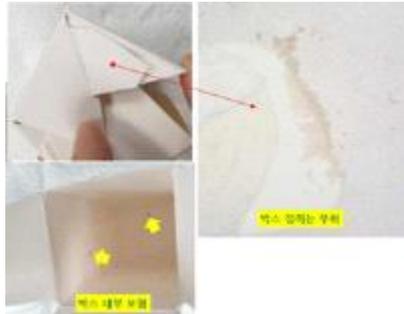


결론적으로 용기 제품의 방충 포장 개발의 최대장벽은 마케팅적 요소인 소비자 개봉 용이성으로 어느 정도 이에 대한 양보가 필요하며 물리적인 디자인(나사선 유격 조정, 갈고리 구조, 타공 부위 제거 등)과 함께 안전성이 확보된 방충물질을 뚜껑부분, 캡셀 부분에 처리하는 허들기술이 필요하다.



② 박스포장

다양한 가공식품에서 내부에 날개포장 제품을 여러 개 담은 대포장으로 종이 재질의 박스포장을 주로 사용하고 있다. 박스포장은 구조적으로 접히는 부분과 접착되지 않는 부분이 많아 유통, 보관 중 다양한 중소형 해충 종의 침입 용이한 구조를 가지고 있다. 특히 식품을 주로 가해하는 저장해충 종의 경우 어두운 환경을 선호하여 박스 내부로 유입되어 생존, 발육하여 소비자 발견 시 생존 상태로 발견되고 내부의 필름 날개포장을 천공하여 제품표면에서 발견되는 경우가 빈번히 일어난다. 박스포장의 디자인을 개선하여 물리적으로 해충의 유입을 차단하기 위해서는 접힌 부분과 틈새를 외부 비닐 포장, 박스 틈새 OPP 테이프 부착 등으로 최소화하는 방안을 모색해야 하나 최근 환경문제로 인한 포장재 최소화 추세와 포장비용 증가(포장재 비용, 포장 수율, 생산 시 작업성, 포장설비 교체 및 보강 등) 등으로 인해 적용이 쉽지 않기 때문에 박스 인쇄나 박스 접착제에 방충 물질을 혼합, 처리하는 허들기술이 필요하다.

		
박스 틈새	접힌 부분, 내부	박스 개봉 부위

③ 플라스틱 필름포장

대부분의 가공식품의 포장으로 플라스틱 필름 포장이 사용되며 특히 가공된 제품을 1차로 포장하는 거의 대부분은 날개 소포장의 포장소재로 사용 된다. 가공식품 포장으로 사용되는 플라스틱 필름의 재질, 두께 등은 식품 특성에 따라 차이가 있으나 포장 방식은 대부분 파우치나 필로우 포장 방식을 사용한다. 제품을 가장 마지막에 보호하는 포장의 경우 제품의 향 발산 차단과 해충의 천공 등을 통한 내부유입 경로를 최소화하는 것이 가장 중요하다. 실제 마케팅적 요구 등으로 인해 제품을 완전히 밀폐하지 않는 트위스트 포장을 적용하였던 과거 캔디류 제품(현재도 일부 캔디류 제품에 적용)의 경우 대포장 포장지에서 날개로 꺼내어 보관하는 중 트위스트 된 포장의 틈새로 해충의 침입, 생육, 생식 등이 제품에서 일어나 소비자 사용 시 생존, 치사 상태의 개체, 발육잔재물 등이 대량으로 발생하는 사안이 빈번히 발생됨에 따라 거의 대부분 필로우 밀폐 포장으로 개선되었다. 그러나 필로우 포장의 열처리 부분에서 발생하는 핀홀, 접합불량, 포장지 열화 등으로 제품 향의 외부 발산을 완벽히 차단시키지 못하는 실정이며 특히 천공성 해충의 생태, 행동학적 특성과 맞물려 포장지 천공으로 인한 해충 유입을 완벽히 차단시키지 못하는 실정이다. 따라서 본 연구는 플라스틱필름 파우치 포장에서 해충 유입경로를 규명하여 이를 제어할 수 있는 물리화학적 해충침입억제 기술을 모색하고 이를 적용한 방충포장 개발적용에 중점을 두어 수행되었다.

	
트위스트 포장 해충 유입	필로우 포장 해충 유입



○ 곤충의 저작 행동 방해 코팅기술 개발

식품에서 가장 많이 사용되는 플라스틱 필름재질에 침입하는 해충의 침입경로는 열처리 부분의 핀홀이나 열화된 부분에서 발산되는 제품의 향에 유인되어 포장재를 뚫고 침입하는 것으로 본 연구에서 규명되었다. 플라스틱 필름을 천공하는 천공성 해충이 포장재에 천공하기 위해서는 다리를 포장재에 부착시켜 힘을 지지한 후 천공을 시도해야 하며 날카로운 부속지나 턱을 사용하여 표면에 스크래치를 반복적으로 발생시키고 큰 턱과 작은 턱을 고정시켜 필름을 씹어서 구멍을 만든 후 가장자리 부분을 확장시켜 내부로 침입한다. 일반적인 생각으로는 포장재의 두께를 증가시키면 해충의 천공을 효과적으로 방어할 수 있을 것으로 생각하나 선행연구를 통해 볼 때 천공까지 소요되는 시간을 연장시킬 수는 있으나 천공 자체를 억제시키기는 어려우며 포장재의 두께를 증가시킬 경우 생산원가의 증가와 함께 식품포장재 최소사용에 대한 환경관련 법령에 저촉되는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 물리적으로 해충의 천공을 억제시킬 수 있는 플라스틱 필름을 개발하는 방향은 포장재 표면에서 곤충이 잘 부착할 수 없도록 포장재 표면을 코팅가공을 하는 방법과 필름 외부 또는 중간층에 저작행동을 방해하는 점착제를 적용시키는 방안을 고려할 수 있다. 본 연구에서는 현재 플라스틱 필름 식품 포장재 제조공정에서 추가되는 원료나 작업공정으로 인한 생산비용 증가를 최소화하고 기존의 작업공정에서 생산 가능한 방충포장 제조기술 개발과 상용화를 고려하여 다층필름 제조 시 중간층에 기존 필름에서 사용하는 열경화성 점착제(NSDL) 대신 필름 제조 후에도 일정 점성을 유지하여 천공성 해충의 천공활동에 영향을 줄 수 있는 점착제(수성아크릴 에멀전)를 사용한 필름과 기존 경화성 점착제(NSDL)를 사용한 시제품을 제작하여 선정된 관건해충을 대상으로 방충효과를 비교하였다. 경화성 점착제(NSDL), 수성아크릴 에멀전 점착제, 방충물질을 혼합한 수성아크릴 에멀전 점착제를 사용하여 제작한 다층필름 제작 사양은 표 27.과 같다.

표 27. 방충물질 적용 방충 포장용 다층필름 시제품 제작 사양

건본명	벌레기피 허들필름 건본제작	고객명		
요구부서	농림부 연구개발과제			
제작목적	벌레기피제가 포함된 허들필름 벌레침입 관찰			
건본사양	OPP 20u / ADHESIVE / LLDPE 45u			
	규격: 220mm (폭) * 100mm (repeat)			
케미컬 및 원단	* 잉크 : ECO GREEN INK (IPC 잉크)			
	* ADHESIVE : APA-F400(8.5) (수성아크릴 에멀전)			
	* 필름 : 1급지 OPP20u 2급지 LLDPE 45u			
동판	* 점착제 코팅 동판 : 175선(LPI), 35u (레이저 부식)			
결과	건본1	* OPP 20u -백색 / ADHESIVE / LLDPE 45u		
	건본2	* OPP 20u -청색 / ADHESIVE +기피제A 5% / LLDPE 45u		
	건본3	* OPP 20u -적색 / ADHESIVE +기피제B 5% / LLDPE 45u		
	건본4	* OPP 20u / ADHESIVE(NSDL) / LLDPE 45u		
	결과			
		두께 (um)	인장강도 (kg ^f /15mm)	열접착강도 (kg ^f /15mm)
	건본1	67	2.3	1.1
	건본2	67	2.4	1.1
	건본3	67	2.3	1.1
	건본4	66	2.9	1.3

실험은 1급지(OPP 20 μ)필름에 수성아크릴 에멀전(APA-F400(8.5)) 점착제를 사용하여 2급지(LLDP 50 μ) 필름을 라미네이션한 다층필름과 1급지(OPP 20 μ)필름에 기존 사용하고 있는 경화성 무용제 점착제를 도포 후 2급지(LLDP 50 μ) 필름을 라미네이션한 다층필름을 제작하여 화랑곡나방, 수시렁이 유충 유인 향 발산 먹이를 투입하여 파우치 포장을 제작하였다.

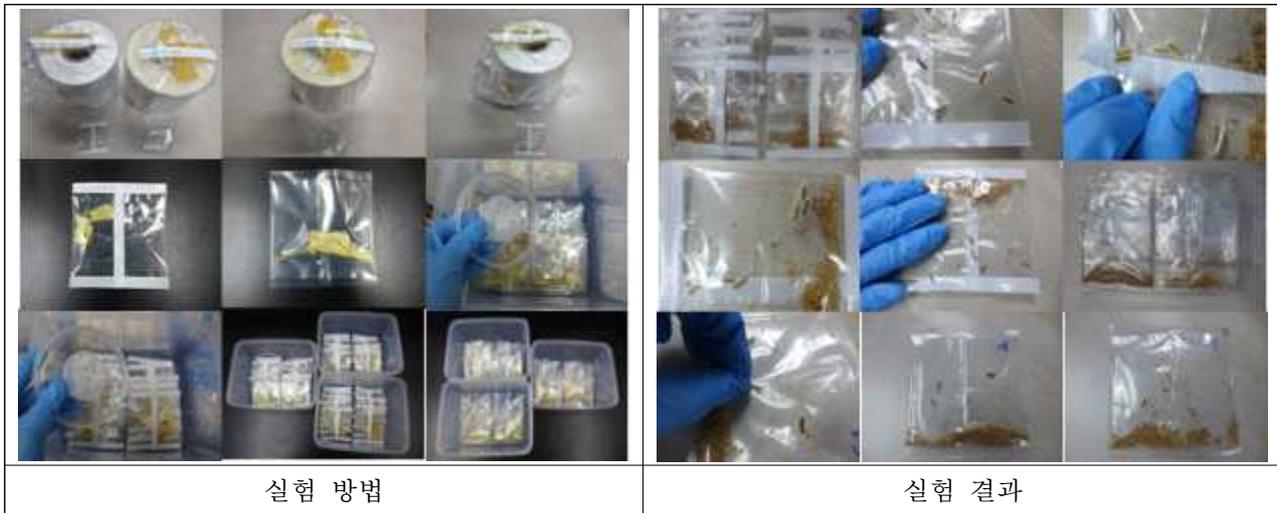


그림 46. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 점착제 적용 다층필름 포장재 방충효과 검증 실험(NO-CHOICE TEST)

한 후 실험 용기에 각각의 필로우 포장 10개를 장착하고 화랑곡나방, 수시령이 유충 각 50마리를 투입 후 25~28℃ 상온 조건에서 7일간 보관하면서 각 파우치 포장에서 부위별(열접착부위, 배접부위, 표면부위)로 발견되는 개체수와 천공여부를 NO-CHOICE TEST를 통해 조사하였다(그림 46.). 실험은 각 처리구별 3반복씩 수행되었으며 각 처리별 시제품 간 관측부위별 개체수, 전체 개체수 차이의 통계 분석은 t-TEST를 이용하여 분석하였다.

연구결과는 표 28.에서와 같이 화랑곡나방 유충의 경우 수성아크릴 에멀전 점착제 적용 다층필름으로 제작한 방충포장의 모든 부위에서 기존 점착제 적용 다층필름으로 제작한 방충포장의 모든 부위에 비해 통계적으로 유의하게 유인이 억제효과가 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 수시령이 유충의 경우에는 열봉합 부위에서는 통계적으로 유의하게 유인이 억제효과가 나타나는 것으로 조사되었으나 나머지 부위와 모든 부위를 통합한 전체에서 화랑곡나방 유충과 유사하게 유인 억제효과가 나타나지 않는 것으로 조사되었다.

표 28. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 점착제 적용 다층필름 포장재 포장 부위에서 발견되는 유인 개체수 및 통계량

관측결과 처리종류	화랑곡나방 유충				수시령이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
기존(접착제EA)	0.77±0.84	143±1.28	1.8±1.35	4±2.41	147±1.98	0.27±0.51	0.3±0.74	203±2.63
점착제(APA)	0.73±1.06	1.3±0.97	1.27±1.03	3.3±1.79	0.63±1.02	0.2±0.48	0.27±0.63	1.1±1.3
통계량	df=58 t=-0.13 P=0.8952	df=58 t=-0.45 P=0.6571	df=58 t=-1.69 P=0.0964	df=58 t=-1.26 P=0.2142	df=58 t=-2.02 P=0.0483	df=58 t=-0.51 P=0.6096	df=58 t=-0.19 P=0.8537	df=58 t=-1.72 P=0.0917

본 실험은 다층필름 제작 시 기존의 경화성 점착제 대신 수용성 점착제를 사용할 경우 경화 정도가 낮아 파우치 포장 제조 시 열봉합 부위의 편홀, 열화정도가 적어 내부의 제품 향의 외부 유출 정도가 낮아 포장지로의 해충 유인이 억제 될 것이라는 가설을 증명하고자 수행하였다. 실제 포장 부위에 유인된 개체수를 조사한 결과 점착제를 사용한 다층필름 포장에 유인된 개체수가 전반적으로 적어 어느 정도 이러한 가설을 설명할 수 있을 것으로 판단되었으나(그림 47.) 몇 개의 점착제 사용 포장에서 발견되는 개체수가 많아 전체 표준편차가 커져 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않는 결과가 도출되었다. 이는 실험실에서 파우치 소포장을 제작하는 과정에서 문제가 발생하였을 가능성이 높아 향후 실제 생산현장의 포장 설비를 이용한 균일한 포장 조건에서의 실험

진행 시 유의한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

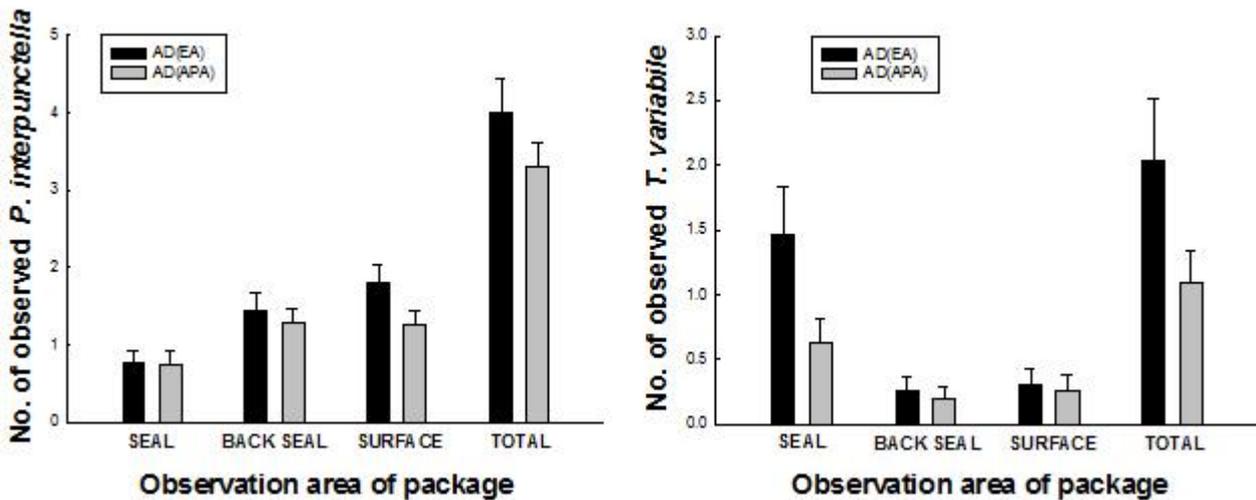


그림 47. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 점착제 적용 다층필름 포장재 포장 부위에서 발견되는 개체수 비교

○ 패턴 인쇄방법의 개발

가공식품 포장은 제품 당 원가가 매우 낮아 새로운 천연식물 추출 방충물질을 적용한 방충포장 제조 시 첨가되는 방충물질 원가, 사용량, loss 증가율, 작업공정 추가여부 등에 따라 생산비용 증가에 영향을 주며 이로 인하여 식품업체의 적극적인 사용이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 방충물질 사용량을 최소화 하면서 방충효과를 극대화 할 수 있는 적용 방안으로 제품 포장 인쇄 시 포장재 전면(배다부분)에 사용하는 잉크에 첨가하지 않고, 열처리 봉합, 배접 부위와 같이 해충 침입에 취약한 부위에 사용되는 잉크에 첨가하여 사용하는 방안으로 연구를 진행하였다. 이와 더불어 본 연구에서 선정된 저장해충이 음 주광성 생태특성을 가지고 있음을 실험을 통해 규명하였으며 이를 바탕으로 패턴인쇄를 통한 광산란 효과가 선정된 저장해충의 행동에 영향을 줄 수 있다면 광산란을 유발하는 패턴인쇄 시 인쇄잉크에 방충물질을 첨가하여 방충물질 사용량을 최소화하면서 해충의 접근을 방지할 수 있는 물리화학적 기술이 조합된 허들 방충기술로 개발 할 수 있을 것으로 판단하여 그림 48.과 같이 인쇄패턴에 따른 산란된 빛에 의한 해충의 행동특성 변화를 실험하였다. 물리화학적 방충기술이 조합된 방충포장의 효과를 규명하는 본 실험 진행 전 선정된 저장해충의 산란광에 대해 반응하는 행동 패턴 경향을 조사하여 유의미한 차이를 보일 경우 방충물질 첨가 패턴인쇄 포장필름과 광산란 실험기구를 제작하여 본 연구를 진행하고자 하였다. 패턴인쇄 표면에 산란된 빛에 대한 공시충의 반응 실험은 지름 13.9 cm 원형 투명 라벨지를 4부분으로 구분하여 일반적인 곤충의 유인을 유발하는 단파장 빛을 반사하는 파란색 잉크로 전체인쇄, 점, 사선 무늬 인쇄, 미 인쇄 구역을 구성하고 인쇄된 필름을 150mm Petri dish에 장착 후 화랑곡나방 3령 유충 30마리, 수시렁이 유충 30마리를 투입하여 상부에 백색광이 조사되는 사각케이지 (30*30*30cm)에 각 2반복 장착 후 25~28℃ 상온 조건에서 시간 경과 별 공시충의 행동양상을 조사하였다.

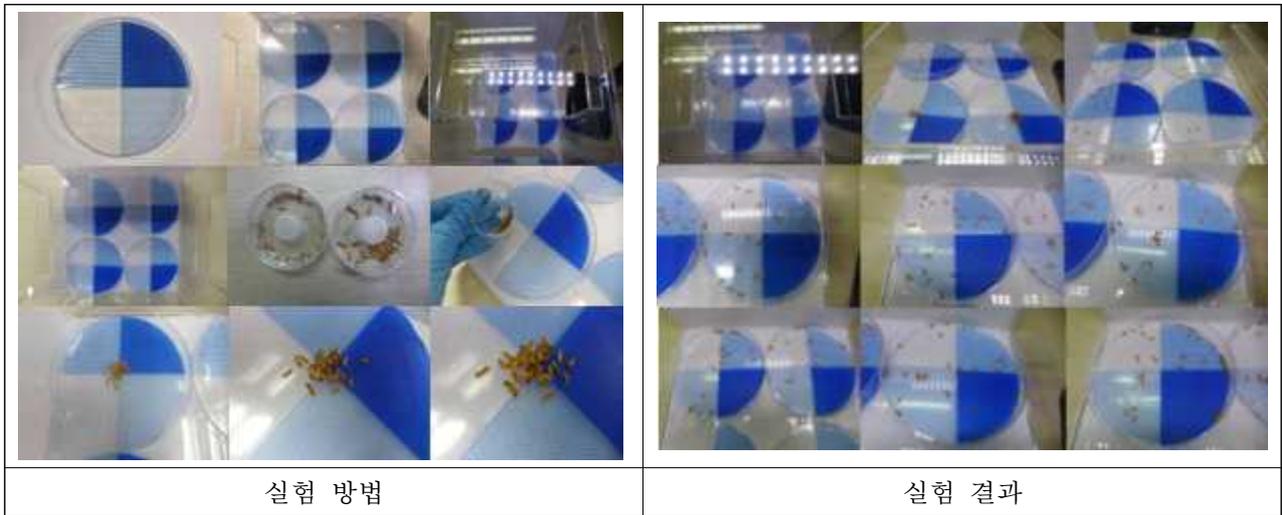


그림 48. 광산란 효과 유발 패턴인쇄가 화랑곡나방, 수시령이 유충의 행동에 미치는 영향 검증 실험

실험 결과 2종의 공시충 모두 산란광에 대한 특이한 행동 양상을 관찰되지 않았으며 특정 인쇄패턴에 유인 또는 기피되는 경향도 없는 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과를 볼 때 1차 년도에 수행된 선정된 2종의 저장해충이 빛에 대한 음 주광성 특성을 보이는 것은 눈을 통한 시각 자극에 대한 반응보다는 표면의 감각모가 느끼는 열 등의 에너지가 영향을 주는 것으로 산란된 빛의 파장보다는 세기에 영향을 받을 것으로 보인다. 패턴인쇄를 통해 잉크에 첨가된 방충물질의 사용량을 감소시키는 방안의 경우 포장지 전체 면적에 방충물질을 첨가한 잉크로 인쇄해야만 할 경우 일정부분 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단되나 앞선 실험 결과에서 보는 것과 같이 열처리 봉합 부분과 배접 부분과 같이 해충침입 부분에 부분인쇄 하여도 전체인쇄와 같은 방충효과를 보이는 것으로 조사되어 패턴인쇄를 통한 방충물질 사용량 감소의 효과는 크지 않은 것으로 판단된다.

(3) 주요 피해해충 침입억제 허들 시스템 설계 및 검증

○ 화학적 침입억제기술과 물리적 침입억제기술의 시너지 효과 극대화 방안 도출

본 연구에서는 연구기간 동안 진행한 연구결과를 바탕으로 현재 플라스틱 필름 식품 포장재 제조 공정에서 추가되는 원료나 작업공정으로 인한 생산비용 증가를 최소화하고 기존의 작업공정에서 생산 가능한 방충포장 제조방법과 상용화를 고려하여 해충 침입억제 허들 시스템 적용 방충포장 제작 방안을 설계하고 시제품을 제작하여 선정된 관건해충의 침입억제 효과를 NO-CHOICE TEST를 통해 비교 검증하고 가공식품의 유통, 보관 환경을 고려한 시뮬레이션 TEST(각 시제품 필름으로 제작된 포장을 혼합한 CHOICE TEST)를 통해 실제 가공식품의 유통, 저장 환경에서의 해충 침입억제 효과를 검증 하였다. 실험은 우선 현재까지 수행한 물리화학적 해충 침입억제 기술 연구결과를 조합하여 다층필름 제조 시 중간층에 기존 필름에서 사용하는 경화성 접착제(NSDL) 대신 필름 제조 후에도 일정 점성을 유지하여 천공성 해충의 천공 시 저작활동을 방해할 것으로 기대되는 점착제(수성아크릴 에멀전 점착제)를 점착제 대신 사용하여 제작한 다층필름, 확보된 천연식물추출 방충물질(기피제 A) 5%를 점착제에 첨가한 제작한 다층필름, 식물에서 떼은맛을 내는 탄닌(기피제 B) 5%를 점착제에 첨가하여 제작한 다층필름, 기존 경화성 접착제(NSDL)를 사용한 다층필름 시제품을 표 27.과 같이 제작하고 시제품 다층필름을 이용하여 화랑곡나방, 수시령이 유충 유인 향 발산 먹이를 투입한 파우치 포장을 제작한 후 NO-CHOICE TEST는 실험 용기에 각각의

파우치 포장 10개를 장착하고 화랑곡나방, 수시렁이 유충 각 50마리를 투입 후 25~28℃ 상온 조건에서 7일간 보관하면서 각 파우치 포장에서 부위별(열봉합부위, 배접부위, 표면부위)로 발견되는 개체수와 천공여부를 조사하고 각 처리별 시제품 간 관측부위별 개체수, 전체 개체수 차이의 통계 분석은 ANOVA 분산분석을 이용하여 분석하였다. 각각의 실험은 모두 3반복씩 수행되었다(그림 49.).



그림 49. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 점착제, 점착제, 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 방충효과 검증 실험(NO-CHOICE TEST)

가공식품의 유통, 보관 환경을 고려한 시뮬레이션 TEST(각 시제품 필름으로 제작된 포장을 혼합한 CHOICE TEST)는 실험 용기에 각각의 파우치 포장 5개씩을 혼합 장착하고 화랑곡나방, 수시렁이 유충 각 50마리를 투입 후 25~28℃ 상온 조건에서 7일간 보관하면서 각 파우치 포장에서 부위별(열봉합부위, 배접부위, 표면부위)로 발견되는 개체수와 천공여부를 조사하고 각 처리별 시제품 간 관측부위별 개체수, 전체 개체수 차이의 통계 분석은 t-TEST를 이용하여 분석하였다. 각각의 실험은 모두 3반복씩 수행되었다(그림 50.).





그림 50. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 접착제, 접착제, 접착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 방충효과 검증 실험(CHOICE TEST)

실험 전 수성아크릴 에멀전 접착제에 방충물질 첨가 시 접착제의 접착력이 감소될 우려가 있을 것으로 판단하여 접착력에 가장 크게 영향을 주는 것으로 알려진 pH를 변화시켜 접착력을 특정한 결과 pH가 높아질수록 접착력이 감소하는 것으로 분석되어 염기성 방충물질의 사용은 적합하지 않은 것으로 판단되었다(표 28.). 그러나 본 연구에 사용된 방충물질은 모두 약산성에 해당하는 물질로 접착제에 혼합사용 시 접착력에 영향을 주지 않는 것으로 분석되었다.

표 28. pH에 따른 수성아크릴 에멀전 점착제의 접착력 변화

Description		PSA Grade		견본사양
		APA-F400 (pH 8.5)	APA-F400 (pH 10.0)	
중간접착력 (g/25mm)	상온	851	811	OPP20μ/ PSA / CPP25μ
	-10°C, 30분	862	823	



표 29.는 방충물질 혼합 점착제와 미 혼합 점착제. 기존 열경화성 점착제를 사용한 다층필름으로 제작된 파우치 포장의 해충침입 부위에 대한 침입억제 효과를 검증한 NO-CHOICE TEST 결과이다.

표 29. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 점착제, 점착제, 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 포장 부위에서 발견되는 유인 개체수 및 통계량

관측결과 처리종류	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
기존(점착제EA)	0.77±0.84 A	1.43±1.28 A	1.8±1.35 A	4±2.41 A	1.47±1.98 A	0.27±0.51 A	0.3±0.74 A	2.03±2.63 A
점착제(APA)	0.73±1.06 A	1.3±0.97 AB	1.27±1.03 AB	3.3±1.79 A	0.63±1.02 BC	0.2±0.48 AB	0.27±0.63 A	1.1±1.3 B
점착제(APA)+ 기피제 A	0.23±0.62 B	0.83±0.97 B	0.83±0.97 B	1.9±1.25 B	0.13±0.43 C	0.03±0.18 B	0.1±0.3 A	0.27±0.51 C
점착제(APA)+ 기피제 B	0.47±0.62 AB	1.23±1.33 AB	1.33±1.11 AB	3.03±1.91 A	0.8±0.98 B	0.17±0.37 AB	0.2±0.54 A	1.17±1.13 B
통계량	df=3,116 F=2.79 P=0.0437	df=3,116 F=1.46 P=0.2299	df=3,116 F=3.60 P=0.0157	df=3,116 F=6.23 P=0.0006	df=3,116 F=5.78 P=0.0010	df=3,116 F=1.69 P=0.1725	df=3,116 F=0.68 P=0.5646	df=3,116 F=5.97 P=0.0008

실험 결과 화랑곡나방 유충의 경우 기존 점착제에 비해 점착제, 점착제+기피제B를 사용한 필름에서 평균적으로 발견되는 개체수가 적은 것으로 조사되었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 점착제+기피제A를 사용한 필름에서는 통계적으로 유의하게 다른 필름에 비해 모든 부위와 전체에서 발견되는 개체수가 적은 것으로 조사되었다. 수시렁이의 경우에도 이와 같은 양상을 보였으나 다른 점은 열처리 부위와 전체에서 점착제>점착제=점착제+기피제B>점착제+기피제A의 순으로 발견되는 개체수가 통계적으로 유의하게 적은 것으로 조사되었다. 이와 같은 결과를 볼 때 점착제를 사용한 필름의 경우 점착제를 사용한 필름에 비해 포장 제조 시 열처리 부분의 밀폐도가 좋으며 특히 본 연구에서 확보된 천연방충물질을 점착제와 혼합하여 사용할 경우 열처리 부분이나 배접부위와 같이 해충이 침입경로로 사용되는 부위로의 유인을 차단하는 효과로 인해 해충의 유인, 천공을 효과적으로 차단할 수 있을 것으로 판단되었다. 각 필름으로 제작된 방충 포장의 각 부위에서 발견되는 해충 개체수에 대한 비교는 그림 51.과 같다.

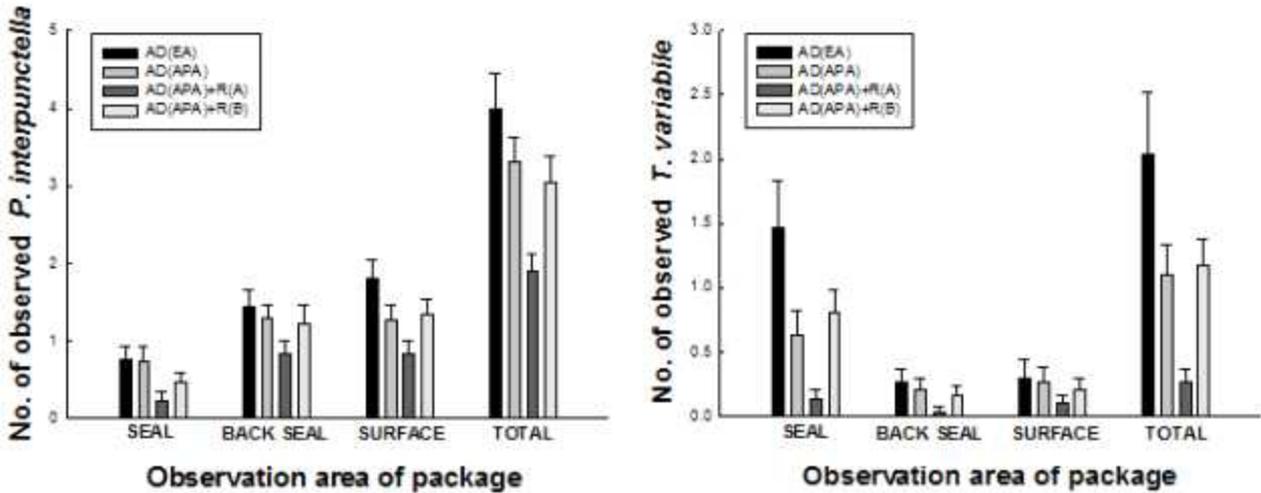


그림 51. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 점착제, 점착제, 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 포장 부위에서 개체수 비교

가공식품의 유통, 보관 환경을 고려한 시뮬레이션 TEST(각 시제품 필름으로 제작된 포장을 혼합한 CHOICE TEST)를 통해 실제 가공식품의 유통, 저장 환경에서의 해충 침입억제 효과를 검증한 결과 기존 점착제를 적용한 필름과 점착제를 적용한 필름, 기피제B를 혼합한 점착제를 적용한 필름이 동일한 공간에 보관 시 화랑곡나방과 수시렁이 유충 모두 평균적으로 각 부위와 전체에서 발견되는 개체수가 점착제를 적용한 필름에서 적게 관찰되나 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 기존 점착제를 적용한 필름과 확보된 기피제A를 혼합한 점착제를 적용한 필름이 동일한 공간에 보관 시 화랑곡나방과 수시렁이 유충 모두 각 부위와 전체에서 발견되는 개체수가 확보된 천연방충물질(기피제A)을 혼합한 점착제를 적용한 필름에서 통계적으로 유의하게 적게 발견되었다(표 30).

표 30. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 기존 점착제 적용 다층필름 포장재와 점착제 및 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 혼합 적재 시 포장 부위에서 발견되는 유인 개체수 및 통계량

관측결과	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
처리종류								
기존(점착제EA)	0.93±1.18	1.6±1.2	2±1.41	4.53±2.58	1.2±1.11	0.27±0.57	0.27±0.57	1.73±1.29
점착제(APA)	0.87±0.81	1.33±0.87	1.47±1.31	3.67±1.96	1.07±1.24	0.2±0.4	0.13±0.5	1.4±1.62
통계량	df=28 t=-0.17 P=0.8628	df=28 t=-0.67 P=0.5062	df=28 t=-1.04 P=0.3094	df=28 t=-1.00 P=0.3249	df=28 t=-0.30 P=0.7660	df=28 t=-0.36 P=0.7240	df=28 t=-0.66 P=0.5170	df=28 t=-0.60 P=0.5525
관측결과	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
처리종류								
기존(점착제EA)	1.27±1.44	1.4±1.2	1.73±1.06	4.4±2.09	1.4±1.4	0.73±0.93	1.6±1.45	3.73±2.29
점착제(APA)+ 기피제 A	0.53±0.62	0.73±0.57	0.53±0.72	1.8±1.17	0.67±0.87	0.2±0.54	0.53±0.88	1.4±1.7
통계량	df=28 t=-1.75 P=0.0902	df=28 t=-1.88 P=0.0712	df=28 t=-3.50 P=0.0016	df=28 t=-4.06 P=0.0004	df=28 t=-1.66 P=0.1079	df=28 t=-1.86 P=0.0740	df=28 t=-2.35 P=0.0262	df=28 t=-3.05 P=0.0049
관측결과	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
처리종류								
기존(점착제EA)	1.27±1.18	1.13±1.15	1.33±1.25	3.73±2.21	1.13±1.02	0.8±1.11	0.4±0.71	2.33±2.09
점착제(APA)+ 기피제 B	0.93±0.93	0.8±0.83	1.4±1.25	3.13±1.59	0.93±0.68	0.6±0.71	0.33±0.47	1.87±1.2
통계량	df=28 t=-0.83 P=0.4135	df=28 t=-0.88 P=0.3864	df=28 t=1.14 P=0.8889	df=28 t=-0.83 P=0.4155	df=28 t=-0.61 P=0.5476	df=28 t=-0.57 P=0.5743	df=28 t=-0.29 P=0.7723	df=28 t=-0.72 P=0.4746

이와 같은 결과는 앞서 실험한 NO-CHOICE TEST의 결과와 유사한 결과로 본 연구에서 확보된 천연방충물질을 혼합한 점착제를 적용한 필름 포장 제품과 기존 점착제를 적용한 필름 포장 제품이 함께 보관된 유통환경에서 열처리 부분이나 배접부위와 같이 해충이 침입경로로 사용되는 부위로의 유인을 차단하는 효과로 인해 해충의 유인, 천공을 효과적으로 차단할 수 있을 것으로 판단되었다. 각 필름으로 제작된 방충 포장의 각 부위에서 발견되는 해충 개체수에 대한 비교는 그림 52.와 같다.

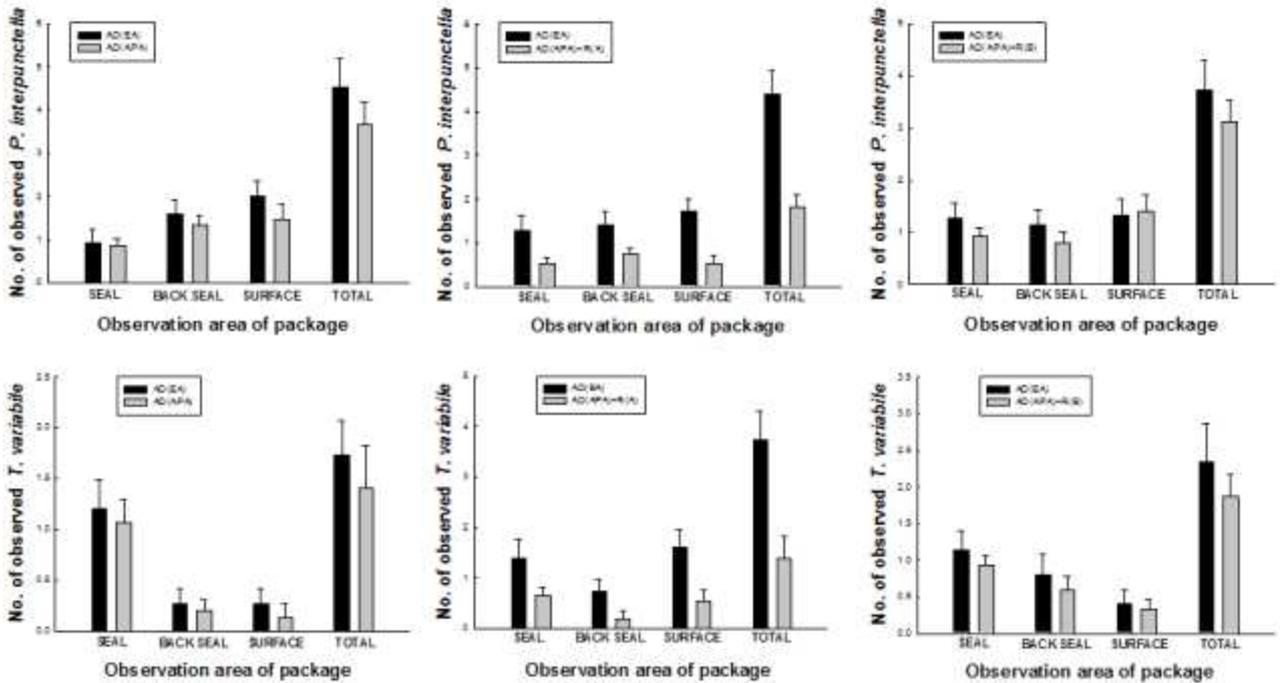


그림 52. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 기존 점착제 적용 다층필름 포장재와 점착제 및 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 혼합 적재 시 포장 부위에서 발견되는 유인 개체수 비교

점착제를 적용한 필름과 기피제B를 혼합한 점착제를 적용한 필름이 동일한 공간에 보관 시 화랑곡나방과 수시령이 유충 모두 각 부위와 전체에서 발견되는 개체수는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 기피제A를 혼합한 점착제를 적용한 필름의 경우에는 화랑곡나방과 수시령이 유충 모두 각 부위와 전체에서 발견되는 개체수가 통계적으로 유의하게 적게 발견되었다(표 31).

표 31. 화랑곡나방, 수시령이 유충의 점착제 적용 다층필름 포장재와 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 혼합 적재 시 포장 부위에서 발견되는 유인 개체수 및 통계량

관측결과 처리종류	화랑곡나방 유충				수시령이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
점착제(APA)	1.33±1.78	2.13±1.59	1.67±0.94	5.13±2.19	1.8±2.79	0.53±0.96	0.87±1.75	3.2±3.45
점착제(APA)+ 기피제 A	0.73±0.77	1±0.82	1.07±0.68	2.8±1.51	0.33±0.47	0.2±0.4	0.33±0.6	0.87±1.15
통계량	df=28 t=1.16 P=0.2562	df=28 t=2.38 P=0.0245	df=28 t=1.93 P=0.0636	df=28 t=3.28 P=0.0028	df=28 t=1.94 P=0.0622	df=28 t=1.20 P=0.2392	df=28 t=1.08 P=0.2887	df=28 t=2.40 P=0.0232
관측결과 처리종류	화랑곡나방 유충				수시령이 유충			
	봉합부위	배접부위	표면부위	전체	봉합부위	배접부위	표면부위	전체
점착제(APA)	1.47±1.09	1.33±1.4	1.2±1.33	4±2.37	1±1.1	0.6±0.95	0.13±0.34	1.73±1.48
점착제(APA)+ 기피제 B	1.4±1.08	1.2±1.76	1.47±1.09	4.07±2.14	1.2±1.42	0.53±0.72	0.2±0.54	1.93±1.65
통계량	df=28 t=0.16 P=0.8721	df=28 t=0.22 P=0.8259	df=28 t=-0.58 P=0.5654	df=28 t=-0.08 P=0.9383	df=28 t=-0.42 P=0.6801	df=28 t=0.21 P=0.8358	df=28 t=-0.39 P=0.6994	df=28 t=-0.34 P=0.7385

이와 같은 결과 또한 앞서 실험한 NO-CHOICE TEST의 결과와 유사한 결과로 본 연구에서 확보된 천연방충물질을 혼합한 점착제를 적용한 필름 포장 제품과 점착제만 적용한 필름 포장 제품이 유통환경에서 함께 존재할 때 열처리 부분이나 배접부위와 같이 해충이 침입경로로 사용되는 부위의 유인을 차단하는 효과로 인해 해충의 유인, 천공을 효과적으로 차단할 수 있을 것으로 판단되었다. 각 필름으로 제작된 방충 포장의 각 부위에서 발견되는 해충 개체수에 대한 비교는 그림 53.과 같다.

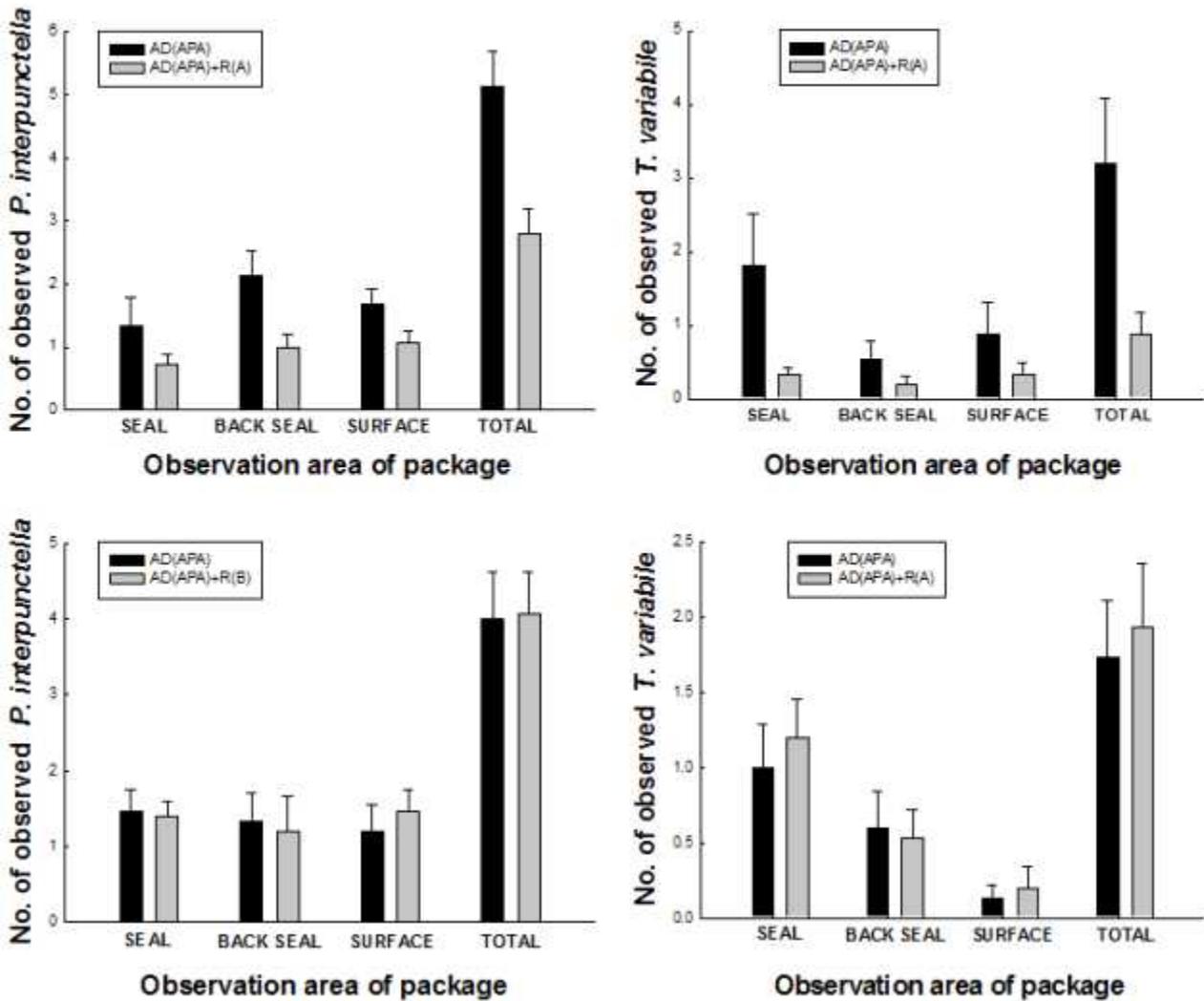


그림 53. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 점착제 적용 다층필름 포장재와 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장재 혼합 적재 시 포장 부위에서 발견되는 유인 개체수 비교

점착제, 점착제, 방충물질 혼합 점착제를 적용한 각 다층필름 포장의 NO-CHOICE, CHOICE TEST를 통한 각 포장 부위 유인되는 화랑곡나방, 수시렁이 유충 개체수의 차이를 분석하여 방충효과를 규명하는 실험으로는 실험 기간이 비교적 짧아 실험기간 동안 모든 포장에서 공시충의 저작활동으로 인한 천공은 발견되지 않아 점착제 및 방충물질 혼합 점착제를 적용한 포장의 해충 천공을 억제하는 물리적 효과를 볼 수 없었다. 따라서 진행된 NO-CHOICE, CHOICE TEST 실험 종료 후 각 실험 조건별로 진행된 3반복으로 나누어 투입된 필로우 포장을 한꺼번에 투입(1반복) 후 공시충의 투입 개체수를 증가시켜 1개월간 보관 후 각 조건의 파우치 포장에서 공시충의 천공흔적을 조사하였다(그림 54). 실험 조건은 기존의 NO-CHOICE, CHOICE TEST 조건과 동일하며 화랑곡나방 유충의 경우 번데기로 용화되는 기간을 고려하여 3령 유충 100마리를 2주 간격으로 투입하였으며 수시렁이 유충의 경우 150마리를 투입 후 1개월간 보관 후 파우치 포장에서 공시충의 천공

흔적을 조사하였다.



그림 54. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 점착제, 점착제, 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장에서 천공억제 효과 검증 실험.

실험 결과 NO-CHOICE, CHOICE TEST 모두 점착제를 적용한 필름 포장에서 점착제를 적용한 필름 포장보다 천공흔적이 적게 발견되었다. 특히 방충물질을 혼합한 점착제를 적용 필름 포장의 경우 천공흔적이 점착제만 적용한 필름 포장 보다 적게 나타나는 것으로 조사되었다. 이러한 연구결과는 점착제를 사용한 필름의 경우 점착제를 사용한 필름 보다 포장 제작 시 열봉합 부위의 핀홀, 열화 현상이 적어 식품의 향이 외부로 발산되는 것이 감소되고 필름 내부 층의 점성으로 인해 해충의 천공 시 저작 기작을 방해하는 것으로 판단되며 점착제에 혼합된 방충물질에 의해 열봉합 부위로의 해충 유인을 억제하는 효과와 시너지 작용을 일으켜 해충의 유인빈도를 감소시켜 천공 시도 빈도를 효과적으로 감소시키는 것으로 생각되나(표 32.) 추후 실험 반복을 늘려 통계적인 유의성 검증이 진행되어야 할 것이다.

표 32. 화랑곡나방, 수시렁이 유충의 점착제, 점착제, 점착제+방충물질 적용 다층필름 포장에서 천공흔적 비교

관측결과 처리종류	화랑곡나방 유충				수시렁이 유충			
	기준(점착제EA)	점착제(APA)	점착제(APA)+ 기피제 A	점착제(APA)+ 기피제 B	기준(점착제EA)	점착제(APA)	점착제(APA)+ 기피제 A	점착제(APA)+ 기피제 B
NO-CHOICE TEST	13/30	10/30	4/30	6/30	9/30	6/30	2/30	5/30
CHOICE TEST 1	11/15	7/15	-	-	6/15	3/15	-	-
CHOICE TEST 2	10/15	-	3/15	-	7/15	-	0/15	-
CHOICE TEST 3	11/15	-	-	7/15	7/15	-	-	2/15
CHOICE TEST 4	-	8/15	2/15	-	-	5/15	0/15	-
CHOICE TEST 5	-	7/15	-	6/15	-	7/15	-	3/15

다층필름 제조 시 사용된 점착제가 천공성 해충의 저작 기작 방해 효과를 살펴보기 위해 점착제(실험군), 점착제(대조군) 사용 다층필름 파우치 포장에서 발견되는 천공형태를 SEM 사진 촬영을 통해 비교하였다. 대조군의 경우, 천공을 하면서 갇아낸 구멍의 주위가 비교적 깨끗하게 이빨자국을 형성하고 있다. 실험군의 경우 점착제에 의해 갇아낸 플라스틱 찌꺼기가 점착력에 의해 구멍주위에 묻혀있는 것이 다수 발견되었다. 즉, 점착층이 해충의 포장재 천공 시 저작활동에 방해가 되었을 것으로 추측된다. 묻혀진 플라스틱 찌꺼기들은 수시렁이의 천공 구멍에서 잘 관찰된다(그림

55.). 수시렁이의 경우 천공 시 강모가 플라스틱 찌꺼기들을 뭉치게 하는 역할을 가속화시키며 이 플라스틱 찌꺼기 뭉치를 필름에 부착된 상태로 유지시키기 때문에, 천공 시 이러한 뭉치들이 멀리 떨어지지 않고 구멍 주위에서 수시렁이의 저작활동을 방해하는 것으로 판단된다. 이러한 뭉치는 수시렁이 몸체 강모에도 부착되어 떨어지지 않아 일반적인 행동에도 제약을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

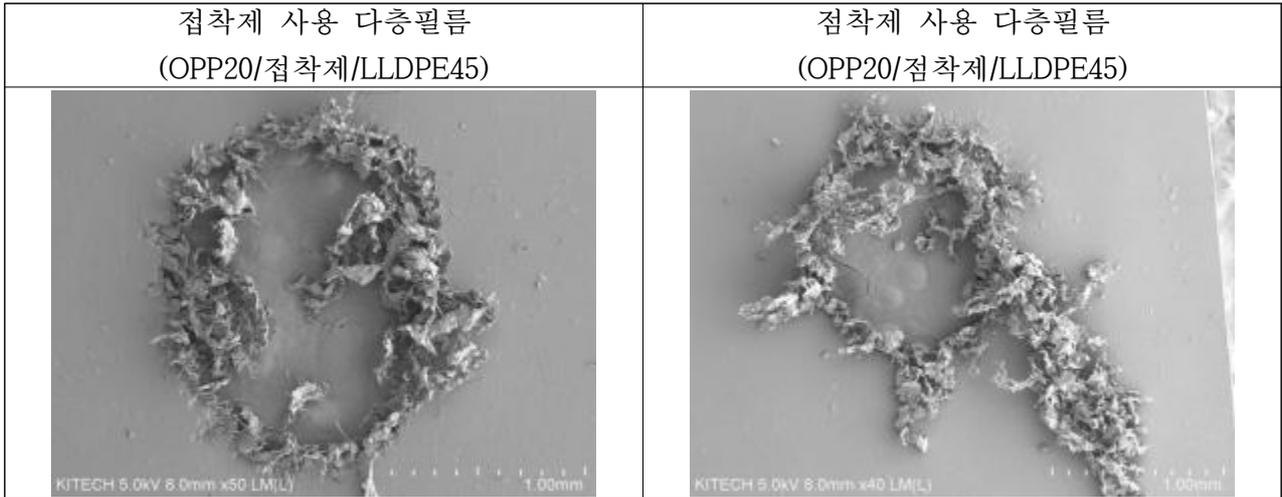


그림 55. 수시렁이 유충의 점착제, 점착제 사용 다층필름 천공형태 비교(포장재 외측 구멍)

화랑곡나방 유충의 경우에는 수시렁이와 달리 강모가 없어 수시렁이 유충의 천공 형태에서 보이는 강모와 함께 뭉쳐진 플라스틱 찌꺼기는 보이지 않으나 점착제를 사용한 포장재의 경우 길게 늘어난 실과 같은 것이 많이 발견되는데 이것을 확대해 보면 점착층에서 유래한 유연한 폴리머 인 것으로 판단된다(그림 56.). 사람의 관점에서는 점착제는 끈끈한 폴리머이지만, 벌레의 관점에서는 끈적거린 다기 보다는 잘 늘어나고 유연한 폴리머로 느껴지며, 이것이 저작 시 턱(이빨)에 달라붙어 뜯어내는 과정에서 얇고 긴 실의 형태로 만들어져 발견되는 것이다(그림 57.). 이러한 현상은 경화형 점착제 사용 다층필름보다 점착제 사용 다층필름이 해충의 저작활동을 방해한다는 것을 의미한다.

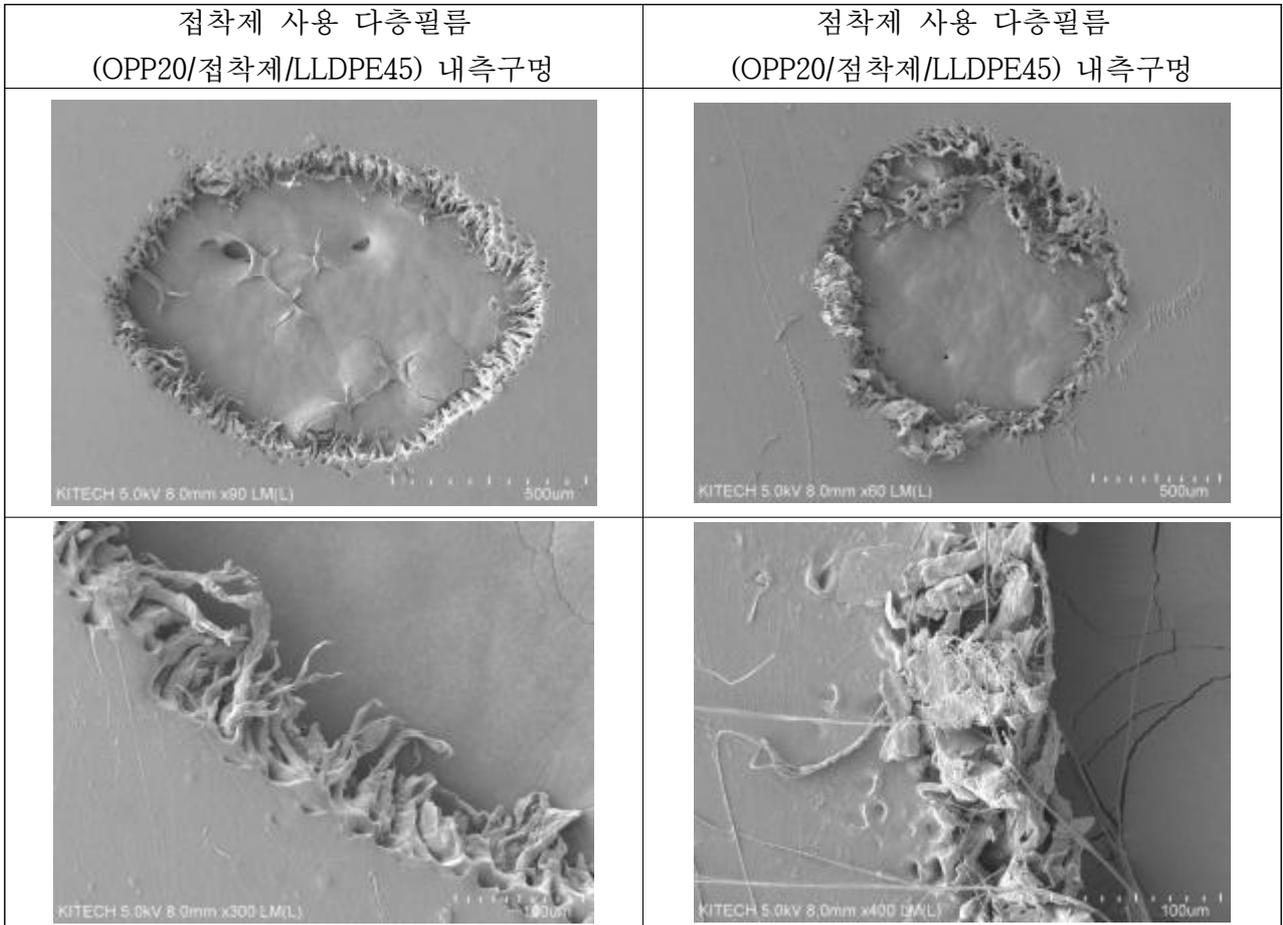


그림 56. 화랑곡나방 유충의 점착제, 점착제 사용 다층필름 천공형태 비교(포장재 내측 구멍)

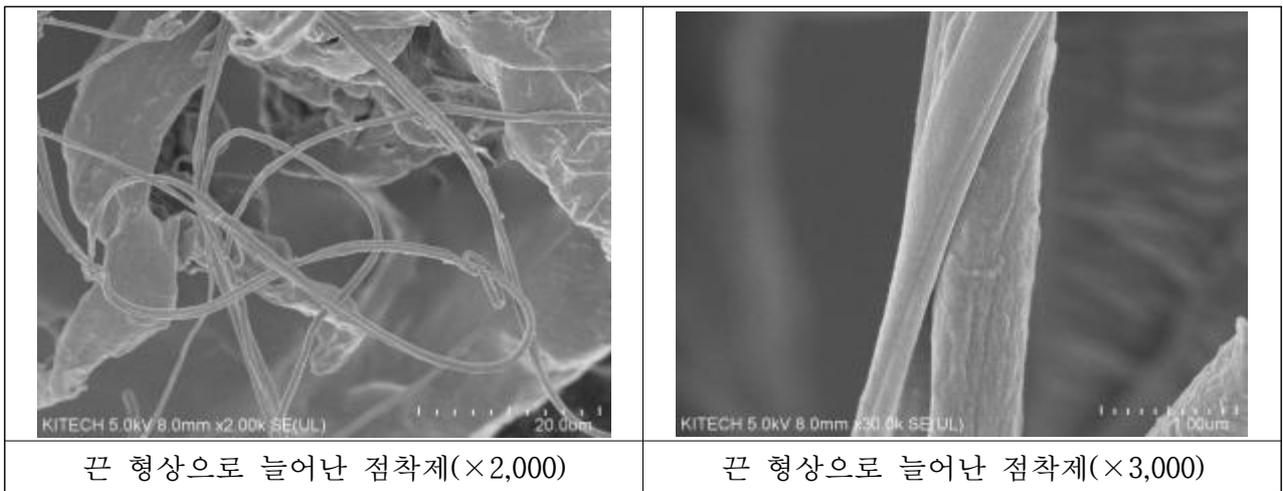


그림 57. 화랑곡나방 유충에 의한 점착제 사용 다층필름 천공형태에서 관찰되는 폴리머

기피제(A)와 기피제(B)를 점착제와 혼합하여 사용한 경우 방충효과는 기피제(A)가 더 컸으며, 유충의 감각기관은 고등동물의 혀나 입 등으로 세분화되어 있기 보다는 보다 단순하기 때문에 탄닌의 짧은 “맛” 보다는 향기성분의 영향을 더 받았을 가능성이 높다. 또 다른 이유는 점착제 성분에 탄닌(기피제B)을 섞는 경우 점착력을 저하시키며, 이로 인해 충분한 라미네이션 강도를 구현하지 못했을 가능성이 있다. 천공 주위의 형태를 보면 각각의 필름 층을 각각 갈아낸 형태를 보이는데 이는 부분적인 de-lamination이 그 부위에 있었다는 것을 의미한다. 향후 점착제 성분을 바꾸었을 때 약간의 개선 효과를 예상할 수는 있겠으나, 기본적으로 유충이 갈아낸 포장재 조각을 소화기관으로 넘기는 것 같지는 않아 휘발성 기피제가 더 효과가 있을 것이라고 판단된다.

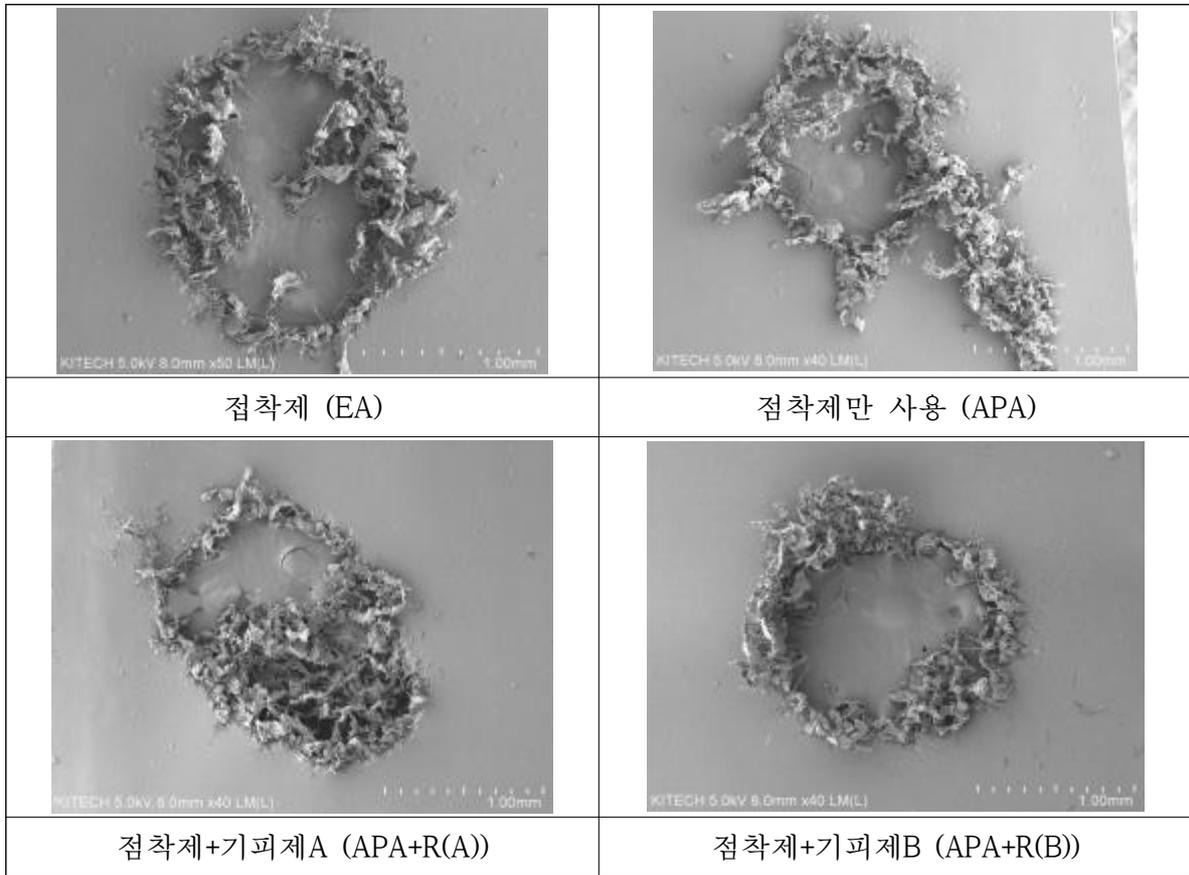


그림 58. 수시렁이 유충의 각 필름에서의 천공형태

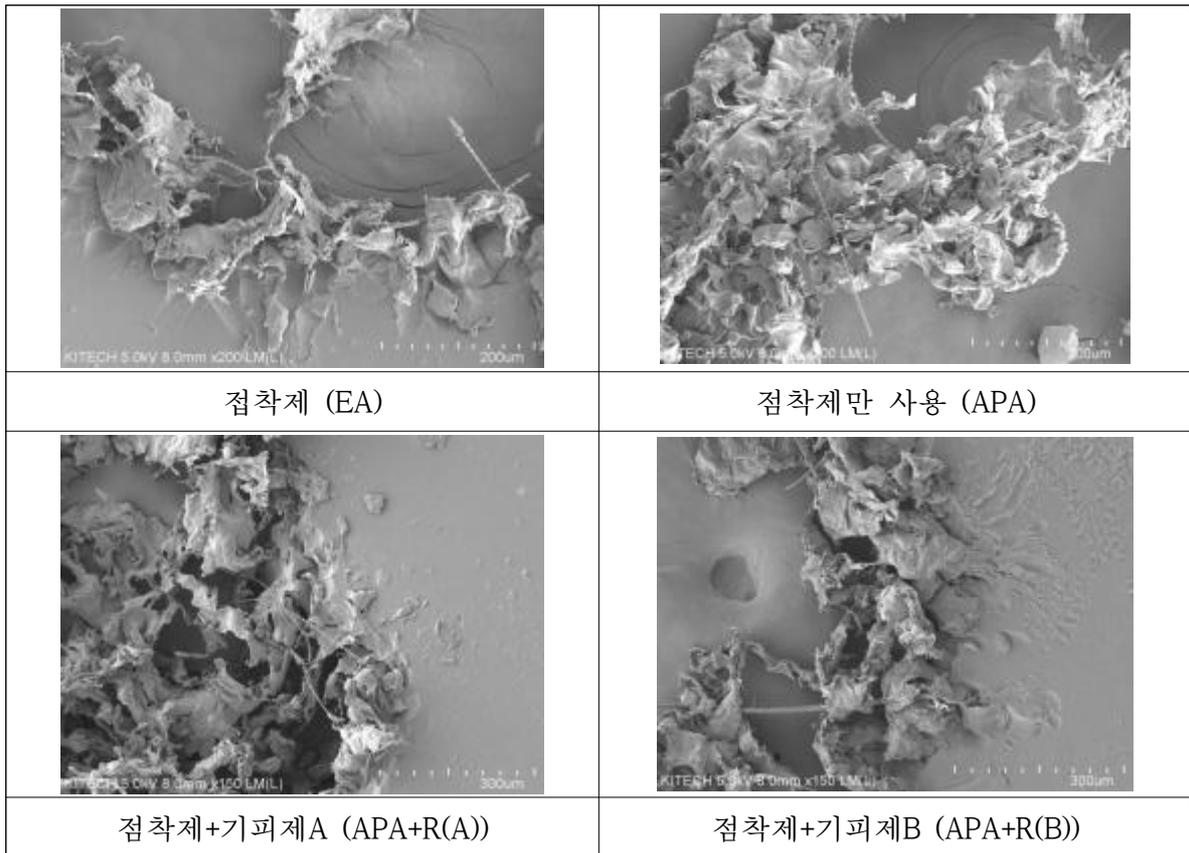


그림 59. 수시렁이 유충의 각 필름에서의 천공형태(천공 주위 확대)

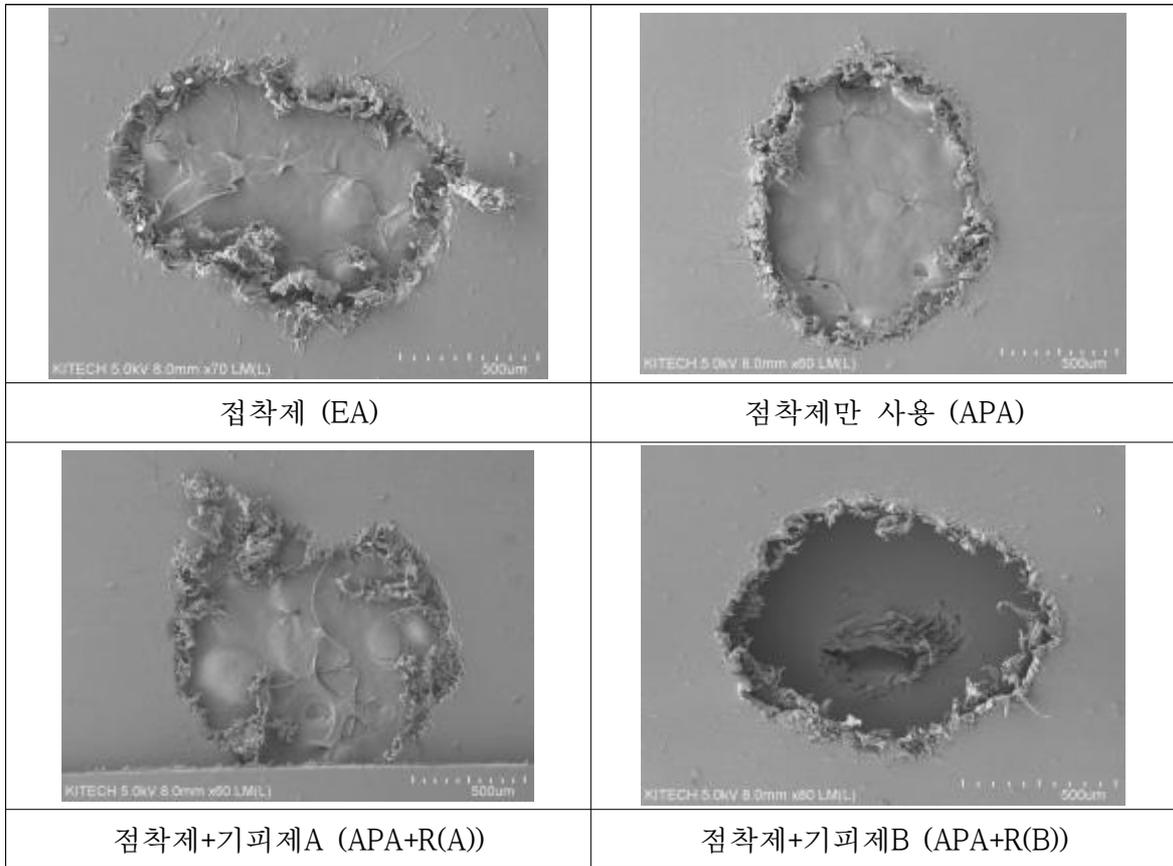


그림 60. 화랑곡나방 유충의 각 필름에서의 천공형태

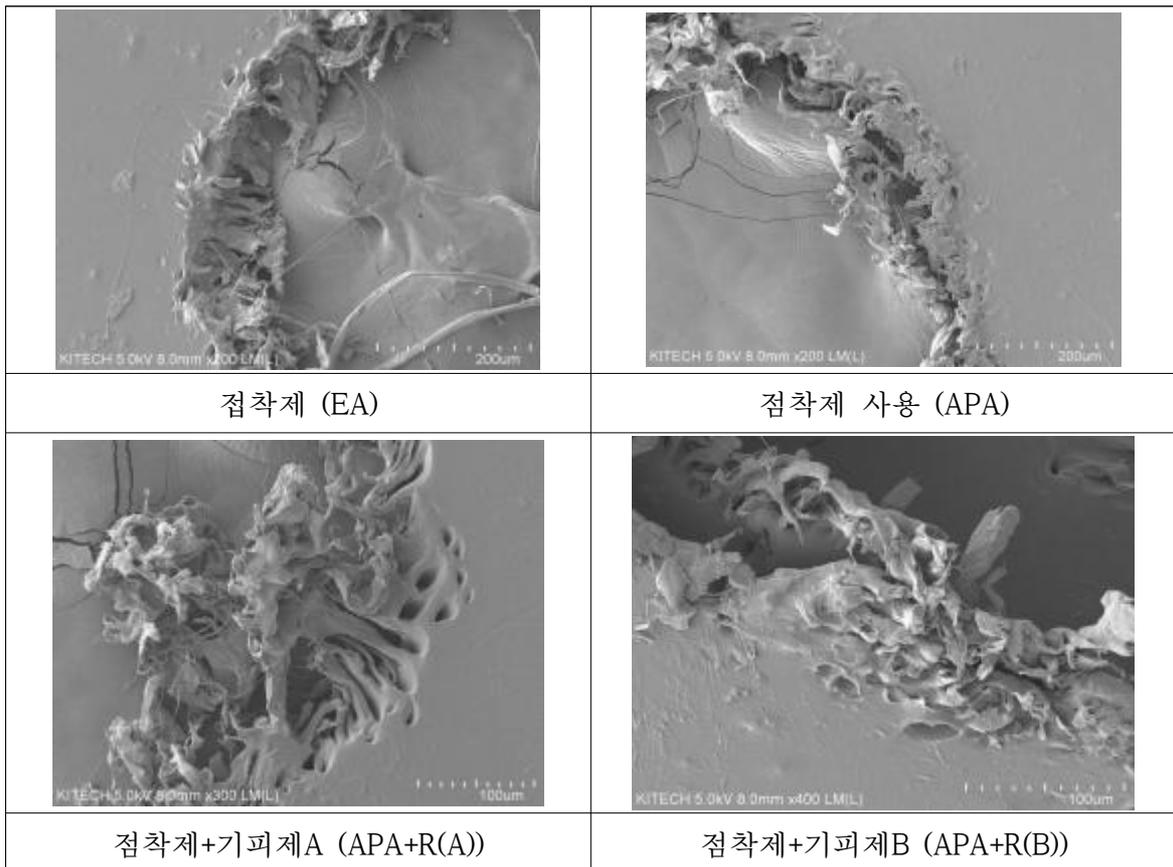


그림 61. 화랑곡나방 유충의 각 필름에서의 천공형태(천공 주위 확대)

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

-
- 1) 식품에서 발생하는 이물 중 가장 많은 빈도를 차지하는 곤충이물의 오염되는 원인과 경로를 실제 식품회사와 식약처에 신고되는 소비자 신고 건을 대상으로 식품 유형별로 과학적인 key-factor를 통해 분석하여 대부분 유통, 보관 중 오염 규명
 - 2) 식품의 유통, 보관 중 포장 천공, 포장구조의 불합리 부위를 통해 침입되는 주요피해해충(화랑곡나방, 수시렁이 유충)을 선정하고 이들의 천공가능 구기구조와 포장별 천공능력, 유인요인을 규명하였으며 연구 기간 동안 필요한 공시충을 대량 공급할 수 있는 사육시스템 구축
 - 3) 17종의 한약재 방충 유효성분을 탐색하고 선정된 공시충을 대상으로 방충효과를 규명하여 방충효과를 향상시킬 수 있는 후보군 3종을 선정하고 선행 연구로 개발된 방충성분 함유 한약재 2종을 포함하여 방충효과를 재검증한 후 최종 선정된 3종의 한약재를 조합하여 방충성분을 최적으로 추출할 수 있는 대량추출방안을 개발하여 방충효과를 향상시킬 수 있는 신규 천연방충물질을 확보
 - 4) 현재 식품 포장의 구조를 분석하여 곤충이물 오염이 유발되는 대표적 포장을 선정하고 선행 연구를 통해 개발된 천연방충물질을 전체, 부위별로 그라비아 인쇄 처리한 시제품과 천연방충성분의 지속성을 증가시키기 위한 바인더로 다층필름 제작 시 사용하는 점착제를 사용한 시제품을 제작하고 기존 제품과 비교하여 관건해충에 대한 방충 효과를 규명하여 화학적 방벽을 통한 방충포장 제작 기반 확보
 - 5) 관건해충의 포장재 천공유발 형태적 특징, 식품 포장 유인유발 생태행동학적 특성을 규명하여 식품, 포장 제조 업계가 처한 경제적, 사회적 여건에 맞춰 천공 유발 저작행동을 방해하는 점성 증가 아크릴 에멀전 점착제 적용 다층 필름 제조 방안 개발
 - 6) 식품 유형별 대표적 포장(필름, 용기, 박스)에서의 관건해충의 침입경로를 규명하여 효과적인 방충포장 설계 방안 제시
 - 7) 관건해충의 유인, 침입경로를 규명하여 저작행동을 방해하는 물리적 방충기술과 유인을 억제하는 화학적 방충기술을 적용한 허들 방충 포장을 설계하고 시제품을 제작하여 방충효과를 검증
-

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

본 연구의 연구기간 중 정량 목표로 설정한 제품화 1건 목표의 미달성 원인은 개발된 최종제품의 품목제조 신고가 완료된 상태의 제품일 경우에 제품화 성과에 해당되어 본 연구과제의 참여기업인 (주)남경(식품포장 제조)에서 식품기업에 즉시 적용 가능한 전 단계의 방충필름 시제품(5종)을 제품화하였으나 필름포장재 자체는 품목제조 신고를 하지 않아 연구성과의 제품화로 인정되지 않았으나 연구기간부터 현재까지 주관기관에서 자문 중인 식품기업과 참여기업에서 거래 중인 식품기업에 본 연구에서 개발된 방충다층필름을 꾸준히 제안하고 식품기업 포장팀과 적용관련 회의를 진행하여 현재 식품기업에서 적용여부를 검토하고 있어 완제품포장 적용 시 품목제조 신고가 이루어져 제품화와 매출액 성과가 빠르게 발생될 것으로 판단된다. 또한 연구성과의 하나인 홍보/전시성과 1건도 허들방충다층필름의 식품기업 적용이 결정되어 제품화가 진행되는 시점에 국내외 식품, 포장관련전시회 일정을 고려하여 전시할 계획이며 적용 식품기업과 함께 홍보활동을 진행할 계획이다.

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도		1단계 (2022~2023)	n단계 (YYYY~YYYY)	계	가중치 (%)
	목표(단계별)	실적(누적)				
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문(SCI)	목표(단계별)	1		1	0
		실적(누적)	1		1	0
	평균IF	목표(단계별)	3		3	23.53
		실적(누적)	2.7		2.7	21.18
	학술발표	목표(단계별)	1		1	11.76
		실적(누적)	2		2	11.76
	특허출원	목표(단계별)	1		1	11.76
		실적(누적)	1		1	11.76
	보고서원문	목표(단계별)	1		1	0
		실적(누적)	1		1	0
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	기술실시(이전)	목표(단계별)	1		1	0
		실적(누적)	1		1	0
	기술료(백만원)	목표(단계별)	2		2	23.53
		실적(누적)	2		2	23.53
	제품화	목표(단계별)	1		1	23.53
		실적(누적)	0		0	0
	교육지도	목표(단계별)	0		0	0
		실적(누적)	8		8	0
	홍보전시	목표(단계별)	1		1	5.88
		실적(누적)	0		0	0
계	목표(단계별)	11		11	100	
	실적(누적)	17.7		17.7	68.24	

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1 물리적 해충 침입억제 포장 구조	억제 효율	35	-		통계적 유의 수준 90%	통계적 유의 수준 95%		포장내부 해충 침입 억제 요구도
2 화학적 해충 침입억제 기술(기피성분)	기피율	35	-		통계적 유의 수준 90%	통계적 유의 수준 95%		식품포장 표면 해충 유인 억제 요구도
3 화학적 해충 침입억제 기술(천공억제 성분)	천공 억제 효율	30	-		통계적 유의 수준 90%	통계적 유의 수준 95%		포장지 해충 천공 억제 요구도

* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

* 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Efficient packaging methods to protect against contamination by larvae of warehouse beetle, <i>Trogoderma variabile</i>	Journal of Stored Products Research	Gyung Deok Han	-	ENGLAND	PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD	SCIE	-	0022-474X	100

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2022 Fall International Conference of KSAE 60th Anniversary	나자현	2022-10-26	라한셀렉트 경주	대한민국
2	2023년 한국곤충학회 · 한국응용곤충학회 공동 춘계 학술발표회	나자현	2023-04-27	그랜드플라자 청주호텔	대한민국

기술 요약 정보

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

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2024	최종보고서	-	-

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

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

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	친환경 허들테크놀로지를 적용한 방충 필로우 포장	대한민국	고려대학교 산학협력단	2023-12-14	10-2023-0182509					100	0

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1				√						

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

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

표준화

○ 국내표준

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

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

○ 국제표준

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

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

[경제적 성과]

시제품 제작

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

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	통상실시권	친환경 허들테크놀로지를 적용한 방충 필로우 포장 기술	주식회사남경	2023-12-29	2,000,000	

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

사업화 투자실적

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

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내 국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

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

[사회적 성과]

법령 반영

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

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

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

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황																
			학위별				성별		지역별										
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타						

산업 기술 인력 양성

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

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

연구시설·장비

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

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

--

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

교육 및 컨설팅

번호	교육 및 컨설팅명	교육 및 컨설팅 교재명	인원	교육기간	장소
1	2022 제3기 식품위생감시원전문과정	제3기 식품위생감시원전문과정	30	2022-04-26	한국보건복지인재원 교육관(6동) 304호
2	식품 이물 혼입 방지를 위한 전문가 교육	식품 이물 혼입 방지를 위한 전문가 교육	30	2022-06-29	씨제이제일제당(주) 진천블로썸캠퍼스
3	이물 혼입 예방을 위한 특별교육	이물 혼입 예방을 위한 특별교육	100	2023-05-25	(주)세스코 멤버스시티
4	2023년 식품위생감시원 직무교육	2023년 식품위생감시원 교육_경력자 과정 현장실무분야(11차)	100	2023-07-11	서울시청 후생동 강당
5	2023년 식품위생감시원 직무교육	식품위생감시원 교육_경력자 과정 전문분야(12차)	100	2023-08-10	한국식품안전관리인증 원 본원 5층 대강당
6	2023년 식품위생감시원 직무교육	식품위생감시원 교육_경력자 과정 전문분야(15차)	100	2023-09-07	한국식품안전관리인증 원 본원 5층 대강당
7	2023년 식품위생감시원 직무교육	식품위생감시원 교육_신규자 과정 전문분야(8차)	100	2023-10-19	복사골문화센터 513호(경기 부천)
8	(주)유, (주)유칼릭스 소독방역 서비스 집체 교육	소독방역 서비스 실무 과정	62	2023-12-08	(주)유한양행 본사 4층 대강당(서울특별시 동작구 노량진로 74 유한양행빌딩

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 포장식품 유형 및 포장 방법별 주요 피해 해충 조사/관건 피해해충 선정	○ 최근 5년간 식품 기업에 접수된 627건의 실제 사례를 곤충 종별 형태, 생태, 행동학적 특성, 식품유형, 포장방법, 오염경로/원인, 침입시기, 피해형태, 열처리여부 분석 기술로 구성된 판별모형을 통해 분석하여 관건 피해해충 2종(화랑곡나방, 수시렁이)을 선정, 연구기간동안 대량사육시스템을 구축, 연령구조 조절 공시충 대량 확보, 본 연구의 모든 실험에 사용	○ 100
○ 선정된 주요 피해해충의 식품 유형 및 포장방법별 오염유발 생태, 행동학적 특성 규명	○ 실제 발생한 소비자 곤충 클레임 분석을 통해 해충오염 다빈도 식품/포장 유형별 물리화학적 유인/오염원인과 경로를 분석하고 시제품을 제작, 관건 해충의 식품포장 유인/천공 형태/생태/행동 특성을 표준화된 실험방법과 SEM 촬영을 통해 규명하여 해충 침입억제허들 시스템 적용 포장개발 시 적용	○ 100
○ 천연식물 유래 해충 기피유도 성분의 기피효과 향상 기술 개발	○ 17종의 식용한약재에서 방충물질을 스크리닝하여 3종의 후보군을 선정하고 유효성분을 최대로 추출할 수 있는 대량추출 기술을 선행연구로 방충효과가 규명된 2종 한약재가 포함한 방충성분을 지표로 정제/용매분획/GC분석을 통해 검증하여 개발된 추출 기술을 통해 연구에 사용할 천연방충물질을 확보하여 방충포장개발 연구 진행	○ 100

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 주요 피해해충 식품 포장 침입억제 화학적 방벽 개발	○ 신규 선정된 3종 한약재 추출물과 기존 확보된 2종의 한약재를 선정된 관건해충 2종을 대상으로 표준화된 방충효과 검증 방법을 사용하여 재검증하고 최대의 방충효과를 유발하는 조합비를 규명하여 최적조합물질을 개발된 추출 기술을 통해 확보한 후 작업성, 경제성, 효과성을 고려하여 방충다층필름 포장 시제품(인쇄, 다층포장 생산 시 첨가물)을 제작/효과검증을 통해 식품포장에 해충침입을 억제하는 화학적 방벽 적용 기술 개발	○ 100
○ 주요 피해해충 식품 포장 침입억제 물리적 방벽 개발	○ 천공성 해충의 식품포장 유인/저작, 천공 행동특성을 소비자 클레임 제품포장 분석결과와 다층필름 시제품을 제작 천공실험을 통해 규명하고 작업성, 경제성, 효과성을 고려하여 방충다층필름 포장제작 시 사용가능한 점착제를 첨가하여 천공억제 포장 시제품을 제작/효과검증을 통해 식품포장에 해충천공을 억제하는 물리적 방벽 적용 기술 개발	○ 100
○ 주요 피해해충 침입억제 허들 시스템 적용 포장 설계 및 검증	○ 선정된 천공성 해충을 대상으로 개발된 화학적 방벽(방충물질)을 점착제(물리적 방벽)에 혼합하여 물리화학적 방벽이 동시에 적용된 허들 방충 다층필름 포장 시제품을 제작하여 기존 다층필름포장, 물리적 방벽 적용 다층필름포장, 화학적 방벽 적용 다층필름포장과 방충효과를 비교/검증하고 실제 유통/보관 환경을 조성하여 현장 시뮬레이션 실험과 SEM 촬영 분석을 통해 방충효과를 검증하여 최종 해충침입억제 허들시스템 적용 포장 설계/시제품 제작/상용화 방안을 도출. 다층필름 이외의 용기, 박스포장의 해충침입양상을 분석하여 해충침입억제 허들시스템 적용방안을 설계하여 제조방안을 제시	○ 100

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

본 연구의 정량 목표로 설정한 제품화 1건에 대한 목표 미달 원인은 제품화 승인 기준이 개발된 최종제품의 품목제조 신고가 완료된 상태의 제품일 경우에 제품화 성과에 해당되는 것으로 정해져있어 본 연구과제의 참여기업인 (주)남경(식품포장 제조)에서 식품기업에 적용(완제품 인쇄) 전 단계의 방충필름 시제품(5종)을 제조하여 포장소재로 제품화하였으나 일반적으로 식품기업에 납품이 결정된 후 상품 인쇄가 된 상태에서 품목제조 신고가 되고 필름포장소재 자체는 품목제조 신고를 하지 않아 연구성과의 제품화로 인정되지 않았다.

2) 자체 보완활동

본 연구의 연구기간 중 정량 목표인 제품화 1건은 최종제품의 품목제조 신고가 완료된 상태의 제품일 경우에 해당되어 본 연구과제의 참여기업인 (주)남경(식품포장 제조)에서 식품기업에 즉시 적용 가능한 전 단계의 방충필름 시제품(5종)을 제품화하였으나 연구성과의 제품화로 인정되지 않았다. 그러나 연구기간동안 주관기관에서 자문 중인 식품기업과 참여기업에서 거래 중인 식품기업에 본 연구에서 개발된 방충다층필름을 꾸준히 제안하고 식품기업 포장팀과 적용관련 회의를 진행하였으며 현재 제안한 식품기업에서 적용여부를 검토하고 있어 연구종료 후 제품화와 매출액 성과가 빠르게 발생될 것으로 판단된다. 또한 연구성과의 하나인 홍보/전시성과 1건은 허들방충다층필름이 식품기업에 적용이 결정되어 최종 제품화가 진행됨과 동시에 국내외 식품, 포장관련전시회 일정을 고려하여 전시할 계획이며 적용 식품기업과 함께 홍보활동을 진행할 계획이다.

3) 연구개발 과정의 성실성

본 연구는 연구수행 내용이 각각 분리되어 개별적으로 각 내용을 수행해도 연구결과가 도출되는 연구가 아니라 첫 번째 단계의 연구결과가 도출되어야 그 다음 단계 연구가 진행될 수 있어 각 단계의 연구결과가 도출될 때까지 반복적인 연구가 수행되었다. 연구단계는 2018~2022년까지 최근 5년간 식품 기업에 접수되어 본 연구기관에 분석 의뢰된 627건의 소비자 해충클레임 분석으로부터 시작해 식품포장 피해해충 선정 및 특성분석->식품 유형별 포장방법 분석을 통한 해충침입경로 분석->해충유인억제 화학적 수단(천연방충물질) 개발 및 유효성분 최적화, 대량추출기술개발->경제성, 작업성을 고려한 천연방충물질 적용 포장 시제품 제작 및 효과검증->경제성, 작업성을 고려한 해충침입(천공)억제 물리적 수단(점착제 적용 다층필름) 개발 및 포장 시제품 제작 및 효과검증->물리화학적 해충침입억제 허들 시스템 적용 포장 설계 및 시제품 제작, 효과검증->식품유통, 보관환경 시뮬레이션 방충효과 검증, 시제품에 대한 안전성 시험성적으로 구성되어 있으며 각 단계에서 만족할 만한 연구결과가 도출될 때까지 여러 반복의 연구를 성실하게 진행함으로써 최종 해충 침입억제 허들 시스템 적용 포장 설계/제조 기술을 개발할 수 있었다.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

현재 식품이물관련 신고는 지속적으로 증가되는 추세이며 이중 해충이물이 전체 신고의 40%이상을 차지하고 있으며 자연/사회 환경 변화로 인해 지속적으로 식품이물 신고는 증가하고 있다. 특히 기후변화로 인한 식품생산, 유통, 보관, 소비 단계 모든 환경에서 연중 해충 개체수가 증가하고 사회적, 경제적 환경 변화로 인해 소비자의 화학약제 거부감, 식품안전성 요구, 문제 발생 시 보상요구 증가, 여론 확산 등이 등으로 식품에서 해충 발생 시 식품기업이 받는 직간접적 피해가 증가하고 있어 본 연구결과로 도출된 식품포장 해충침입 경로, 해충유인/침입기작, 방충포장 설계방안, 해충억제 허들 방충포장 기술 등은 식품업계의 해충이물 저감화를 위한 제품개발, 유통, 보관, 관리 등 여러 분야의 전략구축에 사용될 것이며 특히 화학적 방벽으로 개발된 천연방충물질은 식품 이외의 여러 산업 분야에 유기화학살충물질 사용으로 인한 환경파괴, 안전성 우려, 저항성 발생 등의 단점을 극복한 대안으로 파급효과가 클 것으로 판단된다.

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
허들 테크놀로지를 적용한 농식품의 해충 피해 방지 포장기술 개발 및 상업화	허들 테크놀로지를 적용한 농식품의 해충 피해 방지 포장기술 개발 및 상업화	고려대학교 산학협력단	대학 (비영리)	120.5	120.5	100	신규 기술개발	해당 없음	-
	허들 테크놀로지를 적용한 농식품의 해충 피해 방지 포장기술 개발 및 상업화	㈜남경	중소기업 (영리)	71.5	54.5	76.233	신규 기술개발	①-①	76.23
계				192	175	-	-	-	-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

연구기간 중 정량 목표인 제품화 1건은 품목제조 신고가 완료된 상태의 제품일 경우에 해당되어 본 연구과제의 참여기업인 ㈜남경(식품포장 제조)에서 식품기업에 즉시 적용 가능한 전 단계의 방충필름을 제품화하였으나 연구성과의 제품화로 인정되지 않았다. 그러나 연구기간동안 주관기관에서 자문 중인 식품기업과 참여기업에서 거래 중인 식품기업에 본 연구에서 개발된 방충다층필름을 꾸준히 제안하고 식품기업 포장팀과 적용관련 회의를 진행하였으며 현재 제안한 식품기업에서 적용여부를 검토하고 있어 연구종료 후 제품화와 매출액 성과가 발생될 것으로 판단되며 된다.

홍보/전시 부분은 국내외 식품, 포장관련전시회 일정을 고려하여 허들방충다층필름을 전시할 계획이며 식품기업의 방충다층포장 적용이 결정되면 적용 식품 기업과 함께 홍보활동을 진행할 계획이다. 그 밖에 식약처, 식품안전평가원 주관 식품이물관련 공무원 교육과 방역전문가교육, 식품업체세미나를 통해 식품의 방충포장 적용 필요성과 개발된 허들방충다층필름의 연구결과와 시제품을 소개하여 식품 업계의 적용을 확대할 계획이며 물리화학적 허들방충다층필름에 대한 특허출원/등록, 기술이전, 논문발표, 학회발표를 통해 연구성과를 소개하고 상용화/사업화를 진행할 계획이다.

마지막으로 소비자 해충클레임 분석 결과를 통한 종 동정, 형태/생태/행동학적 특성 분석, 식품유형, 포장방법, 오염경로/원인, 침입시기, 피해형태, 열처리여부 분석 기술과 이를 이용한 생산/유통보관/소비 단계 구분 발생시기 규명 판별모형의 경우 식약처 이물담당부서의 식품이물제도 개선의 기반 자료, 이물 분석법 보완 자료로 제공하는 정책활용을 할 계획이다

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2024	2025	2026	2027	2028
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE	1				
학술발표		1				
특허출원	국내	1				
	국외					
특허등록	국내					1
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발					
	상품출시	1				
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	30,000	40,000	50,000	70,000	80,000
기술료(단위 : 천원)						
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.