

발간등록번호

11-1543000-002483-01

커피 선도유지를 위한 기능성 컴파운드 소재 및 패키징 개발 최종보고서

2018. 12. 07

주관연구기관 / (주)천마하나로
협동연구기관 / 한국생산기술연구원

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “커피 선도유지를 위한 기능성 컴파운드 소재 및 패키징 개발”(개발기간 : 2015.10.23. ~ 2018.10.22.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12. 07.

주관연구기관명 : (주)천마하나로 김 호 태 (인)
협동연구기관명 : 한국생산기술연구원 이 성 일 (인)
참여기관명 : (대표자)



주관연구책임자 : 김 호 태
협동연구책임자 : 황 성 욱
참여기관책임자 :

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	115016-03-1-HD020	해 당 단 계 연 구 기 간	20	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세 부 과 제 명	커피 선도유지를 위한 기능성 컴파운드 소재 및 패키징 개발			
연구책임자	김 호 태	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 810,000천원 민간: 27,000천원 계: 1,080,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 13명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 810,000천원 민간: 27,000천원 계: 1,080,000천원
연구기관명 및 소속부서명				참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

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

9대 성과 등록·기탁번호

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

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

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

보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>[연구목표]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 로스팅 분쇄커피의 산화 방지 및 신선도 유지, Shelf Life Extension을 위한 기능성 패키징 컴파운드 소재 및 다기능성 패키징 개발 ○ 소비자 사용 편의성 향상과 패키징의 환경 부담을 줄이는 친환경 패키징 기술 개발 <p>[세부연구내용]</p> <p>(1차년도)</p> <p>캡슐커피 패키징용 산소 고차단성 구현 컴파운드 소재 및 시트 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 산소 차단 기능성 부여 천연물 소재의 고분자 용융공정 내 균일 분산 및 컴파운딩 가공 기술 ○ 천연물 소재 개질에 따른 고분자/천연물 소재 상용성 평가 기술 <p>(2차년도)</p> <p>가스 흡착능 및 Easy Peel 기능 Lid 필름용 컴파운드 소재 및 필름 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 천연물 가스 흡착제 용융 균일 분산 컴파운딩 기술 ○ 흡착능 구현을 위한 필름화/발포 필름 제조 및 흡착능 제어 기술 <p>(3차년도)</p> <p>기능성 컴파운드 소재를 이용한 캡슐커피용 다기능성 패키징 제품 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 컴파운드 소재 활용 패키징 용기 성형 가공/공정 안정화 및 기능성 평가 기술 ○ 캡슐커피 제품 적용을 통한 장기 Field Test 및 신뢰성 확보 ○ 유한요소 해석 및 전과정 평가를 통한 최적 패키징 용기 설계 및 기능성 평가 기술
------------------------	---

<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Easy Peel 가공 공정시 수축,팽창률의 안정성 확보를 위한 PET 소재 적용 및 공정의 안정성 확보 ○ AL Lid 매거진의 직경편차의 수정과 독립형 공정으로의 개선으로 Lid지의 안정적인 캡슐 안착성 확보 ○ Easy Peel 개봉 손잡이 부위 Point 실링을 할 수 있도록 실리콘패드의 구조적변경을 통한 Easy Peel의 안정적인 다층시트 안착성 확보 ○ 캡슐충진장치의 재질변경 및 구조등의 변경을 통한 캡슐정량화 확보 및 Easy Peel 적용시 불량해소 ○ Easy Peel 포장기의 최적 온도,시간조건의 확보를 통한 공정의 안정성 확보 ○ Easy Peel 필름 인쇄후 T다이 합지공정을 합지후 인쇄공정으로 공정변화를 통한 공정 안정성 확보 ○ 캡슐금형 변경으로 원활한 캡슐투입 및 추출을 통한 고객 편의성 확보 ○ 흡착 기능 첨가제 선행 연구/분석을 통하여 이산화탄소(CO2) 흡착능이 우수한 Zeolite 계로 기능성 흡착제 선정 ○ 흡착 기능 함유 복합소재 균일 분산 컴파운딩 공정 기술 수립 및 컴파운드 필름화 기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소 흡착능 향상을 위한 zeolite 4A의 함량은 10, 20, 30, 40wt% 중 40wt% 선정, 발포 필름에서 발포제의 함량은 10phr, zeolite 4A는 필름과 마찬가지로 40wt%로 선정하였으며, 컴파운더 온도는 190 ~ 210 °C, 스크류 속도는 25 rpm으로 공정 확보 - Lid필름용 제올라이트 복합 필름 CO2 흡착능 15 cc/g resin 확보 ○ 흡착제인 Zeolite 4A와 발포제의 함량이 증가할수록 복합소재의 기계적 물성이 다소 감소하는 경향을 확인, 상품화 적용을 위한 물성 보강 연구 추가 계획 수립
---------------	---

<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ CO2 흡착능 분석에 있어 복합소재 적용 필름 대비 발포 구현 필름의 밀도가 감소하였으나, CO2 흡착능은 흡착제 zeolite 4A의 함량과 비례하는 것으로 파악됨 ○ LDPE 기반 Lid 필름 이지필 기능을 위한 쉐어링강도 확보를 위하여 쉐어링 공정 조건(온도, 압력, 시간) 개선 및 공정 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 캡슐 용기의 Lid 필름과 패키지 용기의 접착에서 쉐어링 강도에 영향을 미치는 온도, 압력, 시간에 대한 공정 확보 - 쉐어링 강도 1.8 kgf 이하로 10% 성능 향상 ○ 산소 차단성 및 친환경성 패키징 소재 개발을 위하여 생분해성 고분자 (BVOH/TPS 활용) 블렌드를 제조/연구 <ul style="list-style-type: none"> - 생분해성 산소 차단성 블렌드 필름을 제조하기 위한 Thermoplastic starch와 BVOH 가소화 시키는 가소제의 함량 선정 - TPS와 Plasticized BVOH의 제조비 (100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 0:100) 로서 제조하여 물성 변화 분석 확인 - Plasticized BVOH의 함량을 증가할수록 산소차단성 및 물성 증가 효과가 있음을 확인 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차단성 및 흡착능 구현 컴파운드 마스터배치 개발을 통한 기능성을 구현하고 소비자 사용 편의성 향상 및 패키징 환경 부담을 줄이는 최적 패키징 구조 설계를 통한 친환경 기술로 캡슐커피 패키징 제품 적용을 통한 Field Test를 진행하여 커피의 산화방지 및 Shelf Life Extension, 최적 패키징 용기 설계 기술로 사업화를 실현하여 국가 관련 산업 발전 및 이익창출 효과가 기대됨 ○ 본 연구 과제를 통해 개발된 소재는 기존 벨브형 로스팅 커피 패키징 외에도 발효식품 및 차단성이 요구되는 농수산 가공식품 등의 패키징 적용을 통하여 응용분야 확대 및 신규 매출 증대가 예상됨 ○ 기능성 컴파운드 소재 및 다층 필름 가공기술과 이용하여 최적화된 다기능성 패키징 용기 개발 ○ 주관기관의 유통망을 이용하여 다기능성 패키징 용기의 사업화 및 캡슐커피의 수출이 기대됨 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>캡슐커피</p>	<p>기능성패키징</p>	<p>고차단성</p>	<p>흡착기능성</p>	<p>친환경</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Capsule Coffee</p>	<p>Functional Packaging</p>	<p>High Barrier</p>	<p>Absorber</p>	<p>Eco-Friend</p>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구수행 내용 및 결과	25
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	268
4. 연구결과의 활용 계획 등	271
붙임. 참고 문헌	273

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

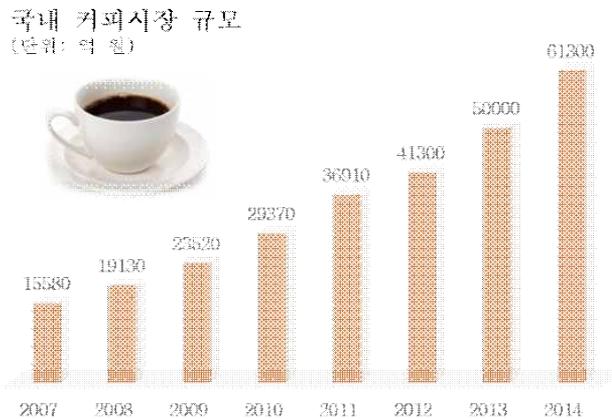
1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

- 로스팅 분쇄커피의 산화 방지 및 신선도 유지, Shelf Life Extension을 위한 기능성 패키징 컵 파운드 소재 및 다기능성 패키징 개발
- 소비자 사용 편의성 향상과 패키징의 환경 부담을 줄이는 친환경 패키징 기술 개발

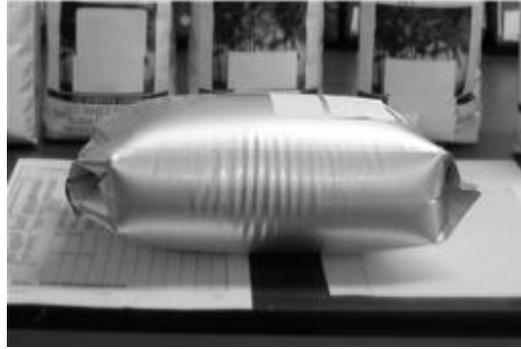
1-2. 연구개발의 필요성

- 2014년 세계 커피 소비량은 약 60억 kg 규모 (약 700억 달러)이며 연간 평균 성장률은 2.2%로 추산되고 있으며, 이는 하루에 25억 잔의 커피 소비량과 같으며 전 세계에서 가장 많이 거래되고 있는 고부가가치 농산물 식품 중에 하나임
- 이 중에서도 캡슐 커피는 바쁜 일상 속에서 간편하고 신선한 원두커피를 즐길 수 있다는 장점으로 인해 급격한 성장을 이어왔음. 2012년 세계적으로 약 58억 달러 (약 6조 6천억 원)에 달하며 전년 대비 23%의 성장을 보이고 있음
- 동서 식품의 현황분석 보고서에 따르면 국내 커피 시장은 2014년 기준 약 6조 1300 억 원에 달하며 이에 맞춰 커피 수입량도 꾸준히 증가하여 2013년 5만 4천 톤을 기록 전년 동기 4만 9천 톤 수입규모에 비해 10% 증가함



<국내 커피시장 규모 (단위: 억 원)>

- 국내 캡슐 커피 시장 규모는 2010년 1000 억 원 규모에서 매년 약 20%씩 성장하고 있으며 2015년도 2000억 원을 돌파할 것으로 예상됨
- 커피의 경우 로스팅 및 그라인드 과정을 거쳐 그라운드 커피가 되면 g 당 평균 10 ml의 이산화탄소를 배출하며 커피 고유의 지방성분에 의해 산소 및 수분과의 접촉에 따른 급격한 산패가 일어나 커피 고유의 맛과 향을 잃어버리게 됨.



<One-way valve가 없는 부풀은 커피 패키징>

- 따라서 일반 원두커피 포장의 경우 다층 알루미늄 백을 사용하여 산소 및 수분 차단성을 높이는 한편 One-way valve를 적용하여 커피가 생성하는 이산화탄소를 배출하여 패키징 소재의 손상을 막고 있음
- 하지만 이러한 다층 알루미늄 백에 One-way valve를 사용하는 포장방식의 경우 대용량으로 사용되어지며 1회용 캡슐커피에 적용할 수 없음
- 그로 인해 한국의 캡슐 커피는 유통기한이 대략 3개월 정도이며 시장 장악력 또한 해외 기업에 비해서 현저히 떨어지고 있음
- 따라서 본 연구에서는 세계시장에서 경쟁력을 갖고 캡슐 커피의 선도 유지 및 유통 안전성을 높이기 위해 다기능성 캡슐 커피 패키징 기술 개발을 수행하고자 함

□ 국내·외 현황

(1) 해외 기술 현황

- 캡슐커피는 1976년 스위스 네슬레사가 네스프레소(Nespresso)라는 상표로 처음 개발하여 상용화함
- 2012년 기준 전 세계 캡슐 커피시장은 네슬레가 1위로 34%를 차지하고 있으며 Green Mountain Coffee Roasters가 2위로 21%를 차지하고 있음
- 네스프레소의 캡슐은 차단성이 우수한 3면 알루미늄 패키징을 사용하고 있으나 캡슐 용적이 작아 진공 패키징이 불가하고 단순 질소치환만 하고 있어 장기 보관 시 캡슐 내부의 잔존 산소만으로도 단기간 내에 모두 산패되는 단점이 있음
- Green Mountain Coffee Roasters 캡슐의 경우 플라스틱 소재를 활용하고 있고 차단성은 2차 패키징인 알루미늄 파우치 및 용기를 이용하여 캡슐커피의 신선도를 유지하고 있음
- 하지만, 캡슐 커피는 사용과 관리가 편한 장점이 있으나 커피머신 제조사에서 판매하는 캡슐을 사용해야 하는 단점으로 타사 제품 간 상호 호환성이 부족함



<해외 캡슐 커피 예시 (위부터 네슬레, Green Mountain Coffee Roasters)>

(2) 국내 기술 현황

- 국내에서도 자체 기술을 통해 캡슐 커피를 생산하고 있으나 기본적인 패키징 시스템은 해외 기업과 같으며 패키징 소재 개발을 통한 커피 선도 유지 및 유통 안전성 증진에 대한 연구는 미비한 상황임
- 커피 패키징에서 중요한 이산화탄소 제거 및 산소/수분 차단성에 관한 패키징 소재 개발 연구는 따로 진행되고 있지만 이는 커피 패키징을 목적으로 하는 것이 아니며 적용하더라도 대용량 원두커피 패키징에 사용되어질 수 있을 뿐 소형 패키징인 캡슐 커피로는 적용이 불가함
- 현재까지는 단순히 해외 기업의 패키징 구조를 따라 캡슐 커피를 생산하여 제품 차별화, 커피 선도 유지 및 유통 안전성 증진을 위한 기능성 패키징 소재 개발 및 분석·평가 기술 개발 연구는 미진하여 뚜렷한 성과를 보이고 있지 않음



<국내 캡슐 커피 예시>

□ 문제점 및 전망

- 상기에서도 언급하였듯이 이산화탄소 제거 및 산소/수분 차단성에 관한 패키징 소재 개발 연구는 어느 정도 진행되어있으나 커피 캡슐의 특성을 충분히 고려한 기능성 패키징 소재를 개발하는 데에는 한계가 있음
- 기존 국내 커피 캡슐의 특허는 주로 패키징 용기 자체의 구조 개선을 통한 편의성 증대 및 호환성 향상에 집중하고 있으며 커피 선도 유지 및 유통 안전성을 위한 기능성 패키징 소재의 개발 및 적용은 아직 전무한 실정임
- 본 과제에서 개발하고자 하는 캡슐커피 패키징은 기존 네스프레소 캡슐의 알루미늄 3면 패키징(진공공정 불가)을 대체하는 호환가능 캡슐커피 패키징으로 현재 주관기관이 국내 최초로 출시하여 판매되고 있으나, 패키징 공정 시 투과도 저하에 따른 커피 산패 및 이산화탄소 발생으로 인한 용기 내 내압 증가에 따른 패키징 실패 사례가 빈번히 발생하고 있음
- 따라서, 본 연구개발 과제를 통하여 가스 흡착기능 Lid 필름과 고차단성 소재 적용 용기 개발을 통하여 이산화탄소 흡착 및 산소고차단성 컴파운드 소재가 적용되고 편의성이 부여된 캡슐커피용 최적 패키징을 개발하여 기존 기술을 극복하고자 함
- 따라서 본 연구 과제를 통하여 이러한 문제점을 해결하고자 캡슐 커피의 산소 차단성을 구현하고 이산화탄소 흡착 기능도 동시에 구현되는 새로운 다기능성 커피 패키징 소재를 개발하고자 함
 - 효과적인 산소 차단성과 가스 흡착능이 있는 천연물의 조사/분석 및 적용을 통한 기능성 효과를 검증하고 천연물을 적용한 기능성 컴파운드 소재를 사용하여 로스팅 분쇄커피의 산화방지 및 신선도 유지, 그리고 유통 안전성을 확보
 - 범용 고분자 내 기능성 천연물 소재의 균일 분산 컴파운딩 가공 기술을 통한 기능성 컴파운드 마스터배치 소재 제조 기술을 확보
 - 기능성 컴파운드 소재를 활용한 캡슐커피용 다기능성 패키징 및 Easy Peel Lid 필름 성형 가공 기술 및 양산화를 통한 사업화 기술 확보
 - 개발 패키징의 구조 설계 및 성능 최적화를 위하여 유한요소 해석 기술을 이용한 모델링 및 기능성 최대 효율을 위한 패키징 구조 및 컴파운드 조성물 제조 기술을 확보

1-3. 연구개발 범위

□ 연구개발 최종목표

- 로스팅 분쇄커피의 신선도 유지 및 산패 방지를 위한 캡슐커피 패키징용 산소 고차단성 컴파운드 소재 및 시트 개발
- 가스 흡착능 및 Easy Peel 기능 Lid 필름용 컴파운드 소재 및 필름 개발
- Shelf Life Extension을 통한 해외 수출 경쟁력을 확보한 캡슐커피용 기능성 친환경 패키징 제품 개발

□ 연구개발 주요내용

<기존 기술과의 차별성 및 신기술 특징>

기존 기술	주관기관 기존 기술	개발 기술 특징 및 한계 극복
<p>기존 기술: 알루미늄 패키징</p>  <p>알루미늄 캡슐 용기 및 Lid</p>	 <p>Easy Peel 기능저하에 따른 3회 반복 Lid 필름 제거</p> <p>열 성형 시 용량 박리 발생에 따른 차단성 저하</p>	<p>개발 기술: 기능성 컴파운드 소재 적용 패키징</p> <p>가스 흡착능 컴파운드 적용 Easy Peel Lid</p>  <p>산소 고차단성 컴파운드 적용 패키징 용기</p>
<p>알루미늄 패키징의 경우 고가이며 산소 고차단성을 지니고 있으나 커피 향미 보존을 위한 진공공정(형태가 일그러짐)이 불가하고 호환성이 없어 제조사 커피캡슐만 사용할 수 있음. 또한, 해외기업 유사 호환성 캡슐의 경우 이산화탄소의 내압 증가에 따른 Leak 발생으로 커피품질이 저하되는 단점이 있음</p>	<p>다층구조를 이용한 필름은 이들의 열성형 가공 시 층간 박리(Delamination)에 따른 산소차단성 저하로 캡슐 커피의 보존 및 사용기한이 약 3개월에 그치고 있음. 로스팅 분쇄커피로부터 발생하는 가스 내압으로 인하여 일정 Sealing 강도(2kgf)이하에서는 패키징 실패사례가 빈번히 발생하여 Easy Peel 기능성 구현이 불가함</p>	<p>본 과제에서는 산소고차단성 부여가 가능한 천연물을 저가의 범용 패키징 고분자소재에 적용하여 커피 향미 보존이 가능한 고차단성을 구현하고자 함. 또한, 커피에서 발생하는 이산화탄소 흡착이 가능한 천연물을 저가의 범용 패키징 소재에 적용/흡착하도록 하여 용기 내압 증가에 따른 패키징 실패를 방지하고자 함</p> <p>그리고, 흡착 기능 구현에 따라 Sealing 강도 감소에 따른 Easy Peel 기능성을 구현하고자 함</p>

□ 연구개발 주요내용

(1) 캡슐커피 패키징용 산소 고차단성 구현 컴파운드 소재 및 시트 개발

- 고차단성 부여 천연물 소재의 고분자 용융공정 균일 분산 컴파운딩 및 열성형 공정 기술
 - 고분자 용융가공 시 천연물 소재 균일분산/안정화 공정 기술 연구
 - 천연물 소재 균일분산 컴파운딩 공정 및 다층 필름의 진공/열성형 공정 최적화
 - 고차단성 구현 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술
 - 천연물 소재 개질에 따른 고분자/천연물 소재 상용성 평가 기술
 - 천연물 함유 컴파운드 소재 활용 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작

(2) 가스 흡착능 및 Easy Peel 기능 Lid 필름용 컴파운드 소재 및 필름 개발

- 가스 흡착제 균일 분산 컴파운딩 및 흡착능 구현을 위한 필름화 가공 기술
 - 천연물 흡착성능 비교분석을 통한 흡착제 선정 및 최적 함량 연구
 - 발포제 분해 온도 및 발생 가스 함량 분석을 통한 최적 발포제 선정 및 가공 조건 분석
 - 고분자 및 발포제, 천연물 소재 개질을 통한 상용성 향상 기술연구
 - 고분자 수지 내 발포제/천연물 소재 균일 분산 컴파운드 마스터배치 제조 기술
 - 컴파운드 소재 흡착능 제어 및 성능 평가 기술
 - 천연물 소재 가공 안정성 확보 및 흡착능 평가 기술

(3) 기능성 컴파운드 소재를 이용한 캡슐커피용 기능성 친환경 패키징 제품 개발 및 응용

- 컴파운드 소재 활용 패키징 용기 개발과 소재 가공/공정 안정화 및 기능성 평가 기술
 - 유한요소 해석 기술을 이용한 패키징 용기 구조 및 컴파운드 소재 성능 최적화 연구
 - 전과정 평가를 통한 패키징 제품의 친환경성 확보
 - 사용자 편의성 향상을 위한 Easy Peel 기능의 Lid 필름 성능 최적화 및 조건 확보
 - 기능성 컴파운드 및 기능성 시트/필름의 양산화 제조 공정 변수 확립
- 기능성 컴파운드 소재 및 패키징 설계 기술의 응용분야 확대
 - 차단성 및 가스흡착능이 요구되는 식품(스낵류, 햄류, 버터 등) 및 발효식품(김치류, 장류 등) 및 다양한 농수산 가공품(김, 견과류 등) 과약 및 기존 패키징 소재/용기 분석/연구
 - 다양한 응용제품 별 패키징 요구 물성 과약 및 컴파운드 소재/패키징 용기 설계 적용을 통한 기존 패키징 개선 및 적용

■ 1차년도

(1) 연구개발 목표

- 고차단성 컴파운드 소재 활용을 통한 시트화 및 열성형 가공/공정 기술 개발 (Pilot Scale)
- 캡슐 커피용 기능성 패키징의 Field Test 및 개선 방안 연구
- 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 연구
- 패키징 엔지니어링 디자인 적용 구조 설계 및 이에 따른 물성 평가 기술 확보

천연물 기반 산소 고차단성 컴파운드 활용 캡슐커피 패키징 개발
<ul style="list-style-type: none">◦ 핵심성과<ul style="list-style-type: none">- 특허출원 2건 (협동기관 협조), SCI 논문 1건 (협동기관 협조)◦ 전략성과<ul style="list-style-type: none">- 엔지니어링 디자인에 따른 최적 산소 차단성: < 0.008 cc/m²·day·atm 구조 개발: 1건

(2) 연구개발 내용

- 고차단성 컴파운드 소재 활용을 통한 시트화 및 열성형 가공/공정 기술 개발
 - 컴파운드 소재의 시트화 및 열성형 최적 가공 조건 분석 및 확보
 - 컴파운드 내 천연물 소재의 가공 시 균일 분산성 유지를 위한 가공 안정화 연구
 - 기능성 컴파운드 소재를 적용한 패키징의 성형 가공 제품의 치수안정성 확보
- 캡슐 커피용 기능성 패키징의 Field Test 및 개선 방안 연구
 - 신규 개발된 기능성 패키징과 기존 Lid 필름을 이용한 시제품 제작 및 호환성 평가
 - 관능검사 (Sensory Test:맛, 향 등) 등을 통한 커피 신선도 평가 기술 확보
 - 열성형 가공을 통해 제조된 기능성 패키징의 산소 및 수분 차단성 확보
- 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 연구
 - 로스팅 조건(온도, 시간)과 패키징 조건에 따른 가스 발생량 파악/연구
- 패키징 엔지니어링 디자인 적용 구조 설계 및 이에 따른 물성 평가 기술 확보
 - 기능성 외 인체공학 디자인 기술 적용을 통한 소비자 사용성, 편의성 부여 기술
 - 혁신적 디자인 적용에 따른 차단성 유지 기술 및 신규 디자인 적용에 따른 기본 물성 및 안정성 평가 기술 확보

■2차년도

(1) 연구개발 목표

- 흡착 기능 컴파운드의 Lid 필름화 가공 및 알루미늄 라미네이션 가공 기술 개발 (Pilot Scale)
- Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가/분석
- 최적 Easy Peel 성능 구현 컴파운드 조성 확보 (협동기관 협조) 및 라미네이션 공정 최적화

천연물 기반 가스 흡착능 컴퍼운드 활용 Easy Peel Lid 필름 개발
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 핵심성과 <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 2건, 등록 2건, SCI 논문 1건 (협동기관 협조) ◦ 전략성과 <ul style="list-style-type: none"> - Easy Peel Lid 필름 가스 흡착능: > 15 cc/g resin - 라미네이션 공정 후 Lid 필름 Sealing 강도 : 기존 2.0 kgf 10% 향상된 Easy Peel Lid 필름 1종

(2) 연구개발 내용

- 흡착 기능 컴파운드의 Lid 필름화 가공 및 알루미늄 라미네이션 가공 기술 개발 (Pilot Scale)
 - 흡착 기능성 컴파운드 소재의 필름화 발포 가공 및 라미네이션 가공 기술 연구
 - 필름화 가공 시 컴파운드 내 천연물 소재 균일 분산성 유지를 위한 가공 안정화 연구
 - 흡착 성능 최대화를 위한 최적 발포 구조(Open 셀) 가공 기술 확보
- Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가/분석
 - 신규 개발된 기능성 패키징과 기존 Lid 필름을 이용한 시제품 Easy Peel 성능 평가
 - Sealing 강도 변화에 따른 최적 Easy Peel 강도 구현
 - 소비자 편의성 증대를 위한 최적의 Easy Peel Sealing 강도 선행 연구



<Lid 필름 Easy Peel 실패 사례>

○ Lid 필름의 가스 흡착능 평가 및 최적 성능 확보

- 알루미늄 라미네이션 공정 시 흡착제 안정화 조건 연구
- 최종 Easy Peel Lid 필름의 흡착능 평가/성능 확보

■3차년도

(1) 연구개발 목표

- 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel Lid 필름 양산화 기술 확보
- 가스배출 최소화를 위한 커피 로스팅 및 블랜드 연구 및 분쇄커피 패키징 기기/공정 최적화
- 기능성 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보
- 패키징 설계 기술의 응용분야 확대

천연물 기반 커피캡슐용 패키징 제품 개발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심성과 <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 1건, 등록 3건, SCI 논문 1건 (협동기관 협조) ○ 전략성과 <ul style="list-style-type: none"> - 기능성 컴파운드 활용 다기능성 캡슐커피 패키징 용기 제품: 1종 - 패키징 제품 산소차단성: <math> < 0.005 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}</math> - 패키징 제품 가스 흡착능: > 20 cc/g resin - Easy Peel Lid 필름 Sealing 강도 : 1.6 kgf (기존 1.8 kgf 대비 10% 향상) Easy Peel Lid 필름 1종

(2) 연구개발 내용

- 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel 발포 Lid 필름 양산화 기술 확보
 - 다기능성 패키징 최적 성형 가공 조건 및 공정 변수 제어 기술 확보
 - Easy Peel 구현 최적 Sealing 강도 부여를 위한 조성물 제조 기술 확보



<최종 캡슐커피 패키징>

○ 다양한 패키징 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보

- 엔지니어링 디자인 적용 패키징 구조 설계 기술 개발
- 디자인 변화에 따른 흡착능/차단성/물성제어 및 평가 기술 확보
- 기능성 친환경 패키징 디자인을 위한 공정 기술 최적화 및 양산화 기술 확보

○ 패키징 설계 기술의 응용분야 확대

- 차단성 및 가스흡착능이 요구되는 식품(스낵류, 햄류, 버터 등) 및 발효식품(김치류, 장류 등) 및 다양한 농수산 가공품(김, 견과류 등) 의 패키징 용기 분석/연구
- 다양한 응용제품 별 패키징 요구 물성 파악 및 패키징 용기 설계 적용을 통한 기존 패키징 개선 및 적용/분석

고차단 기능성 컴파운드 적용 패키징



흡착기능 컴파운드 적용 패키징



기존 식품 패키징의 용기 문제점 및 개선 사항 연구

컴파운드 소재 적용을 위한 최적 기능성 구현 패키징 구조 설계 연구

최적 용기 구조 설계 및 모델링을 통한 기능성 구현 검증

컴파운드 적용 패키징 용기 설계를 통한 기존 패키징 개선/분석

■ 1차년도

(1) 연구개발 목표

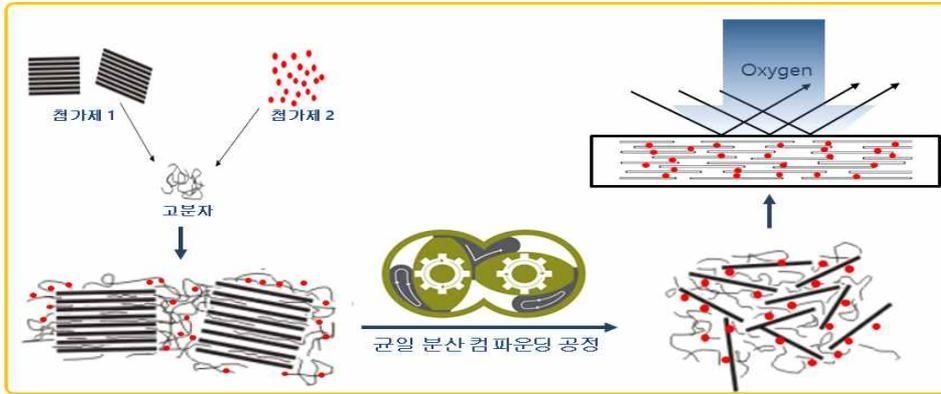
- 산소 차단성 향상에 활용되는 천연물 및 가스 흡착능 천연물 소재 조사 및 성능 분석
- 범용 고분자 용융가공 시 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운딩 기술 개발
- 고차단성 구현 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술
- 컴파운드 소재 활용 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작/평가 (Lab Scale)
- 커피의 성분(Key Component)분석 및 차단성 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 분석

천연물 기반 산소 고차단성 컴퍼운드 소재 개발
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 핵심성과 <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 2건 (주관기관 협조), SCI 논문 1건 (주관기관 협조) ◦ 전략성과 <ul style="list-style-type: none"> - 컴파운드 소재 산소 차단성: < 0.008 cc/m²·day·atm - 다층구조 시트 산소 차단성: < 0.008 cc/m²·day·atm

(2) 연구개발 내용

- 산소 차단성 향상에 활용되는 천연물 및 가스 흡착능 천연물 소재 조사 및 성능 분석
 - 차단성 구현이 가능한 천연물 소재(Clay, Mica, Talc, Glass Bubble 등) 자료 조사 및 분석
 - 국내·외 문헌 및 관련 자료를 통한 기초 및 응용자료 확보
 - 국내·외 고차단성 패키징 시장현황 조사/분석
 - 고차단성 천연물 소재 선정 및 최적 함량 선정을 위한 연구
 - 가스 흡착 기능 천연물(Zeolite, CaOH₂, Bentonite, CNT 등) 소재 자료/시장 조사 및 분석
 - 가스 흡착기능 패키징 소재 연구 및 개발 동향 파악
- 범용 고분자 용융공정 내 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운딩 기술 개발
 - 범용 고분자(Polyethylene, PE, Polypropylene, PP 등)수지와 천연물 소재의 상용성 향상을 위한 공정 기술 및 조건 확보
 - 천연물 소재 개질에 따른 고분자/천연물 소재 상용성 평가 기술 확보
 - 천연물 소재 균일분산 컴파운딩 공정 및 안정화 조건 분석 및 연구

※ 이종의 천연물 활용을 통한 차단성 개선 및 물성 향상



<본 연구 과제를 통한 기술 개발 개념>

- 커피의 성분(Key Component)분석 및 차단성 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 분석
 - 기존 로스팅 분쇄 커피의 성분(Key Component) 및 용기 실패 커피의 성분 비교 분석
 - 컴파운드 소재 적용에 따른 성분 변화 분석

■2차년도

(1) 연구개발 목표

- 가스 흡착 기능 천연물 소재의 발포가공을 위한 발포제 자료 조사 및 분석
- 고분자 발포 컴파운드 소재 제조 및 발포 가공 기술
- 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술
- 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 (Lab Scale)
- 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구

천연물 기반 가스 흡착 컴퍼운드 소재 개발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심성과 <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 2건, 등록 1건, SCI 논문 1건 (주관기관 협조) ○ 전략성과 <ul style="list-style-type: none"> - 컴파운드 소재 가스 흡착능: > 15 cc/g resin - Lid 필름 Sealing 강도 : < 1.8 kgf 기존 2.0 대비 10% 향상

(2) 연구개발 내용

- 가스 흡착 기능 천연물 소재의 발포가공을 위한 발포제 자료 조사 및 분석
 - 천연물 발포 가공을 위한 발포제 선정 및 발포특성 분석
 - 가스 흡착기능 향상을 위한 흡착제 개질 기술 연구
 - 흡착성능 비교분석을 통한 흡착제 선정 및 최적 함량 연구
 - 흡착능 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 분석



<흡착능 구현 발포 Lid 필름>

- 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 발포제/흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술
 - 고분자 및 발포제, 천연물 소재 개질을 통한 상용성 향상 기술
 - 고분자 수지 내 발포제/천연물 소재 균일 분산 컴파운드 마스터배치 제조 기술
 - 컴파운드 소재 흡착능 제어 및 성능 평가 기술
- 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 (Lab Scale)
 - 천연물 소재 함유 컴파운드를 이용한 발포 Lid 필름 시제품 제작
 - 천연물 소재 가공 안정성 확보 및 흡착능 평가 기술
- 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구
 - 컴파운드 소재 적용에 따른 성분 변화 분석

■3차년도

(1) 연구개발 목표

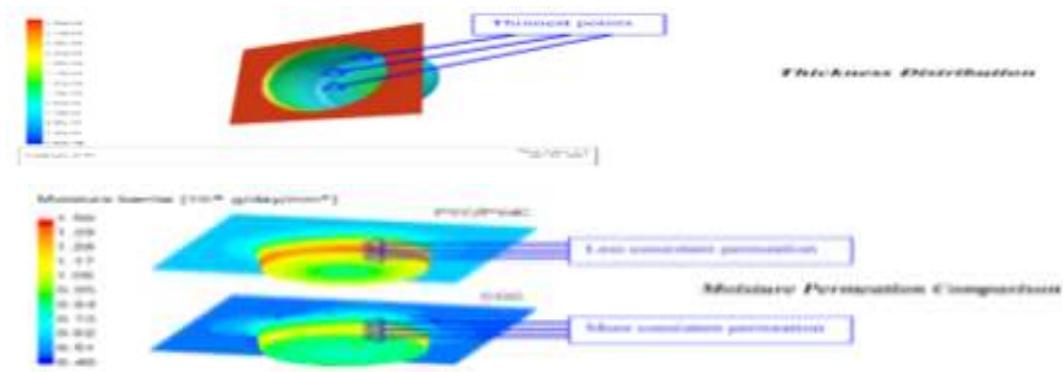
- 유한요소 해석 기술을 이용한 패키징 컴파운드 소재 성능 최적화 연구
- 전과정 평가 기술을 활용한 친환경 패키징 구조 설계 및 공정 연구
- 기능성 컴파운드 소재의 양산화 가공 기술 확보
- 기능성 컴파운드 소재 응용분야 확대
- 관능검사(Sensory Analysis)를 통한 통계 정보와 최종 패키징 적용 커피 성분 (Key Component)의 변화 간의 상관관계 분석 비교

기능성 패키징 소재 개발
<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심성과 <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 1건, 등록 3건, SCI 논문 1건 (주관기관 협조) ○ 전략성과 <ul style="list-style-type: none"> - 컴파운드 소재 산소차단성: < 0.005 cc/m²·day·atm - 컴파운드 소재 가스 흡착능: > 20 cc/g resin - 열성형 패키징 제품의 측면 두께 편차: < 10% - 패키징제품과 Lid 필름 간 Sealing 강도 : 기존 1.8 kgf 10% 향상

(2) 연구개발 내용

○ 유한요소 해석 기술을 이용한 패키징 컴파운드 소재 성능 최적화 연구

- 패키징 제품 구조 문제점 도출 및 설계 개선을 위한 물성평가
- 유한요소 해석 기반 패키징 컴파운드 소재 및 용기 성능 평가
- 개발기술 확대 적용을 위한 맞춤형 패키징 구조 설계 기술 확보



<유한요소 해석을 통한 플라스틱 용기의 구조 및 수증기 투과도 성능 모델링 예시>

○ 전과정 평가 기술을 활용한 친환경 패키징 구조 설계 및 공정 확보

- 전과정 평가를 이용 기능성 컴파운드가 적용된 캡슐 커피 패키징의 공정별 및 소재별 환경 부하 최소화 연구

○ 기능성 컴파운드 소재의 양산화 가공 기술 확보

- 양산화 컴파운딩 제조 공정 변수 확립
- 기능성 컴파운드 마스터배치의 유연학적 거동 분석을 통한 압출기 최적 조건 확보

○ 기능성 컴파운드 소재 응용분야 확대

- 차단성 및 가스흡착능이 요구되는 식품(스낵류, 햄류, 버터 등) 및 발효식품(김치류, 장류 등) 및 다양한 농수산 가공품(김, 견과류 등) 파악 및 기존 패키징 소재 분석/연구
- 다양한 응용제품 별 패키징 요구 물성 파악 및 컴파운드 소재 적용을 통한 기존 패키징 개선 및 적용/분석

○ 관능검사(Sensory Analysis)를 통한 통계 정보와 최종 패키징 적용 커피 성분 (Key Component)의 변화 간의 상관관계 분석 비교

- 최종 개발 패키징의 보존 기간에 따른 커피 성분 (Key Component)의 변화 분석

고차단 기능성 컴파운드 소재 적용 식품

흡착기능 컴파운드 소재 적용 식품



기존 식품 패키징 소재의 문제점 및 개선 사항 연구



패키징 요구 물성 파악 및 산소 차단성
컴파운드 소재 적용 방안 연구

패키징 요구 물성 파악 및 흡착능
컴파운드 소재 적용 방안 연구



컴파운드 소재 차단성 제어
및 물성 확보

컴파운드 소재 흡착능 제어 및 물성
확보



컴파운드 소재 적용을 통한 기존 패키징 개선 및 적용/분석

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2015	<p>주관</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 고차단성 컴파운드 소재 활용을 통한 시트화 및 열성형 가공 기술 개발 (Pilot Scale) ○ 캡슐 커피용 기능성 패키징의 Field Test 및 개선 방안 연구 ○ 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 연구/제공 ○ 패키징 엔지니어링 디자인 구조 개선에 따른 물성 평가 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 컴파운드 소재의 시트화 및 열성형 최적 가공 조건 분석 및 확보 ○ 천연물 소재의 가공 시 균일 분산성 유지를 위한 가공 안정화 연구 ○ 패키징의 성형 가공 제품의 치수안정성 확보 ○ 기능성 패키징과 기존 Lid 필름을 이용한 시제품 제작 및 호환성 평가 ○ 관능검사 (Sensory Test: 맛, 향 등) 등을 통한 커피 신선도 평가 기술 확보 ○ 기능성 패키징의 산소 및 수분 차단성 확보 ○ 패키징 조건에 따른 가스 발생량 연구 ○ 인체공학 디자인 기술 적용을 통한 소비자 사용성, 편의성 부여 기술
		<p>협동</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 소재 조사 및 차단 특성 분석 ○ 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운딩 기술 개발 ○ 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술 ○ 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작 ○ 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차단기능 및 가스흡착기능 천연물 소재 자료 조사 및 분석 ○ 시장현황 조사를 통한 산소 차단성/흡착기능 패키징 소재 분석 ○ 고차단성 천연물 소재 선정 및 최적 함량 선정을 위한 연구 ○ 고분자/천연물 소재 상용성 평가 및 상용성 향상을 위한 공정 기술 및 조건 확보 ○ 천연물 소재 균일분산 컴파운딩 공정 및 안정화 조건 분석/연구 ○ 기존 로스팅 분쇄 커피의 성분(Key Component) 및 용기 실패 커피의 성분 비교 분석 ○ 컴파운드 소재 적용에 따른 성분 변화 분석

구분	연도	연구개발의 목표		연구개발의 내용
2차년도	2016	주 관	<ul style="list-style-type: none"> ○ Lid 필름화 가공 및 알루미늄 라미네이션 가공 기술 (Pilot Scale) ○ Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가/분석 ○ Easy Peel 성능 구현을 위한 라미네이션 공정 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 컴파운드 소재의 필름화 발포 가공 및 라미네이션 가공 기술 연구 ○ 천연물 소재 균일 분산성 유지를 위한 가공 안정화 연구 ○ 흡착 성능 최대화를 위한 최적 발포 구조(Open 셀) 가공 기술 확보 ○ 패키징과 기존 Lid 필름을 이용한 시제품 Easy Peel 성능 평가 ○ Sealing 강도 변화에 따른 최적 Easy Peel 강도 구현 ○ 소비자 편의성 증대를 위한 최적의 Easy Peel Sealing 강도 선행 연구 ○ 최적 Easy Peel Lid 필름 성능 확보
		협 동	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가스 흡착 기능 천연물 소재 및 발포제 자료 조사 및 분석 ○ 고분자 발포 컴파운드 소재 제조 및 발포 가공 기술 ○ 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술 ○ 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 (Lab Scale) ○ 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 천연물 소재 발포제 자료 조사 분석 ○ 가스 흡착기능 연구 및 기능성 향상 개질 기술 연구 ○ 흡착성능 비교분석을 통한 흡착제 선정 및 최적 함량 연구 ○ 고분자 및 발포제, 천연물 소재 개질을 통한 상용성 향상 기술 ○ 발포제/천연물 소재 균일 분산 컴파운드 마스터배치 제조 기술 ○ 컴파운드 소재 흡착능 제어 및 성능 평가 기술 ○ 천연물 소재 함유 컴파운드를 이용한 발포 Lid 필름 시제품 제작 ○ 천연물 소재 가공 안정성 확보 및 흡착능 평가 기술 ○ 컴파운드 소재 적용에 따른 성분 변화 분석

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차년도	2017	<p>주 관</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 컴파운드 및 Easy Peel Lid 필름 양산화 기술 확보 ○ 가스배출 최소화를 위한 커피 로스팅 및 블랜드 연구 및 분쇄커피 패키징 기기/공정 최적화 ○ 기능성 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보 ○ 컴파운드 적용 가능 식품의 패키징 용기 분석 연구/적용 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다기능성 패키징 최적 성형 가공 조건 및 공정 변수 제어 기술 확보 ○ Easy Peel 구현 최적 Sealing 강도 부여를 위한 조성물 제조 기술 확보 ○ 엔지니어링 디자인 적용 패키징 구조 설계 기술 ○ 디자인 변화에 따른 흡착능/차단성/물성제어 및 평가 기술 확보 ○ 기능성 친환경 패키징 디자인을 위한 공정 기술 최적화 및 양산화 기술 확보 ○ 최적 기능성 구현 패키징 구조 설계 연구 ○ 구조 설계 및 모델링을 통한 기능성 구현 검증
		<p>협 동</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 유한요소 해석 기술을 이용한 패키징 컴파운드 소재 성능 최적화 연구 ○ 전과정 평가기술을 활용한 친환경 패키징 구조 설계 및 공정 연구 ○ 기능성 컴파운드 소재의 양산화 가공기술 확보 ○ 컴파운드 적용 가능 식품의 패키징 소재 분석 연구 및 기능성 구현 기술 확보 ○ 최종 개발 패키징의 보존 기간에 따른 커피 성분 (Key Component)의 변화 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 패키징 제품 구조 문제점 도출 및 설계 개선을 위한 물성평가 ○ 유한요소 해석 기반 패키징 컴파운드 소재 및 용기 성능 평가 ○ 개발기술 확대 적용을 위한 맞춤형 패키징 구조 설계 기술 확보 ○ 전과정 평가를 이용 기능성 컴파운드가 적용된 캡슐 커피 패키징의 공정별 및 소재별 환경 부하 최소화 연구 ○ 양산화 컴파운딩 제조 공정 변수 확립 ○ 기능성 컴파운드 마스터배치의 유변학적 거동 분석을 통한 압출기 최적 조건 확보 ○ 응용 제품 별 컴파운드 소재의 차단성, 흡착성 제어 기술 및 물성 확보

<정량적 목표 항목>

평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계최고 수준 보유국/ 보유기업 (/)	연구개발 전 국내수준	개발 목표치			평가 방법
			성능수준	성능수준	1차 년도	2차 년도	3차 년도	
1.컴파운드의 차단성	cc/m ² ·day·atm	15	-	0.01	0.008	-	0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
2.컴파운드 적용 패키징 용기의 차단성	cc/pkg·day·atm	20	-	0.01	0.008	-	0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
3.다층구조 차단성	cc/m ² ·day·atm	15	-	0.01	0.008	-	0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
4.컴파운드 가스 흡착능	cc/g resin	20	-	-	-	15	20	자체평가
5.Lid 필름 씰링 강도	kgf	20	-	2.0	-	1.8 (10% 향상)	1.6 (10% 향상)	ASTM F88 or F2824 시험성적(확인)서
6.기능성 패키징 용기 시제품 수	건	10	-	-	1	-	1	자체평가

□ 추진전략 · 방법

- (주)천마하나로에서 본 과제와 관련하여 호환용 캡슐커피 패키징 성형 가공 및 제조, Easy Peel Lid 필름 제조 및 Sealing 강도 분석/연구, 신규 개발 제품을 활용한 로스팅 분쇄커피의 신선도 및 장기 보관성 연구를 담당하여 수행함
 - (주) 천마하나로는 최근 캡슐커피를 신선하게 유지시켜주는 산화방지 포장용기 기술을 인정받아 2015 미래패키징 신기술 정부포상 기업부문 산업통산자원부 장관상을 수상하는 전문 기업으로 본 연구에서 산업적 신뢰성 분석 및 최적화 연구를 통해 개발되는 패키징 제품의 품질 및 기능성이 구현될 수 있도록 연구 역할을 수행
 - 또한 (주)천마하나로는 캡슐커피 제조 전문 기업으로 MAP(Modified Atmosphere Packaging), 질소치환 패키징 제품 제조 기반기술 및 산업화 노하우가 축적된 기업임
 - 기 개발한 패키징은 커피의 맛을 변화시키는 산소 및 수분으로부터 캡슐 속 분쇄원두가 산패되지 않도록 진공 및 질소 치환 MAP공법을 이용하여 잔존산소량을 최소화하기 때문에 커피 고유의 맛과 향을 유지하며, EVOH(Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer)소재를 함유하는 다층 필름 구조가 외부 산소 투과를 방지하는 제품임

- 한국생산기술연구원 패키징기술센터는 다양한 패키징 분야 관련 전문 인력으로 구성된 국내 유일의 패키징관련 국가지정 연구기관으로 본 과제와 관련하여 기능성 천연물 조사/연구, 기능성 마스터배치 컴파운드 개발, 기능성 구현 평가 및 분석에 대한 연구를 수행함

- 본 과제 관련 제1협동 연구기관 선행 연구 내용

- 기능성첨가제의 균일 컴파운딩 및 패키징 필름 가공화 기술 연구를 지속적으로 수행하고 있음
 - : 기능성첨가제가 함유된 고분자 수지의 컴파운딩 및 공압출 필름 제조 공정 기술
 - : 기능성 필름의 패키징 특화 물성 평가(내피로성, 유연물성, 투과도 특성 등) 및 기능성 발현 특성 분석/해석 기술 연구
- 흡습제의 고분자 내 균일분산 사출 가공 및 기능성 평가 기술 연구를 수행하고 있음
 - : 흡습제와 고분자의 균일분산 컴파운딩 조건 및 기능성 사출물의 최적 사출 가공 조건 연구
 - : 흡습 특성 평가 시스템 설계/해석 기술 연구
- 나노소재(CNT, Graphene, Clay 등) 균일분산 가공 기술 연구를 다양한 패키징용 고분자를 활용하고 수행하고 있음
 - : 컴파운딩 가공 기술 연구를 통한 나노소재 균일 분산 컴파운딩 기술 선행연구 중임
- 유기화합물 투과도 및 성분 분석 시스템을 활용, 커피 향미를 결정하는 Key Component를 파악하고 패키징 소재 및 구조 설계 변경에 따른 Key Component의 변화를 분석
 - : 기존 로스팅 분쇄 커피의 성분 분석(Key Component)
 - : 패키징 용기 실패 커피의 성분 비교 분석
 - : 기능성 컴파운드 소재 적용 후 성분 변화 비교분석
 - : 최종 개발 패키징의 보존 기간에 따른 커피 성분 (Key Component)의 변화 분석
 - : 관능검사(Sensory Analysis)를 통한 통계 정보와 커피 성분 (Key Component)의 변화 간의 상관관계 분석 비교

- 본 과제 관련 제1협동 연구기관의 아로마 관련 선행 연구 및 분석기기 특징

Aroma permeation analyzer



패키징용 필름의 아로마 투과도 분석 기기

PYRO-GC/MS



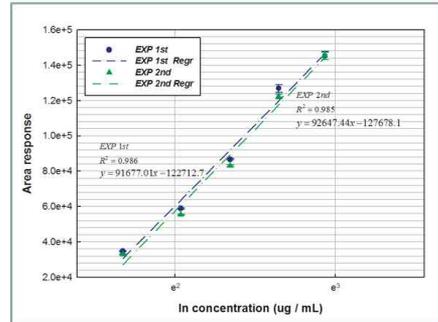
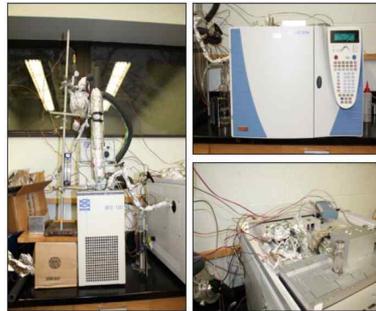
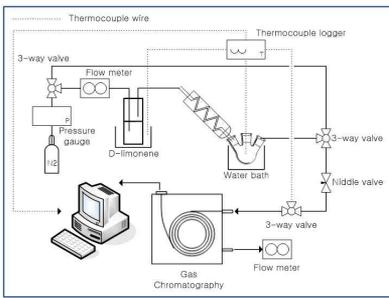
유기화합물 등의 성분분석 기기

Dynamic Vapour Sorption (DVS)



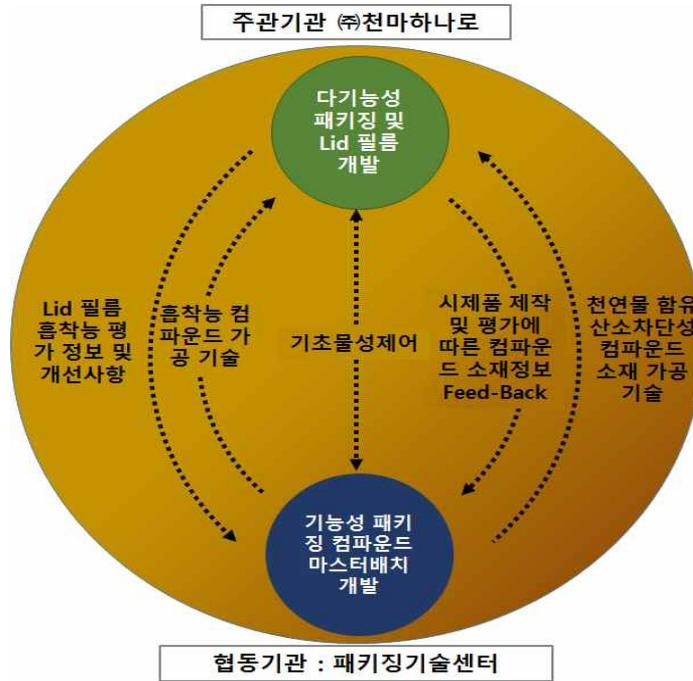
유기화합물의 흡착 및 수증기 흡습 분석 기기

유기화합물 투과도 분석 실험 및 분석 시스템 설계 노하우 보유 (d-limonene을 이용한 투과도 분석 시스템 설계)



- 주관연구기관과 협동연구기관이 각각 본연의 전문성을 극대화할 수 있도록 유기적으로 연계된 연구개발 프로세스를 구축하고 본 과제를 효율적으로 수행하여 고차단성과 흡착 기능이 구현되는 기능성 마스터배치 컴파운드의 개발과 이를 활용한 다기능성 캡슐커피용 패키징 및 Easy Peel Lid 필름을 산업화로 연계시켜 로스팅 분쇄커피의 신선도 및 장기 보관성, 편의성이 향상된 가공식품 패키징 기술 개발을 통한 기술경쟁력 확보와 국내·외 시장점유율 확대라는 궁극적인 목표를 달성하고자 함

- 본 연구와 관련된 기술 정보는 해외 문헌정보 서비스 및 KISTI 문헌정보 검색을 활용하여 시장 및 기술 동향 보고서, 특허, 및 문헌 등을 수집하며, 국내·외 발간 패키징 전문 잡지를 통하여 최신 개발 신제품, 기업 및 기술정보를 수집하여 활용하고자 함

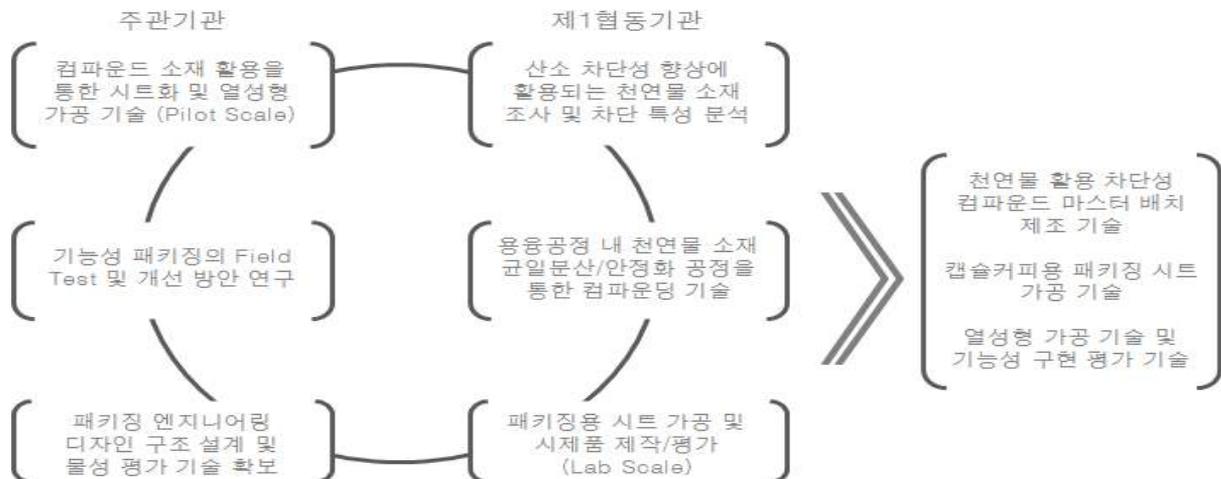


<본 과제 수행기관의 구성 및 역할>

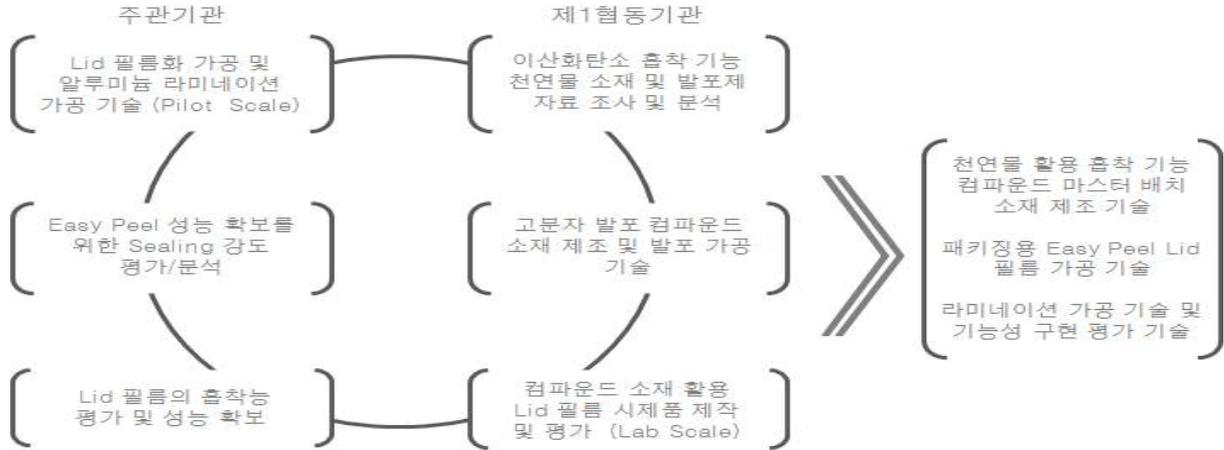
- 협동연구기관인 한국생산기술연구원 패키징기술센터는 미국 패키징 관련 전문연구기관 미시건주립대학교, 클렘슨대학교 및 스웨덴 최대 패키징 기관 클러스터인 Packbridge 등과 꾸준한 연구 및 기술 정보 교류를 하고 있어 이를 통한 해외 전문가 및 우수 기술 노하우 정보를 수집·활용 하고자 함
- 기술개발 수행 과정 중에 특허관련 지적 재산을 획득하며 타 제품과의 차별화와 고급화를 지향하고 고기능성을 부각 시킨 마케팅 전략을 통한 신규시장 창출 및 해외 시장을 개척하고자 함

□ 추진체계

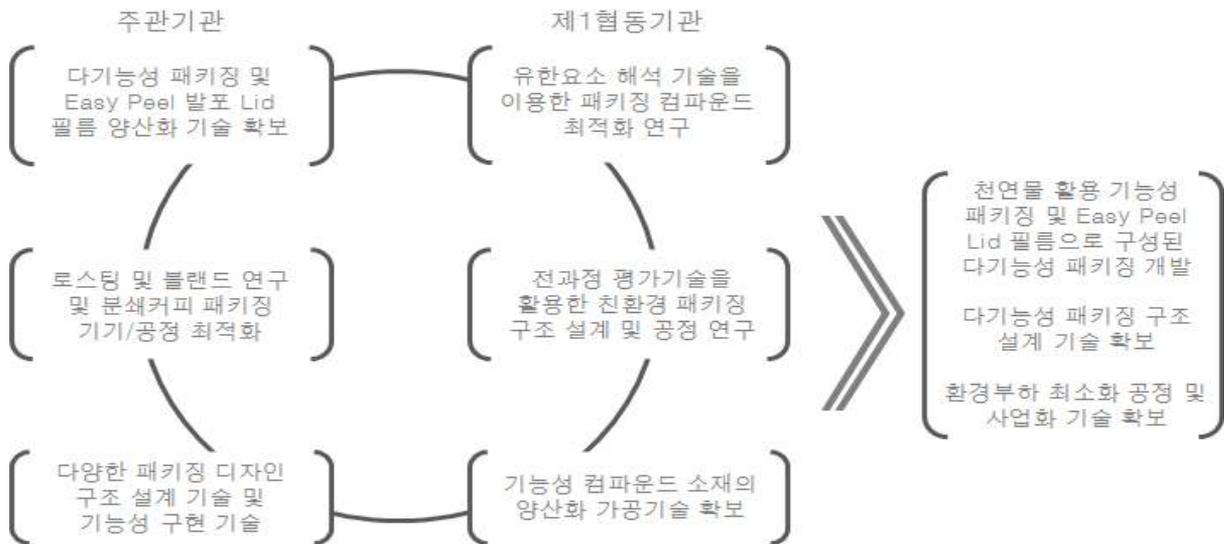
◦ 1차년도



◦ 2차년도



◦ 3차년도



□ 연구개발결과의 활용방안

- 가격 경쟁력과 기능성 구현으로 기능성 컴파운드 소재의 커피산업 적용뿐만 아니라 발효식품 및 고차단성 등의 기능성이 요구되는 다양한 제품군으로의 패키징 적용이 가능함
- Shelf Life Extension 실현으로 식품 등의 장시간 신선도 유지와 유통 안정성이 확보되므로 국내시장뿐만 아니라 해외신규 시장 창출과 점유율 향상에 기여할 것으로 판단됨
- 유한요소 해석 및 전과정 평가, 그리고 엔지니어링 디자인 기술 적용을 통한 최적 친환경 기능성 패키징 설계 기술을 기존 생산되는 다양한 패키징 제품군에 확대 적용하여 패키징의 고부가가치에 기여할 것으로 기대됨

□ 기대성과

(1) 기술적 측면

- 글로벌 커피 소비량 증가와 함께 소비자들의 커피에 대한 선호도 증가로 인해 커피의 품질과 맛, 향의 고급화 경쟁이 치열해 지고 있는 시점에 본 연구개발을 통해 로스팅 분쇄커피의 산화방지 및 신선도 유지 기술을 통한 패키징 성능 향상을 유도
- 커피를 포함한 다양한 발효식품과 의약품 분야에서의 흡착기능 및 가스 차단 기능 패키징 소재에 대한 기술적인 연구와 고분자/첨가제 메커니즘 분석에 기여할 수 있으며, 다양한 분야에서 기능성 패키징 소재 적용을 촉진
- 원천기술 확보를 통한 기능성 패키징 소재 산업의 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있으며 고부가가치 산업인 커피 관련 파생 산업으로의 꾸준한 기술 적용이 기대

(2) 경제적 산업적 측면

- 커피 등의 인기 기호 식품에 대한 장기 안정성 제고뿐만 아니라 다양한 분야로의 기술 적용을 통한 소비자 신뢰성을 높여 시장창출 및 수요확대에 기여
- 국내 원두 및 캡슐커피의 대외 의존도가 높고 최근 관련 소재 및 디자인 등의 개발이 일부 진행되고 있으나, 실제 캡슐커피 완제품 적용은 당사가 최초이므로 패키징용 기능성 컴파운드 소재를 개발하고 이들의 산업화를 추진하여 국가 산업 발전 및 이익창출 효과가 기대
- 고차단, 흡착능 등 기능성 패키징 소재의 개발을 통한 원천기술의 개발 및 확보하고 해외 기술 수출 기반 마련을 통한 국가 기술 경쟁력을 제고
- 범용 고분자 및 기능성 발현 천연물 활용을 통하여 제품의 장기보관 및 유통안정성을 통한 신선도 유지를 확보함으로써, 기능성 패키징 소재 기술 개발 및 관련 시장의 활성화가 기대
- 혁신적 디자인 및 패키징 구조설계 기술과의 융복합을 통하여 패키징 물성뿐만 아니라 기능성 구현 모델링 해석을 접목한 본 연구의 평가 및 기술 개발 방법은 패키징 산업 전반에 걸쳐 연구/개발에 대한 대표 사례가 새로운 연구/개발 모델을 제시할 것으로 기대

2. 연구수행 내용 및 결과

□ 주관기관 - (주)천마하나로

■1차년도

(1) 연구개발 결과

○ 고차단성 컴파운드 소재 활용을 통한 시트화 및 열성형 가공/공정 기술 개발 (Pilot Scale)

1) 용기 성형 안정성 문제로 부위별 두께 편차 개선 연구

: 기포발생 현상은 Easy peel 필름과 패키징 용기와의 실링불량 문제 발생



<사진 1 가공 공정 개선 전후 비교>

- 열성형 가공 시의 온도와 시간/진공 시의 가공 조건의 실시간 변화를 통한 최적 공정을 확보하여 두께 편차를 줄여 실링 안정성 확보

2) Easy peel 필름을 제거 시 one touch로 벗겨지지 않고 세 갈래로 찢어져서 사용이 불편한 문제점 개선 연구

: 여러강도의 Easy peel 필름 테스트 후 Easy peel 필름과 알루미늄 및 PP필름의 합지 공정 조건을 확보하고 진공 포장기의 실링온도, 실링시간, 실링 압력 등의 자양한 변수의 조합을 시도하여 최적 실링공정 조건을 확보함

: 진공 포장기의 실링바 개선/교체하였으며, 진공 포장기의 토크 조정만으로 한계가 있으므로 향산화패키지를 안착시키는 지그 설비의 실리콘 패드의 두께를 개선함

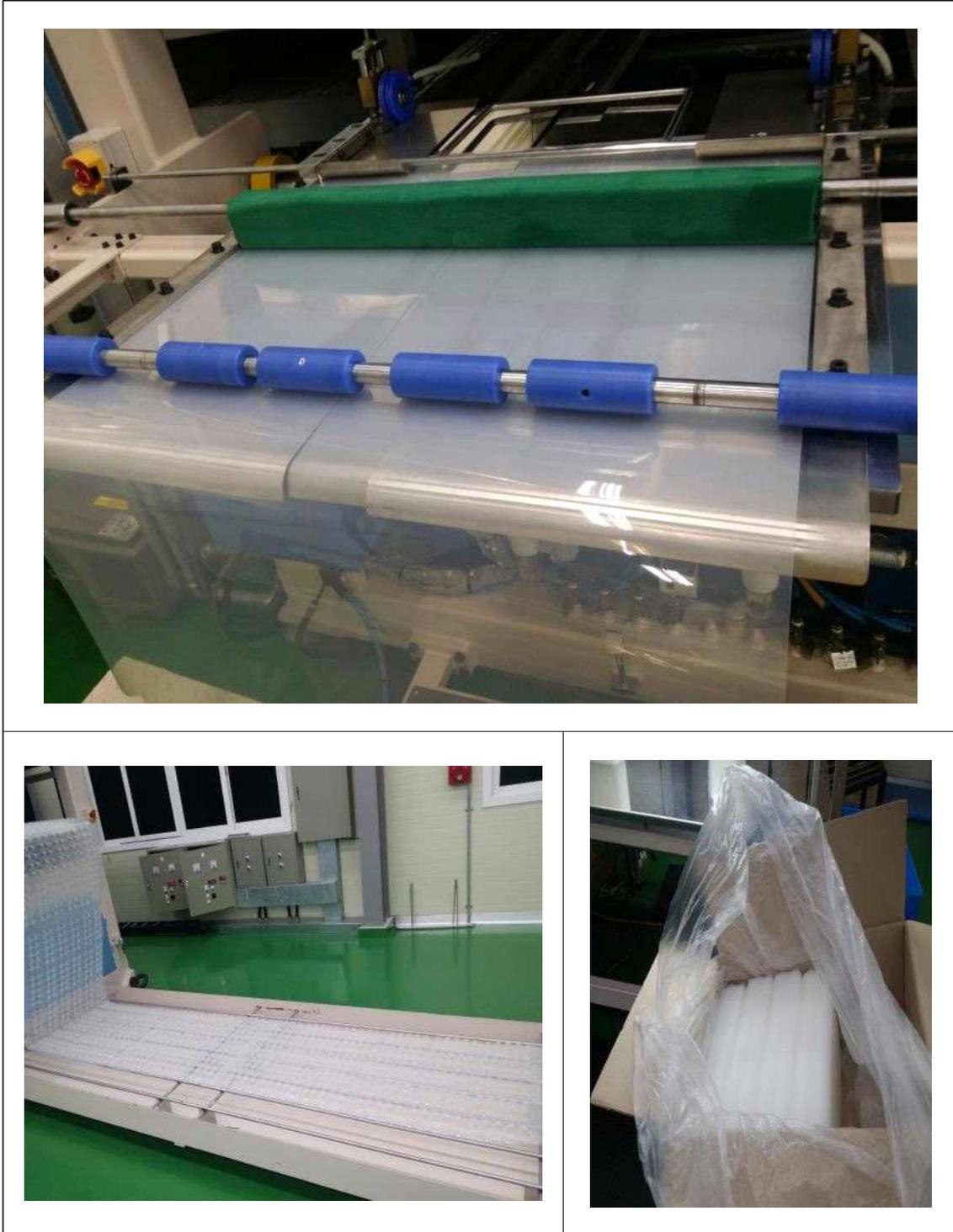


<사진 2 실링바 개선 전후 비교>



<사진 3 이지필 개선 전후 비교>

3) 공정 개선 후 캡슐커피용 다층 시트 및 성형 용기



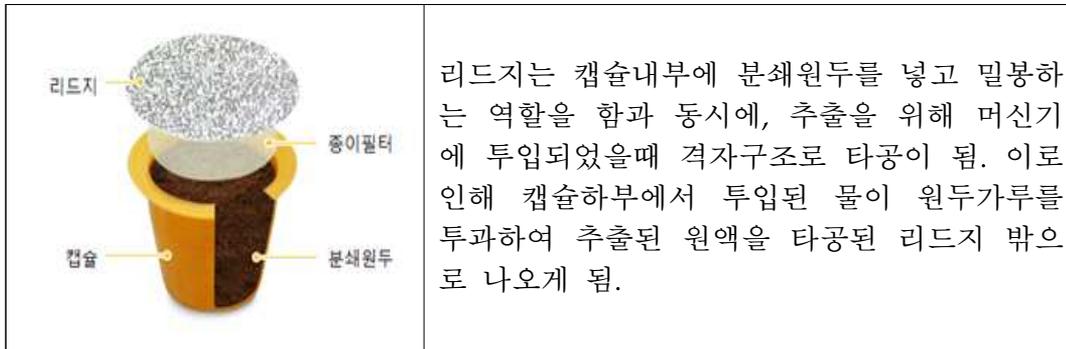
<사진 4 시트 및 열성형 용기>

- PP/EVOH/PP 다층 시트 제품 제작
- 균일 두께 성형 가공 조건 파악을 통한 성형 용기 생산

○ 캡슐 커피용 기능성 패키징의 Field Test 및 개선 방안 연구

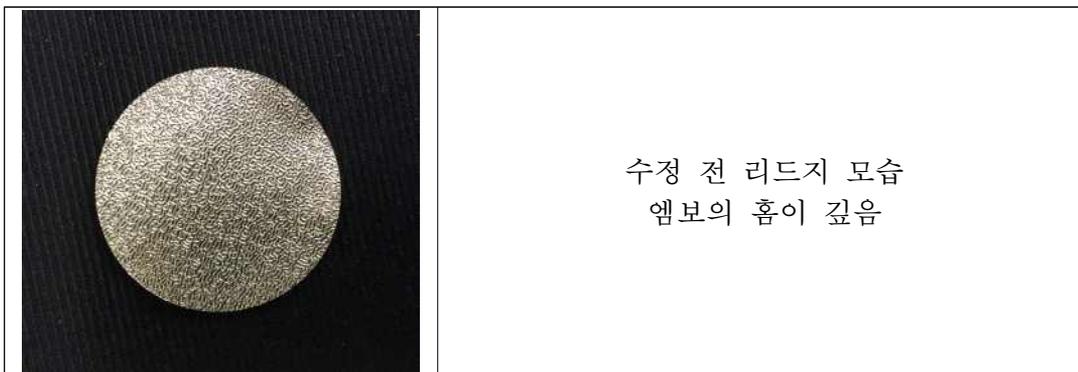
1) 캡슐커피의 알루미늄 리드지 문제점 및 개선 연구

: 캡슐의 구조 및 알루미늄 리드지의 기능



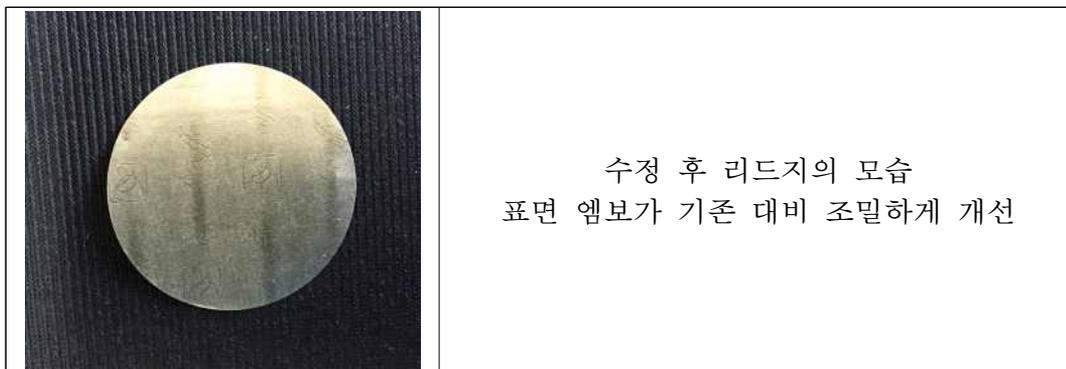
- 이러한 기능을 하는 리드지는 적정도의 접착력을 가져야 하는데, 만약 리드지의 접착력이 약하다면, 추출 시에 18~19bar의 강한 수압에 의해 캡슐에서 부분 떨어져 원두가 새는 현상이 발생함
- 리드지 표면의 엠보는 적당한 확장성 있어야 하며, 지나친 확장성 발생 시는 추출 후 표면이 불룩하게 남아있고 이로 인해 추출후 eject레버 작동 시에 원활한 탈착이 어려움

: 기존 리드지의 모양 및 문제점



: 수정 후 리드지의 모양

- 엠보를 조밀하게 변경, 개선하였으며 추출 시 늘어남 현상을 개선함
- 실란트 개선을 통한 접착 강도 향상.





<사진 5 리드 지 표면 개선 전 후 완제품 비교 사진>

2) 타사 캡슐 커피의 기본적 물성 측정

: 그라운드 로스팅 커피의 신선도 유지 및 산패 방지를 위한 캡슐 커피 개발을 위해 타사 캡슐 커피의 기본적 물성 측정 및 분석. 이를 통해 기능성 컴파운드 소재 개발 시 타사 캡슐 커피의 물성을 기본으로 향상된 물성 구현

: 캡슐 커피 패키징의 산소 및 수분 투과도를 측정하기 위해 별도로 제작된 Sample holder 를 사용 Epoxy를 통해 밀봉하여 실험

투과도 분석을 위한 Sample holder 및 분석 장비



<사진 6 투과도 분석 장비 및 샘플>

3) 타사 캡슐 커피 분석 결과
 - CAFE ROYAL (ETHIOPIA)

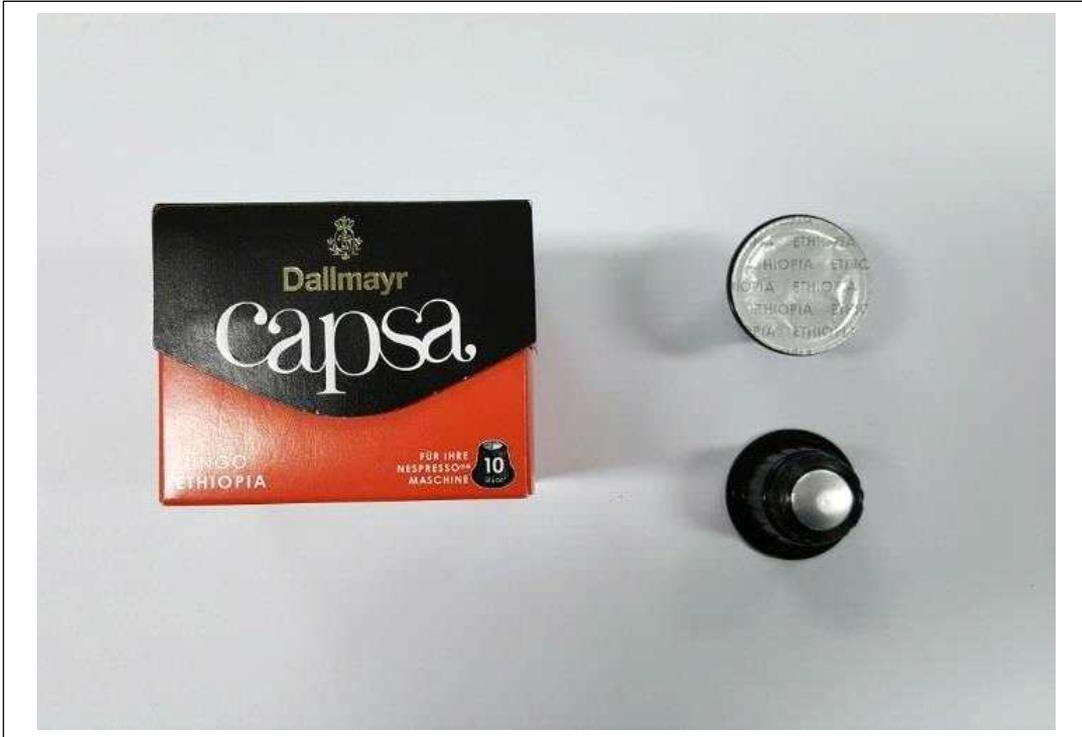
- 제조사 : CAFE ROYAL SWITZERLAND
- 구성 : 10 Capsules
- 컵 사이즈 : 110 ml Lungo / 40 ml Espresso
- 강도 : 4/10
- 특징 : NESPRESSO ®* System



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	6.3411±0.0235
Mass of coffee (g)	5.012±0.0151
Volume of package (cm ²)	12.8899±0.0575
Oxygen Transmission Rate (cc / pkg · day)	-3.52E-04
Water Transmission Rate (gm / pkg · day)	2.83E-04

- Dallmayr Capsa

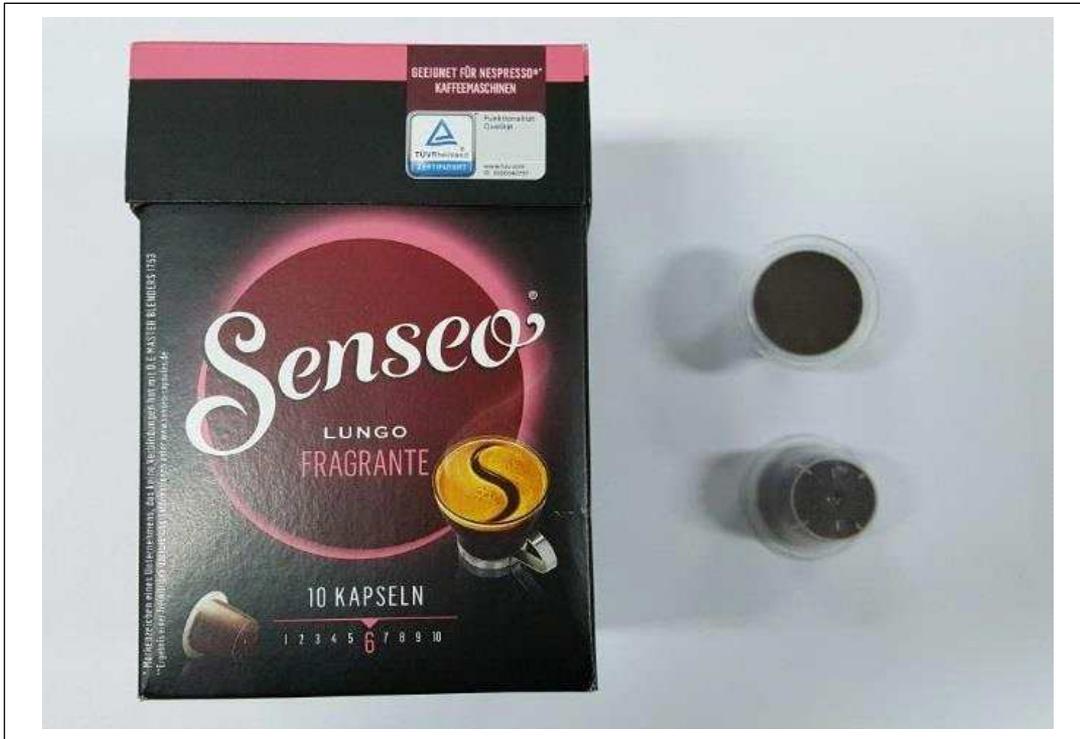
- 제조사 : Dallmayr (Germany)
- 구성 : 10 Capsules
- 강도 : 4/12
- 특징 : NESPRESSO®* System



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	6.7227±0.0819
Mass of coffee (g)	5.7144±0.1405
Volume of package (cm ²)	측정불가
Oxygen Transmission Rate (cc / pkg · day)	4.61E-04
Water Transmission Rate (gm / pkg · day)	3.46E-04

- SENSEO

- 제조사 : Senseo
- 구성 : 10 Capsules
- 강도 : 6
- 특징 : NESPRESSO®* System



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	6.8168±0.0227
Mass of coffee (g)	5.4681±0.0052
Volume of package (cm ²)	11.2087±0.4778

- CAFFE VERGNANO 1882 It's Cremoso

- 제조사 : CAFFE VERGNANO 1882 (Italy)
- 구성 : 10 Capsules
- 특징 : NESPRESSO®* System



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	8.9871±0.1584
Mass of coffee (g)	5.4989±0.1049
Volume of package (cm ²)	측정불가

- JACOBS MOMENTE espresso classico

- 제조사 : JACOBS (Germany)
- 구성 : 10 Capsules
- 강도 : 7
- 특징 : NESPRESSO®* System



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	7.0635±0.0105
Mass of coffee (g)	5.3875±0.0211
Volume of package (cm ²)	12.0673±0.1175

- NESCAFE Dolce Gusto Lungo

- 제조사 : NESCAFE Dolce Gusto
- 구성 : 16 Capsules



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	10.4379±0.0955
Mass of coffee (g)	6.9864±0.0855
Volume of package (cm ²)	37.7593±0.4442
Oxygen Transmission Rate (cc / pkg · day)	4.13E-04
Water Transmission Rate (gm / pkg · day)	4.29E-04

- Tassimo JACOB

- 제조사 : Tassimo (동서식품)
- 구성 : 8 Capsules
- 특징 : 커피는 JACOB사에서 나온 제품이고, Tassimo사의 Bosch 커피머신에 사용할 수 있게끔 캡슐을 제작함



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	11.7353±0.0751
Mass of coffee (g)	7.0752±0.0474
Volume of package (cm ²)	29.3603±0.9104

- CAFE ROYAL (Lungo)

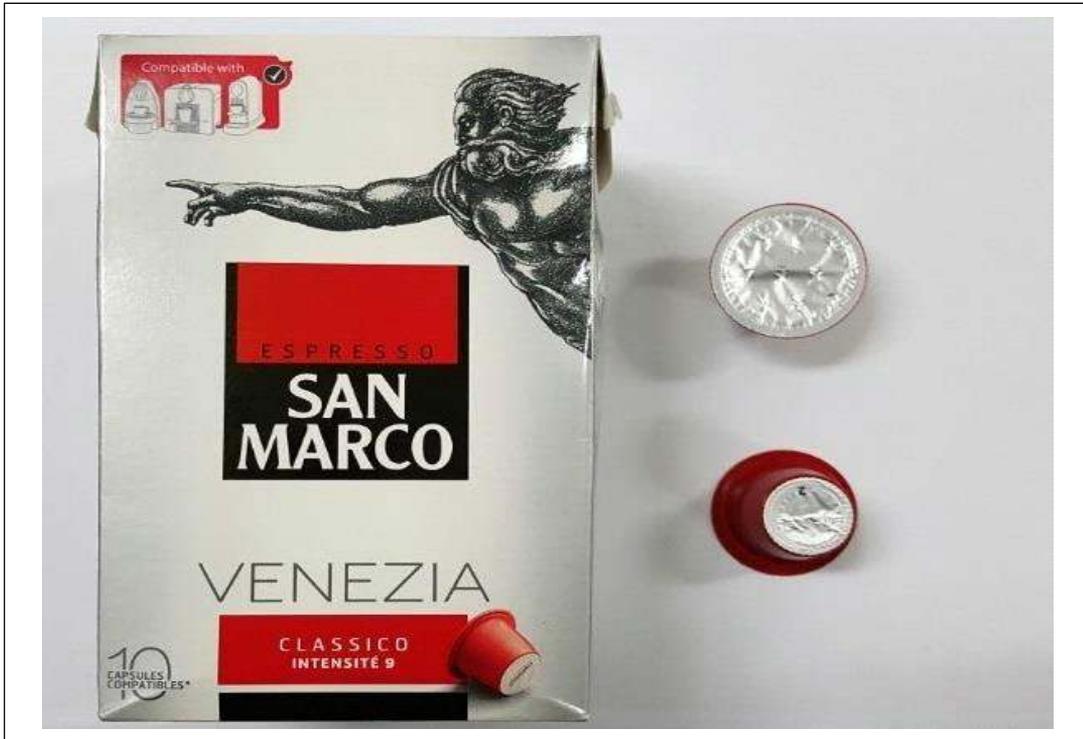
- 제조사 : CAFE ROYAL SWITZERLAND
- 구성 : 10 Capsules
- 컵 사이즈 : 110 ml Lungo
- 강도 : 6/10
- 특징 : NESPRESSO®* System



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	6.5580±0.0073
Mass of coffee (g)	5.2276±0.0216
Volume of package (cm ²)	12.9360±0.1911
Oxygen Transmission Rate (cc / pkg · day)	-2.51E-04
Water Transmission Rate (gm / pkg · day)	2.83E-04

- SAN MARCO

- 제조사 : Massimo Zanetto Beverage Group/La San Marco
- 구성 : 10 Capsules
- 강도 : 9
- 특징 : Compatible capsule System



Contents	Data
Mass of coffee capsule (g)	6.7224±0.0997
Mass of coffee (g)	5.1882±0.0838
Volume of package (cm ²)	11.5482±0.4050
Water Transmission Rate (gm / pkg · day)	2.31E-03

3) 관능검사 (Sensory Test:맛, 향 등) 등을 통한 커피 신선도 평가

기간	대상자	비고
2016.03 ~ 2016.04	일반 소비자 패널	1차 테스트
2016.06 ~ 2016.08	일반 소비자 패널	2차 테스트

구분	1차 기간 및 참여자수	비고
테스트 기간	2016.03.09~2016.04.08	
총 참가신청자수	270 명	
실제 참여자수	251 명	
설문 응답자수	229 명	
설문 대기자수	22 명	

구분	2차 기간 및 참여자수	비고
테스트 기간	2016.06.01~2016.08.08	
총 참가신청자수	270 명	
실제 참여자수	233 명	
설문 응답자수	193 명	
설문 대기자수	40 명	

: Sensory Test (일반패널)의 필요성

- 현재 개발 및 테스트중인 기능성 패키징을 직접 일반 대중에게 사용토록 하고 그 의견을 수집함으로써 보다 현실적이고 보편적인 대중의 요구를 파악하기 위함
- 패키징이 다수의 소비자에게 테스트되는 만큼 예측하지 못한 문제점을 파악해볼 수 있으며, 대중이 선호하는 커피의 맛을 찾아내고, 최종적으로 고객의 편리와 수요의 창출을 목적으로 함

: Test 방법 및 진행

- 자사가 운영 중인 온라인쇼핑몰에서 참가신청을 받고 해당 고객에게 샘플을 발송하여, 샘플을 시음한 고객은 쇼핑몰 설문 참여란에서 다양한 질문에 대한 답변제출하고, 온라인 방식을 택함으로써 휴대전화 및 일반 PC에서 보다 편리하게 참여할 수 있음
- 향, 맛 및 편의성에 대한 카테고리 설문을 통해 자료수집

: 설문참여방법 및 접속방법

**두가지 제품을 무료로 맛보고,
3천원 쿠폰까지 받으세요**

본 이벤트는 커피로드 블렌딩 신제품 출시에 즈음하여 고객님들의 솔직한 맛평가를 얻어내기 위한 목적으로 진행됩니다.
이벤트 신청 방법은 **회원 가입 후 무료 테스트 제품 받으실 정보를 입력**해주시면 고객님과의 **전화상담 후**
커피로드 블렌딩 8가지 제품중 2종류를 임의 배송해드립니다.
맛오산 두 제품의 맛을 보신 후 설문조사에 참여해주시면 됩니다.
설문참여까지 마친 신학기고객님께 제품 구매에 사용할 수 있는 **쿠폰(3,000원)**을 드립니다.
캡슐커피 사용자분들이 많은 참여 부탁드립니다.

주의사항

이전 이벤트(맛평가테스터1차) 신청자중 중복당첨은 안되며,
이벤트 참여정보가 부정확할 경우 이벤트 당첨이 어려울것 양해 부탁드립니다.

STEP 01

커피로드 회원가입 후
무료 테스트 제품 받을 정보 입력.
전화상담 후
테스트 제품을 기다립니다

STEP 02

반가운 택배를 받고,
커피로드의 깊은 향을 느끼고,
맛을 보시고~

STEP 03

커피로드 홈페이지의 설문조사에
참여를 완료하면 3천원 쿠폰이
내 품으로!

소비자 패널 설문조사

가장 솔직한 답변을 부탁드립니다

<설문지 문의 내용>

- 해당 답변자의 정보를 묻는 질문 - 성별 여부
- 해당 답변자의 연령을 묻는 질문 - 연령대
- 해당 답변자의 주거지역
- 해당 답변자가 받은 샘플의 종류
- 제품에 대한 농도의 질문
- 제품에 대한 커피향(아로마)의 강도를 묻는 질문
- 제품에 대한 단맛의 강도
- 제품에 대한 신맛의 정도
- 제품에 대한 쓴맛의 정도
- 제품에 대한 씹쌀(짹짹)한 정도
- 제품에 대한 시음후 입안에 남는 여운의 정도
- 제품에 대한 균형감의 정도
- 맛에 대한 개선에 대한 주관적 의견
- 포장상태에 관해 디자인 및 외포장 상태에 대한 평가
- 향산화 패키지로 캡슐을 싸고있는 플라스틱 케이스에 대한 편의성등에 대한 평가
- 향산화 패키지의 이지필의 편의성에 대한 평가
- 포장의 개선에 대한 주관적의 의견
- 설문자가 사용하는 캡슐머신의 모델
- 머신기의 추출상태
- 커피추출의 개선사항에 대한 의견
- 경쟁모델인 네스프레소 캡슐에 대해 향의 절대 및 상대비교 평가
- 경쟁모델인 네스프레소 캡슐에 대해 맛의 절대 및 상대비교 평가
- 테이크 아웃커피에 대해 향의 절대 및 상대비교 평가
- 테이크 아웃커피에 대해 맛의 상대비교 평가
- 기타 조언할점

시용하신 후 아래 설문지를 작성해 주세요.

1. 귀하의 성별은 무엇입니까?

<input type="radio"/> 여자	<input type="radio"/> 남자
--------------------------	--------------------------

2. 귀하의 연령대를 선택해주세요

<input type="radio"/> 10대	<input type="radio"/> 20대	<input type="radio"/> 30대	<input type="radio"/> 40대	<input type="radio"/> 50대	<input type="radio"/> 60대 이상
---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	------------------------------

3. 귀하의 주거지역을 선택해주세요

<input type="radio"/> 서울	<input type="radio"/> 부산	<input type="radio"/> 인천	<input type="radio"/> 광주	<input type="radio"/> 대전	<input type="radio"/> 울산	<input type="radio"/> 강원	<input type="radio"/> 경기	<input type="radio"/> 경남	<input type="radio"/> 경북	<input type="radio"/> 전남	<input type="radio"/> 전북	<input type="radio"/> 충남	<input type="radio"/> 충북	<input type="radio"/> 제주
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

4. 샘플로 받으신 제품중 첫번째 제품을 선택해주세요

<input type="radio"/> 부커	<input type="radio"/> 밀리만자로	<input type="radio"/> 스위트오닝	<input type="radio"/> 카리타스	<input type="radio"/> 허니문	<input type="radio"/> 시애틀즈	<input type="radio"/> 파리지엔	<input type="radio"/> 디카페인
--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	----------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

5-1. 첫번째 제품에 대해 귀하가 느끼시는 제품의 진하기 농도를 1부터 10단계중 선택해주세요

11-1. 네스프레소 캡슐을 사용해보셨다면 네스프레소 향을 50으로 볼 때 본 제품의 향은 어느정도로 보십니까?

<input type="radio"/> 10	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 50	<input type="radio"/> 60	<input type="radio"/> 70	<input type="radio"/> 80	<input type="radio"/> 90	<input type="radio"/> 100
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

11-2. 네스프레소 캡슐의 맛이 본인에게 적합한 정도가 50이라고 했을 때 본제품은 귀하의 입맛에 어느정도 적합하다고 보십니까?

<input type="radio"/> 10	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 50	<input type="radio"/> 60	<input type="radio"/> 70	<input type="radio"/> 80	<input type="radio"/> 90	<input type="radio"/> 100
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

12-1. 테이크아웃커피를 50으로 볼 때 본 제품의 향은 어느정도로 보십니까?

<input type="radio"/> 10	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 50	<input type="radio"/> 60	<input type="radio"/> 70	<input type="radio"/> 80	<input type="radio"/> 90	<input type="radio"/> 100
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

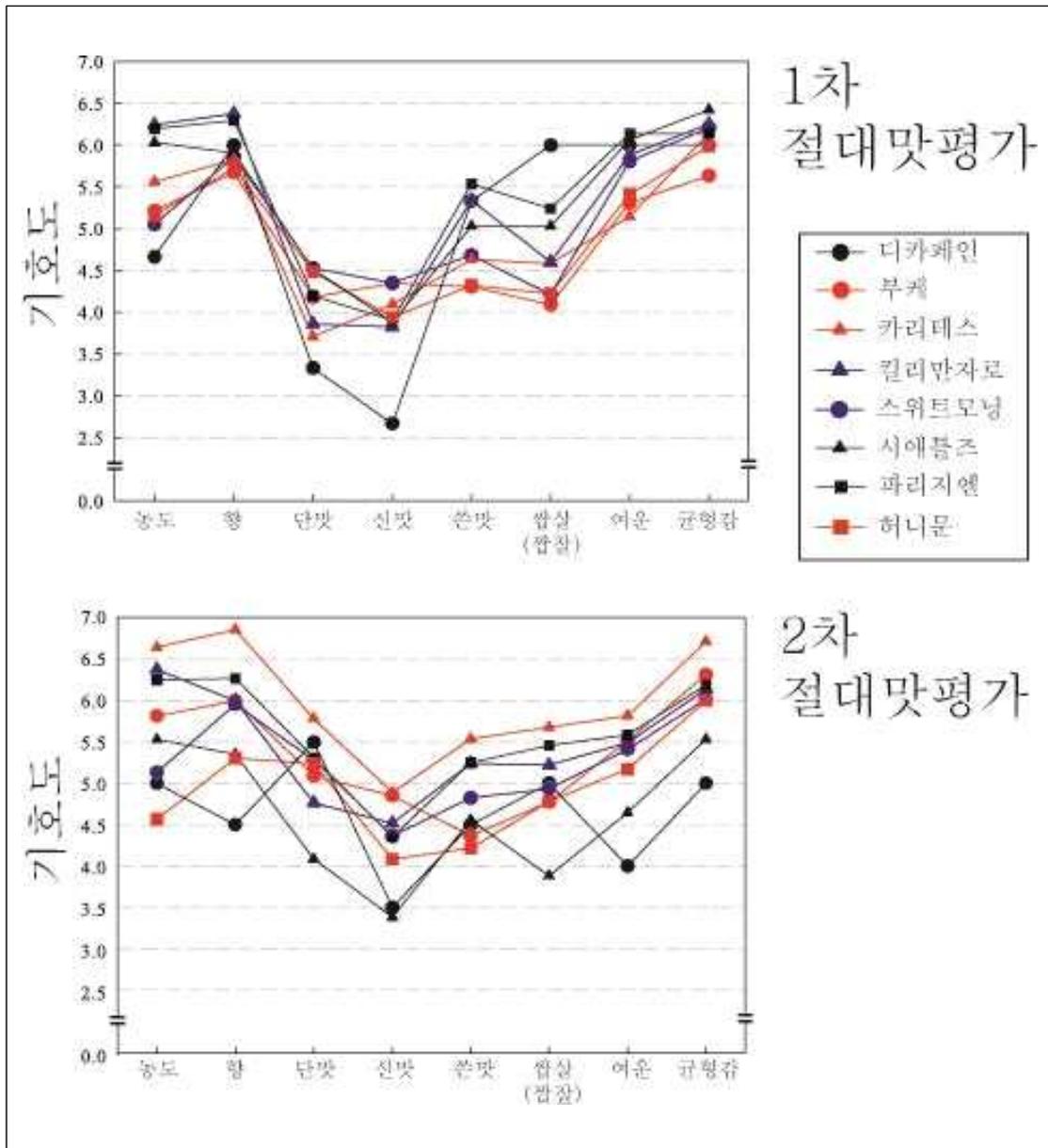
12-2. 테이크아웃커피를 50으로 볼 때 본 제품은 귀하의 입맛에 어느정도 적합하다고 보십니까?

<input type="radio"/> 10	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 50	<input type="radio"/> 60	<input type="radio"/> 70	<input type="radio"/> 80	<input type="radio"/> 90	<input type="radio"/> 100
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

13. 커피로드에 대해서 전반적으로 조연할 것이 있다면(특히 네스프레소와의 비교적 관점에서)

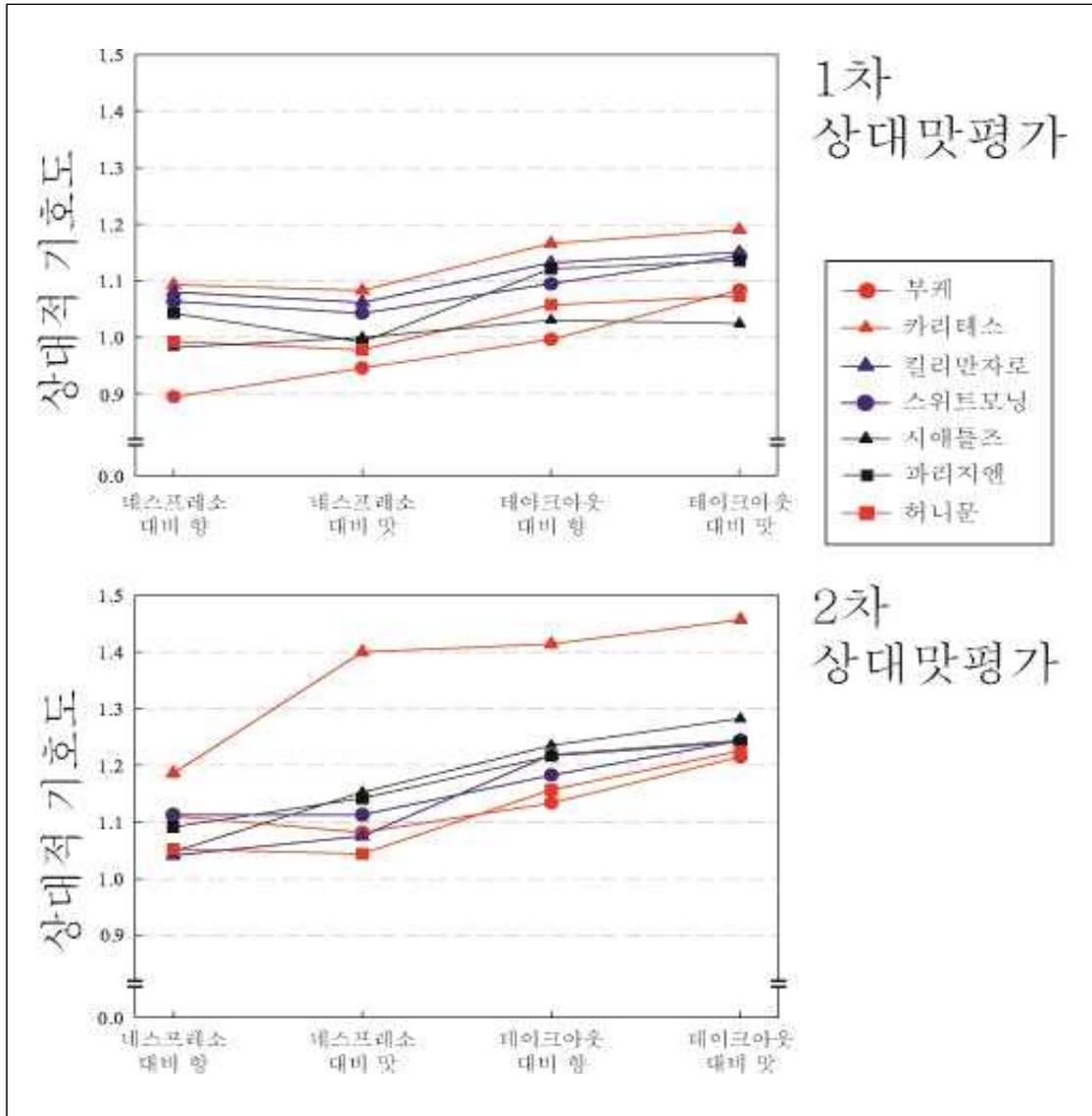
이전 목록

설문 입력



<그림 1 관능검사 절대 맛 평가>

- 1차 관능검사 결과 커피전문가 그룹에서는 상큼한 과일의 신맛이 나는 커피를 좋게 평가하지만 소비자는 신맛이 나는 제품을 싫어하는 것으로 파악됨
- 타 사 제품인 네스프레소 대비 향미는 비슷한 수준으로 평가받았으나 테이크아웃 커피에 대해서는 향미가 월등한 평가
- 향기, 농도, 단맛, 신맛, 쓴맛, 균형감, 바디, 에프터테이스트에 대한 평가결과에 테스트한 8가지 제품들이 각각의 평가항목에서 거의 비슷한 점수대를 형성한 것을 알 수 있는데 이는 각각의 원두들의 로스팅 포인트가 특성을 살리지 못하고 오버 로스팅된 결과라 판단됨
- 상기 문제점을 보완하고자 연구책임자 외 바리스타2인이 에스코픽협동조합에서 커피에 대한 전반적인 교육을 받고 제품에 대한 1차 보완 작업 후, 2016년 6월~8월에 걸쳐 2차 검사를 진행하였고 그 결과는 1차 때와 비교 시에 상당히 개선됨을 확인함



<그림 2 관능검사 상대 맛 평가>

- 2차 검사 결과 절대 맛평가의 결과 농도(진하기) 항목에서 1차 평가에서는 4.7~6.2 사이에서 밀집된 결과였는데 2차의 결과는 4.5~6.8까지 넓게 확산되어 있음을 확인함
- 이는 원두의 로스팅 강도를 달리하여 소비자가 진하고 연함을 구별하고 선택할 수 있도록 제품별 차별화가 이루어짐을 의미함
- 쓴맛의 경우도 1차 때는 4.3~5.5 정도로 획일적인 패턴을 나타내어 소비자의 기호에 따른 선택폭이 좁았으나 2차에서는 4.2~6.7의 비교적 넓게 포진하여 기호에 따라서 선택할 수 있는 패턴으로 변경, 사용자의 선택폭이 넓어짐
- 단맛의 경우, 1차 때는 3.3~4.5 정도였으나 2차 때는 4.1~5.8로 전반적으로 상향 광폭으로 확산되었으며, 쓴맛, 씹쓸함 역시 범위가 넓어지면서 제품의 다양성, 차별화가 이루어짐
- 단지 아쉬운 점은 1차 때 보다 커피의 향과 균형감이 다소 떨어지는 제품이 있다는 결과를 보였으며, 이는 열풍로스터기로 변경과 초기 공정 조건 확보 과정에서 따른 미흡한 향미생성에 따른 것으로 판단되며, 추후 예정인 3차 검사에서는 로스터 공정 조건을 확보하여 생산된 최종 제품으로 실시할 계획임

<표 1 관능검사 정대 및 상대 맛 평가 결과>

1차 절대적 맛 평가								
	농도	향	단맛	신맛	쓴맛	씹쌀 (짹쌀)	여운	균형감
디카페인	4.67±1.5	6.00±2.0	3.33±2.1	2.67±1.5	5.33±0.6	6.00±1.0	6.00±2.0	6.00±2.0
부케	5.22±1.4	5.67±1.7	4.18±1.6	4.35±2.3	4.31±1.9	4.09±1.8	5.31±1.9	5.64±1.7
스위트모닝	5.05±1.6	5.86±1.9	4.53±1.8	4.35±2.1	4.68±1.8	4.21±1.7	5.81±1.8	6.21±1.9
시애틀즈	6.03±2.1	5.91±2.1	4.52±2.1	3.88±1.9	5.03±2.2	5.03±2.1	6.06±2.1	6.42±2.2
카리테스	5.56±1.8	5.83±1.9	3.71±1.9	4.10±2.3	4.63±2.3	4.59±2.3	5.15±2.3	6.15±1.7
킬리만자로	6.25±1.9	6.38±1.8	3.86±1.8	3.82±2.1	5.34±2.0	4.60±1.9	5.88±1.9	6.25±1.7
파리지엔	6.20±1.7	6.30±1.7	4.20±1.7	3.90±1.9	5.54±2.0	5.24±2.0	6.14±1.9	6.14±1.8
허니문	5.16±1.5	5.73±1.9	4.49±1.9	3.94±1.9	4.33±1.8	4.23±1.7	5.41±2.0	5.99±1.9
2차 절대적 맛 평가								
	농도	향	단맛	신맛	쓴맛	씹쌀 (짹쌀)	여운	균형감
디카페인	5.00±0	4.50±2.1	5.50±0.7	3.50±2.1	4.50±0.7	5.00±1.4	4.00±2.8	5.00±1.4
부케	5.81±1.8	6.00±1.9	5.09±2.0	4.85±2.3	4.37±2.2	4.78±2.1	5.52±2.2	6.31±2.1
스위트모닝	5.13±1.8	5.96±1.9	5.28±1.7	4.37±1.6	4.83±1.7	4.93±1.4	5.41±1.7	6.02±1.7
시애틀즈	5.53±1.9	5.35±2.0	4.09±2.3	3.38±1.7	4.56±2.0	3.88±2.1	4.65±2.3	5.53±2.2
카리테스	6.64±1.8	6.86±1.8	5.79±1.9	4.89±1.8	5.54±1.9	5.68±1.8	5.82±1.7	6.71±1.6
킬리만자로	6.38±1.6	6.00±1.8	4.77±2.1	4.52±1.9	5.24±1.9	5.22±1.8	5.49±2.0	6.14±1.9
파리지엔	6.25±2.0	6.27±1.8	5.31±2.0	4.35±2.0	5.25±2.0	5.46±2.0	5.58±1.9	6.2±1.8
허니문	4.57±1.6	5.30±1.7	5.24±1.8	4.09±1.9	4.22±1.9	4.78±1.9	5.17±1.7	6.00±2.1

1차 상대적 맛 평가				
	네스프레소 대비 향	네스프레소 대비 맛	테이크아웃 대비 향	테이크아웃 대비 맛
부케	0.89±0.37	0.95±0.40	1.00±0.43	1.08±0.45
스위트모닝	1.06±0.38	1.04±0.37	1.09±0.42	1.14±0.43
시애틀즈	0.98±0.44	1.00±0.38	1.03±0.42	1.02±0.38
카리테스	1.09±0.41	1.08±0.44	1.17±0.48	1.19±0.48
킬리만자로	1.08±0.45	1.06±0.44	1.13±0.46	1.15±0.46
파리지엔	1.04±0.41	0.99±0.37	1.12±0.45	1.14±0.46
허니문	0.99±0.35	0.98±0.35	1.06±0.42	1.07±0.44
2차 상대적 맛 평가				
	네스프레소 대비 향	네스프레소 대비 맛	테이크아웃 대비 향	테이크아웃 대비 맛
부케	1.11±0.39	1.08±0.44	1.13±0.46	1.21±0.50
스위트모닝	1.11±0.39	1.11±0.36	1.18±0.38	1.24±0.41
시애틀즈	1.05±0.47	1.15±0.44	1.24±0.53	1.28±0.49
카리테스	1.19±0.43	1.40±0.47	1.41±0.36	1.46±0.34
킬리만자로	1.04±0.39	1.08±0.38	1.22±0.44	1.24±0.40
파리지엔	1.09±0.47	1.14±0.48	1.22±0.54	1.24±0.54
허니문	1.05±0.47	1.04±0.43	1.16±0.40	1.23±0.37

- 절대적 맛 평가는 소비자의 선호도를 1(최하)~10(최상)까지 점수화 하였으며, 상대적 맛 평가는 네스프레소 및 테이크아웃 대비 맛과 향을 측정된 것으로 기준 점수는 1(차이 없음)로 점수화 하였음

: 관능검사의 소비자 만족도 (1차 검사)

- 추출에 있어서 캡슐의 머신 내 장착 시 피팅에 대한 불만족과 커피 추출농도에 대한 불만족도가 확인됨, 또한 알루미늄 리드지의 정도에 대한 불만족이 나타남
- 긍정적 평가
- 커피향은 취향에 따라 차이는 있지만 전반적으로 긍정적인 평가가 이루어짐을 확인

물린 맛있게 먹었습니다. 감사합니다.
호환캡슐이라고 하면 편지 품질이 떨어질거 같은 선입견이 있는데 이번커피는 향과 맛 모두 만족합니다. 다만 캡슐이 네스프레소와 비해 지혈해 보이는게 아쉽네요.
히니룬향과 맛 농도 치에게 딱이네요.. 넘 좋아요
향도 좋고 원래 연한 커피를 좋아해서 전 좋았어요 캡슐 품질을 데 커피향도 좋구요 네소보다 가격도 저렴하고 또 시켜먹고 싶네요 히니룬은 정말 달콤한 향이 들었을 때 카라멜을 시킨건가 착각할 정도로 기분 좋았어요 향산화도장이 들는 느낌이 조금 그렇긴했어요.. 편지 용어 나뉠거 같은.. 단어를 바꾸는 것도 좋을 듯 합니다. 개인적인 의견이니깐요..^^
필름을 벗겼을때 처음 나는 커피향이 너무 좋아서 플라스틱 케이스에 담긴 필름을 한번 벗기는 번거로움이 번거롭게 느껴지지 않네요. 좋은 커피 만들어주시길 바랍니다.
커피전문점보다는 퀄리티 좋아요 좋아요^^
커피머신만 개선된다면, 캡슐커피의 맛은 훌륭합니다. 커피머신이 잘되지 않으니, 커피의 맛을 제대로 낼수 없는것같아 아쉽습니다
커피맛에 되게 민감하지 않아 저는 네스프레소를 굳이 선택할필요는 없다고 느꼈습니다 맛과 향이 약간 비교적 연하긴했지만 만족스런 맛이었습니다
커피로도의 캡슐은 처음 접해보았으나, 기대했던 것보다 커피의 맛이나 향이 만족스러웠습니다. 특히 제품 포장박스에 각 재료를 언제 만들었는지 적혀있어서 좋았는데, 궁금한 것은 이 날짜가 캡슐에 분쇄된 커피를 넣은 날짜인지, 아니면 성두를 로스팅한 날짜인지 잘 모르겠습니다. 제 생각에는 일단 로스팅한 날짜가 연제인지가 중요한 것 같습니다. 네스프레소 커피와 비교하였을 때, 맛은 크게 차이가 없으나 커피향은 좀 약하다는 생각이 듭니다. 그리고 최근에 네스프레소 캡슐의 가격이 꽤 다운된 측면이 있어서, (저같은 경우에는 일단 주문의 이유가 호기심이 컸지만) 가격적인 측면에서는 경쟁이 조금 어렵지 않나 하는 생각이 듭니다.(제 개인적인 생각입니다.) 다양한 종류의 원두와 재추은 고려에 대한 여러가지 혜택 등(예:주문 첫주문 고객 우편물 이용해서, 가격도 꽤 저렴하게 주문할 수 있었네요)이 있다면, 앞으로 더 많이 이용할 수 있겠다는 생각이 듭니다.
커피로도 향은 좋아요 -- 부드러워 어른들이 좋아할거같아요 강한에스프레소머신추출커피라기보다 내려먹는 원두커피 느낌이 더강합니다
캡슐커피는 정말 맛있었습니다. 그런데 캡슐머신이 잔고장이 좀 납니다. 잘 조절하는 버튼이 잘 안될때가 있습니다.
캡슐 포장상태도 너무 좋았고~ 우선 케이스가 너무 이뻐요^^ 맛도 향도 농도도 너무 좋아요
차이점은 잘모르겠고 향은 일단 향산화력으로 싸여있어서 더 좋다는거~ 보편되어있는 느낌? 커피향을 끝까지 느낄수있어서 좋았네여
조아요-- 정말!!
전반적으로 입맛에 맞고 좋아요 바꿔서 시키는 커피보단 맛도 좋고 근데 핫초크캡슐은 만나오나요? 그게 제일 아쉽네요 가끔은 핫초크도 마시고싶는데 핫초크 출시하시면 종류별로도 출시해주세요!^^
전반적으로 신선하고 맛도 좋아하는 맛이었습니다. 다만 아쉬운점은 에스프레소를 출시킬때보다 아메리카노로 즐기기를 선호하는데 진한맛이 약간은 연하다는 느낌이 있네요. 대부분 만족스러웠습니다.
전반적으로 네스프레소와 견주어도 매우 훌륭한 제품을 좋은 가격에 잘 내어주시고 있다고 생각합니다. 바라는 점이 있다면 싱글 오리진 종류의 확대와 가능하면 비싸더라도 블루마운틴도 ^^ 하신다면 할이 아닌 진짜 블루마운틴으로 * * * 조건드리자면 머신의 디자인 개선 정도일까요 미적 관점과 편의적 관점 두군데 다 개선해간다면 커피로도가 캡슐 머신의 선두주자가 될 것이라 생각합니다.
저렴한 가격에 만족도도 높은편이지만 홍보가 잘 안돼있는듯
몇년넘게 커피로도 캡슐을 마셨어요! 특히 포장이 점점 좋아져 캡슐을 벗기는 것이 편리해진 점 정말 훌륭하게 생각합니다-- 향도 좋구요!! 점점 세계화되는 커피로도 응원합니다♡
뒤에 얘기했듯이 새기계가 잘못된건지는 모르겠지만 살짝 캡슐이 안맞는느낌 신경써서 담지않으면 밑으로 튕겨 떨어져 버려요-TT 커피맛이나 향은 계속 구입할 만큼 좋았습니다
우선 네스프레소 구매하려면 해외배송예다가 100개이상 사야 해당 단가가 커피로도캡슐과 비슷해집니다 네스프레소는 유명캡슐 몇개만 맛있고 나머진 그저 그럴조 시간이 지날수록 커피 향이 약해집니다 커피로도 캡슐은 빠른배송 다양한 커피를로 가득해서 매일 새로운 캡슐을 맛볼수 있고 현명한 카페보다 제 입맛엔 >향입니다요 국내 제품이고 이렇게 맛있어도 되는건지 저 직원들한테 탐블러로 내려온 커피 시식하는데 다들 최고라고 합니다 선전 선전

: 관능검사의 소비자 만족도 (1차 검사)

- 부정적 평가

- 향에 대한 평가는 취향에 따라 다르더라도 호감도가 높은 결과를 나타내었고, 농도나 여운은 대체적으로 아쉬움이 남는 평가가 확인됨

향이 진하지 못하고 맛도 중후한 맛이 없습니다
향과 농도가 약합니다
향여운맛의 풍부함이 조금씩 아쉬워요!! 끝맛이 잘 그려내요.
커피향과 맛에서 많이 부족해 보입니다. 포장 또한 많이 불편하고 고급스러움이 느껴지지 않았습니다.
위에도 말하듯 향이나 맛에서 타제품에 비해 많이 약합니다.
솔직한 후기 드릴게요. 네스프레소캡슐 대비 튀어나다는 느낌을 못받았습니다. 처음 받아서 마신날은 특유의 진한커피향에 제가 애정하는 싱글오리진 예가체프와 케나를 주문했어 요. 하지만 재 구매에는 못미처거든요. 지금은 다시 네스프레소 캡슐 부활을 찾게되더라고요. 개인적으로 아쉽긴 했지만 더 맛있는 커피역할 수 있기를 기대합니 다.
네스프레소를 사려다 호환이 된다고 해서 커피로드 머신기를 구매 했는데 커피로드 캡슐은 향이 거의 없고 진하지 않아 네스프레소 캡슐을 구매 할 거 같습니다. 그러나, 진한 커피 를 드시지 않는 분들에게는 물을 타지 않아도 되는 적당한 농도와 향이 되는 거 같습니다. 맛은 그리 나쁘지 않으며 너무 쓰지 않은 적당한 맛의 커피입니다.
네스프레소 캡슐을 대비 백화점에 가서 구입을 하여서 택배로 구매해보지않아 모르겠지만 일단 커피캡슐을 담은 택배박스가 굉장히 연터넷 소팅을 해서 받은 박스들보다 매우 후진 박스로 와서 놀랐습니다.네스프레소의 고급스러움과 나는 캡슐 커피를 마시는 특권층이라는 생각의 고급지고 특별함이 즉 떨어지는 느낌이 들었구요.. 지금은 무료로 시음했 지만 내가 돈주고 사기엔 네스프레소와 큰 차이가 없는 가격,차이없는 커피향..대체적으로 좋 상거은 느낌이 아쉬웠습니다.
네스프레소 캡슐에 걸들어서 있어서 그럴 수도 있지만, 진하고 무거운 네스프레소 캡슐에 비해 맛이 전반적으로 가볍게 느껴집니다.
대체적으로 구수한맛과 커피가 진하지 않아 아쉬웠어요

- 유보적 평가

- 상품 외적 요인인 가격, 포장, 디자인에 대한 요구들이 나타남
- 외부 포장의 이지필 기능에 대한 평가치가 가장 낮아 개선이 요구됨

호환용인데비해 가격차이가 별로 나지않음
현실적으로 봤을때 작년 7월 네스프레소 한국공식홈페이지 장식가격이 크게 인하됨에 따라 호환캡슐의 경우 가격경쟁력 면에서 어려운 입장이 된거 같습니다. 또한 호환캡슐을 사 용할경우 커피머신이 고장날수 있다고 인식하는 사람이 많기때문에(주변지인들) 제가 호환캡슐을 판매하는 입장이라면 이러한 소비자들의 걱정을 해소시키기 위해 안정성 호환 테스트 결과같은걸 증명으로 내세울거 같네요.
플라스틱이라는점이 조금 마음에 걸립니다
용이름 다 기재 주세요
물질적으로 차이는 없으나, 캡슐 자체의 내구성 및 실미적인 부분에서의 완성도에서는 다소 약하다는 느낌 플라스틱 재질이라도 보다 고급스럽게(캡슐 자체로 장식 효과를 내는 네스프레소 캡슐) 표현 할 수 있지 않을까 생각됨
포장의 심플화
포장된 캡슐 커피를 벗겨낼 때 말끔하게 벗겨지지 않는 면을 수정했으면 좋겠어요.
커피맛과 향을 전반적으로 업그레이드해주세요
커피로드캡슐을 넣고 잠깐할때 네스프레소 캡슐에 비해 백백하다 힘이 더 들어간다
캡슐재활용을 위한 수거장착부분은 네스프레소이외의 캡슐회사들도 배울필이라 생각합니다.
캡슐이 네스프레소머신과 적합하지 조금 의심스러웠고, 사이즈가 잘 맞지 않는다는 느낌이 들었습니다. 솔직히 제대로 추출이 되지 않아서 커피의 향에 비해 맛의 풍부함이 느껴지 지 않았어요--- 조금 보완해 주신다면 더 좋은 커피가 될거 같습니다.
캡슐의 재질이 너무 딱딱한 거 같아요, 네스프레소는 말아놓아라 머신에 장착시 별 무리가 없는데, 커피로드 캡슐은 플라스틱 경도가 너무 셉니다. 장착시나 찢겨서 무리할 정도의 힘이 듭니다. 알미늄으로의 대체가 힘들면 플라스틱 경도만이라도 유연하게 하면 확실히 나을 것 같네요. 고려 해 보세요.
캡슐의 재질에서 차이가 큼
캡슐을 넣고 알뜰때 널 백백해서 고장나는것이 아닌가 하는 걱정이 들어요- 캡슐을 꺼냈죠??
캡슐삽입 후 무명이 부드럽게 닫히면 좋겠음. 고장날까봐 조심스러움. 맛과 향이 좀더 진하면 좋겠습니다. 많은 발전 기대합니다.
캡슐가격이 조금더 저렴하면 좋겠습니다.
캡슐 포장이 단번에 벌어지면 좋겠습니다
캡슐 색상좀 좀더 다양하게...
추출할때 네스프레소와 비슷하게^^되었으면... 추출물이 좀 떨어지는거 같아요...
추출이 조금 덜 되는 것 같습니다
진한맛이었으면 좋겠어요.
진하기정도.(네스프레소 캡슐에비해 커피핀 진하기가 약해요)
진하고 포장개선 필요합니다 향산화로양을계명료아예에서 말자요 네소커피를 포장하는데 내놓겨알아요
진하게 마시는 네스민들에게는 전반적으로 향과 크레마는 풍부하여 뒤릴것이없어보이나, 흥고로 캡슐시 추출량이 예스프레소 양만큼도 넣어가진해 커피농도가 어지는것이 보입 니다. 향 좋고 맛있는 캡슐을 만들고계시는데 약하다는 의견이 많은듯하니 원두의 양을 늘려서는것도 고려해보셔야할듯싶네요. 진하게마시는 네소민들 공력을 더 연구하시면 좋겠습 니다.-
좀더 향이 진했으면 합니다.
좀더 진했으면 좋겠고 캡슐이 잘안닫아 아쉬운것인데개선된다면 너무 좋을까요.
좀더 진하고 강한 부드러운이 있었으면 좋겠어요
좀 더 농도와 추출량이 많았으면..
조금더 맛과 향이 진했으면합니다

: 관능검사의 소비자 만족도 (1차 검사)

- 중간적 평가
- 맛과 향에 있어서 상호 절충하여 중간적인 의견을 대다수 보임을 확인함

향신료 캡슐이 있어서 좋고, 좀더 진하게 추출이 됐음 해요.
향을 맛있을때는 네스프레스함 건추어도 괜찮을 정도였는데 맛은 평범했던것같아요-
향이나 진하기가 다소 부족한. 힐리만자로는 좋았으나 시애틀은 여러가지면에서 내입맛에는 별로였음
포장이 좀 어둡고 짜개기가 나옴.
커피의종류에 따라 틀리겠지만 네스프레스 보다 깊은 맛이 부족한거 같아요. 좀더 깊고 진한 향이 좋을까 같아요. 그래도 제품별의 어로하는 이중캡슐얼때부터 향출할 정도입니다. 전 개인적으로 부쳐보단 스위트모닝이 저한테 더 잘맞는거 같아요. 덕분에 아주 귀한 체험 하였습니다.
커피로도커피맛은 생물이나 이벤트 당첨된것만 이벤트 처음 먹어봤는데 부드럽고 진한맛은 있지만 원가 2%부족함이있어요 네스프레스와 비교를 한다면 맛을 약간홍내년느낌7네 스프레스의 진한농도와 부드러움 할기가 있다면 조금씩은 연한느낌이드네요-색으로 표현하자면 네스프레스가 진한데드라면 커피로드는 연한데드같은 느낌이에요-
커피로도 맛은 너무 연합니다 크리미하지도않고 맛에 여운이 없는듯해요 맛은 좋아요 하지만 개인적으로 더 강한맛을 내면 좋을듯요
커피 맛과 향은 만족할만한 수준이나 캡슐 가격이 네스프레스 캡슐과 별로 차이가 나지 않아 굳이 호환 캡슐을 구매하는 데리트가 조금 적어보입니다.
캡슐 포장 박스는 좋으나, 캡슐 색이 어떻게보면 약간 콘스러워보임... 또 커피 맛과 색 차이가 잘 안됨. 허니문 - 노랑 키르데스 - 녹색 이음과 캡슐 색은 잘 매치가 되지만 허니문 은 진한 맛인데 노란색과는 안어울리는것같아용. 캡슐 색안이 너무 단색이지않나 싶어용 ㅋㅋㅋ음론 전체적으로 가격과 맛은 훌륭합니다. 테스트 마친후 10000000% 구입할거 예용-
캡슐 진공포장은 정말 맘에 듭니다^^ 그런데 네소 캡슐과 비교했을 때 커피의 진하기와 향등 흥미면에서 아직 차이가 좀 있는 것 같아요 앞으로 더 맛있고 향긋한 커피 캡슐 출시 해주시길 바랍니다--단골할게요!
캡슐 자체의 패키지는 네스프레스 것이 좀 더 고급스러운 느낌은 있어서 캡슐을 진열하고자 하는 욕구를 가진 소비자라m 네스프레스 것을 선호할 수도 있겠다는 생각입니다. 커피 는 제가 그리 고급진 입맛은 아니지만 로스팅 후 붉은 아메리카노로 마시기 때문에 맛의 큰 차이가 없는 가격대비 저렴한 커피로드를 구매할 것 같습니다. 아직 알아보진 않았지만 네스프레스 캡슐은 접근성이 별로여서(홈페이지에서도 대량구매여야하고) 카피로드가 구매 접근성이 좋다면 기꺼이 구매하겠네요. 그리고 볼체구스타처럼 녹차라던가 다른 종류의 캡슐도 나왔으면 좋겠습니다.
처음에 크레마가 있는듯하는데 글방사라져서 아쉬워요 맛은 네스프레스 캡슐이랑 비슷할것 같아요-^^ 플라스틱 산화방지 캡슐 밑에 나오는 향이 정말 좋은것 같아요-^^
진한커피를 좋아하지 않지만 향과 맛이 네스프레스에 비해 좀 약하게 느껴집니다. 같은 양의 필두라면 패키지 개선이 필요할 것 같습니다. 네스프레스에 비해 커피 종류와 맛의 종류는 선택하기 좋은 것 같습니다.
전문가는 아니지만 네스프레스의 캡슐 설명을 보면서 커피를 마시면 어. 이게 이항어구나 하는 걸 느낄때가 많은데 카피로드는 그런건 좀 부족한듯합니다. 평가 마셨을때 이런 느낌의 커피를 마시고있다는 느낌은 없지만 이게 이항. 하고 매치되는건 좀 부족해요. 워낙 연한 커피를 좋아해서 저는 부드러운과 조화로운에 만족하면서 마시고있지만 특정 향 을 주로 즐기는 분들에게는 조금 아쉬운 부분이 되지 않을까 싶네요-
위에 적었어요. 로그인하고 계속 실종페이지로 안넘어가서 못해서도하다. 이제서 설문응답합니다. 지금 잘먹고 있고 오늘 아침출근할때도 내려하였습니다. 답변 늦어 미안하고 재 구매의사 있습니다
용기 포장은 네스프레스가 더 편하고 고급스러워보여요 전반적으로 향이나 커피가 진하지 않아서 부드럽긴 하네요 가격면에서도 네스프레스 캡슐보다는 살짝 저렴해서 좋아요 지금 구매해놓은 네스프레스 캡슐 다 먹으면 신청해보려고 합니다.
바디감을 중요시하는데 진하고 괜찮습니다. 대신이 잘 추출을 못하는것같지만... 더 맛있게 마실수있을것같은데 어렵습니다
맛이 약합니다 향은 좋은데요.
맛은 좋은데 두 제품 모두 향이 연하게 느껴져서 아쉬웠다. 네스프레스 캡슐을 항상 주문해서 먹는데 네소랑 비교해서도 그렇다.
맛에서는 네스프레스보다 연한거같아요 전 주로 리스트레포 카자로 먹는데 힐리만자로는 진한맛으로 출시한거라고 생각하고 비교했을때 7단계와10단계 정도로요 근데 네소 7단계보다 향과맛이 연해요 크레마에서 나는 그소한맛 좋아하는데그게 약하네요 침투경 알았을때향은 참 좋은데 커피에서 그향이안나서 안타까워요 그리고 약간 럽함이 나요- 그래도 맛있게 잘먹었어요 네소캡슐보다 조금 아쉽다는거지 카피로드자체는 맛관찮았어요 가격이 조금 내린다면 경쟁력있을거같아요 네소캡슐같이 내리세요

: 관능검사의 소비자 만족도 (2차 검사)

- 긍정적 평가 34건
- 향에 대한 긍정적인 평가와 외포장의 향 보존 기능에 대한 호감, 그리고 다양성에 대한 긍정적 평가가 1차 평가에 비해 많아짐

<p>전 네스프레소는 시존한정으로 나오는제품만 사먹고 나머지 카피로드제품을 마십니다. 네스프레소는 시존한정 빼고는 카피로드보다 맛이 좀 부족한거같아요. 일반 테이크아웃커피점 보다는 카피로드제품이 훨씬 좋은 맛이지만 네스프레소 시존한정판 커피보다는 조금 부족해요. 시존한정은 부드러우면서도 고급스러운 맛이 나요. 이점만 보완이 된다면 전 쪽~~카피로드커피만 마실거같습니다.</p> <p>저는 카피로드 제품에 만족하고 있습니다.</p> <p>진한커피를 좋아하는데 네스프레소맛과 향이 더 진한거같아요. 하지만 카피로드 가격대비 맛과품질 아주 만족합니다</p> <p>일단 네스프레소 커피보다 향 및 맛은 카피로드 것이 맛있다 더좋은 새로운 커피를 만들어 주세요 ^^</p> <p>향은 플라스틱 케이스 때문인지 아주 강하게 잘 유지되는것 같아요 딱 열었을때 확~ 올라오는 향은 네스프레소보다 훨씬 진한느낌입니다 2가지 맛을 시용해봤는데 제입맛엔 전체적으로 신맛이 약간 부족한것 같어요</p> <p>대체적으로 만족합니다.</p> <p>1. 커피맛은 네스프레소를 알아갈 필요가 없다고 생각하고 카피로드만의 개성있는 맛을 추구한 지금으로 족합니다. 2. 대규모 공장에서 생산하는 네스프레소보다 생산원가가 더 비할텐데 비슷한 가격대를 유지 하고 있는정도 좋습니다. 3. 다만, 포장 상자에 표기된 산업통상자원부 장관상 수상에 대한 설명은 삭제하거나 로고만 남겼음 좋겠습니다. (원가 웃기고 무지 촌스럽고 영세 업체 느낌이 나요) 대신 그 자리에는 각 캡슐 특성 (원산지, 커피 강도, 아로마에 대한 설명) 이 있으면 좋겠습니다. 4. 흔히 커피 전문점을 찾을때는 커피의 맛도 중요하지만 업소의 환경이나 분위기도 아주 중요하지요. 캡슐커피도 마찬가지로 생각해요. 카피로드 브랜드가 좀더 트렌디하고 세련된 느낌이 들도록 홈페이지나 포장상장의 디자인 개선이 있을 좋겠습니다. 자칫 고급진 디자인을 추구하느라 상자의 인쇄나 재질을 비싸게 하거나 지나친 장식은 하지 않았으면 좋겠어요, 미니멀 하면서도 조금만 세련된 느낌이 들었으면 해요.</p> <p>네스프레소보다 더욱 구매할 의사가 있는 카피로드 입니다 ^^ 제 입맛에는 잘 맞는 편이나 좀 연하다는 점도 강합니다.</p> <p>네스프레소에 비해 맛에서는 월등합니다. 네스프레소의 캡슐을 종류별로 거의 다 마셔왔고 마셔본 것수도 500개가 넘는데, 네스프레소보다 카피로드 캡슐이 더 맛있었습니다.</p> <p>네스프레소 머신을 3년간 매일 사용해왔고, 4가지의 호환 캡슐을 마셔보았는데, 제가 먹어본 호환캡슐 중 가장 맛이 좋았습니다. 하지만, 네스프레소와 비교하여 맛이 연한 점이 아쉽습니다. 추출된 커피의 농도에서 확연한 차이가 납니다.</p> <p>만족합니다</p> <p>추출해서 뜨겁게 마셨을 때는 향이 오래가고 맛의 밸런스도 좋았습니다. 하지만 얼음을 타서 차갑게 마시거나 향의 지속력이나 맛의 밸런스가 뜨거울 때에 비해서 좀 떨어지는 것 같습니다. 각 제품마다의 개성이 더 부각 되었으면 좋겠습니다. 카피로드의 제품 중 5개 정도를 마셔본 것 같은데 솔직히 별 차이를 모르겠네요. 캡슐포장에 대해서는 정말 높게 평가하고 있습니다.</p> <p>네스프레소는 가격도 세고 너무 진해서 별로였는데 카피로드는 부드럽고 커피향과맛이 너무좋아요</p> <p>지금 저렴한 만들어 주세요 ^^</p> <p>포장상태나 위생상태는 네스프레소보다 월등히 뛰어나고 감탄했습니다만 맛 부분이나 향 부분에서 아직은 좀 가법다(싱겁다)생각이 듭니다</p> <p>네스프레소의 경우 거의 안사용했고, 커피습을 많이 이용했는데 개인커피습들에 비해서 정말 훨씬 맛이 좋아요. 스타벅스나 기타 제인커피습의 이용도 많이 줄었어요. 싱글오리진의 경우 다 먹어봤는데 개인적으로 케냐 참 좋아요. 홍보가 잘 안되어 있는게 아쉽네요. 직년쯤부터 해서 많이 사먹고 있었는데 이벤트로 다른 것들을 먹어볼수있어 좋았습니다. 블렌딩의 경우 파란색종류인가? 하나 참 좋았는데 기억이 안나네요;; 다 캡슐커피에 비해 향이 정말 좋습니다.</p>

: 관능검사의 소비자 만족도 (2차 검사)

- 유보적 평가 77건
- 다양한 레시피 적용을 위한 제안과 농도에 대한 아쉬움으로 유보적 평가 확인

네스프레소처럼 다양한 여러 종류의 캡슐이 나왔으면 합니다. 또한, 네스프레소에는 없는 라떼를 만들어 먹을 수 있는 (돌체구스티처럼) 우유 캡슐이 나오면 좋을 것 같습니다.
조언이라고 하긴엔 그렇지만 커피로드를 마시고 느낀 점 정도^^ 네스프레소만 마시다가 커피로드의 커피를 (특히 허니문) 마셨을 때 향도 그렇고 너무 연하고 밍밍한 맛이라 다시 주문할까 싶었어요.(최종하지만 처음에 마셨을 때는 그랬어요. ^^) 무료배송 받고 그냥 돌아오는 건 아니다 싶어서 좀 진한 걸로 다시 여러개를 주문해서 마셔보니 향도 진하고 라떼로 마셔도 좋더라고요. 확실히 네스프레소보다 2% 부족한 맛과 향이라고 할까요. 전문가 수준은 아니어서 뭐라 딱 꼬집을 수는 없지만... 불런딩 테스트를 한다고 해도 그 맛에는 차이가 있을 듯 해요. 그렇지만 점점 달라질 커피로드 캡슐에 기대 만방할게요~~~^^v
진하기가 약하게 느껴질 때가 있습니다. 그럴때 2개 추출해서 먹거든요.
전체적으로 가성비에서 네스프로소에 앞선다고 생각함 다만 타이코아웃 커피보다는 다소 연한감이 있는 것 같음 그리고 보관함이 따로 있었으면 하는 바람임
다소 맛이 신 편이라 아쉽다. 구수한 맛을 더 좋아한다.
조금 연한거 같아요 추출이 잘 안되는 건지 모르겠지만 ^^
위에도 썼지만, (지극히 주관적인 관점입니다.) 1. 강렬한거 좋아하는 사람으로서 파리지엥, 킬리만자로보다 더 강하게 나왔으면 하는 바람입니다. 2. 이렇게 무료시음 이벤트를 하실때, 종류를 더 여러개로 해서 보내주셔도 좋을 것 같아요. 종이 포장용 튜드라도 5개씩 4 종류를 받아보면 더 좋을 것 같네요 3. 그리고 앞으로 구매의사는요... 네스프레소 한번, 커피로드 한번... 이런식으로 구매하게 될 것 같아요^^(아마, 가격적인 메리트가 있다면 커피로드로 갈아탈듯 심고요)
신선한 것은 감점이나, 맛과 향이 좀 더 깊고 풍부했으면 하는 바람입니다. 캡슐이 좀 더 부드럽게 머신에 들어갔으면 합니다.
향과 맛이 진했으면 합니다.
이중으로 되어 있어 향이 느껴져 좋았어요. 저같이 하루 5잔 정도의 진한 커피를 즐기는 사람에게는 다소 약했던점, 머신에 넣기 전까지는 향이 좋은대추출하면 금방 날아가는점, 대중적인 맛이랄까, 좀 더 차별화된 맛이 있었음 좋겠네요. 그래도 저렴한 가격에 편하게 마실 수 있고 캡슐 보존상태가 좋아서 구매하려고 합니다.
전반적으로 향이 강하면 좋겠습니다.
더이용해 봐야 알 것 같습니다
캡슐커피는 감배전한 원두가 더 적합한 것 같습니다.
좀더 진하고 강한 향과 맛이 있다면 더욱 좋을 것 같습니다. 커피맛을 주로 음미하는 사람들이 먹는데 맛과 향의 진하기에서 차이가 나는 것 같습니다.
향이 좀 멀해요 크레마도 적고
네스프레소 캡슐보다 추출되는 농도가 떨어지는 것 같습니다.
네스프레소는 머신에서 내릴 때부터 퍼지는 향과 입안에서 퍼지는 향이 너무 만족스럽고 마셨을 때 부드러운 느낌이라면 커피로드는 향이 조금 멀하고 마셨을 때 쓴맛이 많이 느껴진다. 그래서 아주 조금(5~10 미리 정도)로 적게 추출해도 그런 경우가 많다.
커피로드의 몇 가지 커피를 마셔 봤는데 개인적으로 향은 네스프레소보다 낫지만 진한 정도에 있어서는 네스프레소가 조금 더 낫지 않나 하는 생각을 해봤습니다.
허니문은 너무 얇은 편이고 카리테스나 킬리만자로는 진한 편 같아요. 맛만 잘 선택한다면 네스프레소와 견주어도 나쁘지 않았어요. 다만 위에서도 말했듯이 원두가루가 플라스틱 케이스에 묻어나오는 건... 너무 보기 싫었어요. 만약 돈 주고 싶더라면 화가 났을 거 같기도 하구요^^. 평균으로 따졌을 때 관심은 편 같아요. 다만 허니문은 향도 맛도 너무 얇은 거 같아요. 허니문 때문에 점수를 싸게 준 편이에요.
아메리카노는 아주 좋으나 라떼를 만들때 살짝 연한 것 같다
캡슐을 넣을때 네스프레소에 비해 더 많은 힘을 가해서 레버를 내려야 하네요. 비슷해지면 좋겠네요.
개인적으로는 캡슐을 틀에서 뜯어내지 않았음 합니다
네스프레소 보다는 상대적으로 커피추출량이 적고 맛도 연합니다. 네스프레소를 마시다가 커피로드 커피를 마시면 좀 상거운 것 같지만 자꾸 마시다 보면 부드러운 매력에 있어요. 그리고 포장지를 제거할 때의 커피향도 좋습니다.
추출량이 좀 작아요

: 관능검사의 소비자 만족도 (2차 검사)

- 부정적 평가 13건
- 추출 양에 대한 불만과 농도에 대한 아쉬움, 그리고 네스프레소 머신의 파손에 대한 불안감으로 부정적인 평가 확인

커피가 전반적으로 연함 / 네스프레소 기기 이용시 정품 캡슐에 비해 포장이 단단하여 풀리지 않는 부분
커피농도와 향만 잡아낸다면 괜찮을것 같습니다. 요즘 한국 네스프레소에서 캡슐값을 내렸기 때문에 가격메리트도 없는상황에서 맛이 연하다면 경쟁에서 밀리지 않을까 생각합니다. 저역시도 아메리카노 750ml를 탈때 아르페시오 한캡슐이면 충분하네 요즘 아르페시오 560원입니다. 그런데 카피로드 캡슐은 어느캡슐이든 750ml 아메리카노를 탈때 2개를 추출해야 만족이 됩니다. 캡슐가격을 생각할때 네스프레소 캡슐을 사먹는것이 경제적인 상황이라 만약 진한커피 좋아하시고, 가격성각하고 드시는분이라면 네스프레소 캡슐보다 메리트가 없게 느껴질거라 생각되네요
쓴맛이 강하게 느껴지고 바디감이 적다
추출이잘안되는듯합니다
전반적으로 향이 약함
향이좀부족한것같고 특징적인맛이 부족한것같아요.
가격면만 빼고는 그리 강점임 없어보임
뭔가 캡슐을 넣으면 얼얼한 느낌이다. 그래서 그런지 추출이 제대로 안된다. 추출이 약하게되니 맛도 싱겁고, 향도 제대로 나지 않았다. 네스프레소만큼 잘 맞아서 향도 맛도 제대로였으면 좋겠다.
향이 너무 약하고, 원두별로 차별성이 별로 없는 것 같습니다. 맛의 강도도 너무 약해서, 불런덤을 다양하게 하는 것도 좋지만 강도도 다양하게 하는 게 좋을 것 같습니다. 제 대신에서만 그런건지 크레마가 거의 없습니다.
향과 맛이 몰진했던 것 같습니다.
향과 맛이 대체로 약해 싱거운 느낌
네스프레소와 비교 시 향이 솔직히 알고 연합니다~ 네스프레소로 뽑았을때는 비교가 어느정도 몰하지만 콩이나 물을 섞었을때에 조금 그렇습니다~
네스프레소머신사용중인데요. 캡슐이 호환은 가능하나 잘 맞지않는것 같아요. 두번째제품은 두강달는데 힘들더라구요. 추출도 잘되지 않았구요.

: 향후 평가방법 보완방향

① 머신에 있어 레버의 뽀뽀함 및 피팅 문제

- 타사 (네스프레소) 제품은 알루미늄 캡슐이므로 캡슐 립이 얇아서 레버의 누름압력이 적게 걸리지만 자사 (커피로드) 캡슐은 플라스틱(PE)재질로 추출압력의 손실을 방지하려면 일정수준 이상의 두께 유지가 필요함
- 단지 현재 개발 중인 EVOH 다층 시트의 차단성과 가공/성형성이 우수한 소재 적용 시 캡슐 립의 구조 설계 개선을 통하여 성능을 향상시켜 문제를 해결하고자 함

② 캡슐 알루미늄 Lid의 타공 상의 문제

- 알루미늄 Lid가 잘 안 찢어진다는 지적은 사실 소비자의 오해에서 기인된 것으로 판단됨
- 알루미늄 Lid의 엠보의 깊이가 깊어서 추출 시 캡슐 내부에 물이 스며들면서 압력이 걸리면 알루미늄 Lid가 표면적이 늘어나면서(실제는 늘어나지는 않고 주름이 퍼지면서 표면적이 커짐) 타공이 되므로 타공된 부위가 육안으로 확인이 어려움
- 오히려, 알루미늄 Lid가 추출 후에 배가 불룩하게 나오는 현상이 발생하여 캡슐커피의 hight(키)가 커지는 현상으로 인해 캡슐의 eject(배출)이 잘 안되는 문제점을 파악
- 미세패턴을 지닌 미세 엠보로 금형을 제작, 알루미늄 Lid의 형태를 개선하여 제품이 생산되고 있으며, 상기 불만족 사항은 해결함

③ 추출 농도에 대한 불만

- 추출 농도는 커피 소비자들의 주관적인 판단이므로 이 부분에 대한 해결이 가장 난해하고 많은 시간이 요하는 것으로 판단되며, 장기적인 모니터링을 통한 만족도를 향상해야 할 것으로 판단됨
- 이를 위하여 서로 다른 방식의 로스팅기를 구매하여 다양한 로스팅 프로파일을 구현해 보고 있는 중이며, 계절적 요인에 따른 소비자의 기호의 변화 유무와 지역적 선호도의 차이 유무 확인 등 다양한 분석을 시도하고 있음
- 또한 에스코픽이라는 바리스타 챔피언들이 모여서 결성한 협동조합에서 당사의 바리스타들이 교육을 받으면서 로스팅과 컵핑 및 블렌딩에 대한 교육 및 시도를 진행하여 향후 점차적으로 품질을 개선해 나갈 계획임

- ④ 관능검사에 있어 마케팅효과에 대한 인식조사 항목을 포함하여 수행할 필요가 있음을 확인하였으며, 부정적 평가요소의 대안에 대한 시장 조사가 필요할 것으로 판단됨

○ 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 연구

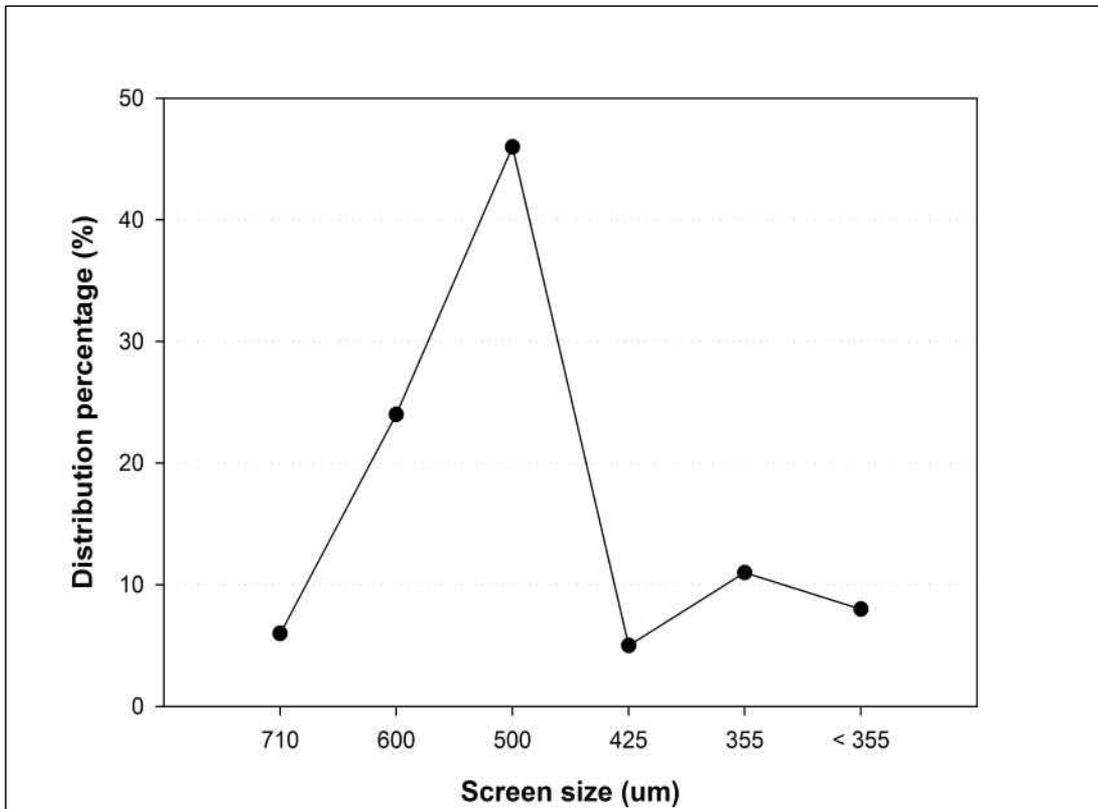
1) 다양한 원두의 그라인딩 포인트별 분쇄입자 분석

① 콜롬비아 메델린 (카피로드 천마하나로)

- 로스팅 포인트 : 아그트론 no56
- 그라인딩 포인트 : 2.3 (디팅 1403)
- 샘플 량 : 10 g

<표 2 콜롬비아 메델린의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.60	6.0
600	2.40	24.0
500	4.60	46.0
425	0.50	5.0
355	1.10	11.0
>355	0.80	8.0
합계	10.00	100.0



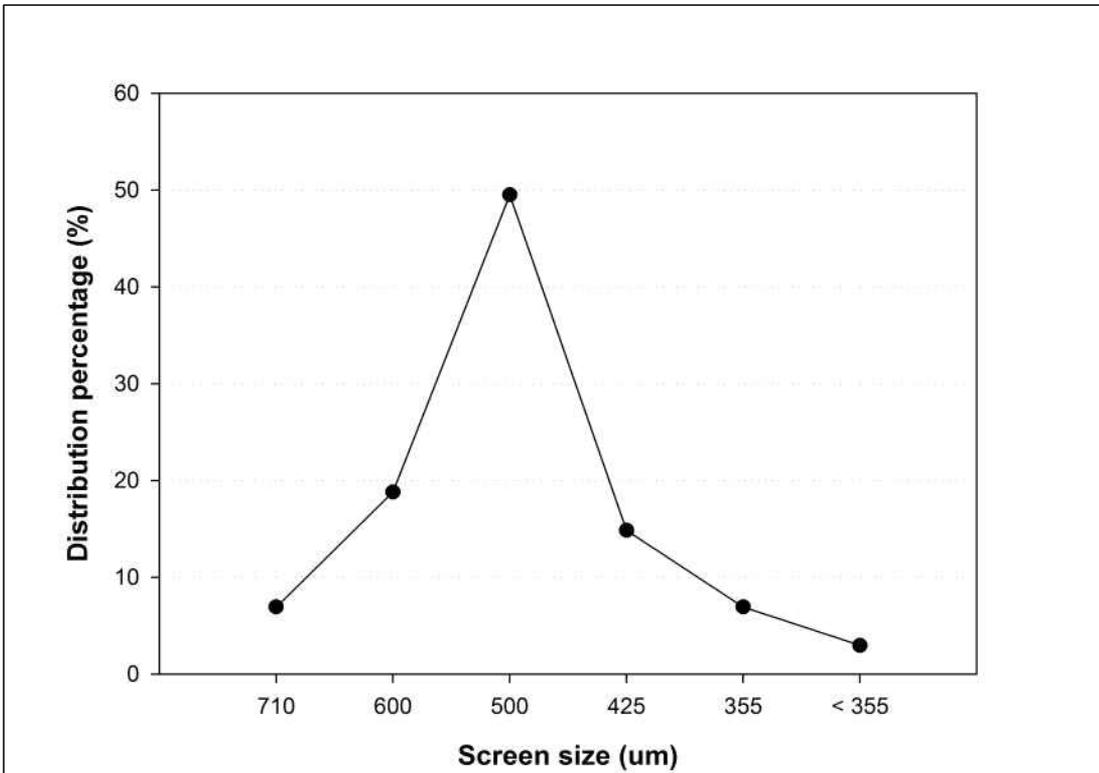
<그림 3 콜롬비아 메델린의 분쇄입자별 구성비>

② 과테말라 (카피로드 천마하나로)

- 로스팅 포인트 : 50.2
- 그라인딩 포인트 : -
- 샘플 량 : 10.1 g

<표 3 과테말라의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.70	6.9
600	1.90	18.8
500	5.00	49.5
425	1.50	14.9
355	0.70	6.9
>355	0.30	3.0
합계	10.10	100.0



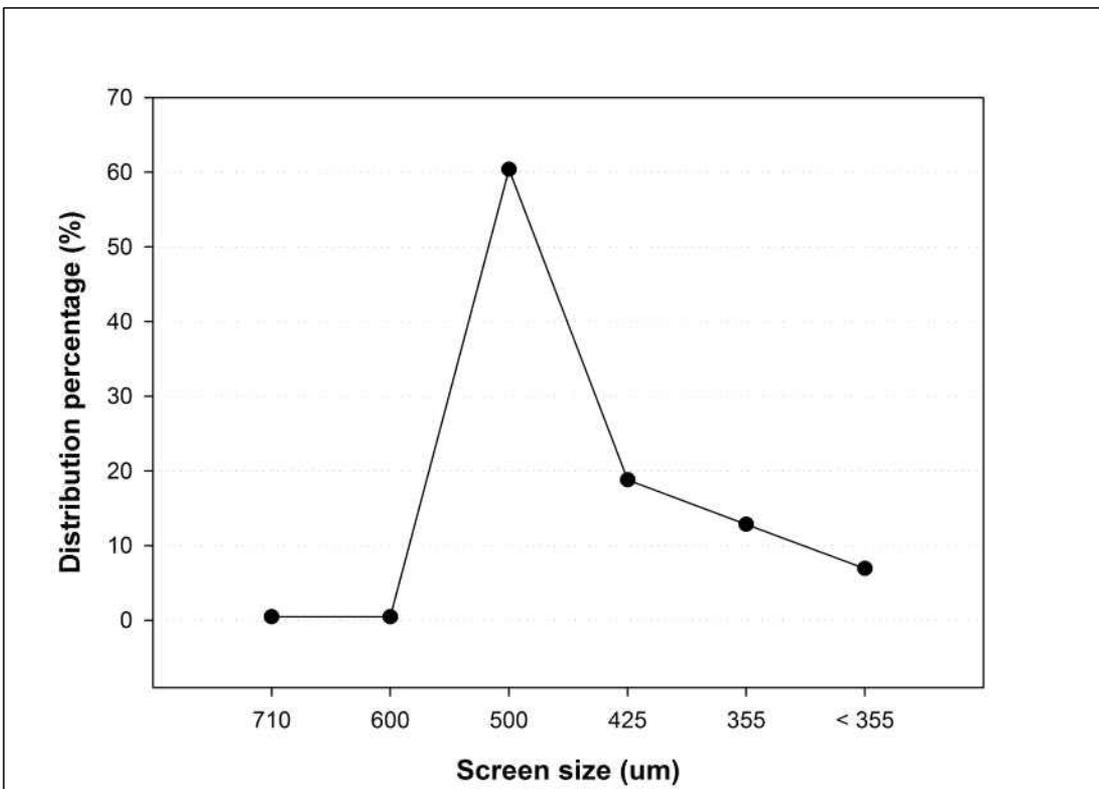
<그림 4과테말라의 분쇄입자별 구성비>

③ 네스프레소 들사오도 브라질

- 로스팅 포인트 : 45.8
- 그라인딩 포인트 : -
- 샘플 량 : 10.1 g

<표 4 네스프레소 들사오도 브라질의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.05	0.5
600	0.05	0.5
500	6.10	60.4
425	1.90	18.8
355	1.30	12.9
>355	0.70	6.9
합계	10.10	100.0



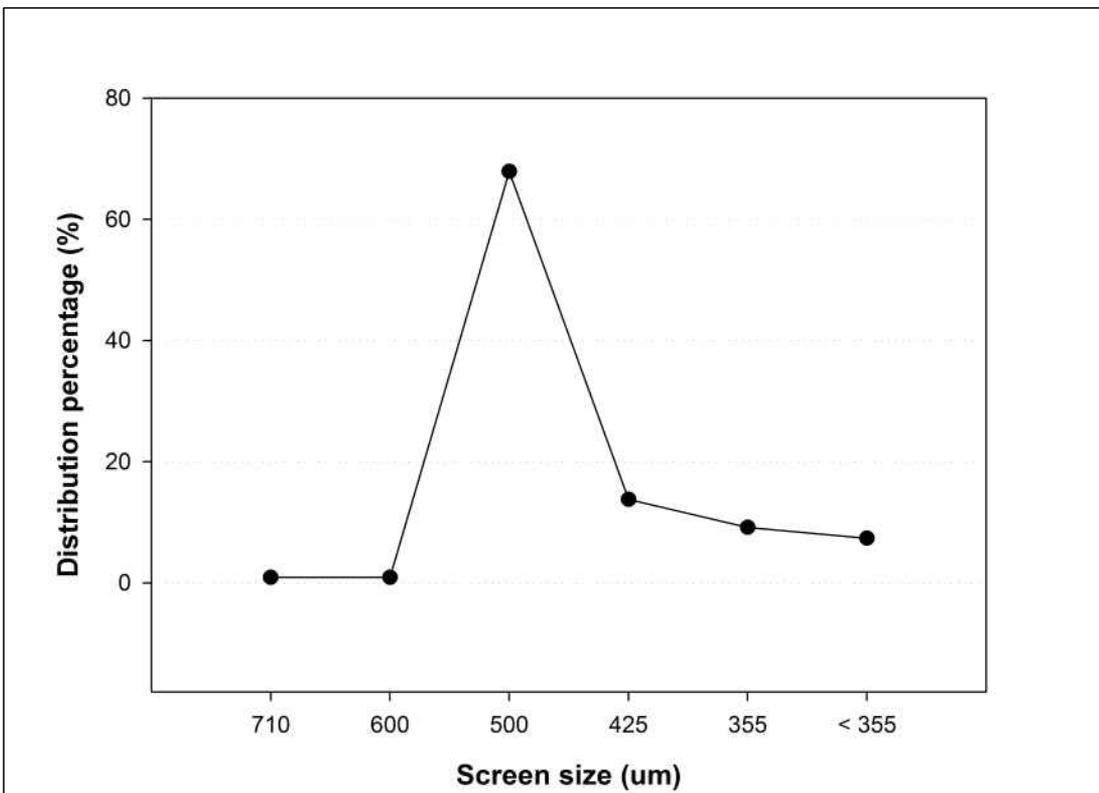
<그림 5 네스프레소 들사오도 브라질의 분쇄입자별 구성비>

④ 네스프레소 리반토

- 로스팅 포인트 : 48
- 그라인딩 포인트 : -
- 샘플 량 : 10.9 g

<표 5 네스프레소 리반토의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.10	0.9
600	0.10	0.9
500	7.40	67.9
425	1.50	13.8
355	1.00	9.2
>355	0.80	7.3
합계	10.90	100.0



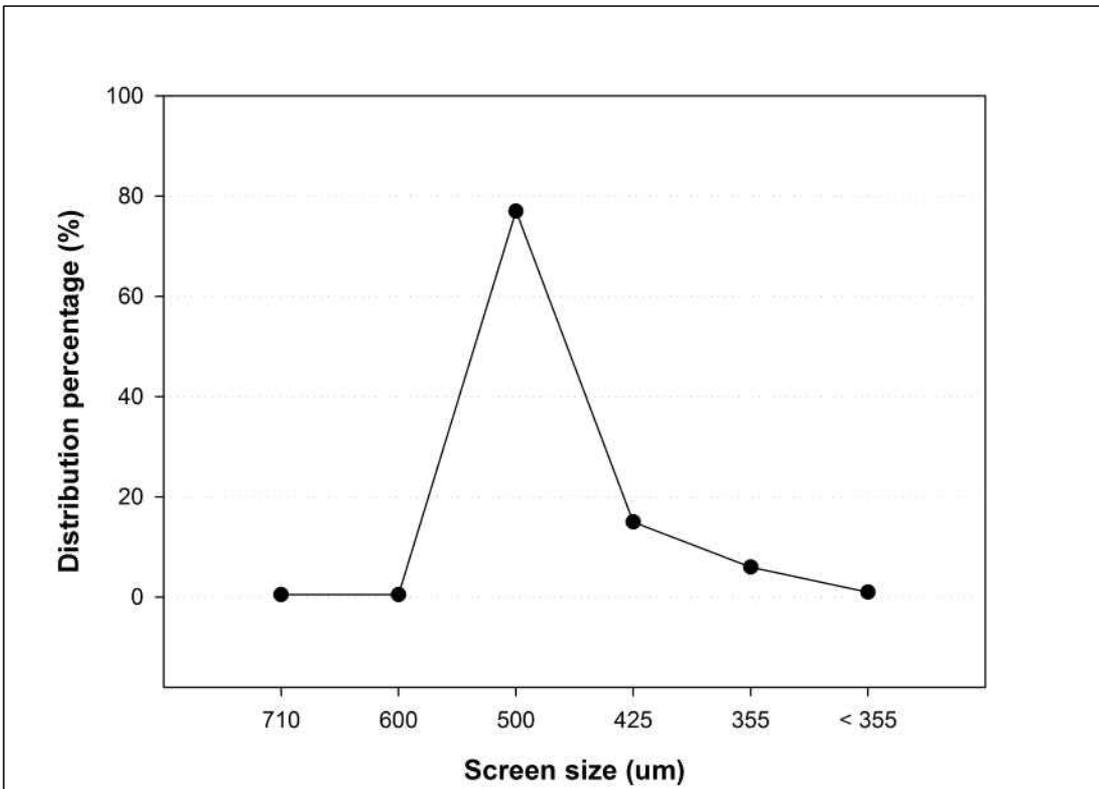
<그림 6 네스프레소 리반토의 분쇄입자별 구성비>

⑤ 네스프레소 카프리치오

- 로스팅 포인트 : 49
- 그라인딩 포인트 : -
- 샘플 량 : 10 g

<표 6 네스프레소 카프리치오의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.05	0.5
600	0.05	0.5
500	7.70	77.0
425	1.50	15.0
355	0.60	6.0
>355	0.10	1.0
합계	10.00	100.0



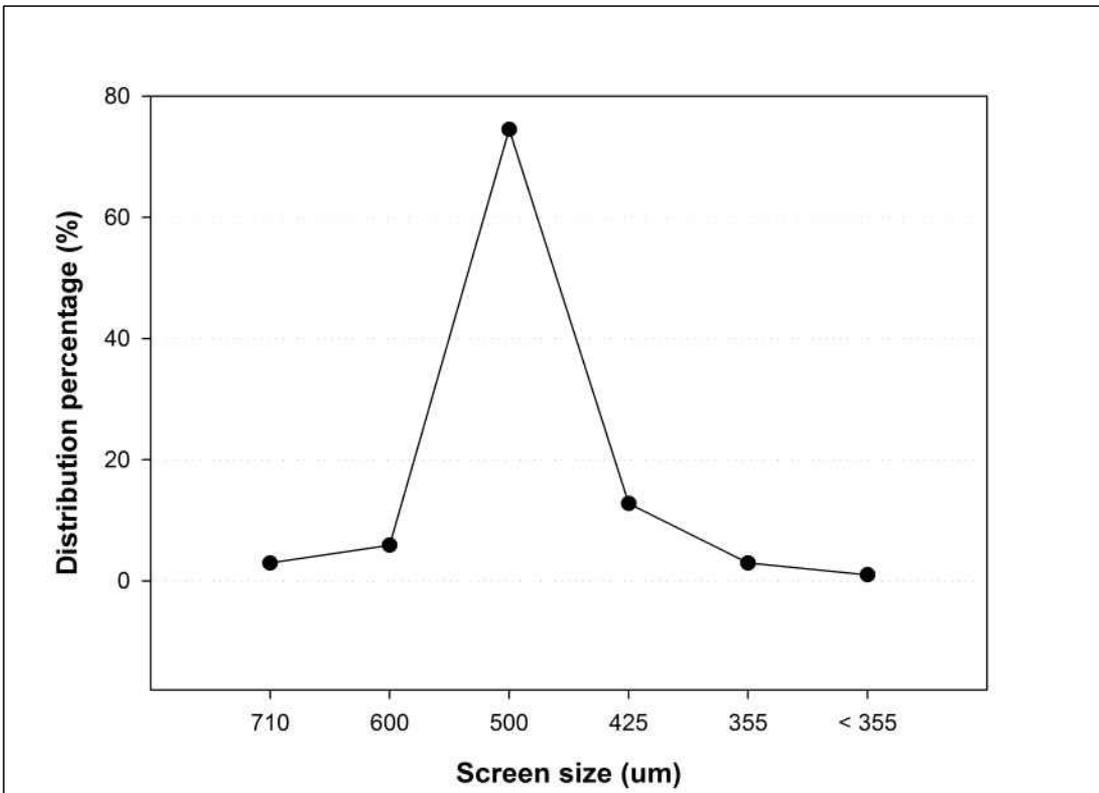
<그림 7 네스프레소 카프리치오의 분쇄입자별 구성비>

⑥ 네스프레소 블루토 디카페나토

- 로스팅 포인트 : 48.5
- 그라인딩 포인트 : -
- 샘플 량 : 10.2 g

<표 7 네스프레소 블루토 디카페나토의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.30	2.9
600	0.60	5.9
500	7.60	74.5
425	1.30	12.7
355	0.30	2.9
>355	0.10	1.0
합계	10.20	100.0



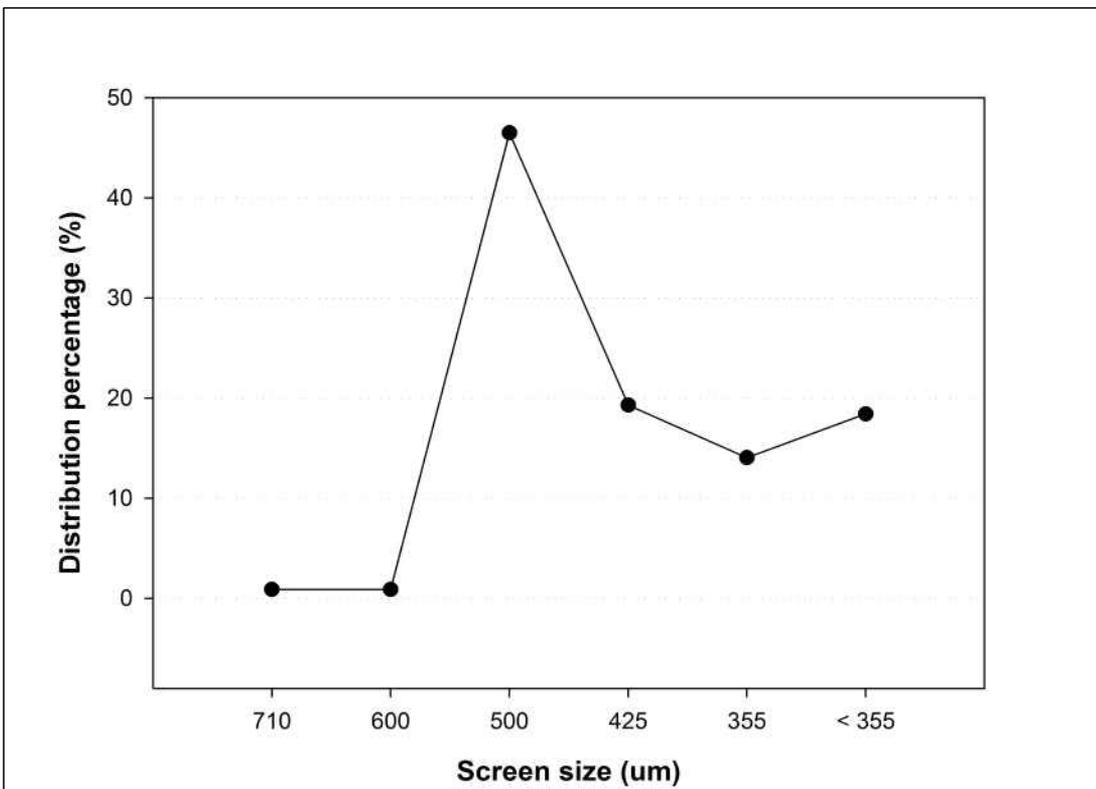
<그림 8 네스프레소 블루토 디카페나토의 분쇄입자별 구성비>

⑦ 네스프레소 리니지오 룱고

- 로스팅 포인트 : 50.6
- 그라인딩 포인트 : -
- 샘플 량 : 11.4 g

<표 8 네스프레소 리니지오 룱고의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.10	0.9
600	0.10	0.9
500	5.30	46.5
425	2.20	19.3
355	1.60	14.0
>355	2.10	18.4
합계	11.40	100.0



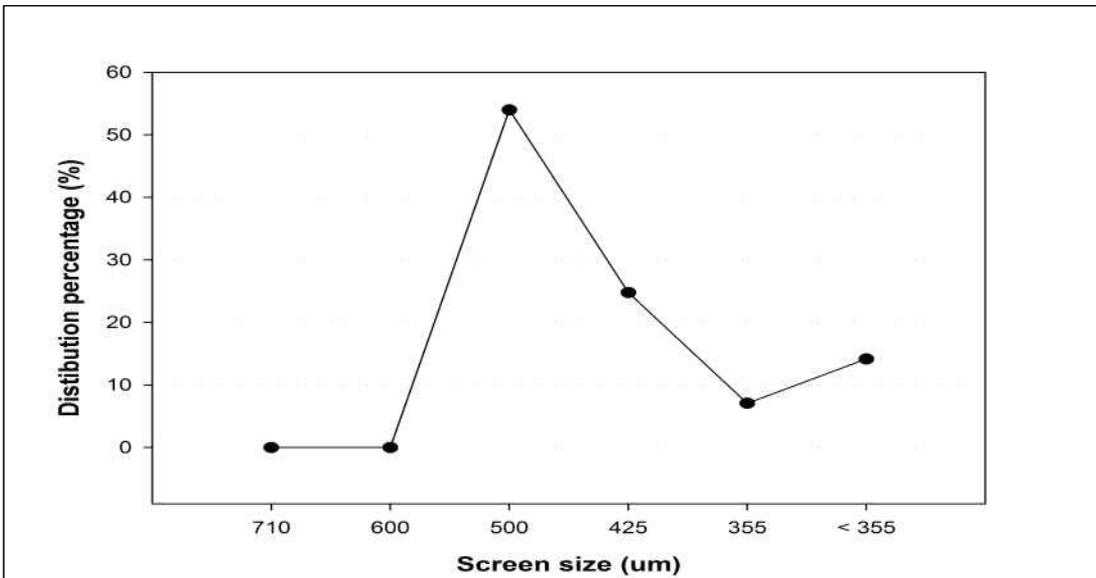
<그림 9 네스프레소 리니지오 룱고의 분쇄입자별 구성비>

⑧ 네스프레소 아르페지오

- 로스팅 포인트 : 39
- 그라인딩 포인트 : -
- 샘플 량 : 11.3 g

<표 9 네스프레소 아르페지오의 분쇄입자 결과 값>

스크린 사이즈 (um)	중량 (g)	구성비 (%)
710	0.00	0.0
600	0.00	0.0
500	6.10	54.0
425	2.80	24.8
355	0.80	7.1
>355	1.60	14.2
합계	11.30	100.0

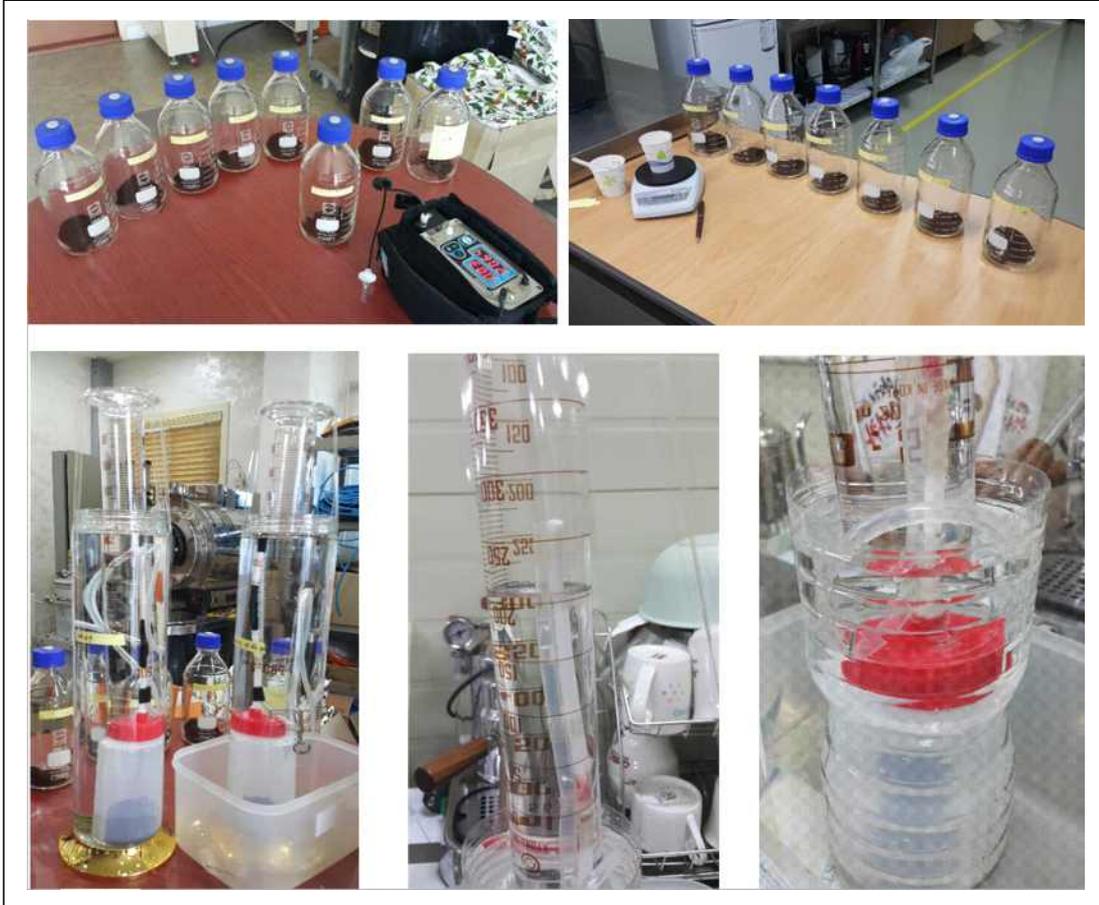


<그림 10 네스프레소 아르페지오의 분쇄입자별 구성비>

- 캡슐커피는 로스팅 된 커피를 잘게 분쇄하여 캡슐에 담아 추출하는 커피로 분쇄도는 추출과 맛에 중요한 요소임
- 분쇄도는 직접적으로 고온의 물이 투과해야하므로 추출에 상당한 영향을 주며, 시중의 대표적 브랜드와의 입도 비교 분석을 통한 맛과 향의 개선
- 타 사 제품과 자사제품의 분쇄입도를 비교한 결과 자사제품의 분쇄 입도(스크린사이즈)가 비교적 큰 것으로 관찰됨
- 특히, 스크린 사이즈 35의 분포가 제일 높다는 공통점은 있으나 타사 제품은 거의 모든 샘플에서 스크린사이즈 30보다 큰 입자는 제로에 가까운 반면 자사제품은 35사이즈를 정점으로 해서 25부터 40까지 광범위한 사이즈를 보임으로써 원두입자의 균일성이 떨어진다는 문제점이 나타남. 이는 결국 타깃으로 한 맛을 정확히 구현할 수 없다는 결과 확인
- 따라서, 의도한 맛의 범위 내에서 자사제품의 분쇄도를 전반적으로 낮추고 입도 조절 제어를 위한 설비를 검토, 분쇄도에 따른 맛과 향의 품질 관리 기술을 향상

2) 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 연구

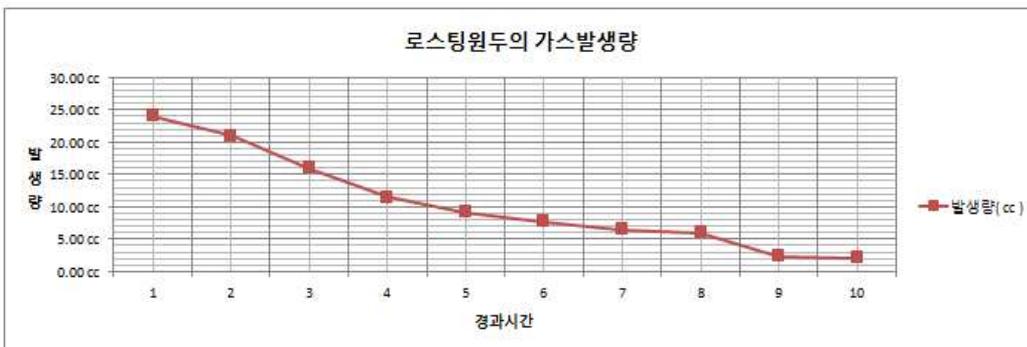
: 가스 배출량 테스트



<사진 7 그라운드 커피 가스 배출량 분석 실험>

[콜롬비아]

경과시간 (분)	10 분	20 분	30 분	40 분	50 분	60 분	70 분	80 분	90 분	100 분	총합
발생량(cc)	24.00 cc	21.00 cc	16.00 cc	11.50 cc	9.20 cc	7.70 cc	6.50 cc	6.00 cc	2.40 cc	2.10 cc	106.4 cc



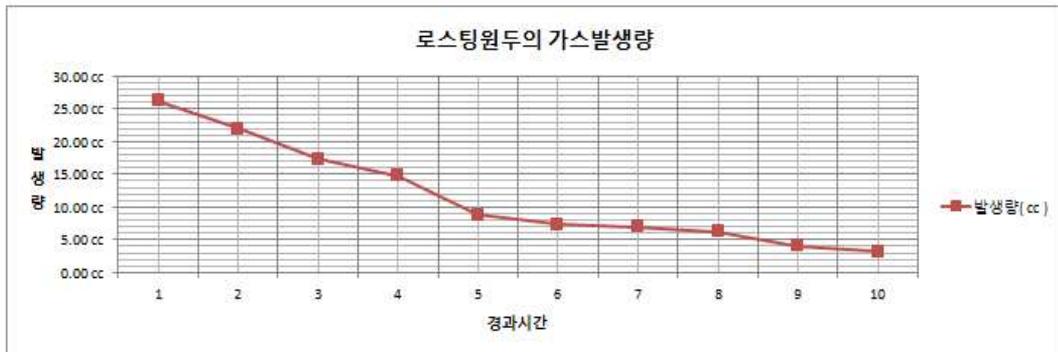
[인디아]

경과시간 (분)	10 분	20 분	30 분	40 분	50 분	60 분	70 분	80 분	90 분	100 분	총합
발생량(cc)	29.50 cc	20.00 cc	19.20 cc	16.40 cc	8.50 cc	8.40 cc	7.50 cc	5.10 cc	3.20 cc	2.40 cc	120.2 cc



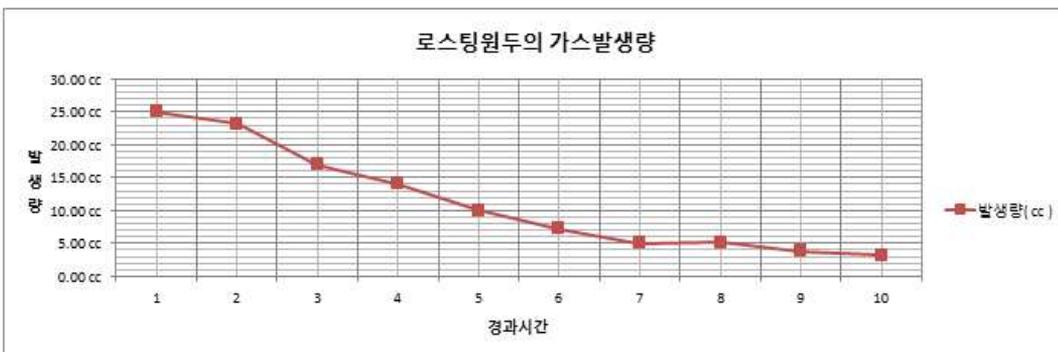
[인도네시아]

경과시간 (분)	10 분	20 분	30 분	40 분	50 분	60 분	70 분	80 분	90 분	100 분	총합
발생량(cc)	26.20 cc	22.00 cc	17.30 cc	14.80 cc	8.80 cc	7.40 cc	7.00 cc	6.20 cc	4.00 cc	3.20 cc	116.9 cc



[에티오피아]

경과시간 (분)	10 분	20 분	30 분	40 분	50 분	60 분	70 분	80 분	90 분	100 분	총합
발생량(cc)	25.00 cc	23.20 cc	17.00 cc	14.10 cc	10.00 cc	7.20 cc	5.00 cc	5.10 cc	3.80 cc	3.20 cc	113.6 cc



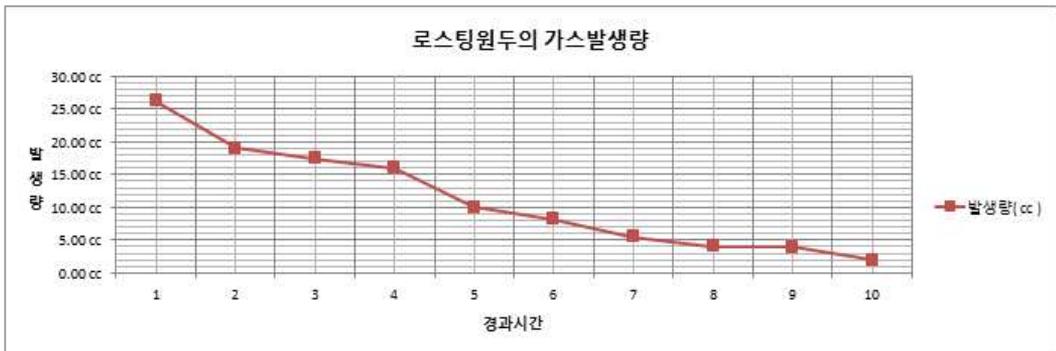
[과테말라]

경과시간 (분)	10 분	20 분	30 분	40 분	50 분	60 분	70 분	80 분	90 분	100 분	총합
발생량(cc)	30.00 cc	20.50 cc	15.00 cc	15.10 cc	9.20 cc	8.40 cc	6.60 cc	5.20 cc	2.10 cc	2.00 cc	114.1 cc



[케냐]

경과시간 (분)	10 분	20 분	30 분	40 분	50 분	60 분	70 분	80 분	90 분	100 분	총합
발생량(cc)	26.20 cc	19.00 cc	17.50 cc	16.00 cc	10.00 cc	8.20 cc	5.50 cc	4.00 cc	3.90 cc	2.00 cc	112.3 cc

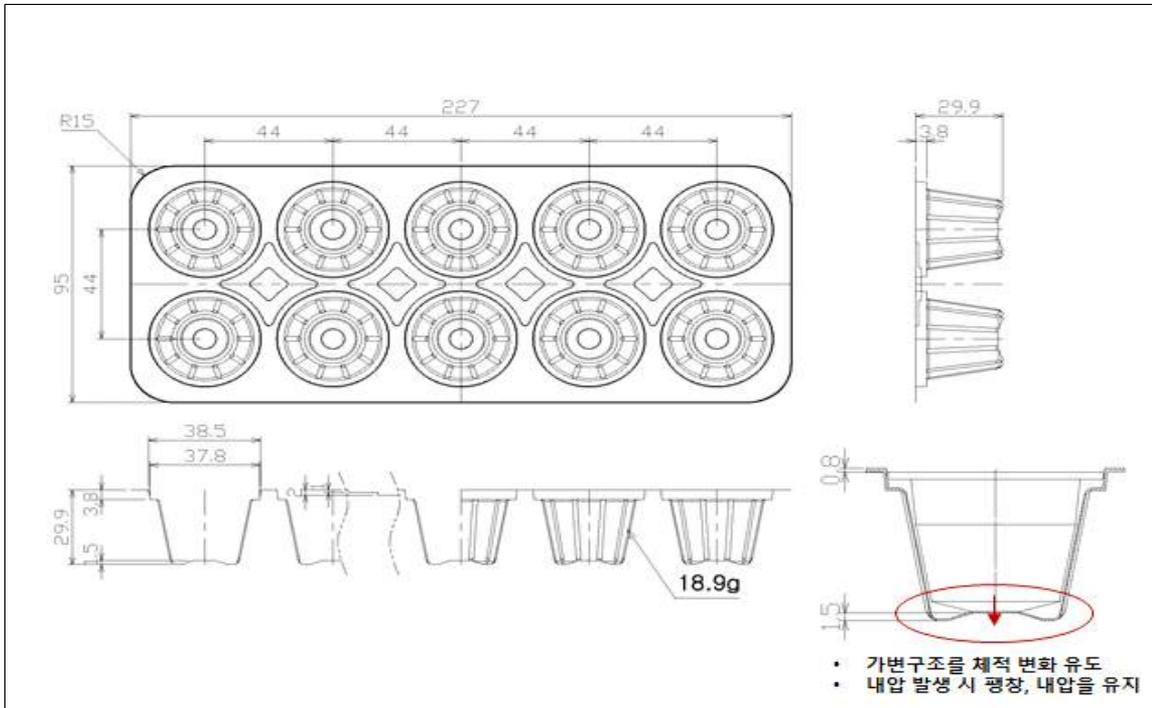


- 원두커피를 그라인딩 시 조직이 잘게 쪼개지면서 상당히 많은 포지션의 gas가 빠져나가고 쪼개진 원두 입자내부에는 g당 3cc 이내의 gas가 들어있는 것으로 판단됨.
- 위 그래프상 분쇄후 40분 정도면 (분쇄도에따라 다를 수 있음) 함유된 가스의 50%정도가 발산되는 것으로 확인됨.
- 그라인딩 후 초기에 시간당 많은 양이 분출되고 시간이 지나면서 원두의 세포내 압력이 떨어지면서 분출되는 가스량이 감소함을 알 수 있고, 위 데이터를 토대로 새롭게 개발한 용기의 체적 및 최종 실링타임 조건 확보
- 또한, 차 년도 CO2흡착 필름과 CO2흡착 기능의 용기를 개발할 때 위 발생량을 토대로 흡착성능 및 실링타임 확정 예정

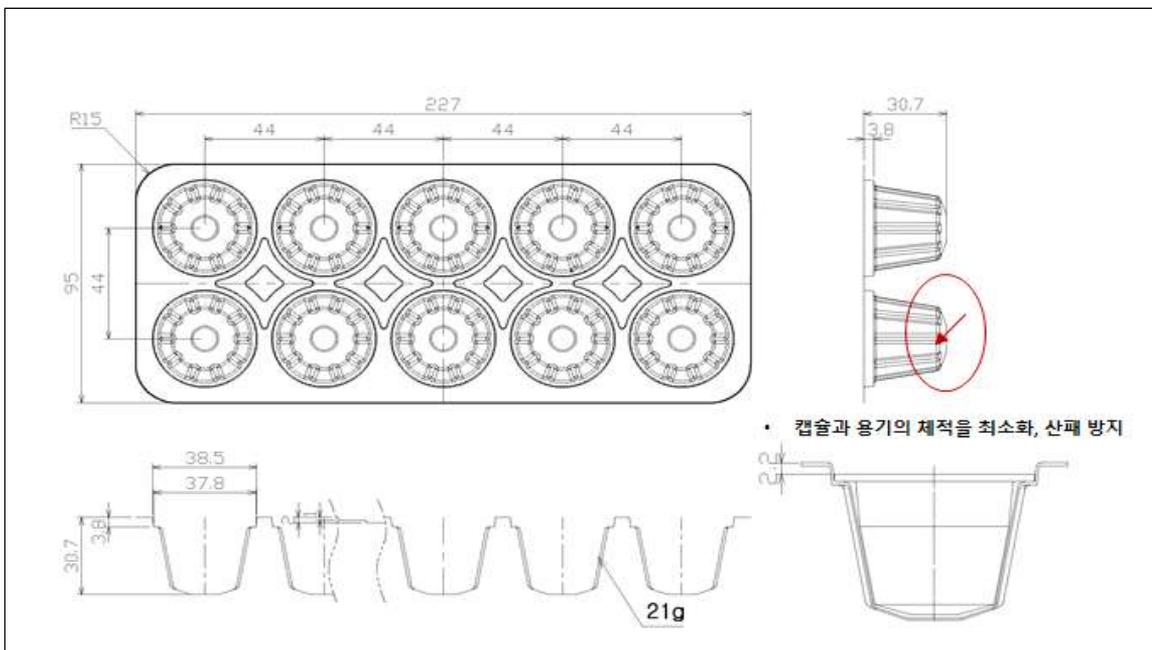
○ 패키징 엔지니어링 디자인 적용 구조 설계 및 이에 따른 물성 평가 기술 확보

1) 캡슐커피 패키징 용기 개선 연구

- 캡슐커피 패키징 용기 내 압력 발생 시 가변 체적 구조를 통한 압력 유지 용기 설계
- 바닥이 압력 발생시 튀어나오도록 고안



- 현재 바깥으로 되어 있는 캡슐 트레이의 기둥을 안쪽으로 변경함
- 캡슐과 트레이의 체적을 최대한 줄임으로 산패를 방지



2) 캡슐커피 용기의 트레이 기둥 내외 구조 변화 비교

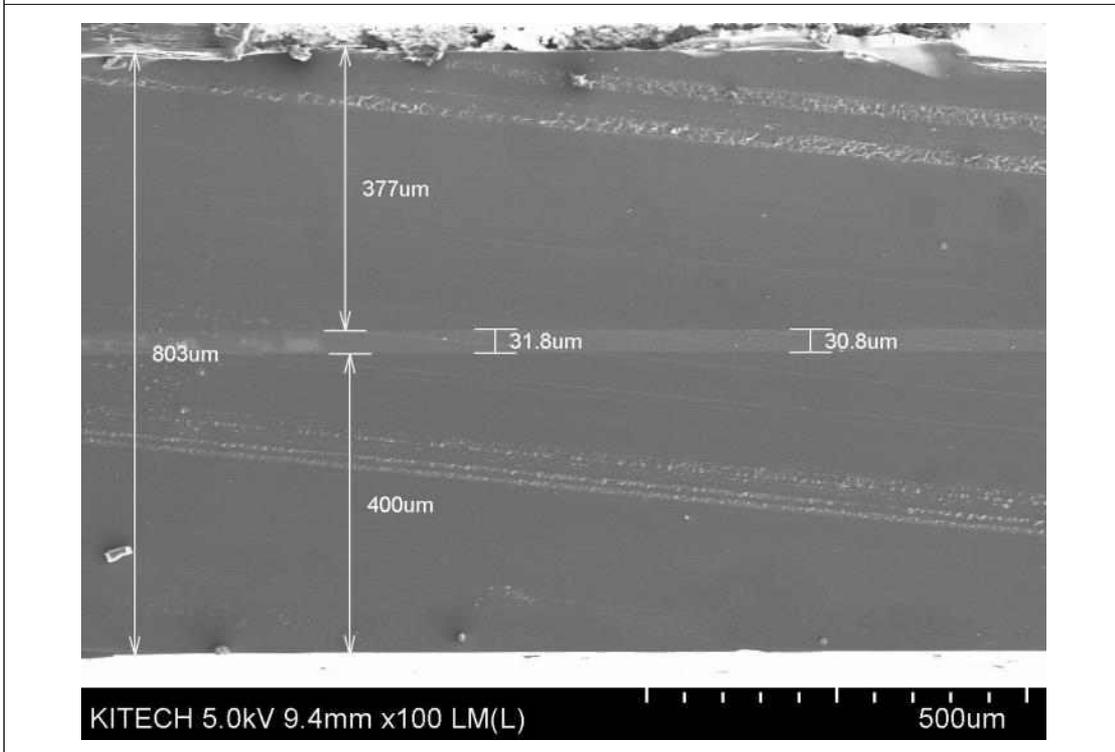
기존 용기 내 기둥 구조	수정 용기 외 기둥 구조
	
	
	

<사진 8 용기 내 기둥 구조 비교>

3) 캡슐커피용 다층 시트 및 성형 용기



다층시트 구조분석



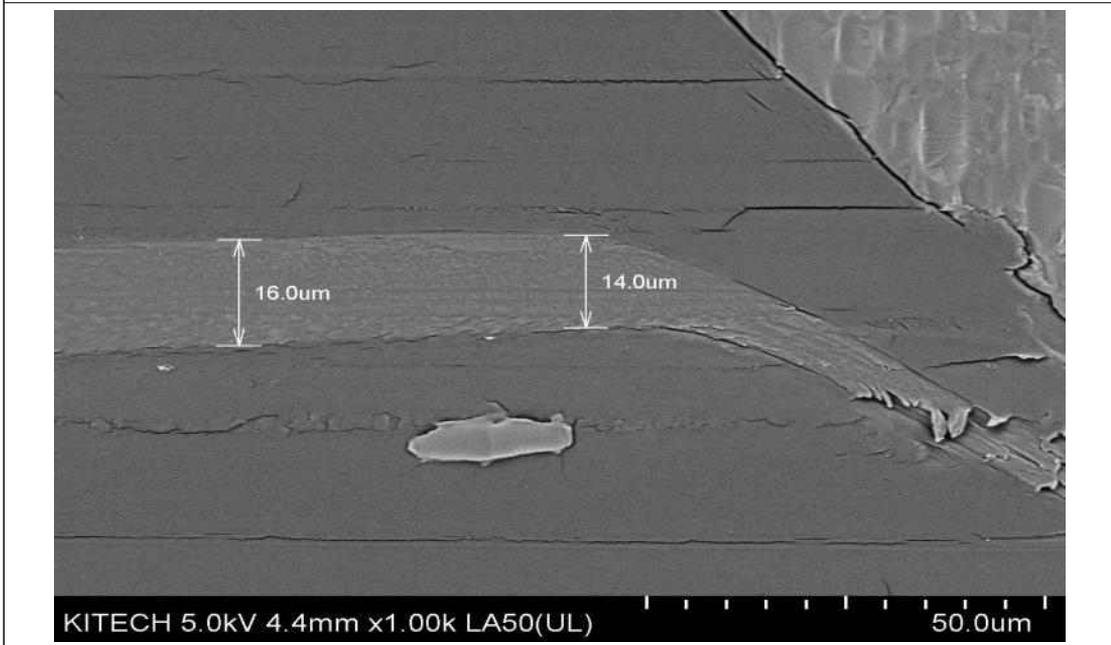
<사진 9 다층 시트 및 구조 분석>

- 총 두께 800 um의 시제품 생산
- EVOH 단일 층으로 구성하였으며 30 um 정도의 두께 시제품 제작

4) 개선된 다층 시트 활용하여 Thermoforming을 통해 캡슐 커피 시제품 제작



다층시트 열 성형 후 구조변화 분석



<사진 10 열 성형 용기 및 구조 분석>

- 시트 시제품의 Thermoforming 후 EVOH 층의 두께는 40~50 um에서 캡슐의 밑 부분은 14~16 um 정도로 줄어듦
- 캡슐 커피의 산소 투과도는 0.0011 ± 0.0008 cc / pkg · day · atm 로 측정됨

Contents	Data
Oxygen Permeability (cc / pkg · day · atm)	0.0011 ± 0.0008

5) 캡슐커피 용기의 Lid 필름 개선 연구

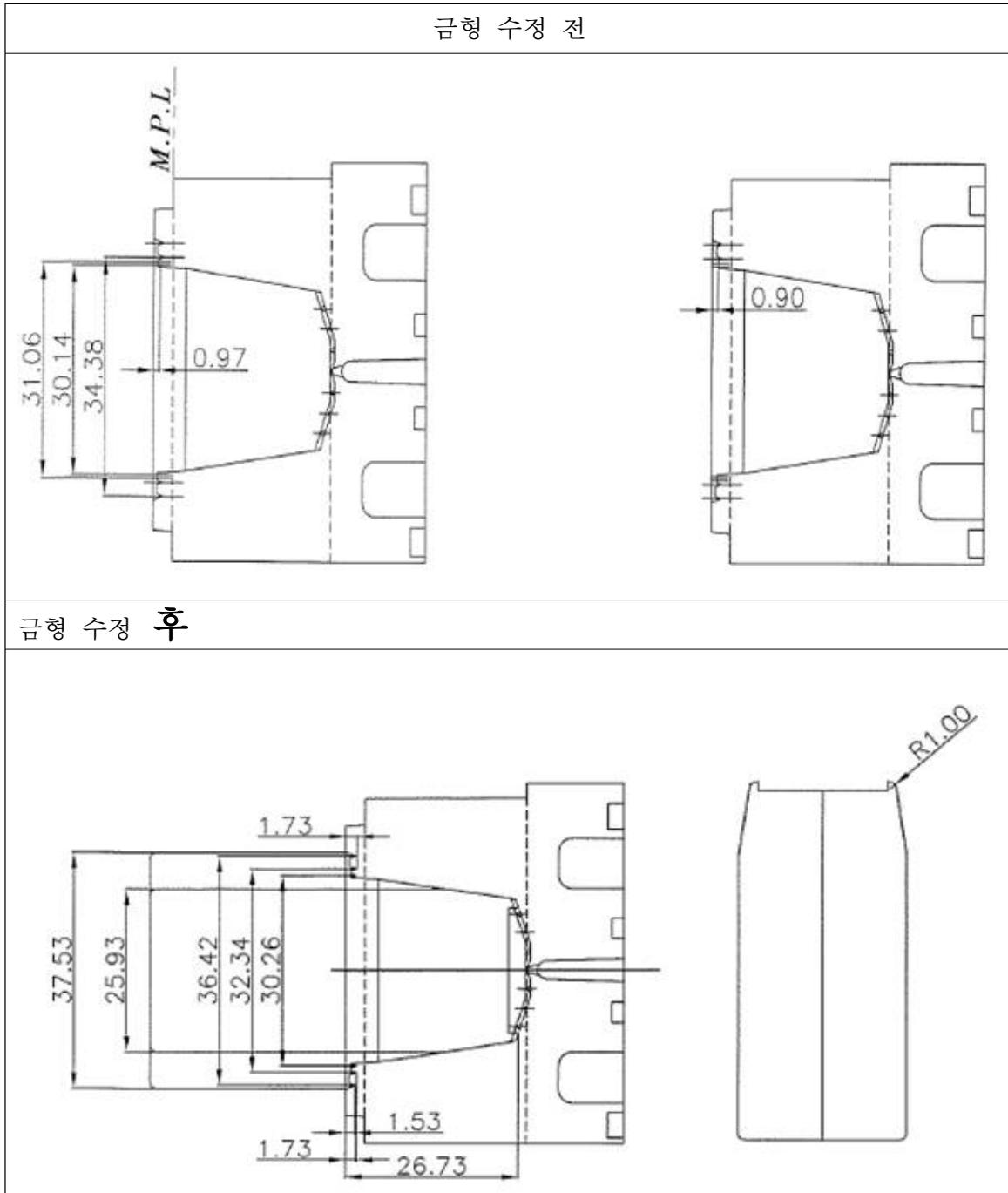
기존 Lid 필름	개선 Lid 필름 아이디어
 <p>• 돌출 부위를 제거</p>	 
 <p>• 원형으로 성형</p>	 

<사진 11 Lid 필름 개선 안>

- 기 적용 되고 있는 원형 type의 이지필 리드 방식을 적용, 소비자 편의성을 높이고 기존 캡슐의 패키징 공정 간소화가 가능, 제품 적용 가능성을 연구 / 2차 년도 사업에서 추진 할 예정임

6) 커피 캡슐 금형 코어수정

- 커피 추출을 위해 머신에 투입된 캡슐을 고정레버를 작동시켜 내부 홀더에 고정시키는 단계에 있어 기존 캡슐 구조상 약한 밀착성으로 인해 고온의 온수가 캡슐로 투입되는 추출 초기 시 누수가 발생되고, 고정레버 작동 시에 30개의 핀 홀이 캡슐 알루미늄 리드를 타공 하여야 하는데 약한 밀착성으로 일부분 타공 혹은 전혀 타공이 되지 않는 문제점 개선
- 캡슐 립 밑면에 캡슐과 추출머신기의 캡슐홀더의 밀착성을 높일 수 있는 라인을 개선
- 캡슐 밑면의 핀 홀을 확실히 성형 할 수 있도록 코어박스의 구조를 변경하여 문제점을 해결



<그림 11 금형 수정 전후 비교>

수정 설계 금형



수정 금형 설계 커피 캡슐



추출 시 물이 새는 부위



추출 시 밀폐성 향성을 통한 구조 개선

<사진 12 캡슐 개선 전후 비교>

7) 캡슐커피 패키징 사용자 편의성 향상

- 향산화패키지를 물방울 모양으로 개별 컷팅 시 사용자가 손잡이를 잡고 필름을 벗기기에 다소 불편한 문제점 개선함
- 기존의 손잡이는 향산화 패키지 상단부와 평면구조를 이루고 있었으나 개별포장 상단면을 둥근형태로만 실링을 하고 손잡이 부분을 2개의 계단식 단차 구조 설계를 하여 생성 시킴으로써 사용자가 패키지의 바디와 필름을 쉽게 구분하여 잡을 수 있게 개선
- 또한, 한손의 엄지와 검지로 물방울 모양의 꼭지부분을 잡을 때 검지의 손톱으로 용기의 계단부위를 쉽게 잡을수 있게 함으로써 Easy peel 필름 제거 시 보다 용이하게 변형/개선함

향산화패키지 2단 계단식 손잡이형태의 개선된 구조



구조 개선을 통한 소비자 편의성 확보를 위해 개선 된 계단식 손잡이 구조

<사진 13 개선된 패키징 용기>

□ 제1협동기관 - 한국생산기술연구원 패키징기술센터

■ 1차년도

(1) 연구개발 목표

- 산소 차단성 향상에 활용되는 천연물 및 가스 흡착능 천연물 소재 조사 및 성능 분석
- 범용 고분자 용융가공 시 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운딩 기술 개발
- 고차단성 구현 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술
- 컴파운드 소재 활용 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작/평가 (Lab Scale)
- 커피의 성분(Key Component)분석 및 차단성 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 분석

천연물 기반 산소 고차단성 컴퍼운드 소재 개발

- 핵심성과
 - 특허출원 2건 (주관기관 협조), SCI 논문 1건 (주관기관 협조)
- 전략성과
 - 컴파운드 소재 산소 차단성: < 0.008 cc·m/m²·day·atm
 - 다층구조 시트 산소 차단성: < 0.008 cc·m/m²·day·atm

(2) 연구개발 내용

- 산소 차단성 향상에 활용되는 천연물 및 가스 흡착능 천연물 소재 조사 및 성능 분석
 - 차단성 구현이 가능한 천연물 소재(Clay, Mica, Talc, Glass Bubble 등) 자료 조사 및 분석
 - 국내·외 문헌 및 관련 자료를 통한 기초 및 응용자료 확보
 - 국내·외 고차단성 패키징 시장현황 조사/분석
 - 고차단성 천연물 소재 선정 및 최적 함량 선정을 위한 연구
 - 가스 흡착 기능 천연물(Zeolite, CaOH₂, Bentonite, CNT 등) 소재 자료/시장 조사 및 분석
 - 가스 흡착기능 패키징 소재 연구 및 개발 동향 파악
- 범용 고분자 용융공정 내 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운딩 기술 개발
 - 범용 고분자(Polyethylene, PE, Polypropylene, PP 등)수지와 천연물 소재의 상용성 향상을 위한 공정 기술 및 조건 확보
 - 천연물 소재 개질에 따른 고분자/천연물 소재 상용성 평가 기술 확보
 - 천연물 소재 균일분산 컴파운딩 공정 및 안정화 조건 분석 및 연구
- 커피의 성분(Key Component)분석 및 차단성 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 분석
 - 기존 로스팅 분쇄 커피의 성분(Key Component) 및 용기 실패 커피의 성분 비교 분석
 - 컴파운드 소재 적용에 따른 성분 변화 분석

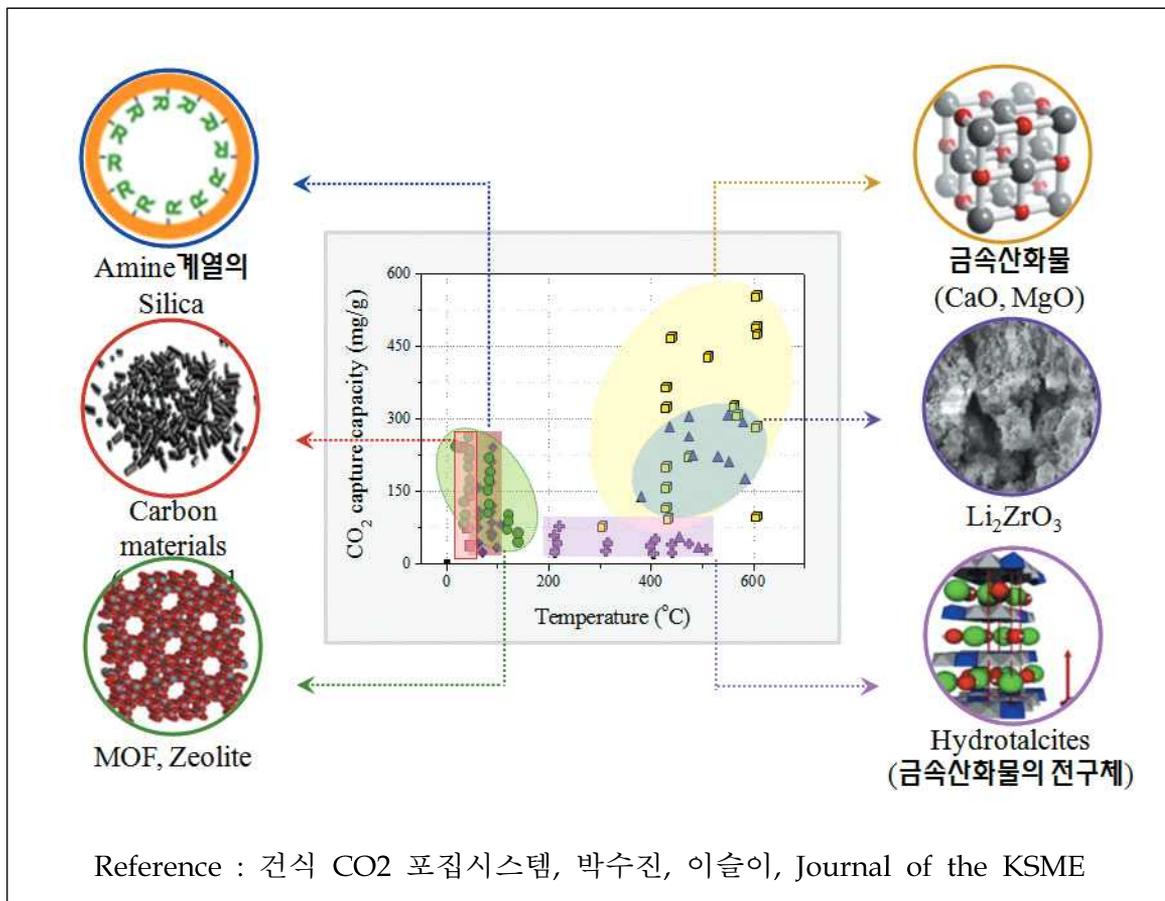
■ 1차년도

(1) 연구개발 결과

○ 산소 차단성 향상에 활용되는 천연물 및 가스 흡착능 천연물 소재 조사 및 성능 분석

1) 차단성/흡착능 천연물 조사

- 갓 볶은 커피의 경우 당과 아민기의 반응에 의한 Strecker degradation reaction으로 인해 이산화탄소가 발생하게 되고 이로 인해 커피 패키징의 내압 증가로 인한 제품 손상이 발생. 따라서 이를 보완하기 위해 이산화탄소 흡착이 가능한 패키징 소재 개발을 목표로 기존 문헌 조사를 통해 CO₂ 흡착능이 있는 천연 nanoclay 및 carbonaceous material의 흡착량 분석 및 비교



<그림 12 흡착 온도 조건에 따른 다양한 흡착제의 이산화탄소 흡착능>

- 대표적인 이산화탄소 흡착제로는 알칼리 금속계, 제올라이트, 금속유기구조체 (MOF), 금속산화물 및 탄소재료 등이 있음
- 알칼리 금속계의 경우 저온 영역에서도 이산화탄소 흡착이 가능하며 수분이 있는 조건에서도 이산화탄소 분리회수가 가능한 장점이 있으나 3~11 wt.%로 낮은 흡착량 및 부반응으로 인한 Na₂CO₃ 등의 생성물 형성으로 이산화탄소 포집 효율 저하

- 제올라이트는 낮은 제조원가와 풍부한 미세기공률을 지니는 실리카계열의 흡착제로서 상온, 상압 조건에서 3~10 wt.%의 흡착량을 보이고 있음. 하지만 수분을 쉽게 흡수하는 특성으로 인해 실제공정에 적용 시 이산화탄소 흡착능력이 크게 감소.
- MOF는 다양한 금속클러스터 및 유기리간드의 조합에 따라 수천가지의 합성이 가능함에 따라 우수한 기체 흡착 선택특이성, 수분흡수 및 정밀화학용 촉매 등으로 각광받고 있음. 하지만 공정 적용 시 이산화탄소 분압이 낮은 경우 매우 낮은 이산화탄소 회수효율을 보이며 공정단가의 경제성 문제도 있음.
- 금속산화물의 경우 이산화탄소 흡수량이 높은 반면 높은 온도에서 사용되기 때문에 반응속도가 너무나 느리고 많은 양의 에너지를 필요
- 탄소재료는 단일원소로 구성되어 있음에도 불구하고 결합의 형태가 다양하며 화학적 안정성, 전기 및 열전도성, 고강도, 고탄성률 등의 우수한 특성을 가진 우수한 재료임. 이산화탄소 흡착제로 사용되는 다공성 탄소소재는 이산화탄소와 친화성이 높은 관능기를 표면에 도입하여 이산화탄소를 유도 및 포집함.
- 가스 흡착능 천연물 킴파운드 소재로 개발하기 위해 경제성 및 물성 고려한 결과 제올라이트계열, nanoclay 계열 및 탄소 계열 이산화탄소 흡착제가 선별되었으며 그에 따른 논문 조사 및 흡착능 실험 진행

① 벤토나이트

Reference 1: Elkhalfah AE, Maitra S, Bustam MA, Murugesan T. Effects of exchanged ammonium cations on structure characteristics and CO₂ adsorption capacities of bentonite clay. Applied Clay Science. 2013;83:391-398

Materials	Characteristics	
Bentonite clay		
Refernce 1	Company	R&M Chemicals, U.K.
	BET surface area (m ² /g)	97.27
	Pore volume (m ³ /g)	0.11
	Pore size (Å)	46.80
	Experimental condition	Magnetic suspension balance, 298K, 10 bar
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)	0.93

- 실험 결과 벤토나이트의 경우 25 °C에서 1 그램 당 0.93 mmol 의 이산화탄소를 흡착

② 제올라이트

Reference 1: Siriwardane RV, Shen M-S, Fisher EP, Losch J. Adsorption of CO₂ on zeolites at moderate temperatures. Energy & Fuels. 2005;19(3):1153-1159

Reference 2: Liu Z, Grande CA, Li P, Yu J, Rodrigues AE. Adsorption and desorption of carbon dioxide and nitrogen on zeolite 5A. Separation Science and Technology. 2011;46(3):434-451

Materials	Characteristics				
Zeolite					
Reference 1	Product			Company	
	13X, 4A			Zeochem, Inc	
	WE-G 592, APG-II			UOP	
	5A			Aldrich Chemical Co.	
	BET surface area (m ² /g)				
	13X	4A	WE-G 592	APG-II	5A
	710	N/A	N/A	625	710
	Pore size (Å)				
	13X	4A	WE-G 592	APG-II	5A
	10	5	4	10	10
	Experimental condition				
	TGA, dried at 150 oC, CO ₂ adsorption at 120oC				
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)				
	13X	4A	WE-G 592	APG-II	5A
	0.7	0.38	0.5	0.6	0.38
Zeolite 5A					
Reference 2	Company			Shanghai zeolite molecular sieve Co. Ltd	
	Pellet radius (m)			0.00135	
	Pellet density, kg/m ³			1083	
	Crystal diameter (um)			2.0	
	Adsorbent specific heat (J/kg.K)			920	
	Experimental condition				
	Magnetic suspension balance, CO ₂ adsorption at 303,333,363,393 and 423K at 1bar				
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)				
	303K	333K	363K	393K	423K
	3.38	2.95	2.44	1.80	1.21

- 120°C에서 그램당 이산화탄소 흡착량 0.4~0.7 mmol 을 기록. 제올라이트 5A는 303K에서 3.38 mmol의 이산화탄소 흡착량을 보이며 온도가 높아질수록 흡착량이 감소. 실제 캡슐 커피의 유통 환경 온도는 20~50°C 이므로 제올라이트의 경우 온도에 따른 이산화탄소 흡착량 감소의 영향이 미미할 것으로 예상

③ 단일벽 탄소나노튜브 (SWNT)

Reference 1: Lu C, Bai H, Wu B, Su F, Hwang JF. Comparative study of CO₂ capture by carbon nanotubes, activated carbons, and zeolites. Energy & Fuels. 2008;22(5):3050-3056

Reference 2: Cinke M, Li J, Bauschlicher CW, Ricca A, Meyyappan M. CO₂ adsorption in single-walled carbon nanotubes. Chemical Physics Letters. 2003;376(5):761-766

Materials	Characteristics	
SWNT		
Reference 1	Company	Nanotech Port Co., Shenzhen, China
	Diameter	< 10 nm
	Number of walls	1~2
	Length	5 – 15 um
	Purity	> 95%
	Experimental condition	GC with TCD detector, 25 °C, 0.1 atm
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)	0.52
Reference 2	Company	Lab manufactured
	Purity	99.6%
	BET area	1587 m ² /g
	Total pore volume	1.55 cm ³ /g
	Experimental condition	Adsorption isotherm, 35 °C, 100% CO ₂
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)	4.02

- SWNT의 경우 Purity에 따라 이산화탄소 흡착량에서 차이를 보임. Purity가 높을수록 더 많은 이산화탄소 흡착량을 보임. 하지만 SWNT의 경우 순도가 높을수록 가격이 비싸지며 그로 인해 가격 경쟁력 약화

④ 활성탄소

Reference 1: Lu C, Bai H, Wu B, Su F, Hwang JF. Comparative study of CO₂ capture by carbon nanotubes, activated carbons, and zeolites. Energy & Fuels. 2008;22(5):3050-3056.

Reference 2: Plaza M, Pevida C, Arenillas A, Rubiera F, Pis J. CO₂ capture by adsorption with nitrogen enriched carbons. Fuel. 2007;86(14):2204-2212

Granulate active carbon		
Reference 1	Product	Filtrisorb 400
	Company	Calgon Carbon Co., Tianjia, China
	Particle diameter	0.55 ~ 0.75 mm
	Experimental condition	GC with TCD detector, 25 °C, 0.1 atm
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)	0.57
Reference 2	Product	Norit CGP Super
	Micropore volume	0.204 cm ³ /g
	Mesoporous volume	0.648 cm ³ /g
	Experimental condition	TGA, 25°C
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)	1.66

- 25°C에서 그램당 0.6~1.7 mmol 의 이산화탄소 흡착량을 보임. 하지만 활성 탄소의 경우 범용 고분자와의 중합을 통한 컴파운드 소재 사용으로서가 아닌 단일 이산화탄소 흡착제로 산업에서 사용되어지고 있음. 따라서 이번 실험의 목적인 컴파운드 용 소재로서 적합하지 않음

⑤ 그래핀

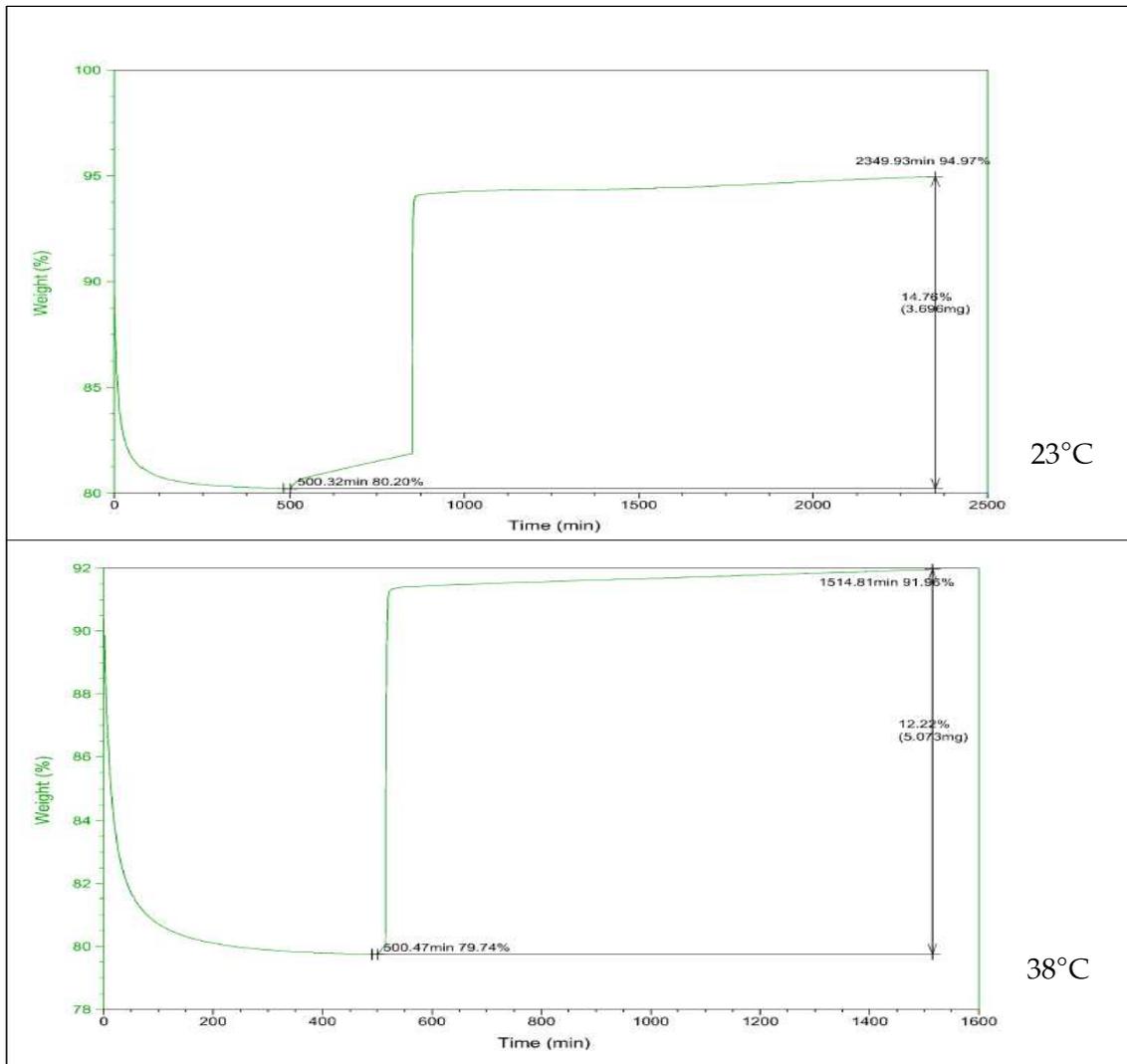
Reference 1: Ghosh A, Subrahmanyam K, Krishna KS, Datta S, Govindaraj A, Pati SK, et al. Uptake of H₂ and CO₂ by graphene. The Journal of Physical Chemistry C. 2008;112(40):15704-15707

Graphene		
Reference 1	Product	Lab manufactured
	BET surface area	639 ~ 1550 m ² /g
	Experimental condition	Adsorption isotherm, 195K, 1 atm
	Adsorption capacity (mmol CO ₂ /g adsorbent)	7.95

- 저온 (195K, -80°C)에서 그램당 7.95 mmol 의 이산화탄소 흡착량을 보임. 하지만 캡슐 커피의 유통 온도 환경인 20~50oC 에서는 온도 증가에 따라 흡착량이 감소할 것으로 예상

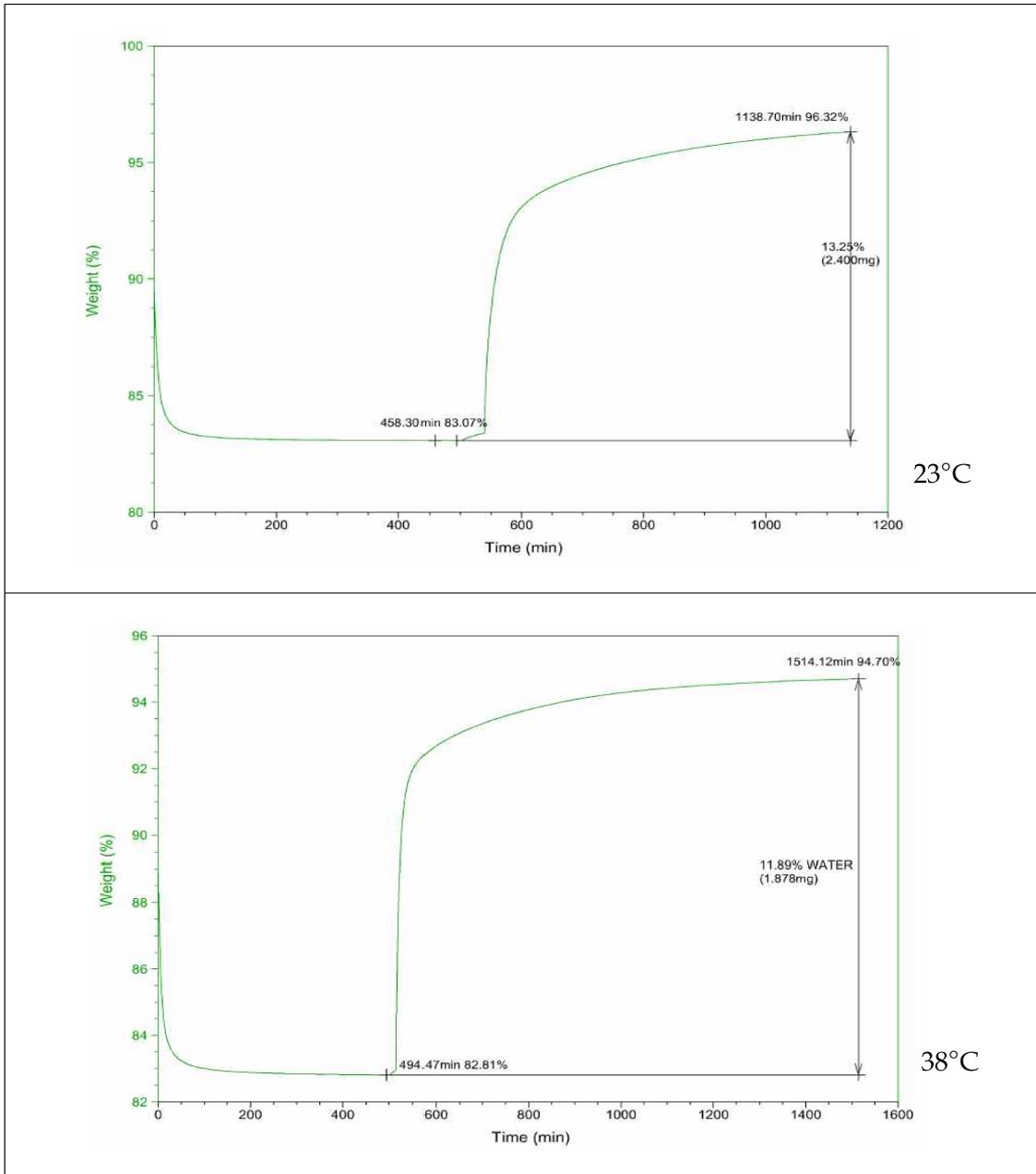
2) 가스 (CO2) 흡착 기능 천연물 소재 흡착능 실험

- : 기존 논문 조사를 통해 CO2 흡착능이 우수하다고 판별되는 흡착제 중 Zeolite 4A, Zeolite 5A, 그리고 Single-walled carbon nanotube의 흡착능을 실험
- : 향후 Zeolite X series, 수산화칼슘 및 다른 Carbonaceous material (Carbon black, MWNT, Graphene 등) 의 흡착능 실험 예정
- : 실험 초반 500분 동안 120oC에서 수분 제거 후 CO2 유입 시작하여 무게 변화가 평형에 이를 때까지 실험 진행



<그림 13 23°C, 38°C 에서 Zeolite 4A CO2 흡착능 실험 결과>

- 23°C : 초반 500분간 수분 제거과정으로 인해 무게 감소가 관측되다가 500분 이후 CO2 유입에 따른 무게 증가 관찰되었으며 대략 1000분경부터 평형 상태 돌입
- 38°C : 초반 500분간 수분 제거과정으로 인해 무게 감소가 관측되다가 500분 이후 CO2 유입에 따른 무게 증가 관찰되었으며 대략 1100분경부터 평형 상태 돌입

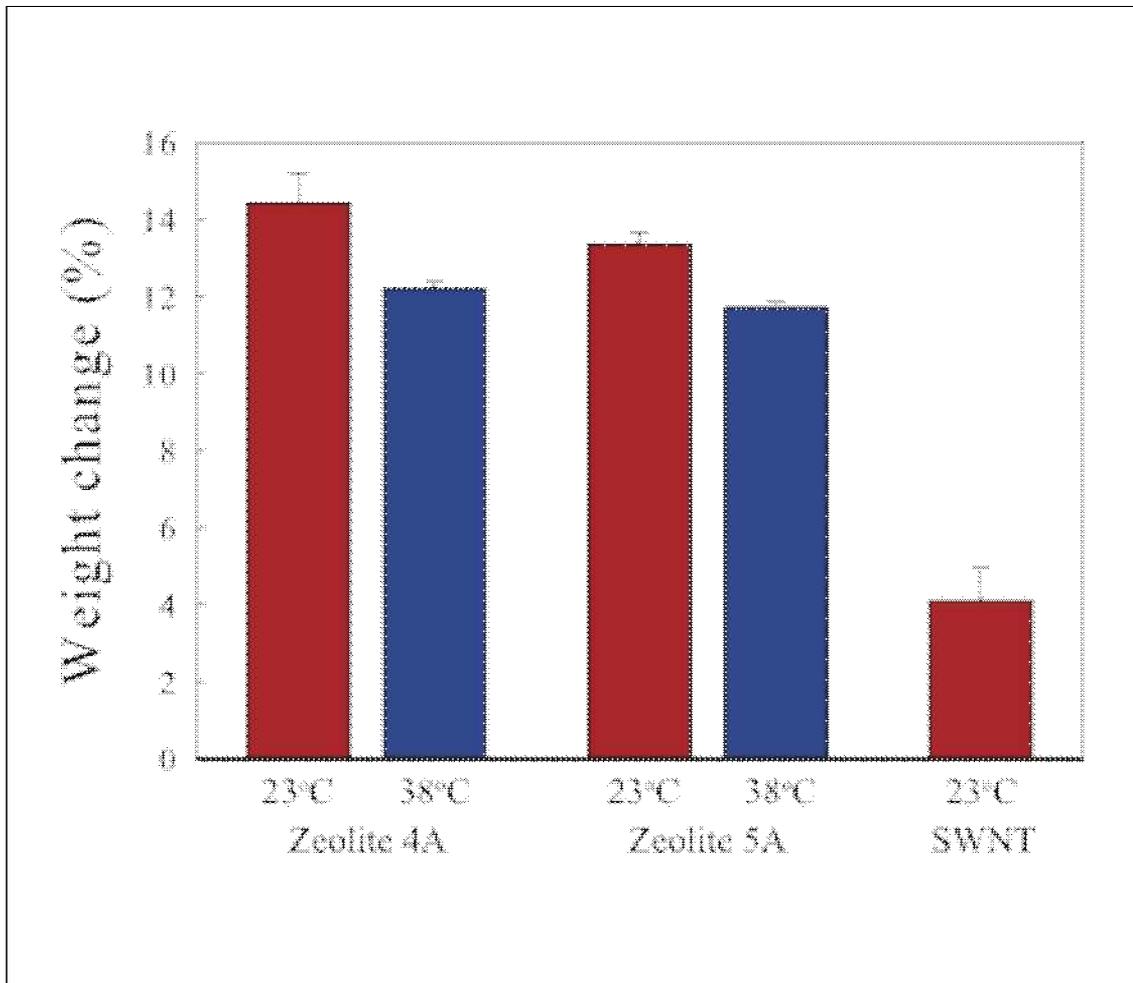


<그림 14 23°C, 38°C 에서 Zeolite 5A CO₂ 흡착능 실험 결과>

- 23°C : 초반 500분간 수분 제거과정으로 인해 무게 감소가 관측되다가 500분 이후 CO₂ 유입에 따른 무게 증가 관찰되었으며 대략 1100분경부터 평형 상태 돌입
- 38°C : 초반 500분간 수분 제거과정으로 인해 무게 감소가 관측되다가 500분 이후 CO₂ 유입에 따른 무게 증가 관찰되었으며 대략 1500분경부터 평형 상태 돌입

<표 10 흡착제 별 CO2 흡착량>

		23°C	38°C
Weight change by CO2 Adsorption (%)	Zeolite 4A	14.43±0.76	12.20±0.22
	Zeolite 5A	13.36±0.31	11.72±0.15
	Single-walled carbon nanotube	4.10±0.88	



<그림 15 흡착제 별 온도에 따른 CO2 흡착량>

- 범용 고분자 용융가공 시 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운딩 기술 개발
- 고차단성 구형 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술

<표 11 차단성 천연물 선행 연구>

Matrix	Filler	Compatibilizer	Dispersion	Ref
LLDPE	Cloisite 20A	OxPE	co-rotating twin screw extruder	[1]
LLDPE	Cloisite 20A	LLDPE-g-MA	co-rotating twin screw extruder	[2]
PP	Cloisite 20A	PP-g-MA	Internal mixer	[3]
LDPE	Cloisite 20A	LLDPE-g-MA	multi layered system	[4]

[1] Ail Durmus, Maybelle Woo, Ahmet Kasgoz, Christopher W. Macosko. Intercalated linear low density polyethylene (LLDPE)/clay nanocomposites prepared with oxidized polyethylene as a new type compatibilizer: Structural, mechanical and barrier properties, European Polymer Journal 43 (2007) 3737-3749

[2] Karen Stoeffler, Pierre G. Lafleur, Johanne Denault. The Effect of Clay Dispersion on the Properties of LLDPE/LLDPE-g-MA/Montmorillonite Nanocomposites, Polymer Engineering and Science (2008) 2459-2473

[3] W, Lertwimolnun, B. Vergnes. Influence of compatibilizer and processing conditions on the dispersion of nanoclay in a polypropylene matrix, Polymer 46 (2005) 3462-3471

[4] Jeremy J. Decker, Kevin P. Meyers, Donald R. Paul, David A. Schiraldi, Anne Hiltner, Sergei Nazarenko. Polyethylene-based nanocomposites containing organoclay: A new approach to enhance gas barrier via multilayer coextrusion and interdiffusion, Polymer 61 (2015) 42-54

- 현재 다양한 용융가공 방식으로 nanoclay를 고분자에 분산시키려는 연구를 수행 중임
- Polymer matrix는 PE, PP 등 다양한 범용수지에 분산시키고 있으며 nanoclay는 organoclay인 cloisite 20A를 다수 사용하는 것을 알 수 있음
- Nanoclay을 polymer matrix에 분산시켜 최적의 물성을 가지는 가공 조건 파악 (Residence time, 조성물 함량)
- 최적의 가공 조건 파악 후 조성물 함량(Nanoclay, Hallow glass microspheres) 변화에 따른 각종 물성 변화 측정

<표 12 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer matrix	Linear low density polyethylene Polypropylene
Fillers	Nanoclay Hollow Glass Microspheres
Compatibilizer	LLDPE-g-MA PP-g-MA
분산 방법	물리적 분산 (용융혼합법)
가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	50
압출기 온도 (Temperature)	200℃
체류 시간 (Residence time)	5, 10, 20 min

- Compatibilizer와 가공온도에서 비슷한 영역의 Melt flow Index를 가진 소재 선정

<표 13 LG chemical의 SP410X의 기본 물성>

물성	시험방법	시험조건	단위	DATA
용융지수	ASTM D1238	190℃ 2.16kg	g/10min	2
밀도	ASTM D1505	-	g/cm ³	0.918
인장강도(파단점)	ASTM D638	50mm/min	kg/cm ²	MD/TD 500/450
신율(파단점)	ASTM D638	50mm/min	%	MD/TD 550/600
융점	ASTM D1525	-	℃	117
낙하충격강도	ASTM D1709	-	g	>1000

<표 14 Polymirae의 Homo PP HP522H의 기본 물성>

물성	시험방법	시험조건	단위	DATA
용융지수	ASTM D1238	230℃ 2.16kg	g/10min	2
밀도	ASTM D1505	-	g/cm ³	0.9
인장강도(항복점)	ASTM D638	50mm/min	kg/cm ²	370
굴곡탄성률	ASTM D790	-	kg/cm ²	15500
열변형온도	ASTM D648	4.6kg/cm ² (1/4")	℃	110
연화점	ASTM D648	-	℃	155
록크웰경도	ASTM D785	-	R scale	98
FDA인증	-	-	-	○

<표 15 Samsung total의 Random PP RF402의 기본 물성>

물성	시험방법	시험조건	단위	DATA
용융지수	ASTM D1238	230°C 2.16kg	g/10min	7
밀도	ASTM D1505	-	g/cm ³	0.9
인장강도(항복점)	ASTM D638	50mm/min	kg/cm ²	340
신율(파단점)	ASTM D638	50mm/min	%	>500
굴곡탄성률	ASTM D790	-	kg/cm ²	9500
Izod충격강도	ASTM D256	23°C	kg·cm/cm	6
Rockwell경도	ASTM D785	23°C	R scale	85
열변형온도	ASTM D648	4.6kg/cm ² (1/4")	°C	95
Vicat연화점	ASTM D1525	1kg	°C	130
인장강도(파단점)	ASTM D638	50mm/min	kg/cm ²	350
FDA인증	-	-	-	○

- Nanoclay 분산용 compatibilizer resin 선정
: 선행연구를 통하여 Polymer grafted maleic anhydride로 결정

<표 16 Mitsui chemical의 NF528T의 기본 물성>

물성	시험방법	시험조건	단위	DATA
용융지수	ASTM D1238	190°C 2.16kg	g/10min	4
밀도	ASTM D1505	-	g/cm ³	0.91
연화점	ASTM D1525	-	°C	72

<표 17 Mitsui chemical의 QB510T의 기본 물성>

물성	시험방법	시험조건	단위	DATA
용융지수	ASTM D1238	220°C 2.16kg	g/10min	3
밀도	ASTM D1505	-	g/cm ³	0.91
녹는점	ASTM D3418	-	°C	160
연화점	ASTM D1525	-	°C	142

- 컴파운드 제조용 이성분계 Filler 소재 선정
- Organoclay <Grade : Cloisite 20A (Southern Clay Product)>
: The quaternary ammonium used as an organic modifier for the clays was dimethyl, dehydrogenated tallow, in which a majority of the double bonds had been hydrogenated. modifier concentration of Cloisite 20A : 95 meq/100g clay
- Hollow glass microsphere
: Grade : iM30K (3M), diameter : 18 microns (average)
- Nanoclay와 Polymer resin의 분산 방법 결정
: Nanoclay 분산에 Shear rate은 가장 중요한 요소로, High Shear rate 을 줄 수 있는 분산 방법 선정



<사진 14 Brabender mixer (왼쪽)와 compounder (오른쪽)>

- 두 종의 컴파운딩 기술 중 High Shear rate 부여가 가능하고 Closing plate를 이용하여 가공 시에 높은 분산도를 가지는 Composite를 제조할 수 있는 선행결과를 바탕으로 Compounder를 활용, 나노소재 컴파운딩 연구 진행
- Polymer/Compatibilizer/Fillers Pellet type 제조
: Melt Flow Index를 이용하여 LLDPE, PP resin의 최적 가공 온도 파악, Nanoclay의 분해 온도가 198 °C 임을 고려하여 가공 온도는 200°C 로 설정

<표 18 가공 조건 >

항목	내용
가공 방법	Brabender Compounder를 이용한 가공
Mixing time	5, 10, 20 min
가공 온도	200°C
Screw 회전속도	50rpm



<사진 15 Nanoclay Composites Pellet type>

<표 19 각 시제품 별 Filler load함량 값>

Sample ID	LLDPE (wt%)	LLDPE-g-M A (wt%)	Nanoclay (wt%)	HGMs (wt%)	Mixing (min)
Neat LLDPE	100				10 순환식 가공조건
LLN	95		5		
LLMN1	90	5	5		
LLMN2	85	10	5		
LLMN3	80	15	5		
LLMNB	77	15	5	3	
Sample ID	Homo PP (wt%)	PP-g-MA (wt%)	Nanoclay (wt%)	HGMs (wt%)	Mixing (min)
Neat Homo PP	100				< 2 연속식 가공 조건
PPGB	97			3	
PPGN1	95		2	3	
PPGN2	93		4	3	
PPGN3	91		6	3	
PPGN4	89		8	3	
PPGN5	87		10	3	
Sample ID	Random PP (wt%)	PP-g-MA (wt%)	Nanoclay (wt%)	HGMs (wt%)	Mixing (min)
Neat Random PP	100				5 순환식 가공조건
PPN	95		5		
PPMN1	90	5	5		
PPMN2	85	10	5		
PPMN3	80	15	5		
PPMN4	75	20	5		
PPNG1	94		5	1	
PPNG2	92		5	3	
PPNG3	90		5	5	
PPNG4	88		5	7	

- LLDPE의 경우 10분 순환식 가공공정이, PP의 경우 5분 순환식 가공공정이 최적 가공조건으로 파악됨

<표 20 각 시제품 별 Filler load TGA 값>

Sample ID	LLDPE (wt%)	LLDPE-g-M A (wt%)	Nanoclay (wt%)	HGMs (wt%)	TGA 결과 (wt%)
Neat LLDPE	100				
LLN	95		5		1.97 ± 0.13
LLMN1	90	5	5		1.94 ± 0.06
LLMN2	85	10	5		1.68 ± 0.19
LLMN3	80	15	5		1.89 ± 0.31
LLMNB	77	15	5	3	3.75 ± 0.14
Sample ID	Homo PP (wt%)	PP-g-MA (wt%)	Nanoclay (wt%)	HGMs (wt%)	TGA 결과 (wt%)
Neat Homo PP	100				
PPGB	97			3	2.54 ± 0.27
PPGN1	95		2	3	4.62 ± 0.17
PPGN2	93		4	3	5.63 ± 0.28
PPGN3	91		6	3	6.93 ± 0.43
PPGN4	89		8	3	7.15 ± 0.53
PPGN5	87		10	3	7.58 ± 0.15
Sample ID	Random PP (wt%)	PP-g-MA (wt%)	Nanoclay (wt%)	HGMs (wt%)	분석 진행 중
Neat Random PP	100				
PPN	95		5		
PPMN1	90	5	5		
PPMN2	85	10	5		
PPMN3	80	15	5		
PPMN4	75	20	5		
PPNG1	94		5	1	
PPNG2	92		5	3	
PPNG3	90		5	5	
PPNG4	88		5	7	

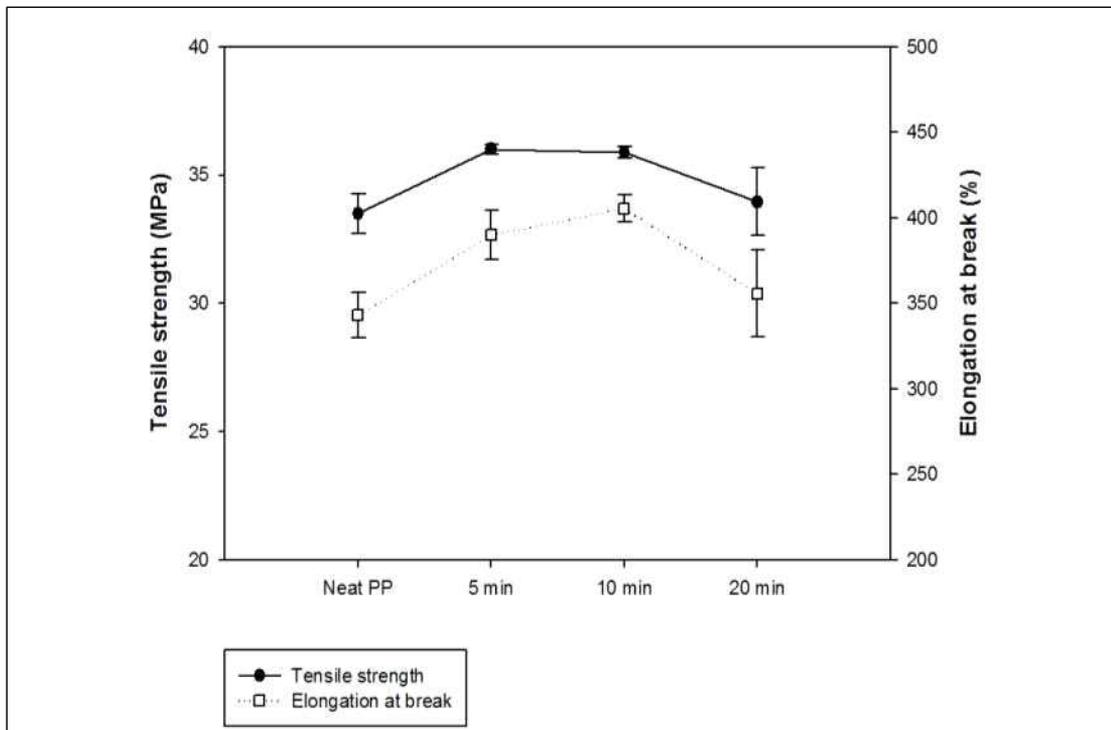
- Thermogravimetric Analysis 분석을 이용한 컴파운드 내 Filler 함량 분석 결과 LLDPE의 경우 컴파운딩 가공 중 발생하는 Filler의 Loss 가 많이 발생하는 것으로 파악되었으며, 이는 Filler의 투입공정이 Manual 방식으로 이루어지는 점과 Hopper로의 이행 및 압출기 내 일부 Filler가 잔존하는 클로징 순환식 가공 조건에 기인된 것으로 판단됨
- 연속식 가공방법을 적용한 Homo PP의 경우 투입 대비 보다 많은 양의 Filler가 존재하는 것으로 확인됨

- 미나사출기, DSM Micro Injection Molder,를 활용, 분석 시편 제작
- 온도는 200 °C, Mold의 온도는 60 °C를 적용하였으며 압력의 경우 Step 1부터 3까지 각 3초간 2, 3, 3 bar씩 적용하고 시편 제작



<사진 16 Rheometer와 UTM 분석용 Disk 와 Dog bone type 시편>

- Random PP/Clay 복합소재 기계적 물성 분석



<그림 16 가공 시간 변화를 통한 PP/Nanoclay composite의 물성 변화>

- 복합소재 컴파운딩 혼련 시간에 따른 물성 변화 관찰 결과 물성 저하가 없는 최적 가공 시간은 5분으로 설정

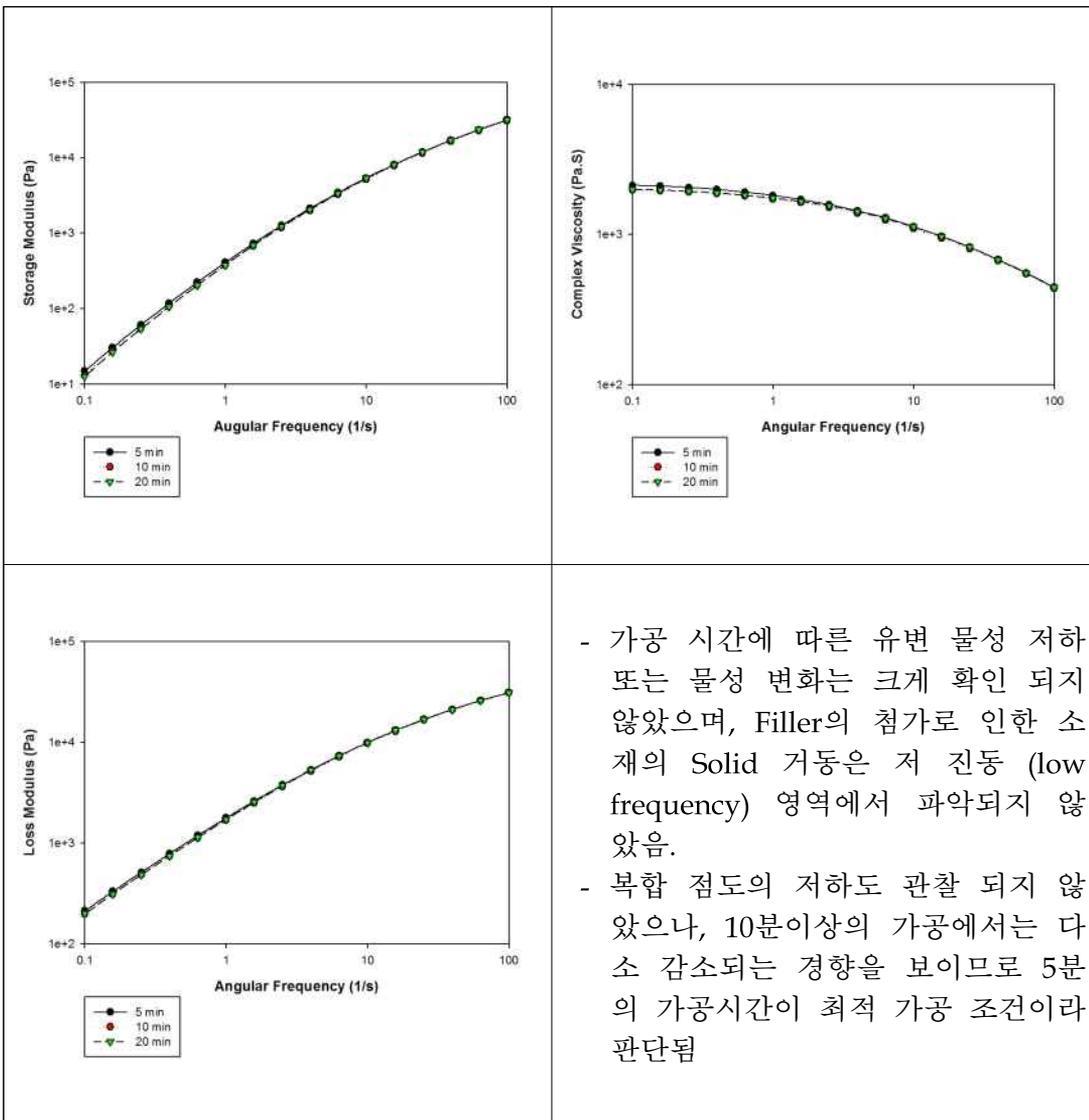
- Random PP/Clay 복합소재 산소 투과도 분석

<표 21 가공 시간에 따른 PP/Nanoclay composite의 산소 투과도>

Sample	Oxygen Transmission rate (cc/m ² ·day)	Oxygen Permeability cc·m/m ² ·day·atm	Thickness mm
Neat PP	473.10 ± 18.64	0.095	0.2
5 min	384.56 ± 28.03	0.077	0.2
10 min	461.55 ± 66.91	0.092	0.2
20 min	427.28 ± 23.18	0.085	0.2

- 산소 투과도 분석 결과 가공 시간에 따른 차단성은 약 18% 향상된 것으로 확인되었으며, 5분 가공 시간이 최적 가공 조건임을 확인함

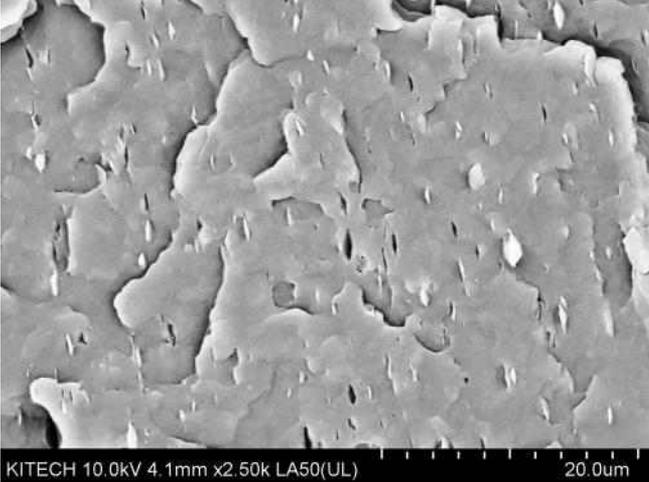
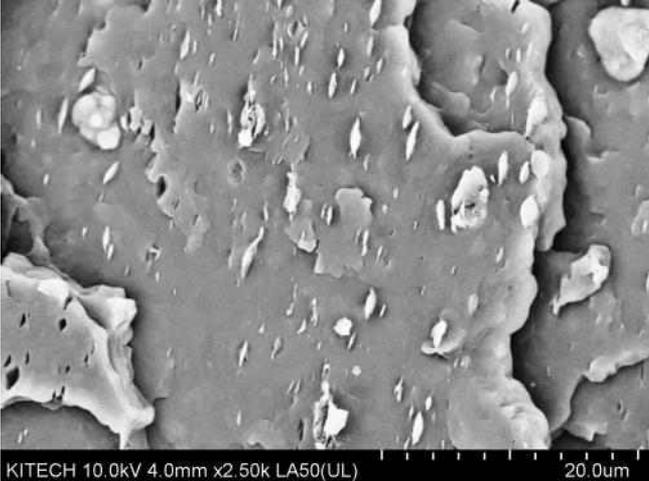
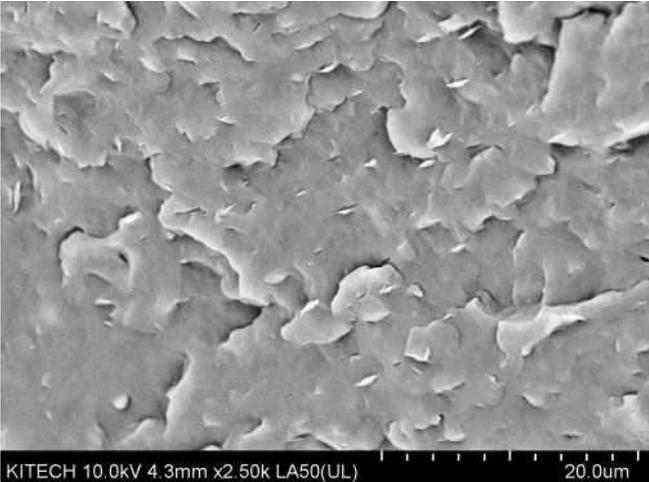
- Random PP/Clay 복합소재 유변물성 분석



- 가공 시간에 따른 유변 물성 저하 또는 물성 변화는 크게 확인 되지 않았으며, Filler의 첨가로 인한 소재의 Solid 거동은 저 진동 (low frequency) 영역에서 파악되지 않았음.
- 복합 점도의 저하도 관찰 되지 않았으나, 10분이상의 가공에서는 다소 감소되는 경향을 보이므로 5분의 가공시간이 최적 가공 조건이라 판단됨

<그림 17 가공 시간 따른 PP/Nanoclay composite의 Storage/Loss modulus & Complex viscosity>

- Random PP/Clay 복합소재 Morphology 분석

Sample ID	SEM image
PPN - 5min	
PPN - 10min	
PPN - 20min	

<사진 16 가공 시간 변화를 통한 Random PP/Nanoclay composite의 모폴로지>

- 5분의 가공 시간에도 Nanoclay가 고분자 매트릭스 내 균일하게 분산되었음을 확인함
- 기계적 물성, 산소투과도, 유연물성 분석 결과 PP/Nanoclay composites의 가공시간은 5min이 적합한 것으로 확인됨

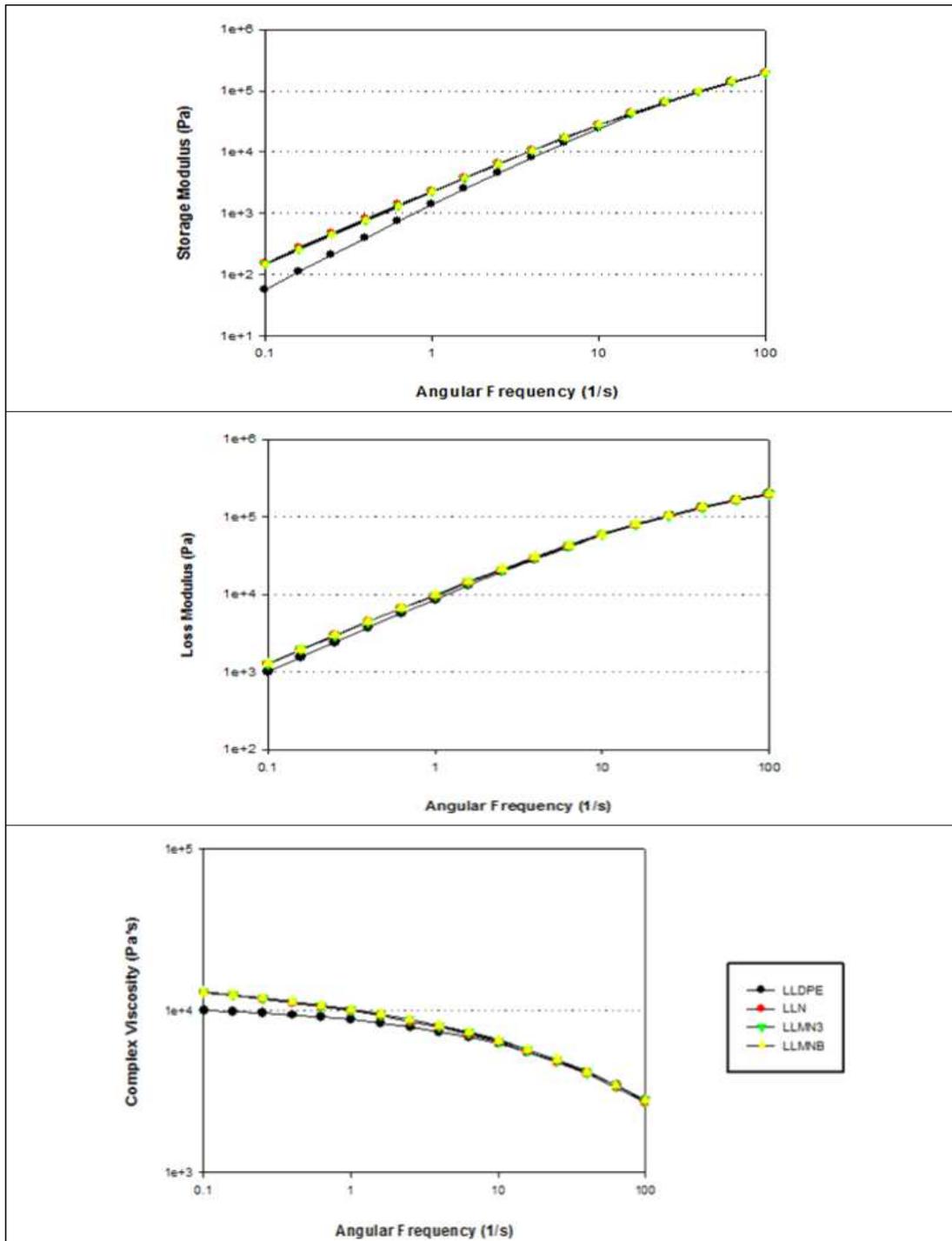
- 가공 조건 확립 후 복합소재 샘플 제조 및 분석

<표 22 각 시제품별 Tensile strength, Elongation at break, modulus 결과>

Sample ID	Tensile strength (MPa)	Elongation at Break (%)	Young's modulus (MPa)
Neat LLDPE	22.20 ± 0.98	177.67 ± 12.20	12.52 ± 0.46
LLN	33.55 ± 0.52	301.63 ± 12.69	11.13 ± 0.15
LLMN1	35.40 ± 1.49	294.09 ± 6.54	12.04 ± 0.09
LLMN2	35.70 ± 2.77	248.33 ± 18.93	14.40 ± 0.54
LLMN3	32.98 ± 1.02	293.13 ± 20.15	11.25 ± 0.28
LLMNB	32.63 ± 0.88	292.67 ± 12.73	11.15 ± 0.20
Sample ID	Tensile strength (MPa)	Elongation at Break (%)	Young's modulus (MPa)
Neat Homo PP	46.42 ± 1.44	205.90 ± 10.46	22.57 ± 1.06
PPGB	47.97 ± 1.66	229.45 ± 16.58	20.95 ± 0.94
PPGN1	46.40 ± 1.05	234.30 ± 24.39	19.91 ± 1.57
PPGN2	48.37 ± 2.00	227.12 ± 13.39	21.38 ± 2.08
PPGN3	47.39 ± 0.82	175.86 ± 17.75	27.15 ± 3.00
PPGN4	46.80 ± 1.25	184.17 ± 15.24	25.49 ± 1.43
PPGN5	45.04 ± 1.31	155.47 ± 18.79	29.33 ± 4.48
Sample ID	Tensile strength (MPa)	Elongation at Break (%)	Young's modulus (MPa)
Neat Random PP	33.50 ± 0.75	342.98 ± 13.22	9.77 ± 0.16
PPN	36.01 ± 0.19	389.95 ± 14.35	9.24 ± 0.38
PPMN1	32.44 ± 1.09	363.80 ± 12.43	9.66 ± 1.06
PPMN2	32.29 ± 0.60	352.80 ± 16.01	9.16 ± 0.32
PPMN3	32.69 ± 0.56	371.66 ± 9.20	8.80 ± 0.16
PPMN4	33.30 ± 0.23	364.49 ± 5.86	9.14 ± 0.15
PPNG1	30.49 ± 0.51	303.55 ± 3.94	10.05 ± 0.30
PPNG2	36.03 ± 0.89	320.46 ± 10.46	11.25 ± 0.33
PPNG3	33.59 ± 0.53	266.63 ± 11.37	12.62 ± 0.61
PPNG4	30.87 ± 0.34	303.07 ± 23.16	10.23 ± 0.76

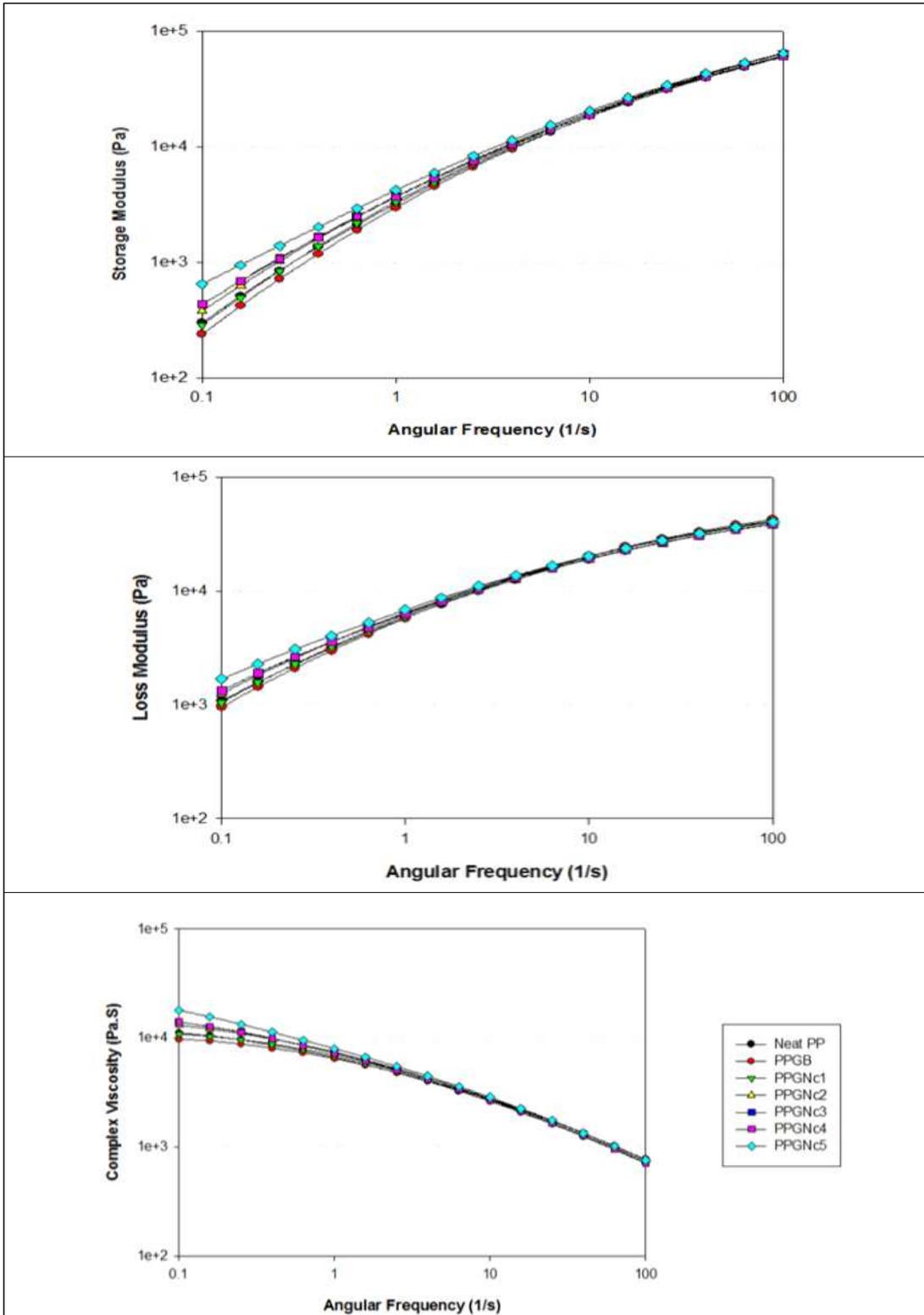
- 표 13에서 볼 수 있듯이 LLDPE에서는 조성물(Nanoclay, HGMs)과 상용화제의 함량에 따른 Tensile strength와 Young's modulus가 변화는 적은 것으로 확인되었음
- Homo PP의 경우 GB 3%에서 Clay 함량이 증가할수록 연신율은 감소하는 경향을 보였으며, 이는 Clay와 고분자 계면접착력 저하와 Clay의 External Stress (Load) Transfer 방해로 인한 것으로 판단됨
- Random PP에서는 Clay의 균일 분산을 위한 상용화제 첨가에 따른 복합소재의 인장강도 및 연신율 변화는 소폭 감소하는 경향성을 보였으나, 그 차이는 미비한 것으로 관찰되었음

- 이종의 Filler, Nanoclay & Glass Bubble (Hollow Micro Sphere), 사용에 있어 GB의 첨가는 복합소재의 연신율을 다소 감소시키지만 Reinforcing 효과로 Random PP 복합소재의 Stiffness 향상에 기여하는 것으로 확인됨
- 유변물성 분석
 - : Frequency sweep 모드에서 Angular frequency의 범위를 0.1~100 rad/s를 적용
 - : Polymer melt에 적합한 Parallel-plate를 사용, 200 °C에서 실험하였으며 Amplitude는 1%로 고정



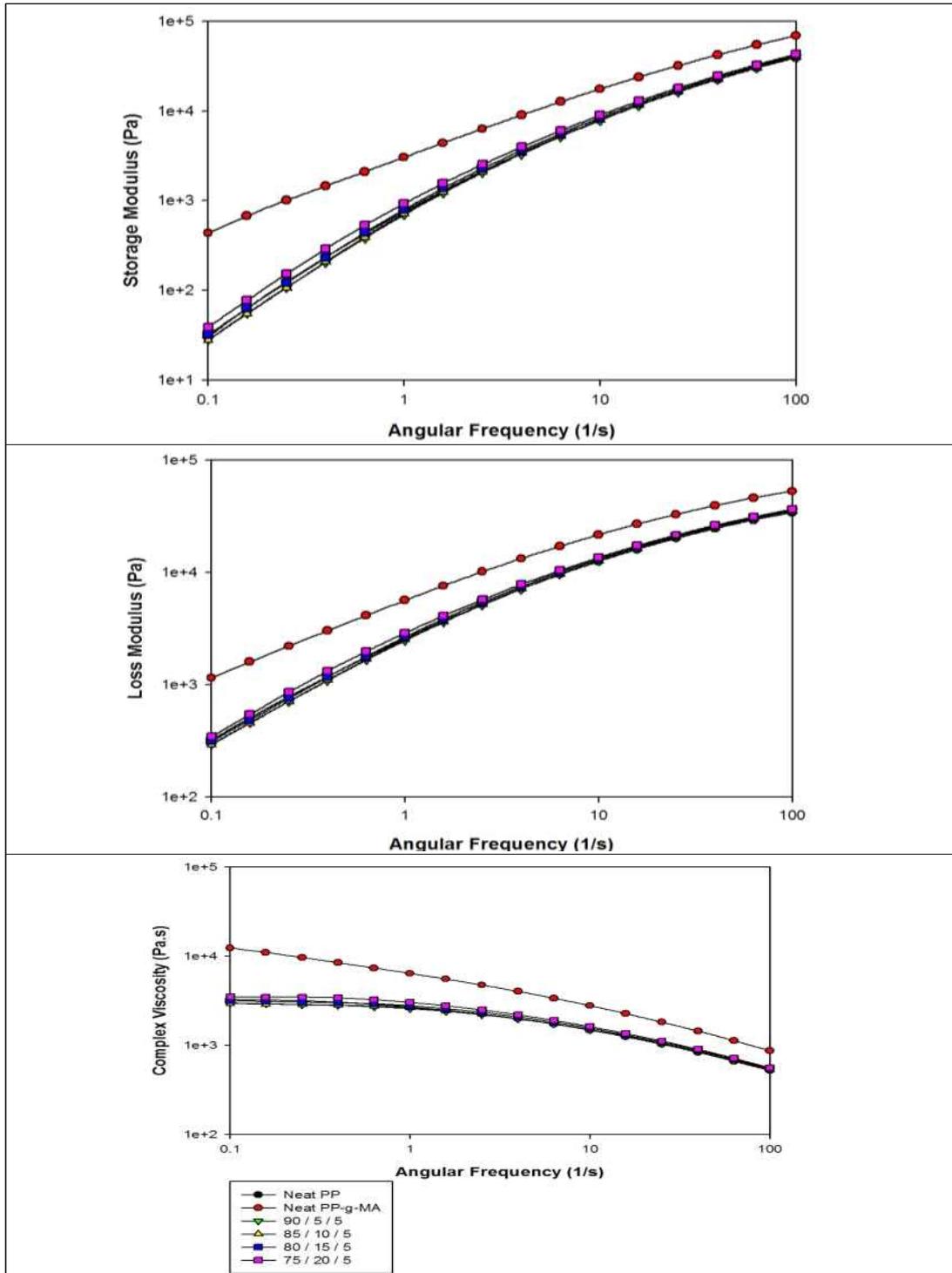
<그림 18 LLDPE 복합소재의 Storage/Loss modulus & Complex Viscosity>

- Polymer matrix에 nanoclay의 함량은 고정하고 상용화제인 LLDPE-g-MA의 함량만 변화시켰을 때의 Storage 및 loss modulus, complex viscosity의 변화가 거의 없는 것을 확인하였음
- 이는 상용화제의 첨가 및 함량 증가는 복합소재의 물성에는 영향을 끼치지 않는 것으로 확인됨



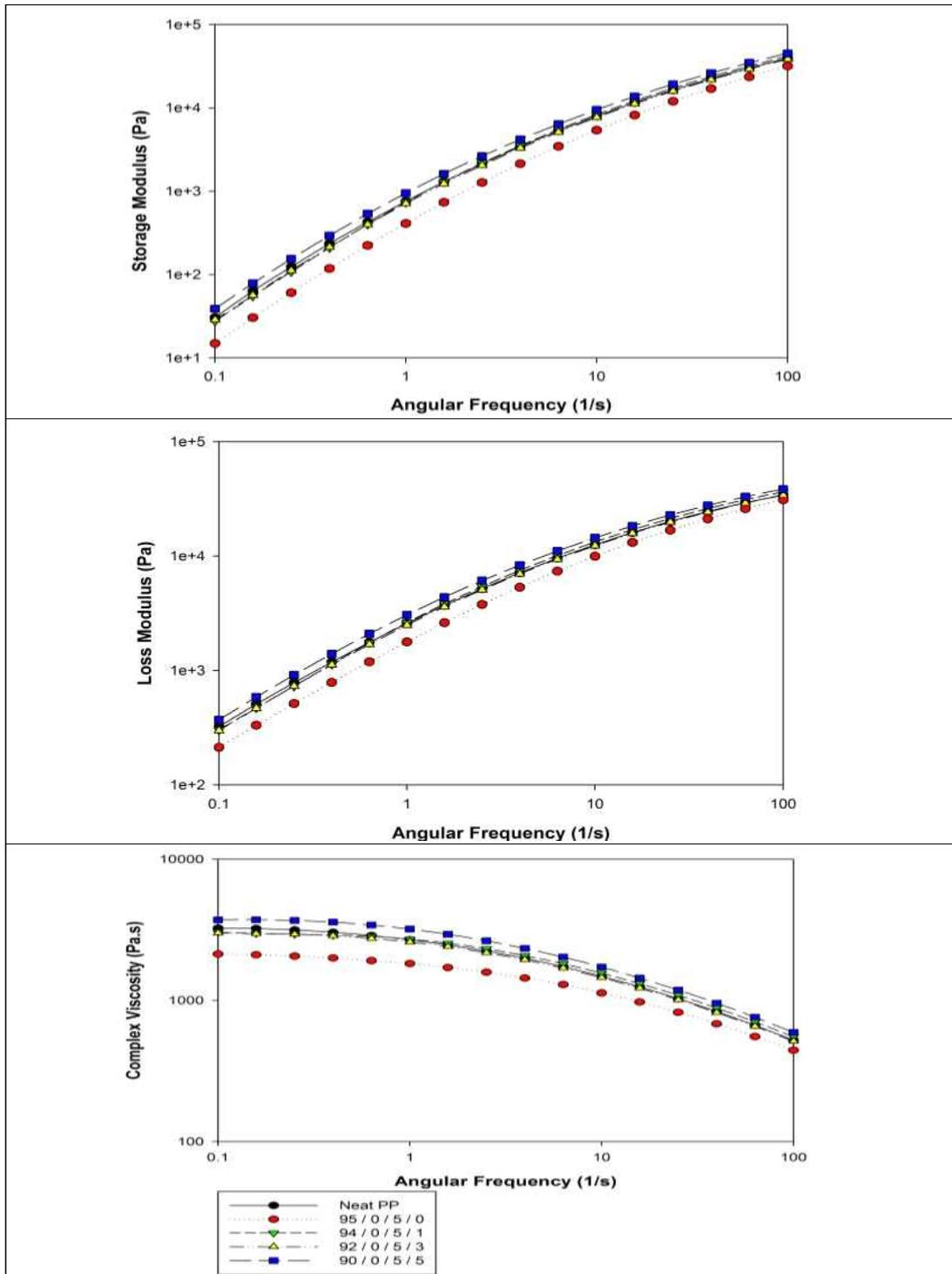
<그림 19 Homo PP 복합소재의 Storage/Loss modulus & Complex Viscosity>

- Polymer matrix에 GB의 함량은 고정하고 Nanoclay의 함량만 변화시켰을 때의 Storage modulus 의 기울기가 감소하는 경향을 보였으며 이는 복합소재가 Liquid-like 거동에서 Solid-like 거동으로 변화 되는 것을 보여줌
- Solid-like의 거동으로 Clay가 고분자 매트릭스 내 균일 분산이 이루어진 것으로 판단됨



<그림 20 상용화제 함량 변화에 따른 Random PP 복합소재의 Storage/Loss modulus & Complex Viscosity>

- PP-g-MA의 함량만 변화시켰을 때의 Storage 및 loss modulus, complex viscosity가 함량이 증가 할수록 증가하는 것으로 확인됨
- PP-g-MA의 modulus, complex viscosity값이 Random PP보다 높은 Base polymer 자체의 점도 차이로 인해 발생한 결과로 판단됨



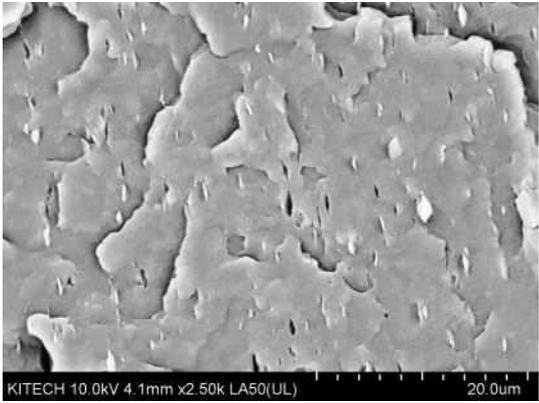
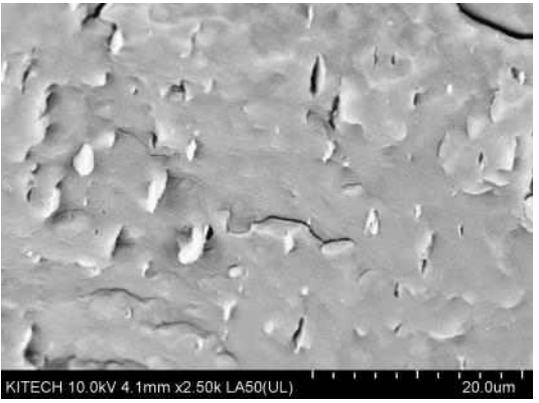
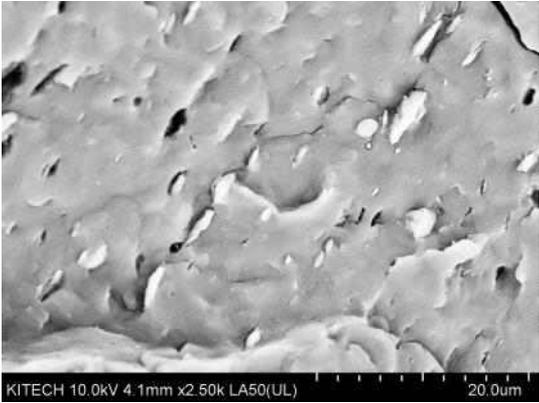
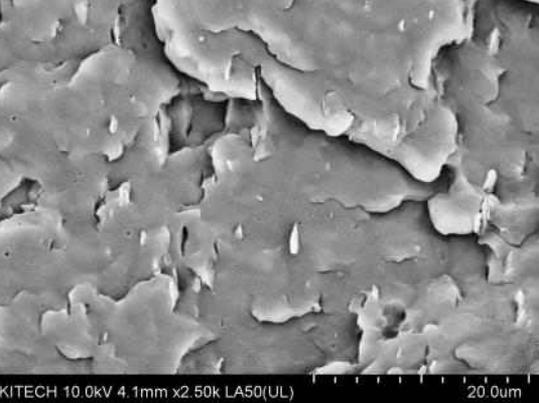
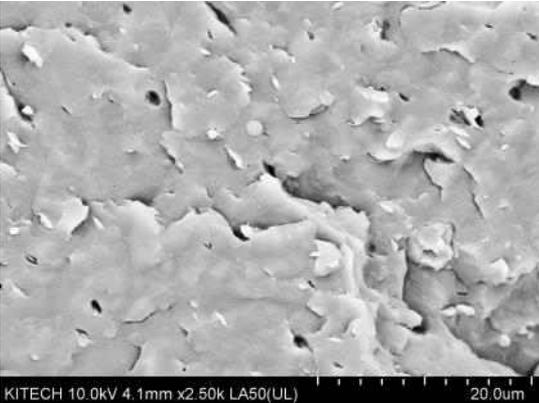
<그림 21 GB 함량 변화에 따른 Random PP 복합소재의 Storage/Loss modulus & Complex Viscosity>

- 초기 Clay의 첨가가 복합소재의 물성저하를 일으키는 것을 확인하였으며, GB의 첨가가 Reinforcing 효과로 Storage & Loss modulus, Complex viscosity 증가시키는 것으로 확인됨
- 이는 이중의 Filler 시스템 사용 시 Filler 간 상호 보완 효과로 인한 복합소재의 물성 저하를 최소화하고 기능성이 부여된 기능성 복합소재로의 적용이 가능함을 보여줌
- 복합소재의 Morphology 분석
 - : Polymer의 Morphology 분석을 위해 Scanning Electron Microscope(SEM)장비를 통해 분석
 - : 시편을 액체 질소에 급속 냉각 시켜 절단시킨 면을 분석

SEM image	
PPGB	PPGN2
PPGN3	PPGN5

<사진 17 Homo PP 복합소재의 각 시제품별 SEM분석 결과>

- 컴파운딩 가공 시 높은 전단력에 의한 GB의 파손이 예상되었으나, SEM 분석 결과 GB의 파손은 발견되지 않았으며, 고분자 matrix 내 분포하고 있음을 확인하였으며, nanoclay와의 상호작용 현상은 파악되지 않음

SEM image	
PPN	PPMN1
	
PPMN2	PPMN3
	
PPMN4	
	

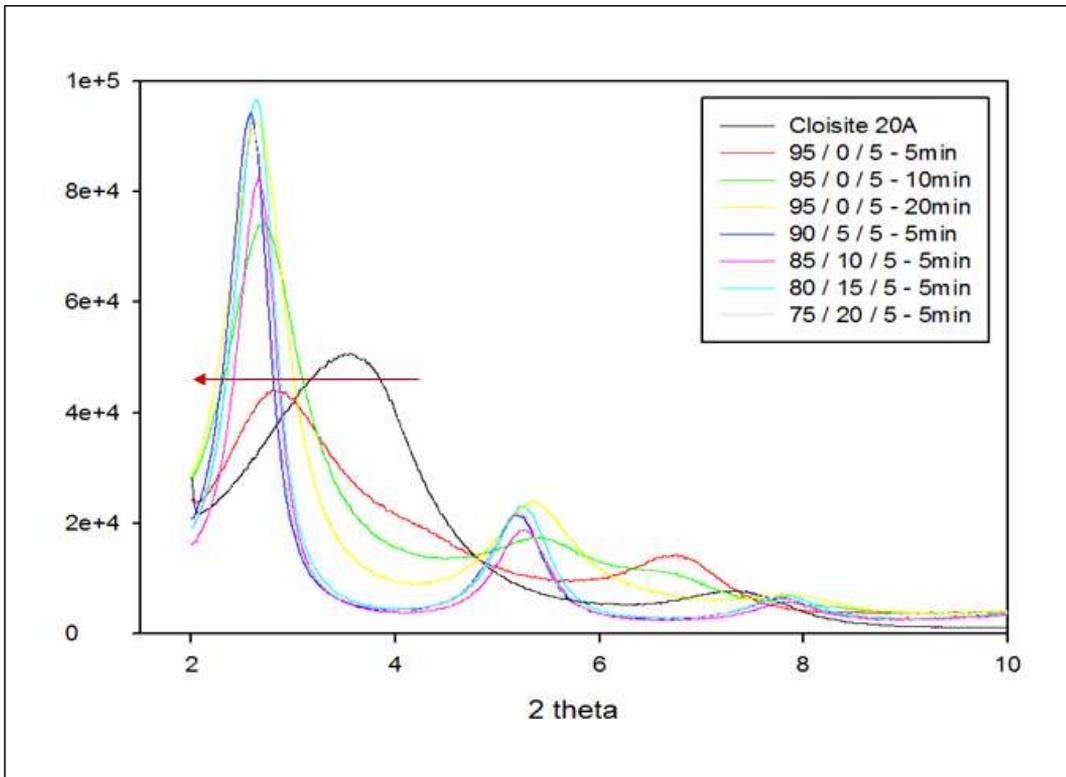
<사진 18 Random PP 복합소재의 각 시제품별 SEM분석 결과>

- PP-g-MA의 유무에 따른 비교 분석 결과 PPN의 경우에 5wt%의 nanoclay가 matrix에 고르게 잘 분산되어 있는 것을 확인 할 수 있지만 PP-g-MA의 loading 하면서부터 matrix내에 nanoclay의 aggregation이 존재함을 확인하였으며, 이들 aggregation의 물성에 미치는 영향은 물성 평가 결과에서 보듯 미비한 것으로 확인됨

- 복합소재의 구조분석

: Clay 의 Interlayer 분석을 위한 X-ray Diffraction 분석

: 2θ 는 2~10°의 범위에서 측정 및 interlayer spacing(d_{001})은 Bragg's Equation: 으로 계산



<그림 22 Random PP 복합소재의 구조 분석 결과>

<표 23 Random PP matrix의 각 시제품별 interlayer spacing결과 값>

Sample	2θ angle (°) - film type	interlayer of distance (Å) d_{001} - film type	2θ angle (°) - disk type	interlayer of distance (Å) d_{001} - disk type
Nanoclay	3.56	24.7989	3.56	24.7989
PPN	2.78	31.75487	2.8	31.52809
PPMN1	2.58	34.21602	2.58	34.21602
PPMN2	2.58	34.21602	2.66	33.18714
PPMN3	2.6	33.95287	2.64	33.43852
PPMN4	2.62	33.69373	2.6	33.95287

- 복합소재의 경우 nanoclay에 비해 2θ 값이 줄어든 것을 확인할 수 있는데 이것은 2θ 의 값이 shift가 일어난 결과를 나타낸 것이며, 이는 interlayer distance가 증가함을 보여줌

- 상용화제(PP-g-MA)의 초기 첨가는 nanoclay의 interlayer distance를 소폭 증가시켰으나, 함량 증가에 따른 큰 변화는 관찰되지 않았음
- 상용화제의 첨가로 인한 인장강도 및 연신율의 영향은 미비한 것으로 확인되었으나, 모폴로지 관찰에서 보듯 clay의 aggregation이 발견되는 것은 상용화제인 Maleic anhydride와 clay의 상호작용 극대화를 통한 clay exfoliate 구현을 위한 추가 고분자 및 clay 개질이 필요할 것으로 판단됨
- 복합소재 산소 투과도 분석
 - : 5 cm²의 넓이를 가지는 film type의 Nanocomposites을 알루미늄 시트를 이용하여 마스크를 하여 측정
 - : Film의 두께는 균일하게 200um으로 제작하였으며, RH 0%, 23°C, 1atm의 조건하에서 산소투과도 측정

<표 24 Random PP, EVOH 복합소재의 시제품별 산소투과율 및 투과도 결과 값>

Sample	Oxygen Transmission rate (cc/m ² ·day)	Oxygen Permeability cc·m/m ² ·day·atm	Thickness mm
Neat PP	473.10 ± 18.64	0.095	0.2
EVOHN	36.24 ± 2.20	0.0072	0.2
PPN	384.56 ± 28.03	0.077	0.2
PPMN1	476.39 ± 25.04	0.095	0.2
PPMN2	511.97 ± 36.07	0.102	0.2
PPMN3	443.85 ± 4.42	0.089	0.2
PPMN4	394.28 ± 16.36	0.079	0.2
PPNG1	406.61 ± 26.23	0.081	0.2
PPNG2	323.95 ± 9.81	0.065	0.2
PPNG3	364.12 ± 8.80	0.073	0.2

- 산소투과율 측정 결과 Neat PP에 nanoclay를 5wt% loading 했을 때 산소 차단성이 약 19 % 향상됨
- 여기에 3wt%의 을 추가로 loading 했을 때의 PPNG2는 Neat PP에 비해 약 32 % 향상됨을 확인함

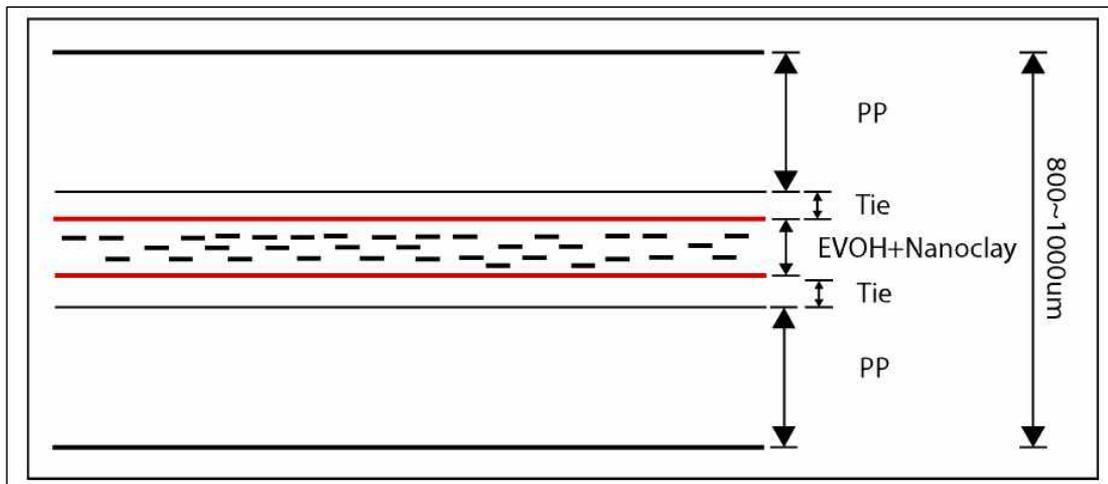
○ 컴파운드 소재 활용 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작/평가 (Lab Scale)

- Hankook EM, Ltd 제작 모델명 HSE40+30x4/HD180-5L/HBF700M/BW2 으로 5 layer 필름을 50~100 um x 250 mm 크기로 제작



<사진 19 Multi-layer T-die extrusion film production line (왼쪽), 필름 시제품 제작 과정 (오른쪽)>

- Multilayer의 구성은 총 5개의 층으로 계획하여 최외각 2층은 Polypropylene (PP), 중간층은 Ethylene vinyl alcohol (EVOH), 최외각과 중간층을 결합시켜 주기 위한 Tie resin 2층으로 생산 (아래 그림 참조)



<그림 23 Five multilayer의 구성도>

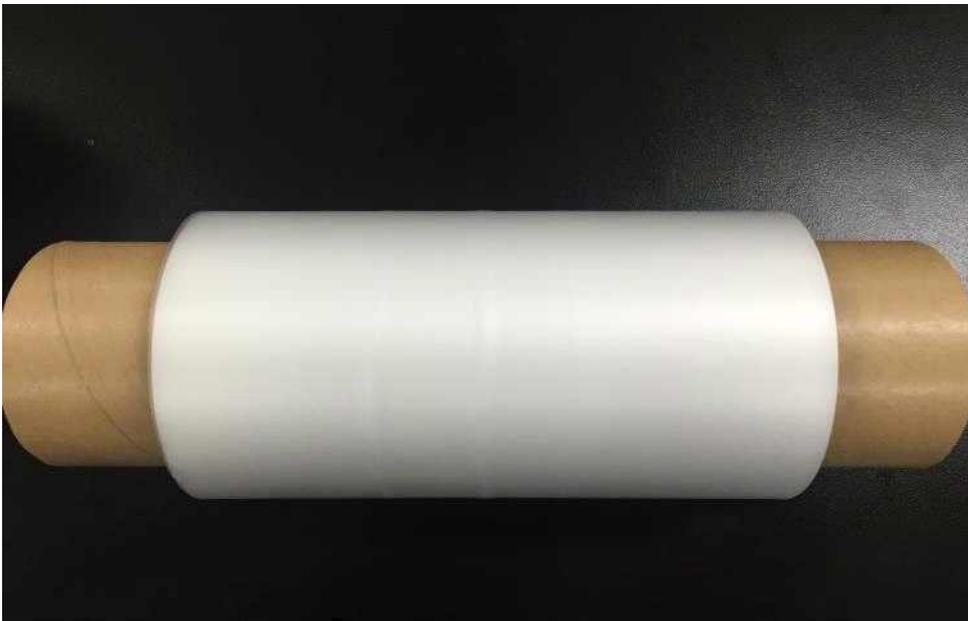
- PP의 경우 Polymirae 사의 HP522H를 사용하였으며 Tie 층의 경우 PP와 EVOH의 compatibility를 높이기 위해 Admer 사의 QB510T를 사용하였음. EVOH의 경우 Kuraray 사의 EVAL F171B를 사용하였으며 Nanoclay의 경우 Southern Clay사의 Cloisite 20A를 사용
- 전체 두께는 800~1000 um를 유지하여 캡슐 커피 패키징을 위한 Thermoforming 시 두께 안전성을 추구하였음. 경제적인 측면을 고려하여 가격이 비싼 EVOH의 함량을 최소로 하며 부족분을 Nanoclay의 투과성 향상으로 대체하여 시제품 제작

- Nanoclay 함량의 변화에 따른 투과도성 향상을 측정하기 위해 EVOH에 Nanoclay 함량 1, 3, 5 wt%를 추가하여 컴파운드 소재 제작 후 이를 이용하여 시제품 제작

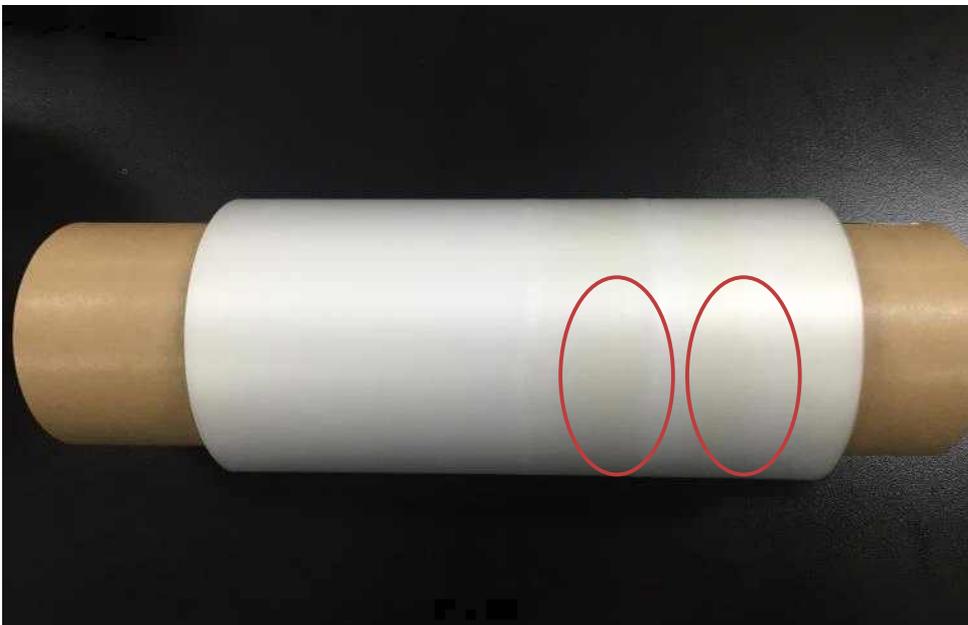
<표 25 시제품 제작 Processing condition>

Resin	Processing condition	
	온도, °C	RPM
PP	190-220-240-240	50
Tie	180-200-220-220	20
EVOH	190-215-235-235	15

○ PP/Tie/EVOH/Tie/PP

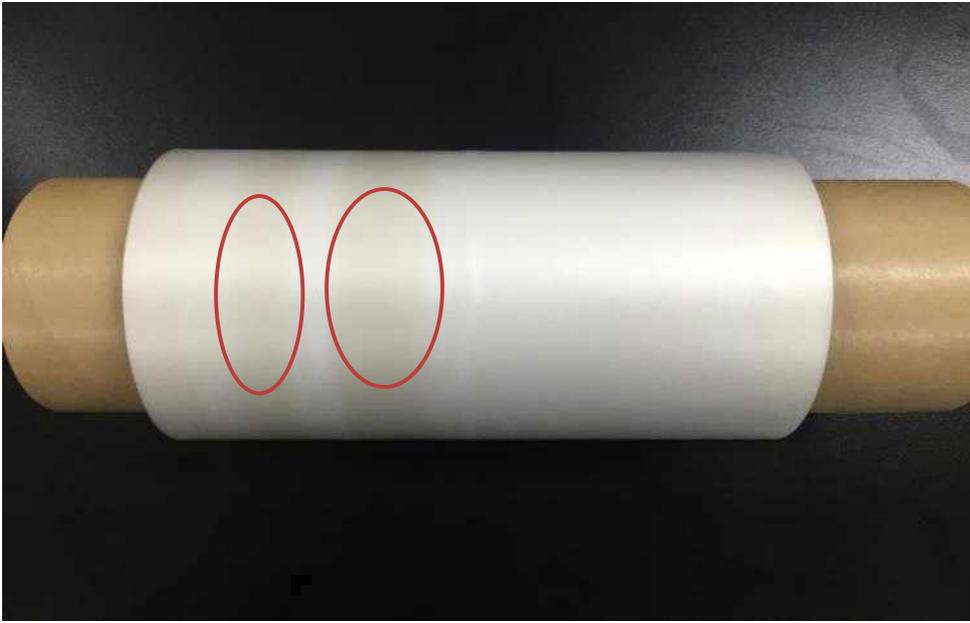


○ PP/Tie/EVOH+Nanoclay 1wt%/Tie/PP

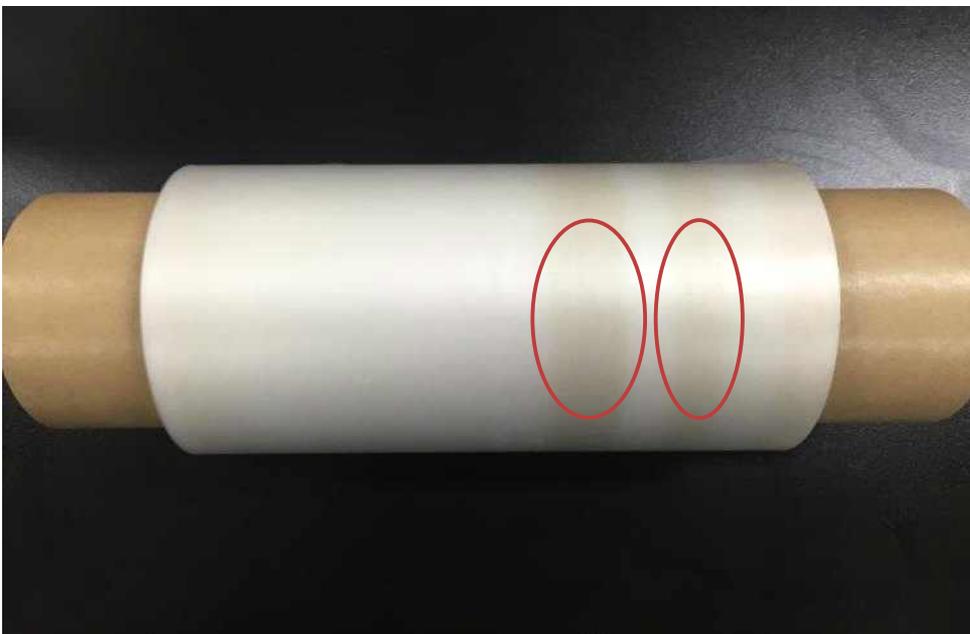


<사진 20 제조된 시제품>

○ PP/Tie/EVOH+Nanoclay 3wt%/Tie/PP



○ PP/Tie/EVOH+Nanoclay 5wt%/Tie/PP

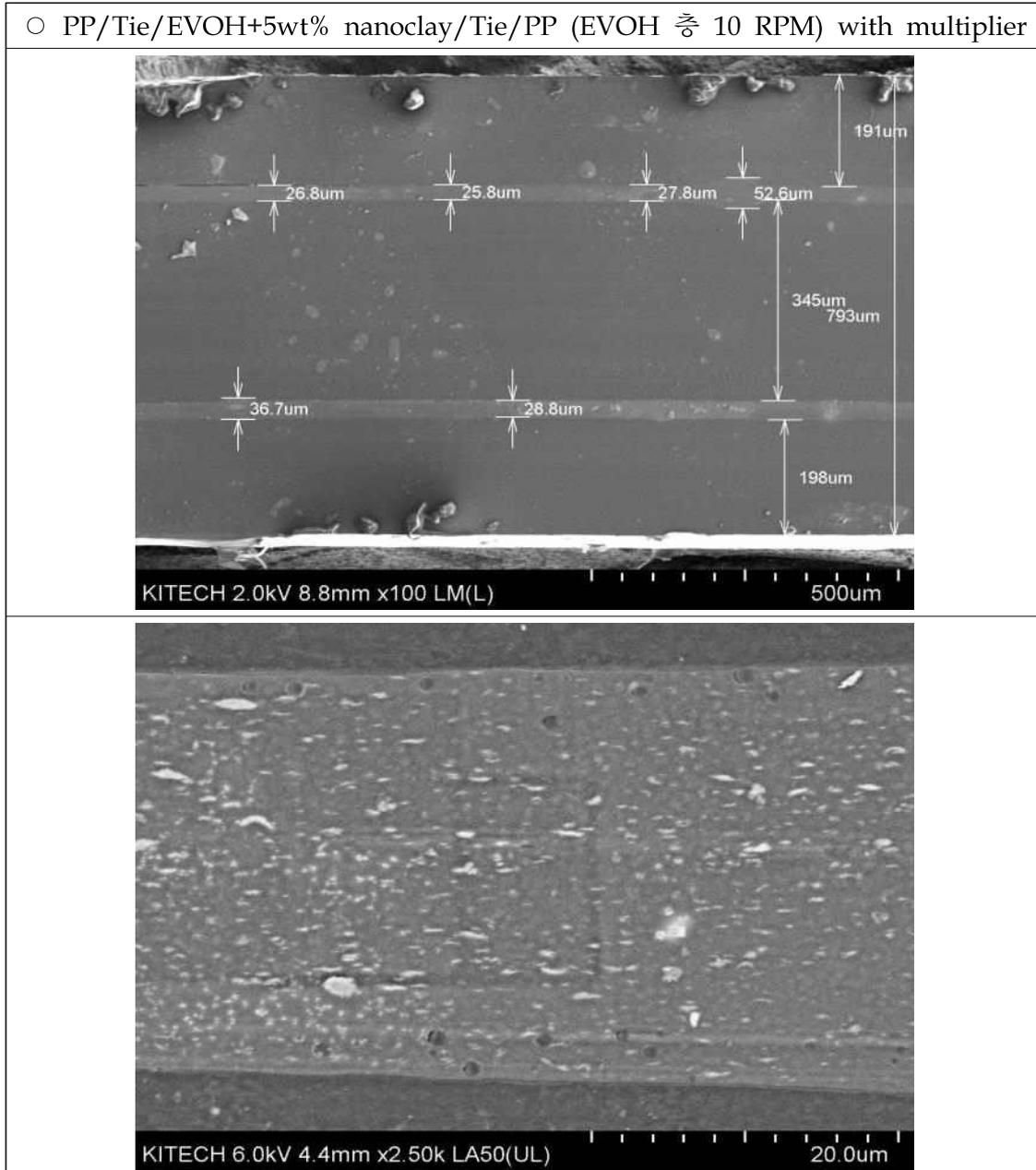


<사진 21 제조된 시제품>

- 시제품 제작 결과 두께는 400~450 um로 일정하였으나 T-die의 특성상 500 um 이상의 두께를 가지는 시제품 제작은 어려움
- EVOH 층을 구성하는 모터 속도 (15 RPM)가 너무 낮아 충분한 전단응력을 통한 균일한 층 구성에 실패하여 EVOH 층이 한 쪽으로 몰리는 (그림 안의 붉은 원) 현상이 발생
- EVOH의 균일한 층 구성이 실패할 경우 신선도를 위한 캡슐 커피의 산소 차단능이 떨어지게 되므로 추후 모터 속도 조절 및 T-die 가 아닌 Calender를 통해 EVOH 층이 충분한 전단응력을 받아 균일한 층 구성을 이룰 수 있도록 해결

<Calender die를 활용한 시제품 제작>

- T-die를 활용한 시제품의 EVOH 층 불균형을 해결하기 위해 시제품의 총 두께를 두껍게 하면서도 EVOH 층을 균일하게 생성할 수 있도록 Calender die를 활용하여 시제품 제작
- Thermoforming을 통한 캡슐 커피 패키징으로 활용하기 위해 두께 800~1000 um의 시트 형태로 제작
- 다층 구성은 T-die를 활용한 실험과 같이 최외각 2층은 PP로 이루어지며 중간층은 EVOH 그리고 중간층과 최외곽 층을 이어주는 Tie resin 층 2층으로 이루어짐
- EVOH에 5 wt%의 nanoclay를 첨가하여 nanoclay의 유무에 따른 투과도 분석



<사진 22 제조된 시제품 구조 분석>

- Multiplier를 통해 EVOH 2층 구조 시제품 제작하였으며 각각의 EVOH 층에 nanoclay 5wt% 함유
- Film take up roll에 의해 nanoclay의 방향성이 한 방향으로 일정하게 나타나고 있음

○ PP/Tie/EVOH/Tie/PP (EVOH 층 10 RPM)



<사진 23 제조된 시제품>

<표 26 시제품 투과도 분석>

Contents	Data
Thickness	1075 um
Oxygen Permeability (cc · m / m ² · day · atm)	0.0073±0.0008

- 총 두께 1075 um로 측정되었으며 EVOH 층 40~50 um 인 것으로 확인
- 산소 투과도의 경우 목표 성과치인 0.008 cc· m / m² · day · atm 보다도 낮은 0.0073 cc · m / m² · day · atm 의 수치를 보임
- 전체 두께 대비 소량의 EVOH 첨가 (전체 두께 대비 대략 4%) 로 목표 성과치 달성하였으며 추후 전체 두께를 줄여 경제성 향상 고려

○ PP/Tie/EVOH/Tie/PP (EVOH 층 15 RPM)



<사진 24 제조된 시제품>

<표 27 시제품 투과도 분석>

Contents	Data
Thickness	1000 um
Oxygen Permeability (cc · m / m ² · day · atm)	0.00093±0.000024

- 총 두께 1000 um로 측정되었으며 EVOH 층 50~60 um 인 것으로 확인
- 산소 투과도의 경우 목표 성과치인 0.008 cc · m / m² · day · atm 보다도 훨씬 낮은 0.00093 cc · m / m² · day · atm 의 수치를 보임
- EVOH 10 RPM의 시제품에 비해 많은 양의 EVOH 사용으로 인한 향상된 산소투과도 수치를 보임

○ PP/Tie/EVOH/Tie/PP (EVOH 층 20 RPM)



<사진 25 제조된 시제품>

<표 28 시제품 투과도 분석>

Contents	Data
Thickness	1110 um
Oxygen Permeability (cc · m / m ² · day · atm)	0.0019±0.00036

- 총 두께 1110 um로 측정되었으며 EVOH 층 60~80 um 인 것으로 확인
- 산소 투과도의 경우 목표 성과치인 0.008 cc· m / m² · day · atm 보다도 훨씬 낮은 0.0019 cc · m / m² · day · atm 의 수치를 보임
- EVOH 10 RPM의 시제품에 비해 많은 양의 EVOH 사용으로 인한 향상된 산소투과도 수치를 보임

○ PP/Tie/EVOH + 5wt% nanoclay/Tie/PP (EVOH 층 10 RPM)



<사진 26 제조된 시제품>

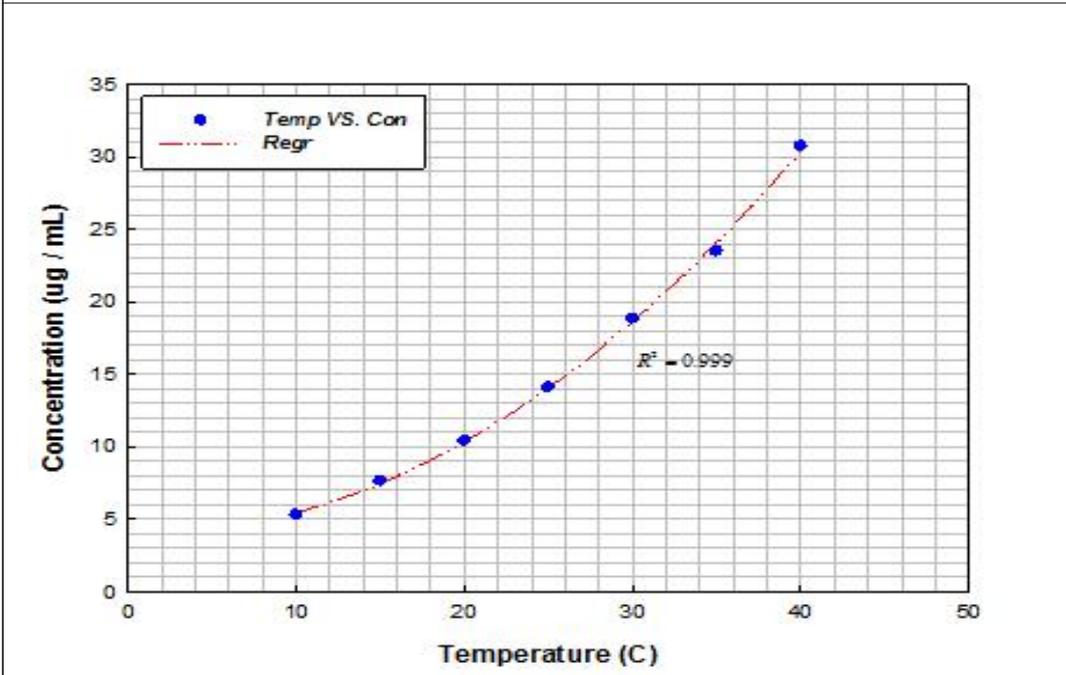
<표 29 시제품 투과도 분석>

Contents	Data
Thickness	800 um
Oxygen Permeability (cc · m / m ² · day · atm)	0.0013±0.00031

- 총 두께 800 um로 측정되었으며 EVOH 층은 EVOH 10RPM 시제품과 비슷한 40~50 um 인 것으로 확인
- 산소 투과도의 경우 목표 성과치인 0.008 cc · m / m² · day · atm 보다도 훨씬 낮은 0.0013 cc · m / m² · day · atm 의 수치를 보임
- EVOH 10 RPM의 시제품에 비해 5 wt%의 nanoclay 첨가로 인해 대략 80% 정도의 산소 차단성 향상 확인

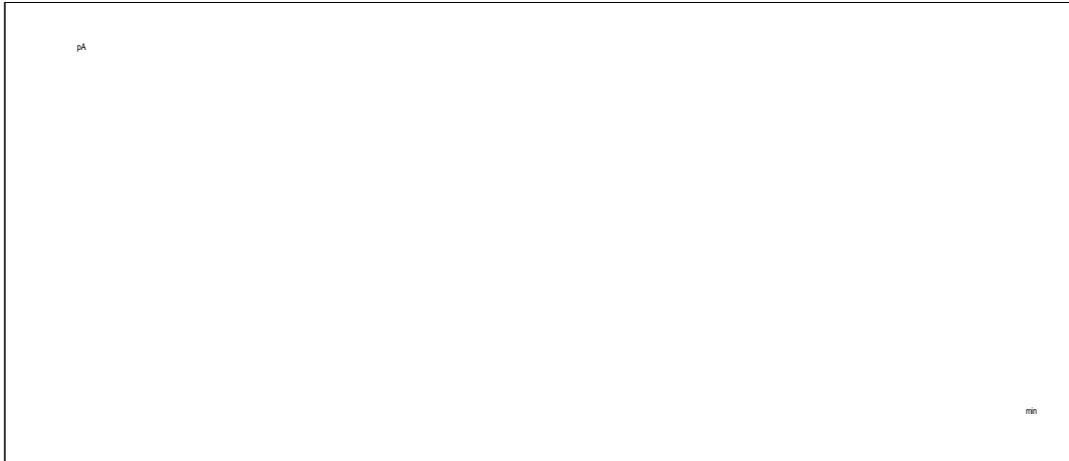
○ 커피의 성분(Key Component)분석 및 차단성 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 분석

- 유기화합물 분석을 위한 분석 시스템 구축 및 선행 연구



<그림 24 유기화합물 분석 시스템 및 온도별 농도 분석>

- 분석 시스템의 신뢰성 확보를 위한 유기화합물 증기압 및 농도 변화 상관관계 연구
- 분석 시스템의 유기화합물 검출 및 정확도와 재현성이 확인됨
- 커피 등의 가공 식품 패키징에 있어 주요한 실패 요인은 식품 내 존재하는 유기화합물의 Migration/Leaching, 패키징 소재의 오염, 패키징의 접착/밀봉 실패, 물리적/소재적 결함, 라벨 결함 등에 의한 것으로 특히, Migration/Leaching의 경우 제품의 품질관리 측면에서 매우 중요한 이슈이며, Migration은 제품에서 포장재, 포장재에서 제품, 양방향으로 발생하는 현상으로 패키징소재와 유기화합물의 상호작용 규명이 중요하며, 분석 시스템의 신뢰성 확보가 선행되어야 함



<그림 25 d-Limonene 검출 그래프>

- 선행 연구 문헌 조사를 통한 커피에 존재하는 핵심 유기화합물(아로마) 파악 완료
- 상기 구축된 시스템을 안정화하여, 커피의 유통과정 중 개발 중인 패키징의 아로마 보존력 측정 및 아로마 변화 추이를 확인하여, 제품의 품질 관리성 및 유통기한 향상 연구

<표 30 커피 핵심 유기화합물 리스트>

Volatile	CONC. (mg/L)	Chemistry group	Coffee aroma description
(E)-β-Damascenone	1.95×10^{-1}	ketone	Honey-like, fruity
2-Furfurylthiol	1.08	Furans	Roasty (coffee)
3-Mercapto-3-methyl-2-buten-1-thiol	1.30×10^{-1}	Thiol	Catty, roasty
3-Methyl-2-buten-1-thiol	8.20×10^{-3}	Thiol	Amine-like
2-Isobutyl-3-methoxypyrazine	8.30×10^{-2}	Methoxypyrazine	Earthy
5-Ethyl-4-hydroxy-2-methyl-3(2H)-furanone	1.73×10^1	Furan	
Guaiacol	4.20	Phenols	Phenolic, spicy
2,3-Butanedione	5.80×10^1	Diacetyl	Buttery
4-Vinylguaiacol	6.48×10^1	Phenols	Spicy
2,3-Pentanedione	3.96×10^1	Ketones	Buttery
Methional	2.40×10^{-1}	Aldehyde	Potato-like, sweet
2-Isopropyl-3-methoxypyrazine	3.30×10^{-3}	Methoxypyrazine	Earthy, roasty
Vanillin	4.80	Phenolic aldehyde	Vanilla
4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone	1.09×10^2	Furaneol	Caramel-like
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine	3.30×10^{-1}	Dimethylpyrazine	Earthy, roasty
2,3-Diethyl-5-methylpyrazine	9.50×10^{-2}	Methylpyrazine	Earthy, roasty
3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone (sotolon)	1.47	Furan	Seasoning-like
4-Ethylguaiacol	1.63	Phenol	Spicy
5-Ethyl-3-hydroxy-4-methyl-2(5H)-furanone (Abhexon)	1.60×10^{-1}	Furan	Seasoning-like

□ 주관기관 - (주)천마하나로

■ 2차년도

(1) 연구개발 결과

○ 흡착 기능 컴파운드의 Lid 필름화 가공 및 알루미늄 라미네이션 가공 기술 개발 (Pilot Scale)

1) Easy Peel 필름에서 I 마크간 피치거리가 불규칙한 현상

① 문제점 및 원인

- Easy Peel 필름 최상부층 나일론에 그라비아 인쇄 시에 수축, 팽창율이 일정치 않음
- 하층부(Easy Peel + AL)와 상층부 사이에 PE로 T다이와 합지하는 공정에서 T다이의 두께, 필름장력, 투입온도에 따라서 필름이 늘어나는 정도가 가변적임.

② 개선방안 및 결과

- 최상층부의 재질은 수축, 팽창율이 나일론보다 안정적인 PET로 대체함
- 기존의 인쇄 후 T다이 합지하는 방식에서 합지 후 인쇄를 함으로써 수축, 팽창의 변수를 줄임.
- I 마크 간 피치거리 편차를 $\pm 1.5\text{mm}$ 이내로 달성



T다이공정 (좌하) / 드라이공정 (우하)

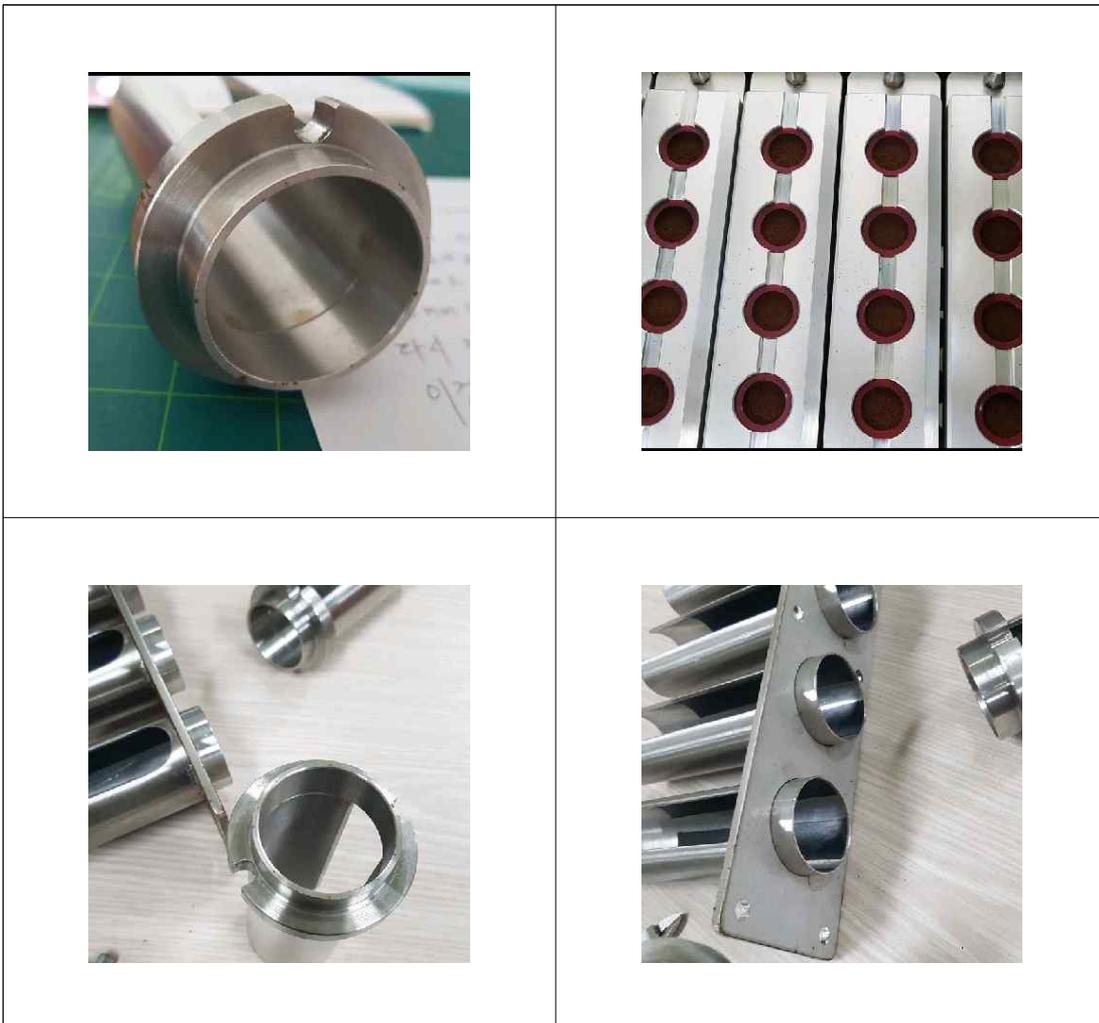
2) AL Lid의 캡슐 리드 안정적 안착을 위한 개선방안

① 문제점

- 기존 생산설비의 일매지 매거진의 내경은 38mm 이고 캡슐이 안착되는 AL mold의 홀내경도 동일한 38mm 였음. 하지만 AL Lid의 직경은 36.5mm이고 캡슐립의 직경은 37mm이어서 AL lid가 캡슐립 센터에 안착되지 않고 어느 한쪽으로 치우치면 캡슐립 상부 가장자리에서 최대 1mm까지 벗어나는 문제점이 발생하여 미관상 Quality가 많이 떨어지는 문제점이 발생,

② 개선방안

- AL lid매거진의 내경을 37mm로 축소 가공하여 AL lid외경과의 편차를 0.5mm으로 줄이고 매거진의 구조를 4개 1set일체형에서 각각의 독립형으로 제작함으로써 개개의 매거진의 위치를 미세하게 조정할 수 있도록 수정함. 결과적으로 캡슐립 가장자리에서 립이 한쪽으로 쏠리더라도 최대 0.5mm 이내로 안착이 가능해짐.



3)진공포장기 Easy Peel 안정적인 안착을 위한 실링장치의 구조적 개선 및 연구방안

① 문제점

- 현재 향산화패키지 Easy Peel 손잡이 부분은 캡슐 개봉 시 쉽게 잡고 뜰 수 있도록 썰링 되지 않는 부위를 남겨두고 있으나, 이번 비알코리아 OEM납품과정에서 손잡이 부위가 캡슐트레이에 안착이 되지 않고 높게 떠버리는 현상이 발생됨. 이는 기능상에는 문제가 없으나 미관상 문제로 지적됨.

이지필이 안착되지 않고 뜨는 현상	이지필이 안정적으로 안착
	

② 개선 및 해결방안

- MAP포장과 협의하여 실리콘 패드를 개조하여 손잡이부분의 이지필이 안착되는 부위에 Point Sealing을 할 수 있도록 구조적 변경을 함으로써 이지필 손잡이 부위 필름은 안정적 안착.



3) Easy Peel 필름의 안정적 기능역활을 위한 선행요건으로 캡슐충진장치의 정량 개선방안

① 캡슐충진장치의 문제점

- 캡슐에 정량 이상이 담길 경우 이지필의 흡착기능을 초과하는 가스의 발생되기 때문에 정량의 커피가 캡슐에 담길 수 있도록 개선.
- 플라스틱 사출물로 제작된 오거로 정밀도(캡슐에 정량을 담기힘듦)가 낮으며, 재료표면이 거칠어 원두의 유분과 미분이 달라붙는 현상이 발생됨. 그 결과 캡슐에 담기는 중량이 기준치 5.0g에서 $\pm 0.4g$ 의 편차가 발생에 따라 기준중량미달의 제품(불량)발생으로 생산공정라인의 가동중단 후 교정과정을 자주 거쳐야하는 문제가 발생.

② 해결책 및 개선사항

- 오거의 재질을 스테인레스로 변경하고, 정밀도를 더욱 높게 가공함. 또한 기존의 1단계 호퍼장치만을 사용하던 방식에서 1단계 호퍼와 교반장치가 장착된 2단계 호퍼를 추가로 장착하여 분쇄과정에서 발생한 미분을 고루 섞어줌. 그 결과 캡슐 충전의 균질화,정량화(편차 $\pm 0.1g$)가 가능해짐. 또한 기존의 1회 탬핑(누름방식)에서 2회의 탬핑으로 공정을 개선한 결과 캡슐당 최대한계 용량이 5.5g에서 6g까지 충진이 가능하게 됨. 이러한 개선으로 기존에 용량의 한계로 바디감을 살릴 수 없던 제품군에 대한 보완이 마련됨. 추가적으로 교반호퍼 바닥에 오거의 장착홀에 와이어 컷팅을 함으로써 유분이 많은 원두(프렌치로스팅)의 경우에도 원두가루가 오거에 달라붙는 현상이 발생하는 문제점을 개선함





4) Easy Peel 기능성 안정화를 위한 캡슐금형의 선행 구조변경공정

- 고압추출 환경을 견딜 수 있는 구조의 개선방안

① 문제점

- 커피캡슐은 PP/PE의 혼합물로 구성되며, 커피머신에 장착시 추출을 위해 19~20bar의 압력을 견딜수 있는 구조여야하면서 적당한 탄성을 갖추어야함. 고압을 견디지 못하고 지나치게 연성구조일 경우에는 수압을 견디지 못하고 일부 안으로 밀려들어가는 현상이 발생함. 이는 온수가 핀홀을 통해 캡슐내부로 통과하지 못하고 캡슐립 하단으로 새어나옴으로써 제대로 된 에스프레소를 추출하지못함.

정상적인 캡슐추출후 모습	수압에의한 밀림현상의 발생(고압추출문제점)
	

② 해결방안 및 개선사항

- 캡슐 하부 (수압을 받는 부분)의 구조적 변경을 통한 burr가 안차도록 금형수정
- 금형 수정을 통한 두께의 조절을 통한 개선,참고도면

5)캡슐머신에 투입시 안착문제의 개선

① 문제점

- 캡슐립 구조의 중요한 역할중 하나는 추출시 머신에 완벽한 밀착을 하여 누수를 막아야 하는 구조를 가져야함. 캡슐립의 직경의 조절 및 미세한 홈의 구조체를 만듦으로써 밀착성을 증가시킬 수 있음. 하지만 이러한 개선에 따른 문제점으로 머신기에 투입시 자연스러운 안착이 안되고 중간에 걸림 현상이나 정위치에 안착되지 않고 캐슬트레이로 바로 떨어지는 현상이 종종 발생하여 손을 이용한 임의적인 조치로 안착시키는 번거로움이 있음



② 해결 및 개선사항

- 캡슐 립부분이 머신기 홈에 매끄럽게 안착될수 있도록 직경의 변화를 줌.참고도면

6)캡슐 밑면의 핀홀로 인한 추출불량

① 문제점

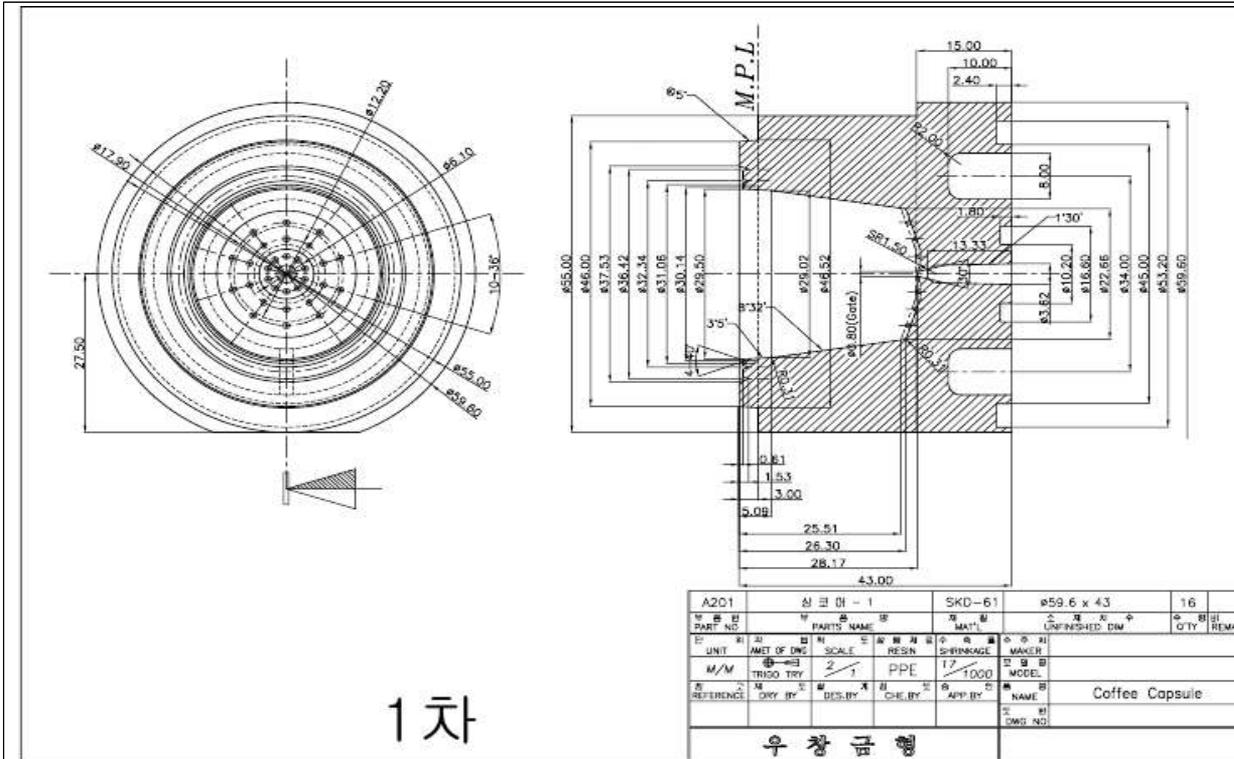
- 네스프레소 알루미늄 캡슐 재질과는 달리 자사의 캡슐은 PP/PE 재질로써 타공시 타공침과 캡슐 밑면의 접촉시 발생되는 탄성으로 불완전한 타공이 생기는 경우가 있음. 이를 개선하기 위해 30개의 핀홀을 아래 그림과같이 설계하여, 완벽한 타공이 되지 않을 경우에도 핀홀을 통해 물이 투입이 되도록 하여 원활한 추출을 가능케 함. 하지만 사출성형시 이러한 미세한 핀홀이 얇은 사출막에 의해 막히는 경우가 발생하여 추출불량의 문제가 발생하게 됨



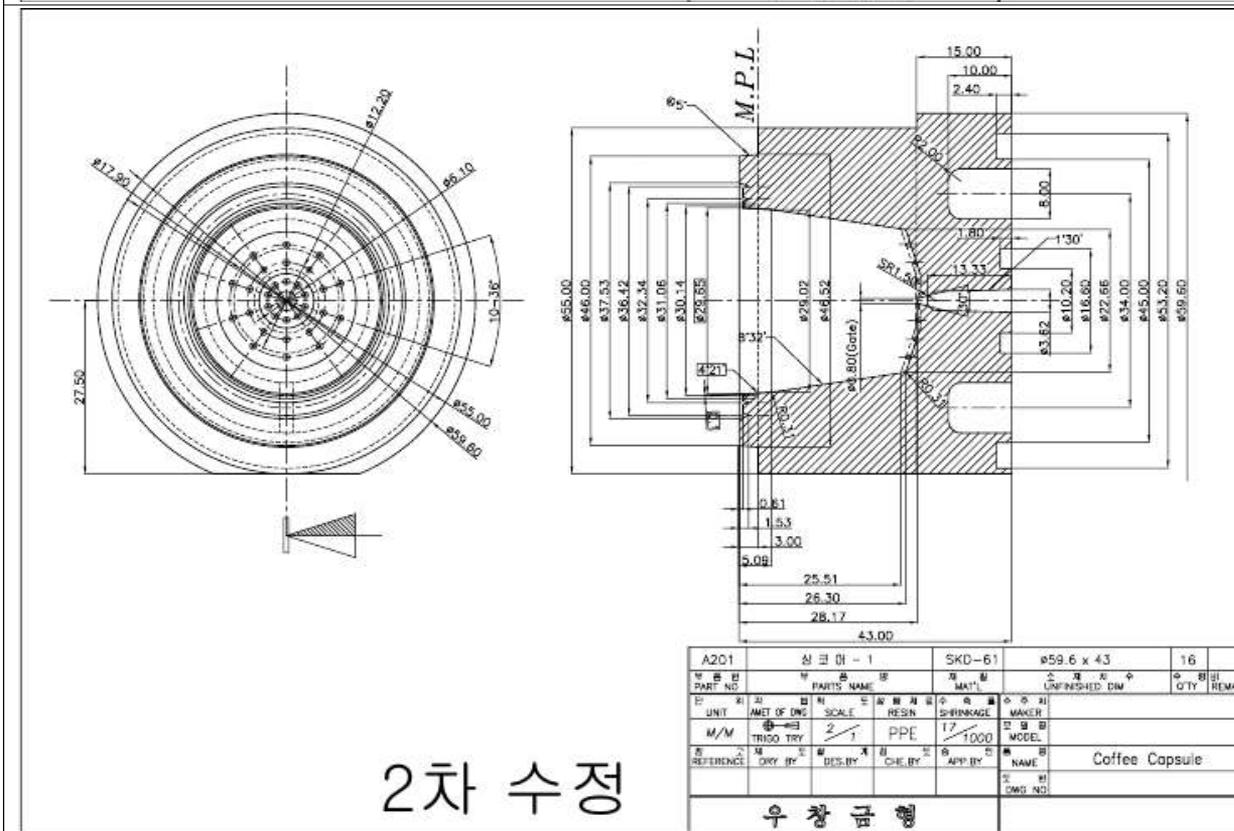
② 해결 및 개선사항

- 핀홀구조 및 성형공정 개선,참고도면

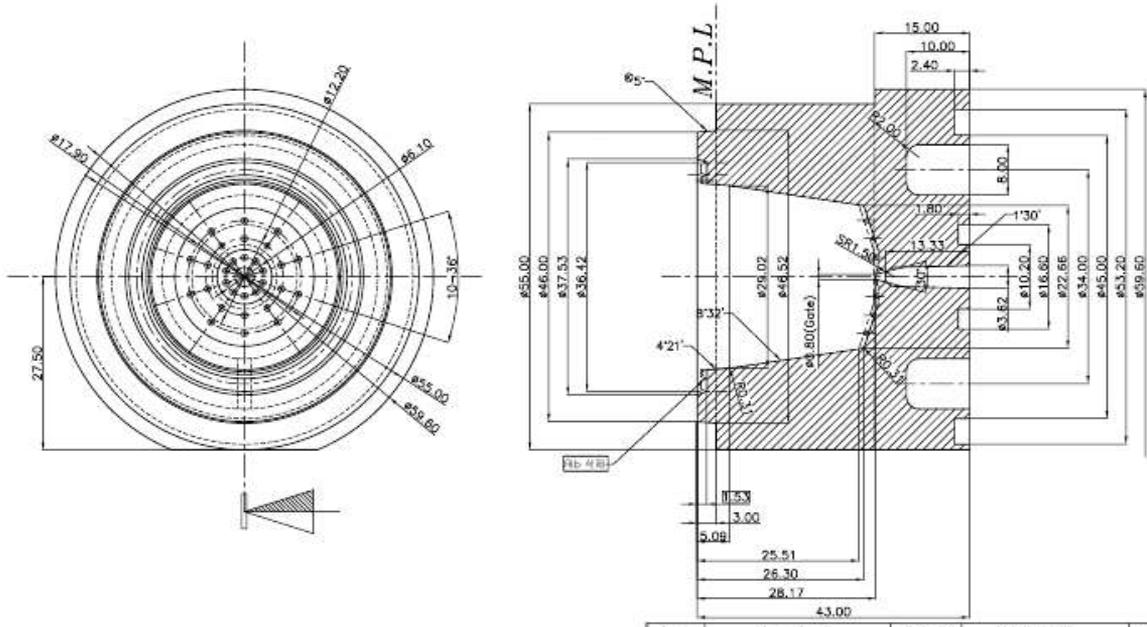
4)~6)에서 문제점에 대한 금형수정도



1차

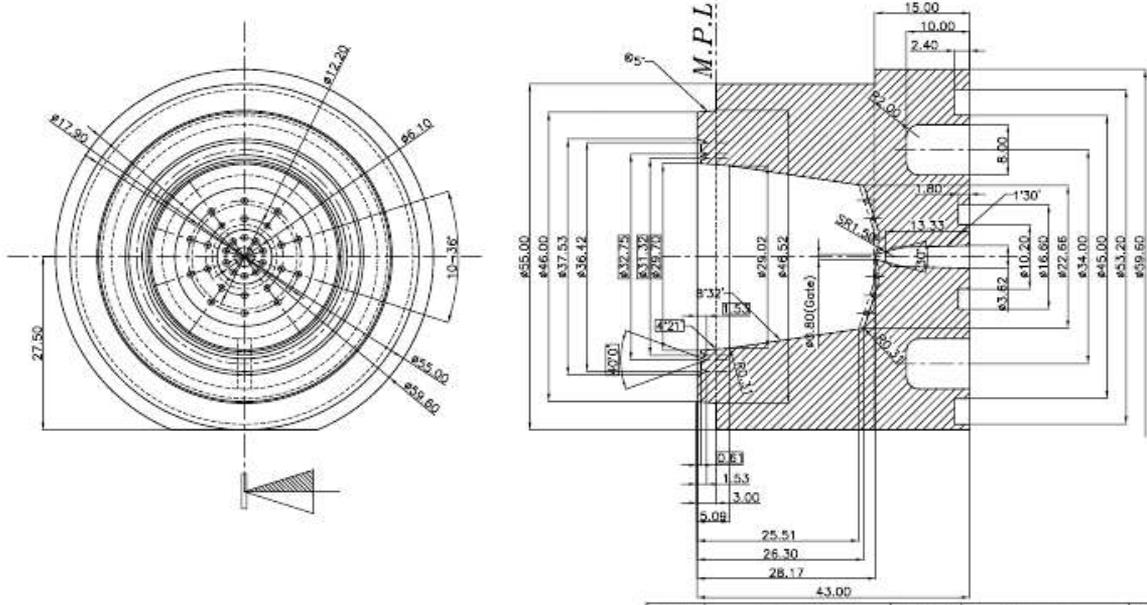


2차 수정



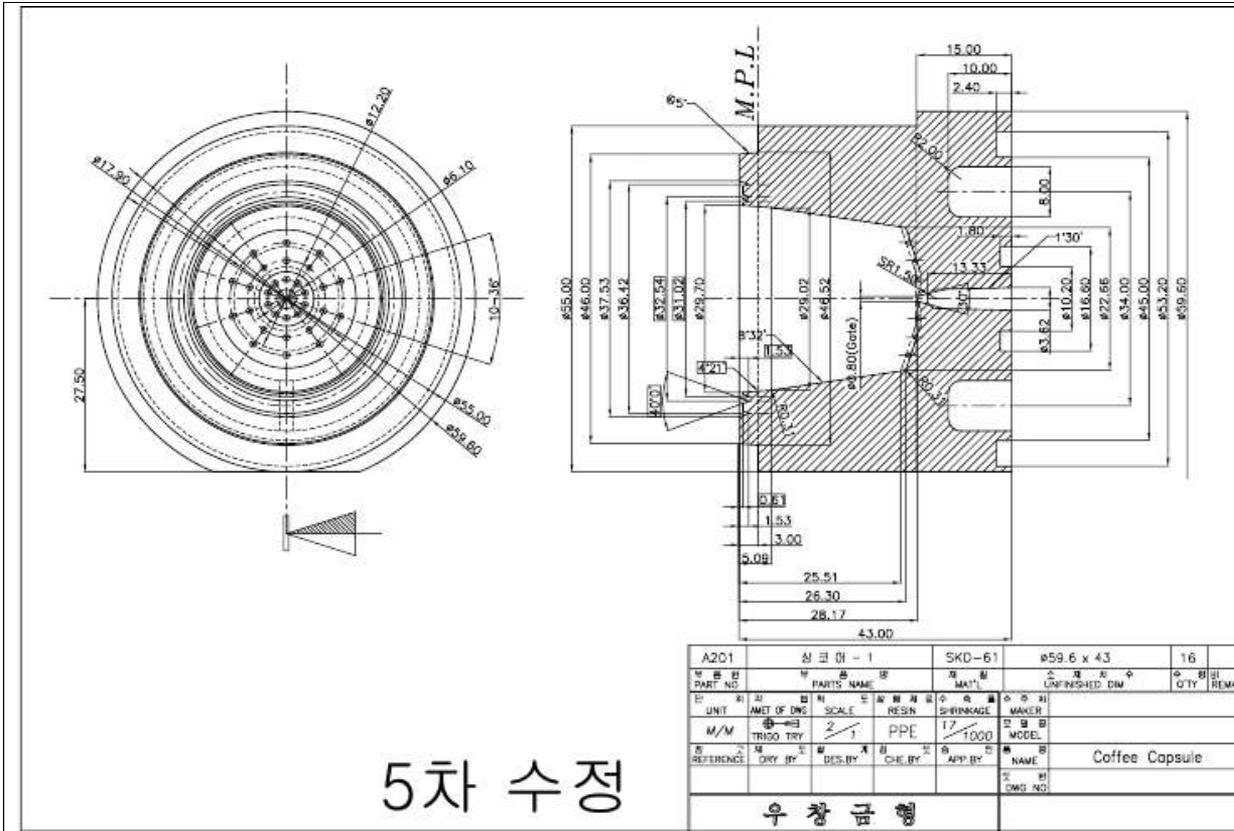
A201	상 크 이 - 1	SKD-61	φ59.6 x 43	16
부 품 번 PART NO	부 품 명 PARTS NAME	재 질 MAT'L	스 케 이 UNFINISHED DIM	우 회 량 QTY
단 UNIT	단 위 UNIT OF DIM	단 위 SCALE	수 량 QTY	제 작 MAKER
M/M	mm	2/1	17	모 델 MODEL
참 조 REFERENCE	도 구 DRY BY	검 사 CHK BY	어플 APP BY	이름 NAME
				우 회 DWS NO
우 창 금 행				

3차 수정



A201	상 크 이 - 1	SKD-61	φ59.6 x 43	16
부 품 번 PART NO	부 품 명 PARTS NAME	재 질 MAT'L	스 케 이 UNFINISHED DIM	우 회 량 QTY
단 UNIT	단 위 UNIT OF DIM	단 위 SCALE	수 량 QTY	제 작 MAKER
M/M	mm	2/1	17	모 델 MODEL
참 조 REFERENCE	도 구 DRY BY	검 사 CHK BY	어플 APP BY	이름 NAME
				우 회 DWS NO
우 창 금 행				

4차 수정



○ Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가/분석(협동기관 협동)

1) Easy Peel 패키징 실링 조건에 따른 최적의 썰링 조건 분석

: Easy Peel 썰링 가공 조건의 변화를 통한 최적의 공정확보와 실링안정성 확보

성능불량	안정성 확보
	
고른 접착을 이루지 못함	안정적인 접착형태

- Easy Peel 썰링은 다층 시트와 Easy Peel을 썰링 장비를 이용하여 접착하는 공정으로 온도, 압력, 접착 시간의 조건에 따라서 썰링 강도가 다양하게 구현됨
- 다층시트의 느슨한 접착이 불량인 원인이 되거나, 지나치게 접착되어 개봉 시 말끔하게 떨어지지 못하여 이지필 기능으로의 역할 수행이 저하되거나, 떨어지지 않아서 사용상 편의성에 부정적인 영향을 주는 상황이 발생
- 온도 조건, 실링시간을 다르게 하여 비교분석함으로써 완벽한 접합력을 가지면서도, Easy Peel 개봉 시에 문제가 발생되지 않는 조건을 분석함.

<공정프로세스>



: 컨트롤러의 온도에 변화를 주면서 이지필의 접착 및 접착강도상태를 확인.

온도(°C)	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
시간(초)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
압력	고정															

: 압력은 고정값이며 실링시간을 2sec로 일정하게 하여 온도변화 시 실링강도 변화

구간	상태	결과
135°C 이하	접착이 안되거나 매우 불량	불안정
135°C ~ 138°C	접착이 되나, 부분 불량	불안정
138°C ~ 145°C	접착이 양호함	안정
145°C ~ 150°C	접착이 되나 일부 녹는현상	불안정
150°C	이지필이 녹는현상 발생	

: 이지필의 접착형태

138℃ 이하	138℃ ~ 145℃	145℃ 이상
		
접착이 이루어지지 않는 부분이 중간중간에 발생	말끔하며 정상적인 상태	접착이 강하며, 일부 녹는 현상으로 이지필이 테두리에 남음

: 이지필의 성능은 일정 온도구간 (약 138℃~145℃ 구간) 에서 정상적인 상태와 강도가 확인되었고, 그 이하의 온도에서는 붙지 않거나 녹는 현상으로 인한 불량 발생을 확인

: 씰링 장비의 원리는 기기가 온도를 제어하기 위해 온도 세팅 시 지정온도에 도달하였을 때 전기를 차단하고, 다시 1℃이상 떨어지면 전기가 들어오는 방식이므로 안정적인 구간의 온도 세팅을 위해 140℃~142℃의 최적 온도 구간을 확보

: 온도를 고정하고 시간의 변화를 주면서 씰링 상태 확인

온도(℃)	140	140	140	140	140	140	140
시간(초)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
압력	고정						

: 시간의 변화에 따른 실링상태

시간	상태	결과
1.0 초 이하	접착이 안되거나 불량	부적합
1.5 초	부분 미접착	부적합
2.0 초	접착이 안정적	적합
2.5 초	접착이 강하여 제거시 힘이 듦	적합/일부불량
3.0 초 이상	이지필 녹는 현상	부적합

1.5 초 이하	2.0 ~ 2.5 초	3.0 초 이상
		
미접착 발생	안정적인 접착강도	녹거나 이지필 제거가 힘들

: 약 2.0 초의 썰링 시간 구간에서 안정적인 접착강도를 보여줬으며, 3.0초 이상 시 이지필이 썰링기와 접촉시간이 길어져 소재가 녹는 현상이 발생하며, 지나친 접착으로 이지필 제거가 어려운 것으로 확인되어 공정 변수 조절을 통한 조건을 확보, 개선을 진행

2) Easy Peel 과 시트의 접착강도 및 편의성에 영향을 주는 시트에 관한 문제 개선

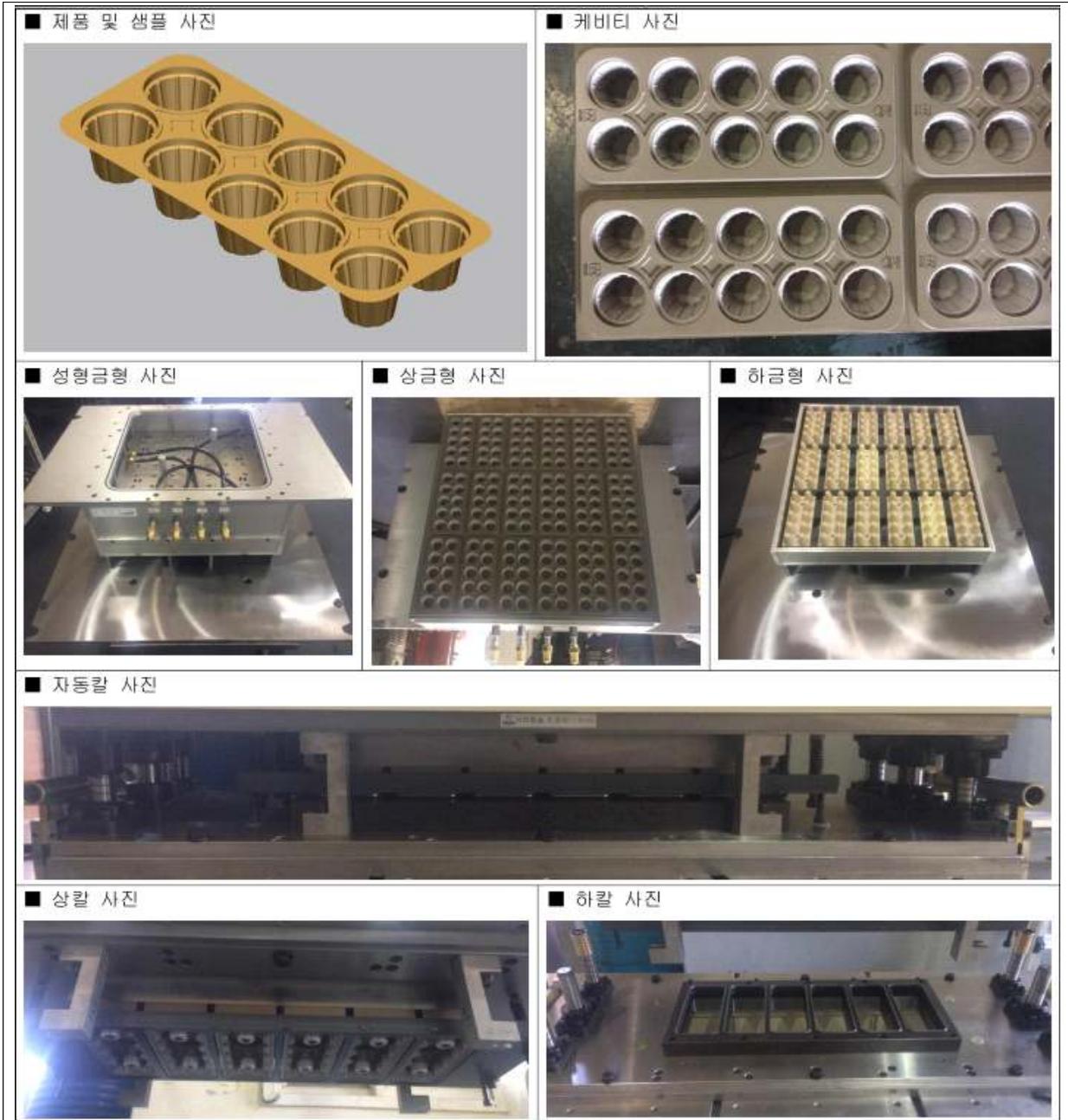
① 문제점

: Easy Peel 완성후 지속적으로 발생하는 문제점중 하나는 캡슐트레이의 구조적 특성과 기존 성형기 코팅부의 문제점으로 인한 시트의 두께가 일정치 않거나, 시트의 일부에 물방울들이 생기는 현상이 빈번히 발생함. 이러한 문제점은 이지필 작업후 최종 패키징이 완성되었을 때, 컷팅부에 미세한 틈이 발생하여 기체가 투과되어 패키징 내부가 정상적으로 부풀어지지 않거나 산패가 되는 원인이 됨.

② 해결방안

: 커피캡슐 압진공 금형 개조 및 용융적용 하여 고른 두께로 사출을 가능케함.

: 시트의 고른두께를 가능케 함으로써 Easy Peel 공정시 불량률을 감소.



- 몰드측,플러그측 하우징 변경, 하우징 외곽크기 알루미늄 (16T, 20T)로 교체
- 플러그측 미들플레이트 추가
- 플러그 하이텍으로 변경
- 상측 플레이트 사이즈 및 조방변경(1250x420x32T 증가)
- 하측 플레이트 사이즈 및 조방변경(1250x500x45T 증가)
- 상하측 클램프자리 및 가이드핀자리 추가

3) Easy Peel film의 신축성에따른 실링작업후 로고의 정렬불량문제

① 문제점

- Easy peel film은 이지필원단,AL,PE,나일론,PET로 구성되는데, 통상적으로 상층부의 나일론이나 PET에 인쇄를 할 경우 필름이 수축되고, AL과 상층부를 합지하는 과정에는 늘어나는 성질이 있음. 이런 이유로 일정치 않은 원단의 피치거리가 진공포장기 챔버내에 다수의 트레이를 넣고 sealing 하는 경우, 필름의 피치거리가 늘어나서 용기와 필름의 인쇄위치가 맞지 않는 문제점이 발생

■ 2차년도

(1) 연구개발 목표

- 가스 흡착 기능 천연물 소재의 발포가공을 위한 발포제 자료 조사 및 분석
- 고분자 발포 컴파운드 소재 제조 및 발포 가공 기술
- 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술
- 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 (Lab Scale)
- 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구

천연물 기반 가스 흡착 컴퍼운드 소재 개발
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 핵심성과 - 특허출원 2건, 등록 1건, SCI 논문 1건 (주관기관 협조) ◦ 전략성과 - 컴파운드 소재 가스 흡착능: > 15 cc/g resin - Lid 필름 Sealing 강도 : < 1.8 kgf 기존 2.0 대비 10% 향상

(2) 연구개발 내용

○ 가스 흡착 기능 천연물 소재의 발포가공을 위한 발포제 자료 조사 및 분석

- 천연물 발포 가공을 위한 발포제 선정 및 발포특성 분석
- 가스 흡착기능 향상을 위한 흡착제 개질 기술 연구
- 흡착능력 비교분석을 통한 흡착제 선정 및 최적 함량 연구
- 흡착능 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 분석



<흡착능 구현 발포 Lid 필름>

○ 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 발포제/흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술

- 고분자 및 발포제, 천연물 소재 개질을 통한 상용성 향상 기술
- 고분자 수지 내 발포제/천연물 소재 균일 분산 컴파운드 마스터배치 제조 기술
- 컴파운드 소재 흡착능 제어 및 성능 평가 기술

○ 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 (Lab Scale)

- 천연물 소재 함유 컴파운드를 이용한 발포 Lid 필름 시제품 제작
- 천연물 소재 가공 안정성 확보 및 흡착능 평가 기술

○ 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구

- 컴파운드 소재 적용에 따른 성분 변화 분석

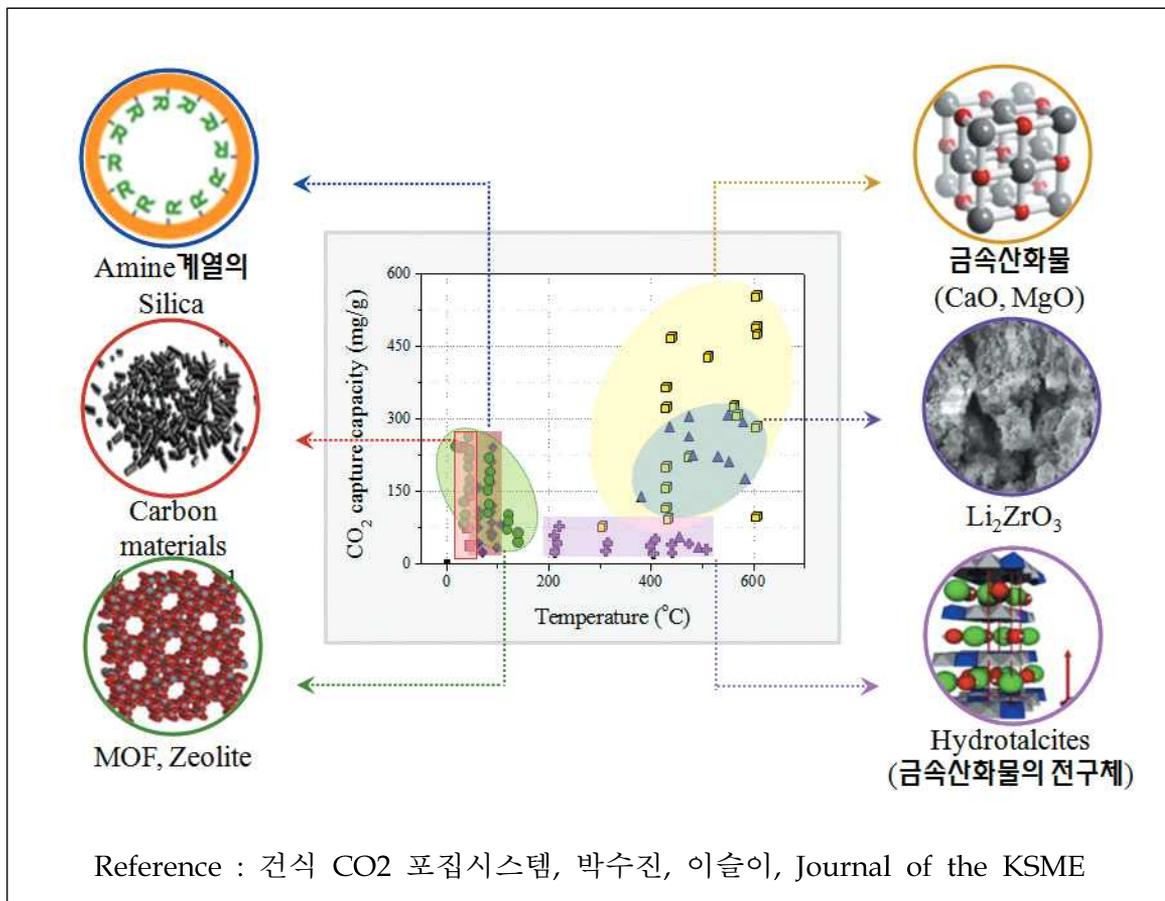
■ 2차년도

(1) 연구개발 결과

○ 가스 흡착 기능 천연물 소재의 발포가공을 위한 발포제 자료 조사 및 분석

1) 차단성/흡착능 천연물 조사

- 갓 볶은 커피의 경우 당과 아민기의 반응에 의한 Strecker degradation reaction으로 인해 이산화탄소가 발생하게 되고 이로 인해 커피 패키징의 내압 증가로 인한 제품 손상이 발생. 따라서 이를 보완하기 위해 이산화탄소 흡착이 가능한 패키징 소재 개발을 목표로 기존 문헌 조사를 통해 CO₂ 흡착능이 있는 천연 nanoclay 및 carbonaceous material의 흡착량 분석 및 비교



<그림 1 흡착 온도 조건에 따른 다양한 흡착제의 이산화탄소 흡착능>

- 대표적인 이산화탄소 흡착제로는 알칼리 금속계, 제올라이트, 금속유기구조체 (MOF), 금속산화물 및 탄소재료 등이 있음
- 알칼리 금속계의 경우 저온 영역에서도 이산화탄소 흡착이 가능하며 수분이 있는 조건에서도 이산화탄소 분리회수가 가능한 장점이 있으나 3~11 wt.%로 낮은 흡착량 및 부반응으로 인한 Na₂CO₃ 등의 생성물 형성으로 이산화탄소 포집 효율 저하

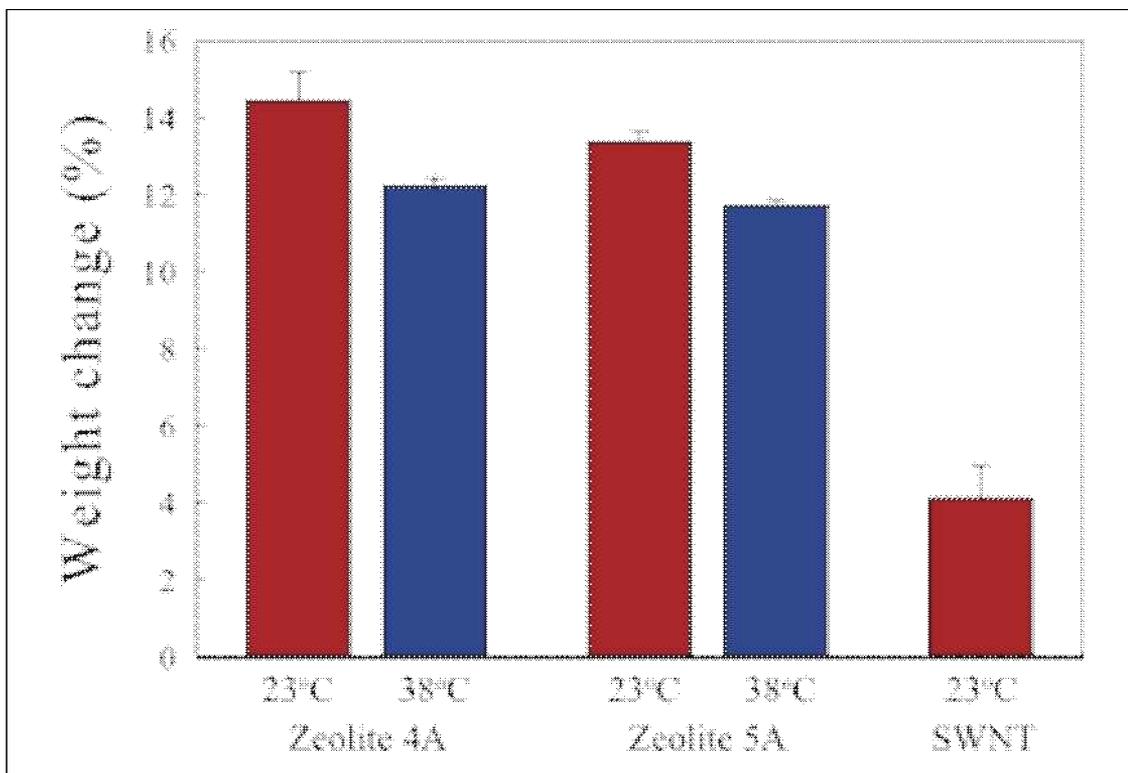
- 제올라이트는 낮은 제조원가와 풍부한 미세기공률을 지니는 실리카계열의 흡착제로서 상온, 상압 조건에서 3~10 wt.%의 흡착량을 보이고 있음. 하지만 수분을 쉽게 흡수하는 특성으로 인해 실제공정에 적용 시 이산화탄소 흡착능력이 크게 감소.
- MOF는 다양한 금속클러스터 및 유기리간드의 조합에 따라 수천가지의 합성이 가능함에 따라 우수한 기체 흡착 선택특이성, 수분흡수 및 정밀화학용 촉매 등으로 각광받고 있음. 하지만 공정 적용 시 이산화탄소 분압이 낮은 경우 매우 낮은 이산화탄소 회수효율을 보이며 공정단가의 경제성 문제도 있음
- 금속산화물의 경우 이산화탄소 흡수량이 높은 반면 높은 온도에서 사용되기 때문에 반응속도가 너무나 느리고 많은 양의 에너지를 필요
- 탄소재료는 단일원소로 구성되어 있음에도 불구하고 결합의 형태가 다양하며 화학적 안정성, 전기 및 열전도성, 고강도, 고탄성률 등의 우수한 특성을 가진 우수한 재료임. 이산화탄소 흡착제로 사용되는 다공성 탄소소재는 이산화탄소와 친화성이 높은 관능기를 표면에 도입하여 이산화탄소를 유도 및 포집함.
- 가스 흡착능 천연물 킴파운드 소재로 개발하기 위해 경제성 및 물성 고려한 결과 제올라이트계열, nanoclay 계열 및 탄소 계열 이산화탄소 흡착제가 선별되었으며 그에 따른 논문 조사 및 흡착능 실험 진행

2) 가스 (CO₂) 흡착 기능 천연물 소재 흡착능 실험

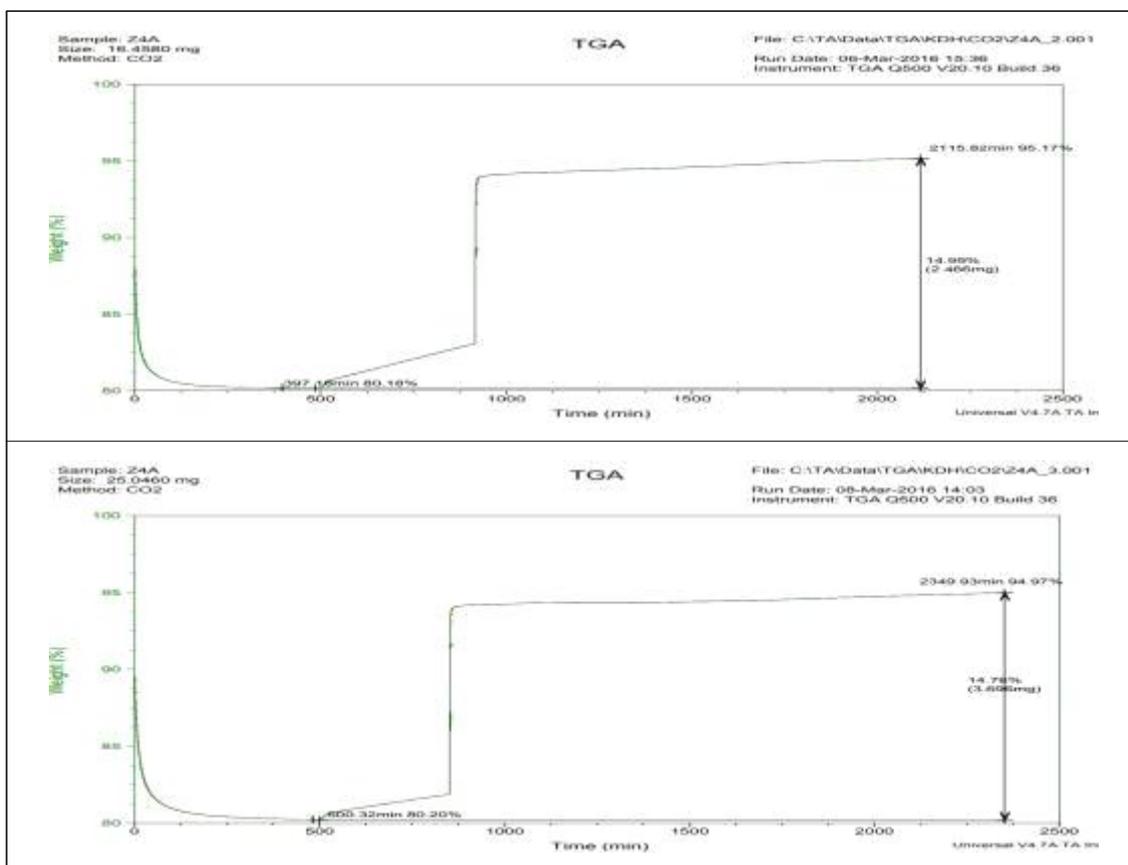
- : 1차 년도에 가스 흡착 기능 천연물 선행 조사 수행/분석
- : 선행 연구자료 조사를 통해 CO₂ 흡착능이 우수하다고 판별되는 흡착제 중 Zeolite 4A, Zeolite 5A, 그리고 Single-walled carbon nanotube의 흡착능을 TGA장비를 이용하여 분석
- : 실험 초반 500분 동안 120 °C에서 수분 제거 후 CO₂ 유입 시작하여 무게 변화가 평형에 이를 때까지 실험 진행
- : 각각 3회에 걸쳐 실험을 진행하였을 때, 23와 38 °C의 두 가지의 온도 범위에서 zeolite 4A가 가장 우수한 이산화탄소 흡착량을 보였음

<표 1 흡착제 별 CO₂ 흡착량>

		23°C	38°C
Weight change by CO ₂ Adsorption (%)	Zeolite 4A	14.43±0.76	12.20±0.22
	Zeolite 5A	13.36±0.31	11.72±0.15
	Single-walled carbon nanotube	4.10±0.88	



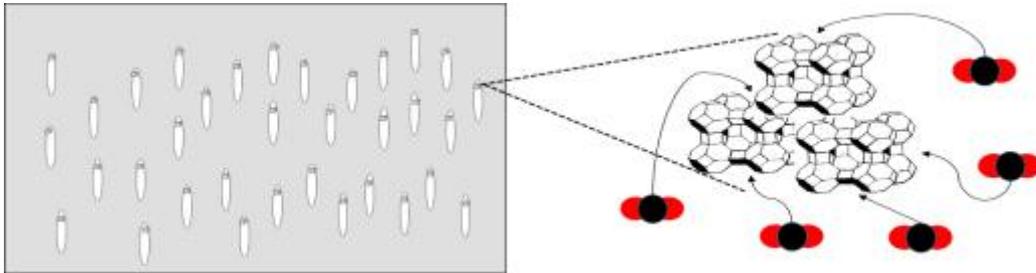
<그림 2 흡착제 별 온도에 따른 CO2 흡착량>



<그림 3 최종 선정된 zeolite 4A의 CO2 흡착량>

- 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 발포제/흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술
 - 범용 수지 기반 이산화탄소 흡착능 보유 컴파운드 및 천연물 분산 기술

○ 실험 내용 소개 및 재료



<그림 4 실험 내용 개략도>

- 물리적 용융 가공을 이용하여 base resin에 이산화탄소 흡착능을 가지는 zeolite 4A를 분산하여 필름 표면에 있는 zeolite 4A에 이산화탄소가 흡착할 수 있는 필름 제조가 목표임

- 재료

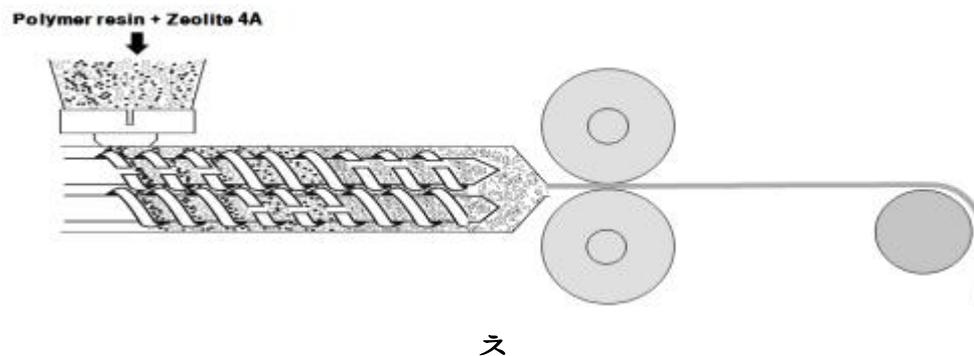
Base resin : Low density Polyethylene (LDPE)

- Grade : BS500, LG chemical (korea)
- Melt index : 3.3 g/10min, 190°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 일반 공업용 포장필름, 무가교 발포용

Filler : Zeolite 4A

- Grade : COLITE-P, Cosmo fine chemical (Korea)
- Chemical composition: $Na_{12}[(AlO_2) \cdot (SiO_2)]_{12} \cdot 27H_2O$ (Sodium Aluminium Silicate)
- ※ $Na_2O = 17.0 \sim 18.0 \text{ wt\%}$, $Al_2O_3 = 28.5 \sim 29.5 \text{ wt\%}$, $SiO_2 = 33.0 \sim 34.5 \text{ wt\%}$, $H_2O = 18.0 \sim 21.0 \text{ wt\%}$
- Density: $0.25 \sim 0.35 \text{ g/cm}^3$
- Average particle size: $2.0 \sim 3.0 \mu\text{m}$
- Weight change by CO2 adsorption : $14.43 \pm 0.76 \%$ at $23 \text{ }^\circ\text{C}$

○ 시제품 제작 도식도



ㄷ

- : Base resin과 filler를 각각의 함량별로 상온에서 핸드 블렌딩을 통해 섞어서 feeder에 feeding하여 다이렉트로 필름 다이스를 통해 필름 형태로 압출하는 방식으로 실험을 진행하였음
- : 파우더 형태의 zeolite 4A가 직접적으로 feeding되기 때문에 압출기 내와 핸드 블렌딩 할 때 손실 되는 양이 있을 것이라 추측되었음

○ 분산 장비 결정

- : Base resin에 filler를 높은 shear rate에서 분산시켜 film 형태로 압출, Compounder가 제조 장비로 선정



<그림 6 Brabender mixer (왼쪽)와 Compounder (오른쪽)>

- 1차 년도에 산소차단성 연구 수행 시 Base resin과 Nanoclay를 높은 전단력으로 분산시킨 제조 노하우 적용

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 가공 조건 및 조성

<표 2 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer matrix	Low density polyethylene
Fillers	Zeolite 4A
분산 방법	물리적 분산 (용융혼합법)
가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	25 rpm
압출기 온도 (Temperature)	190 ~ 210 °C
권취속도 (take off rolled speed)	0.8 m/min

- 펌프 속도는 25 rpm으로 선정, 하였으며 film dies에서 film이 압출 될 때에 작은 압출구로 인해 압출기 내에 높은 압력이 발생함으로써 사전 실험을 통해 최적의 스크류 속도를 선정함
- 압출기 온도는 190 ~ 210 °C로 선정하였으며 LDPE가 열분해가 일어나지 않는 온도로 선정
- 권취 속도 또한 높은 함량의 복합 필름을 압출할 때의 낮은 압출량을 대비해서 느린 속도로 권취/필름 제조

<표 3 LDPE/zeolite 4A composite film의 조성>

Sample code	LDPE (wt%)	Zeolite 4A (wt%)
Neat LDPE	100	0
ZL10	90	10
ZL20	80	20
ZL30	70	30
ZL40	60	40

- zeolite 4A의 조성은 10 ~ 40 wt%의 조성으로 제조하였으며, 15 cc/g resin 이라는 높은 수치의 이산화탄소를 흡착하기 위해 고 함량으로 제조하였음
- resin에 비해 많은 양의 파우더가 feeding되다 보니 feeding이 원활하게 이루어지지 않았음

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 TGA 분석

- Thermogravimetric analysis (TGA)장비를 통해 분석했으며 분당 10 °C씩 승온시켜 600 °C까지 측정하였으며, 시제품 필름 내에 실제로 잔존하고 있는 zeolite 4A의 값을 확인하기 위한 분석

<표 4 LDPE/zeolite 4A composite film의 TGA결과>

Sample code	Residue amounts at 550 °C (wt%)
Neat LDPE	-
ZL10	9.15 ± 0.17
ZL20	14.79 ± 0.43
ZL30	24.62 ± 0.16
ZL40	31.81 ± 0.08

- 실제로 feeding된 filler의 양에 비해 실제로 필름 내에 550°C의 조건에서 잔존하는 양은 적게는 8.5% 많게는 28.1%의 손실률이 발생하였음
- 이것은 다양한 원인이 있을 수 있으며 핸드 블렌딩 해서 feeding할 때의 손실을 및 압출기 내에서 손실하였을 가능성도 있으며, zeolite 4A가 많은 양의 수분을 머금고 있어서 실제의 무기물 양과 차이가 있을 수 있음
- 이산화탄소 흡착능은 이 순수 무기물의 양에 기인할 것으로 예상되며 무기물의 양이 많을 수록 이산화탄소의 흡착량이 많아 질 것이라 예상됨

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 시제품

<표 4 LDPE/zeolite 4A composite film의 시제품 사진>

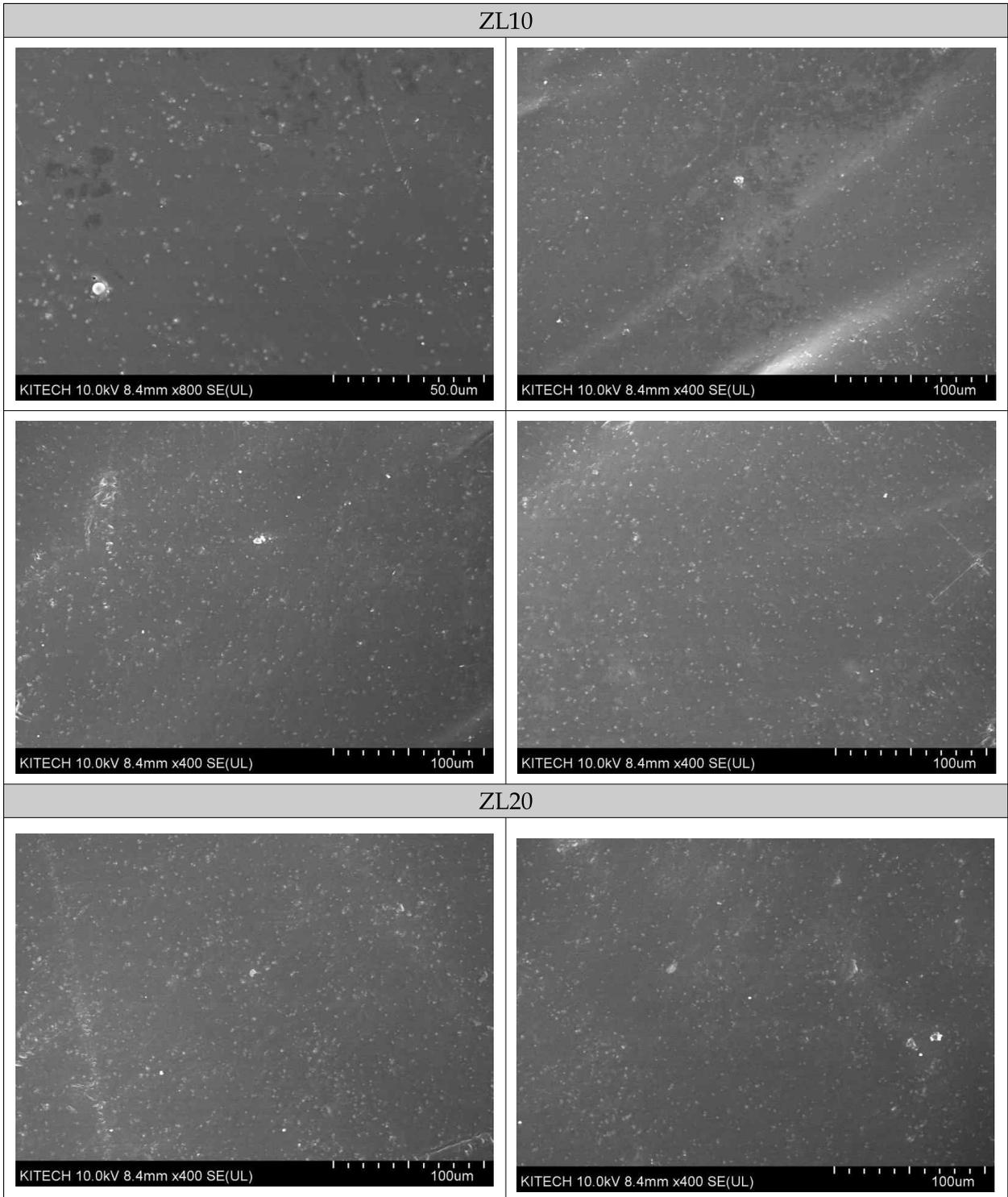


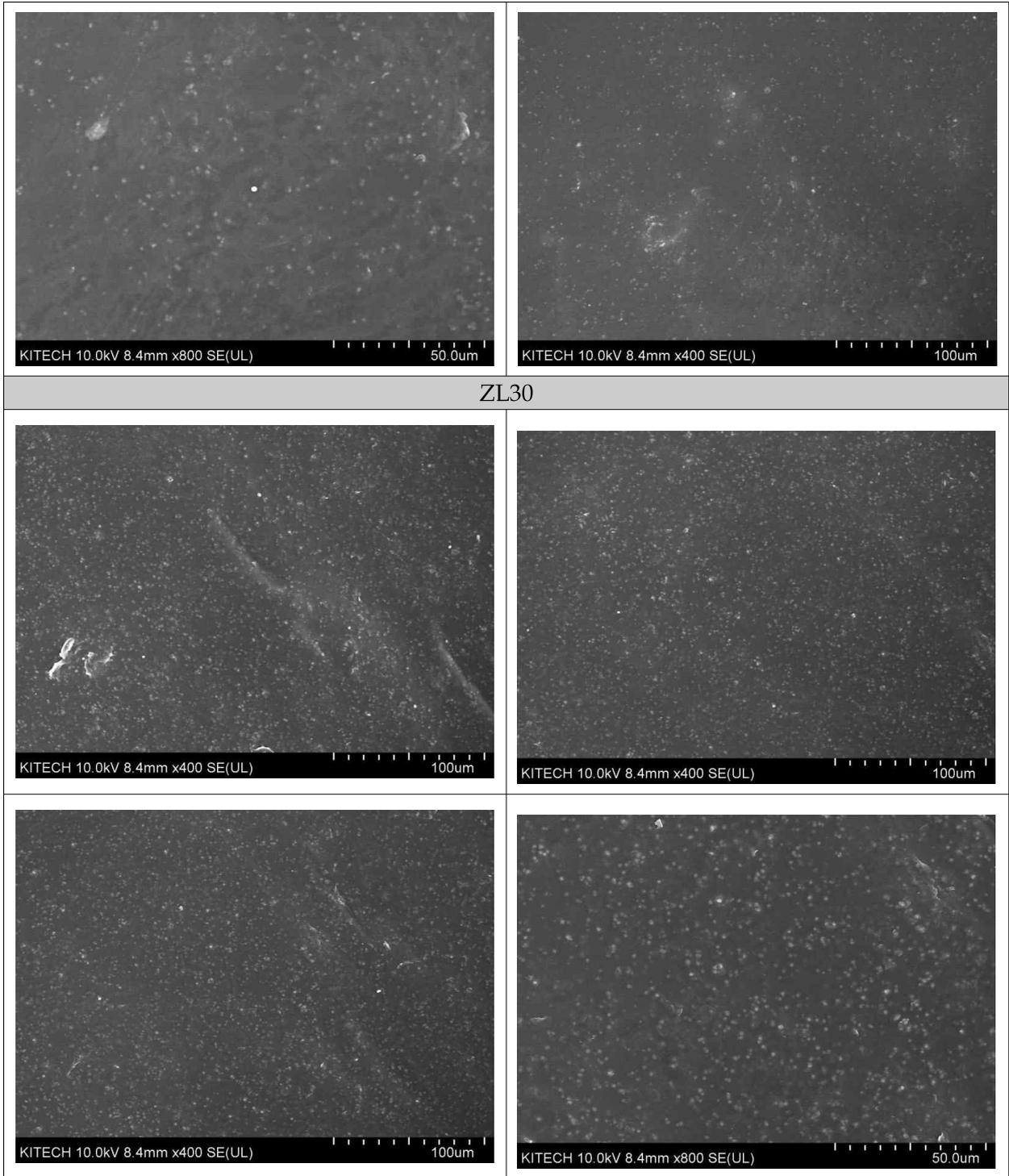
- zeolite 4A의 양이 증가할수록 필름 표면의 거칠기가 증가하였으며, 고 함량의 첨가제가 들어갔음에도 불구하고 표면이 매끈하게 압출이 잘 되었음을 육안으로 관찰할 수 있었음

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 SEM 분석

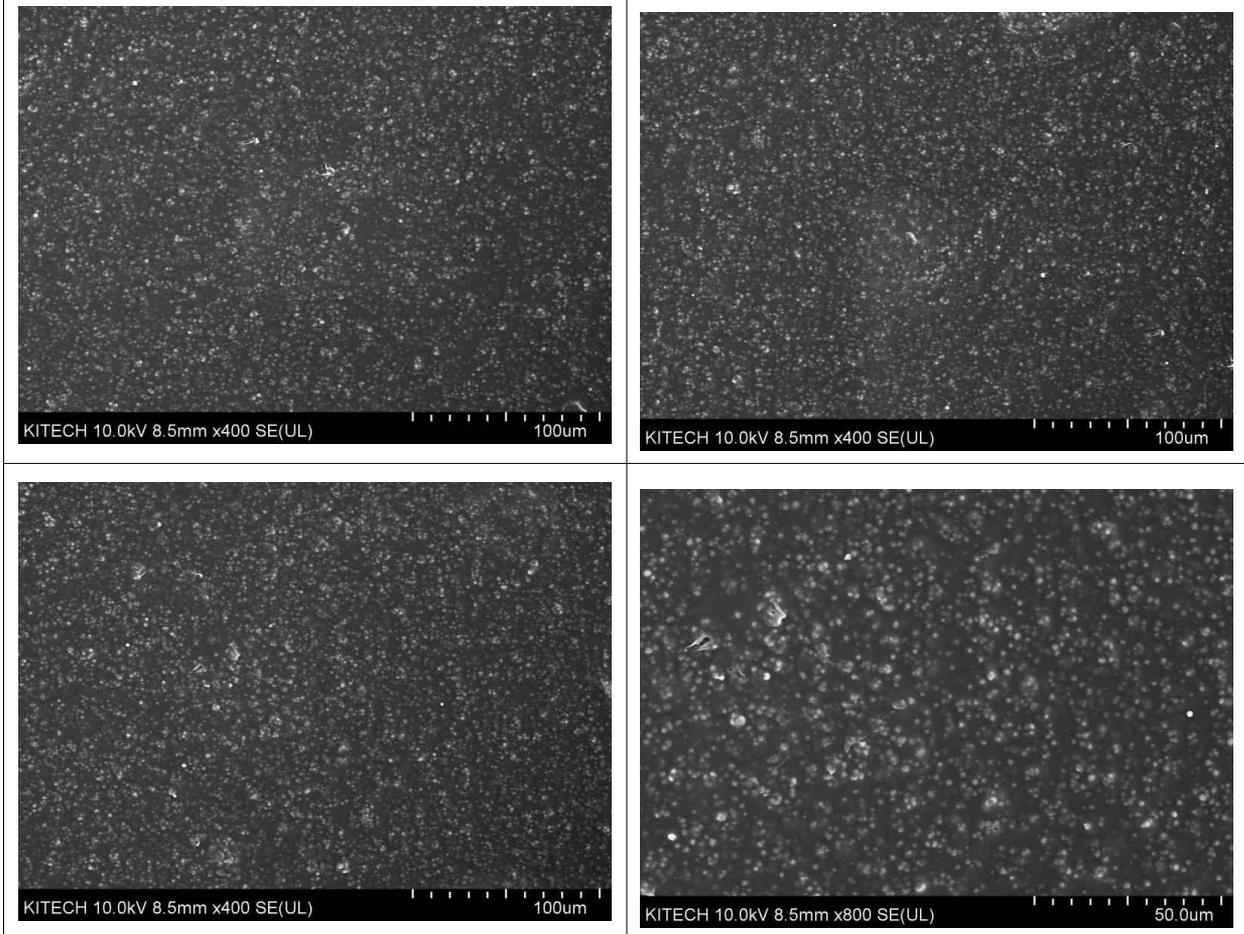
- Scanning Electron Microscope (SEM)을 통해 필름 형태의 시제품의 표면을 Pt/Pd 합금으로 코팅 후 측정했으며 zeolite 4A의 함량에 따라 변하는 표면 분석

<LDPE/zeolite 4A composite film의 SEM 사진>





ZL40



- 위의 표는 LDPE/zeolite 4A 복합 소재 필름의 표면을 SEM을 통해 분석한 것이며, x800와 x400의 배율로 측정하였음
- 분석결과 zeolite 4A의 함량이 증가함에 따라 표면에 zeolite 4A의 particle들의 양이 많아지는 것을 확인함
- 이산화탄소가 필름 내에 깊숙하게 흡착될 수는 없었을 것이라고 판단되며 표면에 있는 zeolite 4A의 양이 증가함에 따라 이산화탄소 흡착량이 증가하는 추세를 보임
- 표면을 분석했을 때 2.0 ~ 3.0 μm 의 입자를 가지는 zeolite 4A가 크게 뭉쳐진 형상을 보이지 않으며 고르게 잘 분산되었다고 판단됨
- 이러한 분산성을 고려했을 때 zeolite 4A의 자체적인 흡착능 개선이 이뤄진다면 더욱 더 높은 흡착능을 구현할 것이라 예상됨

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 인장강도 분석

- Universal Testing Machine(UTM)을 통해 ASTM D638을 따라 시편의 형태 및 크기 (Type IV)에 대해 Test speed (50 mm/min)를 설정 후 측정했으며 zeolite 4A의 함량에 따라 변하는 기계적 물성 값 비교를 위한 분석

<표 5 LDPE/zeolite 4A composite film의 인장강도 결과>

Sample code	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
Neat LDPE	13.89 ± 0.83	378.60 ± 30.65
ZL10	8.63 ± 0.29	228.01 ± 15.29
ZL20	8.97 ± 1.32	50.56 ± 5.74
ZL30	8.01 ± 0.24	35.78 ± 3.93
ZL40	6.99 ± 0.50	18.11 ± 1.89

- 샘플 당 5회 이상씩 측정하였으며, 평균과 표준오차를 통해 데이터를 생성하였음
- Neat LDPE에 zeolite 4A를 10wt% 첨가하였을 때 인장강도는 약 37.9% 감소하며, 신율도 마찬가지로 약 40% 정도 감소함
- 이 후로 zeolite 4A의 함량을 늘릴수록 인장강도는 비교적 작은 폭으로 감소하지만 신율은 드라마틱하게 감소하는 경향을 보임
- zeolite 4A의 함량이 증가할수록 base resin이 filler로 인해 polymer network를 형성하지 못해서 기계적 강도가 계속해서 감소하는 것으로 파악됨

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 밀도 측정

- 비중-밀도계를 통해 water displacement method를 통해 ASTM D792를 따라 LDPE/zeolite 4A 복합체 필름의 밀도를 측정

<표 6 LDPE/zeolite 4A composite film의 밀도측정 결과>

Sample code	Relative density (g/cm ³)
Neat LDPE	1.02 ± 0.14
ZL10	0.98 ± 0.01
ZL20	1.00 ± 0.04
ZL30	1.04 ± 0.04
ZL40	1.13 ± 0.02

- Neat LDPE에 비해 zeolite 4A의 함량을 30wt%까지 증가시킬수록 밀도 역시 큰 변화가 없음을 확인하였으며, 40wt%의 함량에서는 neat LDPE에 비해 약 10% 증가함을 확인함

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 이산화탄소 흡착량 분석

- 이산화탄소 흡착량 측정 (TGA)

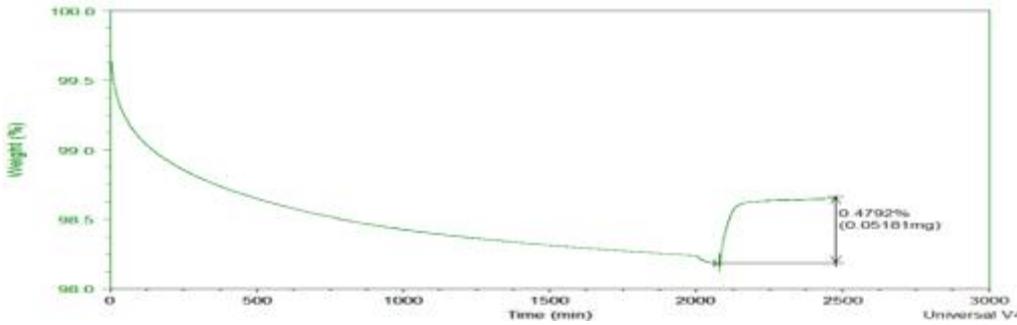
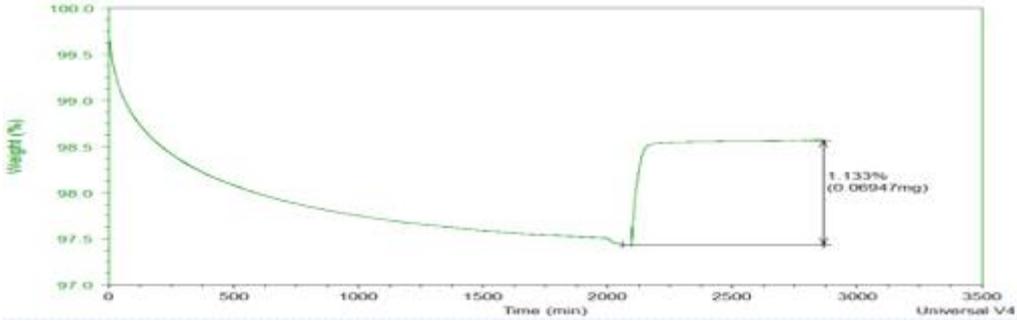
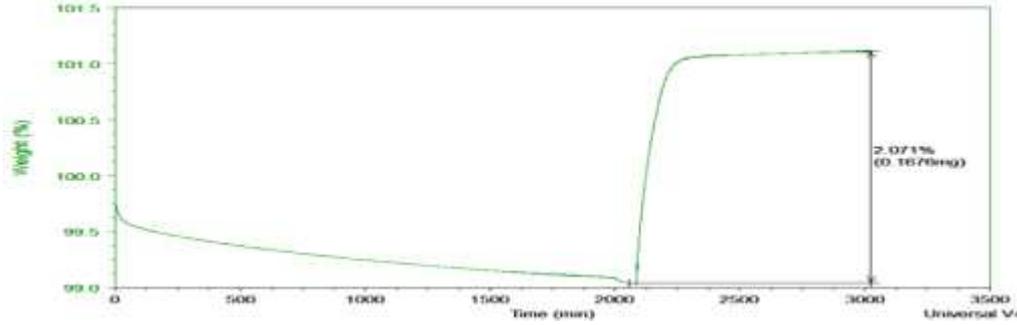
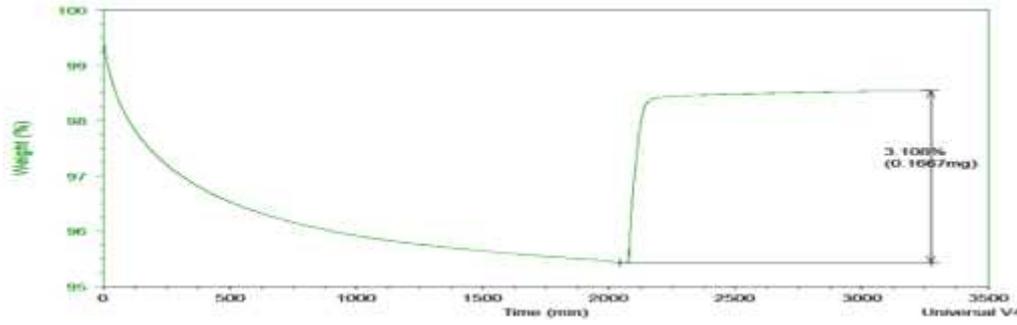
: Thermogravimetric analysis (TGA)장비를 통해 분석, 질소 분위기 하에서 75 °C의 온도로 승온 시켜 film에 잔존하는 수분을 2000 min 동안 건조, 제거한 후 온도를 30 °C로 낮추

고 furnace내에 유입되는 기체를 이산화탄소로 변경하여 증가하는 중량 비를 통해 시료에 이산화탄소가 흡착하는 정도를 측정

: 이산화탄소 흡착량의 이론적 계산

- ▶ 컴파운드 가스(이산화탄소) 흡착능 2차 년도 개발 목표치 : 15 cc/g resin
Resin 1 g에 15 cc의 이산화탄소가 흡착
→ 1000 mg 당 15 cc → 1 mg 당 0.015 cc
- ▶ 이산화탄소 몰 질량 : 44.01 g/mol
기체 1 mol의 부피는 22.4 L
그러므로 이산화탄소 1 L 당 1.964 g → 1 cc 에 1.964 mg
- ▶ Resin 1 mg 에 0.015 cc의 이산화탄소가 흡착을 해야 하며, 0.015 cc의 이산화탄소의 무게는 0.02946 mg
- ▶ 그러므로 $1 : 0.02946 = 100 : x$ 로 계산했을 때 $x = 2.946$ 이며,
결과적으로 wt% 으로 계산 시 composite compound/film 100 wt% 기준으로 2.946 wt%의 이산화탄소 흡착이 요구
- ▶ TGA 측정 시 composite compound/film의 무게변화를 측정하기 때문에 정량적 목표의 단위를 만족하기 위해서는 간접적으로 변환이 요구되며,
결과적으로 $15 : \text{실제 흡착량} = 2.946 : \text{TGA 흡착량(wt\%)}$ 의 비례식으로 흡착량 계산

<표 7 LDPE/zeolite 4A composite film의 이산화탄소 흡착량 데이터>

Sample code	TGA curve
Neat LDPE	-
ZL10	 <p>0.4792% (0.05181mg)</p>
ZL20	 <p>1.133% (0.08947mg)</p>
ZL30	 <p>2.071% (0.1870mg)</p>
ZL40	 <p>3.108% (0.1667mg)</p>

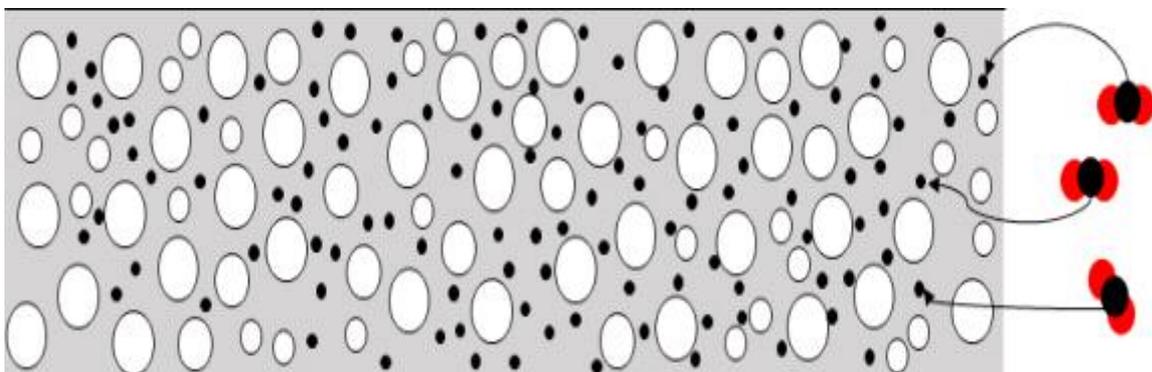
<표 8 LDPE/zeolite 4A composite film의 이산화탄소 흡착량 정량적 데이터>

Sample code	이산화탄소 흡착량 (cc/g resin)
Neat LDPE	-
ZL10	2.44
ZL20	5.77
ZL30	10.54
ZL40	15.82

- 표 7과 표8에서 보는 바와 같이 zeolite 4A의 함량이 증가할수록 이산화탄소 흡착량이 증가하는 추세를 나타냄을 확인함
- PE의 낮은 녹는 점으로 비교적 저온에서 건조를 진행하였기 때문에 TGA실험 시에도 긴 시간의 건조 시간이 요구되었으며, 완전한 평형 상태에 도달하지 않은 환경에서 흡착 실험을 진행
- 정량적 개발 목표치인 15 cc/g resin을 ZL40의 시료가 15.82 cc/g resin으로서 목표치에 달성함을 확인하였으며, 흡착능률을 향상시킬 수 있는 흡착제 개질 및 추가 연구를 수행할 예정임
- 또한, zeolite 4A의 함량이 증가할수록 이산화탄소 흡착량은 증가하지만 기계적물성은 감소하므로 이를 해결하기 위한 추가 연구 방안이 요구됨

○ 범용 수지 기반으로 이산화탄소 흡착능을 가지는 천연물 분산 기술을 이용한 발포 필름 제조

○ 실험 내용 및 개념



<그림 7 발포 필름 제조 실험 내용 개략도>

- 위의 필름 제조와 마찬가지로 물리적 용융 가공을 이용하여 base resin에 이산화탄소 흡착능을 가지는 zeolite 4A를 분산하여 필름 표면에 있는 zeolite 4A에 이산화탄소가 흡착할 수 있는 필름 제조가 목표임
- 발포제를 이용하여 복합 필름의 밀도를 낮추고 표면적을 넓혀서 이산화탄소의 효율적인 흡착률을 기대함

- 재료

Base resin : Low density Polyethylene (LDPE)

- Grade : BS500, LG chemical (korea)
- Melt index : 3.3 g/10min, 190°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 일반 공업용 포장필름, 무가교 발포용

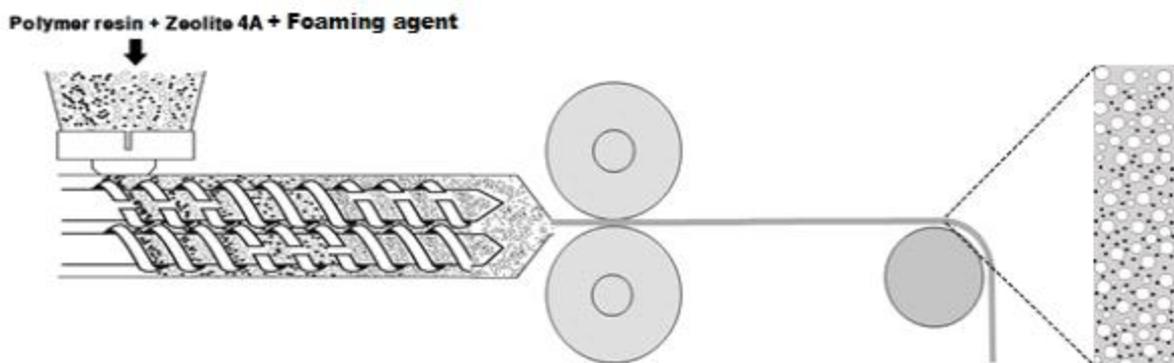
Filler : Zeolite 4A

- Grade : COLITE-P, Cosmo fine chemical (Korea)
- Chemical composition: $Na_{12}[(AlO_2) \cdot (SiO_2)]_{12} \cdot 27H_2O$ (Sodium Aluminium Silicate)
- ※ $Na_2O = 17.0 \sim 18.0$ wt%, $Al_2O_3 = 28.5 \sim 29.5$ wt%, $SiO_2 = 33.0 \sim 34.5$ wt%, $H_2O = 18.0 \sim 21.0$ wt%
- Density: $0.25 \sim 0.35$ g/cm³
- Average particle size: 2.0 ~ 3.0 μm
- Weight change by CO₂ adsorption : 14.43 ± 0.76 % at 23 °C

Foaming agent : Azodicarbonamide series

- Grade : CELLCOM-ACMP, Kum Yang (Korea)
- Decomposition temperature : 193 ~ 197 °C
- Amount of gas : 270 ~ 290 ml/g

○ 시제품 제작 도식도



<그림 8 발포 필름 시제품 제작 도식도>

- 위의 필름 제조와 마찬가지로 base resin과 filler, foaming agent를 각각의 함량으로 핸드 블렌드를 거쳐 직접적으로 feeder에 feeding하는 방법으로 실험을 진행함
- 실험을 진행하기 전 선행 연구를 통해 발포제의 함량을 고정하였으며, 화학적 발포 실험이므로 압출기 다이스에 환기 장치를 갖추고 실험을 진행하였음

- LDPE/zeolite 4A composite foaming film의 가공 조건 및 조성

<표 9 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer matrix	Low density polyethylene
Fillers	Zeolite 4A
Foaming agent	Azodicarbonamide계열
분산 방법	물리적 분산 (용융혼합법)
가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	25 rpm
압출기 온도 (Temperature)	190 ~ 210 °C
권취속도 (take off rolled speed)	0.8 m/min

- 가공조건은 위의 필름 압출 조건과 동일하게 하였으며, 발포제의 분해온도가 가공온도보다 낮으므로 문제없이 가공이 될 것이라 판단하여 실험을 진행함

- 발포제 함량 선정을 위한 선행 실험

<표 10 발포제 함량 선정을 위한 선행 실험의 조성>

Sample code	LDPE (g)	Foaming agent (phr)
LDF10	100	10
LDF15	100	15
LDF20	100	20

- 가공조건은 고정하여 LDPE base resin에 발포제를 10 ~ 20 phr를 투여하여 압출 후 밀도와 인장강도를 분석하였음

<표 11 발포제 함량 선정을 위한 선행 실험의 인장강도 및 밀도 결과>

Sample code	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Relative density (g/cm ³)
Neat LDPE	13.89 ± 0.83	378.60 ± 30.65	1.02 ± 0.14
LDF10	4.01 ± 0.13	115.96 ± 11.46	0.64 ± 0.02
LDF15	3.63 ± 0.12	82.90 ± 11.74	0.62 ± 0.02
LDF20	2.89 ± 0.19	47.86 ± 9.47	0.59 ± 0.01

- 인장강도 분석 결과 발포제의 함량이 늘어날수록 물성저하가 일어나는 것을 확인하였으며, 밀도도 마찬가지로 낮아지지만 필름 형태로 발포가 일어나므로 큰 발포배율을 보이는 않았으므로 발포제의 함량은 10 phr로 고정하여 실험을 진행함

o 발포제 함량을 고정하여 zeolite 4A 복합 발포 필름 실험의 조성

<표 12 발포 필름의 조성>

Sample code	LDPE (wt%)	zeolite 4A (wt%)	Foaming agent (phr)
LDF10Z10	90	10	10
LDF10Z20	80	20	10
LDF10Z30	70	30	10

- 발포제의 함량은 선행 실험에서 얻어낸 결과를 토대로 10 phr로 고정하고 zeolite 4A의 함량은 10 ~ 30 wt%의 함량으로 조절하여 압출함
 - 발포제와 zeolite 4A 두 가지 모두 파우더 형태이므로 feeding하는 데에 있어 큰 어려움이 동반되어 zeolite 4A의 함량을 30wt%까지로 하여 가공함

o LDPE/zeolite 4A composite foaming film의 TGA 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 TGA를 통해 분석했으며 분당 10 °C씩 승온시켜 600 °C 까지 측정하였으며, 시제품 필름 내에 실제로 잔존하고 있는 zeolite 4A의 값을 확인하기 위한 분석

<표 13 LDPE/zeolite 4A composite foam film의 TGA결과>

Sample code	Residue amounts at 550 °C (wt%)
LDF10Z10	11.75 ± 0.13
LDF10Z20	13.85 ± 0.25
LDF10Z30	12.79 ± 0.84

- TGA분석 결과 zeolite 4A의 함량이 예상했던 데이터와 상당히 다르게 관찰되었으며, 이것은 feeding될 때 발포제와 첨가제 두 개의 파우더가 제대로 혼련이 되지 않아 의도한 바와 다르게 제조가 됨을 확인하였음
- 이 점을 미루어 보아 2차재의 가공이 필요할 것으로 짐작하였으며, 1차적으로 zeolite 4A와 base resin인 LDPE를 각각의 함량으로 제조하여 chip형태로 M/B를 생산하여 2차적으로 발포제를 투여하여 발포를 시키는 것으로 실험을 수정하여 진행함
- 2차적인 열 가공을 함으로서 base resin에는 약간의 열분해가 있을 수 있지만 zeolite 4A의 함량의 조절에는 효과적인 방법이라고 고려됨

○ LDPE와 zeolite 4A M/B 복합체 제조 가공조건 및 조성

- 가공조건

<표 14 LDPE/zeolite 4A M/B 복합체 제조의 가공조건>

항목	내용
가공 온도	C1 : 190 °C C2 : 200 °C Dies : 210 °C
Screw 회전속도	50 rpm

- 조성

<표 15 LDPE/zeolite 4A M/B 복합체 제조의 조성>

Sample code	LDPE (wt%)	Zeolite 4A (wt%)
MB10	90	10
MB20	80	20
MB30	70	30
MB40	60	40

- pellet 형태로 압출하기 위해 필름 형태로 압출하는 것 보다 스크루 속도를 좀 더 상승시켜 가공을 진행하였으며, 가공 온도는 기존의 조건대로 진행하였음
- 조성은 2차 가공을 하는 만큼 zeolite 4A의 함량이 40wt%까지 가공이 가능함으로 인해 진행함

○ LDPE와 zeolite 4A M/B 복합체의 TGA 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 TGA를 통해 분석했으며 분당 10 °C씩 승온시켜 600 °C까지 측정하였으며, 마스터매치 내에 실제로 잔존하고 있는 zeolite 4A의 값을 확인하기 위한 분석

<표 16 LDPE/zeolite 4A M/B 복합체의 TGA결과>

Sample code	Residue amounts at 550 °C (wt%)
MB10	9.15 ± 0.17
MB20	16.28 ± 0.19
MB30	26.56 ± 1.10
MB40	30.86 ± 0.98

- M/B의 TGA분석결과 film과 마찬가지로 손실이 발생하였으며, 적게는 8.5%에서 많게는 22.9%까지의 손실율이 발생함
- 이는 위의 필름 압출 실험과 마찬가지로 zeolite 4A가 자체적으로 가지고 있는 수분이 증발하였으며, feeding과정에서의 손실과 압출기 내에서 생긴 손실임

○ LDPE/zeolite 4A M/B 복합체의 시제품

<표 17 LDPE/zeolite 4A M/B 복합체의 시제품 사진>



○ LDPE/zeolite 4A MB와 발포제를 이용한 발포 시트 제조 가공조건 및 조성

- 가공조건

<표 18 LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름 제조의 가공조건>

항목	내용
가공 온도	C1 : 190 °C C2 : 200 °C Dies : 210 °C
Screw 회전속도	25 rpm
권취속도	0.8 m/min

- M/B를 이용한 발포필름의 제조 가공조건은 위의 필름 제조의 가공조건과 동일한 조건에서 실험이 진행되었음
- 화학적 압출 발포 작업 시에 가스들이 많이 배출되므로 환기시설을 확보한 채로 실험에 임했음

- 조성

<표 19 LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름 제조의 조성>

Sample code	각 함량의 MB (g)	Foaming agent (phr)
MB10F	100	10
MB20F	100	10
MB30F	100	10
MB40F	100	10

- 조성은 제하농은 M/B를 이용하여 선행연구에서 정해놓은 발포제의 함량을 10 phr를 투입하여 발포필름 제작을 진행함

○ LDPE와 zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 TGA 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 TGA를 통해 분석했으며 분당 10 °C씩 승온시켜 600 °C까지 측정하였으며, 마스터배치 내에 실제로 잔존하고 있는 zeolite 4A의 값을 확인하기 위한 분석

<표 20 LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 TGA결과>

Sample code	Residue amounts at 550 °C (wt%)
MB10F	9.59 ± 0.12
MB20F	15.23 ± 0.67
MB30F	21.88 ± 0.14
MB40F	29.36 ± 0.13

- TGA분석결과 M/B와 큰 차이가 없이 함량별로 zeolite 4A가 발포필름 내에 잔존하는 것을 확인 할 수 있었음

○ LDPE/zeolite 4A M/B을 이용한 발포필름의 시제품

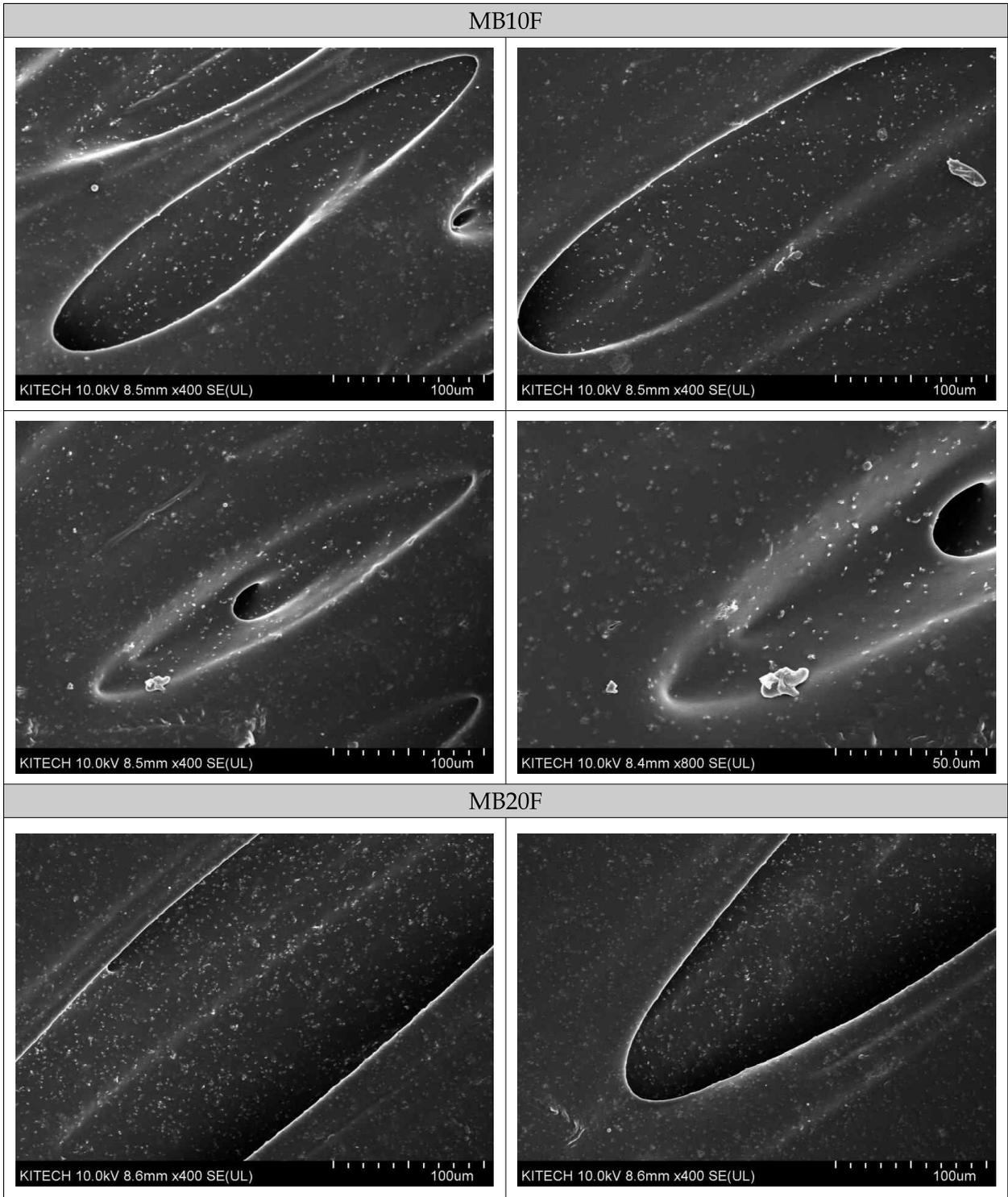
<표 21 LDPE/zeolite 4A M/B을 이용한 발포필름의 시제품 사진>

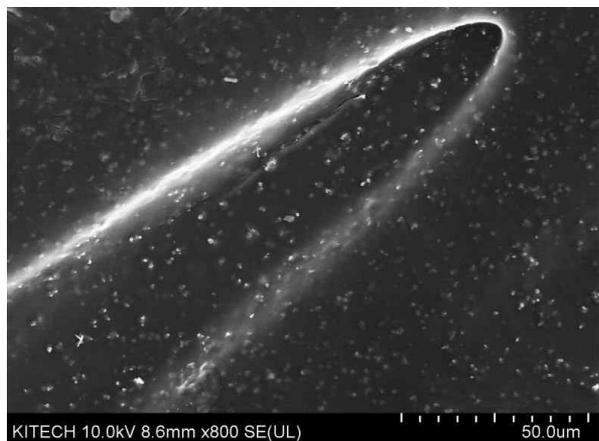
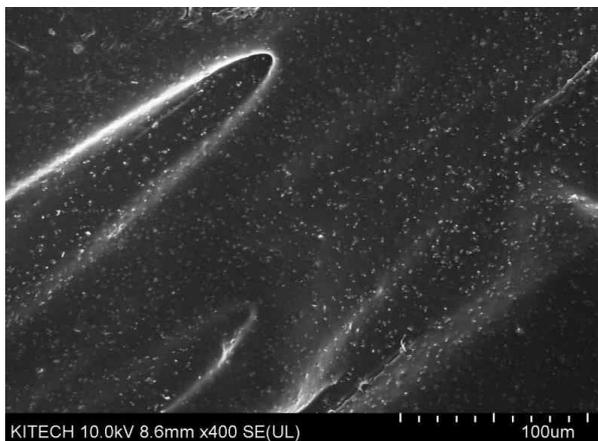


○ LDPE/zeolite 4A composite foaming film의 표면 SEM 분석

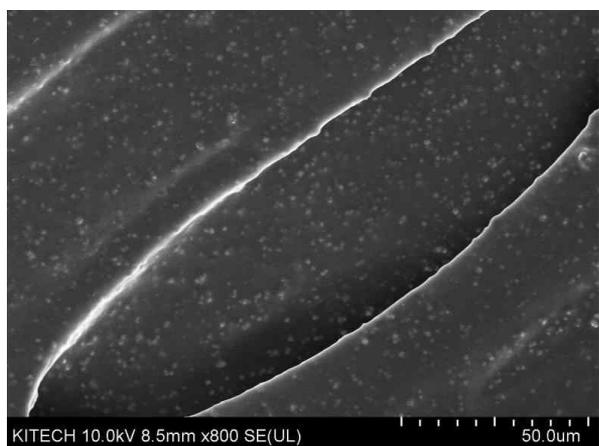
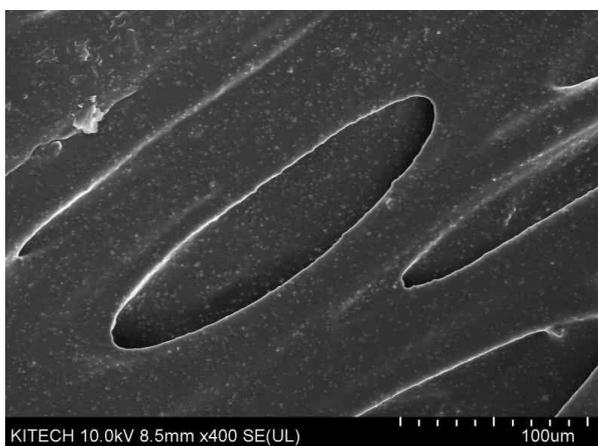
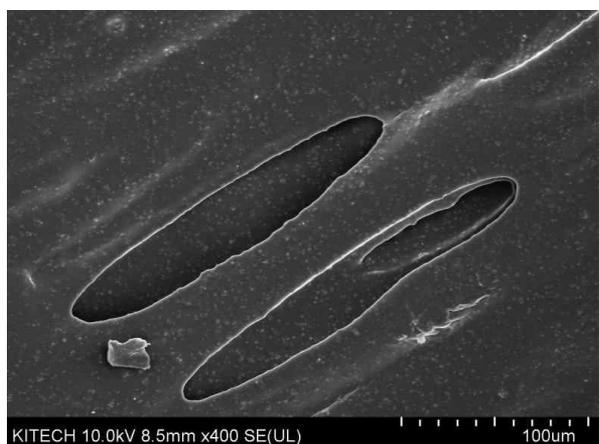
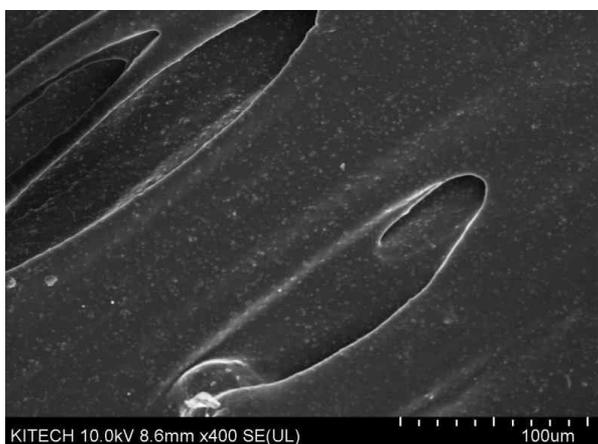
- 패키징기술센터의 보유 장비인 SEM을 통해 필름 형태의 시제품의 표면을 Pt/Pd 합금으로 코팅 후 측정했으며 zeolite 4A의 함량에 따라 변하는 표면 분석

<LDPE/zeolite 4A composite foaming film의 표면 SEM 사진>

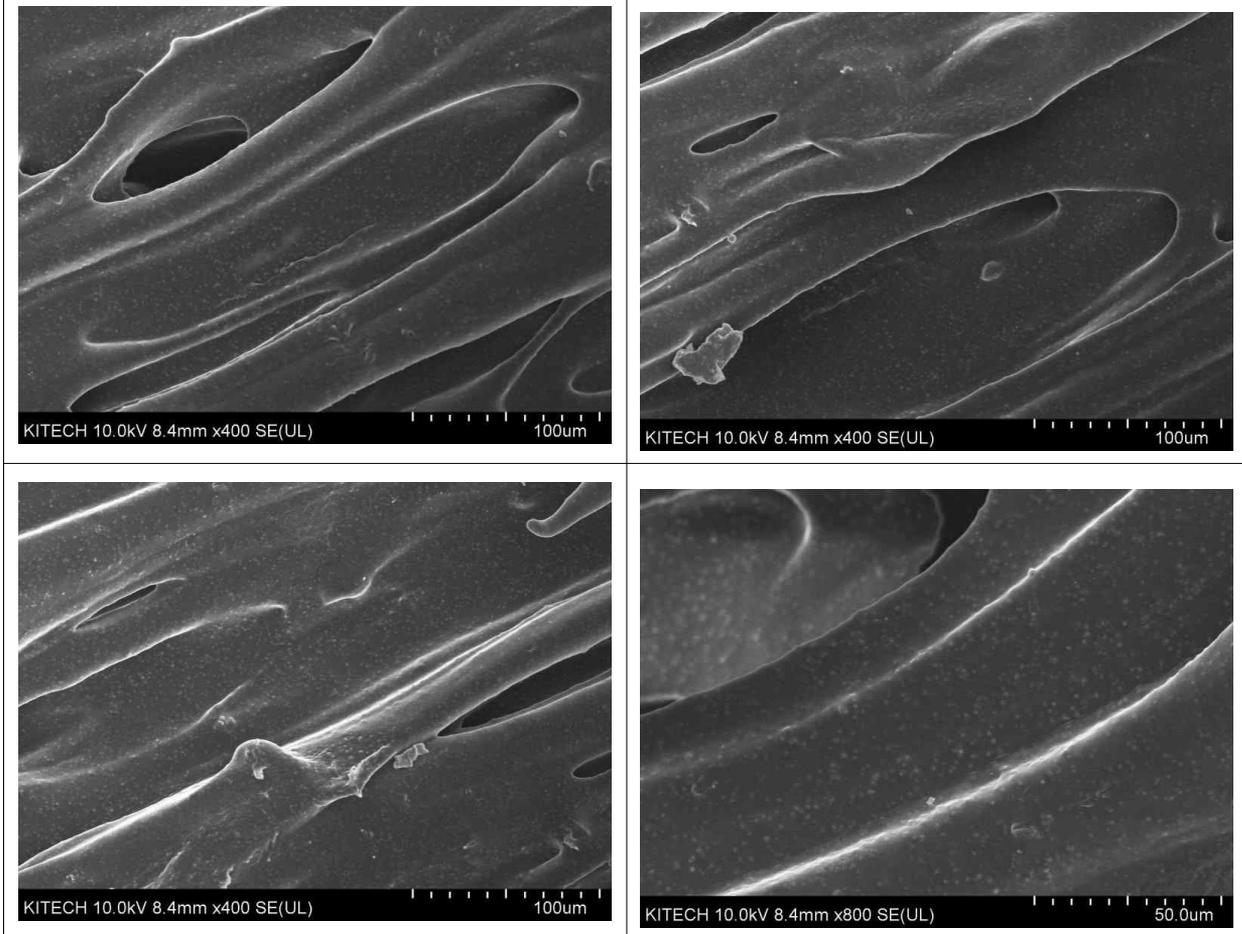




MB30F



MB40F

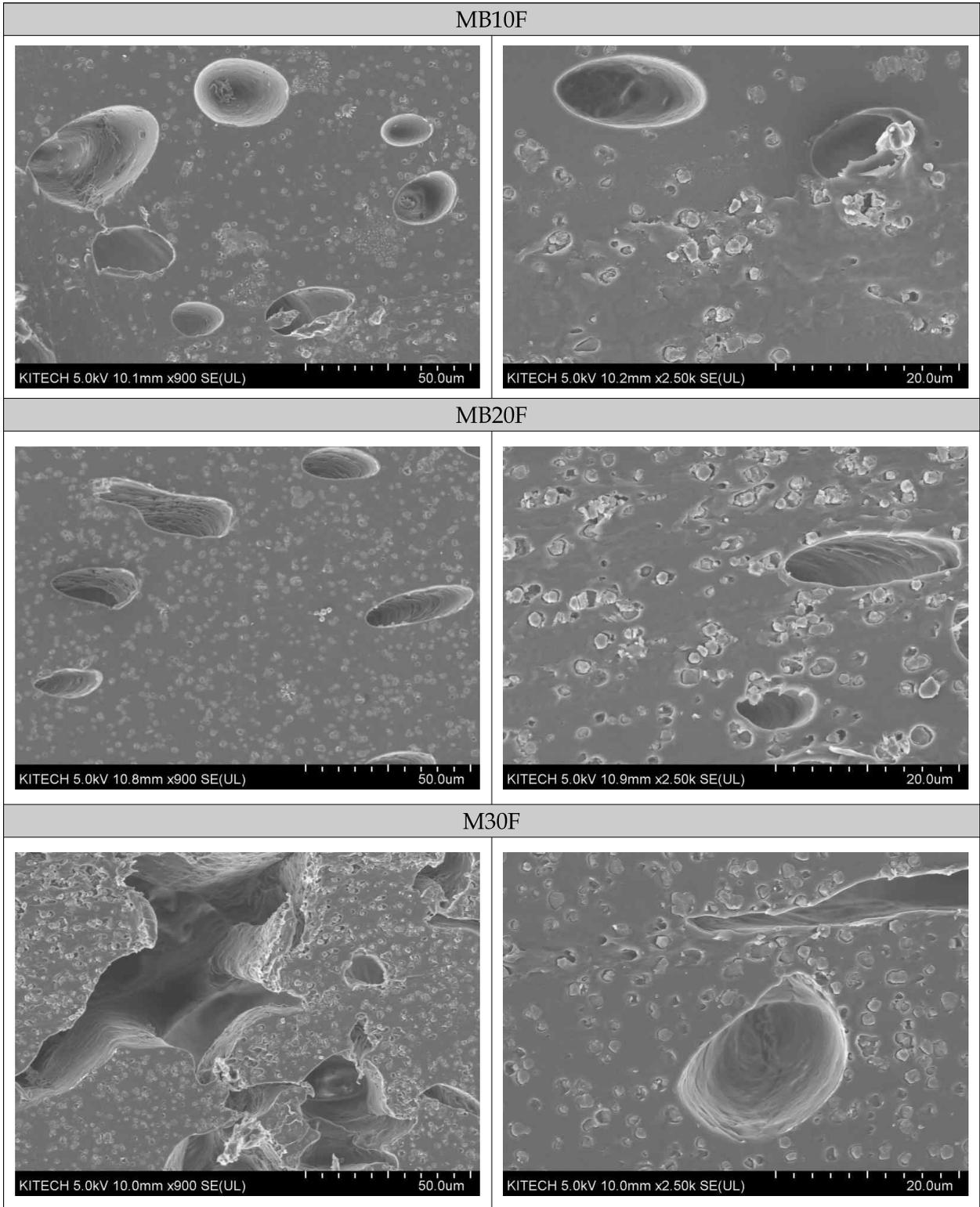


- 위의 표는 LDPE/zeolite 4A 발포 필름의 표면을 SEM을 통해 분석한 것이며, x800와 x400의 배율로 측정하였음
- 표면을 분석했을 때 발포가 되면서 생긴 발포 셀의 표면에도 2.0 ~ 3.0 μm 의 입자를 가지는 zeolite 4A가 크게 뭉쳐진 형상을 보이진 않으며 고르게 잘 분산되었다고 판단됨
- 또한 zeolite 4A의 함량이 늘어나서 MB30F 부터 발포 셀의 모양이 타원형이 아니라 조금씩 일그러지면서 MB40F이 되서 본격적으로 발포 셀의 모양이 일그러지는 것이 관찰됨
- 이것은 zeolite 4A의 함량이 늘어날수록 수지의 점도가 낮아지면서 발포 셀이 형성 될 때 고르게 장력이 발생되지 못해서 셀이 모양이 변형이 생김을 확인

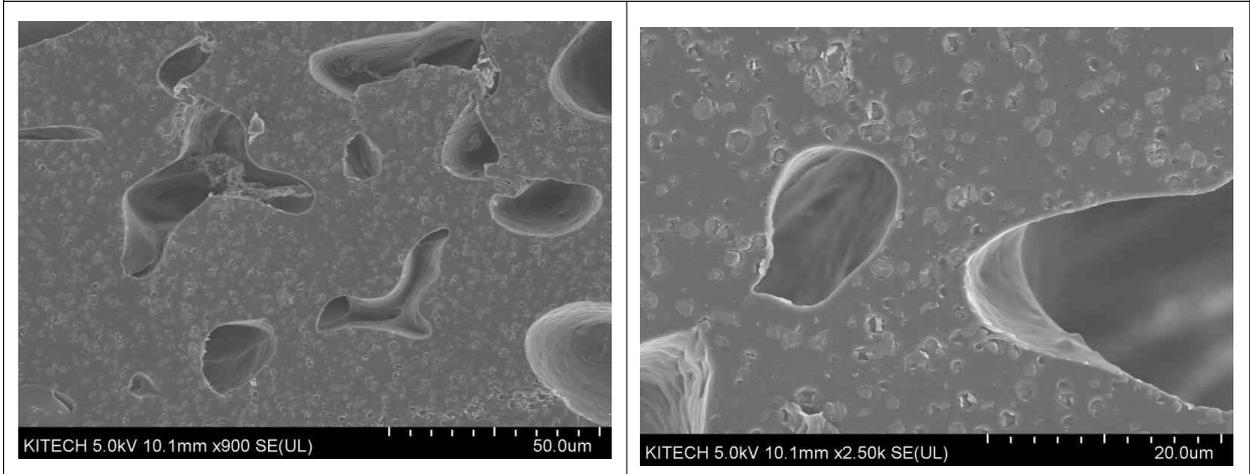
○ LDPE/zeolite 4A composite foaming film의 단면 SEM 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 SEM을 통해 필름 형태의 시제품의 단면을 Pt/Pd 합금으로 코팅 후 측정했으며 zeolite 4A의 함량에 따라 변하는 표면 분석

< LDPE/zeolite 4A composite foaming film의 표면 SEM 사진 >



MB40F



- 위의 표는 LDPE/zeolite 4A 발포 필름의 단면을 SEM을 통해 분석한 것이며, x900와 x2.5k의 배율로 측정하였음
- 단면을 분석했을 때 단면에도 2.0 ~ 3.0 μm의 입자를 가지는 zeolite 4A와 polymer matrix의 계면 사이에 큰 간극을 보이지 않고 좋은 상용성을 보임
- 또한 표면 분석과 마찬가지로 zeolite 4A의 함량이 늘어나서 MB30F 부터 발포 셀의 모양이 타원형이 아니라 조금씩 일그러지면서 MB40F이 되서 본격적으로 발포 셀의 모양이 일그러지는 것이 관찰됨
- 이것은 zeolite 4A의 함량이 늘어날수록 수지의 점도가 낮아지면서 발포 셀이 형성 될 때 고르게 장력이 발생되지 못해서 셀이 모양이 변형이 생김을 확인

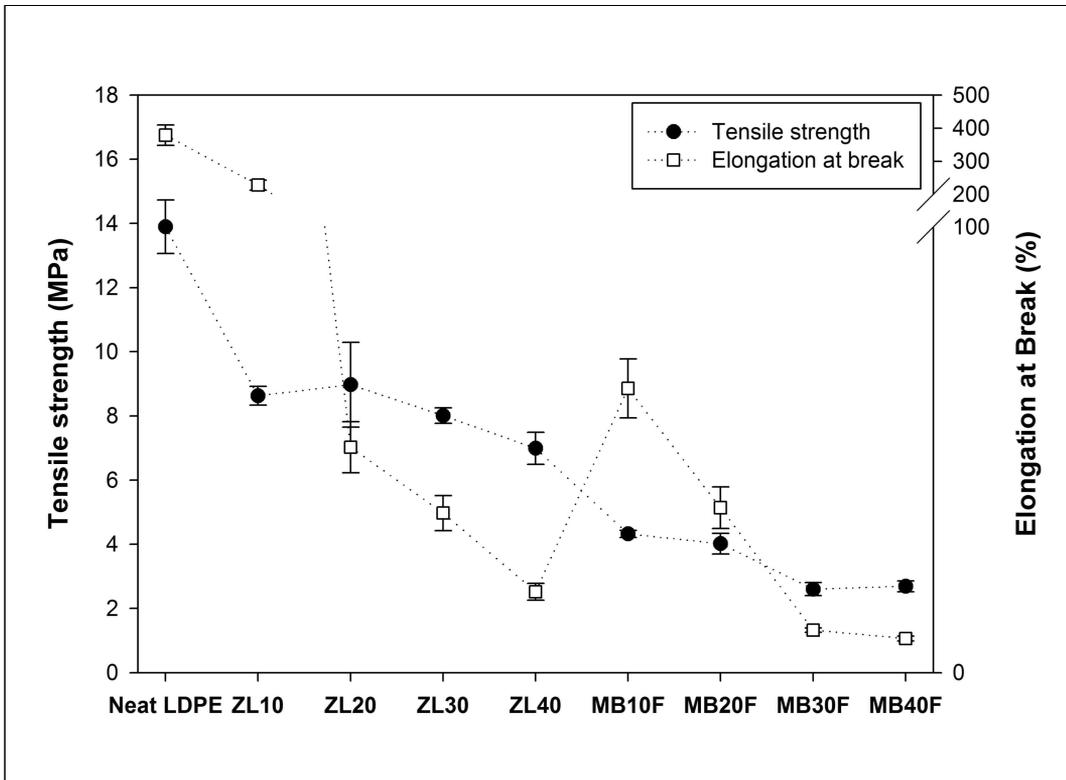
○ LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 인장강도 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 UTM을 통해 ASTM D638을 따라 시편의 형태 및 크기 (Type IV)에 대해 Test speed (50 mm/min)를 설정 후 측정했으며 zeolite 4A의 함량에 따라 변하는 기계적 물성 값 비교를 위한 분석

<표 22 LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 인장강도 결과>

Sample code	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
MB10F	4.32 ± 0.11	63.78 ± 6.61
MB20F	4.02 ± 0.32	37.00 ± 4.64
MB30F	2.60 ± 0.20	9.53 ± 0.48
MB40F	2.69 ± 0.17	7.64 ± 0.55

- 선행 연구에서 Neat LDPE에 발포제를 넣어 발포필름을 제조하였을 때의 인장강도가 크게 감소한 것을 확인할 수 있었는데, zeolite 4A의 함량을 증가시키자 인장강도와 신율 모두 감소하는 경향을 보임을 확인할 수 있었음
- 발포제를 통해 필름 내부에 셀을 형성시키고 zeolite 4A가 분산되어 있음으로서 기계적 강도가 낮아지는 경향을 관찰함



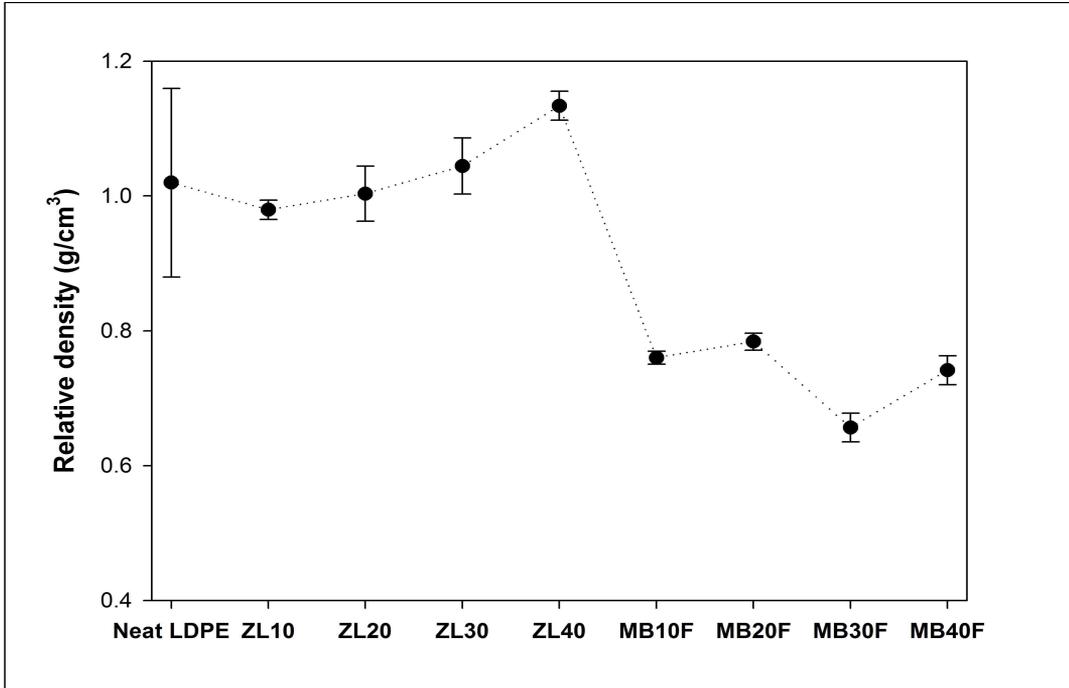
<그림 9 시제품의 인장강도 비교 그래프>

- Zeolite 4A를 이용하여 제조한 필름과 발포필름에 대한 인장강도를 비교했을 때, zeolite 4A의 함량에 기인하여 인장강도, 신율이 감소하며 이는 기계적 물성이 감소하는 것을 의미함
- o LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 밀도 측정
 - 패키징기술센터의 보유한 비중-밀도계를 통해 water displacement method를 통해 ASTM D792를 따라 LDPE/zeolite 4A 복합체 필름의 밀도를 측정

<표 23 LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 밀도측정 결과>

Sample code	Relative density (g/cm ³)
MB10F	0.76 ± 0.01
MB10F	0.78 ± 0.01
MB10F	0.66 ± 0.02
MB10F	0.74 ± 0.02

- 선행 연구에서 Neat LDPE에 발포제를 넣어 발포필름을 제조하였을 때의 밀도가 약 37%정도 감소하였으며, zeolite 4A를 넣었을 때도 마찬가지로 약 21 ~37%정도 감소하는 것을 확인할 수 있음
- 발포제가 시트가 아닌 필름으로 제조되어 발포배율이 크게 높진 않았음



<그림 10 시제품의 밀도 비교 그래프>

- Zeolite 4A가 함유된 모든 시제품의 밀도를 비교한 그래프를 살펴보면 필름에서는 zeolite 4A의 함량이 증가할수록 밀도 또한 증가하는 경향을 확인할 수 있었으며, 발포 필름의 경우에는 거의 유사한 거동을 보임을 확인하였음

○ LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 이산화탄소 흡착량 분석

- 이산화탄소 흡착량 측정 (TGA)

: 패키징기술센터가 보유한 TGA장비를 통해 분석했으며 질소 하에서 75 °C의 온도로 승온시켜 film에 잔존하는 수분을 2000 min 동안 건조한 후 온도를 30 °C로 낮추고 furnace내에 유입되는 기체를 이산화탄소로 변경하여 증가하는 중량 비를 통해 시료에 이산화탄소가 흡착하는 정도를 측정

<표 24 LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 이산화탄소 흡착량 정량적 데이터>

Sample code	이산화탄소 흡착량 (cc/g resin)
Neat LDPE	-
MB10F	0.68
MB20F	1.25
MB30F	10.85
MB40F	15.23

- 표 24과 표25에서 보는 바와 같이 zeolite 4A의 함량이 증가할수록 이산화탄소 흡착량이 증가하는 추세를 나타냄을 확인함
- 필름 시제품과 비교했을 때 발포 필름은 건조시키는데 시간이 덜 소비되었으며, 평형상

태에서 이산화탄소 흡착량을 분석할 수 있었으며 이것은 발포 셀의 형성으로 인해 상대적으로 base resin의 양이 줄어서 건조되기 용이했음을 알 수 있음

- 정량적 개발 목표치인 15 cc/g resin을 MB40F의 시료가 15.23 cc/g resin으로서 목표치에 달성함을 확인하였으며, 흡착능률을 향상시킬 수 있는 방안을 연구할 예정임
- 또한 zeolite 4A의 함량을 늘릴수록 이산화탄소 흡착량은 증가하지만 기계적물성은 감소하므로 이를 해결하기 위한 연구방안이 필요함

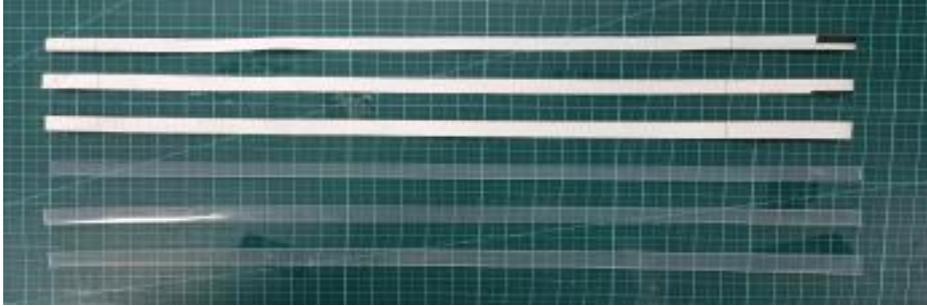
<표 25 LDPE/zeolite 4A M/B를 이용한 발포 필름의 이산화탄소 흡착량 데이터>

Sample code	TGA curve
LDF10	-
MB10F	<p>0.1328% (0.009249mg)</p>
MB20F	<p>0.2461% (0.01396mg)</p>
MB30F	<p>2.131% (0.1449mg)</p>
MB40F	<p>2.962% (0.1963mg)</p>

○ Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가/분석 (주관기관 협동)

○ Sealing 강도 분석 사전 실험

- 캡슐커피 패키지에 쓰이는 다층시트와 Lid 필름 간에 열접착시험을 통해서 가공 시에 조건이 되는 세 가지 항목(온도, 압력, 시간)을 조절하여 사전 실험에 임함

단계	시편 사진
시편준비 (sheet, lid film)	
열접착시험 (온도, 압력, 시간)	
강도 측정	

<그림 11 Sealing 강도 사전 분석/실험 단계도>

- 다층 시트와 lid필름을 규격에 맞게 자른 후 열접착시험기를 통해 기존 캡슐커피 패키지를 제조할 때의 가공 조건으로 설정하여 시편을 제조함
- 패키징기술센터에 보유한 UTM을 이용하여 test speed 254 mm/min으로 접착 강도 분석을 함
- 하지만 실제로 생산되는 캡슐 커피 패키지의 열접착 강도와 큰 차이가 있어 비교분석이 불가능 하였으며 가공 조건을 변경하였을 때 대략적인 강도 변화를 분석함

○ Sealing 강도 분석을 위한 조건 설정 및 시제품 제작

<표 26 Sealing 강도 분석을 위한 조건 설정>

Sample code	Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Time (s)
Original Package	143	0.6	1.8
Controlled package_1	143	0.6	1.5
Controlled package_2	143	0.6	1.3
Controlled package_3	143	0.5	1.8
Controlled package_4	143	0.5	1.5

- Original package를 제조할 때 설정한 가공조건을 기준으로 하여 총 4개의 시제품을 제작함
- 분석에 용이하도록 패키지 내에 커피는 넣지 않은 채 lid필름과 캡슐만 이용하여 시제품을 제작함
- 세 가지의 가공조건 (온도, 압력, 시간)중 컨트롤하기에 까다로운 조건인 온도를 제외하고 압력과 시간을 각각 0.1 MPa, 0.3 ~ 0.5 s를 감소시켜 시제품을 제조하였음

○ Sealing 강도 분석/시험을 위한 시제품 사진

<표 27 Sealing 강도 분석을 위한 시제품>

Original Package (143 °C / 0.6 MPa / 1.8 s)	Controlled package_1 (143 °C / 0.6 MPa / 1.5 s)
	
Controlled package_2 (143 °C / 0.6 MPa / 1.3 s)	Controlled package_3 (143 °C / 0.5 MPa / 1.8 s)
	
Controlled package_4 (143 °C / 0.5 MPa / 1.5 s)	<p data-bbox="783 1626 1390 1738">- 표 26에서 설정한 조건을 토대로 original package를 포함하여 총 5개의 시제품을 제작함</p>
	

○ Sealing 자체 강도 분석/시험

- 패키징기술센터의 보유 장비인 UTM을 통해 ASTM F88을 따라 Test speed (254 mm (10 in.)/min)를 설정 후 Sealing 강도 분석을 진행했으며 가공 조건에 따른 강도 비교를 위한 분석

<표 28 Sealing 강도 자체 평가 및 분석>

Sample code (온도 / 압력 / 시간)	Maximum Load (kgf)
Original Package (143 °C / 0.6 MPa / 1.8 s)	2.31 ± 0.25
Controlled package_1 (143 °C / 0.6 MPa / 1.5 s)	2.28 ± 0.34
Controlled package_2 (143 °C / 0.6 MPa / 1.3 s)	1.76 ± 0.17
Controlled package_3 (143 °C / 0.5 MPa / 1.8 s)	2.16 ± 0.28
Controlled package_4 (143 °C / 0.5 MPa / 1.5 s)	1.75 ± 0.17

- 시제품 당 5개씩의 시편을 측정하였으며, load의 최대값의 평균과 표준편차를 이용하여 데이터 분석을 함
- 기존 original package는 2.31 kgf로 측정되었으며, 가공조건에 따라 최소 1.75 kgf까지 측정된 것을 확인할 수 있었음
- 정량적 개발 목표치인 1.8 kgf 이하로 달성하였으며, 실제로는 original package보다 24% 감소한 것을 확인함
- 당초에 현 성능 수준이 2.0의 수치로 설정이 되어 10% 향상을 위해 기준치를 1.8로 설정이 되었지만, 측정결과 현 성능 수준은 2.31의 수치로 확인 되었으므로 10% 향상된 수치는 2.08로 알 수 있음

○ Sealing 강도 분석 의뢰 결과

- 캡슐커피의 sealing 강도 분석을 위해 국가공인시험검사기관인 한국건설생활환경시험연구원에 의뢰하여 측정함
- 캡슐커피 패키지 완제품의 측정은 ASTM F88로서 평가가 불가하므로 의뢰자 제시 방법으로 시험 속도 254 mm (10 in.)/min로 측정하였으며, 한국건설생활환경시험연구원의 장비 문제로 인해 제품의 봉합 부위를 5 mm 박리 후 양끝을 시험기에 장착하여 분석함

<표 Sealing 강도 분석 의뢰 결과>

Sample code (온도 / 압력 / 시간)	Maximum Load (kgf)	
Original Package (143 °C / 0.6 MPa / 1.8 s)	2.3	1.90 ± 0.23
	1.8	
	1.8	
	1.7	
	1.9	
Controlled package_1 (143 °C / 0.6 MPa / 1.5 s)	1.4	1.56 ± 0.18
	1.4	
	1.7	
	1.8	
	1.5	
Controlled package_2 (143 °C / 0.6 MPa / 1.3 s)	1.4	1.22 ± 0.18
	1.4	
	1.1	
	1.0	
	1.2	
Controlled package_3 (143 °C / 0.5 MPa / 1.8 s)	1.1	1.10 ± 0
	1.1	
	1.1	
	1.1	
	1.1	
Controlled package_4 (143 °C / 0.5 MPa / 1.5 s)	1.0	1.12 ± 0.08
	1.1	
	1.1	
	1.2	
	1.2	

- 시제품 당 5개씩의 시편을 측정하였으며, load의 최대값의 평균과 표준편차를 이용하여 데이터 분석을 함
- 기존 original package는 1.90 kgf로 측정되었으며, 가공조건에 따라 최소 1.10 kgf까지 측정된 것을 확인할 수 있었음
- 정량적 개발 목표치인 1.8 kgf 이하로 달성하였으며, 가공 조건에 따라 큰 폭으로 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 0.6 MPa에서 0.5MPa로 압력을 조정했을 때 큰 폭으로 감소함
- 자체 분석결과와 의뢰 결과 데이터가 편차가 났으며, 이는 kcl에서 시험분석 시에 장비 그룹의 스펙으로 인해 고정이 불가피해 0.5 mm 박리 후 분석을 했으므로 이 같은 결과가 발생하였음을 추측함

○ 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 (Lab Scale)

- 위에서 제작한 이산화탄소 흡착능을 가지는 LDPE_zeolite 4A 복합 소재 필름을 이용하여 실제로 캡슐커피 패키지에 적용한 시제품 제작

<표 이산화탄소 흡착능을 가지는 캡슐커피 패키지 시제품 제작>

Lid 필름 제작	
	
	
<ul style="list-style-type: none"> - 기존에 캡슐커피 패키지의 Lid 필름으로 쓰이는 알루미늄과 LDPE를 합지한 필름과 이산화탄소 흡착능을 가지는 LDPE_zeolite 4A 복합 소재 필름을 라미네이션 - 알루미늄 소재에 이미 LDPE가 얇게 합지가 되어 있어 zeolite 4A 복합 소재 필름의 LDPE와 쉽게 Lamination 이루어짐 	

캡슐커피 시제품 제작



- 미리 제조한 알루미늄_LDPE 합지 필름과 이산화탄소 흡착능을 가지는 LDPE_zeolite 4A 복합 소재 필름을 합지한 lid 필름 시제품을 캡슐커피의 캡슐과 Heat Sealing
- 위에서 Lid 필름과 캡슐커피 시트를 열 봉합기로 선행 반복 실험을 통하여 조건을 확보, 이를 활용하여 시제품 제작

- 천연물을 이용하여 커피 원두에서 방출되는 이산화탄소 양을 흡착하는 필름을 제작, 이를 활용하여 Lid 적용을 통한 시제품으로 제작하였으며, 추가 반복적인 선행 연구를 통한 양산 공정 조건 수립 및 적용 방안 연구 진행 예정

○ 생분해성 고분자를 이용한 산소 고차단성 필름 제조

○ 실험 내용 소개 및 재료

- Starch와 Butenediol vinyl copolymer(BVOH)를 가소제인 glycerol을 통해 가소화를 시켜 thermoplastic starch와 plasticized BVOH로 제조하여 각각의 함량으로 블렌딩을 함
- Starch와 BVOH를 가소제를 통해 가소화 시키지 않을 경우 깨지기 쉬워서 필름 형태로 가공이 불가능함
- 생분해성 고분자인 TPS와 BVOH를 블렌딩함으로서 물성 변화와 산소차단성 변화를 분석하였음
- 사전 실험에 따라 starch에는 40 phr의 glycerol을 넣어 TPS를 제조하였으며, BVOH에는 25 phr의 glycerol을 넣어 plasticized BVOH를 제조하였음

- 재료

Starch

- Grade : Tapioca starch, Samyang Genex (korea)
- 타피오카 전분

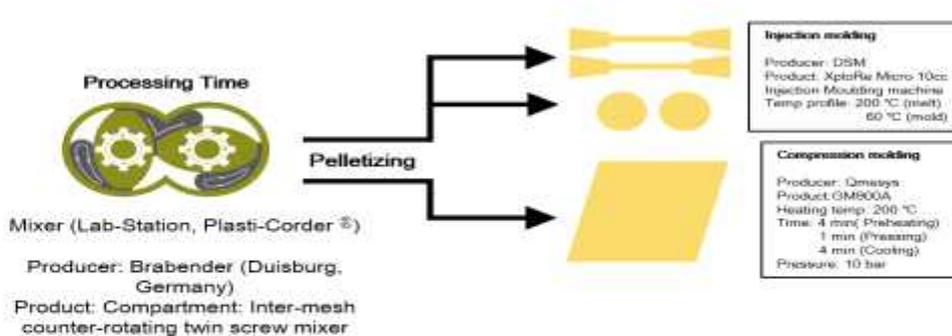
Butenediol vinyl copolymer

- Grade : OKS-8049P, Nippon Gohsei (Japan)
- Melt index : 4 g/10min, 210°C, 2.16 kg ASTM D1238

Plasticizer : glycerol

- Sigma Aldrich (USA)
- Density: 1.25 g/ml
- Boiling point : 182 °C

○ 시제품 제작 도식도



<그림 12 시제품 제작 도식도>

- TPS와 plasticized BVOH를 블렌드는 brabender internal mixer를 통해 가공을 함
- TPS와 plasticized BVOH를 블렌드하여 미니사출성형을 통해 dogbone type과 disk type으로 시편을 제조하고, 필름 성형은 compression molding을 통해 제작함

○ TPS/P-BVOH의 가공 조건 및 조성

- 가공조건

<표 29 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer	Thermoplastic starch Plasticized BVOH
분산 방법	물리적 분산 (용융혼합법)
가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	50 rpm
믹서 온도 (Temperature)	210 °C
혼합 시간 (min)	7 min

- 믹서 온도는 두 재료가 최대한 잘 혼련될 수 있는 온도 포인트로 설정하였으며, 이 온도는 가소제로 쓰인 glycerol의 끓는점보다 높은 수치임. 이 때문에 혼합 시간을 최소화하여 7 min으로 설정하였음

- 조성

<표 30 TPS/P-BVOH의 blend의 조성>

Sample code	TPS (wt%)	P-BVOH (wt%)
TPS	100	-
P-BVOH10	90	10
P-BVOH20	80	20
P-BVOH30	70	30
P-BVOH40	60	40
P-BVOH50	50	50
P-BVOH	-	100

- 사전 실험을 통해 Starch에 40 phr의 glycerol을 가해 TPS를 제조하였으며, BVOH에는 25 phr의 가하여 BVOH를 가소화시켰음
- 두 물질의 각각의 함량에 따른 물성변화를 위해 (100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 0:100)의 비율로 조성함
- 경제적인 측면에 따라 고가인 BVOH의 함량을 최대한 적게끔 하고 TPS 함량을 위주로 조성을 계획함

○ TPS/P-BVOH의 인장강도 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 UTM을 통해 ASTM D638을 따라 미니사출 시편 사이즈에 대해 Test speed (10 mm/min)를 설정 후 측정했으며 각각의 함량에 따라 변하는 기계적 물성 값 비교를 위한 분석

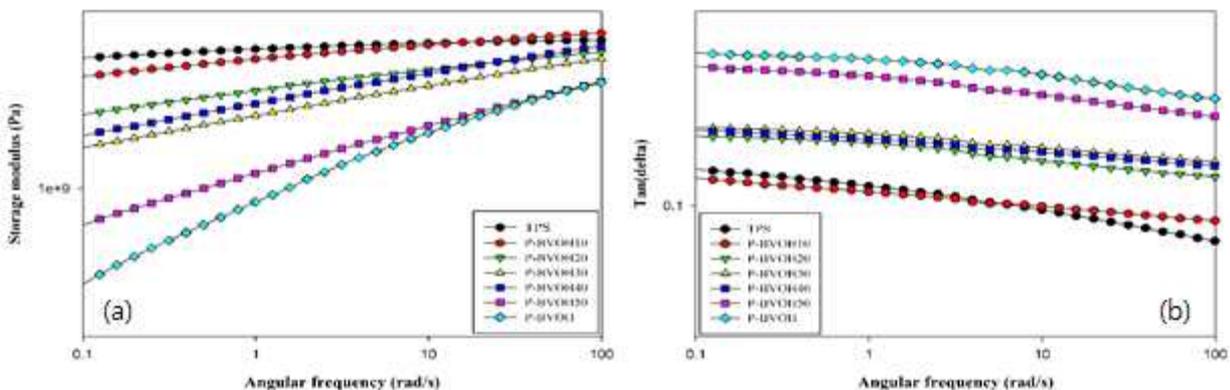
<표 31 TPS/P-BVOH의 인장강도 분석 결과>

Sample code	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Elastic modulus (MPa)
TPS	17.85 ± 1.98	2.69 ± 0.18	1141.29 ± 68.09
P-BVOH10	34.58 ± 1.56	4.91 ± 1.12	1024.68 ± 58.59
P-BVOH20	33.90 ± 1.60	5.55 ± 0.36	789.69 ± 73.30
P-BVOH30	32.88 ± 2.74	6.90 ± 1.23	719.63 ± 77.89
P-BVOH40	31.41 ± 2.51	20.01 ± 5.43	524.07 ± 68.76
P-BVOH50	34.23 ± 1.35	50.10 ± 9.93	467.59 ± 35.29
P-BVOH	53.26 ± 1.50	266.35 ± 9.79	307.65 ± 38.00

- 표 31을 보면 P-BVOH는 주 사슬의 강력한 C-C결합과 많은 -OH기 때문에 높은 인장강도를 보임. 하지만 TPS는 낮은 기계적 강도를 보이며 이를 블렌딩 했을 때 인장강도도 증가하며, 신율은 P-BVOH의 함량이 증가할수록 증가함을 보임
- Modulus는 P-BVOH의 함량이 늘어날수록 작아지며, 이 역시 마찬가지로 P-BVOH의 함량에 기인하는 결과로 확인됨

○ TPS/P-BVOH의 DMA 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 RSA-G2을 통해 flexural oscillation mode로 3 point bending geometry를 이용하여 고체 상태에서의 유변학적 물성 변화를 분석하기 위해 측정함

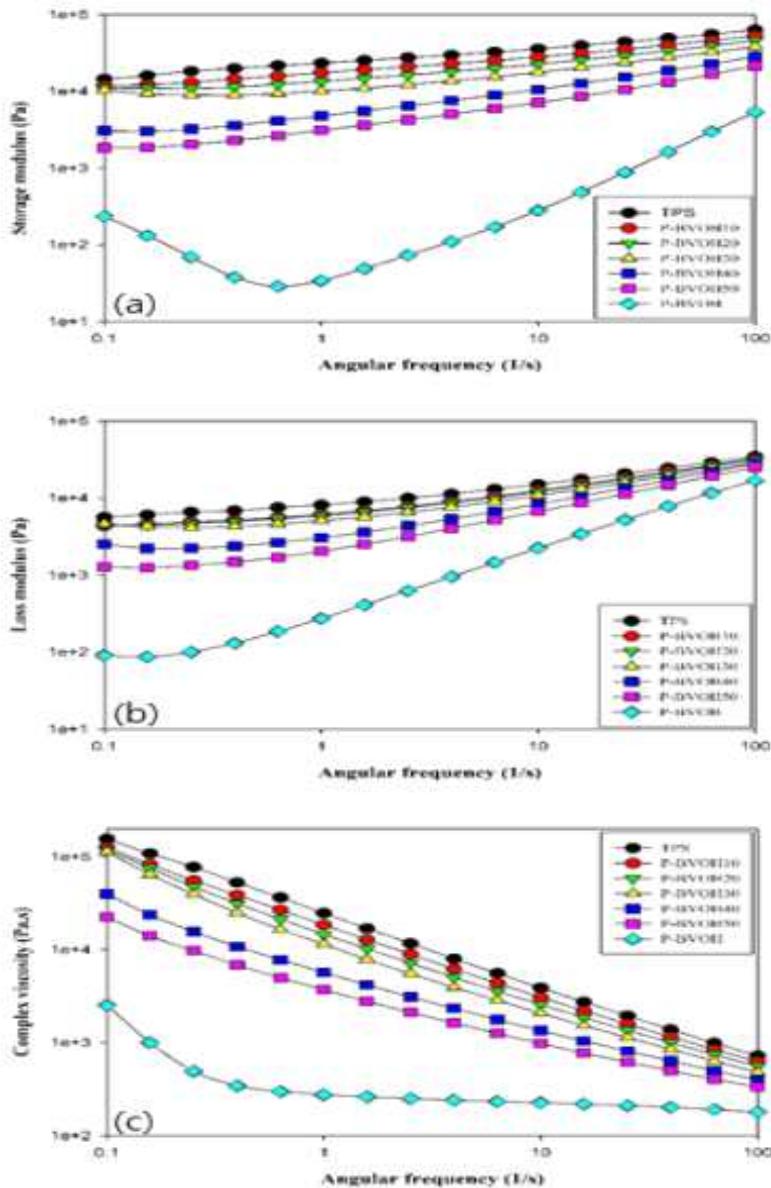


<그림 13 TPS/P-BVOH의 DMA 분석: (a) Storage modulus, (b) Loss factor>

- P-BVOH의 함량이 늘어날수록 저주파수 영역에서의 저장 탄성율이 낮은 경향을 보였으며, Loss factor 역시 마찬가지로 P-BVOH의 함량에 따라 낮아지는 거동을 보임

○ TPS/P-BVOH의 유변학적 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 Physica MCR 302 레오미터를 통해 disk type의 시편을 210°C에서 parallel plate geometry에 녹인 상태에서 주파수의 범위를 낮춰가면서 모듈러스와 복합 점도를 분석함.



<그림 14 TPS/P-BVOH의 레오미터 분석: (a) Storage modulus, (b) Loss modulus, (c) complex viscosity>

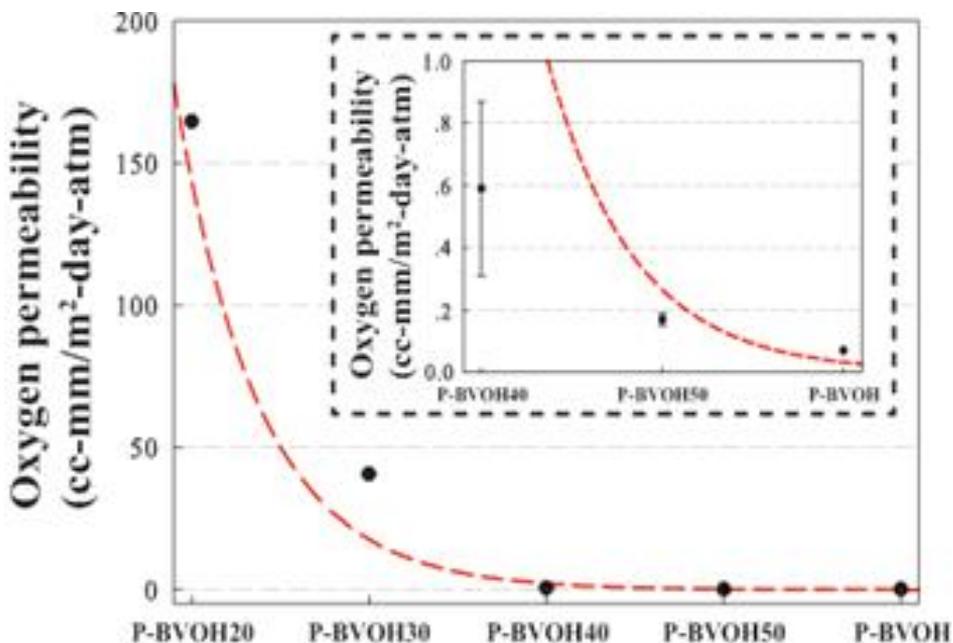
- P-BVOH10, 20 및 30은 또한 저주파수 영역에서 TPS와 유사한 계수 및 점도 값을 갖으며, 그러나 P-BVOH 40과 50은 특히 저주파수 범위의 저장 탄성률과 비교할 때 다른 측면을 보여줌
- 또한, P-BVOH30에서 P-BVOH40으로 P-BVOH의 양을 증가시키는 것이 저장 탄성률을 상당히 감소시키는 것을 알 수 있으며, TPS와 TPS/P-BVOH 블렌드는 주파수 영역이 감소함에 따라 복합 점도가 선형 적으로 증가함을 보임. 그리고 복합 점도의 경우, TPS 함량에 의해 절대적으로 영향을 받는 것으로 밝혀짐.

○ TPS/P-BVOH의 산소차단성 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 OX-TRAN 장비를 이용하여, ASTM 3985에 따라 알루미늄 마스크를 이용하여 5cm² 넓이의 film의 산소투과도를 측정하며, 온도 23°C와 상대습도 0%에서 24 ~ 48 시간동안 안정화 될 때 까지 측정을 함

<표 32 TPS/P-BVOH의 산소차단성 분석 결과>

Sample code	Oxygen permeability (cc · mm/m ² · day · atm)
TPS	-
P-BVOH10	-
P-BVOH20	164.66 ± 0.05
P-BVOH30	40.6 ± 0.35
P-BVOH40	0.59 ± 0.28
P-BVOH50	0.17 ± 0.02
P-BVOH	0.07 ± 0

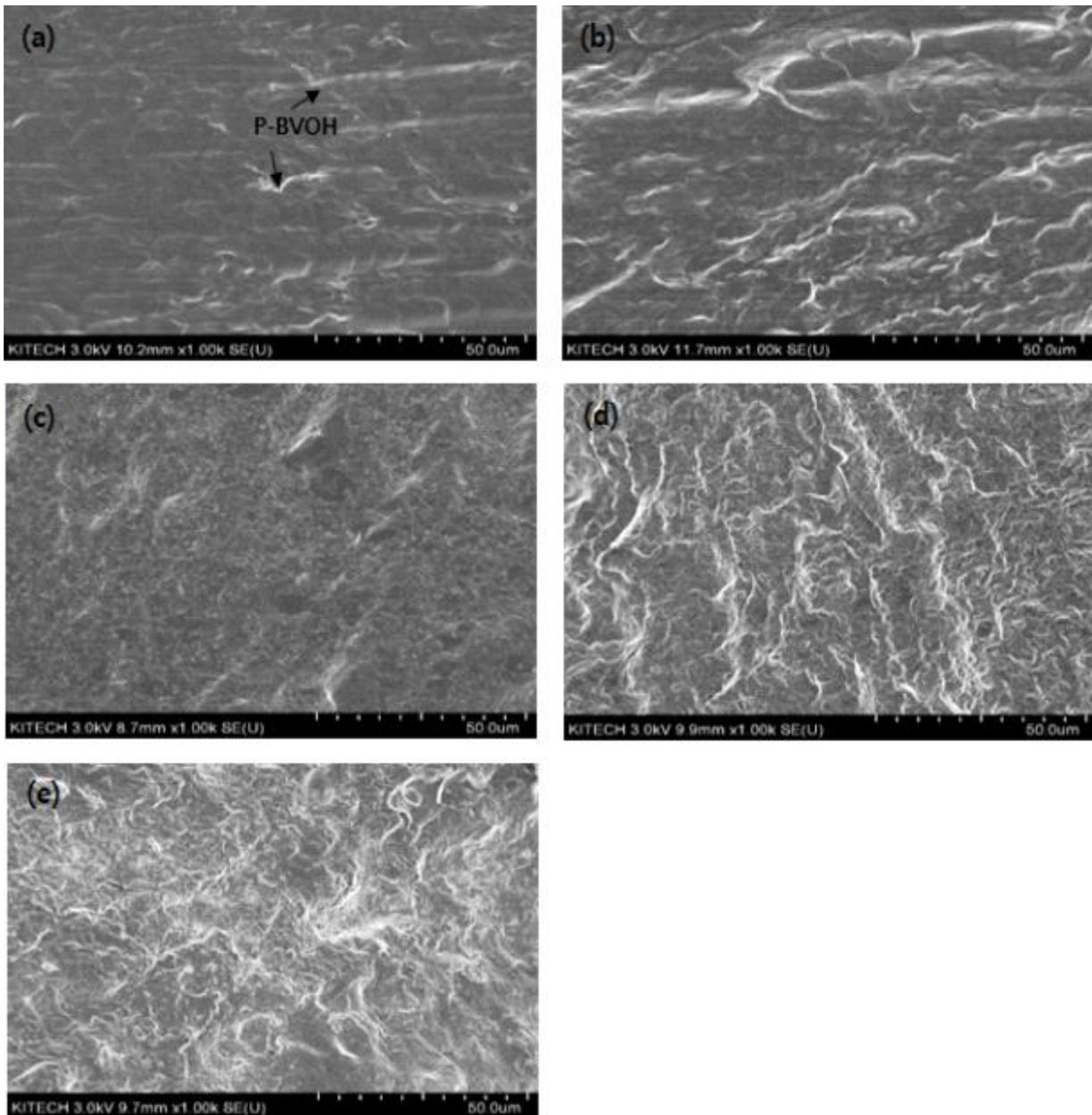


<그림 15 TPS/P-BVOH의 산소차단성 분석>

- TPS와 P-BVOH10의 시료는 깨지기 쉬워서 필름으로 제조되지 못했으며, 산소차단성 역시 측정할 수 없었음
- P-BVOH의 함량이 증가할수록 산소차단성이 우수하게 분석되었으며, P-BVOH40부터 0.59대로 떨어져 매우 우수한 물성이 측정되었음
- 비결정성 고분자인 TPS에 P-BVOH의 함량이 늘어날수록 결정화도가 커지게 되며, 이로 인해 산소차단성이 높아짐을 뒤에 열분석을 통해 확인함

○ TPS/P-BVOH의 모폴로지 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 FE-SEM 장비를 이용하여, 미니사출시편인 dog bone을 액체질소를 통해 급냉 시켜 절단시킨 면에 Pt/Pd 합금을 코팅시켜 관찰하였음

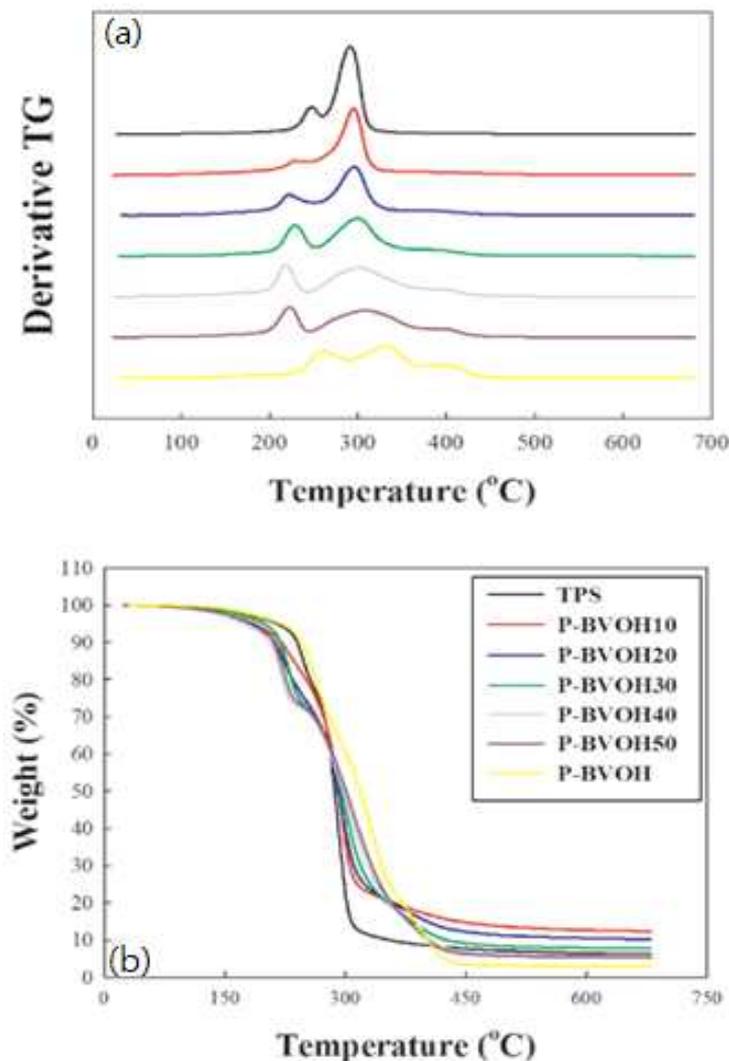


<그림 16 TPS/P-BVOH의 모폴로지 분석 : (a)P-BVOH10, (b)P-BVOH20, (c)P-BVOH30, (d)P-BVOH40, (e)P-BVOH50>

- P-BVOH10과 20에는 P-BVOH가 뭉친 형태로 곳곳에 흩어져서 분포하였으며, P-BVOH30 이후에 P-BVOH가 TPS 매트릭스에 거미줄 모양으로 네트워크 형태로 분포됨
- 이것은 인장강도와 산소차단성의 특성과 연관지어 설명할 수 있으며, P-BVOH30 이후로 물성이 개선됨을 확인 하였음

○ TPS/P-BVOH의 열분석

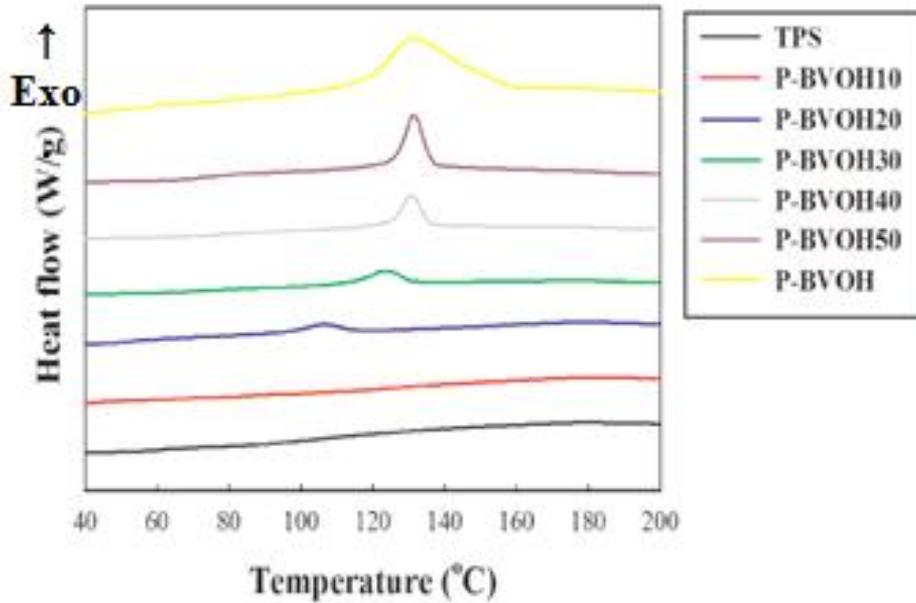
- 패키징기술센터의 보유 장비인 TGA를 통해 분석했으며 분당 10 °C씩 승온시켜 700 °C 까지 측정하였음
- DSC를 통해 20 ~ 250 °C의 범위를 승온 및 냉각 속도를 10 °C/min으로 측정하였음



<그림 17 TPS/P-BVOH의 TGA 분석 : (a)DTG 커브, (b)TG 커브>

- 그림 17의 DTG 커브를 보면 총 3단계로 무게 변화를 된 것을 볼 수 있었으며, 첫 번째 단계에서는 가소제가 휘발되는 과정이며, 두 번째는 starch가 분해되는 단계이며, 마지막 단계에는 BVOH가 분해되는 피크가 나타남을 확인했음

- TG 커브에서는 TPS에서 P-BVOH의 함량이 늘릴수록 기울기가 작아지는 것을 확인할 수 있으며, 이것은 열안정성이 높아지는 것을 의미함



<그림 18 TPS/P-BVOH의 DSC 분석 : 냉각커브>

- 그림 18은 DSC를 통해 냉각커브를 분석한 것이며, 무정형 고분자인 TPS에 P-BVOH의 함량을 늘릴수록 결정화 피크가 형성되는 것을 확인했음
- 이것은 P-BVOH20에서 부터 확인 할 수 있었으며, 결정화 엔탈피 역시 P-BVOH의 함량이 늘어날수록 커짐을 확인했음
- 결정화 거동에 따라 산소차단성에도 영향을 미침을 위의 산소차단성 데이터에도 영향이 있었음을 확인함

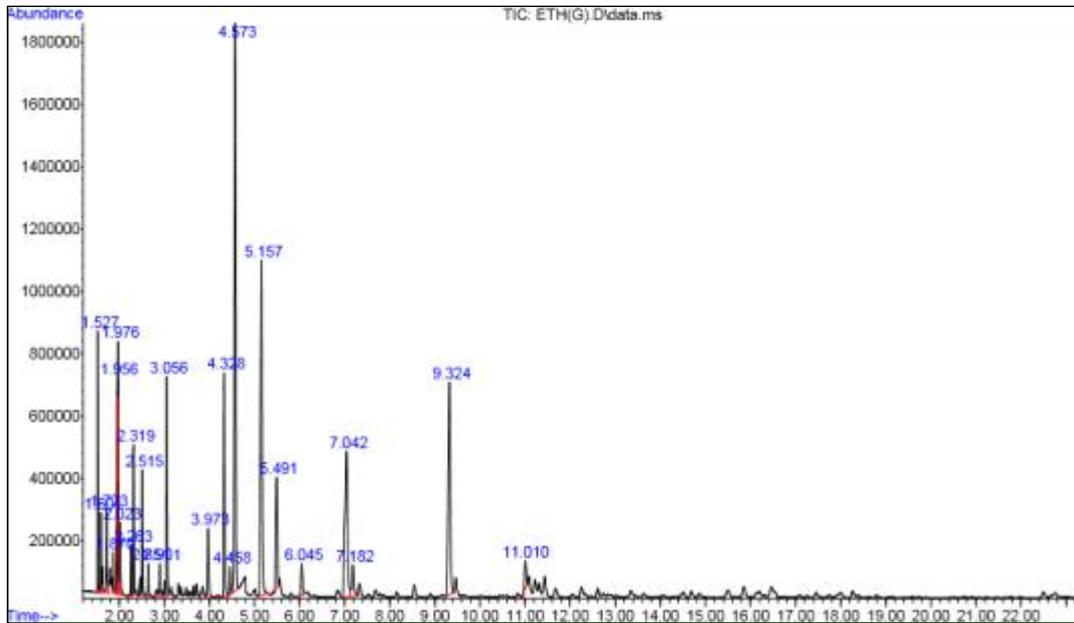
○ 커피 성분 변화 비교 분석/연구

<표 33 아로마 컴파운드 분석 시스템>

GC 및 GC/MS Instrument		
	System	
<Thermo Scientific Trace 1300 GC>		<Agilent 5975C GC/MSD/PY-2020iD>
TR-5 (Thermo) 30 m× 0.32mm, 0.25 μm	Analytical Column	UA-5 (Agilent) 30 m×0.25 mm, 0.25 μm
250 °C	Injector Port Temp	250 °C
SPME at 60 °C, split (30 mL/min)	Injection Type	SPME at 60 °C, split (30 mL/min)
1.5 mL/min (Nitrogen)	Carrier Gas	1.5 mL/min (Nitrogen)
60 °C (5 min) to 220 °C (30 min) by 2 °C/min, to 240 °C (30 min) by 5 °C/min	Oven program	60 °C (5 min) to 220 °C (30 min) by 2 °C/min, to 240 °C (30 min) by 5 °C/min
-	Ionization	EI
FID	Detection	230/150 °C (source/quad); scan range m/z 25-500
Chromeleon 7.2	Software	GC/MSD ChemStation

- 매뉴얼 샘플링을 위해 Supelco Inc. (Bellefonte PA, USA) SPME 홀더와 파이버 활용하였고 본 실험에서는 50/30 μm divinylbenzene-carboxen on poly(dimethylsiloxane) (DVB/CAR/PDMS, gray, 2 cm)를 사용함.
- 모든 SPME 파이버는 최초 사용 전 270 °C 로 설정한 GC 주입구에서 30 분 동안 컨디셔닝을 진행하고, 헤드스페이스 추출 전 (또는 시료 탈착 후 재사용할 경우) 250 °C에서 10 분간 컨디셔닝을 진행하였음.
- 모든 파이버는 250°C 로 설정한 GC 주입구에서 2 분간 열 탈착 시켰음.

- 그라운드 원두의 아로마 프로파일
 - 에티오피아 하라

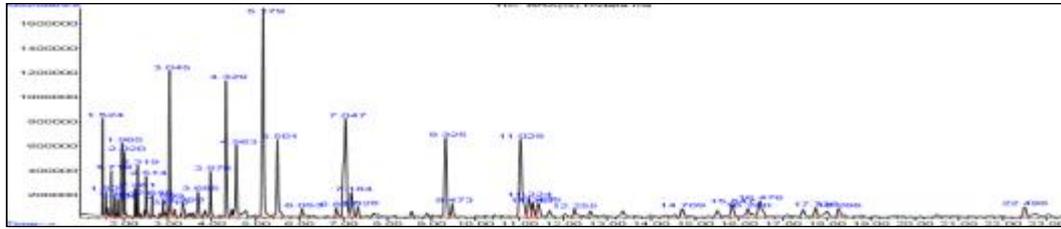


<그림 19 에티오피아 하라의 분석 결과>

<표 33 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Odour Description
1.601	Acetaldehyde	Acrid; Pervasive
1.723	2-Propanone	Pervasive; Sweet
1.870	2-Methylpropanal	Chocolate; Malt
1.956	Acetic Acid	Sour
1.976		
2.023	2-Methylfuran	Unpleasant
2.263	3-Methylbutanal	Chocolate; Malt
2.319	2-Methylpentanal	
2.515	2,3-Pentanedione	Buttery
2.651	3-Hydroxy-2-Butanone	Buttery
2.901	Pyrazine	Coffee
3.056	Pyridine	Burnt
3.973	2-Methyltetrahydrofuran-3-one	Nutty
4.328	2-Methylpyrazine	Coffee
4.458	2,5-Furandione	
4.573	Furfural	Almond; Bitter
5.157	Furfuryl Alcohol	Burnt
5.491	1-Acetyloxy-2-Propanone	Unpleasant
6.045	4-Cyclopentene-1,3-Dione	-
7.042	2,6-Dimethylpyrazine	Nutty
7.182	2-Ethylpyrazine	Toasted
9.324	5-Methylfurfural	Caramel
11.010	Furfuryl Acetate	Nutty

- 브라질 세하도



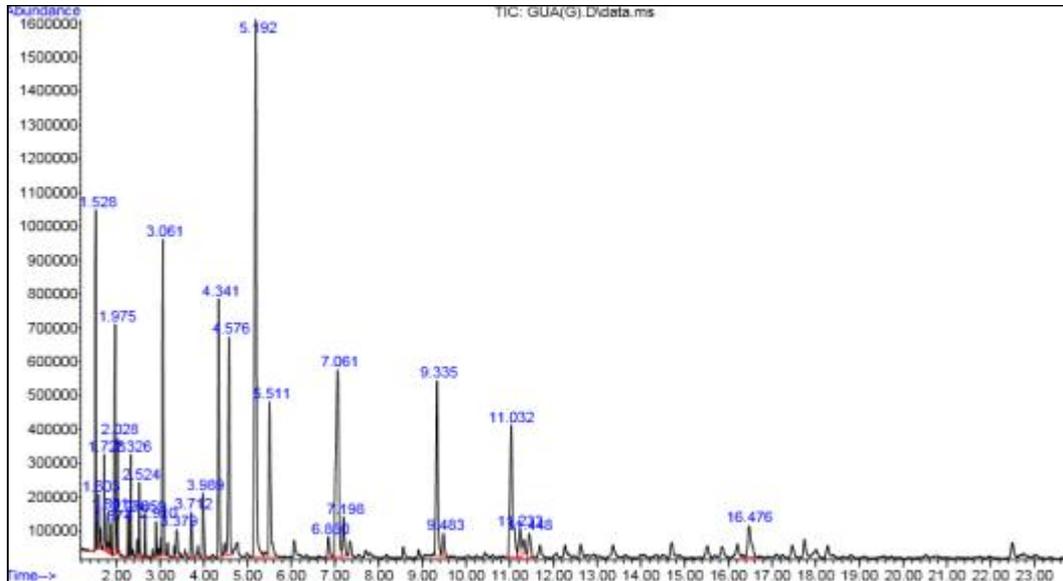
<그림 20 브라질 세하도의 분석 결과>

<표 34 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Odour Description
1.601	Acetaldehyde	Acrid; Pervasive
1.719	2-Propanone	Pervasive; Sweet
1.790	Methyl Acetate	Pleasant
1.865	Isobutyraldehyde	
1.965	Acetic Acid	Sour
2.020	2-Methylfuran	Unpleasant
2.261	3-Methylbutanal	Chocolate; Malt
2.319	2-Methylbutanal	Chocolate
2.514	2,3-Pentanedione	Buttery to Oily
2.648	3-Hydroxy-2-Butanone	Buttery
2.899	Pyrazine	Coffee
3.010	1-Methyl-1H-Pyrrole	
3.045	Pyridine	Burnt
3.350	1-Methylpiperidine	
3.695	1,2,3,6-Tetrahydro-1-Methyl-Pyridine	
3.976	2-Methyltetrahydrofuran-3-one	Nutty
4.329	2-Methylpyrazine	Coffee
4.563	Furfural	Almond; Bitter
5.179	Furfuryl Alcohol	Burnt
5.501	1-Acetyloxy-2-Propanone	Unpleasant
6.053	4-Cyclopentene-1,3-Dione	-
6.837	2-Furfuryl Formate	Nutty
7.047	2,6-Dimethylpyrazine	
7.184	2-Ethylpyrazine	Toasted
7.328	2,3-Dimethylpyrazine	Toasted
9.325	5-Methylfurfural	Caramel
9.473	1-Acetyloxy-2-Butanone	-
11.029	Furfuryl Acetate	Nutty
11.224	2-Ethyl-5-Methylpyrazine	Toasted
11.307	Trimethylpyrazine	Toasted
11.435	1-Methylpyrrole-2-Carboxaldehyde	
14.709	2-Acetylpyrrole	
15.847	3-Ethyl-2,5-Dimethylpyrazine	Roasted
16.476	1-Acetylcyclohexene	

17.738	3-Hydroxy-2-Methyl-4H-Pyran-4-one	
18.266	2-Acetyl-3-Methylpyrazine	Hazelnut
22.498	1-(2-Furfuryl)Pyrrrole	

- 과테말라 안티구아



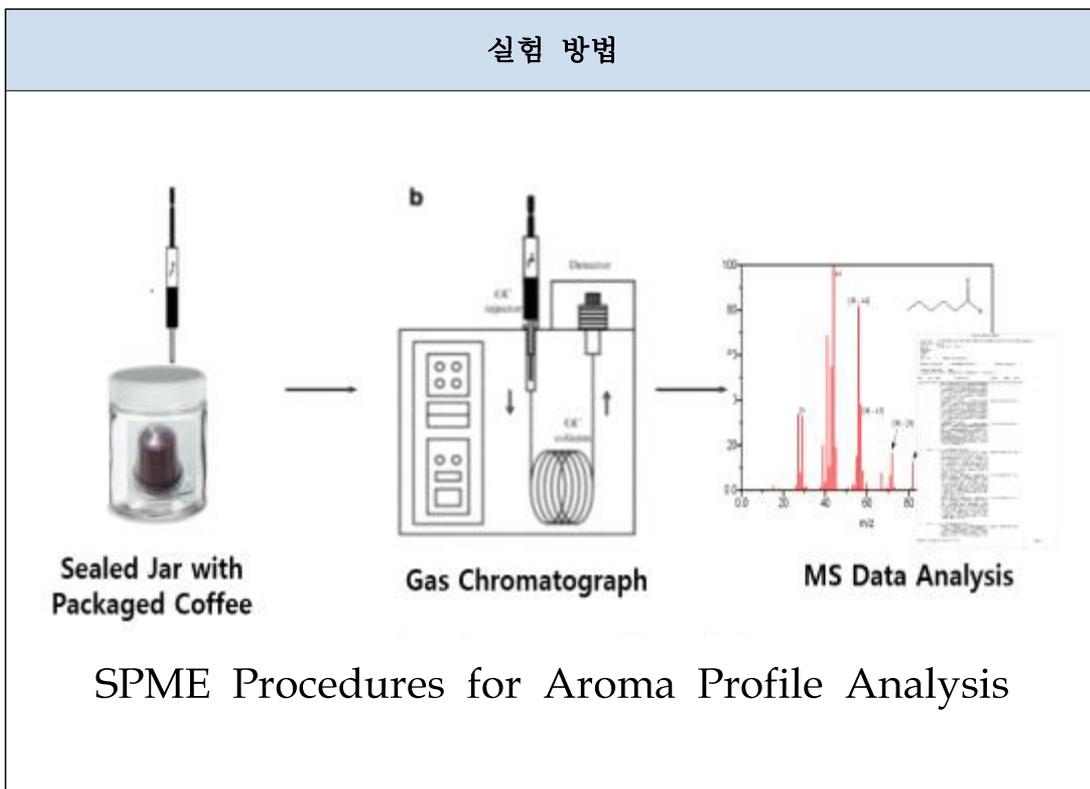
<그림 21 과테말라 안티구아의 분석 결과>

<표 34 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Odour Description
1.603	Acetaldehyde	Acrid; Pervasive
1.728	2-Propanone	Pervasive; Sweet
1.801	Methyl Acetate	Pleasant
1.874	Isobutyraldehyde	
1.975	Acetic Acid	Sour
2.028	2-Methylfuran	Unpleasant
2.270	3-Methylbutanal	Chocolate; Malt
2.326	2-Methylpentanal	
2.524	2,3-Pentanedione	Buttery to Oily
2.659	3-Hydroxy-2-Butanone	Buttery
2.910	Pyrazine	Coffee
3.061	Pyridine	Burnt
3.379	1-Methylpiperidine	
3.712	1,2,3,6-Tetrahydro-1-Methyl-Pyridine	
3.989	2-Methyltetrahydrofuran-3-one	Nutty
4.341	2-Methylpyrazine	Coffee
4.576	Furfural	Almond; Bitter
5.192	Furfuryl Alcohol	Burnt
5.511	1-Acetyloxy-2-Propanone	Unpleasant
6.850	2-Furfuryl Formate	Floral

7.061	2,6-Dimethylpyrazine	Nutty
7.198	2-Ethylpyrazine	Toasted
9.335	5-Methylfurfural	Caramel
9.483	1-Acetyloxy-2-Butanone	-
11.032	Furfuryl Acetate	Nutty
11.233	2-Ethyl-5-Methylpyrazine	Toasted
11.448	1-Methylpyrrole-2-Carboxaldehyde	
16.476	2-Methoxyphenol	Spicy

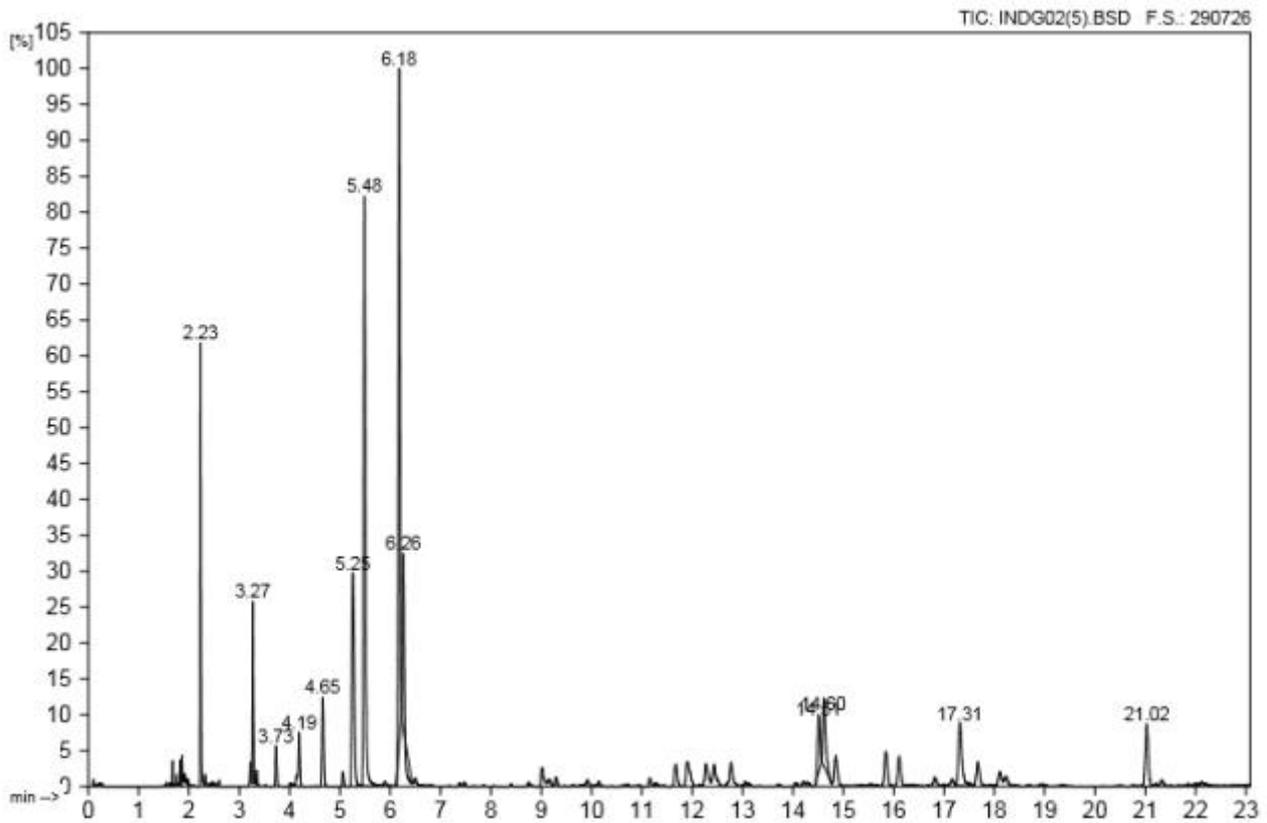
- 멀티레이어 소재의 PP/EVOH/PP 패키징 용기를 투과하는 커피의 아로마 컴파운드에 대한 분석 연구



<그림 22 SPME를 이용한 아로마 프로파일 분석방법>

- 주관기관인 (주)천마하나로에서 제공받은 품종이 다른 두 종류 (인도네시아 만델링 (c 제품), 케냐 아이히더)의 커피 파우더를 이용해 실험을 진행하였음
- PP/EVOH/PP 소재로 이루어진 캡슐용기에 커피 파우더 (약 5.0 g)를 담고 리드 씰링 후 투과도 분석을 위해 미리 준비해 둔 헤드스페이스 자 (jar) 로 즉시 옮겨 담아 밀봉함으로써 아로마 손실을 최소화하여 분석을 진행
- 선행 연구한 최적의 SPME 조건을 바탕으로 (60°C에서 20 분간) 시간에 따라 용기를 통해 빠져나오는 아로마 컴파운드를 분석하였음

- 인도네시아 만델링 (@ 60 °C)

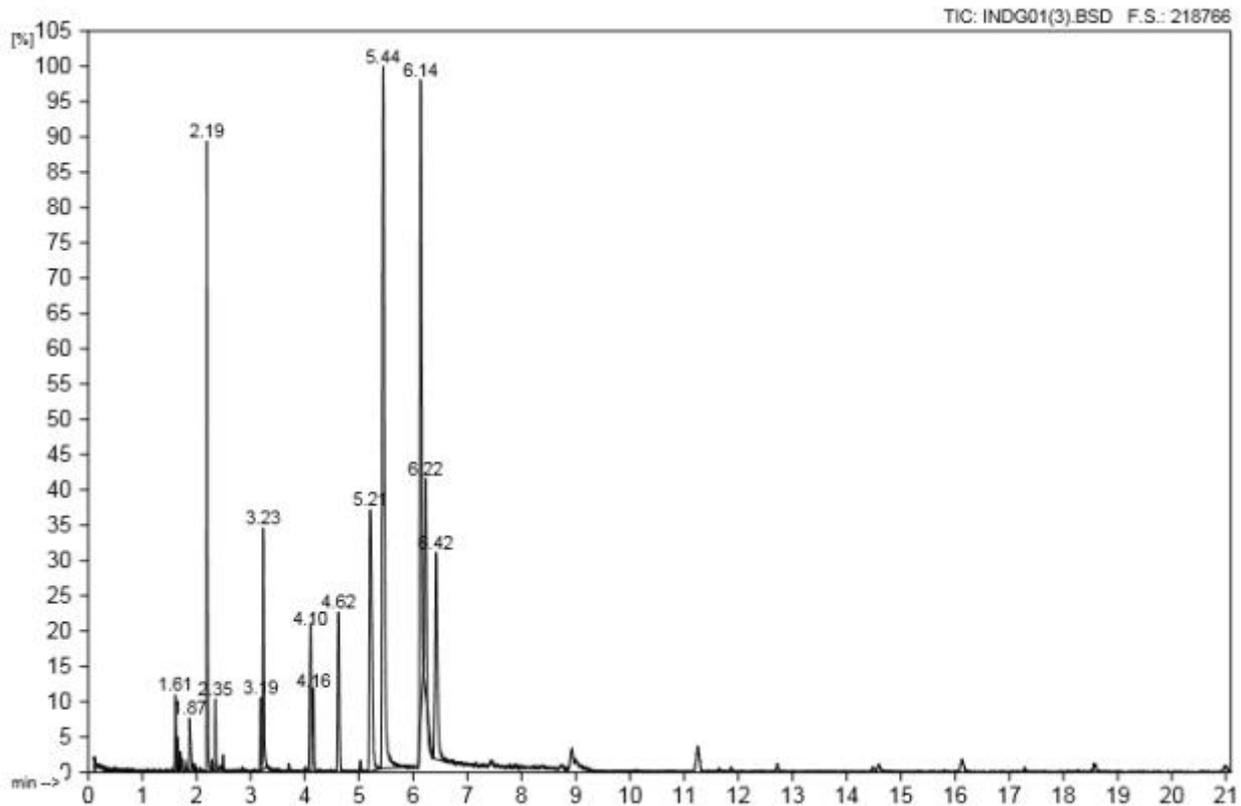


<그림 23 인도네시아 만델링 (@ 60°C)>

<표 35 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Polymer
2.23	1-Butanol	
3.73	Tridecene	
4.19	n-Pentadecane	
4.66	2,4-Dimethyl-1-Heptene	PP 열분해
5.25	Ethylbenzene	PS
5.48	m-Xylene	
6.18	Styrene	PS
6.26	p-Xylene	
14.51	n-Hepatadecane	
14.61	Dibutylether	PU
17.31	n-Pentadecane	

- 인도네시아 만델링 (@ 35 °C)

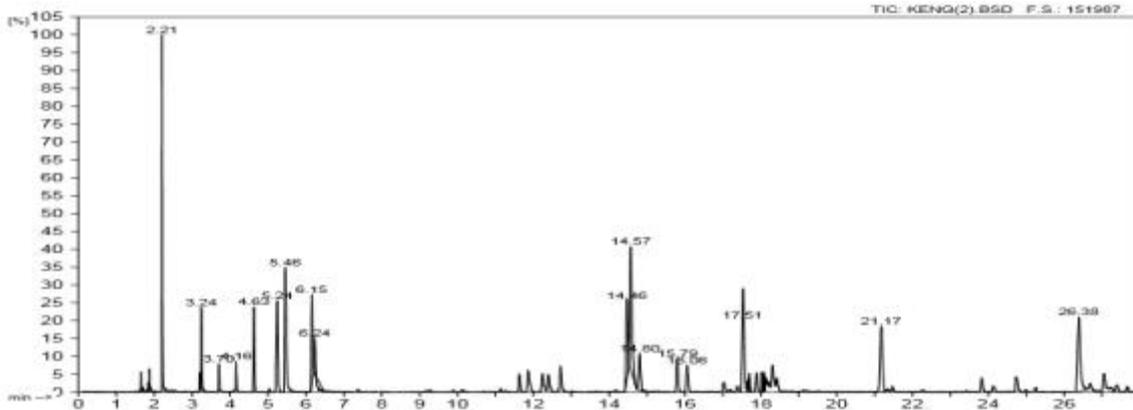


<그림 24 인도네시아 만델링 (@ 35°C)>

<표 36 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Polymer
1.61	n-Pentane	PP
1.87	2-Methyl-1-Pentene	PP
2.19	1-Butanol	
2.35	Bis(5-Benzoyl-4-Hydroxy-2-Methoxyphenyl)Methane	
3.19	n-Heptane	PE
4.16	n-Octane	PE
4.62	2,4-Dimethyl-1-Heptene	PP 열분해
5.21	Ethylbenzene	PS
5.44	p-Xylene	
6.14	Styrene	PS
6.22	o-Xylene	
6.42	2,4-Dimethylbenzaldehyde	Xylene Resin

- 케냐 아이히더 (@ 60 °C)

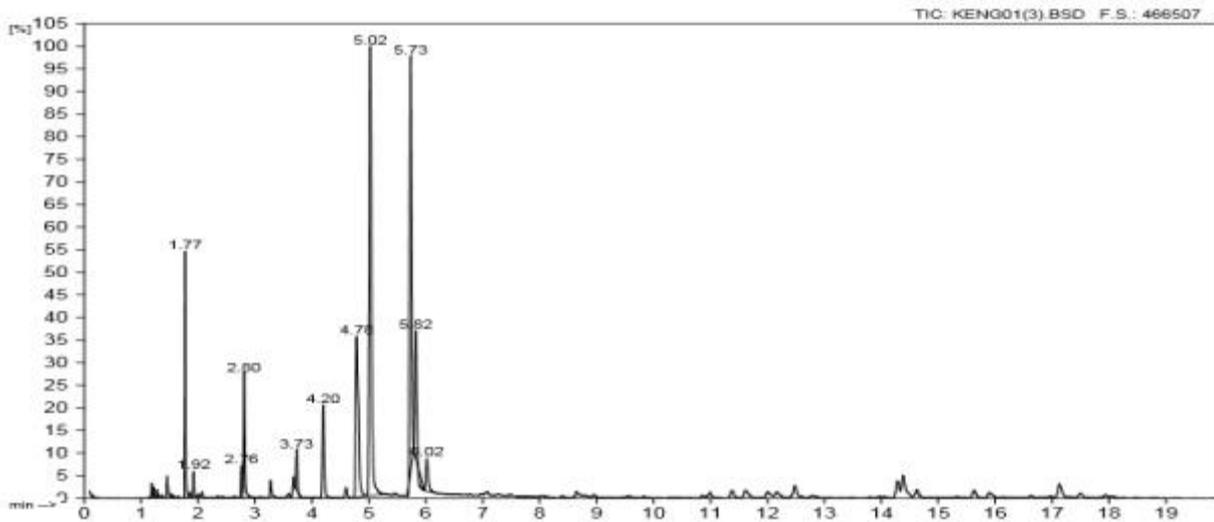


<그림 25 케냐 아이히더 (@ 60°C)>

<표 36 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Polymer
2.20	1-Butanol	
3.19	Tridecene	DDP
3.70	Tridecene	DDP
4.16	2,4-Dimethyl-1-Heptane	
4.63	2,4-Dimethyl-1-Heptene	PP 열분해
5.24	n-Octane	
5.45	m-Xylene	
6.15	Styrene	PS
6.24	p-Xylene	
11.86	n-Pentadecane	
12.25		
12.38		
12.72		
14.47	n-Tridecane	PE
14.58	Dibutoxyethyl Phthalate	PE
14.81	n-Tridecane	PE
15.80	n-Pentadecane	
16.07		
16.78		
17.27	n-Tridecane	PE
17.51	n-Pentadecane	
17.62		
18.06		
21.00	Unidentified	Nylon
21.17	Unidentified	-
23.66	n-Pentadecane	
24.60	1-Pentene-3-ol	
26.38	Caprolactam	Nylon
26.94	1-Pentene-3-ol	
28.92	n-Pentadecane	

- 케냐 아이히더 (@ 35 °C)



<그림 26 케냐 아이히더 (@ 35°C)>

<표 37 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Polymer
1.77	1-Butanol	
1.92	Bis(5-Benzoyl-4-Hydroxy-2-Methoxy phenyl)Methane	
2.76	n-Heptane	PE
3.73	n-Octane	PE
4.20	2,4-Dimethyl-1-Heptene	PP 열분해
4.78	Ethylbenzene	PS
5.02	p-Xylene	
5.73	Styrene	
5.82	o-Xylene	
6.02	2,4-Dimethylbenzaldehyde	Xylene Resin

- 패키징 용기의 아로마 배리어 특성에 대한 성능 평가를 수행하기 위해 헤드스페이스 추출을 높은 온도 (60 °C) 와 그 보다 낮은 온도 (35 °C)에서 패키징 용기를 통한 아로마 컴파운드의 투과 정도를 비교하였음.
- 추출 온도가 낮을 때 검출이 되는 휘발성 유기화합물의 수가 줄어든 것을 확인하였음 (10 분 이후 피크 비교).
- 하지만, 커피의 아로마를 구성하는 어떠한 성분도 검출되지 않은 것으로 보았을 때 결과적으로 필름을 통한 아로마 컴파운드의 투과가 일어나지 않은 것으로 확인되었음.
- 패키지 내부의 층간 박리현상으로 인해 아로마 컴파운드의 리크가 일어날 것으로 예상되었으나 멀티레이어 구조의 필름에서 어떠한 결함도 발견되지 않았기 때문에 패키징 소재로서의 기능을 잘 보여주었음.
- 이는 산소 배리어가 매우 좋은 EVOH 레이어를 패키징 소재로 사용함으로써 아로마 보존에 대한 잠재적인 기능을 보여주었음. 따라서 EVOH 레이어가 커피의 패키징 소재로 적합한 것으로 판단됨.

□ 주관연구기관 - (주) 천마하나로

■ 3차 년도

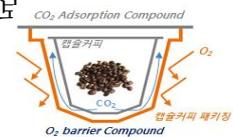
(1) 연구개발 목표

- 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel Lid 필름 양산화 기술 확보
- 가스배출 최소화를 위한 커피 로스팅 및 블렌드 연구 및 분쇄커피 패키징 기기/공정 최적화
- 기능성 첨가제의 향 흡착 분석 기법 수립 및 흡착특성 분석
- 기능성 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보
- 패키징 설계 기술의 응용분야 확대

천연물 기반 커피캡슐용 패키징 제품 개발
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 핵심성과 <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 1건, 등록 3건, SCI 논문 1건 (협동기관 협조) ◦ 전략성과 <ul style="list-style-type: none"> - 기능성 컴파운드 활용 다기능성 캡슐커피 패키징 용기 제품: 1종 - 패키징 제품 산소차단성: $< 0.005 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$ - 패키징 제품 가스 흡착능: $> 20 \text{ cc/g resin}$ - Easy Peel Lid 필름 Sealing 강도 : 1.6 kgf (기존 1.8 kgf 대비 10% 향상) Easy Peel Lid 필름 1종

(2) 연구개발 내용

- 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel 발포 Lid 필름 양산화 기술 확보
 - 다기능성 패키징 최적 성형 가공 조건 및 공정 변수 제어 기술 확보
 - Easy Peel 구현 최적 Sealing 강도 부여를 위한 조성물 제조 기술 확보
- 기능성 첨가제의 향 흡착 분석 기법 수립 및 흡착특성 분석
- 다양한 패키징 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보
 - 엔지니어링 디자인 적용 패키징 구조 설계 기술 개발
 - **디자인 변화에 따른 흡착능/차단성/물성제어 및 평가 기술 확보 <최종 캡슐커피 패키징>**
 - 기능성 친환경 패키징 디자인을 위한 공정 기술 최적화 및 양산화 기술 확보
- 패키징 설계 기술의 응용분야 확대
 - 차단성 및 가스흡착능이 요구되는 식품(스낵류, 햄류, 버터 등) 및 발효식품(김치류, 장류 등) 및 다양한 농수산 가공품(김, 견과류 등) 의 패키징 용기 분석/연구
 - 다양한 응용제품 별 패키징 요구 물성 파악 및 패키징 용기 설계 적용을 통한 기존 패키징 개선 및 적용/분석



■ 3차 년도

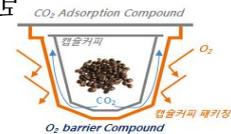
(1) 연구개발 목표

- 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel Lid 필름 양산화 기술 확보
- 가스배출 최소화를 위한 커피 로스팅 및 블렌드 연구 및 분쇄커피 패키징 기기/공정 최적화
- 기능성 첨가제의 향 흡착 분석 기법 수립 및 흡착특성 분석
- 기능성 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보
- 패키징 설계 기술의 응용분야 확대

천연물 기반 커피캡슐용 패키징 제품 개발
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 핵심성과 <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 1건, 등록 3건, SCI 논문 1건 (협동기관 협조) ◦ 전략성과 <ul style="list-style-type: none"> - 기능성 컴파운드 활용 다기능성 캡슐커피 패키징 용기 제품: 1종 - 패키징 제품 산소차단성: <math>< 0.005 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}</math> - 패키징 제품 가스 흡착능: > 20 cc/g resin - Easy Peel Lid 필름 Sealing 강도 : 1.6 kgf (기존 1.8 kgf 대비 10% 향상) Easy Peel Lid 필름 1종

(2) 연구개발 내용

- 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel 발포 Lid 필름 양산화 기술 확보
 - 다기능성 패키징 최적 성형 가공 조건 및 공정 변수 제어 기술 확보
 - Easy Peel 구현 최적 Sealing 강도 부여를 위한 조성물 제조 기술 확보
- 기능성 첨가제의 향 흡착 분석 기법 수립 및 흡착특성 분석
- 다양한 패키징 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보
 - 엔지니어링 디자인 적용 패키징 구조 설계 기술 개발
 - **디자인 변화에 따른 흡착능/차단성/물성제어 및 평가 기술 확보 <최종 캡슐커피 패키징>**
 - 기능성 친환경 패키징 디자인을 위한 공정 기술 최적화 및 양산화 기술 확보
- 패키징 설계 기술의 응용분야 확대
 - 차단성 및 가스흡착능이 요구되는 식품(스낵류, 햄류, 버터 등) 및 발효식품(김치류, 장류 등) 및 다양한 농수산 가공품(김, 견과류 등) 의 패키징 용기 분석/연구
 - 다양한 응용제품 별 패키징 요구 물성 파악 및 패키징 용기 설계 적용을 통한 기존 패키징 개선 및 적용/분석



□ 주관기관 - (주)천마하나로

■3차년도

(1) 연구개발 결과

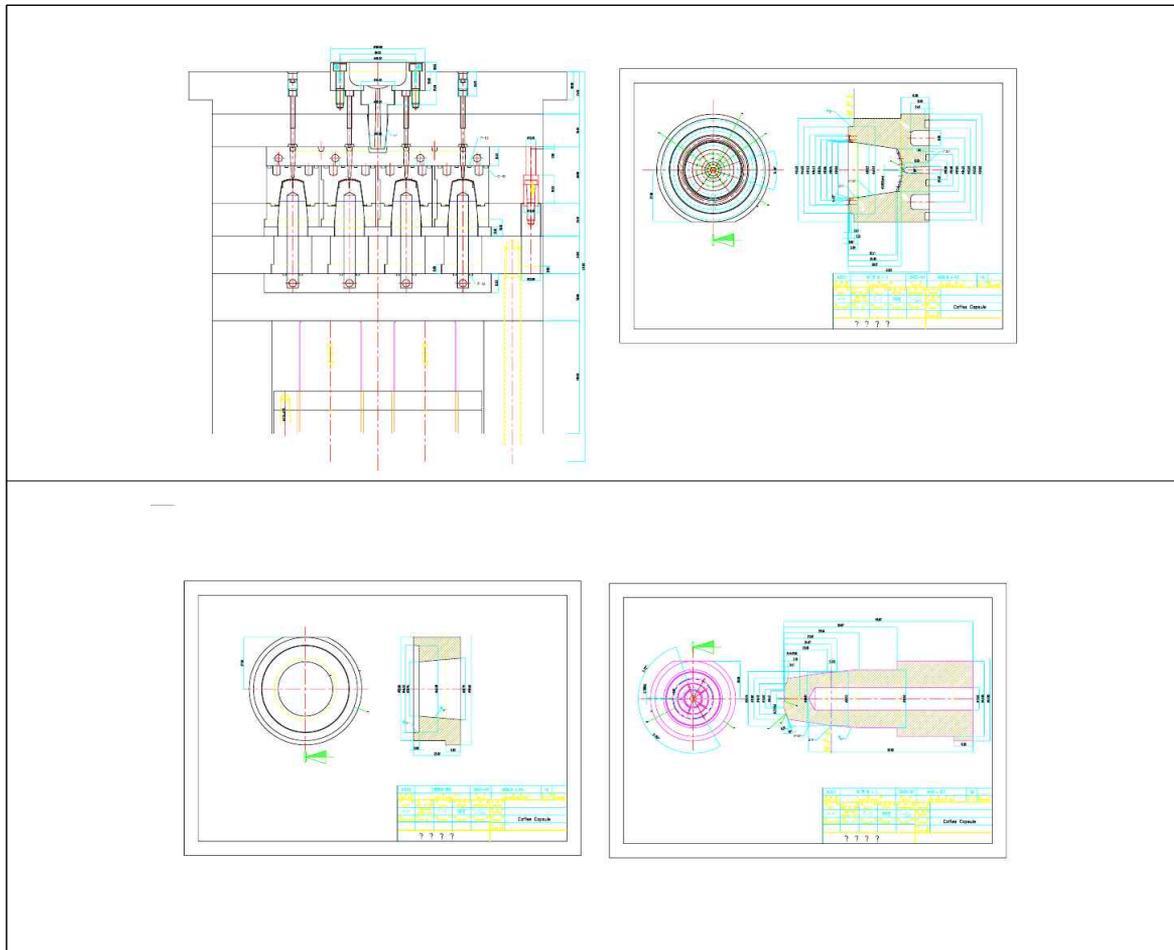
○ 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel Lid 필름 양산화 기술 확보

1) 캡슐 커피 패키지의 캡슐 금형수정

① 문제점

- 현재의 금형은 캡슐립 하단의 압력 차단막이 두꺼워 네스프레소 머신 중 자동머신의 경우 캡슐을 압착하는 힘이 약해서 누수현상이 발생함으로 이를 개선하기 위해 코어를 재가공함
- 현 캡슐은 캡슐바닥에 30개의 pin-hole을 성형되었으나, 각 홀의 직경이 커 원두커피를 미세하게 분쇄한 경우 미분이 발생하여 향산화패키지로 흘러나와 고객 클레임의 사유가 발생함

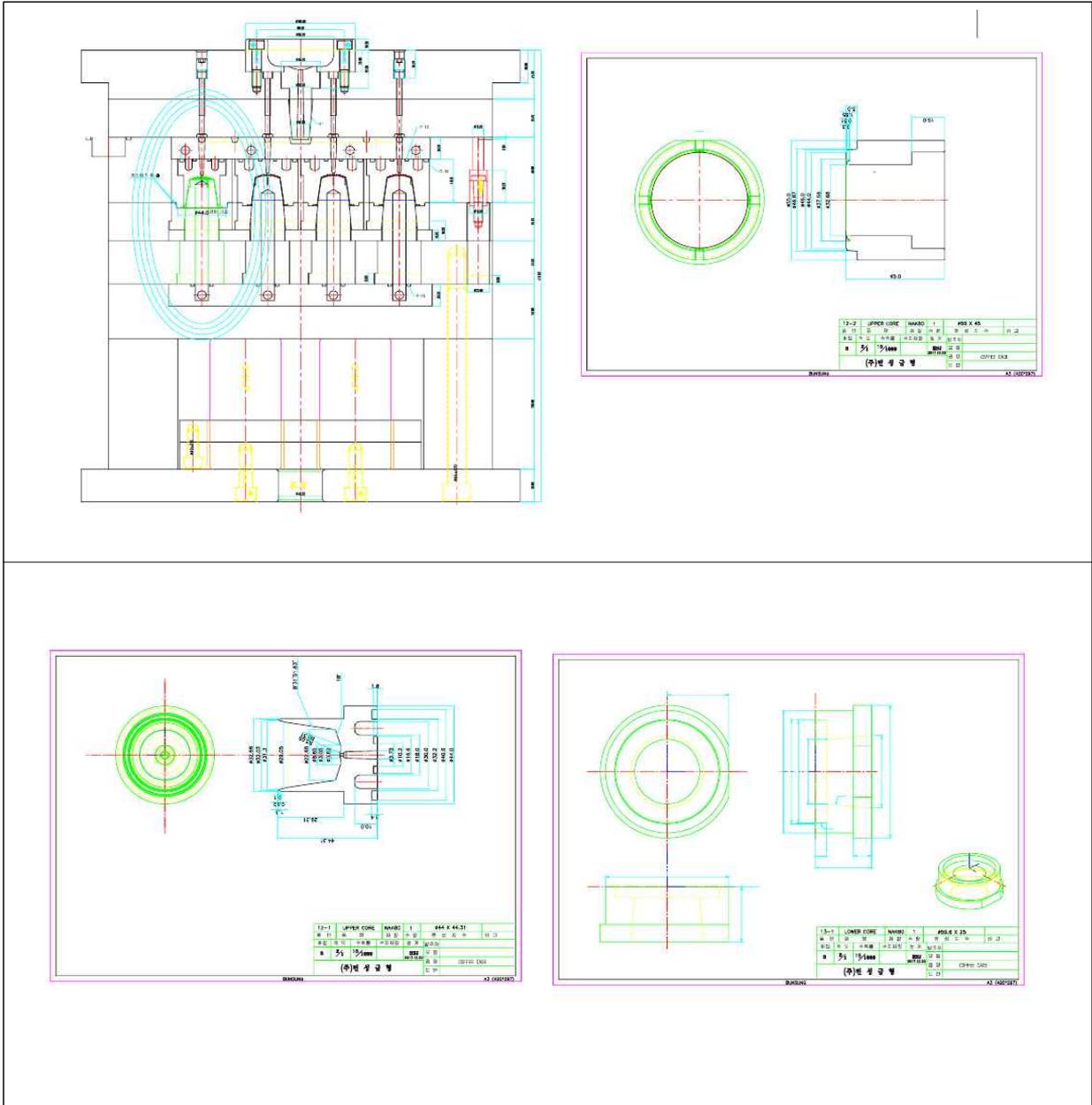
[수정 전 도면]



② 개선내용 및 개선결과

- 편홀의 숫자를 30개에서 45개로 늘리고 각 홀의 직경을 줄여 미분의 흘러나움을 차단하고, 추출 수율을 높일 수 있도록 함

[수정 후 도면]



- 에스프레소용의 미세한 원두 분쇄에도 패키징에 흘러나오는 원두 미분이 확연히 감소
- 원두의 미분감소로 인한 깔끔한 패키징의 완성을 할 수 있었음



** 핀홀의 수를 45 개로 형성 **

개선 전 캡슐에서 나타는 미분현상



미분이 흘러나옴



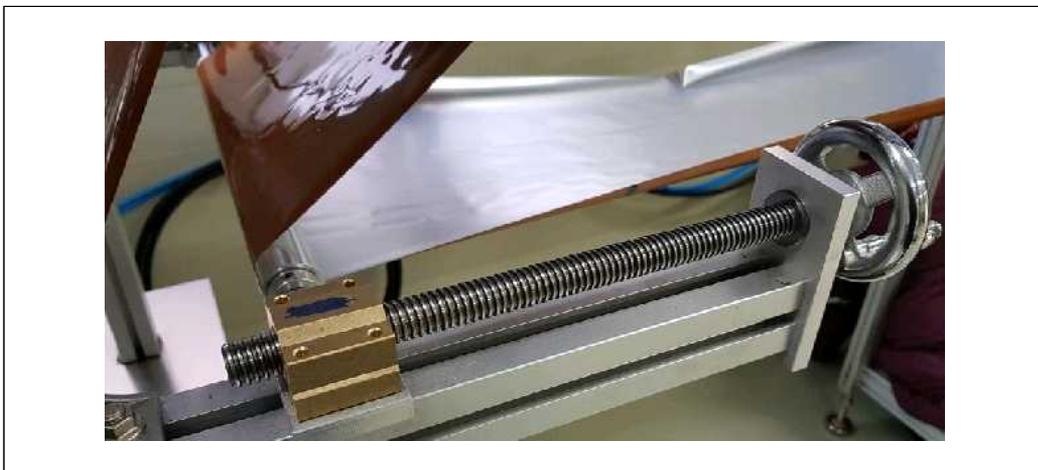
개선 후 말끔한 형태의 캡슐완성



2) 이지필 텐션장치 개선

① 문제점

- 텐션장치는 이지필의 트레이 진공실링 접착 시 이지필 공급 장치의 일부인데, 대량생산 및 연속적인 공정이 지속되는 과정에서 롤 형태로 말려있는 이지필의 양이 감소함에 따라 유격이 발생하여 필름이 흔들림. 이지필이 팽팽하지 않는 상태로 공정에 들어가게 되는 현상이 발생되며 이는 실링 시 이지필이 팽팽하지 못하고 쭈글쭈글하게 안착이 되며 다층시트용기와 필름의 위치가 안 맞음
- 이지필 롤의 감소에 따라 유동적으로 작동하는 텐션장치가 필요
- 이지필 탄성력에 적합한 무게를 갖는 금속 바의 형태 고안



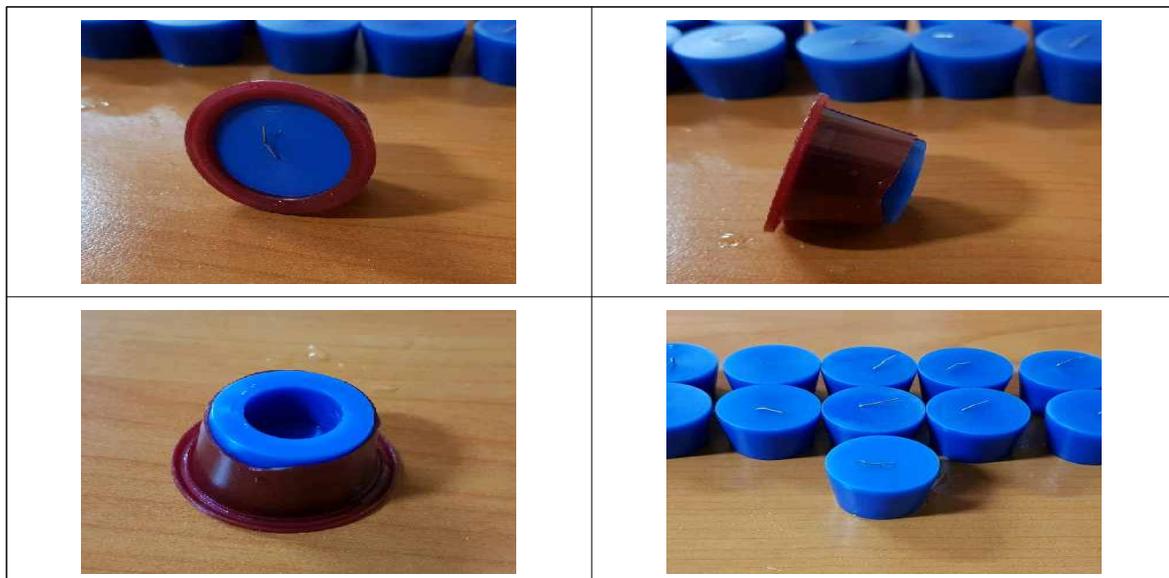
② 유동적으로 작동하는 텐션장치의 고안



- 이지필이 감겨있는 양쪽 부위중 이지필 공급 부 하단에 어느 정도 무게감이 있는 텐션 바를 설치 함으로써 이지필을 안정적으로 눌러주며, 롤의 양이 줄어들어도 텐션 바의 무게로 지속적으로 공급되는 이지필의 상태를 팽팽하게 유지시켜줌
- 개선결과 : 기존의 패키징 작업 중 초기공정에서 발생하는 이지필이 팽팽하게 실링 되지 못하고 느슨한 형태를 보이는 점 불량률이 줄어들었으며, 롤의 초기 및 마지막 사용까지 안정적인 이지필 공급으로 낭비되는 이지필을 획기적으로 감소시킴

3) 지그캡슐제작과 활용

- 지그캡슐 제작을 통한 추출환경 예측하고 보안 점 마련
- 캡슐 머신에 캡슐을 투입하고 추출 시 캡슐 립에 걸리는 압력으로 인한 누수가 발생현상 개선요망
- 적당한 이격을 갖는 구조 파악을 위해 캡슐내부에 분쇄커피가 채워진 것과 동일한 저항을 갖는 실험용 캡슐테스터를 제작하여 최적의 구조를 찾기 위함



4) 아이마크 공정 개선을 통해 이지필 프린트 센터정렬의 문제점 보완

① 기존 아이마크 장치의 문제점

- 기존 장치에서는 초기샘플링생산 (대량생산을 위한 샘플링공정)에서 세팅된 기준점이 본격적인 공정 지속되는 상황에서 미미하게 틀어지는 현상이 발생
- 캡슐에 프린팅 된 디자인, 로고 등이 공정초기 생산품에 비해 공정 후기 생산품에선 센터에서 유격이 확연히 차이나는 현상이 일어남
- 연속되는 생산 상황에서 다른 제품 생산을 위한 세팅시 이전 공정의 오차를 재 세팅해야 하는 문제점 보완이 필요함



② 장치의 개선

- 아이마크 감지 센서의 가변장치를 부착하여 이지필 필름이 진행되는 정도에 따라 위치를 쉽게 조절 할 수 있게 함



5) 이지필 필름의 다층용기 및 필름위치의 오차 개선

① 문제점

- 롤러의 형태가 평평함으로 미세한 실링이 어려움
- 실링 시 용기와 필름의 위치가 움직임으로 인해 불량 발생
- 롤러 형태 개선이 필요함

② 롤러 형태의 개선

- 챔버 내에서 실링/컷팅 된 파지의 모양과 1:1로 일치하는 형태의 음-양각의 홈을 가공한 롤러를 적용함으로써 필름이 진행방향의 좌. 우로 흔들리는 것을 방지함



○ EVOH 천연물질 개선 포장지 관능평가(Sensory Evaluation)비교 보고

(주)천마하나로에서는 캡슐커피 포장지의 개선을 시도하였으며, 기존 EVOH p.p버전 포장지 대신 이번 포장지 개선 계획에 EVOH에 천연물 소재 패키지를 첨가한 포장지를 사용하였다. 이들의 차이점은 앞선 보고와 같이 과학적 성분 테스트와 검출에서는 향미 보존측면에서 광물질을 첨가한 신제품이 더 뛰어난 것으로 판단되었다. 캡슐커피는 식음료제품이기 때문에 소비자와 식음료 전문가가 실제로 맛차이를 구별할 수 있고 좀 더 개선되었다는 인상과 평가가 필요하기 때문에 관능평가(Sensory Evaluation)를 진행하였다. 관능평가는 후각(Olfaction), 미각(Gustation)을 이용하여 전문적으로 훈련된 평가자가 하는 평가방법이다. 커피는 컵핑(Cupping)이라는 방법을 통하여 관능평가가 이루어지며 이에 대한 절차가 따로 있다.

1)컵핑(Cupping)의 방법과 절차

컵핑은 드립(Brew/Drip)과 에스프레소(Espresso) 사이의 분쇄도의 원두를 사용, 원두와 물의 비율은 0.055g/ml, 샘플로스팅(Sample Roasting)한 원두를 사용, 물의 온도는 92~97℃로 사용한다.

컵핑의 절차는 다음과 같다.

- ①준비된 컵핑컵에 분쇄된 원두를 담는다.
- ②분쇄된 원두 가루 향인 Fragrance (Dry Aroma)를 체크하여 평가한다.
- ③컵핑컵에 92~97도의 물을 붓고 침출하여 컵핑을 추출한다.
- ④1분 후에 물위에 부유한 원두 크러스트(Crust)를 코로 향미를 체크(Wet Aroma)한다.
- ⑤물을 부은 후 4분이 지나면 크러스트 브레이킹(Crust Breaking)이라 불리는 부유된 분쇄컵핑을 침전시킨다.
- ⑥침전 후 크러스트에 갇혀 있던 컵핑의 향을 체크한다. 이를 스킴밍(Skimming)이라 한다.
- ⑦스키밍 이후 1분 30초 후 슬러핑(Slurping)이라 불리는 방법으로 컵핑스푼을 이용하여 컵핑의 맛을 입으로 체크한다.
- ⑧이 후 국제적으로 규정된 컵핑폼(Cupping Form)에 측정항목을 모두 평가하여 기입한다.

평가항목은 다음과 같다.

건조향미(Fragrance) 향미(Aroma) 맛(Taste) 후미(After Taste) 맛의 깔끔함(Clean Cup) 바디감(Mouth feel) 산미(Acidity) 단맛(Sweetness) 균형감(Balance) 총평(Overall)

2)캡슐컵핑의 비교 평가 방법

캡슐컵핑 포장지 관능평가는 위의 로스팅과 분쇄와 물의 비율과 온도를 국제 컵핑규범을 따라서 마련할 수 없으므로 같은 통제변인으로 설정하고 나머지 절차를 국제컵핑규범을 따라 진행하였다. 평가를 위하여 포장 후 3개월 경과 뒤 3명의 평가자의 관능평가를 통하여 차이점과 개선점을 확인하고자 하였다. 평가자의 선입견을 주지 않기 위하여 블라인드(Blind) 평가로 진행하였다.

3)통제변인

①캡슐 제품

생두의 종류 : 콜롬비아 후일라, 에티오피아 예가체프

원두의 배전도 : 아그트론 40

원두의 양 : 5.2g

원두 분쇄도 : 에스프레소 굵기

보관기간 : 3개월

보관방법 및 환경 : 상온보관 박스포장

②추출

추출환경 및 머신, 온도 : 천마하나로 캡슐머신, 75~80도

물의 양과 정수기의 종류 : TDS(Total Desolved Solution) 125 ~ 175ppm의 130ml의 물, 에버퓨어 정수기

평가자와 평가시간 : 김사원, 이지훈, 이지연, 2018년 9월 28일

③평가방법

평가시 사용된 컵의 재질 : 도기질의 동일한 컵핑컵(Cupping cup)

평가 순서 : 구 버전과 신 버전을 비교 1. 향미의 보존기간, 2. 맛의 보존기간

평가 환경 : 조명, 소음차단

4)조작변인

기존 EVOH p.p 버전과 개발된 EVOH 천연물 소재 패키지

5)결과

뚜렷한 향미의 표현을 찾기는 어려웠으나 강도의 차이는 느낄 수 있었다. 신 버전의 경우 산패된 향을 더 적게 느끼는 사람이 많았다. 향의 표현은 어려웠고, 둘 다 같은 샘플로 느끼는 사람이 많았다. 하지만 각 캡슐 별 향의 강도 별 차이는 확실히 느낄 수 있었다. 구 버전과 신 버전을 비교해 보니 그 차이는 명확하게 드러났다.

- 콜롬비아 후일라 (10점 만점)

바리스타	아로마		플레이버		애프터 테이스트		신맛		바디		밸런스		오버롤	
	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후
김사원	7	8	6	6	7	7	6	6	7	7	7	7	7	8
이지훈	7	9	6	7	6	6	5	6	7	7	7	6	6	7
이지연	7	9	7	8	7.5	7.5	6.5	6	6	6	7	7	7	7

- 콜롬비아 후일라 (10점 만점)

바리스타	아로마		플레이버		애프터 테이스트		신맛		바디		밸런스		오버롤	
	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후	개선 전	개선 후
김사원	8	9	6	6	7	7	8	8.5	7	7	7	8	7	8
이지훈	7	9	7	7	7	8	7	8	7	7.5	6	7	7	7.5
이지연	7	8.5	7	8.5	7	7	7	7.5	7	8	7.5	7.5	6.5	7





○ 가스발생 및 향미 최적화를 위한 로스팅

○ 로스팅 정도에 따른 사진

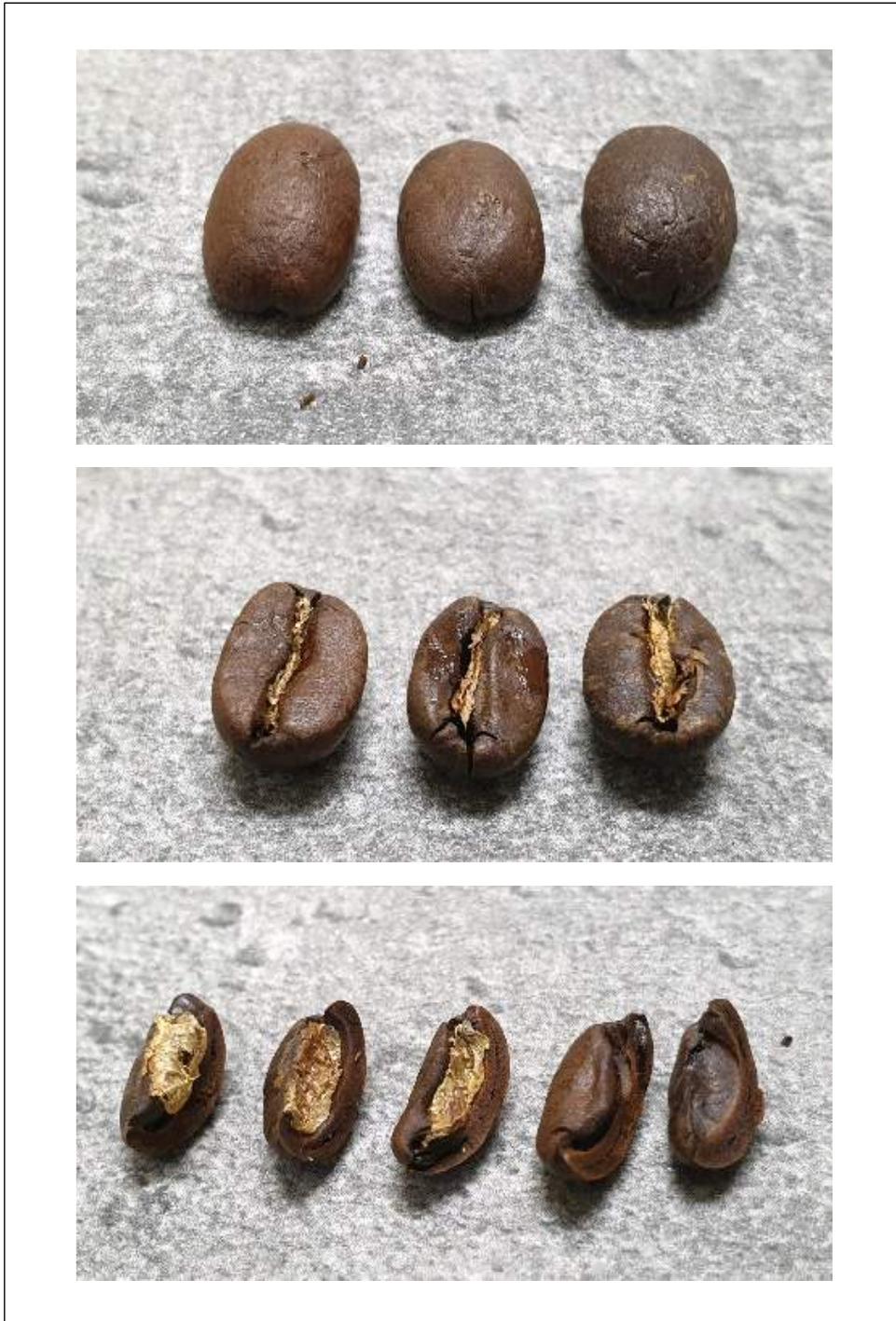
a. 산뜻한 산미를 표현할 필요가 있는 원두의 적정한 로스팅 point에서



ex) 에티오피아, 케냐 기타 중남미 스페셜 티

- 육안상의 특징 : 원두의 표면과 속의 아그트론 편차가 5 (60~65)정도이고, 센터 컷이 살짝 벌어져 있어야 양호한 상태. 원두의 단면에 파열 흔적이 최소이면서 조직이 스펀지처럼 골고루 팽창되어 있어야함

b. 구수한 너트향과 곡물향을 특징으로 하는 중남미 원두의 적절한 로스팅 포인트 예시



ex) 콜롬비아, 과테말라, 코스타리카, 엘살바도르

- 육안상의 특징 : 원두의 등 주름이 골고루 퍼져있고 수분이 건조되는 과장의 검은 무늬가 없어질 정도로 로스팅 되어야 함. 또한 원두의 센터 컷은 실버스킨이 잘 보일 정도로 떨어져 있어야함. 원두의 단면은 실버스킨이 금빛을 띠면서 반짝이고, 원두조직은 과열흔적이 없어야 최적의 향미 특성을 지님

c. 오버 로스팅된 원두의 예시



- 원두의 종류를 가리지 않고 원두의 표면에 커피 오일이 흐를 정도로 로스팅이 진행되었거나 원두 표면에 파공이 생기고 원두 단면에 급속한 가열로 인한 동공현상이 보이면서 탄화된 흔적이 보일 경우 오버 로스팅으로 판단하고 로스팅 열량을 조정하여야 함

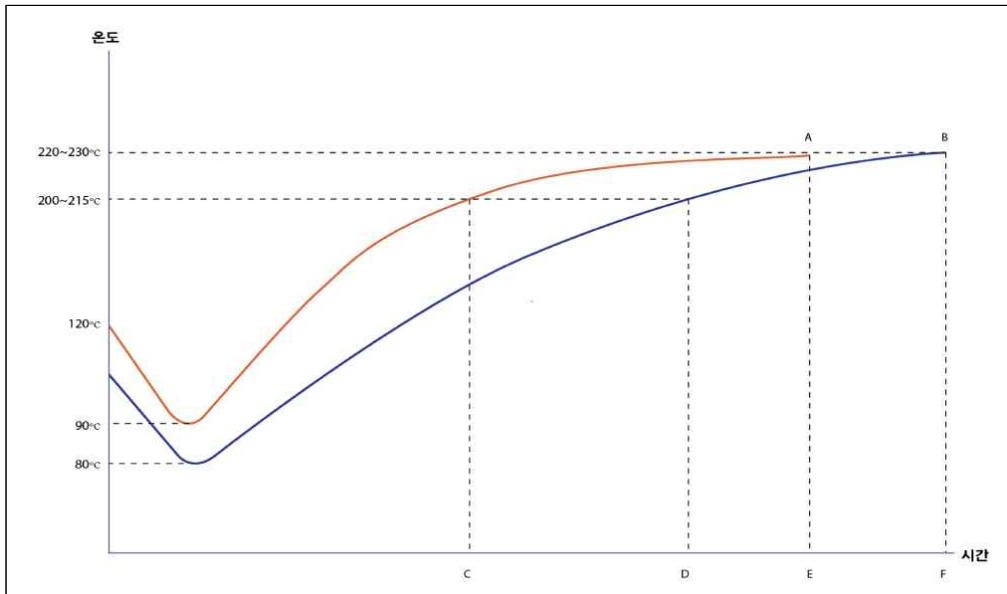
d. 언더 로스팅 원두의 예시



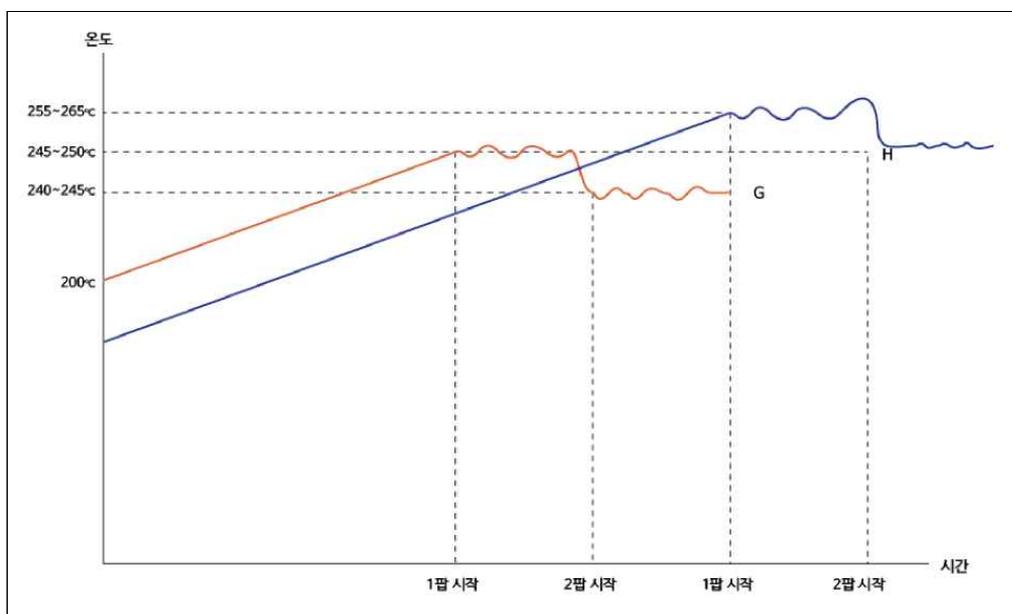
- 아그트론 NO가 70을 상회하고 원두의 등 주름 골이 깊고 명암의 편차가 심하면서 센터 컷이 벌어지지 않고 붙어있을 경우는 대부분 언더로스팅이라고 할 수 있다. 이 경우는

사람들이 싫어할 정도의 산미가 나거나 커피 본연의 향미가 생성되기 이전에 로스팅을 끝낸 경우로서 충분한 열량의 공급시기를 조절할 필요가 있음

○ 원두의 특성별 생두 주변온도의 변화 및 열량공급 프로파일 (열풍로스터기의 경우)



- A. 밀도가 낮거나 수분이 적은 생두를 로스팅 할 때 최적의 콩 주변온도 그래프
- B. 밀도가 높거나 수분이 많은 생두를 로스팅 할 때 최적의 콩 주변온도 그래프
- C. E 밀도가 낮거나 수분이 적은 생두의 1, 2차 팍핑 시기는 밀도가 높고 수분이 많은 생두의 1, 2차 팍핑 시기 D, F보다 빠르다는 것을 보여주며, 위 그래프에서 밀도가 높고 수분이 많은 생두의 1, 2차 팍핑 시기가 상대적으로 늦다는 의미보다는 팍핑 시기가 늦어지도록 열량 공급 시기를 조절해야 콩의 특성에 맞는 최상의 로스팅이 된다는 것을 의미한 함



- G. 밀도가 낮거나 수분이 적은 생두의 경우 가해지는 열량도 상대적으로 적고 1, 2차 팍핑도 빨리 온다는 것을 보여줌
- H. 밀도가 높고 수분이 많은 생두의 경우 가해지는 열량도 상대적으로 많고 1, 2차 팍핑도 늦어진다는 것을 보여줌

○ 시제품 캡슐커피에 대한 전문가 센서리 테스트

- 한잔의 커피를 마시면서 느끼는 감각은 향을 맡는 후각, 커피의 맛을 느끼는 미각, 커피 액체의 감촉을 느끼는 촉각으로 여러 감각들이 서로 작용을 하면서 다채로운 맛의 표현을 가능하게 한다. 커피를 맛보며 맛과 향을 평가하고, 더 나아가 커피의 원재료인 생두의 특징과 결점, 로스팅된 정도의 평가까지 할 수 있는 것은 익숙한 향의 분별이 있기 때문임
- 커피의 맛을 분별할 수 있도록 하기 위해서는 감각의 훈련이 필요한데, 훈련된 감각을 이용하여 맛보고 평가를 하는 것을 관능검사(sensory test, 센서리 테스트)라고 한다. 센서리 테스트를 통한 커피 맛의 평가를 통하여 과학적인 수치 외에도 감각적인 평가를 할 수 있다는 점에 의의가 있음

○ 감각평가

: 커피 맛을 평가하기 전, 맛을 구분하는 능력을 측정하기 위한 감각평가를 통해 얼마나 맛을 구분해내는지 알아보도록 한다. 대표적으로 신맛, 단맛, 짠맛을 평가

- 신맛 : 구연산을 이용 / 단맛 : 설탕을 이용 / 짠맛 : 소금을 이용
- : 구연산, 설탕, 소금을 500 ml의 물에 각각 비율을 다르게 하여 혼합해놓은 후 대상자들이 맛을 보게 하여 맛의 비율을 평가

	용액 1	용액 2	용액 3	용액 4	용액 5
구연산	2g	0g	5g	10g	0g
설탕	5g	30g	15g	0g	0g
소금	10g	5g	0g	10g	0g

- 총 10명의 커피 패널 들을 대상으로 한 감각평가의 결과를 살펴보면 다음과 같음

모든 용액의 비율을 전부 다 맞힘	1 명
4개 이상 정답	3 명
3개 이상 정답	3 명
2개 이상 정답	2 명 (일반인)
모두 다 맞히지 못함	1 명 (일반인)
용액5의 성분을 맞힘	3 명

- 용액 5의 경우, 사전에 공지하지 않았기 때문에 어떠한 성분이든 한 개는 들어있을 것이라는 심리에도 불구하고 3명의 정답을 확인, 신맛과 단맛, 짠맛의 비율을 맞히면서 각 성분의 비율에 따라 느껴지는 맛의 느낌을 평가하고 이러한 결과를 토대로 커피 맛의 평가를 할 수 있는 기초적인 토대를 마련함

○ 커피 맛의 평가

- 커피를 생산하는 국가는 다양하고, 각 나라의 커피의 맛 역시 다양하기 때문에 다양한 커피를 평가하기 위하여 기준점이 되는 레퍼런스 커피(reference coffee)를 먼저 준비하였다. 레퍼런스 커피는 엘살바도르 로스 아우솔레스(Los Ausles) 농장의 코요칸(Coyoacan) 생두를 이용하여 볶은 원두로 내린 커피로 30 ml의 에스프레소에 80도의 온수 200 ml를 혼합한 커피를 이용하였다.
- 배전도는 모두 208~210도에 배출한 원두를 사용하였으며, 종류는 다음 표와 같다.
 - Peru Chancanmayo Geisha
 - Colombia La Canada
 - El Salvador Santa Isabel Honey
 - Indonesia Langur Honey
 - Ethiopia Sidamo G1
 - Ethiopia Yirgacheffe Natural G1
 - Kenya Kiambu AA
- 각 커피의 용량 역시 30 ml의 에스프레소에 80도의 온수 200ml를 혼합하여 맛을 평가하였으며, 각 커피 맛의 평가는 이름을 가린 블라인드 테스트로 진행

원두	평가
Peru Chancanmayo Geisha	게이샤 품종의 컴플렉스한 향과 맛이 좋았음
Colombia La Canada	콜롬비아 커피답지 않게 케냐의 컴플렉스가 있었던 커피
El Salvador Santa Isabel Honey	대추차 같은 목직한 단맛이 나는 커피
Indonesia Langur Honey	레몬같은 신맛과 부드러움, 밀크 초콜릿 같은 여운이 있는 커피
Ethiopia Sidamo G1	블루베리 등 건과일의 향미와 초콜릿의 향미가 일품인 커피
Ethiopia Yirgacheffe Natural G1	블랙커런트 등 이국적인 향미의 커피
Kenya Kiambu AA	토마토, 향신료 등의 복잡한 향이 폭발적인 커피

- 이 기준대로 캡슐로 평가하여 아메리카노 커피를 기준으로 캡슐커피를 비교함
- 이 두 가지의 커피 평가 후, 대안 및 의견을 나누고 다음과 같은 결론을 확보함

아메리카노 (에스프레소)	캡슐
<p>상업용 머신으로 내려 추출이 일정하며, 스페셜티 커피에서 커피에서의 가벼운 향(엔자이메틱)의 비중이 높았다. 크림리한 느낌 및 애프터가 깔끔했음</p>	<p>물 온도가 다소 낮아, 스페셜티 커피에서의 가벼운 향(엔자이메틱)의 표현이 부족하였다. 또한 5g의 체적에서의 추출이라 에스프레소의 머신에서의 평가보다는 맛의 표현이 조금 부족하였다. 캡슐에서의 로스팅은 아메리카노의 배전보다는 다소 높게, 그라인딩은 다소 얇은 것이 유리할 것으로 평가</p>

○ 생산 시제품 맛 평가 (sensory test)

: 캡슐 테이스팅은 총 6개씩 4set씩 하였으며 결과는 다음과 같음

이름	Sample	아로마	풍미	후미	신맛	바디	균형	Overall	Total	Defect	Final
A	커피로드 킬리만자로	7	7.25	7.5	6	7	7	7.25	49	0	79
다크초콜릿, 땅콩, 거친호두, 보리, 쌀, 오일, 실키, 부드러움, 묵직, 타이어											
B	커피로드 케냐	8	8	8	7.75	7.25	7.5	7.5	54	0	84
콤플렉스, 토마토, 과일, 와인, 레몬, 견과, 다크초콜릿											
C	커피로드 스페셜티 예	8.5	8	7.75	7.5	7.25	8	7.75	54.75	0	84.75
꽃, 지속적인 단맛, 흑설탕, 과일, 레몬, 베트가뭇, 콤플렉스											
D	커피로드 에티오피아	7.5	7.5	7.75	7.5	7.25	7	7.5	52	0	82
파파야, 플라워, 레몬, 라일락, 밀크초코, 카라멜											
E	커피로드 과테말라	6	6.75	7	6.5	7	7.5	7.5	48.25	0	78.25
다크초콜릿, 땅콩, 아몬드, 카라멜, 카카오, 실키, 우유, 미디엄바디											
F	커피로드 콜롬비아	7	6.25	6.5	6.75	6.5	7	7.25	47.25	0	77.25
호두, 아몬드, 밀크초코, 라이트 바디, 보리, 검은콩											

● 커피로드 킬리만자로

● 커피로드 케냐

● 커피로드 스페셜티 예가체프

● 커피로드 에티오피아

● 커피로드 과테말라

● 커피로드 콜롬비아



이름	Sample	아로마	풍미	후미	신맛	바디	균형	Overall	Total	Defect	Final
A	커피로드 스트롱	7.5	7.25	7.25	6.75	8	7.5	7	51.25	0	81.25
타이어, 오일, 탄느낌, 석유, 탄나무, 카라멜, 다크초코, 피스타치오, 카카오, 스위트											
B	커피로드 마일드	7.5	7.5	7	7	7.25	7	7.25	50.5	0	80.5
슈가케인, 사탕수수, 밀크초콜릿, 아몬드, 실키, 우유, 콩가루											
C	커피로드 부케	8	8.25	8	7.75	7	7.5	7.5	54	0	84
꽃, 플라워, 카라멜, 복숭아, 미디엄 바디, 레몬, 블랙티											
D	커피로드 파리지엔	8.25	8.5	8.25	7.75	8	8	8	56.75	0	86.75
레드애플, 콩, 두부, 밀가루, 아몬드, 미숫가루, 청사과											
E	커피로드 코스타리카	7.5	7.25	7	7.5	7.75	6.5	7.25	50.75	0	80.75
사과, 포도, 로즈마리, 밀크초코											
F	커피로드 허니문	7	7	7	7.25	6.5	6.5	7.25	48.5	0	78.5
바질, 땅콩, 허브, 칩, 한약, 플라워, 카라멜, 텐저린											

— 커피로드 스트롱

— 커피로드 마일드

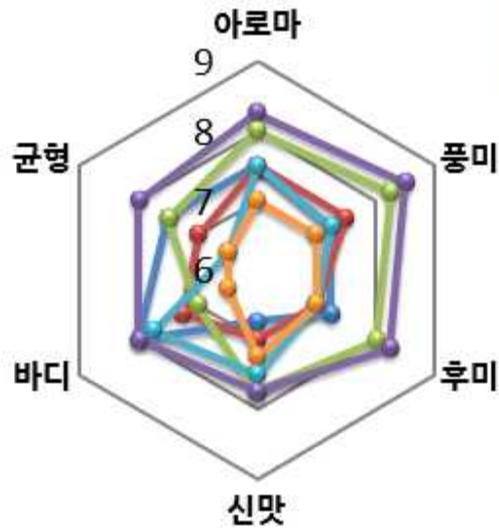
— 커피로드 부케

— 커피로드 파리지엔

— 커피로드

코스타리카

— 커피로드 허니문



이름	Sample	아로마	풍미	후미	산맛	바디	균형	Overall	Total	Defect	Final
A	커피로드 스위트 모닝	7.25	7.5	7	6.75	7.5	7.25	7	50.25	0	80.25
	레몬, 허브, 스위트, 카라멜, 미숫가루, 사과, 체리, 산딸기										
B	커피로드 인도네시아	7.75	7	7.75	7.5	8	8	7.25	53.25	0	83.25
	흙, 묵직한 바디, 열대우림, 칩, 페이퍼, 볶짐, 아렌슈가, 설탕, 아몬드, 다크초코										
C	커피로드 스페셜티 말	7	7.5	7.25	7.75	7	7	7.5	51	0	81
	파프리카, 흙, 볶짐, 초콜릿, 실키바디, 고주										
D	커피로드 인디아	6.5	6.5	6.25	6.75	7	6.75	7	46.75	0	76.75
	고무, 메디슨, 볶짐, 배기, 스트롱, 진득한 느낌, 타이어, 버섯										
E	커피로드 미디엄	7	7.5	7.75	7.25	7	7	7.5	51	0	81
	미디엄바디, 고소함, 초코, 카카오, 카라멜, 설탕,										
F	커피로드 스페셜티 모	8	8.5	8.25	7	7.5	7.5	8	54.75	0	84.75
	다크초코, 체리블로섬, 묵직한 바디, 베르가못, 레몬글라스, 스파이시, 포도										

● 커피로드 스위트

모닝

● 커피로드

인도네시아

● 커피로드 스페셜티

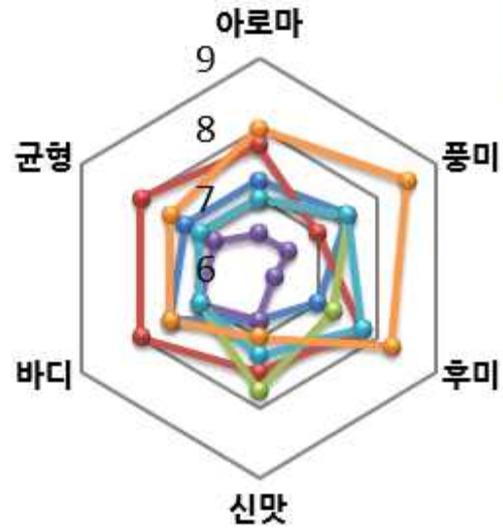
말라위

● 커피로드 인디아

● 커피로드 미디엄

● 커피로드 스페셜티

모카 마타리



이름	Sample	아로마	풍미	후미	신맛	바디	균형	Overall	Total	Defect	Final
A	커피로드 카리테스	7	6.5	6.75	7	6.5	6	6.75	46.5	0	76.5
스파이시, 레몬, 포도, 스파클링, 복숭아, 로즈,											
B	커피로드 디카페인 레	6.5	7.5	7	6.75	6.75	7.25	7.25	49	0	79
견과, 스파이시, 호두, 아몬드, 땅콩, 거친 견과의 느낌											
C	커피로드 스페셜티 시	8.75	8.5	8.5	8.75	8.25	8.5	8	59.25	0	89.25
복숭아, 은은한 산미, 땅콩, 베리, 카라멜											
D	커피로드 브라질	6	6.5	6.75	6.75	6	6.5	6.75	45.25	0	75.25
굿밸런스, 종이, 땅콩, 보리, 볶집, 설탕											
E	커피로드 엘살바도르	7.5	7	7	6.75	7	7.25	7.5	50	0	80
살구, 보리, 볶집, 설탕, 아몬드, 구수함											
F	커피로드 다카페인 풀	6.75	7	6.75	7	7.5	7.5	7.25	49.75	0	79.75
꽃향, 자스민, 플라워, 푸리지아, 산딸기											



[전문가 테스트 의견]

- 지난 회 차에 실시하였던 (주)천마하나로의 커피로드 캡슐커피 시음 및 평가 결과에 기초하여 보았을 때, 전반적인 제품의 퀄리티가 향상되었음을 알 수 있었음
- 특히, 많은 패널들이 지적하였던 짧은 후미, 캡슐커피로 내렸을 때 부족한 바디감의 문제는 상대적으로 보완되었고, 커피에서 스페셜 티 등급이라고 볼 수 있는 80점 이상의 캡슐커피는 총 28종 중 15종으로 전체적인 제품의 질적 향상을 위해 노력한 (주)천마하나로의 노력을 엿볼 수 있었음
- 가장 높은 점수를 획득한 제품은 '시크릿가든', 가장 낮은 점수를 받은 제품은 76.5점을 받은 '카리테스'로 확인되었고, '카리테스'의 경우 오래된 커피의 느낌을 가지고 있어 점수를 낮게 주었다는 평가가 지배적이었으며, '시크릿가든'은 스페셜 티 등급의 결점이 없는 생두를 로스팅 하여, 에티오피아 특유의 향미를 잘 살린 캡슐로 높은 평가를 받음
- 국내 캡슐커피시장은 아직 일반 커피 시장에 비하여 낮은 점유율을 획득하고 있으나, 다양한 제품군의 형성과 질적 향상은 외부 소비자의 유입을 가져와 시장의 확대와 다양한 소비패턴을 주도할 수 있는 잠재력을 가지고 있음
- (주)천마하나로의 커피로드 캡슐커피는 캡슐커피에 이중 캡을 처음 도입하였고, 다양한 종류의 커피를 소개하고 있기 때문에 이러한 시장을 주도적으로 이끌어낼 수 있는 가능성이 있다고 볼 수 있음



○ 기능성 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보

○ Easy Peel 성능 확보를 위한 lid 필름 다층구조 필름 구조 변경

- 기존의 문제점

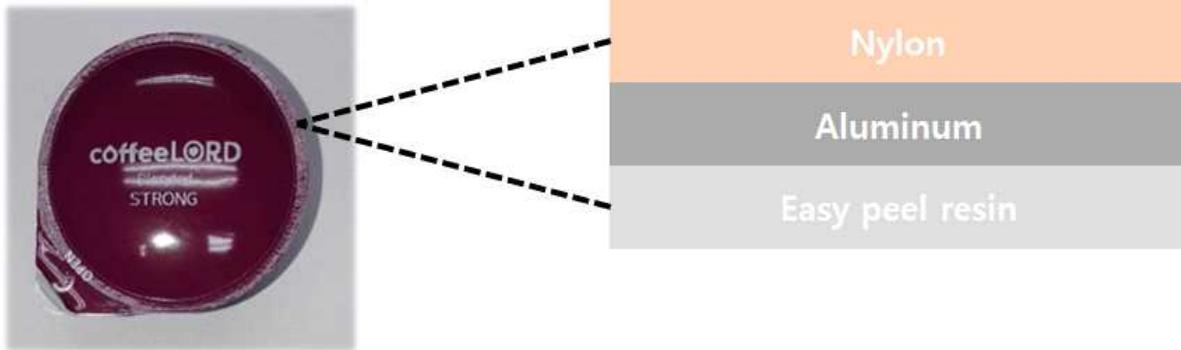


: 기존의 제품에서 캡슐커피 패키지의 개봉 시에 다층구조 필름 형태인 lid필름끼리 박리되는 현상이 발생됨에 따라 제품 개봉에 불편함이 유발됨

: 이러한 문제점으로 인해 다층구조를 변경하여 이러한 박리현상이 발생을 방지함에 따라

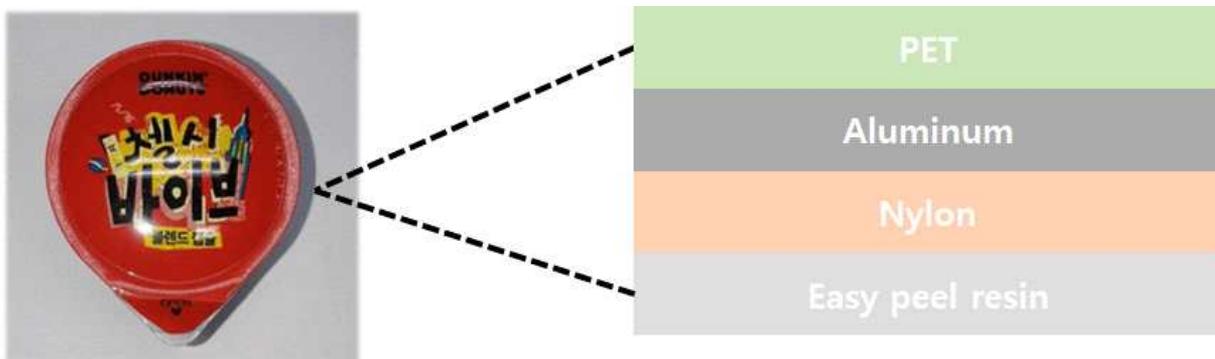
소비자가 제품 개봉에 불편함을 느끼지 않게 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계 변경에 따라 easy peel 기능성 구현을 목표로 함

- 기존 lid 필름의 다층구조 필름의 구조



: 기존의 다층구조의 lid 필름은 Nylon/aluminum/easy peel resin의 구조로 이뤄져있으며, lid 필름끼리의 박리현상은 nylon층과 aluminum층 사이에 발생하는 것으로 유추됨
 : 이에 따라 easy peel이 구현될 수 있게끔 새로운 구조의 다층필름 구현이 필요 됨

- 새로운 다층 구조의 lid 필름 설계

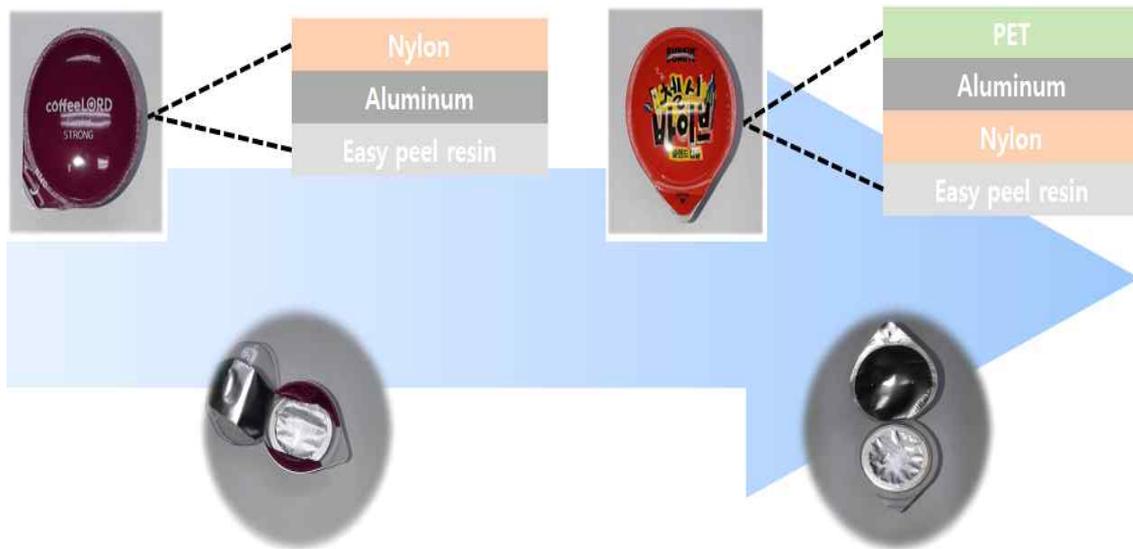


: 기존의 다층구조의 lid 필름과 달리 PET/aluminum/nylon/easy peel resin의 4층 구조를 이루는 구조로 설계하여 제조하였으며, lid 필름끼리의 박리현상이 발생되지 않게 하기 위해 lid필름끼리의 접착력을 높이기 위한 구조 설계를 함

- Easy peel 성능 평가

	30 % 개봉	100% 개봉
기존 패키지		
신규 패키지		

- : Lid 필름의 다층구조를 변경하여 패키지를 개봉한 결과 lid필름끼리 박리현상이 발생되지 않으며 기존의 제품과는 달리 비교적 easy peel이 구현되는 효과를 보임
- : 이러한 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계를 통해 easy peel 기능성이 구현됨을 본 실험을 통해 입증하였음



<패키징 엔지니어링 디자인 구조 변경을 통한 easy peel 기능성 구현>

□ 제1협동기관 - 한국생산기술연구원 패키징기술센터

■3차년도

(1) 연구개발 목표

- 유한요소 해석 기술을 이용한 패키징 컴파운드 소재 성능 최적화 연구
- 전과정 평가기술을 활용한 친환경 패키징 구조 설계 및 공정 확보
- 기능성 컴파운드 소재의 양산화 가공기술 확보
- 기능성 컴파운드 소재 응용분야 확대
- 관능검사(Sensory Analysis)를 통한 통계 정보와 최종 패키징 적용 커피 성분 (Key Component)의 변화 간의 상관관계 분석 비교

기능성 패키징 소재 개발
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 핵심성과 - 특허출원 1건, 등록 3건, SCI 논문 1건 (주관기관 협조) ◦ 전략성과 - 컴파운드 소재 산소차단성: < 0.005 cc·m/m²·day·atm - 컴파운드 소재 가스 흡착능: > 20 cc/g resin - 열성형 패키징 제품의 측면 두께 편차: < 10% - 패키징제품과 Lid 필름 간 Sealing 강도 : 기존 1.6 kgf 10% 향상

(2) 연구개발 내용

- 유한요소 해석 기술을 이용한 패키징 컴파운드 소재 성능 최적화 연구
 - 패키징 제품 구조 문제점 도출 및 설계 개선을 위한 물성평가
 - 유한요소 해석 기반 패키징 컴파운드 소재 및 용기 성능 평가
 - 개발기술 확대 적용을 위한 맞춤형 패키징 구조 설계 기술 확보

- 전과정 평가 기술을 활용한 친환경 패키징 구조 설계 및 공정 확보
 - 전과정 평가를 이용 기능성 컴파운드가 적용된 캡슐 커피 패키징의 공정별 및 소재별 환경 부어 최소화 연구
- 기능성 컴파운드 소재의 양산화 가공 기술 확보
 - 양산화 컴파운딩 제조 공정 변수 확립
 - 기능성 컴파운드 마스터배치의 유변학적 거동 분석을 통한 압출기 최적 조건 확보
- 기능성 컴파운드 소재 응용분야 확대
 - 차단성 및 가스흡착능이 요구되는 식품(스낵류, 햄류, 버터 등) 및 발효식품(김치류, 장류 등) 및 다양한 농수산 가공품(김, 견과류 등) 파악 및 기존 패키징 소재 분석/연구
 - 다양한 응용제품 별 패키징 요구 물성 파악 및 컴파운드 소재 적용을 통한 기존 패키징 개선 및 적용/분석
- 관능검사(Sensory Analysis)를 통한 통계 정보와 최종 패키징 적용 커피 성분 (Key Component)의 변화 간의 상관관계 분석 비교
 - 최종 개발 패키징의 보존 기간에 따른 커피 성분 (Key Component)의 변화 분석
 - 기체 크로마토그래피 분석 기술 적용 성분변화 분석을 통한 신선도 분석 및 기존 패키징 비교 분석

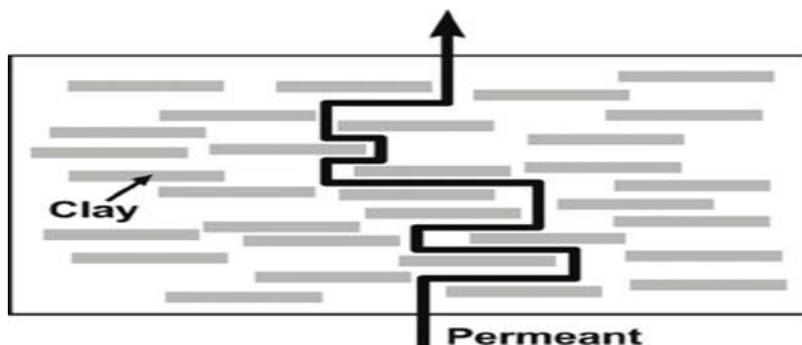
□ 제1협동기관 - 한국생산기술연구원 패키징기술센터

■3차년도

(1) 연구개발 결과

- 산소차단성을 가지는 컴파운드 복합소재 개발

- 실험 내용 소개 및 재료



<그림 1 실험 내용 개략도>

- 물리적 용융 가공을 이용하여 base resin에 산소차단성 소재인 나노클레이를 분산하여 필름 내부에 나노클레이에 의해 복잡한 구조의 경로를 형성시키게 되며 이로 인해 산소 차단성을 향상 시키는 재료 개발이 목표임

- 재료

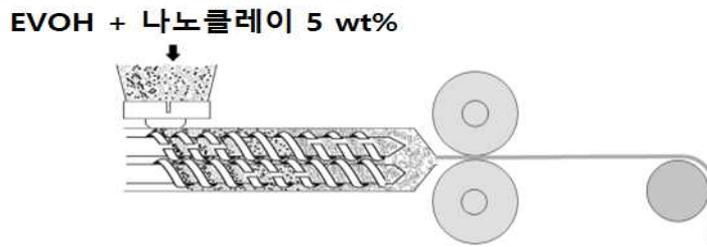
Base resin : Ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH)

- Grade : F171B, Kuraray (Japan)
- Melt index : 1.6 g/10min, 190°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 산소 차단성 소재용, 고기능성 포장 필름용

Filler : Nanoclay (나노클레이)

- Grade : Cloisite 20A, Southern Clay product Inc. (USA)
- Chemical composition: Natural MMT modified with a quaternary salt

○ 시제품 제작 도식도



<그림 2 시제품 제작 도식도>

- : Base resin인 EVOH에 나노클레이를 5 wt%의 함량으로 상온에서 핸드 블렌딩을 통해 섞어서 feeder에 feeding하여 별도의 residence time을 주지 않고 다이렉트로 펠릿 다이스를 통해 칩 형태로 압출하는 방식으로 실험을 진행하였음
- : 파우더 형태의 나노클레이가 직접적으로 feeding되기 때문에 압출기 내와 핸드 블렌딩 할 때 손실 되는 양이 있을 것이라 추측되었음

○ 분산 장비 결정

- : base resin에 filler를 높은 shear rate에서 분산시켜 chip (pellet) 형태로 압출해야 되기 때문에 compounder가 적합한 장비로 선정되었음



<그림 3 Brabender mixer (왼쪽)와 compounder (오른쪽)>

- 1차 년도에 산소차단성 실험 시 base resin과 nanoclay를 높은 전단력으로 분산시킨 실험 결과를 토대로 장비 선택을 하였음

○ EVOH/Nanoclay 컴파운드 복합소재의 가공 조건 및 조성

<표 1 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer matrix	Ethylene vinyl alcohol copolymer
Fillers	Nanoclay
분산 방법	물리적 분산 (용융혼합법)
가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	50 rpm
압출기 온도 (Temperature)	210 ~ 230 °C

- 펌프 속도는 50 rpm으로 선정하였으며 압출기 내에서 높은 전단력을 주기 위함이며, 1차년도 실험 결과 최적의 조건에 의거하여 선정하였음
- 압출기 온도는 210 ~ 230 °C로 선정하였으며, EVOH가 열분해가 일어나지 않는 온도로 선정하였음

○ EVOH/Nanoclay 컴파운드 복합소재의 시제품 사진



<그림 4 칩 (펠렛) 형태의 시제품 (좌), 필름 형태의 시제품 (우)>

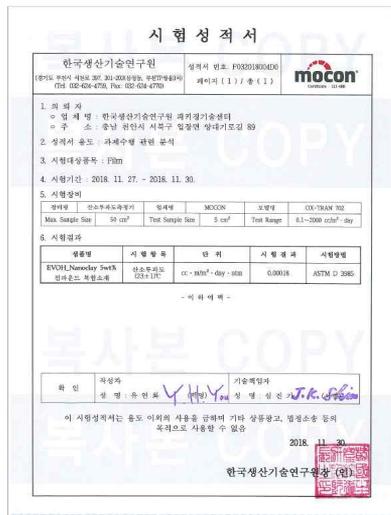
- 컴파운더 장비를 통해 칩 형태로 압출한 EVOH/nanoclay 5wt% 시제품을 컴프레션 몰딩 공정을 통해 필름 형태로 제조하였으며, 산소 차단성 분석을 위해 필름 형태의 시제품으로 제조하였음

○ EVOH/Nanoclay 컴파운드 복합소재의 산소투과도 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 OTR를 통해 분석했으며 23 °C, RH 0 % 하에서 5 cm²의 마스킹 처리 후 분석을 진행하였음

<표 2 EVOH/Nanoclay 컴파운드 복합소재의 산소투과도 분석 결과>

Sample code	O2 permeability (cc · m/m ² · day · atm)
EVOH/Nanoclay 5wt%	0.00018



<그림 5 산소 투과도 분석을 통해 발행된 컴파운드의 시험성적서>

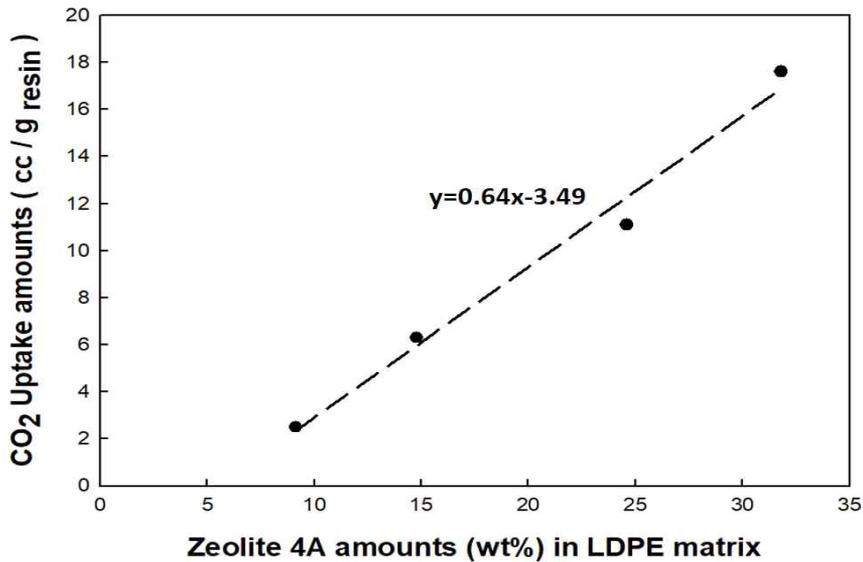
- 산소투과도 시험성적서를 통해 3차 년도 컴파운드의 차단성 정량적 목표인 0.005 cc · m/m² · day · atm의 값보다 낮은 높은 값을 보임을 확인함

○ 범용 수지 기반으로 이산화탄소 흡착능을 가지는 천연물 분산 기술을 이용한 필름 제조

○ 이산화탄소 흡착능 첨가제 선정

- 가스 (CO₂) 흡착 기능 천연물 소재 흡착능 실험

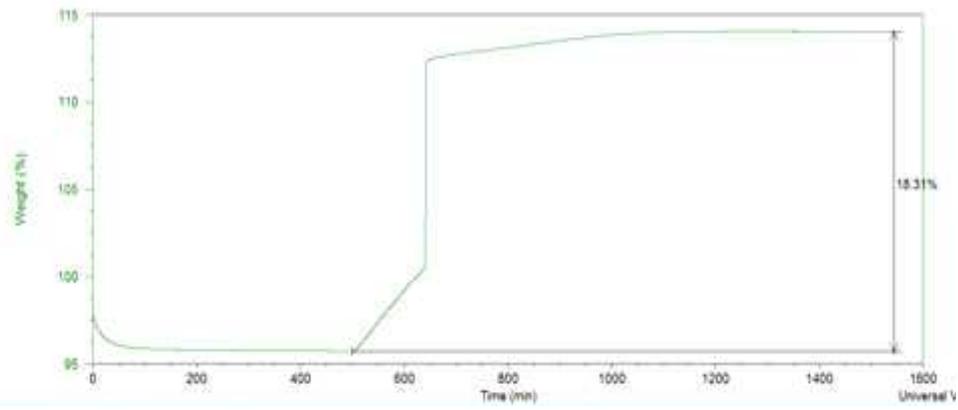
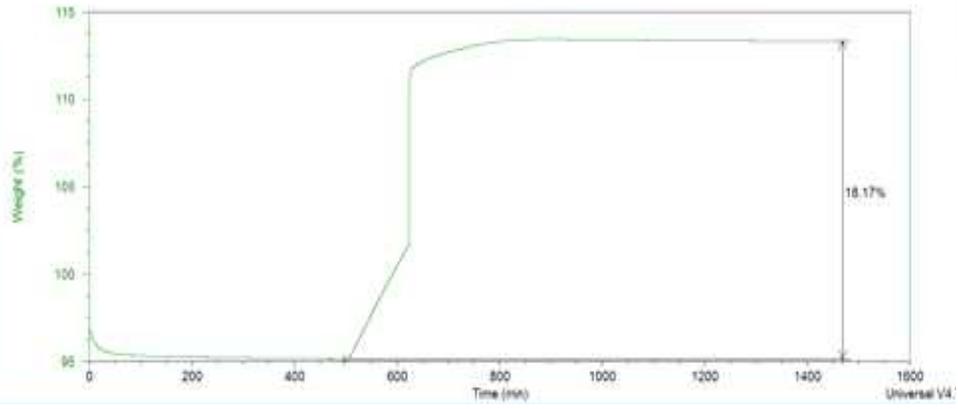
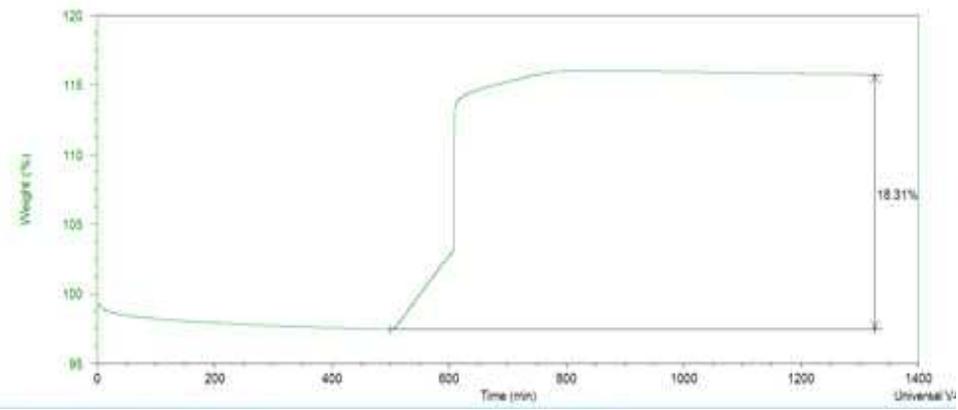
- : 1, 2차 년도에 가스 흡착 기능 천연물 선행 조사를 진행하였음
- : 기존 논문 조사를 통해 CO₂ 흡착능이 우수하다고 판별되는 흡착제 중 Zeolite 4A, Zeolite 5A, 그리고 Single-walled carbon nanotube의 흡착능을 TGA장비를 이용하여 분석
- : 실험 초반 500분 동안 120 °C에서 수분 제거 후 CO₂ 유입 시작하여 무게 변화가 평형에 이를 때까지 실험 진행
- : 각각 3회에 걸쳐 실험을 진행하였을 때, 23와 38 °C의 두 가지의 온도 범위에서 zeolite 4A가 가장 우수한 이산화탄소 흡착량을 보였으며 이를 2차 년도에 적용시켜 복합소재를 제조하였음



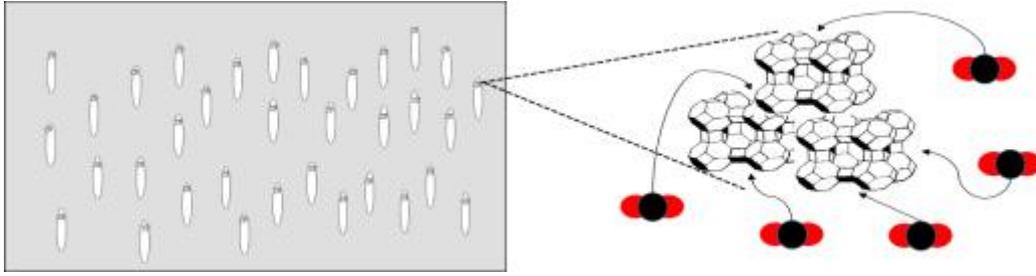
<그림 6 zeolite 4A 함량에 따른 이산화탄소 흡착성능 및 예상치>

- : 하지만 이산화탄소 흡착능의 3차 년도 정량적 목표인 20 cc/gresin 을 충족하기 위해서는 이론상 약 36.70 wt%의 zeolite 4A가 LDPE matix에 분산되어야 함
- : 2차 년도 실험 내용을 토대로 압출기에 feeding 시 loss를 감안하여 50wt% 이상의 zeolite 4A를 투입하여야 하는데 이 때, 균일한 시제품 생산이 불가능하며 또한 심각한 기계적 물성 하락을 야기할 수 있음
- : 이를 통해 새로운 소재의 개선점이 필요하며 zeolite 4A 보다 우수한 성능의 이산화탄소 흡착능을 가지는 소재를 모색함
- : 기존 선행 연구를 통해 zeolite 4A보다 비표면적이 넓으며, 기공 사이즈가 커 이산화탄소 흡착이 가능한 면적이 상대적으로 넓은 13X를 대안 물질로 선정하였으며, TGA를 통한 이산화탄소 흡착량 분석결과 18.26 ± 0.09 % at 30 °C의 무게변화율을 보였으며 zeolite 4A 보다 높은 증가율을 보였음

<표 3 zeolite 13X의 이산화탄소 흡착량 데이터>

Sample code	TGA curve
13X_1	 <p>The TGA curve for sample 13X_1 shows a weight percentage of 100% at 0 minutes. It drops to approximately 96% by 100 minutes and remains stable until 500 minutes. Between 500 and 650 minutes, the weight increases linearly to about 110%. From 650 to 1500 minutes, the weight continues to rise and plateaus at 118.31%.</p>
13X_2	 <p>The TGA curve for sample 13X_2 shows a weight percentage of 100% at 0 minutes. It drops to approximately 96% by 100 minutes and remains stable until 500 minutes. Between 500 and 650 minutes, the weight increases linearly to about 110%. From 650 to 1500 minutes, the weight continues to rise and plateaus at 118.17%.</p>
13X_3	 <p>The TGA curve for sample 13X_3 shows a weight percentage of 100% at 0 minutes. It drops to approximately 98% by 100 minutes and remains stable until 500 minutes. Between 500 and 650 minutes, the weight increases linearly to about 110%. From 650 to 1400 minutes, the weight continues to rise and plateaus at 118.31%.</p>

○ 실험 내용 소개 및 재료



<그림 7 실험 내용 개략도>

- 물리적 용융 가공을 이용하여 base resin에 이산화탄소 흡착성능을 가지는 zeolite 13X를 분산하여 필름 표면에 있는 이산화탄소 흡착성능을 가지는 소재에 이산화탄소가 흡착할 수 있는 필름 제조가 목표임

- 재료

Base resin : Low density Polyethylene (LDPE)

- Grade : BS500, LG chemical (korea)
- Melt index : 3.3 g/10min, 190°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 일반 공업용 포장필름, 무가교 발포용

Base resin : Polypropylene (PP)

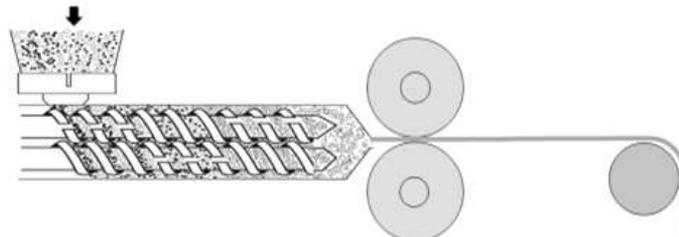
- Grade : EP300H, 폴리미래 (korea)
- Melt index : 2.0 g/10min, 230°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 사출 및 열 성형 시트용

Filler : Zeolite 13X

- Grade : 13X, Sigma Aldrich (USA)
- Chemical composition: $Na_{12}[(AlO_2) \cdot (SiO_2)]_{12} \cdot 27H_2O$ (Sodium Aluminium Silicate)
- Average particle size: ~ 2.0 μm
- Weight change by CO₂ adsorption : 18.26 ± 0.09 % at 30 °C

○ 시제품 제작 도식도

Polymer matrix + zeolite 13X



<그림 8 시제품 제작 도식도>

- : Base resin과 filler를 각각의 함량별로 상온에서 핸드 블렌딩을 통해 섞어서 feeder에 feeding하여 다이렉트로 필름 다이스를 통해 필름 형태로 압출하는 방식으로 실험을 진행하였음

: 파우더 형태의 zeolite 13X가 직접적으로 feeding되기 때문에 압출기 나와 핸드 블렌딩 할 때 손실 되는 양이 있을 것이라 추측되었음

○ 분산 장비 결정

: base resin에 filler를 높은 shear rate에서 분산시켜 film 형태로 압출해야 되기 때문에 compounder가 적합한 장비로 선정되었음



<그림 9 Brabender mixer (왼쪽)와 compounder (오른쪽)>

- 1차 년도에 산소차단성 실험 시 base resin과 zeolite 13X를 높은 전단력으로 분산시킨 실험 결과를 토대로 장비 선택을 하였음

○ LDPE 및 PP/zeolite 13XA composite film의 가공 조건 및 조성

<표 4 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer matrix	Low density polyethylene Polypropylene
Fillers	Zeolite 13X
분산 방법	물리적 분산 (용융혼합법)
가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	25 rpm
압출기 온도 (Temperature)	190 ~ 210 °C
권취속도 (take off rolled speed)	0.8 m/min

- 펌프 속도는 25 rpm으로 선정하였으며 film dies에서 film이 압출 될 때에 작은 압출구로 인해 압출기 내에 높은 압력이 발생함으로써 사전 실험을 통해 최적의 스크류 속도를 선정함

- 권취 속도 또한 높은 함량의 복합 필름을 압출할 때의 낮은 압출량을 대비해서 느린 속도로 권취 하였음

<표 5 LDPE 및 PP/zeolite 13X composite film의 조성>

Sample code	Polymer matrix (wt%)	Zeolite 13X (wt%)
LX40	60	40
PX40	60	40

- zeolite 13X의 조성은 40 wt%의 조성으로 고정하여 제조하였으며, 20 cc/g resin 이라는 높은 수치의 이산화탄소를 흡착하기 위해 고 함량으로 제조하였음
- resin에 비해 많은 양의 파우더가 feeding되다 보니 feeding이 원활하게 이루어지지 않았음

○ LDPE 및 PP/zeolite 13X composite film의 TGA 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 TGA를 통해 분석했으며 분당 10 °C씩 승온시켜 600 °C 까지 측정하였으며, 시제품 필름 내에 실제로 잔존하고 있는 zeolite 13X의 값을 확인하기 위한 분석

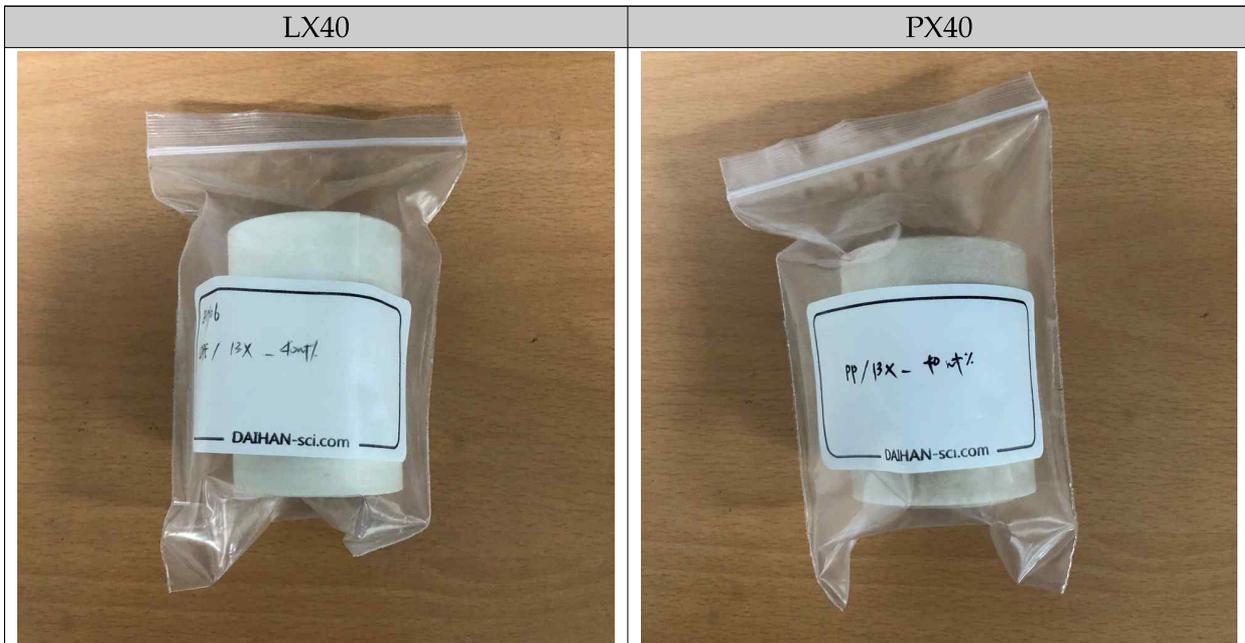
<표 6 LDPE 및 PP/zeolite 13X composite film의 TGA결과>

Sample code	Residue amounts at 550 °C (wt%)
LX40	39.26
PX40	36.66

- 실제로 feeding된 filler의 양에 비해 실제로 필름 내에 550°C의 조건에서 잔존하는 양이 0.74 ~ 3.34 wt%의 손실이 생겼으며 2차 년도의 zeolite 4A 보다 손실률이 적게 분석되었음
- 이러한 손실률은 다양한 원인이 있을 수 있으며 핸드 블렌딩 해서 feeding할 때의 손실률 및 압출기 내에서 손실하였을 가능성도 있으며, zeolite 13X가 많은 양의 수분을 머금고 있어서 실제의 무기물 양과 차이가 있을 수 있음
- 이산화탄소 흡착능은 이 순수 무기물의 양에 기인할 것으로 예상되며 무기물의 양이 많을수록 이산화탄소의 흡착량이 많아 질 것이라 예상됨

○ LDPE 및 PP/zeolite 13X composite film의 시제품

<표 7 LDPE 및 PP/zeolite 13X composite film의 시제품 사진>



- 과량의 zeolite 13X가 polymer matrix에 포함됨에 따라 표면이 거칠고 매트한 특성이 관찰되었지만 두께와 폭이 일정하게 생산됨을 확인함

○ LDPE/zeolite 4A composite film의 이산화탄소 흡착량 분석

- 이산화탄소 흡착량 측정 (TGA)

: 패키징기술센터가 보유한 TGA장비를 통해 분석했으며 질소 하에서 75 °C의 온도로 승온시켜 film에 잔존하는 수분을 2000 min 동안 건조한 후 온도를 30 °C로 낮추고 furnace내에 유입되는 기체를 이산화탄소로 변경하여 증가하는 중량 비를 통해 시료에 이산화탄소가 흡착하는 정도를 측정

: 이산화탄소 흡착량의 이론적 계산

컴파운드 가스(이산화탄소) 흡착능 3차 년도 개발 목표치 : 20 cc/g resin

Resin 1 g에 20 cc의 이산화탄소가 흡착해야 됴을 의미

→ 1000 mg 당 20 cc → 1 mg 당 0.020 cc

이산화탄소 밀도 (1 atm, 30 °C): 1.78 kg/m³

이산화탄소 1,000,000 cc = 1780 g

1 cc = 0.00178g = 1.78 mg

- 샘플이 2000 min 동안 건조된 후의 초기 무게를 A로 두고, 이산화탄소 흡착한 후의 시료의 무게를 B로 두어서 무게 증가량을 구한 후 이산화탄소 1 atm, 30 °C에서의 밀도의 값으로 나눠 이산화탄소 흡착능을 계산해야 할 필요가 있음

- TGA측정 시 composite film의 무게변화를 측정하기 때문에 정량적 목표의 단위를 만족하기 위해서는 간접적으로 변환해야 할 필요성이 있음

<표 8 LDPE/zeolite 4A composite film의 이산화탄소 흡착량 데이터>

Sample code	TGA curve
LX40	
PX40	

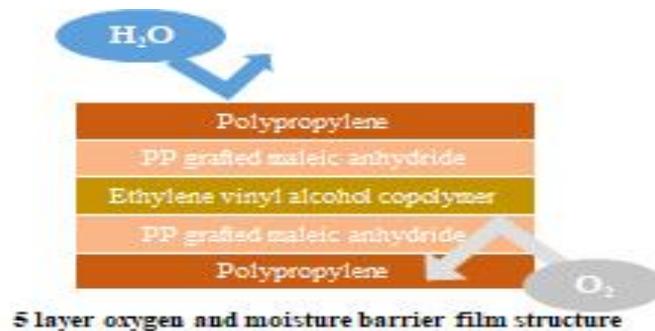
<표 9 LDPE/zeolite 4A composite film의 이산화탄소 흡착량 정량적 데이터>

Sample code	이산화탄소 흡착량 (cc/g resin)
LX40	33.75
PX40	8.58

- 표8에서 보는 바와 같이 동일한 zeolite 13X의 함량에서 base resin의 종류에 따라 이산화탄소 흡착량 성능이 큰 차이를 나타내는 것을 확인함
- LDPE의 경우에는 2차 년도와 마찬가지로 zeolite 13X의 함량이 증가함에 따라 크게 증가하였으며, zeolite 4A 40wt%를 포함하는 복합소재보다 큰 성능을 보임을 확인했음
- PX40의 경우에 base resin이 PP로써 LDPE보다 결정화도가 크며, 이로 인해 고분자 사슬 내에 결정성영역이 크게 차지하고 있어 LDPE에 비해 상대적으로 필름 내부에 이산화탄소가 침투하기 어려움에 따라 이러한 흡착능의 차이가 발생된다고 유추 할 수 있음
- 3차 년도 정량적 개발 목표치인 20 cc/g resin을 LX40의 시료가 33.75 cc/g resin으로서 목표치에 달성함을 확인하였으며, 필름 가공성 향상시킬 수 있는 방안을 연구할 예정임

○ 산소차단성을 가지는 다층구조 시트 개발

○ 실험 내용 소개 및 재료



<그림 10 산소 및 수분 차단성이 우수한 다층구조 시트 구조>

- 기본적으로 수분 및 산소 차단성을 위하여 PP와 앞에서 개발한 EVOH/nanoclay 5wt% 컴파운드 복합소재를 사용하였으며, 비극성 고분자인 PP와 극성 고분자인 EVOH 사이에 계면 접착력이 없어서 층 분리 및 박리 현상이 발생하는데, 이를 방지하기 위해 Tie resin인 PP-g-MA를 이용하여 PP와 EVOH 사이에 접착 층을 형성 시켰음
- 멀티플라이어를 포함한 나노레이어 라인 장비로 총 9층의 구조를 가지며 2층의 EVOH를 가지는 다층 필름 시제품 제조

- 재료

Polypropylene (PP)

- Grade : EP300H, 폴리미래 (korea)
- Melt index : 2.0 g/10min, 230°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 사출 및 열 성형 시트용

Ethylene vinyl alcohol copolymer (EVOH)

- Grade : F171B, Kuraray (Japan)
- Melt index : 1.6 g/10min, 190°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 산소 차단성 소재용, 고기능성 포장 필름용

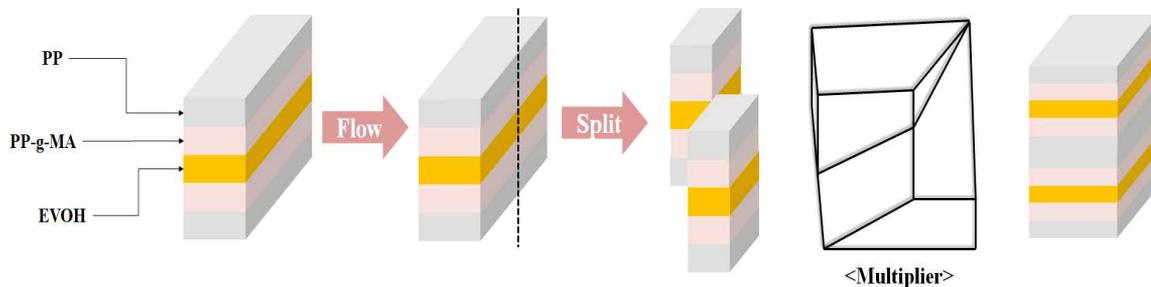
Nanoclay (나노클레이)

- Grade : Cloisite 20A, Southern Clay product Inc. (USA)
- Chemical composition: Natural MMT modified with a quaternary salt

Polypropylene grafted maleic anhydride (PP-g-MA)

- Grade : QB510T, Mitsui chemical (Japan)
- Melt index : 3.0 g/10min, 230°C, 2.16kg, ASTM D1238
- 접착용 수지

○ 시제품 제작 도식도



<그림 11 다층구조 시트 제조 개략도 (상), 다층구조 시트 제조 장비 (하)>

- 멀티플라이어를 포함한 나노레이어 라인 장비로 총 9층의 구조를 가지며 2층의 EVOH 를 가지는 다층 필름 시제품 제조

○ 다층구조 시트의 가공 조건 및 조성

<표 10 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer	Polypropylene Polypropylene grafted maleic anhydride EVOH/nanoclay 5wt% composite
가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	10 ~ 20 rpm
압출기 온도 (Temperature)	190 ~ 210 °C
피드 블록 온도 (Temperature)	210 °C

- Core 층에 형성되는 산소차단성 수지인 EVOH/nanoclay 5wt%의 두께 조절을 위해 EVOH/nanoclay 5wt% 복합소재가 들어가는 압출기의 펌프를 10, 15, 20 rpm으로 조절하여 총 3가지의 시제품을 제작함

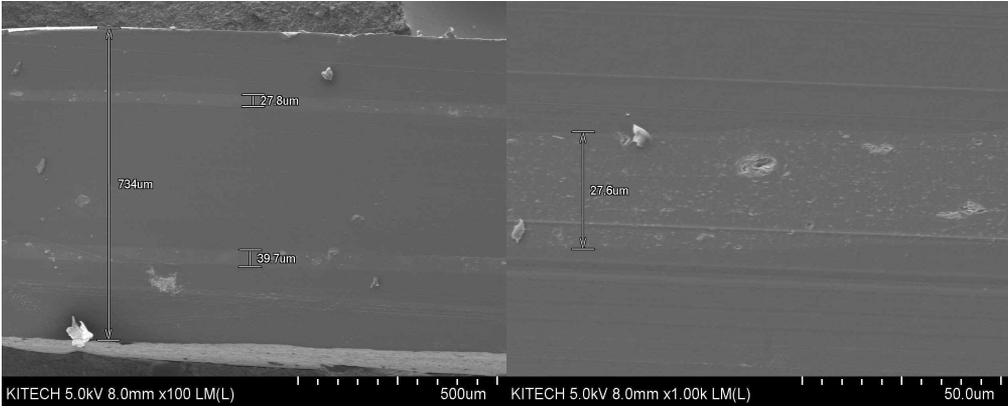
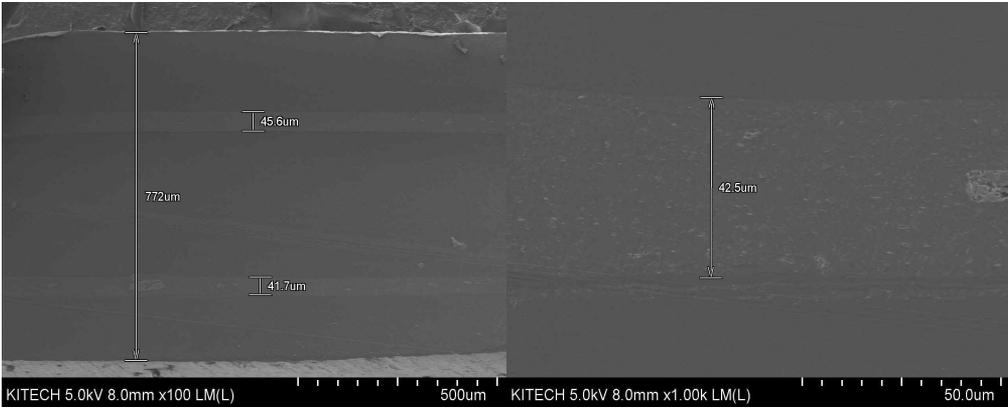
○ 다층구조 시트의 시제품 사진

<표 11 다층구조 시트의 시제품 사진>

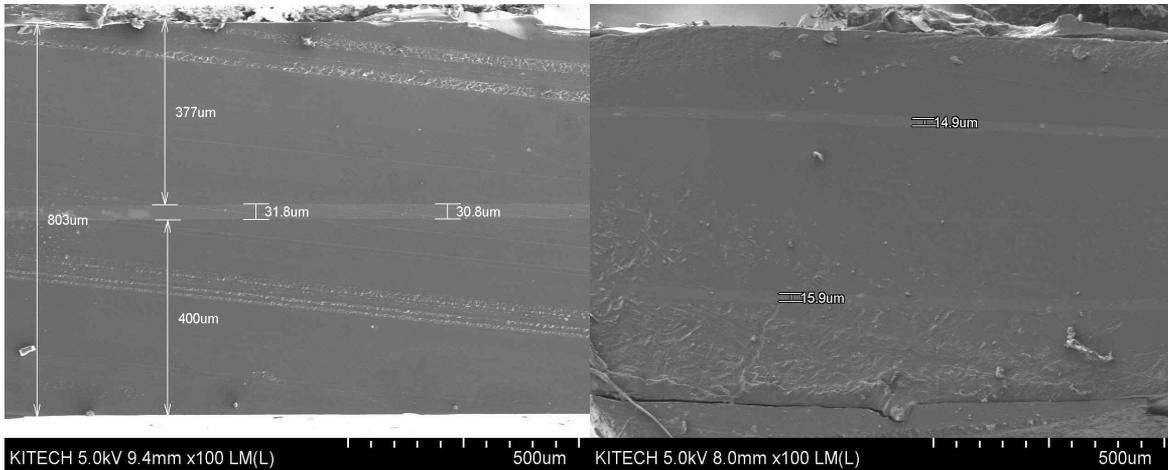
10 rpm	15 rpm
20 rpm	<ul style="list-style-type: none"> - 다층구조 시트의 시제품 사진 관찰 결과 나노클레이로 인해 시트 색상이 향토색으로 생산됨을 확인할 수 있었으며, 컴파운드가 형성된 산소차단층의 두께가 두꺼울 수록 짙은 향토색으로 구현됨을 확인함

○ 다층구조 시트의 SEM 사진

<표 12 다층구조 시트의 SEM결과 사진>

Sample code	SEM image
10 rpm	
15 rpm	
20 rpm	

- 패키징기술센터의 보유 장비인 FE-SEM 장비를 이용하여, 시트의 측면을 울트라 마이크 로톱 장비를 이용하여 측면을 액체질소 하에서 다이아몬드 칼을 통해 절단한 후 절단시킨 면에 Pt/Pd 합금을 코팅시켜 관찰하였음
- 다층구조 시트의 SEM 분석 결과 core 층의 압출기의 스크류 속도를 증가 시킬수록 core 층의 두께가 증가하는 것을 확인했음
- Core layer를 형성하는 압출기의 스크류 속도가 10 rpm일 때는 산소 차단 층의 두께가 각각 약 15 μm , 15 rpm일 때는 약 25 μm 이며 20 rpm일 때에는 약 40 μm 의 두께로 형성됨을 SEM 결과 분석을 통해 확인하였음
- 또한 산소차단성 수지 층인 EVOH/nanoclay 5wt% 컴파운드 복합소재에 나노클레이가 분산되어 있는 것 또한 확인하였으며, 복합소재 제조 시에 별도의 residence time을 주지 않아 클레이에 약간의 뭉침 현상이 발생함을 확인하였음



<그림 12 다층구조 시트 SEM 사진; (좌) 기존에 사용 중인 시트, (우) 기 개발한 컴파운드를 이용한 다층구조 시트 (10 rpm)>

- 기존에 (주)천마하나로에서 캡슐커피패키지로 사용중인 캡슐을 만들기 위한 시트 원단의 총 두께는 800 μm 이며, 본 연구에서도 시트의 총 두께를 800 μm 로 맞추기 위해 가공 조건을 설정하였는데 그 결과 약 800 μm 에 가까운 시트를 생산했음을 SEM 분석 결과를 통해 확인함
- 현재 사용 중인 캡슐 커피 용기의 열 성형 전 시트와 비교했을 때, 기존에 사용 중인 시트는 약 30 μm 두께의 산소 차단 층 한 층이 형성되어 있는 반면에 기 개발한 다층구조 시트의 경우에는 멀티플라잉 공정을 이용하여 약 15 μm 의 두 층이 형성되어 있음을 확인할 수 있음
- 이러한 효과로 인해 전체 차지하는 산소차단성 재료의 두께가 같아 원가적인 측면에서는 차이가 없지만 산소차단성 효과에서는 큰 차이를 보일 수 있으며, 총 두께가 같은 산소 차단 층의 개수의 증가에 따라 산소차단성이 증가한다는 것을 선행연구를 통해 확인하였고 이를 통해 본 연구에서 개발한 컴파운드를 이용한 다층구조 시트의 산소차단성이 더 우수할 것이라고 추측됨

○ 다층구조 시트의 산소투과도 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 OTR를 통해 분석했으며 23 °C, RH 0 % 하에서 5 cm²의 마스킹 처리 후 분석을 진행하였음

<표 13 EVOH/Nanoclay 컴파운드 복합소재의 산소투과도 분석 결과>

Sample code	O ₂ permeability (cc · m/m ² · day · atm)	
	10 rpm	0.000024
15 rpm	0.000008 이하	0.000008 이하
20 rpm	0.000016	0.000008 이하

시험성적서

한국생산기술연구원 <small>(경기도 수원시 석천로 297, 301-2006(수원동, 수원ID:영웅359) (Tel: 032-624-4759, Fax: 032-624-4770)</small>	성적서 번호: F032018004D1 페이지 (1) / 총 (1)	
--	---	---

1. 의뢰자
 ○ 업체명: 한국생산기술연구원 패키징기술센터
 ○ 주소: 충남 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89

2. 성적서 용도: 과제수행 관련 분석

3. 시험대상품목: Sheet

4. 시험기간: 2018. 10. 05. - 2018. 10. 10.

5. 시험장비

장비명	산소투과도측정기	업체명	MOCON	모델명	OX-TRAN 7/2
Max. Sample Size	50 cm ²	Test Sample Size	50 cm ²	Test Range	0.01~200 cc/m ² · day

6. 시험결과

제품명	시험항목	단위	시험결과		시험항목
			test 1	test 2	
10 rpm	산소투과도 (23±1)°C	cc·m/m ² ·day·atm	0.000024	0.000016	ASTM D 3985
15 rpm	산소투과도 (23±1)°C	cc·m/m ² ·day·atm	0.000008 이하	0.000008 이하	ASTM D 3985
20 rpm	산소투과도 (23±1)°C	cc·m/m ² ·day·atm	0.000016	0.000008 이하	ASTM D 3985

- 이의이백 -

확인 작성자: 유연희 (인)	기술책임자 성명: 실진기 (인)
--------------------	----------------------

이 시험성적서는 용도 이외의 사용을 금하며 기타 상품광고, 범청소송 등의 목적으로 사용할 수 없음

2018. 11. 30

한국생산기술연구원장 (인)

<그림 13 산소 투과도 분석을 통해 발행된 다층구조 시트의 시험성적서>

- 산소투과도 시험성적서를 통해 3차 년도 컴파운드의 차단성 정량적 목표인 0.005 cc · m/m² · day · atm의 값보다 낮은 높은 값을 보임을 확인함

○ Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가/분석

○ Sealing 강도 분석을 위한 조건 설정 및 시제품 제작

- 캡슐커피의 포장 시에 캡슐커피 패키지의 캡슐 부분과 리드필름이 열접착 공정에 의해 부착이 되는데 이렇게 생산된 패키지의 열접착 강도 분석을 위한 작업임
- 캡슐과 리드필름이 열접착의 강도로 인해 커피의 신선도를 유지할 수 있으며, 또 너무 강할 시에는 소비자가 커피를 개봉하는데 불편함을 겪을 수 있음
- 그러므로 커피의 신선도 유지와 소비자의 편의성을 위해 적절한 열접착 강도가 캡슐커피 패키지에 요구되는 바임
- 이러한 이유로 easy peel 성능 확보를 위한 sealing 강도를 평가 및 분석함

<표 14 Sealing 강도 분석을 위한 조건 설정>

Sample code	온도 (°C)	압력 (MPa)	시간 (s)
Controlled package_1	143	0.6	1.8
Controlled package_2	143	0.6	1.5
Controlled package_3	143	0.6	1.3
Controlled package_4	143	0.5	1.8
Controlled package_5	135~139	0.4	2.4

- 캡슐커피패키지의 캡슐과 리드 필름을 열 접착할 때의 가공조건 (온도, 압력, 시간) 을 조절하여 총 5개의 시제품을 제작함
- 분석에 용이하도록 패키지 내에 커피는 넣지 않은 상태로 lid필름과 캡슐만 이용하여 시제품을 제작함
- 세 가지의 가공조건 (온도, 압력, 시간)중 컨트롤하기에 까다로운 조건인 온도를 제외하고 압력과 시간을 각각 0.1 MPa, 0.3 ~ 0.5 s를 감소시켜 시제품을 제조하였으며 추가적으로 새로운 종류의 리드필름을 위한 조건을 설정하여 하나의 시료를 추가 제조하여 분석함

○ Sealing 강도 분석/시험을 위한 시제품 사진

<표 15 Sealing 강도 분석을 위한 시제품>

Controlled package_1	Controlled package_2
	
Controlled package_3	Controlled package_4
	
Controlled package_5	<p>- 표 26에서 설정한 조건을 토대로 총 5개의 시제품을 제작함</p>
	

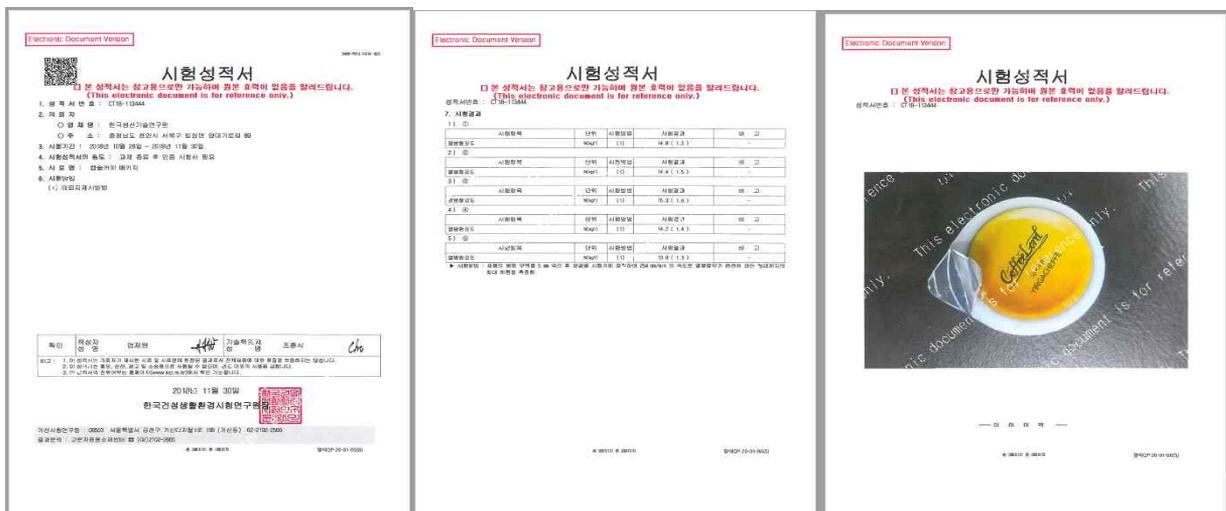
○ 열접착 강도 분석/시험

- 열접착 강도 평가/분석을 위해 한국건설생활환경시험연구원에 의뢰하여 분석을 진행하였으며 한국건설생활환경시험연구원의 보유 장비인 UTM을 통해 열접착 강도 시험 방법에 따라 Test speed (254 mm (10 in.)/min)를 설정 후 Sealing 강도 분석을 진행했으며 가공 조건에 따른 강도 비교를 위한 분석을 진행함

<표 16 Sealing 강도 자체 평가 및 분석>

Sample code (온도 / 압력 / 시간)	Maximum Load (N, (kgf))
Controlled package_1	14.8 (1.5)
Controlled package_2	14.4 (1.5)
Controlled package_3	15.3 (1.6)
Controlled package_4	14.2 (1.4)
Controlled package_5	13.0 (1.3)

- 시제품 당 5개씩의 시편을 측정하였으며, load의 최대값의 평균과 표준편차를 이용하여 데이터 분석을 함
- 5가지 샘플이 1.3 ~ 1.5 kgf로 측정되었으며, 가공조건에 따라 0.3 kgf의 차이를 보였음을 확인할 수 있었음
- 3차 년도 정량적 개발 목표치인 1.6 kgf 이하로 달성하였으며, 새로운 종류의 lid 필름도 마찬가지로 easy peel이 구현됨을 본 분석을 통해 확인하였음



<그림 14 열봉합강도 분석을 통해 발행된 캡슐커피패키지의 시험성적서>

- 열봉합강도도 시험성적서를 통해 3차 년도 lid 필름 씰링강도 정량적 목표인 1.6 kgf의 값보다 낮은 높은 값을 보임을 확인함

○ 생분해성 고분자를 이용한 산소 고차단성 필름 제조

○ 실험 내용 소개 및 재료

- 생분해성 고분자인 polylactic acid (PLA)에 바이오매스 기반의 산소차단성이 우수하다고 알려진 cellulose nanofiber (CNF)를 분산시키기 위한 실험
- PLA에 연성이 낮아 rubbery polymer와 블렌딩을 하거나 가소제를 통해 가소화 시키지 않을 경우 깨지기 쉬워서 필름 형태로 가공이 불가능함
- 이러한 이유로 가소제를 이용하여 CNF를 분산하여 CNF의 분산성과 동시에 PLA의 연성 부여를 하기 위해 본 실험을 진행함
- CNF의 분산성 분석을 위해 가소제를 사용하지 않은 샘플군 (N-PLA/CNF) 과 가소제를 사용하여 CNF를 분산시킨 샘플군 (P-PLA/CNF) 을 제조하여 비교 분석하는 실험을 진행함

- 재료

Base resin : Polylactic acid (PLA)

- Grade : Ingeo Biopolymer 2003D, NatureWorks (USA)
- Melt index : 6.0 g/10min, 210°C, 2.16 kg ASTM D1238

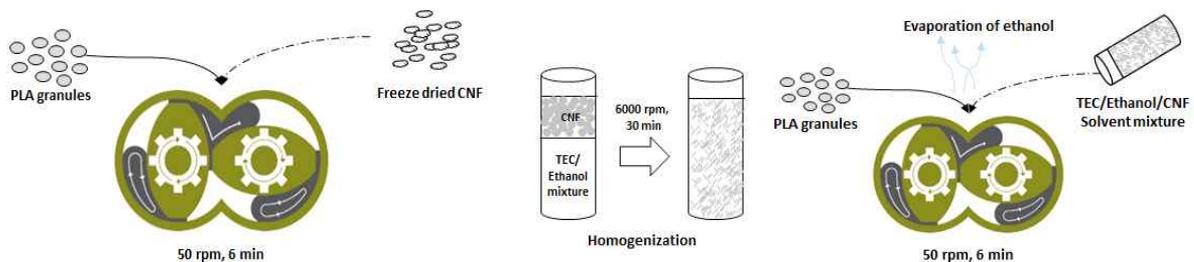
Filler : Cellulose nanofiber (CNF)

- Density : 1.5 g/cm³, dry powder
- Fiber dimension : nominal fiber width of 50 nm, lengths up to several hundred microns

Plasticizer : Triethyl citrate (TEC)

- Sigma Aldrich (USA)
- Density: 1.14 g/ml at 25 °C
- Boiling point : 235 °C

○ 시제품 제작 도식도



<그림 15 시제품 제작 도식도, 좌: N-PLA/CNF, 우: P-PLA/CNF>

- N-PLA/CNF과 P-PLA/CNF는 brabender internal mixer를 통해 가공을 함
- P-PLA/CNF는 CNF를 TEC/ethanol 용매에 homogenizer를 이용하여 선 분산 시키고 feeding함
- TPS와 plasticized BVOH를 블렌드하여 미니사출성형을 통해 dogbone type과 disk type 으로 시편을 제조하고, 필름 성형은 compression molding을 통해 제작함

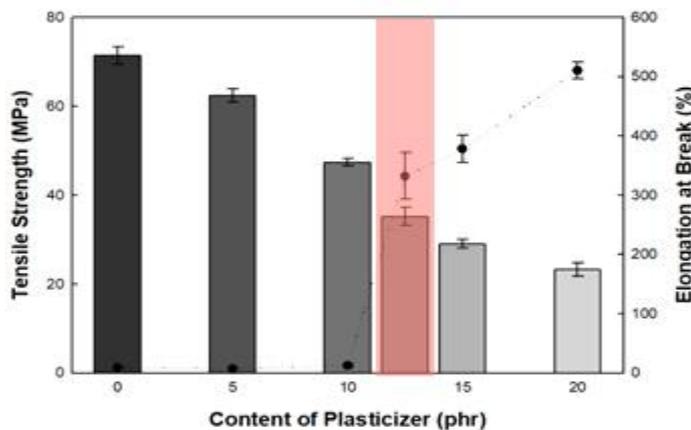
○ PLA/CNF 복합소재의 가공 조건 및 조성

- 가공조건

<표 17 연구 방법 및 가공 조건 변수 정리>

항목	내용
Polymer	Polylactic acid
분산 방법	물리적 분산 (용융혼합법)
Internal mixer 가공 조건 변수	
펌프 속도 (rpm)	50 rpm
믹서 온도 (Temperature)	180 °C
혼합 시간 (min)	6 min
Homogenizer 가공 조건 변수	
Tip 속도 (rpm)	6000 rpm
혼합 시간 (min)	30 min

- 믹서 온도는 PLA와 CNF가 열 분해되지 않고 균일하게 섞일 수 있는 온도로 설정하였으며, PLA를 믹서 내에서 먼저 녹이고 CNF를 feeding하는 시간을 1 min으로 설정하고 두 물질을 오롯이 섞는 시간을 5 min으로 설정하여 실험을 진행함
- CNF가 TEC/ethanol 용매에 균일하게 섞이게끔 높은 tip 속도를 설정하여 선 분산을 시킴
- TEC 함량 선정



<그림 16가소제 함량에 따른 PLA의 기계적 물성 변화>

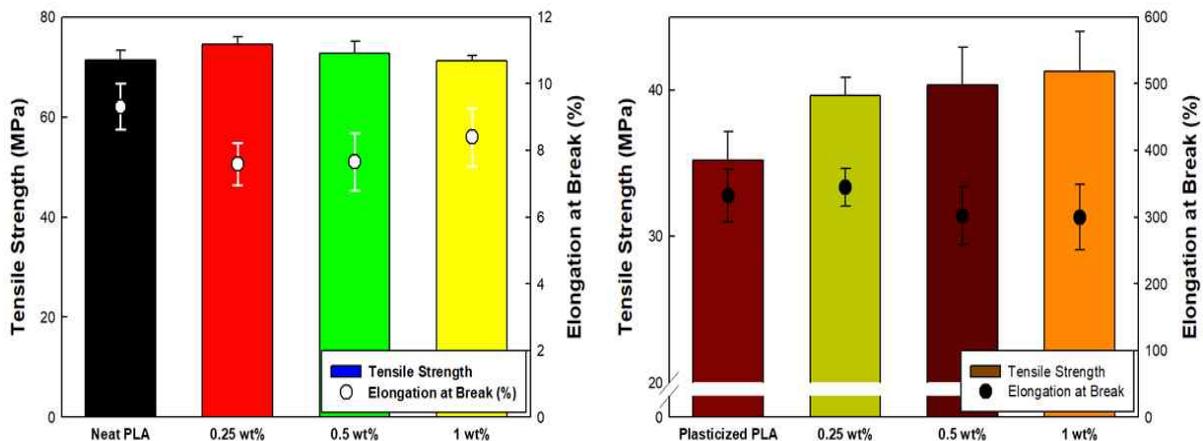
- 사전 실험을 통해 PLA에 5 ~ 20 phr의 TEC를 가해 plasticized PLA를 제조하였으며 패키징 분야에 사용할 수 있는 최적의 물성은 12.5 phr의 TEC로 선정하였음
- PLA에 12.5 phr의 TEC를 가하였을 때, Neat PLA보다 인장강도는 50.7% 감소하고, 연신율은 3470% 증가함을 UTM분석을 통해 확인하였음

- 조성

- N-PLA/CNF의 경우에는 동결 건조된 CNF를 투입하여 제조하고, P-PLA/CNF의 경우에는 CNF를 TEC 12.5 phr와 충분히 적셔질 만큼의 ethanol를 넣은 용매에 CNF를 선 분산한 CNF 용액을 투입하여 제조하였으며 각각 0.25, 0.5 1 wt%의 CNF를 넣어 복합소재 샘플을 제조하였음
- PLA의 열분해를 방지하고자 페놀계 1차 산화방지제를 0.2 phr씩 투입하여 제조하였음

○ PLA/CNF 복합소재의 인장강도 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 UTM을 통해 ASTM D638을 따라 미니사출 시편 사이즈에 대해 Test speed (10 mm/min)를 설정 후 측정했으며 각각의 함량에 따라 변하는 기계적 물성 값 비교를 위한 분석

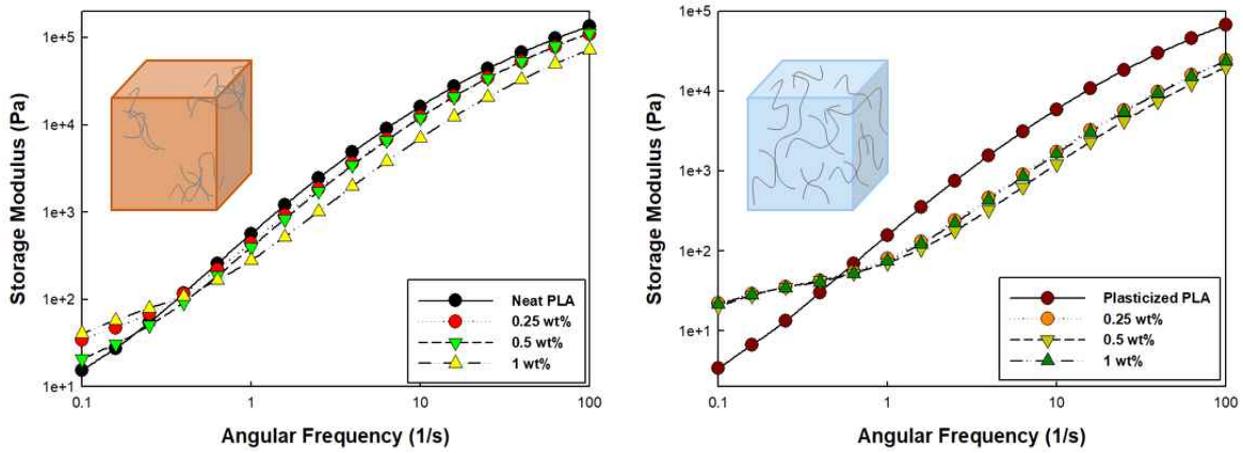


<그림 17 분산방법에 따른 PLA/CNF 복합소재의 기계적 물성 변화>

- 가소제를 통해 분산시킨 P-PLA/CNF 복합소재의 경우에 CNF의 함량 증가로 인해 인장강도가 증가하였으며, 12.7 ~ 17.4%의 증가율을 보였고 연신율은 증가 및 감소의 변화가 크게 없었음
- 이는 neat PLA를 가소화시키면서 감소한 인장강도를 CNF의 균일한 분산으로 인해 증가시킬 수 있음
- 하지만 동결건조한 CNF를 분산한 N-PLA/CNF 복합소재의 경우 neat PLA와 비교하여 인장강도 및 연신율의 큰 변화가 없었으며, 불균일한 CNF의 분산은 PLA의 기계적 물성 개선에 영향이 없다고 볼 수 있음

○ PLA/CNF 복합소재의 유연학적 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 Physica MCR 302 레오미터를 통해 disk type의 시편을 180°C에서 parallel plate geometry에 녹인 상태에서 주파수의 범위를 낮춰가면서 모듈러스를 분석함

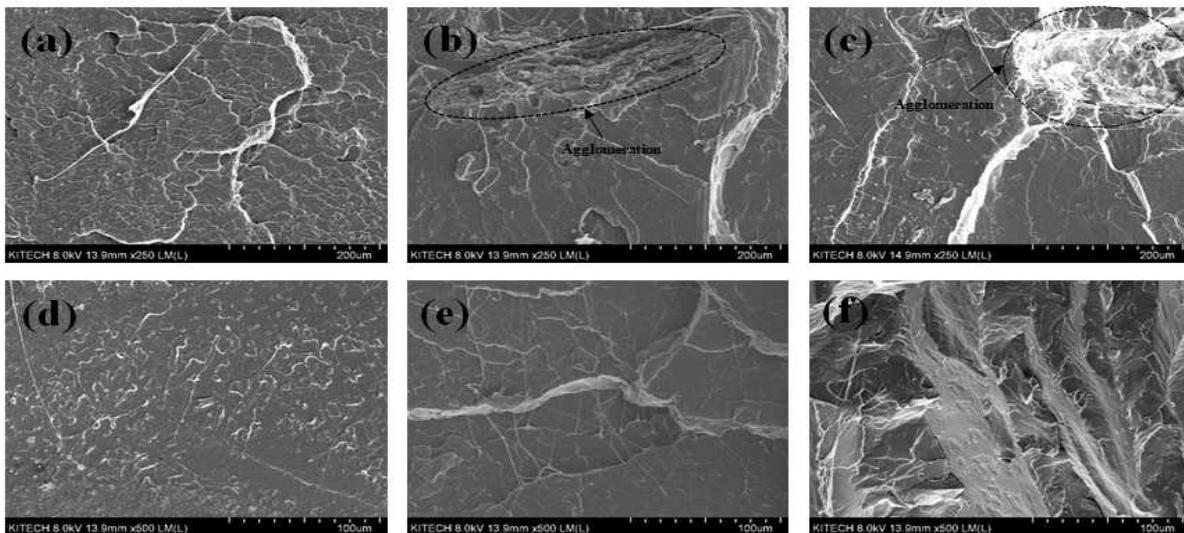


<그림 18 PLA/CNF 복합소재의 레오미터 분석: Storage modulus,>

- N-PLA/CNF 복합소재의 경우 CNF를 1 wt%정도 포함할 때에 저장탄성률이 낮은 주파수 영역 내에서 plateau한 경향을 보이는 반면 P-PLA/CNF 복합소재의 경우 0.25에서 1 wt%까지의 함량 모두에서 고원현상이 발견되었음
- 이러한 현상은 CNF의 균일한 분산으로 인한 네트워크를 형성함에 따라 일어날 수 있으며, N-PLA/CNF 복합소재와 비교하여 P-PLA/CNF 복합소재에서는 CNF의 낮은 함량에서부터 균일한 분산이 형성됨을 유추 할 수 있음

○ PLA/CNF 복합소재의 모폴로지 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 FE-SEM 장비를 이용하여, 미니사출시편인 dog bone을 액체질소를 통해 급냉 시켜 절단시킨 면에 Pt/Pd 합금을 코팅시켜 관찰하였음

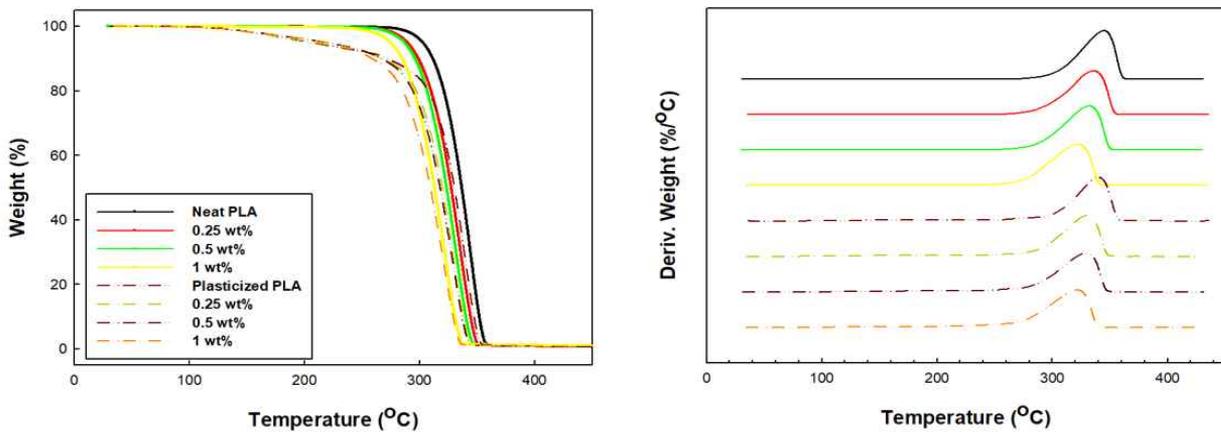


<그림 19 PLA/CNF 복합소재의 모폴로지 분석결과:
N-PLA/CNF (a) 0.25 wt% (b) 0.5 wt%, (c) 1 wt%,
P-PLA/CNF (d) 0.25 wt%, (e) 0.5 wt%, (f) 1wt%>

- SEM 분석을 통한 N-PLA/CNF 복합소재의 경우 CNF를 포함함에 따라 PLA 매트릭스 내에 CNF의 뭉침 현상이 발견되었음
- 하지만 P-PLA/CNF 복합소재의 경우에 CNF가 PLA 매트릭스 내에 균일하게 네트워크 형상으로 분산된 것을 확인하였으며, 이러한 결과를 토대로 기계적 물성 향상에 도움이 된 것이라 판단됨

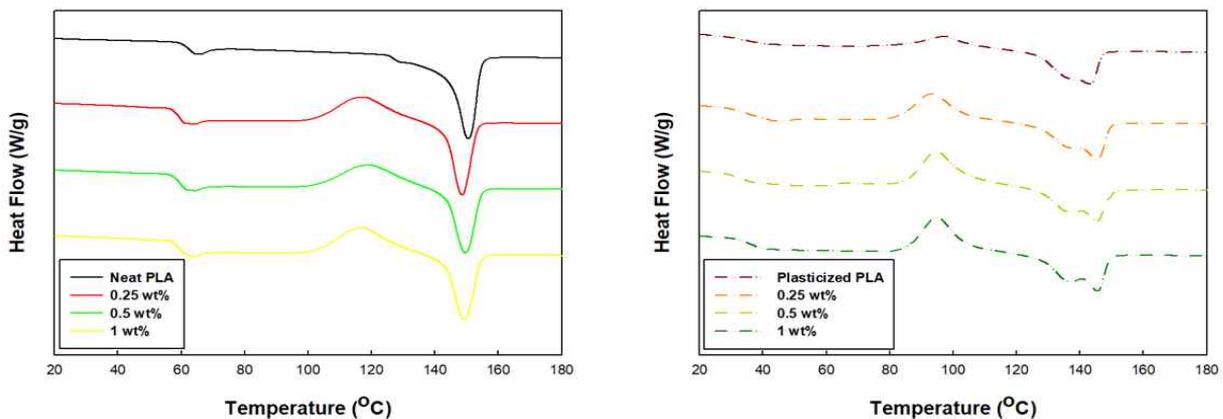
○ PLA/CNF 복합소재 열분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 TGA를 통해 분석했으며 분당 10 °C씩 승온시켜 450 °C 까지 측정하였음
- DSC를 통해 0 ~ 200 °C의 범위를 승온 및 냉각 속도를 10 °C/min으로 측정하였음



<그림 20 PLA/CNF 복합소재의 TGA 분석결과: (좌) TG 그래프, (우) DTG 그래프>

- TGA 분석결과, P-PLA/CNF 복합소재의 경우 N-PLA/CNF 복합소재보다 낮은 온도에서 열분해가 시작되었으며 약 110 °C 부근에서 시작하였음
- 이는 가소제인 TEC에 기인하는 결과이며, TEC는 110 °C의 flash point를 가지고 있으며 이로 인해 열분해가 일어남을 유추할 수 있음
- 또한, 두 종류의 복합소재 모두 CNF의 함량 증가에 따라 최대 분해 온도가 감소하였는데, 이 것은 CNF의 낮은 열분해 온도에 기인함

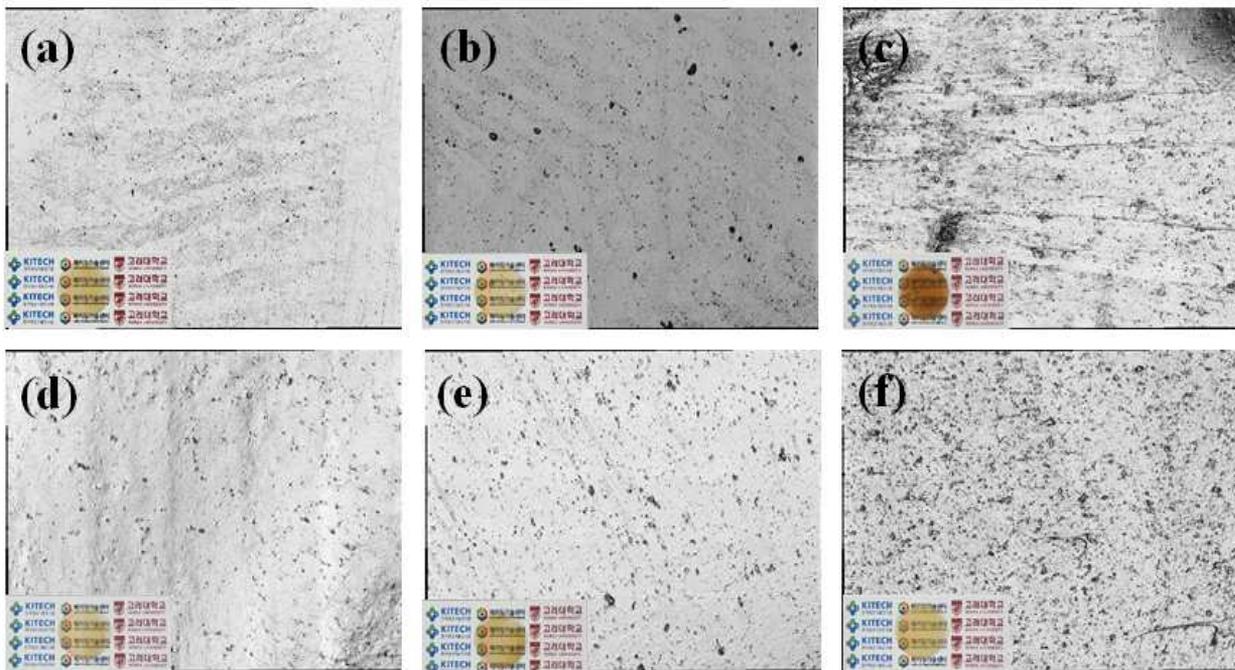


<그림 21 PLA/CNF 복합소재의 DSC 분석결과: (좌) P-PLA/CNF, (우) N-PLA/CNF>

- DSC 분석결과, N-PLA/CNF 복합소재에 비해 P-PLA/CNF 복합소재의 유리전이온도 (Tg)가 약 25 °C도 감소한 것을 확인하였으며, 이는 PLA가 TEC에 의해 가소화되면서 가소화 효과로 인한 Tg shift 현상임

○ PLA/CNF 복합소재 광학분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 3D laser scanning microscopy 장비를 이용하여, 복합소재의 표면을 레이저 분석을 통해 이미지 촬영을 하였음



<그림 22 PLA/CNF 복합소재의 광학 분석결과:
N-PLA/CNF (a) 0.25 wt% (b) 0.5 wt%, (c) 1 wt%,
P-PLA/CNF (d) 0.25 wt%, (e) 0.5 wt%, (f) 1wt%>

- 3D laser scanning microscopy 분석결과 0.25와 0.5 wt%의 CNF를 포함하는 N-PLA/CNF, P-PLA/CNF 복합소재에 존재하는 입자의 크기나 개수는 큰 차이를 보이지 않았음
- 하지만 1 wt%의 CNF를 포함할 때, 두 시료에 존재하는 입자의 크기가 차이를 보였으며 P-PLA/CNF 복합소재에 비해 N-PLA/CNF 복합소재에 큰 크기의 입자가 포함함을 본 분석을 통해 확인함
- 이를 통해 가소제를 이용하여 CNF를 PLA 매트릭스에 분산함에 따라 균일한 분산성을 부여할 수 있음을 확인하였으며, 이를 통해 기계적 물성이 증가하며 또한 산소차단성 역시 증가할 것이라고 예측됨

○ PLA/thermoplastic olefin elastomer 블렌드 및 상용성 부여 실험

- 비극성 고분자인 PLA를 개질 하여 사용하여 상용성을 높이기 위한 실험 진행
- 블렌드의 기계적 물성 평가를 통해 상용성의 유무 확인

- 재료

Polymer

Poly(lactic acid) (PLA)

- Grade : Ingeo Biopolymer 4032D, NatureWorks (USA)
- Melt index : 7.0 g/10min, 210°C, 2.16 kg ASTM D1238

Thermoplastic olefin elastomer (TPOE)

- Grade : TO1065A, LG chem (Korea)
- melt index : 30 g/10min, 230 °C, 10 kg, ASTM D1238

Compatibilizer

Polypropylene grafted maleic anhydride (PP-g-MA)

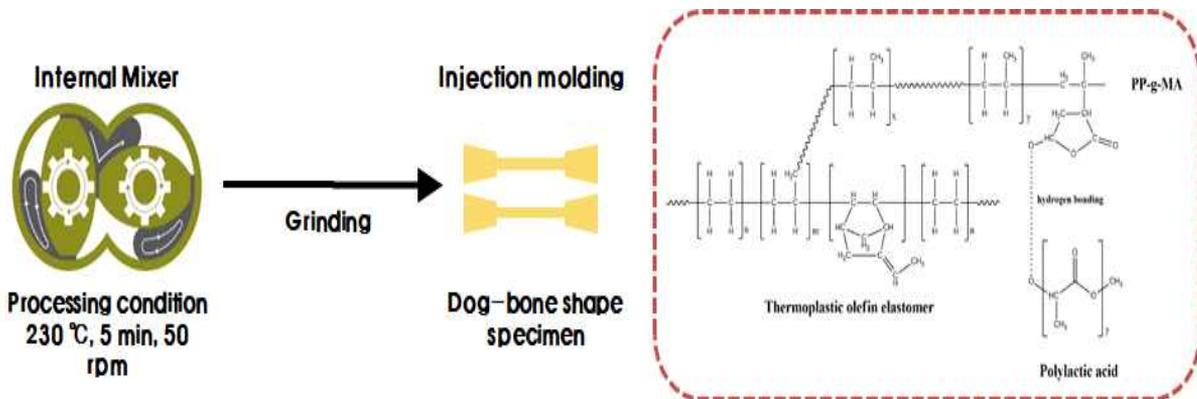
- Grade : QB510T, Mitsui chem (Japan)
- melt index : 3 g/10min, 230 °C, 2.16 kg, ASTM D1238

Radical initiator

tert-Butyl peroxide

- Grade : Luperox, Sigma Aldrich (USA)

- 시제품제작

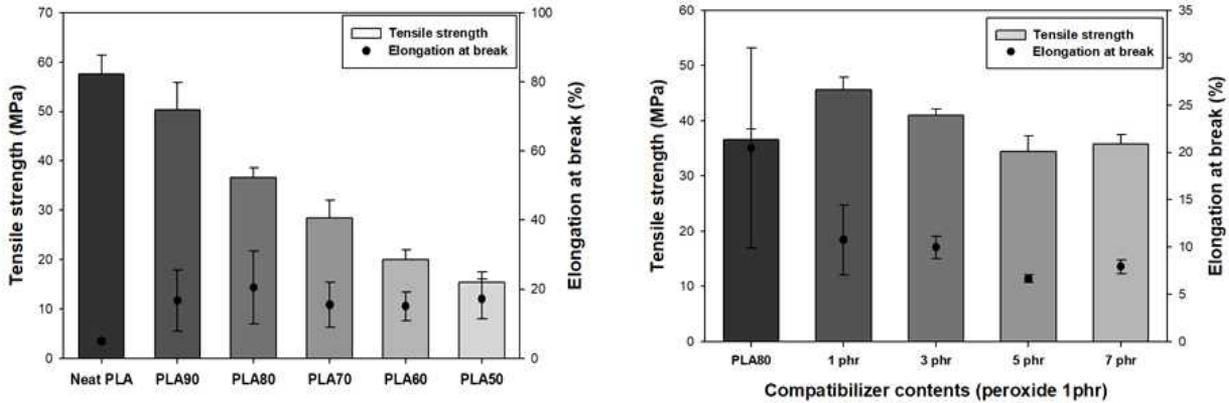


<그림 23 PLA/TPOE 블렌드 시제품 제작 개략도>

- 블렌딩은 internal mixer로 수행하였으며 230 °C의 온도와 50 rpm의 스크류 속도 하에서 5분 동안 용융혼련을 시켰으며, 만들어진 블렌드를 그라인더로 갈아서 사출 시편을 제조하였음
- 기계적 물성 측정을 위해 dogbone 타입의 사출 시편을 제조하였음

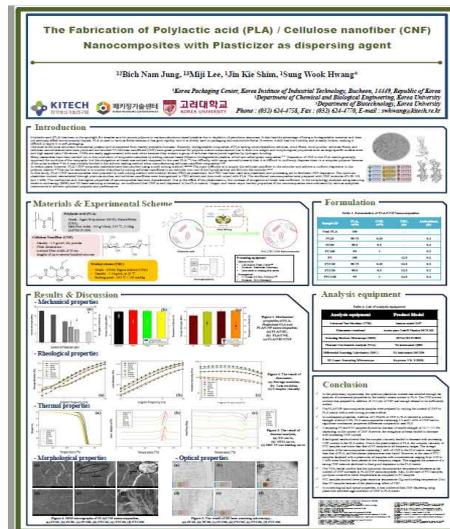
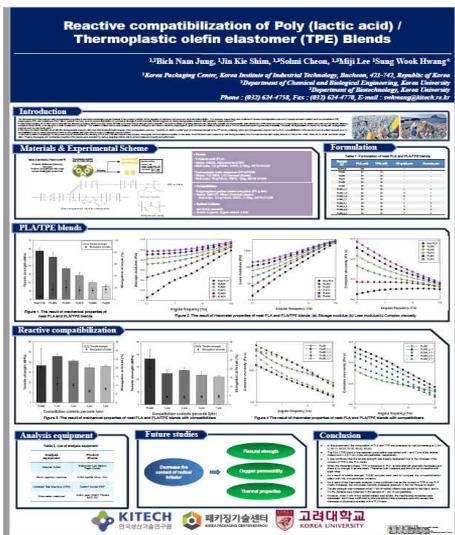
- 기계적 물성 분석

- 패키징기술센터의 보유 장비인 UTM을 통해 ASTM D638을 따라 미니사출 시편 사이즈에 대해 Test speed (10 mm/min)를 설정 후 측정했으며 각각의 함량에 따라 변하는 기계적 물성 값 비교를 위한 분석



<그림 24 PLA/TPOE 블렌드의 기계적 물성 분석 결과: (좌) PLA/TPOE 블렌드, (우) 상용화된 PLA/TPOE 블렌드>

- PLA 매트릭스에 TPE의 함량을 증가시키면 인장강도가 선형적으로 감소하는 것을 확인하였음
- PLA80의 시료를 기준으로 상용화 과정을 거치면 인장강도가 대략 24.5 %가 증가하는 것을 확인하였으며, 이는 상용화 과정을 통해서 두 상의 고분자간의 계면접착력이 증가하여 야기된 결과임을 알 수 있음

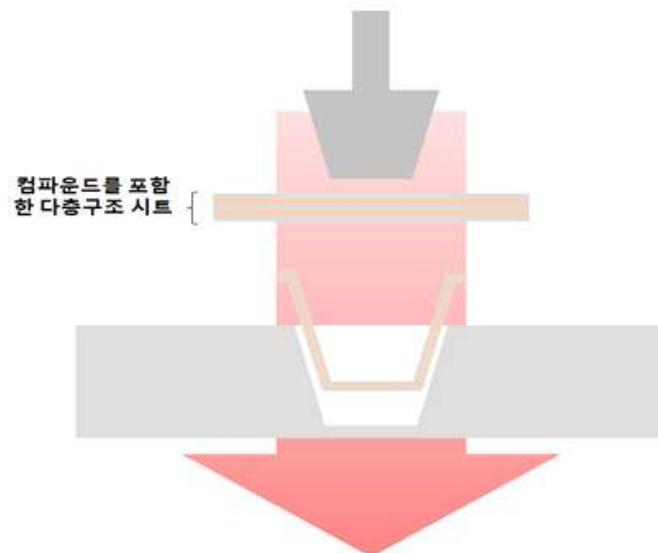
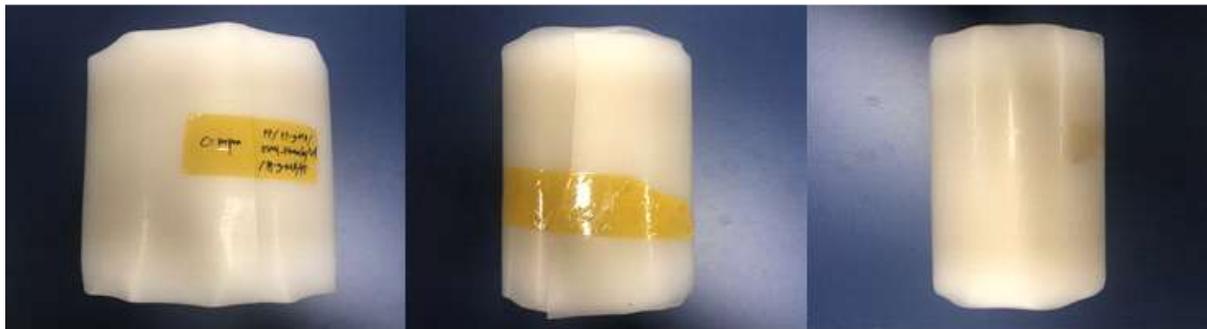


<그림 25 학술대회 포스터 발표 자료: (좌) 공업화학회 추계학술대회 발표, (우) 고분자학회 추계학술대회 발표>

- 위의 연구 내용을 기반으로 2018년 공업화학회 추계학술대회 및 한국고분자학회 추계학술대회에서 포스터 발표를 진행하였음

○ 기 개발한 산소차단성을 가지는 다층구조 시트를 통한 캡슐 제작

○ 실험 내용 소개



<그림 26 산소차단성 다층 구조 시트를 이용한 캡슐 제조 과정 개략도; (상) 컴파운드, (중) 다층구조 시트, (하) 열 성형을 통한 캡슐 생산 개략도>

- 상기 연구에서 개발한 산소차단성 컴파운드를 이용하여 가공조건을 달리하여 3종의 다층 구조 시트 (10, 15, 20 rpm)를 제조하였으며 본 연구에서는 개발한 다층구조 시트를 이용하여 캡슐커피패키지의 캡슐을 제작하였음

○ 다층구조 시트를 이용하여 제작한 캡슐의 시제품 사진

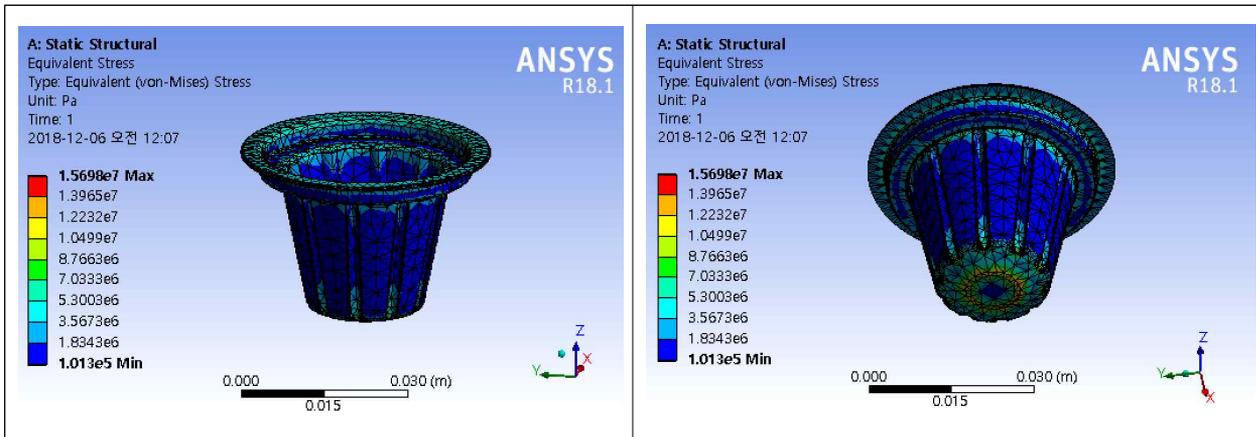
<표 18 다층구조 시트를 이용하여 제작한 캡슐의 시제품 사진>

Sample code	시제품 사진
10 rpm	
15 rpm	
20 rpm	

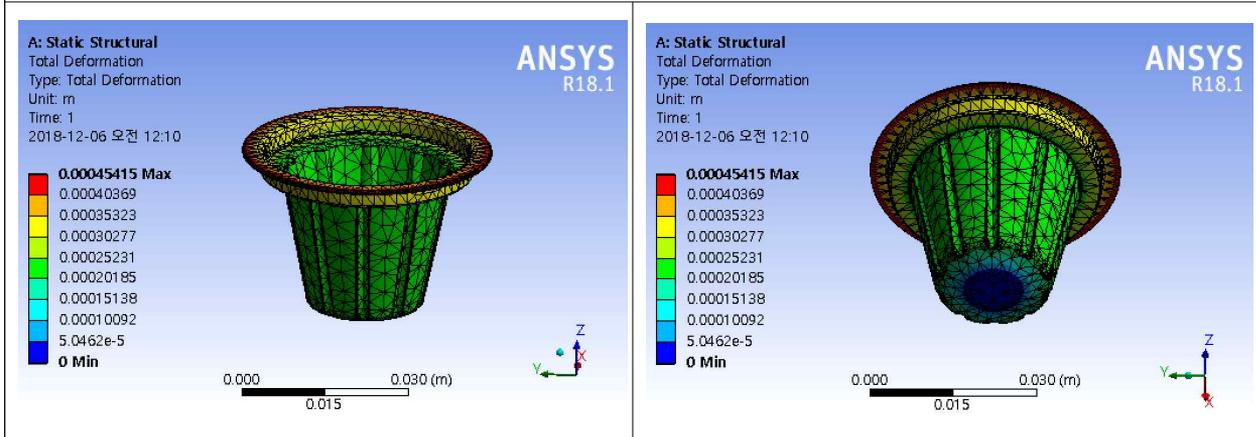
- 캡슐커피패키지의 캡슐 모양으로 열 성형 결과 뛰어난 강성을 가지며 비교적 균일한 두께로 제작됨을 확인하였음

○ 커피 캡슐 용기의 정적하중 해석

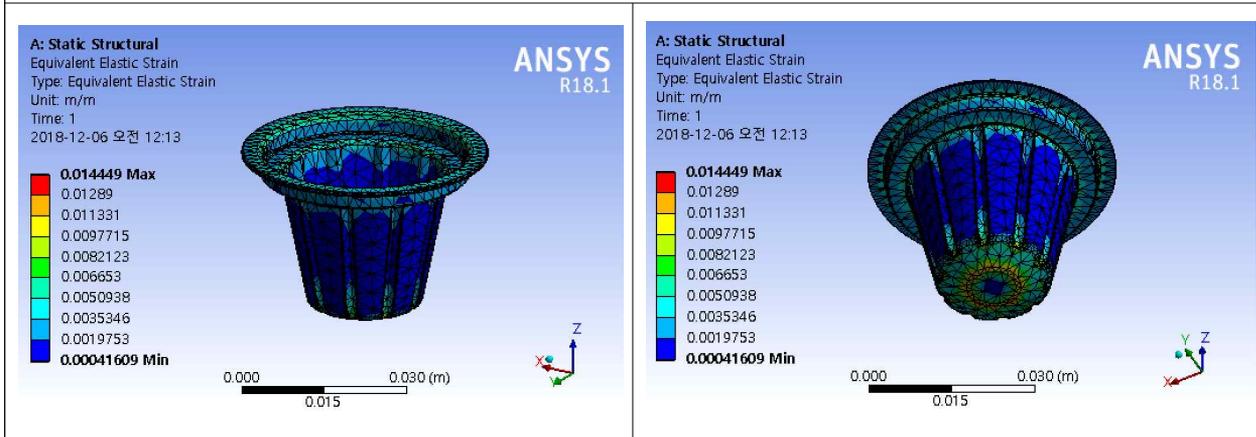
○ 굴곡설계 적용 용기의 정적하중(50N)에 따른 응력, 변위 및 변형률 FEM 해석



굴곡설계 적용 용기의 응력(stress) FEM 해석



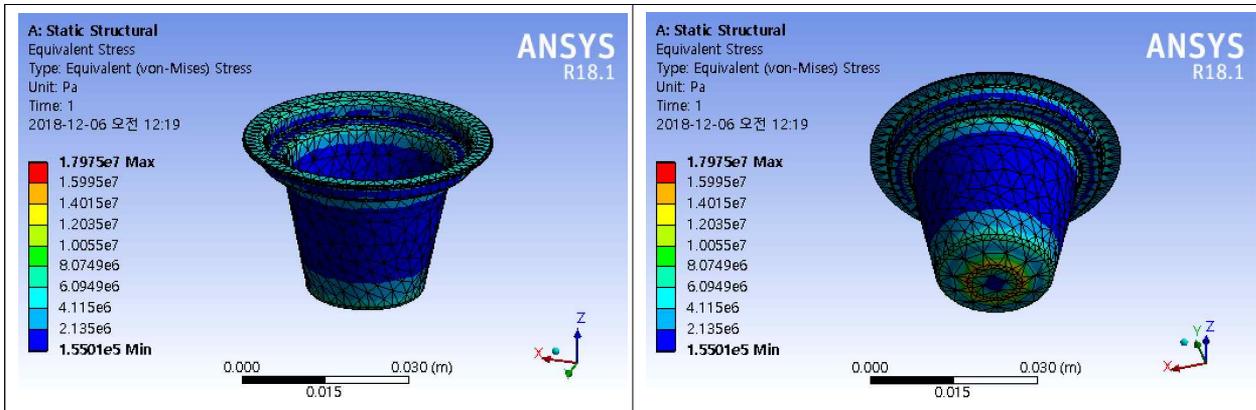
굴곡설계 적용 용기의 변위(deformation) FEM 해석



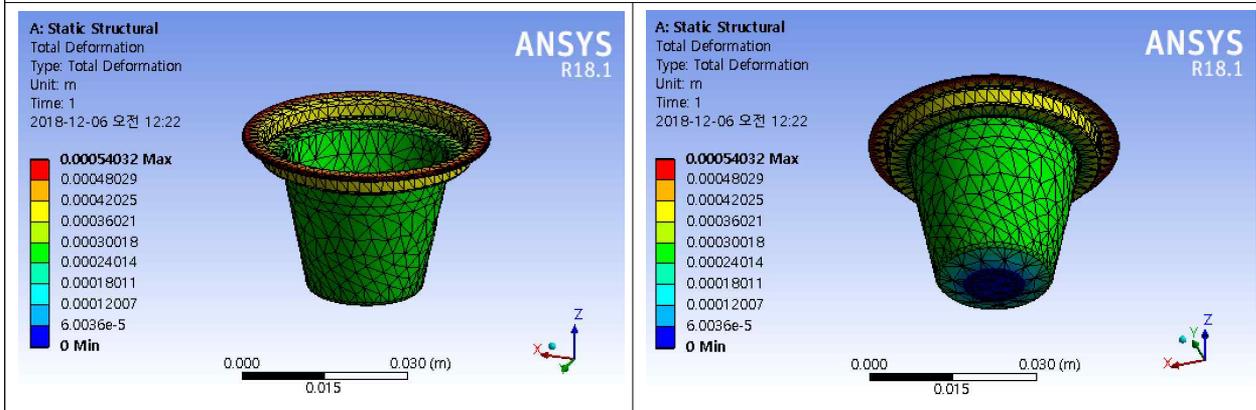
굴곡설계 적용 용기의 변형률(strain) FEM 해석

○ 커피 캡슐 용기의 정적하중 해석

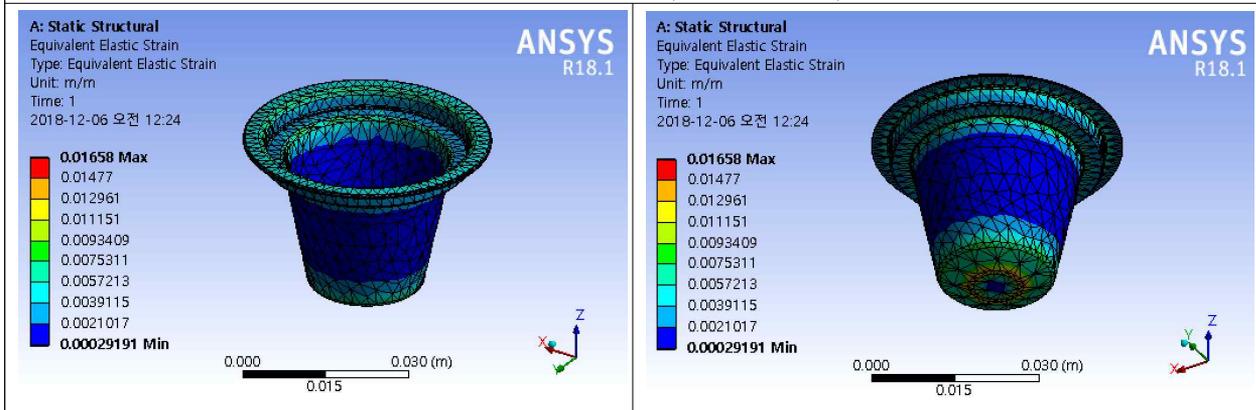
○ 굴곡설계 비적용 용기의 정적하중(50N)에 따른 응력, 변위 및 변형률 FEM 해석



굴곡설계 비적용 용기의 응력(stress) FEM 해석



굴곡설계 비적용 용기의 변위(deformation) FEM 해석



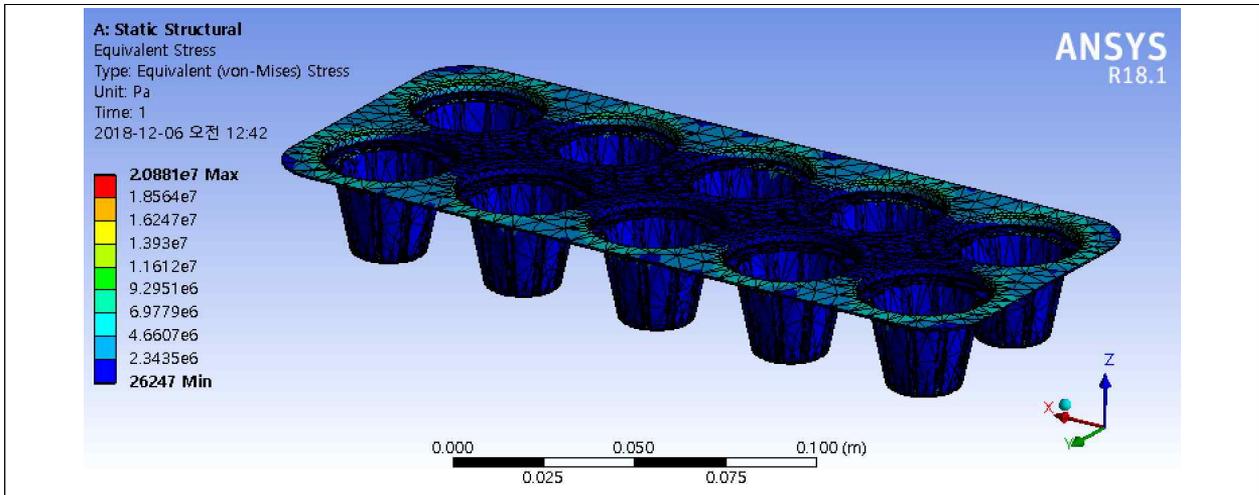
굴곡설계 비적용 용기의 변형률(strain) FEM 해석

<커피 캡슐 용기의 정적하중 해석 결과>

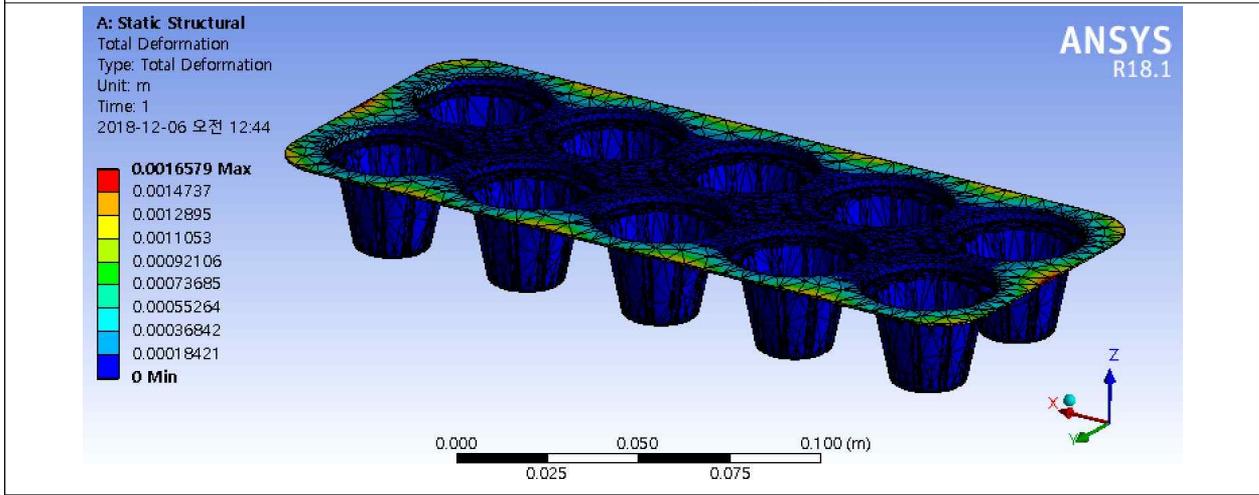
	응력(stress), Pa		변위(deformation), mm		변형률(strain), m/m	
	최소(min.)	최대(max.)	최소(min.)	최대(max.)	최소(min.)	최대(max.)
굴곡적용	1.01×10^5	1.56×10^7	0	0.4542	4.1×10^{-4}	0.01449
굴곡비적용	1.55×10^5	1.79×10^7	0	0.5403	2.9×10^{-4}	0.01658

○ 커피 캡슐 용기 트레이 정적하중 해석

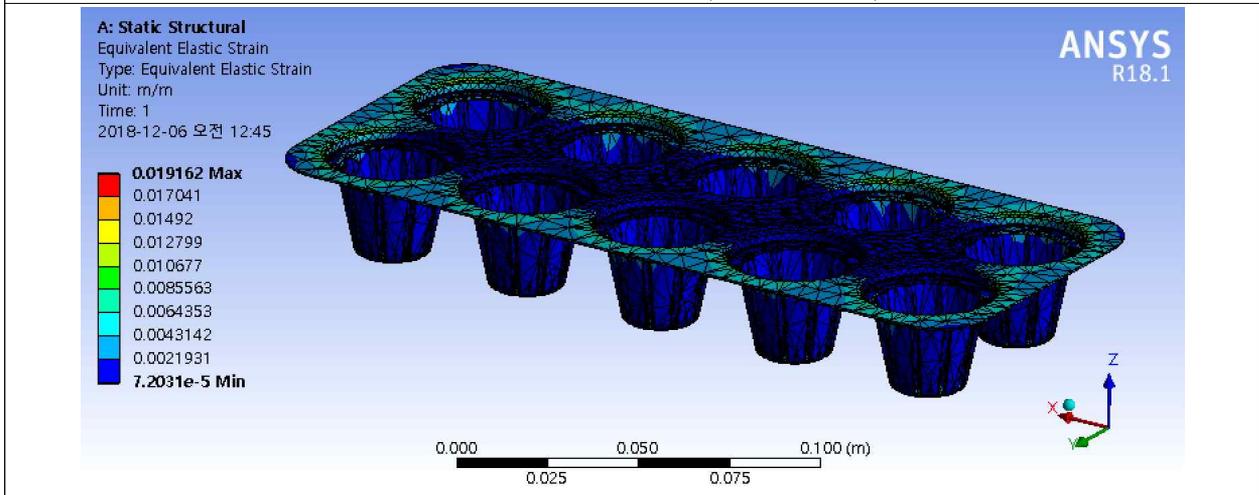
○ 굴곡설계 적용 용기 트레이의 정적하중(200N)에 따른 응력, 변위 및 변형률 FEM 해석



굴곡설계 적용 용기 트레이의 응력(stress) FEM 해석

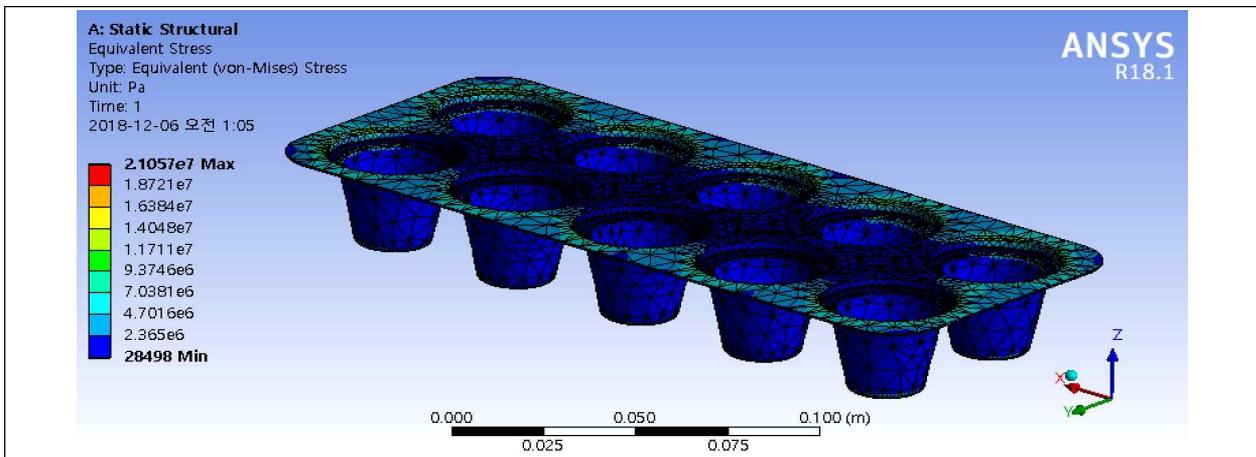


굴곡설계 적용 용기 트레이의 변위(deformation) FEM 해석

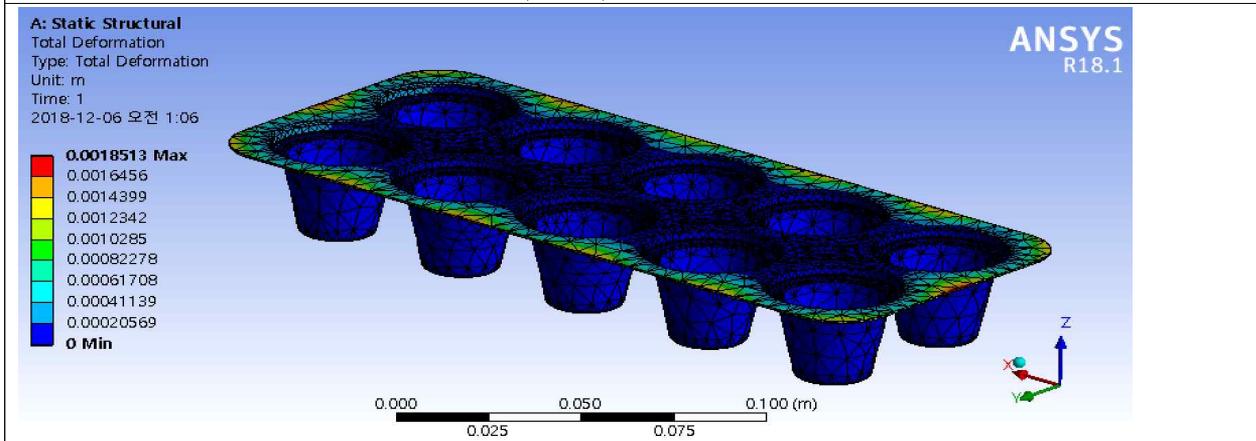


굴곡설계 적용 용기 트레이의 변형률(strain) FEM 해석

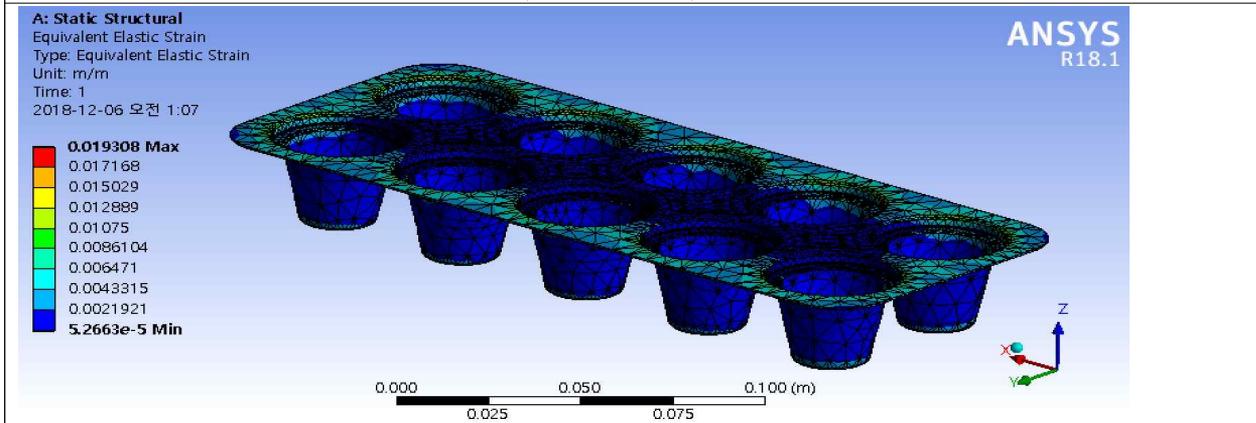
- 커피 캡슐 용기 트레이 정적하중 해석
 - 굴곡설계 비적용 용기 트레이의 정적하중(200N)에 따른 응력, 변위 및 변형률 FEM 해석



굴곡설계 비적용 용기 트레이의 응력(stress) FEM 해석



굴곡설계 비적용 용기 트레이의 변위(deformation) FEM 해석



굴곡설계 비적용 용기 트레이의 변형률(strain) FEM 해석

<커피 캡슐 용기 트레이의 정적하중 해석 결과>

	응력(stress), Pa		변위(deformation), mm		변형률(strain), m/m	
	최소(min.)	최대(max.)	최소(min.)	최대(max.)	최소(min.)	최대(max.)
굴곡적용	2.62×10 ⁴	2.09×10 ⁷	0	0.1658	7.20×10 ⁻⁵	0.01916
굴곡비적용	2.85×10 ⁴	2.11×10 ⁷	0	0.1851	5.27×10 ⁻⁵	0.01931

○ 다층구조 시트를 이용하여 제작한 캡슐의 산소투과도 분석

: 패키징기술센터의 보유 장비인 OTR를 통해 분석했으며 23 °C, 산소 농도 21% 하에서 캡슐 용기를 셀이 부착하여 처리 후 분석을 진행하였음

<표 19 다층구조 시트를 이용하여 제작한 캡슐의 산소투과도 분석 결과>

Sample code	O2 permeability (cc/Pkg · day)	
10 rpm	0.0005 이하	0.0005 이하
15 rpm	0.0005 이하	0.0005 이하
20 rpm	0.0005 이하	0.0005 이하

시험 성적서

한국생산기술연구원
(경기도 수원시 석천로 397, 301-203(당상동, 부원로)상83차)
 (Tel: 032-624-4759, Fax: 032-624-4770)

성적서 번호: F032018004CF
 페이지 (1) / 총 (1)


Part#: 01-088

1. 의 의 자
 ○ 입 재 명 : 한국생산기술연구원 패키징기술센터
 ○ 주 소 : 충남 천안시 서북구 입장면 양대기모길 89

2. 성적서 용도 : 과제수행 관련 분석

3. 시험대상품목 : 캡슐커의 용기

4. 시험기간 : 2018. 10. 25. ~ 2018. 11. 07.

5. 시험장비

장비명	산소투과도측정기	업체명	MOCON	모델명	OX-TRAN 2/61
Max. Sample Size	용기	Test Sample Size	용기	Test Range	0.0005-1 cc/pkg-day

6. 시험결과

샘플명	시험 항목	단 위	시험 결과		시험방법
			test 1	test 2	
10 rpm	산소투과도(용기) (23.0±1)°C, oxygen 21%	cc/pkg·day	0.0005 이하	0.0005 이하	ASTM F 1307
15 rpm	산소투과도(용기) (23.0±1)°C, oxygen 21%	cc/pkg·day	0.0005 이하	0.0005 이하	ASTM F 1307
20 rpm	산소투과도(용기) (23.0±1)°C, oxygen 21%	cc/pkg·day	0.0005 이하	0.0005 이하	ASTM F 1307

확 인

작성자	기술책임자
성 명 : 유 연 화	성 명 : 심 진 기

이 시험성적서는 용도 이외의 사용을 금하며 기타 상품광고, 범용소송 등의 목적으로 사용할 수 없음

2018. 11. 30.
 한국생산기술연구원장 (인)

<그림 27 산소 투과도 분석을 통해 발행된 다층구조 시트를 이용하여 제작한 캡슐의 시험성적서>

- 산소투과도 시험성적서를 통해 3차 년도 컴파운드 적용 패키징 용기의 차단성 정량적 목표인 0.005 cc/Pkg · day의 값보다 낮은 높은 값을 보임을 확인함

- 기존에 (주)천마하나로에서 캡슐커피패키지에 적용하고 있는 캡슐의 산소투과도를 비교한 결과 본 연구에서 개발한 캡슐의 산소투과도 값이 더 낮음을 확인하였고 그 결과 더 우수한 산소 차단성을 가지고 있음을 확인했음

<표 20 다층구조 시트를 이용하여 제작한 캡슐과 기존 제품의 산소투과도 분석 결과 비교표>

Sample code	O2 permeability (cc/Pkg · day)			
10 rpm	0.0005 이하		0.0005 이하	
기존 캡슐	0.0008	0.0006	0.0005 이하	0.0008

- 위의 다층구조 시트 개발에서 언급했듯이 현재 사용 중인 캡슐 커피 용기의 열 성형 전 시트와 비교했을 때, 기존에 사용 중인 시트는 약 30 μm 두께의 산소 차단 층 한 층이 형성되어 있는 반면에 기 개발한 다층구조 시트의 경우에는 멀티플라잉 공정을 이용하여 약 15 μm의 두 층이 형성되어 있음
- 이러한 효과로 인해 전체 차지하는 산소차단성 재료의 두께가 같아 원가적인 측면에서는 차이가 없지만 산소차단성 효과에서는 차이를 보일 수 있으며, 총 두께가 같은 산소 차단 층의 개수의 증가에 따라 산소차단성이 증가한다는 것을 선행연구를 통해 확인 하였고 이를 통해 본 연구에서 개발한 컴파운드를 이용한 다층구조 시트의 산소차단성이 더 우수할 것이라고 추측하였는데 실제로 더 우수함을 본 분석을 통해 확인함

○ 기 개발한 이산화탄소 흡착능을 가지는 필름을 통한 lid 필름 제작

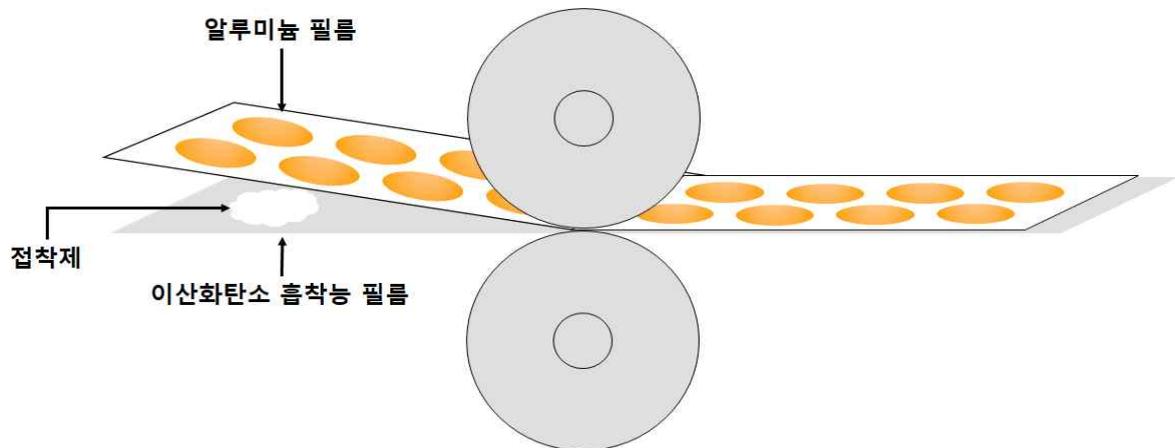
○ 실험 내용 소개

- Pilot 생산 라인으로 polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름 제조



<그림 28 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름을 제조하기 위한 pilot 생산 라인 장비>

- Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름과 알루미늄 합지 공정



<그림 29 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름과 알루미늄 합지 개략도>

- 기 개발한 이산화탄소 흡착능을 가지는 복합소재를 대면적 필름으로 압출하여 생산하기 위해 pilot 생산 라인 장비인 T-die 공압출 라인 장비를 이용하여 생산함
- 이렇게 생산한 이산화탄소 흡착능을 가지는 대면적 필름을 lid 필름으로 적용하기 위해 알루미늄 필름과 합지하는 공정을 수행함
- Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름은 100 μm 의 두께로 생산하였으며, 대면적 필름과 합지한 알루미늄 필름의 두께는 20 μm 임

○ Pilot 생산 라인으로 제작한 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름의 시제품 사진

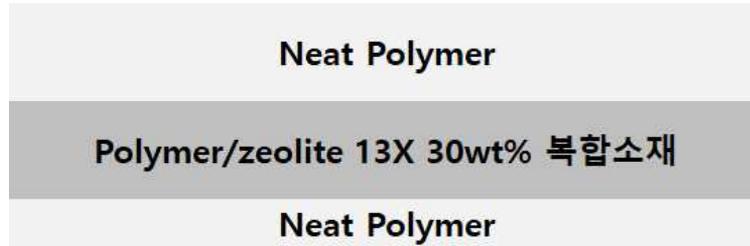


<그림 30 Pilot 생산 라인으로 제작한 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름의 시제품;
(좌) LDPE/zeolite 13X, (우) PP/zeolite 13X>

- Lab-scale 장비와 달리 pilot 장비에서는 고 함량(> 40wt%)의 zeolite 13X가 포함된 복합소재의 경우에 균일한 필름으로 압출되지 않았으며 기공이 생기거나 찢어지는 등의 불량 발생하였음
- 이러한 문제점으로 인해 불가피하게 다층구조의 필름으로 제조하였으며, zeolite 13X의

함량도 각각 30wt%씩으로 감소 시켜 제조하였는데 이럴 경우에 이산화탄소 흡착능이 감소하는 문제가 야기됨

- 하지만 다층구조로 압출함에 따라 skin층에 neat polymer가 형성되게 되고 차후 알루미늄 합지 시에 알루미늄과의 접착력이 향상될 수 있으며 캡슐과 열접착 시에도 마찬가지로 접착성이 향상될 수 있는 장점이 있음



<그림 31 Pilot 생산 라인으로 제작한 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름의 개략도>

- 양쪽의 skin 층의 두께를 달리하여 압출하였으며 이는 두꺼운 층은 알루미늄과의 접착성 증대를 위함이며, 얇은 층은 이산화탄소 흡착능을 향상시키기 위함임
- 비교적 얇은 두께의 polymer가 형성될 시에 두꺼운 층에 비해 이산화탄소의 침투가 비교적 쉽게 일어날 것이라 예상하여 설계함

○ Pilot 생산 라인으로 제작한 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름의 이산화탄소 흡착량 분석

- 이산화탄소 흡착량 측정 (TGA)

: 패키징기술센터가 보유한 TGA장비를 통해 분석했으며 질소 하에서 75 °C의 온도로 승온 시켜 film에 잔존하는 수분을 2000 min 동안 건조한 후 온도를 30 °C로 낮추고 furnace내에 유입되는 기체를 이산화탄소로 변경하여 증가하는 중량 비를 통해 시료에 이산화탄소가 흡착하는 정도를 측정

<표 21 LDPE/zeolite 13X 30wt% 복합소재 필름 및 Pilot 생산 라인으로 제작한 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름의 이산화탄소 흡착량 정량적 데이터>

Sample code	이산화탄소 흡착량 (cc/g resin)
LDPE/zeolite 13X 30wt% 복합소재 필름	19.22
LDPE/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름	6.36
PP/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름	1.07

- 이산화탄소 흡착능 측정 결과, 예상한대로 이산화탄소 흡착 성능 저하가 나타났으며, 이를 통해 개선방안을 강구해야할 것 이라 판단됨

<표 22 LDPE/zeolite 13X 30wt% 복합소재 필름 및 Pilot 생산 라인으로 제작한 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름의 이산화탄소 흡착량 데이터>

Sample code	TGA curve
LDPE/zeolite 13X 30wt% 복합소재 필름	
LDPE/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름	
PP/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름	

- Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름과 알루미늄 필름을 합지한 시제품의 사진



<그림 32 Polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름과 알루미늄 필름을 합지한 시제품의 사진>

- 기 개발한 산소차단성을 가지는 캡슐과 이산화탄소 흡착능을 가지는 lid 필름의 열접착 공정을 통한 시제품 제작

- 실험 내용 소개

- 기 개발한 산소차단성을 가지는 캡슐과 이산화탄소 흡착능을 가지는 lid 필름의 열접착 공정을 통한 캡슐커피패키지 시제품 제작을 위한 작업



<그림 33 캡슐과 lid 필름을 열접착 공정을 통해 시제품을 생산 과정>

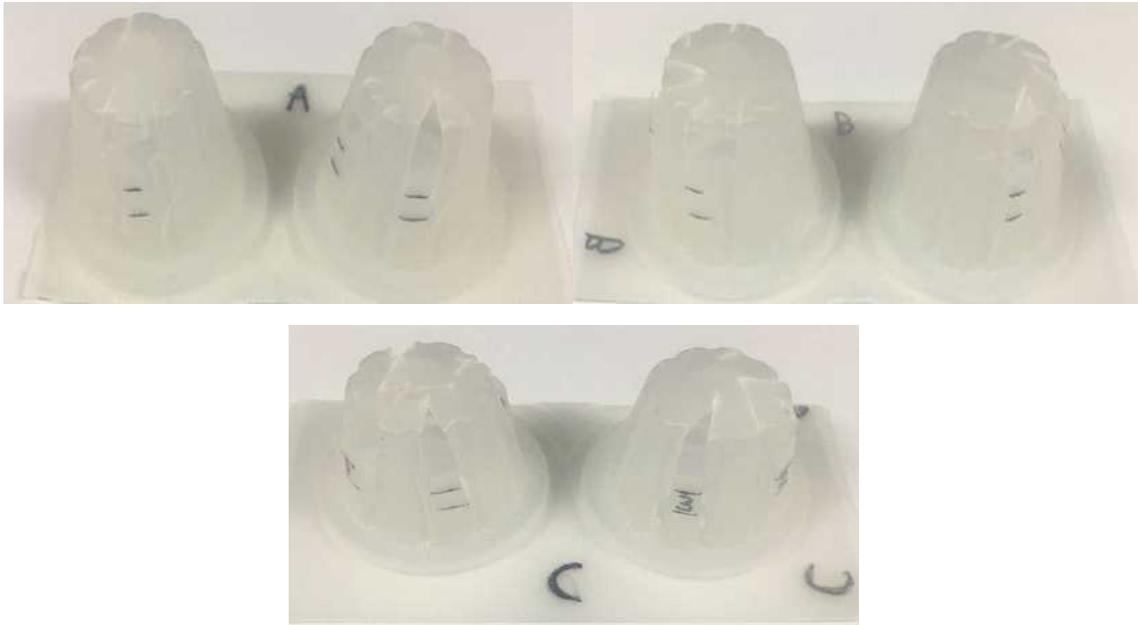
○ 캡슐과 lid 필름을 열접착 공정을 통해 시제품의 사진



<그림 34 캡슐과 lid 필름을 열접착 공정을 통해 생산된 시제품 사진; (상) 완성된 시제품을 위에서 관찰한 모습, (중) 완성된 시제품을 측면에서 관찰한 모습, (하) 완성된 시제품을 캡슐과 lid 필름으로 박리한 모습>

○ 캡슐의 측면 두께 편차 측정

- : 기 개발한 산소차단성을 가지는 캡슐의 안정적인 열 성형과 균일한 제품 생산을 평가하기 위한 용기의 측면 두께 편차 측정
- : 패키징기술센터가 보유한 두께측정기를 이용하여 측정하였으며, 측면 바닥에서의 1 ~ 1.5 cm 부근에서 시료 당 5 포인트씩 측정하였으며, 측정 단위는 μm 임



	10 rpm	15 rpm	20 rpm
Pt. 1	318	274	270
Pt. 2	318	270	274
Pt. 3	313	275	281
Pt. 4	321	271	271
Pt. 5	323	283	280
평균	318.60	274.60	275.20
표준편차	0.38	0.51	0.51
두께편차 충족기준	$302.67 \leq X \leq 334.53$	$260.87 \leq X \leq 288.33$	$261.44 \leq X \leq 288.96$

- 기 개발한 캡슐커피 패키지의 캡슐 측면 두께 측정결과 우수한 균일도를 가지는 캡슐로 제작됨을 확인 하였으며, 목표인 두께 편차 10% 내에 모두 충족함을 본 분석을 통해 확인하였음
- 목표 두께 편차는 10%이내였으며 평균값의 $\pm 5\%$ 의 범위를 정하여 비교했을 때 5개의 포인트에서 측정된 값들이 모두 범위 이내의 값을 보임을 확인했음

○ 그라운드 원두의 아로마 프로파일

<표 23 아로마 컴파운드 분석기>

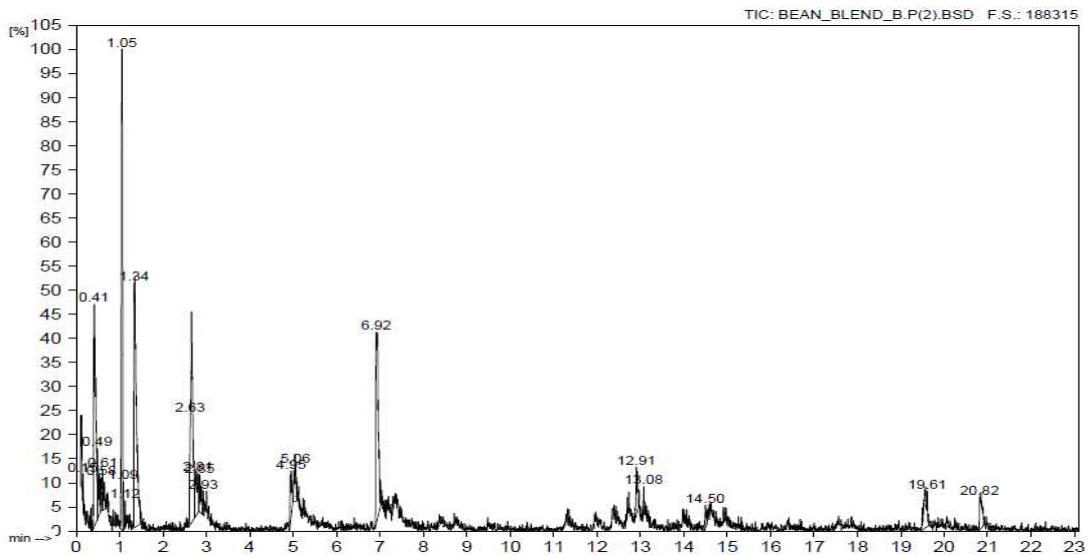
GC 및 GC/MS Instrument		
	System	
<Thermo Scientific Trace 1300 GC>		<Agilent 5975C GC/MSD/PY-2020iD>
TR-5 (Thermo) 30 m× 0.32mm, 0.25 μm	Analytical Column	UA-5 (Agilent) 30 m×0.25 mm, 0.25 μm
250 °C	Injector Port Temp	250 °C
SPME at 60 °C, split (30 mL/min)	Injection Type	SPME at 60 °C, split (30 mL/min)
1.5 mL/min (Nitrogen)	Carrier Gas	1.5 mL/min (Nitrogen)
60 °C (5 min) to 220 °C (30 min) by 2 °C/min, to 240 °C (30 min) by 5 °C/min	Oven program	60 °C (5 min) to 220 °C (30 min) by 2 °C/min, to 240 °C (30 min) by 5 °C/min
-	Ionization	EI
FID	Detection	230/150 °C (source/quad); scan range m/z 25-500
Chromeleon 7.2	Software	GC/MSD ChemStation



<그림 35 두 종류의 블랜드 캡슐커피>

- (주)천마하나로에서 제공받은 블랜드 캡슐커피 두 종류(브라질산+파푸아뉴기니산, 콜롬비아산+브라질산)를 이용하여 특정온도에서 발생하는 커피 아로마 손실 정도를 측정하기 위한 선행 실험을 진행하였음
- 캡슐용기의 커피 파우더를 헤드스페이스 자(jar)로 즉시 옮겨 담고 밀봉하여 아로마 손실을 최소화하였음
- 이전 실험에서 정립한 최적의 SPME 조건인 60℃ 온도에서 20분간 방치 후 방출되는 커피 아로마를 분석하였음

- 블랜드(브라질산+파푸아뉴기니산)

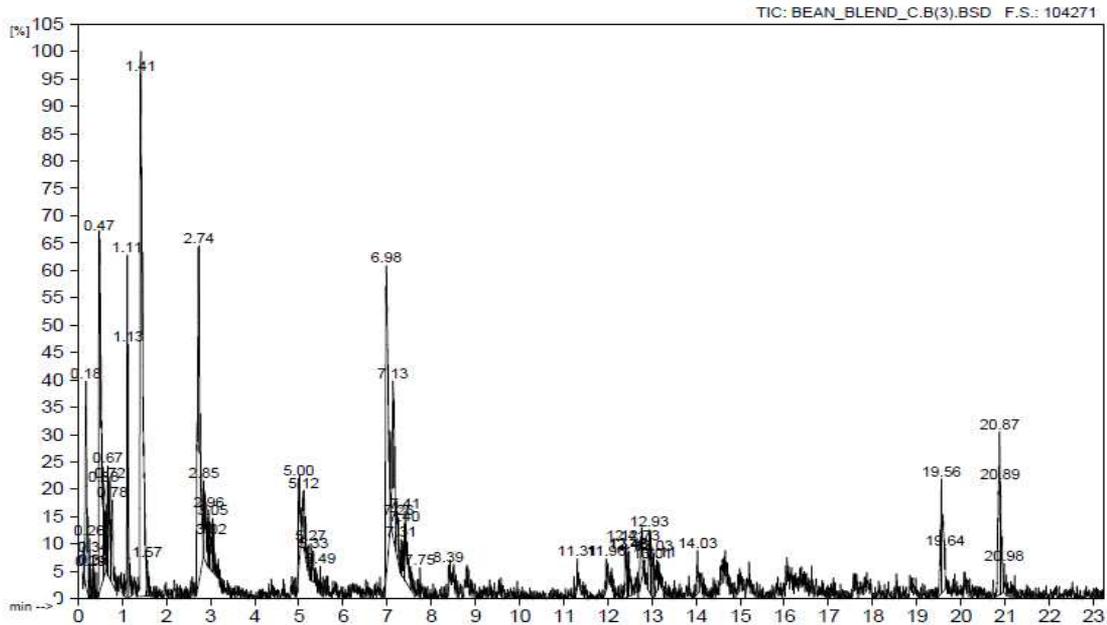


<그림 36 블랜드(브라질산+파푸아뉴기니산)분석 결과>

<표 24 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment	O d o u r Description
0.148	Ethoxyethene	
0.410	Methylpyrazine	Coffee
0.491	Methylpyrazine	Coffee
0.579	Methylpyrazine	Coffee
0.611	Bromomethane	
1.053	Unidentified	
1.092	1-Nonanamine	
1.119	2,4-Diamino-1,3,5-triazine	
1.342	2,3-Butanedione	Buttery
2.630	m-Phenylenediamine	
2.810	o-Creso	
2.848	p-Phenylenediamine	
2.930	p-Phenylenediamine	
4.948	Phenylmercaptan	
5.063	1,3,5-Trimethyl-2,4,6-tris(3,5-di-ter-butyl-4-hydroxybenzyl)benzene	
6.923	2,3-Butanedione	Buttery
12.913	2-Methoxyphenol	Coffee
13.082	Unidentified	
14.501	Melamine	
19.612	p-Hydroxybenzylidene acetone	
20.823	n-Tetradecane	

- 블랜드(콜롬비아산 + 브라질산)



<그림 37 블랜드(콜롬비아산+브라질산)분석 결과>

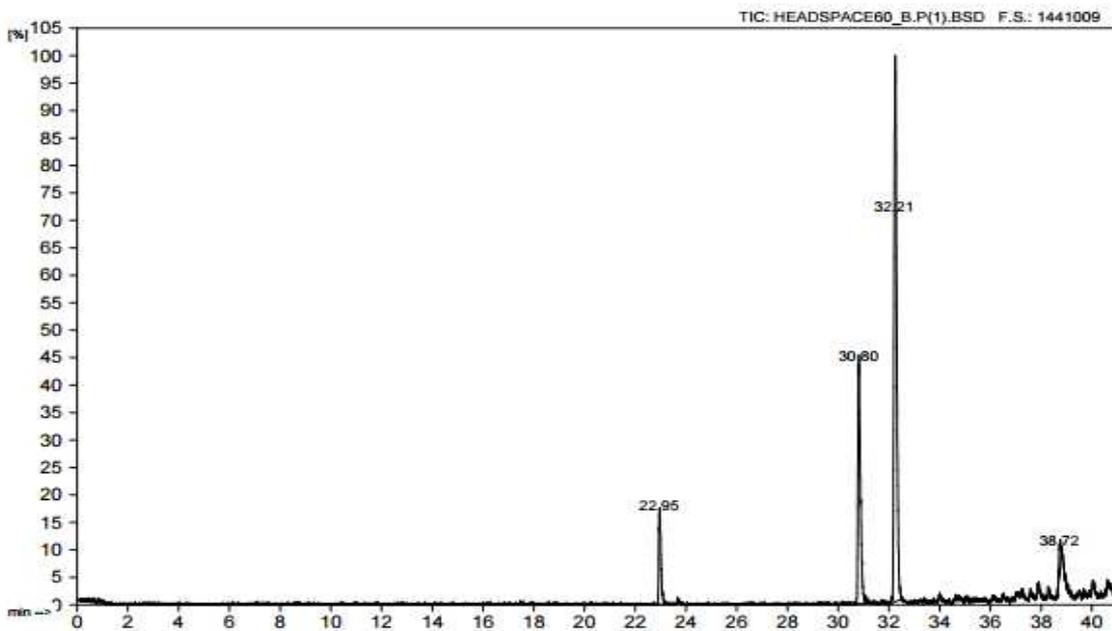
<표 25 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Odour Description
0.180	Acetic acid ethyl ester	
0.289	Methyl alcohol	
0.344	Methylene-4-phenylbutanenitrile	
0.469	Methylpyrazine	Coffee
0.578	Methylpyrazine	Coffee
0.671	2-Furfural	Almond; Bitter
0.720	Bromomethane	
0.760	n-Butanoic acid	
1.108	1-Butanol	
1.113	2,3-Dihydrofuran	
1.408	2,3-Butanedione	Buttery
1.571	Bis(5-benzoyl-4-hydroxy-2-methoxyphenyl)methane	
2.739	m-Phenylenediamine	
2.848	Pyrazine	Coffee
2.963	1-Methyl-1H-Pyrrole	
3.023	Pyridine	Burnt
3.050	Dimethyltetradecylamine	
5.003	Phenylmercaptan	
5.123	1,3,5-Trimethyl-2,4,6-tris(3,5-di-ter-butyl-4-hydroxybenzyl)benzene	
5.270	Hydroquinone	
5.330	1,3,5-Trimethyl-2,4,6-tris(3,5-di-ter-butyl-4-hydroxybenzyl)benzene:	
5.494	Hydroquinone	
6.963	3-Hydroxy-2-Butanone	Buttery
7.130	n-Pentadecane	
7.261	o-Hydroxybenzaldehyde	
7.310	Phenyl 4-hydroxybenzoate	
7.398	o-Hydroxybenzaldehyde	
7.409	o-Hydroxybenzaldehyde	
7.752	9-Cyano-N-methylnonanamide	
8.391	Pyrazine	Burnt
11.314	Naphthalene	
11.964	m-Phenylenediamine	
12.411	Phenyl vinylsulfide	
12.449	Isomer of nonylphenyl	
12.482	4-Hydroxy-3-methylbenzaldehyde	
12.733	2-Hydroxy-4-benzyloxybenzophenone:	
12.929	4-Hydroxy-3-methylbenzaldehyde	
13.033	2-Methoxyphenol	
14.031	Chlorobenzene	
19.558	2,4,5-Trimethylcumene	
19.639	1-(1,1-Dimethylethyl)-3,5-dimethyl-benzene	
20.872	n-Decane	
20.889	n-Tetradecane	

○ 멀티레이어 소재의 PP/EVOH/PP 패키징 용기를 투과하는 커피의 아로마 컴파운드에 대한 분석 연구

- (주)천마하나로에서 제공받은 블랜드 캡슐커피 두 종류(브라질산+파푸아뉴기니산, 콜롬비아산+브라질산)를 이용하여 특정온도(60℃, 35℃)에 방치할 경우 용기를 통해 빠져나오는 성분을 분석하였음
- 커피 파우더를 캡슐로 포장한 이후 빠른 시간내 투과도 분석을 위하여 준비해둔 헤드스페이스 자(jar)로 옮겨 담고 밀봉하여 아로마 손실을 최소화하였음.
- 이전 실험에서 정립한 SPME 조건을 바탕으로 온도별로 20분간 방치하였고, 시간에 따라 캡슐을 빠져나오는 아로마의 성분을 헤드스페이스 추출을 통하여 분석하였음

- 블랜드 브라질산+파푸아뉴기니산 (@ 60℃)

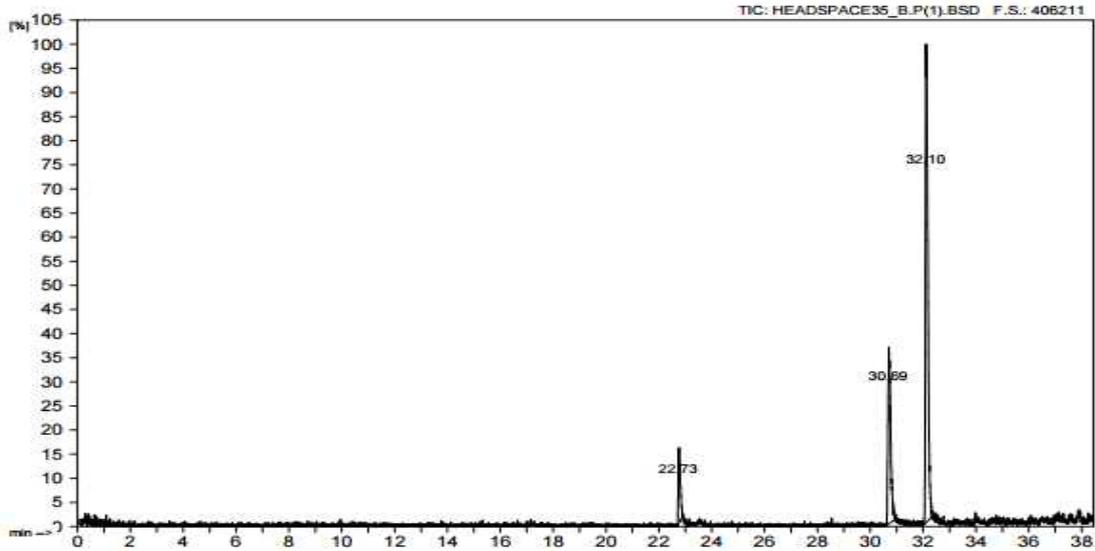


< 그림 38 블랜드 브라질+파푸아뉴기니산 (@ 60℃)>

<표 26 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Polymer
22.962	2-Ethylhexyl acrylate	
30.801	n-Heptane	PE
32.208	n-Heptane	PE
38.722	Aceticbutyricanhydride	

- 블랜드 브라질산+파푸아뉴기니산 (@ 35℃)

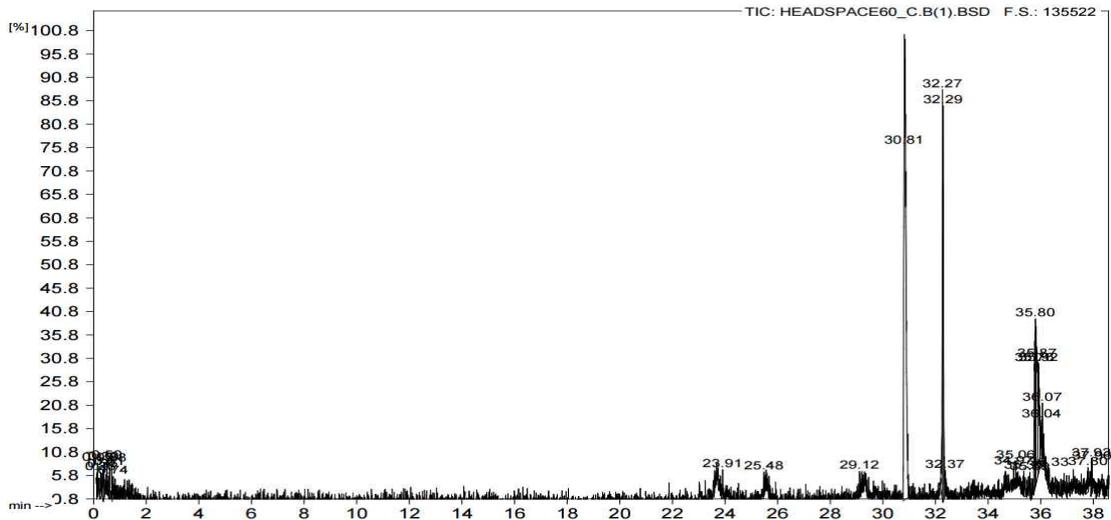


< 그림 39 블랜드 브라질+파푸아뉴기니산 (@ 35℃)>

<표 27 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Polymer
22.733	2-Ethylhexyl acrylate	
30.692	n-Heptane	PE
32.099	n-Heptane	PE

- 블랜드 콜롬비아산+브라질산 (@ 60℃)

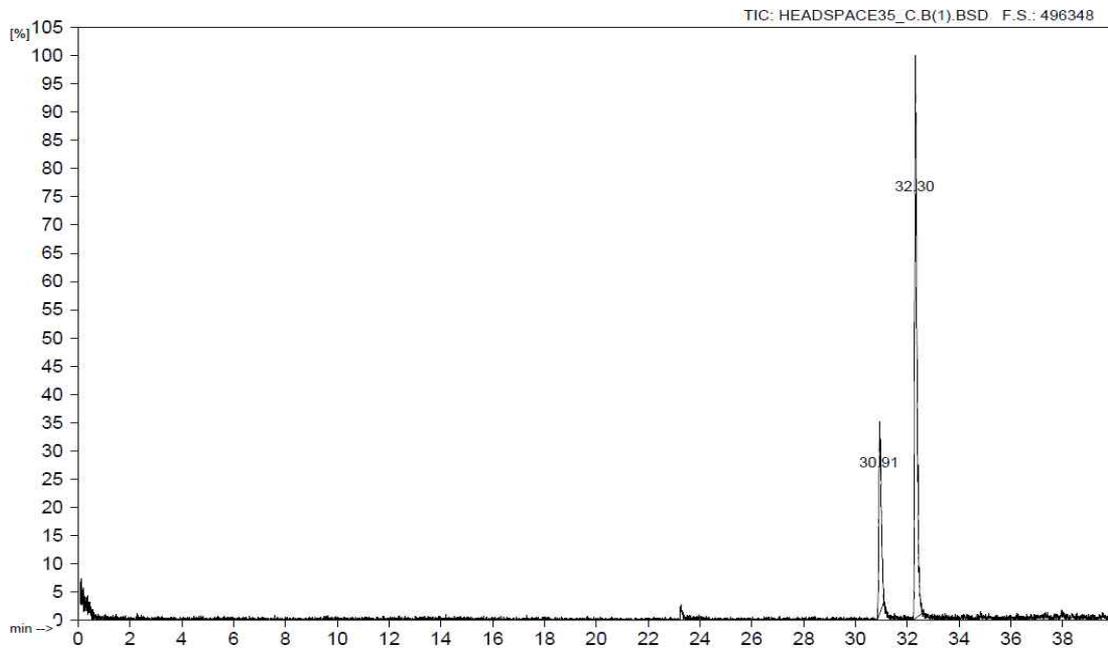


< 그림 40 블랜드 콜롬비아산+브라질산 (@ 60℃) >

<표 28 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

RT (min)	Peak Assignment	Polymer
0.502	Methyl alcohol	
0.742	Methyl alcohol	
23.911	Propane-1,2-diylidibenzene	
25.482	Styrene	PS
29.121	Methyl alcohol	
30.812	Tris(isodecyl) phosphite	
32.274	6-Heptenenitrile	
32.290	Unidentified	
32.372	2-Methylpyrrole	
34.974	Propane-1,2-diylidibenzene	PS
35.062	Propane-1,2-diylidibenzene	PS
35.361	Unidentified	
35.760	Calamenene	
35.803	Calamenene	
35.869	2,4-Diamino-1,3,5-triazine	
35.923	2,4-Diamino-1,3,5-triazine	
37.800	3-Methylpyridine	
37.931	2,4-Hexadienal	
37.958	Methyl alcohol	

- 블랜드 콜럼비아산+브라질산 (@ 35°C)



< 그림 41 블랜드 콜럼비아산+브라질산 (@ 35°C) >

<표 29 휘발성 유기화합물 (VOCs) 분석>

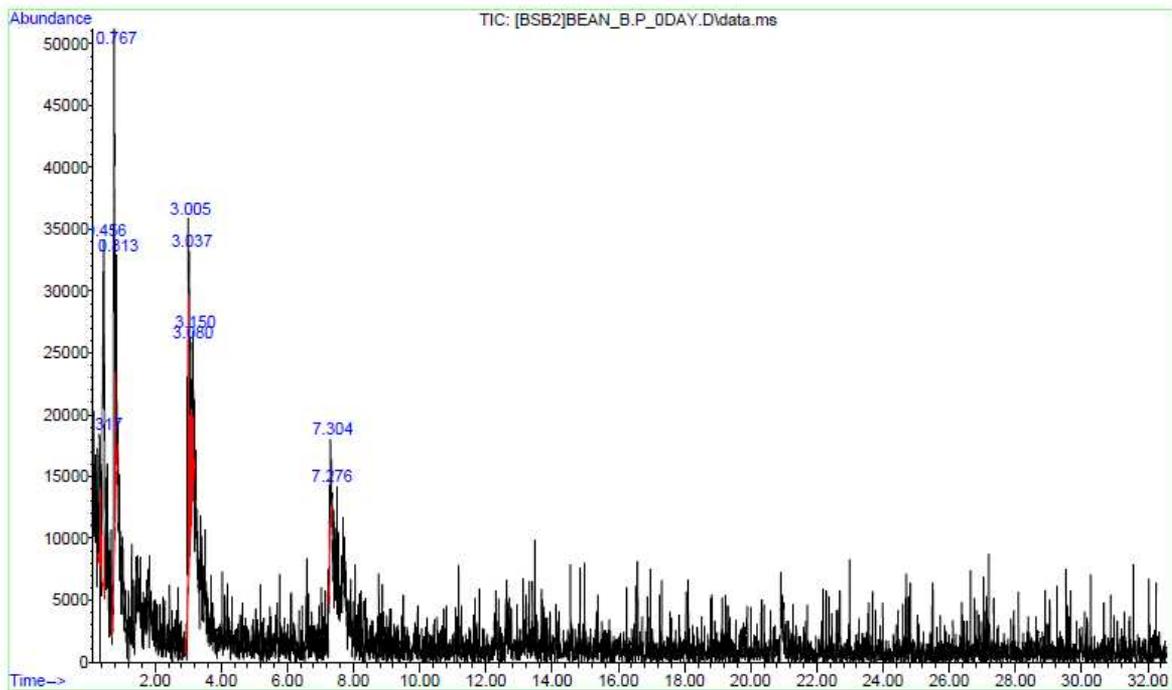
RT (min)	Peak Assignment	Polymer
30.910	n-Tetradecane	
32.301	n-Heptane	PE

- 캡슐 용기의 커피 아로마 차단 특성에 관한 성능 평가를 수행하기 위하여 60°C와 35°C의 온도 범위에서 20분간 방치 후 용기를 통해 빠져나오는 아로마 성분을 비교 분석하였음
- 분석결과 높은 온도 범위인 60°C에서 휘발성 유기화합물의 수가 증가한 것을 확인할 수 있음
- 하지만 수행한 모든 온도 범위에서 커피 아로마 성분이 검출되지 않음, 이는 캡슐 용기를 통한 아로마 성분의 투과가 발생하지 않은 것이며 패키징 용기로서의 필름지의 우수한 기능성을 보여줌

○ 로스팅 원두의 아로마 품질에 관한 연구 (커피 성분의 변화 및 산패도 분석)

- 로스팅 원두의 산화 반응에 따른 품질 변화를 평가하기 위하여 일정 시간이 경과 한 이후 아로마 컴파운드 구성을 비교 분석하였음
- 커피 파우더를 미리 준비한 jar에 넣은 뒤 즉시 밀봉하고 헤드스페이스 추출을 이용하여 분석, 이후 15°C(±2°C)에서 38시간 보관 후 헤드스페이스 추출을 이용하여 비교 분석하였음

- 블랜드 브라질산+파푸아뉴기니산 (@ 0h)

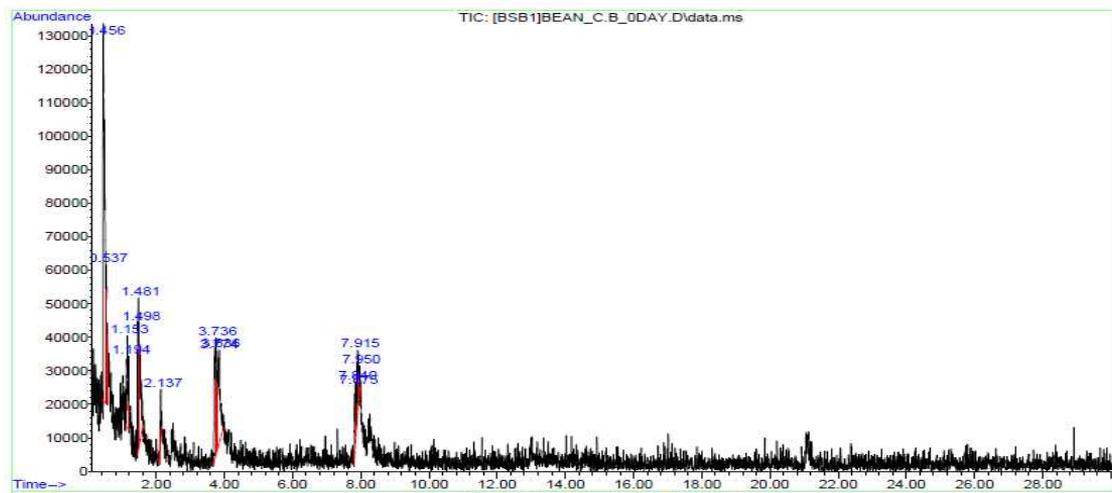


< 그림 42 블랜드 브라질산+파푸아뉴기니산 (@ 0h) >

<표 30 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment
0.317	Methyl alcohol
0.459	Methyl alcohol
0.767	Methylpyrazine
0.813	2,3-Butanedione
3.005	2,5-Dihydrofuran
3.037	2,5-Dihydrofuran
3.080	2,5-Dihydrofuran
3.150	2,5-Dihydrofuran
7.276	n-Butane
7.304	Methyl alcohol

- 블랜드 콜럼비아산+브라질산 (@ 0h)

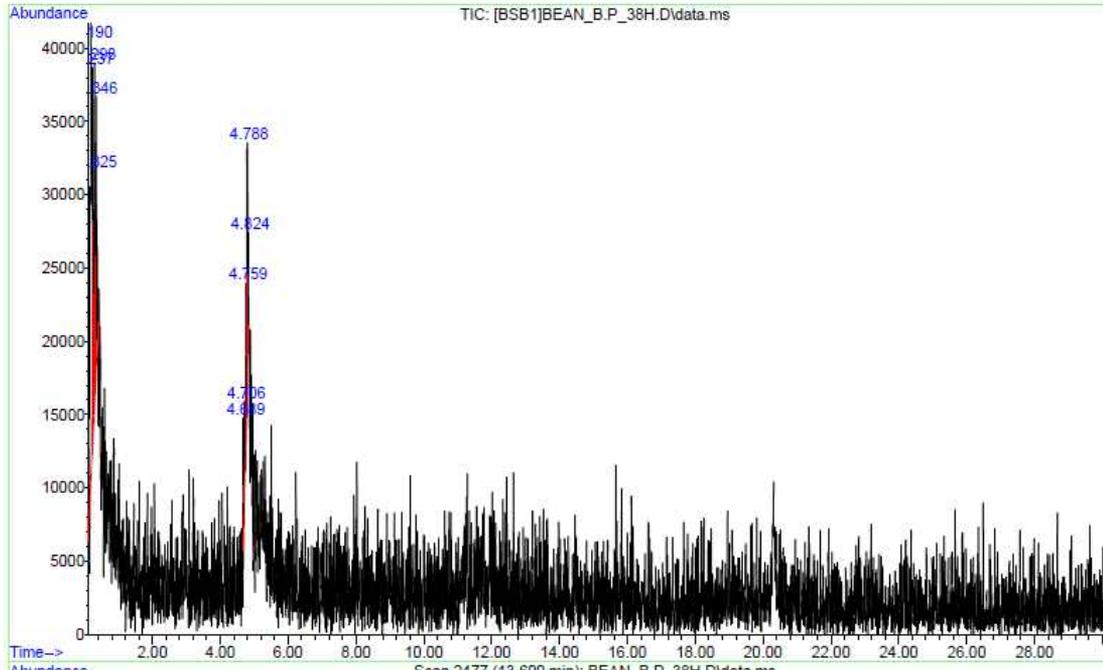


< 그림 43 블랜드 콜럼비아산+브라질산 (@ 0h) >

<표 31 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment
0.456	Pyridine
0.537	Pyridine
1.194	2,3-Butanedione
1.153	n-Butane
1.481	2,3-Butanedione
1.498	2,3-Butanedione
2.137	Methylpyrazine
3.736	2,3-Dimethyl-4-ethylpyrrole
3.776	2,3-Dimethyl-4-ethylpyrrole
3.836	2,3-Dimethyl-4-ethylpyrrole
7.840	2,4-Hexadienal
7.872	2,4-Hexadienal
7.915	n-Octane
7.950	n-Heptane

- 블랜드 브라질산+파푸아뉴기니산 (@ 38h)

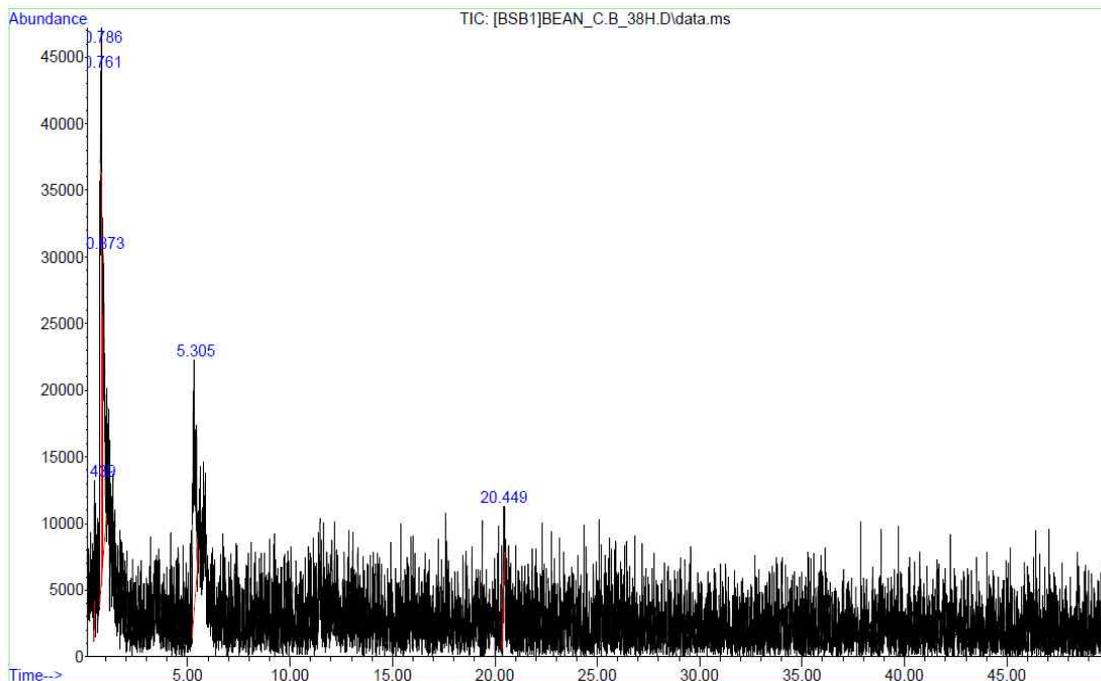


< 그림 44 블랜드 브라질산+파푸아뉴기니산 (@ 38h) >

<표 32 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment
0.190	Pyridine
0.237	Pyridine
0.298	2,5-Dihydrofuran
0.325	Propylene
0.349	1-Pentene
4.669	Methyl alcohol
4.706	Methyl alcohol
4.759	n-Pentane
4.785	n-Pentane
4.824	n-Heptane

- 블랜드 콜럼비아산+브라질산 (@ 38h)



< 그림 45 블랜드 콜럼비아산+브라질산 (@ 38h) >

<표 33 커피의 아로마 컴파운드 분석>

RT (min)	Peak Assignment
0.440	2,5-Dihydrofuran
0.760	2,3-Dimethyl-4-ethylpyrrole
0.786	2,3-Dimethyl-4-ethylpyrrole
0.873	n-Butane
5.300	2,4-Hexadienal
20.449	Methyl alcohol

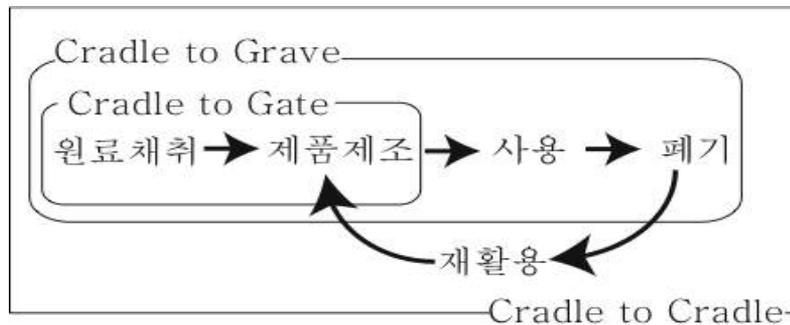
- 로스팅 커피의 아로마 구성 성분이 시간의 경과에 따라 변화하는 경향을 보여줌. 이는 커피 오일이 산소와 산화 반응하여 아로마 컴파운드의 변형이 일어나고, staling이 발생함을 알 수 있음
- 커피의 주요 아로마 성분이며, 개봉 직후 비교적 높은 비율로 Methylpyrazine, 2,3-butanedione이 검출된 것과 달리 38시간이 경과 후에는 검출되지 않음. 이는 산소와 반응성이 큰 두 물질이 산화 반응으로 인하여 변형이 일어난 것으로 판단 됨
- 이는 커피 신선도 품질 평가 indicator중 하나인 BD (2,3-butanedione)의 수치의 감소를 보여주며 품질 열화가 발생하는 것을 보여줌
- 따라서 커피 아로마 성분의 보존과 품질 열화를 방지하기 위하여 초기 산소의 제거와 패키지 필름 차단 특성의 중요성을 보여줌

○ 캡슐 커피 환경 영향을 측정하기 위한 전과정 평가

- 이번 과제를 통해 개발된 캡슐 커피의 환경 영향을 측정하고 각각의 공정별 환경에 미치는 영향을 측정하여 시스템을 개선하기 위해 전 과정 평가 (Life cycle assessment)를 활용

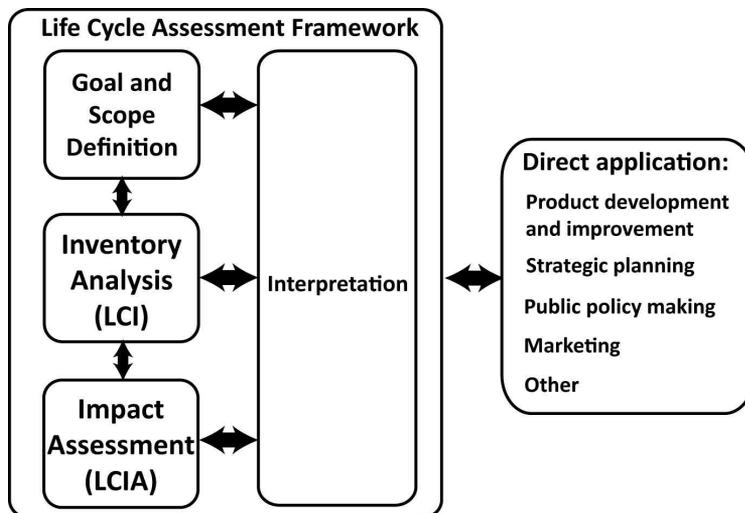
1. 전과정 평가의 개요

- 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA)는 제품의 원재료 생산, 제품 생산, 제품 사용, 폐기까지의 전과정에 걸친 제품의 환경적 영향을 평가하는 것이며 전과정평가에서는 제품에 전 과정 중에 사용되는 원재료 및 제품과 그에 따른 오염 물질 방출이 전부 정량화되어 도출되어짐
- 전과정(Life Cycle)이란 제품 제조에 사용된 원료의 채취부터 제품의 최종 폐기까지를 의미하며 즉, 원료 물질 채취, 원료 가공, 부품 제조, 제품 제조, 제품 사용, 제품 폐기, 재활용 그리고 각 단계 이동을 위한 수송이 제품 전 과정에 포함됨



< 그림 46 제품의 전과정 >

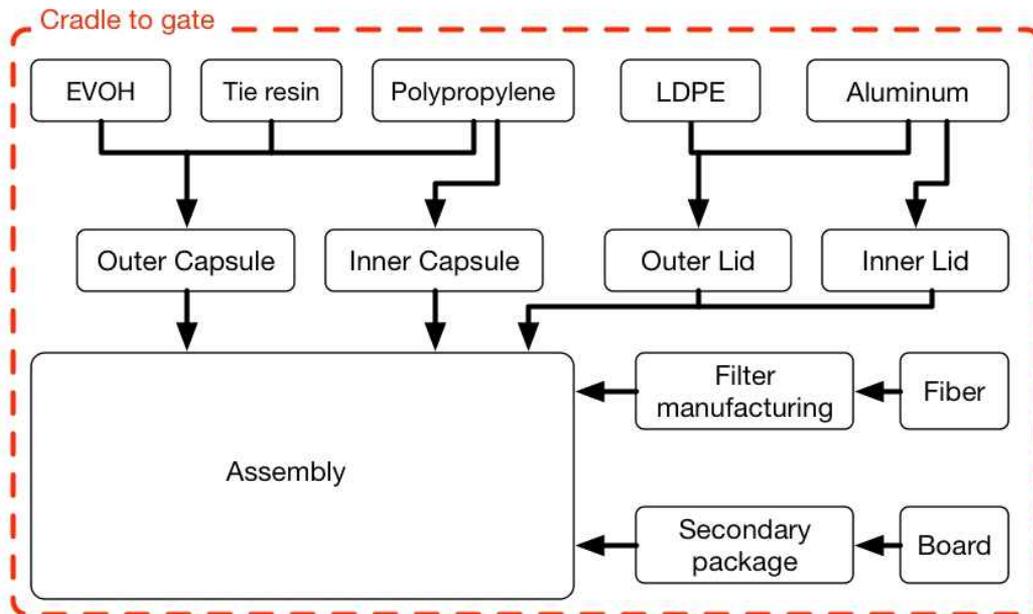
- 제품의 전과정은 제품의 이용목적과 특성에 따라 크게 3가지로 분류됨
- 가장 기본은 원료 채취에서 제품제조까지의 단계까지 평가하고 사용과 폐기 단계를 제외하는 경우 '요람에서 게이트까지(cradle to gate)'라는 말로 표현되며 여기서 게이트는 공장의 출하단계까지를 의미함
- 이후 사용과 폐기 단계를 포함한 경우 '요람에서 무덤까지(cradle to cradle)'로 표현되고 여기서 재활용까지 포함하게 되는 경우 '요람에서 요람까지(cradle to cradle)'라는 말로 표현됨



< 그림 47 International Standard Organization (ISO) 에서 제시한 LCA 방법론>

2. 기능 유닛 및 시스템 범위 정의

- 전과정 평가의 경우 기능 유닛을 기반으로 환경영향을 평가하며, 기능 유닛의 설정은 제품 및 시스템이 제공하는 기능을 정량화 하는 작업으로 대상 제품에 요구되는 필수적인 기능 즉, 품질을 반영하는 것이 중요함
- 기능 유닛에 따라 기능을 정량화 하고 정의된 기능을 수행하는데 필요한 품질 요건 및 관련 제한 사항을 정의하게 됨
- 기준 흐름은 정의된 기능 단위에 맞춰서 선정되어지며 이 기준 흐름에 맞춰서 제품 시스템 전체의 흐름이 정해지고, 이번 실험에서는 기능 유닛으로 1000개의 Capsule coffee를 생산하여 공장 문 밖을 나서기 전까지 (Cradle to gate) 사용되는 모든 물자와 에너지 그에 따른 배출물로 설정하였음
- 다음 그림에서는 이번 전과정 평가에서 분석할 Capsule coffee의 시스템 범위를 설명하고 있음



< 그림 48 Capsule coffee의 시스템 경계 >

3. 전과정 목록 분석 (Life cycle inventory analysis)

- 연구 목적 및 범위 정의 단계에서 정의된 기준 및 요건에 따라 데이터를 수집, 계산하는 단계임
- 즉, 전과정 단계와 단계별 단위 공정을 규명하는 것으로서 실제 수집 가능성을 고려하여 범위를 확정하는 단계임
- 현장 데이터를 수집하는 경우 수집 양식은 ISO에서 요구되는 문서화 요건과 더불어 연구 목적 및 범위 정의 단계에서 설정한 품질 요건이 문서화 될 수 있도록 내용을 구성하며, 이렇게 수집된 데이터는 사전에 정의된 기준 흐름 (Functional unit)에 맞게 계산함
- 전과정 데이터를 수집하는 방법으로는 크게 2가지가 있으며, 한 가지는 직접 측정하는 방법이고 또 다른 한 가지는 기존에 확립 되어있는 일반 데이터베이스를 사용하는 방법임
- 실제로 현장 데이터를 수집하는 데에는 많은 한계점이 있으며 제품의 전과정 중 중요하다고 사려 되나 데이터가 없는 부분만을 선택해서 수행하게 되며, 나머지 부분은 기존의 일반 데이터베이스를 사용하여 처리하게 된다. 다음 표에서는 실제 현장 데이터를 기준흐름 (Capsule coffee 1000개)에 맞춰 계산한 결과를 나타내고 있음

- 또한 이번 연구에 활용될 각 프로세스 별 일반 데이터베이스의 출처와 그에 따른 간략한 설명을 하고 있으며, 일반 데이터의 경우 ecoinvent에서 최근 개발한 Ecoinvent V3를 활용하였음

4. 주요 가정

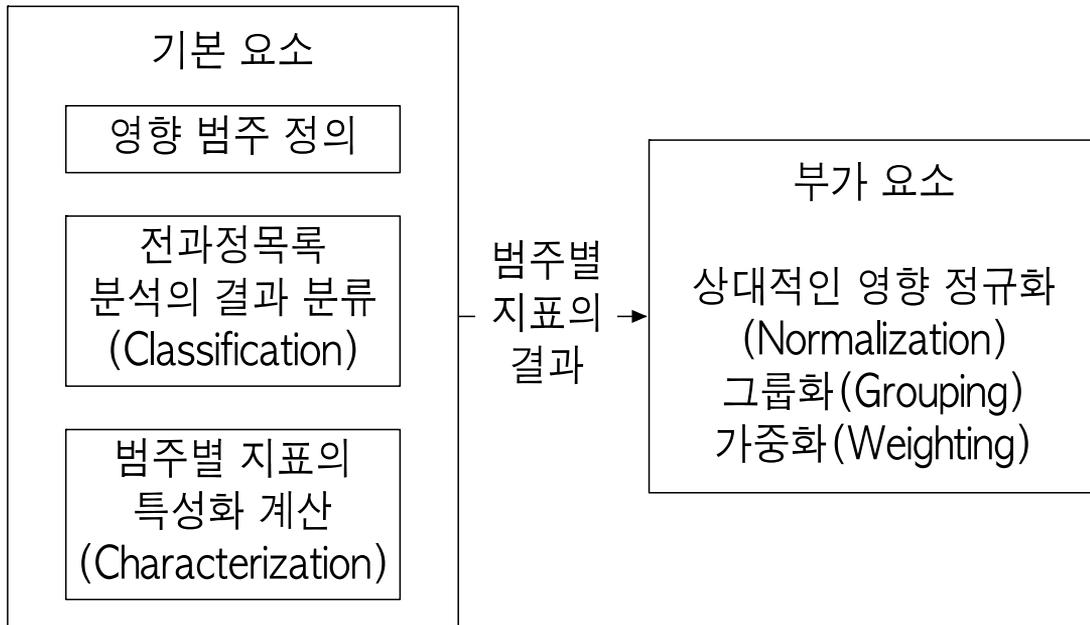
- 다음과 같은 가정들을 통해 전 과정 모델과 실제 제품의 전 과정 사이의 차이를 줄이려고 했으며, 부족한 데이터베이스를 보충하기 위해 다음과 같은 가정 및 제한 점들이 고려됨
 - Polypropylene의 경우 946 kg/m³, EVOH의 경우 1200 kg/m³의 밀도 값을 기반으로 1000개의 Capsule coffee에 활용된 각각의 재료 무게 추산
 - 재료 무게 추산시 활용한 10개당 캡슐커피 시트의 넓이는 227 mm x 95 mm 활용하였으며 두께는 Polypropylene의 경우 총 800 um 중 770 um, EVOH의 경우 30 um로 계산
 - Filter의 경우 Abaca filter와 같이 natural fiber를 활용하나 데이터 베이스의 부족으로 인해 이번 연구에서는 Kraft paper로 대체
 - 시스템 범위가 Cradle to gate로 한정되어있으므로 공정 중 발생하는 Waste의 처리에 관한 환경 영향은 이번 연구에서 제외

<표 33 Capsule coffee 1000개 기준 현장 데이터와 일반 데이터베이스>

Product	Component		Dataset name (Source: Ecoinvent 3.0)	Value (kg)
1000개의 Capsule coffee	Outer shell	Material	Polypropylene, granulate {RoW} production APOS, U	1.57
			Ethylene vinyl acetate copolymer {RoW} production APOS, U	0.078
		Process	Extrusion, co-extrusion {RoW} of plastic sheets APOS, U	1.648
			Thermoforming of plastic sheets {RoW} processing APOS, U	1.648
	Inner shell	Material	Polypropylene, granulate {RoW} production APOS, U	2.5
		Process	Injection molding {RoW} processing APOS, U	2.5
	Outer lid	Material	Polyethylene, low density, granulate {RoW} production APOS, U	0.148
			Aluminum, primary, ingot {RoW} production APOS, U	0.0692
			Printing ink, offset, without solvent, in 47.5% solution state {RoW} printing ink production, offset APOS, U	0.038
		Process	Calendering, rigid sheets {RoW} production APOS, U	0.148
			Extrusion, plastic film {RoW} production APOS, U	0.148
			Sheet rolling, aluminum {RoW} processing APOS, U	0.0692
	Inner lid	Material	Aluminum, primary, ingot {RoW} production APOS, U	0.035
		Process	Sheet rolling, aluminum {RoW} processing APOS, U	0.035
	Filter	Material	Kraft paper, bleached {RoW} production APOS, U	0.224
	Secondary package	Material	Solid unbleached board {RoW} production APOS, U	2.83
Process		Carton board box production, with offset printing {RoW} carbon board box production service, with offwet printing APOS, U	2.83	

5. 전 과정 영향 평가 (Life cycle impact assessment)

- 전과정 목록분석을 수행한 후에 대상제품 및 시스템에 대한 환경적인 측면을 파악하기 위해서 전과정 영향평가는 필수적이며, 전과정 목록분석만을 통해 결과 값을 도출했을 경우 때론 200개가 넘는 결과 값이 나올 수 있으며 이를 통해 어떠한 결정을 내리기에는 변수가 너무 많을 수 있음
- 전과정 영향평가는 전과정 목록분석의 결과를 영향범주별로 분류하는 분류화 (Classification)단계와 영향범주별로 분류된 계수들이 영향 범주에 미치는 영향을 정량화 하는 특성화(Characterization)단계, 영향범주별 환경영향을 지역적인 인자 또는 시간적인 인자, 인구수에 의한 인자 등에 의해 나누는 정규화 (Normalization)단계, 마지막으로 영향범주별 상대적인 가중치를 결정하는 가중치 부여(Weighting)단계로 진행됨
- 다음 그림에서 볼 수 있듯이 기본요소의 분류화와 특성화단계는 필수적인 단계이지만 부가요소의 정규화와 가중화 단계는 선택사항으로 분류 될 수 있음



< 그림 49 전과정 영향평가의 기본 요소와 부가 요소 >

- ReCiPe 2016

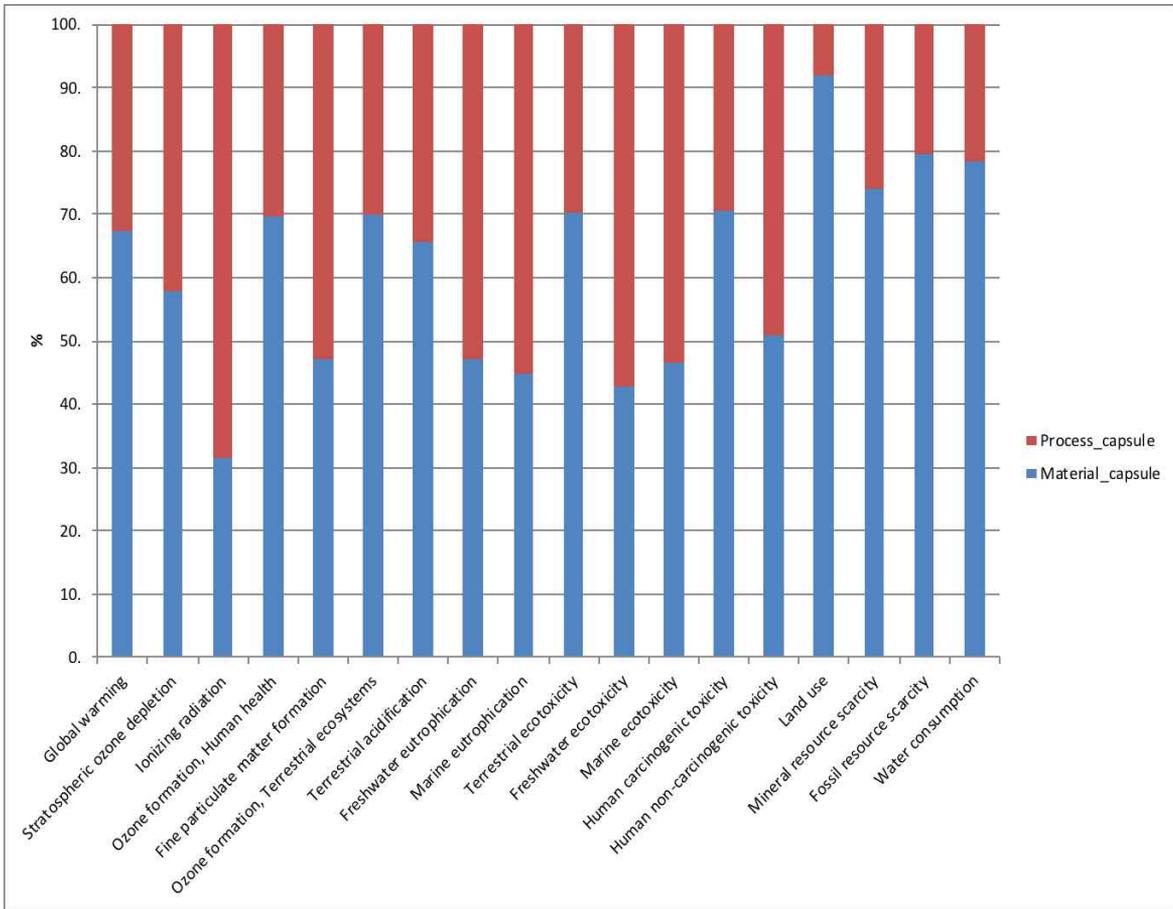
- 앞서 설명한 데로 불필요한 혼란을 줄이고 전과정 영향평가의 표준화를 위해 이미 각 나라와 단체에서 전과정 영향평가 방법들을 구축하고 있음
- 그 중 이번 연구에서는 RIVM, Radboud University Nijmegen, Leiden University, 에 의해 2008년 처음 개발된 영향 평가 방법으로 2016년 업데이트 된 ReCiPe2016을 활용하였으며, 이 방법에서 설정한 환경부하 항목은 다음과 같음

<표 34 ReCiPe2016의 환경부하 항목, 유닛 및 그에 따른 설명>

Impact category	Unit	Description
Global warming	kg CO2 eq	Global warming의 경우 지구 온난화를 일으킬 수 있는 모든 배출물들을 이산화탄소의 지구 온난화영향력을 기준으로 하여 정량화 한 것임
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	전 과정 중 발생하는 배출물 중 오존층 파괴 물질들의 총합으로 CFC-11의 오존층 파괴력을 기준으로 정량화
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	방사성 핵종의 유출에 따른 인간에게 미치는 영향력을 측정하는 것으로Cobalt-60의 영향력을 기준으로 정량화
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	대기중 오존물질 형성에 따라 인간에게 미치는 영향력을 측정하는 것으로 NOx의 영향력을 기준으로 정량화
Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	NOx, NH3, SO2 및 미세먼지의 배출에 따라 인간에게 미치는 영향력을 측정하는 것으로 PM2.5의 영향력을 기준으로 정량화
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	대기 중 오존물질 형성에 따라 육상 생태계에 미치는 영향력을 측정하는 것으로 NOx의 영향력을 기준으로 정량화
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물에 의한 육지 산성화에 따른 영향을 측정하는 것으로 SO2의 영향력을 기준으로 정량화
Freshwater eutrophication	kg P eq	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물에 의한 담수 부영양화로 인한 생태계 영향을 측정하는 것으로 P의 영향력을 기준으로 정량화
Marine eutrophication	kg N eq	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물에 의한 해수 부영양화로 인한 생태계 영향을 측정하는 것으로 N의 영향력을 기준으로 정량화
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물에 의한 육지 오염에 따른 생태계 영향을 측정하는 것으로1,4-dichlorobenzene의 영향력을 기준으로 정량화
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물에 의한 담수 오염에 따른 생태계 영향을 측정하는 것으로1,4-dichlorobenzene의 영향력을 기준으로 정량화
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물에 의한 해양 오염에 따른 생태계 영향을 측정하는 것으로1,4-dichlorobenzene의 영향력을 기준으로 정량화
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물 중 인간에게 미치는 발암성 영향 측정하는 것으로1,4-dichlorobenzene의 영향력을 기준으로 정량화
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	제품의 전 과정 중 발생하는 배출물 중 인간에게 미치는 비발암성 영향 측정하는 것으로1,4-dichlorobenzene의 영향력을 기준으로 정량화
Land use	m2a crop eq	제품 생산을 위한 각 공정 과정을 위해 필요한 육지 사용에 따른 영향을 측정하는 것으로 m2 당 연간 키울 수 있는 작물을 기준으로 정량화
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	제품 생산을 위해 각 공정에서 사용된 원료 및 에너지 사용에 따라 줄어든 Mineral resource의 영향을 측정하는 것으로 구리 (Cu)의 소비에 따른 영향을 기준으로 정량화
Fossil resource scarcity	kg oil eq	제품 생산을 위해 각 공정에서 사용된 원료 및 에너지 사용에 따라 줄어든 화석연료의 영향을 측정하는 것으로 원유 (Oil)의 소비에 따른 영향을 기준으로 정량화
Water consumption	m3	제품 생산을 위해 각 공정에서 사용된 담수로 인해 다른 곳에 활용 할 수 있는 담수 감소로 인한 영향을 측정하는 것으로 물의 소비에 따른 영향을 기준으로 정량화

6. 전과정 해석 (Interpretation)

- 연구 목적을 바탕으로 전과정 영향평가의 결과를 해석하는 단계이며, 즉, 제품이나 시스템의 전과정 목록평가 및 전과정 영향평가의 결과 값들에 대해 정확성, 일관성, 완전성 등을 파악하기 위한 체계적인 방법을 의미함
- 전과정 해석에 가장 자주 쓰이는 수치해석방법론으로는 기여도 분석 (Contributonal analysis), 민감도 분석(Sensitivity analysis), 불확실성 분석 (Uncertainty analysis), 비교 분석(Comparative anaylsis), 통계 비교 분석 (Discernibility analysis) 총 5가지가 있음
- 이 5가지 수치해석 방법론은 대체제품의 개수와 불확실성평가의 유무에 따라 다시 나뉘질 수 있음
- 여기서 대체제품이란 전과정 평가를 통해 연구하고자 하는 제품을 대체 할 수 있는 제품을 말하고 있으며, 이 중에서도 이번 연구에서는 기여도 분석을 활용하여 결과를 분석하였음
- 기여도 분석이란 전과정 평가를 통해 나온 결과 값 중 각 단위공정들이 미치는 정도를 파악하는 과정이며, 통합되어있는 전과정 목록평가나 전과정 영향평가의 결과 값들을 몇 개의 하위 단계들로 재편성하여 어떤 하위 단계가 얼 만큼의 환경 영향을 일으키는지 파악함
- 예들 들어 PET 음료병의 전과정 평가를 임의로 하위 단계로 나누어 보자면 원료 생산 단계, 압축연신사출공정 단계, 운송 단계 등으로 나눌 수 있으며 이 단계들에 따라 환경영향을 평가, 비교 할 수 있음
- 기여도 분석의 목적은 각 하위 단계 및 하위 공정별 환경 영향 분석을 통해 개선점을 찾아내는 것이며, 어떤 하위 단계 및 하위 공정이 환경영향평가에 가장 많은 영향을 미치는지도 분석할 수 있음



< 그림 50 Capsule coffee 1000개의 전체 환경 부하 항목 별 % 결과 값 >

<표 35 Capsule coffee 1000개의 전체 환경 부하 항목 별 결과 값>

Impact category	Unit	Material	Process
Global warming	kg CO2 eq	19.97168	9.666332
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	3.40E-06	2.47E-06
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.255246	0.5566
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0.037408	0.016218
Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	0.007366	0.008304
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	0.039386	0.017003
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0.053171	0.027742
Freshwater eutrophication	kg P eq	0.002835	0.003183
Marine eutrophication	kg N eq	0.000373	0.000457
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	7.48199	3.176878
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.161736	0.215385
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.057594	0.06645
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.004405	0.001836
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.046591	0.045042
Land use	m2a crop eq	6.541733	0.572336
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.019633	0.006845
Fossil resource scarcity	kg oil eq	8.321513	2.148016
Water consumption	m3	0.231969	0.064663

- 환경 영향 분석 결과 Material 생산과정이 Processing 과정보다도 Global warming, Stratospheric ozone depletion, Ozone formation (Human health), Ozone formation (Terrestrial ecosystems), Terrestrial acidification, Terrestrial ecotoxicity, Human carcinogenic toxicity, Land use, Mineral resource scarcity, Fossil resource scarcity, Water consumption 환경 영향 범주에서 더 높은 기여를 하였음
- Global warming의 경우 전체 환경 영향 값에서 Material 생산과정이 총 67%를 차지하였으며 그 중에서도 Polypropylene 생산과정이 가장 큰 기여를 한 세부 공정으로 나타남
- Processing 과정에서 가장 큰 기여를 한 세부 공정으로는 화력 발전을 위해 활용된 Hard coal의 채굴 과정 중 발생하는 환경 부담으로 나타남
- Stratospheric ozone depletion의 경우 전체 환경 영향 값에서 Material 생산과정이 총 58%를 차지하였으며 그 중에서도 Solid unbleached board 생산이 가장 큰 기여를 한 세부 공정으로 나타남
- Ozone formation (Human health)의 경우 전체 환경 영향 값에서 Material 생산과정이 총 70%를 차지하였으며 그 중에서도 Polypropylene 과 Solid unbleached board 생산이 큰 기여를 한 세부 공정으로 나타남
- 이러한 경향은 Terrestrial acidification에서도 나타났으며 특히 Polypropylene의 경우 전체 Capsule coffee에서 사용되는 양이 1000개 기준 대비 가장 많았기 때문에 대다수의 환경 영향 범주 별로 가장 큰 기여를 한 세부 공정으로 나타남

○ 사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	3.2 억원
			향후 3년간 매출	억원
		관련제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	15 억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 2 % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 10 % 국외 : %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 2 % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 10 % 국외 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세 부 항 목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3년			
	소요예산(백만원)	300			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		3.2	연간 15억 예상	연간 30억 예상	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	2 %	10 %	20 %
국외					
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	3	12	24	
	수 출	0.5	2	5	

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

<정량적 목표 항목>

평가 항목 (주요 성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계최고 수준 보유국/ 보유기업 (/)	연구개발 전 국내수준	개발 목표치			평가 방법
			성능수준	성능수준	1차 년도	2차 년도	3차 년도	
1.컴파운드의 차단성	cc/m ² ·day·atm	15	-	0.01	0.008	-	0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
2.컴파운드 적용 패키징 용기의 차단성	cc/pkg·day·atm	20	-	0.01	0.008	-	0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
3.다층구조 차단성	cc/m ² ·day·atm	15	-	0.01	0.008	-	0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
4.컴파운드 가스 흡착능	cc/g resin	20	-	-	-	15	20	자체평가
5.Lid 필름 씰링 강도	kgf	20	-	2.0	-	1.8 (10% 향상)	1.6 (10% 향상)	ASTM F88 or F2824 시험성적(확인)서
6.기능성 패키징 용기 시제품 수	건	10	-	-	1	-	1	자체평가

3-2. 목표 달성여부

<정량적 목표 달성치>

평가 항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	개발 목표 및 달성치						평가 방법
			1차년도	1차년도달성치	2차년도	2차년도달성치	3차년도	3차년도달성치	
1.컴파운드의 차단성	cc/m ² ·day·atm	15	0.008	<0.008	-	-	0.005	<0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
2.컴파운드 적용 패키징 용기의 차단성	cc/pkg·day·atm	20	0.008	<0.008	-	-	0.005	<0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
3.다층구조 차단성	cc/m ² ·day·atm	15	0.008	<0.008	-	-	0.005	<0.005	ASTM D3985 시험성적(확인)서
4.컴파운드 가스 흡착능	cc/g resin	20	-	-	15	15	20	20	자체평가
5.Lid 필름 씰링 강도	kgf	20	-	-	1.8 (10% 향상)	1.8	1.6 (10% 향상)	1.6	ASTM F88 or F2824 시험성적(확인)서
6.기능성 패키징 용기 시제품 수	건	10	1	-	-	-	1	1	자체평가

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍 보		기 타 (세 미 나)	
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		논 문 평 균 IF			학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
												SCI	비 SCI							
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치																				
최종목표	5	5		1		11	76		10	15 억		3		5			1	1		
1차 년 도	목 표	2										1		1			0			
	실 적	2										0		1			1			
2차 년 도	목 표	2	2									1		2				0		
	실 적	2	1			2						1		3				1		
3차 년 도	목 표	1	3									1		2						
	실 적		1		1	10	325	50	3			2		2						
4차 년 도	목 표																			
4차 년 도	실 적																			
5차 년 도	목 표																			
	실 적																			
소 계	목 표	5	5		1	1						3		5			0	0		
	실 적	4	2		1	12			3			3		6			1	1		
종료 1차년도						1	2		2	5										
종료 2차년도						2	4		2	10										
종료 3차년도						2	10		3											
종료 4차년도						2	20		2											
종료 5차년도						3	40		1											
소 계						10	76		10	15		3		5			1	1		
합 계						11	76		10	15		3		5			1	1		

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

- 성과 목표에서 미달된 1건의 출원은 현재 주관기관과 용기 구조 설계 및 복합소재 적용에 따라 공동 출원을 협의 중임
- 기 출원한 4건의 특허 중 2건의 특허가 등록되었으며, 나머지 2건의 특허는 심사 청구하여 심사 중이므로 추후 등록이 예상됨

4. 연구결과의 활용 계획 등

- 가격 경쟁력과 기능성 구현으로 기능성 컴파운드 소재의 커피산업 적용뿐만 아니라 발효식품 및 고차단성 등의 기능성이 요구되는 다양한 제품군으로의 패키징 적용이 가능함
- Shelf Life Extension 실현으로 식품 등의 장시간 신선도 유지와 유통 안정성이 확보되므로 국내시장뿐만 아니라 해외신규 시장 창출과 점유율 향상에 기여할 것으로 판단됨
- 유한요소 해석 및 전과정 평가, 그리고 엔지니어링 디자인 기술 적용을 통한 최적 친환경 기능성 패키징 설계 기술을 기존 생산되는 다양한 패키징 제품군에 확대 적용하여 패키징의 고부가가치에 기여할 것으로 기대됨
- 글로벌 커피 소비량 증가와 함께 소비자들의 커피에 대한 선호도 증가로 인해 커피의 품질과 맛, 향의 고급화 경쟁이 치열해 지고 있는 시점에 본 연구개발을 통해 로스팅 분쇄커피의 산화방지 및 신선도 유지 기술을 통한 패키징 성능 향상을 유도
- 커피를 포함한 다양한 발효식품과 의약품 분야에서의 흡착기능 및 가스 차단 기능 패키징 소재에 대한 기술적인 연구와 고분자/첨가제 메커니즘 분석에 기여할 수 있으며, 다양한 분야에서의 기능성 패키징 소재 적용을 촉진
- 원천기술 확보를 통한 기능성 패키징 소재 산업의 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있으며 고부가가치 산업인 커피 관련 파생 산업으로의 꾸준한 기술 적용이 기대
- 커피 등의 인기 기호 식품에 대한 장기 안정성 제고뿐만 아니라 다양한 분야로의 기술 적용을 통한 소비자 신뢰성을 높여 시장창출 및 수요확대에 기여
- 국내 원두 및 캡슐커피의 대외 의존도가 높고 최근 관련 소재 및 디자인 등의 개발이 일부 진행되고 있으나, 실제 캡슐커피 완제품 적용은 당사가 최초이므로

패키징용 기능성 컴파운드 소재를 개발하고 이들의 산업화를 추진하여 국가 산업 발전 및 이익창출 효과가 기대

- 고차단, 흡착능 등 기능성 패키징 소재의 개발을 통한 원천기술의 개발 및 확보하고 해외 기술 수출 기반 마련을 통한 국가 기술 경쟁력을 제고
- 범용 고분자 및 기능성 발현 천연물 활용을 통하여 제품의 장기보관 및 유통안정성을 통한 신선도 유지를 확보함으로써, 기능성 패키징 소재 기술 개발 및 관련 시장의 활성화가 기대
- 혁신적 디자인 및 패키징 구조설계 기술과의 융복합을 통하여 패키징 물성뿐만 아니라 기능성 구현 모델링 해석을 접목한 본 연구의 평가 및 기술 개발 방법은 패키징 산업 전반에 걸쳐 연구/개발에 대한 대표 사례가 새로운 연구/개발 모델을 제시할 것으로 기대
- 기 사용 중인 범용 고분자 소재인 PP, PE 등을 대체하는 재활용이 용이한 또는 Composting 이 가능한 친환경 소재 PLA를 활용하여 캡슐 용기 및 패키징 용기 그리고 리드 필름으로의 적용 방안을 위한 선행 연구를 추진중이며, 로스팅 공정 및 패키징 공정라인에서의 사용 에너지 절감을 위한 추가 공정 개상 및 물류 효율화를 위한 방안을 마련하고 있음

붙임. 참고문헌

- [1] Ail Durmus, Maybelle Woo, Ahmet Kasgoz, Christopher W. Macosko. Intercalated linear low density polyethylene (LLDPE)/clay nanocomposites prepared with oxidized polyethylene as a new type compatibilizer: Structural, mechanical and barrier properties, *European Polymer Journal* 43 (2007) 3737-3749
- [2] Karen Stoeffler, Pierre G. Lafleur, Johanne Denault. The Effect of Clay Dispersion on the Properties of LLDPE/LLDPE-g-MA/Montmorillonite Nanocomposites, *Polymer Engineering and Science* (2008) 2459-2473
- [3] W, Lertwimolnun, B. Vergnes. Influence of compatibilizer and processing conditions on the dispersion of nanoclay in a polypropylene matrix, *Polymer* 46 (2005) 3462-3471
- [4] Jeremy J. Decker, Kevin P. Meyers, Donald R. Paul, David A. Schiraldi, Anne Hiltner, Sergei Nazarenko. Polyethylene-based nanocomposites containing organoclay: A new approach to enhance gas barrier via multilayer coextrusion and interdiffusion, *Polymer* 61 (2015) 42-54

주 의

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

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 커피 선도유지를 위한 기능성 컴파운드 소재 및 패키징 개발				
	(영문) Development of Functional Compound and Packaging for Shelf Life Extension of Coffee				
주관연구기관	(주)천마하나로		주 관 연 구	(소속) (주)천마하나로	
참 여 기 업			책 임 자	(성명) 김 호 태	
총연구개발비 (10,800천원)	계		총 연 구 기 간	2015.10. ~ 2018.10. (3년)	
	정부출연 연구개발비	81,000	총 참 여 연 구 원 수	총 인 원	13
	기업부담금	270,000		내부인원	13
	연구기관부담금			외부인원	
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로스팅 분쇄커피의 산화 방지 및 신선도 유지, Shelf Life Extension을 위한 기능성 패키징 컴파운드 소재 및 다기능성 패키징 개발 - 소비자 사용 편의성 향상과 패키징의 환경 부담을 줄이는 친환경 패키징 기술 개발 <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 주관기관인 (주)천마하나로에서 기능성 컴파운드 소재를 활용한 시트 및 Lid 필름의 제품화, 다기능성 패키징 용기 설계 및 신뢰성 평가, 그리고 제품의 사업화를 수행 - 협동연구기관인 한국생산기술연구원 패키징기술센터에서 기능성 구현 천연물 소재를 이용하여 이들의 고분자 내 균일 분산 가공기술 개발, 기능성 컴파운드 마스터배치 개발 및 기능성 분석, 다기능성 패키징의 환경성 분석 연구를 수행 <p>[세부연구내용]</p> <p>(1차년도) 캡슐커피 패키징용 산소 고차단성 구현 컴파운드 소재 및 시트 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 산소 차단 기능성 부여 천연물 소재의 고분자 용융공정 내 균일 분산 및 컴파운딩 가공 기술 ○ 천연물 소재 개질에 따른 고분자/천연물 소재 상용성 평가 기술 <p>(2차년도) 가스 흡착능 및 Easy Peel 기능 Lid 필름용 컴파운드 소재 및 필름 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 천연물 가스 흡착제 용융 균일 분산 컴파운딩 기술 ○ 흡착능 구현을 위한 필름화/발포 필름 제조 및 흡착능 제어 기술 <p>(3차년도) 기능성 컴파운드 소재를 이용한 캡슐커피용 다기능성 패키징 제품 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 컴파운드 소재 활용 패키징 용기 성형 가공/공정 안정화 및 기능성 평가 기술 ○ 캡슐커피 제품 적용을 통한 장기 Field Test 및 신뢰성 확보 ○ 유한요소 해석 및 전과정 평가를 통한 최적 패키징 용기 설계 및 기능성 평가 기술 					

- 커피 생두를 로스팅하여 원두를 제조하는 공정 조절을 통해 가스 발생 및 향미 최적화 구현
- Lid필름 다층구조 (패키징 엔지니어링 디자인) 변경을 통해 easy peel 기능성 최적화
- 1차 년도 실험 결과를 바탕으로 EVOH/nanoclay 5wt% 복합소재 컴파운드를 제조하여 0.005 cc·m/m²·day·atm 이하의 산소투과도를 구현함
- 멀티플라잉 공정을 통해 산소차단성을 가지는 층 2개를 형성하는 다층구조 시트를 제조함으로써 0.005 cc·m/m²·day·atm 이하의 산소투과도를 구현함
- 기 개발한 산소차단성을 가지는 다층구조 시트를 열 성형 공정을 통해 캡슐커피패키지의 캡슐로 제조하여 컴파운드 적용 패키지 용기를 제조하였고 0.005 cc/pkg·day·atm 이하의 산소투과도를 구현함
- 2차 년도 수행했던 zeolite 4A보다 이산화탄소 흡착능이 뛰어난 동일한 제올라이트계 zeolite 13X를 선정
- Lid필름용 제올라이트 복합소재 컴파운드의 이산화탄소 흡착능을 20 cc/g resin 이상 확보
- 이산화탄소 흡착능 향상을 위해 LDPE 매트릭스에 40 wt% 함량의 zeolite 13X를 포함시켜 복합소재를 제조하였으며 약 200%의 이산화탄소 흡착 성능 향상
- Lid 필름 쉐어링 강도를 공정상에 압력과 시간을 조절하여 1.6 kgf 이하로 10% 성능 향상
- 생분해성기반의 복합소재를 제조하였으며 가소제를 이용하여 cellulose nanofiber를 polylactic acid 매트릭스에 균일하게 분산시키는 기술 개발
- Cellulose nanofiber의 균일한 분산기술로 인해 가소화된 polylactic acid의 기계적 물성 (인장강도)을 향상시켰으며, 이를 통해 산소차단성 향상에도 도움이 될 것이라 예상
- 상용화제를 통해 Polylactic acid와 산소차단성이 우수한 thermoplastic olefin elastomer의 블렌드 최적의 조성비 확립을 통해 기계적 물성을 향상시킴
- T-die 공 압출 라인 장비를 이용하여 필름을 제조를 위한 polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름 가공 조건 확립
- 기 개발한 캡슐커피패키지용 이산화탄소 흡착능을 가지는 lid필름과 산소차단성을 가지는 캡슐의 열접착 공정 확보를 통한 시제품 개발
- 유한요소 해석을 통한 적정하중에서의 응력, 변이, 변화율의 최소화 구조 확보
- 유기화합물 투과도 분석을 통해 캡슐 용기를 통한 아로마 성분의 투과가 발생하지 않는 것을 확인하였으며 캡슐커피패키지로서의 우수한 특성 확인
- Gas chromatography 장비를 통해 커피 원두의 보존 기간에 따른 커피 성분 변화와 산패도 분석법 확보
- 전과정 분석을 통해 원료 및 생산과정에서의 환경적 영향에 대해 분석 및 평가

○ 핵심성과

- 국내 특허 출원 4건, 등록 2건

- 1) 듀얼 스크류와 클로징 시스템을 이용한 소성가공장치
(출원번호: 10-2016-0099582, 대한민국)
- 2) 커피캡슐 포장용기
(출원번호: 30-2016-0042918, 대한민국)
- 3) 음료 추출용 캡슐 국내디자인등록
(등록번호 30-0907010, 2017/05/15)
- 4) 커피 캡슐용 커피 분말의 자동 충전 장치 특허출원
(출원번호 10-2017-0018061)
- 5) 이성분계를 활용한 나노클레이 분산 방법
(출원번호 10-2017-0159868)
- 6) 듀얼 스크류와 클로징 시스템을 이용한 소성가공장치
(등록번호 10-1874010)

- SCI 논문 게재 3건

- 1) Effect of hollow glass microsphere (HGM) on the percolation network of single-walled carbon nanotube (SWNT) Composites Part B 117 (2017) 35-42 (사사표기)
- 2) Physical and Mechanical Properties of Plasticized Butenediol Vinyl Alcohol Co-polymer/Thermoplastic Starch Blend, <https://doi.org/10.1002/vnl.21621> (사사표기)
- 3) The Addition Effect of Hollow Microsphere (HGM) on the Dispersion Behavior and Physical Properties of PP/Clay Nanocomposites, (사사표기)

- 국내 학술대회 발표 6건

- 1) The Effect of Borosilicate Glass and nanoclay on the Physical and Mechanical Properties of LLDPE/Hybrid Filler Nanocomposites, 2016/04/07, 2016 한국고분자학회 춘계학술대회 발표
- 2) Effect of residence time on the dispersion state of single-walled carbon nanotube in polypropylene matrix, 2017/04/06, 2017 한국고분자학회 춘계학술대회
- 3) The Synergistic effect of CNT and CB hybrid fillers on PP composites: mechanical and rheological properties, 2017/04/07, 2017 한국고분자학회 춘계학술대회
- 4) Physical and Mechanical Properties of Plasticized Butenediol Vinyl Alcohol Co-polymer/Thermoplastic Starch Blend, 2017/06/29, ISGMA 2017
- 5) Reactive compatibilization of Poly (lactic acid) / Thermoplastic olefin elastomer (TPE) Blends, 2018/05/04, 한국공업화학회 춘계학술대회
- 6) The Fabrication of Polylactic acid (PLA) / Cellulose nanofiber (CNF) Nanocomposites with Plasticizer as dispersing agent, 2018/10/12, 한국고분자학회 추계학술대회

- 제품화 12건 및 기술이전 1건

○ 전략성과

- 컴파운드 소재 산소차단성: $< 0.005 \text{ cc}\cdot\text{m}/\text{m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ → 달성
- 컴파운드 적용 패키징 용기의 산소차단성: $< 0.005 \text{ cc}/\text{pkg}\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ → 달성
- 다층구조 산소차단성: $< 0.005 \text{ cc}\cdot\text{m}/\text{m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ → 달성
- 컴파운드 소재 가스 흡착능: $> 20 \text{ cc}/\text{g resin}$ → 달성
- 패키징제품과 Lid 필름 간 Sealing 강도 : 기존 1.6 kgf 10% 향상 → 달성
- 기능성 패키징 용기 시제품 수 1개 → 달성

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- Novel 가공 시스템 및 프로세스 기술을 통한 컴파운딩 공정의 다양한 고분자/기능성 첨가제 복합소재로의 적용 확대하고자 함
- 소비자 편의성 증대 및 커피 고유 아로마를 유지하고 CO₂ 발생을 최소화하는 로스팅 공정 및 패키징 공정의 최적화에 기여하고자 함
- 3차 년도에서 구현된 산소차단성 캡슐과 lid 필름의 열접착 공정 최적화를 구현하고, Easy peel을 통해 지속적인 패키징 개선 및 상품성을 개선하고자 함

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		115016-03-1-HD020	
사업구분	고부가가치식품기술개발사업				
연구분야	식품저장 및 유통/포장			과제구분	단위
사업명	고부가가치식품기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	커피 선도유지를 위한 기능성 컴파운드 소재 및 패키징 개발			과제유형	개발
연구기관	(주) 천마하나로			연구책임자	김 호 태
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2015.10.23. ~ 2016.10.22.	270,000	90,000	360,000
	2차연도	2016.10.23. ~ 2017.10.22.	270,000	90,000	360,000
	3차연도	2017.10.23. ~ 2018.10.22.	270,000	90,000	360,000
	계	2015.10.23. ~ 2018.10.22.	810,000	270,000	1,080,000
참여기업					
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2018, 12.01

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)천마하나로	대표	김 호 태

4. 평가자(연구책임자) 확인 : 김 호 태

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

확 약	김 호 태
-----	-------

1. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

기존의 EVOH를 활용한 용기는 높은 원재료 가격이 문제되었으나, 새로 개발한 다층시트는 EVOH함량을 줄이고 EVOH 양면에 천연소재를 함유한 층을 생성시켜서 산소차단성을 보완하면서 원가를 절감하는 연구입니다. 또한 기존에 탄산가스가 발생하는 제품의 포장은 주로 별도의 가스 흡수제를 파우치 형태로 투입하는 방식이었으나 본 연구는 이지필 필름 자체에 가스를 흡수할 수 있는 소재를 혼합하여 제품포장 완성도를 높이고 혹시라도 있을 수 있는 가스흡수제의 혼입을 막을 수 있는 좋은 연구결과입니다.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

EVOH다층 시트를 대체하는 신소재는 산소차단소재 중 전혀 새로운 접근방식으로서 동일 성능대비 원가격 경쟁력을 확보할 수 있어 본 생산 후 국내의 판매가 가능할 것으로 판단되고, 이산화탄소 흡수기능의 필름은 한국의 대표 음식인 김치포장재로서 최적이라고 판단됩니다.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

천연물활용 다층시트는 국내 식품 용기에 적용이 가능함
탄산가스흡착필름은 김치, 청국장 류의 포장재 용기에 적용이 가능함
가공 식품 뿐만 아니라 농산물 등의 신선식품으로 적용이 가능하여 기능성 복합소재의 응용 확장성이 상당히 높을 것으로 기대됨

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

협동기관인 한국생산기술연구원(패키징기술센터)는 우수한 연구진과 연구 장비를 활용하여 주관기관이 할 수 없는 연구를 주도적으로 진행하였고, 주관기관은 이를 바탕으로 제품의 사업화를 성공시킴으로써 좋은 연구개발의 결과를 이끌었다고 봅니다.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

지적재산권 분야에서 아직 출원 후 심사진행중인 건으로 인하여 초기 계획에 특허 1건 등 미달된 사항은 있으나 SCI 논문3건, 국내·외 학술발표6건, 국내세미나1건, 홍보전시회1건을 수행하여 좋은 성과를 거두었다고 판단됩니다. 특히, Journal of Applied Polymer Science 최근 게재 승인이 된 논문의 경우 편집장으로부터 표지 논문으로 선정되어 그 연구 결과의 우수성을 입증하였습니다.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1.컴파운드의 차단성	15	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고차단성 컴파운드 소재 활용을 통한 시트화 및 열성형 가공/공정 기술 확보 ○ 캡슐 커피용 기능성 패키징의 Field Test 및 개선 완료 ○ 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 파악
2.컴파운드 적용 패키징 용기의 차단성	20	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 패키징 엔지니어링 디자인 적용 구조 설계 및 이에 따른 물성 평가 기술 확보 ○ 산소 차단성 향상에 활용되는 천연물 및 가스 흡착능 천연물 소재 조사 및 성능 분석 완료
3.다층구조 차단성	15	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 범용 고분자 용융가공 시 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운딩 기술 개발 ○ 고차단성 구현 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술 확보 ○ 컴파운드 소재 활용 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작/평가 완료
4.컴파운드 가스 흡착능	20	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 흡착 기능 컴파운드의 Lid 필름화 가공 및 알루미늄 라미네이션 가공 기술 확보 ○ Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가/분석 완료 ○ 최적 Easy Peel 성능 구현 컴파운드 조성 확보 및 라미네이션 공정 최적화 확보 ○ 가스 흡착 기능 천연물 소재의 발포가공을 위한 발포제 자료 조사 및 분석 완료
5.Lid 필름 씰링 강도	20	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고분자 발포 컴파운드 소재 제조 및 발포 가공 기술 확보 ○ 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술 확보 ○ 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 확보 ○ 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구 완료
6.기능성 패키징 용기 시제품 수	10	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 캡슐커피 신선도 유지를 위한 다기능성 패키징 및 Easy Peel Lid 필름 양산화 기술 확보 ○ 가스배출 최소화를 위한 커피 로스팅 및 블랜드 연구 및 분쇄커피 패키징 기기/공정 최적화 기술 확보 ○ 기능성 패키징 엔지니어링 디자인 구조 설계 기술 및 기능성 구현 기술 확보
합계	100점	100점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세부연구목표를 달성하여 특허 출원 4건, 논문 3건(1건 표지 선정), 학술발표 6건, 제품화 12건, 매출 325백만원, 수출 5천만원, 고용창출 3명 등 실적 달성

Ⅲ. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 과제에의 연구개발 결과물은 즉시 제품 패키징에 적용이 가능한 연구이고, 또한 연구와 동시에 제품생산공정의 안정화 및 제품의 사업화를 진행하여 연구종료 시점에 12건의 제품화가 이루어져 만족스런 결과를 달성했다고 봅니다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

정량평가 실적에 SCI논문 3건의 유효성이 인정되지 않았으나, 본 연구팀으로서는 정상적으로 게재되었으므로 유효성이 인정되기를 희망하며, 지적재산권 관련해서도 특허 출원 후 심사에 많은 시간이 소요되어 아직 등록여부가 결정되지 않은 점이 있다는 것을 고려해주시길 희망합니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

현재 주관기관에서 사용하는 다층용기 및 이지필 필름 생산업체에 본 연구에서 개발한 소재의 생산공정이 적용가능한지를 검토하여 제품화를 시도하고 국내-외 용기 및 필름제작업체에 신소재의 우수성 및 활용성을 홍보하여 국내 제품이 국제적 경쟁력을 갖출 수 있도록 활용되기를 희망합니다.

IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

해당 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

해당 없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	
연구과제명	커피 선도유지를 위한 기능성 컴파운드 소재 및 패키징 개발			
주관연구기관	(주)천마하나로		주관연구책임자	김 호 태
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	810,000	27,000	-	1,080,000
연구개발기간	2015.10.23. ~ 2018.10.22.			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(복합소재 타 식품 응용분야 확장) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

[1차년도] - 주관기관

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고차단성 컴파운드 소재 활용을 통한 시트화 및 열성형 가공 기술 개발 (Pilot Scale) ○ 캡슐 커피용 기능성 패키징의 Field Test 및 개선 방안 연구 ○ 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 연구/제공 ○ 패키징 엔지니어링 디자인 구조 개선에 따른 물성 평가 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 캡슐 커피 패키징용 시트 성형 가공 시 발생하는 두께 불균일성을 열성형 온도, 시간 진공 공정의 개선을 통한 두께 균일성 및 치수안정성 확보 ○ 이지필 성능 개선을 위하여 알루미늄과 PP의 합지 공정과 실링온도, 시간, 압력 조건을 확보하고 실링바 교체와 실리콘 패드 두께 개선을 통한 이지필 성능 확보 ○ 일반 소비자 대상 2회의 관능검사를 통하여 타사 제품 대비 커피 맛과 향을 비교/분석하여, 패키징 개선사항을 파악 개선함 ○ 커피의 추출농도, 쓴맛 단맛의 기호도가 넓게 확산되어 제품의 다양성, 차별화를 확보 ○ 패키징용 다층시트 및 용기의 차단성분석 결과 산소투과도가 0.007 cc·m/m²·day·atm 이하 확보 ○ 가스 배출량 실험을 통한 로스팅 그라운드 후 배출량을 확보하여 최적 패키징 공정 조건 확보 ○ 캡슐의 구조 설계 개선을 통하여 머신과의 밀착성을 향상시키고 커피 추출 시 물의 누수 현상 개선 ○ 2개의 계단식 단차 구조 설계를 통한 사용자 편의성 증대 개선, 확보

[1차년도] - 협동기관

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
<ul style="list-style-type: none"> ○ 소재 조사 및 차단 특성 분석 ○ 천연물 소재 균일분산/안정화공정을 통한 컴파운딩 기술 개발 ○ 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술 ○ 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작 ○ 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 컴파운드 소재 개발을 위해 경제성과 물성을 고려하여 제올라이트계, Nanoclay계, 탄소계열을 선정 ○ 차단성 향상을 위한 Nanoclay 함량은 1, 3, 5wt% 중 5wt% 선정, Glass Bubble의 함량은 2 wt% 선정, 클로징 시스템 컴파운딩 온도는 200 °C, 시간은 5분, 전단력 50rpm으로 공정 확보 ○ 컴파운딩 균일 분산을 위한 Maleic anhydride 함유 상용화제 선정, 함량에 따른 물성 평가 물성 저하 확인/클로징 시스템 가공 방식의 Novelty 상용화제 없이 요구물성 충족/조건 확보 ○ 컴파운딩 구조 분석 결과 Clay의 분산도를 확보하고, Clay의 Interlayer Distance가 상당히 증가하여, 클로징 시스템 가공 기술이 효과가 있음을 확인 ○ 이성분계인 Clay와 Glass Bubble의 사용은 상호보완 효과가 있음을 확인 ○ 공압출 다층 시트 제조 공정을 확보하여, PP/EVOH/PP 및 PP/EVOH+Clay/PP 다층 구조 시트 시제품 제작 ○ 공압출 가공 다층 시트 차단성 분석 결과 산소 투과도가 0.007 cc·m/m²·day·atm 이하 확보 ○ 선행기술 조사를 통한 커피핵심 아로마를 파악하고 유기화합물 분석 시스템 구축/안정화를 통한 분석 프로세스 확립

[2차년도] - 주관기관

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
<ul style="list-style-type: none"> ○ Lid 필름화 가공 및 알루미늄 라미네이션 가공 기술 (Pilot Scale) ○ Easy Peel 성능 확보를 위한 Sealing 강도 평가 /분석 ○ Easy Peel 성능 구현을 위한 라미네이션 공정 최적화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Easy Peel 필름 최상부의 수축팽창률을 안정화를 위한 PET소재의 대체 ○ 인쇄 후 T다이합지공정을 합지후 인쇄로 공정의 개선 ○ AL Lid 캡슐리드 안정적 안착을 위한 AL Lid 매거진 개선 ○ Easy Peel 손잡이 부위의 안정적 안착을 위한 실링장치 실리콘패드의 개선 ○ Easy Peel 필름의 안정적 성능확보를 위해 캡슐 충전 장치의 정량을 담기위한 공정개선 ○ 편의성 확보를 위한 캡슐 투입/추출상의 문제점 개선을 위한 금형수정 ○ Easy Peel 성능확보를 위한 최적의 공정의 온도 및 시간의 안정적인 작업조건 확보 ○ Easy Peel 의 안정적인 다층시트와의 접착을 위한 시트공정개선 ○ Easy Peel 필름의 신축성에 따른 실링후 로고등 프린팅 정렬불량문제의 개선

[2차년도] - 협동기관

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
<ul style="list-style-type: none"> ○ 가스 흡착 기능 천연물 소재 및 발포제 자료 조사 및 분석 ○ 고분자 발포 컴파운드 소재 제조 및 발포 가공 기술 ○ 고분자 상용성 향상을 위한 개질 및 흡착제 균일 분산 컴파운딩 기술 ○ 흡착능 구현 컴파운드 소재 활용 Lid 필름 시제품 제작 및 평가 기술 (Lab Scale) ○ 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 컴파운드 소재 개발을 위해 경제성, 흡착효율성, 복합소재 물성을 고려하여 CO2 흡착능이 우수하다고 판별되는 Zeolite 4A, Zeolite 5A 선정 ○ 흡착제 균일 분산을 위한 컴파운딩 공정 조건 (온도 및 전단응력, 가공시간 등) 확보 및 흡착제 함량에 따른 복합소재 물성 평가, 기능성 평가/분석 진행, 최적 함량 및 공정 조건 확보 ○ 고 함량의 흡착제 첨가에도 압출가공을 통한 필름 제조가 가능함을 확인 ○ Zeolite 4A의 40wt% 함량 필름의 경우 15.82 cc/g resin으로서 정량지표를 달성, 흡착능 향상을 위한 추가 연구 진행 ○ 고 함량에 따른 기계적 물성 저하가 확인되어 물성 강화 방안 모색 및 연구 진행 ○ CO2 흡착능을 가지는 천연물 분산 기술을 이용한 발포 필름 제조, 15.23 cc/g resin 흡착능 확보 ○ 인도네시아 만델링, 케냐 아이허더 제품의 커피 아로마 컴파운드 분석 진행, 시간 경과에 따른 커피 자체의 변화는 없는 것으로 관찰되었고, 패키징 용기를 통한 아로마 손실 역시 발견되지 않았음

[3차년도] - 주관기관

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
<ul style="list-style-type: none"> ○ 고차단성 컴파운드 소재 활용을 통한 시트화 및 열성형 가공 기술 개발 (Pilot Scale) ○ 캡슐 커피용 기능성 패키징의 Field Test 및 개선 방안 연구 ○ 로스팅 분쇄커피의 패키징 조건에 따른 가스 배출량 연구/제공 ○ 패키징 엔지니어링 디자인 구조 개선에 따른 물성 평가 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 커피 생두를 로스팅하여 원두를 제조하는 공정 조절을 통해 가스 발생 및 향미 최적화 구현 ○ Lid필름 다층구조 (패키징 엔지니어링 디자인) 변경을 통해 easy peel 기능성 최적화 ○ 1차 년도 실험 결과를 바탕으로 EVOH/nanoclay 5wt% 복합소재 컴파운드를 제조하여 0.005 cc·m/m²·day·atm 이하의 산소투과도를 구현함 ○ 멀티플라잉 공정을 통해 산소차단성을 가지는 층 2개를 형성하는 다층구조 시트를 제조함으로써 0.005 cc·m/m²·day·atm 이하의 산소투과도를 구현함 ○ 기 개발한 산소차단성을 가지는 다층구조 시트를 열 성형 공정을 통해 캡슐커피패키지의 캡슐로 제조하여 컴파운드 적용 패키지 용기를 제조하였고 0.005 cc/pkg·day·atm 이하의 산소투과도를 구현함 ○ 2차 년도 수행했던 zeolite 4A보다 이산화탄소 흡착능이 뛰어난 동일한 제올라이트계 zeolite 13X를 선정 ○ Lid필름용 제올라이트 복합소재 컴파운드의 이산화탄소 흡착능을 20 cc/g resin 이상 확보 ○ 이산화탄소 흡착능 향상을 위해 LDPE 매트릭스에 40 wt% 함량의 zeolite 13X를 포함시켜 복합소재를 제조하였으며 약 200%의 이산화탄소 흡착 성능 향상 ○ Lid 필름 씰링 강도를 공정상에 압력과 시간을 조절하여 1.6 kgf 이하로 10% 성능 향상

[3차년도] - 협동기관

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
<ul style="list-style-type: none"> ○ 소재 조사 및 차단 특성 분석 ○ 천연물 소재 균일분산/안정화 공정을 통한 컴파운드 기술 개발 ○ 컴파운드 소재 미세구조 제어 및 물성 평가 기술 ○ 패키징용 시트 가공 및 시제품 제작 ○ 패키징 컴파운드 소재 적용 전/후 커피 성분 변화 비교 분석/연구 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생분해성기반의 복합소재를 제조하였으며 가소제를 이용하여 cellulose nanofiber를 polylactic acid 매트릭스에 균일하게 분산시키는 기술 개발 ○ Cellulose nanofiber의 균일한 분산기술로 인해 가소화된 polylactic acid의 기계적 물성 (인장강도)을 향상시켰으며, 이를 통해 산소차단성 향상에도 도움이 될 것이라 예상 ○ 상용화제를 통해 Polyactic acid와 산소차단성이 우수한 thermoplastic olefin elastomer의 블렌드 최적의 조성비 확립을 통해 기계적 물성을 향상시킴 ○ T-die 공 압출 라인 장비를 이용하여 필름을 제조를 위한 polymer/zeolite 13X 복합소재 대면적 필름 가공 조건 확립 ○ 기 개발한 캡슐커피패키지용 이산화탄소 흡착능을 가지는 lid필름과 산소차단성을 가지는 캡슐의 열접착 공정 확보를 통한 시제품 개발 ○ 유기화합물 투과도 분석을 통해 캡슐 용기를 통한 아로마 성분의 투과가 발생하지 않는 것을 확인하였으며 캡슐커피패키지로서의 우수한 특성 확인 ○ Gas chromatography 장비를 통해 커피 원두의 보존 기간에 따른 커피 성분 변화와 산패도 분석법 확보 ○ 전과정 분석을 통해 원료 및 생산과정에서의 환경적 영향에 대해 분석 및 평가

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기 타 (세 미 나)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치																			
최종목표	5	5		1		1					3			5			0	0	
연구기간내 달성실적	4	2		1		12	325	50	3		3			6			1	1	
달성율(%)	80	40		100		1200					100			120			100	100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	듀얼 스크류와 클로징 시스템을 이용한 소성가공장치
②	커피 캡슐용 커피 분말의 자동 충전장치
③	이성분계를 활용한 나노클레이 분산방법
④	음료 추출용 캡슐

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①		V				V				
②		V				V				
③		V				V				
④					V	V	V			

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	기능성 첨가제의 균일 분산 가공 기술로 특허 등록을 통하여 다양한 기능성 복합소재 제조에 활용, 컴파운드 가공/공정 기술 적용 분야를 확대하고자 함
②의 기술	균일한 양의 분말을 압착하여 고속으로 용기에 충전할수 있는 장치로서 로드셀을 장착 할 경우 생산성 저하되는 문제점을 개선하여 제품의 균질성을 확보
③의 기술	기존 화학적 분산 기술이 아닌 이성분계를 활용한 물리적 분산 기술로 노하우를 축적하여 다양한 형태의 첨가물을 고분자 내 분산 할 수 있는 가공/공정 기술로 고분자 기재 변화에 따른 차단성 부여 복합소재 제조 기술로 확장할 수 있음
④의 기술	분말제품중 캡슐의 형태로 가공 할 경우 온수와 맞닿을시 점성이 생기는 특성(홍삼, 마차등)을 지닌 분말을 쉽게 추출시킬 수 있는 구조의 캡슐.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (세미나)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문 SC I	비 SC I	논문 평균 IF			학술발표	정책 활용	
	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치																			
최종목표	5	5		1		1					3			5			0	0	
연구기간내 달성실적	4	2		1		12	325	50	3		3			6			1	1	
연구종료 후 성과창출 계획						<u>10</u>	<u>76</u>		<u>10</u>	<u>15억</u>									

