

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

대표신청자 이름	박서윤
팀 명 (팀 참가일 경우)	GLOBE
팀 원 기 본 정 보	

소속명(학교명)	학년/반	성별	본인 이메일주소	본인 연락처
학생일 경우에만 작성				
경기북과학고등학교	1학년 1반	여	gbs.s230031@gmail.com	010-7506-3517
경기북과학고등학교	1학년 2반	남	skaehdud0710@gmail.com	010-6380-4842
경기북과학고등학교	1학년 2반	여	gbs.s230036@ggh.goe.go.kr	010-7506-3517
경기북과학고등학교	1학년 4반	여	gbs.s230069@ggh.goe.go.kr	010-9459-9200
경기북과학고등학교	1학년 3반	남	choiys071222@gmail.com	010-6706-6973
경기북과학고등학교	1학년 4반	남	Dhhwang423@gmail.com	010-2268-6924
경기북과학고등학교	2학년 4반	남	gbs.s220061@ggh.goe.go.kr	010-6417-9113

활 동 개 요	
활동 목적/동기	<p>플라스틱은 가볍고 공정이 편리한 합성수지를 말한다. 플라스틱의 합성 이후 생산량과 사용량은 매년 증가하는 반면, 분해가 어려워 폐기물로 인한 환경문제가 유발되고 있다. 또한 전국적으로 플라스틱 재활용이 이루어지고 있지만 열회수 방식을 포함하지 않은 실질적 재활용률이 낮고 대부분이 소각되는 것이 현실이다. 이에 플라스틱 사용량을 줄이거나 플라스틱 재활용할 시설을 마련하지 않고 플라스틱 자체를 대체할 소재로 바이오플라스틱(bioplastic)을 생각했다. 바이오플라스틱은 제작과정에서 천연소재(biomass)를 이용한 바이오 기반(bio-base) 플라스틱과, 분해 과정에서 분해가 쉬운 생분해성(bio-degradable) 플라스틱이 있다. 본 활동에서는 바이오 기반 플라스틱을 직접 제작하여 특성을 확인하고, 분해에 대해 이점을 가지고 있지 않은 bio-base의 플라스틱을 더 효과적으로 분해하는 방법을 탐구하여, 제작과 분해 모두 용이한 플라스틱을 제작하고자 하였다. 특히 옥수수 전분, 우유 속 카제인, 미강가루(쌀겨)를 사용하여 바이오플라스틱을 만들었으며 이를 녹농균(Pseudomonas aeruginosa) 등의 플라스틱 분해 균주를 이용해 분해하면서 효과적인 분해 방법을 탐구하고자 한다.</p>

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

활동 목표	유해성이 적고 자원으로써 활용가치가 높음에도 불구하고 활용되지 않고 쉽게 버려지는 미강(쌀겨)와 주변에서 쉽게 구할 수 있는 옥수수 전분, 우유를 이용하여 바이오플라스틱을 제작하는 것을 목표로 하였다. 또한 제작한 바이오 소재 기반 플라스틱의 분해 효율을 증진시켜 기존의 bio-base 플라스틱의 단점을 보완한 바이오플라스틱 제작을 목표로 한다.
기대효과	식물 유래 자원을 이용하면 폐기 과정에서 배출되는 탄소량을 줄일 수 있고 자원의 순환을 기대해볼 수 있다. 특히 인간의 식량으로써 쓰이지 않아 식량공급에 악영향을 끼치지 않는 미강이라는 자원을 이용함으로써 바이오플라스틱 상용화의 문제점 중 하나인 '식량가격 상승'의 문제를 유발하지 않아 빠르게 일상속에서 플라스틱의 대체가 가능할 것이다.

활동 전개 내용		
활동날짜(기간)	활동명	활동내용 (세부적으로 작성)
~2023.7.1	이론적 배경 조사	<p>1. 미강 쌀의 속겨(속 껍질)를 의미한다. 이러한 미강은 농업의 부산물로, 세계 인구의 34%가 주식으로 이용하기 때문에 폐기되는 양이 매우 많다. 남은 미강가루를 식용으로 활용하는 방안도 제기되었으나 좋지 않은 식감과 맛 등으로 실질적으로 활용되고 있지는 않은 상황이다. 이러한 배경을 바탕으로 버려지는 미강을 사용한다면 환경에 도움이 될 것으로 생각해 미강을 바이오플라스틱 재료로 선택하였다.</p> <p>2. 카제인 카제인(casein)은 우유 내 존재하는 단백질 중 80%를 차지하는 주요 구성 단백질로, 석유 기반 플라스틱의 발견 이전에 플라스틱으로 사용된 역사를 가지고 있다. 산과 반응하는 성질상 식초를 떨어뜨리면 응고되어 침착되는 것을 이용하였다.</p> <p>3. 옥수수 전분 전분은 탄수화물 중 유일하게 입자 형태로 존재한다. 전분 분자 친수성을 띠며 이는 바이오매스로 옥수수 전분을 활용할 때 바이오플라스틱의 구조에 영향을 미친다. 생분해 시 전분은 토양 속 미생물의 영양원으로 이용되어 높은 생분해 효율을 가질 수 있다.</p> <p>4. 미생물을 이용한 플라스틱 생물학적 분해 동향 플라스틱은 안정적인 비생물학적 물질이지만 물리적 분해와 더불어 미생물이 보유하고 있는 효소에 의해 플라스틱이 분해된다. 플라스틱이 물리적으로 분해된 후에 미생물이 가지고 있는 에스테르가수분해효소(esterase), 라이페이스(lipase), 큐틴분해효소(cutinase) 등의 작용으로 중간물질로 분해되고 미생물의 대사회로를 통해 미생물의 바이오매스 형성에 사용되거나 저분자량 유기물, 이산화탄소로 분해된다.</p>
2023.7.1 ~2023.8.20	바이오 플라스틱 프로젝트 기획 및 논문 조사	<p>미생물의 효소 반응을 통해 플라스틱 소자를 만들 수 있다는 뉴스를 접하고 시작하게 된 프로젝트로, 분해에 이점이 없는 바이오기반 플라스틱을 효율적으로 분해하는 새로운 프로토콜을 만드는 것에 중점을 두고 연구를 진행하고자 기획하게 되었다.</p> <p>자체 연구와 실습 프로젝트를 같이 병행하여 진행하였다.</p> <p>바이오 플라스틱 프로젝트를 본격적으로 진행하기 전에 플라스틱 분해 기능을 가지고 있는 균주를 배양하는데 필요한 배지를 제작하고 균을 도말하는 실습을 진행하였다.</p>

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

		<p>1. 실습 프로젝트</p> <p>가. Pseudomonas 배지 조성</p> <p>1) Nutrient Broth 액체 배지 증류수 1L 당 NB 8g, Soy Peptone 5g, Yeast Extract 3g을 첨가한다.</p> <p>2) Nutrient Broth 고체 배지 1)에 agar 15g을 추가한다.</p> <p>나. 균주 배양 및 계대 배양 실험에 사용된 균주 Pseudomonas는 호기성 세균으로 배양하는 과정에서 산소의 공급이 필요하다. 따라서 산소 공급을 위해 진탕배양을 진행하였다.</p> <p>1) Pseudomonas 접종 앰플에 담긴 Pseudomonas를 NB 액체배지에 접종한다.</p> <p>2) Pseudomonas streaking NB agar 고체배지에 Pseudomonas를 도말한다.</p>												
2023.8.30	미강 기반 바이오 플라스틱 제작	<p>1. 실험 재료 폴리 부틸렌 숙신산(Poly(Butylene Succinate), PBS), 말레인 무수물(Maleic Anhydride, MA), 미강가루 미강의 화학처리에는 1N 수산화나트륨 용액 및 초산을 사용하며, 바이오 플라스틱 제조 시 사용한 가소제로는 글리세롤을 사용한다.</p> <p>2. 실험 방법</p> <p>가. 미강 가루 200g을 1M NaOH 200ml, 1800ml의 증류수로 중화시킨다.</p> <p>나. 1의 용액을 1시간 동안 60도에서 400rpm으로 교반한다.</p> <p>다. 교반이 완료된 미강가루 혼합액에 백식초를 이용하여 pH8.2까지 중화시킨다.</p> <p>라. 용액을 3분할한 후, 각각의 용액에 MA(무수말레인산과 글리세롤을 [표 1]과 같이 투입하고, 플라스틱 비커에 옮겨 담아 아래 오른쪽 사진처럼 55도의 건조오븐에서 48시간 건조한다.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>MA의 양</th><th>글리세롤의 양</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>비커 1</td><td>0.4g</td><td>4g</td></tr> <tr> <td>비커 2</td><td>0.4g</td><td>4g</td></tr> <tr> <td>비커 3</td><td>0.8g</td><td>8g</td></tr> </tbody> </table> <p>[표 1] 무수말레인산과 글리세롤 비율</p> <p>[그림 1] 미강을 이용한 플라스틱 제작 과정</p>		MA의 양	글리세롤의 양	비커 1	0.4g	4g	비커 2	0.4g	4g	비커 3	0.8g	8g
	MA의 양	글리세롤의 양												
비커 1	0.4g	4g												
비커 2	0.4g	4g												
비커 3	0.8g	8g												

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

		<p>[그림 2] 배합비율에 따른 흡습율</p> <p>배합 비율에 따라 바이오 플라스틱의 강도, 흡습률이 변화(그림 2)하여, 추후 글리세롤과 무수말레인산의 비율에 따라 플라스틱의 분해 속도에 어떠한 영향을 주는 지를 탐구하는 것이 목표이다.</p>
2023.8.31	우유(카제인) 기반 바이오 플라스틱 제작	<p>1, 실험방법</p> <p>가. 무지방 우유 200mL를 60C°에서 가열한다. 목표 온도에서 백식초 20mL를 섞어준다. 교반기를 이용해 잘 혼합시킨 후, 응고된 카제인이 보이면 가열을 멈춘다.</p> <p>나. 사진처럼 거름종이와 깔때기를 이용하여 응고된 카제인만을 분리해낸다.</p> <p>다. 분리한 카제인은 덩어리로 뭉쳐 호일에 넓게 펴주고 10일간 상온에서 건조시킨다.</p> <p>[그림 3] 카제인 추출물</p> <p>[그림 4] 카제인 분리</p> <p>[그림 5] 카제인 기반 플라스틱</p>
2023.9.1	전분 기반 바이오 플라스틱 제작	<p>1, 실험방법</p> <p>가. 고구마 전분 1.5g에 증류수 10mL, 글리세린 0.5~1.5g, 백식초 1mL를 추가한다.</p> <p>나. 10~15분 동안 투명하고 걸쭉해질 때까지 가열 교반한다.</p> <p>다. 호일에 원하는 크기에 맞추어 부어주고, 기포를 이쑤시개로 터뜨려 직사광선을 피해 상온에서 건조시킨다.</p>

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전







		<p>[그림 6] 선행연구 속 전분 바이오 플라스틱 구조</p> <p>[그림 7] 전분 기반 바이오 플라스틱</p>
2023.9~11	<p>바이오플라스틱 제작 완료 및 분해 실험 프로토콜 기획</p>	<p>[그림 8] 바이오 플라스틱 최종 제작 결과물</p> <p>플라스틱을 분해할 수 있는 미생물 중 하나인 <i>Pseudomonas</i>의 다양한 구성원은 대부분의 합성 플라스틱을 분해하고 대사하는 능력을 가지고 있다. <i>Pseudomonas</i> 종은 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리염화비닐, 폴리스티렌, 폴리우레탄, 폴리에틸렌 숙시네이트를 다양한 효율로 분해하는 것으로 확인되었다. 따라서 본 동아리에서는 <i>Pseudomonas</i> 균주를 배양하고 제작한 bio-base 플라스틱을 균주의 바이오필름 부착 표면으로 사용하여 bio-base 플라스틱 종류에 따른 분해 정도를 비교하려고 한다.</p> <p>두가지 방법 고안</p> <p>첫번째로는 작게 분쇄 한뒤 채로 걸러 크기를 정량화 한 후 각각의 배지를 넣은 12well plate에 같은 양씩분쇄한 플라스틱을 넣은 후 인큐베이터에서 균을 키우며 진행 하고 현미경을 통해 줄어든 크기를 확인하도록 한다.</p> <p>두번째로는 넓게 펼친 플라스틱을 비교적 크게 잘라서 통째로 배지에 담구어서 2주간 기다리며 현미경을 사용하지 않고도 바로 크기 변화를 확인할 수 있도록 하며 무게를 측정함으로써 더 정량적인 변화를 확인하도록 한다.</p>
2023.11.6	<p>바이오 플라스틱 분해 실험 1 크기 변화 관찰</p>	<p>1. 실험 방법</p> <p>가. NB배지 500ml에 <i>Pseudomonas chloroaphis</i>, <i>Pseudomonas putida</i>를 10개씩 tube에 나누어 접종한다.</p> <p>나. 미강, 전분, 우유 기반 플라스틱을 300um로 균일하게 분쇄하여 12well에 소량씩 분주한 후, 액체배지를 각각 3ml씩 분주한다.</p> <p>다. 2주 뒤 실험 결과를 위상차현미경으로 플라스틱 크기의 변화를 관찰한다.</p>

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

		[그림 9] 바이오 플라스틱 분해 실험 1
2023.12.14	바이오 플라스틱 분해 실험 2 무게 측정	<p>1. 실험방법</p> <p>가. NB배지 500ml에 Pseudomonas chloroaphis, Pseudomonas putida를 10개씩 tube에 나누어 접종한다.</p> <p>나. 미강, 전분 플라스틱의 표면적을 균일하게 하여 자른다.</p> <p>다. 자른 플라스틱을 균주가 접종된 액체배지 넣고, 진탕배양시켜 바이오필름이 형성되도록 한다,</p> <p>라. 2주뒤 각각의 플라스틱의 무게를 측정하여 변화량을 비교한다.</p> <p>[그림 10] 바이오 플라스틱 분해 실험 2</p>

성과/결과					
정량적 성과 지표	1. 바이오 플라스틱 분해 실험 2(무게 측정)				
	가. 분해 전 플라스틱 무게 측정 결과				
		전분 30g	전분 15g	전분 15g	미강 MA 0.4g
	Pseudomonas chloroaphis	0.4015g	0.0878g	0.1283g	0.3240g
	Pseudomonas putida	0.3985g	0.0585g	0.1395g	0.4025g
균주 x		0.4010g			0.3691g
나. 분해 후 플라스틱 무게 측정 결과					
2주 뒤인 12/28에 측정하여 무게 비교를 할 예정이다.					
수치화, 측정가능한 결과로 나타낼 수 있어야 합니다.					

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

정성적 지표	<p>1. 제작한 바이오플라스틱의 장점</p> <p>미강, 우유(카제인), 옥수수 전분을 활용하여 제작한 플라스틱은 제작이 간단하다. 미강 바이오플라스틱의 경우 제작 시에 글리세롤과 체만 있다면 누구나 쉽게 만들 수 있어 접근성이 좋다. 전분 플라스틱도 고구마나 감자 전분과 식초, 글리세린만 있다면 쉽게 제작할 수 있다. 또한 이를 원하는 형태로 성형하는 과정 또한 어렵지 않다. 기본적으로 천연 소재(biomass)를 이용했기 때문이다. 바이오매스 물질은 자연에서 토양 속 미생물들에게 분해되기 쉽기 때문에 생분해하는 방법으로 분해할 수 있다.</p> <p>2. 바이오 플라스틱 분해 실험 1(크기 비교) 관찰 결과</p> <table><tr><th>1주차</th><th>전분 30g</th><th>전분 15g</th><th>전분 15g + 설탕물</th></tr><tr><td>x4</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>x10</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <table><tr><th>2주차</th><th>전분 30g</th><th>전분 15g</th><th>전분 15g + 설탕물</th></tr><tr><td>배울 x10</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>x10</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	1주차	전분 30g	전분 15g	전분 15g + 설탕물	x4				x10				2주차	전분 30g	전분 15g	전분 15g + 설탕물	배울 x10				x10			
	1주차	전분 30g	전분 15g	전분 15g + 설탕물																					
	x4																								
	x10																								
2주차	전분 30g	전분 15g	전분 15g + 설탕물																						
배울 x10																									
x10																									
	<p>3. 활동의 가치</p> <p>바이오플라스틱의 제작이 확대된다면 장기적으로 가정에서 단순한 플라스틱을 제작하여 사용할 수 있게 됨에 따라 기존 석유기반 플라스틱의 사용량이 크게 줄을 것으로 생각된다.</p>																								
	<p>장기적인 영향과 변화 (활동의 가치, 지속가능성, 인식제고, 습관화, 내면화 등)</p>																								
활동이 bottom-up 방식이었다고 생각하나요?	<p>‘bottom-up’ 방식이었다고 생각할 경우, 그 이유에 대해 적어주세요.</p> <p>활동의 처음 시작에는 단순히 분해가 잘 되는 바이오플라스틱을 일상생활에서 만들어보자는 목표로 시작했으나, 고구마 전분, 우유 등을 사용하여 만들어본 후에 성형이 어렵고 강도가 낮아 사용하기 어렵다는 생각이 들었다. 그 이후에는 성형이 쉬운 미강을 사용하여 실험을 점점 확대하는 방식으로 진행하였다. 그래서 활동이 bottom-up 방식이라고 생각한다.</p> <p>활동의 목표인 성형 가능하고 강도가 강하며 분해가 쉽고 재료가 싼 바이오 플라스틱을 만드는 것이다. 처음 활동의 시작은 바이오 플라스틱을 만들어 보는 것으로 시작하여, 다양한 논문과 실험사례를 찾아보며 후보 군을 잡고, 직접 만들어보고 실험하며 조건에 맞는 조건들을 찾아 미강이라는 재료를 찾게 되었다.</p>																								

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

<p>부족한 점, 앞으로의 계획 (지속가능한 활동 으로 발전 가능성)</p>	<p>친환경 플라스틱은 크게 친환경적인 재료로 만든 플라스틱(bio-based plastic)과 생분해가 되는 플라스틱(bio-degradable plastic)이 있다. 이 활동에서 만든 플라스틱은 친환경적인 재료로 만든 플라스틱이다. 이러한 플라스틱의 경우 생분해 측면에서 기능이 조금 떨어진다는 단점이 있다. 따라서 적절한 생분해 환경을 구축하여 bio-base 플라스틱의 생분해 효능을 제작용해 예정이다.</p> <p>또한 현재 바이오 플라스틱의 분해 효율을 현미경으로만 크기 변화를 관찰하였기에 추후에 무게 측정 실험의 결과값도 도출하여 녹농균에 의한 바이오플라스틱 분해 정도를 비교해보려 한다.</p> <p>추후에 Pseudomonas 이외에도 플라스틱을 분해할 수 있는 균주를 조사하여 개별 균주뿐만 아니라 미생물의 군집을 대상으로도 복합적으로 연구를 진행하여 바이오 플라스틱의 가장 효율적인 분해 방법을 탐구할 예정이다.</p> <p>또한, 본 실험에서 사용한 프로토콜을 일반인도 손쉽게 숙지할 수 있도록 수정하고, 카제인이나 옥수수 전분, 녹농균과 같은 초기 실험균에 대한 접근성을 제고하여 ‘바이오플라스틱 키트’를 제작함으로써 탈플라스틱에 관한 효율을 증진할 수 있는 후속적 연구를 기대하는 바이다.</p>
---	---

활동을 통해 배운 점 (소감) (각 멤버별로 한 단락 정도씩 적어주세요.)	
이름	배운점/소감
김혜민	<p>실험 방법을 찾아볼 때 까지만 하더라도 5~6가지 방법으로 쉽고 빠르게 플라스틱을 제작할 수 있을 것이라고 생각했다. 하지만 우리는 플라스틱의 제조가 아닌 분해에 더 초점을 맞추었기 때문에 미강, 우유, 전분 3가지 종류로만 플라스틱을 제조하기로 했다. 하지만 막상 실험을 시작하자 생각보다 시간이 많이 걸려서 힘들었다. 원하는 대로 바로바로 결과가 나오지도 않고 기다리는 과정도 힘들었으며 그렇게 시간과 정성을 들여 만들었는데 모양이 뭉개지거나 너무 끈적거리어서 이후 실험을 진행하지 힘들어질 때 정말 힘이 들었다, 하지만 그러한 과정들을 동아리 친구들과 하나 하나 해결해 나가는 과정에서 관계도 더 돈독해 졌고 실험 수행 능력도 향상될 수 있었다. 결과물을 보자 큰것은 아니더라도 뿌듯했고 이후에 진행된 분해 실험은 실패하지 않도록 이전보다 계획을 더 철저하게 세우고 실험도 더 신중하게 진행하며 더욱 더 성장할 수 있는 기회였다.</p>
남도영	<p>대체 플라스틱의 강도가 생각보다 높아서 놀랐습니다. 추가적인 연구가 진행되어 그 강도를 높인다면 실생활로의 적용도 머지않은 것 같다고 생각하여 추가 연구의 필요성을 느꼈다.</p>
박서윤	<p>‘에코 포장’이라고 불리는 친환경적으로 제품을 포장하는 방법을 사용하려는 기업들이 많아지고 있는 추세이기에 이와 관련된 바이오 플라스틱에 대해 찾아보게 되었다. 그리고 bio-base 플라스틱을 만드는 방법들이 많고 간단하여 다양한 재료와 변인들을 세워 여러가지 연구 프로젝트를 기획해볼 수 있다는 생각을 하여 6개월간 위와 같이 실험을 구체화하고 주도하여 진행하게 되었다. 실험을 하면서 각각의 과정마다 아쉬웠던 점, 보완해야 할 점이 존재하긴 했지만 결과적으로 다같이 역할을 분배하고 협동하면서 바이오 플라스틱을 제작에 성공하고, 분해 실험도 원활하게 진행중이기에 이러한 활동들이 쌓여 매우 가치있고 귀중한 경험을 얻을 수 있었던 것 같다,</p>
이인혜	<p>실험하기 위해 자료를 조사하는 과정에서 플라스틱 문제를 해결하기 위해서 지금까지 주로 진행된 내용은 주로 플라스틱 재활용 혹은 사용량을 줄이는 일이었다는 것을 알게 되었다. 그러나 추가적으로 자료조사를 진행할수록 플라스틱의 이점이 너무 많기 때문에 플라스틱을 아예 사용하지 않을 수도 없고, 플라스틱을 다시 플라스틱으로 재활용하기도 많은 어려움을 가지고 있다는 것을 알고, 플라스틱을 대체하는 것이 더 플라스틱 문제 해결에 효과적일 수 있다는 생각이 들었다. 바이오플라스틱을 어떻게 활용할 수 있을지에 대해 찾아보면서 바이오플라스틱의 성능을 개선하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다는 것을 알게 되었고, 다양한 재료가 활용되는 점이 신기했다.</p>

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

최유성	플라스틱의 과도한 사용은 다양한 사회적·경제적 영향을 미친다. 본 활동을 통한 친환경적 플라스틱의 생산은 환경 문제를 해결하는데 기여할 것이며, Pseudomonas와 같은 세균을 사용하였다는 점에서 생명과학과 환경을 융합할 수 있음을 신선하게 느꼈다.
황동현	일반적인 플라스틱을 만드는 것에 비해 친환경 플라스틱을 만드는 것이 힘들다는 것은 알고 있었지만, 직접 만들어보니 친환경 플라스틱을 만들기 위해 정말 많은 노력이 필요하다는 것을 알게되었다.
이동욱	미강에 대해 쌀을 도정하고 남은 껍질,쓰레기 정도로 알고 있었는데 이번기회에 미강의 유효한 사용법을 알게되었고, 이외의 방법으로 이용가능하다는 점이 재밌다.

기타 공유하고 싶은 내용	
1. 참고문헌	<p>[1] Wilkes, R. A., & Aristilde, L. (2017). Degradation and metabolism of synthetic plastics and associated products by Pseudomonas sp.: capabilities and challenges. Journal of applied microbiology, 123(3), 582-593.</p> <p>[2] 고동혁, 2013. “미강과 폴리 부틸렌 숙신산을 이용한 바이오 플라스틱의 제조와 물성 분석”. 연세대학교 석사논문.</p> <p>[3] Adebiyi, A. P., A. O. Adebiyi, D. H. Jin, T. Ogawa and K. Muramoto. 2008. "Rice bran protein-based edible films". International Journal of Food Science & Technology, 43(3):476-483.</p> <p>[4] Gnanasambandam, R., N. Hettiarachchy and M. Coleman. 1997. "Mechanical and barrier properties of rice bran films". J ournal of food science, 62(2):395-398.</p> <p>[5] 임수진, 김수아, & 배세연. 카제인을 활용한 바이오플라스틱 제작 및 활용가능성에 관한 연구.</p> <p>[6] Folino, A., Karageorgiou, A., Calabrò, P. S., & Komilis, D. (2020). Biodegradation of wasted bioplastics in natural and industrial environments: A review. Sustainability, 12(15), 6030.</p> <p>[7] Adebiyi, A. P., A. O. Adebiyi, D. H. Jin, T. Ogawa and K. Muramoto. 2008. "Rice bran protein-based edible films". International Journal of Food Science & Technology, 43(3):476-483.</p> <p>[8] 임승택. (1994). 전분의 플라스틱 소재로서의 이용. BT NEWS, 1(3), 15-27.</p>
2. 군주	

2023 제3회 탈플라스틱 실천활동 하이브리드 공모대전

[생물자원센터 KCTC \(kribb.re.kr\)](http://kribb.re.kr)

[생물자원센터 KCTC \(kribb.re.kr\)](http://kribb.re.kr)

활동 증빙 자료 (사진, 영상, 글, ebook, 파일, 포스팅 등)

탈플라스틱 공모전 사진 파일에 날짜별로 사진이 첨부되어 있습니다.

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1oTcNeJw6v6hzvbjc5Sz1wSeKAyBjnggS>