

제19회 화학탐구프런티어페스티벌 정부시상 후보자 및 발표자료 공개검증

제19회 화학탐구프런티어페스티벌 정부시상 후보자 및 발표자료에 대한 사전 공개 및 국민의견을 수렴하여 심사 자료로 활용하고자 하오니, 의견이 있으신 분은 2022.9.7.(수)까지 의견을 제출해 주시기 바랍니다.

○ 공개검증 기간 : 2022.8.24.(수) ~ 9.7.(수) (15일간)

○ 의견 제출 : 이메일 (swmin@kpia.or.kr, you8898@korea.kr)

* 제출된 의견 중, 작성자의 실명, 연락처, 검증내용 및 관련 증빙 또는 구체적 사유 (자료) 등을 명시한 의견에 한하여 시상심사 자료로 활용될 수 있으며 별도로 회신하지 않습니다.

* 첨부된 발표자료는 화학탐구프런티어페스티벌 정부시상 공개검증 용도 외 사용을 금합니다.

붙임	2022년 제19회 화학탐구프런티어페스티벌 정부시상 후보작품 명단
-----------	---

※ 아래 정부시상 및 예비 후보작 명단은 공개검증 등에 따라 변동될 수 있습니다.

구분	팀명	참가자		탐구 주제
		학생	지도교사	
1	DeathMetal	김영진	황미영	혼합 금속 이온을 결합시킨 알지네이트 필름의 제조 및 항균효과 연구
		김정우		
2	BIOEARTH	김진우	조미연	나뭇잎을 활용한 친환경적이고 안전한 항균물티슈 제작 및 효과 검증
		이민준		
3	Alkami	이성현	이봉형	제설제의 토양 산성화 피해 완충을 위한 Gelatin 기반 Alkami(Alkalization Microbial Capsule) 제작
		김나희		
4	WhyNotUs	김태윤	박종인	PRB의 Perchlorate Reduction 반응을 활용한 Biochemical Mars Terraforming 모델 설계 및 가능성 제시
		백길홍		
5	으이구화상아	이채민	채연수	Lactobacillus plantanum의 CEP(Cell envelope protease)를 이용한 과수화상병 항생 보조물질의 개발
		최성호		
6	HydnSeek	최윤호	김은경	PAC로 코팅된 산화철 SPION을 사용한 하수도 설치 나선형 미세섬유 수집기 제안
		최은정		

* 팀명 가나다순 정렬

주제 : 혼합 금속 이온을 결합시킨 알지네이트 필름의 제조 및 항균효과 연구

팀명 : DeathMetal

— 탐구 동기 —



최근 여러 감염병에 대한 사람들의 관심 증가로 항균·항바이러스 물품에 대한 관심이 많아졌다.

세균은 여러 질병을 일으키는 원인이기도 하다.

세균을 없애고자 항생제 또는 항균제를 사용할 경우 사람에게도 여러 영향을 끼친다.

이런 문제를 해결하고자 새로운 항균 필름에 대하여 연구하게 되었다.

— 탐구 목적 —

알지네이트는 해조류에 다량 존재하는 다당류산이다.

알지네이트를 이용한 항균 필름을 만든다면 생분해 가능한 항균 필름을 만들 수 있을 것이다.

알지네이트를 이용하여 필름을 만들 경우 고화제 첨가 비율에 따라 다양한 특성의 필름을 만들 수 있다.

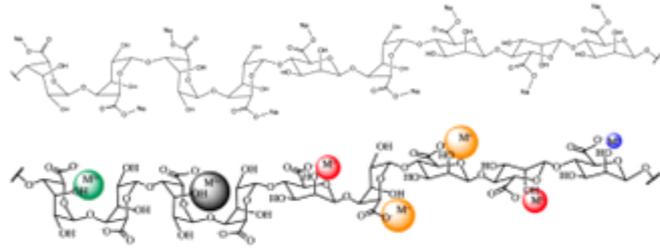


— 이론적 배경 —

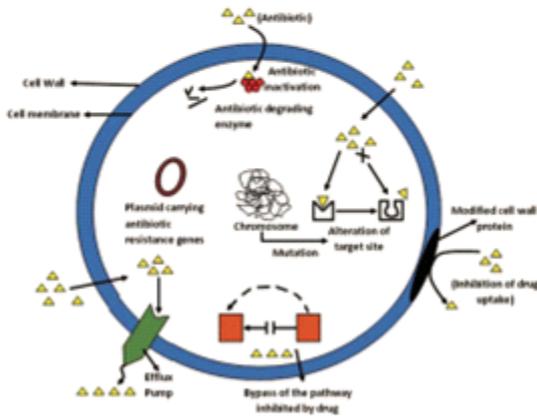
알지네이트

해조류에 많이 포함된 다당류산으로 축방향 OH기와 카르복실기에 금속 이온이 결합 가능하다.

금속 이온이 결합할 경우 고화된다.



화학으로 만드는 미래의 꿈



금속의 항균효과

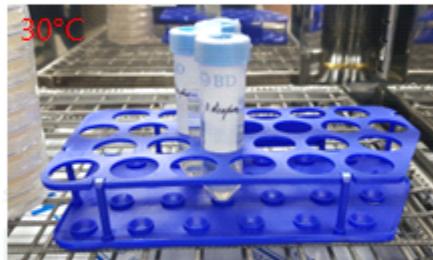
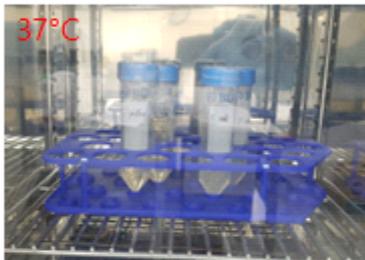
항생제 및 항균제의 과도한 사용으로 인해 여러 방법으로 약물에 대한 내성을 갖는 세균이 많아졌다.

금속의 경우 여러 가지 단순한 작용 기전을 통해 항균효과를 보이기 때문에 항생제에 비해 내성이 생기지 않는다.

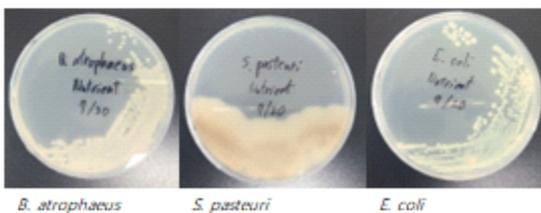
금속 이온이 활성 산소종을 생성하여 세균에 항균 활성을 보인다.

— 실험 과정 —

세균 전배양 (7/19)

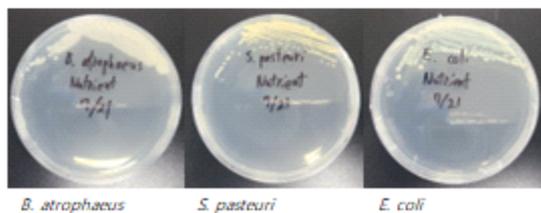


세균 1차 배양 (7/20)



B. atrophaeus *S. pasteurii* *E. coli*

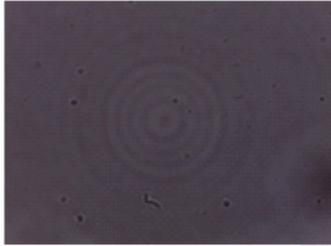
세균 2차 배양 (7/21)



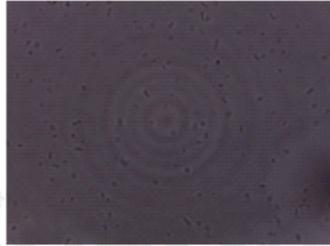
B. atrophaeus *S. pasteurii* *E. coli*

— 실험 과정 —

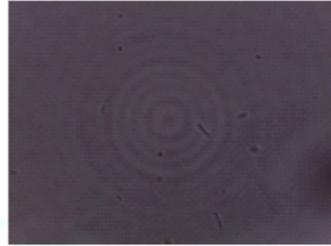
세균 위상차현미경 관찰



S. pasteurii 100x

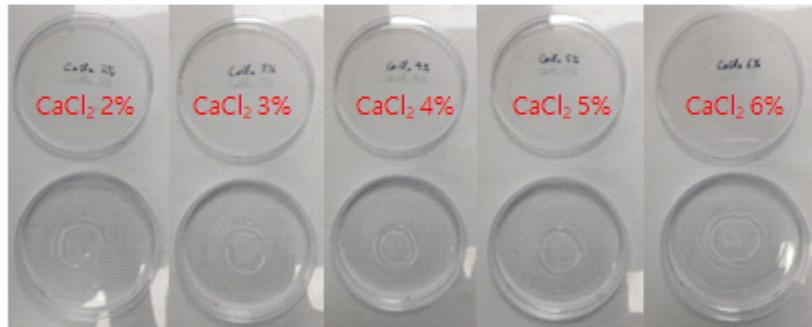


E. coli 100x



B. atrophaeus 100x

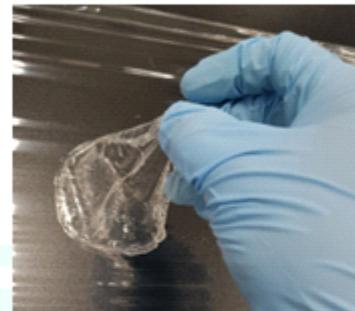
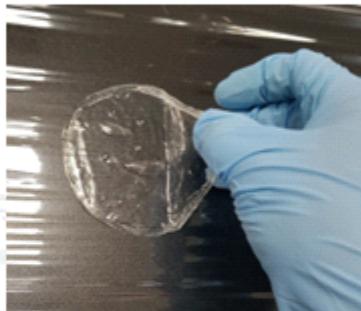
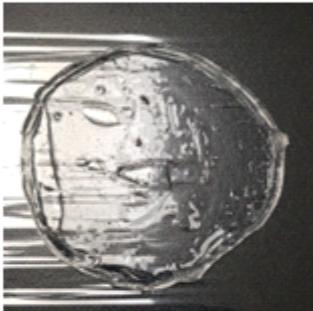
알지네이트 필름 선행 실험



*용액 첨가 직후 사진 / 첨가 직후에는 용액 농도에 따른 큰 차이가 있지만, 24시간 후에는 큰 차이가 없었음

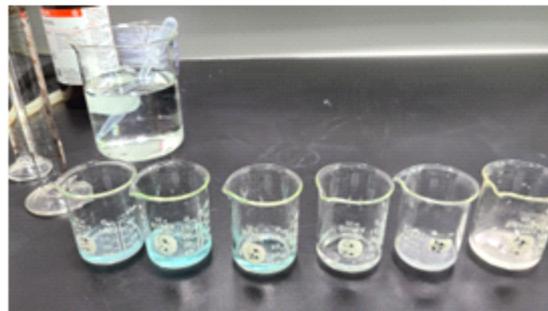
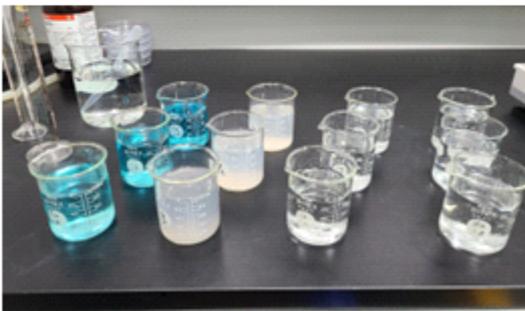
— 실험 과정 —

알지네이트 필름 선행 실험



금속 이온 용액 제조

용액 간의 반응 확인



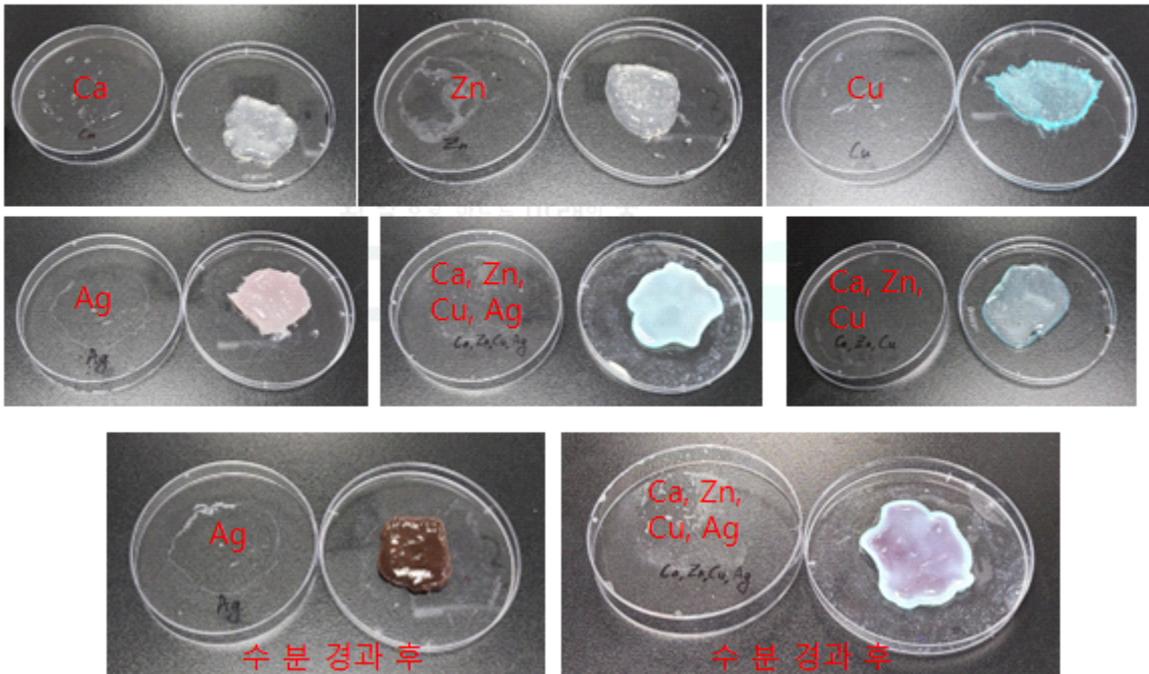
— 실험 과정 —

여러 금속 이온을 첨가한 알지네이트 필름 제조



— 실험 과정 —

금속 알지네이트 필름 제조 결과



— 실험 과정 —

UV-Vis 분광계를 이용한 금속 이온 용액의 항균효과 실험



- Sample1 : Nutrient broth 2mL + 균액 1mL
- Sample2 : Sample1 + Cu 이온 용액 100 μ L
- Sample3 : Sample1 + Ca 이온 용액 100 μ L
- Sample4 : Sample1 + Ag 이온 용액 100 μ L
- Sample5 : Sample1 + Zn 이온 용액 100 μ L
- Sample6 : Sample1 + 금속 이온 용액 4종류 각 25 μ L
- Sample7 : Sample1 + 금속 이온 용액 4종류 각 100 μ L
- *blank : Sample1의 초기 상태

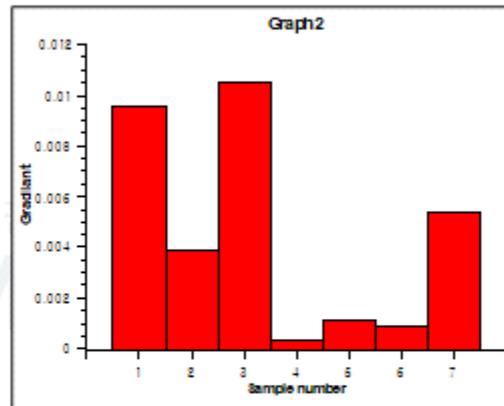
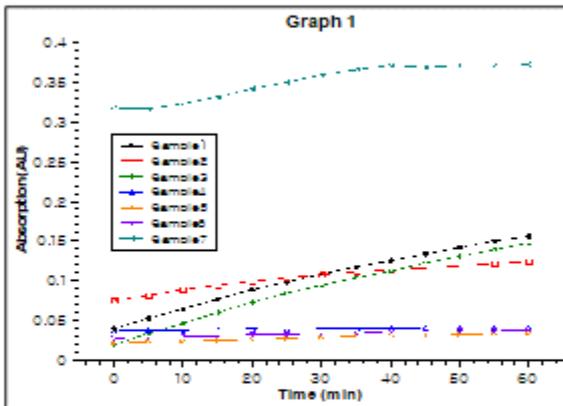
세균 3종에 대하여 각각
5분 간격으로 셀당 13회씩 측정

*같은 종의 세균을 사용한 셀은 8채널
시스템으로 같은 시각 동시 측정함.

사용기기 : Scinco社 S-4100 UV-Vis spectrometer

— 실험 결과 및 분석 —

Escherichia coli



Sample No.	1	2	3	4	5	6	7
R ²	0.9899	0.9648	0.9904	0.928	0.9818	0.981	0.9063

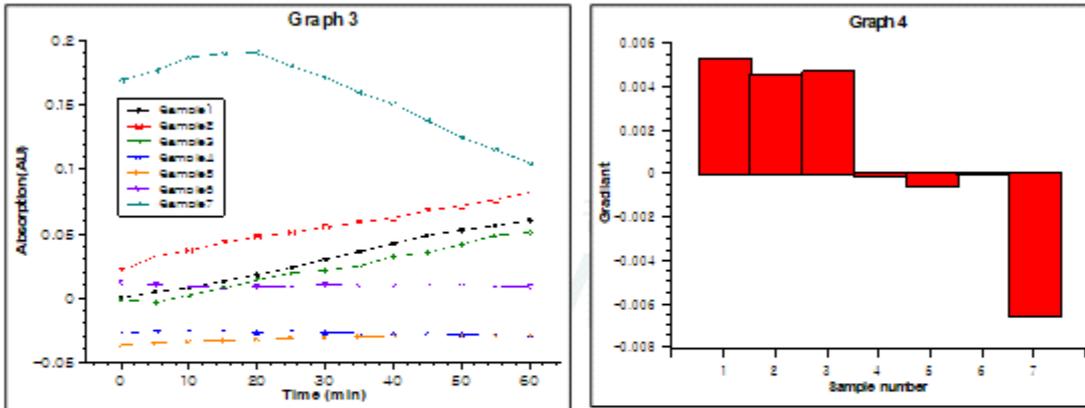
wavelength : 599.793nm

효과가 좋은 용액 : Sample4(Ag 100 μ L), Sample6(혼합 100 μ L), Sample5(Zn 100 μ L)

*Sample3(Ca 100 μ L)의 효과가 좋지 못한 이유 : Ca 용액이 Nutrient broth 내의 이온과 반응하여 다른 염을 형성하여 세균에 항균 활성을 띄지 못함.

— 실험 결과 및 분석 —

Staphylococcus pasteurii



Sample No.	1	2	3	4	5	6	7
R ²	0.9952	0.9876	0.9881	0.6095	0.9081	0.1333	0.7669

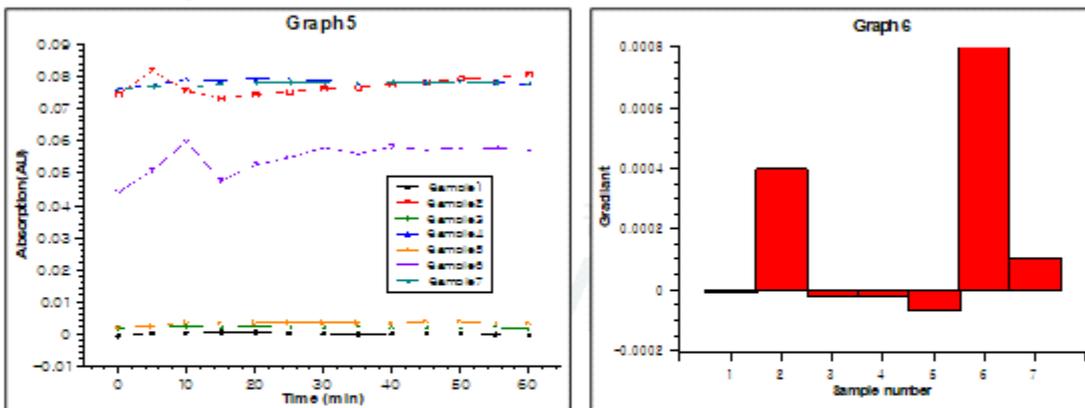
wavelength : 599.793nm

효과가 좋은 용액 : Sample7(혼합 400μL)

*Sample2, 3(Cu, Ca 100μL)의 효과가 좋지 못한 이유 : *S. pasteurii*의 내생 포자 형성 및 금속 이온에 대한 내성의 영향이 있을 것으로 추측됨.

— 실험 결과 및 분석 —

Bacillus atrophaeus



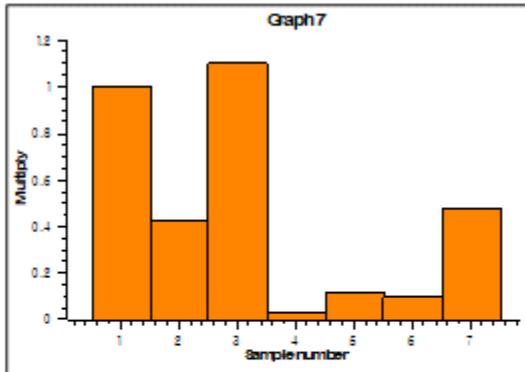
Sample No.	1	2	3	4	5	6	7
R ²	0.0183	0.2744	0.1368	0.0125	0.3337	0.4552	0.5257

wavelength : 599.793nm

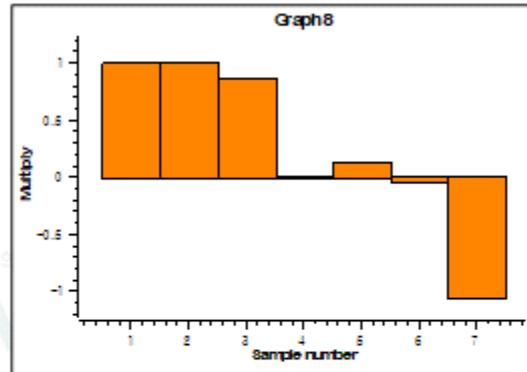
R² value부터 신뢰 불가능한 정도이며, 데이터로서의 의미가 없다고 판단됨.

오류 발생 원인 : Sample 셀을 만든 후 세균 성장 조건에 맞지 않는 온도에 장시간 보관된 상태로 대기하여 UV-Vis 흡광도 측정 결과 유의미한 결과가 나오지 않음.

결론



E. coli

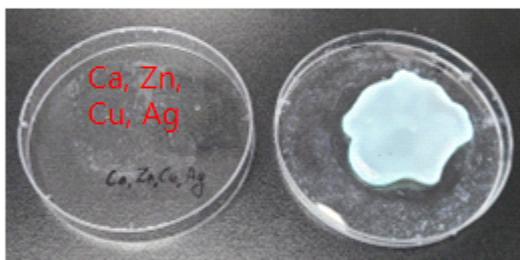
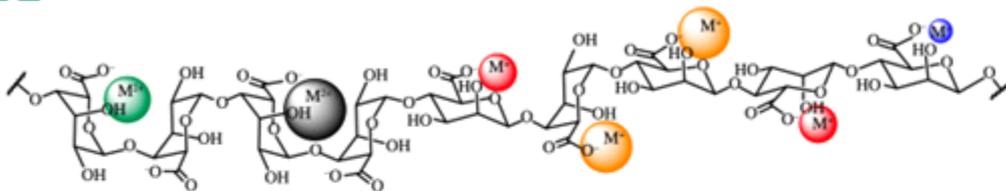


S. pasteurii

Sample 4, 5, 6이 두 세균(*E. coli*, *S. pasteurii*)에 대한 항균효과가 뛰어나
 -> Sample 6가 7에 비해 효과가 좋은 이유 : Sample 7은 용액 간의 반응이 흡광도 측정에 큰 영향을 끼쳤을 것으로 보임.

Sample 3은 두 세균에 대해 항균효과가 좋지 않음.
 -> 원인 : Nutrient broth 내의 성분이 Ca 이온과 반응하여 염을 형성했거나, Ca가 세균에 대한 항균효과가 적은 것으로 추측됨.

결론

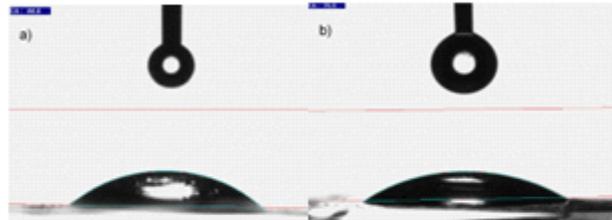


- 혼합 금속 이온 용액을 소듐 알지네이트와 반응시켜 금속 이온을 알지네이트에 고정함으로써 금속 이온의 항균효과를 갖는 알지네이트를 만들 수 있는 것을 확인함.
- 금속 이온의 항균효과(생장 억제 부분)를 UV-Vis 분광기를 이용하여 정량적으로 측정하고 분석함으로써 금속 이온이 결합된 알지네이트의 항균효과는 유의미하게 클 것으로 예상됨.

— 추가 연구 계획 —

1. 금속 알지네이트의 물성

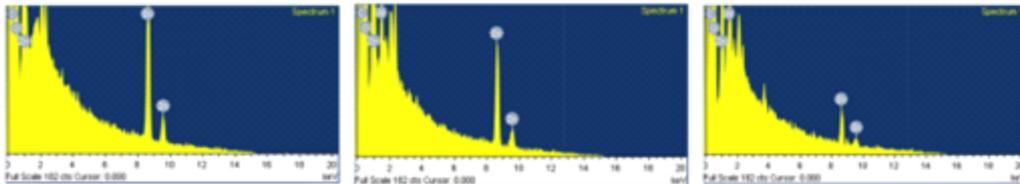
금속 알지네이트의 접착각, 인장 강도 등의 성질을 측정, 확인하여 금속 알지네이트의 적용 가능성을 확인해 볼 예정



alginate neat film의 접착각 측정 사진

2. EDS를 이용한 금속 알지네이트의 금속 함량

EDS(에너지 분산 분광 분석법)를 이용하여 금속 알지네이트 내의 금속 함량을 측정하고, 이를 이용하여 금속 알지네이트 제조에서 함량을 조절하는 방법 등을 연구해 볼 예정



Zinc alginate의 EDS 측정 사진

— 실생활 활용 방안 —



겔(gel)반창고

현재 상처 및 흉터 드레싱(소독) 또는 치유 등에 겔반창고와 같은 의료품에는 부드러우면서 촉촉함을 유지할 수 있어 생체 민감성이 적은 소재가 사용되고 있음.

알지네이트를 소재로 적용한다면 자연 추출물로 인체에 큰 유해성이 없고, 생분해되기 때문에 환경 오염도 없을 것으로 예상됨.

금속 알지네이트를 얇게 필름캐스팅하여 건조시키면 플라스틱 필름과 같이 얇은 필름 형태로 가공 가능함.

얇은 필름 혹은 시트 형태로 가공하면 항균 필름과 같은 항균 물품으로도 사용 가능함.



엘리베이터에 부착된 항균 필름

나뭇잎을 활용한 친환경적이고 안전한 항균물티슈 제작 및 효과 검증

팀명 : BIOEARTH

탐구 동기

- 코로나 시국에 여러 항균 제품들이 출시했지만 문제점이 많음
 - 기능성 측면(예: 항균 필름)
 - **안전성** 측면(예: 소독 성분인 **염화벤잘코늄**)
 - **환경** 문제(예: **플라스틱**인 물티슈)

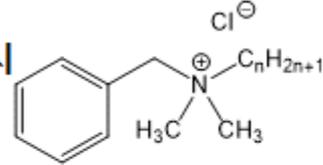
탐구 목적

- **생체에 안전하고 친환경적인 항균 물티슈를 제작해보자!**
 - **안전성** 측면: **나뭇잎**으로부터 항균 성분을 추출
 - **환경** 문제: **대나무 섬유** 물티슈 원단을 사용
- **제작한 항균물티슈의 효과를 검증해 보자!**

배경 지식

■ 염화벤잘코늄의 유해성

- 쥐에 염화 벤잘 코늄 0.005%, 0.001%를 주사 시 폐 조직 세포 파괴
- 폐의 면역 체계 파괴



n = 8, 10, 12, 14, 16, 18

■ Soxhlet 추출기

- 용매가 증발하지 않으므로 소량의 용매로 오랜 시간 추출 가능

■ Swab kit과 건조 배지

- Swab kit: 멸균된 Saline 용액 안에 면봉이 들어있어 세균을 채취해 균 실험 준비를 돕는 도구
- 건조배지: 세균이 자라기 위한 영양분이 이미 있는 배지로 수화시켜 균을 배양시킬 수 있는 배지



배경 지식



백송

- 폐렴균, A형 연쇄상구균 등에 대한 항균 작용
- 식품 보존제로 활용



비비추

- 진통 및 항균 작용
- 식용, 약용으로 사용



옥수수속대

- 베타시스토스테롤 풍부함
- 치주균에 대한 항균 작용



작두콩

- 항염증, 항알러지 효과
- 항바이러스, 항균 작용

실험 설계

▪ 항균효과가 있는 식물종 검색 및 준비

- 항균 효과가 있는 것으로 알려진 식물종 검색
- 학교 및 일상 생활에서 실험 재료 준비



▪ 추출액 제조 및 성분 확인

- 항균 효과가 있는 것으로 알려진 식물종 검색
- 학교 및 일상 생활에서 실험 재료 준비



▪ 항균 효과 검증

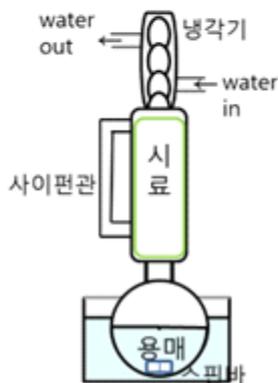
- 세균 배양 실험을 통한 항균 효과 실험(건조 배지/LB 세균배양배지)
- 대나무 섬유로 물티슈 제작 후 항균 효과 실험

전체 실험 과정

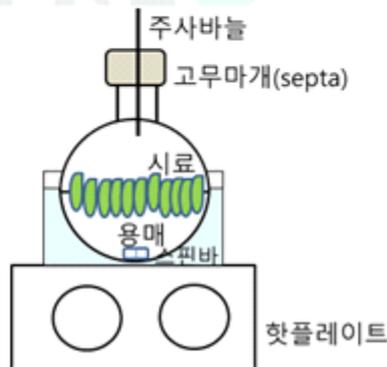
- 추출물 제조 → 추출된 성분 존재 여부 분석(TLC/흡광도)
 → 추출물의 항균 효과 비교(건조 배지/ LB 세균배양배지)
 → 가장 항균력 좋은 추출물로 물티슈 제작 → 항균 효과 확인

1. 추출물 제조 - 과정

속슬릿 추출



끓여서 추출



1. 추출물 제조 - 결과

▪ 끓여서 추출 vs. 속슬렛 추출(용매: 이소프로필 또는 물)



▪ 끓여서 추출하는 경우

- 용액의 색이 더 빨리 진하게 변함(더 단시간 내에 추출 가능)
- 용매가 증발하는 경우에는 용매를 더 첨가함
- 추출 후 여과하여 추출액을 얻음

▪ 속슬렛 추출

- 사이펀 원리에 의해 첫 추출액을 얻기까지 시간이 많이 소요됨
- 용매가 증발하지 않으므로 용매를 더 첨가할 필요 없음
- 추출 후 추출액을 얻기 위해 여과 과정 필요 없음

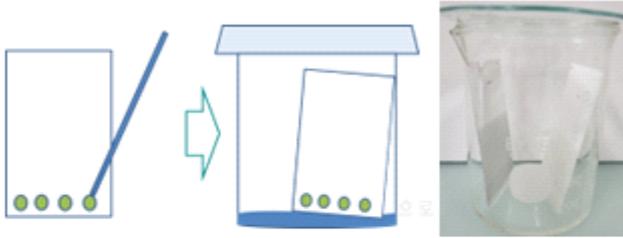
1. 추출물 제조 - 결과(계속)

▪ 이소프로필 알코올로 추출 vs. 물로 추출)



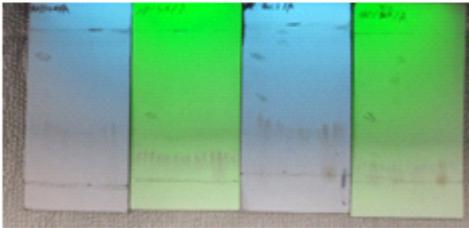
- 끓여서 추출하는 경우 이소프로필 알코올과 물 모두 추출이 빠르므로 가정에서도 추출 가능
- 물로 추출하는 경우 냉장 보관 시 2주 간 외관 상 변화는 없으나 계속 보관 시 변질 가능성
- 이소프로필 알코올로 추출하는 경우 실온이나 냉장 보관 시 장기간 보관 가능성

2. 추출물 성분 분석(TLC) - 과정



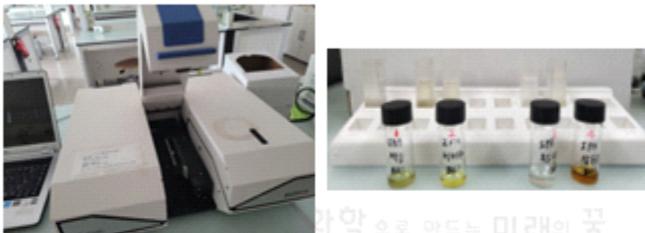
- 정상(실리카겔) 및 역상 TLC 판에 추출물 시료를 점적한 후 다양한 전개 용매 혼합용액으로 전개

2. 추출물 성분 분석(TLC) - 결과



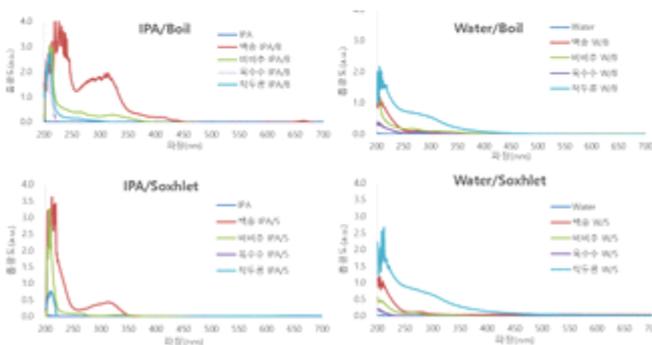
- 전개 용매의 종류 및 비율, 정상 및 역상 TLC 판을 사용하여 각 추출물에 추출된 성분이 있는 것을 확인함

3. 추출물 성분 분석(흡광도 측정) - 과정



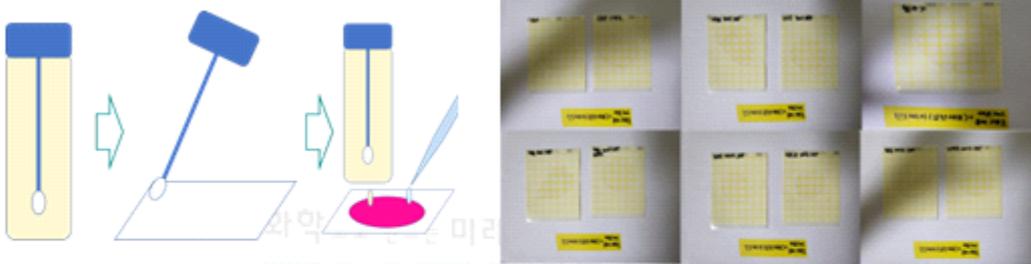
- 백송, 비비추, 옥수수, 작두콩 추출물을 각각 1, 2, 3, 4번으로 라벨링하여 바탕 용액(추출 용매)과 함께 측정

3. 추출물 성분 분석(흡광도 측정) - 결과



- 추출 물질의 종류는 추출 용매에만 의존하고 추출 방법에는 큰 영향을 받지 않음

4. 추출물의 항균 효과(건조 배지) - 과정



4. 추출물의 항균 효과(건조 배지) - 결과

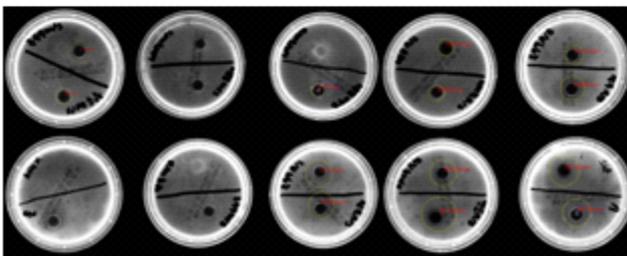


- 끓여서 추출한 경우 콜로니 감소량이 더 큼 → 항균 효과가 더 큼
- 어느 경우든지 백송의 항균 효과는 크게 나타남

5. 추출물의 항균 효과(LB 세균배양배지) - 과정



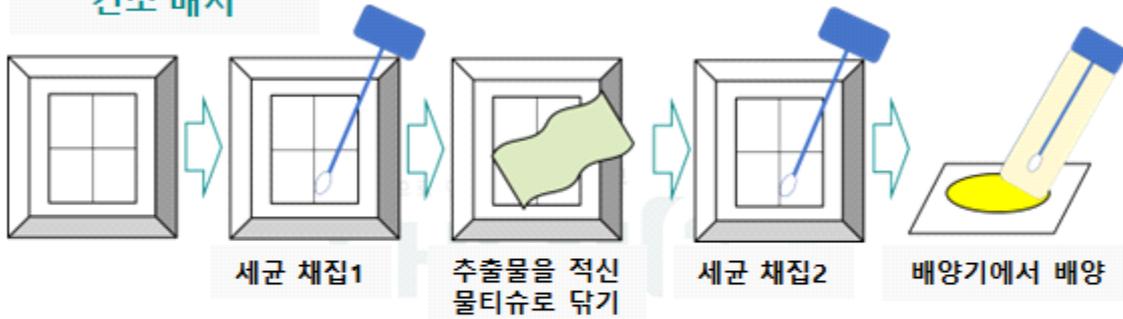
5. 추출물의 항균 효과(LB 세균배양배지) - 결과



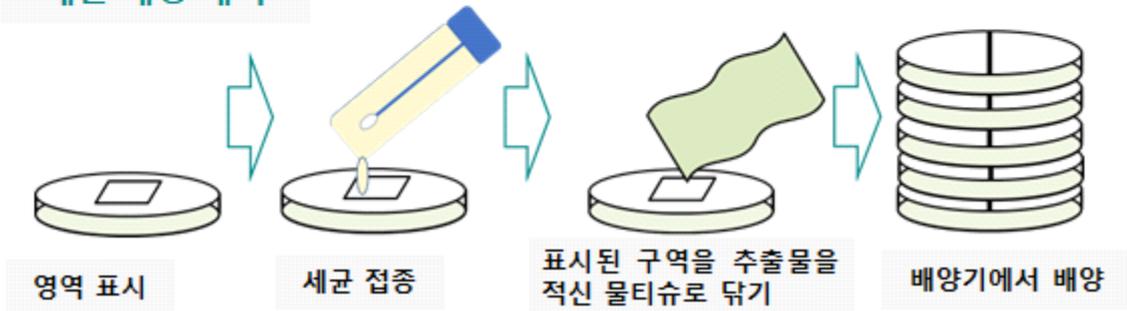
- IPA로 추출한 경우 4개의 추출물 모두 생육저해환(clear zone)이 관찰됨
- 물로 추출한 경우 뚜렷한 생육저해환이 관찰되지 않거나 크기가 작음
- 백송잎을 물로 추출한 경우 생육저해환이 가장 큼 → 항균 효과가 가장 뛰어남

6. 멀티슈 제작 및 효과 확인 - 과정

건조 배지



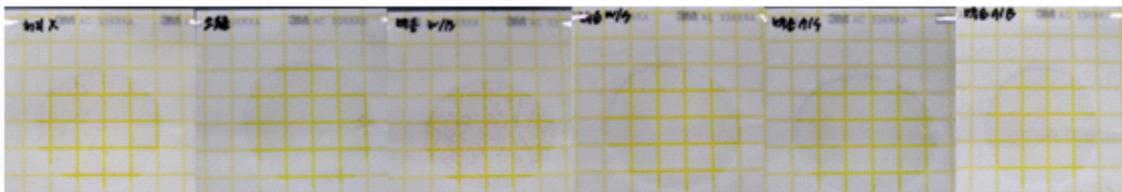
세균 배양 배지



6. 멀티슈 제작 및 효과 확인-결과

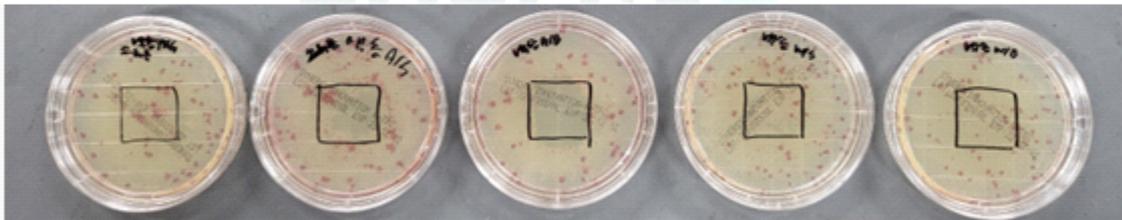
(A/B: 이소프로필 알코올, 끓임, A/S: 이소프로필 알코올, Soxhlet, W/B: 물, 끓임, W/S: 물, Soxhlet)

건조 배지



- 백송에 대해서만 항균 효과를 비교했을 때 이소프로필 알코올을 용매로 하여 끓이거나 속슬렛 추출한 경우 또는 물을 용매로 속슬렛 추출한 경우 항균 효과가 뛰어남

세균 배양 배지



- 백송을 이소프로필 알코올로 끓여서 추출한 경우 항균 효과가 가장 좋음
- 그 다음은 이소프로필 알코올로 속슬렛 추출 > 물로 속슬렛 추출 > 물로 끓여서 추출한 순으로 항균 효과가 좋음

결론



- 세균 채취 장소 및 세균의 종류에 따라 정도의 차이는 있으나 백송잎, 비비추, 옥수수속대, 작두콩 추출물 모두 항균 효과를 나타냄
- 모든 경우 백송 추출물의 세균번식 억제 효과가 가장 뛰어남
- 대나무 섬유 티슈에 추출물을 묻힌 경우에도 항균 실험 결과는 같음
- 다른 합성 방부제의 첨가 없이 즉석에서 제조하여 가정에서 사용 가능



**백송잎의 이소프로필 알코올 또는 물 추출물은
대나무 섬유 티슈에 묻혀
생체에 안전하고 친환경적인 항균물티슈로 사용 가능하다!**

향후 탐구 계획



■ 세균 종류별 실험

- 대장균, 황색포도상구균 등 세균을 특정하여 학교의 클린 벤치에서 세균 종류별로 어떤 추출물이 효과가 있는지 체계적인 실험

■ 추출물 성분 중 항균 효과를 내는 물질 확인

- 표준 물질의 TLC, 흡광도와 비교



■ 항균물티슈 제작 후 검증 실험

- 추출액 및 실제 크기로 제작한 물티슈의 실온 및 냉장 보관 유효 기간 확인
- 추출물을 대나무섬유 티슈에 묻혀 실제 크기로 제작한 물티슈로 소독 부위를 닦은 후 세균을 채취하여 실제 효과 검증

제설제의 토양 산성화 피해 완충을 위한 Gelatin 기반 Alkami(Alkalization Microbial Capsule) 제작

팀명 : Alkami

탐구 동기

염화 칼슘 제설제의 사용



블랙아이스효과 제거



제설 성능 뛰어남



기존 제설제의 문제점



콘크리트 도로 파손



토양 산성화

• 친환경 제설제 제작 연구의 **한계점**



“비용 증가”



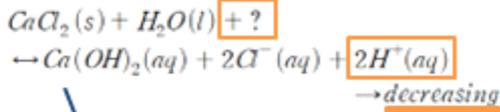
“성능 감소”

IMPOSSIBLE™

“실용가능성 X”

탐구 목적

염화칼슘 산성화 피해 해결 과정의 전환점



“염화 칼슘의 사용을 유지하면서 산성화 피해를 해결할 방법은 없을까?”

알칼리성 미생물을 이용한 Capsule 제작



“토양 미생물을 이용하여 알칼리화 가능한 미생물 탐색”



“친환경적인 Capsule, Alkami 제작”

탐구 과정

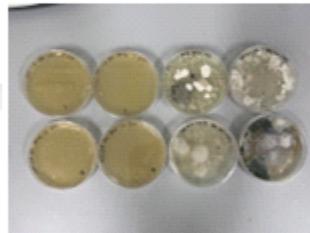
1. 탈염화 균주들의 동정

토양 미생물 추출과 토양 미생물의 도말 및 배양



토양 채취 과정

인파가 잦은 2곳과 드문 2곳에서의 토양 채취



토양 미생물 배양

7일 간 Incubator에서 37°C 및 24°C 로 보관



토양 현탁액

토양 50g+ 증류수 250mL
↓
실온에서 약 30분간 방치

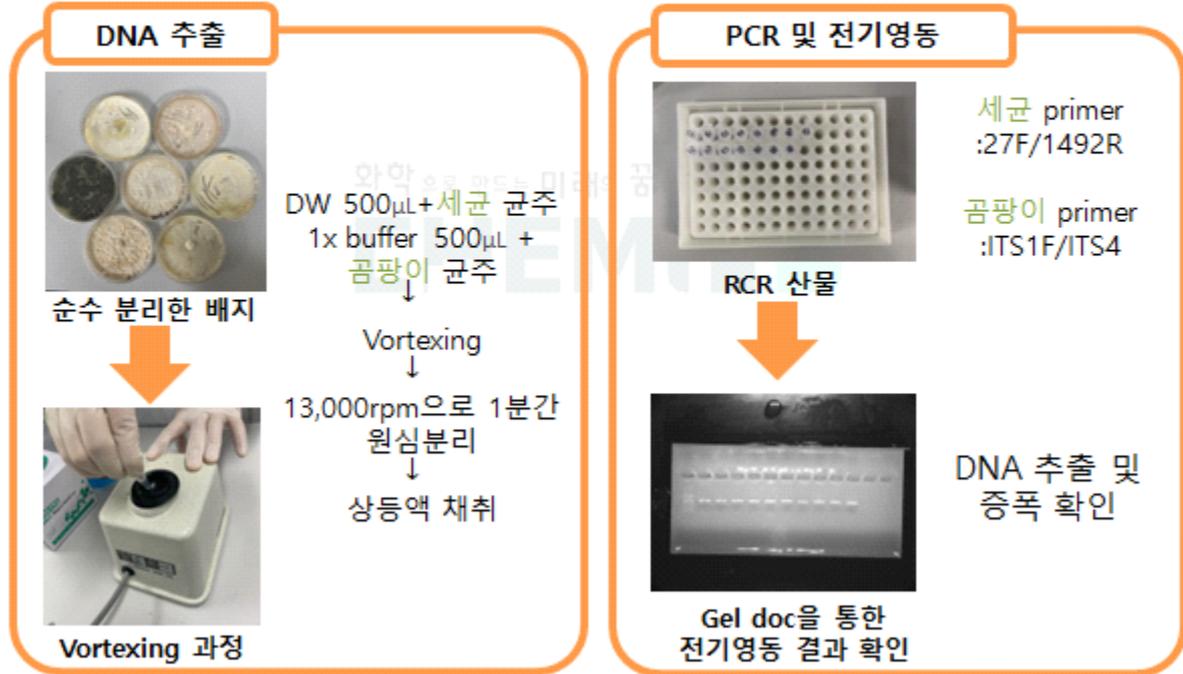


토양 미생물의 배지 접종

Spreader를 이용한 토양 미생물의 평판 도말 진행

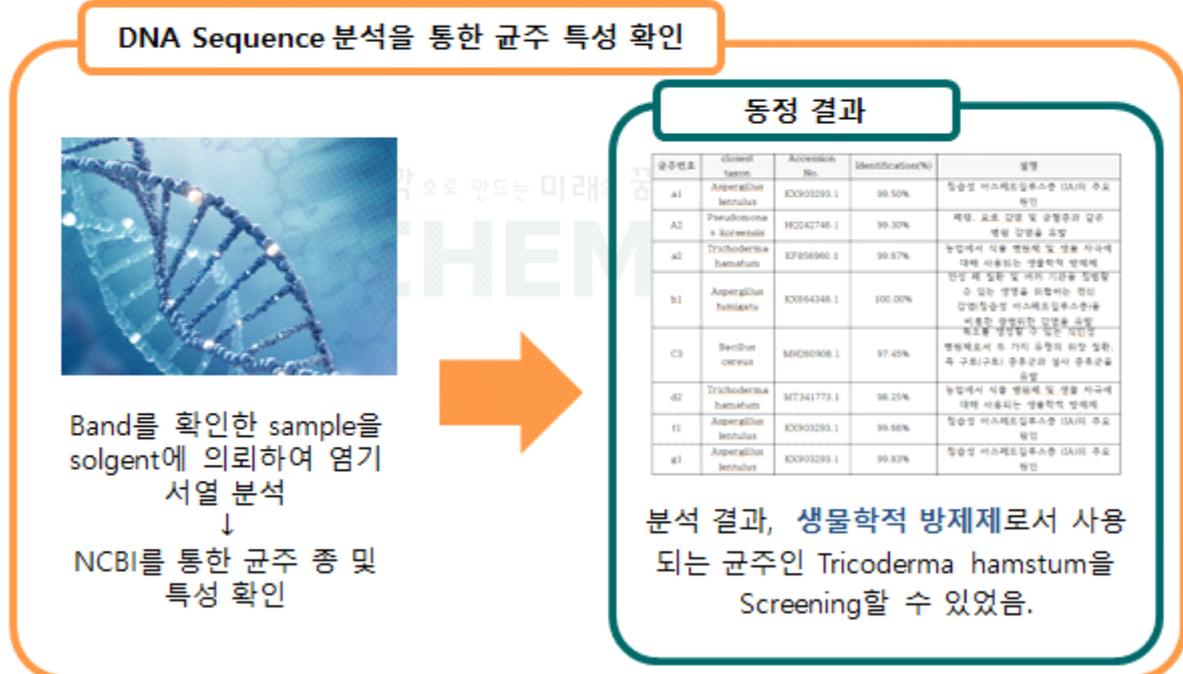
탐구 과정

1. 탈염화 균주들의 동정



탐구 과정

1. 탈염화 균주들의 동정



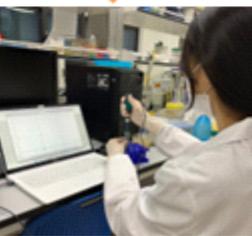
탐구 과정

2. 동정 균주의 알칼리화 검증



LB broth 5mL
+
HCl 300μL
↓
균주 접종
↓
28°C 150rpm shaking incubator에서 24시간 배양
↓
pH 센서기를 통한 pH 측정
↓
pH 변화량이 가장 큰 균주 선정

pH 5.5 LB broth



pH 재측정

알칼리화 검증 결과

균주	초기 pH	나중 pH	pH 변화량	균주	초기 pH	나중 pH	pH 변화량
control	5.5	5.22	-0.28	C3	5.5	6.21	0.71
a1	5.5	6.23	0.73	a4	5.5	5.55	0.05
d1	5.5	5.74	0.24	D3	5.5	5.6	0.1
d1	5.5	5.62	0.12	f1	5.5	5.71	0.21
A3	5.5	5.96	0.46	E1	5.5	5.98	0.48
c2	5.5	6.03	0.53	A4	5.5	5.46	-0.04
h1	5.5	5.7	0.2	b2	5.5	5.52	0.02
C2	5.5	5.63	0.13	A2	5.5	6.76	1.26
C1	5.5	5.8	0.3	b4	5.5	5.58	0.08
e1	5.5	5.68	0.18	g1	5.5	6.3	0.8
B1	5.5	5.11	-0.39	A1	5.5	5.63	0.13
B2	5.5	5.56	0.06	f1	5.5	6.55	1.05
a2	5.5	6	0.5	d2	5.5	6	0.5
F4	5.5	5.78	0.28	b1	5.5	6.38	0.88

재측정 결과, 9여개의 균주가 pH 6 이상으로 알칼리성으로 작용한 것을 확인함. 이를 바탕으로 a1, A2, a2, b1, c2, C3, d2, f1, g1 균주를 선정.

탐구 과정

3. Gelatin 캡슐 제조

몰드 제작 과정



캡슐 디자인화
타원의 구조와 부피 적분 과정을 통한 4mL 용 캡슐 제작

몰드 3D 모델링 과정



몰드 3D 모델링
Fusion 360 program을 이용한 몰드 구조 제작

3D printer의 이용

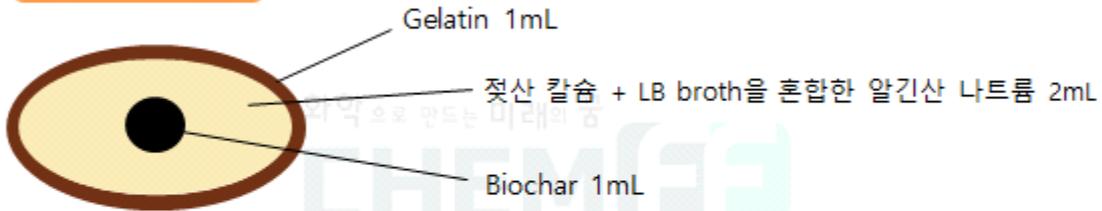



몰드 출력 과정

탐구 과정

3. Gelatin 캡슐 제조

캡슐 제작 과정



<Alkami의 구조>

→ 토양 미생물을 활성화 시킴.

- 1 젯산 칼슘과 알긴산 나트륨 혼합을 이용한 Biochar 막구조 제작
- 2 젯산 칼슘과 알긴산 나트륨 혼합을 이용한 LB broth 막구조 제작
- 3 몰드 구조에서의 Gelatin 도포를 통한 Alkami의 제작

탐구 과정

3. Gelatin 캡슐 제조

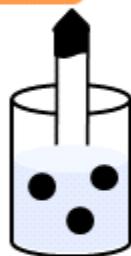
Biochar 막구조 제작



Biochar의 제작



Biochar 1mL 모형



<제작 방법>
Biochar을 혼합한 알긴산 나트륨 (conical tube)
+ 젯산 칼슘 (비커)
↓
Biochar 구조

배지 막구조 제작



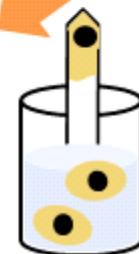
Biochar 주입 과정



배지 막구조 3mL 모형



LB broth 막구조 제작



LB broth을 혼합한 알긴산 나트륨 (conical tube)
+ 젯산 칼슘 (비커)
+ biochar 1mL
<제작 방법>

탐구 과정

3. Gelatin 캡슐 제조

Gelatin 도포 준비



Gelatin power 105g
+ 증류수 300mL
↓
100°C 600rpm 교반

Gelatin 용액 제조

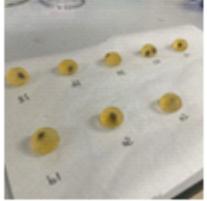
Gelatin Capsule 제작





Gelatin 도포 Gelatin 고화

Alkami 제작



- Alkami의 생분해성 검증
- Alkami의 독성 검증 EC50
- Alkami의 균주 함량 검증

Alkami 제작

LB 배지 구조물 준비



몰드에 Gelatin 용액을 0.5mL 바르고, LB 배지 구조물을 넣어 Gelatin을 도포 한다.

탐구 과정

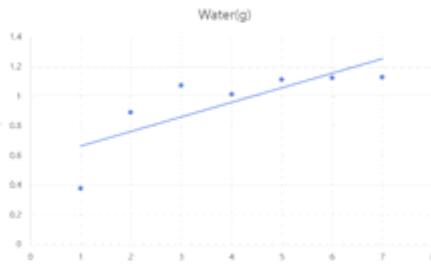
4. 제작된 Alkami의 성능 검증

생분해성 검증



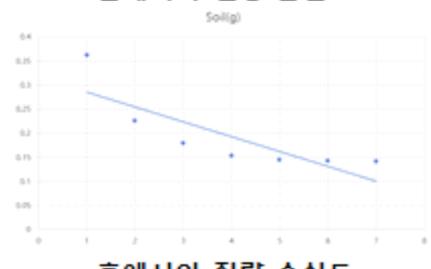
물과 흙에서 질량 손실도

겨울철 제설제 사용 환경을 조성하기 위해 2°C에서 7월 간 냉장 보관함.



물에서의 질량 손실도

시간	Water(g)
1	0.35
2	0.85
3	1.05
4	1.05
5	1.10
6	1.10
7	1.20



흙에서의 질량 손실도

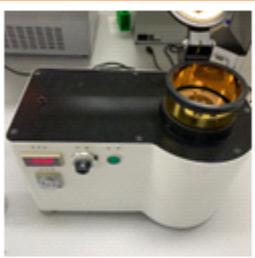
시간	Soil(g)
1	0.35
2	0.25
3	0.15
4	0.10
5	0.10
6	0.10
7	0.05

Gelatin이 물 환경에서 질량이 증가하다가 어느 순간 일정해지며 이후 감소하지만, Gelatin이 흙 환경에서 질량이 감소한다.

탐구 과정

4. 제작된 Alkami의 성능 검증

SEM 촬영

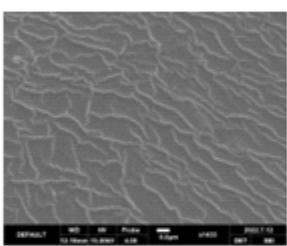


AU coating



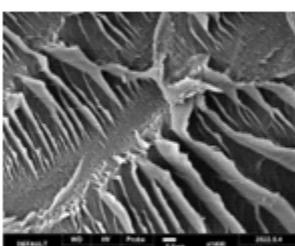
SEM 촬영

SEM 촬영 결과



1일차 Gelatin x1400

➔



7일차 Gelatin x1400

시간에 따라 흡 환경에서 보관한 Gelatin Capsule이 생분해됨을 Gelatin의 미세구조 변화를 통해 확인함.

탐구 과정

4. 제작된 Alkami의 성능 검증

EC50



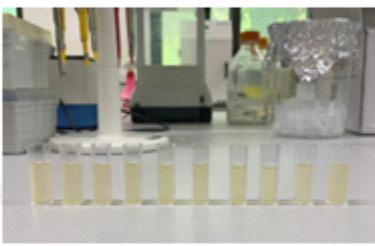
물벼룩이 담긴 영양 배지 5mL (5마리)
+ 미생물이 배양된 LB broth 5mL

EC 50 실험 과정

	0h	2h	4h
control	5	3	3
C3	5	1	0
f1	5	2	2
g1	5	4	4
a2	5	1	0
c2	5	5	6
a1	5	4	3
d2	5	5	4
b1	5	3	2
A2	6	5	3

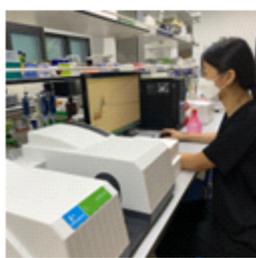
EC 50 실험 결과

UV-Vis



Alkami 균주 1mL + 멸균된 LB broth 2mL

Alkami 균주 함량 확인 실험



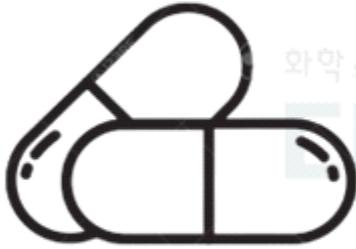
파장 650nm에서 미생물 함량 관찰 및 농도 분석

분광 광도계 사용 과정

4시간 동안 물벼룩 생존 수 ↓
c2, d2, g1, a1, A2에서 세포 독성이 없음으로 판단함.

탐구 결과

Alkami의 이용



Alkami

1

Gelatin 분해 및 물리적 충격으로 인한 배지 막구조의 방출

2

막구조 손실로 인한 Biochar와 배지 막구조의 혼합

3

Biochar로 인한 토양 미생물 활성을 통한 완충작용

실용화 할 경우, 미생물의 생존을 보존시켜야 하기에 호기성 균주만을 골라내어 특정 시간 동안 냉동 보관하여 미생물을 보존한다.

사후 활용 계획



“온습도 조건과 같은 토양 별 특성에 따른 최적화 캡슐 추가 제공”



“폐수 및 경작으로 산성화된 토양”



“실험실 폐수의 중화”



“하수 슬러지의 중화”

PRB(Perchlorate-Reducing Bacteria)의 Perchlorate reduction 반응을 활용한 Biochemical Mars Terraforming 모델 설계 및 가능성 제시

WhyNotUs

1. 탐구 동기

- 현재 이슈가 되고 있는 기후변화 문제
- 기후변화 대책 중 하나로, 화성 지구화(Terraforming)의 가능성 대두
 - 화성 테라포밍은 과학이 이루어 낼 '미래의 꿈'이다!
 - **화학을 활용한 테라포밍 방법론의 탐구 필요성 ↑**
- 화성 표면에 넓게 분포하는 유해 물질 perchlorate(과염소산염) 제거 기술 연구 필요
- Perchlorate는 PRB(Perchlorate-reducing Bacteria; 과염소산염 환원 세균)을 이용해 산소와 염화 이온으로 전환 가능
 - **PRB를 활용한 perchlorate 제거 기술 연구 필요성 인식**



PRB(Perchlorate-Reducing Bacteria)의 Perchlorate reduction 반응을 활용한
Biochemical Mars Terraforming 모델 설계 및 가능성 제시

2. 이론적 배경

■ Perchlorate(ClO_4^-)의 특성

① Perchlorate는 중요한 산소원이 되지만, 그 자체로는 인류의 건강을 위협

Perchlorate는 $Na^+ - I^-$ symport에서 I^- 의 흡수를 경쟁적으로 억제하여 TSH 증가 티록신 합성 방해, 갑상선 기능 저해

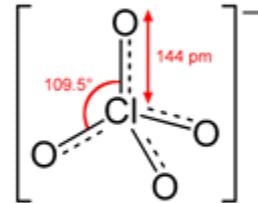
② Perchlorate는 강한 산화제

NH_4ClO_4 는 높은 온도에서 강한 산화제로 작용해 로켓의 고체 연료로 활용됨

③ Perchlorate는 일부 원핵생물(PRB)의 최종 전자수용체

Perchlorate를 활용하는 생체 경로 'Perchlorate Metabolism' 가지는 박테리아 PRB

→ Perchlorate의 생물학적 제거 가능



▲ [Fig.1] Perchlorate structure

■ 화성의 물리적 특성

공전 주기 : 24시간 37분

대기의 양 : 지구의 1/100

대기 조성 : 95% CO_2 , 3% N_2 , 0.003% H_2O

대기압 : 지구의 1/170

평균 온도 : $-60^\circ C$ ($-100^\circ C \sim 20^\circ C$)



▲ [Fig.2] Mars

4. 연구 계획

[테라포밍에서 해결해야 하는 문제]

- ① 너무 낮은 평균 온도 (일반적인 생물은 생존 불가)
- ② 표면의 유해 물질 perchlorate (인체 갑상선 유해물질, 인류 생존 위해 제거 필요)
- ③ 이산화탄소가 과량인 대기 조성 (동식물 호흡 불가)

[연구 소주제]

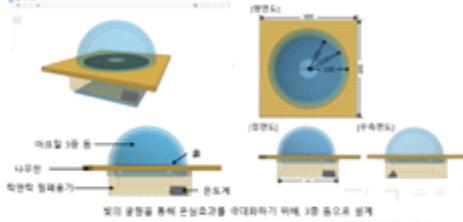
실험① 화성형 돔 제작, 온실효과 검증

실험② PRB의 perchlorate 환원 능력 검증

실험③ 이산화탄소 과량 대기에서의 식물 성장 가능 여부 및 효율 탐구

실험① 화성형 돔 제작, 온실효과 검증 - 과정

1) 돔 3D 모델링



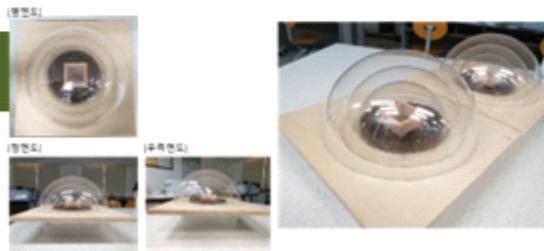
2) 나무판 등 재단



4) 온실효과 검증 실험



3) 3종 돔 완성



[온실효과 검증 실험 방법]

- ① 돔을 셋팅할 빈는 곳에 둔다.
- ② 쉬는 시간마다 내려가서 내부와 외부의 온도, 습도를 기록한다.
- ③ 역으로 그래프를 그려 주이를 분석한다.

실험① 화성형 돔 제작, 온실효과 검증

08:10 내부 30.2 °C 73% 외부 29.2 °C 72%	09:33 내부 36.8 °C 72% 외부 30 °C 66%	10:31 내부 43.8 °C 68% 외부 30.7 °C 67%	11:34 내부 53.1 °C 64% 외부 32.9 °C 55%	12:55 내부 88.8 °C 62% 외부 33.5 °C 51%	15:24 내부 50.6 °C 62% 외부 33.7 °C 56%
16:23 내부 50.4 °C 61% 외부 32.7 °C 59%	17:32 내부 47.7 °C 61% 외부 32.1 °C 63%	18:55 내부 36.2 °C 66% 외부 30.1 °C 72%	21:09 내부 30.5 °C 74% 외부 28.7 °C 77%	23:18 내부 28.8 °C 72% 외부 27.8 °C 78%	07:59 내부 28.9 °C 68% 외부 25.2 °C 99%

▲ 측정 데이터 및 사진



[결과 분석]

- ① 외부 온도는 실제 기온을 따른다.
- ② 태양의 영향이 가장 강한 정오에 온실 내 온도가 측정한계(88.8°C)를 넘는다.
- ③ 해가 지고 난 이후에는 온실 내부와 외부의 온도가 거의 비슷하나 온실이 조금 더 높을 것이다.
- ④ 낮에는 온실 내부의 습도가 더 높았으나, 저녁이 되면서 외부가 더 높아졌고, 다음 날은 비가 와서 외부 습도가 99% 된다.



→ 태양의 영향 하에서 온실 효과를 확인할 수 있었음, but 상승한 온도를 밤에도 유지할 수 있도록 발전 필요

실험② PRB의 perchlorate 환원 능력 검증 - 과정

[배지 제작 방법]

- ① 가열교환기를 준비하고, 1000ml 삼각 플라스크에 증류수를 약 50ml 담는다. (마지막에 500ml까지 채움)
- ② 배지 구성물질을 차례대로 질량을 측정해 삼각 플라스크에 넣는다. (윗기병으로 weighing dish를 씻어주면서 꼼꼼히 넣음)
- ③ 플라스크에 naming하고, 입구를 호일로 감싼 후 멸균테이프를 붙인다.
- ④ Autoclave한다. (200°C, 30min)
- ⑤ Autoclave 후, 클린벤치에서 피펫을 이용해 배지를 naming해둔 Conical Tube에 옮겨 소분한다.
- ⑥ 4°C 냉장고에 보관한다.



KCTC Media No. 531 : WOLINELLA SUCCINOGENES MEDIUM

조성	용량	단위
$(NH_4)_2SO_4$	1.00	g
K_2HPO_4	5.00	g
Fumaric acid	1.00	g
Na formate	3.00	g
Yeast extract	1.00	g
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	0.20	g
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.02	g
Na thio glycolate	0.50	g
Biotin	1.00	mg
Distilled water	1000.00	ml

** pH : 7.0 - 7.2

** memo : Adjust pH to 7.0 - 7.2. Autoclave sodium thio glycolate separately (under nitrogen atmosphere) and add aseptically before inoculation. Alternatively, 0.3 g cysteine hydrochloride and 0.3 g Na₂S₂O₄ per liter medium may be used as reducing agents.

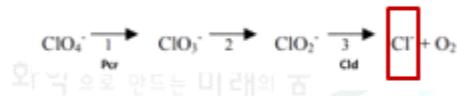
** B.B.B.K. 415.

*Na thio glycolate는 전과반에 넣고 autoclave하는 것이 아니라 따로 분리해서 끓이고 접종 직전에 첨가하고 되어 있음 따름.

실험② PRB의 perchlorate 환원 능력 검증 - 과정

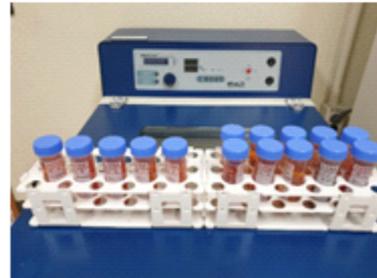
하루동안 shaking incubation한 미생물 배양액의 Cl^- 농도 측정

Vernier LabQuest2의 Chloride 선택성 전극 센서를 활용해 배양액의 Chloride 농도를 측정한다.



[예상되는 결과]

배양액의 Cl^- 농도가 모두 증가하고, 첨가한 $KClO_4$ 의 농도가 높을수록 증가율이 클 것이다.

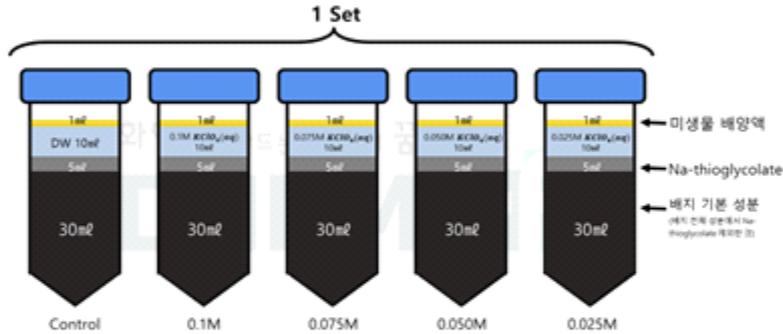


실험② PRB의 perchlorate 환원 능력 검증 - 과정



PRB(Perchlorate-reducing Bacteria)인 *Wolinella succinogenes* 혐기성 배양 (총 3set로 반복실험 3회)

PRB의 perchlorate 환원 능력 검증을 위해, 하루동안 진탕 배양하여 수용액의 Cl^- 농도 측정



*DW : Distilled Water(멸균증류수)

▲ $\text{KClO}_4(aq)$ 의 농도를 0.1M, 0.075M, 0.050M, 0.025M로 하고(대조군은 멸균증류수), Cl^- 농도 측정 및 대조군과 비교하여 증가를 경향성 분석

[미생물 혐기성 배양 방법]

- ① Conical tube에 배지, $\text{KClO}_4(aq)$, 미생물을 넣고 뚜껑을 꼭 닫는다.
- ② 밀폐용기에 tube들을 넣고, 혐기조성액(1개당 1.5L)을 밀폐용기 부피에 맞게 넣는다.
- ③ Anaerobic indicator를 넣고, 밀폐용기를 닫고 shaking incubator에 넣어 하루동안 진탕배양한다.



혐기조성액

실험② PRB의 perchlorate 환원 능력 검증 - 결과 : 미생물 배양 후 Cl^- 농도 측정

	1차 (mg/l)	2차 (mg/l)	3차 (mg/l)
Control			
0.1M $\text{KClO}_4(aq)$			
0.075M $\text{KClO}_4(aq)$			
0.050M $\text{KClO}_4(aq)$			
0.025M $\text{KClO}_4(aq)$			

Cl^- 농도 측정 데이터

(측정 기기 : Vernier LabQuest2 - Chloride selective electrode)

	1차 (mg/l)	2차 (mg/l)	3차 (mg/l)
Control	37.1	37.9	39
0.1M $\text{KClO}_4(aq)$	38.1	40.9	43.3
0.075M $\text{KClO}_4(aq)$	38.2	38.7	42.1
0.050M $\text{KClO}_4(aq)$	35.6	39.2	40.5
0.025M $\text{KClO}_4(aq)$	38	40.2	41.8

Cl^- 농도가 모두 증가할 것이라 예측 → 한 측정값을 제외하고 모두 증가할 감소한 것으로 나오는 측정값은 실험적 오차

	1차 (mg/l)	2차 (mg/l)	3차 (mg/l)	평균	증가율
Control	37.1	37.9	39	38	100%
0.1M $\text{KClO}_4(aq)$	38.1	40.9	43.3	40.7667	107%
0.075M $\text{KClO}_4(aq)$	38.2	38.7	42.1	39.6667	104%
0.050M $\text{KClO}_4(aq)$	35.6	39.2	40.5	38.4333	101%
0.025M $\text{KClO}_4(aq)$	38	40.2	41.8	40	105%

측정값을 평균 내어 증가율 계산 → 모두 증가함
But, 증가율의 경향성이 0.050M에서 어긋남

	1차 (mg/l)	2차 (mg/l)	3차 (mg/l)	평균	증가율
Control	37.1	37.9	39	38	100%
0.1M $\text{KClO}_4(aq)$	38.1	40.9	43.3	40.7667	107%
0.075M $\text{KClO}_4(aq)$	38.2	38.7	42.1	39.6667	104%
0.050M $\text{KClO}_4(aq)$	X	39.2	40.5	39.85	105%
0.025M $\text{KClO}_4(aq)$	38	40.2	41.8	40	105%

오랫값을 제외하고 증가율의 경향성을 보면, $\text{KClO}_4(aq)$ 의 농도와 증가율이 비례할 것이라는 예측에 더욱 가까워짐

→ 배양액의 Cl^- 가 증가하는 경향성을 통해 PRB의 perchlorate 환원 능력 검증

실험 ③ 이산화탄소 과량 대기에서의 식물 성장 가능 여부 및 효율 탐구 - 사전 실험 과정

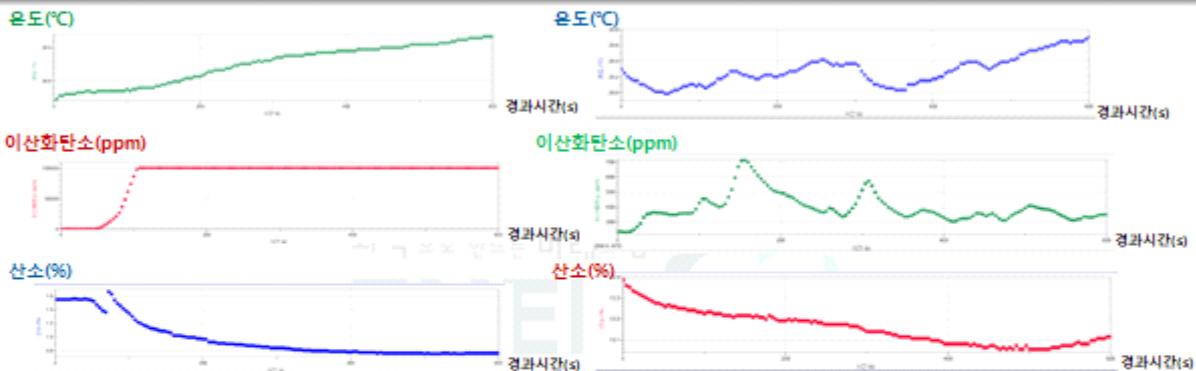
Vernier LabQuest2의 온도, 이산화탄소, 산소 센서를 활용해, 온실 내에 드라이아이스를 공급하고 10분간 데이터 수집

[예상되는 결과]

- ① 온실의 온도는 외부의 온도보다 높을 것
- ② 외부의 온도는 실제 기온을 따를 것
- ③ 온실에 드라이아이스를 공급하는 순간 이산화탄소 ppm 농도가 급격히 증가할 것
- ④ 외부의 이산화탄소 ppm 농도는 거의 일정할 것
- ⑤ 온실 내부의 산소 퍼센트 농도는 급격히 감소할 것
- ⑥ 외부의 산소 퍼센트 농도는 거의 일정할 것



실험 ③ 이산화탄소 과량 대기에서의 식물 성장 가능 여부 및 효율 탐구 - 사전 실험 결과



- ① 온실의 온도는 외부의 온도보다 높으며, 점점 증가함 ✔ ✔ Good ✔ Soso ✔ Bad
- ② 외부의 온도는 약간의 오르내림이 있지만 상승하는 추세를 보임 ✔
- ③ 온실에 드라이아이스를 공급하는 순간 이산화탄소 농도가 급격히 증가해 센서의 감지 최댓값에서 지속됨 ✔
- ④ 외부의 이산화탄소 농도는 한번씩 높게 측정되는 부분이 있지만, 전체적으로 300~400ppm 내의 범위에서 오르내림 ✔
- ⑤ 온실 내부의 산소 퍼센트 농도는 급격히 감소함 ✔
- ⑥ 외부의 산소 퍼센트 농도는 작은 범위(13.1~13.4%) 내에서 감소하다가 상승 ✔

실험③ 이산화탄소 과량 대기에서의 식물 성장 가능 여부 및 효율 탐구 - 과정

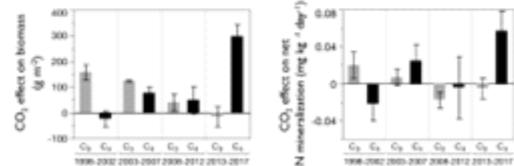
[실험 방법]

- ① 햇빛이 들되 비는 맞지 않는 곳에 두 식물을 두고, 한 식물에만 온실을 씌워 공기 유입이 없도록 최대한 밀폐한다.
- ② 온실 효과 확인을 위해 온도계를 각 식물 앞에 둔다.
- ③ 매일 같은 시간에 비슷한 양의 드라이아이스 (약 300~400g, 6조각 내외)를 온실 내에 공급하고, 온실과 외부의 온도, 습도, 날씨를 기록한다.
- ④ 매일 식물의 수직 높이(키)를 측정해 기록한다.
- ⑤ 물은 매주 수요일과 금요일에 각각 200ml씩 공급한다.
- ⑥ 약 4주간 ③~⑤를 반복하고, 데이터를 엑셀로 정리해 분석한다.



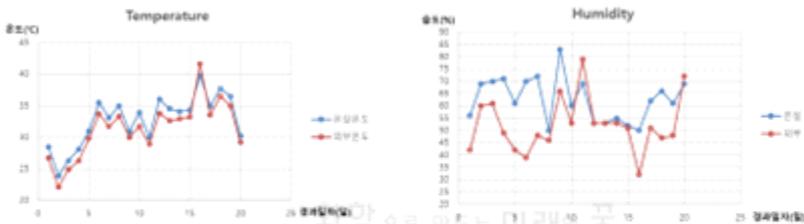
[예상되는 결과]

- ① 온실의 온도가 외부보다 높을 것 (온실효과)
- ② 온실의 습도가 외부보다 높을 것 (드라이아이스에 의한 습도 증가)
- ③ 생장률은 온실 내부가 더 클 것 (선행연구)



[선행연구] C₁식물이 CO₂ 고농도에 유리해 생장 효과가 더 높다. 이산화탄소 농도 변화가 토양 내 무기 질소 농도 변화를 일으켜 생장 효과를 높인다는 결론을 제시했다.

실험③ 이산화탄소 과량 대기에서의 식물 성장 가능 여부 및 효율 탐구 - 결과



온도 : 온실 내부와 외부가 대체로 같은 추세를 보이면서, 대부분 온실 내부가 더 높음 (외부온도가 더 높을 때는 직사광선이 온도계를 쬐인 영향으로 추정됨)

습도 : 대체로 온실 내부의 습도가 더 높음 (실제로 드라이아이스를 공급한 직후 습도가 높아짐)



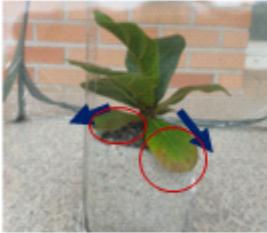
전체적으로는 성장, but 측정상의 오차로 중간에 키가 줄어드는 효과

→ 온실 내부에는 길이 측정용 차를 회분해 부착하였고, 외부에는 부착하지 않고 손으로 들고 측정하였는데, 이 과정에서 잎을 누르거나 차를 수직으로 세우지 못하는 등의 측정상의 오차 요인이 발생함

- 식물이 성장하면서 잎이 썩어 있는 각도가 변하는 등의 오차 요인도 발생할 수 있어, '생장=수직 높이 증가' 논리의 오류 가능성 있음

★ 생장률은 온실 내부 107%, 온실 외부 104% (측정 상의 오차 포함) (Green checkmark)

실험 ③ 이산화탄소 과량 대기에서의 식물 성장 가능 여부 및 효율 탐구 - 결과

	온실 외부	온실 내부	
Before			온실 외부 식물 : 더 파릇파릇하고 잎이 뽕뽕해짐 새로운 잎이 나타나고 있는 모습이 관찰됨
After			온실 내부 식물 : 원래는 잎에 힘이 있었는데, 실험 후 잎이 축 처짐 잎의 색깔이 노랑~갈색으로 변색 → 온실 내 식물의 잎이 축 처지고 변색됨

잎의 변색 요인 중 '과습'의 가능성이 가장 큼 (실제로 드라이아이스에 의해 온실 내부의 습도가 약 30%p 정도 높았음)

→ 이산화탄소 과량 대기를 구현하기 위해 드라이아이스를 활용하였는데, 습도를 고려하지 않은 데서 오류 발생

연구 결론 및 활용

[결론]

- ① 반구형 돔을 설치하면 온실 효과를 일으킬 수 있다.
- ② PRB는 perchlorate를 환원하여 Cl^- 와 O_2 를 생산해낼 수 있다.
- ③ 과습 환경이 아니라면, CO_2 과량 대기에서도 식물 생장이 잘 일어난다.

[MARS Biochemical terraforming 방법론]

- ① 화성 착륙지 근처로 반구형 돔 설치 (표면온도 상승)
- ② 화성 토양에서 PRB 배양, perchlorate 환원하여 Cl^- 와 O_2 를 생산
- ③ 돔 내부에서 잘 성장할 수 있는 초본 및 목본을 심어 산소층 형성
- ④ 대기층 안정화 후 점차적 돔 확장
- ⑤ ②~④ 반복, 화성 전체의 대기층 형성 후 점차적 돔 제거

[연구 활용]

- ① PRB를 활용한 심화적 테라포밍 연구로 발전 가능
- ② 아직은 막연하게 느껴지는 테라포밍의 과학적 가능성을 높임
- ③ 기초 연구를 바탕으로 하여 테라포밍 방법론을 더욱 구체적으로 논의할 수 있음

CEP(Cell envelope protease)를 이용한 과수화상병 항생 보조물질 개발

으이구화상아

연구 동기

성장목에서
시작되는 피해



유일한 해결 방법인 벌목,
이는 경제적으로 심각한 피해를 줌

개발된 항생제의 성능이 크게 효과적이지
않기 때문에, 새로운 항생제의 개발이 연구되고
있으나 쉽지 않다고 알려져 있음



항생제의
성능 미미

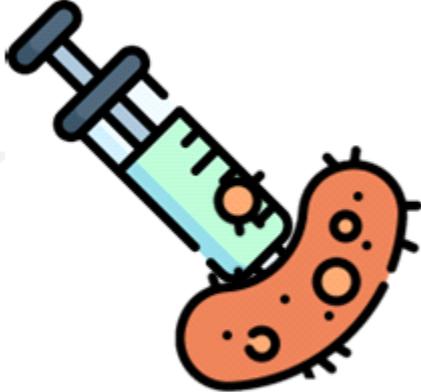
'경제적으로 효과적이며
기존 항생제의 성능을 개선할 수 있는
항생 보조 물질의 개발'

유산균을 선정한 계기



Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*
G. Maselli · A. Benvenuti · J. Franchi · L. Montanari · E. Rufino · E. Montanari

선행 연구 조사 결과
'*Lactobacillus Plantarum*'의
CEP가 과수화상병의
방제 효과를 보임



약물 상호작용을 이용,
유산균 CEP를 항생 보조물질로
이용할 수는 없을까?

연구 목적



↓
항생 보조 물질 개발

연구과정 및 결과

[탐구 과제 1] 유산균으로부터 CEP의 분리

1) 유산균 CEP 추출법의 고안 및 시행



KCl(염화 칼륨)

- 25mM
- 50mM
- 100mM
- 150mM
- 200mM



Overnight 40°C 반응



Lactobacillus plantarium

→ SDS Page를 통해 최적 CEP 추출 조건 모색,
150mM의 KCl을 이용한 경우가 최적 조건임을 확인!

연구과정 및 결과

[탐구 과제 2] 식물 병원균에서 Protein 추출

과수화상병 병원균
'*Erwinia amylovora*'
감염병 예방을 위한
분양 금지 균주

유산균 CEP는
단백질 가수분해
효소로 이를 대신해
단백질을 추출하면
실험 진행이 가능

→ 추출 방법의
모색

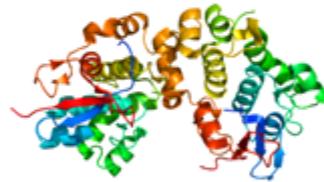
연구과정 및 결과

[탐구 과제 2] 식물 감염균의 Protein 추출

1) 차등 원심분리를 통한 Protein의 추출



식물 감염균의 원심 분리를 통한 단백질 추출

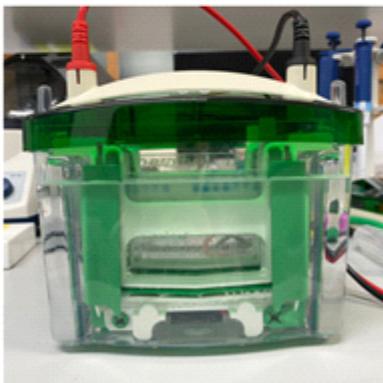


추출된 단백질의 분해 여부를 CEP와의 반응을 통해 확인!

연구과정 및 결과

[탐구 과제 3] 추출 Protein의 확인

1) SDS Page를 이용한 Protein의 CEP 분해 확인



SDS Page 실험 결과,
CEP 처리 시의 단백질 band가
미처리의 단백질 band보다 열었음



추출한 CEP가 병원균 단백질을
분해할 수 있음을 확인!

연구과정 및 결과

[탐구 과제 4] 시너지 효과 검정

1) Paper Disc 법을 이용한 기존 항생제와의 시너지 효과 검정

[대조군 설정]

DW	CEP	Kasugamycin SL	Oxytetracycline WG	Streptomycin WG	Oxytetracycline + Streptomycine
혼합 항생제의 비율은 1:1로 설정함					

[CEP 농도 설정(항생제:CEP)]

0:1	1:4	2:3	1:1	3:2	4:1	1:0
총량은 10mL로 동일하게 설정함						

연구과정 및 결과

[탐구 과제 4] 시너지 효과 검정

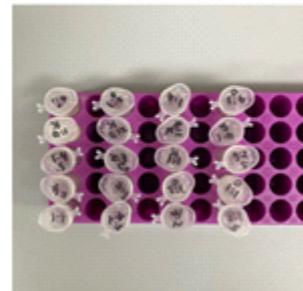
1) CEP의 대량 추출 및 비율별 시료 제작



대량 추출한 CEP



비율별 혼합 시료

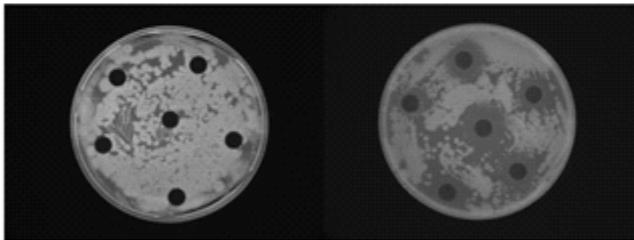


탐구 과정

04 연구과정 및 결과

[탐구 과제 4] 시너지 효과 검정

1) Paper Disc 법을 이용한 기존 항생제와의 시너지 효과 검정



Oxytetracycline+
Streptomycin과 CEP의
3:2 혼합이
최적의 약물 시너지
효과를 보임

해당 비율에서
항생 보조물질로서 CEP의 최적 이용이 가능!

결론 및 제언

- 유산균 CEP를 이용한 항생 보조제의 경제적 효과

유산균, CEP의 접근성



화학으로만 보던 미래의 꿈
술지게미, 요거트, 우유 등
유산균을 얻는 방법이
다양
-> 저렴히 배양 가능



실험자(고등학생)도
기본적인 실험 기기만
갖춰진다면 성공할 수
있는 추출법 개발
-> 추출 접근성 향상

결론 및 제언

- 유산균 CEP를 이용한 항생 보조제의 경제적 효과

보조물질 이용

화학



전국에서 경제적인 피해를 낳는
과수 화상병의 **효과적인 방제 가능**



감염수를 배어내는
방법에 비하여
효과적인 항생제의
이용이
**베어지는 나무의 수를
최소화할 수 있음**

결론 및 제언

무해 보조물질로의 기능



유산균 유래 물질의 이용으로
인체에 무해할 것으로 예상되며
인간에게 사용하는 항생제의
보조물질로도 이용 가능할 것

결론 및 제언

다양한 감염병의 예방

과수화상병 뿐만 아니라
단백질을 매개로 감염되는
다양한 식물 매개 감염병에
효과적인 항생 보조물질이 될 것



참고문헌

1. Chen, He, et al. "Study of extraction and enzymatic properties of cell-envelope proteinases from a novel wild *Lactobacillus plantarum* LP69." *Catalysts* 8.8 (2018): 325.
2. Bridge, Paul D., Tetsuo Kokubun, and Monique SJ Simmonds. "Protein extraction from fungi." *Protein Purification Protocols* Humana Press, 2004. 37-46.
3. Chang, Oun-Ki, et al. "Proteolytic Systems of Lactic Acid Bacteria in Milk Fermentation." *Journal of Dairy Science and Biotechnology* 30.2 (2012): 119-129.
4. Gänzle, Michael, and Marco Gobbetti. "Physiology and biochemistry of lactic acid bacteria." *Handbook on sourdough biotechnology*. Springer, Boston, MA, 2013. 183-216.
5. Roselló, G., et al. "Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*." *European Journal of Plant Pathology* 137.3 (2013): 621-633.

주제 : PAC이 코팅된 SPION을 이용한 미세플라스틱 수집기 제안

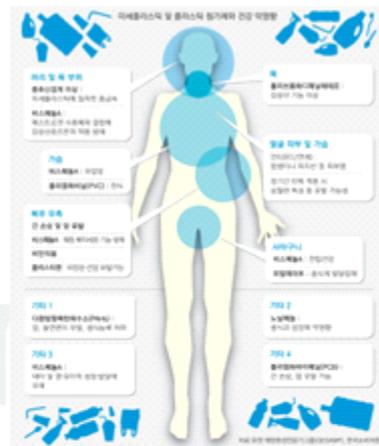
팀명 : HydNSeek

탐구 동기

수중 미세플라스틱 : 사회적 문제



미세플라스틱 수집 장치



탐구 목적

- 1 다양한 종류의 중합체에 대한 시료 제작 및 성능 평가
- 2 효율적으로 미세플라스틱을 수집할 수 있는 수집기 고안

선행 연구

The remediation of nano-/microplastics from water

Marco Sardetti, September 2021, Materials Today Volume 48

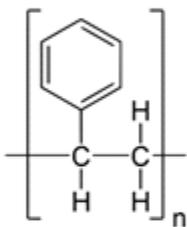


선행 연구	본 연구
<ul style="list-style-type: none"> - PAC₁₂NC₁₈ / PAC₁₈ + SPION 으로 iron oxide core와 polymer shell을 가진 미세플라스틱 흡착 물질 제작 - 정량적인 성능 평가 X 	<ul style="list-style-type: none"> - PAC₁₂NC₁₈ / PAC₁₈ 뿐만 아니라 PAC₁₄ / PAC₁₆ 으로도 진행 - 제작 원리 탐구 : centrifuge, sonicating, S.S 여과 과정을 진행한 시료와 진행하지 않은 시료를 비교 -> 제작 공정 단순화 - 정량적인 성능 평가 진행 : 탁도 측정

이론

Micro particle size standard based on polystyrene monodisperse

PAC (Poly Aluminum Chloride)



중합체
소수성을 띤다



▽ 물분자끼리 이루는 케이지 모양 (clathrate cage) 이 깨지는 소수성 상호작용

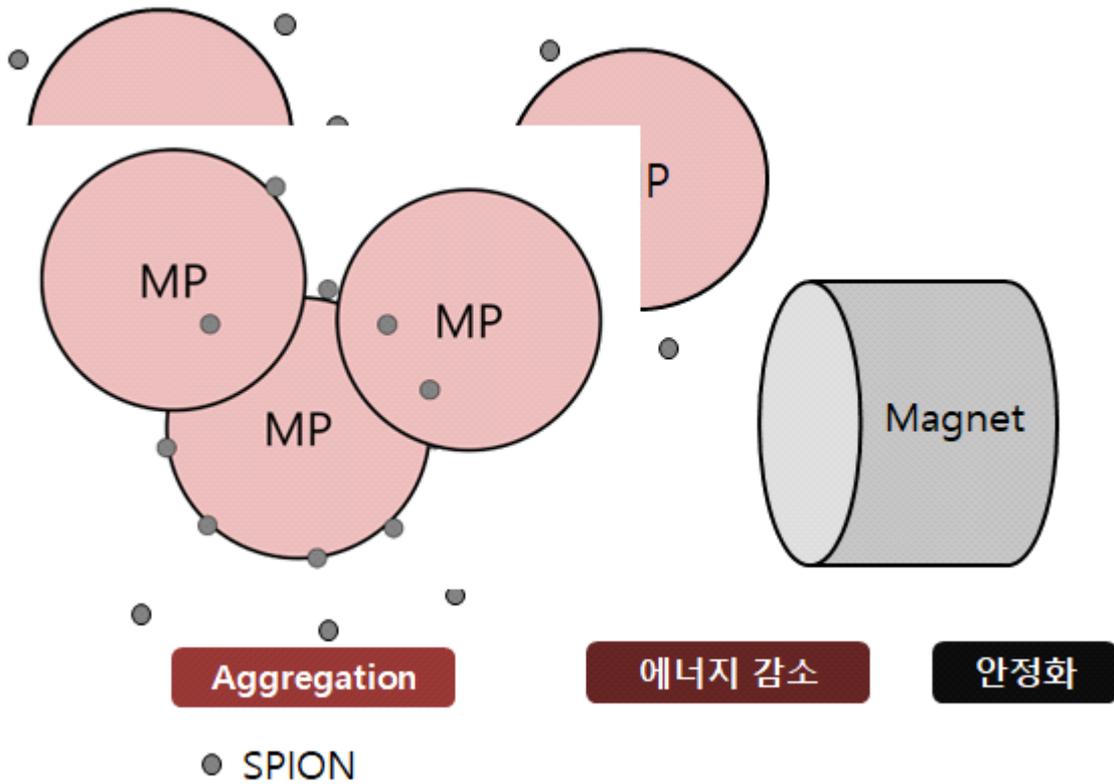
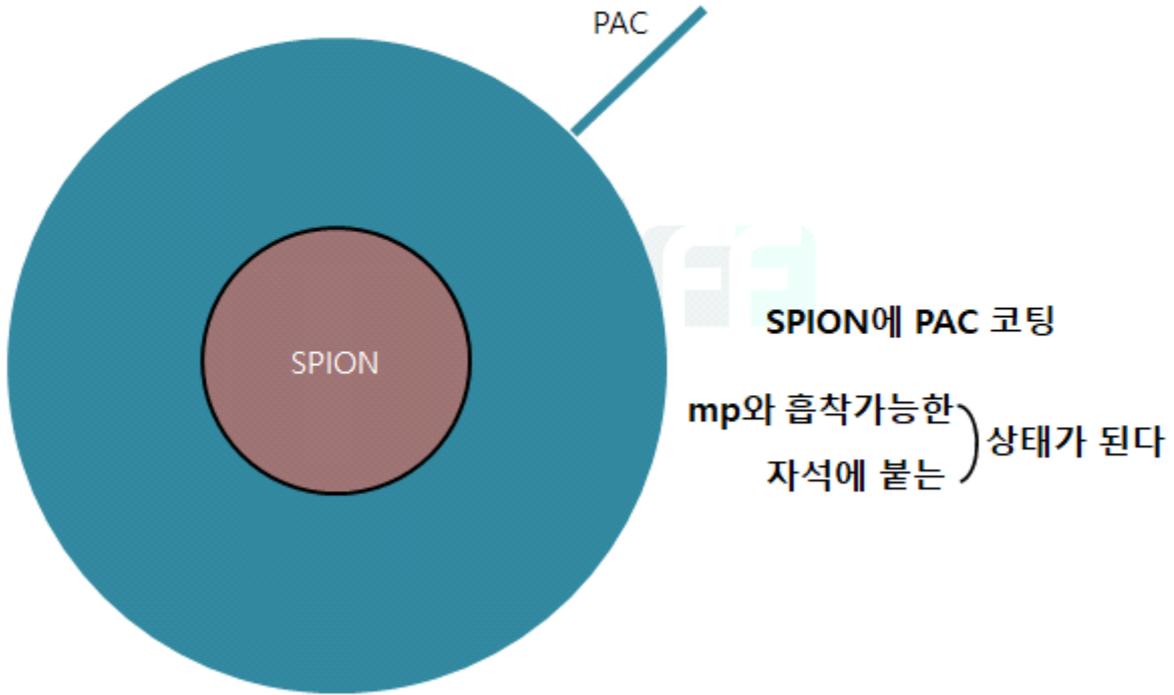
두 물질 흡착 -> 엔트로피 증가

SPION 표면에 PAC을 coating하여 Functionalize

SPION의 iron core에 자기장을 가해 입자를 움직일 수 있음

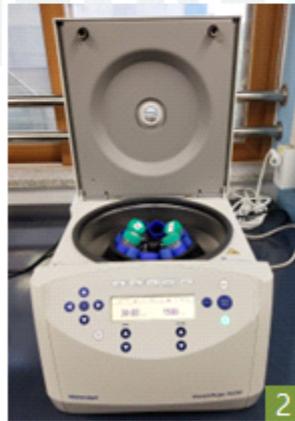
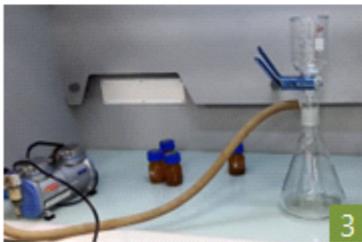
∴ MP 흡착 후 수집에 용이

이론



표본 제작 과정

1. Shell 과 core 를 이루는 물질을 3:10 질량비로 섞은 후 sonicating 30분
2. 표본 수집을 위한 원심분리 (1500rpm, 30분)
3. 메탄올로 S.S 여과
4. 80도에서 충분한 시간동안 건조



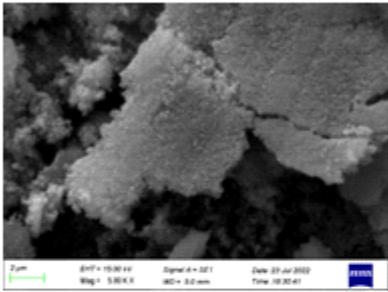
실험 과정

1. 2% 농도의 polystyrene monodisperse 용액 제작
2. 바이알에 3g/L 농도의 SPION methanol disperse 5mL와 2% 농도의 polystyrene monodisperse 용액 5mL를 넣고 2분 동안 30초 간격으로 위아래 뒤집기
3. 자석에 SPION이 흡착될 수 있도록 2분 동안 네오디뮴 자석 위에 바이알 놓기
4. 탁도계를 사용하여 혼합 용액의 탁도 측정

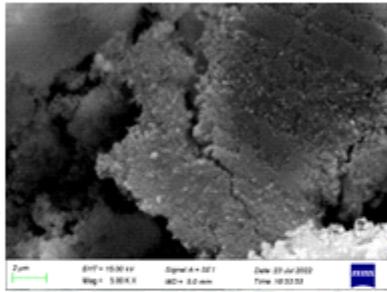


실험 결과

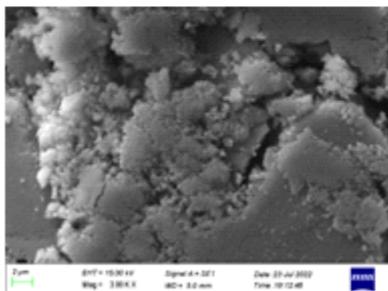
1. ' Functionalized SPION ' 의 SEM 촬영 사진



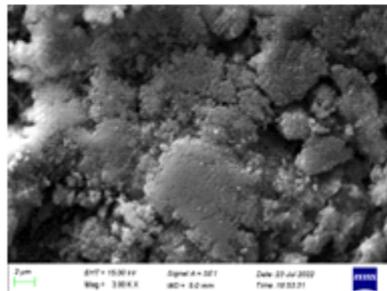
PAC₁₄



PAC₁₆



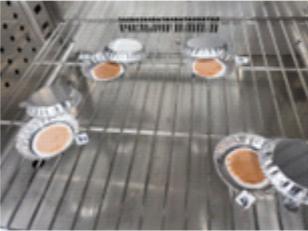
PAC₁₈



PAC₁₂NC₁₈

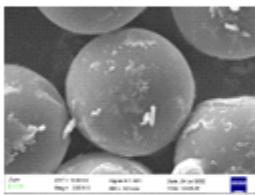
Functionalized SPION

작은 입자들이 **몽쳐** 있음

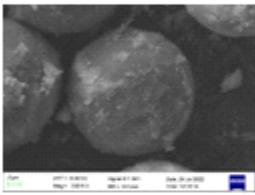


실험 결과

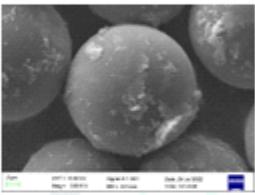
2. ' Functionalized SPION + mp ' 의 SEM 촬영 사진



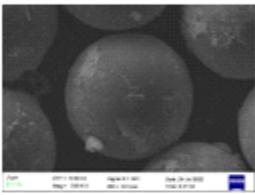
PAC₁₄



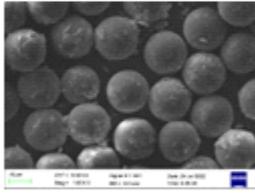
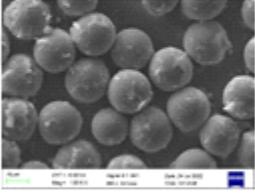
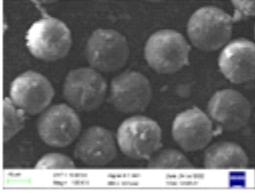
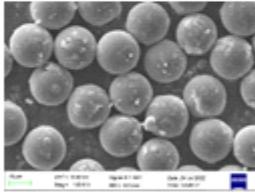
PAC₁₆



PAC₁₈



PAC₁₂NC₁₈



mp의 표면에 흡착되어 있는 Functionalized SPION

→ 자석을 사용하여 mp 수집 가능

실험 결과

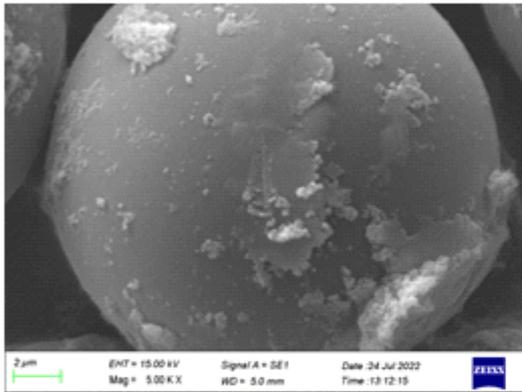
3. 탁도 측정 결과

종류	대조군	PAC ₁₄	PAC ₁₆	PAC ₁₈	PAC ₁₂ NC ₁₈
탁도(NTU)	616.6	356.4	335.8	332.4	529.2

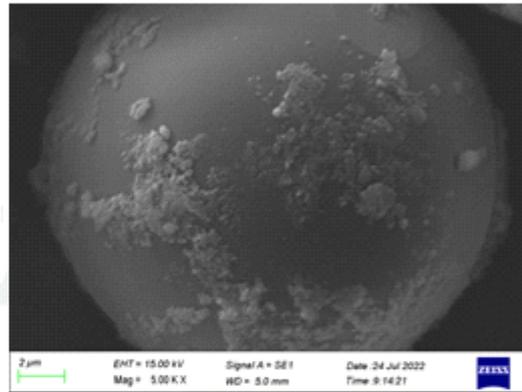


실험 결과

4. 원심분리의 의미



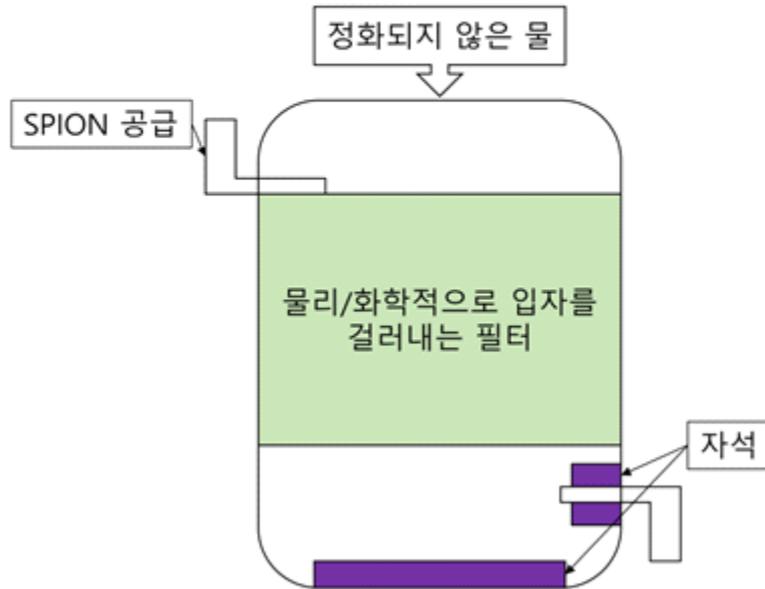
원심분리 O



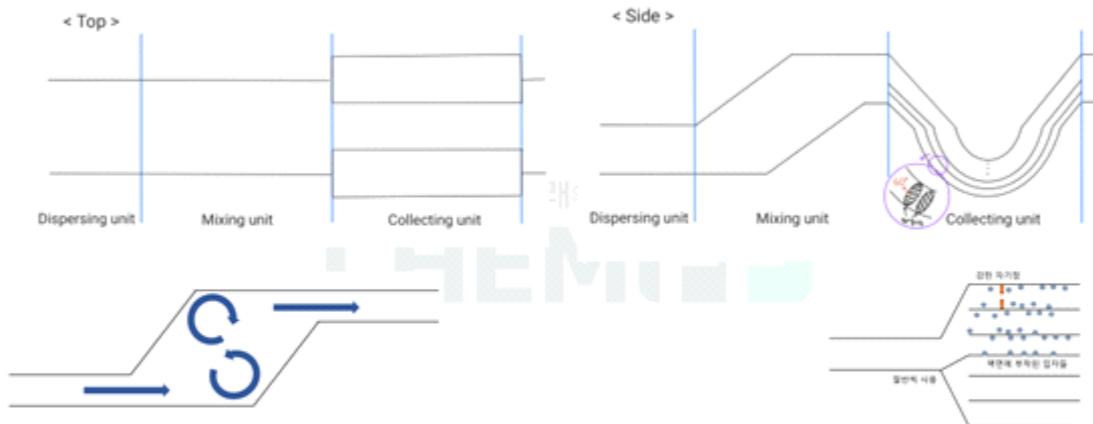
원심분리 X

1. 선행 연구 논문에는 원심분리의 용도가 수집을 위함이라 기술
2. SS여과와 원심분리의 수집 효과 중복
→ 국소적 농도가 증가가 SPION functionalization에 영향을 끼칠 수 있다고 예상
3. 탁도 측정 결과 원심분리 유무에 따른 성능의 특별한 차이 없었음

활용 1. 필터와 융합하여 사용한 물통형 수집시스템



활용 2. 하수도 수집 시스템



1. 산포부 : 일정 압력을 유지하면서 지속적으로 SPION을 산포
2. 혼합부 : 하수도 내부 유체들이 잘 혼합되도록 난류 형성
3. 수집부 : 부피당 표면적을 넓히고 강한 자기장을 걸어 최종 수집

결론

탐구 결론	더 나아갈 점
<ul style="list-style-type: none"> - 선행연구보다 많은 sample을 사용하여 미세플라스틱에 흡착하는 SPION 제작, 각각의 성능을 평가함 - 원심분리 과정이 제작 과정에서 의미가 있을 수 있다고 생각하여 탐구, 제작 공정의 단순화에 기여 - 2가지의 수집 방법을 고안, SPION을 실제로 어떻게 사용하여 미세플라스틱을 수집할지 제안함 	<ul style="list-style-type: none"> - 더욱 다양한 수집기의 모양 고안 - 더욱 경제적인 수집 방법 고안

연구의 의미

상자기성을 띠는 SPION에 미세플라스틱을 흡착하는 PAC을 코팅하여 기능화

Functionalized SPION

미세플라스틱 흡착 후 자석으로 수집 가능

물 속의 미세플라스틱을 선택적으로 제거할 수 있는 시스템

