



CAME

News letter from Center for Agricultural Microorganism and Enzyme

VOL.4

2022.10.25

01	우수 연구성과	02	특별기고	03	참여연구실 소개 참여연구원 동정	04	사업단 운영일지 주요성과목록	05	2023년도 연간일정표 공지사항 및 알림
----	---------	----	------	----	----------------------	----	--------------------	----	------------------------------

바이러스가 가진 무기로 내성균 잡기?!

서울대학교 유상열 교수



■ 코로나19와 항생제 내성

지난 2014년 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 21세기 내에 이른바 '포스트 항생제 시대'를 맞이하게 될 수도 있음을 엄중하게 경고하였다(Antimicrobial resistance global report on surveillance, WHO, 2014). 과학자들은 우리 인류가 가진 항생제와 기타 항생 물질들의 효과가 점차 감소하고 있으며, 이를 모니터링하기 위한 감시체계의 구축이 시급하다고 한 목소리로 주장하였다. 우리가 가진 항생제들에 어떤 문제가 생겨 항생제가 망가졌기 때문에 효과가 감소하는 것이라면 새로 항생제를 만들면 될 터이니 무엇이 문제냐고 생각할 수 있다. 그러나 안타깝게도 항생제 효과 감소는 항생제 자체에 문제가 생겼기 때문보다는 우리가 맞서 싸우는 적이 끊임 없이 방법을 튼튼히 하고 있어서 나타나게 된 일이다.

우리의 적-세균(bacteria), 특히 감염병균 등 유해균-은 우리가 사용하는 무기-항생제-로부터 자신들의 복음을 지키기 위하여 항생제에 대한 내성(antimicrobial resistance, AMR)을 갖추기 시작하였다. 때에 맞지 않은, 그리고 과도한 무기의 사용은 우리의 적이 무기에 대해 살피고, 대응하고, 적응하고, 결국 견뎌낼 수 있게 만들었으며, '슈퍼 버그(super bug)'라고까지 일컬어지는 다약제 내성균(multidrug-resistant bacteria: MDR)도 출현하기에 이른 것이다. 병원에서 적절하지 않은 수준의 항생제를 처방하거나 환자 또한 올바르게 사용하지 않게 사용하는 것뿐만 아니라, 특히 농·축·수산업에서 작물, 가축 그리고 물고기의 감염성 질병을 예방하고 더불어 생육을 촉진하기 위해 항생제를 과·오용하면서 항생제 내성균(drug-resistant bacteria)은 더욱 빠르게 만연하게 되었다. 살아있는 유기체로서 항생제 내성균들은 자신들이 마련한 항생제 내성 유전자를 신속하게 서로 주고 받았으며, 세계화(globalization)를 바탕으로 과거보다 폭넓어지고 용이해진 인간 활동들, 이를테면 세계 각국으로의 자유여행이나 물품의 대량 운송 등에 힘입어 보다 손쉽게 세계 곳곳으로 빠르게 퍼져 나가 자리잡았다. 지금 당장 AMR 문제를 해결하기 위한 행동에 나서지 않으면 2050년에는 항생제 내성균 감염으로 3초당 한 명 꼴로 사망하게 될 것이라는 끔찍한 예측은(Antimicrobial resistance: tackling a crisis for the health and wealth of nations, Jim O'Neill, 2014) 항생제 내성에 대한 범세계적 공동 대응에 불을 지폈었다.

그리고 2020년 초, 감염병의 역사가 있어 빼놓을 수 없는 사건이 시작되었다. 항생제 내성 감염병이 아닌 코로나19라는 전후후천만 바이러스 감염병이 전 세계로 퍼져 나가면서 전 인류의 삶에 전례 없이 큰 영향을 미친 것이

다. 감염병 예방을 위해 사회적 거리두기가 시행되면서 재택근무는 더 이상 특별한 일이 아니게 되었으며, 학교는 문을 닫고 교사들은 비대면 온라인으로 학생들을 맞이했다. 실내·외를 가리지 않고 마스크를 착용하고 생활하는 것이 일상이 되었으며, 수시로 손 소독제를 사용하고 외출 전·후 꼭 손을 씻는 습관은 널리 보편화되었다. 코로나19 팬데믹으로 인해 소아과에서는 감기 환자를 찾기가 어려워졌고 독감 발생률도 예년에 비하여 툭 떨어졌다는 보고도 발표되었다(doi: 10.1101/2020.03.30.20047993).

이렇게 코로나 팬데믹은 개인위생에 대한 국민들의 인식을 개선시키고 여러 감염성 질병을 예방하는데 크게 기여하였지만, 역설적이게도 항생제 내성의 문제와 관련해서는 예상치 못한 양상을 초래하였다. 코로나19가 환자의 임상결과와 사망률을 악화시키고 병원 체류기간을 더 길게 하였으며 의료 인프라에 대한 부담과 비용을 증가시키게 되면서, 코로나19에 압도되어버린 의료 시스템은 더 이상 항생제 내성균 감염을 예방하고 통제하는 것에 집중할 수 없었다. 미국 질병통제예방센터(CDC)의 항생제 저항성 연구실 네트워크(AR Lab Network)는 코로나19 바이러스의 확산을 막기 위해 2020년에 4,700개 이상의 중증급성호흡기증후군 코로나바이러스 2(SARS-CoV-2) genome 염기서열을 분석하느라, 2020년도에는 2019년도에 비해 23% 더 적은 수의 항생제 내성 표본을 검사할 수밖에 없었다고 밝히기도 하였다(https://www.cdc.gov/drugresistance/covid19.html). 한편, 바이러스인 SARS-CoV-2는 항생제로 치료할 수 있는 것이 아니에도 세균성 2차 감염이 코로나19 환자의 임상결과를 악화시킬 수도 있기에 대부분의 경우 코로나19 환자에게 항생제가 동시 처방되면서 과거보다 더 많은 양의 항생제가 사용되기도 했다. 미국 CDC에서는 2021년 8월 외래환자의 항생제 처방율이 2019년에 비해 3% 증가했다고 보고한 바 있다. 코로나19가 항생제 내성 문제에 대해 다방면으로 영향을 미친 결과로, 미국에서는 입원기간 동안의 카바페넴 내성 아시네토박터균, 카바페넴 내성 장세균, 반코마이신 내성 장구균, 메티실린 내성 황색포도상구균 등에 의한 감염과 사망이 2019년부터 2020년까지 최소 15% 이상 급격히 증가하였다(CDC. COVID-19: U.S. Impact on Antimicrobial Resistance, Special Report 2022. U.S. CDC, 2022.).

이렇듯, 지난 2년여 간 전 세계의 모든 보건과 산업 역량이 코로나19의 전파를 막고 예방하고 치료하는데 집중되느라, 항생제 내성을 모니

사업단 운영일지



• 2022년 7월 6일 ~ 7월 8일 농업미생물사업단은 부산 벡스코에서 개최된 한국식품과학회 국제 학술행사에 공동 개최로 참가하였다.



• 2022년 7월 11일 ~ 7월 12일 농업미생물사업단은 전주지역을 방문하여 현장 점검을 실시하였다.(8개 주관과제)

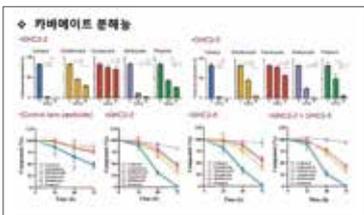


• 2022년 7월 26일 농업미생물사업단은 광주 지역을 방문하여 현장 점검을 실시하였다.(2개 주관과제)

우수연구 성과

카바메이트계 살충제 분해 미생물의 대량생산 및 체계화 개발 연구

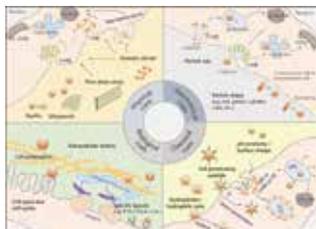
(계)농축산용미생물산업육성지원센터 김평일 박사 연구팀



[그림] 농약오염토양으로부터 카바메이트계 농약분해 유용미생물의 분리

유전자발현 효율성을 높이기 위한 고분자전달체 개발 연구

서울대학교 윤철희 교수 연구팀

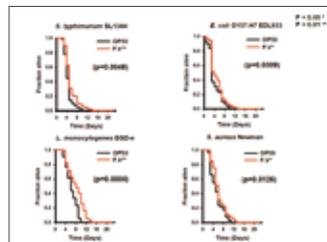


[그림] 고분자 유전자 전달체의 세포 내 흡수와 엔도사이토시스 기전 조절에 영향을 주는 요소들에 대한 분석도

참여연구실 소개

곰팡이단백질(Mycoprotein)을 이용한 지속가능한 미생물 유래 대체단백질 개발 및 기능성 연구

서울대학교 동물미생물학 연구실 김영훈 교수 연구팀



[그림] 에렌코마선충을 이용한 F. venenatum의 면역증가 효과 평가

대용량 오믹스 데이터 기반 가축 유전자원 활용 연구

전북대학교 농축산식품융합학과 생물정보연구실 신동원 교수 연구팀



목 차

- 03 우수 연구성과 1 - (재)농축산용미생물산업육성지원센터 김평일 박사 연구팀
- 06 우수 연구성과 2 - 서울대학교 윤철희 교수 연구팀
- 08 특별기고 - 서울대학교 유상열 교수
- 14 참여연구실 소개 1 - 전북대학교 농축산식품융합학과 생물정보연구실 신동현 교수 연구팀
- 17 참여연구실 소개 2 - 서울대학교 동물미생물학 연구실 김영훈 교수 연구팀
- 21 참여연구원 동정
- 24 사업단 운영일지
- 26 주요성과목록
- 31 2023년도 연간 일정표
- 32 공지사항 및 알림

농업미생물사업단 소식지 vol.4 (2022. 10. 25.)
Newsletter from Center for Agricultural Microorganism and Enzyme (CAME)

발행처 농업미생물사업단
편집일 2022년 10월 25일
발행인 장판식
편집인 이도엽
편집장 장혜원, 김선익, 이용훈
디자인 킹카피, 고윤성

우수 연구성과 1

카바메이트계 살충제 분해 미생물의 대량생산 및 제형화 개발 연구

- (재)농축산용미생물산업육성지원센터 김평일 박사 연구팀 -

화학농약의 개발은 농업 생산량의 질과 양을 크게 향상시켰으나, 농약의 과도한 사용은 토양 및 수질 환경의 오염을 초래하였다. 최근 각종 산업현장뿐 아니라 농업현장에서도 환경개선을 통한 안전한 농산물 생산에 대한 사회와 소비자의 요구가 높아지고 있으며 특히 2019년부터는 농약 허용기준 강화(PLS) 제도가 전면적으로 시행되어 농약의 사용에 대한 절차가 보다 엄격해지고 있다. PLS의 시행으로 인해 농약에 대한 오남용이 크게 감소하였으나 개별 생산농가에서는 제도의 변화로 어려움을 겪는 경우도 발생하고 있다. 대표적으로 반감기가 상대적으로 긴 농약을 작기가 짧은 작물에 사용할 경우, 토양에 잔류하던 농약이 후작물에서 검출되어 애써 키운 농산물을 폐기해야 하는 경우가 그 예이다. 현재 토양에 잔류하는 농약을 분해하는 다양한 연구가 알려져 있으나 아직까지는 효과가 충분하지 않거나 오염원의 원천 분해가 어려운 실정이다. 미생물을 이용한 농약 분해는 지속 가능한 환경을 구축할 수 있으면서도 농약을 저분자 단위로까지 분해할 수 있는 해법으로 잘 알려져 있다. 미생물에 의한 농약 분해 연구도 마찬가지로 다양하게 알려져 있지만 현장 적용을 목표로 한 실증연구 사례는 매우 드물다. 따라서 잔류농약을 분해하면서도 현장 적용 효율성 증대를 위해 농업용 미생물제제의 대량생산을 위한 맞춤형 최적 배양공정, 제형화 및 현장 적용 기술 개발이 필요하다. 재단법인 농축산용미생물산업육성지원센터의 김평일 박사와 국립농업과학원 송재경 연구관이 각각 주관 및 공동으로 참여하고 있는 ‘균집 미생물 활용 잔류농약 분해 미생물 조합 구축 및 효능 평가’ 과제에서는 농업 미생물을 기반으로 균집 미생물 기반 잔류농약 분해 우수 미생물 선발, 최적 조합 구축 및 제형 연구를 통한 토양 내 효능 검정 및 효율 증대 기술을 개발하고 있다.

본 연구에서는 대표적인 카바메이트계 살충제인 카보퓨란을 비롯한 카바릴, 에티오카브, 페노뷰카브, 메티오카브 및 프로 폭서를 각각 혹은 동시에 분해하는 미생물 *Pseudomonas* sp. GHC2-2와 *Achromobacter* sp. GHC2-5를 농약오염토양으로부터 분리하였고, 해당 균주의 상용화 기술 개발을 위해 다음과 같은 내용의 양산기술을 개발하고자 하였다.

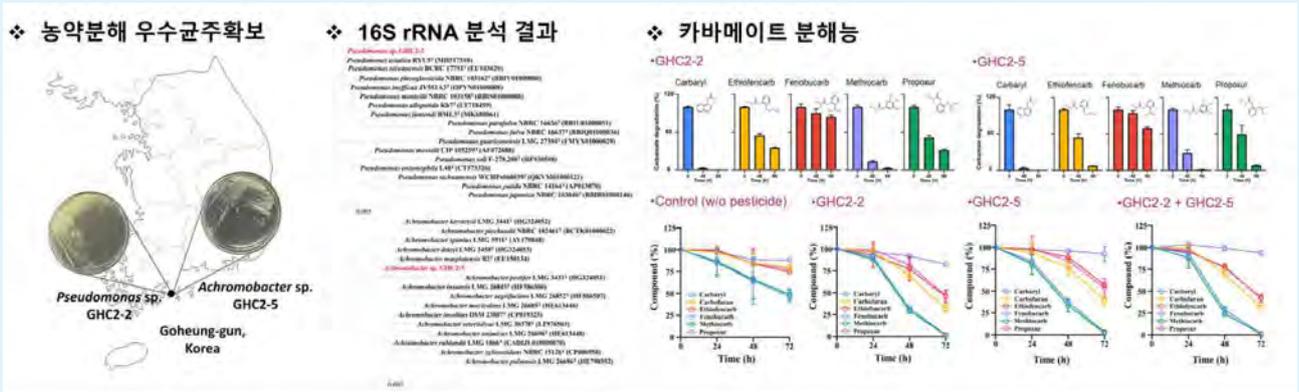


그림 1. 농약오염토양으로부터 카바메이트계 농약분해 유용미생물의 분리.

농약오염토양 및 시설재배지 토양으로부터 농화 배양을 통해 96시간 이내에 약 98% 이상의 카보퓨란을 효과적으로 분해하는 균주 2종을 선발하였고 이를 GHC2-2 및 GHC2-5로 각각 명명하였다. 16S rRNA 분석 결과 두 균주는 각각 *Pseudomonas* sp.와 *Achromobacter* sp.로 동정되었다. 추가적으로 카바메이트 계열의 농약 5종의 분해능을 알아보기 위해 각 농약을 각각 혹은 동시에 투입하여 분해능을 살펴보았다. 두 균주 모두 96시간 이내에 카보퓨란을 포함한 5종의 카바메이트계 농약에 대한 분해능이 존재함을 알 수 있었다.



그림 2. 산업화 및 현장적용을 위한 대량 배양용 최적 배지 개발.

잔류농약 분해 미생물 제형화 및 시제품 제작을 위해 미생물제제의 온도별 저장안정성에 대한 시험을 실시하였다. 우선 100 L 배양기를 이용하여 앞서 결정된 배지 성분 및 배양조건으로 *Achromobacter* sp. GHC2-5 균주에 대한 배양을 실시 후 미생물을 제형화하는 작업을 수행하였다. 농약 분해 미생물 제형은 보존 기간 및 활성 유지 능력이 우수하다고 알려진 액상 및 분말 형태의 미생물 제형 제형을 선정하였다. 100 L 배양기를 이용해 농약 분해 미생물을 배양한 후 회수한 균체를 탈지분유 15%와 혼합하여 분말 형태의 제형을 만들었으며, 곧바로 가축경시 연구를 진행하였다. 저온(4°C), 상온(25°C), 고온(40°C)으로 설정된 인큐베이터에 분말 및 액상 시제품을 보관하여 미생물의 생균 수의 변화량을 3개월에 걸쳐 확인하였다. 현재 약 3개월 경과, 저온 조건에서는 $1.0 \times 10^8 \sim 10^9$ CFU/mL의 생균수를 꾸준히 유지하고 있으며, 상온 조건에서는 배양 직후 대비 약 95% 이상의 생균수를 유지하는 것으로 나타났다. 고온에서는 저온과 상온에 비해

다소 낮은 생균수($1.0 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^8$)가 관찰되었으나 농업용으로 이용하기에는 충분한 수치를 보였다. 가혹 경시 연구를 통해 본 연구에 사용된 잔류농약분해 미생물 제형은 저온 및 상온 조건에서도 보관이 용이하며 유지 기간은 최소 3개월 이상 보관하여도 미생물 제제로서의 기능을 유지할 수 있음을 확인하였다. 이렇게 확립된 배지 최적화 및 미생물 제형화 연구를 바탕으로 Pilot-scale(1.5 톤) 대용량 배양기 조건에서 GHC2-5균주의 배양 조건 및 제형화 조건을 확립하였다. 대량배양에서 얻어진 배양액을 분말 형태로 미생물 제제화하여 최종 시제품 제작을 완료하였다.

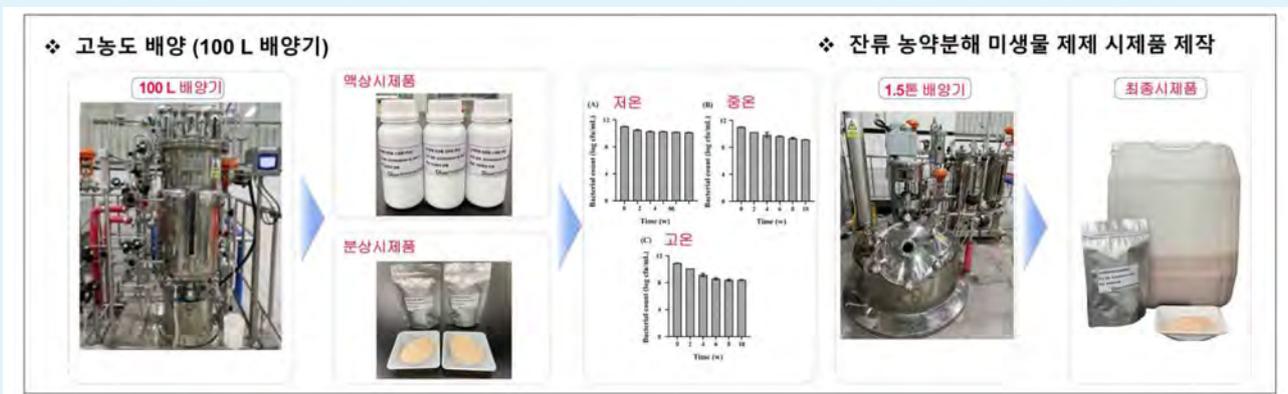


그림 3. 우수제형기술 확립 및 시제품 제작.

농약오염토 및 시설재배지의 토양으로부터 카바메이트계 농약에 대한 분해능이 존재하는 미생물 2종을 분리하였으며 균주에 대한 기본적인 배양 패러미터, 최적 배양조건 등을 확립하고 5 L, 100 L, 1.5 톤 규모의 배양기에서 성공적으로 배양을 완료하였으며 배양액을 제제화하여 시제품을 생산하였다. 현재는 토양 및 환경에 대한 환경평가를 실시 중에 있으며, 시제품에 대한 토양 및 시설재배 환경에 대해 현장실증을 모색하고 있다.

우수 연구성과 2

유전자 발현 효율성을 높이기 위한 고분자 전달체 개발 연구

- 서울대학교 윤철희 교수 연구팀 -

서울대학교 윤철희 교수 연구팀은 비바이러스 전달체로서 ‘고분자 전달체’ 개발 연구를 수행 중이다. 본 연구팀은 엔도사이토시스(endocytosis: 세포 내 유입) 기전 조절이 세포 내로 도입되는 외부물질의 운명을 좌우할 수 있다는 사실을 밝혔으며, 카비올레이(caveolae) 엔도사이토시스 기전을 촉진하는 고분자 전달체를 활용한 연구를 진행하였다. 그동안 얻은 연구결과를 바탕으로 엔도사이토시스 기전에 영향을 미치는 고분자 전달체의 물리화학적 특성과 세포 내 기전 및 상호작용을 정리하여 재료분야 최고 학술지인 Progress in Materials Science(Impact factor: 48.165)에 논문을 게재하였다(논문 제목: Essential cues of engineered polymeric materials regulating gene transfer pathways).

유전자 조절은 질병 치료뿐 아니라 최근 백신/어쥬번트 개발에도 효율적이라는 것이 알려지면서 질병 치료 및 백신 개발 연구 분야에서 주목을 받고 있다. 유전자 조절은 대부분 전달체(carrier)의 엔도사이토시스와 흡수(uptake)기전에 의존적이므로, 엔도사이토시스 경로를 조절하는 것은 효율적인 유전자 전달에 필수적인 전략이라 할 수 있다. 바이러스 전달체를 활용한 유전자 치료법의 경우 감염 가능성 또는 염증 유발 등의 안전성 문제가 개선되고 있음에도 불구하고, 복잡한 개발 및 제조공정 때문에 최근에는 안전성이 높은 ‘비바이러스 전달체’가 주목받고 있다. 비바이러스 전달체에는 지방(lipid), 카본, 실리카, 금 및 고분자 기반의 전달체들이 있으며, 고분자 전달체(polymeric carriers)는 유전자나 어쥬번트와 쉽게 결합하여 안정적인 나노입자를 형성하고 독성이 적다는 장점이 있다. 고분자 유전자 전달체(polymeric gene carrier)가 체내에 주입되면 효소에 의한 분해, 면역 세포에 의한 제거, 비특이적 세포 결합 등의 세포 외 장벽(extracellular barrier)을 극복해야 하고, 표적세포에 도달하더라도 독성 및 라이소좀에 의한 유전자 분해 등의 세포 내 장벽(intracellular barrier)을 극복해야 한다. 이와 같은 한계들을 극복하기 위해 최근에는 고분자 전달체를 사용하여 유전자 발현 효율을 높이는 방법을 고안하는 연구가 주목받고 있다.

본 연구에서는 세포 내 장벽에 의한 유전자 또는 단백질 분해가 발생이 되지 않도록 고분자 전달체의 엔도사이토시스를 조절하는 전략이 필요함을 강조하였다. 고분자 전달체의 세포내 흡수와 엔도사이토시스 기전 조절에 영향을 주는 요소에는 물리적 요인(삼투압, 전단력, 초음파, 강직성), 입체구조적 요인(나노입자의 형태 및 크기), 화학적 요인(표면

전하, pH 민감성, 소수성), 생물학적 요인(세포외기질, 세포종류, 세포극성)이 있다(그림 1). 세포 내 장벽을 극복하기 위한 새로운 전략 중 엔도사이토시스 기전의 하나인 카비올레 엔도사이토시스 기전은 표적 물질이 삼투압을 갖는 고분자 전달체에 의해 라이소좀 안에서 분해되기 전 완충작용으로 쉽게 탈출하기 때문에 뛰어난 유전자 발현 및 전달 효율이 높아진다는 것을 세계 최초로 확인한 결과로서, 다양한 뉴클레오타이드나 백신 또는 어쥬번트 전달체로서 활용할 수 있을 것이다.

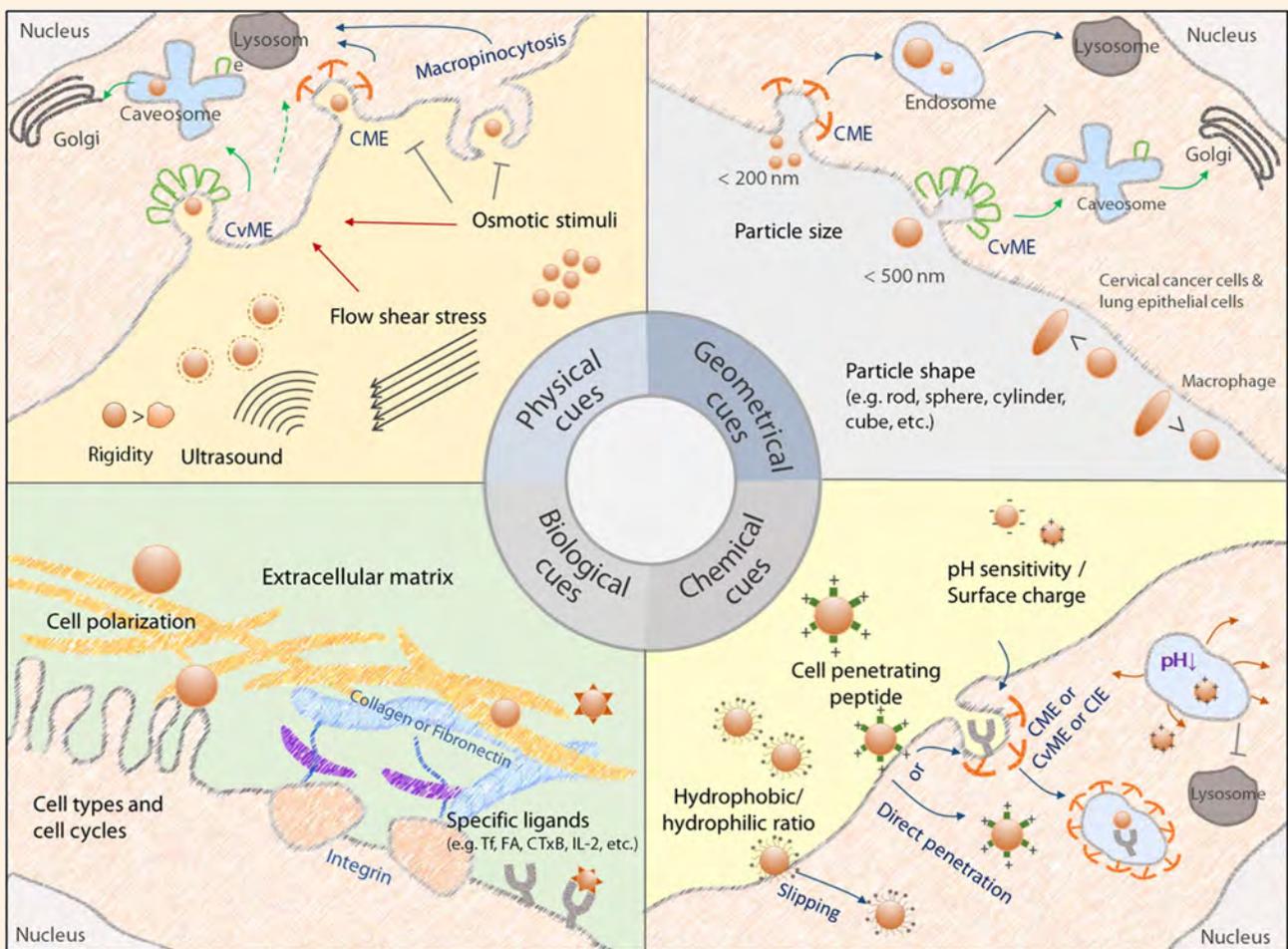


그림 1. 고분자 유전자 전달체의 세포 내 흡수와 엔도사이토시스 기전 조절에 영향을 주는 요소들에 대한 모식도.

[논문 SCI]

Mohammad Ariful Islam, Tae-Eun Park, Jannatul Firdous, Hui-Shan Li, Zuly jimenez, Michael Lim, Jeong-Won Choi, Cheol-Heui Yun*, Chong-Su Cho* (*=Equal contribution as corresponding author). Essential cues of engineered polymeric materials regulating gene transfer pathways. 2022. Progress in Materials Science. (IF=48.165, JCR 상위 1% 이내).

<https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2022.100961>.

특별기고

바이러스가 가진 무기로 내성균 잡기?!

- 서울대학교 유상열 교수 -

■ 코로나19와 항생제 내성

지난 2014년 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 21세기 내에 이른바 ‘포스트 항생제 시대’를 맞이하게 될 수도 있음을 엄중하게 경고하였다(Antimicrobial resistance global report on surveillance, WHO, 2014). 과학자들은 우리 인류가 가진 항생제와 기타 항생 물질들의 효과가 점차 감소하고 있으며, 이를 모니터링하기 위한 감시체계의 구축이 시급하다고 한목소리로 주장하였다. 우리가 가진 항생제들에 어떤 문제가 생겨 항생제가 망가졌기 때문에 효과가 감소하는 것이라면 새로 항생제를 만들면 될 터이니 무엇이 문제냐고 생각할 수 있다. 그러나 안타깝게도 항생제 효과 감소는 항생제 자체에 문제가 생겼기 때문보다는 우리가 맞서 싸우는 적이 끊임없이 방비를 튼튼히 하고 있어서 나타나게 된 일이다.

우리의 적-세균(bacteria), 특히 감염병균 등 유해균-은 우리가 사용하는 무기-항생제-로부터 자신들의 목숨을 지키기 위하여 항생제에 대한 내성(antimicrobial resistance, AMR)을 갖추기 시작하였다. 때에 맞지 않은, 그리고 과도한 무기의 사용은 우리의 적이 무기에 대해 살피고, 대응하고, 적응하고, 결국 견딜 수 있게 만들었으며, ‘슈퍼 버그(super bug)’라고까지 일컬어지는 다약제 내성균(multidrug-resistant bacteria; MDR)도 출현하기에 이른 것이다. 병원에서 적절하지 않은 수준의 항생제를 처방한다거나 환자 또한 올바르게 사용하지 않는 것뿐만 아니라, 특히 농·축·수산업에서 작물, 가축 그리고 물고기의 감염성 질병을 예방하고 더불어 생육을 촉진하기 위해 항생제를 과·오용하면서 항생제 내성균(drug-resistant bacteria)은 더욱 빠르게 만연하

게 되었다. 살아있는 유기체로서 항생제 내성균들은 자신들이 마련한 항생제 내성 유전자를 신속하게 서로 주고 받았으며, 세계화(globalization)를 바탕으로 과거보다 폭넓어지고 용이해진 인간 활동들, 이를테면 세계 각국으로의 자유여행이나 물품의 대량 운송 등에 힘입어 보다 손쉽게 세계 곳곳으로 빠르게 퍼져 나가 자리잡았다. 지금 당장 AMR 문제를 해결하기 위한 행동에 나서지 않으면 2050년에는 항생제 내성균 감염으로 3초당 한 명 꼴로 사망하게 될 것이라는 끔찍한 예측은(Antimicrobial resistance: tackling a crisis for the health and wealth of nations, Jim O'Neill, 2014) 항생제 내성에 대한 범세계적 공동 대응에 불을 지폈었다.

그리고 2020년 초, 감염병의 역사에 있어 빼놓을 수 없는 사건이 시작되었다. 항생제 내성 감염병이 아닌 코로나19라는 전무후무한 바이러스 감염병이 전 세계로 퍼져 나가면서 전 인류의 삶에 전례 없이 큰 영향을 미친 것이다. 감염병 예방을 위해 사회적 거리두기가 시행되면서 재택근무는 더 이상 특별한 일이 아니게 되었으며, 학교는 문을 닫고 교사들은 비대면 온라인으로 학생들을 맞이했다. 실내·외를 가리지 않고 마스크를 착용하고 생활하는 것이 일상이 되었으며, 수시로 손 소독제를 사용하고 외출 전·후 꼭 손을 씻는 습관은 널리 보편화되었다. 코로나19 팬데믹으로 인해 소아과에서는 감기 환자를 찾기가 어려워졌고 독감 발생률도 예년에 비하여 톱 떨어졌다는 보고도 발표되었다(doi: 10.1101/2020.03.30.20047993).

이렇게 코로나 팬데믹은 개인위생에 대한 국민들의 인식을 개선시키고 여러 감염성 질병을 예방하는데 크게 기여하였지만, 역설적이게도 항생제 내성의 문제와 관련해서는 예상치 못한 양상을 초래하였다. 코로나19가 환자의 임상결과와 사망률을 악화시키고 병원 체류기간을 더 길게 하였으며 의료 인프라에 대한 부담과 비용을 증가시키게 되면서, 코로나19에 압도되어버린 의료 시스템은 더 이상 항생제 내성균 감염을 예방하고 통제하는 것에 집중할 수 없었다. 미국 질병통제예방센터(CDC)의 항생제 저항성 연구실 네트워크(AR Lab Network)는 코로나19 바이러스의 확산을 막기 위해 2020년에 4,700개 이상의 중증급성호흡기증후군 코로나바이러스 2(SARS-CoV-2) genome 염기서열을 분석하느라, 2020년도에는 2019년도에 비해 23% 더 적은 수의 항생제 내성 표본을 검사할 수밖에 없었다고 밝히기도 하였다(<https://www.cdc.gov/drugresistance/covid19.html>). 한편, 바이러스인 SARS-CoV-2는 항생제로 치료할 수 있는 것이 아님에도 세균성 2차 감염이 코로나19 환자의 임상결과를 악화시킬 수도 있기에 대부분의 경우 코로나19 환자에게 항생제가 동시 처방되면서 과거보다 더 많은 양의 항생제가 사용되기도 했다. 미국 CDC에서는 2021년 8월 외래환자의 항생제 처방율이 2019년에 비해 3% 증가했다고 보고한 바 있다. 코로나19가 항생제 내성 문제에 대해 다방면으로 영향을 미친 결과로, 미국에서는 입원기간 동안의 카바페넴 내성 아시네토박터균, 카바페넴 내성 장세균, 반코마이신 내성 장구균, 메티실린 내성 황색포도상구균 등에 의한 감염과 사망이 2019년부터 2020년까지 최소 15% 이상 급격히 증가하였다(CDC. COVID-19: U.S. Impact on Antimicrobial Resistance, Special Report 2022. U.S. CDC. 2022.).

이렇듯, 지난 2년여 간 전 세계의 모든 보건과 산업 역량이 코로나19의 전파를 막고 예방하고 치료하는데 집중되느라, 항생제 내성을 모니터링하고 그에 적절히 대응하는 범세계적 행동은 후순위로 미뤄졌다. 지금은 항생제 내성의 문제가 여전히 존재하고 있는 것을 넘어서서 훨씬 더 강력하게 인류의 보건에 대한 위협이 되어버렸다. 코로나19 팬데믹 이전, 이미 항생제 내성균과의 싸움에 대한 적절한 대응책 마련이 지체되고 있음을 자각했던 만큼, 코로나19라는 긴 터널을 빠져나오고 있는 이제는 정말로 항생제 내성균과의 싸움에 전력투구를 해야 할 때이다.

■ 농업환경에서의 항생제

항생제 내성은 인간의 건강에 영향을 미칠 뿐 아니라, 동물과 식물의 건강, 그리고 환경에도 광범위하게 영향을 미치고 있으며, 각각 서로 영향을 주고받고 있다. 항생제 내성균을 찾아내고 내성의 전파를 추적하며 항생제 사용의 효과를 살피는 등의 항생제 내성 감시활동은 인간, 동물, 식물, 환경 등 모든 분야를 하나로 아울러 생각해야 한다는 “One Health” 적 관점의 접근이 필요한 것이다. 항생제 내성의 문제가 환경 중에서 어떻게 전개되고 전파되는지에 대해 잘 이해하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하지만, 가축들에게 무분별하게 사용되는 항생제로 인해 항생제 내성균과 내성 유전자가 분뇨를 통해 환경으로 유입되거나 작물들의 재배를 위해 항생제가 포함된 농약을 남용하면서 농업환경을 오염시키고, 이런 과정에서 생산된 식품들을 통해 항생제 내성이 다시 사람에게 영향을 주는 상황에 대해서는 보다 더 주의 깊게 살펴볼 필요가 있다. 특히 항생제 기반 농약의 사용은 다른 분야의 항생제 사용에 비하여 심도 있게 다루어지지 않았기에 더 많은 관심이 필요하다.

2020년 현재, 우리나라에는 무름병, 세균구멍병, 궤양병 등을 비롯해 총 108종의 작물병해에 대하여 851개의 항생제 농약이 등록되어 있다(2020 작물보호제 사용지침서, 한국작물보호협회, 2020). 지난 10여년 간 농업용 항생제의 출하량은 증가하고 있는 추세로, 2019년도에는 validamycin 88.3 톤, streptomycin 60 톤, oxolinic acid 33.2 톤이 출하되기도 해 꾸준히 항생제 농약이 농업환경에 뿌러지며 사용되고 있음을 볼 수 있다. 한편 폐농약용기의 무분별한 방치와 잘못된 폐기, 그리고 그에 따른 잔류농약의 유출도 환경오염을 비롯해 약제 내성 문제를 악화시키고 있다. 지난 2020년 7천만 개 이상의 폐농약용기류가 발생하였는데 이중 5.2%에 달하는 3백만 개 가량은 수거되지 못하고 불법 폐기되거나 농업환경 주변에 방치 또는 소각되는 것으로 추정된다고 한다(국가통계포털, 2022). 주변 토양 등으로 흘러 든 항생제 농약이 환경 내 약제 내성균의 출현 및 내성 유전자의 전파에 기여하면서, One Health 측면에서 항생제 내성의 문제를 악화시킬 것은 자명하다.

실제로 2021년도의 국립농업과학원의 연구에 따르면, 우리나라 농작물 재배환경에서 2021년도에 분리된 작물 무름병 병원체 *Pectobacterium* 균주의 streptomycin 및 tetracycline 내성의 정도가 2000년대에 분리된 균주보다 2배 가량 더 높아졌다고 한다(doi: 10.7585/kjps.2021.25.4.333). 두 항생제를 비롯해 여러 농업용 항생제들은 농작물 뿐만 아니라 인체와 축·수산업에서도 공통으로 사용되기에, One Health 측면에서 보다 안전한 관리를 위하여 농업용 항생제의 사용에 대해 주의 깊은 통합 감시체계를 구축하는 것이 필요하다. 항생제 농약의 실제 사용정도를 광범위하게 파악하고, 사용시기와 사용량, 사용법 등에 대한 올바른 가이드라인을 마련함으로써 오용과 남용을 줄이는 정책 개선도 요구된다. 하지만 보다 더 근원적 대안으로서, 적절한 항생제 대체제를 개발하는 것이 무엇보다도 시급하다.

■ 항생제를 대체하는 바이러스 유래 용균효소, 엔도라이신(Endolysin)

그렇다면 어떠한 것들이 인체, 동물, 식물을 감염하는 유해균들을 없애기 위한 효과적인 항생제 대체제가 될 수 있을까? 지난 2014년 영국의 항생제 내성에 대한 보고서와 2015년 미국 정부의 항생제 내성균 대응 국가 행동 계획 보고서에서는 다양한 항생제 대체제들을 언급하고 있다. 그 중에서도 큰 주목을 받으며 다양한 관련 연구가 진행되고 있는 제제는 박테리오파지와 이에서 유래한 엔도라이신이다.

박테리오파지(또는 파지, bacteriophage, phage)는 세균을 감염하는 바이러스이며 엔도라이신(endolysin)은 이 파지가 가지고 있는 용균효소이다. 바이러스가 항생제의 대체제가 되다니, 코로나19 바이러스에 호되게 당하

고 있는 현 상황에서는 아이러니하게 들릴지도 모르겠다. 하지만 바이러스는 자기가 숙주로 삼는 생물체만 감염할 수 있는 ‘숙주 특이성’이 매우 높기 때문에, 세균만을 감염하고 사람은 감염할 수 없는 바이러스이므로, 박테리오파지를 항생제 대체제로 활용할 수 있는 것이다. 파지는 숙주 세균을 특이적으로 인식해 세균 표면에 부착하면 자신이 가지고 있던 유전물질(DNA 또는 RNA)을 세균 세포질 내로 주입한다. 이어 숙주 세균의 유전자 발현 기구 및 유전물질 복제 기구들을 강탈하여 자신의 자손들을 새롭게 복제해 내는 데 활용한다. 최종적으로, 파지가 암호화하고 있던 엔도라이신이라는 용균효소를 이용해 숙주 세균 세포의 세포벽(cell wall)을 분해함으로써 수 십 ~ 수 백 개로 복제한 자손 파지들을 외부로 방출시켜 주변의 새로운 숙주 세균을 감염시키게 한다. 파지는 이렇게 자신의 자손 복제를 위해 감염한 세균을 물리적으로 파괴하는 ‘용균 활성화’를 보이기 때문에 항생제를 대체하는 대안으로 주목받고 있는 것이다.

파지가 암호화하는 엔도라이신은 단백질성 용균 물질로, 세균의 세포벽 구성 성분 중 펩티도글리칸(peptidoglycan) 층을 기질(substrate)로 삼는 효소(enzyme)이다(doi: 10.1016/j.mib.2005.06.002). 펩티도글리칸 층은 N-acetylmuramic acid와 N-acetylglucosamine이 반복되어 나타나는 glycan chain들을 peptide들이 교차연결(cross-linking) 하고 있는 구조인데, 여기에서 나타나는 다양한 화학결합-glycosidic bond, amide bond, 그리고 peptide bond-이 엔도라이신의 표적이 될 수 있다. 즉, 엔도라이신은 그 효소 활성화에 따라 glycohydrolase, amidase, (endo)peptidase 등으로 구분될 수 있는 것이다. 파지의 생활사 말기에 숙주 세균 세포 내에서 발현되는 엔도라이신은 세포 원형질막(cytoplasmic membrane)에 구멍을 뚫어주는 홀린(holin)과 함께 작용해 삼투성 용해를 유발함으로써 숙주 세균 세포를 매우 빠르게 사멸시킨다.

이런 이유로 엔도라이신을 재조합 단백질로 대량 발현·정제하고 병원균의 외부에 처리해 항균제로서의 사용 가능성을 살펴는, 이른바 효소항균제(enzymobiotics)로서의 개발과 연구가 활발히 진행 중이다. 특히 세포벽 바깥쪽에 다른 외막이 없어 외부에서 처리하는 엔도라이신이 기질인 펩티도글리칸 층에 직접적으로 바로 작용할 수 있는 그람 양성균들에 대해 이러한 연구가 많이 진행되었다. 그람 양성균을 표적하는 엔도라이신은 앞서 말한 효소활성을 나타내는 도메인 EAD(enzymatic active domain)와 세포벽을 특이적으로 인식해 높은 친화력으로 결합하는 도메인 CBD(cell wall binding domain)로 구성된 모듈 구조를 가진다. EAD와 CBD는 둘 다 표적 세균에 대한 특이성(specificity)을 부여하게 되며, 이는 엔도라이신의 다른 장점들-빠른 용균활성, 항생제 내성균에 대한 효과성, 매우 낮은 세균 내 저항성 발현 가능성-과 더불어 새로운 항생제로 엔도라이신의 활용을 탐색해보는 이유가 되었다. 또한 모듈 구조에 기반하여 엔도라이신의 엔지니어링을 통해 서로 다른 곳에서 유래한 엔도라이신 도메인들을 재조합하거나 교체하여 원하는 특성을 가지는 키메라(chimera) 엔도라이신을 개발하기 위한 시도들도 가능했다. 이러한 장점들을 바탕으로 최근에는 다양한 엔도라이신과 그 재조합 유도체들에 대한 전임상 및 임상 시험도 진행되는 등 기존의 항생제를 대체할 수 있는 새로운 계열의 항생제로서 촉망받으며 활발한 엔도라이신 연구가 진행 중이다.

■ 그람 음성균에 작용하는 엔도라이신의 개발

그렇다면 그람 음성균에 대해서는 어떨까? 그람 음성균은 그람 양성균과 달리 세포벽 바깥에 인지질과 지질다당류(lipopolysaccharide, LPS), 그리고 여러 종류의 단백질들로 구성된 외막(outer membrane)이 존재한다.

앞서 말했듯 엔도라이신은 펩티도글리칸 층을 기질로 하는 효소이기 때문에, 외막이 견고하게 버티고 있는 그람 음성균에 대해서는 정제된 엔도라이신을 외부에서 처리한다 하더라도 일반적으로 효과적 인 용균활성이 나타나기 어렵다. 하지만 EDTA나 detergent 등의 처리로 외막의 LPS 층이 와해되면 그람 음성균들도 외부에서 처리된 엔도라이신에 의해 쉽게 용해될 수 있기에, 최근에는 다양한 시도를 통해 그람 음성균 표적 엔도라이신의 활용성을 높이고자 하는 연구도 보고되고 있다(doi: 10.1016/j.ijpharm.2020.119833).

앞서 말한 EDTA와 같은 외막 투과제(outer membrane permeabilizers)를 그람 음성 세균용 엔도라이신과 함께 사용하는 것이 한 예이다. EDTA나 유기산은 킬레이트로 작용하여 외막에 존재하는 Mg^{2+} 나 Ca^{2+} 등의 이가 양이온들을 중화시키며 이렇게 불안정해진 외막을 엔도라이신이 통과해 그 아래에 있는 펩티도글리칸 기질에 작용하게 되는 것이다. 콜리스틴이나 polycationic peptide 등의 polycationic agent들, 그리고 카바크롤과 같은 정유(essential oil)도 외막을 와해하여 엔도라이신이 작용할 수 있게 해주는 것으로 보고되었다. 또 다른 예시로는, 앞서 그람 양성균을 표적하는 모듈형 엔도라이신을 엔지니어링했던 것과 유사하게, 그람 음성균 표적 엔도라이신을 엔지니어링함으로써 외막 투과성을 효소 자체에 부여하는 방식이다. 크게 두 가지 정도를 살펴보자면, 먼저 'Artilysin'으로 대표되는 막 투과 펩타이드를 융합시키는 것이 그 첫 번째 방식으로, polycationic하면서 소수성 또는 양친매성을 가지는 펩타이드를 융합해 외막을 투과할 수 있게끔 하는 것이다. 두 번째는 박테리옌(bacteriocin) 등 세균에서 유래하는 막 통과(membrane-translocating) 효소의 관련 도메인을 엔도라이신에 융합하는 방식이다.

마지막 예시는 나노캐리어(nano carrier)와의 포물러화를 통해 외막 투과성을 부여함과 동시에 활성과 안정성(stability)에 있어서도 개선을 꾀하는 연구이다. 리포솜(liposome)은 수용성 핵을 인지질 이중층이 둘러싼 구형의 소포체로 단백질과 펩타이드의 전달을 위해 흔히 사용되는 캐리어 물질이다. 최근의 연구에서는 dipalmitoylphosphatidylcholine, cholesterol, 그리고 hexadecylamine을 구성 성분으로 하여 양전하를 가진 리포솜을 제조하고 그 안에 그람 음성균 엔도라이신을 포집함으로써, 외막 투과제 없이도 대장균 및 살모넬라균 등 그람 음성균의 외막 안쪽으로 엔도라이신을 전달해 용균 활성을 확인하였다(doi: 10.1016/j.enzmictec.2019.05.006). 또 다른 연구에서는 효소의 고정화에 많이 사용되는 cellulose nanocrystal(CNC)를 활용하여, 양전하로 하전된 CNC에 그람 음성균 엔도라이신을 고정화 함으로써 대장균과 슈도모나스균 등 외막이 있는 그람 음성균을 용해하는 활성을 부여하면서 동시에 장기간의 보관 안정성도 높아질 수 있음을 보였다(doi: 10.1021/acs.biomac.7b00219). 이 외에도, 엔도라이신을 탑재한 나노에멀전(nanoemulsion)이나 코어/셸 캡슐(core/shell capsule) 등의 미세캡슐화 기술, 그리고 엔도라이신을 포집한 바이셀 나노디스크(bicelle nanodisc) 제조 기술 등도 다양한 환경 조건 중에서 엔도라이신의 안정성 개선을 도모함과 더불어 그람 음성균을 포함해 보다 넓은 범위의 세균 종에 효과적일 수 있도록 엔도라이신의 용균 활성을 개선하는 데에 적용 가능할 것이다. 특히 농업환경 등 외부 환경 중에 존재하는 감염균 및 유해균을 제어하기 위한 대체 항생제는 노출된 다양한 환경조건에서 안정적으로 유지되며 활성을 보여야 할 것이므로, 이러한 나노캐리어로의 포물러화는 항생제 농약을 대체할 때에 큰 장점이 될 것이다.

■ 맺음말

지난 2년 여의 코로나19 팬데믹을 지나오면서 우리는 글로벌 공중보건에 대한 위협에 맞서 전 세계의 연구/학계와 산업계, 그리고 보건당국이 모두 함께 어우러지는 강력한 공공-민간 파트너십이 구성될 수 있음을 체감했다. 특히 이러한 파트너십을 통해 코로나19라는 인류 공통의 위협 극복을 위한 각종 연구들과 임상시험이 가속화되고 이를 원동력으로 하여 사전 예방적인 규제와 대책들이 신속히 마련되고 범세계적으로 시행되는 것이 가능함을 목격하였다. 코로나19를 통해 배운 이와 같은 협력의 경험을 이제는 항생제 내성의 문제를 해결하기 위해 다시 한번 되새기고 활용해야 할 때이다. 인체를 비롯해 축산, 수산, 농산 환경 등에서 항생제 내성을 면밀히 감시하고 예방하는 범세계적 활동과 더불어 효과적인 항생제 대체제를 개발하는 다방면의 연구가 더 활발히 진행되어야 한다. 개인위생 인식과 감염병 예방 행동을 획기적으로 제고시킨 코로나19 바이러스가 항생제 내성과 관련한 감염병 문제는 도리어 악화시켜버렸다는 아이러니를 지나, 조만간 바이러스(박테리오파지)와 그 무기(엔도라이신)를 활용해 항생제 내성균 문제를 해결해냈다는 아이러니도 목도할 수 있기를 기대해 본다.

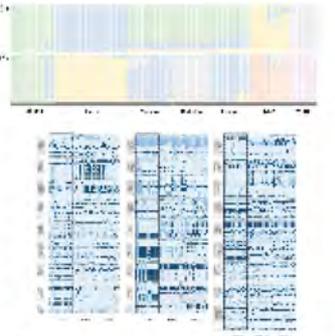
참여연구실 소개 1

대용량 오믹스 데이터 기반 가축 유전자원 활용 연구

- 전북대학교 농축산식품융합학과 생물정보연구실 신동현 교수 연구팀 -

■ 연구실 소개

전북대학교 농축산식품융합학과 생물정보연구실은 다양한 유전체 데이터를 활용하여 가축 유전자원 개발 및 활용에 대한 연구를 수행하고 있다. 본 연구팀은 국가단위 수준의 육종 시스템 연구, 가축 오믹스 데이터를 활용한 유전자원 발굴에 대한 연구, 유전체 데이터 기반의 가축 마이크로바이옴 활용에 대한 연구를 수행했다. 이를 토대로 농가 및 기업에 적합한 기술지원을 통해서 논문 출판과 특허 출원/등록 및 기술이전을 수행하였다.

		
<p>한우 유전체 데이터 분석용 SNP 칩 (일루미나)</p>	<p>돼지 집단 whole genome data를 활용한 버크셔 집단 특이적인 유전체 변이 발굴</p>	<p>가축 미생물 및 유전체 데이터를 활용해서 만든 명품 돼지고기</p>

■ 주요 연구분야

• 국가단위 가축 육종 시스템 연구

기존의 육종 기술에서는 혈통 및 도축 데이터를 활용하여 우수한 개체 및 집단을 선발하였지만, 2000년 초반부터 축산 선진국을 중심으로 대용량 유전체 데이터를 활용하여 가축의 능력을 평가하고 예측하는 아이디어가 제안이 되고 현장에서 구현되었으며, 본 연구실에서도 이러한 글로벌 트렌드에 맞추어 국가단위 수준의 가축 유전 능력평가 시스템에 대한 연구를 수행해왔다. 2010년 이후부터는 국내 유전자원의 특성을 고려하여 유전체 데이터 확보를 위한 SNP 칩을 개발하여, 한우, 돼지, 말 등 대가축을 중심으로 유전능력평가를 현장에서 적용하기 시작했으며, 지금은 유전체 데이터를 활용하여 실제 개체 및 집단을 선발하여 글로벌 수준의 가축 유전자원을 확보하고 있다.

• 가축 오믹스 데이터를 활용한 유전자원 발굴

본 연구실에서는 NGS 데이터를 생산하고, 진화 유전체 분석 방법을 이용하여 가축(한우, 돼지)의 집단 특이적인 유전체 지역을 발굴하는 연구를 수행하고 있다. 가장 최근에는 돼지의 100여 두의 NGS 유전체 데이터를 분석하여 품종을 구분하는 유전체 변이들을 발굴하고, 이 중에서 단백질 구조에 영향을 미치는 유전체 변이만을 발굴하여, 각 품종(버크셔, 랜드레이스, 요크셔) 특징과의 연계성을 규명하였다.

• 유전체 데이터 기반의 가축 마이크로바이옴 활용

호스트의 유전체와 더불어 장내 마이크로바이옴에 대한 연구의 중요성이 증가함에 따라 유전체 데이터를 활용한 다양한 가축 마이크로바이옴 연구를 수행하고 있다. 반려동물 분야에서는 다양한 프로바이오틱스 제품들의 균주가 반려동물 전용으로 개발되고 있지 않다는 점을 착안하여 본 연구팀에서는 기업(우진)과 지역 연구소(재단법인 농축산물미생물산업육성센터)와 협력하여 반려동물유래 미생물 균주를 개발하고 프로바이오틱스 제품을 개발하여, 마우스 및 반려견 임상시험을 통해 효능을 검증하였다. 또한 축산 미생물 활용 부분에 대해서도 기존 단순하게 유용한 미생물을 급여하는 것에서 벗어나, 마이크로바이옴 유전체 데이터 기반 가축 장내 모니터링 시스템을 미생물 급여와 결합한 에코프로바이오틱스 솔루션에 대한 연구를 수행하였으며, 실제로 가축의 장내 미생물 균총이 바뀔 때 따라서 돼지고기의 품질이 바뀔을 증명하고 관련 상품을 출시하는 과정에서 기술 지원을 수행하였다. 최근에는 이러한 미생물 활용 기술을 저탄소 축산시스템을 구축에 활용하기 위한 방법을 개발하고 있다.

■ 맺음말

축산은 농업생산액에 상당한 부분을 차지하고 있으며, 앞으로 경제 수준의 향상에 따라서 중요성은 점점 커질 것이라고 예상이 된다. 하지만 기후변화, 높은 소비자 요구 및 기대, 환경 오염, 변화가 심한 국제 정세 등으로 축산업이 직면한 도전 과제들은 결코 가볍지 않다고 생각한다. 본 연구실은 유전체를 포함한 대용량 데이터를 활용하여 지속가능한 축산물 생산 시스템을 구축하는데 기여할 것이다.



참여연구실 소개 2

곰팡이단백질(Mycoprotein)을 이용한 지속가능한 미생물 유래 대체단백질 개발 및 기능성 연구

- 서울대학교 동물미생물학 연구실 김영훈 교수 연구팀 -

■ 연구배경

대부분의 현대인은 육류를 섭취함으로써 생명을 유지하는데 필요한 단백질을 얻고 있다. 전 세계적으로 인구는 증가하는 추세이며 한 조사에 따르면 2050년에는 세계 인구가 97억명으로 현재보다 34% 증가한다고 한다. 늘어나는 인구와 더불어 경제가 성장함에 따라 단백질원으로 섭취하는 육류의 소비량은 늘어나는 추세이다. 하지만 축산업으로 인한 산림 벌채, 온실가스 배출, 악취 등 다양한 환경 문제들이 대두되면서 늘어나는 육류의 수요를 맞추는 것이 쉽지 않은 상황이다. 이와 함께 지나친 육류 소비량으로 인해 전 세계적으로 비만인이 많아짐에 따라 건강 문제 또한 대두되었다. 이에 따라 연구자들은 현대인의 주요 단백질원인 육류를 일부 대체 가능함과 동시에 지나친 육류 소비로 인한 건강문제를 해결해 줄 수 있는 식품을 찾기 시작하였다. 관련된 다양한 연구들이 발표되었고 그중 하나가 현재 본 연구실에서 진행하고 있는 곰팡이단백질을 이용한 대체단백질 개발이다. 곰팡이단백질이란 곰팡이를 발효하여 생산한 biomass를 뜻한다.

본 연구실에서 현재 *Fusarium venenatum*이라는 곰팡이 균주를 연구하고 있다. 이 균주는 영국의 식품기업 Marlow Foods Ltd.사에서 'Quorn'이라는 대체육 브랜드 제품으로 출시하는데 사용한 것과 동일한 곰팡이 균주이다. 현재는 Mode Nissin 사에 인수되어 판매되고 있다. *F. venenatum*을 발효하여 만든 곰팡이단백질은 높은 단백질 함량, 높은 섬유질 함량, 낮은 지방함량을 특징으로 한다. 또한 필수 아미노산은 모두 함유하고 있으며 순단백질 이용률이 우유와 비슷할 정도로 높다. 다양한 미네랄과 비타민을 포함하고 있으며 불포화 지방산

함량이 높다. 플라보노이드, 페놀화합물 등과 같은 면역 및 항산화 작용에 도움이 되는 것으로도 알려져 있다. 곰팡이 독소 또한 매우 낮은 양으로 인체에 무해하다고 알려져 있으며, 고지혈증 치료 및 예방에 대한 효능도 밝혀졌다. 환경적인 측면에서는 식물 및 동물성 단백질을 생산하는 것보다 더 적은 양의 온실가스를 발생시키며 생산을 위해 대형 발효기계만 있으면 되므로 같은 양의 단백질을 생산하기 위해 필요한 토지의 양 또한 현저히 적은 것으로 알려져 있다. 연속 배양 방법을 이용하여 지속적인 생산이 가능하며 식품 부산물을 활용한 경제적인 생산 방법도 가능하다. 앞서 설명한 것과 같이 *F. venenatum*을 이용한 곰팡이단백질 생산은 무수한 이점이 존재한다. 본 연구실은 *F. venenatum* 외에도 다양한 곰팡이단백질에 대한 기능성을 연구하였다. 노화, 면역력 저하, 비만, 근감소증 등 다양한 질환에 대한 치료 및 예방을 위한 기능성 연구 또한 예정 및 진행하고 있다.

■ 연구내용

- 예쁜꼬마선충(*C. elegans*)을 이용한 항노화 실험

*Fusarium venenatum*이 예쁜꼬마선충의 수명연장에 도움을 줄 수 있는지 알아보기 위한 실험이 진행되었다. 수명연장 유무를 알아보기 위한 실험을 위하여 예쁜꼬마선충의 성인기에 속하는 L4 stage부터 *F. venenatum* 급여를 시작하였고 그 결과 수명 연장됨을 확인하였다(그림 1.a). 이후 섭취 시작 시기가 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 위하여 L1 stage부터 급여하는 추가 실험을 진행하였고 그 결과 L1 stage부터 급여했을 시에도 수명이 연장됨을 확인하였다(그림 1.b). 또한 추출된 단백질의 항노화 효과 실험을 통해 0.75mg/mL이라는 낮은 농도로도 예쁜꼬마선충의 수명이 연장되었음을 확인하였다(그림 1.c).

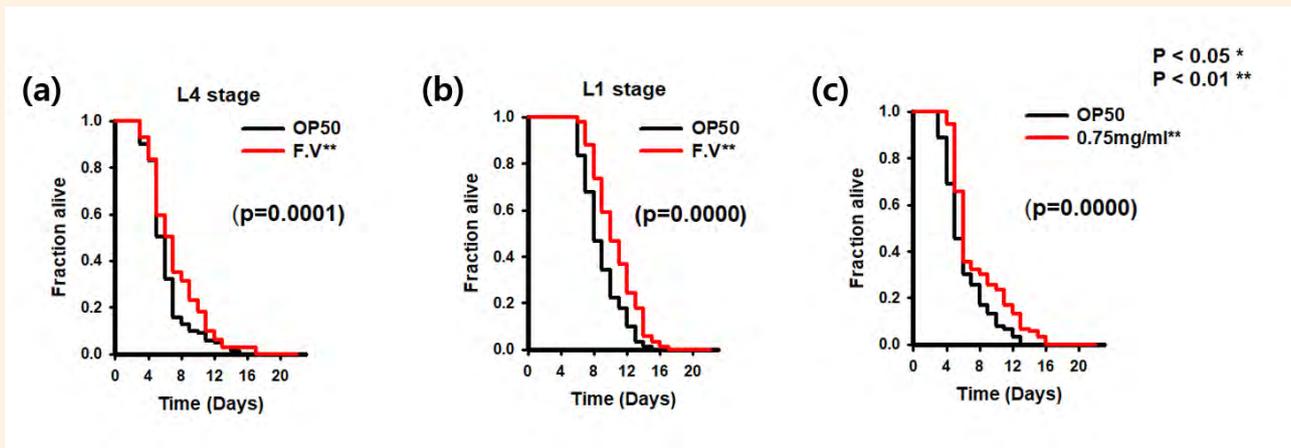


그림 1. 예쁜꼬마선충을 이용한 *F. venenatum*의 항노화 효과 평가

• 예쁜꼬마선충(*C. elegans*)을 이용한 면역반응 실험

*F. venenatum*이 예쁜꼬마선충의 면역력을 증진해 줄 수 있는지 알아보기 위한 실험을 진행하였다. 예쁜꼬마선충에게 48시간동안 *F. venenatum*을 급여 받은 그룹이 급여 받지 못한 그룹보다 병원성 미생물에 노출시켰을 때 생존력이 높은 것을 확인할 수 있었다(그림 2).

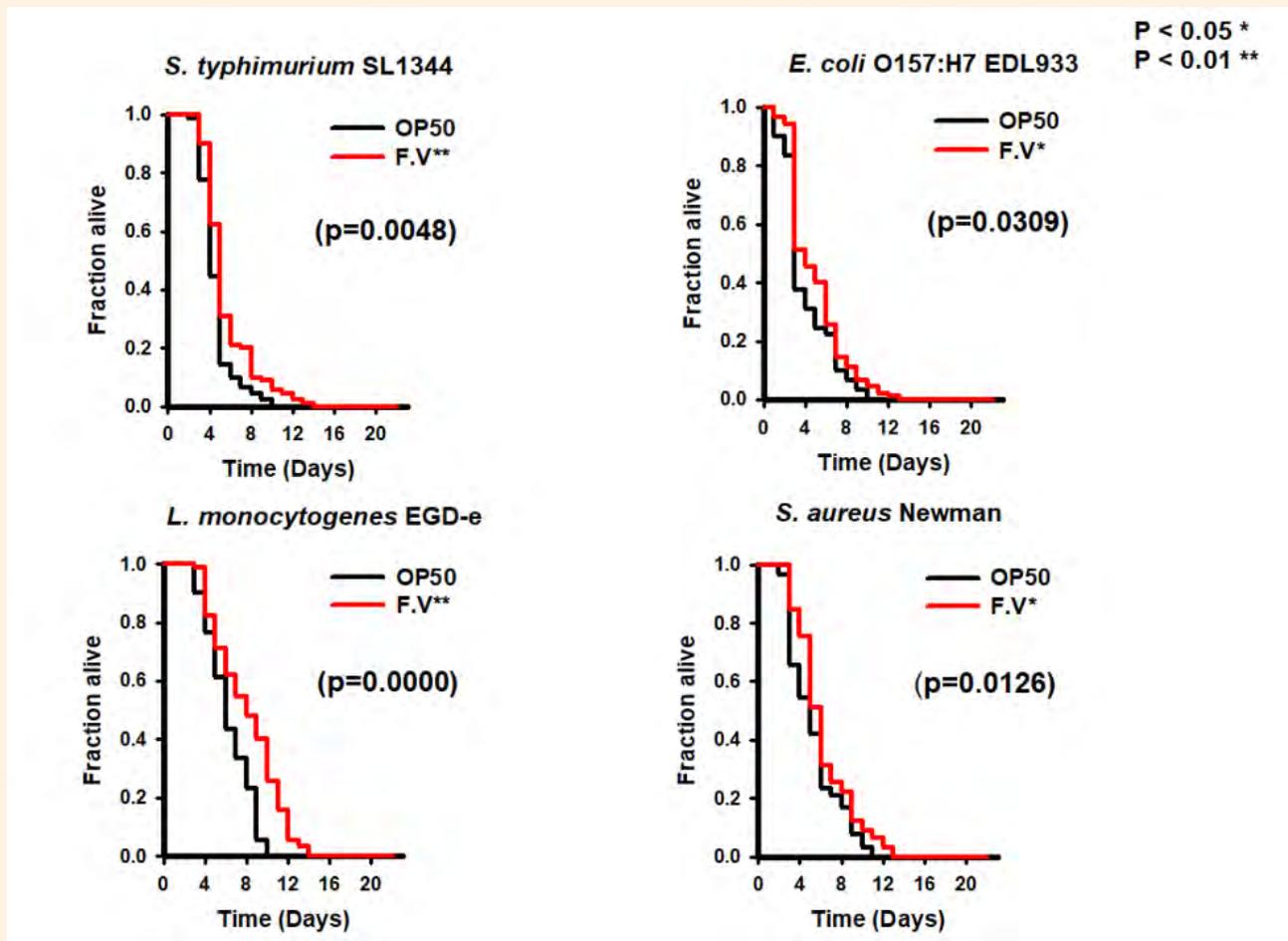


그림 2. 예쁜꼬마선충을 이용한 *F. venenatum*의 면역증가 효과 평가

• 예쁜꼬마선충 (*C. elegans*)을 이용한 항비만 실험

*F. venenatum*의 비만억제 효과를 평가하기 위한 실험을 수행하였다. 항비만 효과의 유무를 확인하기 위하여 L4 stage의 예쁜꼬마선충에게 48시간동안 *F. venenatum* 급여를 진행한 후 Oil Red O 염색을 통해 지방의 축적정도를 확인해 보았다. 그 결과 *F. venenatum*을 급여 받은 예쁜꼬마선충들의 지방축적이 낮은 것을 확인하였다(그림 3.a). 유전자 수준에서 변화를 확인하기 위하여 RNA 시퀀싱을 진행하였고 그 결과 fat synthesis와 관련된 유전자의 발현이 줄어들고 fat breakdown과 관련된 유전자의 발현이 증가한 것을 확인하였다(그림 3.b).

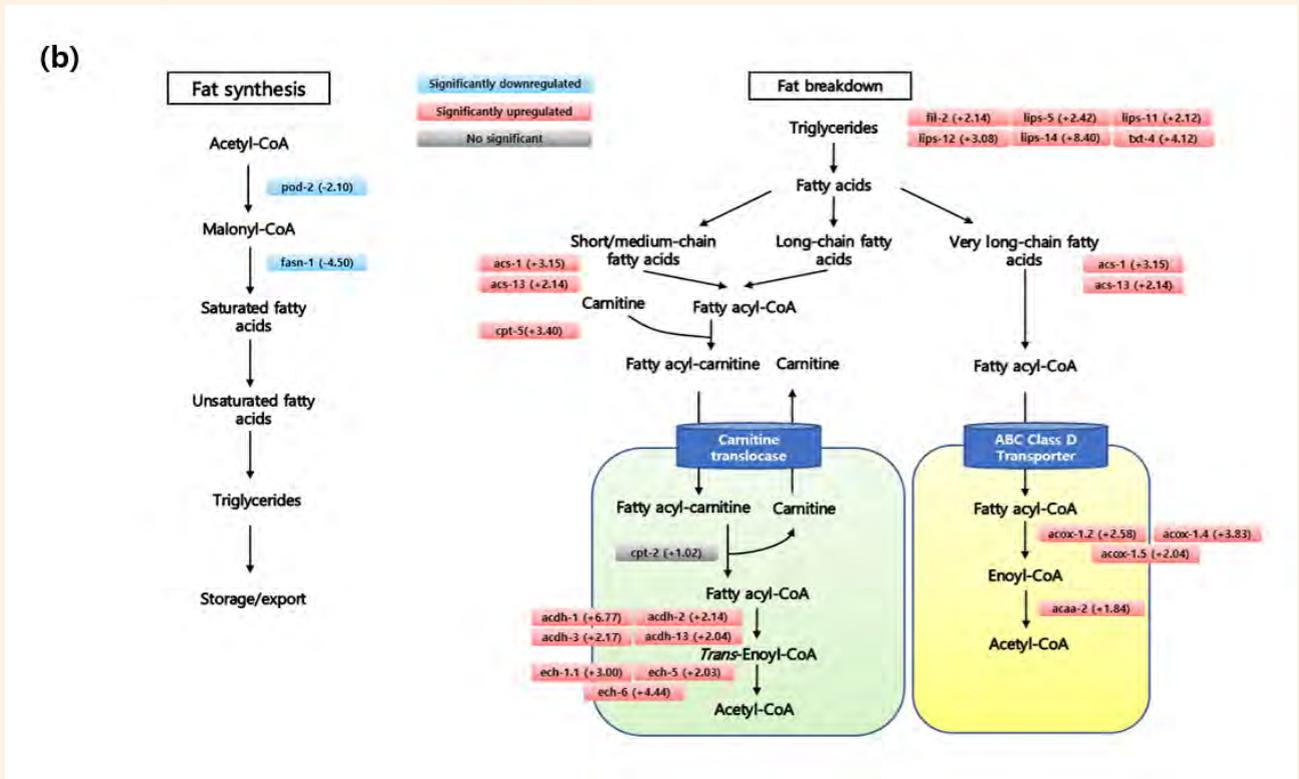


그림 3. 예쁜꼬마선충을 이용한 *F. venenatum*의 항비만 효과 평가

참여연구원 동정

서울대학교 이석하 교수

서울대학교 이석하 교수는 제67회 대한민국학술원상을 수상하였다.

대한민국학술원상은 매년 4개 부문, 8명 이내로 학술연구 또는 저작이 매우 우수하여 학문발전에 현저한 공로가 있다고 인정되는 학자들을 발굴하여 시상하는 상으로 국내 학술연구 진흥을 도모하고 학문의 중요성에 대한 사회적 인식을 제고시키는 상이다.

이석하 교수는 작물유전체학, 특히 콩과작물의 유전체 분석 분야에서 세계적 수준의 연구를 수행해 왔으며, 세계작물학회장 역임과 국제콩계농컨소시엄에서 우리나라를 대표하여 국제적인 연구협력을 선도하였다. 그동안의 학술적 연구 결과들은 국제적 수준의 학술지 126편과 기타 전문학술지 74편을 포함하여 총 200편의 연구 논문으로 발표하였다. 콩 품종 개발과 같은 연구 실용화 분야에서도 6개의 고부가가치 콩 신품종 육성과 특허 11건, 기술이전 4건을 통해 콩 식품 산업화에 공헌하였다. 이와 같은 업적으로 2022년 9월 16일 자연과학응용부문에서 대한민국학술원상을 수상하게 되었다.



전남대학교 김진철 교수

전남대학교 김진철 교수는 2022년 4월 21일 한국식물병리학회 2022 춘계학술대회에서 지난 10년간 생물농약 개발에 대한 우수한 연구업적을 인정받아 '농우학술상'을 수상하였다.

전남대학교 김진철 교수는 2021년 12월 23일에 전남대학교 기술창업 우수교원상을 수상하였다.



서울대학교 장판식 교수

서울대학교 농업생명과학대학 장판식 교수(농업미생물사업단장)는 탁월한 연구실적을 바탕으로 식품산업 발전에 기여한 공로를 인정받아 2022년 7월 6일~8일 부산 벡스코에서 개최한 '2022 한국식품과학회 국제학술대회 및 정기총회'에서 2024년 한국식품과학회 신임회장으로 인준 받았다.



세종대학교 유상호 교수

2022년 7월 유상호 교수는 세종대학교 생명과학대학장으로 취임했다.

유상호 교수가 소장을 맡고 있는 탄수화물소재연구소는 지난 6월 교육부의 '2022년 대학중점연구소사업'에 선정되었다. 탄수화물소재연구소는 생물전환기법을 활용하여 농산물 및 미생물 자원으로부터 PRE-, PRO-, POST- 를 아우르는 3P-Biotics 핵심 소재 개발 플랫폼을 구축한다는 목표를 갖고 있다.

이와 함께 탄수화물 편집효소 2종을 이용한 유용물질 생산 및 화학구조 분석 내용으로 2022년 1월, 2월에 'Differentiated structure of synthetic glycogen-like particle by the combined action of glycogen branching enzymes and amylosucrase'이라는 제목으로 International Journal of Biological Macromolecules(IF: 8.025)에, 그리고 'Effect of highly branched α -glucans synthesized by dual glycosyltransferases on the glucose release rate'이라는 제목으로 Carbohydrate Polymers(IF: 10.723)에 게재하였다.



(재)농축산용미생물산업육성지원센터 김평일 박사

(재)농축산용미생물산업육성지원센터 김평일 박사는 2021년 농림식품기술기획평가원이 주관하고 80억(정부부담금 70억, 기업부담금 10억) 규모의 미생물 및 생화학 성장조정제 제품화 연구단의 단장으로 선정되었다. 성장조정제 연구단은 제주신화월드에서 개최된 2022 한국생물공학회 추계학술발표대회 및 국제심포지엄에서 홍보부스 설치 및 전시회를 개최하였다.



경상대학교 장유신 교수

2021년 7월, 폐플라스틱 집적 토양에서 분리된 플라스틱 분해 활성을 갖는 신규 균주인 엔테로박터 속 GNU002(Enterobacter sp. GNU002) 균주를 발명 및 특허 출원(출원번호 10-2021-0092957)을 하였다. 해당 특허는 2022년 9월, 국가탄소은행과 기술이전 계약을 체결하고 LINC사업단(산학협력 선도대학 육성사업)의 산학공동 연구과제를 통해 공동연구를 수행하고 있다. 아울러 진주시 매립장 사업소와 MOU협약을 맺어 산학관 연계를 통해 실증적 연구 진행이 될 것으로 기대된다.



서울대학교 장판식 교수 연구실 연구원 양은혜

서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부 효소공학실 양은혜 연구원은 “Fabrication and characterization of pH-sensitive capsosome for oral delivery of bioactive compounds”라는 주제로 2022 한국식품과학회 국제학술대회에서 대학원생 우수논문상을 수상하였으며, 박사과정 중 논문 및 특허 성과를 바탕으로 졸업 후, Cornell University에서 박사 후 연구원으로 연수 예정이다.



서울대학교 장판식 교수 연구실 연구원 최윤석

서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부 효소공학실 최윤석(박사과정) 연구원은 "Direct and simultaneous analysis of lipase-catalyzed hydrolysis of high-oleic oil model by chiral stationary phase HPLC-ELSD"이라는 제목으로 SCI급의 국제학술지 Food Chemistry(IF: 9.231, Food Science & Technology JIF 94.76%)에 게재하였고, 1건의 특허출원 및 2건의 학술대회 발표 등 연구성과를 인정받아, 서울대학교 BK21 농생명공학 교육연구단 최우수연구상을 수상하였다.



광주과학기술원 허호길 교수 연구실 연구원 Sunil Ghatge

2021년 5월에 국제학술지 Applied Biological Chemistry지에 발표한 리뷰 논문 “Biodegradation of polyethylene: a brief review”가 most accessed paper로 선정되었다(41,000 accesses, 84 citation).

2022년 2월에 *Aspergillus niger* 유래 과산화수소 생성 효소인 glucose oxidase를 활용한 Bio-photo-Fenton 시스템을 설폰화 폴리에틸렌(sulfonated polyethylene, SPE) 분해에 적용하였으며, SPE 분해 산물로서 유기산들을 검출하였다. SPE는 자연환경에서 오랜 풍화작용의 결과로서 부분 산화된 폐플라스틱의 구조를 모델화한 물질로서, 본 연구는 Bio-Fenton 시스템의 폐플라스틱 분해 연구로의 활용 가능성을 발견함에 의미가 있다. 관련 연구 결과는 Journal of Hazardous Materials(IF: 14.224, Environmental sciences JIF 96.76%)지에 “Degradation of sulfonated polyethylene by a bio-photo-fenton approach using glucose oxidase immobilized on titanium dioxide”의 제목으로 게재되었다.



사업단 운영일지

• 2022년 5월, 9월 농업미생물사업단은 핵심연구실 추가 현판 제작 및 배포하였다.

• 2022년 7월 6일 ~ 7월 8일 농업미생물사업단은 부산 벡스코에서 개최된 한국식품과학회 국제 학술행사에 공동 개최로 참관하였다.



• 2022년 7월 11일 ~ 7월 12일 농업미생물사업단은 전주지역을 방문하여 현장 점검을 실시하였다. (8개 주관과제)



• 2022년 7월 26일 농업미생물사업단은 광주 지역을 방문하여 현장 점검을 실시하였다.(2개 주관과제)



• 2022년 7월 28일 농업미생물사업단은 진주 지역을 방문하여 현장 점검을 실시하였다.(1개 주관과제)



• 2022년 8월 1일, 3일, 8일 서울 지역 현장 점검을 실시하였다.(5개 주관과제)



• 2022년 10월 6일 농업미생물사업단은 농촌진흥청 연구 정책국을 방문하여 2023년 범부처 통합연구지원시스템 (IRIS) 운영 관련 업무협의를 진행하였다.

폐플라스틱/잔류농약 분해 연구단 운영일지

- 2022년 6월 8일 농업용 폐비닐 분해미생물 생산효소의 대량생산 시스템 구축 연구과제 협의회를 온라인 개최하였다.



- 2022년 8월 31일 잔류농약 분해 미생물 산업화 촉진 민관협의회를 개최하였다.



- 2022년 7월 26일 잔류농약 축점 저감을 위한 미생물 활용기술 개발 연구과제 2차 현장방문을 실시하였다.



- 2022년 9월 7일 한국생명공학연구원을 방문하여 영농 폐비닐 분해 미생물 과제 협의회를 개최하였다.



- 2022년 7월 27일 농축산용미생물산업육성지원센터를 방문하여 군집미생물기반 잔류농약 분해 과제 협의회를 개최하였다.

주요성과목록

논문 표준화된 영향력 지수(SCI)

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자 (내부)	공동저자(외부)	교신저자	성과물제목	표준화된 영향력 지수	게재학술지명 권(호):페이지(년도)
1	PJ016613012022	윤철희	Moham mad Ariful Islam		박태은, Jannatul Firdous, Hui- Shan Li, Zuly Jimenez, Michael Lim, 최정원	조종수, 윤철희	Essential cues of engineered polymeric materials regulating gene transfer pathways	99.28	PROGRESS IN MATERIALS SCIENCE 128(0):100961- 100961
2	PJ015506022022	이상엽	신디	김수진	은현민, 양동수, RAMAN JEGADEESH, Damla Huccetogullari	이상엽	Production of natural colorants by metabolically engineered microorganisms	96.05	Trends in Chemistry 4(7):608-626
3	PJ015747042022	한재준	최인영		이영우, 류지수, 이정수	한재준	Characterization of ionically crosslinked alginate films: Effect of different anion-based metal cations on the improvement of water-resistant properties	95.85	FOOD HYDROCOLLOIDS 131(107785):1-9
4	PJ014758012022	옥용식	Wei Zhang		Ai-Jun Miao, Ning-Xin Wang, Chengjun Li, Jun Sha, Jianbo Jia, Daniel S. Alessi	옥용식, Bing Yan	Arsenic bioaccumulation and biotransformation in aquatic organisms	95.24	ENVIRONMENT INTERNATIONAL 163(107221):1-15
5	PJ015770032022	김수린	김인정		정덕열	김수린	Upstream processes of citrus fruit waste biorefinery for complete valorization	94.43	BIORESOURCE TECHNOLOGY .362(127776):1-11
6	PJ015747042022	한재준	최인영		장윤지, 백운희	한재준	Identification of the major active compounds in cinnamon bark with <i>Plodia interpunctella</i> repellent properties and insect- proof activity of poly(vinyl alcohol), xanthan gum, and trans- cinnamaldehyde-based strips and sachets	93.66	Food Packaging and Shelf Life 32(100813):1-9
7	PJ014978032022	제연호	박민구		최재영, 김종훈, 박동환, 왕명휘, 김현지, 김상희, 이호연	제연호	Isolation and molecular characterization of <i>Bacillus</i> <i>thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> toxic to <i>Spodoptera</i> spp. (Lepidoptera: Noctuidae)	93.58	PEST MANAGEMENT SCIENCE 78(7):2976-2984
8	PJ014926022022	김경진	박지영		홍지연, 석지혜, 홍화석, 서호균	김경진	Structural studies of a novel auxiliary-domain-containing phenylalanine hydroxylase from <i>Bacillus cereus</i> ATCC 14579	92.03	Acta Crystallographica Section D-Structural Biology 78(7):586-598
9	PJ014758012022	옥용식	Shujun Wang		Guimin Xia, Junlin Zheng, Yujia Wang, Taotao Chen, Daocai Chi, Nanthi S. Bolan, Scott X. Chang	Tieliang Wang, 옥용식	Mulched drip irrigation and biochar application reduce gaseous nitrogen emissions, but increase nitrogen uptake and peanut yield	91.21	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 830(154753):1-10
10	PJ014758012022	옥용식	쿠무두니	상미경	Avanthi Deshani Igalavithana, Ming Zhang, Patrik Oleszczuk, Deyi Hou	옥용식, 성좌경	Biochar alters chemical and microbial properties of microplastic-contaminated soil	89.88	ENVIRONMENTAL RESEARCH 209(112807):1-12
11	PJ014758012022	옥용식	Avanthi D. Igalavithana		원상주, Chammi p. Attanayake, Shujun Wang, Siming You, Daniel C.W. Tsang, Ange Nzihou	옥용식	Sustainable management of plastic wastes in COVID-19 pandemic: The biochar solution	89.88	ENVIRONMENTAL RESEARCH 212(113495):1-13
12	PJ016264022022	허호길	허호길	안재형, 김정준	양유리, Sunil, 고용석, 윤영건		Non-specific degradation of chloroacetanilide herbicides by glucose oxidase supported Bio- Fenton reaction	89.38	CHEMOSPHERE 292(0):0-0

논문 표준화된 영향력 지수(SCI)

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자 (내부)	공동저자(외부)	교신저자	성과물제목	표준화된 영향력 지수	계재학술지명 권(호):페이지(년도)
13	PJ014926012022	장유신	YAOZHU ANG		성현정	장유신	Environmental toxicity and decomposition of polyethylene	89.05	ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY 242(0):113933-113933
14	PJ014758012022	옥용식	원상주		파바니, Junyao Wang, Shujun Wang, Siming You, Alex C. K. Yip, Shuangjun Li, 정윤아, Daniel C. W. Tsang	옥용식, Shuai Deng	Sustainable Food Waste Management: Synthesizing Engineered Biochar for CO2 Capture	87.8	ACS Sustainable Chemistry & Engineering 0:0-0
15	PJ015770032022	김수린	김수린		Carrie A. Eckert	Roberto Mazzoli	Editorial: Microorganisms for Consolidated 2nd Generation Biorefining	80	Frontiers in Microbiology 13(940610):1-5
16	PJ015894022022	이석하	권창우		여수빈	장판식	Characterization and molecular docking study of cathepsin L inhibitory peptides (SnuCalCpls) from <i>Calotropis procera</i> R, Br	77.46	Scientific Reports 12(0):5825-5825
17	PJ015779012022	최경록	조희근		아디자자조슈아 줄리어, 김현욱, 김도경, 박부수, 이남일, 조병관, 오민규		Comparative genomic analysis of <i>Streptomyces rapamycinicus</i> NRRL 5491 and its mutant overproducing rapamycin	77.46	Scientific Reports 12(1):7300-7300
18	PJ015894022022	이석하	권창우		정보경, 유상호	장판식	Heterologous expression of a papain-like protease inhibitor (SnuCalCpl17) in the <i>E. coli</i> and its mode of inhibition	77.22	APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY 106(0):4563-4574
19	PJ014938012022	손정훈	김미진		김현진, 성봉현	배정훈, 손정훈	Production of autolysis-proof Kex2 protease from <i>Candida albicans</i>	77.22	APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY 0:0-0
20	PJ014938012022	손정훈	배정훈		김미진, 성봉현, 김현진, 윤성호, 김승일	손정훈	Secretome-based screening of fusion partners and their application in recombinant protein secretion in <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	77.22	APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY 106(1):663-673
21	PJ015779032022	김수진	김정선	고영준	RAMAN JEGADEESH, 최경록, 은현민, 양동수	김수진	Application of Lactic Acid Bacteria (LAB) in Sustainable Agriculture: Advantages and Limitations	75.22	INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES 23(14)7784:1-21
22	PJ015770032022	김수린	주예빈		김인정, 김수형, Ibukunoluwa Fola Olawuyi	김경민, 김수린	Deacetylation kinetics of promising energy crops, hemp and kenaf, for cellulosic ethanol production	74.09	Global Change Biology Bioenergy 0(0):1-12
23	PJ015779012022	최경록	최경록		유혜은	이상엽	Production of zinc protoporphyrin IX by metabolically engineered <i>Escherichia coli</i>	72.78	BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING 119(0):3319-3325
24	PJ015779012022	최경록	최경록		유혜은, 이호성	이상엽	Improved production of heme using metabolically engineered <i>Escherichia coli</i>	72.78	BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING 119(11):3178-3193
25	PJ015779012022	최경록	조민경		김현욱, 이병태, 오민규		Systems metabolic engineering of <i>Streptomyces venezuelae</i> for the enhanced production of pikromycin	72.78	BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING 119(0):2250-2260
26	PJ015747022022	김민식	김형순	지삼녀	김민식, 허성기	유상렬	Development of a Bacteriophage Cocktail against <i>Pectobacterium carotovorum</i> Subsp. <i>carotovorum</i> and Its Effects on <i>Pectobacterium</i> Virulence	72.74	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY 88(19):e00761-22

논문 표준화된 영향력 지수(SCI)

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자 (내부)	공동저자(외부)	교신저자	성과물제목	표준화된 영향력 지수	게재학술지명 권(호):페이지(년도)
27	PJ014888012022	장판식	최윤석			장판식	Kinetic modeling of lipase-catalysed hydrolysis of triacylglycerol in a reverse micelle system for the determination of integral stereoselectivity	72.05	Catalysis Science & Technology 12(0):2819-2828
28	PJ016613012022	윤철휘	주영준	한승현, 장판식, 박병철, 김한울, 계윤철, 김기락, 조재호, 주혁, 이경민		윤철휘	Change of Dendritic Cell Subsets Involved in Protection Against <i>Listeria monocytogenes</i> Infection in Short-Term-Fasted Mice	64.91	Immune Network 22:e16-e16
29	PJ014926022022	김경진	손현철	안재우, 홍지연, 석지혜, 진경식		김경진	Crystal structure of multi-functional enzyme FadB from <i>Cupriavidus necator</i> : Non-formation of FadAB complex	63.46	ARCHIVES OF BIOCHEMISTRY AND BIOPHYSICS 730(0):109391-0
30	PJ014888012022	장판식	이준오	최윤석, 양은혜, 유현중, 권창우, 김남현		장판식	Divergent substrate specificities and regioselectivities of three lipase isoforms from <i>Cordyceps militaris</i> : Combinatorial advantages for entomopathogenicity and prospects as biocatalysts	52.23	ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY 161(110117):1-9
31	PJ014974032022	김대위	김대위	안재형		차창준	Biodegradation of plastics: mining of plastic-degrading microorganisms and enzymes using metagenomics approaches	47.41	JOURNAL OF MICROBIOLOGY 60(10):969-976
32	PJ014974022022	허호길	김용학	최윤희			Regulatory role of cysteines in (2R, 3R)-butanediol dehydrogenase BdhA of <i>Bacillus velezensis</i> strain GH1-13	47.41	JOURNAL OF MICROBIOLOGY 60(4):411-418
33	PJ014758012022	옥용식	쿠무두니	상미경	Liang Shi, Binoy Sarkar, Sanjai J. Parikh, 이상룡	옥용식	Effect of LDPE microplastics on chemical properties and microbial communities in soil	47.22	SOIL USE AND MANAGEMENT 38(0):1481-1492
34	PJ014978022022	상미경	김지원	주호종		상미경	Bioactive extract of <i>Pseudomonas</i> sp. BC42 suppresses the infection stages of <i>Colletotrichum orbiculare</i>	43.16	JOURNAL OF PLANT PATHOLOGY 0(0):0-0
35	PJ014938012022	손정훈	줄 힐미	배정훈, 성봉현, 김미진, 하지리		손정훈	Characterization of Acyl-CoA Oxidases from the Lipolytic Yeast <i>Candida aaseri</i> SH14	23.24	JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY 32(1):949-954

논문 표준화된 영향력 지수(비SCI)

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자 (내부)	공동저자 (외부)	교신저자	성과물제목	표준화된 영향력 지수	게재학술지명 권(호):페이지(년도)
1	PJ016264022022	허호길	허호길		고용석, 양유리, Sunil, 김승현		Draft Genome Sequence of <i>Desemzia</i> sp. Strain C1, Producing Hydrogen Peroxide, Isolated from Oil-Contaminated Soil	21.76	Microbiology Resource Announcements 11(6):1-2
2	PJ015770032022	김수린	Nithnilan ch Phachans eesoulath		김령은, 박종범, 김세진, 정덕열, 김수형, 신자민	김인정, 김수린	The use of commercial wine yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i> EC1118 for cassava ethanol production at high solids loading	70.51	Korean Journal of Food Preservation 29(4):653-661
3	PJ014972022022	김조은	정용대	김기현, 김두완, 김조은, 민예진, 서강민, 조은석, 성하승, 진현주, 최요한		남기택	Effects of fermented milk supplements on the growth performance and gut condition in piglets during the pre- and post-weaning periods	95.02	한국산학기술학회 논문지 23(4):493-504

산업재산권 출원

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자 (내부)	공동저자 (외부)	성과물제목	소유기관	출원/등록번호
1	PJ016264022022	허호길	허호길		고용석, 양유리, Sunil	데셈지아(Desemzia) 속 미생물을 이용한 과산화수소 제조방법	광주과학기술원	10-2022-0062765
2	PJ015779012022	최경록	이상엽		최경록, 유혜은	Food having improved Flavor, Nutrition and Color and Method for Preparing thereof	한국과학기술원	PCK/KR 2022/006611
3	PJ015779012022	최경록	이상엽		최경록, 유혜은	풍미, 영양 및 색감이 개선된 식품 및 이의 제조 방법	한국과학기술원	10-2022-0056963
4	PJ015770042022	서승오	서승오		이예림, 정진영	요산 분해능을 가지는 재조합 균주 및 이의 용도	가톨릭대학교	10-2022-0139969
5	PJ015770032022	김수린	김수린		장주은, 김수형	갈조류의 동시당화 및 발효공정을 통한 바이오에탄올 생산 방법	경북대학교	10-2022-0060758
6	PJ015770022022	김선기	김선기		전기범	높은 단백질 함량을 갖는 사카로마이세스 세레비지에 변이 균주 및 이의 용도	중앙대학교	10-2022-0054454
7	PJ015770022022	김선기	김선기		이지현, 한강희	에틸카바메이트 분해능이 향상된 사카로마이세스 세레비지에 균주 및 이의 용도	중앙대학교	10-2022-0081404
8	PJ015747022022	김민식	김민식			신속한 부착능으로 펙토박테리움 카로토보룸을 빠르게 감염하는 박테리오파지 PCT27 및 이의 용도	연세대학교	10-2022-0060869
9	PJ015299012022	안시현	원항연	이창목, 안재형, 김다연, 안시현	박효정, 연제형, 정준휘	폴리카프로락톤 분해능을 갖는 신규 미생물 및 이의 용도	농촌진흥청	10-2022-0074210
10	PJ014978012022	김진철	김진철		박애란, 광한나, LUO FENG	스트렙토마이세스 리디쿠스 JCK-6019 균주의 배양액 또는 균주 배양액의 추출물을 포함하는 식물병 방제용 조성물, 이의 제조 방법 및 식물병 방제 방법	전남대학교	10-2022-0128885
11	PJ014938012022	손정훈	손정훈		배정훈, 성봉현, 박세린, 박현주	단백질융합기술을 이용하여 효모에서 소 인슐린을 대량 생산하는 방법	한국생명공학연구원	10-2022-0076432
12	PJ014888012022	장판식	장판식		김희수, 유현종, 양은혜	METHOD OF PREPARING PH-SENSITIVE CONTROLLED-RELEASE EMULSION HYDROGEL	서울대학교	17/858562
13	PJ014888012022	장판식	장판식		이준오	시스 지방산 선택성을 가진 sn-2 위치선택적 라이페이스 및 그 생산방법	서울대학교	10-2022-0129953
14	PJ014888012022	장판식	장판식		최윤석, 홍지우	취장 라이페이스 저해 기능을 가지는 글리시테인	서울대학교	10-2022-0135167
15	PJ014888012022	장판식	장판식		최윤석, 홍지우	취장 라이페이스 저해 기능을 가지는 스킨민	서울대학교	10-2022-0135169
16	PJ014888012022	장판식	장판식		최윤석, 홍지우	취장 라이페이스 저해 기능을 가지는 디오스메틴	서울대학교	10-2022-0135168

산업재산권 등록

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자 (내부)	공동저자 (외부)	성과물제목	소유기관	출원/등록번호
1	PJ014926012022	장유신	염수진		윤승도	플라스틱 분해 활성을 갖는 신규 미생물 및 이의 용도	경상대학교	10-2383003-0000
2	PJ014897022022	한귀환	한귀환			바실러스균, 유산균, 효모의 혼합 배양을 위한 배지 및 그를 활용한 약취 제거용 미생물 제제 제조방법 및 이에 의해 제조되는 미생물 제제	재단법인 농축산업 미생물산업육성 지원센터	10-2387622-0000

기술이전(유상)

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	연구성과 지표	주저자	공동저자 (내부)	공동저자 (외부)	성과물제목
1	PJ014888022022	박경민	기술이전 (유상, 기술료)	박경민			농생물자원 유래 lipase(지방분해효소) 활성 스크리닝을 위한 분석 기술

기능성 물질 소재 개발

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자(내부)	공동저자(외부)	성과물제목
1	PJ014978032022	제연호	박민구		김상희, 박동환, 최재영, 왕명휘, 이호연, 제연호	미생물 유래 살충 활성을 지니는 물질
2	PJ014978012022	김진철	김진철		박애란, 곽한나	스트렙토마이세스 리디쿠스(<i>Streptomyces lydicus</i>) JCK-6019 균주가 생산하는 나타마이신(natamycin)
3	PJ014978012022	김진철	김진철		박애란, 곽한나	스트렙토마이세스 리디쿠스(<i>Streptomyces lydicus</i>) JCK-6019 균주가 생산하는 2-메틸-2-보르넨(2-methyl-2-bornen)
4	PJ014800012022	김평일	김평일			카보퓨란을 분해하고 다양한 식물성장 물질을 분비하는 <i>Chryseobacterium</i> BSC2-3
5	PJ014800012022	김평일	김평일			카보퓨란 우수 미생물 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> DY2-1
6	PJ014758022022	상미경	상미경		김상태, 김유리	식물호르몬을 생성하는 로셀로모리아 마리스크라비 TSP3균주의 식물병억제 효과

시제품 제작

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자(내부)	공동저자(외부)	성과물제목
1	PJ014978012022	김진철	김진철		박애란, LUO FENG	<i>Streptomyces lydicus</i> JCK-6019 종차처리제
2	PJ014978012022	김진철	김진철		박애란, 곽한나, LUO FENG	<i>Streptomyces lydicus</i> JCK-6019 분말수화제 (Wettable powder)
3	PJ014800012022	김평일	김평일		박해성, 서선일, 임지환	카보퓨란 분해 미생물 GHC2-2 시제품
4	PJ014800012022	김평일	김평일		박해성, 서선일, 임지환	농약분해용 미생물제제 시제품 제작
5	PJ014758022022	상미경	상미경		정호원, 김동련	미생물제(입제, 시제품) 보고

사업화 실적

연번	연차 주관/ 공동연구번호	책임자	주저자	공동저자 (내부)	공동저자 (외부)	성과물제목
1	PJ014938012022	손정훈	손정훈		고현준, 박현주, 배정훈	효소기반 세라마이드 사업화

2023년 연간 일정표

월	01 일	02 월	03 화	04 수	05 목	06 금	07 토	08 일	09 월	10 화	11 수	12 목	13 금	14 토	15 일	16 월	17 화	18 수	19 목	20 금	21 토	22 일	23 월	24 화	25 수	26 목	27 금	28 토	29 일	30 월	31 화
01월	①계속과제 및 운영지원과제 협약 추진 ②2022년 연차보고서 최종 제출 안내 ③2022년 연구개발비 연차사용내역보고 안내 ④종료과제 결과평가 예정 2023년 국가연구개발사업 중간평가 준비																				설 연휴			▲ 자체평가보고서 제출							
02월	2023년 국가연구개발사업 중간평가 준비																											▲ 2022년 성과보고서, 협약서 제출			
03월	삼일절															연구책임자 워크숍 개최 예정															
																1차 연구비 지급 예정															
04월	뉴스레터 발간 준비																								2차 연구비 지급 예정						
05월	어린이날					▲ 뉴스레터 발송 예정 vol.5																				석가탄신일					
06월	현충일					3차 연구비 지급 예정																									
07월	한국식품과학회 공동개최															연구과제 현장점검															
	중간진도보고서 제출 안내																														
08월	연구과제 현장점검															▲ 광복절															
	중간진도보고서 제출 안내															중간진도관리 결과 보고 제출															
09월	뉴스레터 발간 준비																											추석 연휴			
10월	개천절					한글날																				뉴스레터 발간 준비					
11월	2023년 연차보고서 제출 안내																														
	▲ 뉴스레터 발송예정 vol.6																								2023년 연말진도점검 예정						
12월	전원위원회 개최 예정															▲ 사업관리위원회 개최 예정															
																성탄절															
															▲ 운영비 회계 마감																

공지사항 및 알림

- 1) 참여 연구원 소식을 상시 알려주십시오. came@snu.ac.kr 로 알려주시면 소식지에 게재해 드리고 있습니다.
- 2) 농업미생물사업단 홈페이지 <http://came.snu.ac.kr> 를 활용해 주세요. 사업단 공지사항을 제일 먼저 사업단 홈페이지를 통하여 알려드리고 있습니다.