http://bmbk.pusan.ac.kr
ISSN: 2799-9017

# BK21 FOUR
# NEWS LETTER

BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀

Vol. 11

2026.10




부산대학교 바이오소재과학과 BioMat

DEPARTMENT OF BIOMATERIAL SCIENCE

통권 제11호
2026년 10월

# CONTENTS


## INTRODUCING OUR TEAM

03 졸업생 소개 식품의약품안전처 보건연구사 김소영

## FOCUS

04 우수 연구성과 세포외소포체 매개 나노플라스틱의 뇌 전달 및 혈액 – 뇌 장벽 손상 기전 규명

05 우수 연구성과 2026 한국고분자학회 춘계총회 및학술대회 구두발표 장려상 수상

06 해외공동연구실 환자 검체 기반 분자생물학 연구 및알레르기·천식 임상현장 경험

활동보고서 환자 유래물 기반 분자생물학적 분석을 통한 임상 현장과의 가교

## EDUCATION

08 대학원생 참여 프로그램

09 국제화 프로그램

10 교육 프로그램

11 학부생 참여 프로그램

## RESEARCH

12 대표 연구성과

16 연구실적

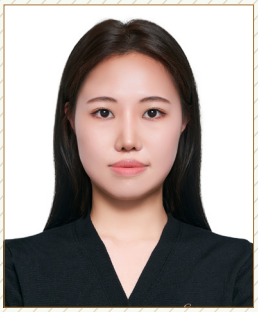
17 EVENT & WORKSHOP

20 FUTURE SCHEDULE


| 통 권 | 제 11호
| 발행일 | 2026년 10월
| 발행인 | 황대연
| 편집인 | 박소해, 배아름
| 발행처 | 부산대학교 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀

INTRODUCING OUR TEAM 졸업생 소개

# 식품의약품안전처 보건연구사



졸업생 김소영

■ 학　　위 : 박사
■ 졸업년도 : 2022년
■ 재직기관 : 식품의약품안전처




## 1. 현재 재직중인 기관의 이름과 담당 업무

안녕하세요, 저는 현재 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 바이오생약심사부 바이오시밀러심사과에서 보건연구사로 재직중에 있습니다. 오리지널 바이오의약품의 특허 만료가 이어지고, 세계적인 의료비 절감 등을 위해 바이오시밀러 시장은 폭발적인 성장세를 이어가고 있고, 글로벌 시장 규모는 연평균 15-18% 이상의 성장률을 기록하고 있습니다. 또한 글로벌 의약품 매출 순위 최상위권을 차지하고 있는 등 국가 차원에서 의료 접근성을 높이기 위한 필수 대안으로 자리 잡았습니다.

바이오시밀러과는 품질 및 안전성·유효성 심사, 임상시험계획서 심사, 허가 및 심사 관련 지침서 등 다양한 업무를 수행하고 있으며, 저는 그중에서도 안전성·유효성 심사와 임상시험계획서 심사를 담당하고 있습니다. 제약·바이오 기업이 개발한 바이오시밀러가 환자에게 안전하게 사용될 수 있는지, 제출된 비임상 및 임상 시험 자료가 과학적 타당성과 규제 기준에 부합하는지 검토하고 평가하는 것이 주된 임무입니다.

## 2. 바이오소재과학과에서 공부한 내용과 현재 업무의 연관성

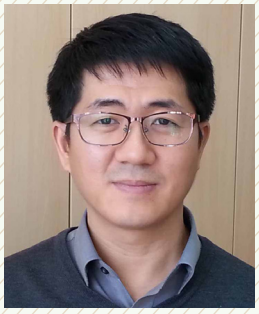
대학 시절 바이오소재과학과에서 다루었던 독성학, 면역학, 생화학 등 생명과학 전반의 기초 지식과 대학원에서의 in vitro 및 in vivo 연구 경험은 현재 심사 업무를 수행하는 데 있어 탄탄한 뼈대가 되고 있습니다. 특히 다양한 단백질과 세포의 특성, 그리고 약물의 체내 약동 및 약력학에 대한 전공지식은, 제약회사가 제출하는 방대한 양의 비임상 및 임상 데이터의 과학적 의미를 정확하고 깊이 있게 분석할 수 있게 합니다. 학위 과정에서는 신약개발과정 중 주로 후보물질 발굴 및 그 작용기전을 파악하는 기초연구에 관해 연구하였다면, 현재 심사 업무는 이러한 초기단계의 누적된 데이터를 포함하여 시야를 넓혀서, 국가 규제과학의 관점에서 약물을 바라보는 거시적인 안목으로 확장되었습니다. 초기 단계의 탐색적 연구부터 누적된 비임상 및 임상시험에서의 약물 안전성과 유효성에 대해 과학적인 근거에 기반하여 검증하는 것이 현재 저의 핵심 업무입니다. 특히 독성학적 안전성 평가와 면역학적 기전 분석, 그리고 다양한 질병에 대한 근본적인 이해를 바탕으로 병태 생리를 파악해 온 연구 경험은, 항체 치료제나 바이오시밀러를 비롯한 최첨단 바이오의약품의 복잡한 작용기전과 잠재적 위험성을 통찰력 있게 심사하는 데 결정적인 밑거름이 되고 있습니다.

## 3. 바이오소재과학과에 재학 중인 후배들에게 전하고 싶은 이야기

대학 생활을 하다 보면 때로는 전공 공부의 범위가 너무 넓거나 모호하게 느껴져 내가 어디로 가야 할지 길을 잃은 것 같은 기분이 들 때가 있을 것입니다. 하지만 바이오소재와 생명 현상을 다각도로 파악하는 그 모든 과정은 여러분이 생각하는 것보다 훨씬 더 넓고 가치 있는 무대로 연결되어 있습니다. 바이오 산업의 성장은 곧 국민 건강과 직결되기 때문에, 연구실의 시험관을 넘어서 국가 규제 과학, 인허가, 정책 등 다채로운 분야로 시선을 넓혀본다면 여러분의 가능성은 무궁무진할 것입니다. 일희일비하기보다는 호기심을 잃지 않고 기초를 단단히 다져나가길 바라며, 미래의 바이오 주역으로 활약할 후배 여러분의 앞날을 진심으로 응원합니다. 궁금하신 점이나 도움이 필요하신 부분이 있다면 언제든지 편하게 연락해 주세요.

FOCUS 우수 연구성과

# 세포외소포체 매개 나노플라스틱의 뇌 전달 및 혈액 – 뇌 장벽 손상 기전 규명



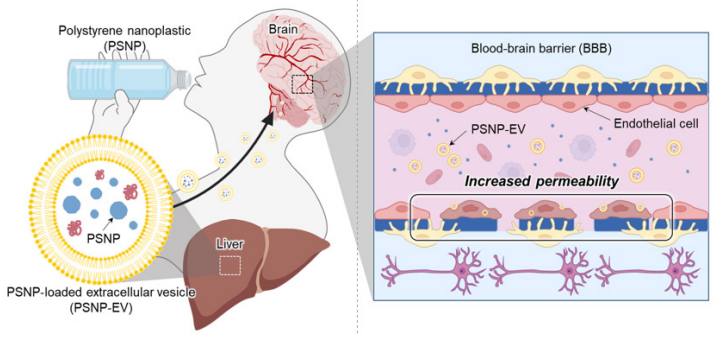
참여교수 **안범수**

플라스틱은 환경 중에서 물리적·화학적 분해를 거쳐 미세플라스틱과 나노플라스틱으로 전환될 수 있으며, 특히 나노플라스틱은 작은 입자 크기로 인해 세포 및 조직으로 유입되어 다양한 장기에 축적될 가능성이 제기되고 있다. 최근 나노플라스틱의 심혈관계, 간, 신장, 생식기관 및 신경계 독성에 대한 연구가 증가하고 있으나, 체내에 유입된 나노플라스틱이 어떠한 생물학적 전달 경로를 통해 장기로 이동하고 혈액-뇌 장벽(blood-brain barrier, BBB)에 영향을 미치는지에 대해서는 아직 명확히 규명되지 않았다. 본 연구에서는 세포 간 물질 전달에 관여하는 세포외 소포체(extracellular vesicle, EV)이 나노플라스틱의 생체 내 운반체로 작용할 가능성에 주목하여, 폴리스틸렌 나노플라스틱(polystyrene nanoplastic, PSNP)이 간세포 유래 EV를 통해 운반되고 BBB 기능 및 뇌 축적에 영향을 미칠 수 있는지를 규명하고자 하였다.

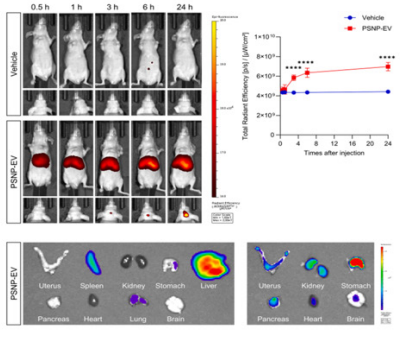
본 연구에서는 간세포인 HepG2 세포에 형광 표지 PSNP를 처리한 후 세포 내 PSNP의 유입 및 시간에 따른 변화를 분석하고, 세포 배양액으로부터 EV를 분리하여 PSNP와 EV의 연관성을 확인하였다. 그 결과, HepG2 세포가 흡수한 PSNP와 관련된 형광 신호가 분리된 EV 분획에서 관찰되어 나노플라스틱이 세포 유래 EV를 통해 운반될 가능성을 확인하였다. 또한 PSNP 담지 EV(PSNP-EV)는 자유 PSNP와 비교하여 HUVEC 세포 내에서 더 오래 잔류하는 양상을 나타냈다. HUVEC 기반 BBB 모델에서는 PSNP-EV 처리에 의해 자유 PSNP보다 뚜렷한 TEER 감소와 4 및 40 kDa FITC-dextran 투과성 증가가 관찰되었으며, tight junction 단백질인 occludin과 ZO-1의 발현 감소가 확인되었다. 이러한 결과는 EV를 통한 PSNP 전달이 나노플라스틱의 세포 내 잔류를 증가시키는 동시에 tight junction을 손상시켜 paracellular permeability를 증가시키고 내피 장벽 기능을 저하시킬 수 있음을 의미한다. 또한 동물실험에서 PSNP-EV 뇌에 축적되는 것이 관찰되었으며, 자유 PSNP보다 뇌에서 상대적으로 장기간 잔류하는 경향을 나타냈다.

종합하면, 본 연구는 나노플라스틱이 체내에서 자유 입자 형태로만 이동하는 것이 아니라 세포 유래 EV와 연관된 형태로 운반될 수 있으며, 이러한 EV를 통한 PSNP의 전달이 나노플라스틱의 세포 내 잔류와 뇌 축적을 증가시키고 혈관내피 장벽의 tight junction 손상 및 macromolecular permeability 증가를 유도할 가능성을 제시한다. 특히 환경오염물질이 생체 고유의 세포 간 전달 시스템인 EV를 이용하여 장기 특이적으로 이동하고 독성을 유발할 수 있다는 새로운 관점을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

**나노플라스틱 담지 세포외소포체의 혈액-뇌 장벽 전달 모식도**




**나노플라스틱의 뇌 축적 분석**

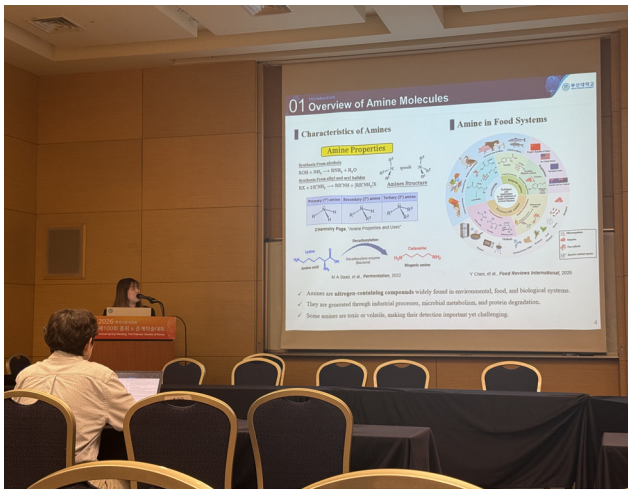


FOCUS 우수 연구성과

# 2026 한국고분자학회 춘계총회 및 학술대회 구두발표 장려상 수상



석사과정 **명화인**




본 교육연구팀의 명화인 학생(석사과정, 지도교수 서성백)은 다양한 아민류를 신속하게 검출할 수 있는 현장 진단용 비드 센서 연구의 우수성을 인정받아, 2026년 4월 8일부터 10일까지 대전컨벤션센터에서 개최된 '2026 한국고분자학회 춘계총회 및 학술대회'에서 구두발표 장려상을 수상하였다. 한국고분자학회는 고분자과학 및 관련 기술의 발전과 학술교류를 위한 국내 대표 학술단체로, 정기 학술대회를 통해 고분자 소재 및 응용 분야의 다양한 연구성과를 공유하고 있다. 명화인 학생은 환경 및 생체 시스템에서 발생하는 유해 아민을 간편하게 검출하기 위한 고분자 기반 색변이 센서 플랫폼을 연구하고 있다. 특히 수질 환경에서 검출이 필요한 하이드록실아민(hydroxylamine, HA)과 고령화 및 가령취와 관련된 휘발성 아민인 트리메틸아민(trimethylamine, TMA)을 주요 대상으로 하여, 환경 모니터링과 고령사회 헬스케어 분야로의 적용 가능성을 연구하고 있다. 이번 학술대회에서는 '생체 및 환경 유래 아민의 신속한 비색 검출을 위한 폴리디아세틸렌 비드 센서'를 주제로 대학원생 구두발표를 진행하였다.

본 연구에서는 기존 아민 분석법이 정밀한 분석이 가능한 반면, 고가의 분석장비와 시료 전처리 과정이 요구되어 현장에서 신속하게 활용하기 어렵다는 점에 착안하였다. 이에 외부 자극에 따라 청색에서 적색으로 색상이 변화하는 폴리디아세틸렌(polydiacetylene, PDA)의 특성을 활용하여, 별도의 대형 분석장비 없이 색변화를 통해 아민을 확인할 수 있는 비드형 센서를 개발하였다. 벤즈알데히드 기능기가 도입된 PDA를 알지네이트 하이드로겔 내부에 담지하여 취급이 간편하고 현장 적용이 가능한 센서 형태로 구현하였다. 개발된 비드 센서는 HA와 TMA에 대해 뚜렷한 색변이 반응을 나타냈으며, 실제 수계 시료와 동물 모델에서도 적용 가능성을 확인하였다. 이를 통해 환경 유해물질 모니터링과 고령사회 헬스케어 분야에 활용할 수 있는 현장형 센서로서의 가능성을 제시하였다.

이번 구두발표 장려상 수상은 고분자 기반 센서 소재를 환경 및 고령사회 헬스케어 분야에 적용한 연구의 우수성을 인정받은 결과이다. 위 학생은 석사과정 동안 한국고분자학회에서 구두발표 1회와 포스터발표 1회를 수행하며 꾸준히 연구성과를 발표해 왔으며, 현재까지 SCI급 국제학술지 논문 3편에 공동연구자로 참여하는 등 활발한 연구활동을 이어가고 있다.

FOCUS 해외공동연구실 활동보고서

# 환자 검체 기반 분자생물학 연구 및 알레르기·천식 임상현장 경험



석사과정 **김서라**

BK21 해외 공동연구 프로그램의 일환으로 현재 진행 중인 천식 및 면역학 관련 공동연구를 위해 26년 7월 12일부터 27일까지 약 2주간 베트남 호치민에 위치한 University of Medicine and Pharmacy at Ho Chi Minh City (UMP)의 Center for Molecular Biomedicine (CMB)를 방문하였다. UMP는 베트남의 대표적인 보건의료 교육·연구기관 중 하나이며, CMB는 분자생물학과 유전학을 기반으로 다양한 질환의 분자적 특성을 연구하는 전문 연구센터이다.

## 환자 검체를 활용한 분자생물학 연구 경험

Sanger sequencing을 이용한 유전자 분석 과정에 참여하였다. Dengue virus 감염 환자의 혈액 검체를 기반으로 특정 유전자 영역을 PCR로 증폭한 뒤, sequencing 결과를 reference sequence와 비교하여 염기서열의 차이와 변이를 확인하는 과정을 익혔다. 분석 과정에서는 여러 프로그램을 활용하여 sequencing 데이터를 정렬하고, 염기서열의 변화를 직접 확인하였다. 이를 통해 단순히 PCR을 통해 특정 유전자의 존재 여부를 확인하는 것을 넘어, 염기서열 수준에서 변이를 분석하고 실제 감염성 질환의 특성을 파악하는 과정을 이해할 수 있었다. 또한 Dengue virus가 DENV-1부터 DENV-4까지 네 가지 type으로 구분되며, 이러한 유전적 정보가 감염병의 분류와 연구에 활용될 수 있다는 점도 새롭게 학습하였다.

fluorescence in situ hybridization (FISH)을 이용하여 실제 신장 종양조직에서 MET 유전자 관련 염색체 이상을 분석하는 과정을 경험하였다. MET locus와 chromosome 7 centromere(CEP7)에 결합하는 형광 probe의 signal을 현미경으로 관찰하고, 두 signal의 수와 비율을 비교하여 MET amplification 또는 chromosome 7 copy number 증가 여부를 평가하였다. 이를 통해 조직 내 유전적 이상을 세포 수준에서 직접 확인하고, FISH가 종양의 분자적 특성을 평가하는 데 활용되는 과정을 이해할 수 있었다.

연수 기간 동안 실제 환자 검체를 활용한 분자생물학적 분석 과정을 경험하였으며, CMB의 공동 연구공간과 장비 활용을 통해 국내와 다른 연구환경과 협업 방식을 접할 수 있었다.

## 알레르기·천식 진료 현장 방문

호치민 대학병원의 알레르기·면역 과와 천식 클리닉을 방문하여 실제 환자의 진료와 호흡기능 검사가 이루어지는 현장을 경험하였다. 피부 알레르기 검사도 직접 체험하며 임상에서 알레르기 반응을 평가하는 과정을 확인할 수 있었다. 평소 연구실에서 다루던 천식과 면역반응이 실제 임상에서는 어떻게 진단되고 평가되는지 직접 볼 수 있었던 의미 있는 경험이었다.

## 연수의 의의와 향후 연구 방향

이번 해외연수를 통해 기초연구 결과를 실제 환자의 질환 특성과 연결하여 바라보는 시각의 중요성을 느낄 수 있었다. 환자 검체를 이용한 분자생물학적 연구와 실제 천식·알레르기 진료 현장을 함께 경험하면서, 현재 수행 중인 천식 및 면역학 연구 역시 향후 임상 데이터와 연계하여 해석할 필요성을 체감하였다. 이번 경험을 바탕으로 기초연구와 임상을 연결하는 중개연구의 관점에서 연구의 범위를 넓혀가고자 한다.



FOCUS 해외공동연구실 활동보고서

# 환자 유래물 기반 분자생물학적 분석을 통한 임상 현장과의 가교



석사과정 **박소희**

2026년 7월 12일부터 7월 27일까지 14박 16일간 베트남 호치민에 위치한 호치민 의과대학(UMP) 내 Center for Molecular Biomedicine (CMB)에서 BK21 해외 단기연수를 진행하였다. 해당 센터는 인근의 대형병원에서 환자의 샘플을 받아 실험을 진행하며, 국가 정책상 각 연구실이 개별적으로 장비를 소유하고 관리하는 것이 아니라 공용으로 장비를 이용하는 시스템으로 운영되고 있다. 환자의 샘플을 직접 받아 연구를 진행한다는 점이 실생활과 밀접하게 맞닿아 있다고 느껴져 흥미로웠다. 또한, 국가 차원에서 이러한 공유 시스템을 장려한다는 점은 자교를 비롯하여 국내 연구시스템과 상당히 대조적으로 느껴졌다. 물론, 각각의 장단점이 존재할 것이다. 부산대학교 또한 공동실험실습관을 운영하며 고가의 장비를 공유하고 있으나 장비 전반을 공유하는 시스템은 생소하게 다가왔다. 예산의 효율적인 집행이나 중복 투자 방지 목적에서 상당한 이점을 가지고 있는 것 같다는 생각이 들었다.

본 해외연수를 통해 알레르기 관련 다양한 분석 방법을 직접 보고 배울 수 있었으며, 실제 샘플을 제공받는 인근 대형병원을 방문해 외래 의료 시스템을 알아볼 수 있었다. 2주 간의 경험 중 특히 인상 깊었던 부분을 몇 가지 뽑아 공유하고자 한다.

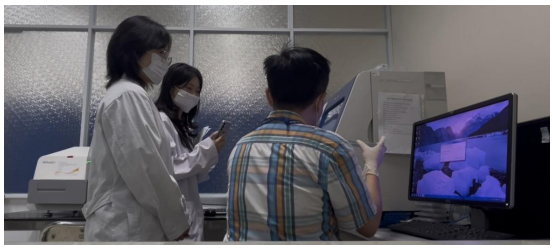
### FISH (Fluorescence In Situ Hybridization) assay

세포 안에서 비정상적인 chromosome 7을 검출하기 위해 사용되는 방법으로, MET gene은 빨간색, CEP7는 초록색으로 표지해 세포 하나당 빨간 점과 초록 점의 개수 비율을 세는 방식이다. 정상적인 세포라면 CEP7 대비 MET gene이 동일한 개수만큼 존재해야 하지만 그렇지 않은 경우 과발현되어 있기 때문에 이를 통해 MET 유전자가 비정상적으로 증폭된 상태인지 분석하였다. 평소 하는 연구에서 접하기 어려운 분야라서 아주 흥미로운 동시에 생소하게 느껴졌다. 그러나 실험을 지도해주신 박사님께서 진행하기 앞서 이론적인 설명을 상세히 알려주셨고 덕분에 쉽게 이해할 수 있었다. 파라핀 처리된 슬라이드를 전처리하는 것부터 시작하여 이틀간 긴 실험을 진행하게 되었다. 실제로 해보니 손이 많이 가고 섬세함이 요구되는 순간이 많았다. 분석을 하는데 있어서도 세포당 판정하기가 까다로운 부분이 있어 앞선 절차 하나하나가 결과에 상당한 영향을 미친다는 것을 새삼 체감할 수 있는 시간이었다.

### 클리닉 방문 및 Skin prick test

예정된 실험들을 진행한 후 담당 박사님께서 근무하시는 클리닉에 방문하여 천식 환자들이 Pulmonary function test를 받는 과정을 참관할 수 있었다. 의료기관 방문에 앞서 후반부에 더 궁금하거나 배우고 싶은 것에 대해 요청드릴 기회가 있었다. 그렇게 진행된 것 중 하나가 Skin prick test로, 실제로 우리 몸에 여러 항원 단백질을 직접 접촉시켜 어떤 물질에 알레르기 반응이 나타나는지 확인하는 테스트를 진행하였다. 이 테스트는 항원을 피부에 떨어뜨린 뒤 약 15분이 지난 시점에 피부 발진의 크기를 확인하고 해당 인자에 대한 알레르기 반응 유무를 판단한다. 인자는 대략 10가지로 실시하였으며, 이는 각 나라마다 환경에 맞추어 다르게 구성될 것이라는 설명을 들었다. 한국에서 알레르기 테스트를 받아본 경험은 아직 없지만 환절기가 뚜렷한 국내 환경을 고려하면 꽃가루 관련 인자가 포함될 것이라고 생각된다. 반면 호치민의 경우 사시사철 온난한 기후를 갖고 있어 그런 계절적인 요인은 반영되어 있지 않다는 점이 흥미롭게 여겨졌다.

석사 과정 동안 주된 연구를 수행하면서 생물학적 연구에 대해 심도 있게 접근할 기회에 적어 바탕 지식이 상대적으로 부족하였다고 느끼고 있었다. 그러나 많은 질문에도 현지 센터의 박사님들께서 친절하게 설명해주시고 되짚어 주셔서 이해하는 데 큰 도움이 되었다. 지금 진행 중인 연구와 밀접하게 연계되는 주제는 아니었으나, 생물 실험에 대해 항상 일정 부분의 갈증이 잔존했는데 이번 기회를 통해 상당 부분 해소할 수 있었고 학부생 때부터 쌓아온 전공지식을 다시 끄집어내 복습할 수 있었던 것 같아 유익했다. 뿐만 아니라, 학교 외부의 연구자들과 교류하고 그들의 방식을 체험해볼 수 있었다는 점이 본 BK21 해외 연수의 가장 큰 이점이라고 사료된다.



# EDUCATION 대학원생 참여 프로그램

## 2026학년도 1학기 BK21 연구조교(RA)

4단계 BK21 교육연구단(팀) 참여교수 연구 프로젝트 참여 및 관련 업무를 지원하여 다양한 연구 분야 체험과 연구 경험의 질 향상을 위한 장학금 제도로 운영되었다.

- 기 간 : 2026년 04월 – 2026년 08월
- 장학금 : 박사과정 (800천원/월), 석사과정 (600천원/월)

① 참여자 : 정명경 (석사과정)
- 주 제 : 다중 효소 기반 실리카 나노입자를 이용한 그린 암모니아 생사

② 참여자 : 김현빈 (석사과정)
- 주 제 : 나노플라스틱에 의한 피부 세포 염증 반응 및 세포 사멸 기전 분석

## 2026학년도 1학기 BK21 교육조교(TA)

4단계 BK21 대학원혁신사업 및 대학원 교육과정 관련 지원 사업 운영의 효율성 도모 필요성을 지니고 운영 되었다.

- 기 간 : 2026년 04월 – 2026년 08월
- 장학금 : 박사과정 (20,000원/시간)
  석사과정 (15,000원/시간)

① 참여자 : 강현구 (박사수료)
- 주 제 : BK21 교육연구단(팀) 교육과정 개발 지원 및 프로그램 운영 교육조교

## 2026학년 1학기 석·박사 학습튜터링 프로그램

2026년 1학기 석·박사 학습튜터링 및 학습컨설팅 프로그램은 대학원 선후배, 동료간 그룹 활동을 통한 학업 적응력 강화 및 대학원생 중도탈락 방지를 위해 지원하는 프로그램이다.

- 기 간 : 2026년 05월 – 2026년 08월
- 장학금 : 1,000천원(튜터)

① 팀 명 : 질환 극복
- 참여자 : 튜터 – 강현구 (박사수료)
  튜티 – 이나경, 김한솔 (석사과정)

② 팀 명 : 장인정신팀
- 참여자 : 튜터 – 송희진 (박사과정)
  튜티 – 류예은, 한정우 (석사과정)

③ 팀 명 : 백세시대
- 참여자 : 튜터 – 김여진 (박사과정)
  튜티 – 명화인, 김세인, 이지수 (석사과정)

④ 팀 명 : 세얼간이
- 참여자 : 튜터 – 유동현 (석사과정)
  튜티 – 김현빈, 송부광 (석사과정)

⑤ 팀 명 : 우린석사지lung
- 참여자 : 튜터 – 김태준 (석사과정)
  튜티 – 김서라, 정세윤 (석사과정)

## 2026년 Innovation Course (PNU 융합 프로젝트)

2026 Innovation Course 프로그램은 PNU-융합창신 프로젝트 참여를 통해 다양한 전공과의 융합연구 활성화 및 사회문제 해결을 위한 창의적·융합적 프로젝트를 수행하도록 학제간 팀을 구성하여 타 전공 간의 연계 지원 확대 목표로 운영되었다.

- 기 간 : 2026년 05월 – 2027년 01월
- 장학금 : 5,000천원

① 참여자 : 김현빈 (석사과정)
  김태준, 김연서, 박지현 (석사과정)
- 주 제 : 김치 유래 엑소좀의 간 기능 개선 효능 연구

② 참여자 : 송희진 (박사과정), 김예령, 이재호 (석사과정)
- 주 제 : 광산화 스트레스 기반 황반변성에서 보체 C3의 이중적 기능에 대한 기전 연구

③ 참여자 : 설아윤 (박사과정), 류예은 (석사과정)
- 주 제 : 노화 관련 체취 분석을 위한 컬러리메트릭 센서 기반 검출 기술 및 기능성 소취 소재 융합 연구

# EDUCATION 대학원생 참여 프로그램

## 제8회 PNU Hi-Brain 창업동아리

제8회 PNU Hi-Brain 창업동아리 지원프로그램은 대학원생들의 기업가정신 고취 및 기술 기반의 사업화 기회를 제공하기 위하여 진행하였고 맞춤형 사업계획서 보완 및 내용 고도화 멘토링 창업사업계획 고도화 및 창업역량강화 교육 등 지원하는 프로그램이다.

- 기　　간 : 2026년 05월 – 2026년 12월
- 지원내용 : 아이템 사업화자금 최대 1,500만원 지원

① 팀　명 : 스트레스 GABA
- 참여자 : 김태준, 김서라, 정세윤 (석사과정)
- 주　제 : 유산균 유래 세포외소포 추출 및 정제를 통한 건강기능 식품 제작

## PNU 도전! 스타트업 창업동아리

PNU 도전! 스타트업 창업동아리 지원프로그램은 밀양캠퍼스 학생들의 창업 역량을 증대시킬 수 있는 각종 지원 프로그램을 운영하여 밀양캠퍼스 활성화 도모 및 밀양캠퍼스 대학(원)생의 창업 능력 제고를 위한 지원하는 프로그램이다.

- 기　　간 : 2026년 06월 – 2026년 11월
- 지원내용 : 팀별 200만원 상당 활동비 지원

① 팀　명 : BioScout (바이오스카우트)
- 참여자 : 임수정, 송희진, 설아윤 (박사과정) 류예은, 김예령 (석사과정)
- 주　제 : AI 기반 천연물 기능성 소재 발굴 플랫폼

## 비교과프로그램

- 2026학년도 1학기 대학원생 핵심역량 진단
  - 핵심역량 변화에 대한 이해와 맞춤형 프로그램을 운영하고자 대학원생의 핵심역량 진단을 실시.

① 참여자 : 참여 대학원생 전원 참여

# EDUCATION 국제화 프로그램

## 초청강연

| 일시 | 해외 학자 | 강연 제목 | 소속 학교 | 소속 국가 |
|---|---|---|---|---|
| 2026.04.29. | 류창선 | Beyond Metabolism Disruption: NAMs-Driven Approaches for Next-Generation Toxicology | KIST Europe Forschungsgesellschaft mbH | 독일 |
| 2026.05.21 | 김범준 | Enhanced Transdermal Pathways Using Microneedles for Skin Care Applications | 도쿄대학교 | 일본 |

## 국제공동연구

| 연번 | 해외연수 참여자 | | 연수기관 |
|---|---|---|---|
| | 이름 | 학위과정 | |
| 1 | 김서라 | 석사과정 | University of Medicine and Pharmacy at Ho Chi Minh City<br>2026년 07월 12일 – 2026년 07월 27일 |
| 2 | 박소희 | 석사과정 | |

# EDUCATION 교육 프로그램

## 박사학위 자격 평가 시스템

박사과정의 질적 고도화를 위하여 평가 커미티를 구성하여 (인원 3명: 바이오 1명, 소재 1명, 외부 1명) 일관된 대학원생의 지도체계를 갖추어 입학부터 졸업단계까지 년 1회 실시하여 체계적으로 학생을 관리하는 박사학위 자격 평가 시스템을 도입하였다. 2026학년도 1학기(2026. 8. 20(목), 24(월), 31(월)) 박사과정 자격 평가 시스템을 시행하여 6명의 박사과정 대학원생 (강현구, 설아윤, 송희진, 장상수, 김여진, 임수정)이 연구계획서를 제출하고, 박사학위논문 계획(진행)발표를 진행하여 연구질적개선 및 진행상황을 점검하여 향후 박사학위를 위한 체계적인 시스템을 구축하고자 하였다.

| 성명 | 과정 | 논문주제 |
|---|---|---|
| 강현구 | 박사수료 | 전립선암에서 엑소좀 내 테스토스테론의 기능<br>(커미티 : 안범수, 최영우, Woobin Yun (University of Toronto, Mississauga)) |
| 설아윤 | 박사과정 | Study on the preventive efficacy and mechanisms of BMDA against Leber hereditary optic neuropathy (LHON) and diabetic retinopathy<br>(커미티 : 황대연, 최영우, Woobin Yun (University of Toronto, Mississauga)) |
| 송희진 | 박사과정 | Identification of a Novel Role of Complement Component 3 in Enteric Synaptic Pruning and Intestinal Epithelial Complosome Regulation through the Neuro-Immune-Epithelial Axis<br>(커미티 : 황대연, 안범수, Woobin Yun (University of Toronto, Mississauga)) |
| 장상수 | 박사과정 | Visible Light-Active Hyaluronic Acid Hydrogel for Tissue Regeneration and Local Drug Delivery<br>(커미티 : 양승윤, 서성백, 양기석 (인천대학교, 생명공학부)) |
| 김여진 | 박사과정 | Inflammation-Triggered Detachable Gel-TA Coating on Titanium for Responsive Drug Delivery in Peri-Implantitis Therapy<br>(커미티 : 서성백, 양승윤, 권기범 (Department of Mechanical Engineering, University of Kansas)) |
| 임수정 | 박사과정 | Mechanistic Investigation of Protein Corona Formation and Regulation on Microplastics<br>(커미티 : 황대연, 최영우, 곽문화 (National Institutes of Health)) |

## 하계 인턴 프로그램

바이오소재 전공 학업과 연계한 실무 능력 배양 및 실버질환 맞춤형 바이오소재 분야의 전문가 양성에 이바지하고자 기업 연계 하계 인턴 프로그램을 도입하여 운영하였다. 김정묵 석사과정 대학원생이 선정되어 2026학년도 하계 방학기간 동안 ㈜에스엔비아에 인턴으로 참여하였다.

| 성명 | 과정 | 기관명(기간) |
|---|---|---|
| 김정묵 | 석사과정 | ㈜에스엔비아 (2026.08.03. ~ 2026.08.14.) |

# EDUCATION 학부생 참여 프로그램

## LAB인턴 프로그램

학부생을 대상으로 방학동안 실시하는 체험 프로그램이다. 학생들은 관심 있는 실험실을 선택할 수 있으며 연구 체험을 통하여 향후 진로 선택과 진학을 희망하는 학생들에게 동기를 부여하고 전공 교육의 역량을 강화하는 바이오소재과학과만의 특화된 프로그램이다.

| 연구실명 | 학부생 연구프로그램 | |
|---|---|---|
| 전임상의약 실험실 | 26년 하계방학<br>(26년 6월 29일 ~ 7월 24일) : 10명<br>(26년 7월 27일 ~ 8월 20일) : 5명 | 황세준, 장유정, 강래현, 최보경 |
| 생체소재 및 대사질환 실험실 | | 진현경, 김응수 |
| 고분자약물전달 실험실 | | 구민송, 김다은 |
| 고분자콜로이드 실험실 | | 이준혁, 강경빈, 이준승 |
| 나노인공세포공학 실험실 | | 이승재 |
| 바이오의약소재 실험실 | | 최예슬, 수이윈 |

## 학부생 졸업논문

졸업논문 제도를 통하여 학부생의 연구 참여 기회를 제공하고 우수한 예비 대학원생의 대학원 진학을 유도하고자 하였다.

| 연구실명 | 지도교수 | 졸업논문(참여자) |
|---|---|---|
| 전임상의약 실험실 | 황대연 | 26년 8월(2명) |
| 생체소재 및 대사질환 실험실 | 안범수 | 26년 8월(2명) |
| 고분자약물전달 실험실 | 양승윤 | 26년 8월(1명) |
| 고분자콜로이드 실험실 | 서성백 | 26년 8월(2명) |
| 나노인공세포공학 실험실 | 조성민 | - |
| 바이오의약소재 실험실 | 최영우 | 26년 8월(1명) |

RESEARCH 대표 연구성과

## 천연물 유래 α-Iso-Cubebene의 황반변성 유사 망막손상 보호효과 규명

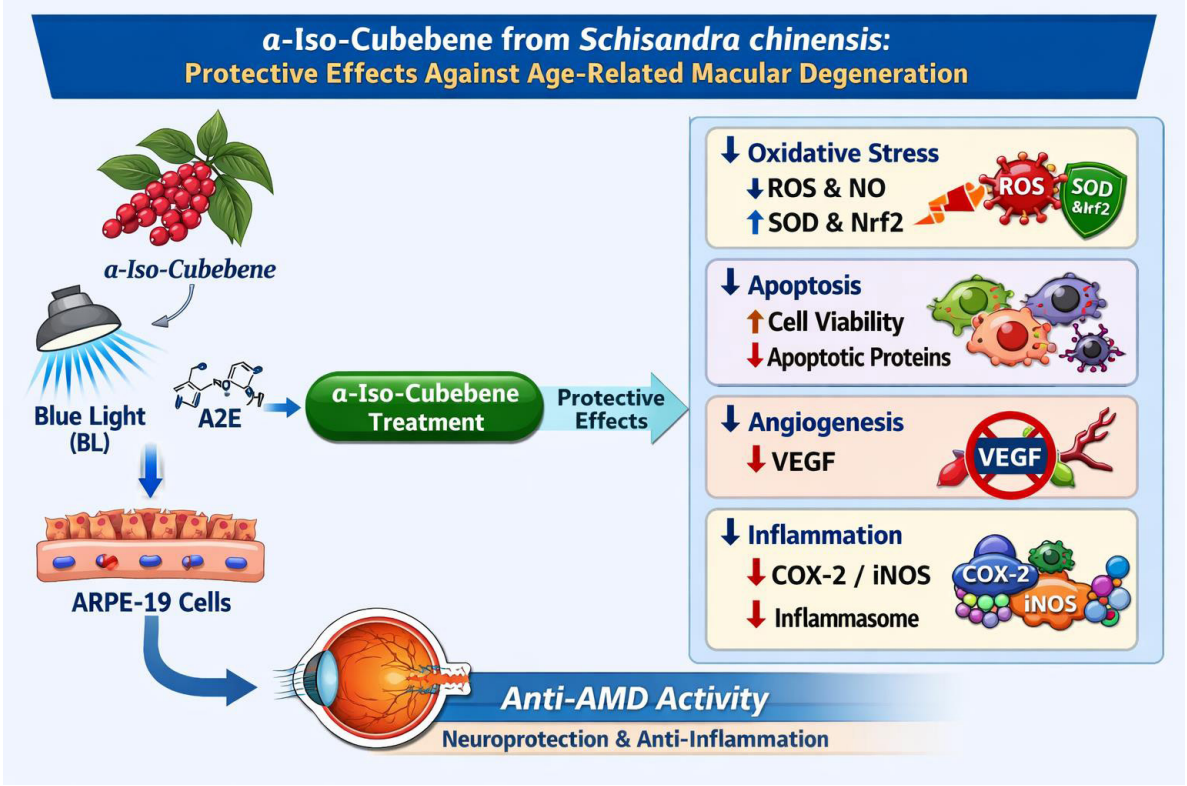
박사과정 설아윤(지도교수 황대연)

연령관련 황반변성(Age-related Macular Degeneration, AMD)은 고령층의 시력 저하와 실명을 유발하는 대표적인 퇴행성 망막질환으로, 산화스트레스와 만성 염증이 질환의 발생과 진행에 중요한 역할을 한다. 부산대학교 바이오소재과학과 BK21 FOUR 연구팀은 오미자(Schisandra chinensis)에서 분리한 천연물 유래 단일물질 α-Iso-Cubebene에 주목하여 AMD 유사 망막손상에 대한 보호효과와 작용기전을 규명하였다.

연구팀은 A2E와 청색광(Blue light)을 처리한 인간 망막색소상피세포(ARPE-19)를 이용하여 α-Iso-Cubebene의 효능을 분석하였다. 그 결과, α-Iso-Cubebene은 ROS와 NO 생성을 감소시키고 SOD 활성 및 Nrf2 발현을 증가시켜 항산화 방어체계를 회복시켰다. 또한 세포 생존율을 증가시키고 apoptosis 관련 신호를 억제했으며, COX-2/iNOS 및 NLRP3 inflammasome을 포함한 염증반응과 VEGF·MMP 등 혈관신생 관련 신호도 조절하는 것으로 나타났다.

이러한 효과는 청색광에 노출된 BALB/c 마우스에서도 확인되었다. α-Iso-Cubebene 투여는 청색광에 의해 감소한 전체 망막과 외핵층(ONL), 내핵층(INL)의 두께를 유의하게 회복시키고, 망막조직의 TNF-α, IL-1β 및 IL-6 발현을 감소시켰다. 이를 통해 세포 수준에서 관찰된 항산화·항염증 및 망막 보호효과가 동물모델에서도 재현됨을 확인하였다.

이번 연구는 천연물 유래 단일물질 α-Iso-Cubebene이 산화스트레스-세포사멸-염증반응을 복합적으로 조절하여 망막손상을 완화할 가능성을 세포 및 동물모델에서 제시했다는 데 의의가 있다. 향후 AMD를 비롯한 퇴행성 망막질환의 예방·관리를 위한 새로운 천연물 유래 후보물질 개발에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구성과는 2026년 6월 국제학술지 Current Issues in Molecular Biology에 게재되었다.



EDUCATION 대표 연구성과

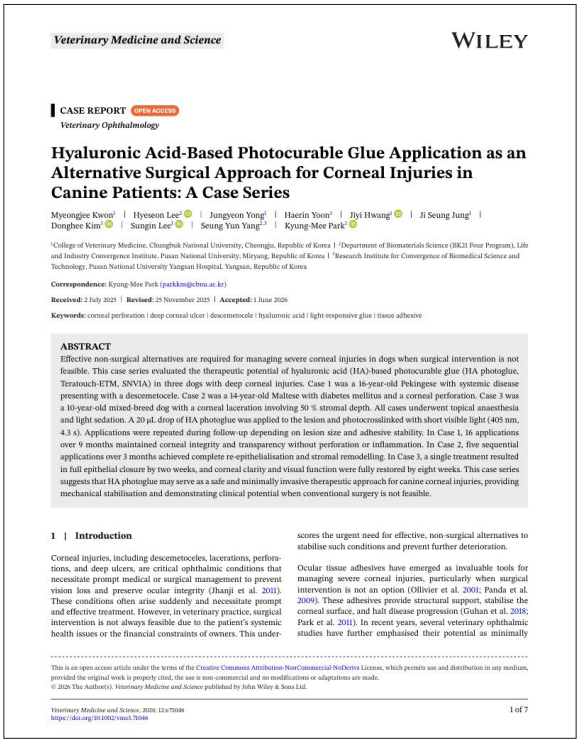
## 중증 각막 손상 치료용 광경화성 조직접착제의 수의학적 전임상 유효성 검증

이혜선 박사(지도교수 양승윤)

의료기술의 발전과 생활환경의 개선으로 사람뿐 아니라 반려동물의 기대수명도 증가하면서, 고령 개체에서 발생하는 다양한 만성·퇴행성 질환에 대한 관심이 높아지고 있다. 안과 질환은 시력과 삶의 질에 직접적인 영향을 미치는 주요 질환 중 하나로, 인체와 마찬가지로 반려동물에서도 연령증가에 따른 안질환 발병률 증가와 안구 조직에서의 기능적·구조적 변화가 나타난다. 또한 반려동물은 안구 구조의 차이로 인해 외상이나 안구건조 등으로 각막을 포함한 안구 표면 손상이 발생하기 쉬우며, 노령견에서는 회복 능력의 저하와 다양한 기저질환이 함께 나타날 수 있어 신속하고 적절한 치료가 중요하다. 각막은 눈의 가장 바깥쪽을 덮는 투명한 조직으로, 손상이 깊어져 각막 천공, 데스메막류(descemetocele), 심부 각막궤양 및 열상 등으로 진행될 경우 통증과 시력 저하뿐 아니라 안구 구조 자체의 손실로 이어질 수 있다. 현재 각막이식 및 결막피판술 등의 외과적 치료가 시행되고 있으나, 고령이나 심혈관·대사성 질환 등으로 전신마취가 어려운 환자에서는 적용이 제한될 수 있다. 또한 기존 cyanoacrylate 계열 조직접착제는 신속한 봉합이 가능하지만 경직성, 불투명성 및 염증 반응 등의 한계가 보고되고 있어, 생체적합성과 투명성을 갖춘 최소침습적 대체 치료 기술의 개발이 요구된다.

이에 연구진은 히알루론산(hyaluronic acid, HA) 기반 광경화 조직접착제(HA photoglue)를 중증 각막 손상을 가진 반려견 환자에 적용하여 치료재로서의 안전성 및 적용 가능성을 평가하였다. HA photoglue는 손상 부위에 도포한 후 405 nm 가시광선을 약 4.3초간 조사함으로써 투명한 하이드로겔 보호막을 형성하며, 짧은 광조사만으로 습윤한 각막 표면에 신속히 부착되어 손상 부위를 물리적으로 보강할 수 있다. 형성된 접착층은 높은 투명성을 유지하여 치료 후 각막의 회복 상태를 지속적으로 관찰할 수 있다는 장점을 가진다.

해당 연구성과는 학술적 및 임상적 의의를 인정받아 기초 및 임상 수의학 분야의 국제학술지 Veterinary Medicine and Science에 2026년 게재되었다.



*Veterinary Medicine and Science* WILEY

CASE REPORT OPEN ACCESS
*Veterinary Ophthalmology*

**Hyaluronic Acid-Based Photocurable Glue Application as an Alternative Surgical Approach for Corneal Injuries in Canine Patients: A Case Series**

Myeongjee Kwon[1] | Hyeseon Lee[1] | Jungyeon Yong[1] | Haerin Yoon[1] | Jiyi Hwang[1] | Ji Seung Jung[1] | Donghee Kim[1] | Sungin Lee[1] | Seung Yun Yang[2,3] | Kyung-Mee Park[1]

[1]College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Republic of Korea | [2]Department of Biomaterials Science (BK21 Four Program), Life and Industry Convergence Institute, Pusan National University, Miryang, Republic of Korea | [3]Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Republic of Korea

**Correspondence:** Kyung-Mee Park (parkkm@chnu.ac.kr)

**Received:** 2 July 2025 | **Revised:** 25 November 2025 | **Accepted:** 1 June 2026

**Keywords:** corneal perforation | deep corneal ulcer | descemetocele | hyaluronic acid | light-responsive glue | tissue adhesive

**ABSTRACT**

Effective non-surgical alternatives are required for managing severe corneal injuries in dogs when surgical intervention is not feasible. This case series evaluated the therapeutic potential of hyaluronic acid (HA)-based photocurable glue (HA photoglue, Teratouch-ETM, SNVIA) in three dogs with deep corneal injuries. Case 1 was a 16-year-old Pekingese with systemic disease presenting with a descemetocele. Case 2 was a 14-year-old Maltese with diabetes mellitus and a corneal perforation. Case 3 was a 10-year-old mixed-breed dog with a corneal laceration involving 50 % stromal depth. All cases underwent topical anaesthesia and light sedation. A 20 μL drop of HA photoglue was applied to the lesion and photocrosslinked with short visible light (405 nm, 4.3 s). Applications were repeated during follow-up depending on lesion size and adhesive stability. In Case 1, 16 applications over 9 months maintained corneal integrity and transparency without perforation or inflammation. In Case 2, five sequential applications over 3 months achieved complete re-epithelialisation and stromal remodelling. In Case 3, a single treatment resulted in full epithelial closure by two weeks, and corneal clarity and visual function were fully restored by eight weeks. This case series suggests that HA photoglue may serve as a safe and minimally invasive therapeutic approach for canine corneal injuries, providing mechanical stabilisation and demonstrating clinical potential when conventional surgery is not feasible.

**1 | Introduction**

Corneal injuries, including descemetoceles, lacerations, perforations, and deep ulcers, are critical ophthalmic conditions that necessitate prompt medical or surgical management to prevent vision loss and preserve ocular integrity (Jhanji et al. 2011). These conditions often arise suddenly and necessitate prompt and effective treatment. However, in veterinary practice, surgical intervention is not always feasible due to the patient's systemic health issues or the financial constraints of owners. This underscores the urgent need for effective, non-surgical alternatives to stabilise such conditions and prevent further deterioration.

Ocular tissue adhesives have emerged as invaluable tools for managing severe corneal injuries, particularly when surgical intervention is not an option (Ollivier et al. 2001; Panda et al. 2009). These adhesives provide structural support, stabilise the corneal surface, and halt disease progression (Gulhan et al. 2018; Park et al. 2011). In recent years, several veterinary ophthalmic studies have further emphasised their potential as minimally

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License, which permits use and distribution in any medium, provided the original work is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.
© 2026 The Author(s). *Veterinary Medicine and Science* published by John Wiley & Sons Ltd.

*Veterinary Medicine and Science*, 2026; 12:e70046
https://doi.org/10.1002/vms3.70046

RESEARCH 대표 연구성과

## 상처 치유를 향상하기 위한 탄닌산 함유 다공성 실리카 나노입자 조직 접착제 개발

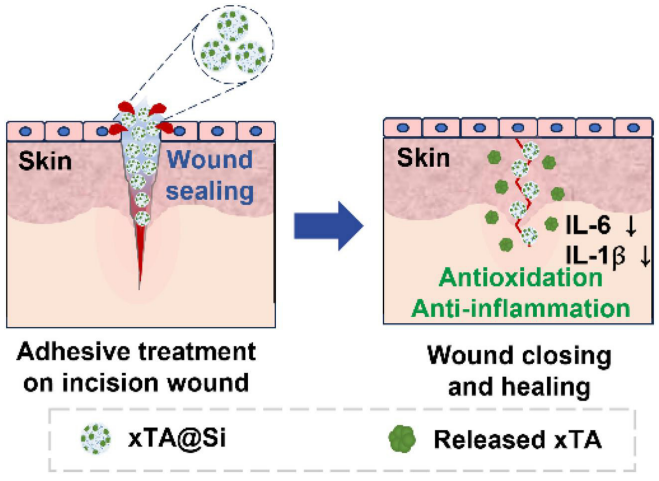
박사과정 김여진(지도교수 서성백)

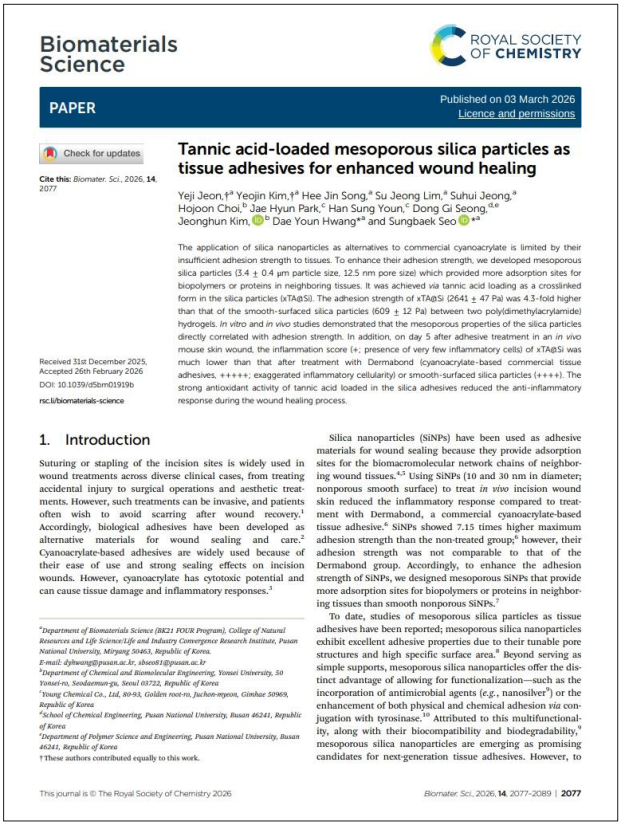
본 연구에서는 상처 부위를 효과적으로 봉합하고 치유를 촉진할 수 있는 새로운 형태의 다기능 조직 접착제를 개발하였다. 시아노아크릴레이트 기반의 사용 제품 등 기존의 외과용 조직 접착제는 수분이 많은 인체 환경에서 접착력이 부족하거나, 적용 부위에서 염증 반응을 유발하여 치유가 지연되는 등의 한계가 보고되고 있다. 따라서 복잡한 화학 반응이나 자외선 조사 없이도 다양한 조직에 즉각적으로 부착되며, 상처 재생까지 도울 수 있는 새로운 접근 전략이 요구되고 있다.

이를 극복하기 위해 연구진은 넓은 표면적과 다공성 구조를 가진 다공성 실리카 나노입자(Mesoporous Silica Prticles)에 강력한 항산화능을 지닌 천연 폴리페놀인 탄닌산(Tannic acid)을 탑재하여 새로운 조직 접착제(xTA@Si)를 개발하였다. 이 조직 접착제는 주변 조직의 생체 고분자 및 단백질과 흡착할 수 있는 더 많은 결합 자리를 제공함으로써 물리적인 접착력을 크게 향상시키는 플랫폼으로 활용되었다.

생체 내 피부 상처 모델 평가 결과, 탄닌산이 탑재된 실리카 입자는 상용화 된 기존 피부 접착제에 상처 부위의 염증성 사이토카인 수치를 효과적으로 억제하는 것으로 확인되었다. 특히 상처 봉합 후 5일 차에 혈관 신생 및 결합 조직 형성과 관련된 성장인자의 발현을 현저히 증가시켰으며, 이를 통해 강력한 조직 접착력 뿐만 아니라 항염증 및 상처 치유 효과가 동시에 작용하는 효율적인 상처 봉합 전략이 가능함을 확인하였다.

이러한 결과는 생체 친화적인 폴리페놀 기반의 다공성 실리카 소재가 뛰어난 접착력과 항상화 기능을 동시에 수행하여 향후 봉합사를 대체하고 상처 재생을 돕는 차세대 바이오 조직 접착제 개발에 중요한 기반을 제공할 것으로 기대된다. 연구결과는 2026년 3월, 생체재료 분야 국제 학술지인 Biomaterials Science (2026, 14권 8호)에 게재되었다.



Biomaterials Science

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY

PAPER

Published on 03 March 2026
Licence and permissions

Check for updates

Cite this: *Biomater. Sci.*, 2026, **14**, 2077

**Tannic acid-loaded mesoporous silica particles as tissue adhesives for enhanced wound healing**

Yeji Jeon,†[a] Yeojin Kim,†[a] Hee Jin Song,[a] Su Jeong Lim,[a] Suhui Jeong,[a] Hojoon Choi,[b] Jae Hyun Park,[c] Han Sung Youn,[c] Dong Gi Seong,[d,e] Jeonghun Kim,[b] Dae Youn Hwang*[a] and Sungbaek Seo*[a]

The application of silica nanoparticles as alternatives to commercial cyanoacrylate is limited by their insufficient adhesion strength to tissues. To enhance their adhesion strength, we developed mesoporous silica particles (3.4 ± 0.4 μm particle size, 12.5 nm pore size) which provided more adsorption sites for biopolymers or proteins in neighboring tissues. It was achieved *via* tannic acid loading as a crosslinked form in the silica particles (xTA@Si). The adhesion strength of xTA@Si (2641 ± 47 Pa) was 4.3-fold higher than that of the smooth-surfaced silica particles (609 ± 12 Pa) between two poly(dimethylacrylamide) hydrogels. *In vitro* and *in vivo* studies demonstrated that the mesoporous properties of the silica particles directly correlated with adhesion strength. In addition, on day 5 after adhesive treatment in an *in vivo* mouse skin wound, the inflammation score (+: presence of very few inflammatory cells) of xTA@Si was much lower than that after treatment with Dermabond (cyanoacrylate-based commercial tissue adhesives, ++++: exaggerated inflammatory cellularity) or smooth-surfaced silica particles (++++). The strong antioxidant activity of tannic acid loaded in the silica adhesives reduced the anti-inflammatory response during the wound healing process.

Received 31st December 2025,
Accepted 26th February 2026
DOI: 10.1039/d5bm01919b
rsc.li/biomaterials-science

### 1. Introduction

Suturing or stapling of the incision sites is widely used in wound treatments across diverse clinical cases, from treating accidental injury to surgical operations and aesthetic treatments. However, such treatments can be invasive, and patients often wish to avoid scarring after wound recovery.[1] Accordingly, biological adhesives have been developed as alternative materials for wound sealing and care.[2] Cyanoacrylate-based adhesives are widely used because of their ease of use and strong sealing effects on incision wounds. However, cyanoacrylate has cytotoxic potential and can cause tissue damage and inflammatory responses.[3]

Silica nanoparticles (SiNPs) have been used as adhesive materials for wound sealing because they provide adsorption sites for the biomacromolecular network chains of neighboring wound tissues.[4,5] Using SiNPs (10 and 30 nm in diameter; nonporous smooth surface) to treat *in vivo* incision wound skin reduced the inflammatory response compared to treatment with Dermabond, a commercial cyanoacrylate-based tissue adhesive.[6] SiNPs showed 7.15 times higher maximum adhesion strength than the non-treated group;[6] however, their adhesion strength was not comparable to that of the Dermabond group. Accordingly, to enhance the adhesion strength of SiNPs, we designed mesoporous SiNPs that provide more adsorption sites for biopolymers or proteins in neighboring tissues than smooth nonporous SiNPs.[7]

To date, studies of mesoporous silica particles as tissue adhesives have been reported; mesoporous silica nanoparticles exhibit excellent adhesive properties due to their tunable pore structures and high specific surface area.[8] Beyond serving as simple supports, mesoporous silica nanoparticles offer the distinct advantage of allowing for functionalization—such as the incorporation of antimicrobial agents (*e.g.*, nanosilver[9]) or the enhancement of both physical and chemical adhesion *via* conjugation with tyrosinase.[10] Attributed to this multifunctionality, along with their biocompatibility and biodegradability,[8] mesoporous silica nanoparticles are emerging as promising candidates for next-generation tissue adhesives. However, to

[a]Department of Biomaterials Science (BK21 FOUR Program), College of Natural Resources and Life Science/Life and Industry Convergence Research Institute, Pusan National University, Miryang 50463, Republic of Korea. E-mail: dyhwang@pusan.ac.kr, sbseo81@pusan.ac.kr
[b]Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea
[c]Young Chemical Co., Ltd, 80-93, Golden root-ro, Juchon-myeon, Gimhae 50969, Republic of Korea
[d]School of Chemical Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea
[e]Department of Polymer Science and Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea
†These authors contributed equally to this work.

This journal is © The Royal Society of Chemistry 2026

RESEARCH 대표 연구성과

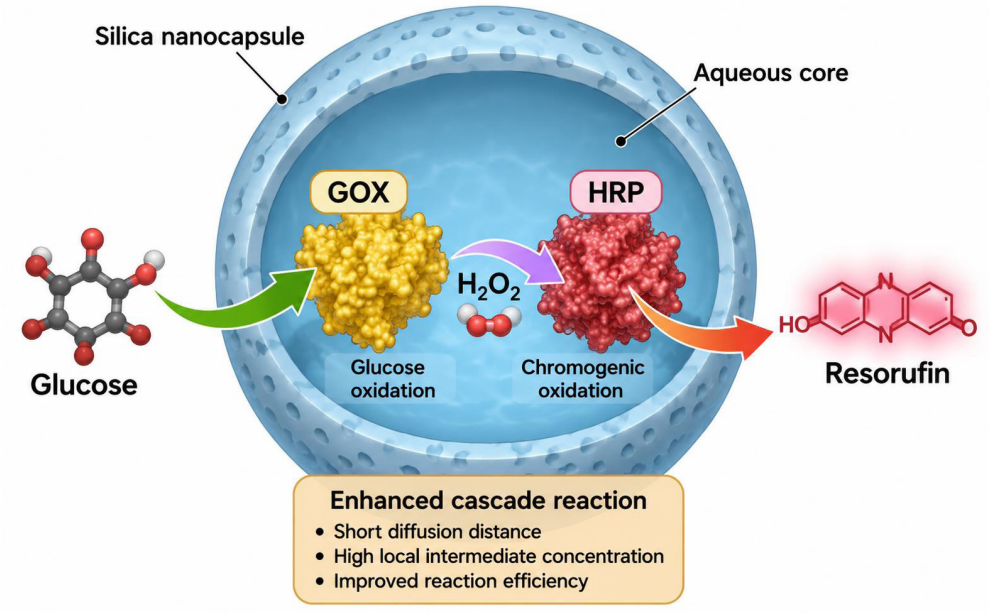
## 다중 효소의 효율적인 연쇄반응을 위한 실리카 나노공간

이지수 석사과정(지도교수 조성민)

효소 연쇄반응은 한 효소의 생성물이 다음 효소의 기질로 이용되는 연속적인 반응으로, 세포 대사의 기본적인 작동원리이다. 생명체는 이러한 효소들을 세포소기관이나 효소 복합체와 같은 제한된 공간에 조직화함으로써 높은 대사효율을 달성한다. 따라서 인공 다중효소 시스템에서도 효소의 공간적 confinement는 연쇄반응 효율을 결정하는 중요한 요소이다. 연속적으로 작용하는 효소를 동일한 나노공간에 배치하면 효소 간 거리가 감소하고 반응 중간체의 국소농도가 증가하여, 중간체가 벌크 용액으로 확산되기 전에 다음 효소로 전달되는 substrate channeling 및 proximity effect를 유도할 수 있다.

본 연구에서는 aqueous core를 갖는 silica nanocapsule을 효소 친화적으로 합성하는 방법을 개발하고, glucose oxidase (GOX)와 horseradish peroxidase (HRP)를 동일한 나노공간에 coencapsulation하여 confinement에 의한 연쇄반응 현상을 관찰하였다. GOX와 HRP가 동일한 SiNC에 confinement된 경우 공간적으로 분리된 효소 시스템보다 빠른 cascade kinetics를 나타냈다. 이는 GOX에서 생성된 $H_2O_2$의 확산거리가 감소하고 국소농도가 증가하면서 인접한 HRP로 보다 효율적으로 전달되었기 때문으로 해석된다.

본 연구는 효소 연쇄반응의 성능이 개별 효소의 활성뿐만 아니라 효소가 어떻게 공간적으로 조직화되어 있는가에 의해 크게 달라질 수 있음을 보여준다. 본 연구에서 개발한 silica nanocapsule은 단순한 효소 담지체를 넘어 nanoscale confinement가 효소 kinetics와 다중효소 반응에 미치는 영향을 연구할 수 있는 모델 플랫폼이며, 향후 고효율 효소 연쇄반응 시스템을 설계하기 위한 중요한 기반이 될 수 있다.



# RESEARCH 연구실적

## 참여교수 연구성과 / 논문 (2026. 3. 1 – 2026. 8. 31)

| 연번 | 논문명 | 게재학술지명 |
|---|---|---|
| 1 | α-Iso-Cubebene Alleviates AMD-like Retinal Injury Through Modulation of Oxidative Stress and Inflammatory Response<br>Ye Ryeon Kim, Ayun Seol, Su Jin Lee, Ji Eun Kim, Hee Jin Song, Su Jeong Lim, Su Ha Wang, Ye Eun Ryu, Young Whan Choi, Sun Il Choi, Dae Youn Hwang | Current issues in molecular biology, 48(7):669 |
| 2 | Nano/Micro-Engineered Hydrogel Carriers for Sustainable Agriculture: Bridging Structural Form to Field Performance<br>Yeonseo Kim, Seyoung Heo, Minhyeok Noh, Hojin Wang, Yu-Jin Kim, Eun Sang Jung, Dae Youn Hwang, Woochan Kim, Jangho Kim, Sunho Park | Advanced Sustainable Systems, 10(3):E01659 |
| 3 | Adaptive laboratory evolution enables microbial access to untreated, virgin high-density polyethylene under environmentally relevant conditions<br>Gyulim Park, Yedam Kim, Young Seok Lee, Youngsuk Kim, O-Mi Lee, Kwang Min Lee, Sungbaek Seo, Dae Youn Hwang, Hong Joo Son | Journal of Hazardous Materials, 507:141800 |
| 4 | GenX exposure induces neurodevelopmental impairment and synaptic toxicity in hESC-derived cerebral organoids<br>Sung-Ae Hyun, Young-Ju Lee, Moon Yi Ko, Euijun Min, Heejin Park, Younhee Kim, Dae Youn Hwang, Byoung-Seok Lee, Minhan Ka | Materials Today Bio, 39:103458 |
| 5 | Polystyrene nanoplastic-encapsulated extracellular vesicles promote blood-brain barrier breakdown and accumulate in the brain<br>Min Jae Kim, Hyun Seung Shin, Yun Hee So, Dong Hun Lee, Jae-Eon Lee, Hyeon-Gu Kang, DongJoo Joung, Eui-Man Jung, Beum-Soo An | Journal of Hazardous Materials, 511:142152 |
| 6 | Hyaluronic Acid-Based Photocurable Glue Application as an Alternative Surgical Approach for Corneal Injuries in Canine Patients: A Case Series<br>Myeongjee Kwon, Hyeseon Lee, Jungyeon Yong, Haerin Yoon, Jiyi Hwang, Ji Seung Jung, Donghee Kim, Sungin Lee, Seung Yun Yang, Kyung-Mee Park | Veterinary Medicine And Science, 15(6), 559 |
| 7 | Tannic acid-loaded mesoporous silica particles as tissue adhesive for enhanced woung healing<br>Yeji Jeon, Yeojin Kim, Hee Jin Song, Su Jeong Lim, Suhui Jeong, Hojoon Choi, Jae Hyun Park, Han Sung Youn, Dong Gi Seong, Jeonghun Kim, Dae Youn Hwang, Sungbaek Seo | Biomaterials Science, 12(4):e71046 |
| 8 | Enhanced Enzyme Cascade Reactions Through Coencapsulation in Biocompatible Silica Nanoconfinement<br>Ji-Soo Lee, Da-Hye Ryu, Myung Kyung Jung, Dong-Hyun You, So-Hee Park, Dae Youn Hwang, Beum-Soo An, Seung Yun Yang, Sungbaek Seo, Youngwoo Choi, Seong-Min Jo | Chembiochem, 27(10):E70382 |
| 9 | Biomimetic Compartmentalization of Enzymes for Sustainable Coenzyme Recycling in Oxidative Photocatalysis<br>Myung Kyung Jung, So-Hee Park, Dong-Hyun You, Ji-Soo Lee, Da-Hye Ryu, Dae Youn Hwang, Beum-Soo An, Seung Yun Yang, Sungbaek Seo, Youngwoo Choi, Seong-Min Jo | Chembiochem, 27(10):E70381 |
| 10 | Development of an EGFR-targeted adenoviral E4orf4 protein nanoparticle for cancer therapy<br>Seungnyeong Heo, Yiseul Ryu, Seongjoon Kim, Cheol-Ki Lee, Juhyeon Bae, Seong-Min Jo, Joong-jae Lee | Biotechnology and Bioprocess Engineering, 31:469-477 |
| 11 | Self-assembled micellization of nanoparticles for tunable functionalization by phospholipid-polyethylene glycol<br>Da-Hye Ryu, Dong-Hyun You, Myung Kyung Jung, Ji-Soo Lee, So-Hee Park, Yiseul Ryu, Joong-jae Lee, Seong-Min Jo | Biotechnology and Bioprocess Engineering, 31:575-591 |
| 12 | Extracellular Fenton-like reaction via GOX-nanocapsule to Fe3O4 nanoparticle cascades enables enhanced cancer cell killing<br>Da-Hye Ryu, Dong-Hyun You, Ji-Soo Lee, Myung Kyung Jung, So-Hee Park, Dae Youn Hwang, Beum-Soo An, Seung Yun Yang, Sungbaek Seo, Youngwoo Choi, Joong-jae Lee, and Seong-Min Jo | Biotechnology and Bioprocess Engineering, 31:518-529 |
| 13 | Bottom-up synthetic biology for artificial cell design: From scaffold materials to functional integration<br>So-Hee Park, Seong-Min Jo | Journal of Microbiology and Biotechnology, 31:e2604021 |

## 참여교수 연구성과/ 특허 (2026. 3. 1 – 2026. 8. 31)

| 연번 | 발명의 명칭 |
|---|---|
| 1 | 두창 백신 패치의 조성물 및 이의 제조 방법 |

# EVENT & WORKSHOP

## BK21 FOUR 7차년도 참여대학원생 1차 간담회

바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 7차년도 BK사업 참여, 지원대학원생을 대상으로 1차 간담회를 2026년 3월 31일(화)에 개최하였다. 6차년도 1·2학기 대학원 혁신실에서 진행한 비교과 프로그램 참여 확인 및 실적 공유 그리고 향후 BK21 사업 진행에 있어 필요한 업무 사항 및 역량에 관해 박소해 전임연구원(산학협력전담인력)이 발표하였다.





## 한국과학기술연구원 유럽연구소 업무협약(MOU)체결

바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 2026년 4월 8일(수) 한국과학기술연구원 유럽연구소와 실버질환 관련 의약외품분야에 관한 정보교환 및 상호협력을 위한 업무협약(MOU)를 체결하였다. 이번 협약은 BK21사업단(팀) 안범수 참여교수와 유럽연구소 김진상 소장 간에 체결되었으며, 향후 정보교환 및 상호협력, 기술교류 및 공동연구, 전문인력 양성 및 취업 등을 위하여 상호협력 하기로 하였다.



BioMat

부산대학교 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형
바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀과
한국과학기술연구원 유럽연구소간의

KIST Europe

**업무제휴 협약서**

1. 목 적
부산대학교 생명자원과학대학 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀과 한국과학기술연구원 유럽연구소 (이하 "양 기관"이라 한다)는 상호 협력체계를 구축함으로써 양 기관의 발전에 기여한다는 점에 인식을 같이 하고 다음과 같은 사항에 대하여 협약한다.

2. 협약내용
양 기관은 각자 적용 가능한 범위 내에서 공동의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 분야에 대하여 상호 협약한다.
가. 실버질환 관련 의약외품분야에 관한 정보교환 및 상호협력
나. 실버질환 관련 바이오기술혁신에 대한 정보교류 및 공동연구
다. 전문인력 양성 및 취업을 위한 상호노력
라. 공동세미나, 워크숍 및 학술회의의 공동 개최 및 운영
마. 기타 양 기관 사업단의 발전을 위하여 필요하다고 인정되는 사업

3. 협약의 이행
협약내용의 이행을 위해 양 기관은 인적·물적 자원을 상호 제공하고, 교류 활동 중에 발생하는 소요 경비는 수혜자 부담을 원칙으로 하며, 세부 시행에 필요한 사항이나 조건은 양 기관이 서면으로 협의하여 운영한다.

4. 협약의 효력
이 협약서의 효력은 협약일로부터 3년간 발생하며, 양 기관의 협의에 따라 협약 내용을 수정하거나 해지할 수 있다. 본 협약서의 내용에 대하여 협력행위 간 발생되는 기타 사항은 상호협의하여 결정한다. 본 협약서가 체결되었음을 증명하기 위하여 2부를 작성하여 상호 서명하고 각각 1부씩 보관한다.

5. 비밀유지
양 기관은 본 협약 내용을 수행하면서 취득한 각종 정보에 대하여 상호 보안을 유지하고 상대방의 사전 서면동의 없이 외부로 유출하거나 공개하지 아니하며 비밀유지 의무는 본 협약이 종료된 이후에도 3년간 유지된다.

2026년 4월 8일

부산대학교 BK21 FOUR
실버질환 맞춤형 바이오소재
활용플랫폼 혁신 인력양성팀
단 장 황 대 연
황 대 연

한국과학기술연구원
유럽연구소
소 장 김 진 상

# EVENT & WORKSHOP

## 제12회 대학원생 산학협력 활성화를 위한 워크숍

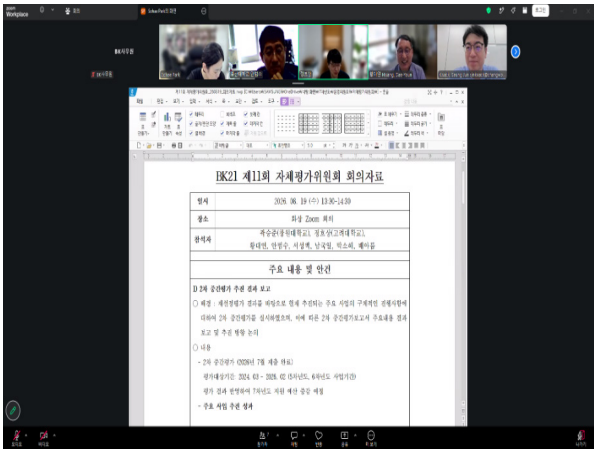
바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 2026년 7월 22일(수)부터 23이(목)까지 양일간 제12회 대학원생 산학협력 활성화를 위한 워크숍을 밀양 보현연수원에서 개최하였다. 대봉엘에스㈜ 박은주 연구소장은 천연물 유래 기능성 소재와 DDS기술을 활용한 화장품 소재 개발에 관하여 현대약품㈜ 김대훈 비임상연구팀장은 신약의 역사와 개발과정의 이해에 대하여 강연하였으며, 한국재료연구원에 석사후연구원으로 재직하고 있는 바이오소재과학과 전예지 졸업생은 한국재료연구원 직무 소개 및 진로 탐색에 대해 강연하였다.

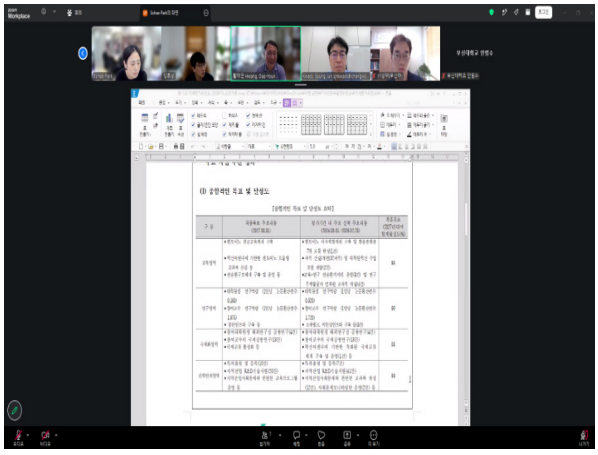




## BK21 FOUR 7차년도 사업팀 1차 자체평가회의

바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 7차년도 1차 자체평가회의를 2026년 8월 19일(수)에 개최하였다. 자체평가위원회는 외부위원 곽승준 교수(창원대학교), 정호상 교수(고려대학교)가 참석하여 7차년도 BK21 사업 진행 사업 경과보고 및 기타에 관하여 논의하였다.



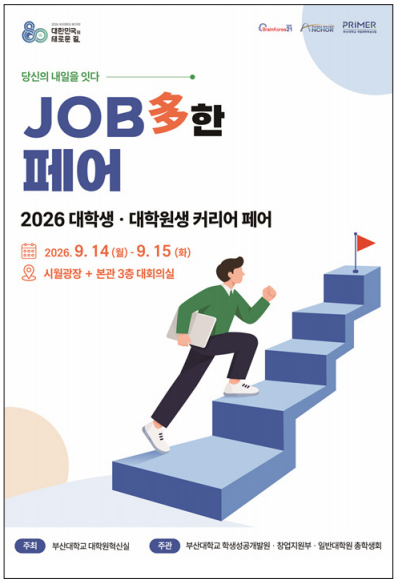



# EVENT & WORKSHOP

## [JOB多한 페어] 2026년 대학생·대학원생 커리어 페어 부스 참여

바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀은 2026년 9월 14일(월)부터 15일(화)까지 양일간 개최된 '2026 대학원·대학원생 커리어 페어'에 부스 운영에 참가하였다. 이번 행사는 대학원 진학을 희망하는 학생들에게 학과의 연구 분야를 소개하고, 대학원생들의 향후 커리어 설계를 돕기 위해 마련되었다. 이에 바이오소재과학과 BK21 사업단(팀)은 연구실 홍보 포스터 게재와 더불어 주요 연구 실적을 적극적으로 알리는 한편, BK21 사업단이 주관하는 다양한 운영 프로그램과 지원 사업을 상세히 소개해 큰 관심을 끌었다. 특히 이번 부스 운영에서는 전임상의약실험실을 포함한 총 5개 핵심 연구실의 최신 연구 성과와 졸업생들의 구체적인 취업 현황을 시각화하여 선보였다. 이를 통해 방문객들에게 실질적인 연구 환경과 졸업 후 진로에 대한 명확한 비전을 제시함으로써, 바이오소재 분야의 전문 인력으로서 성장할 수 있는 경로를 효과적으로 전달했다.



# FUTURE SCHEDULE

## ㈜우포라이텍스 업무협약(MOU)체결

- 바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 ㈜우포라이텍스와 양 기관의 핵심 역량을 결합하여 산업 경쟁력을 높이고, 관련 분야의 공동 발전을 도모하기 위한 업무협약(MOU)을 체결할 예정이다.

## K21 FOUR 7차년도 참여대학원생 2차 간담회

- 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 7차년도 참여대학원생을 대상으로 2차 간담회를 진행할 예정이다. 7차년도 사업성과 및 대학원혁신실에서 진행하는 비교과프로그램 참여 확인, 실적 공유 그리고 향후 BK21 사업 진행에 있어서 필요한 업무 사항, 필요 역량에 대해 발표할 예정이다.

## 실버세대를 대상으로한 전문가 초청 대중강연

- 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 실버세대를 대상으로한 전문가 초청 대중강연을 밀양시 사회복지관에서 개최 할 예정이다. 실버세대를 대상으로(밀양시 거주 65세 노인) 실버세대의 건강관리에 관래 전문가 초청 하여 어르신들이 일상생활에서 실천할 수 있는 체계적이고 과학적인 건강 관리법을 전달할 계획이다.

## 제13회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍

- 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀 제13회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍을 2027년 1월에 진행할 예정이다.

## BK21 FOUR 7차년도 사업팀 2차 자체평가회의

- 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 7차년도 2차 자체평가회의를 자체평가위원회 외부위원 곽승준 교수(창원대학교)와 정호상 교수(고려대학교)가 참석하여 2026년도 미래인재양성사업 2차 중간평가 결과 및 방향에 관하여 논의할 예정이다.