

# BK21 FOUR NEWS LETTER

 실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀



통권 제1호

2021년 9월

| 통 권 제 1 호

| 발행일 | 2021년 9월

| 발행인 | 황대연

| 편집인 | 박소해, 배아름

| 발행처 | 부산대학교 바이오소재과학과 BK21 FOUR  
실버질한 맞춤형 바이오소재 인력양성팀

# CONTENTS

## WELCOME MESSAGE

03 뉴스레터를 발간하며

## INTRODUCING OUR TEAM

04 사업팀 소개

05 참여 연구실      고분자콜로이드 연구실  
(Polymer Colloids Laboratory)

## FOCUS

06 우수 연구성과      부산대·국립암센터 공동연구  
보체C3 단백질 결핍이 만성변비 유도 세계 첫 규명07 우수 논문상 수상      탄닌산 매개 응고를 통한 미세플라스틱 제거 및 생체  
외 위해성 평가

## EDUCATION

08 교육 프로그램

09 대학원생 참여 프로그램

10 국제화 프로그램

11 학부생 참여 프로그램

## RESEARCH

12 대표 연구성과

14 연구실적

15 Event &amp; Workshop

15 FUTURE Schedule



# WELCOME MESSAGE

## 뉴스레터를 발간하며



실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀 단장 **황대연**

안녕하십니까?

실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀에서는 올해부터 홍보를 통하여 연구성과를 공유하고 우수학생을 유치하기 위하여 뉴스레터를 발간하게 되었습니다. 이번호는 창간호로서 사업단을 소개하고 다양한 교육 프로그램 및 연구성과로 구성을 하였습니다.

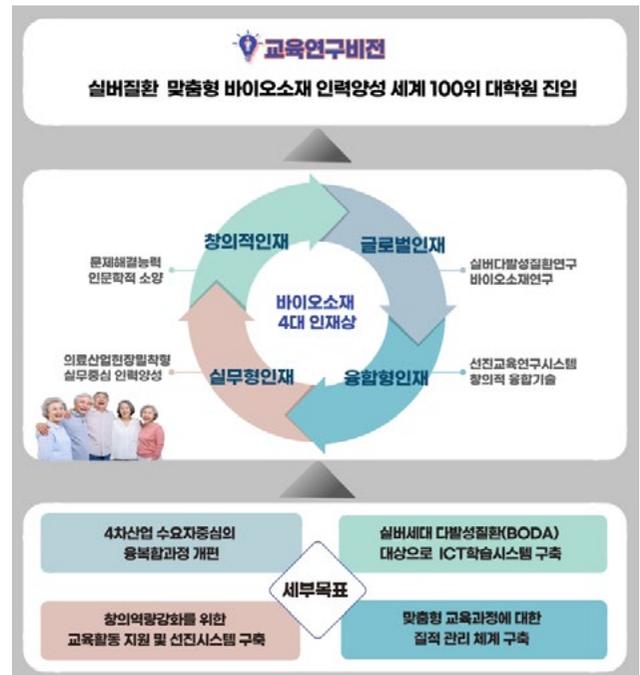
저희 사업팀은 2020년 처음으로 BK21 FOUR사업에 진입하게 된 부산대학교 바이오소재과학과 소속 교수와 대학원생으로 구성되어 있습니다. 사업팀은 “실버질환 맞춤형 바이오소재 개발을 주도할 창의적 연구역량과 글로벌 소양을 갖춘 우수한 실무인력의 양성을 통하여 바이오소재분야의 세계 100위 대학원 진입”을 교육비전으로 창의적 인재, 글로벌 인재, 융합형 인재, 실무형 인재의 4대 인재상을 배출하고자 합니다. 이를 위하여 교육과정, 교육방법, 교수역량, 학사제도 등을 획기적으로 개편하고, 소재발굴→소재융합→소재평가로 이어지는 일련의 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발을 위한 Value chain을 확립하여 신약개발과 의료기술의 개발에 기여하고자 합니다.

특히, 사업팀에 참여하는 대학원생에게는 연구 수월성을 증진하기 위하여, 장학금, 해외 우수대학 연수, 국내외 학회 발표, 국제 공동연구, 우수 논문성과에 대한 인센티브 등 다양한 혜택이 제공됩니다. 또한, 대학원생들은 우수한 국제논문, 특허등록 등의 실적을 바탕으로 국내 전문연구소나 제약회사, 병원 등에 전공적합성이 높은 직종에 취업할 수 있

며, 취업의 질이 매우 우수합니다. 저희 사업단에서는 바이오분야에서 자신의 꿈을 펼쳐가기를 소망하는 학생들의 동참을 언제든지 환영합니다.

저희 사업팀은 고분자와 바이오분야의 융합프로그램으로 국내 정상급의 경쟁력을 갖춘 인력을 배출하는 교육연구시스템으로 발돋움해 나갈 것입니다. 많은 응원과 동참을 부탁드립니다. 감사합니다.

### 실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀 비전 및 목표

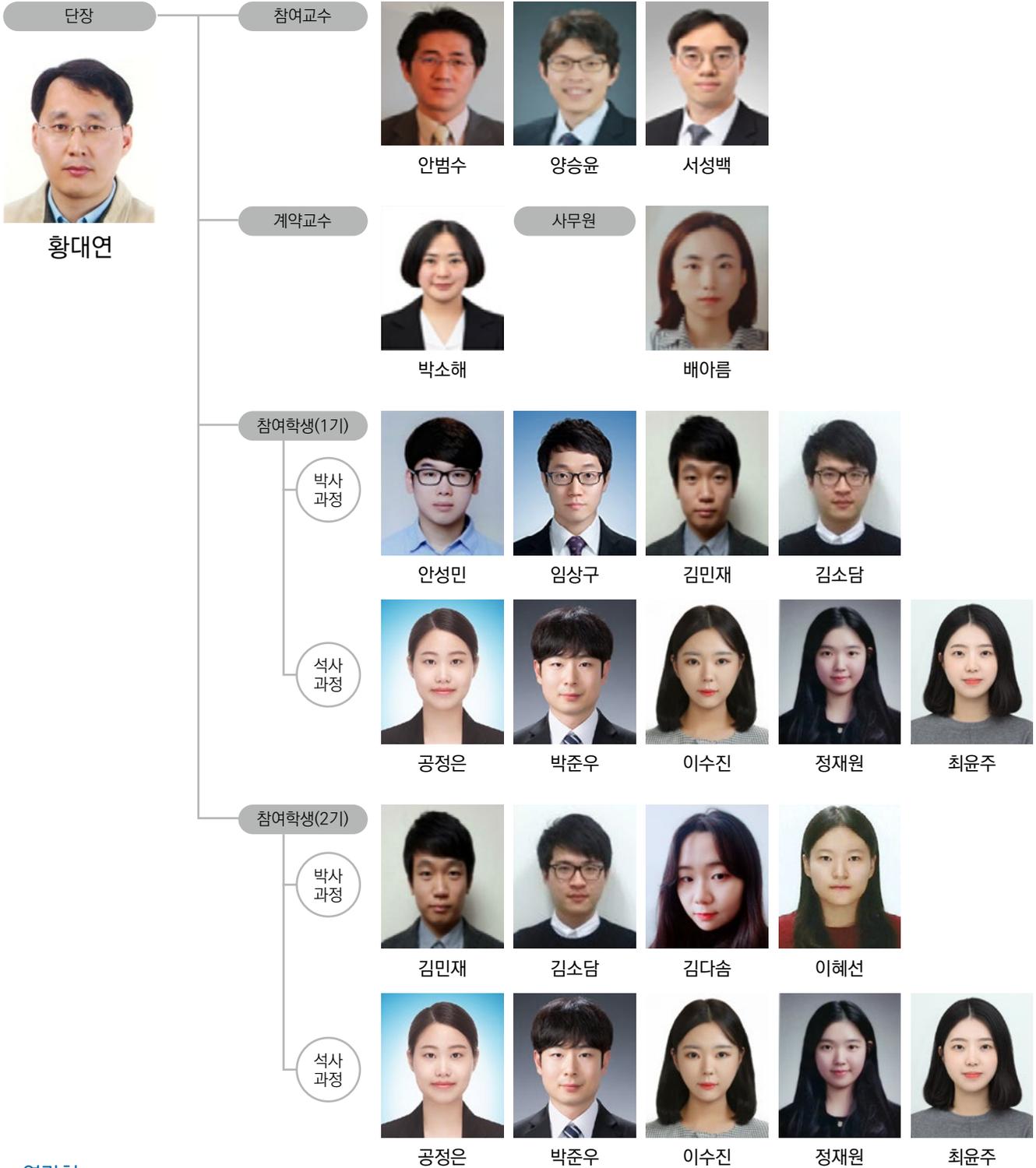




# INTRODUCING OUR TEAM

## 사업팀 소개

### • 구성원



### • 연락처

경상남도 밀양시 삼량진읍 삼량진로 1268-50 부산대학교 밀양캠퍼스 생명자원과학관 3645호, 실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀  
 TEL. (055) 350-5494, FAX. (055) 350-5495, HP. <http://bmbk.pusan.ac.kr>



## INTRODUCING OUR TEAM

## 참여 연구실 소개

# 고분자콜로이드연구실(Polymer Colloids Laboratory)

- 대표연락처: 055-350-5913
- Homepage: <http://polymercolloids.pusan.ac.kr>
- E-mail: sbseo81@pusan.ac.kr

### [ 연구실 구성원 ]

- 교수: 서성백
- 석사과정: 박준우, 정재원
- 연구학생: 전예지, 정수희, 최민준



### [ 연구실 소개 ]

부산대학교 바이오소재과학과 고분자콜로이드 연구실에서는 2017년 처음으로 실험실을 오픈하여 (1)자연·생체 표면접착모사 기능성 바이오소재 개발, (2)약물전달체/바이오센서용 콜로이드 개발, (3)화장품/조직공학 제형 개발 등의 연구를 수행하고 있다.

본 연구실은 이러한 연구를 수행하기 위하여 재료 합성을 위한 자동화 정제 시스템, 소재의 광학적, 물리화학적 특성분석, 표면처리분석, 나노입자 크기 분석, 조직 스케폴드 제작을 위한 시설 인프라를 구축하고 있다.

지금까지 바이오센서, 약물전달체 및 표면처리 소재 등을 주제로 하여 박사 후 연구원 1명 및 석사 2명이 배출되었으며, 졸업생들은 성균관대, 충남대 박사과정으로 진학하였고, 현재 석사과정생들은 기능성화장품, 첨단섬유소재 산업체의 연구원으로 채용되었다. 연구학생으로 있었던 학생들은 헬스케어, 압타머, 접착소재분야의 기업체로 진출하였다. 이러한 연구활동을 기반으로 SCI급 저널에 40여편 논문을 게재하였

고, 특허출원/등록 6건(국외 특허 4건 포함)등 활발한 연구활동을 수행하고 있다. 현재는 석사과정 2명, 학생 연구원 3명이 한국연구재단, 의약관련 기업, 의생명센터 등으로부터 수주된 과제를 기반으로 연구에 열정적으로 매진하고 있다.

### [ 연구활동 및 성과 ]

#### ◎ 최근 대표연구성과

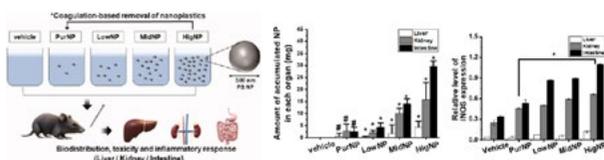
- 세계 최초로 메탈-페놀릭 배위결합을 이용한 미세플라스틱의 응집 및 제거기술을 개발
  - 미세플라스틱의 환경노출도와 인체위해성 평가 요구가 급증하고 있는 시점에서, 기존 응집제에 의한 제거효율보다 2배 이상 뛰어났으며 수질환경 유사조건에서도 95% 이상의 제거효율 유지
  - 탄닌산을 포함한 광범위한 천연폴리페놀 소재를 활용 가능
  - 부산대학교 분자생물실험실과 공동연구를 통해, 미세플라스틱이 실험동물에서의 분포, 독성, 염증반응을 평가

※ 논문제목: *In vivo* impact assessment of orally administered polystyrene nanoplastics: Biodistribution, toxicity and inflammatory response in mice, Y. J. Choi, J. W. Park, Y. Lim, S. Seo, D. Y. Hwang, *Nanotoxicology* (2021), IF = 5.913, Toxicology 분야 상위 4.92%

- 부산대학교 캡스톤디자인 경진대회 연구학생팀(전예지, 정수희) 대상 수상, 광주과학기술원 나노과학기술 경진대회 장려상 수상 (2021)
- 나노코리아 국제 심포지엄, 박준우 학생 우수포스터 수상 (2021)

#### ◎ SCI급 논문발표 (2021년)

- Development of Polydiacetylene-Based Testosterone Selection as a Model Sensing Platform for Water-Insoluble Hormone Analytes, J. Jung, S.M. An, E.K. Lim, S.C. Kim, B.S. An, S. Seo, *Chemosensors*, 9, 176 (2021)
- Removal of microplastics via tannic acid-mediated coagulation and *in vitro* impact assessment, J. W. Park, S. J. Lee, D. Y. Hwang, S. Seo, *RSC Advances*, 11, 3556 (2021)





FOCUS

우수 연구성과

# 부산대·국립암센터 공동연구 보체C3 단백질 결핍이 만성변비 유도 세계 첫 규명



참여교수 황대연

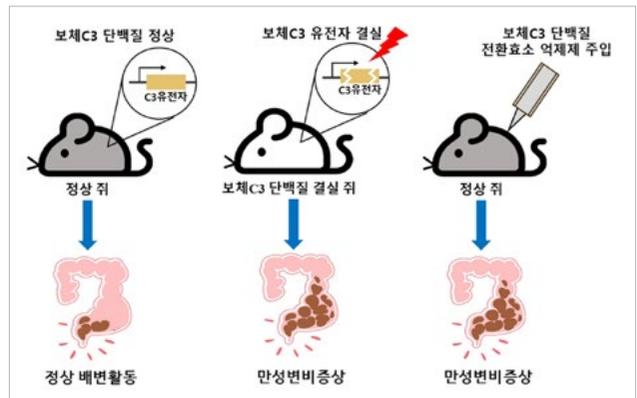
‘부산대 황대연 교수 공동연구팀, 유전자결실 쥐 실험 분석  
...향후 인체 임상연구 활용 가능’

‘고령화사회 건강문제로 대두된 변비질환 원인 규명 및 치료제 개발 도움 전망’

- 부산대학교와 국립암센터 공동연구팀이 만성변비질환의 새로운 원인으로 ‘보체C3 단백질의 결핍이 변비를 유도한다’는 사실을 세계 처음으로 규명했다.
- 부산대학교(총장 차정인) 생명자원과학대학 바이오소재학과 BK21사업팀(실버질환맞춤형 바이오소재 인력양성팀)의 황대연 교수 연구팀은 국립암센터 이호 교수 연구팀과의 공동연구를 통해 만성변비질환의 새로운 원인을 찾아내, 생명과학분야의 저명 국제전문학술지인 『FASEB J』 1월호에 연구결과를 게재했다고 18일 밝혔다.
- 변비질환은 초고령사회로의 급격한 전환과 인스턴트식품 섭취 및 불규칙한 생활습관 등으로 인해 최근 10년 새 19.5%나 증가했다. 특히 70대 이상 고령자에서 가장 환자가 많은 질환으로 알려져 있으나 그 발병 원인과 치료제 개발에 대한 연구는 매우 부족한 상황이다.

이번 연구에서 연구팀은 유전자결실 쥐(Knockout mice)를 이용해 선천성 면역질환에 중요한 역할을 수행하는 9개 보체 단백질 중에서 C3(Complements C3) 단백질의 결핍이 만성변비질환을 유도함을 세계 처음으로 규명했다.

\* 보체단백질(補體蛋白質): 혈액 내 혈장에서 비활성 상태로 순환하며 면역 작용이나 미생물의 혐소에 의해 활성화되는 단백질.



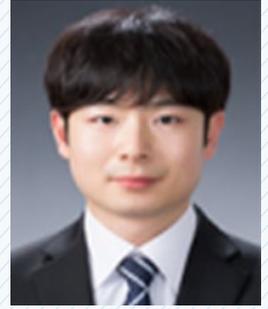
- 연구팀은 보체C3 단백질 결핍은 배변의 지연, 장운동의 억제, 뮤신(점막에서 분비되는 점액물질) 분비 저해 등 변비질환의 주요증상을 유발했고, 변비질환과 유사한 대장 조직 구조를 형성함을 확인했다. 보체C3 단백질의 분해를 촉진하는 효소(C3 convertase)의 작용을 억제해도 동일한 변비증상이 유도됨을 증명했다.
- 사람과 유사한 변비증상을 나타내는 유전자결실 쥐를 통해 얻은 이번 연구결과는 향후 변비치료제의 개발과 임상증상 연구에 활용 가능성이 높음을 제시하고 있다.
- 부산대 바이오소재과학과 BK21사업팀을 맡고 있는 황 교수는 “이번 연구는 고령화 사회에 심각한 건강문제로 대두되는 변비질환의 원인 규명과 치료제 개발을 위한 과학적 근거를 제공하는 중요한 결과가 될 것”이라고 밝혔다.
- 부산대 바이오소재과학과 BK21사업팀은 치매, 당뇨, 골질환, 안과질환 등 실버세대 다발성 질환에 대한 맞춤형 바이오소재 개발을 주도할 전문인력 양성을 목표로 2019년부터 사업을 진행 중이며, 향후 초고령화시대에 중요한 역할이 기대되고 있다.



FOCUS

우수 논문상 수상

# 탄닌산 매개 응고를 통한 미세플라스틱 제거 및 생체의 위해성 평가



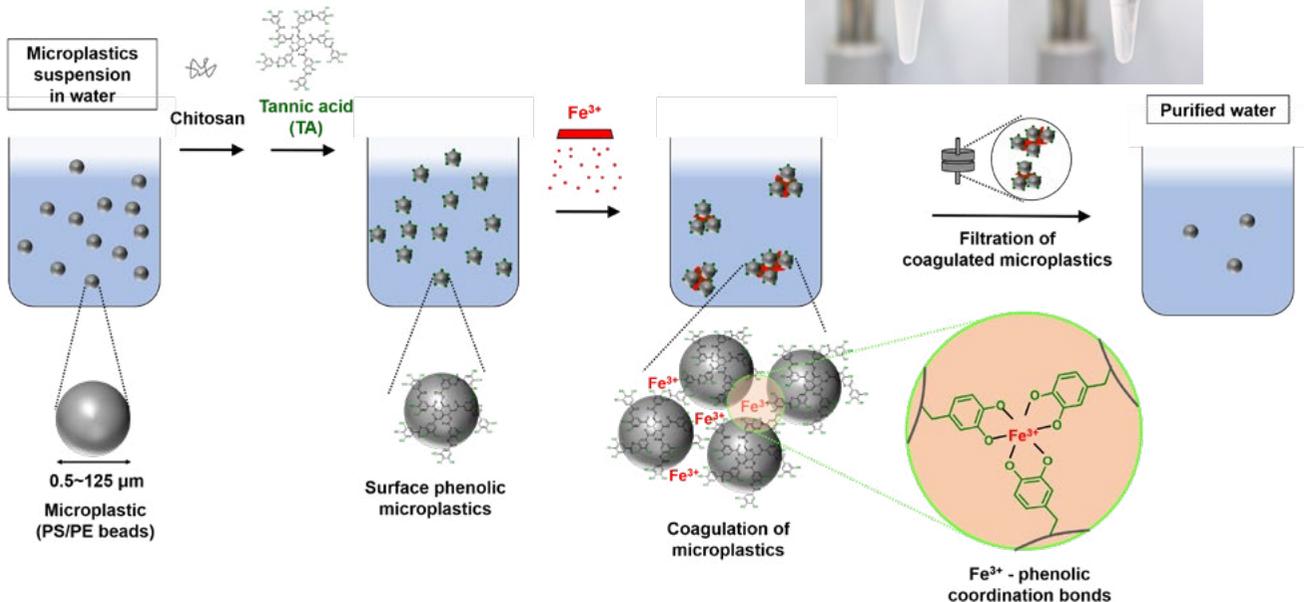
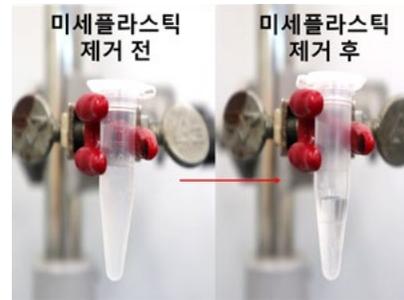
석사과정 박준우

본 교육연구팀의 박준우 대학원생이 인체위해성 물질로 분류되는 미세플라스틱의 효과적인 제거기술 개발을 통해 실버세대의 다양한 질환과 염증작용을 줄이는데 기여하는 연구 논문으로 창의적이고 도전적으로 수행하여 BK21 우수논문상을 수상하여 500만원의 장학금을 수혜하였다.

본 연구는 환경유해물질로 분류되는 미세플라스틱의 제거 기술 개발에 대한 것으로 전 세계 해양에 미세플라스틱이 존재하며, 크기가 작아 눈으로 관찰하기 힘들고 분해성이 적고, 독성 중금속 혹은 유기화합물을 운반할 수 있는 능력으로 심각한 사회 문제로 제기되었다.

본 연구에선 금속이온과 페놀릭 분자 사이의 강한 배위 결합을 형성하는데, 이를 통해 소량의 응고제로 높은 제거와 생체의 위해성 평가를 진행하였다. 미세플라스틱

(Microplastics, MPs)의 실험 모델로 사용된 입자 모두 크기나 종류에 관계없이 chitosan과 천연페놀물질인 tannic acid(TA)로 표면 처리가 되었으며, 개발한 미세플라스틱의 응집화 및 제거 기술은 실버세대에서 자주 발생하는 질환들의 증상을 경감시킬 수 있고 관련된 염증현상을 줄이는데 기여하였다. 본 교육연구팀에서 추진하는 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발을 위한 천연물 기반의 소재 개발에 부합하는 연구이며, 특히, 코로나19이후 급속하게 플라스틱 일회용품을 소모하게 됨으로써 분해물질인 미세플라스틱이 다양한 실버질환의 증상을 직·간접적으로 악화시킬 것으로 예상되었다.





# EDUCATION

## 교육 프로그램

### ▶ 대학원 교육과정 개편

실버케어와 관련된 기초·심화 교육과정을 신규로 개설하였고, 전공기초과목 (연구설계, 노인학특론, 빅데이터와 통계처리) 및 심화과목 (골질한 재생소재, 대사성질환특론, 소취기술융합특론)을 아래표와 같이 구성하여 실버케어 바이오소재 개발을 위한 맞춤형 특화 과목으로 개편하였다.

추가교육과정	개설과목	담당교수	개설년도	
			2021년 1학기	2021년 2학기
과학기술문제해결	대사성질환특론	안범수	●	
	빅데이터와 통계처리	서성백	●	
	현장진단형센서	양승윤	●	
	소취기술융합특론	황대연		●
산업문제해결	연구설계	서성백		●
사회문제해결	노인학특론	황대연	●	
	실버헬스케어 테크놀로지	안범수		●
	골질한 재생소재	양승윤		●

### ▶ 석사과정 설계제도 도입

학생 스스로가 희망하는 진로에 기반하여 대학원 석사과정을 설계할 수 있도록 학생 중심의 석사 교육과정 플랫폼을 (1)연계 심화과정과 (2)실무형인재양성 플랫폼으로 세분화하여, 대학원 교과과정을 설계하는 프로그램을 구축하였고, 2021학년도 2학기에 석사과정 참여 대학원생을 대상으로 신청을 받아 교육과정을 적용하였다.

2021년 2학기: 이지안 (석사과정) / 실무형 인재양성 플랫폼

### ▶ 박사학위 자격평가시스템 도입

박사과정의 질적 고도화를 위하여 평가 커미티를 구성하여 (인원 3명: 바이오 1명, 소재 1명, 외부 1명) 일관된 대학원생의 지도체계를 갖추어 입학부터 졸업단계까지 연1회 실시하여 체계적으로 학생을 관리하고자 하였고, 2021학년도 1학기(2021. 06. 25) 박사과정 자격평가시스템을 시행하여 4명의 박사과정 대학원생 (김민재, 김소담, 김다숨, 이해선)이 연구계획서를 제출하고, 박사학위논문 계획(진행)발표를 진행하여 연구의 질적 개선 및 진행상황을 점검하여 향후 박사학위를 위한 체계적인 시스템을 구축하였다.

성명	과정	논문주제
김민재	박사수료	Effects of Pregnenolone and its Relationship with Estrogen Receptor on Breast Cancer
김소담	박사수료	Development of radioactive biodegradable microgels for injectable local drug delivery system
김다숨	박사과정	조산 예방용 프로게스테론 담지 엑소좀 개발
이해선	박사과정	Development of photocrosslinkable surgical glues for wound-healing





## EDUCATION

## 대학원생 참여 프로그램

### ☞ 멘토링 프로그램

#### • 학문후속세대 강의 역량 강화를 위한 멘토링 프로그램

학문후속세대의 강의 역량을 함양 시키고자 BK21 FOUR 교육연구단(팀) 내(內) 선배 교수자의 멘토링을 통해 강의 사례 공유 및 강의 설계, 강의 방법 등 실질적인 강의 운영 노하우를 제공하여 진행되었다.

- 기 간: 2021년 5월-7월

- 참여자: 박소해(계약교수), 김민재(박사수료)

- 주 제: 이공계 교과목 수업에 활용 가능한 연구 및 교수법팀

- 운영비: 1,000천원

### ☞ Innovation Course

Innovation Course 프로그램은 대학원의 다양한 전공과의 연계를 통한 융합연구 및 프로젝트 활성화 지역과 글로벌 사회문제해결을 위한 실제적이고 실천적 학문연구를 통해 지역과 세계 사회에 기여하고자 운영되었다.

- 기 간: 2021년 5월-12월

- 참여자: 공정은, 이수진, 최윤주(석사과정)

- 주 제: 해양수산물인 감태추출물의 항암제로서 개발가능성 연구

- 운영비: 5,000천원

### ☞ PNU Fellowship

PNU-Fellowship 프로그램은 세계적 수준의 연구능력 함양을 위한 학생중심 연구 지원 체계 필요 및 BK21 FOUR 교육연구단(팀)의 대학원생에 대한 안정적인 연구 활동 지원을 통해 연구 활동 활성화 및 연구 성과의 질적 향상을 도모하고자 하였다.

- 기 간: 2021년 5월-2022년 1월

- 참여자: 박준우, 정재원(석사과정)

- 주 제: 노인성 질환을 위한 다중치료 약물을 하나의 플랫폼에 탑재하는 나노캡슐, 천연 페놀의 항산화력 분석을 통한 항산화 약물전달체용 고분자 개발

- 운영비: 과제당 5,000천원

### ☞ 우수 대학원생 지원 프로그램

#### • 우수 박사수료생 연구지원

우수 박사수료생 연구지원 사업은 우수 박사수료생에 대한 연구활동 지원을 통해 연구활동 활성화 및 연구성과의 질적 향상 도모를 위하여 운영되었다.

- 기 간: 2021년 6월-2022년 1월

- 참여자: 김민재(박사수료)

- 주 제: 프레그네놀론이 유방암에 미치는 영향 규명

- 운영비: 6,000천원

#### • 인재장학금 / 글로벌 연구역량강화를 위한 연구조교

글로벌 연구역량강화를 위한 연구조교 사업은 연구 참여 기회 확대를 통한 대학원생의 연구 역량 강화, 대학원생의 학자금, 생활비 부담 경감을 위한 장학금 제도로 운영되었다.

- 기 간: 2021년 6월-2022년 2월

- 참여자: 정재식(박사과정), 이지안(석사과정)

- 주 제: 프로그스테론을 담지한 자궁조직 친화형 엑소좀 개발, 함암 치료용 약물 전달체 개발

- 운영비: 4,200천원(박사과정), 2,800천원(석사과정)

### ☞ 비교과 프로그램

#### • BK21 Study-on 프로그램

해외대학 개설 전공심화강의를 온라인으로 수강하여 참여대학원생의 글로벌 연구역량을 강화하기 위하여 운영되었다.

- 기 간: 2021년 2학기 및 동계방학

- 참여자: 이수진 (석사과정)

- 운영비: 3,000천원

#### • 석박사 학습컨설팅 (MLST-II 검사)

참여대학원생의 학습능력, 학습전략을 분석하여 컨설팅을 실시하였다.

- 참여자: 참여 대학원생 전원

#### • 대학원생 핵심역량 진단

핵심역량 변화에 대한 이해와 맞춤형 프로그램을 운영하고자 대학원생의 학삼역량 진단을 실시하였다.

- 참여자: 참여 대학원생 전원



# EDUCATION

## 국제화 프로그램

### 초청강연

일시	해외 학자	강연 제목	소속 학교	소속 국가
2020.11.17	이유한	Therapeutic luminal coating of the intestine	Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School	USA
2020.12.07	Jinyoung Kang	Expansion Revealing: Decrowding Proteins to Unmask Invisible Brain Nanostructures	Massachusetts Institute of Technology	USA
2021.01.27	Chang Hwan Ahn	Protection mechanism of monoclonal antibodies against Salmonella typhoid toxin	Cornell University	USA

### 국제공동연구

연번	공동연구 참여자		상대국/ 소속 기관	국제 공동 연구실적
	참여교수	국외 공동연구자		
1	황대연	Xiang Mao	China/ Chongqing Medical University	Iron-Palladium magnetic nanoparticles for decolorizing rhodamine B and scavenging reactive oxygen species. Journal of Colloid and Interface Science. 588:646-656.
2	황대연	Bounleuane Douangdeuane, Onevily Souliya	Lao PDR/ Institute of Traditional Medicine	Therapeutic Effects of <i>Dipterocarpus tuberculatus</i> with High Antioxidative Activity Against UV-Induced Photoaging of NHDF Cells and Nude Mice. Antioxidants 10:791.
3	서성백	Jinsang Kim	USA/ University of Michigan	Polydiacetylene Liposome Microarray toward Facile Measurement of Platelet Activation in Whole Blood. ACS Sensors 6(9):3170-3175.





## EDUCATION

## 학부생 참여 프로그램

### LAB인턴 프로그램

바이오소재과학과 연구실인턴 프로그램은 실험실의 다양한 체험의 기회를 제공하기 위하여 학부생을 대상으로 방학동안 실시하는 체험 프로그램이다. 학생들은 관심 있는 실험실을 선택할 수 있으며 연구 체험을 통하여 향후 진로 선택과 진학을 희망하는 학생들에게 동기를 부여하고 전공교육의 역량을 강화하는 바이오소재과학과만의 특화된 프로그램이다.

연구실명	학부생 연구 프로그램	
	내용	기간
분자생물 연구실	노화질환 치료제의 개발과 작용기전 연구	20년 겨울방학 (1명)
		20년 윈터스쿨 (3명)
		21년 여름방학 (5명)
		21년 써머스쿨 (3명)
생체소재 및 대사질환 연구실	생체소재 및 대사질환의 작용기전 연구	20년 윈터스쿨 (3명)
		21년 여름방학 (3명)
		21년 써머스쿨 (3명)
고분자생체재료 연구실	약물전달 및 무통진단을 위한 마이크로니들 패치 제작	20년 겨울방학 (1명)
		20년 윈터스쿨 (1명)
		21년 써머스쿨 (3명)
고분자콜로이드 연구실	나노입자를 이용한 약물전달체 개발	20년 겨울방학 (1명)
		20년 윈터스쿨 (2명)
		21년 여름방학 (3명)
		21년 써머스쿨 (2명)



### 학부생 졸업논문 제도

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

연구실명	졸업논문 (참여자)
분자생물 연구실	20년 5월 (3명), 21년 5월 (3명)
생체소재 및 대사질환 연구실	20년 5월 (1명), 20년 12월 (2명), 21년 5월 (1명)
고분자생체재료 연구실	20년 5월 (1명), 21년 5월 (3명)
고분자콜로이드 연구실	20년 5월 (1명), 20년 12월 (1명), 21년 5월 (2명)

### BAF 학술제

2020년 11월 25일 BAF (Biomaterials Academic Festival)을 개최하여 졸업생들이 논문을 기초로 한 구두 및 포스터 발표를 시행하였고, 이를 바탕으로 연구교류의 장을 제공하였다.

연도	2018	2019	2020
구두 발표	3	3	4
포스터 발표	20	20	23
합계	23	23	27

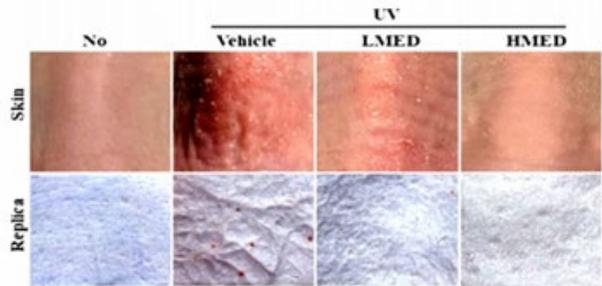


# RESEARCH

## 대표 연구성과

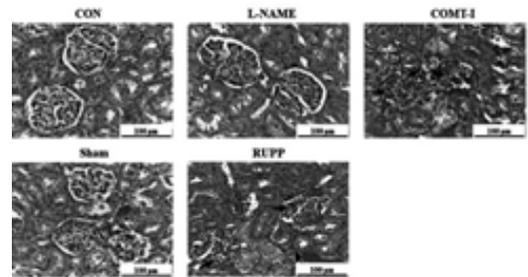
### 새로운 광노화 치료 소재 개발 \_ 이수진 석사과정 (지도교수 황대연)

*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.의 메탄올 추출물 (MED)이 UV조사로 유도된 광노화(Photoaging)에 대한 치료 효과를 연구하기 위하여, MED를 처리한 누드 마우스와 NHDF 세포에서 항산화활성, 세포사 억제 효과, ECM조절, 피부표현형, 항염증에 대한 반응을 분석하였다. 그 결과, MED는 높은 수준의 탄닌 함량과 DPPH에 대한 높은 유리산 제거활성이 확인되었고, LC-MS 분석을 사용하여 갈산, 베르게닌, 엘라직산,  $\beta$ -비니페린, 아시아산, 올레놀산, 2 $\alpha$ -하이드록시루졸산 등 7가지 활성 성분이 확인 되었으며, 자외선에 의한 NO 농도 변화, SOD 활성, Nrf2 발현 등이 MED처리된 NHDF 세포에서 현저하게 회복되었다. 또한 UV + MED 처리군에서는 자살세포의 감소와 G2/M 세포주기 정지 현상이 관찰되었다.  $\beta$ -갈락토시다아제, MMP-2/9 발현, 세포내 엘라스타아제 활성에 대해서도 유사한 회복이 감지되었다. 또한, MED 치료는 COX-2 유도 iNOS 매개 경로의 억제, 염증성 사이토카인의 발현, UV 방사 NHDF 세포의 염증 활성화를 유도하였다. 이후 NHDF 세포에서 관찰된 항광노화효과는 피부 표현형과 조직병리학적 구조 분석을 통해 UV + MED 처리 누드 마우스에서 평가 및 검증 되었다. 이러한 결과를 종합해 보면, MED는 UV 유도 광노화에 대해 치료 효과를 나타내며, 미래에 광노화 치료제로서의 개발에 대한 잠재력이 있음을 알 수 있는 최초의 우수논문이다. 이러한 연구는 2021년 5월에 국제 우수저널인 Antioxidants (IF 6, 312 Food Science 분야 7.19% 이내)에 게재되는 성과를 이루었다.



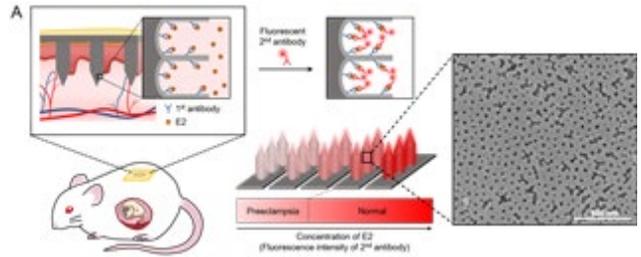
### 3가지 자간전증 모델에서의 스테로이드 호르몬 비교 \_ 안성민 박사수료생 (지도교수 안범수)

자간전증(PE)은 고혈압과 단백뇨를 특징으로 하는 임신 합병증으로 산모와 태아 모두를 위협하는 질병이다. 그러나 PE에 대한 정확한 발병 원인에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 스테로이드 호르몬의 불균형은 PE의 발병과 높은 연관성을 나타내며, 임신 장애의 전체적인 현상을 이해하기 위해서는 다양한 PE 조건에서의 스테로이드 생성 메커니즘 분석이 필수적이다. 따라서, 현 연구에서는 3가지의 시험관 내 및 생체 내 PE 모델을 구축하고 각 모델에서의 스테로이드 호르몬과 관련 효소에 대한 수치를 비교 분석하였다. 그 결과, 저산소증, N-nitro-L-arginine methyl ester hydrochloride(L-NAME), catechol-o-methyltransferase 억제제에 의해 유도된 PE 모델에서 프레그네놀론(P5), 프로게스테론(P4), 디하이드로에피안드로스테론(DHEA), 테스토스테론의 합성이 감소하는 경향을 나타내었으며, 임신한 랫드에 L-NAME을 주사한 결과, 태반과 혈장에서 cholesterol side-chain cleavage enzyme(CYP11A1), 3 $\beta$ -hydroxysteroid dehydrogenase/ $\delta$ 5 4-isomerase type 1(HSD3B1)의 조절에 의해 에스트라디올, P4는 감소하는 반면, COMT-I를 투여한 랫드에서는 CYP11A1과 aromatase cytochrome P450(CYP19A1)의 조절에 의해 P5와 DHEA가 증가되었으며, Reduced uterine perfusion pressure(RUPP) 수술에 의해 태반조직의 CYP11A1은 감소하였고 CYP19A1은 증가한 반면, 스테로이드 호르몬 수치는 변하지 않았다. 결론적으로, 본 연구의 결과는 특정 PE 증상에 따라 스테로이드 생성 효소가 조절되며 그로 인해 스테로이드 호르몬의 조절 장애가 발생할 수 있음을 시사한다. 이러한 발견은 적절한 수치의 스테로이드 호르몬을 모니터링 및 투여함으로써 PE에 대한 새로운 진단 및 치료제 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 연구는 2021년 2월에 우수저널인 Molecular Medicine Reports (IF 2.100)에 게재되는 성과를 이루었다.



### 임신중독증 선별용 무통진단 패치 개발 \_ 김소담 박사수료생 (지도교수 양승윤)

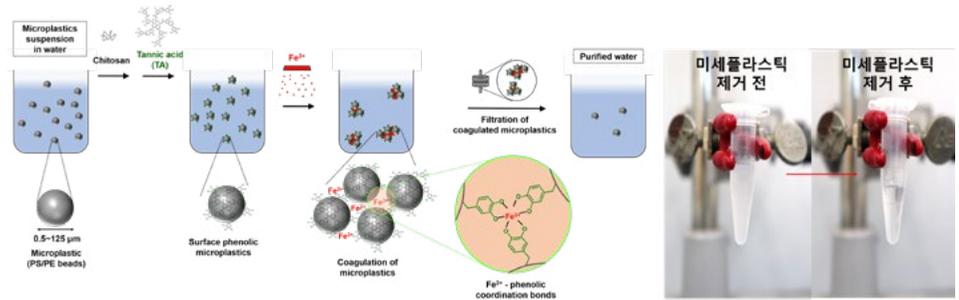
임신중독증은 임신 20주 이후에 단백뇨를 동반하는 고혈압성 질환으로 증상이 나타나지 않는 임신중독증도 있어 치료시기를 놓치는 경우 태아와 임산부가 사망할 수 있어 조기 진단이 필수적이다. 임신중독증 진단을 위해 채혈을 통한 바이오마커 검사가 주로 이루어지지만, 환자에게 고통을 유발할 수 있고 긴 분석 시간과 많은 비용이 요구된다. 본 연구팀은 피부 내에 나노그림 농도로 존재하는 임신중독증 진단 바이오마커인 에스트로겐을 고통없이 신속하게 검출하기 위해 표면적을 극대화시킨 나노다공성 마이크로니들 진단패치를 개발하였다.



마이크로니들 표면에는 바이오마커를 검출할 수 있는 항체를 고정하였고, 피부 내에 삽입 후 항원-항체 반응을 통해 바이오마커를 1분 만에 빠르게 캡처하였다. 이후 형광이 표지된 2차 항체를 처리하여 형광 이미징을 통해 0.5-1000 ng/mL의 바이오마커를 검출할 수 있었다. 에스트로겐을 포함한 3종의 임신중독증 진단 관련 바이오마커를 한번에 검출할 수 있도록 패치 형태로 제작하여 진단의 신뢰성을 높일 수 있었으며, 스마트폰 기반 휴대용 형광 분석 장치와 결합하여 간단하게 분석 결과를 확인할 수 있었다. 본 연구는 우수성을 인정받아 2020년 9월 Biosensor and Bioelectronics (IF 10.257, Chemistry, Analytical 분야 1.16% 이내)에 게재되는 성과를 이루었으며, 국내 특허 출원 및 다수의 언론사에 소개되었다.

### 탄닌산의 미세플라스틱 응집 제거 기술 개발 \_ 박준우 석사과정 (지도교수 서성백)

최근 코로나19 상황에 따른 일회용 플라스틱 사용량의 증가와 더불어 심각성이 대두되고 있는 미세플라스틱의 환경노출도와 인체위해성 평가 요구가 급증하고 있는 시점에서, 메탈-페놀릭 배위결합을 이용한 최초의 미세플라스틱 응집 및 제거 기술이



다. 미세플라스틱의 제거효율은 기존 응집제인 Fe-salt, Al-salt를 사용하는 것보다 2배 이상 뛰어났으며, 재현성 있게 구현되었다. 특히, 5분 이내 응집현상을 일으키며 95%이상의 제거효율이 나타났고, 실제 수질환경의 유사조건에서도 제거효율이 유지되었다. 미세플라스틱의 농도별 세포실험을 통해 간, 장세포의 염증인자가 증가되는 잠재적 인체위해성을 확인할 수 있었다. 본 제거 기술에 의해 정제된 샘플은 미세플라스틱이 존재하지 않는 수준으로 위해성을 낮출 수 있었다. 기존 미세플라스틱의 제거 방법으로는 크게 생물학적 분해, 필터, 응집기술이 있다. 생물학적 분해는 시간이 오래 걸리고, 필터방법은 크기가 작을수록 제거가 어려우며, 응집 기술은 제거 효율이 낮은 단점을 가지고 있다. 반면, 본 기술은 미세플라스틱의 표면처리를 통해 배위결합을 유도하여 응집하기 때문에 미세플라스틱의 크기나 종류에 관계없이 수 분 이내에 응집에 의한 높은 제거효율을 가진다. 표면을 식물유래 폴리페놀물질로 표면처리 후, 메탈이온을 첨가하여 페놀-메탈기반 배위결합을 이용하여 응집을 형성시켜 필터를 통해 제거가 가능하였다. 식물유래 폴리페놀인 탄닌산(tannic acid)을 사용함으로써 유해성의 이슈가 없고, 폴리페놀계열 중에서도 단가(1,000원/g)가 낮아서 대량 생산에 유리하다. 기존의 제거방법과 달리 95% 이상의 높은 제거효율을 보이며, 다양한 조건(응집시간, 응집제 농도, 실제 수질환경 조건, pH 등)에서도 95% 이상의 높은 제거효율을 재현성 있게 유지된다. 세포실험, 마우스실험을 통해 미세플라스틱의 농도에 의존적으로 독성과 염증반응이 나타나는데 본 제거기술을 이용하면, 미세 플라스틱이 존재하지 않는 수준의 독성, 염증반응이 나타남을 확인할 수 있었다. 본 연구는 우수성을 인정받아 2021년 1월 RSC Advances (General Chemical Engineering 분야 10.62% 이내, IF 3.361)에 게재되는 성과를 이루었으며, 국내 특허 출원(출원번호: 10-2021-0040469, 미세플라스틱 제거 방법) 되었다.



# RESEARCH

## 연구실적

### 논문

연번	논문제목	게재학술지
1	Nanochannel-driven rapid capture of sub-nanogram level biomarkers for painless preeclampsia diagnosis	Biosensors and Bioelectronics 163, 112281
2	Fermented mulberry ( <i>Morus alba</i> ) leaves suppress high fat diet-induced hepatic steatosis through amelioration of the inflammatory response and autophagy pathway	BMC Complementary Medicine and Therapies 20(1), 283
3	Self-adherent biodegradable gelatin-based hydrogel electrodes for electrocardiography monitoring	Sensors (Basel) 20(20), 5737
4	Methanolic extracts of <i>Capparis ecuadorica</i> iltis inhibit the inflammatory response in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophage cells	Pharmacognosy Magazine 16(71), 644
5	Novel function of $\alpha$ -cubebenoate derived from <i>Schisandra chinensis</i> as lipogenesis inhibitor, lipolysis stimulator and inflammasome suppressor	Molecules 25(21), 4995
6	Recent purification technologies and human health risk assessment of microplastics	Materials 13(22), 5196
7	Molecular characterization of constipation disease as novel phenotypes in CRISPR-Cas9-generated leptin knockout mice with obesity	International Journal of Molecular Sciences 21(24), 9464
8	Deficiency of complement component 3 may be linked to the development of constipation in FVB/N-C3 <sup>em1Hlee</sup> /Korl mice	FASEB Journal 35(1), e21221
9	Anti-inflammatory effects of <i>Capparis ecuadorica</i> extract in phthalic-anhydride-induced atopic dermatitis of IL-4/Luc/CNS-1 transgenic mice	Pharmaceutical Biology 58(1), 1263
10	Removal of microplastics via tannic acid-mediated coagulation and in vitro impact assessment	RSC Advances 11, 3556
11	Antioxidant activity and laxative effects of tannin-enriched extract of <i>Ecklonia cava</i> in loperamide-induced constipation of SD rats	PLOS ONE 16(2), e246363
12	Comparison of steroid hormones in three different preeclamptic models	Molecular Medicine Reports 23(4), 252
13	Effects of gallotannin-enriched extract of <i>Galla rhois</i> on the activation of apoptosis, cell cycle arrest, and inhibition of migration ability in LLC1 cells and LLC1 tumors	Pathology & Oncology Research 27, 588084
14	Therapeutic effects of <i>Dipterocarpus tuberculatus</i> with high antioxidative activity against UV-induced photoaging of NHDF cells and nude mice	Antioxidants 10,791
15	Novel characterization of constipation phenotypes in ICR mice orally administrated with polystyrene microplastics	International Journal of Molecular Sciences 22,5845
16	Bioinspired plasmonic nanoflower-decorated microneedle for label-free intradermal sensing	Applied Surface Science 551, 149411
17	Dysbiosis of fecal microbiota from complement 3 knockout mice with constipation phenotypes contributes to development of defecation delay	Frontiers in Physiology 12, 650789
18	Development of polydiacetylene-based testosterone detection as a model sensing platform for water insoluble hormone analytes	Chemosensors 9(7), 176
19	Effect of substituents in mussel-inspired surface primers on their oxidation and priming efficiency	ChemistryOpen 10(8), 852

### 특허

연번	발명의 명칭	연번	발명의 명칭
1	광가교형 생분해성 조직접착제 제조	5	공중합체를 이용한 광가교형 생분해성 조직접착제 제조
2	극온도차 대응 광학특성 보상을 위한 고해상도 이미징 시스템	6	광가교형 생분해성 조직접착제 제조
3	광경화성 지혈제 조성물	7	마이크로니들, 이를 포함하는 패치 및 이의 제조 방법
4	이식형 물질 전달체 및 이의 제조방법	8	마이크로니들 점적 코팅 공정의 마이크로니들 좌표 확인 방법, 이를 이용한 마이크로니들 점적 코팅 방법 및 장치

### 기술이전

연번	기술이전 내용	기술이전 기관
1	방사성 동위원소가 표지된 광가교성 하이드로젤 및 그 제조방법 외 3건 특허에 대한 특허권 양도	(주)에스엔비아



## EVENT & WORKSHOP

### 제1회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍

BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀에서는 2021년 01월 27일(수) 제1회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍을 Zoom으로 개최하였다. 코넬 대학교에서 연구를 수행하고 있는 안창환 박사를 초청하여 “Protection mechanism of monoclonal antibodies against Salmonella typhoid toxin” 주제로 강연하였다. 단국대학교 오세행 교수를 초청하여 “Controlled Delivery of Bioactive Molecules for Tissue Engineering and Pharmaceutical Applications” 주제로 강연하였다.

### 제2회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍

BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀에서는 2021년 06월 24일(목) 제2회 대학원생 산학협력 활성화를 위한 워크숍을 개최하였다. 건국대학교 허수학 교수는 산학 연계 정부 R&D 과제의 현황과 지원 전략에 대해 강연하였고, 유한양행 김문섭 이사는 노인 맞춤형 신제품 개발 현황에 대해 강연하였다.



## FUTURE SCHEDULE

### 해외연구실 공동연구

BK21 FOUR 국제공동연구의 학술 및 연구의 질적 향상을 강화하고자 참여 대학원생을 선발하여 지원하는 프로그램으로 참여 대학원생 김민재, 김소담 학생(박사수료)이 미국 켄사스대학교의 Innovative Surface and Interface Lab에 방문하여 2022년 1월 10일부터 1월 29일(19박 20일)까지 최신 연구동향을 분석하고 연구자와의 교류를 수행할 예정이다.

### 워크숍

- 제3회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍 (2022년 1월 진행 예정)

### 참여 대학원생 간담회

- 제1차 참여대학원생 간담회 (2022년 3월 진행 예정)

### 튜터링 프로그램

석·박사 학습 튜터링 프로그램은 대학원생의 학업적응 지원 강화 프로그램으로 튜터의 대학원 적응을 돕고, 학업 적응을 위한 학습지원 역할을 하는 튜터와 대학원에서 필요한 학습에 대한 도움으로 대학원에서 원활히 학업 수행을 하는 튜티로 구성되어 진행되었다.

- 기간: 2021년 10월-12월

- 팀명 및 참여자: ① TAC Helper팀 / 튜터: 김민재(박사수료), 튜티: 최윤주, 진유정(석사과정)  
② 바이오일기팀 / 튜터: 김소담(박사수료), 튜티: 이지안, 장상수(석사과정)  
③ 생체소재팀 / 튜터: 김다솜(박사과정), 튜티: 공정은, 이수진(석사과정)

- 운영비: 팀당 1,000천원

### PNU 대학원생 멘토링 프로그램

• 멘토링 프로그램은 대학원에 쉽게 적응할 수 있도록 입학부터 졸업까지 적응을 위한 맞춤형 지원 프로그램이며, 대학원생의 학업뿐만 아니라 전반적인 생활에 적응을 할 수 있도록 지원할 예정이다.

- 기간: 2021년 11월-12월(팀 운영비 500천원)

- 멘토: 이수진(석사과정), 멘티: 장상수, 진유정(석사과정)