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

BK21 FOUR NEWS LETTER

BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀

Vol.07 2024.10





부산대학교 바이오소재과학과 BioMat

DEPARTMENT OF BIOMATERIAL SCIENCE

통권 제7호
2024년 10월

CONTENTS

INTRODUCING OUR TEAM

03 졸업생 소개 안성민 (University of California)

FOCUS

04 우수 교육성과 고령소재 활용플랫폼 혁신을 위한 펜토미노 모듈형 교육과정 개편

05 우수 연구성과 2024 한국고분자학회 춘계학술대회 최우수논문발표상 수상

EDUCATION

06 대학원생 참여 프로그램

07 국제화 프로그램

08 교육 프로그램

09 학부생 참여 프로그램

RESEARCH

10 대표 연구성과

15 연구실적

16 EVENT & WORKSHOP

18 FUTURE SCHEDULE

| 통 권 | 제 7호
| 발행일 | 2024년 10월
| 발행인 | 황대연
| 편집인 | 박소해, 배아름
| 발행처 | 부산대학교 바이오소재과학과 BK21 FOUR
실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼
혁신 인력양성팀

INTRODUCING OUR TEAM 졸업생 소개

안성민 (University of California)



안성민 박사

■ 학　　위 : 박사
■ 졸업년도 : 2022년
■ 재직기관 : University of California, Davis

1. 현재 재직중인 기관의 이름과 담당 업무



안녕하세요. 저는 University of California, Davis, Department of Internal Medicine에서 박사 후 연구원으로 현재 재직 중입니다. 국내에서의 경험을 토대로 국외대학이라는 새로운 환경에서 세계 선진 과학기술의 흐름을 읽을 수 있다는 점을 활용하여 업무를 수행할 수 있다는 장점이 있다고 생각되며, 현재 학위과정에서 진행하였던 연구를 바탕으로 비만, 당뇨 등의 대사성질환 동물모델을 이용하여 연구를 수행하고 있습니다.

2. 바이오소재과학과에서 공부한 내용과 현재 업무의 연관성

바이오소재과학과라는 융합 전공은 학부과정에서부터 연구의 세계에 발을 딛게 된 대학원 생활에 이르기까지 기초적인 연구를 넘어 실용적인 단계까지 다양한 경험을 할 수 있다는 점에서 큰 장점이 있다고 생각합니다. 비록 현재 제가 소속된 기관에서는 응용 분야가 아닌 바이오 기초분야에 집중하여 연구를 수행하고 있지만, 연구 진행 과정에서 타 부서 및 소재 분야와의 공동연구 또한 충분히 이루어질 수 있다는 점에서 바이오소재과학과에서 배울 수 있었던 이론 및 응용 실습 등이 현재 많은 도움이 되고 있습니다. 이러한 경험을 바탕으로 앞으로 더 발전할 기회를 기대하고 있습니다.

3. 바이오소재과학과에 재학 중인 후배들에게 전하고 싶은 이야기

학사 과정을 거쳐 바이오소재과학과에서 석사와 박사과정을 밟으며, 짧지 않은 시간 동안 다양한 경험을 쌓을 수 있었습니다. 이 과정은 저에게는 과학자로서의 꿈을 키울 수 있게 해준 소중한 경험이었습니다. 아직 경험해야 할 것이 많고, 사회에서 짧은 기간 동안 경력을 쌓고 있는 한 명의 졸업생으로서 후배들에게 거창한 말을 할 수는 없습니다. 다만, 현재는 과거보다 다양한 매체에서 정보와 경험을 폭넓고 다채롭게 접할 기회가 많아졌습니다. 이러한 이점을 활용하여 본과에서 쌓은 지식과 경험을 바탕으로 다양한 분야에서 충분히 능력을 발휘할 수 있다고 생각합니다.

연구에 관심이 있다면 대학원 생활 또한 매우 값진 경험이 될 수 있으며, 바이오, 소재 등 여러 분야에서 취업 준비를 하며 본인의 역량을 키울 좋은 기회가 될 것으로 생각합니다. 여러분의 꿈에 한 발짝 다가갈 수 있는 소중한 경험을 바이오 소재과학과에 재학하면서 얻을 수 있길 기원합니다.

FOCUS 우수 교육성과

고령소재 활용플랫폼 혁신을 위한 펜토미노 모듈형 교육과정 개편

개요

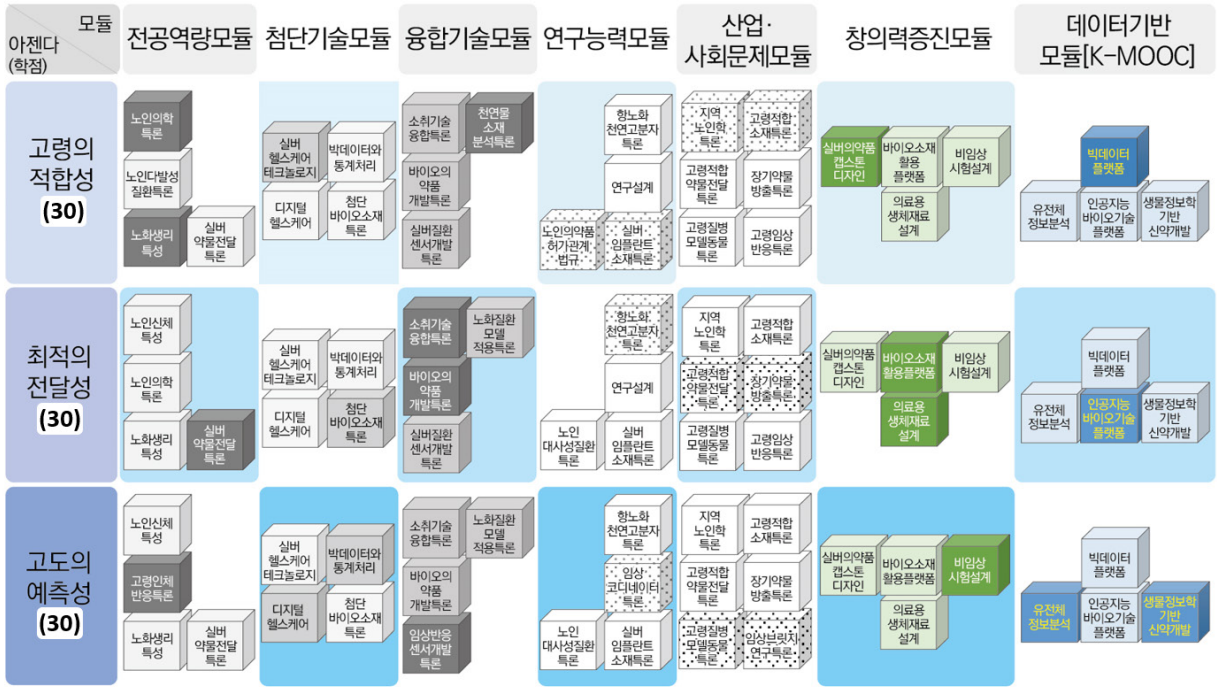
- 펜토미노란 정사각형을 연결해서 만든 퍼즐로, 퍼즐조각(모듈)들을 모아서 직사각형(교육과정)을 온전히 채울 수 있는 성질을 빗대어 부산대학교만의 차별화된 모듈형 교육과정임. 고령소재 활용플랫폼 혁신을 위한 특화된 대학원 교육과정으로 개편함

- 전공교육체계는 3개 혁신아젠다(고령의 적합성, 최적의 전달성, 고도의 예측성)에 기반하여 7개 모듈 (전공역량, 산업직무역량, 첨단기술, 융합기술, 연구능력, 창의력증진, 데이터기반)로 개편하고, 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인재양성에 부합하는 새로운 교과목을 신설 및 개편하여 운영

추진 사항

- 2024학년도 1학기: 30개 교과목 신설(기존의 경직된 교육과정을 학생과 산업체의 요구에 대응하는 유연한 전공교육체계로 교육과정의 전문성 및 유연성을 확보할 수 있도록 선순환위원회 회의를 거쳐 신설과목 논의)

- 2024학년도 2학기: 개편된 교육과정의 5개 교과목 개설 (천연물소재분석특론, 노인다발성질환특론, 고령적합약물전달특론, 실버질환과 빅데이터플랫폼 응용, 빅데이터와통계처리)



FOCUS 우수 연구성과

2024 한국고분자학회 춘계학술대회 최우수논문발표상 수상



석사과정 **정수희**

본 교육연구팀의 정수희 (석사과정) 참여대학원생은 연구의 우수성과 독창성을 인정받아, 지난 한국고분자학회 춘계학술대회에서 구두(토론) 부문 최우수논문발표상을 수상하였다. 한국고분자학회는 고분자에 관한 화학, 물리학, 생물학, 공학 등에 관한 학문 및 기술의 발전 위한 고분자분야의 한국 최대 규모 학회이다. 정수희 학생은 2023년 9월에 바이오소재과학과 (고분자콜로이드연구실 : 지도교수 서성백)에 입학하여, 폴리페놀을 기반으로 한 항산화 약물전달 및 항균성 창상피복재에 관하여 연구를 진행하고 있다. 이번 발표는 “Antioxidative Impact of Phenolics-Loaded Nanocarriers on Cytoskeletal Network Remodeling of Invasive Cancer Cells”라는 주제로 진행되었으며, 항산화 작용을 기반으로 한 나노캐리어 시스템이 암세포의 세포골격 네트워크 재구성에 미치는 영향을 심도 있게 다루었다. 해당 연구를 바탕으로, 지난 4월 3일에 전체 발표자 중 우수한 연구 업적을 달성한 연구자에게만 주어지는 최우수논문발표상을 수상하는 영광을 차지하였다.

페놀계 화합물은 그 항산화 특성 덕분에 화장품 및 제약 산업에서 널리 사용되고 있지만, 이들 화합물이 세포 수준에서 정확히 어떤 작용을 하는지는 여전히 명확하지 않다. 본 연구는 페놀계 화합물 중 항산화 성능이 특히 뛰어난 탄닌산을 이용하여, 암세포 내 세포골격 네트워크의 변화를 억제하고 암세포의 침습을 저해하는 결과를 도출하였다. 구체적으로, 페놀성 수산기의 수와 항산화 활성 간의 상관관계를 분석한 결과, 수산기의 개수가 많을수록 항산화 효과가 우수하다는 사실이 밝혀졌다. 이 중에서도 특히 탄닌산은 높은 항산화 능력과 외부 자극에 대한 저항성을 보여주었으며, 이를 탑재한 나노캐리어는 암세포 침습성을 억제하는 데 탁월한 성능을 나타냈다.

이번 연구는 탄닌산이 활성 산소 종(ROS)을 최대 41%까지 감소시키고, 세포골격 네트워크를 효과적으로 리모델링함으로써 암세포의 침습을 억제할 수 있음을 입증하였다. 이는 기존의 항산화제 대비 월등한 효과로, 비타민 C의 22%에 불과한 항산화 능력에 비해 76%라는 뛰어난 성과를 보였다. 나아가, 탄닌산 기반의 나노캐리어가 암세포 내부에서 세포골격을 재조직화하여 암세포의 이동성과 침습성을 크게 감소시킨다는 점에서, 항산화 기능성 약물 전달체로서의 잠재력을 확인하였다. 이 연구는 암세포뿐만 아니라 산화 스트레스와 관련된 다양한 질환의 치료에 적용될 수 있는 새로운 접근법을 제시하고 있다. 특히, 항산화제가 암세포의 침습성을 억제하는 메커니즘을 규명함으로써 향후 항암 치료에서의 활용 가능성을 크게 열어주었다.

연구팀의 이번 성과는 국제적으로도 주목받고 있다. 연구 결과는 2021년 ACS Applied Materials & Interfaces 저널에 게재되었으며, 긍정적인 피드백을 바탕으로 저널 커버 논문으로 선정되는 쾌거를 이루었다. 해당 저널은 재료과학 및 생명과학 분야에서 가장 권위 있는 학술지 중 하나로, IF 10.383을 기록하고 있다. 이로써 연구팀의 성과는 국제 학계에서도 그 가치를 인정받았으며, 향후 연구 확장 가능성 또한 기대되고 있다.



후 원 : SPRINGER NATURE

최우수논문발표상

구두(토론) 부문

성 명: 정수희

소 속: 부산대학교

발표제목: Antioxidative Impact of Phenolics-Loaded Nanocarriers on Cytoskeletal Network Remodeling of Invasive Cancer Cells

귀하는 본 학회의 2024년도 춘계 연구논문 발표회에서 최우수논문발표자로 선정되어 이 상을 수여합니다.

2024년 4월 4일

사단법인 한국고분자학회

회 장 김 윤 희



EDUCATION 대학원생 참여 프로그램

글로벌 연구역량 강화를 위한 연구조교(RA)

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 : 2024년 04월 – 2024년 08월
- 장학금 : 박사과정 (800천원/월), 석사과정 (600천원/월)

• 참여자 : 김여진 (석사과정)
• 주 제 : 계면활성제 없이 제조 가능한 약물전달체용 나노 에멀젼

• 참여자 : 왕수하 (석사과정)
• 주 제 : 황반변성 치료제로서 MEG의 가능성 평가

2024년도 PNU-Fellowship 운영

2024학년도 1학기 PNU-Fellowship 프로그램은 대학원생 주도의 연구수행 및 전문학술지 논문투고 장려를 위한 연구장학금 지원으로 대학원생의 안정적인 연구 활동 지원을 통해 연구몰입도 제고 및 연구성과의 질적 향상 도모 등 사업의 목표를 가진다.

- 기 간 : 2024년 05월 – 2025년 01월
- 운영비 : 5,000천원

• 참여자 : 류다혜 (석사과정)
• 주 제 : 펜톤연쇄반응의 최적화 및 이를 이용한 산화적 암조직 사멸 나노입자 개발

2024학년 1학기 석·박사 학습튜터링 및 학습컨설팅 프로그램

2024년 1학기 석·박사 학습튜터링 및 학습컨설팅 프로그램은 대학원생의 전공 학업과 학교생활 적응력을 강화하기 위해 선후배·동료 간 협력 학습을 지원하는 프로그램이다.

- 기 간 : 2024년 05월 – 2024년 09월
- 장학금 : 1,000천원(튜터)

• 팀 명 : 바소
• 참여자 : 튜터 – 김소영 (박사수료)
튜티 – 김태렬, 허유라 (석사과정)

• 팀 명 : 황금빛 나는 실버
• 참여자 : 튜터 – 정재식 (박사수료)
튜티 – 김영민, 제승환 (석사과정)

• 팀 명 : 스캐폴드
• 참여자 : 튜터 – 전예지 (석사과정)
튜티 – 정수희, 김여진 (석사과정)

Hi-Brain 창업동아리

Hi-Brain 창업동아리 프로그램은 대학원생 기업가정신 고취 및 기술 기반의 사업화 기회를 제공하는 목표를 가진다.

- 일 시 : 2024년 07월 02일(화) 10:30 ~ 12:30

• 참여자 : 전예지, 정수희, 김여진, 임정민 (석사과정)
• 주 제 : 창업 동아리 사업계획서의 개선 및 내용 보완

하계인턴 프로그램

하계인턴 프로그램은 지역 산업계와 밀착된 R&D 및 교육프로그램을 통하여 전문 인력의 취업과 연계시켜 인재를 양성하는 것을 목적으로 하는 프로그램이다.

- 기 간 : 2024년 07월 03일 – 07월 16일

• 참여자 : 문재훈 (석사과정)

• 기관명 : ㈜영케미칼

EDUCATION 대학원생 참여 프로그램

글로벌 톡

실버질환 관련 국제 학술 및 강연, 이벤트, 세미나에 대학원생이 참석하여 실버질환 맞춤형 바이오소재 플랫폼 개발역량을 다각도로 강화하기 위한 전공특화형 비교과활동 프로그램이다.

- 참여자 : 김여진, 임정민 (석사과정)
- 일 시 : 2024년 06월 03일(월) 10:00 ~ 11:00

• 소속명 : Cornell University, Qiuming Yu 교수
• 주 제 : Integration of Physical and Chemical Approaches for Enhancing Plasmonic Biosensors

- 일 시 : 2024년 06월 03일(월) 11:00 ~ 12:00

• 소속명 : Cornell University, Shaoyi Jiang 교수
• 주 제 : Molecular Understanding, Design and Development of Zwitterionic Materials

실버질환 맞춤형 진로탐색

참여대학원생의 진로설정을 위한 직무와 관련된 기업, 연구기관 탐방 및 강연을 실시하여 실버질환 맞춤형 바이오소재 플랫폼 진로탐색의 기회를 제공하는 전공특화형 비교과활동 프로그램이다.

- 일 시 : 2024년 06월 05일(월) 15:00 ~ 17:00
- 소속명 : 생명공학연구원, 권오만 선임연구원

• 참여자 : 정재식 (박사수료), 강현구 (박사과정)
김영민, 류다혜, 안하예, 김태준 (석사과정)
• 주 제 : 전분화능 줄기세포 유래 장 오가노이드 기술과 향후진로

비교과프로그램

핵심역량 변화에 대한 이해와 맞춤형 프로그램을 운영하고자 대학원생의 핵심역량 진단을 실시하였다

2024년 1학기 대학원생 핵심역량 진단

- 참여자 : 참여 대학원생 전원 참여

EDUCATION 국제화 프로그램

국제공동연구실

연번	공동연구 참여자		상대국/소속 기관	국제 공동 연구실적
	참여교수	국외 공동연구자		
1	최영우	Quang Luu Quoc	USA/ Loma Linda University School	Association Between Cytokeratin 19-Specific IgG and Neutrophil Activation in Asthma. Allergy Asthma Immunol Res. 16(4):353-371
2	양승윤	Su Ryon Shin	USA /Harvard Medical School	Enhanced Dural Repair Using Biodegradable Sealants Based on Photocurable Hyaluronic Acid. Macromolecular Bioscience 24(4):e2300359
3	양승윤	Sourabh Ghosh,	India/ Indian Institute of Technology	3D bioprinting of stromal cells –laden artificial cornea based on visible light –crosslinkable bioinks forming multilength networks. Biofabrication 5;16(3) 35002
4	서성백, 안범수	Huiling Liang	China Zhejiang/ A&F University	Microbead-Based Colorimetric and Portable Sensors for Polyphenol Detection. ACS Omega 9(34):36531-36539

EDUCATION 교육 프로그램

박사학위 자격 평가 시스템

박사과정의 질적 고도화를 위하여 평가 커미티를 구성하여 일관된 대학원생의 지도체계를 갖추어 입학부터 졸업단계까지 년 1회 실시하여 체계적으로 학생을 관리하는 박사학위 자격 평가 시스템을 도입하였다. 2024학년도 1학기(2023. 5. 23) 박사과정 자격평가시스템을 시행하여 3명의 박사과정 대학원생 (정재식, 이혜선, 강현구)이 연구계획서를 제출하고, 박사학위논문 계획(진행)발표를 진행하여 연구질적개선 및 진행상황을 점검하여 향후 박사학위를 위한 체계적인 시스템을 구축하고자 하였다.

성명	과정	주제
정재식	박사수료	The relationship between exosomal LDL and the development of atherosclerosis
이혜선	박사수료	Tissue Regeneration via ECM-likely Engineered Hydrogel Using Functiomal Biopolymer
강현구	박사과정	전립선암에서 엑소좀 내 테스토스테론의 기능

대학원 1학기 과목 개설

본 교육연구팀이 지향하는 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발 인재양성을 위해서는 과학기술·산업· 사회 문제 해결과 관련된 추가적인 교육과정 개편이 요구되어 바이오소재분야 과학기술 및 산업 문제, 사회문제 해결을 위한 교육프로그램 운영하였으며, 계획된 교육과정에 맞추어 모두 개편하였으며, 2024년 1학기부터 기초-심화 일부 과정을 아래표와 같이 개설하여 운영 완료하였다.

추가교육과정	개설과목	교수명	개설년도	
			2024년 1학기	2024년 2학기
사회문제해결	바이오의약품개발특론	황대연	●	
	노인다발성질환특론	안범수	●	●
	노인의약품허가관계법규	안범수		
	소취기술융합특론	황대연		
과학기술문제해결	빅데이터와통계처리	최영우		●

하계 인턴 프로그램

바이오소재 전공 학업과 연계한 실무 능력 배양 및 실버질환 맞춤형 바이오소재 분야의 전문가 양성에 이바지하고자 하계 인턴 프로그램을 도입하여 운영하였다. 문재훈 석사과정 대학원생이 선정되어 2024학년도 하계 방학 기간 동안 ㈜영케미칼에 인턴으로 참여하였다.

성명	과정	기관명(기간)
문재훈	석사과정	㈜영케미칼 (2024.07.03. ~ 2024.07.16.)

EDUCATION 학부생 참여 프로그램

LAB인턴 프로그램

바이오소재과학과 연구실 인턴 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 바이오소재과학과 만의 특화된 프로그램이다.

연구실명	학부생 연구프로그램	
분자생물 연구실	24년 여름방학 (24년 7월 1일 ~ 7월 26일)	박신영, 황연정
생체소재 및 대사질환 연구실		이형섭, 허은호
고분자약물전달 연구실		박민경, 송부광
고분자콜로이드 연구실		박건희, 이준호
나노인공세포공학 연구실		이향주, 최인수

학부생 졸업논문

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

연구실명	지도교수	졸업논문(참여자)
분자생물 연구실	황대연	24년 8월(1명) 25년 2월(6명)
생체소재 및 대사질환 연구실	안범수	24년 8월(1명) 25년 2월(4명)
고분자약물전달 연구실	양승윤	25년 2월(2명)
고분자콜로이드 연구실	서성백	24년 8월(2명) 25년 2월(4명)
나노인공세포공학 연구실	조성민	24년 8월(1명) 25년 2월(5명)
바이오의약소재 연구실	최영우	25년 2월(2명)

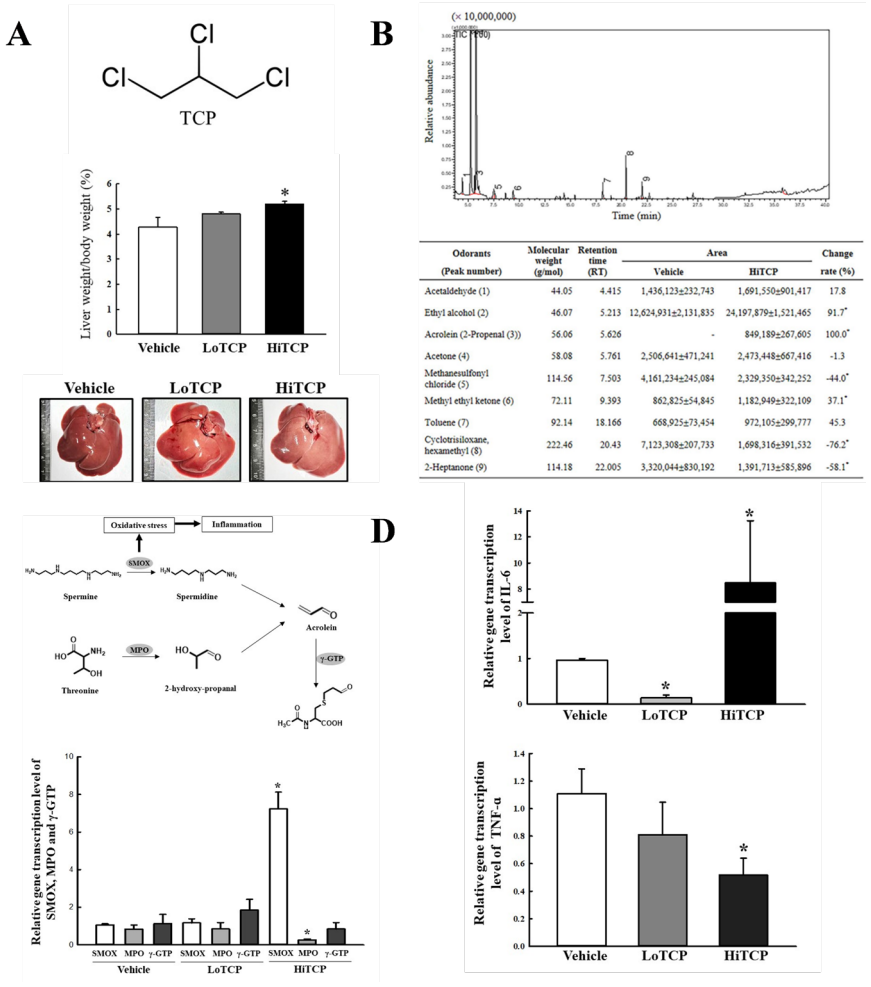
RESEARCH 대표 연구성과

SD rats에서 1,2,3-trichloropropane으로 유발된 간독성에 대한 새로운 진단용 냄새 바이오마커로서 아크롤레인의 식별

김태렬 석사과정(지도교수 황대연)

체취(Body odor)는 다양한 감염성 및 만성 질환의 진단 지표로 간주된다. 그러나 포유류에서 체취 마커를 이용한 독성 연구는 아직 분석되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 Sprague Dawley(SD) rat에 두가지 용량(100, 200mg/kg)의 1,2,3-trichloropropane (TCP)를 투여하여 간 독성에 대한 새로운 진단적 체취 마커를 식별하고자 하였다.

TCP 투여로 인해 체중이 감소하였으며, 혈청 내 ALT, AST 및 간 무게가 증가하였다. 조직학적 분석에서 염증 세포 증가 등 간 조직 내 독성을 확인하였다. 소변의 Gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS) 분석 시 TCP를 투여한 그룹에서 ethyl alcohol, acrolein (2-propenal) 등을 포함하는 6가지의 odor의 농도가 유의적인 증가를 나타내었다. 특히 acrolein이 가장 높은 증가율을 보였으며, TCP의 투여는 acrolein 대사 효소인 spermine oxidase (SMOX)와 SMOX 생성을 유도하는 조절 인자인 IL-6의 전사 수준을 유의적으로 증가시켰다. 이러한 결과는 acrolein이 TCP 유도 간독성에 대해 새로운 냄새 진단 바이오마커로서 잠재력이 있다는 과학적 증거를 제공하였다. 이논문은 2024년 국제전문학술지인 Toxicological Research(IF 1.6)에 게재되었다.



Odorants (Peak number)	Molecular weight (g/mol)	Retention time (RT)	Area		Change rate (%)
			Vehicle	HiTCP	
Acetaldehyde (1)	44.05	4.415	1,436,123±232,743	1,691,550±901,417	17.8
Ethyl alcohol (2)	46.07	5.213	12,624,931±2,131,835	24,197,879±1,521,465	91.7*
Acrolein (2-Propenal (3))	56.06	5.626	-	849,189±267,605	100.0*
Acetone (4)	58.08	5.761	2,506,641±471,241	2,473,448±667,416	-1.3
Methanesulfonyl chloride (5)	114.56	7.503	4,161,234±245,084	2,329,350±342,252	-44.0*
Methyl ethyl ketone (6)	72.11	9.393	862,825±54,845	1,182,949±322,109	37.1*
Toluene (7)	92.14	18.166	668,925±73,454	972,105±299,777	45.3
Cyclotrisiloxane, hexamethyl (8)	222.46	20.43	7,123,308±207,733	1,698,316±391,532	-76.2*
2-Heptanone (9)	114.18	22.005	3,320,044±830,192	1,391,713±585,896	-58.1*

RESEARCH 대표 연구성과

우레탄이 난소의 steroidogenesis에 미치는 영향에 따른 생식독성 평가

정재식 박사수료(지도교수 안범수)

본 연구는 높은 흡수성과 비점착성을 지닌 히알루론산(HA) 기반의 새로운 폼 드레싱을 개발하여 상처 치유를 촉진하고, 드레싱 교체 시 발생할 수 있는 2차 손상을 최소화하는 것을 목표로 진행되었다. 이를 달성하기 위해 HA의 수산기(-OH)를 메타크릴레이트 그룹으로 변형하여 빠른 광경화를 가능하게 하였으며, 광가교된 HA 하이드로겔을 동결 건조하여 다공성 구조를 형성함으로써 삼출물 흡수 능력을 유의적으로 증가시켰다. 기존 생체고분자 기반 폼 드레싱과 비교했을 때, 본 연구에서 개발된 HA 폼은 흡수성과 마찰 방지 특성에서 현저한 개선을 보였다. 또한, in vivo 모델에서 HA 폼은 염증 반응 없이 상처 치유 속도를 유의미하게 증가시키고, 드레싱 교체 시 발생 가능한 2차 손상을 최소화하였다. 이러한 결과는 기존 드레싱의 한계를 극복하면서 상처 치유 효과와 환자의 편안함을 동시에 향상할 수 있는 변형된 HA 기반의 유망한 생체적합성 폼 드레싱의 가능성을 시사한다.

이러한 연구결과는 2024년 3월, BIOMEDICINE(2024 IF = 4.7)에 게재되었다.



biomedicines

MDPI

Article

Antiadhesive Hyaluronic Acid-Based Wound Dressings Promote Wound Healing by Preventing Re-Injury: An In Vivo Investigation

Da Som Kim [1,†], Keum-Yong Seong [1,†], Hyeseon Lee [1], Min Jae Kim [1], Sung-Min An [2], Jea Sic Jeong [1], So Young Kim [1], Hyeon-Gu Kang [1], Sangsoo Jang [1], Dae-Youn Hwang [1], Sung-Baek Seo [1], Seong-Min Jo [1], Seung Yun Yang [1,*] and Beum-Soo An [1,*]

[1] 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
[2] Division of Endocrinology, Department of Internal Medicine, University of California Davis School of Medicine, Davis, CA 95817, USA
* Correspondence: syang@pusan.ac.kr (S.Y.Y.); anbs@pusan.ac.kr (B.-S.A.); Tel.: +82-55-350-5382 (S.Y.Y.); +82-55-350-5381 (B.-S.A.); Fax: +82-55-350-5389 (S.Y.Y. & B.-S.A.)
† These authors contributed equally to this work.

Abstract: Wound dressings are widely used to protect wounds and promote healing. The water absorption and antifriction properties of dressings are important for regulating the moisture balance and reducing secondary damages during dressing changes. Herein, we developed a hyaluronic acid (HA)-based foam dressing prepared via the lyophilization of photocrosslinked HA hydrogels with high water absorption and antiadhesion properties. To fabricate the HA-based foam dressing (HA foam), the hydroxyl groups of the HA were modified with methacrylate groups, enabling rapid photocuring. The resulting photocured HA solution was freeze-dried to form a porous structure, enhancing its exudate absorption capacity. Compared with conventional biopolymer-based foam dressings, this HA foam exhibited superior water absorption and antifriction properties. To assess the wound-healing potential of HA foam, animal experiments involving SD rats were conducted. Full-thickness defects measuring 2 × 2 cm^2 were created on the skin of 36 rats, divided into four groups with 9 individuals each. The groups were treated with gauze, HA foam, CollaDerm®, and CollaHeal® Plus, respectively. The rats were closely monitored for a period of 24 days. In vivo testing demonstrated that the HA foam facilitated wound healing without causing inflammatory reactions and minimized secondary damages during dressing changes. This research presents a promising biocompatible foam wound dressing based on modified HA, which offers enhanced wound-healing capabilities and improved patient comfort and addresses the challenges associated with conventional dressings.

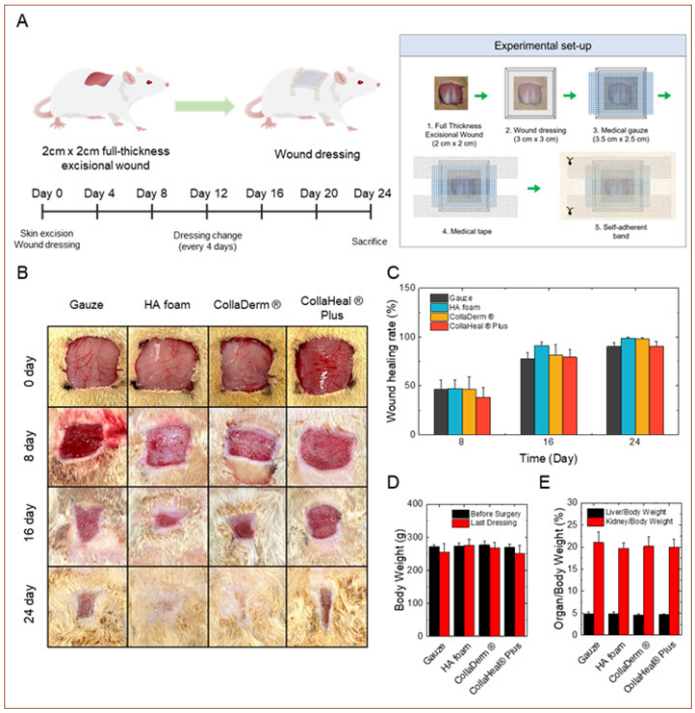
Keywords: hyaluronic acid; wound dressing; foam dressing; biocompatibility; re-injury

check for updates

Citation: Kim, D.S.; Seong, K.-Y.; Lee, H.; Kim, M.J.; An, S.-M.; Jeong, J.S.; Kim, S.Y.; Kang, H.-G.; Jang, S.; Hwang, D.-Y.; et al. Antiadhesive Hyaluronic Acid-Based Wound Dressings Promote Wound Healing by Preventing Re-Injury: An In Vivo Investigation. *Biomedicines* **2024**, *12*, 510. https://doi.org/10.3390/biomedicines12030510

Academic Editor: Maria Venihaki

Received: 28 December 2023
Revised: 13 February 2024
Accepted: 14 February 2024
Published: 23 February 2024

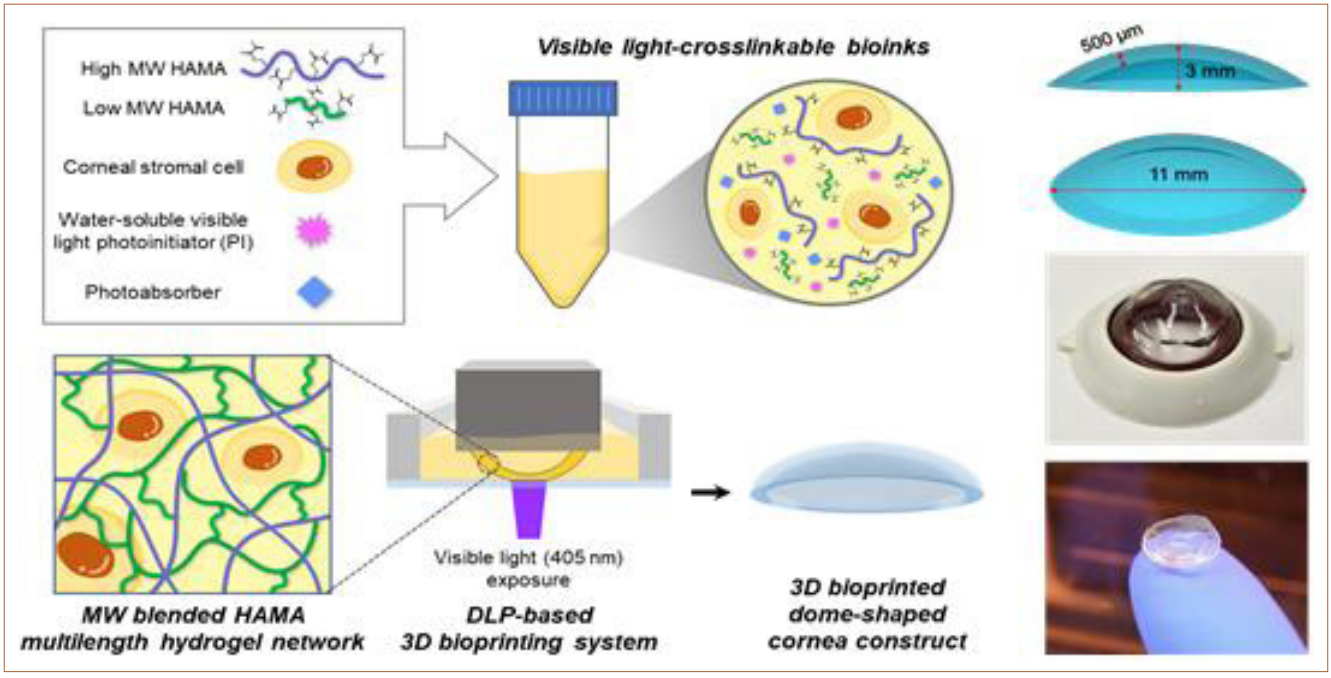


RESEARCH 대표 연구성과

다중 길이 네트워크를 형성할 수 있는 가시광선 가교형 바이오잉크 및 이를 이용한 각막 기질세포를 포함한 인공 각막의 3D 바이오프린팅

이혜선 박사수료(지도교수 양승윤)

3D 바이오프린팅 기술을 활용하여 각막의 구조와 광학적 특성을 모방한 하이드로겔 구조물을 신속하고 정밀하게 제작할 수 있다. 그러나 기존의 각막 프린팅에 사용되는 광경화성 바이오잉크는 세포적합성이 낮고, 가교 후 광학적 특성이 감소하는 문제점이 있다. 또한, 세포 독성이 높고 가시광선에서의 광가교 효율이 낮은 광개시제 때문에 사용이 제한된다. 본 연구에서는 benzoyl phosphinate 기반의 새로운 수용성 광개시제와 광가교성 히알루론산(methacrylated hyaluronic acid, HAMA)을 이용하여 가시광선으로 신곡하게 가교되면서 세포 독성이 낮고 광학적으로 투명한 바이오프린팅 시스템을 개발했다. 새롭게 개발된 광개시제인 lithium benzoyl(phenyl) phosphinate(BP)는 상업적으로 사용되는 lithium phenyl-2,4,6-trimethylbenzoylphosphinate(LAP)보다 세포 독성이 낮고 가시광선에서 높은 광가교 효율을 보여 저에너지 가시광선 조사(405 nm, 〈 1 J/cm²) 하에서 빠르게 광가교성 히알루론산 기반 3D 하이드로겔 구조물을 형성할 수 있었다. 생체고분자인 히알루론산의 낮은 기계적 특성과 인쇄적성을 개선하기 위해, 낮은 분자량(10 kDa)과 높은 분자량(100 kDa) HAMA를 혼합하여 다중 길이 네트워크를 형성했다. Digital light processing(DLP) 프린터를 이용해 각막 기질세포를 포함한 인공 각막 구조체를 프린팅했을 때, 높은 세포 생존율(80~95%), 빠른 경화 속도(〈5초), 뛰어난 광학적 투명성(가시광선 범위에서 〉90%)을 나타내어 각막 조직 공학에 다양한 응용이 기대된다. 본 연구는 Biofabrication (2023 IF 기준 8.2, Biomedical engineering 분야 Q1 (상위 9.8% 12/122)에 게재되었다.



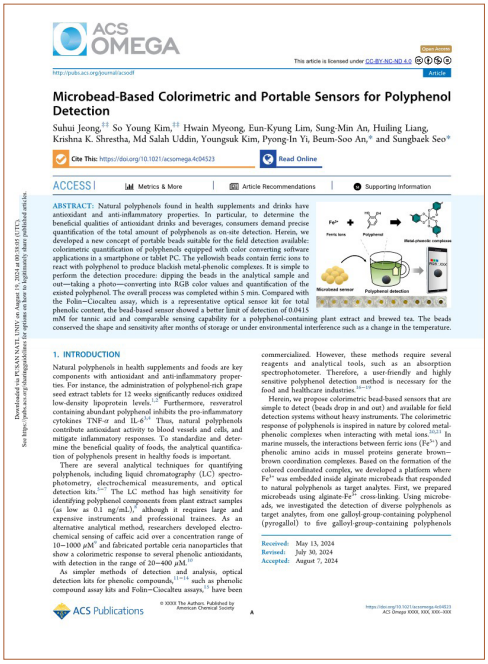
RESEARCH 대표 연구성과

폴리페놀 감지를 위 한 마이크로비드 기반 색변이 및 휴대용 센서

정수희 석사과정(지도교수 서성백)

이 연구는 천연 폴리페놀이 건강 보조제 및 항산화 식음료에서 존재하는 천연 폴리페놀은 항산화 기능을 가진다고 알려져 있지만, 이의 표준화된 정량법이 없음에 주목하여및 항염 작용을 한다는 점에 주목하여, 이러한 본 연구에서는 폴리페놀의 현장에서 측정이 가능한 감지 및 폴리페놀 정량화검출 를 위한 새로운 휴대용 센서 기술을 개발했다. 마이크로비드형태의 센서는 폴리페놀과 반응하여 색 변화를 일으키며, 변화된 색을 스마트폰 또는 태블릿 PC와 연동하여 RGB 값으로 변환하여, 폴리페놀의 농도를 정량화할 수 있다. 52분 이내에 검출의 전 과정(시료내 색변이 반응 및 (시료채취, 센서반응 및 분석)을 완료할 수 있으며, 대표적인 폴리페놀 검출 키트인 Folin–Ciocalteu assay와 비교했을 때 더 나은 검출 한계(LOD: 0.0415 mM) 성능을 보였다. 특히 폴리페놀이 함유된 식물 추출물이나 차에서 유사한 감지 능력을 보여 현장에서도 충분히 활용될 수 있음을 입증했다. 이러한 비드 기반 센서는 온도 변화와 같은 환경적 간섭에도 안정성을 유지하며, 장기간 보관 후에도 정확한 감지 성능을 유지했다. 이 연구 결과는 식음료 및 건강 관리 산업에서 항산화 성분을 보다 신속하고 정확 간편하게 분석할 수 있는 혁신적인 기술로, 현 장에서의 실용적 적용 가능성을 높이는 중요한 성과로 기대된다.

“폴리페놀 감지를 위한 마이크로비드 기반 색변이 및 휴대용 센서”라는 연구는 무거운 장비나 복잡한 화학적 시약을 사용하지 않고도 폴리페놀을 감지할 수 있는 간단하고 실용적인 도구를 제공하며, 향후 항산화 성분을 함유하고 있는 식음료의 품질 관리와 감지에 있어 중요한 기여하는 데 큰 잠재력을 제공한다할 것으로 기대한다. 이러한 연구결과는 2024년 8월, ACS Omega(2023 IF = 3.7)에 게재되었다.


ACS OMEGA

Microbead-Based Colorimetric and Portable Sensors for Polyphenol Detection

Suhui Jeong, So Young Kim, Hwain Myeong, Eun-Kyung Lim, Sung-Min An, Huiling Liang, Krishna K. Shrestha, Md Salah Uddin, Youngsuk Kim, Pyong-In Yi, Beum-Soo An, and Sungbaek Seo

ABSTRACT: Natural polyphenols found in health supplements and drinks have antioxidant and anti-inflammatory properties. In particular, to determine the beneficial qualities of antioxidant drinks and beverages, consumers demand precise quantification of the total amount of polyphenols as on-site detection. Herein, we developed a new concept of portable beads suitable for the field detection available: colorimetric quantification of polyphenols equipped with color converting software applications in a smartphone or tablet PC. The yellowish beads contain ferric ions to react with polyphenol to produce blackish metal-phenolic complexes. It is simple to perform the detection procedure: dipping the beads in the analytical sample and out—taking a photo—converting into RGB color values and quantification of the existed polyphenol. The overall process was completed within 5 min. Compared with the Folin–Ciocalteu assay, which is a representative optical sensor kit for total phenolic content, the bead-based sensor showed a better limit of detection of 0.0415 mM for tannic acid and comparable sensing capability for a polyphenol-containing plant extract and brewed tea. The beads conserved the shape and sensitivity after months of storage or under environmental interference such as a change in the temperature.

1. INTRODUCTION

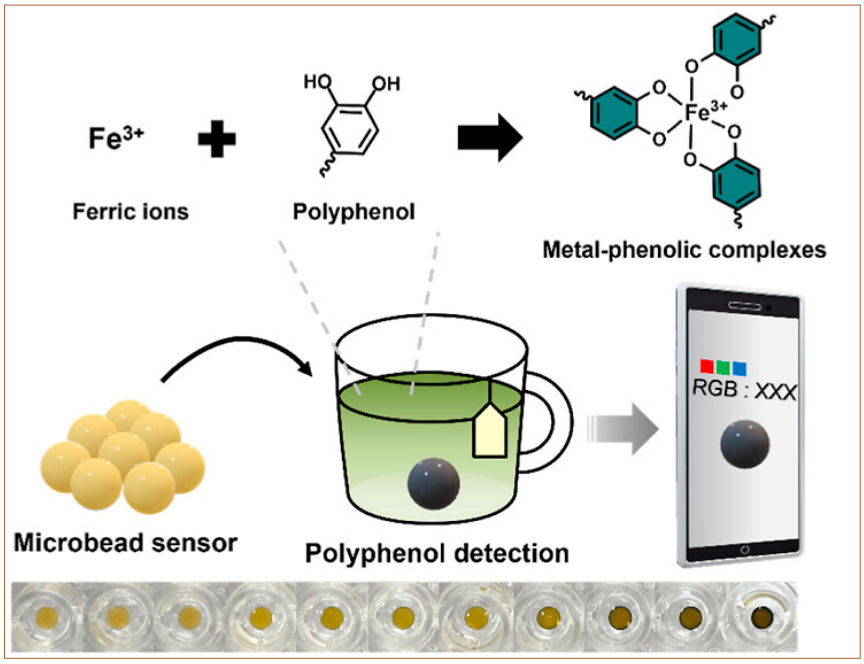
Natural polyphenols in health supplements and foods are key components with antioxidant and anti-inflammatory properties. For instance, the administration of polyphenol-rich grape seed extract tablets for 12 weeks significantly reduces oxidized low-density lipoprotein levels.[1,2] Furthermore, resveratrol containing abundant polyphenol inhibits the pro-inflammatory cytokines TNF-α and IL-6.[3,4] Thus, natural polyphenols contribute antioxidant activity to blood vessels and cells, and mitigate inflammatory responses. To standardize and determine the beneficial quality of foods, the analytical quantification of polyphenols present in healthy foods is important.

There are several analytical techniques for quantifying polyphenols, including liquid chromatography (LC) spectrophotometry, electrochemical measurements, and optical detection kits.[5−7] The LC method has high sensitivity for identifying polyphenol components from plant extract samples (as low as 0.1 ng/mL),[5] although it requires large and expensive instruments and professional trainees. As an alternative analytical method, researchers developed electrochemical sensing of caffeic acid over a concentration range of 10−1000 μM[7] and fabricated portable ceria nanoparticles that show a colorimetric response to several phenolic antioxidants, with detection in the range of 20−400 μM.[8] As simpler methods of detection and analysis, optical detection kits for phenolic compounds,[11−14] such as phenolic compound assay kits and Folin–Ciocalteu assays,[15] have been commercialized. However, these methods require several reagents and analytical tools, such as an absorption spectrophotometer. Therefore, a user-friendly and highly sensitive polyphenol detection method is necessary for the food and healthcare industries.[16−19]

Herein, we propose colorimetric bead-based sensors that are simple to detect (beads drop in and out) and available for field detection systems without heavy instruments. The colorimetric response of polyphenols is inspired in nature by colored metal-phenolic complexes when interacting with metal ions.[20,21] In marine mussels, the interactions between ferric ions (Fe^{3+}) and phenolic amino acids in mussel proteins generate brown–brown coordination complexes. Based on the formation of the colored coordinated complex, we developed a platform where Fe^{3+} was embedded inside alginate microbeads that responded to natural polyphenols as target analytes. First, we prepared microbeads using alginate-Fe^{3+} cross-linking. Using microbeads, we investigated the detection of diverse polyphenols as target analytes, from one galloyl-group-containing polyphenol (pyrogallol) to five galloyl-group-containing polyphenols

Received: May 13, 2024
Revised: July 30, 2024
Accepted: August 7, 2024

ACS Publications

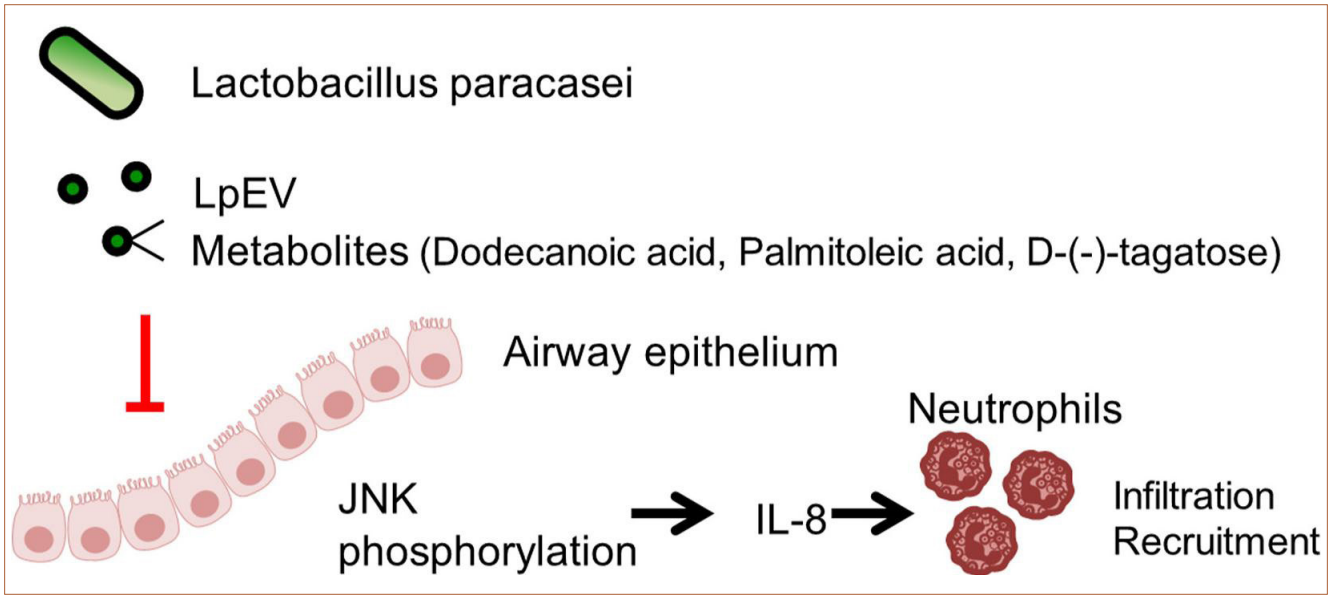


RESEARCH 대표 연구성과

호중구성 천식에서 유산균 유래 세포외소포의 기능 규명

최영우 교수

연구업적물에 대한 설명 : 최근, 인체 질병에 있어 인간과 세균 간의 관계가 강조되고 있는데 본 연구에서는 “세포외소포”라는 물질을 매개로한 상호작용이 중요함을 규명하였다. 특히, 대표적인 알레르기 면역질환 중 하나인 중증천식에서 유산균 유래 세포외소포가 기도상피세포에 작용하여 염증반응을 개선할 수 있음을 밝혔다. 구체적으로, 유산균 유래 세포외소포가 함유하고 있는 특정 대사체가 기도상피세포내 JNK 신호전달을 저해함으로써 기도염증을 억제할 수 있음을 입증하였다. 아직까지 중중천식을 치료하기 위한 뚜렷한 치료제가 없으나 본 연구결과에서 제시한 유산균 유래 세포외소포의 잠재력을 인정받아 ALLERGOLOGY INTERNATIONAL (IF = 6.2)에 게재되었다.



RESEARCH 연구실적

참여교수 연구성과 / 논문 (2024. 3. 1 - 2024. 8. 31)

연번	논문명	게재학술지명
1	N-benzyl-N-methyldecan-1-amine, derived from garlic, and its derivative alleviate 2,4-dinitrochlorobenzene-induced atopic dermatitis-like skin lesions in mice Ji Eun Kim # [1], Phatcharaporn Budluang # [2], Jumin Park [3], Kon Ho Lee [4], Sirichatnach Pakdeepromma [5], Chutima Kaewpiboon [6], Ho Young Kang [7], Dae Youn Hwang [8], Young-Hwa Chung [9]	Scientific Reports 14(1):6776
2	Antiadhesive Hyaluronic Acid-Based Wound Dressings Promote Wound Healing by Preventing Re-Injury: An In Vivo Investigation by Da Som Kim [1], [†], Keum-Yong Seong [1], [†], Hyeseon Lee [1], Min Jae Kim [1], Sung-Min An [2], Jea Sic Jeong [1], So Young Kim [1], Hyeon-Gu Kang [1], Sangsoo Jang [1], Dae-Youn Hwang [1] ORCID,Sung-Baek Seo, Seong-Min Jo [1], Seung Yun Yang [1],* andBeum-Soo An [1],*	Biomedicine 12(3), 510
3	New targets for type 2-low asthma Quang Luu Quoc [1 2], Youngwoo Choi [3], Gyu-Young Hur [4], Hae-Sim Park[1 2]	Korean Journal of Internal Medicine 39(2):215-227
4	Essential oils extracted from nine different plants exhibit differential effects on skin antioxidation and elasticity Da Som Kim [1], Min Jae Kim [1 2], Mi-Jin Park [3], Byoung-Jun Ahn [3], Wook-Joon Yu [2], Sung-Min An [4], Beum-Soo An [1]	Febs Open Bio 14(4):613-625
5	Lactobacillus paracasei-derived extracellular vesicles alleviate neutrophilic asthma by inhibiting the JNK pathway in airway epithelium Soyoon Sim [1], Hyeon Ju Park [2], Yoon-Keun Kim [2], Youngwoo Choi [3], Hae-Sim Park [4]	Allergology International 73(2): 302-312
6	Cannabinoid receptor 2 as a regulator of inflammation induced oleoylethanolamide in eosinophilic asthma Eun-Kyung Kwon [1], Youngwoo Choi [2], Soyoon Sim [3], Young-Min Ye [3], Yoo Seob Shin [3], Hae-Sim Park [3], Ga-Young Ban [4]	Journal of Allergy and Clinical Immunology 153(4):998-1009
7	3D bioprinting of stromal cells-laden artificial cornea based on visible light-crosslinkable bioinks forming multilength networks Gyeong Won Lee [1], Ajeesh Chandrasekharan [1], Subhadeep Roy [2], Akash Thamarappalli [2], Binapani Mahaling [2], Hyeseon Lee [1], Keum-Yong Seong [1], Sourabh Ghosh [2], Seung Yun Yang [1]	Biofabrication 5;16(3) 35002
8	Enhanced Dural Repair Using Biodegradable Sealants Based on Photocurable Hyaluronic Acid Hyeseon Lee [1], Sijoon Lee [2], Keum-Yong Seong [1], Subin Kang [1], Min-Soo Seo [3], Su Ryon Shin [4], Kyoung Hyup Nam [5], Seung Yun Yang [1]	Macromolecular Bioscience 24(4) e2300359
9	Impact of the Oral Administration of Polystyrene Microplastics on Hepatic Lipid, Glucose, and Amino Acid Metabolism in C57BL/6Korl and C57BL/6-Lepe^{m1hwl}/Korl Mice by Yujeong Roh [1], Jieun Kim [1], Heejin Song [1], Ayun Seol [1], Taeryeol Kim [1], Eunseo Park [1], Kiho Park [1], Sujeong Lim [1], Suha Wang [1], Youngsuk Jung [2], Hyesung Kim [3], Yong Lim [4] and Daeyoun Hwang [1]	International Journal of Molecular Sciences 25(9):**4964**
10	Association Between Cytokeratin 19-Specific IgG and Neutrophil Activation in Asthma Detection Quang Luu Quoc [1], Thi Bich Tra Cao [2 3], Sungbaek Seo [4], Beum-Soo An [4], Dae Youn Hwang [4], Youngwoo Choi [5], Hae-Sim Park	Allergy Asthma & Immunology Research 16(4), 353-371
11	Identification of acrolein as a novel diagnostic odor biomarker for 1,2,3-trichloropropane-induced hepatotoxicity in Sprague Dawley rats Ji Eun Kim # 1, Tae Ryeol Kim # [1], Hee Jin Song [1], Yu Jeong Roh [1], Ayun Seol [1], Ki Ho Park [1], Eun Seo Park [1], Kyeong Seon Min [1], Kyu-Bong Kim [2], Seung Jun Kwack [3], Young Suk Jung [4], Dae Youn Hwang [1]	Toxicological Research 40, 639-651
12	Microbead-Based Colorimetric and Portable Sensors for Polyphenol Detection Suhui Jeong, So Young Kim, Hwain Myeong, Eun-Kyung Lim, Sung-Min An, Huiling Liang, Krishna K. Shrestha, Md Salah Uddin, Youngsuk Kim, Pyong-In Yi, Beum-Soo An*, Sungbaek Seo*	ACS Omega 9(34) 35999-36857

참여교수 연구성과 / 특허 (2024. 3. 1 - 2024. 8. 31)

연번	발명의 명칭
1	속 빈 하이드로젤 마이크로입자 제조 방법, 속 빈 하이드로젤 내에 세포를 담지시키는 세포 캡슐화 방법 및 하이드로젤 마이크로입자 제조 장치

EVENT & WORKSHOP

BK21 FOUR 5차년도 참여대학원생 1차 간담회

바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 5차년도 BK사업 참여, 지원대학원생을 대상으로 1차 간담회를 2024년 5월 16일(목)에 개최하였다. 4차년도 대학원 혁신실에서 진행한 비교과 프로그램 참여 확인 및 실적 공유 그리고 향후 BK21 사업 진행에 있어 필요한 업무 사항 및 역량에 관해 박소해 계약교수(신진연구인력)가 발표하였다.





제8회 대학원생 산학협력 활성화를 위한 워크숍

바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 2024년 7월 17일(수) ~ 18일(목) 제8회 대학원생 산학협력 활성화를 위한 워크숍을 대구보건대학 보현연수원에서 개최하였다. ㈜유한양행 김문섭 부장은 고령 친화형 제품 개발 시장 및 동향에 관하여 ㈜영케미칼 박재현 차장은 고령적학 하이드로 콜로이드로 예측하는 창상피복제 시장의 변화에 대하여 강연하였으며 ㈜휴비스에 재직하고 있는 바이오소재과학과 BK사업팀에 참여하였던 박준우 졸업생은 사회 초년생일 알아야 구직요건에 대해 강연하였다.

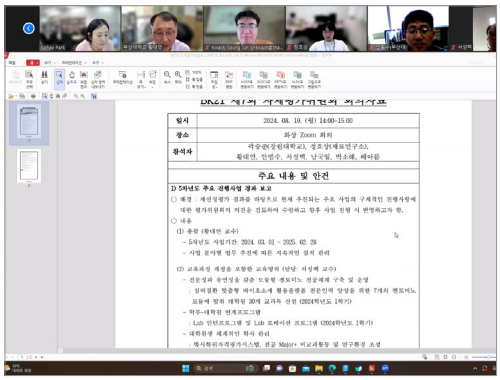
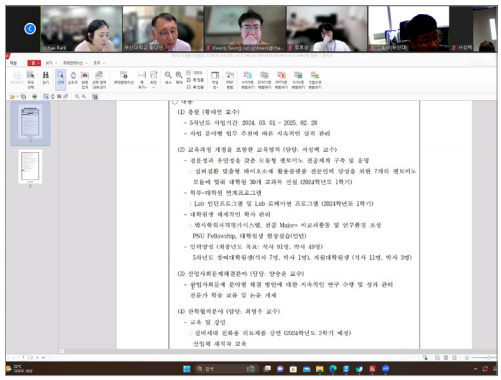




EVENT & WORKSHOP

BK21 FOUR 5차년도 사업팀 1차 자체평가회의

바이오소재과학과 BK21 FOUR 사업단(팀) 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 5차년도 1차 자체평가회의를 2024년 8월 19일(월)에 개최하였다. 자체평가위원회는 외부위원 곽승준 교수(창원대학교) 정호상 연구원(한국재료연구원)이 참석하여 5차년도 주요 진행사업 경과 보고 및 향후 사업 진행에 관하여 논의하였다.

㈜덴티스 MOU체결

바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성팀에서는 2024년 8월 29일 국내 우수 임플란트기업인 ㈜덴티스와 실버질환 맞춤형 소재를 기반으로한 의약외품분야의 협력을 위한 업무협약(MOU)를 체결하였다. 이번 협약은 BK21사업팀 황대연 단장과 ㈜덴티스 심기봉 회장간에 체결되었으며, 향후 정보교환 및 상호협력, 기술교류 및 공동연구, 전문인력 양성 및 취업 등을 위하여 상호협력하기로 하였다. 이를 통하여 바이오소재과학과 BK21사업팀은 치과재료분야에 실버질환 맞춤형 소재의 인재 양성과 연구를 확대해 나가고자 한다.





FUTURE SCHEDULE

BK21 FOUR 5차년도 참여대학원생 2차 간담회

• 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 5차년도 참여대학원생을 대상으로 2차 간담회를 진행할 예정이다. 5차년도 사업성과 및 대학원혁신실에서 진행하는 비교과프로그램 참여 확인, 실적 공유 그리고 향후 BK21 사업 진행에 있어서 필요한 업무 사항, 필요 역량에 대해 발표할 예정이다.

해외연구실공동연구

• BK21 FOUR 국제공동연구의 학술 및 연구의 질적 향상을 강화하고자 참여 대학원생을 선발하여 지원하는 프로그램으로 2024년 12월 중으로 해외 연구기관과의 국제협력 기반을 조성하고 해외 연구실 공동연구를 통하여 최신 연구동향을 분석하고 연구자와의 교류를 수행할 예정이다.

제9회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍

• 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀 제9회 대학원생 연구능력 향상을 위한 워크숍을 2025년 1월에 진행할 예정이다.

BK21 FOUR 5차년도 사업팀 2차 자체평가회의

• 바이오소재과학과 BK21 FOUR 실버질환 맞춤형 바이오소재 활용플랫폼 혁신 인력양성팀에서는 2차 자체평가회의를 자체평가위원회 외부위원 곽승준 교수(창원대학교)와 정호상 연구원(한국재료연구원)이 참석하여 5차년도 연구실적 및 자체평가에 관하여 논의할 예정이다.