『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)
교육연구팀 자체평가보고서

<table>
<tr><td>접수번호</td><td colspan="8">4299990914148</td></tr>
<tr><td>사업 분야</td><td>응용과학</td><td>신청분야</td><td>응용생명</td><td>단위</td><td>지역</td><td>구분</td><td colspan="2">교육연구팀</td></tr>
<tr><td rowspan="4">학술연구분야
분류코드</td><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2">관련분야</td><td colspan="2">관련분야</td><td colspan="2">관련분야</td></tr>
<tr><td>중분류</td><td>소분류</td><td>중분류</td><td>소분류</td><td>중분류</td><td>소분류</td></tr>
<tr><td>분류명</td><td>고분자공학</td><td>생체/의료용 고분자</td><td>재료공학</td><td>의학재료</td><td>약학</td><td>생물약학</td></tr>
<tr><td>비중(%)</td><td colspan="2">40</td><td colspan="2">40</td><td colspan="2">20</td></tr>
<tr><td>교육연구팀명</td><td colspan="8">국문) 실버질환 맞춤형 바이오소재 인력양성사업
영문) Human Resource Training Program for Biomaterials Customized to Silver Generation Diseases</td></tr>
<tr><td rowspan="5">교육연구팀장</td><td colspan="2">소 속</td><td colspan="6">부산대학교 생명자원과학대학 바이오소재과학과</td></tr>
<tr><td colspan="2">직 위</td><td colspan="6">헬스테크놀로지과정 전공주임</td></tr>
<tr><td rowspan="3">성명</td><td>국문</td><td colspan="2">황대연</td><td>전화</td><td colspan="3">XXXXXXXXX</td></tr>
<tr><td rowspan="2">영문</td><td colspan="2" rowspan="2">Dae Youn Hwang</td><td>팩스</td><td colspan="3">XXXXXXXXXXX</td></tr>
<tr><td>이동전화</td><td colspan="3">XXXXXXXX</td></tr>
<tr><td colspan="3">E-mail</td><td colspan="3">XXXXXXXXXXXXXX</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별
총 사업비
(백만원)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차년도
('20.9-'21.2)</td><td>2차년도
('21.3-'22.2)</td><td>3차년도
('22.3-'23.2)</td><td>4차년도
('23.3-'24.2)</td><td>5차년도
('24.3-'25.2)</td><td>6차년도
('25.3-'26.2)</td><td>7차년도
('26.3-'27.2)</td><td>8차년도
('27.3-'27.8)</td></tr>
<tr><td colspan="2">국고지원금</td><td>92</td><td>184</td><td>184</td><td>184</td><td>184</td><td>184</td><td>184</td><td>184</td></tr>
<tr><td colspan="3">총 사업기간</td><td colspan="6">2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)</td></tr>
<tr><td colspan="3">자체평가 대상기간</td><td colspan="6">2020.9.1.-2021.8.31.(12개월)</td></tr>
</table>

본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』 사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.

2021년 9월 15일

작성자	교육연구팀장	황 대 연 (인)
확인자	부산대학교 산학협력단장	최 경 [illegible] (인)

<자체평가 보고서 요약문>

<table>
<tr><td rowspan="3">중심어</td><td>실버질환</td><td>맞춤형</td><td>바이오소재</td></tr>
<tr><td>글로벌 교육</td><td>창의적 교육</td><td>융합교육과정</td></tr>
<tr><td>문제해결중심</td><td>환류체계</td><td>지역연계산업교육</td></tr>
<tr><td>교육연구팀의 비전과 목표 달성정도</td><td colspan="3">○ 본 교육연구팀은 고령화시대의 사회적, 산업적 문제해결에 대한 시대적 요구사항을 충족하고 바이오소재분야 4대 인재를 양성하기 위하여 “실버질환 맞춤형 바이오소재 개발을 주도할 창의적 연구역량과 글로벌 소양을 갖춘 우수한 실무인력의 양성을 통하여 바이오소재분야의 세계 100위 대학원 진입” 을 비전으로 설정하였음.
- 인력양성목표는 초일류 바이오소재 전문인력을 양성하는 것으로 총 사업기간(8년)동안 석사 75명, 박사 34명, 신진연구인력 10명 양성을 설정함. 1차년도(2021년 9월부터 2021년 8월까지)에는 석사과정 10명, 박사과정 8명, 신진연구인력 2명 양성의 실적을 달성하였음
- 교육성과목표는 참여대학원생들에게 실버질환 맞춤형 바이오소재 전문인력양성 프로그램을 지원함으로써 최종년(2028)도 기준으로 대학원생 1인당 논문환산 편수는 0.37편, 1편당 환산보정 IF는 0.18을 설정함. 1차년도(2021년 9월부터 2021년 8월까지)에는 대학원생 1인당 논문환산 편수는 0.351편, 1편당 환산보정 IF는 0.281의 실적을 달성하였음.
- 연구성과목표는 연구의 질을 제고하기 위하여 최종년(2028)도 기준으로 참여교수 1인당 논문환산 편수는 1.87편(1년차: 1.70), 1편당 환산보정 IF는 0.091(1년차: 0.083), 연구비수주는 300백만원(1년차: 274백만원)로 설정함. 1차년도(2021년 9월부터 2021년 8월까지)에는 참여교수 1인당 논문환산 편수는 1.77편, 1편당 환산보정 IF는 0.201, 연구비수주는 309백만원의 실적을 달성하였음.
- 국제화목표는 매년 참여대학원생에게 선진대학에 단기해외연수를 지원하여 해외연구실공동연구 20건, 대학원생 국제학술대회 발표 28건, 참여교수 국제공동논문 20건을 설정하였음. 1차년도(2021년 9월부터 2021년 8월까지)에는 해외연구실과의 공동연구 0건, 대학원생 국제학술대회 발표 6건, 해외공동연구 3건의 실적을 달성하였음.</td></tr>
<tr><td>교육역량 영역 성과</td><td colspan="3">○ 교육과정 구성 및 운영: 바이오소재 4대 인재상(창의, 글로벌, 융합형, 실무형 인재)의 양성을 위해, 실버질환 맞춤형 교육과정의 신설, 학부생 Lab인턴프로그램의 구축, 학생중심의 석사교육과정 설계제도 구축, 박사과정의 질적 고도화를 위한 박사학위자격평가 시스템 도입 등 중점목표를 달성하기 위한 기초인프라 구축을 성공적으로 추진함으로서 참여대학원생의 심화연구 능력향상과 전문기술 습득을 위한 기반을 마련하였음. 노인의학특론 등 8개 교과목이 대학원교육과정에 2021년 3월부터 신설되었고, 21명의 학생이 Lab인턴에 참여하였으며, 4명의 박사과정 학생이 새롭게 도입된 박사학위자격평가시스템에 1차적으로 참여하는 등 교육인프라 구축이 계획적으로 추진되고 있음. 또한, 참여대학원생들은 사회문제 해결과 관련된 3건의 Innovation Course에 참여하여 미세플라스틱 저감화기술 및 위해성평가(최윤주 외), 새로운 천연물기원 광노화 치료제 발굴 및 효능평가(박준우 외), 해상수산물인 감태추출물의 항암제로서 개발가능성 연구(공정은 외) 등을 성공적으로 수행하였음.
○ 인력양성 계획 및 지원: 인력양성은 석사과정 대학원생(10명)과 박사과정 대학원생(8명)을 양성하였고, 석사1명과 박사1명을 배출하였음. 우수대학원생 확보를 위해, 학</td></tr>
</table>

	학부생(18명)의 졸업논문제도와 BAF학술제(2020.11.19)를 통한 진학동기를 성공적으로 유발하였고, SOS캠프(2021.6.3)를 통하여 대학생들과의 의사소통의 장을 마련하였음. 우수대학원생 지원을 위해, 멘토링프로그램(2건)을 통하여 학문후속세대의 강의역량을 강화하였고, PNU-Fellowship 선정, 우수박사수료생 지원사업 선정, 글로벌 연구역량강화를 위한 연구조교 선정 등을 지원하였으며, 학습컨설팅(MLST-II검사), 핵심역량 진단, 영어논문 작성 등 **다양한 비교과프로그램을 통하여 연구력 향상**을 도모하였고, 신진연구인력 1명을 선발하여 운영함으로서 시너지효과 창출에 기여하고 있음. - 참여대학원생의 우수연구 성과로서, 임상구 박사과정 학생은 마이크로니들의 표면적을 극대화 시킨 나노다공성 마이크로니들 패치를 이용하여 임신중독증과 관련된 3종의 바이오마커를 이용하여 새로운 진단법을 개발하여 2020년 9월에 **Biosensor and Bioelectronics (IF 10.257, Chemistry/Analytical 분야 1.16%저널)에 우수논문을 게재**함. 또한, 이수진 학생은 실버세대에 빈번하게 발생하는 광노화질환의 새로운 천연물치료제를 개발하고 효능을 평가하여 **2021년 5월에 Antioxidant (IF 6.312, Biomedical분야 9.52%)에 우수논문을 게재**함. - 당해연도 사업기간 동안 참여대학원생은 화살촉 형상의 마이크로니들 등 2건의 특허출원에 참여하였고, ㈜에스엔비아에 기술이전에도 참여하여 실적이 우수하며, 국내 혹은 국제학술대회에서 총 22명의 참여대학원생이 연구결과를 발표(구두발표 3건, 포스터발표 19건)하여, 연구장학생 선정(2건) 및 우수포스터상(2건) 등으로 선정되었음. ○ **신진연구인력 운영**: 신진연구인력 2명을 고용하여 **안정적 연구 활동을 지원**하기 위하여 인프라 지원, 연구인센티브 지급 등 **제도적인 장치를 마련**하였고, 학문후속세대 강의역량강화를 위한 멘토링사업(2건)에 참여하였음. 1차년도 **신진연구인력 1인**은 이러한 지원을 바탕으로 **인제대학교 식품영양학과 교수로 임용되는 성과를 달성**하였음.
연구역량 영역 성과	○ **연구역량 실적**: 참여교수진은 **1인당 환산편수 1.77(1차년도 목표: 1.7), 1편당 환상보정 IF 0.201(1차년도 목표: 0.083), 평균 연구비 수주액 308백만원(1차년도 목표: 274백만원)을 달성하였음. 1인당 특허등록 환산건수 1.25건, 기술이전액 25백만원을 달성**하였으며, 2020년 9월에 Biosensor and Bioelectronics (IF 10.257, Chemistry/Analytical 분야 1.16%저널)에 대표연구업적물이 게재되었음. 특히 환산보정 IF가 1이상인 논문이 9편으로 증가하여 논문의 질적 수준 향상을 위한 목표에 부합되도록 사업이 추진되고 있음. ○ **산업·사회에 대한 기여도**: 실버세대 다발성 질환의 원인규명을 통한 치료제개발 분야에서 **변비질환의 새로운 원인으로 보체C3단백질 결핍을 세계 최초로 규명**하였으며(FASEB J, 35(1):e21221), 노인성 가령취 억제 천연물 바이오소재 개발분야에서 감태로부터 확보된 추출물이 노령동물의 가령취를 효과적으로 억제함을 규명하여 고령화 시대의 산업 및 사회문제 해결에 기여하였음. 또한, 결핵백신분야에서 마이크로니들 백신패치의 유효성 및 안전성을 검증하고, **코팅형 마이크로니들 패치의 양산시스템 구축을 통해 결핵백신 마이크로니들 패치의 실용화 기술**을 개발이 성공적으로 진행되고 있으며, 3D바이오프린팅을 이용한 즉석 조직재생기술 개발분야에서는 조직모사 3D 바이오프린팅을 위한 고속 경화와 면역억제가 가능한 세포친화적 바이오잉크 개발을 통해 바이오산업 경쟁력 확보에 기여하고 있음. ○ **연구의 국제화 실적**: 참여교수진은 지난 1년간 국제 학술회의 수상 1건과 국제

	학술회의 초청강연, 좌장, 조직위원 등에 참여하였고, 국제학술지 편집위원, 리뷰어 등의 활동을 통하여 **연구의 국제화를 지속적으로 수행**하고 있음. 항암제 개발과 3D프린팅용 잉크개발을 위한 국제공동연구를 인도(India Institute of Technology Delhi), 중국(Henan University) 등과 추진하고 있음. 국제공동연구를 확대하기 위해, **연구자(포스트닥) 교류 프로그램 실시(1회), 해외 연구자 초청강연(2회), 국제공동연구 실적(SCI논문 3편) 등의 실적을 달성함.**
달성 성과 요약	○ 인력교육양성: 석사과정생 10명(최종 75명), 박사과정생 8명(최종 34명), 신진연구인력 2명(최종 10명) ○ 대학원생 연구역량: 1인당 논문환산편수: 0.351(최종 0.37), 1편당 환산보정 IF: 0.281(최종 0.18) ○ 교수 연구역량: 1인당 논문환산편수: 1.77(1차년도 1.70), 1편당 환산보정 IF:0.201 (0.083), 1인당 국책연구비 수주 : 308백만원(1차년도 274백만원) ○ 국제화역량: 대학원생 해외연구실공동연구 : 0건(최종 20건), 대학원생 국제학술대회발표: 6건, 교수 국제공동논문 : 3건(최종 20건) ※ (괄호안)은 최종 혹은 1차년도 목표치를 나타냄.
미흡한 부분 / 문제점 제시	○ 국제화분야의 대학원생 해외연구실공동연구 달성 미흡 **최근 코로나환자의 급증**으로 인해 외국과의 교류가 침체하여 참여대학원생의 해외연구실공동연구는 수행하는 것이 **현실적으로 불가능하여 달성**이 어려울 것으로 사료되어 적절한 차선책이 필요할 것으로 판단됨. ○ 연구역량 영역에서 **논문환산편수 계산방식 변경**으로 직접 비교 어려움. 대학원생 및 참여교수의 1편당 환산보정 IF는 계획서 제출당시 계산방식이 최근에 온라인시스템(JCR)의 변경으로 인하여 직접적인 비교가 불가능하여 향후에는 새롭게 개편된 계산방식을 적용하여 실적자료를 산출하고자 함
차년도 추진계획	**○ 교육역량 영역** - 1차년도 사업실적을 기반으로 차년도에는 **실버질환 맞춤형 교과목 신설, Lab 인턴프로그램 구축, 학생중심의 석사과정교육과정 설계제도 마련, 박사과정의 질적 고도화를 위한 박사학위자격평가 시스템 도입** 등의 내실화를 추진하고자 함. - **대학원생의 연구 수월성 증진 및 국제화**를 위해, 석·박사과정 참여대학원생에 정기적인 장학금 지급, 우수박사수료생 연구지원, 글로벌 연구역량 강화를 위한 연구조교 지원, PNU-Fellowship과정 지원, Innovation Course 참여지원, 해외 우수연구기관에서의 단기연수(매년 500만원) 지원, 국제학술대회(최대 150만원) 참석 지원, 연구의 질을 높이기 위한 성과급 제도(분야별 상위 10% 논문 및 IF합계 우수자에게 100만원 지급) 도입 등을 추진하고자 함. - 신진연구인력의 안정적 연구 활동과 후속세대 양성을 위한 프로그램을 지속적으로 지원함으로서 인력 배출을 촉진하고자 함. **○ 연구역량 영역** - 참여교수의 연구목표 달성을 위해, 논문, 연구비수주 등 추진 목표 및 현황 등에 대한 **분기별 모니터링을 통한 관리전략을 수립하여 추진**하고, 실버질환 맞춤형 소재의 원천기술 확보, 국제인증 연구인프라를 활용한 비임상 기초연구 고도화, 인체시료를 활용한 임상 응용연구 확대, 저명 해외 연구자 및 연구기관과의 **국제 공동연구 활성화를 추진**하고자 함. - 산업·사회에 대한 기여도 증진을 위해 1차년도 수행된 결과를 바탕으로 실버세대 다발성 장질환의 원인규명을 통한 치료제 개발, 노인성 가령취 억제 천연물 바이오소재 개발에 대한 연구를 추가적으로 수행할 예정이며, 마이크로니들 백신을

	개발하기 위한 실용화기술을 개발하고, 3D 바이오프린팅을 이용한 즉석 조직재생 기술을 개발하여 고령화시대의 산업 및 사회문제 해결에 기여하고자 함. - 연구의 국제화를 위해 국제활동을 지속적으로 수행하고, **국제공동연구를 확대**하기 위해, 벤치마킹한 외국 기관과의 국제협력 MOU 체결, 연구자 교류 프로그램 실시, 해외연구자 초빙 및 초청강연 등을 적극적으로 수행할 예정임.

Ⅰ 교육연구팀의 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구팀장의 교육・연구・행정 역량

성 명	한 글	황대연	영 문	Hwang Dae Youn
소 속 기 관	부산대학교 생명자원과학대학 바이오소재과학과			

1.1 교육팀장의 교육역량

○ 본 교육연구팀장인 황대연 교수는 2008년부터 12년 동안 부산대학교 바이오소재과학과에 재직하면서 우수한 석 · 박사 인력을 배출하였으며 현재 석사과정 4명, 박사과정 4명의 대학원생, PostDoc 1명을 확보하고 있음. 창의적 융합인재 양성을 위해 단과대학 내 5개 학과가 참여하는 헬스테크놀로지협동과정을 설립하고, 전공주임을 맡아 교육과정 확립, 학과 규정 신설 등을 성공적으로 추진하였음, 국내저서 · 역서 20편, 해외저서 3편을 발간하였고, 강의평가위원회 위원, 입학공정관리위원회 위원, 교수학습지원센터 운영위원회 위원 등을 역임하면서 대학교육에 대한 다양한 교육시스템 경력을 보유함.

구분	석사배출		박사배출	
	학생수	주요 취업처	학생수	주요 취업처
합 계	25명	한국화학연구원, 국립암센터, 대구첨단의료산업진흥재단 등	3명	한국기초과학지원연구원 등

1.2 교육팀장의 연구역량

○ 최근 3년간 SCI급 논문 53편, KCI급 논문 28편을 게재하는 등 연구수행을 위한 충분한 역량을 보유하고 있음. 발간한 논문 중에서 2018 ~ 20년에는 의학분야의 상위 10%이내 저널인 Science Advance (IF 12.084), Theranostics(IF 8.537), Journal of Clinical Medicine(IF 5.583), Antioxidnat(IF 4.52) 등에 우수논문을 게재하였으며, 파이토케미컬로 표면처리된 금나노입자 등 18건의 특허를 등록하였음.

구분	2018년		2019년		2020년	
	SCI급논문	KCI급논문	SCI급논문	KCI급논문	SCI급논문	KCI급논문
주저자	5	9	10	4	11	4
공저자	8	2	8	6	11	3
합 계	13	11	18	10	22	7

○ 연구수행에 필요한 정부연구과제, 산업체연구과제 등을 적극적으로 신청하여 2018년에는 425백만원, 2019년 389백만원, 2020년에는 538백만원의 연구비를 수주하였음. 또한, 산학협력연구를 위해 동국제약㈜(의약품 개발협력 연구), ㈜강림오가닉(혈행개선 융합제품개발 연구), ㈜알고비탈코리아(화장품 등 개발) 등 다양한 공동연구를 수행하여 우수한 성과를 달성하였음.

구분	2020년		2018년		2019년	
	수주건수	수주금액	수주건수	수주금액	수주건수	수주금액
합 계	5	538,618천원	5	425,293천원	3	389,333천원

1.3 교육팀장의 행정역량

○ 부산대학교에서 생명자원과학대학 부학장(2017-2019년), 바이오소재과학과 학과장, 헬스테크놀로지 협동과정 전공주임, 생명산업융합연구원 부원장 등을 역임하였고, 단과대학 내 청정실험동물센터장을 역임(2010년-현재)하면서 2013년 국립대학 최초로 AAALAC 국제인증을 획득하는 등 다양한 분야의 대학교육 행정역량을 갖추었음.

○ 식품의약품안전처에서 보건연구사/보건연구관으로서 12년을 재직하면서 대형국가과제관리, 행정조직관리, 법률제도관리 등에 대한 경험을 갖고 있어 행정처리에 대한 능동적 대처능력을 보유하고 있음.

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구팀 대학원 학과(부) 전임 교수 현황 (단위: 명, %)

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
바이오소재과학과	20년 2학기	6명	3명	50	
	21년 1학기	6명	4명	67	

<표 1-2> 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 교육연구팀 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1	해당없음				

<표 1-3> 교육연구팀 대학원 학과(부) 대학원생 현황 (단위: 명, %)

대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
바이오소재과학과	20년 2학기	10	5	50.0	12	4	33.3	0	0	0	22	9	40.9
	20년 1학기	8	5	62.5	13	4	30.8	0	0	0	21	9	42.9
참여교수 대 참여학생 비율													

2.1 교육연구팀 참여교수 증원

○ 본 사업팀에서는 대학원 교육프로그램의 원활한 운영, 대학원생의 직속적인 확보, 융합연구의 활성화, 연구성과의 극대화, 기업프로그램의 확대 등을 종합적으로 추진하기 위하여 **바이오소재과학과 서성백 교수를 2021년 1월부터 BK21 FOUR사업 참여교수로 추가**하였음.

- 서성백 교수는 최근 3년동안 SCI급 논문 16편을 게재하는 등 우수한 연구성과를 달성하고, 석사과정 3명의 대학원생을 보유하고 있으며, 3개의 정부과제를 수행하고 있어 교육연구팀에 크게 기여할 것으로 판단함.

○ 참여교수의 증원을 통하여 본 교육연구팀은 바이오분야 참여교수 2명(황대연, 안범수)와 고분자분야 참여교수 2명(양승윤, 서성백)으로 보다 효율적인 연구팀으로 개편되었으며, **바이오소재과학과 내에 전체 6명의 교수 중 60% 이상인 4명이 BK21 FOUR사업에 참여**하게 되어 **우수한 시스템으로 도약하는 발판을 마련**하였음.

2.2 신진연구인력 채용

○ 1차년도 신진연구인력의 양성을 위하여 사업팀 전담 계약교수로 장미란 박사를 채용하였음. 채용된 장미란 박사는 덕성여자대학교 식품영양학과를 졸업하고 동 대학원에서 석사와 박사를 마치고 미국

퍼듀대학교에서 기능성 소재를 이용한 연구를 수행하여 우수한 연구성과를 도출하였으며, 경인여자대학교.,에서 2012-2013년에 시간강사를 경험한 경력을 보유하고 있음. 채용 이후 노인성 질환의 치료에 유용한 새로운 소재인 꼬마선충을 이용하여 발굴 및 작용기전 연구, 참여교수와의 공동연구 전략 수립, 정부연구과제 신청, 사업단 홈페이지 구축, 사업단 워크샵 추진, 사업단 행정편람 제작 등의 업무를 수행함. **2021년 3월부터 인제대학교 식품영양학과 교수로 채용되어 정규직으로 취업**함.

○ 2차년도 신진연구인력의 양성을 위하여 사업팀 **전담 계약교수로 박소해 박사를 채용**하였음. 채용된 박소해 박사는 계명대학교 식품영양학과에서 학사와 석사를 졸업하고 부산대학교 식품영양학과에서 박사학위를 취득하여 부산대학교 노인생활연구소, 김치연구소, 웰빙제품연구센터 등에서 연구원으로 근무한 경력이 있으며, 부산대학교 식품영양학과에서 시간강사를 수행한 경험이 있음. 채용 이후 천연물의 성분분석이나 약물 전달과정에서 약물 분석 등의 공동연구를 수행 중이며, 정부연구과제 신청, 연구성과 모니터링 시스템 구축, 사업단 기업워크샵 추진, 연차보고서 작성 등의 업무를 수행하고 있음.

2.3 학생참여인력 현황

○ 1차년도에는 전체대학원생 22명 중 9명이 참여하여 40.9%의 참여율로 사업팀을 운영하였음. **석사과정 학생은 총 10명의 학생 중에서 5명이 BK21FOUR사업에 참여**하여 50%의 참여율을 나타내었고, **박사과정 학생은 총12명의 학생 중에서 4명이 참여**하여 33.3%의 참여율을 나타냄. 따라서 예산부족으로 인하여 전체 학생에 비하여 참여학생이 적은 상황으로 향후 예산을 증액한다면 참여학생을 늘릴 예정임

○ 2차년도에는 전체대학원생 21명 중 9명이 참여하여 42.9%의 참여율로 사업팀을 운영하였음. **석사과정 학생은 총 8명의 학생 중에서 5명이 사업에 참여**하여 62.5%의 참여율을 나타내었고, **박사과정 학생은 총13명의 학생 중에서 4명이 참여**하여 30.8%의 참여율을 나타냄. 학생 참여현황은 1차년도와 매우 유사한 상황임.

2.4 행정전담인력 채용

○ 1차년도부터 사업단의 **예산 및 행정업무를 전단하는 인력을 채용하여 운용** 중임. 예산 부족으로 인하여 전일제 인력을 고용하지 않고 시간제 인력을 고용하여 효율성을 극대화하고 있으며, 고용된 배아름 선생은 사업팀의 공문서 수발, 예산편성 및 집행, 홈페이지 관리, 비교과프로그램 신청지원 업무 등을 수행하고 있으며, 사업팀 사무실의 운영관리 업무도 수행 중임.

3. 교육연구팀의 비전 및 목표 달성정도

3.1 교육연구팀의 비전 및 목표(교육, 연구, 국제화 등) 대비 실적

○ 본 교육연구팀은 고령화시대의 사회적, 산업적 문제해결에 대한 시대적 요구사항을 충족하고 바이오소재분야 4대 인재를 양성하기 위하여 **"실버질환 맞춤형 바이오소재 개발을 주도할 창의적 연구역량과 글로벌 소양을 갖춘 우수한 실무인력의 양성을 통하여 바이오소재분야의 세계 100위 대학원 진입"** 을 비전으로 설정하였음.

1) 인력양성목표는 초일류 바이오소재 전문인력을 양성하는 것으로, 총 사업기간(8년)동안 **석사 75명, 박사 34명을 배출하고, 신진연구인력 10명**을 양성하는 것으로 설정하였음. 2021년 9월부터 2021년 8월까지 1차 년도에는 **석사과정 10명, 박사과정 8명, 신진연구인력 2명의 실적을 달성**하였음

2) 교육성과목표는 참여대학원생들에게 실버질환 맞춤형 바이오소재 전문인력양성 프로그램을 지원함으로써 최종년(2028년)도 기준으로 대학원생 **1인당 논문환산 편수는 0.37편, 1편당 환산보정 IF는 0.18**을 설정하였음. 2021년 9월부터 2021년 8월까지 **대학원생 1인당 논문환산 편수는 0.351편, 1편당 환산보정 IF는 0.218을 달성**하였음.

3) 연구성과목표는 연구의 질을 제고하기 위하여 최종년도(2028년) 기준으로 참여교수 **1인당 논문환산편수는 1.87편(1차년도 1.7), 1편당 환산보정 IF는 0.091(1차년도 0.083), 연구비수주는 300백만원(1차년도 274백만원)**을 목표로 설정하였음. 2021년 9월부터 2021년 8월까지 1차년도에는

참여교수 1인당 논문환산 편수는 1.77편, 1편당 환산보정 IF는 0.201, 연구비수주는 309백만원의 실적을 달성하였음.

4) 국제화목표는 매년 참여대학원생에게 선진대학에 **단기해외연수를 지원하여 해외연구실 공동연구 20건(2028년)**을 달성하고, **28명의 대학원생에게 1인당 150만원**을 지원하여 **대학원생 국제학술대회 발표 28건(2028년)**을 설정하였음. 2021년 9월부터 2021년 8월까지 1차년도에는 **해외연구실과의 공동연구 0건, 대학원생 국제학술대회 발표 6건의 실적을 달성**하였음.

3.2 저명대학 벤치마킹 대상과의 비교 분석을 통한 우수교육프로그램 시스템 도입

○ 본 교육연구팀이 지향하고 있는 비전과 목표에 적합한 교육과정/학사관리 체계를 가지며, 연구분야가 유사한 세계 우수 대학원을 선정・분석하고, 교육과정/학사관리를 벤치마킹하고자 함. 이를 위해 **미국의 워싱턴대학, 캐나다 토론토대학, 퍼듀대학교를 벤치마킹 대학으로 선정하고 분석**하였음.

1) **워싱턴 대학교 바이오공학** 대학원의 경우, **대학원생의 관련분야 최초진입 및 진로설계에 대한 가이드라인을 구체적으로 제시**하고 있음. 아래 그림과 같이 학위과정의 범위와 기술분야(생체적합성 임플란트, 종이기반 진단기술, 바이오센서, 스마트 치료기술 등)를 구체적으로 제시함으로써, 대학원생이 진로설계에 대해서 입체화하도록 교육하고 있음. 대학원 프로그램만의 연보(annual report)를 발간함으로써, 대학원생의 연도별 추이, 교육과정의 변화, 연구비, 연구논문 실적 추이를 한 눈에 바라볼 수 있도록 하고 있음. Graduate Research Day와 같은 단순한 워크샵 형태가 아닌 대학원생과 교수와의 소통 활로를 만들고, 대학원 교과과정 및 학사관리를 소개시켜줌으로서 대학원 생활을 원활하게 해주고 있음.

2) **토론토 대학교** 바이오소재/의생물공학 대학원의 경우, **석사 학위과정을 학문(Research, 2년) 위주와 취업산업(Professional, 1년) 으로 구분하여 운영**하고 있음. 공동연구 특화된 자격증을 취득하게 함으로써, 추후 취업에 도움이 되도록 하고 있음

3) **퍼듀대학교**의 의생공학 대학원 교육과정을 살펴보면, **PhD qualifying procedure를 세분화함** (Phase I: 대학원생 포트폴리오 평가 - Phase II: 학위과정간 연구계획 미팅 - Phase III: 예비학위과정시험)으로써 체계적인 교육과정이 이루어지도록 구성되어 있음

4) **하버드 의과대학**의 박사과정 프로그램에서는 Bootcamp형태의 신입생 교육기간을 별도로 설정해 놓으며, **교수의 진로설계인터뷰 - 수업활동 - 실험실 로테이션 - 조교경력 - 실험실 결정의 단계를 거치게 구성**되어 있음. 개인별 경력 플랜 form을 작성하여, 지도교수와 상의를 거쳐 대학원생 개개인의 경력개발이 체계적으로 가이드하게 됨.

○ 이러한 벤치마킹 자료를 기반으로 본 교육연구팀에서는 학부생 Lab 인턴프로그램 구축, 학생중심의 석사과정교육과정 설계제도 마련, 박사과정의 질적 고도화 시스템을 확립하였음.

1) **학부생의 Lab 인턴프로그램 구축 및 운영**은 학부생의 대학원 진로를 유도하고, 우수 연구인력을 확보하기 위한 Lab 인턴프로그램 구축하고, 타임라인 가이드라인을 통하여 프로그램을 체계적으로 운영하고자 함. 이를 위해, 연구실 소개(2개월 로테이션 프로그램을 통해 연구실을 경험하도록 함), 연구실 선정 (선정을 위한 선배와의 멘토링, 자료 제공), 졸업연구논문 과정 (실험에 대한 흥미, 가치를 유발하여 동기부여 제공), 졸업연구논문 결과 발표 (실험/연구에 대한 자신감 향상 및 성취감 고취), 대학원 인턴 및 진학 (선정된 연구실에 대학원생 프로젝트를 공동으로 진행) 등의 순서로 운영하고자 시스템을 2020년 하반기(1차년도)에 확립하였음. 2020년 겨울방학에는 10명, 2021년 여름방학에 11명의 인턴 학생들이 프로그램에 참여하여 성공적으로 수행되고 있음. 또한, 단과대학에서 추진하는 썸머/윈터스쿨도 활용하여 2020년 겨울방학에는 9명, 2021년 여름방학에 11명의 학생들이 프로그램에 참여함.

2) **학생중심의 석사과정교육과정 설계제도 마련**은 학생 스스로가 희망하는 진로에 기반하여 대학원 석사과정 플랫폼을 설계할 수 있도록 학생중심의 석사교육과정플랫폼을 연계심화과정 플랫폼과 실무형인재양성 플랫폼으로 세분화하는 시스템을 2020년에 확립하였음. 현재 2021년 2학기부터 석사과정 학생들이 플랫폼을 선정할 예정이며 이에 따라 진로설계 프로그램을 운영할 예정임.

3) **박사과정의 질적 고도화를 위해 박사학위자격평가 시스템을 도입**하기 위하여 프로그램을 2020년(1차년도)에 확립함.

- 학위자격평가 시스템을 도입하여 **stage Ⅰ(진로설계평가)**: 박사학위 대학원생의 포트폴리오(연구기술에 대한 테크닉, 지식기반으로 향후진로 설계, 커리어 계발) 작성 및 지도하고, **stage Ⅱ(박사학위 연구주제 계획발표 및 모니터링)**: 학위, 주제 선정배경, 필요성, 실험계획, 예상성과 결과, 과학적 가치 등에 대한 발표 및 지도, 연차별 연구진행상황 리포트 작성 및 발표-커미티와 상의하여 연구주제계획에 대한 진행상황을 점검 모니터링하고 지도하도록 확립함. **stage Ⅲ(박사학위 연구결과 발표)**: 연구설계 타당성, 연구결과의 과학적 해석, 연구결과의 가치, 의미, 논문작성의 적절성, 발표능력에 대한 피드백을 실시하고, 진로 설계평가와 연관된 학위논문 결과를 연계한 대학원생 지도. 향후 본인의 진로 계획에 대해 코칭 및 상담을 실시하도록 확립함
- 2021년도 1학기에 **박사과정 대학원생**(김민재, 김다솜, 김소담, 이혜선) **4명에 대한 평가 커미티를 구성**하여 (바이오 1명, 소재 1명, 외부 1명 : 총 3명) **연구계획에 대한 발표**를 실시하여 자격평가를 완료함.

3.3 국제공동연구 성과 달성을 위한 애로 사항

○ 2019년부터 현재까지 국내·외적으로 COVID-19 급격한 확산과 장기화로 외국과의 지속적인 교류가 중단되어 국제화 부분의 대학원생 국제공동연구 성과가 미비함. 참여대학원생이 외국의 기관에 15일 이상 방문하는 단기해외연수는 현실적으로 불가능한 상황임. 2020년에는 자가격리기간 14일을 준수하는 문제 등으로 불가능했다면 2021년에는 델타바이러스 변종이 전세계적으로 유행하면서 학생의 안전과 방문기관의 거부 등으로 인해 어려움을 겪고 있음. 따라서 이러한 문제는 모든 사업팀에서 공통적으로 직면한 문제이므로 평가에서 제외하는 것이 합리적인 방안으로 사료됨. 혹은 다른 성과지표를 대안으로 일괄적으로 제시하여 줄 필요가 있을 것으로 사료됨.

Ⅱ 교육역량 영역

□ 교육역량 대표 우수성과

○ 참여교수 교육대표실적: 서성백 교수의 “대학원 혁신수업모델 개발”

1) 대학원 혁신수업모델의 창의성 · 혁신성

- BK21 FOUR 대학원혁신 사업인 “대학원 혁신수업모델 개발- 혁신수업모델 개발을 통한 체계적 교수학습 기반 제공” 프로그램을 통해 학문초월적인 대학원 수업모델을 제시하였음. (2021년 07월)
- 본 교육연구팀의 대학원 교과과정은 생물학(Biology)과 소재학(Materials)의 각 학문별 교과과정을 기본적으로 다루고 있으나 실제 연구 현장에서는 학문의 경계를 넘나드는 지식을 요구함에 따라 학문의 영역을 뛰어넘는 학문초월적(Transdisciplinary) 교육이 요구됨에 따라 혁신수업모델을 제시하고자 함.
- 초학문 사전(Transdiciplinary-pedia*)라는 수업모델을 제안함으로써, 생물학과 소재학의 학문영역을 가로지르는 수업의 방향성을 가지며, 코로나19 상황에 맞게 온라인으로 학습 가능한 형태의 혁신적 수업모델을 제시함.
  *초월적 학문이해를 바탕으로 pedia(수업 참여자가 온라인으로 지속적으로 편집 가능한 사전)의 개념을 갖고 있는 수업 형태임.
- 온라인 플랫폼을 이용한 체계적인 수업모델로 팀별 과제(Team Based-Learning)를 부여하여 피교육자가 가진

정보를 업데이트하여, 상호간의 초월적 지식을 만들어 나가도록 하며, 교육자의 피드백을 통하여 올바른 정보 및 지식 공유가 가능 하도록하는 수업으로 위키피디아(WIKIpedia)와 같은 편집이 가능한 온라인 플랫폼은 개개의 사람이 알고 있는 정보를 보완해 가며 지식을 완성해 갈 수 있도록 하며, 기존의 플랫폼을 활용하여 개인별 편집과 정보의 공유가 가능하고, 웹 공간에서 공유되거나 완성도가 높은 지식 정보가 완성되었을 때는 인증된 수상을 하는 형태로 동기부여를 가지게 됨.

- 예를 들어, " 생체이식형 천연고분자 "라는 테마를 갖고, 생물학쪽 학생들은 생체이식을 위한 필수 지식정보를 올리고, 재료쪽 학생들은 고분자 소재의 지식을 보완하는 형태로 서로의 학문영역을 허물어가며, 학습해 가는 형태임.

2) 교육대표실적과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

- 본 연구팀의 다양한 교과목들은 학문 영역이 겹치고, 서로의 영역을 이해하지 못하면, 해당 분야에 적합한 연구개발이 이루어 질 수 없음. 범학문적 접근을 통해 학습 및 연구 이해의 시너지를 얻을 수 있을 것으로 기대함. 개발된 수업모델개발은 2021년 8월~ 2022년 12월까지 진행될 계획이며, 향후 수업(천연고분자 특론, 치의료용 임플란트소재 특론 등)에서 활용할 예정임.

○ 대학원생 연구실적 대표 우수성과: 이수진 대학원생의 연구업적물

(Therapeutic Effects of Dipterocarpus tuberculatus with High Antioxidant Activity Agaist UV-Induced Photoaging of NHDF Cells and Nude Mice)

1) 대표연구업적물의 창의성 · 혁신성

이수진 대학원생의 대표연구업적물은 최근에 환경오염에 의해 오존층의 손실로 심하게 발생하는 광노화 질환에 대한 치료제를 천연물바이오소재를 이용하여 치료하고자 하는 연구가 창의적이고 도전적으로 수행되었음. 강력한 태양빛에 장시간 피부를 노출되는 경우 피부에 각종 질환이 유발되며, 특히 태양의 자외선으로 인한 광노화(Photoaging)가 급격히 발생하고, 피부암 등으로 발전함. 따라서 방문객의 증가와 더불어 피부질환자의 증가는 심각한 지역사회 문제로 대두되고 있어 대처가 필요함. 본 연구에 사용된 *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. (MED)는 태국, 라오스, 베트남, 캄보디아 등 동남아시아에서 주로 분포하는 식물로 포장지, 보트제작 등 산업용재료로 일부 사용되고 있으며, 상처치료 등에 일부 사용되지만 거의 연구가 되어 있지 않음. 따라서 해외생물소재센터로부터 새로운 광노화치료 소재로 선정하고, 모델동물을 이용하여 효능을 평가하고 그 작용기전을 규명함으로서 새로운 바이오소재로서 가능성을 평가하였음. 그 결과로서, *Dipterocarpus tuberculatus*의 열수추출물(MED)은 높은 수준의 탄닌 함량과 DPPH에 대한 높은 유리산 소거능이 확인되었고, LC-MS 분석을 통하여 갈산, 베르게닌, 엘라직산, β-비니페린, 아시아산, 올레놀산, 2α-하이드록시루졸산 등 7가지 활성 성분이 확인됨. 자외선에 의한 NO 농도 변화, SOD 활성, Nrf2 발현 등이 MED처리된 NHDF 세포에서 현저하게 회복되었음. 또한 UV + MED 처리군에서는 자살세포의 감소와 G2/M 세포주기 정지 현상이 관찰되었음. β-갈락토시다아제, MMP-2/9 발현, 세포내 엘라스타아제 활성에 대해서도 유사한 회복이 감지됨. 또한, MED 치료는 COX-2 유도 iNOS 매개 경로의 억제, 염증성 사이토카인의 발현, UV 방사 NHDF 세포의 염증 활성화를 유도하였음. 이후 NHDF 세포에서 관찰된 항광노화 효과는 피부 표현형과 조직병리학적 구조 분석을 통해 UV + MED 처리 누드 마우스에서 평가 및 검증되었음. 이러한 결과는 MED는 UV 유도 광노화에 대해 치료 효과를 나타내며, 미래에 광노화 치료제로서의 개발에 대한 잠재력이 있음을 알 수 있는 최초의 우수논문임. 또한, 한국실험동물학회에서 되어 그 우수성을 인정받아 한국실험동물학회 연구장학생에 선정되었음.

2) 연구내용과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

본 연구에서 규명한 광노화질환은 실버세대에서 매우 빈번하게 발생하는 질환으로서 본 교육연구팀에서 추진하는 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발분야에 부합하는 연구임. 특히, 지구 온난화와 탄소배출의 증가로 오존층의 상실 증가 등으로 피부노화질환이 증가할 것으로 예상되어 새로운 치료제를 개발하고 작용기전을 분석하는 연구는 대표연구업적물에 매우 부합하는 것으로 평가됨.

3) 해당연구분야의 기여정도

해당연구가 게재된 Antioxidants 저널은 2016년 SCI급에 등재된 이후 **IF 6.312로서 의료분야에 저널 랭킹 6위이며 상위 9.52%에 해당하는 우수논문**임.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

1.1.1. 교육과정 구성 및 운영 현황

○ 교육과정의 구성

1) 실버질환 맞춤형 교육의 부재를 보완한 신설 교과과정 구성

실버케어와 관련된 기초・심화 교육과정(치매질환 진단기술, 당뇨 의료기기, 골질환 재생소재, 안과 질환 약물전달, 약물전달특론, 재생의료소재기술, 바이오센서특론, 천연물 스크리닝기술)을 신규로 개설함.

2) 기초-심화 단계별 교육 강화를 통한 창의적 연구능력 배양

학문적 훈련의 적절한 균형을 위한 전공 기초 과목(연구설계, 노인학특론, 빅데이터와 통계처리) 및 전문교육 강화를 위한 심화 과목(골질환 재생소재, 대사성질환특론, 소취기술융합특론 등)으로 구성하고, 강화된 전공세미나 수업을 통하여 발표 및 표현력을 향상하여 기존의 교과목과 균형을 이루고자 하였음. 또한, 국내외 저명한 연구소 연구원 또는 전문분야 교수를 초청하여 정기적인 세미나를 개최하여 교육적 효과를 창출함.

3) 산학 연계 교육 강화

지역 산업계와 밀착된 R&D 및 교육프로그램(산학연계 Workshop 등)을 개최하여 연구 동향의 지속적인 공유 및 협동연구를 활성화시키고 향후 기업밀착형 교육, 기업 인턴제도 모색을 통해 산학 연계연구를 강화하여 현장 맞춤형 우수한 인력의 취업을 유도함.

4) 실버질환 기초역량과목 신설 및 개설

고령화시대에 문화사회보건 분야에 대비한 문제해결능력과 인문적 소양을 양성하기 위한 기초역량 과목(빅데이터와 통계처리, 연구설계, 노인학특론)을 신설 및 과목 개설함.

5) 실버질환 맞춤형 바이오소재 응용을 위한 특화과목 신설 및 개설

실버케어 바이오소재 개발을 위한 4가지 맞춤형 기술을 중심으로 특화과목(12 과목)을 신설함.

6) 현 학사관리 장단점

현재 학사관리의 장점으로는 본 교육연구팀의 교육 목표에 맞춰 계획한 학부생의 Lab 인턴프로그램 구축 및 운영하였으며, 학생중심의 석사과정교육과정 설계제도를 마련하였으며, 박사과정의 질적 고도화를 위해 박사학위자격평가 시스템을 도입하였다. 단점으로는 기초-심화 단계별 교육 강화를 통한 창의적 연구 능력 배양을 위한 관련 과목(노인의학특론, 대사성질환특론, 현장진단형센서, 빅데이터와 통계처리)을 1차년도에 개설하였고, 단점으로는 학부생의 Lab 인턴프로그램을 타임라인 가이드라인에 맞춰 운영하려면 교육과정에 반영하여 연구실 로테이션을 할 필요가 있음. 교육과정 개편에 반영한 상태이고, 2차년도 시점에 운영가능할 것임.

○ 교육과정 운영현황

1) 학부생의 Lab 인턴프로그램 구축 및 운영

하계, 동계 방학 간 Lab 인턴프로그램을 실시하여, 분자생물연구실(12명), 생체소재및대사질환연구실(9명), 고분자약물전달연구실(5명), 고분자콜로이드연구실(8명), 총 34명의 학생이 참여교수의 연구 지도를 통하여 4개의 연구실에서 인턴을 수행하였으며, 우수 연구인력을 확보하기 위한 Lab 인턴프로그램을 구축하고, 체계적인 가이드를 통하여 대학원 진로를 유도하고자 하였음.

2) 학생중심의 석사과정교육과정 설계제도 마련

학생 스스로가 희망하는 진로에 기반하여 대학원 석사과정을 설계할 수 있도록 학생 중심의 석사 교육과정플랫폼을 (1)연계심화과정과 (2)실무형인재양성 플랫폼으로 세분화하여, 대학원 교과과정을 설계하는

프로그램을 구축하였고, 2021학년도 2학기에 석사과정 참여대학원생을 대상으로 신청을 받아 교육과정을 적용하여 운영하기로 함. (2021년 9월 예정)

3) 박사과정 자격 평가 시스템

박사과정의 질적고도화를 위하여 평가 커미티를 구성하여(인원 3명: 바이오 1명, 소재 1명, 외부 1명) 일관된 대학원생의 지도체계를 갖추어 입학부터 졸업단계까지 년1회 실시하여 체계적으로 학생을 관리하고자 함. 2021학년도 1학기(2021. 06. 25) 박사과정 자격평가시스템을 시행하여 4명의 박사과정 대학원생(김민재, 김소담, 김다솜, 이혜선)이 연구계획서를 제출하고, 박사학위논문 계획(진행)발표를 진행하여 연구 질적개선 및 진행상황을 점검하여 향후 박사학위를 위한 체계적인 시스템을 구축하고자 하였음.

성명	과정	지도교수	내부위원	외부위원	논문주제
김민재	박사 수료	안범수	양승윤	김명후 (부산대,동물생명자원과학과)	Effects of Pregnenolne and its Relationship with Estrogen Receptor on Breast Cancer
김소담	박사 수료	양승윤	안범수	김근영 (부산대병원,핵의학과)	Development of radioactive biodegradable microgels for injectable local drug deliverysystem
김다솜	박사	안범수	양승윤	조성근 (부산대,동물생명자원과학과)	조산 예방용 프로게스테론 담지 엑소좀 개발
이혜선	박사	양승윤	안범수	신명준 (부산대병원,재활의학과)	Development of photocrosslinkable surgical glues for woundhealing

1.1.2. 대표적 교육 목표 달성 실적

○ 본 교육연구팀의 연구의 선순환 구조 구축 방안, 연구역량의 교육적 활용 방안, 교육연구단의 대표적 교육 목표에 대한 달성 방안, 전임교수 대학원 강의 계획 대비 실적은 다음과 같음.

1) 교육과 연구의 선순환 구조 구축

최근 연구 질적 향상(연구 업적물의 질적 우수성 향상을 위한 새로운 연구주제/기술의 도출 기법을 위해 요구되는 전문지식과 교육을 신설함으로 연구프로그램-교육 선순환 구조를 구축하여 운영하고자 대학원생 팀중심의 연구프로그램인 Innovation Course를 2020년 11월부터 현재까지 참여대학원생 석사과정 4명이 참여하고 있으며, “실버세대의 노화질환에 대한 천연물기반 광노화 치료제 발굴 및 효능평가기술의 연구”가 실버질환 기초역량 교과목(노인의학 특론) 및 노화질환 특화 교과목(대사성질환특론)을 통해 대학원생에게 새로운 지식제공으로 이어짐. 향후, “해양수산물인 감태추출물의 항암제로서 개발가능성”연구, “미세플라스틱 저감기술 및 위해성 평가”연구를 통해 실버헬스케어테크놀로지, 현장진단형 센서와 같은 교과목을 통해 새로운 지식이 제공될 것으로 기대됨.

성명	연구주제	운영기간	사업비
최윤주, 공정은	새로운 천연물기원 광노화 치료제 발굴 및 효능평가	2020. 11 ~ 2021. 1	5,000천원
박준우	미세플라스틱 저감기술 및 위해성 평가	2020. 11 ~ 2021. 1	5,000천원
공정은, 이수진, 최윤주	해양수산물인 감태추출물의 항암제로서 개발가능성 연구	2021. 4. ~ 2021. 12.	5,000천원

2) 연구역량의 교육적 활용

본 교육연구팀은 연구역량의 교육적 활용 방안을 위해 최근 연구 질적 향상(연구 업적물의 질적 우수성 향상을 위한 새로운 연구주제/기술의 도출 기법을 위해 요구되는 전문지식과 교육을 신설함으로 연구프로그램-교육 선순환 구조를 구축하여 운영하고자 하였음. 이를 위하여 연구분야의 교육적 니즈를 분석하였고 황대연 교수의 경우 대장성 질환, 치매 등의 노인성 질환에 대한 연구를 수행하고 있어서 ‘노인의학특론’, 안범수 교수의 경우 비만, 임신중독증, 탈모 등의 대사성 질환을 연구하고 있어 ‘대사성 질환 특론’, 양승윤 교수의 경우 마이크로니들을 이용한 센서연구와 유기소재를 이용한 임플란트 소재 개발연구를 수행하고 있어서 ‘골질환 재생소재’ 및 ‘현장 진단형 센서’ 과목을 신설하였음.

3) 대표적 교육 목표에 대한 실적

본 교육연구팀은 세계저명대학을 벤치마킹하여 교육 목표를 분석하여 본 교육연구팀에서 수행 가능한 미래의 교육 목표를 제시하고, 이를 달성하기 위하여 아래과 같이 교육과정을 개편하여 1차년도

(2020년 9월부터 2021년 8월까지)에 시행하였음.

- 교육과정분야: **4차산업 수요자 중심의 다양한 융복합과정으로 개편**하고자 하였고, 소취기술융합특론, 실버헬스케어테크놀로지, 빅데이터와 통계처리 등의 융복합과정을 신설하였음.
- 교육방법분야: **문제해결중심의 ICT 학습시스템 구축**을 위하여 현장진단형 센서, 대사성 질환특론, 노인의학 특론 등의 교과과정을 신설하였음.
- 교수역량 분야: 다양한 교육활동을 강화하기 위하여 비교과 과정과 전공 및 교양 교육과정의 유기적인 설계 및 운용을 제시하였고 이를 위하여 다양한 비교과 프로그램(석,박사 학습컨설팅, 영어논문작성, SCI/SSCI논문쓰기 세미나, 대학원생 핵심역량 진단 등)에 참여하였음.

4) 전임교수 대학원 강의 실적

본 교육연구팀은 전임교수의 대학원 강의계획에서 **교육과정 개편**방향을 ⅰ)**실버질환 맞춤형 교육의 부재를 보완한 신설 교과과정 구성, ⅱ)기초-심화 단계별 교육강화를 통한 창의적 연구능력 배양, ⅲ)산학연계교육 강화**로 설정하였고, 실버질환 기초역량과목으로 2021년 서성백 교수가 '빅데이터와 통계처리'와 '연구설계', 양승윤 교수가 '골질환 재생소재', 실버질환 융합기술 관련 과목으로 황대연 교수가 '소취기술융합특론', 안범수 교수가 '실버헬스케어 테크놀로지'를, 양승윤 교수가 '현장진단형 센서',노인질환 특과 과목으로 안범수 교수가 '대사성질환특론' 과목을 신설하였고, 전임교수의 대학원 강의 비율은 모든 과목 100% 달성하였음.

1.1.3. 교육과정 구성 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

실버질환 바이오소재 효능평과 과목으로 노화질환모델적용특론, 의약품 허가 관계법규, 바이오의약품 개발 특론을 개설하기로 하였고 2022년부터 해당 과목 중 일부를 신설할 예정임.

1.2 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

1.2.1. 과학기술, (지역)산업 또는 (지역)사회 문제 해결에 관련된 교육 프로그램 구성 및 운영 현황

○ 본 교육연구팀이 지향하는 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발 인재양성을 위해서는 **과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 추가적인 교육과정 개편**이 요구되어 바이오소재분야 과학기술 및 산업문제, 사회문제 해결을 위한 교육프로그램 운영하였으며, 계획된 교육과정에 맞추어 모두 개편하였으며, 2021년 1학기부터 기초-심화 일부 과정을 아래표와 같이 개설하여 운영 완료하였음.

추가교육과정	개설과목	교수명	개설년도	
			2021년 1학기	2021년 2학기
과학기술문제해결	대사성질환특론	안범수	●	
	빅데이터와 통계처리	서성백	●	
	현장진단형센서	양승윤	●	
	소취기술융합특론	황대연		●
산업문제해결	연구설계	서성백		●
사회문제해결	노인의학특론	황대연	●	
	실버헬스케어테크놀로지	안범수		●
	골질환 재생소재	양승윤		●

1.2.2. 과학기술, (지역)산업 또는 (지역)사회 문제 해결에 관련된 교육 프로그램의 향후 추진 계획

○ 계획한 전체 교육과정 추가·개편하였으며, 년차별 계획에 맞춰 과학기술, 산업, 사회문제 해결과 관련된 교과목을 개설하며 교육을 진행할 계획이며, 또한 저출산·고령화 추세에 따라 급변하는 바이오소재분야 과학기술, 산업, 사회문제 이슈에 대한 교육내용을 반영하고자함. 2021년 2학기부터 개편되는 교과목(소취기술융합특론, 실버헬스케어테크놀로지, 골질환 재생소재, 연구설계)의 수업내용은 다음과 같으며, 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발의 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 내용을 구성할 예정임.

○ 교육과정 신규 개설 계획 (2021년 2학기)

1) 소취기술융합특론: 고령화시대와 산업사회로의 발전에 따라 사람이나 환경으로부터 발생하는 냄새가 심각한 사회문제로 대두되고 있어 이를 반영하여 냄새 발생의 원리와 원인을 분석하고 이를 기반으로 소취기술 원리 및 이를 응용한 소취제개발, 소취제응용연구 등에 대한 내용을 교육함.

2) 실버헬스케어테크놀로지: 실버세대가 건강하게 생활을 영유할 수 있도록 질병 예방 및 사후 관리할 수 있는 환경적, 생리적 요인들에 대하여 학습하기 위해 해당 과목을 개설하여 운영하고자 함.

3) 골질환 재생소재: 실버세대에서 다발하는 퇴행성 관절염 또는 골다공증으로 인한 골절이 다발하고 있는데, 아직까지 관절을 대체할 수 있는 적절한 소재에 대한 연구가 미흡함. 골절 또는 골 손실 또한 실버세대에서는 골의 재생이 어려워 인공적인 골 재생소재에 대해 교육함.

4) 연구설계: 실버질환 자료수집, 측정도구의 개발, 표본추출의 3단계를 포함하여 해당 가설과 연구주제를 정확하고 명확하게 검증할 수 있는 기법을 학습함.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구팀 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적 (단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2020년 2학기	5	4		
	2021년 1학기	5	4		
	계	10	8		
배출 (졸업생)	2020년 2학기	0	0		
	2021년 1학기	0	1		
	계	0	1		

2.2 교육연구팀의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

2.2.1. 교육연구팀의 우수 대학원생의 확보 현황

○ 4단계 BK21사업을 통하여 년차별로 석사과정 5명, 박사과정 4명을 지원하기로 함. 추후 년차별 동수의 대학원생을 확보하고자 하였으며, 2020년 2학기 박사과정 4명, 석사과정 5명, 2021년 1학기 박사과정 4명, 석사과정 5명을 확보하여 총 18명 계획 대비 실적을 달성함.

대학원생 입학생의 확보 목표 (단위: 명)

연도	1차년도 (6개월)	2차년도 (12개월)	3차년도 (12개월)	4차년도 (12개월)	5차년도 (12개월)	6차년도 (12개월)	7차년도 (12개월)	8차년도 (6개월)	계
석사과정	5	5	5	5	5	5	5	5	35
박사과정	4	4	4	4	4	4	4	4	28
합 계	9	9	9	9	9	9	9	9	63

○ 우수한 대학원생 확보를 위하여 1차년도(2020년 9월부터 2021년 8월까지)에는 학과학술제(BAF), 졸업논문제도, 인턴제도를 통하여 학부생들의 참여를 유도하여 우수한 인재를 발굴하고자 하였음.

1) 졸업논문제도

졸업논문제도를 통하여 학부생의 연구 참여 기회를 제공하고 우수한 예비대학원생의 진학을 유도하였으며 참여실적은 아래표와 같음.

참여교수명	졸업논문 신청자
황대연	노유정, 설아윤, 서승범 (20년 5월), 김태렬, 김주연, 박기호 (21년 5월)
안범수	박경원 (20년 5월), 최유림, 김소정 (20년 12월), 김영민 (21년 5월)
양승윤	강수빈 (20년 5월), 최인정, 오동우, 김찬수 (21년 5월)
서성백	옥준성 (20년 5월), 최연희 (20년 12월), 정수희, 전예지 (21년 5월)

2) 학과학술제(BAF)

매년 11월 BAF (Biomaterials Academic Festival)을 개최하여 졸업생들이 논문을 기초로 한 구두 및 포스터 발표를 시행하였고, 이를 바탕으로 연구 교류의 장을 제공하고자 하였으며, 2020년 학술제에서는 4건의 구두 발표 및 23건의 포스터 발표를 하였음.





3) 인턴제도

학부생의 실험실 로테이션을 통한 실험실 체험 등의 기회를 제공하도록 하였으며, 졸업 조건이 졸업시험이 아닌 논문제도를 채택하여 학부생이 3학년 2학기가 되면 의무적으로 실험실을 선택하여, 1년 반 동안 실험을 수행하고 실험 결과에 따라 졸업 논문을 제출하도록 함. 이러한 졸업논문제도를 통하여 연구능력을 향상시키는 동시에 학부생들이 대학원으로 진학하도록 유도하고자 하였으며, 학부생 인턴제도를 통한 2020년 9월부터 2021년 8월까지의 인력 양성 실적은 아래표와 같음.

참여교수명	학부생 연구프로그램	
황대연	20년 겨울방학	이희은
	20년 윈터스쿨	진유정, 노유정, 설아윤
	21년 여름방학	임수정, 박은서, 박기호, 김서라, 민경선
	21년 써머스쿨	노유정, 설아윤, 송희진
안범수	20년 윈터스쿨	최유림, 박경원, 김소정
	21년 여름방학	왕수하, 제승환, 최인정
	21년 써머스쿨	허유라, 김현빈, 김영민
양승윤	20년 겨울방학	박기호
	20년 윈터스쿨	강수빈
	21년 써머스쿨	백지원, 구교익, 최유리
서성백	20년 겨울방학	이선재
	20년 윈터스쿨	최성헌, 주세현
	21년 여름방학	신호준, 김여진, 이소연
	21년 써머스쿨	정수희, 전예지

2.2.2. 교육연구팀의 우수 대학원생의 지원 실적

○ 대학원 신입생의 적응 지원을 강화하기 위하여 대학원생 신입생 오리엔테이션을 실시하여 대학원 생활과 관련된 기본 학사제도, 도서관 이용, 대학원생 인권보호, 진로적성, 선배와의 만남을 통한 대학원 생활 적응 지원함. 또한, 대학원생에게 부산대학교 대학원 목표와 학생들의 인재상, 대학원생 핵심역량, 대학원 이수학점, 종합시험, 외국어시험, 학위논문, 대학원생 비교과 교육과정 프로그램 등 성공적인 대학원 생활 등을 위한 신입생 가이드북을 제작하여 배부하였으며, 1차년도에는 우수한 논문을 게재한 대학원생에게 BK21논문상을 수상하였으며, 멘토링프로그램, 인재장학금 및 PNU Fellowship을 지원하여 국내·외 우수 대학원생에 대한 장학 지원을 확대하였고, 지원 실적은 아래의 표와 같음.

1) BK21 우수논문상

수상자	참여 프로그램	연구주제	사업비
박준우	우수인재 유치를 위한 BK21 우수논문상	탄닌산 매개 응고를 통한 미세플라스틱 제거 및 생체외 위해성 평가	500천원

2) 멘토링 프로그램

참여자	참여 프로그램	연구주제	참여기간 사업비
안성민	학문 후속세대 강의 역량 강화를 위한 멘토링 프로그램	이공계 교과목 수업에서 활용 가능한 연구 및 교수법	2021. 01. 06 - 02. 09 500천원
김민재	학문 후속세대 강의 역량 강화를 위한 멘토링 프로그램	이공계 교과목 수업에서 활용 가능한 연구 및 교수법	2021. 01. 03 - 07.30 1,000천원

3) 인재장학금 및 PNU Fellowship

참여자	참여 프로그램	연구주제	참여기간 사업비
박준우	PNU-Fellowship	노인성 질환을 위한 다중치료 약물을 하나의 플랫폼에 탑재하는 나노캡슐	2021. 05. 19 - 2022. 02. 05 5,000천원
정재원	PNU-Fellowship	천연 페놀의 항산화력 분석을 통한 항산화 기능성 약물전달체용 고분자 개발 및 노화 및 퇴행성 질환으로의 적용	2021. 05. 19 - 2022. 02. 05 5,000천원
김민재	우수 박사수료생 연구지원 사업	프레그네놀론이 유방암에 미치는 영향 규명	2021. 06. 14 - 2022. 01. 31 6,000천원
정재식	글로벌 연구역량 강화를 위한 연구조교(RA)	프로게스테론을 담지한 자궁조직 친화형 엑소좀 개발	2021. 06. 01 - 2022. 02. 28 4,200천원
이지안	글로벌 연구역량 강화를 위한 연구조교(RA)	항암 치료용 약물 전달체 개발	2021. 06. 01 - 2022. 02. 28 2,800천원

2.2.3. 교육연구팀의 우수대학원생 확보 실적을 통한 향후 추진 계획

○ 현재 학부생의 졸업논문제도는 실습기반의 연구논문형태와 리뷰기반의 총설논문형태로 나누어져 있는데, 연구논문에 참여하는 학부생들의 연구실 참여도를 높여 우수한 대학원생을 확보하도록 함.

○ 본교・타교 우수 대학원생 유치를 위한 PNU장학금(등록금 및 기숙사비 지원)을 활용하여 학부 우수 졸업생의 대학원 진학을 도모하고자 함.

○ 우수 대학원생에 대한 해외파견을 지원하는 본부 프로그램(PNU-Star; 우수 대학원생의 해외대학, 기업 탐방 기회 제공)을 적극 활용하여 글로벌 인재로 양성하기 위해 지원하고 함.

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-2> 2020.2월 졸업한 교육연구팀 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률(%) (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2021년 2월 졸업자	석사	1	1			0	0	100
	박사	1				1	1	

2.3.1. 졸업자의 대표적 취업사례, 우수성

○ 2021년 2월과 8월에 배출한 대학원 졸업생은 석사 1명, 박사 1명 총 2명으로, 석사 졸업자는 국내 박사과정으로 진학하였고 박사 졸업자는 생명산업융합연구원 박사 후 연구원으로 취업하여 취업률 100% 임. 2명의 졸업자 모두 전공 일치도가 높은 기관에 진학 및 취업하였음. 구체적인 진학 및 취업 내용은 아래와 같음.

1) 임상구 (박사과정 졸업)

- **약물전달과 관련된 전문성 획득**

임상구 졸업생은 **무통으로 피부를 통해 약물 전달이 가능한 마이크로니들 기반의 경피약문전달 패치에 관한 연구를 창의적이고 도전적으로 수행하였음.** 특히, 마이크로니들 분야의 오랜 난제로 남아 있던 "정량 약물전달", "약물의 생활성 유지"에 대한 새로운 해결책으로 코팅 마이크로니들을 제안하였고, 상온에서 보관과 유통이 가능한 최초의 백신패치를 질병청과 함께 개발하였음. 또한, 광가교형 고분자를 이용해 부작용 없는 국소방사선 치료제를 개발하여, **Journal of controlled release (IF: 9.776, 상위 5% 이하)에 주저자로 논문을 게재하였음.** 또한, 임상구 졸업생은 SCI급 해외우수저널에 13편의 논문을 게재하였고 (상위 10% 이하 6편), 9건의 기술을 특허등록 하였음. 또한, 기술적 우수성을 인정받아 3건의 기술이전에 참여하였음. 연구업적 성과로 한국고분자학회 우수포스터상, 캡스톤 디자인 최우수상 등 다수의 기관에서 수상 경력이 있음.

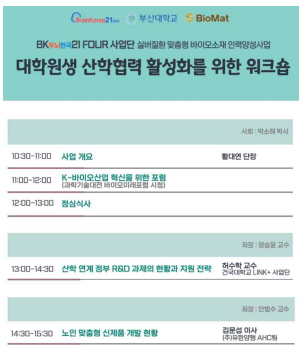
- **실용화 기술 습득을 위한 박사 후 연구원 취업**

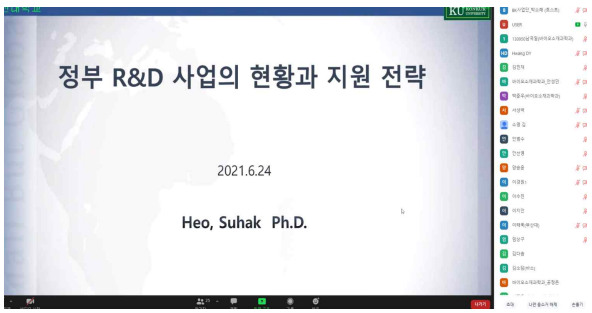
임상구 졸업생은 2021년 8월 졸업과 동시에 학위과정 동안 연구한 업적의 기술 실용화를 위하여, 부산대학교 산하 생명산업융합연구원에 박사 후 연구원으로 취업하였음. 연구원 신분으로 보건복지부 주관 백신실용화기술사업화 사업에서 무통 결핵백신 패치에 참여하고 있고, 질병청과 공동으로 상온 유통이 가능한 두창백신 개발을 주도적으로 진행하고 있음. 1년 간의 기술실용화 기술을 습득 후, 관련 국제 연구기관으로 진출할 예정임.

2.3.2. 졸업자의 취(창)업 증진을 위한 향후 추진 계획

○ 2021년 6월, 산학연계 워크샵(대학원생 산학협력 활성화를 위한 워크샵)을 개최하여 유한양행 김문섭 이사, 건국대학교 허수학 교수 등 노인 맞춤형 제약품 개발 과정, 산학 연계 정부 R&D과제의 현황 연사를 통해 참여 대학원생의 실버질환 맞춤형 전문 인력의 취업과 연계시키고자 하였음.

○ 1차년도 계획되었던 기업 인턴제도는 COVID-19의 급격한 확산으로 인한 학생의 안전 및 방문 기간의 거부 등으로 시행되지 않았으나, 이러한 사회적 문제가 해결되는 추후 상황을 고려하여 2022년 기업인턴제도 실시 및 산학 연계연구를 강화하여 100% 취업을 유도할 계획이며, 대학 본부 및 산학협력단 연계 대학원생 창업 프로그램등의 취.창업 지원 프로그램을 적극 활용할 계획임.





3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

3.1.1. 참여대학원생의 연구 수월성 증진을 위한 지원 실적

○ 본 교육연구팀은 1) 해외 우수연구기관에서의 단기연수, 2)국내외 학술대회 발표, 3)해외석학 초빙을 통한 대학원생의 공동연구기반 조성, 4)우수논문에 대한 인센티브 지급을 하여 대학원 학술 활동을 적극적으로 지원하였고, 해외기관에서의 단기연수 및 국제 학술대회 발표 지원, 해외석학 초빙의 경우 코로나 확산에 의하여 차년도로 계획이 미루어진 상태이며 이를 대신하여 본 연구팀은 3차례의 해외석학 세미나를 개최하였음.

1) 대학원생의 학술 지원

해외 우수연구기관에서의 단기연수 지원, 국내 · 외 학술대회 발표 지원, 해외석학 초빙을 통한 대학원생의 공동연구기반 조성, 대학원생들의 논문 저술 학술활동 적극적 지원 등을 통한 연구성과의 질적 향상을 도모하였고, 본 교육연구팀의 목표인 연구의 질을 높이기 위한 해외석학 초빙을 통한 대학원생의 공동연구 기반 조성 및 성과급 제도를 도입하여 실적은 아래표와 같음.

해외석학 초빙을 통한 대학원생의 공동연구기반 조성

일시	해외학자	강연제목	소속 학교	소속 국가
2020.11.17	이유한	Therapeptic luminal coating of the intestine	Brigham and Women's Hospital, HarvardMedicalSchool	미국
2020.12.07	Jinyoung Kang	Expansion Revealing: Decrowding Proteins to Unmask Invisible Brain Nanostructures	Massachusetts Institute of Technology	미국
2021.01.27	ChangHwan Ahn	Protection mechanism of monoclonal antibodies agianst Salmonella typhoid toxin	Cornell University	미국

논문 저술 학술활동 지원 / 성과급제도

이름	항목	항목별 점수	총점	등급	성과급
임상구	SCIE 논문	1	1	A	57.5만원
박준우	SCIE 논문	4	4	S	74.75만원
이수진	SCIE 논문	0.5	0.5	B	40.25만원
최윤주	SCIE 논문	1	1	A	57.5만원

2) 대학원생의 연구활동 지원

연구장비 공동 활용 지원센터 운용. 국제공동연구 지원사업, 대학원생의 연구논문 지원 확대, 대학원생 학술교류회 지원을 통해 대학원생의 연구활동을 지원하고, 대학원생 중심의 연구팀을 구성하여 아래 표와 같은 Innovation course에 참여하는 등의 연구 활동을 지속적으로 지원함.

참여구성원	참여 프로그램	연구주제	참여기간 사업비
공정은 최윤주	Innovation course	노인성 질환을 위한 다중치료 약물을 하나의 플랫폼에 탑재하는 나노캡슐	2021. 05. 19 - 2022. 02. 05 5,000천원
박준우	Innovation course	천연 페놀의 항산화력 분석을 통한 항산화 기능성 약물전달체용 고분자 개발 및 노화 및 퇴행성 질환으로의 적용	2021. 05. 19 - 2022. 02. 05 5,000천원
공정은 이수진 최윤주	Innovation course	항암 치료용 약물 전달체 개발	2021. 06. 01 - 2022. 02. 28 2,800천원

3.1.2. 참여대학원생의 연구 수월성 증진을 위한 향후 추진 계획

○ 해외 우수연구기관에서의 단기연수 지원의 경우 코로나19 상황으로 해외 우수기관의 단기연수가 힘든 여건이며 상황 변동에 맞추어 기존에 계획한 미국 하버드대학교, 미국 워싱턴대학교, 미시건대학교, 캐나다 멕길대학교 등의 국외 우수 연구기관에서의 연수(매년 우수대학원생 1명을 선정)과정을 지원할 계획임.

3.1.3. 참여대학원생의 대표연구실적

○ 참여대학원생의 연구실적 계획 대비 실적 분석

저명학술지 논문의 계량적 수치는 계획에서 정량적 목표로 잡은 주요 수치(1인당 논문환산편수, 1인당 환산보정IF, 1인당 환산보정ES)를 중심으로 분석한 결과는 아래표와 같음.

항목	계획	실적	
	1차년도 (7차년도)	평균	대표연구실적
1인당 논문환산편수	0.335 (0.370)	0.351	0.377
1인당 환산보정IF	0.163 (0.180)	0.218	0.226
1인당 환산보정ES	0.234 (-)	1.109	0.880

참여대학원생의 논문은 총 7편이 게재되었고, 대표논문실적은 3편(박사1편, 석사0.5편)으로 계상하였으며, 1인당 논문환산편수: 계획(0.335)대비 평균적인 연구실적(0.351)이 초과달성 되었고, 1인당 환산보정IF: 계획(0.163)대비 평균적인 연구실적(0.218)이 초과달성하였음. 1인당 환산보정ES: 계획(0.234) 대비 평균적인 연구실적(1.109)이 초과달성 되었음. 1인당 환산보정IF, 1인당 환산보정ES 수치는 계획시점과 실적분석 시점의 환산보정IF 계산기준이 상이하여 절대적 비교는 어려울 것으로 판단됨.

○ **참여대학원생의 대표연구실적**

1) 최윤주 대학원생 저명학술지 논문의 우수성 (Novel Characterization of Constipation Phenotypes in ICR Mice Orally Administrated with Polystyrene Microplastics)

- 대표연구업적물의 창의성 · 혁신성

최윤주 대학원생의 저명학술지 논문의 우수성은 최근에 환경오염의 주범으로 알려진 미세플라스틱이 실버세대에 빈번하는 변비질환에 미치는 영향과 작용기전을 분석함으로서 이를 예방하고 치료제를 개발하기 위한 기반연구가 창의적이고 도전적으로 수행되었음. 최근 코로나 19로 인한 일회용 마스크·장갑, 포장용기, 물티슈 등 플라스틱 소비량이 급증하고 있는데, 이들은 썩는데 500년 이상이 걸려서 폐플라스틱 팬데믹의 문제마저 제기되고 있음. 이러한 미세플라스틱은 해양 생물체들이 먹이로 오인해 섭취하게 되고, 사람이 이러한 생물체를 먹게 되면서 자연스럽게 사람에게도 유입되어 잠재적 위해성을 가짐. 최근 연구를 통해서는 미세플라스틱에 노출되면 내분비 장애, 생식 기능 저하, 발암 등의 인체 건강을 위협할 수 있다는 결과가 나오고 있음. 특히, 미세플라스틱에 대한 노출은 우리나라 남해안이 동서해안에 비하여 상대적으로 높은 값을 보였고, 이 중 폴리프로필렌 30%, 폴리스틸렌 29%, 폴리에틸렌 22%로 검출이 되었음. 또한 2013년 거제 칠전도 해역에서는 바위털갯지렁이 10 개체 모두 미세플라스틱이 확인되었고, 2016년 경남 거제와 마산일대 양식장과 근해에서는 굴, 담치, 게에서 확인되었으며, 진해만 주변 해안에서 바지락과 담치에서 미세플라스틱이 97% 발견되었음. 특히, 경남 거제와 진해 앞바다 32곳에 대한 미세플라스틱 농도를 측정한 결과 1제곱킬로미터당 입자가 55만개로 해외 9개 바다 평균보다 8배 높은 것으로 나타났음. 하지만 미세플라스틱이 실버질환에 미치는 영향에 대한 연구는 상대적으로 매우 적은 상황임. 본 연구에서는 폴리스티렌(PS)-MP의 경구 투여가 변비를 유발하는지를 조사하기 위해, 2주 동안 0.5μm PS-MP로 치료한 ICR 생쥐에서 변비 파라미터와 메커니즘의 변화를 분석하였음. MP처리된 ICR마우스에서 대조 처리군과 비교했을 때 물 소비량, 대변 무게, 대변 수분 함량, 대변 형태에 유의미한 변화가 감지되었음. 또한 치료된 생쥐에서는 위장(GI) 운동성과 장 길이가 감소하였고, 조직병리학적 구조와 중장의 세포학적 구조가 현저하게 변화하였음. MP에 노출된 생쥐도 GI호르몬 농도, muscarinic acetylcholine receptors (mAChRs)의 발현, 그리고 그들의 하위신호 경로에서 유의미한 감소를 보였음. MP처리 후, 염화이온 농도 및 채널발현(CFTR 및 CIC-2)은 감소하였고, 물운송을 위한 아쿠아포린(AQP)3과 8의 발현은 mitogen-activated protein kinase (MAPK)/nuclear factor (NF)-κB의 활성화에 의해 저해되었음. 이러한 결과는 PS-MP의 경구 투여가 GI 운동성, 점액분비, 대장 중부의 염화이온과 수운의 조절장애를 통해 만성변비를 유발한다는 것을 제시하는 최초의 논문으로 매우 우수함.

- 연구내용과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

본 연구에서 규명한 변비질환은 실버세대에서 매우 빈번하게 발생하는 질환으로서 본 교육연구팀에서 추

진하는 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발을 위한 질환의 원인 규명에 부합하는 연구임. 특히, 산업사회로의 발전이 급속하게 진행되면서 플라스틱의 소모량 증가 등으로 다양한 실버질환이 증가할 것으로 예상되어 새로운 치료제를 개발하고 작용기전을 분석하는 연구는 대표연구업적물에 매우 부합하는 것으로 평가됨.

- 해당연구분야의 기여정도

해당연구가 게재된 INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES저널은 2002년 SCE급에 등재된 이후 **IF 5.923로서 생화학분자생물학분야에 저널랭킹 67위이며 상위 22.48%에 해당하는 우수논문**임.

2) 박준우 대학원생 저명학술지 논문의 우수성 (Removal of microplastics via tannic acid-mediated coagulation and in vitro impact assessment)

- 대표연구업적물의 창의성 · 혁신성

박준우 대학원생의 저명학술지 논문의 우수성은 인체위해성 물질로 분류되는 미세플라스틱의 효과적인 제거기술 개발을 통해 실버세대의 다양한 질환과 염증작용을 줄이는데 기여하는 연구로써 창의적이고 도전적으로 수행되었음.

본 연구는 환경유해물질로 분류되는 미세플라스틱의 제거기술 개발에 대한 것임. 전 세계 해양에 미세플라스틱이 존재하며, 크기가 작아 눈으로 관찰하기 힘들고 분해성이 적고, 독성 중금속 혹은 유기화합물을 운반할 수 있는 능력으로 심각한 문제가 되었음. 최근 연구들을 통해 인체위해성이 지속적으로 보고 되고 있음. 인간은 해양생물과 관련된 먹이사슬을 통해 미세플라스틱을 섭취하게되며, 모세혈관을 통과하여 독성이나 내분비계 장애를 유발할 수 있다고 밝혀지고 있음. 또한 최근 연구에서는 생수나 수돗물에서 미세플라스틱이 검출이 되었음.

미세플라스틱을 제거하기 위해 응고, 여과, 생물학적 분해 등의 방법이 있음. 하지만, 응고는 미세플라스틱의 양에 비례하여 응고제가 다량 필요하며 여과는 미세플라스틱의 크기가 작으면 제거하기 힘든 점이 있고, 생물학적 분해는 상당한 시간과 재현성이 떨어지는 단점이 있음. 따라서 본 연구에선 금속이온과 페놀릭 분자 사이의 강한 배위결합을 형성하는데, 이를 통해 소량의 응고제로 높은 제거와 생체외 위해성 평가를 진행하고자 하였음.

미세플라스틱(Microplastics, MPs)의 실험 모델로 사용된 입자 모두 크기나 종류에 관계없이 chitosan과 천연페놀물질인 tannic acid(TA)로 표면 처리가 되었으며, TA의 페놀릭 분자에 의해 금속이온을 첨가하면 배위결합을 형성하는 것을 확인하였고, 이를 통해 MPs의 응고가 이루어졌음. 또한 제거효율을 얻기 위해 사용한 모델은 0.5 μm의 PS 입자를 사용하였는데, 표면처리와 배위결합을 통해 11 μm의 막여과를 하였음에도 불구하고 95%이상의 제거효율을 나타내었음. 이는 0.5 μm 크기의 MPs가 표면처리와 배위결합을 통해 크기가 향상되었으며, 배위결합에 의한 응고가 높은 결합력을 가지고 있어 크기가 큰 막여과를 통해서도 응고된 침전물이 부서지지 않고 막에 걸러진다는 것을 얻을 수 있음. 또한 MPs의 농도, 샘플의 부피, 응고시간, pH, 응고제 농도, 실제 물 환경 조건 등에서도 95%이상의 제거효율을 보이고 있음.

생체 외 연구에서는 MPs의 농도별로 평가를 하였는데, 고농도에서 제거한 그룹은 처리하지 않은 그룹과 유사한 결과를 얻었으며, MPs의 저농도, 중농도와 고농도는 농도별 비례한 염증반응과 산화스트레스 유발을 한다는 결과를 얻었음. 이를 통해 본 연구에서 제안하는 제거방법은 높은 제거효율을 가지고 있으며, 생체 외 연구에서도 고농도에서 제거한 그룹은 낮은 위해성을 가지는 것을 확인하였음.

- 연구내용과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

본 연구에서 개발한 미세플라스틱의 응집화 및 제거 기술은 실버세대에서 자주 발생하는 질환들의 증상을 경감시킬 수 있고 관련된 염증현상을 줄이는데 기여함. 본 교육연구팀에서 추진하는 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발을 위한 천연물 기반의 소재 개발에 부합하는 연구임. 특히, 코로나19이후 급속하게 플라스틱 일회용품을 소모하게 됨으로써 분해물질인 미세플라스틱이 다양한 실버질환의 증상을

직·간접적으로 악화시킬 것으로 예상됨. 따라서, 이를 경감시키는 효과를 확인함으로써 연구는 교육연구팀의 비전과 목표에 매우 부합하는 것으로 평가됨.

- 해당연구분야의 기여정도

해당 연구가 게재된 RSC ADVANCES저널은 2011년 SCIE급에 등재된 이후 **IF 3.361(2020년 기준)로서 일반 화학공학(General Chemical Engineering)분야에 저널랭킹 29위이며 상위 10.62%에 해당하는 우수논문**임.

3.1.4. 참여대학원생의 대표연구실적 분석을 통한 향후 추진 계획

○ 참여대학원생의 지속적인 연구실적(저명학술지 논문, 학술대회, 특허, 기술이전, 창업)관리 및 질적 우수성 제고를 위해 매월 연구실적 모니터링 시스템을 통해 체계적인 관리가 이루어지고 있으며, 향후 지속적인 연구실적 관리가 수행될 예정임.

○ 코로나 상황에 따라 해외 우수연구기관에서의 단기연수를 지원하여 연구의 질적 우수성을 높이고, 대학원생의 국제화 공동연구 기반을 조성할 계획임.

○ 대학원생의 연구 수월성을 위해 본부 지원 프로그램(국제학술대회 발표 지원, 우수논문게재 장려금, 대학원생 연구성과 발표회 및 우수논문 시상, PNU-Fellowship, 우수대학원생 장학금 등)을 적극적으로 활용할 계획임.

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

3.2.1. 참여대학원생 학술대회 대표실적

○ 참여대학원생의 학술대회 대표실적

1) 김소담 대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성

방사성 동위원소는 암을 비롯한 다양한 질병의 치료 및 진단을 위한 영상에 이용되며, 임상에서는 환자의 정맥이나 구강을 방사성 동위원소를 전달하고 있음. 최근에는 방사성 동위원소를 표적 조직 또는 기관에 국소적으로 전달하기 위해 생분해성 하이드로겔에 캡슐화하여 체내에 주입하고 저선량으로 장기간 방사선 치료를 수행하는 연구가 진행되고 있음. 그러나 방사성 하이드로젤의 병원 현장에서 제작의 어려움과 표적조직에서의 예측할 수 없는 방사선 세기로 인한 부작용으로 임상에 도입하는데 있어 주요 장애물임. 해당 연구에서는 기존 한계를 극복하고자 방사성 동위원소인 아이오딘-131을 기반으로 국소적으로 주입 가능한 마이크로젤 개발하였음. 생체적합성이 우수한 히알루론산(HA)을 방사성 하이드로젤로 제조하기 위해 HA고분자 사슬에 광가교성 그룹(methacrylate, MA)과 방사성 표지가 가능한 그룹(aminopropyl imidazole, API)을 결합하였음. 이후 임상 현장에서 방사성 마이크로젤을 신속하게 제조하기 위해 미세유체 시스템 기반의 고처리량 액적 생성기를 제작하였고 이에 대한 특성을 분석하였음. 임상 현장에서 주입 가능한 방사성 마이크로젤을 15분 이내에 신속하게 제조할 수 있었으며, in vitro 방출 시험에서 131I의 자연 붕괴와 유사한 방사능 동역학을 보였음. 방사성 마이크로젤을 동물모델(rat) 대퇴 근육 조직에 주입한 후 3주 동안 주입부위에서 131I의 국소적인 머무르는 효과를 보였음. 이러한 HA 기반 방사성 마이크로젤을 이용한 방사선치료 플랫폼은 임상에서 암 환자에게 부작용을 줄이면서도 오래 지속되고 안전한 국소 방사선 치료를 제공할 수 있을 것으로 기대됨. 해당 연구는 2021년 한국고분자학회 춘계학술대회에 발표하여 연구의 우수성을 인정 받아 우수포스터상을 수상하였음.

2) 박준우 대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성

최근 미세플라스틱은 환경문제와 인간에게 있어서 다양한 영향을 끼치는 문제가 대두되고 있음. 최근 공기·음식·식수 등 인간에게 있어서 어디든 노출이 가능한 곳에 존재하게 되었다. 1인당 연간 미세플라스틱 섭취량을 조사한 결과 74,000~121,000개로 측정이 되었는데 이는, 매주 신용카드 1개 분량의 플라스틱을 먹는 것과 유사한 것으로 알려져 있다. 미세플라스틱은 외부물질과 흡착되어 인간에게

흡수되어 신체에 축적 될 경우 분해가 되지 않고, 독성물질을 운반하는 역할을 할 수 있기 때문에 장기간 노출이 되면 독성을 유발할 것으로 예상이 된다. 실제 인간에서 유래된 세포를 이용한 위험성 실험 결과 산화스트레스·염증을 유발하는 결과가 나왔다. 이러한 미세플라스틱을 제거하기 위해서 가장 대표적으로 사용하는 방법은 생물학적 분해·필터·응집 방법이 대표적이다. 이 중 응집을 이용한 방법이 가장 많이 쓰이는데, 응집제에 의존적으로 반응하기 때문에 응집제 양이 대량으로 필요하며 비교적 응집력이 약해 제거효율이 좋지 않다. 이를 보완하기 위해서 본 연구는 식물에서 발견·추출되는 천연페놀릭 물질을 이용하여 페놀-금속이온간의 배위결합을 유도하여 응집을 형성하였다. 미세플라스틱 대체제로 사용된 Polystyrene/Polyethylene beads에서 페놀릭 물질의 일종인 탄닌산으로 표면을 개질시켰고, 이후 금속이온을 첨가하여 응집을 형성 후, 필터를 통해 제거하였다. 기존의 응집제를 이용한 제거 방법과 비교한 결과 제거효율은 95% 이상의 높은 제거효율을 보이고 있었으며, 사용된 비드의 농도·부피·응집제 농도·pH·처리시간·실제 물 환경 등에서도 94% 이상의 제거효율을 보이고 있었다. 제거된 샘플을 통해 장 조직에서 얻어지는 세포에서 In vitro과 mice 내에서 2주간 투여되었을 때 독성 및 조직축적실험인 In vivo에서는, 처리하지 않은 그룹과 유사한 독성 및 산화스트레스력을 보이고 있었으며, 조직 내 축적에서는 비교적 낮은 결과를 얻을 수 있었다. 해당 연구는 2021년 국제나노코리아 심포지엄에서 발표하여 연구의 우수성을 인정받아 베스트포스터 은상을 수상하였음.

3.2.2. 참여대학원생의 학술대회 대표실적 분석을 통한 향후 추진 계획

- 지속적으로 학술대회 성과 관리 및 질적 우수성 제고를 위하여 참여대학원생의 전반적인 연구 활동 지원을 지속적으로 지원하고 본 교육연구팀의 국내·외 학술대회 발표지원 및 본부프로그램(학술대회발표지원)을 적극적으로 활용할 계획임.

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

3.3.1. 참여대학원생 특허, 기술이전 대표실적

○ 참여대학원생의 특허, 기술이전 대표실적

1) 김소담 대학원생 특허실적 우수성

- 특허 실적의 창의성 · 혁신성

김소담 참여대학원생은 화살촉형상의 마이크로니들(10-2240614)의 기술을 2021년 4월에 특허 등록하였으며, 상처부위의 보호 및 지혈 등을 위해 의료용 봉합사와 스테이플을 이용하는 기계적 봉합법이 다양한 의료 환경에서 널리 사용되고 있음. 봉합사와 스테이플은 병원에서 장기의 부착이나 외과수술 후 피부 봉합까지 가장 보편적으로 사용되는 방법이지만, 사용에 많은 시간과 높은 숙련도가 요구되고 적용부위에 따라 추가적인 손상 및 감염의 가능성이 있으며, 시급히 조직을 부착하거나 봉합을 위해서 적용하기에는 어려움이 있음. 최근 마이크로니들을 이용하여 상처를 깊게 내지 않으면서 피부 봉합에 응용하는 연구가 많이 진행 되고 있는데 기존에 연구된 봉합용 마이크로니들은 마이크로니들 팁 부분이 직선으로 형성되어 피부에 삽입 시 쉽게 이탈할 수 있다는 문제점이 제기되었음. 해당 특허는 기존 기술의 문제점을 해결하기 위해 피부로부터 이탈을 방지할 수 있는 화살촉 형상의 마이크로니들 구조를 도입하고자 하였음.

2) 임상구 기술이전 실적의 우수성

- 임상구, 김소담 대학원생이 참여한 방사성 동위원소가 표지된 광가교성 하이드로젤 및 그 제조방법 외 3건 특허에 대한 특허권은 2020년 11월에 ㈜에스엔비아에게 양도되는 기술이전을 실시하였으며, 1억원은 기술이전 실적을 달성하였음. 암을 치료하기 위해 방사선 요법을 많이 사용하고 있음. 외부 방사선 요법은 기기를 통해 체내에 방사선을 유도하고 종양세포를 파괴하는 방법으로 상대적으로 잘 제어되고 조절되는 치료법이지만, 종양에 인접한 정상 조직의 비특이적 파괴, 이온 빔의 경로에서의 불량, 침투하는 조직에 대한 높은 방사선량의 필요성 등 문제점이 여전히 남아있음. 내부 방사선 요법으로 요오드 방사선 동위원소를 이용하는 치료법으로 방사선 이온화 효과로 갑상선 조직에 축적되어 암세포의 세포사멸과 괴사를 유발함. 그러나, 체내 주입 후 빠르게 온몸으로 퍼진다는 한계가 있음. 이를 해결하기 위해

생체고분자 기반 방사성 동위원소가 표지된 마이크로 사이즈의 하이드로젤(마이크로젤)을 제조 기술을 개발하였음. 제조된 방사성 동위원소가 표지된 마이크로젤은 방사선 치료가 필요한 국소적 부위에 머무름이 우수하여 주변 조직의 손상을 최소화하면서 암을 치료할 수 있을 것으로 예상됨. 마이크로젤 내에 방사성 동위원소뿐만 아니라 암 치료를 위한 약물이나 진단에 사용되는 조영제 등을 탑재할 수 있어 암 치료 및 진단을 위한 소재로써 활용될 가치가 높음.

3.3.2. 참여대학원생의 특허, 기술이전 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

- 대학 본부 및 산학협력단 연계 프로그램(대학원혁신지원사업, PNU Hi-Brain창업경진대회 등)을 적극 활용하여 참여 대학원생들의 기업가정신 고취 및 기술 기반의 사업화 기회를 제공하고, 특허, 기술이전, 창업 실적도출을 위한 지원을 할 계획임.
- 사회적 리더역량 향상과 같은 비교과 프로그램을 지원하여 공생적 리더역량과 사회적 리더역량과 같은 균형적 역량 계발을 도모하고자 함.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

3.4.1. 신진연구인력 현황 및 실적

○ 신진연구인력 현황 및 실적

본 교육연구팀에서는 바이오소재분야 세계 100대 대학 진입을 달성하기 위하여 우수한 박사후 연구원을 아래표와 같이 2020년 1명, 2021년 2명 채용하였음.

참여 신진연구인력 수(명)	확보 현황	
	2020년	2021년
박사후 연구원	1	1
누계	1	2

1차년도 신진연구인력의 양성을 위하여 전담 계약교수로 장미란 박사를 채용하였음. 채용된 장미란 박사는 덕성여자대학교 식품영양학과에서 박사학위를 취득하고, 미국 퍼듀대학교에서 기능성 소재를 이용한 연구를 수행하여 우수한 연구성과를 도출하였음. 본 교육연구팀에서 꼬마선충을 이용하여 노인성질환의 치료에 유용한 새로운 소재를 발굴 및 작용기전 연구, 참여교수의 공동연구 전략 수립, 정부연구과제 신청, 사업단 홈페이지 구축, 사업단 워크샵 추진, 사업단 행정편람 제작 등의 업무를 수행함. 2021년 3월부터 인제대학교 식품영양학과 교수로 채용되어 정규직으로 취업하는 성과를 달성함. 2차년도 신진연구인력의 양성을 위하여 사업팀 전담 계약교수로 박소해 박사를 채용하였음. 채용된 박소해 박사는 부산대학교 식품영양학과에서 박사학위를 취득하여 부산대학교 노인생활연구소, 김치연구소, 웰빙제품연구센터 등에서 연구원으로 근무한 경력이 있으며, 부산대학교 식품영양학과에서 시간강사를 수행한 경험이 있음. 채용 이후 천연물의 성분분석이나 약물 전달과정에서 약물 분석 등의 공동연구를 수행 중이며, 정부연구과제 신청, 연구성과 모니터링 시스템 구축, 사업단 기업워크샵 추진, 연차보고서 작성 등의 업무를 수행하고 있음. 본 교육연구팀에서는 우수 신진연구인력 인건비를 월 300만원 지급하였고, 사업팀내의 연구의 활성화와 대학원생과의 연구효율을 높이기 위하여 아래의 표와 같이 신진연구인력을 멘토, 박사과정 수료생을 멘티로 지정하여 논문 작성법, 연구 및 강의에 대한 기초 지식을 효율적으로 전달하는 기회를 마련하였음. (연2회 멘토링 프로그램 참여)

성명	참여 프로그램	연구주제	참여기간 사업비
장미란	학문 후속세대 강의 역량 강화를 위한 멘토링 프로그램	이공계 교과목 수업에서 활용 가능한 연구 및 교수법	2021. 01. 06 - 02. 09 500천원
박소해	학문 후속세대 강의 역량 강화를 위한 멘토링 프로그램	이공계 교과목 수업에서 활용 가능한 연구 및 교수법	2021. 01. 03 - 07.30 1,000천원

연구 활성화를 위하여 개인 연구공간을 제공하고, 공동연구실 이용, 개인PC, 프린터, 집기 및 연구전반 등에 대한 신진 연구인력 인프라를 지원하였음. 학과 내 공동연구실의 사용으로 기자재 및 실험재료를 사용하여 적극적인 공동연구를 지원하였음.

3.4.2. 신진연구인력 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

신진연구인력의 연구역량강화를 위하여 국내외 학회 참석, 연구장비 공동활용지원센터 운용, 참여교수의 공동연구 전략을 수립하고, 국제공동연구 지원사업, 연구논문의 지원 확대 등의 신진연구인력 지원을 다양한 방면으로 지속적으로 할 예정임.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

3.5.1. 참여교수의 교육역량 대표실적

○ 참여교수의 교육역량 대표실적

1) 안범수 교수의 YOU TUBE 공개 강의

전남대학교 생체재료개발센터에서 주최한 새로운 바이오소재의 개발 및 응용 강의는 기존에 사용되고 있는 바이오소재용 소재들과 더불어 고분자 및 유기물을 포함하는 새로운 소재를 발굴 및 이를 다양한 분야에서 응용하는 연구를 심도 있게 토론하는 시간이었음. 참여한 강연자들은 각 분야에서 사용하는 다양한 소재를 소개하였으며, 이를 통해 더 심도 있고 시야를 확장할 수 있는 계기가 되었을 것이라 기대됨. 또한, 강의를 기반으로 새로운 바이오소재를 개발하기 위한 향후의 연구들이 진전되는 데 기여할 수 있음. 안범수 교수는 이번 강의에서 유기물을 이용한 바이오소재의 개발 및 응용에 대한 주제로 전남대학교 생체재료개발센터에서 다양한 분야의 연구자들과 토론하는 시간을 가졌음. 약물전달시스템(Drug Delivery System, DDS)을 주 주제로 강의하였음. DDS란 다양한 약리학적 활성을 가지는 물질을 다양한 물리화학적 기술을 이용하여 우수한 효능을 발휘하도록 세포, 조직 및 다양한 장기로 전달 및 방출을 제어하는 기술임.

안범수 교수는 기존에 사용되고 있는 DDS와는 차별적으로 유기물을 이용한 다양한 바이오소재를 개발 및 응용에 대해 전달하였으며, 대표적인 바이오소재로는 마이크로니들과 마이크로파티클이 있음. 마이크로니들은 다른 약물전달 방법에 비해 고통이 거의 없이 환자에게 적용 가능하며, 약물이 서서히 방출하도록 하는 서방형 마이크로니들 또한 개발되어 여러 다양한 분야에 적용 가능한 장점이 있음.

발표한 강의에서는 생체고분자인 젤라틴 및 히알루론산을 담지한 마이크로니들을 응용하여 부분비만 및 탈모를 치료하는 연구들을 소개하였음. 마이크로파티클 또한 약물 분자를 목표로 하는 세포나 조직으로 전달하는 DDS로 원하는 양의 약물을 원하는 시점에 방출하거나 서서히 방출하는 바이오소재가 활발하게 연구 및 개발되고 있음. 마지막으로 엑소좀을 이용한 약물전달을 소개하였음. 엑소좀은 세포에서 정상적으로 생성되는 자연 발생적인 지질 이중층 나노입자로서 최근 활발한 연구가 진행되고 있음. 본 강의에서는 이를 응용하여 조산과 같은 임신성 질환을 치료하기 위한 DDS로서의 엑소좀의 응용에 대해 소개하였음. 강의를 통해 소개한 여러 가지 유기물을 이용한 바이오소재의 개발 및 응용에 관하여 토론하였음. (참고링크: https://youtube.com/watch?v=9Sf4LaOGOPA&feature=share)

2) 황대연 교수의 교양 교육 「PNU시대와 지성특강」: 땀이 없이 꿈은 없다.

부산대학교 교양교육원에서 주최하는 「PNU시대와 지성특강」은 다양한 분야의 교양 교육을 통해 학생들 각자가 지닌 잠재력을 계발해 진정한 의미의 자유로운 인간으로 거듭날 수 있도록 지난 2013년부터 교양선택 교과목으로 개설하여 운영하고 있으며, 일부 강좌를 올해부터는 시민들도 함께 들을 수 있도록 공개강좌로 전환, 운영하고 있음. 각 분야 명사의 강연을 바탕으로 학생들은 더욱 깊이 있고 넓은 시야를 가질 수 있을 것으로 기대되며, 일반 대중들이 열린 공개 강의에 참여하여 대학이 건전한 공론의 장으로 기능하고 더 나은 사회로 나아가는 데 기여할 수 있음. 황대연 교수는 이번특강에서 「땀이 없이 꿈은 없다」라는 주제로 생명과학자가 청춘들에게 들려주고 싶은 이야기를 솔직하게 전달하였으며, 첫 번째 마당에서는 내가 알고 있는 것, 내가 반드시 알아야만 하는 것, 내가 알필요가 없는 것 등 땀이 필요한 이유를 깨닫는 시간을 가졌음. 또한, 절실함과 간절함이 나를 바꾸는 힘이며, 내가 얼마나 모르고 있는지를 아는

것이 모든 일의 시작임을 토론하였음. 이를 바탕으로 가치없는 땀은 없으며, 다만 가치의 크기가 다를 뿐임을 인식하게 하고, 작은 일도 못하는 사람은 큰일도 못한다는 진리를 일깨우며, 작은 일에도 최선을 다하는 사람이 되도록 강연함. 세번째 마당에서는 나의 한계는 없다고 생각하며, 깊이 생각하고 창의적으로 설계하며, 주변의 모든 형상을 내가 해결하려는 문제와 연계하여 남들과 다른 관점에서 도전하며 한계를 뛰어 넘을 때까지 땀을 흘리는 의미의 중요성을 알려줌. 마지막 마당에서는 0과 1의 차이를 깨닫고, 하나를 이루기 위해 평생을 바치는 위대한 과학자들의 삶을 살펴보고, 성공이란 한 번에 이루어지지 않으며 땀을 흘리며 끊임없이 도전해야 이루어질 수 있음을 토론하였음.

3.5.2. 참여교수의 교육역량 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

○ 2차년도 기간내(2021년 8월~ 2022년 12월)에 수행되는 “대학원 혁신수업모델 개발- 혁신수업모델 개발을 통한 체계적 교수학습 기반 제공” 프로그램을 통해 학문초월적인 대학원 수업모델을 개발하고, 추후 수업(천연고분자특론, 치의료용 임플란트소재특론 등)에서 적용하고자 함.

○ 노인성 질환 적용을 위한 바이오소재 개발에 필요한 천연고분자 관련 저서(Book chapter)를 집필하고자 함.

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

3.6.1. 교육프로그램의 국제화 현황

○ 외국 연구소 및 대학과의 협력사업을 통한 인적 교류 확대

1) 한-캐나다 협력기반 조성사업

본 교육연구팀에서는 외국 연구소 및 대학과의 협력사업을 통한 인적교류확대 계획에서 한-캐나다 협력기반 조성사업을 신청하기로 하였으나 한국연구재단의 사업이 공지되지 않은 상황이며, 차후 신청 예정임.

2) 한-인도 국제공동 연구 및 인력 교류프로그램

양승윤 교수의 경우 인도 Indian Institute of Technology Delhi의 재생공학 연구실(Regenerative Engineering Laboratory, Sourabh Ghosh 교수)과 **조직재생에 관한 인력 양성을 위해 한/인도 국제 공동 연구 및 인력 교류 프로그램을 추진 중이**며, 참여연구원인 Ajeesh박사가 인도를 방문하여 연구성과를 공유하였고, (2021년 4월) 코로나로 인하여 유동적이지만 화상회의를 통한 인적/기술 교류 (2021년 6월)를 지속적으로 추진중임. 매년 2명 이상의 인력을 2~4주간 상대국에 파견하여 인력 및 기술 교류와 세미나를 개최할 예정이며, 2022년 관련 연구자(인도측 1명, 한국측 1명)의 교류를 실시할 예정임. 김**소담 학생은 인도 Indian Institute of Technology Delhi의 재생공학 연구팀과 조직모사 3D 바이오프린팅을 위한 고속 경화 바이오 잉크 개발을 2020년 12월부터 현재까지 수행하고 있으며,** 연구목표는 i) 조직의 구조를 모사하고 기계적 물성을 조절할 수 있는 광경화형 바이오 잉크 개발, ii) 이식 후 프린팅된 구조체의 안전성을 높이기 위해 세포수준에서 면역 제어 기능 및 생체적합성을 평가, iii) 동물모델을 이용해 3D 프린팅된 인공 피부 대체제의 안전성과 효능을 연구하고자 함. 광경화형 바이오잉크 합성 및 생체적합성 평가(세포생존율 90% 이상), DLP프린터를 이용한 3차원 구조물의 인쇄성이 확인되었음. 향후, 3D 프린팅을 이용한 인공각막 개발에 관한 논문 투고 (2021년 말), 인도측과 연구교류를 통해 면역제어가 가능한 인공이식재에 관한 연구 추진, 동물실험을 통한 인공조직의 안정성과 효능 평가를 수행할 예정임.

3) 국가별 맞춤형 인력 교류

선진국 및 개도국별로 전략을 세워서 국가별 맞춤형 인적교류를 수행하고자 하였음. 안범수 교수는 국가별 맞춤형 인적교류 추진을 위하여 **한-이집트 인적교류를 추진**하였음. 이집트 Assuit University의 Dr. Elsayed A. Mohamed는 2020년 9월부터 6개월 동안 이집트 정부와 도쿄의 Egyptian Culture education and science Bureau로부터 펠로우쉽에 참여하여 안범수 교수 실험실에서 교류하고자 하였으나 코로나로 인하여 2021년 1월부터 6개월 동안 진행되었으며, Dr. Elsayed A. Mohamed는 최종적으로 자가면역성 탈모 치료 소재 개발을 위해, 원형탈모에서 자가면역 반응과 ECM 조성과의 상관관계를 규명하고 ECM

기반 구성 성분을 이용한 마이크로니들 성분 제작을 계획함. 기존의 약물처리를 통한 탈모 모델 혹은 제모를 통한 탈모 모델이 아닌 자가면역성 T cell을 이용한 원형탈모 동물 모델을 개발하였음. 또한 자가면역증을 나타내는 동물 모델에서 hair follicle을 구성하는 ECM 성분이 어떻게 자가면역을 용인하는지에 대한 메커니즘을 규명하는 연구를 수행중임, 또한 ECM을 인위적으로 재구성하여 자가면역 반응을 조절 및 원형탈모를 치료할 수 있는 신개념 치료법 개발을 위한 계획을 수립하였으며, 원형탈모에 효과적인 ECM 기반 생체고분자를 이용하여 마이크로니들 성분을 제조 계획을 수립함.

4) 우수 외국인 학생 유치

본 교육연구팀에서는 외국인학생 유치를 위하여 외국인학생에게의 혜택 제공, 한중일 아시안 3개국의 네트워크 형성 및 학문교류를 위한 MOU를 체결 등으로 2021년 3명의 외국인 학생을 유치하기로 하였으나 코로나 확산에 의하여 차후년도로 계획이 미루어짐. 2021년 8월 30페이지 이상의 홍보 책자를 영어와 중국어로 작성하여 우수한 외국인 학생의 유치를 유도하고자 함.

3.6.2. 교육프로그램의 국제화 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

○ 외국 연구소 및 대학과의 협력사업을 통한 인적교류를 확대하고자 계획하고, 한-캐나다 협력기반조성사업을 신청을 준비하고 있음. 계획서에 제시하지 않은 한/인도 국제 공동연구 및 인력 교류 프로그램을 추진 중임. 미국 등의 선진국과 인도, 이집트 등의 국가 맞춤형 인력 교류를 수행하며, 개도국과의 인적 네트워크를 구축하고 있으며, 코로나로 인하여 2021년 3명의 외국인 학생을 유치 실적은 달성하지 못했으나, 향후 국.내외 코로나 상황을 고려하여 실시할 예정임.

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

3.6.3. 대학원생 국제공동연구 현황

○ 참여대학원생의 단기연수프로그램은 년 1회 이상 수행하기로 하였으나 코로나로 인하여 지연되어 계획대비 성과가 미비한 실정으로 차후 코로나 상황을 고려하여 수행될 예정임.

○ 본 교육연구팀의 양승윤 교수는 University of Washington과의 국제공동연구를 수행하고자 하였으나 코로나로 인하여 지연되고 있음. 하지만 2022년에 양승윤 교수가 연구년동안 U. Washington으로 연수 갈 예정임.

3.6.4. 국제교류프로그램 현황

○ 해외석학초청강연은 년 2회 이상 실시하기로 하였으나 본 교육연구팀은 2020년 9월부터 현재까지 3번의 초청강연을 실시하였음. 해외석학초청 강연으로 코넬 대학교에서 연구를 수행하고 있는 안창환 박사를 초청하여 Protection mechanism of monoclonal antibodies against Salmonella typhoid toxin의 주제로 강연하였음.

해외석학 초청강연

연도	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
목표					2	2
건수	2	2	3	3	2	1

본 강연에서 다루는 주요 질병은 살모넬라균 감염증으로, 살모넬라균이 입속으로 감염된 후 장 속에서 증식하면서 독소에 의해 소장 점막에 염증이 생겨 설사 증상이 발생하고, 심한 경우 구토와 발열, 혈변이 나타날 수 있음. 안창환 박사는 연구를 통해 살모넬라균 특이적 수용체 결합 PltB 소단위와 뉴클레아제 CdtB 소단위를 인식하는 단클론항체(MAb)를 특성화했으며, 이 MAbs는 살모넬라균이 분비하는 장티푸스 독소에 대한 중화 활성이 있음. 이를 동물실험을 통해 평가한 결과, 치사량의 장티푸스 독소 공격으로부터 동물을 보호했으며, 치료 효과를 보였음. 안창환 박사는 연구를 통해 살모넬라균이 분비하는 장티푸스 독소에 대한 중화효능이 있는 단클론항체 (MAb)를 특성화하였으며, 장티푸스의 효과적인 치료제로서의 가능성을 입증하였음. 본 강연을 통해 참여한 학생들은 살모넬라균 감염증 및 장티푸스 독성에 대해 새로운 지식을 쌓았을 것으로 기대되며, 발표한 연구를 토대로 다양한 분야의 연구자 및

교수들과 활발한 토론을 진행하였음.

일시	해외학자	강연제목	소속 학교	소속 국가
2020.11.17	이유한	Therapeptic luminal coating of the intestine	Brigham and Women's Hospital, HarvardMedicalSchool	미국
2020.12.07	Jinyoung Kang	Expansion Revealing: Decrowding Proteins to Unmask Invisible Brain Nanostructures	Massachusetts Institute of Technology	미국
2021.01.27	ChangHwan Ahn	Protection mechanism of monoclonal antibodies agianst Salmonella typhoid toxin	Cornell University	미국

3.6.5. 국제공동연구 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

○ 본 팀은 2021년 9월까지 세건의 국제공동연구를 수행하였으며 3편의 논문이 편찬된 상태임. 또한 Henan University, Indian Institute of technology Dlehi, Assyut university와 공동연구를 수행중에 있음.

○ 현재 진행 중인 공동연구를 통해서 다음해까지 세 건의 국제공동연구를 수행할 예정임.

○ 차년도에 추가적인 공동연구를 위하여 미국의 워싱턴 대학교 및 시카고 대학과 공동연구를 도모 중임.

Ⅲ 연구역량 영역

□ 연구역량 대표 우수성과

○ 대표우수성과 양승윤 교수의 "임신중독증 선별용 초고속 무통진단 패치 개발"

1) 대표우수논문의 창의성 · 혁신성

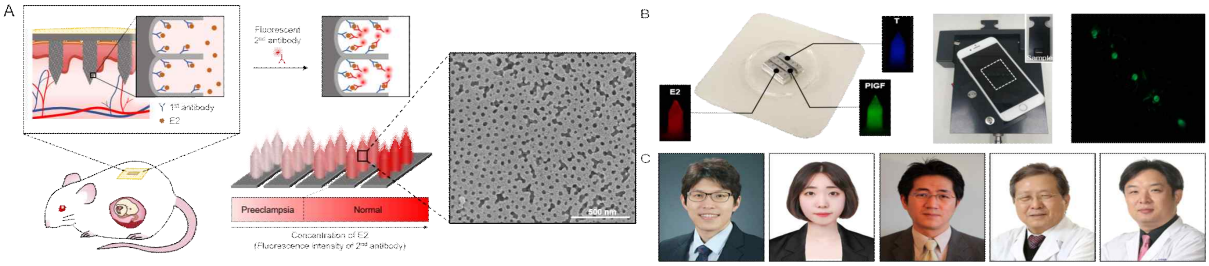
임신중독증은 임신과 합병된 고혈압성 질환으로, 전세계 3~8%의 임산부가 겪고 있으며 심한 경우 산모와 태아의 사망 원인이 되기도 함. 임신중독증 진단을 위한 극미량의 바이오마커(에스트로겐)를 검출하기 위해서는 채혈이 필수적인데, 환자에게 고통을 유발하며 분석을 위한 긴 시간과 많은 비용이 요구되고 있음. 본 교육연구팀에 참여하고 있는 양승윤 교수와 연구진은 **마이크로니들의 표면적을 극대화시킨 나노다공성 마이크로니들 패치를 제작하여, 피부 내에 수 나노그램 수준으로 존재하는 에스트로겐을 1분 내에 빠른 검출이 가능함.** 나노다공성 마이크로니들 진단 패치는 에스트로겐을 포함한 3종의 임신중독증 관련 바이오마커를 동시에 검출 할 수 있어 진단의 신뢰도를 높일 수 있었고, 스마트폰 기반 휴대용 형광 분석 장치를 이용해 현장에서 바로 진단 결과를 확인할 수 있는 디지털 헬스케어 의료기기로서의 가능성도 확인하였음.

2) 연구내용과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

패치 진단 기술은 **신종 바이러스 감염 등 요양 시설의 비대면 진단이 필요하거나 독거노인 등 의료 사각 지대에서 진단 진료가 힘든 계층에 질병 진단**을 할 수 있을 것으로 기대됨.

3) 해당연구분야의 기여정도

본 결과는 연구의 우수성을 인정받아 2020년 9월 **Biosensor and Bioelectronics (IF 10.257, Analytical chemistry 분야 1.16% 이내)에 게재되었고, 다수의 언론사(조선비즈, 메디컬 투데이 등)에 소개**되었음. 또한, **2021년도 보건의료 R&D 우수성과에 선정**되었음.



[사진설명] A. 나노다공성 마이크로니들을 이용한 진단패치의 개념도. B. 3종 이상의 바이오마커 검출이 가능한 진단패치 및 스마트폰을 이용한 바이오마커 검출 확인, C. 참여연구진

○ **대표우수성과 양승윤 교수의 “국소 부위 약물전달과 관련된 기술 이전 (기술이전 금액 : 1억원)”**

1) 대표우수성과의 창의성 · 혁신성

양승윤 교수팀은 **방사성 동위원소가 표지된 광가교성 하이드로젤 및 그 제조방법 외 3건의 특허에 대해서 바이오벤처 기업인 ㈜에스엔비아에 기술 이전(특허 양도)** 하였음. 특히, 국소 방사성 치료와 관련된 기술은 항암치료에 활용 가능함. 암은 현재까지도 인류가 직면하는 가장 치명적인 질병 중 하나로, 조기 진단과 치료법에 많은 발전을 이루었지만 여전히 암은 전 세계 사망 원인의 30%를 차지하고 있음. 암을 치료하기 위해 외부 방사선 요법을 많이 사용하고 있는데, 기기를 통해 체내에 방사선을 유도하고 종양세포를 파괴하는 방법으로 상대적으로 잘 제어되고 조절되는 치료법이지만, 종양에 인접한 정상 조직의 비특이적 파괴, 이온빔의 경로에서의 불량, 침투하는 조직에 대한 높은 방사선량의 필요성 등 문제점이 여전히 남아있음. 특히, 요오드(Iodine) 방사성 동위원소는 방사선 이온화 효과로 갑상선 조직에 축적되어 암세포의 세포사멸과 괴사를 유발하는 내부 방사선 치료제임. 하지만, 체내 주입 후 빠르게 온몸으로 퍼져 원하지 않는 장기나 정상조직에 손상을 주는 부작용이 있음. 이를 해결하기 위해 생체고분자 기반 방사성 동위원소가 표지된 마이크로 사이즈의 하이드로젤(마이크로젤)을 개발하였음.

2) 연구내용과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

개발된 방사성 동위원소가 표지된 마이크로젤은 방사선 치료가 필요한 국소적 부위에 머무름이 우수하여 주변 조직의 손상을 최소화하면서 암을 치료할 수 있을 것으로 예상됨. 특히, 부작용이 적은 새로운 항암 치료 기술을 개발하여 실버질환에 효과적으로 치료할 수 있는 기술로의 응용가능성이 높음.

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

<표 3-1> 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	2,482,298	1,093,139	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	595,059	40,000	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	
참여교수 수	3	3.67	
1인당 총 연구비 수주액	1,025,786 (341,928/1년)	308,757	

가. 1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

4.1.1. 참여교수 연구업적물 현황

○ 본 교육연구단은 사업 목표인 “바이오소재 분야의 세계 100위 대학원 진입”을 위해 연구업적물의 질적 우수성 향상에 초점을 맞추었고, 사업 기간의 실적은 아래 표와 같음.

연구분야지표	사업기간 (2020. 9. 1 - 2021. 8. 31)	
	목표 (1차년도)	실적
1인당 상위 10% 논문편수	1	1.36
1인당 환산편수	1.70	1.77
1편당 환산보정 IF	0.083	0.201
연구비수주 (억)	2.74	3.09

○ 대부분의 연구지표에서 당초목표를 달성하였는데, 1인당 환산편수(논문의 양적 지표)에서는 다소 미흡한 실적을 보였음. 하지만, 연구업적물의 질적 우수성(기준 분야별 상위 10% 저널에 출판 수 및 환산보정 피인용수)을 향상시키는 과정에서 불가피하게 양적인 지표가 줄어들었고, 교육연구단에 신임교수가 새롭게 합류함에 따라 일시적으로 낮아진 것으로 생각됨. 논문 지표뿐만 아니라 연구비 수주도 10% 이상 향상되어 수준 높은 연구를 진행하기 위한 기반을 조성할 수 있으며, 논문지표는 아래와 같음.

구분		최근5년간 평균 실적	사업기간 실적 (2020. 9. 1 - 2021. 8. 31)
		참여교수 3명	참여교수 3.67명
논문편수	논문 총 편수	22.6	19
	논문의 환산 편수의 합	4.861	6.508
	참여교수 1인당 환산편수	1.620	1.773
Impact factor (IF)	IF=0이 아닌 논문 총 편수	22.6	18
	IF의 합	78.823	80.501
	환산보정 IF의 합	2.089	3.609
	논문 1편당 환산보정 IF	0.018	0.201
	참여교수 1인당 환산보정 IF	0.696	0.983
Eigenfactor Score (ES)	ES=0이 아닌 논문의 총 편수	22.6	18
	ES의 합	2.392	2.338
	환산 보정 ES의 합	3.615	12.555
	논문 1편당 환산보정 ES	0.032	0.697
	참여교수 1인당 환산보정 ES의 합	1.205	3.421

○ 교육연구단은 BK사업 시행 이전 보다 논문의 질적 우수성과 관련된 지표(상위 %, IF, ES)들이 전반적으로 향상된 것을 확인할 수 있음. 상위 10% 이상의 논문편수가 증가하여 연구분야의 임상의나 공학자와 협업한 내용이 상위 저널에 출판 비율이 높았으며, 교육연구단의 대표 실적인 2편의 논문은 해당 연구 분야 상위 10% 이내의 논문이며, 주요 내용은 아래와 같음.

○ 참여교수 연구실적 대표 우수성과: 황대연 교수의 연구업적물 (Therapeutic Effects of D*ipterocarpus tuberculatus* with High Antioxidant Activity Against UV-Induced Photoaging of NHDF Cells and Nude Mice)

1) 대표연구업적물의 창의성 · 혁신성

황대연 교수의 대표연구업적물은 최근에 환경오염에 의해 오존층의 손실로 심하게 발생하는 광노화질환에 대한 치료제를 천연물바이오소재를 이용하여 치료하고자 하는 연구가 창의적이고 도전적으로 수행되었음. 여름철 장시간 피부를 자외선에 노출되는 경우, 강력한 태양빛으로 인하여 피부에 각종 질환이 유발되며, 특히 태양의 자외선으로 인한 광노화(Photoaging)가 급격히 발생하고, 피부암 등으로 발전함. 따라서 방문객의 증가와 더불어 피부질환자의 증가는 심각한 지역사회 문제로 대두되고 있어 대처가 필요함. 본 연구에 사용된 *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. (MED)는 태국, 라오스, 베트남, 캄보디아 등 동남아시아에서 주로 분포하는 식물로 포장지, 보트재작 등 산업용재료로 일부 사용되고 있으며, 상처 치료 등에 일부 사용되지만 거의 연구가 되어 있지 않음. *Dipterocarpus tuberculatus*의 열수추출물(MED)은 높은 수준의 탄닌 함량과 DPPH에 대한 높은 유리산 제거활성이 확인되었고, LC-MS 분석을 사용하여 갈산, 베르게닌, 엘라직산, β-비니페린, 아시아산, 올레놀산, 2α-하이드록시루졸산 등 7가지 활성 성분이 확인됨. 자외선에 의한 NO 농도 변화, SOD 활성, Nrf2 발현 등이 MED처리된 NHDF 세포에서 현저하게 회복되었음. MED 치료는 COX-2 유도 iNOS 매개경로의 억제, 염증성 사이토카인의 발현, UV방사 NHDF세포의 염증 활성화를

유도하였음. 이러한 결과를 종합해 보면, MED는 UV 유도 광노화에 대해 치료 효과를 나타내며, 미래에 광노화 치료제로서의 개발에 대한 잠재력이 있음을 알 수 있는 최초의 우수논문임. 또한, 한국실험동물학회에서되어 그 우수성을 인정받아 한국실험동물학회 연구장학생에 선정되었음.

2) 연구내용과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

광노화질환은 실버세대에서 매우 빈번하게 발생하는 질환으로서 본 교육연구팀에서 추진하는 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발분야에 부합하는 연구임. 특히, 지구온난화와 탄소 배출의 증가로 오존층의 상실 증가 등으로 피부노화질환이 증가할 것으로 예상되어 새로운 치료제를 개발하고 작용기전을 분석하는 연구는 대표연구업적물에 매우 부합하는 것으로 평가됨.

3) 해당연구분야의 기여정도

해당연구가 게재된 Antioxidants 저널은 2016년 SCE급에 등재된 이후 **IF 6.312로서 의료분야에 저널 랭킹 6위이며 상위 9.52%에 해당하는 우수논문**임.

○ **참여교수 연구실적 대표 우수성과: 양승윤 교수의 연구업적물 (Nanochannel-driven rapid capture of sub-nanogram level biomarkers for painless preeclamsia diagnosis)**

1) 대표연구업적물의 창의성 · 혁신성

양승윤 교수의 대표연구업적물은 무통진단이 가능한 마이크로니들을 진단센서에 응용한 연구, 마이크로니들의 표면적을 극대화시켜 나노다공성 마이크로니들 패치를 제작하고, 피부 내에 수 나노그램 수준으로 존재하는 바이오마크를 1분 내에 빠르게 검출할 수 있었음. **나노다공성 마이크로니들 진단 패치는 에스트로겐을 포함한 3종의 임신중독증 관련 바이오마커를 동시에 검출**할 수 있어 진단의 신뢰도를 높일 수 있었고, 스마트폰 기반 휴대용 형광 분석 장치를 이용해 현장에서 바로 진단결과를 확인할 수 있는 디지털 헬스케어 의료기기로서의 가능성도 확인하였음.

2) 연구내용과 교육연구팀의 비전 및 목표의 부합성

높은 유병률을 보이는 임신중독증을 조기에 선별하여 저출산 시대에 출산율을 높이는데 기여할 수 있으며, 산모의 편의성을 높일 수 있는 패치 형태의 신개념 무통 진단 의료기기를 개발하였음. **임신중독증과 관련된 3종의 바이오마커를 검출하여 신빙성 있는 진단법을 제시** 하였으며, 기존 진단법보다 빠른 시간 내에 검출이 가능하고 웨어러블 장비에 호환이 가능하여 스마트 헬스케어 기기로의 확장성도 매우 높음. 임신중독증뿐만 아니라 신종 바이러스 감염 등 비대면 진단이 필요하거나 저개발국가 등 진료가 힘든 장소에서도 질병 진단을 할 수 있을 것으로 기대됨.

3) 해당연구분야의 기여정도

관련 기술은 국내특허 등록이 완료되어 원천 기술을 확보하였고, 현재 기술사업화를 추진하고 있으며, 해당연구가 게재된 Biosensor and Bioelectronics 저널은 **IF 10.257 로서 분석화학 분야 저널 상위 1.16%에 해당하는 우수논문**임.

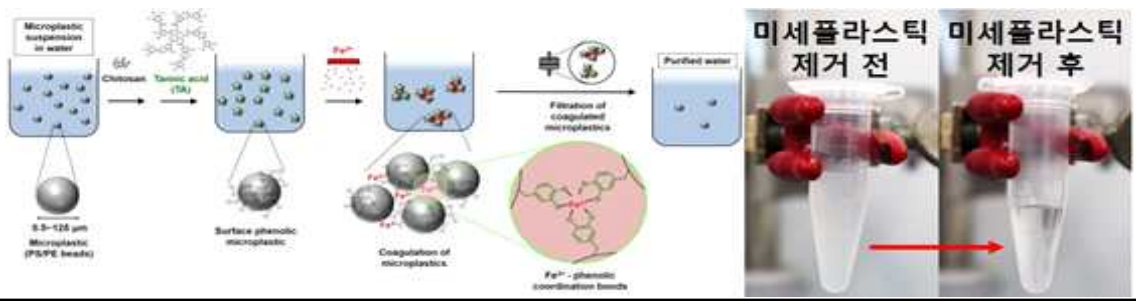
4.1.2. 참여교수 연구업적물 추진계획

○ 본 교육연구단은 사업 목표인 연구업적물의 지속적인 질적 향상을 위해, 본 연구단의 강점을 극대화할 수 있는 전략을 수립하고 아래의 항목을 중점적으로 추진할 예정임.

1) 소재원천 기술 확보: 실버 맞춤형 질환에 최적화된 약물전달 패치와 조기진단용 바이오센싱 기술 개발.
2) 비임상 기초 연구 고도화: 국제 수준의 실험동물센터와 다양한 인프라를 이용하여 기초연구의 고도화를 달성하고, 공동연구를 통해 연구의 질적 향상을 도모하고자함.
3) 임상 응용 연구 확대: 임상 분야와 협업을 통해 파급력 높은 연구를 진행할 예정임. 또한, 임상 샘플을 확보하여 한 단계 업그레이드된 연구를 진행할 예정임.
4) 국제 공동연구 활성화: 코로나로 인해 공동연구가 다소 미흡하였지만, 화상미팅이나 공동연구를 통해 해외 우수 연구진과 국제 연구를 진행할 예정임.
5) 질적수준 향상을 위한 성과급제도의 활성화: 질적 우수성에 따라 차별적인 인센티브를 지급함으로써, 우수한 연구에 대한 동기를 부여할 예정임.

② 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2020.9.1.-2021.8.31.))

연번	대표연구업적물 설명
1	○ 연구업적물 : Therapeutic Effects of Dipterocarpus tuberculatus with High Antioxidative Activity Against UV-Induced Photoaging of NHDF Cells and Nude Mice. Antioxidants 10:791. ○ 연구업적물에 대한 설명 *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.의 메탄올 추출물(MED)이 UV조사로 유도된 광노화(Photoaging)에 대 한 치료효과를 연구하기 위하여, MED를 처리한 nude마우스와 NHDF세포에서 항산화활성, 세포사 억제 효과, ECM조절, 피부표현형, 항염증에 대한 반응을 분석하였음. 그 결과, MED는 높은 수준의 탄닌 함량과 DPPH에 대한 높은 유리산 제거활성이 확인되었고, LC-MS 분석을 사용하여 갈산, 베르게닌, 엘라직산, β-비니페린, 아시아산, 올레놀산, 2α-하이드록시루졸산 등 7가지 활성 성분이 확인됨. 자외선에 의한 NO 농도 변화, SOD 활성, Nrf2 발현 등이 MED처리된 NHDF 세포에서 현저하게 회복되었음. 또한 UV + MED 처리군에서는 자살세포의 감소와 G2/M 세포주기 정지 현상이 관찰되었음. β-갈락토시다아제, MMP-2/9 발현, 세포내 엘라스타아제 활성에 대해서도 유사한 회복이 감지됨. 또한, MED 치료는 COX-2 유도 iNOS 매개 경로의 억제, 염증성 사이토카인의 발현, UV 방사 NHDF 세포의 염증 활성화를 유도하였음. 이후 NHDF 세포에서 관찰된 항광노화 효과는 피부 표현형과 조직병리학적 구조 분석을 통해 UV + MED 처리 누드 마우스에서 평가 및 검증되었음. 이러한 결과를 종합해 보면, MED는 UV 유도 광노화에 대해 치료 효과를 나타내며, 미래에 광노화 치료제로서의 개발에 대한 잠재력이 있음을 알 수 있는 최초의 우수논문임.
2	○ 연구업적물 : Nanochannel-driven rapid capture of sub-nanogram level biomarkers for painless preeclampsia diagnosis, Biosensors and Bioelectronics, 163: 112281. ○ 연구업적물에 대한 설명 임신중독증은 임신 20주 이후에 단백뇨를 동반하는 고혈압성 질환으로 증상이 나타나지 않는 임신중독증도 있어 치료시기를 놓치는 경우 태아와 임산부가 사망할 수 있어 조기 진단이 필수적임. 임신중독증 진단을 위해 채혈을 통한 바이오마커 검사가 주로 이루어지지만, 환자에게 고통을 유발할 수 있고 긴 분석 시간과 많은 비용이 요구됨. 본 연구팀은 피부 내에 나노그램 농도로 존재하는 임신중독증 진단 바이오마커인 에스트로겐을 고통없이 신속하게 검출하기 위해 표면적을 극대화시킨 나노다공성 마이크로니들 진단패치를 개발하였음. 마이크로니들 표면에는 바이오마커를 검출할 수 있은 항체를 고정하였고, 피부 내에 삽입 후 항원-항체 반응을 통해 바이오마커를 1분 만에 빠르게 캡처하였음. 이후 형광이 표지된 2차 항체를 처리하여 형광 이미징을 통해 0.5-1000 ng/mL의 바이오마커를 검출할 수 있었음. 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 있었음. 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 소개되었음.
3	○ 연구업적물 : Comparison of steroid hormones in three different preeclamptic models. Molecular medicine reports 23(4):252. ○ 연구업적물에 대한 설명 국내 미개발된 새로운 천연물 바이오소재를 발굴하고 실버세대 다발성질환 치료제로서 효능평가를 수행하는 것은 새로운 신약개발의 파이프라인에 대한 단서를 제공하기 때문에 매우 중요함. 본 연구에서 사용한 Galla Rhois(GR)는 항균, 항염증, 암의 항전이/항침습 활성, 변비개선 능등을 가지고 있지만, 신경퇴행성질환에 대한 효능은 연구된바 없음. 따라서 인지손상 완화에 대한 GR의 새로운 치료 효과와 분자메커니즘을 조사하기 위해, 스코폴라민(SP)-유도 기억손상

	모델동물에서 GR을 투여하고 행동학적 변화, 신경세포보호에 대한 메커니즘을 분석하였음. 그 결과, GR은 DPPH에 대한 높은 수준의 활성산소 저해능과 B35 세포의 반응성 산소종(ROS)에 대한 억제 활성 그리고 증가된 SOD와 CAT 활성을 유도함. 수동회피실험에서 기억손상에 대한 지체시간을 회복시켜주었고, BDNF분비를 촉진시킴. BDNF수용체인 TrkB 수용체 신호경로와 p75NTR 수용체 신호경로의 변화는 GR 처리로 유도되었으며, 죽은 신경세포 수 감소와 아세틸콜린세테라제(AchE) 활성 및 염증반응의 억제를 유도하였음. 이러한 결과는 GR의 항산화 활성이 BDNF 분비와 그 수용체 신호경로의 조절을 통해 SP유도 기억손상모델에서 인지장애, 신경세포 기능 및 생존의 개선에 기여한다는 것을 나타냄. 이러한 연구결과는 GR이 실버세대 다발성질환인 치매질환의 치료를 위한 천연물 치료제로서 높은 잠재력에 대한 과학적 증거를 제시하고 있으며, 관련분야 상위 10%이내의 저널인 Antioxidant에 게재하여 우수성을 인정받았음. 본 연구팀은 GR연구의 이러한 기능과 더불어 추가적인 효능에 대한 분석을 실시하여 우수한 바이오소재로서 개발 가능성을 다음의 논문 3편과 등록특허 1건을 통하여 규명하였음. 이러한 연구 중에서 Pharmacogn Mag. 13(Suppl 2):S294-S300논문에서는 GR이 과산화수소에 의해 유도된 세포독성을 완화사키는 효능을 규명하였고, PLoS One. 11(9):e0161144논문에서는 GR이 변비질환을 완화시키는 효능이 있음을 확인하였고, Nutrients. 8(3):107논문에서는 사염화탄소에 의해서 유발된 간독성을 완화하는 효능을 규명하였음. 이러한 연구를 기반으로 오배자 추출물을 유효성분으로 포함하는 변비의 예방 또는 치료용 조성물(등록번호 1017949290000)에 대한 특허등록을 완료하였음. 이러한 연구성과를 종합하여 새로운 연구과제 혹은 산학협력과제 수행을 위한 기반을 마련하고, 국가과제로 추진하기 위해 노력하고 있음.
4	○ **연구업적물** : Removal of microplastics via tannic acid-mediated coagulation and in vitro impact assessment. RSC Advances. 6, 11, 3556-3566. ○ **연구업적물에 대한 설명** 최근 코로나 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 제거기술임. 미세플라스틱의 제거효율은 기존 응집제인 Fe-salt, Al-salt를 사용하는 것보다 2배 이상 뛰어났으며, 재현성 있게 구현되었음. 특히, 5분 이내 응집현상을 일으키며 95%이상의 제거효율을 보였음. 실제 수질 환경의 유사조건에서도 제거효율이 유지되었음. 미세플라스틱의 농도별 세포실험을 통해, 간, 장세포의 염증인자가 증가되는 잠재적 인체위해성을 확인할 수 있었음. 본 제거기술에 의해 정제된 샘플은 미세플라스틱이 존재하지 않는 수준으로 위해성을 낮출 수 있었음. 기존 미세플라스틱의 제거 방법으로는 크게 생물학적 분해, 필터, 응집기술이 있음. 생물학적 분해는 시간이 오래 걸리고, 필터방법은 크기가 작을수록 제거가 어려우며, 응집 기술은 제거 효율이 낮은 단점을 가지고 있음. 반면, 본 기술은 미세플라스틱의 표면처리를 통해 배위결합을 유도하여 응집하기 때문에 미세플라스틱의 크기나 종류에 관계없이 수 분 이내에 응집에 의한 높은 제거효율을 가짐. 표면을 식물유래 폴리페놀물질로 표면처리 후, 메탈이온을 첨가하여 페놀-메탈기반 배위결합을 이용하여 응집을 형성시켜 필터를 통해 제거가 가능함 (아래 그림 참고). 

	식물유래 폴리페놀인 타닌산(tannic acid)을 사용함으로써 유해성의 이슈가 없고, 폴리페놀계열 중에서도 단가(1,000원/g)가 낮아서 대량 생산에 유리함. 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 유지함. 세포실험, 마우스실험을 통해 미세플라스틱의 농도에 의존적으로 독성과 염증반응이 나타나는데, 본 제거기술을 이용하면, 미세 플라스틱이 존재하지 않는 수준의 독성, 염증반응이 나타남을 확인함. 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) 되었음.

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

4.2.1. 참여교수 특허 및 기술이전의 현황

○ 본 교육연구단의 특허 및 기술이전과 관련된 당초 연구목표와 당해연도 (2020.9.1 - 2021.8.31.)의 실적은 아래 표와 같음.

연구분야 지표	사업기간 (2020. 9. 1 - 2021. 8. 31)	
	목표	실적
기술이전 (천원)	30,000	100,000
특허등록 (건)	1.30	1.36

○ 특허등록 및 기술이전에서 모두 당초 목표를 초과 달성하였음. 특히, 기술이전의 경우, 부산지역 바이오벤처에 국소 약물전달에 대한 원천기술을 양도함으로써, 지역사회의 발전에 기여할 것으로 예상됨. 또한, 등록된 특허는 무통으로 약물의 자가투여나 진단이 가능한 기술로, 의료인의 접근성이 취약한 요양병원이나 독거노인과 같은 의료 사각지대에 있는 실버계층에 활용도가 높을 것으로 판단됨. 이는 본 교육연구단의 목표인 실버질환 맞춤형 바이오소재 개발과 부합되는 내용으로, 창의성과 응용성이 높아 향후 기술 사업화에 유리할 것으로 기대됨.

○ 특허등록: 마이크로니들, 이를 포함하는 패치 및 이의 제조 방법 (2021.4.6., 대한민국 특허 10-2239272)

마이크로니들은 마이크론(micron) 단위의 길이를 갖는 니들로서, 피부를 통해 마이크로 채널을 형성하여 국소 또는 전신 약물 흡수를 유도해 약물의 경피 전달을 용이하게함. 마이크로니들은 최소 침습적인 시스템으로 용이하고 환자 친화적으로 약물을 투여할 수 있음. 마이크로니들은 피부에 침투하여 진피 층의 신경섬유와 혈관을 피하면서 표피로 각질층을 통과할 수 있음. 이러한 마이크로니들에 의해 형성된 미세 홀에 의해 간질액(Interstitial fluid, ISF)이 수집될 수 있고, 피부에 삽입된 마이크로니들은 ISF 내 바이오마커와 직접 접촉할 수 있어 고통없이 최소한으로 침습하는 진단 수단으로 사용할 수 있음. 기존 진단 목적으로 사용되는 마이크로니들에는 피부 내 삽입되어 체액과 함께 바이오마커를 흡수하는 팽윤성 마이크로니들과 표적 바이오마커에 선택적으로 결합하는 프로브가 표면에 처리되어있는 솔리드 마이크로니들이 있음. 그러나, 팽윤성 마이크로니들의 경우 팽윤 거동이 바이오마커 흡수에 기반하기 때문에 센싱에 상대적으로 긴 시간이 소요된다는 단점이 있고, 솔리드 마이크로니들의 경우 빠른 센싱 능력이 증명되었으나, 체내 나노그램 수준의 바이오마커를 검출하기에는 그 검출한계가 충분하지 않음. 따라서, 체내 극소량의 바이오마커를 빠르게 검출 가능한 새로운 소재에 대한 연구 및 개발이 요구되고 있음. 최소 침습성으로 체내에서 나노그램 이하의 농도로 존재하는 바이오마커를 신속하게 캡처할 수 있는 나노기공 구조를 포함하는 마이크로니들을 개발하였으며, 이와 관련된 특허를 등록하였음. 나노기공 구조를 가지는

마이크로니들은 제어된 양극 산화 공정을 통해 표면에 형성된 균일한 크기의 나노기공 구조를 포함하고, 표면에 표적 바이오마커를 검출할 수 있는 바이오마커 특이적 항체를 고정시킴으로써 기능화시킬 수 있음. 기능화된 마이크로니들은 체내에 삽입되어 체내에 존재하는 바이오마커를 매우 신속하고 정밀하게 검출할 수 있으며, 예를 들어, 임신중독증의 바이오마커로 알려진 에스트로겐의 경우 1분 만에 검출 가능함. 즉, 본 발명의 마이크로니들 및 이를 포함하는 패치는 고감도의 신속한 바이오마커 검출 플랫폼으로 구성 가능하고, 이를 통해 현장에서 질병의 임상 진단을 위한 소형 진단 장치로 응용될 수 있음.

○ 기술이전: 방사성 동위원소가 표지된 광가교성 하이드로젤 및 그 제조방법 (2020.11.06.)

암은 현재까지도 인류가 직면하는 가장 치명적인 질병 중 하나로, 조기 진단과 치료법에 많은 발전을 이루었지만 여전히 암은 전 세계 사망 원인의 30%를 차지하고 있음. 암을 치료하기 위해 외부 방사선 요법을 많이 사용하고 있는데, 기기를 통해 체내에 방사선을 유도하고 종양세포를 파괴하는 방법으로 상대적으로 잘 제어되고 조절되는 치료법이지만, 종양에 인접한 정상 조직의 비특이적 파괴, 이온 빔의 경로에서의 불량, 침투하는 조직에 대한 높은 방사선량의 필요성 등 문제점이 여전히 남아있음. 특히, 요오드(Iodine) 방사성 동위원소는 방사선 이온화 효과로 갑상선 조직에 축적되어 암세포의 세포사멸과 괴사를 유발하는 내부 방사선 치료제임. 하지만, 체내 주입 후 빠르게 온몸으로 퍼져 원하지 않는 장기나 정상조직에 손상을 주는 부작용이 있음. 이를 해결하기 위해 생체고분자 기반 방사성 동위원소가 표지된 마이크로 사이즈의 하이드로젤(마이크로젤)을 개발하였음. 개발된 방사성 동위원소가 표지된 마이크로젤은 방사선 치료가 필요한 국소적 부위에 머무름이 우수하여 주변 조직의 손상을 최소화하면서 암을 치료할 수 있을 것으로 예상됨. 또한, 개발된 마이크로젤은 방사선 치료용 약학 조성물, 방사선 진단 이미징용 조성물로 이용할 수 있으며, 항암제와 병용하여 항암 치료용 약학 조성물로 이용할 수 있어 효과적으로 암을 치료할 수 있는 기술로의 응용가능성이 높음. 해당 기술은 부산지역 바이오벤처인 ㈜에스엔비아에 약물전달 관련 기술의 요구가 있어 관련 기술을 이전(특허 양도) 하였음.

4.2.2. 참여교수 특허 및 기술이전 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

○ 실용성이 높은 아이템을 도출하기 위해서 기업과의 간담회를 활성화하고 산학 워크샵을 정례화 (년 최소 1회) 및 참여 대상을 좀 더 확대할 예정이며, 바이오분야에서 실질적인 니즈를 파악하기 위해 임상의와 연구개발을 추진할 예정임 (공동 과제 수주 및 공동 연구 진행).

2. 산업·사회에 대한 기여도

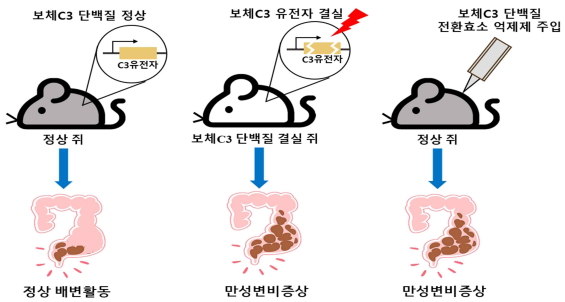
5.1.1. 산업·사회에 대한 문제해결 기여 현황

○ 본 교육연구단에서는 산업 및 사회 문제해결을 위해서 실버세대 질환 규명, 실버질환 맞춤형 치료기술 및 치료제 개발을 계획하였음. 이를 위해 제약사 및 지역 업체와 공동연구 및 제품개발에 참여하였으며, 관련 기초 연구도 심층적으로 진행하였음. 당해연도(2020.9.1 - 2021.8.31) 주요 성과는 아래와 같음.

1) 실버세대 다발성 장질환의 원인규명을 통한 치료제 개발

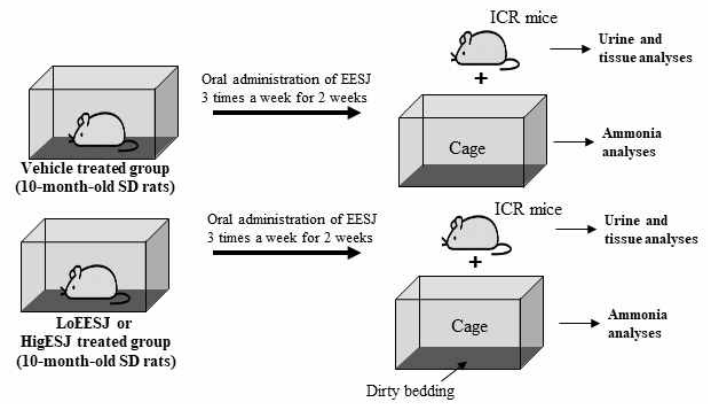
실버세대의 변비 질환은 초고령 사회로의 급격한 전환과 인스턴트 식품 섭취의 증가 및 불규칙한 생활습관 등으로 인해 최근 10년동안 19.5% 증가하였다. 특히 70대 이상 고령자에게 가장 발병률이 높으나 발병 원인과 치료제 개발이 미비한 실정으로 본 교육연구팀의 황대연 교수 연구팀과 국립암센터 이호 교수 연구팀과의 공동연구를 통하여 만성변비질환의 새로운 원인으로 '보체C3 단백질의 결핍이 변비를 유도한다'는 사실을 세계 최초로 규명하였으며, 생명과학분야의 저명 국제 학술지인 'FASEB J' 1월호에 'Deficiency of complement component 3 may be linked to the development of constipation in FVB/N-C3^{em1H1ee}/Korl mice.' 논문을 게재하였음. 이번 연구에서

연구팀은 유전자결실 쥐(knockout mice)를 이용해 선천성 면역질환에 중요 한 역할을 수행하는 9개 보체단백질 중 C3(complements C3)단백질의 결핍으로 이한 배변의 지연, 장운동의 억제, 뮤신(점막에서 분비되는 점액물질)분비 저해 등 변비 질환의 주요증상을 유발했고, 변비질환과 유사한 대장 조직 구조를 형성함을 확인함. 보체C3 단백질 분해를 촉진하는 C3 convertase효소의 작용을 억제해도 동일한 변비 증상이 유도됨을 증명함. 사람과 유사한 변비 증상을 나타내는 유전자결실 쥐를 통해 얻은 이번 연구 결과는 향후 실버세대의 다발성 질환인 변비 치료제의 개발과 임상 증상 연구에 높은 활용 가능성을 제시함.



2) 노인성 가령쥐 억제 천연물 바이오소재 개발

이전 연구에서는 이전 연구에서는 탈취율과 항산화능이 우수한 새로운 바이오소재를 갈조류로부터 개발하기 위하여, 5가지 갈조류(감태, 다시마, 대황, 모자반, 톳)의 분말시료와 열수 추출물을 이용하여 성분분석, 탈취율분석, 항산화능분석을 실시한 결과, alginic acid와 glutamic acid을 주성분으로 하는 다시마가 암모니아와 아세트산에 대한 높은 탈취율과 DPPH에 대한 우수한 소거능을 나타냄. 이를 기반으로 다시마를 후보 물질로 선정하여 열수, 70% 아세톤, 70% 에탄올용매 를 이용하여 ESJ, AESJ, EESJ를 추가로 확보하였으며, 이들 중에서 AESJ와 EESJ가 우수한 탈취율과 항산화능을 나타내었고 총 폴리페놀함량, 총 플라보노이드함량, 축합형탄닌함량이 높은 것으로 확인함. 따라서 이러한 결과는 다시마를 아세톤과 에탄올을 이용하여 추출한 AESJ와 EESJ가 새로운 항균탈취제로 개발 가능성이 높음을 제시하고 있다. 한편, 탈취능을 갖는 천연직물(면, 실크, 울)은 사람들의 건강과 위생을 증진시키기 위한 수단으로 많은 관심을 받고 있으며, 다양한 천연추출물이 이를 위해 연구됨. 이러한 연구를 기반으로 당해연도에는 실험동물에서 소취효능을 평가하기 위하여, 먼저 동물모델에서 노화와 관련된 새로운 냄새 마커를 사용하여 S. Japonica의 탈취 효과를 조사하기 위해 가스 크로마토그래피-질량분석(GC-MS)을 사용하여 생후 2개월과 10개월 된 ICR 생쥐에서 얻은 소변 내 냄새 성분 농도를 비교하고 트리메틸아민(TMA) 농도의 변화를 확인하여 10개월 된 ICR 마우스가 4주 동안 S. Japonica(EESJ)의 70% 에탄올 추출물에 피폭된 후 발생하는 땀샘의 구조 및 수준. 총 플라보노이드(28.6±2.5 mg/g), 총 폴리페놀(107.3±8.9 mg/g) 및 총 응축탄닌(65.7±5.2 mg/g) 함량과 암모니아 및 초산에 대한 탈취 성능(91.2±7.8%)을 확인하기 위해 시험관내 분석을 최초로 실시함.



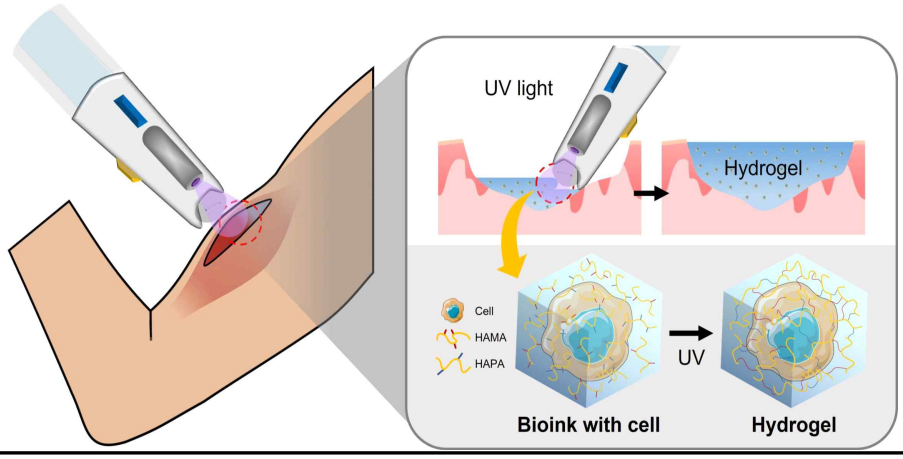
평가된 19개 냄새 성분 중 TMA는 생후 2개월 된 ICR 생쥐에 비해 10개월 된 ICR 생쥐의 소변 농도가 높다는 점을 고려할 때 노화와 관련된 새로운 냄새 지표로 확인됨. 가스 크로마토그램에서 TMA의 피크 면적은 차량 치료 그룹에 비해 EESJ로 처리된 10개월 된 ICR 마우스에서 유의적인 감소를 나타내었고, 유사한 감소 패턴이 EESJ 치료 그룹의 더러운 침구로부터 얻은 암모니아 수준에서 관찰됨. 또한, EESJ에 피폭된 그룹의 마우스 발에서 얻은 조직은 땀샘의 수와 TMA 탈수소효소의 전사 수준에서 용량 의존적인 감소를 보였다. 종합적으로, 우리의 결과는 EESJ의 투여가 체내 TMA와 암모니아 농도 감소에 기여하고, 냄새를 감소시키고 ICR 마우스 발의 땀샘의 수를 감소시킨다는 새로운 증거를 제공함.

3) 실버맞춤형 약물전달을 위한 마이크로니들기반 무통 백신 패치 개발

약독화 생균제제인 결핵 백신의 역가를 유지하고, 무통으로 피내 정량전달이 가능한 신개념의 결핵 백신 마이크로니들 패치 개발을 진행중에 있음. 이를 위해 균주원액의 대량생산 기반을 구축하고 개인용 single-dose 결핵 백신패치를 개발하고 있음. 제형 변경된 마이크로니들 백신 패치의 유효성 및 안전성을 검증하고, 최종적으로 코팅형 마이크로니들 패치의 양산 시스템 구축을 통해 결핵 백신 마이크로니들 패치의 실용화 기술을 개발하고자 함. 생균제재인 결핵 백신을 경피패치 제형으로 개발함으로써, 유통 및 보관과정에서 안정성을 향상시킬 수 있는 약물전달 기술 개발에도 기여할 수 있을 것으로 예상됨. 또한, 사용이 간편하면서도 부작용을 최소화할 수 있는 패치형 백신전달 기술에 활용되고 정립된 생산프로토콜은 국가 기초예방백신 지침으로 활용 가능할 것으로 기대되며, single-dose 결핵백신 패치를 개발하여 기존 접종 방식의 문제점을 해결하고, 정립된 대량생산 기술은 백신 자급화에 이바지할 것으로 예상됨. 마이크로니들 제형의 난제인 약물의 피부 내 정량 전달에 대한 기술적 해답을 제시하여 다른 질병의 백신 전달에도 활용도가 높을 것으로 예상됨.

4) 3D 바이오프린팅을 이용한 즉석 조직재생 기술개발

조직모사 3D 바이오프린팅을 위한 고속 경화와 면역제어가 가능한 세포친화적 바이오잉크의 개발을 위해서 생체고분자의 사슬에 광가교성 작용기를 도입하여 조직의 구조를 모사하면서 기계적 물성을 조절할 수 있는 광경화형 생체고분자 기반 바이오잉크를 개발하고자 하였음. 이식 후 프린팅된 구조체의 안전성을 검증하기 위해 하이드로젤 내 세포의 생존율을 확인함으로써 세포수준에서의 생체적합성을 평가하고, 최종적으로 동물창상모델을 이용해 바이오프린팅된 인공 피부 대체제의 안전성과 효능을 검증하고자 하였음. 광경화형 생체고분자 기반 바이오잉크는 빠른 상처수복을 가능하게 하여 조직 손상을 빠르게 회복시켜 사회적 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 기대하며, 의료시설이나 인력이 부족한 지역에 활용하여 사회 전반의 복지 향상에 기여할 수 있을 것으로 예상됨. 해당 기술을 통해 개발될 광가교형 바이오잉크는 동물실험에서 안전성과 효능을 검증한 후 다양한 조직재생 기술에 활용할 예정임.



5) 실버세대의 차와 건강 수업

최근 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 커피 대신 '차'를 마시는 문화가 확산되고 있음. 특히 차를 즐겨 마시는 노인들에게서 뇌와 움직임을 연결하는 정신운동기능이 향상되었다는 연구결과가 있으며 선행된 연구를 통해 차가 혈압과 콜레스테롤 수치를 낮추고 노화방지, 다이어트, 피부미용 등 건강에 유익하다고 알려짐. 따라서 차를 마시면서 얻을 수 있는 효능에 따라 차를 찾는 사람들이 증가하고 있음. 이에 안범수 교수는 신설된 부산대학교 국제차문화산업전공의 현재 담당교수이며 2022학년도부터 석사과정 20명과 박사과정 5명의 신입생을 모집하여 강의를 계획 중에 있음. 교과목은 '차와 건강'이며 차가 우리의 건강에 어떠한 효능을 주고 그 기전은 무엇인지 강의하고자 함. 수강 대학원생들은 주로 부산 경남지역에서의 차산업 관련 종사자들이며 국제차문화산업 대학원의 과목들은 차 관련 지역 산업의 발전에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료됨.

6) 실버세대를 위한 독성물질정보데이터베이스 구축

실버세대가 도래하는 현대사회에 독성물질정보에 관한 관심이 높아지고 있음. 이에 맞추어 안범수 교수는 식품의약안전청과 조달청의 사업을 영위하여 독성물질의 자료 조사연구를 통해 독성물질 정보데이터베이스 구축에 일환하고 있음. 특히 본 연구는 독성학적 관점에서의 기본 독성 조사. 약리학적 관점에서의 인체 작용을 포함하였음. 독성이 발현되는 용량, 독성 양상의 조직에 따른 발현을 체계적으로 정리하였음. 이러한 조직 독성에는 경구독성, 피부독성, 흡입독성, 간독성, 발암원성, 돌연변이 유발성, 최기형성, 생식독성, 면역독성, 신경독성, 신장독성, 심장독성, 혈관독성, 장관독성, 안구독성, 이독성, 유전독성 및 기타 독성 자료를 포함하였음. 위와 같은 자료 조사 연구를 통해 실버세대를 포함한 모든 세대가 독성물질에 대한 이해도를 높일 수 있음을 기대함. 또한 우리 사회 구성원들에게 독성물질에 대하여 이해하고, 독성물질에 노출되지 않도록 유도하며, 독성물질에 노출 시 응급처치법을 제공함으로서 독성물질로 인한 피해를 최소화 시킬 수 있을 것으로 기대됨.



5.1.2. 산업·사회에 대한 문제해결 기여 실적 분석을 통한 추진 계획

○ 본 교육연구팀은 현재 진행 중인 프로젝트들을 단발성 이벤트로 끝내지 않고 장기적으로 추진함으로써, 지역사회에 실질적인 기여가 가능하게 아래와 같이 추진할 예정임.

1) 지역기업과의 협업 관계 구축 및 공동연구 활성화: 이전된 기술을 사업화 될 수 있게, 지속적으로 관리하고 추가적인 연구를 진행할 예정임.

2) 실버질환 맞춤형 치료 기술 개발: 기존 다발성 장질환 및 노인성 가렴취 연구는 확대 발전시키고 이와 함께 노인성 탈모, 복부 비만 치료 등에 새로운 실버맞춤형 치료 기술들을 개발할 예정임.

3) 지역 및 산학 네트워크 구축: 정기적인 산학 워크샵 및 지역민들과의 교류를 확대하여 지역사회에 기여 할 수 있는 문제를 도출하고 해결책을 제시할 예정임.

2. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

5.2.1. 국제적 학술활동 참여 현황

○ 교육연구단의 참여교수들은 당해연도에 다양한 국제적 학술활동에 참여하였는데, 요약하면 국제학술회의에서 연구논문상 (1회), 강연 및 좌장 (4회), 국제학회 조직위원회 활동 (1회), 국제학회 리뷰어 활동 (20회 이상)에 참여하였음. 구체적인 참여실적은 아래와 같음.

1) 국제학술회의 수상

교수명	수상내역	학술회의명	일자
황대연	LAR다수논문게재상	2021 KALAS International Symposium	2021.7.14-16

2) 국제학술회의 강연 및 좌장

교수명	강연주제	학술회의명	일자
서성백	Bioadhesives-inspired Phenolic Molecules driven Conglobulation of Microplastics	IUPAC-MACRO 2020+	21.05.18
서성백	좌장, Polymers and Environment세션	IUPAC-MACRO 2020+	21.05.16-20
서성백	Removal of microplastics via tannic acid-mediated coagulation and in vitro impact assessment	NANO KOREA 2021	21.07.07
서성백	크기에 상관없이 높은 제거 효율을 갖는 미세플라스틱 제거 기술	ENVEX 2021	21.07.09

3) 국제학술회의 조직위원회 활동

교수명	학술회의명	기간
황대연	2021 KALAS International Symposium	2021.7.14-16

4) 국제저널 리뷰어 활동

교수명	저널명	기간	횟수
황대연	Oncology Letter, Neurogastroenterology and motility, International Journal of Molecular Science	2020.09 ~ 현재	4
안범수	International Journal of Molecular Medicine, Journal of Veterinary Science	2021.03 ~ 현재	5
양승윤	Biosensor and bioelectronics, Advanced functional materials	2020.09 ~ 2021. 05	3
서성백	Journal of Cleaner Production, Applied Science, Current Target Drugs, Industrial Crops & Products, ACS Applied Materials & Interfaces, Journal of Colloid And Interface Science	2021.01 ~ 2021.05	6

5) 해외 교류연구자와 학술 협의

일시	해외 연구자	학술협의내용
2021.06.25	Sourabh Ghosh (IIT Delhi)	광가교성 HA를 이용한 세포 생존률 확인 결과와 printability 확인 결과에 대하여 논의 및 향후 실험 방향 및 진행에 대하여 회의

5.2.2. 국제적 학술활동 추진 계획

○ 코로나 사태로 인해 국제교류나 학술회의 참여 실적이 예전에 비해 저조한 편이나 향후 대면 회의 참여가 힘들 경우, 온라인 행사 등을 적극 활용하여 국제적 활동을 지속적으로 추진할 예정임.

② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
1	황대연	Xiang Mao	China/Chongqing Medical University	ron-Palladium magnetic nanoparticles for decolorizing rhodamine B and scavenging reactive oxygen species. J Colloid Interface Sci. 588:646-656.	10.1016/j.jcis.2020.11.057.
2	황대연	Bounleuane Douangdeuane, Onevilay Souliya	Lao PDR/Institue of Traditional Medicine	Therapeutic Effects of Dipterocarpus tuberculatus with High Antioxidative Activity Against UV-Induced Photoaging ofNHDF Cells and Nude Mice. Antioxidants 10:791.	10.3390/antiox10050791.
3	서성백	Jinsang Kim	미국/University of Michigan	Polydiacetylene Liposome Microarray toward Facile Measurement of Platelet Activation in Whole Blood	10.1021/acssensors.1c01167

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

5.2.3. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 현황

○ 교육연구단의 외국대학 및 연구기관과의 연구자 교류의 당초 계획과 실적은 아래의 표와 같음.

외국교류 실적지표	목표	당해연도 실적
해외전문가 교류 (장기 연수)	3건 (사업기간 중)	0
대학원생 단기연수	연 1회	0
국제 공동연구	연 1건	2
해외연구자 초청세미나	연 2회	3

○ 코로나사태로 인해 장·단기 연수가 취소되어 당초 목표를 달성하지 못하였으나, 국제공동 연구를 적극적으로 추진하였고, 화상 세미나를 활용하여 해외 우수 연구자의 연구 경험을 공유할 수 있었으며, 구체적인 실적은 아래와 같음.

1) 초청세미나

일시	해외학자	강연제목	소속 학교	소속 국가
2020.11.17	이유한	Therapeptic luminal coating of the intestine	Brigham and Women's Hospital, HarvardMedicalSchool	미국
2020.12.07	Jinyoung Kang	Expansion Revealing: Decrowding Proteins to Unmask Invisible Brain Nanostructures	Massachusetts Institute of Technology	미국
2021.01.27	ChangHwan Ahn	Protection mechanism of monoclonal antibodies agianst Salmonella typhoid toxin	Cornell University	미국

2) 국제공동연구

외국 연구기관 1	Henan University (China)
연구개발 목표	새로운 대장암치료 소재를 발굴하고 작용기전을 연구하기 위하여 CT26 종양보유 BALB/cKorl 마우스를 대상으로 종양성장 변화, 조직병리학적 구조, 분자기전 등을 분석하고자 함.
연구개발 내용	1) 감태 탄닌농축추출물(TEE)은 총 응축 탄닌 함량과 DPPH활성 산소에 대한 억제 활성의 분석 2) TEE로 처리된 CT26세포에서 세포사멸효과 및 작용기전 분석 3) CT26세포로 이식된 종양모델동물에서 TEE의 암성장 억제효능평가 4) CT26세포로 이식된 종양모델동물에서 TEE의 조직변화평가 5) TEE의 세포증식단백질, 세포증식, 전이능력등의 조절기전 분석 6) 1차활성물질로서의 플로로탄닌(PT)의 잠재적 기능을 CT26세포에서 세포독성, 세포사멸 및 세포증식등의 평가
외국 연구기관 2	Indian Institute of Technology Delhi
연구개발 목표	조직모사 3D 바이오프린팅을 위한 고속 경화와 면역 제어가 가능한 바이오 잉크 개발
연구개발 내용	1) 조직의 다중 네트워크 구조를 모사하고 기계적 물성을 조절할 수 있는 HA기반 바이오 잉크를 개발 2) 개발된 바이오 잉크를 이식 후 프링틴 된 구조체의 안전성을 높이기 위해 세포수준에서 면역제어 기능 및 생체적합성을 평가 3) 최종적으로 동물창상모델을 이용해 3D 프린팅 된 인공 피부대체재의 안정성과 효능을 검증
외국 연구기관 3	Assyut Ynuversut
연구개발 목표	1) ECM 재구성을 통한 자가면역반응 조절 및 원형탈모 치료법 개발 2) 내분비 교란 물질의 자궁 수축 조절 및 관련 호르몬 수용체의 유전자 발현에 대한 영향 조사
연구개발 내용	1) 이집트 정부와 도쿄의 Egyptian Culture education and science Bureau로부터 6개월간 펠로우쉽에 참여하여 자가면역성 탈모 치료 소재 개발을 위해 원형탈모에서 자가면역 반응과 ECM 조성과의 상관관계를 규명하고 ECM 기반 구성성분을 이용한 마이크로니들 성분 제작 2) 내분비 교란 물질이 자궁수축 변화를 통한 불임, 착상 실패, 월경통, 자궁내막증, 유산과 같은 생식장애를 유발하는 메커니즘 분석하여 생식 건강에 대한 내분비 교란 물질의 영향을 방지 또는 치료하는데에 대한 이해

5.2.4. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 추진 계획

○ 국내 및 연수 예정지의 방역 상태에 따라 탄력적으로 외국과의 교류 계획을 운영할 예정이며, 당해 하반기에 백신 접종이 끝나고 단기 연수부터 진행할 예정임. 코로나 사태가 장기화 될 경우, 온라인으로라도 연수 기회를 부여할 예정임 (problem based lecture 방식의 공동 연구 및 연수).

Ⅲ 4단계 BK21 교육연구단(팀) 관련 언론보도 리스트

교육연구단(팀)명	실버질환맞춤형 바이오소재 인력양성사업
교육연구단(팀)장명	황대연

연번	구분	언론사명 /수상기관 등	보도일자/ 수상일자 등	제목/ 수상명 등	관련 URL
		주요내용 (200자이내)			
1	성과	브릿지경제	21.08.05	에스엔비아, 대학보유기술 상용화..의료산업 혁신 이끌어	http://www.viva100.com/main/view.php?key=20210805010001352
		부산대학교기술지주 제17호 자회사 ㈜에스엔비아(대표이사 이강오)와 부산대학교 바이오소재과학과 (양승윤 교수) 공동연구팀이 세계 최초로 히알루론산 기반의 광경화성 순간 조직접착제 양산을 추진함.			
2	성과	연합뉴스 외 22건	21.01.18	보체C3단백질 결핍이 변비 유발...부산대국립암센터 연구	https://www.yna.co.kr/view/AKR20210118125200051?input=1179m
		부산대학교 바이오소재과학과 BK21사업팀(실버질환맞춤형 바이오소재 인력양성팀)의 황대연 교수 연구팀은 국립암센터 이호 교수 연구팀과의 공동연구를 통해 만성변비질환의 새로운 원인으로 '보체C3 단백질의 결핍이 변비를 유도한다'는 사실을 세계 처음으로 규명하여, 생명과학분야의 저명 국제전문학술지인 『FASEB J』 1월호(온라인)에 연구결과를 게재함.			
3	성과	뉴스1	20.10.29	부산대, 마이크로니들패치형 결핵백신 개발 박차	https://www.news1.kr/articles/?4102300
		부산대학교 산학협력단이 국립마산병원, 부산대 자회사 ㈜에스엔비아와 손잡고 보건복지부 마이크로니들패치형 결핵예방백신(BCG) 개발을 위한 백신 실용화 과제에 선정			