

## 4단계 BK21사업 자체평가보고서

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

|   |  |                            |                     |        |     |                    |       |  |  |  |  |
|---|--|----------------------------|---------------------|--------|-----|--------------------|-------|--|--|--|--|
| 접수번호  | -  |                            |                     |        |     |                    |       |  |  |  |  |
| 사업 분야   | 응용   | 신청분야                       | 약학                  | 단위     | 지역  | 구분                 | 교육연구팀 |  |  |  |  |
| 학술연구분야<br>분류코드  | 구분   | 관련분야                       |                     | 관련분야   |     | 관련분야               |       |  |  |  |  |
|   |  | 중분류                        | 소분류                 | 중분류    | 소분류 | 중분류                | 소분류   |  |  |  |  |
|   | 분류명  | 약학                         | 약품제제                | 약학     | 약화학 | 약학                 | 생물약학  |  |  |  |  |
|   | 비중(%)  | 40                         |                     | 30     |     | 30                 |       |  |  |  |  |
| 교육연구<br>팀명  | 국문) 글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 교육연구팀  |                            |                     |        |     |                    |       |  |  |  |  |
|   | 영문) Training team for prospective professionals in global new drug development |                            |                     |        |     |                    |       |  |  |  |  |
| 교육연구<br>팀장  | 소 속  |                            | 영남대학교 약학대학 약학부      |        |     |                    |       |  |  |  |  |
|   | 직 위  |                            | 교수                  |        |     |                    |       |  |  |  |  |
|   | 성명   | 국문                         | 김종오                 | 전화     |     | 053-810-2813       |       |  |  |  |  |
|   |  |                            |                     | 팩스     |     | 053-810-4654       |       |  |  |  |  |
|   |  | 영문                         | KIM JONG OH         | 이동전화   |     | 010-2299-0369      |       |  |  |  |  |
|   |  |                            |                     | E-mail |     | jongohkim@yu.ac.kr |       |  |  |  |  |
| 연차별<br>총 사업비<br>(백만원)   | 구분   | 1차년도<br>(2019~21.2)        | 2차년도<br>(21.3~22.2) |        |     |                    |       |  |  |  |  |
|   | 국고지원금  | 167,955,000                | 335,910,000         |        |     |                    |       |  |  |  |  |
| 총 사업기간  |  | 2020.9.1.-2027.8.31.(84개월) |                     |        |     |                    |       |  |  |  |  |
| 자체평가 대상기간   |  | 2020.9.1.-2021.8.31.(12개월) |                     |        |     |                    |       |  |  |  |  |
| <p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2021년 9월 13일</p> |  |                            |                     |        |     |                    |       |  |  |  |  |
| 작성자   | 교육연구팀장   |                            |                     |        |     | 김 종 오 (인)          |       |  |  |  |  |
| 확인자   | 영남대학교 산학협력단장   |                            |                     |        |     | 이 경 수 (인)          |       |  |  |  |  |

## 〈자체평가 보고서 요약문〉

|                          |  |         |           |
|--------------------------|--|---------|-----------|
| 중심어                      | 미래인재양성   | 글로벌신약   | 교육과정특성화   |
|                          | 대학원국제화   | 연구역량강화  | 혁신신약      |
|                          | 타겟발굴   | 소재발굴/응용 | 효능/안전성 평가 |
| 교육연구팀의<br>비전과 목표<br>달성정도 | <p>■ 본 교육연구팀은 &lt;미래성장의 동력이 될 수 있는 혁신 글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 양성&gt;으로 비전을 설정하였으며 교육비전의 실현을 위하여 신약개발 관련 핵심교수진을 선발하여 ‘글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 교육연구팀’을 구성하였음.</p> <p>■ 비전을 실현하기 위한 교육목표는 &lt;혁신적 글로벌 신약개발을 선도할 전문지식을 갖춘 미래핵심 인재의 양성&gt;으로 최적의 교육 및 연구 인프라를 구축하여 전문적인 약학 연구 이론 및 실무 능력을 겸비하고 국제적인 경쟁력을 갖춘 인재를 양성하는 것임.</p> <p>■ 본 교육연구팀이 추구하는 인재 양성을 위하여 아래 세부목표를 제시하였음.</p> <p>(1) 현장 맞춤형 융복합 연구인력의 양성을 위한 교육역량의 강화</p> <p>(2) 글로벌 스탠다드에 부합하며 지역의 요구에 부응하는 약학 연구 인력의 양성을 위한 교육역량의 강화</p> <p>(3) 글로벌 신약개발 전문 연구인력 양성을 위한 교육역량의 강화</p> <p>■ 1년간의 사업 평가 기간 동안 본 교육연구팀이 제시한 교육역량과 연구역량 강화 목표를 달성하기 위하여 다양한 교육프로그램 및 연구지원제도를 운영하였으며, 또한 교육 및 연구 인프라를 성공적으로 구축하였음.</p> <p>■ 평가기간 중 7명의 전임교원, 2명의 신진연구인력 및 29명의 대학원생이 참여하여 교육연구팀의 목표달성을 위하여 노력하였으며 구체적인 교육역량 및 연구역량 성과는 아래 제시하였음.</p>                         |         |           |
| 교육역량 영역<br>성과            | <p>■ 대학원생의 연구 역량을 강화하기 위한 교육제도 개선 및 인프라 구축을 성공적으로 시행하여 BK21 4단계 사업 참여 대학원생의 연구 성과가 양적인 면과 질적인 면에서 대폭 향상되었으며 교육연구팀 참여 대학원생의 성과는 다음과 같음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 교육연구팀 참여대학원생은 1년간의 사업 평가 기간 (2020.09.01. ~ 2021.08.31) 동안 총 23편의 연구논문을 주저자로 발표하였으며 총 IF의 합은 157.185임</li> <li>• 연구논문 1편당 평균 IF는 6.83이며 학문분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 7편의 논문을 주저자로 발표(이 중 4편은 상위 5% 이내에 해당)하는 등 질적으로 매우 탁월한 연구 성과를 다수 확보하였음</li> <li>• 다양한 저명 해외학술대회에 참여하여 24편의 연구실적을 발표 (최우수 포스터 및 발표상 수상 2건)</li> </ul> <p>■ 평가기간 동안 6명의 석사학위 취득자와 4명의 박사학위 취득자를 배출하였으며 이 중 8명은 제약 관련 기업 또는 연구소에 취업하여 신약개발 관련 업무를 수행중이며 2명은 박사학위과정에 진학하는 등 학위취득자 전원이 신약개발 관련 업무(또는 학업)를 수행중임.</p> <p>■ 우수 대학원생의 확보 및 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업 평가 기간 동안 12명의 대학원생을 확보하여(석사과정: 6명,</li> </ul> |         |           |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | <p>박사과정: 5명, 석박사 통합과정: 1명) 2021년 9월 현재 28명의 대학원생이 교육연구팀에 참여하고 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업 평가 기간 동안 한국 정부에서 학비와 생활비를 지원하는 대한민국 정부 초청 외국인 장학생 프로그램(Korea Government Scholarship Program, KGSP)을 통하여 우수한 능력이 검증된 4명의 외국인 대학원생을 유치하여 2021년 9월 현재 약학과에 재학 중임</li> <li>• 외국인 대학원생 전원이 학비 전액, 내국인 대학원생은 50% 학비를 장학금으로 대학본부로부터 수혜하였으며, 이와는 별도로 본 교육연구팀은 사업 평가 기간 동안 총 309,700,000원을 석사/박사 대학원생 장학금으로 지급하였음</li> </ul> <p>■ 대학원생의 연구역량을 강화하며 사회적 필요와 교육 수요의 변화에 대응할 수 있도록 대학원 교과과정을 편성하였으며 주요 운영 실적은 다음과 같음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구윤리와 연구학점을 필수교과목으로 운영</li> <li>• 전공 관련 기초교과목을 기초공동 교과목으로 편성하여 운영</li> <li>• 다양한 전공 선택 과목을 편성하여 운영 (의약품의 설계 및 개발/의약품 생산 및 제제화 기술/의약품 효능 및 안전성 평가/임상 및 사회약학 등 약학 전 분야를 아우르는 총 67개 교과목을 편성하여 운영)</li> <li>• 충실한 교과과정 운영 및 양질의 교육을 위하여 장기 미개설 교과목 폐지, 대학원 강의 시수 제한, 주기적 강의평가와 평가결과의 환류 등의 제도를 운영</li> <li>• 본 교육연구팀 참여교원 7인은 합성화합물 및 천연물을 이용한 신약 후보 물질 탐색 및 확보 관련 교과목, 글로벌 신약 프리포지셔닝 및 제형 개발 관련 교과목, 신약 효능 평가 및 신규 약물 타겟 발굴 관련 교과목 등 신약개발 각 분야별 주요 교과목을 개설하여 운영</li> </ul> <p>■ 글로벌 스탠다드에 부합하며 지역의 요구에 부응하는 연구인력 양성을 위한 인프라 구축 및 다양한 교육 프로그램 운영</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 첨단 글로벌 교육 및 연구시설을 갖춘 약학대학 건물 신축</li> <li>• 제약 현장 전문가를 외래교원으로 초빙하여 현장 경험 전파 및 인적네트워크 구축</li> <li>• 다양한 분야의 제약 관련 전문가를 연자로 초청하여 총 20건의 약학과 세미나 개최</li> <li>• 개별연구와 연구학점제도를 운영하여 개별교원의 집중적인 지도로 대학원생의 연구역량을 강화하며 교육과 연구의 선순환 구조 구축</li> <li>• 약학대학에 다수의 고가 첨단 연구 장비(장비활용 고해상도 질량 분석기, in vivo imaging 장비, 신규 NMR 등)를 구입하였으며 장비의 효율적인 사용을 위하여 장비별 사용자 교육 워크숍을 개최</li> <li>• 대학원생을 대상으로 교육연구팀 참여교수가 수행하는 정부연구과제와 산업체 수주 연구 과제를 설명하는 프로그램 운영</li> </ul> |
| <p>연구역량 영역<br/>성과</p> | <p>■ 본 교육연구팀 참여교원의 연구역량을 강화하기 위한 다양한 프로그램과 연구 지원책을 시행하여 사업기간 동안 참여교원의 연구역량이 강화하여 양적, 질적인 면에서 탁월한 연구 성과를 다수 확보하였으며 대표적인 연구역량 성과는 다음과 같음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업 평가 기간 (2020.09.01. ~ 2021.08.31) 중 64편의 연구논문을 발표하였으며 연구논문의 총 IF의 합은 409.65임</li> <li>• 분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 12편의 논문을 발표하였으며 이 중 9건은 분야별 상위 5% 이내에 해당하는 저널로 최상위 국제 저명 학술지에 다수의 연구 성과 발표하였음</li> <li>• 사업기간 동안 확보한 연구 성과를 기반으로 12건의 특허를 등록하고 8건의 특허를 출원하였으며 이 중 2건은 미국과 유럽에 출원하여 심사</li> </ul>   |

|                 |  |
|-----------------|--|
|                 | <p>중임</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>정부지원 연구비 20건 (총 연구비 2,178,822,489원), 산업체 연구비 10 건 (총 연구비 271,700,000원) 등 총 30건의 연구 과제를 진행 중이며 1차년도 사업 기간 동안 교육연구팀 참여교원은 1인당 350,074,642원의 연구비를 수주하여 활발하게 연구 활동을 진행 중임</li> </ul> <p>■ 산업, 사회 문제 해결을 위하여 공동 연구 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>제약 기업과 공동으로 난치성질환 치료제 개발을 위한 연구를 수행하여 특허 등록과 논문 발표 등 다수의 연구 성과 확보</li> <li>신약개발을 위한 기업 자문 활동 수행</li> <li>정부 산하기관, 학술단체, 공공기관 등 다양한 단체의 임원으로 활동하여 학술활동 진흥과 약학 교육의 질 개선 등 다양한 사회적 활동을 수행하였음</li> <li>이 밖에 다양한 분야에서 산업, 사회 문제 해결을 위한 활발한 활동을 수행하였으며 구체적인 연구 성과는 자체평가보고서 중 해당 분야에 제시하였음</li> </ul> <p>■ 해외 공동 연구 및 국제 학술 활동 참여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>미국, 유럽, 아시아 등 해외 소재 13개 연구기관과 국제 공동연구를 수행</li> <li>Journal of controlled release를 비롯하여 다수의 국제 저명학술지의 편집위원으로 활동</li> <li>최근 1년 동안 다양한 저명 국제학술대회에 참여하였으며 국내외 학술대회에서 총 24건의 연구결과를 발표</li> </ul> <p>■ 장단기 해외연구 프로그램</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>중국의 Hu-Lin Jiang 교수와 공동연구를 수행 중이며 한국연구재단에서 주관하는 국제화기반조성사업(한-중국 협력기반조성사업)에 지원</li> <li>미국 스크립스 해양연구소의 William Fenical 교수의 해양 방선균 유래 항암물질 발굴 연구에 참여하여 신규 천연물의 입체구조에 기여하여 논문 공동 발표</li> <li>미국 University of California San Diego의 William H. Gerwick 교수와 해양 선형남세균 유래의 생리활성 물질 발굴연구를 공동으로 진행.</li> <li>중국 Guizhou Medical University 소속의 Ming Gao 박사와 해양 미생물 유래 항염활성 물질 발굴연구를 진행.</li> <li>미국 Oregon State University의 Gaurav Sahay 교수와 mRNA 지질나노입자 개발에 대한 공동연구를 수행 중으로 해당 연구기관과 MOU를 추진 중임</li> <li>베트남 Phenikaa 대학의 Tuan Hiep Tran 교수 연구팀과의 공동연구를 진행하여 3건의 연구결과를 국제저명학술지에 게재하였으며 추가로 논문 투고를 준비 중임.</li> </ul> |
| 미흡한 부분 / 문제점 제시 | <p>■ 전 지구적인 코로나 유행으로 인하여 연구 및 교육 활동 수행에 제약이 있음. 특별히 연구원의 현지 방문 등 국제공동연구 진행과 최신의 연구동향을 파악하기 위한 해외 학회 참가에 어려움이 있음. 하지만, 코로나 백신 접종률 증가에 따라 상황이 개선되리라 기대하고 있음.</p>   |
| 차년도 추진계획        | <p>■ 글로벌 신약 개발 연구능력 함양을 위한 대학원 교육과정 운영 및 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>개별연구와 연구학점 교과목을 활용 연구 기법 습득 등 연구 능력 함양</li> <li>연구윤리교과목 강화로 연구윤리의식 함양</li> <li>주기적 강의평가 실시와 평가결과의 환류로 강의 방법 및 내용 개선</li> <li>하이브리드 수업 개설</li> <li>제약 관련 전문가 초청 세미나 개최 지속적 운영</li> <li>첨단 연구 장비 구입에 따른 장비교육 워크숍 개최</li> </ul>  |

- 연구 결과 해석 및 적용을 위한 첨단 소프트웨어 사용 방법 교육
  - 대학원생의 산업체 방문을 통한 사회적 요구 교육
  - 우수연구기관에 대한 대학원생의 장·단기 방문연구 지원
- 우수 대학원생 신진연구인력 확보 및 지원
- 외국인 정부초청 프로그램 활용 우수 대학원생 연구 인력 유치
  - 질적으로 우수한 연구 성과를 고려한 인센티브 지급 등 연구 의욕 고취
  - 우수 신진연구인력 추가 확보
  - 해외 학술 대회 참가 지원 등 연구 활동 지원 확대
- 연구 역량의 강화
- 질적으로 우수한 연구 성과를 지속적으로 확보
  - 코로나 상황 개선 시 국제 학술 활동 참여 확대
    - 해외 선도 연구 기관과 공동연구를 지속적으로 추진하며 장단기 파견 등 연구 인력의 해외 연구기관 방문 연구 확대
    - 해외 학회 참가 등 국제 학술 활동 확대
    - 해외 우수 연구자 초청 국제 심포지움의 개최

## 1. 교육연구팀장의 교육·연구·행정 역량

| 성명   | 한글             | 영문 |
|------|----------------|----|
| 김종오  | Kim, Jong Oh   |    |
| 소속기관 | 영남대학교 약학대학 약학부 |    |

- 교육연구팀장인 김종오 교수는 자체평가 대상 기간 동안(2020.9.1~2021.8.31.) 영남대학교 약학대학 학장(2020.8.1~현재)과 약품개발연구소 소장(2019.3.1~2021.2.28.), 실험동물센터 운영위원 등 다양한 학내외 행정업무를 수행하고 있으며, 현재 영남대학교 약학대학 학장에 재직 중임. 국제학술단체인 미국약학회(AAPS), 제어방출학회(CRS), 및 아시아약제학회(Asian Federation for Pharmaceutical Sciences)의 회원으로 활동하고 있으며 국내학술단체인 약제학회에서 편집간사, 대한약학회 영남지부 지부장으로서 학술대회 개최 및 학술지 심사 등을 비롯한 학회 업무를 수행하고 있음.
- 또한, Journal of Controlled Release (Journal of Controlled Release (IF 9.776, 약학/약리학 분야 상위 3.51%)의 Associate Editor로 활동하고 있으며, 이 외에도 Archives of Pharmacal Research 및 Journal of Pharmaceutical Investigation의 Associate editor, Asian Journal of Pharmaceutical Sciences (IF 6.598)의 Editorial Board member로 활동하고 있음.
- 평가대상 기간 동안 SCI 논문 20편(교신저자 10편), 국내특허출원 및 등록 12건, 국책과제 4건(개인 지분액 약 7.1억원), 국내 특허등록 6건, 국내특허출원 6건 및 산학공동연구 8건(연구비 2.62억원) 등으로 연구력이 탁월하며, 특히 신약 전임상 연구 및 프리포물레이션, 개량신약 및 나노제형을 활용한 항암면역치료제 개발 등 차세대 혁신신약 및 나노의약품에 대한 산학 연구를 주도하고 있음.
- ACS Nano (IF 15.881, 상위 6.16%), Biomaterials (IF 12.479, 상위 2.78%), Journal of Controlled Release (IF 9.776, 3.45%), Carbohydrate Polymers (IF 9.381, 상위 2.84%), Advanced Healthcare Materials (IF 9.933, 상위 8.33%), ACS Applied Materials & Interfaces (IF 9.229, 13.06%), Acta Biomaterialia (IF 8.947, 상위 10.56%) 등 관련분야 저명 저널에 잇달아 다수의 논문을 게재하며 연구 성과를 국제적으로 인정받고 있으며, 2021년 9월 현재 SCI 논문 294편, 국내 논문 17편, 국내외 특허등록 31건, 기술노하우 이전 1건 등의 연구업적을 도출하였음. 이를 바탕으로, 2020년11월 한국약제학회 국제학술대회에서 혁신기술상 및 학술발전상을 수상하였음.
- 이와같이 다양한 행정 경험과 신약 및 신제형 개발 연구 경력을 바탕으로 글로벌 신약개발 연구결과 도출 및 우수연구인력 양성을 목표로 하는 본 교육연구팀의 비전을 달성하기 위해 노력하고 있음. 탁월한 연구력 및 풍부한 국제연구 경험을 가지고 있는 참여교수 7인이 신약개발 관련 연구를 유기적으로 수행할 수 있도록 지원하여, 글로벌 스탠다드에 부합하는 신약개발 맞춤형 인재 양성 및 연구결과 도출 등 본 교육연구팀의 최종 목표를 성공적으로 달성할 수 있도록 본 교육연구팀의 팀장으로서 최선의 역할을 수행하고 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 |
|-----------|---------|--------|--------|---------|----|
| 약학과       | 20년 2학기 | 19명    | 7      |         |    |
|           | 21년 1학기 | 18명    | 7      |         |    |

〈표 1-2〉 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 교육연구팀 대학원 학과(부) 소속 전임교수 변동내역

| 연번 | 성명  | 변동 학기     | 전출/전입 | 변동 사유 | 비고 |
|----|-----|-----------|-------|-------|----|
| 1  | 장영동 | 2021년 1학기 | 전출    | 정년퇴임  |    |

〈표 1-3〉 교육연구팀 대학원 학과(부) 대학원생 현황

(단위: 명, %)

| 대학원<br>학과(부)   | 참여 인력<br>구성 | 대학원생 수 |    |                 |                            |    |                 |         |    |                 |    |    |                 |
|----------------|-------------|--------|----|-----------------|----------------------------|----|-----------------|---------|----|-----------------|----|----|-----------------|
|                |             | 석사     |    |                 | 박사                         |    |                 | 석·박사 통합 |    |                 | 계  |    |                 |
|                |             | 전체     | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체                         | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체      | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체 | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) |
| 약학과            | 20년 2학기     | 15     | 12 | 80              | 15                         | 6  | 40              | 17      | 12 | 70              | 47 | 30 | 64              |
|                | 20년 1학기     | 17     | 11 | 65              | 12                         | 6  | 50              | 17      | 11 | 65              | 46 | 28 | 60              |
| 참여교수 대 참여학생 비율 |             |        |    |                 | (참여교수) 1 명 : (대학원생) 4.14 명 |    |                 |         |    |                 |    |    |                 |

## 3. 교육연구팀 현황

### ■ 참여교수

본 교육연구팀은 합성화합물 및 천연물을 이용한 신약 후보 물질 탐색 및 확보 분야, 신약 프리포물레이션 및 제형 개발 분야, 신약 효능 평가 및 신규 약물 타겟 발굴 분야 등 신약개발 전 과정을 아우르는 7명의 전임교원으로 구성되어 있으며 평가기간 중 참여교수의 변동은 없음.

〈표 1-4〉 교육연구팀 참여교원 현황

| 연번 | 성명(한글/영문) |                 | 직급  | 세부전공분야      |
|----|-----------|-----------------|-----|-------------|
| 1  | 김정애       | KIM, JUNG AE    | 교수  | 병태생리학       |
| 2  | 용철순       | YONG, CHUL SOON | 교수  | 생물약제학/약물송달학 |
| 3  | 이응석       | LEE, EUNG SEOK  | 교수  | 약품화학        |
| 4  | 박필훈       | PARK, PIL-HOON  | 교수  | 약물학         |
| 5  | 김종오       | KIM, JONG OH    | 교수  | 물리약학/약품물리   |
| 6  | 정지현       | JEONG, JEE-HEON | 부교수 | 물리약학/약품물리   |
| 7  | 최혁재       | CHOI, HYUK JAE  | 부교수 | 천연물         |

## ■ 신진연구인력

본 교육연구팀은 평가기간 동안 2명의 신진연구인력을 확보하여 운영하였음 (Dr. Archarya Suman, Dr. Guracaine Diwakar). 신진연구인력 참여자 중 1명이 이직하여 현재는 1명의 신진연구인력이 연구 활동을 수행 중임.

## ■ 대학원생

2020년 2학기에 30명, 2021년 1학기 28명의 대학원생이 본 교육연구팀에 참여하였으며 평가기간 동안 대학원생 참여 현황은 <첨부 1>에 표시되어 있음.

## 4. 교육연구팀의 비전 및 목표 달성정도

### ■ 교육연구팀의 비전 및 목표

#### 가. 교육 비전

- 질병의 진단 치료 및 , 예방에 중요한 역할을 수행하고 있는 약학 연구는 다양한 학제간 협력이 필요하며 융합적 사고 및 지식이 요구되는 신약개발의 핵심 연구 분야임.
- 고령화 사회로 급속히 이행되는 세계적 추세 속에서, 삶의 질을 제고하기 위하여 질병 치료 및 예방에 효율적으로 이용될 수 있는 새로운 의약품 개발의 필요성이 증대되고 있음. 이러한 의약품 개발은 국민건강 증진은 물론, 국부를 창출할 수 있는 매우 유망한 국가 성장동력으로, 세계 수준의 의약품 개발 연구에 국가차원의 행·재정적 지원이 매우 필요한 실정임.
- 의약품 개발에는 다양한 분야의 지식·협력이 요구되며, 이를 수행할 수 있는 경쟁력을 갖춘 연구 인력이 필수적임.
- 따라서 본 교육연구팀의 대학원생을 전문적인 약학 연구 이론 및 실무능력을 겸비하고 국제적인 경쟁력을 갖춘 인재로 교육하여 혁신적인 글로벌 신약개발에 기여할 수 있는 차세대 약학 연구자로 양성하고자 함.
- 이를 위하여 본 교육연구팀 교육 비전을 “글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 양성” 으로 설정하고, 교육비전의 실현을 위해 핵심 교수진을 선발하여 <글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 교육연구팀>을 구성하였음.

#### 나. 교육 목표

- 본 교육연구팀의 교육목표는 <혁신적 글로벌 신약개발을 선도할 전문지식을 갖춘 미래핵심 인재의 양성>임. 특히, 지난 10여 년간 특성화 연구 경험(BK21 2단계 및 3단계 사업, 기초연구실, 원천기술개발사업(최적화사업) 등)을 바탕으로 다양한 질환(암, 노화, 대사성 질환 및 심혈관계 질환 등)의 치료제 개발 연구에 매진하였으며, 이미 여러 사업의 성공적인 수행을 통하여 교육 및 연구역량을 인증 받은 바 있음. 본 교육연구팀의 교육역량 강화를 위한 최종 목표를 달성하기 위하여 다음의 3대 세부 목표를 수립하였음.

#### [3대 세부 목표의 설정]

- (1) 현장 맞춤형 융복합 연구인력의 양성을 위한 교육역량의 강화
- (2) 글로벌 스탠다드에 부합하며 지역의 요구에 부응하는 약학 연구 인력의 양성을 위한 교육역량의 강화
- (3) 글로벌 신약개발 전문 연구인력 양성을 위한 교육역량의 강화

- 본 교육연구팀이 제시한 교육 및 연구역량 강화 목표를 달성하기 위하여 다양한 교육프로그램 및 연구지원제도를 운영하였으며, 교육 및 연구 인프라를 성공적으로 구축하였음.
- 평가 기간 중 7명의 전임교원, 2명의 신진연구인력 및 29명의 대학원생이 참여하여 교육연구팀의 목표달성을 위하여 노력하였으며 구체적인 성과는 교육역량 및 연구역량으로 구분하여 다음 장에 기술하였음.

## □ 교육역량 대표 우수성과

## 1. 참여 대학원생 대표 연구 실적

본 사업팀 참여 대학원생들은 다수의 논문을 발표했을 뿐 아니라, 해당 연구분야 최상위권의 IF값이 높은 저널에 발표하였음. 이는 소속 대학원생이 질적으로 매우 우수한 연구 결과를 발표한 것을 의미함. 사업팀 소속 대학원생들은 주저자로 학문분야별 최상위권 저널인 ACS Nano (IF 15.881, 상위 6.16%), Biomaterials (IF 12.479, 상위 2.78%), Journal of Controlled Release (IF 9.776, 3.45%), Carbohydrate Polymers (IF 9.381, 상위 2.84%), Biomedicine & Pharmacotherapy (IF 6.529, 상위 8.91%)에 연구 결과를 발표하였으며, 위 논문을 포함하여 학문 분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 7편의 연구 결과를 발표하였음.

가. : 세계적인 학술지 ‘ACS Nano’ (IF 15.881, 상위 6.16%)에 논문 게재

- 석박사통합 학위과정 학생인 (지도교수: 김중오/용철순)은 heating plate, spraying cup, photo chamber를 연속으로 연결 작동하게 하여, 3가지 다른 배열의 AuAg9 나노(8nm 이하) 합성물을 제조하고, 항암제인 도세탁셀을 봉입후, 알부민으로 코팅하여 광열조절이 가능한 나노블록을 제조하였음. 결과적으로 구조적으로 분해가능한 특성을 갖고 있는 근적외선 광열-화학 병용치료가 가능함을 확인하였음. 특히, AuAg9 나노블록은 탁월한 암치료 효과뿐 아니라 신장 배설 및 독성이 낮은 것으로 평가되었음.
- 나노크기의 은(Ag)는 일반적으로 우수한 플라즈몬 특성을 나타내지만, 신속한 산화로 인한 화학적 불안정성과 독성으로 인해 널리 사용되지 않았음. 이를 해결하고자 Ag에 금(Au)를 혼합(Au/Ag 비율, Au 및 Ag 원자의 배열 및 모양 조절)하여 만든 AuAg 나노구조는 은 나노입자 또는 금 나노입자와는 다른 플라즈몬 특성을 나타내게 하고, 은의 독성을 낮출수 있음. 그리고, 표면을 생체적합성 고분자/단백질로 수식함으로써 은 이온의 방출을 최소화하여 원하는 부위에서만 방출되게 조절할 수 있음.

나. : 세계적인 학술지 ‘Biomaterials’ (IF 12.479, 상위 2.78%)에 논문 게재

- 박사과정 학생인 (지도교수: 김중오/용철순)은 로슈바스타틴(RSV) 봉입 CD9항체 결합 다공성 실리카 나노입자를 제조하여 in vitro/in vivo 모델을 통하여 최적화하였음. CD9은 세포막 단백질로서 죽상경화 병변에서 발현이 증가됨. CD9 항체를 이용하여 죽상경화 병변 특이적 약물전달체를 개발 활용할 수 있음을 규명함.
- 고콜레스테롤 함유 식이로 죽상경화 유발한 ApoE<sup>-/-</sup> 생쥐에서 나노입자 처치후, 특이적으로 표적화하여 SA- $\beta$ -gal 활성, 및 노화관련 마커들인 p53, p21, p16, CD9 발현이 현저히 감소하여 죽상경화 병변을 효과적으로 저해 할 수 있음을 확인함.

다. : 세계적인 학술지 ‘Journal of Controlled Release’ (IF 9.776, 상위 3.45%)에 논문 게재

- 박사학위 졸업생인 (지도교수: 정지현)은 세포의약품과 약물전달체를 활용하여 당뇨병을 치료하는 새로운 방법을 제시하였음.
- 해당 연구는 ‘표면개질된 췌도세포와 약물전달체를 활용하여 이중이식 한 췌도세포의 생존율 향상 (The impact of locally-delivered tacrolimus-releasing microspheres and polyethylene glycol-based islet surface modification on xenogeneic islet survival)’이라는 제목의 논문으로 Controlled Release Society가 발행하는 Journal of Controlled Release 학술지에 게재 되었음.
- 조직공학기술을 이용하여 PEG라는 생체적합성 물질을 췌도세포 외부에 개질하여 면역 억제 효과를 향상 시키고 국소에 면역억제제를 지속적으로 방출하게 만들어 면역억제의 시너지효과를 내게 하는 연구임. 이는 약물전달체를 활용하여 국소에 약물을 지속적으로 방출하게하여 이식 세포의 생존율을 향상 시키고 이식된 췌도세포는 인슐린 분비를 통해 당뇨병을 치료하는 방법을 제시한 논문임.

다. : 국제 저명 학술지 ‘Journal of Controlled Release’ (IF 9.776, 상위 3.45%)에 논문 게재

- 박사학위 과정 재학생인 (지도교수: 용철순/김종오)는 CXCR-4를 표적화하고, BRAF/MEK 억제제인 다브라페닙과 PD-L1발현을 억제하는 miRNA를 봉입한 나노입자를 제조하여, 항암면역 병용치료에 이용함으로써 차세대 치료제로서의 가능성을 보여줌. in vitro 및 in vivo 평가를 통하여 종양 성장이 크게 억제되었음을 확인하여 항암치료 결과를 개선하는 전략으로 바로 활용가능할 것으로 판단됨.

라. : 국제 저명 학술지 ‘Carbohydrate Polymers’ (IF 9.381, 상위 2.84%)에 논문 게재

- 박사학위 과정 재학생인 (지도교수: 용철순/김종오)은 지향상된 광열효과를 갖도록 Copper sulfide (CuS)와 그래핀 옥사이드 (GO)로 나노구조체를 제조하고, 항암제인 독소루비신을 봉입한후, CD44 수용체가 과발현된 암세포를 표적화하기 위한 히알루론산이 코팅된 나노입자를 최적화하였음. 즉, 제조한 나노입자는 항암치료/광열 치료의 복합 치료기술이 탑재되었고, pH 및 NIR에 반응하여 약물이 방출하여 항암치료를 극대화시킬수 있음을 보여주었음.

마. : 국제 저명 학술지 ‘Biomedicine & Pharmacotherapy’ (IF 6.529, 상위 8.91%)에 논문 게재

- 박사학위 졸업생인 (지도교수: 정지현)는 췌도세포 이식시 발생하는 면역 반응을 줄기세포를 활용하여 면역을 조절하는 문헌을 조사하여 정리한 리뷰 논문을 발표 하였음. 췌도세포 이식시 주로 사용하는 면역억제제의 한계점과 문제점을 극복 할 수 있는 대안으로 생각하는 내용을 정리하여 발표하였음.

바. : 국제 저명 학술지 ‘Antioxidants’ (IF 6.312, 상위 7.29%)에 논문 게재

- 석사학위 졸업생인 (지도교수: 최혁재)은 강화도에 유입된 갯끈풀의 활성 및 성분연구팀에 참여하여 추출물을 제조하고 추출물의 효능 및 성분 연구에 참여하였으며, 이를 통해 추출물의 항산화 효능, 췌장지질분해효소 저해 효능, 티로시나아제 저해 효능을 확인하였음.
- 특히, 1,3-di-O-trans-feruloyl quinic acid와 N-trans-feruloyltyramine이 추출물에서 주성분으로서 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능을 가짐을 규명하였고, 1,3-di-O-trans-feruloyl quinic acid와

p-hydroxybenzaldehyde가 체장지질분해효소를 저해함을 보고하였음.

- 이는 유해 생물로서 국내에 유입된 소재를 새롭게 활용할 수 있는 가능성을 제기하였으며, Food Science & Technology 분야에 상위 7.29%에 해당하는 세계적인 학술지 ‘Antioxidants’에 논문을 게재하였음.
- 본 교육연구팀 참여 대학원생은 위의 대표적인 업적 외에도 ACS Applied Materials & Interfaces (IF 9.229, 상위 13.06%), Acta Biomaterialia (IF 8.947, 상위 10.56%), Pharmaceutics (IF 6.321, 상위 10.36%), Molecular Oncology (IF 6.603, 상위 21.28%), Bioorganic Chemistry (IF 5.275 상위 14.91%)를 비롯한 국제저명학술지에 다수의 논문을 발표하였음.
- 2020년 9월부터 2021년 8월까지 1년간 **총 23편의 연구논문을 주저자로 발표**하였으며 발표논문의 **IF 합은 157.185**에 도달하였으며 **연구논문 1편당 평균 IF는 6.83**로 연구논문의 질적인 우수성이 매우 뛰어남.
- 또한 본 교육연구팀의 참여대학원생은 **지난 1년 간 IF 10점 이상의 세계 최정상급 저널에 주저자 논문을 2편** 발표하였으며, **학문분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 총 7편으로 주저자 논문을 발표**하였음. (이 중 4편은 분야별 상위 5% 이내에 해당하는 저널임).
- 이상과 같이 연구논문 발표 수, 발표저널의 IF 및 학문분야별 상위 10% 이내 저널에 발표한 연구논문의 수 등을 고려할 때 본 교육연구팀 참여 대학원생은 양적/질적인 면에서 매우 탁월한 연구실적을 확보하였음

## 2. 참여교수 교육 실적

- **김종오/용철순 교수는 2021년도에 1명의 석사학위 취득자, 3명의 박사학위 취득자를 배출하였음.**
  - 2021년 2월 석사학위를 취득한 조현준은 한국유나이티드제약 연구소 제제연구원으로 취업하여 개량신약 개발에 관한 연구를 수행하고 있음.
  - 2021년 2월 박사학위를 취득한       는 싱가포르 National University of Singapore의 Minh Le 교수 연구실에 포스닥으로 근무하여, 엑소좀 개발 관련 연구를 수행하고 있고,       은 미국 Oregon State University의 Gaurav Sahay 교수 연구실에 포스닥으로 근무하며, mRNA 지질나노입자 연구를 수행하고 있음.
  - 2021년 8월 박사학위를 취득한       은 베트남 Hanoi University of Pharmacy에 Lecturer로서 강의와 연구를 수행하고 있음.
- **이용석 교수는 2021년도에 1명의 석사학위 취득자를 배출하였음.**
  - 의약품 합성 연구를 수행한       학생은 2021년 2월 석사학위를 취득하였음.
  - 석사학위를 취득한       학생은 동 대학원 박사과정으로 진행하여 후속 연구를 활발히 수행하고 있음.
- **박필훈 교수는 2021년도에 2명의 석사학위 취득자를 배출하였음.**
  - Raloxifene의 항암활성작용 기전 규명 연구를 수행한       및 adiponectin의 대식세포 조절 관련 연구를 수행한       등 2명의 석사학위취득자를 배출하였음
  - 학위취득자 중       은 베트남 국립연구소(Vietnam national institute of medicinal materials),       은 제약 기업체(시선제라퓨틱스)에 연구직으로 취업하여 관련 업무를 수행하고 있음.

■ 정지현 교수는 2021년도에 1명의 석사학위 취득자, 1명의 박사학위 취득자를 배출하였음.

- 줄기세포의약품 캡슐화 기술연구를 수행한 은 2021년 2월 석사학위를 취득하였음.
- 석사학위를 취득한 은 현재 동대학원 박사과정에 진학하여 세포의약품의 생존을 향상을 위한 다양한 조직공학관련 기술에 대한 연구를 수행하고 있음.
- 세포의약품의 표면개질에 관련된 연구를 수행한 은 2021년 8월 박사학위를 취득하였음.
- 박사학위를 취득한 은 졸업기간 동안 4편 이상의 논문을 국제 학술지에 게재하였고, 현재 부산대 학교에 포스닥으로 연구를 수행하고 있음.

■ 최혁재 교수는 2021년도에 1명의 석사학위 취득자를 배출하였음.

- 길경의 향미생물 활성 신규 천연물 발굴 연구를 수행한 은 2021년 2월 석사학위를 취득하였음.
- 석사학위를 취득한 은 건강기능식품 제조업체인 (주)뉴메드에 연구직으로 취업하여 관련 업무를 수행하고 있음.

## 1. 교육과정 구성 및 운영

### 1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

#### 1) 현행 교육과정의 현황

- 본 교육연구팀이 소속된 영남대학교 일반대학원 약학과는 신약개발 연구에 필요한 기본 지식 습득 및 산업체에서 요구하는 현장 맞춤형 지식의 습득을 목표로 다양한 교과목을 개설하여 운영하고 있음. 현행 교과과정은 미국 약학교육을 선도하는 우수 교육기관의 교과과정을 벤치마킹하여 발전시킨 것으로 사회적 필요와 교육 수요의 변화에 지속적으로 대응 발전할 수 있도록 탄력적으로 개편, 운영되어 왔음.

#### 2) 현행 교육과정의 구성 및 운영

- 본 교육연구팀이 소속된 영남대학교 일반대학원 약학과는 석사/박사/석·박사통합과정의 3개의 학위과정을 운영하고 있으며, 글로벌 신약개발에 기여할 수 있는 미래인재의 양성을 위해 대학원 필수 교과목, 기초공동 교과목, 전공선택 교과목의 세 종류로 구분하여 운영하고 있음
- 모든 대학원생이 의무적으로 이수해야 하는 필수 교과목으로 ‘연구윤리’와 ‘연구학점’이 있음.
- 전공과 관련된 기초교과목을 기초공동 교과목으로 편성하여, 글로벌 신약개발에 기여할 수 있는 미래인재가 갖추어야 할 폭넓은 약학지식을 습득할 수 있는 기회를 제공하고 있음.

#### 3) 과제 신청 당시 교육연구팀의 운영 계획

- 현 교육과정의 충실성과 지속성 (영어강의, 주기적 강의평가, 신입생 보충과목 제도시행 등)
- 우수 해외 대학원생 유치
- 글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 양성을 위한 신 교과목 마련
- 첨단 융복합 연구 인프라 구성

#### 4) 최근 1년간(2020.9.1~2021.8.31.)의 대학원 교육 실적

■ 신약개발 관련 중요한 교과과목을 상시 개설하고 우수 외국 대학원생이 다수 포함되어 있는 수업으로 전 수업 영어로 진행함.

- 김중오 교수는 2020년 2학기에 특수제형학 교과목을 개설하여, Drug Delivery System을 적용한 특수제형의 원리와 실제, 응용에 대한 내용을 포함하여, 특수제형들의 설계기술에 대해 이해하고 응용할 수 있도록 하였음. 또한, 외국 대학원생 및 국내 대학원생이 함께 수업에 참여하여 각 나라의 연구 상황 및 연구 방향성에 대해서도 심도 깊은 논의를 진행하였음. 본 수업 내용은 신약 개발에 투여할 우수한 인력을 양성하는 과정에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.

- 이용석 교수는 2020년 2학기에 의약화학특론 교과목을 개설하여, 효소의 작용기전 및 원리, 효소저해제의 종류 및 설계, 대사, 전구약물 등에 대한 강의를 수행하였음. 또한 신약개발에 관련된 유효물질 및 선도물질 발굴, 최적화과정, 구조활성상관관계 및 후보물질 선정 등 전반적인 신약개발 과정의 이해와 응용 등에 대하여 강의를 진행하였음. 본 수업 내용은 신약 개발에 투여할 우수한 인력을 양성하는 과정에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.

- 용철순 교수는 2020년 2학기에 프리포물레이션, 2021년 1학기에 생물약제학특론 교과목을 개설하여, 신약개발시 후보 약물들의 물리화학적 화학적 성질을 조사하는 프리포물레이션에 대한 내용을 포함하여, 안정성있는 유효한 제형설계에 대하여 영향을 강의함. 생물약제학특론에서는 생체막의 기능부터 약물의 흡수와 제어, 분포, 대사, 배설 등을 체계적으로 전달하였음. 본 수업 내용은 신약 개발에 필요한 우수한 인력을 양성에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.

- 정지현 교수는 2020년 2학기에 제제학특론, 2021년 1학기에 제제과학특론 등을 개설하여 학생들의 의약품의 제형화에 대한 기초 및 응용에 대하여 강의하였음. 강의 내용은 의약품 전달의 새로운 제형을 설명하고 어떻게 연구에 적용할 수 있는지에 대해 심층 토론하고 각 연구 분야에 활용가능성에 대해서 발표하는 수업임. 또한, 외국 대학원생 및 국내 대학원생이 함께 수업에 참여하여 각 나라의 연구 상황 및 연구 방향성에 대해서도 심도 깊은 논의를 진행하였음.

#### ■ 우수 해외 대학원생 유치

- 2021년 2학기에는 정부초청 외국인 장학생을 4명을 유치하여 본 연구교육팀이 계획하고 있는 우수외국학생의 참여를 확대하였음. 이는 전세계의 우수한 미래 인재 양성에 밑거름이 될 것으로 기대함.

- 정부초청장학생의 신분으로 샤스트리디비아(인도), 종스윙(말레이시아), 데카키티마(인도), 세스타아밋(네팔)의 학생이 본 연구교육팀에 합류할 예정임.

#### ■ 글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 양성을 위한 신 교과목 마련

- 현재 신진 교수 채용계획에 따라 신약개발 맞춤형 미래인재 양성을 위한 신약개발 최신 과목을 개편할 예정임. 코로나19의 장기화에 따라 외국의 우수한 연자 및 교육프로그램의 도입이 지체되었지만, 온라인 강의를 활성화 하여 좀 더 다양한 신약개발 관련 신 교과목을 마련할 계획임.

#### ■ 첨단 융복합 연구 인프라 구성

- 약학대학의 신축 건물로 이전과 함께 고가의 NMR 장비 (Bruker 사, AVANCE NEO NMR SPECT, 400 NanoBay), IVIS imaging장비 (Perkin Elmer사, Lumina Series III)를 도입하였음. 이는 생물약학, 약제과학, 의약화학 분야의 융합연구에 필수적인 장비로 본 교육연구팀의 성공적인 성과를 내기위한 우수한

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

### 1) 글로벌 신약개발 맞춤형 미래인재 양성을 위한 약학과 세미나 수업 개설

- 2019년 2학기는 약학과세미나(4), 2020년 1학기에는 약학과세미나(5)를 개설하여 국내외 우수한 연자를 초빙하여 과제 참여 대학원생 및 교수들에게 최신의 연구 성과를 학습하는 기회가 되었음. 구체적인 초청 세미나 연자 정보는 다음과 같음.

#### [초청 세미나 연자 정보]

- The role of protein acetylation in cancer progression (2020년 10월 14일): 계명대 의과대학 서지혜 교수
- 치매 병인으로서의 혈소판의 역할 (2020년 10월 21일): 아주대 정이숙 교수
- Development of carrier-free prodrug-based nanomedicines for tumor-specific therapy: 건국대 박주호 교수
- Establishing a novel oral metronomic chemotherapy for improving tumor immune-microenvironment (2020년 10월 28일): 전남대 약학대학 최정욱 교수
- Microbial Natural Products: A Promising Source for Drug Discovery (2020년 11월 4일): 성균관대 약학대학 김기현 교수
- Colibactin: a human microbiome-derived genotoxin that induces DNA crosslinking (2020년 11월 4일): 성균관대 약학대학 김충섭 교수
- Development of Urea Transporter A1 Inhibitors: Hit to Lead Optimization (2020년 11월 17일): 대구가톨릭대학교 이수진 교수
- Photoimmunotherapy with cetuximab-conjugated gold nanorods reduces drug resistance in triple negative breast cancer spheroids with high infiltration of tumor-associated macrophages (2020년 11월 18일): 계명대학교 약학대학 육심명 교수
- 효과적인 암치료를 위한 전략: 종양 내 이질성과 암대사계 변화를 중심으로 (2021년 5월 6일): 최보현 교수, 대구가톨릭대학교
- Molecular structure of human P-glycoprotein in the ATP-bound, outward-facing conformation (2021년 5월 14일): 포항공대 김영진 교수
- Structural study of ligand and DNA binding of Aryl hydrocarbon receptor (AHR) (2021년 5월 27일): 제주대학교 약학대학, 석승현 교수
- Molecular mechanisms of hepatic lipid accumulation in NAFLD (2021년 5월 27일): 제주대학교 약학대학 권도영 교수
- Regulating helper T cells to combat multiple inflammatory diseases (2021년 5월 27일): 제주대학교 약학대학 박영준 교수
- 바이오의약품의 최신개발현황 (2021년 6월 4일): 우석대학교 약학대학 채윤지 교수
- 마이크로니들 & 3D프린팅 (2020년 10월 29일): 단국대 제약공학과 진성규 교수
- 고체분산체 제형 개발 (2020년 11월 7일): 충남대 약대 이재영 교수
- 바이오의약품 제형 개발 (2021년 5월 7일): 세종대 생명공학부 임수정 교수
- 바이오의약품 개요: 생체반감기 연장 제제화 (2021년 5월 7일): 성균관대 약대 윤유석 교수

- 3D 프린팅 활용 의약품 개발 (2021년 5월 4일): 경북대 약대 김동욱 교수
- 나노약물전달기술과 적용-irinotecan성분의 나노의약 전달체 (2021년 5월21일): 에스엔바이오사이언스 박영환 대표

## 2) 장비활용 워크샵 개최

- 영남대학교 약학대학에 도입된 신규 NMR 장비의 사용자 교육을 2020년 10월 21일 실시함. 교육연구팀 소속의 교수와 대학원생이 참여하여, 신규장비의 사용법과 데이터 가공법에 대해 공부하였음.
- 학내에 도입된 고해상도 질량분석기 데이터를 가공하고 해석하는 소프트웨어 인 Compound discoverer를 설치하고 해당 소프트웨어를 사용하는 교육연구팀 소속 교수와 대학원생을 대상으로 2021년 8월 5일 워크샵을 실시하였음.
- 2021년 6월 11일 약학대학에 비치된 선광도 측정기의 측정방식에 따른 다양한 사용법에 대한 사용자 교육을 실시하였음.

## 3) 장단기 해외연구 프로그램

- 코로나19의 전세계적 유행으로 인해 해외에 직접 참여하여 수행하는 프로그램을 개발하는 것에는 한계가 있었음. 코로나의 전세계적 유행이 안정적으로 된다면 적극적으로 프로그램을 개발하고 수행할 예정임.
- 정지현 교수는 중국의 Hu-Lin Jiang 교수와 함께 공동연구를 수행하기 위하여 국제화기반조성사업에 포함된 한-중국 협력기반조성사업에 지원하였음.
- 최혁재 교수는 미국 스크립스 해양연구소의 William Fenical 교수의 해양 방선균 유래 항암물질 발굴 연구에 참여하여 신규 천연물의 입체구조에 기여하여 논문을 발표하였음.
- 최혁재 교수는 미국 University of California San Diego의 William H. Gerwick 교수와 해양 선형남세균 유래의 생리활성 물질 발굴연구를 공동으로 진행하고 있음.
- 최혁재 교수는 중국 Guizhou Medical University 소속의 Ming Gao 박사와 해양 미생물 유래 항염활성 물질 발굴연구를 진행하고 있음.
- 김중오 교수는 미국 Oregon State University의 Gaurav Sahay 교수와 mRNA 지질나노입자 개발에 대한 공동연구를 수행하기 위한 MOU를 추진하고 있으며, 베트남 Phenikaa 대학의 Tuan Hiep Tran 교수 연구팀과의 공동연구를 진행하여 3건의 연구결과를 국제저명학술지에 게재하였으며 추가 논문을 투고 준비 중임
  - ACS Applied Materials & Interfaces, 13, 5999-6010, 2021 (IF 9.229)
  - JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE, 329(1), 524-537, 2021 (IF 9.776)
  - Nanoscale, 13(1), 1231-1247, 2021 (IF 7.79)
- 김정애교수는 캐나다 맥매스터 대학의 맥매스터 대학의 Waliul I. Khan 교수와 공동연구를 진행하였으며, 대식세포의 AMPK 활성을 증가시키는 salicylate가 대장 염증을 완화시킴을 확인하고 결과를 국제학술지에 논문으로 발표함.

## 4) 해외석학 초빙 및 활용을 통한 선도 연구 기법 및 연구 동향 교육

- 코로나19의 세계적 유행으로 인해 해외 연자를 초청하여 직접적으로 교육을 들을 수 있는 기회는 제한적 이었음. 하지만, 온라인 교류의 활성화를 통해 해외의 다수의 석학들과 공동연구 수행의 기반을 마련하고 연구 기법 공유할 수 있는 온라인 교육 프로그램을 개발할 예정임.

## 5) 신약개발 관련 제약산업체의 사회적 요구를 이해하고 해결을 위한 다수의 연구 과제 수행

- 교육연구팀 참여교수가 수행하는 다음과 같은 신약개발 관련 제약산업체 과제에 대학원생이 참여하여 대학원생이 신약개발과 관련된 사회적 요구를 이해하고 졸업 후 신약개발에 바로 투입될 수 있는 미래인재로 육성하고 있음.
  - 신규 화합물의 in vitro 항암 활성 평가: (주)란드바이오사이언스
  - SNA-101의 마우스 xenograft 모델에서 효력 시험: (주)에스엔바이오사이언스
  - 세포유래소포체에의 약물 봉입 효율 개선 연구: (주)엠디문
  - 항암신약 후보물질, RBS compounds의 2 xenograft models에서의 항암 평가: (주)란드바이오사이언스
  - SCR-430의 in vitro 항암 병용 효과 평가: (주)란드바이오사이언스
  - 4T1 Xenograft model에서 in vivo 항암 평가: (주)란드바이오사이언스
  - 마우스 Xenograft 모델에서 ART-122의 In vivo 항암효력시험: (주)아름테라퓨틱스
  - 마우스 Xenograft 모델에서 SNB-101의 경구투여시 효력시험: (주)에스엔바이오사이언스
  - ILD-101의 rat에서 in vivo 약물동태 평가: (주)아이엘디바이오

#### 6) 장비 활용 워크샵 확대

- 영남대학교 약학대학에 도입된 신규 NMR 장비의 사용자 교육을 2020년 10월 21일 실시함. 교육연구팀 소속의 교수와 대학원생이 참여하여, 신규장비의 사용법과 데이터 가공법에 대해 공부하였음.
- 학내에 도입된 고해상도 질량분석기 데이터를 가공하고 해석하는 소프트웨어 인 Compound discoverer를 설치하고 해당 소프트웨어를 사용하는 교육연구팀 소속 교수와 대학원생을 대상으로 2021년 8월 5일 워크샵을 실시하였음.
- 2021년 6월 11일 약학대학에 비치된 선광도 측정기의 측정방식에 따른 다양한 사용법에 대한 사용자 교육을 실시하였음.
- 약학대학에서 도입한 신규 in vivo imaging 장비 (IVIS Lumina Series III)의 사용자 교육을 2021년 10월 7일~8일 실시함. 해당 장비는 다중 형광, 발광, 동위원소 이미지를 모두 촬영할 수 있는 전임상 in vivo 영상 시스템으로, 교육연구팀 소속의 교수와 대학원생이 참여하여, 신규장비의 사용법과 데이터 가공법에 대해 공부하였음.

#### 7) 산·학·연·관 공동 협력 프로그램 구축

- 정지현 교수는 최근 강스템바이오테크와 함께 약물전달체 결합 줄기세포를 활용하여 폐질환을 치료하는 연구를 공동수행하기 위해 준비하고 있음. 또한 제넨바이오 회사와는 이중장기이식에 대한 공동연구를 수행하고 있으며 임상 적용을 위한 기반 기술로 활용 될 수 있을 것으로 기대함.
- 약학대학에서 도입한 신규 in vivo imaging 장비 (IVIS Lumina Series III)의 사용자 교육을 2021년 10월 7일~8일 실시함. 해당 장비는 다중 형광, 발광, 동위원소 이미지를 모두 촬영할 수 있는 전임상 in vivo 영상 시스템으로, 교육연구팀 소속의 교수와 대학원생이 참여하여, 신규장비의 사용법과 데이터 가공법에 대해 공부하였음.

## 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<br>(재학생)     | 2020년 2학기 | 1  | 1  |         | 2  |
|                 | 2021년 1학기 | 5  | 2  | 1       | 8  |
|                 | 계         | 6  | 3  | 1       | 10 |
| 배출<br>(졸업생)     | 2020년 2학기 | 3  | 2  |         | 5  |
|                 | 2021년 1학기 | 3  | 2  |         | 5  |
|                 | 계         | 6  | 4  |         |    |

## 2.2 교육연구팀의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

### 1) 연구 역량 강화 및 대학원생 연구 활동 지원을 통한 우수 대학원생 확보

- 우수한 대학원생의 확보에 중요한 역할을 하는 인자 중 하나는 지도교수의 연구역량임. 본 사업팀의 모든 참여 교수는 1년간의 기간 동안 매우 뛰어난 연구업적을 나타내고 있으며, 이는 향후에도 잠재적인 우수 연구인력 확보에 매우 중요한 요소로 작용할 것으로 판단됨.
- 본 사업팀은 지방에 소재하는 지역적 한계에도 불구하고, 그 동안 국내외 유능한 대학원생을 유치하여 우수한 연구 인력을 다수 배출한 바 있으며, 이는 사업팀 소속 대학원생의 우수한 연구업적 및 졸업생의 100%에 달하는 취업률 현황에 잘 나타나 있음. 최근, 약학 및 자연과학 전공 학생의 대학원 진학을 저하 및 대학원생의 수도권 편중 현상 등으로 인해 우수 대학원생 확보에 일정부분 어려움이 있으나, 4단계 BK21 사업의 대학원생 지원을 통하여 우수 연구인력 확보 및 연구인력의 연구역량 강화가 지속될 수 있을 것임.
- 우수 연구인력 확보를 위하여, 사업팀 소속 대학원생의 장학금 제공 및 제반 연구활동 지원을 강화할 계획임. 본 사업팀이 소속된 영남대학교 대학원 약학과는 국립대와의 등록금 격차를 해소하여 대학원 경쟁률을 높이고 우수한 대학원생을 유치하기 위하여 현재 모든 대학원생에게 등록금의 35%를 일률적으로 장학금으로 지급하고 있음. 또한 천마장학금, 교육시설조교 등 다양한 장학프로그램을 제공하여 우수한 연구인력이 학비에 대한 부담 없이 학업과 연구에 전념할 수 있도록 하고 있음. 학교차원의 지원과 별도로 본 교육연구팀에서는 4단계 BK21 사업을 통하여 대학원생 논문 게재료와 영어논문 교정료 지원, 국내외 학회참가 지원 및 우수 논문 발표 시 인센티브 지원 등 대학원생의 연구 역량 향상을 다각도로 지원하고 있음. 이러한 지원 사업은 대학원생의 연구역량 향상은 물론, 우수 연구인력의 확보에 지속적으로 큰 도움이 될 것으로 생각함.
- 국내외 학술대회 참가는 최신 연구 기법과 연구동향을 파악할 수 있는 기회로, 글로벌 시대 국제화에 적응하기 위한 효율적인 방법 중의 하나임. 또한, 연구결과를 직접 발표하고 토론하며 다양한 피드백을 받을 경우 연구에 대한 열정 및 자긍심을 향상시킬 수 있는 모티브로 작용할 것임. 하지만 지난 1년간은 코로나19의 확산으로 인해 대면을 통한 연구 결과를 발표할 기회가

제한 적이었음. 하지만, 온라인 세미나, 학회 참석등이 활성화 되고 있으며 온라인을 통해 구두 발표, 포스터 발표를 적극적으로 참여할 수 있도록 권장하고 있음.

- 본 사업팀은 소속 대학원생들의 국내외 학술대회 참석을 적극 권장하여 Controlled Release Society (CRS) Annual Meeting, 대한약학회 학술대회, 한국약제학회 국제학술대회, 한국생약학회 학술대회 등 다수의 국내외 학술대회에 참석한 바 있음. 하지만, 평가 기간 코로나19의 장기화로 인하여 국내외 학술대회의 참석이 위축된 것은 사실임. 코로나19의 확산세가 다소 줄어들고 학술대회가 활성화 된다면 참여 대학원생들의 연구 실적을 발표할 수 있는 기회 제공을 늘릴 수 있도록 할 계획임.

## 2) 다양한 전공 배경을 가진 실무형 연구인력의 확보

- 영남대학교 대학원 약학과는 6학년 실무실습 프로그램에 연구 트랙을 추가하여 학생들이 선택한 전임교원의 연구실에서 연구실무실습을 수행하고, 기존의 졸업시험제를 졸업논문발표제로 전환하여 지도교수의 밀착 지도하에 졸업논문을 작성하면서 자연스럽게 연구에 대한 관심을 유발하여 미래 연구직종으로 진출할 수 있는 의식을 고취시키는 등 학부생의 대학원 진학을 장려하는 방안을 시행하고 있음.
- 또한, 본 교육연구팀 소속 참여교수는 우수 연구인력을 확보하기 위하여 학부생의 산·학·연 클러스터 실무형 교육을 장려하고 있음. 또한, 본 교육연구팀 소속교수의 연구실 인턴십을 장려하여, 이를 기반으로 관련 학생을 우수 연구 인력으로 확보할 가능성을 제고하고자 함.

## 3) 해외 우수 대학원생 확보

- 영남대학교 약학대학은 일본, 중국, 네팔, 베트남 현지의 최고 교육기관 및 연구기관과 학생교류 및 학술교류를 위한 MOU를 맺고 정기적으로 해당기관을 상호 방문하여 연구실적을 발표하는 등 다양한 해외연구기관과 연구협력 활동을 수행하여 왔음. 특별히, 본 교육연구팀의 참여교수들은 중국 소주대학, 중화약과대학, 베트남 하노이 약학대학 등 다수의 연구기관과 정기적인 연구인력 교류를 시행하는 등 실질적인 연구협력을 수행하고 있으며 그 결과 해외 우수 대학의 뛰어난 연구인력을 안정적으로 확보할 수 있는 기반을 마련하였음.
- 본 사업팀 참여교수 연구실의 외국인 유학생들은 다수의 논문 게재 등 우수한 연구실적을 나타낸 바 있으며, 이를 바탕으로 학위취득 후 국내 제약업체 및 미국 등 해외 유수의 연구기관에 취업하는 등 졸업 후 진로 또한 우수한 것으로 입증된 바 있음.
- 2021년 2학기 부터 4명이 한국정부에서 학비와 생활비를 지원하는 대한민국 정부 초청 외국인 장학생 프로그램(Korea Government Scholarship Program, KGSP)에 선발되어 본 교육연구팀의 참여교수 연구실에서 석박사 학위를 과정으로 입학 하였음.
- 이상과 같이 본 사업팀의 참여교수들은 검증된 해외의 우수 연구인력을 지속적으로 확보하기 위한 시스템을 성공적으로 구축한 상태로 4단계 BK21 사업 등을 통하여 추가지원이 확보될 경우 기구축된 시스템을 활용하여 해외의 우수 연구인력을 지속적으로 확보할 수 있을 것임.
- 본 교육연구팀 참여교수들은 미국, 유럽 등 해외 유수의 연구기관(미국 University of Missouri-Columbia, University of North Carolina at Chapel Hill, Oregon State University, 미국

Scripps Institute of Oceanography, University of California San Diego, 프랑스 University of Limoges, 미국 University of Texas El Paso)과 공동연구를 수행하고 있으며, 다양한 국가간의 공동연구 계획 및 합작 연구 과제 구성을 기획하고 있음.

### 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%<br>(D/C)×100 |
|-----------------|----|-------------------------|---------|----|-----|---------------------|---------------|----------------------|
|                 |    | 졸업자<br>(G)              | 비취업자(B) |    |     | 취(창)업대상자<br>(C=G-B) | 취(창)업자<br>(D) |                      |
|                 |    |                         | 진학자     |    | 입대자 |                     |               |                      |
|                 |    |                         | 국내      | 국외 |     |                     |               |                      |
| 2021년 2월<br>졸업자 | 석사 | 3                       |         |    |     | 2                   | 2             | 100                  |
|                 | 박사 | 2                       |         |    |     | 2                   | 2             |                      |

: 석사 학위 취득자 중 1명은 박사학위 과정 진학으로 취업 대상자에서 제외

- 평가기간동안 본 연구팀 참여교수 소속 연구실의 학위취득자들은 대부분 국내외 우수 제약업체 및 우수 연구기관에 전임 연구원으로 취업하였음.
- 2021년 2월 및 8월, 석사학위 취득자는 6명, 박사학위 취득자는 4명으로 총 10명임. 이중 외국 국적의 학생은 6명으로 60.0%를 차지하고 있음.
- 취업 대상자 10명 모두 취업 또는 진학하여 취업 성과가 탁월함. 특별히, 취업자 전원이 제약관련 기업 또는 연구소에 취업하여 신약개발업무를 수행하고 있어 본 연구팀의 교육목표와 정확히 부합하는 것으로 판단됨.

#### 1) 2021년 2월 석박사 학위 취득자

- : 석사학위 취득 후 한국유나이티드제약 연구소 연구원으로 근무하고 있음.
- : 박사학위 취득 후 National University of Singapore에서 박사후연구원으로 근무하고 있음.
- : 박사학위 취득 후 미국 Oregon State University 약학대학에서 박사후연구원으로 근무하고 있음.
- : 석사학위 취득 후 영남대학교 약학대학 박사과정으로 진학하였음.
- : 석사학위 취득 후 (주)뉴메드의 연구원으로 근무하고 있음.
- : 석사학위 취득 후 시선제라퓨틱스에 연구원으로 근무하고 있음.
- : 석사학위 취득 후 베트남 베트남 국립연구소(Vietnam national institute of medicinal materials)에서 연구원으로 근무하고 있음.

#### 2) 2021년 8월 석박사 학위 취득자

- : 박사학위 취득 후 베트남 Hanoi University of Pharmacy에서 Lecture으로 근무하고 있음.
- : 박사학위 취득 후 부산대학교에서, 박사후연구원으로 근무하고 있음.
- : 석사학위 취득 후 영남대학교 약학대학 박사과정으로 진학하였음.

- 이와 같이 본 교육연구팀 참여 교수의 졸업생 취업현황을 살펴보면 대부분이 우수한 제약산업체 또는 연구기관에 연구원으로 취업하여 대학원 과정 중 얻은 전공지식을 활용하여

의약품 합성, 의약품 제조 및 개발 업무를 담당하고 있음을 알 수 있음.

- 본 교육연구팀은 참여교수 연구실 소속 졸업생들의 취업률을 100%로 계속 유지하도록 할 계획이며, 제안서에 제시한 목표 및 전략을 성공적으로 수행할 경우 글로벌 신약개발에 관련된 지식과 실무를 충분히 습득한 숙련된 연구 인력을 성공적으로 배출할 수 있을 것으로 판단됨.
- 현재 글로벌 신약개발에 관련된 사회적 관심 및 필요성은 매우 높으나, 국내 제약산업체의 신약개발 관련 고급 연구인력은 충분하지 못하여 그 수요를 충족하지 못하는 실정으로, 본 연구팀이 글로벌 신약개발에 관련 우수 연구인력을 배출할 경우 제시된 취업률 목표는 충분히 달성될 것으로 판단됨.

### 3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

#### ① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

본 사업팀 참여 대학원생들은 다수의 논문을 발표했을 뿐 아니라, 해당 연구분야 최상위권의 IF값이 높은 저널에 발표하였음. 이는 소속 대학원생이 질적으로 매우 우수한 연구 결과를 발표한 것을 의미함. 사업팀 소속 대학원생들은 주저자로 학문분야별 최상위권 저널인 ACS Nano (IF 15.881, 상위 6.16%), Biomaterials (IF 12.479, 상위 2.78%), Journal of Controlled Release (IF 9.776, 3.45%), Carbohydrate Polymers (IF 9.381, 상위 2.84%), Biomedicine & Pharmacotherapy (IF 6.529, 상위 8.91%)에 연구 결과를 발표하였으며, 위 논문을 포함하여 학문 분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 7편의 연구 결과를 발표하였음.

##### 가. : 세계적인 학술지 ‘ACS Nano’ (IF 15.881, 상위 6.16%)에 논문 게재

- 석박사통합 학위과정 학생인 (지도교수: 김종오/용철순)은 heating plate, spraying cup, photo chamber를 연속으로 연결 작동하게 하여, 3가지 다른 배열의 AuAg9 나노(8nm 이하) 합성물을 제조하고, 항암제인 도세탁셀을 봉입후, 알부민으로 코팅하여 광열조절이 가능한 나노블록을 제조하였음. 결과적으로 구조적으로 분해가능한 특성을 갖고 있는 근적외선 광열-화학 병용 치료가 가능함을 확인하였음. 특히, AuAg9 나노블록은 탁월한 암치료 효과뿐 아니라 신장 배설 및 독성이 낮은 것으로 평가되었음.
- 나노크기의 은(Ag)은 일반적으로 우수한 플라즈몬 특성을 나타내지만, 신속한 산화로 인한 화학적 불안정성과 독성으로 인해 널리 사용되지 않았음. 이를 해결하고자 Ag에 금(Au)을 혼합 (Au/Ag 비율, Au 및 Ag 원자의 배열 및 모양 조절)하여 만든 AuAg 나노구조는 은 나노입자 또는 금 나노입자와는 다른 플라즈몬 특성을 나타내게 하고, 은의 독성을 낮출수 있음. 그리고, 표면을 생체적합성 고분자/단백질로 수식함으로써 은 이온의 방출을 최소화하여 원하는 부위에서만 방출되게 조절할 수 있음.

##### 나. : 세계적인 학술지 ‘Biomaterials’ (IF 12.479, 상위 2.78%)에 논문 게재

- 박사과정 학생인 (지도교수: 김종오/용철순)은 로슈바스타틴(RSV) 봉입 CD9항체 결합 다공성 실리카 나노입자를 제조하여 in vitro/in vivo 모델을 통하여 최적화하였음. CD9은 세포막 단백질로서 죽상경화 병변에서 발현이 증가됨. CD9 항체를 이용하여 죽상경화 병변 특이적 약물전달체를 개발 활용할 수 있음을 규명함.

- 고콜레스테롤 함유 식이로 죽상경화 유발한 ApoE-/- 생쥐에서 나노입자 처치후, 특이적으로 표적화하여 SA- $\beta$ -gal 활성, 및 노화관련 마커들인 p53, p21, p16, CD9 발현이 현저히 감소하여 죽상경화 병변을 효과적으로 저해 할 수 있음을 확인함.

다. : 세계적인 학술지 ‘Journal of Controlled Release’ (IF 9.776, 상위 3.45%)에 논문 게재

- 박사학위 졸업생인 (지도교수: 정지현)은 세포의약품과 약물전달체를 활용하여 당뇨병을 치료하는 새로운 방법을 제시하였음.
- 해당 연구는 ‘표면개질된 췌도세포와 약물전달체를 활용하여 이종이식 한 췌도세포의 생존을 향상 (The impact of locally-delivered tacrolimus-releasing microspheres and polyethylene glycol-based islet surface modification on xenogeneic islet survival)’ 이라는 제목의 논문으로 Controlled Release Society가 발행하는 Journal of Controlled Release 학술지에 게재 되었음.
- 조직공학기술을 이용하여 PEG라는 생체적합성 물질을 췌도세포 외부에 개질하여 면역 억제 효과를 향상 시키고 국소에 면역억제제를 지속적으로 방출하게 만들어 면역억제의 시너지효과를 내게 하는 연구임. 이는 약물전달체를 활용하여 국소에 약물을 지속적으로 방출하게하여 이식 세포의 생존율을 향상 시키고 이식된 췌도세포는 인슐린 분비를 통해 당뇨병을 치료하는 방법을 제시한 논문임.

라. : 국제 저명 학술지 ‘Journal of Controlled Release’ (IF 9.776, 상위 3.45%)에 논문 게재

- 박사학위 과정 재학생인 (지도교수: 용철순, 김종오)는 CXCR-4를 표적화하고, BRAF/MEK 억제제인 다브라페닙과 PD-L1발현을 억제하는 miRNA를 봉입한 나노입자를 제조하여, 항암면역 병용치료에 이용함으로써 차세대 치료제로서의 가능성을 보여줌. in vitro 및 in vivo 평가를 통하여 종양 성장이 크게 억제되었음을 확인하여 항암치료 결과를 개선하는 전략으로 바로 활용가능 할 것으로 판단됨.

마. : 국제 저명 학술지 ‘Carbohydrate Polymers’ (IF 9.381, 상위 2.84%)에 논문 게재

- 박사학위 과정 재학생인 (지도교수: 용철순, 김종오)은 지향상된 광열효과를 갖도록 Copper sulfide (CuS)와 그래핀 옥사이드 (GO)로 나노구조체를 제조하고, 항암제인 독소루비신을 봉입한후, CD44 수용체가 과발현된 암세포를 표적화하기 위한 히알루론산이 코팅된 나노입자를 최적화하였음. 즉, 제조한 나노입자는 항암치료/광열 치료의 복합 치료기술이 탑재되었고, pH 및 NIR에 반응하여 약물이 방출하여 항암치료를 극대화시킬수 있음을 보여주었음.

바. : 국제 저명 학술지 ‘Biomedicine & Pharmacotherapy’ (IF 6.529, 상위 8.91%)에 논문 게재

- 박사학위 졸업생인 (지도교수: 정지현)는 췌도세포 이식시 발생하는 면역 반응을 줄기세포를 활용하여 면역을 조절하는 문헌을 조사하여 정리한 리뷰 논문을 발표 하였음. 췌도세포 이식 시 주로 사용하는 면역억제제의 한계점과 문제점을 극복 할 수 있는 대안으로 생각하는 내용을 정리하여 발표 하였음.

사. : 국제 저명 학술지 ‘Antioxidants’ (IF 6.312, 상위 7.29%)에 논문 게재

- 석사학위 졸업생인 (지도교수: 최혁재)은 강화도에 유입된 갯끈풀의 활성 및 성분연구팀에 참여하여 추출물을 제조하고 추출물의 효능 및 성분 연구에 참여하였으며, 이를 통해 추출물의 항산화 효능, 췌장지질분해효소 저해 효능, 티로시나아제 저해 효능을 확인하였음.
- 특히, 1,3-di-O-trans-feruloyl quinic acid와 N-trans-feruloyltyramine이 추출물에서 주성분으로서

DPPH와 ABTS 라디칼 소거능을 가짐을 규명하였고, 1,3-di-O-trans-feruloyl quinic acid와 p-hydroxybenzaldehyde가 체장지질분해효소를 저해함을 보고하였음.

- 이는 유해 생물로서 국내에 유입된 소재를 새롭게 활용할 수 있는 가능성을 제기하였으며, Food Science & Technology 분야에 상위 7.29%에 해당하는 세계적인 학술지 ‘Antioxidants’에 논문을 게재하였음.
- 본 교육연구팀 참여 대학원생은 위의 대표적인 업적 외에도 ACS Applied Materials & Interfaces (IF 9.229, 상위 13.06%), Acta Biomaterialia (IF 8.947, 상위 10.56%), Pharmaceutics (IF 6.321, 상위 10.36%), Molecular Oncology’ (IF 6.603, 상위 21.28%), Bioorganic Chemistry (IF 5.275 상위 14.91%)를 비롯한 다수의 논문을 발표하였음.
- 본 교육연구팀 참여대학원생은 지난 2020년 9월부터 2021년 8월까지 **1년간 총 34편의 연구논문을 발표하였으며 IF 합은 255.95에 도달하였음.** 이 중 **총 23편의 연구논문을 참여 대학원생이 주저자 논문으로 발표하였으며 IF 합은 157.185에 도달하였음.** 연구논문 1편당 주저자 논문의 **평균 IF는 6.83 이었음.** 본 교육사업팀 신청 당시 3년간 대표업적은 26편으로 IF합은 157.093 이었으며, 평균 IF 6.042 였음. 이 결과는 대표업적으로 따로 구분 하지 않고 전체 논문을 기준으로 대비하여도 IF평균이 10%이상 상승하였음을 의미하며 이는 계획하였던 매년 5% 상승을 월등히 뛰어 넘는 연구 실적 결과임.
- 또한 본 교육연구팀의 참여대학원생은 **지난 1년 간 분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 총 7편으로 주저자 논문을 발표**(참여교수 1인당 1편)하였음. 또한 교육연구팀 참여 대학원생은 지난 1년 간 **IF 10점 이상의 세계 최정상급 저널에 주저자 논문을 2편 발표**하였으며, **총 7편의 주저자 학술논문을 분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 발표**하였음 (이 중 4편은 상위 5% 이내 학술지에 발표).

## ② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

### [참여 대학원생의 우수 학회 참석 실적]

가.

- 박사학위 재학생인           은 2021년 Controlled Release Society (CRS) Annual Meeting & Exposition에서 2건의 연구성과, 1) “Plug-in assembled structurally disintegrable and photothermally adjustable sub-8-nm Au<sub>1</sub>Ag<sub>9</sub> implanted nanoboxes for combinatorial cancer therapy” , 2) “Combination anticancer therapy via laser/redox responsive, self-targeted, and photosensitizer-loaded bismuth sulfide nanourchins” 를 포스터 발표하였음.
- 학생이 참석한 CRS 학회는 1978년도 설립 이후 매년 3,000명 이상의 약물전달관련 교수, 전문가, 연구자와 회사 관계자가 참석하는 약물송달학분야의 최고 권위 학회임.
- 첫 번째 발표 포스터는 항암제인 도세탁셀을 봉입후, 알부민으로 코팅하여 광열조절이 가능한 Au<sub>1</sub>Ag<sub>9</sub> 나노블록을 제조하여, 근적외선 광열-화학 병용치료가 가능함을 확인한 연구내용임. 최종 연구결과는 국제저명학술지인 ACS Nano’ (IF 15.881, 상위 6.16%)에 주저자 논문으로 게재되었음.
- 두 번째 발표 포스터는 광감작제가 봉입된 bismuth sulfide nanourchin을 이용하여 자극민감성

표적화 항암-광열 치료 가능성을 보여준 논문으로, Nanoscale (IF 7.79)에 주저자로 발표하였음.

나.

- 박사학위 과정 재학생인           은 2021년 대한약학회 춘계학술대회에 “Leptin induces hepatocytes death via ER stress and inflammasomes activation” 를 포스터 발표하였음.
- 지방조직 분비 호르몬인 leptin이 hepatocyte에서 세포사멸을 유도함을 확인하였으며 ER stress 및 염증조절복합체 활성화에 의하여 간세포 사멸이 유도되는 분자기전을 규명하였음.
- 포스터 발표 후 후속 연구를 통하여 연구결과는 국제저명학술지인 Journal of Cellular Physiology에 투고되어 심사중임.

다.

- 박사학위 과정 재학 당시           은 2020년 대한고분자학회에서 “Potentiated Local Immunomodulatory Effect of Uniformly Engineered Hybrid Stem Cell/Drug Depot Spheroids on Xeno-Sourced Pancreatic Islet Transplantation Outcomes” 라는 주제로 구두발표하여 **Best Poster Presentation Award**을 수상하였음.
- 또한, 2020년 한국약제학회 추계학술대회에서 “Local release of NECA (5’-(N-Ethylcarboxamido)adenosine) from implantable polymeric sheets for enhanced islet revascularization in extrahepatic site” 라는 주제로 포스터 발표를 하여 **Best Presentation Award**를 수상하였음.

라.

- 참여대학원생           (지도교수: 김정애)은 2021년 대한약학회 학술대회에서 “Noncanonical function of EZH2, a Polycomb group protein, on TPH1 expression and gemcitabine resistance of pancreatic cancer cells” 를 주제로 포스터를 발표함
- 포스터 발표내용을 포함하여 EZH2-TPH1-5-HT7 축이 췌장암의 약물저항성 발현에 미치는 상세 기전을 규명하여 Cancers 저널에 투고하였음.

마.

- 신진연구인력           는 2021년 대한약학회 학술대회에서 “Transcriptome and miRNA analysis in androgen-refractory prostate cancer cells” 를 주제로 포스터를 발표함.
- Differentially regulated genes(DEGs)와 miRNA의 상호조절 기전에 대한 추가연구를 진행 중이며, 올해 내 논문투고를 목표로 함.

### ③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

참여 대학원생의 특허, 기술이전, 창업실적의 활성화를 위하여 교육 연구 환경의 개선을 포함하여 학술활동 활성화를 위한 교육프로그램을 개발하고 참여를 독려하였음. 그 결과 지난 2020년 9월부터 2021년 8월까지 참여 대학원생은 1건의 특허 등록과 1건의 특허 출원 실적을 달성하였음. 그 구체적 내용은 다음과 같음.

**가. (특허등록)**

- 특허명은 “폴리도파민으로 코팅된 폴리(락틱-코-글리콜산) 마이크로스피어 및 이를 이용한 세포 표면 개질 방법” 이고 이는 약물이 봉입된 마이크로스피어를 세포 표면에 부착할 수 있는 방법을 제식한 특허임. 이는 세포의약품의 표면을 약물전달체로 개질하여 세포의약품에 새로운 기능을 부여할 수 있는 기술이라고 생각됨.
- 약물전달체와 세포의약품이 동시에 전달 가능하고 이는 이식 이 후 세포의 생존율을 2-3배 이상 증가시키는 방법임. 이식 체도세포의 생존율이 증가함에 따라 당뇨병 치료 기간이 증가하는 결과를 얻을 수 있었음.
- 본 교육연구팀에 포함된 의약품 합성 및 천연물 화학팀과의 공동연구로 확장을 한다면 세포의약품의 이식 생존율 향상을 위한 다양한 특허를 확보할 수 있을 것으로 기대함.

**나. (특허출원)**

- 본 발명은 항체 삽입된 엑소좀 나노입자 조성물 및 이의 의학적 용도에 대한 특허는 지질, 생체적합성 고분자 및 항체로 이루어진 항체접합체가 엑소좀 표면 지질이중층에 삽입되며, 특이적으로 T 세포를 표적하는 엑소좀 나노입자 조성물 및 이의 의학적 용도에 관한 것임.
- 본 발명에서 공동자극분자, 구조적적합성 복합체(MHC), 항원성 펩타이드 및 항체가 삽입된 엑소좀 나노입자를 제공하여, T 세포의 면역체크포인트를 억제하고 종양 세포에 대한 T 세포의 면역반응을 활성화시키는 면역항암제를 제공함을 특징으로 함.
- 본 교육연구팀에 포함된 의약품 합성 및 약리면역팀과의 공동연구를 이끌 수 있는 중요한 특허 기술이라고 할 수 있음.

**4. 신진연구인력 현황 및 실적**

- 신진연구인력            는 2021년 3월 1일부터 본 사업팀에 합류하였으며, 안드로젠 불응성을 나타내면서 침윤과 전이 등 악성 성질을 발현하는 androgen-refractory prostate cancer (ARPC)에 대한 치료 표적 연구를 수행하고 있으며, 2021년 대한약학회 학술대회에서 “Transcriptome and miRNA analysis in androgen-refractory prostate cancer cells” 를 주제로 포스터를 발표하였으며 후속연구를 진행하여 연구결과는 중앙 관련 전문 학술지에 투고 준비 중임.

**5. 참여교수의 교육역량 대표실적**

- 본 교육연구팀에 참여하는 김종오 교수는 2020년 2학기에 특수제형학 교과목을 강의하였음.
- 강의 내용은 Drug Delivery System을 적용한 특수제형의 원리와 실제, 응용에 대한 내용을 포함하여, 특수제형들의 설계기술에 대해 이해하고 응용할 수 있도록 하였음.
- 또한, 외국 대학원생 및 국내 대학원생이 함께 수업에 참여하여 각 나라의 연구 상황 및 연구 방향성에 대해서도 심도 깊은 논의를 진행하였음.
- 본 수업 내용은 신약 개발에 투여할 우수한 인력을 양성하는 과정에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.

- 본 교육연구팀에 참여하는 정지현 교수는 2020년 2학기에 제제학특론, 2021년 1학기에 제제과학특론 등을 개설하여 학생들의 의약품의 제형화에 대한 기초 및 응용에 대하여 강의하였음.
- 강의 내용은 의약품 전달의 새로운 제형을 설명하고 어떻게 연구에 적용할 수 있는지에 대해 심층 토론하고 각 연구 분야에 활용가능성에 대해서 발표하는 수업임.
- 또한, 외국 대학원생 및 국내 대학원생이 함께 수업에 참여하여 각 나라의 연구 상황 및 연구 방향성에 대해서도 심도 깊은 논의를 진행하였음.
- 용철순 교수는 2020년 2학기에 프리포물레이션, 2021년 1학기에 생물약제학특론 교과목을 개설하여, 신약개발시 후보 약물들의 물리화학적 화학적 성질을 조사하는 프리포물레이션에 대한 내용을 포함하여, 안정성있는 유효한 제형설계에 대하여 영향을 강의함.
- 생물약제학특론에서는 생체막의 기능부터 약물의 흡수와 제어, 분포, 대사, 배설 등을 체계적으로 전달하였음. 본 수업 내용은 신약 개발에 필요한 우수한 인력을 양성에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.
- 박필훈 교수는 한국약학교육협의회 이사 및 한국약학교육평가원의 약학대학 평가인증 위원으로 활동하여 약학대학의 학부/대학원 교육의 질 향상을 위하여 다양한 프로그램 발굴에 공헌하였음.

## 6. 교육의 국제화 전략

### ① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

#### 1) 대학원생 교육 국제화 계획

- 단기 국제 교류 프로그램, 온라인 국제 교류 프로그램, 국제 인턴십 프로그램, 장기 국제교류 프로그램등 우수한 해외 대학과의 교류를 진행할 계획이었음.
- 하지만, 코로나 사태로 인하여 국제 학술대회 참석 및 해외 연구기관 단기 방문, 국제 인턴십 프로그램, 장기 국제교류 프로그램의 운영이 불가하였음
- 이에 따라, 본 교육연구팀이 소속된 약품개발연구소는 온라인으로 해외석학을 초빙하고 연구결과를 발표하여 소속 대학원생들에게 세계 약학 연구의 조류를 접할 기회를 제공하며 공동연구의 가능성을 제고하고자 함.

#### 2) 국제화 교육 인프라 향상

- 본 교육연구팀에는 22명의 외국인 학생, 6명의 국내 학생, 1명의 외국인 신진연구인력이 소속되어 활발히 연구활동을 진행하고 있음. 따라서, 국제화 교육에 대한 이해도가 높으며, 외국인 대학원생에 대한 관리도 효율적·합리적으로 이루어지고 있으며, 현재 이들을 위한 다양한 지원책을 실시하는 등 국내외 대학원생 모두에게 성공적인 교육을 실시하고 있음.
- 외국어 강의 비율: 영남대학교 대학원 약학과에 개설된 모든 교과목에서 실질적인 영어강의가 진행되고 있음. 향후에도 외국어 강의 비율은 현재와 같은 높은 수준으로 유지할 것임.
- 우수 외국인 대학원생 유치: 7인의 참여교수가 현재 총 22명의 외국인 학생을 지도하고 있으며, 본 교육연구팀은 다수의 국외 연구기관과 활발한 공동연구 및 학술 교류를 진행하고 있음. 이러한 인적·기관 네트워크를 통하여 우수한 외국인 학생을 지속적으로 유치하고 있음. (2021년 2학기 국

가 초청 장학생 4명 추가 참여)

- 학위논문 외국어 작성 비율: 졸업한 10명의 모든 교육연구팀 참여 대학원생은 영어로 학위논문을 발표 하였음.

## ② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

■ 본 교육연구팀은 단기 국제 교류 프로그램, 온라인 국제 교류 프로그램, 국제 인턴쉽 프로그램, 장기 국제교류 프로그램 등 우수한 해외 대학과 교류를 진행할 계획이었음. 그러나, 코로나19의 장기화로 인하여 국제 교류 프로그램 운영이 불가능하였음. 이에 따라, 해외방문 또는 해외연구 인력의 초청보다는 온라인 국제교류를 주로 진행하였음.

■ 공동연구 성과로 베트남 Phenikaa대학의 Tuan Hiep Tran 교수 연구팀과의 공동연구를 진행하여 3건의 연구결과를 다음의 국제저명학술지에 게재하였으며 추가 논문을 투고 준비 중임.

1) Pre- and post-transcriptional regulation of cFLIP for effective cancer therapy using pH-ultrasensitive nanoparticles, ACS Applied Materials & Interfaces, 13, 5999-6010, 2021. (IF 9.229)

2) Manipulating Immune System using Nanoparticles for an Effective Cancer Treatment: Combination of Targeted Therapy and Checkpoint Blockage miRNA. JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE, 329(1), 524-537, 2021 (IF 9.776)

3) Redox/photo dual-responsive, self-targeted, and photosensitizer-laden bismuth sulfide nanourchins for combination therapy in cancer, Nanoscale, 13(1), 1231-1247, 2021 (IF 7.79)

## □ 연구역량 대표 우수성과

## 1) 참여교수 논문실적

## 가. Surface-Triggered In Situ Gelation for Tunable Conformal Hydrogel Coating of Therapeutic Cells and Biomedical Devices

## ■ Advanced Functional Materials (IF 18.808, 상위 4.35%)

- 정지현 교수는 세포의약품의 면역억제 능력을 향상시키기 위해서 사용하는 알지네이트 캡슐화 기술을 새로운 방법으로 제시하는 연구 결과를 학술지에 게재 하였음. 알지네이트 물질을 세포 표면에서 겔화 하게 유도하는 기술을 만들어 빈캡슐이 없이 모든 세포가 캡슐화가 될 수 있는 창의적인 방법을 제시하였음. 세포의약품 및 의료용 디바이스의 표면에 다양한 물질(약물전달체, 세포)을 국소 봉입이 가능하고 그 코팅 물질 자체가 면역 억제제가 가능하기 때문에 활용범위가 매우 넓은 연구 방법이라 생각할 수 있음. 본 연구의 연구 결과는 의료용 기구 및 세포의 표면을 코팅할수 있는 기반 기술로 활용할 수 있으며, 특히 세포의약품의 캡슐화 실험에 다양하게 적용가능하다고 판단됨. 특히 알지네이트 캡슐화의 기존 문제점을 극복할 수 있어 임상적용 가능성도 높다고 볼 수 있음.

나. Photothermally Modulatable and Structurally Disintegratable Sub-8-nm Au<sub>1</sub>Ag<sub>9</sub> Embedded Nanoblocks for Combination Cancer Therapy Produced by Plug-in Assembly

## ■ ACS Nano (IF 15.881, 상위 6.16%)

- 김종오 교수는 융합연구를 통하여 heating plate, spraying cup, photo chamber를 연속으로 연결 작동하게 하여, 3가지 다른 배열의 Au<sub>1</sub>Ag<sub>9</sub> 나노(8nm 이하) 합성물을 제조하고, 항암제인 도세탁셀을 봉입후, 알부민으로 코팅하여 광열조절이 가능한 나노블록을 제조하고, 결과적으로 구조적으로 분해가능한 특성을 갖고 있는 근적외선 광열-화학 병용치료가 가능함을 확인하였음. 특히, Au<sub>1</sub>Ag<sub>9</sub> 나노블록은 탁월한 암치료 효과뿐 아니라 신장 배설 및 독성이 낮은 것으로 평가되었음. 나노크기의 은(Ag)는 일반적으로 우수한 플라즈몬 특성을 나타내지만, 신속한 산화로 인한 화학적 불안정성과 독성으로 인해 널리 사용되지 않았음. 이를 해결하고자 Ag에 금(Au)를 혼합 (Au/Ag 비율, Au 및 Ag 원자의 배열 및 모양 조절)하여 만든 AuAg 나노구조는 은 나노입자 또는 금 나노입자와는 다른 플라즈몬 특성을 나타내게 하고, 은의 독성을 낮출수 있음. 그리고, 표면을 생체적합성 고분자/단백질로 수식함으로써 은 이온의 방출을 최소화하여 원하는 부위에서만 방출되게 조절할 수 있음을 보여줌.

## 다. Targeting and clearance of senescent foamy macrophages and senescent endothelial cells by antibody-functionalized mesoporous silica nanoparticles for alleviating aorta atherosclerosis

## ■ Biomaterials (IF 12.479, 상위 2.78%)

- 김종오 교수는 로슈바스타틴(RSV) 봉입 CD9항체 결합 다공성 실리카 나노입자를 제조하여 in vitro/in vivo 모델을 통하여 최적화하였음. CD9은 세포막 단백질로서 죽상경화 병변에서 발현이 증가됨. CD9 항체를 이용하여 죽상경화 병변 특이적 약물전달체를 개발 활용할 수 있음을

규명함. 고콜레스테롤 함유 식이로 죽상경화 유발한 ApoE<sup>-/-</sup> 생쥐에서 나노입자 처치후, 특이적으로 표적화하여 SA-β-gal 활성, 및 노화관련 마커들인 p53, p21, p16, CD9 발현이 현저히 감소하여 죽상경화 병변을 효과적으로 저해 할 수 있음을 확인함.

**라. Heterospheroid formation improves therapeutic efficacy of mesenchymal stem cells in murine colitis through immunomodulation and epithelial regeneration**

■ Biomaterials (IF 12.479, 상위 2.78%)

■ 정지현 교수는 지속방출 약물전달체를 이용하여 줄기세포와 함께 3차원 배양을 하여 헤테로스페로이드를 개발하는 연구를 진행하였음. 이러한 줄기세포 헤테로스페로이드는 줄기세포 치료제의 이식 이 후 생존율을 향상 시키고 상피세포의 재생을 촉진시키는 역할을 하는 것을 확인하였음. 줄기세포생물학 전문가와의 융합연구를 통하여 약물전달체의 세포의약품에서의 작용효과를 극대화 할 수 있는 방법을 제시하였고, 특히 이러한 약물전달체가 세포의약품의 기능고도화에 역할을 할 수 있음을 새롭게 제시한 연구라고 할 수 있음. 본 연구의 연구 결과는 줄기세포 치료제의 이식 후 생존율이 낮은 단점을 극복할 수 있는 하나의 사례로 생각될 수 있을 것이라고 생각되며 더 연구를 확장한다면 다양한 약물전달체를 세포의약품에 적용시키고 실제 임상으로의 확장에도 영향을 줄 수 있을 것으로 기대함.

**마. Hyaluronic acid wreathed, trio-stimuli receptive and on-demand triggerable nanoconstruct for anchored combinatorial cancer therapy**

■ Carbohydrate polymers (IF 9.381, 상위 2.84%)

■ 용철순 교수와 김종오 교수는 본 연구에서 향상된 광열효과를 갖도록 Copper sulfide (CuS)와 그래핀 옥사이드 (GO)로 나노구조체를 제조하고, 항암제인 독소루비신을 봉입한후, CD44 수용체가 과발현된 암세포를 표적화하기 위한 히알루론산이 코팅된 나노입자를 최적화하였음. 즉, 제조한 나노입자는 항암치료/광열 치료의 복합 치료기술이 탑재되었고, pH 및 NIR에 반응하여 약물이 방출하여 항암치료를 극대화 시킬수 있음을 보여주었음.

**바. Manipulating Immune System using Nanoparticles for an Effective Cancer Treatment: Combination of Targeted Therapy and Checkpoint Blockage miRNA**

■ Journal of Controlled Release (IF 9.776, 상위 3.45%)

■ 용철순 교수와 김종오 교수는 CXCR-4를 표적화하고, BRAF/MEK 억제제인 다브라페넵과 PD-L1발현을 억제하는 miRNA를 봉입한 나노입자를 제조하여, 항암면역 병용치료에 이용함으로써 차세대 치료제로서의 가능성을 보여줌. in vitro 및 in vivo 평가를 통하여 종양 성장이 크게 억제되었음을 확인하여 항암치료 결과를 개선하는 전략으로 바로 활용가능할 것으로 판단됨.

**사. Recent progress in stimuli-responsive nanosystems for inducing immunogenic cell death**

■ Journal of Controlled Release (IF 9.776, 상위 3.45%)

■ 정지현 교수는 근적외선(NIR) 반응성, pH 반응성, 산화환원 반응성, pH 및 효소 반응성, 또는 pH 및 산화환원 반응성일 수 있는 자극 반응성 나노입자에 의해 매개되는 면역원성 세포 사멸 연구의 최근 발전을 간략하게 설명하고 암 면역 요법의 성공적인 임상적응에 관련하여 정리하여 리뷰 논문을 게재하였음.

**아. The impact of locally-delivered tacrolimus-releasing microspheres and polyethylene**

#### glycol-based islet surface modification on xenogeneic islet survival

##### ■ Journal of Controlled Release (IF 9.776, 상위 3.45%)

- 정지현 교수는 지속방출 약물전달체를 활용하여 이식 이후 발생하는 국소 면역 반응을 줄이고 그로 인해 이식 세포의 생존율을 상승시키는 새로운 방법을 제시하였음. 성공적인 이식으로 인해 당뇨병의 치료기간을 향상시켰으며 세포의약품의 치료 방법에 새로운 프로토콜을 제시하였음.

#### 자. Photoimmunotherapy with cetuximab-conjugated gold nanorods reduces drug resistance in triple negative breast cancer spheroids with enhanced infiltration of tumor-associated macrophages

##### ■ Journal of Controlled Release (IF 9.776, 상위 3.45%)

- 정지현 교수는 상중음성유방암(TNBC) 환자의 치료의 어려움을 극복하기 위하여 세톡시맵이 결합된 금나노막대를 활용하여 효과적으로 암세포를 죽이는 메커니즘을 규명하였음. 이 논문은 종양관련 대식세포에 의해 항암제의 치료효과가 감소하는 것을 규명하고 본 연구자가 개발한 약물전달체가 효과적으로 TNBC 환자의 치료제로 개발할 가능성이 있다는 것을 검증 하였음.

#### 차. Antioxidant, Pancreatic Lipase Inhibitory, and Tyrosinase Inhibitory Activities of Extracts of the Invasive Plant *Spartina anglica* (Cord-Grass)

##### ■ Antioxidants (IF 6.312, 상위 7.29%)

- 최혁재 교수는 융합연구를 통하여 국내에 유입된 유해 생물인 갯끈풀의 성분과 활성을 연구하여 갯끈풀 추출물 및 분획물의 항산화 및 지질분해효소 저해효과, 미백효과 등을 확인하였음. 특히 성분연구를 통해 갯끈풀에서는 처음 발견된 천연물 3종을 확인하고, 해당 물질이 추출물의 활성에 중요한 역할을 담당함을 규명하였음.

#### 카. Particulate-Based Single-Dose Local Immunosuppressive Regimen for Inducing Tolerogenic Dendritic Cells in Xenogeneic Islet Transplantation

##### ■ Advanced Healthcare Materials (IF 9.933, 상위 8.33%)

- 정지현 교수는 2가지의 면역억제제와 하이드로젤 전달 기법을 활용하여 초기 면역 내성을 유도하여 이식 췌도세포의 생존율을 향상 시키는 연구 결과를 도출 하였음. 이 연구는 이식된 췌도세포가 1년 이상 추가적인 면역억제제 없이 생존할 수 있다는 결과를 보였으며, 면역학적인 내성 유도 기전을 규명하였음.

#### 타. Immunomodulation effect of mesenchymal stem cells in islet transplantation

##### ■ Biomedicine & Pharmacotherapy (IF 6.529, 상위 8.91%)

- 정지현 교수는 췌도세포 이식시 발생하는 면역 반응을 Mesenchymal stem cell을 이용하여 면역 억제제를 조절하는 내용에 대한 리뷰논문을 발표 하였음.

- 본 교육연구팀 참여교수는 위의 대표적인 업적 외에도 *Acta Biomaterialia* (IF 8.947, 상위 10.56%), *ACS Applied Materials & Interfaces* (IF 9.229, 상위 13.06%), *Pharmaceutics* (IF 6.321, 상위 10.36%), *Molecular Oncology* (IF 6.603, 상위 21.28%), *Bioorganic Chemistry* (IF 5.275, 상위 14.91%)를 비롯한 다수의 논문을 발표하였음.

#### 2) 참여교수 특허실적

본 교육연구팀 소속 교수는 최근 1년간 (2020년 9월~2021년 8월) 총 12건의 국내특허를 등록하였고, 8건의 국내 특허를 출원하였으며, 2건의 국제특허를 출원 중에 있음.

**가. 폴로도파민으로 코팅된 폴리(락틱-코-글리콜산) 마이크로스피어 및 이를 이용한 세포 표면 개질 방법 (등록번호 10-2080689)**

- 정지현 교수가 등록한 특허는 폴로도파민의 세포 부착 특성을 이용하여 세포의약품의 표면에 마이크로약물전달체를 부착시키는 방법에 대한 발명임. 활성물질의 지속방출이 가능한 입자를 세포 표면에 부착시켜 세포의 치료 효율을 극대화 할 수 있는 방법이며, 본 기술을 응용한 다양한 세포의약품 치료제 개발이 가능함.

**나. 세포의 기질 성분을 포함하는 줄기세포의 배양 및 이식용 지지체 및 이의 용도 (등록번호 10-2139205)**

- 정지현 교수가 등록한 특허의 발명은 마이크로스피어를 활용하여 세포의 기질 성분을 마이크로스피어 표면에 결합한 후 줄기세포를 지지체에 생착하게 하여 치료제로 사용하는 기술임. 본 지지체 내부에는 줄기세포 생존율을 향상 시킬 수 있는 화학물질을 봉입하여 지속적으로 세포의 생존율을 향상시키는 역할을 하게 됨. 치료용 지지체로 활용하여 세포의약품의 이식 이후 생존율을 높이는 지지체로 활용 가능함.

**다. 흑린 나노시트를 사용한 약물 전달체 (등록번호 10-2157045)**

- 본 발명은 흑린(black phosphorus)은 인 원소로 구성된 2차원 물질로 그래핀처럼 2차원 층 구조를 이루고 있으며, 흑린을 원자 한개 층 두께로 떼어내면 머리카락 굵기의 10만분의 1 수준인 포스포린(phosphorene)이 됨. 흑린은 육각벌집의 구조로 그래핀과 유사한 원자 배열을 갖지만, 규칙적인 주름이 잡혀 있어 외부 압력이나 전기장 등을 이용한 물성 제어가 쉬운 특성이 있음. 생체적합성 및 생분해성이 우수하고, 제조가 용이하며, 높은 광열 변환 효율을 가지고 있음. 김종오 교수는 이를 활용하여 흑린 나노시트, 염산의 컨쥬게이트 및 약물과 표적 유전자용 siRNA를 포함하는 약물 전달체에 관한 특허를 등록하였음. 이와 같은 목적 약물로 암세포를 사멸시킬 수 있고, 종양 유전자의 발현을 억제 할 수 있으며, 근적외선을 조사하여 암조직의 온도를 상승시키고, 표적 약물의 방출을 촉진시킬 수 있으므로 암치료에 화학요법, 면역요법 및 광열요법을 모두 이용할 수 있다는 특허임.

**라. 자가미세유화 약물전달시스템을 이용한 실테나필 유리염기의 경구용 고형제제 조성물 (등록번호 10-2168008)**

- 김종오 교수가 등록한 발명은 계면활성제로서 카프릴로카프로일 폴리옥시글리세리드, 보조계면활성제로서 디에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르 및 용해제로서 코코넛유, 미디움체인 트리글리세라이드 또는 이들의 혼합물을 포함하는 기제 조성물, 실테나필 유리염기 및 고형화제를 포함하는, 실테나필 유리염기를 유효성분으로 포함하는 경구용 고형제제 조성물을 제공하여 실테나필 유리염기의 용해도와 용출률을 증가시켜 실테나필 유리염기의 낮은 생체이용률을 향상시키는 효과, 고형제제를 제공하여 복용에 불편함이 없는 효과 및 복약순응도가 높아 신속하고 우수한 효과를 제공하고, 본 발명의 제조방법을 제공하여 제조 또한 용이하고 보관에도 불편함이 없어 경제적인 측면에서도 우수한 효과 제공에 관한 것임.

**마. 용해도가 개선된 실테나필 유리염기 고체분산체 및 이의 제조방법 (등록번호 10-2168395)**

- 본 발명은 용해도가 개선된 실테나필 유리염기 고체분산체 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 김종오 교수가 등록한 본 발명에 따른 실테나필 유리염기 고체분산체는 고체분산체 내의 실테나필 유리염기가 결정형으로 변화되지 않고 무정형의 형태를 유지함으로써, 실테나필 유리염기의 용해도를 현저히 증가시키는 효과가 있어 생체이용률을 향상시킬 수 있음.

#### 바. 마이크로스피어-줄기세포 하이브리드 및 이의 약제학적 용도 (등록번호 10-2172094)

- 정지현 교수가 등록한 특허는 줄기세포에 부착한 약물전달체를 활용하여 세포의약품의 치료 능력을 향상시키는 내용의 발명임. 줄기세포가 질병 병변 부위에 이동하는 능력을 이용하여 약물을 질병의 병변 부위에 효과적으로 보낼수 있는 내용을 설명하고 있음. 줄기세포의약품만을 활용하여 치료할 경우에 발생하는 한계점을 극복하는 방법을 제시한 특허임.

#### 사. 타다라필 함유 고체분산체 및 이의 제조방법 (등록번호 10-2195162)

- 김종오 교수가 등록한 본 발명은 타다라필 100 중량부에 대하여, 라우릴 황산나트륨 10 내지 150 중량부; 및 코포비돈 50 내지 400 중량부;를 포함하는, 타다라필 함유 고체분산체, 이를 포함하는 약학적 조성물 및 이들의 제조방법에 관한 것으로, 수용해도와 용출률이 개선되어 생체 이용률이 향상된 경구투여용 고체분산체를 제공하는 특허임.

#### 아. 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 타다라필의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법 (등록번호 10-2244717)

- 김종오 교수가 등록한 본 발명은 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 타다라필의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 타다라필, 약물전달용 기재 조성물, 및 고형화제를 포함하는 타다라필의 자가나노유화 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것임. 본 발명의 목적은, 낮은 생체이용률을 나타내는 기존 제제의 단점을 극복하고자 신속한 약물 용출속도를 나타낼 수 있으면서, 제조가 용이하고 복용과 보관에 불편함이 없는 타다라필의 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법을 제공하는 데 있음.

#### 자. 신규한 6-헥테로아릴아미노-2,4,5-트라이메틸피리딘-3-올 화합물, 또는 이를 포함하는 염증성 장질환 및 자가면역 질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물 (등록번호 10-2245670)

- 염증성 장질환은 임상적으로 유사하면서도, 조직학적 소견과 내시경 및 면역학적 측면에서 서로 다른 궤양성 대장염 및 크론병의 두 가지 질환으로 분류되며 염증세포의 활성화가 중요한 병인인 것으로 알려져 있음. 현재, 염증성 장질환 치료제로는 5-아미노살리실산(5-aminosalicylic acid; 5-ASA) 계통 약물, 스테로이드류의 면역억제제를 사용하고 있으나 아직까지 염증성 장질환에 대해 신뢰할 만한 경구용 치료요법이 없고, 이러한 질환에 대해 효과적이고 저비용의 경구용 치료제 개발이 요구되는 실정임. 한편, 자가면역질환의 경우도 치료제로 T 세포의 활성화 억제, 면역 세포로부터 분비되는 사이토카인의 양 조절, 및 면역 세포로부터 분비되는 사이토카인을 표적으로 하는 항체를 이용한 치료법이 개발 중에 있음. 그러나 이러한 방법은 실제적으로 임상실험을 거쳐 환자들에게 적용하기까지 많은 시간이 소요되고, 항체 제작 과정에서 너무 많은 비용이 든다는 문제점이 있음. 따라서, 부작용이 없고 저렴하면서도 치료 효과가 우수한 새로운 면역질환 치료제의 개발이 필요한 실정이다. 김정애 교수가 등록한 본 특허는 6-헥테로아릴아미노-2,4,5-트라이메틸피리딘-3-올 화합물 및 이의 약제학적 허용 가능한 염이 우수한 염증성 장질환 및 자가면역 질환을 예방 또는 치료하는 효과를 가짐을 확인하였음.

#### 차. 2,2'-바이피리딘 화합물을 포함하는 호흡기 질환 예방 또는 치료용 조성물 (등록번호

10-2281506)

- 최혁재 교수는 공동연구를 통해 해양미생물이 생산하는 2,2'-바이피리딘 화합물을 발굴하고 collismycin C와 pyrisulfoxin A가 농도의존적으로 미세혈관 내피세포의 장벽 온건성을 보호하는 효과와 미세먼지에 의한 내피세포 내 활성산소의 생성을 억제하는 효과를 보이고 동물모델의 기관지에서 염증성 백혈구의 침윤 및 염증성 사이토카인의 분비를 억제하는 효과를 보임을 확인하였음. 이를 통해 2,2'-바이피리딘 화합물이 미세먼지를 포함한 다양한 원인에 대한 호흡기 질환을 예방 혹은 치료제로 개발할 수 있음을 보이고, 해당 결과를 특허로 출원 및 등록함.

**카. 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 리바록사반의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법 (등록번호 10-2290670)**

- 김종오 교수가 등록한 본 발명은 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 리바록사반의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 리바록사반, 약물전달용 기제 조성물, 및 고형화제를 포함하는 리바록사반의 자가나노유화 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것임. 본 발명의 목적은, 낮은 생체이용률을 나타내는 기존 제제의 단점을 극복하고자 신속한 약물 용출속도를 나타낼 수 있으면서, 제조가 용이하고 복용과 보관에 불편함이 없는 리바록사반의 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법을 제공하는 데 있음.

**타. 알지네이트 겔을 이용한 미세캡슐 조성물 및 이의제조방법 (특허등록 10-2288996, 미국, 유럽 특허 출원 신청)**

- 정지현 교수는 본 특허를 통해 칼슘지속방출 가능 마이크로입자를 코팅하고자 하는 물질 표면에 결합 시킨 후 서서히 방출되는 칼슘이온이 알지네이트 용액과 결합하면서 겔화가 되는 원리를 이용한 특허 기술을 발명함. 본 기술은 알지네이트 캡슐화의 문제점으로 알고 있는 빈캡슐이 생기거나 많은 세포가 하나의 캡슐에 들어가는 경우, 캡슐의 외곽에 위치하여 외부에 노출되는 등의 한계점을 극복한 기술이라고 할 수 있음. 본 기술은 현재, 국내 특허 등록이 완료된 상태이며, PCT가 출원 되었으며, 미국과 유럽에 출원을 진행하고 있는 중임.

**3) 참여교수 연구비 수주실적**

- 본 교육연구팀 참여교수는 최근 1년간(2020년 09월~2021년 08월) 다양한 연구과제를 추가로 수주하였으며, 해당 기간 **정부국책과제 20건(입금일 기준)**을 수행하고 있음. 또한 **산업체 연구과제도 10건을 수행** 중임.
- 최근 1년간 입금된 **총 정부 연구비는 2,178,822,000원**이고 **산업체 연구비 입금액은 271,000,000원**으로 (**합계액: 2,449,822,000원**) **참여교원 1인당 연구비는 350,074,000원**임. 본 사업 지원 당시 교육연구팀 참여교수 전체의 연평균 정부 연구비 수주액 중 입금액은 1,500,765,000원이고 산업체 연구비 입금액은 71,815,000천원으로 참여교원 1인당 연구비 224,654,000원과 비교하여 **총 정부 연구비 입금액은 최근 1년간 45% 증가**, **산업체 연구비 입금액은 277% 증가**하였으며 **참여교원 1인당 입금 연구비는 56% 증가**하였으며 교육연구팀 참여교원의 주요 연구비 수주 실적은 아래와 같음.

**가. 김종오 교수: 한국연구재단 중견연구과제 선정, 가상공정 기반 나노솔트입자 엔지니어링 및 이를 활용한 항암면역 병용 치료 (400,000천원/년, 2021년 3월 1일~2025년 2월 28일)**

- 안전하고 생체적합한 GRAS 물질인 무기염(NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>)을 이용하여 나노솔트입자를 구

현하고 이를 항암면역 병용치료에 활용하고자 함. 이를 위해, 기상공정 기반 나노솔트입자 제조 공정을 구축하고, 나노솔트입자의 크기, 형상, 조성, 표면 및 결정 특성을 제어할 수 있는 나노솔트입자 플랫폼 기술을 도출하고, 생체내/외 실험을 통해 항암면역 병용 치료에 유효성 확인하는 것을 최종 목표로 함.

**나. 김종오 교수: MRC과제(스마트에이징 융복합연구센터) 핵심연구원 참여. (150,000천원/년, 2015년 6월 1일~2022년 2월 28일)**

- 제1그룹의 핵심연구원으로 혈관노화 표적 CD9 및 CD9 인간항체를 응용한 노화질환의 새로운 진단 및 치료법 개발하고자함. 특히, 혈관노화세포에 과발현되어 있는 CD9수용체에 특이적으로 전달하고자, CD9 인간항체를 이용한 노화 세포로의 표적지향 나노제형을 제조하고 동물의 노화질환에서 CD9 예비 후보 인간항체 효능 조사 및 작용기전, 유효성을 평가함.
- 또한, 노화질환 진단을 위한 CD9 인간항체 적용 및 새로운 CD9 인간항체 개발하고 있음.

**다. 김정애 교수: 한국연구재단 중견연구과제 수행, 암세포의 저항성 발현에 미치는 SUZ12의 역할 및 작용기전 규명. (150,000천원/년, 2020년 3월 1일~2023년 2월 28일)**

- Polycomb Group 단백질은 특정 히스톤(histone) 부분에 메틸기(methylation)나 유비퀴틴(ubiquitin)을 붙여서 히스톤의 구조를 변화시키는 단백질로, 이들의 활성화에 따른 특정 DNA와 결합하고 있는 히스톤의 메틸화 유무에 따라서 특정 세포의 분화 및 활성이 조절 될 수 있음. PRC2 구성요소인 suppressor of zeste 12 homolog (SUZ12)는 그 자신이 직접 뉴클레오솜에 결합하지는 않지만 EZH2와 직접 결합하거나 EZH2가 뉴클레오솜과 결합하도록 유도하여 PRC2의 전사 억제 기능 수행에 필요한 분자임. SUZ12의 과발현이 여러 종류의 암세포에서 확인되고, 환자의 생존율 감소와 연계성이 확인되었으며, SUZ12 knockdown은 폐암, 전립선암, 위암세포의 증식, 침윤, 전이를 억제하는 등 SUZ12의 중요한 역할이 부각되고 있음. 그러나, 암세포의 약물 저항성 발달 및 EZH2의 전사 활성화 경로에서 SUZ12의 역할에 대해서는 밝혀져 있지 않아, 본 연구는 암세포의 약물 저항성 발현에 미치는 SUZ12의 역할 및 작용기전을 규명하고자 하는 것임.

**라. 박필훈 교수/최혁재 교수: 세포배양기술 산업화 연구 및 개발을 수행중인 중점연구소 공동 연구원으로 참여**

- 교육연구팀 참여교원인 박필훈 교수와 최혁재 교수는 세포배양기술 산업화 연구를 수행중인 영남대학교 중점연구소에 공동연구원으로 참여하고 있음. 박필훈 교수는 줄기세포의 이식 후 치료효율 향상을 유도할 수 있는 소재개발 및 세포배양 방법 개발 연구를 수행중이며, 박필훈 교수는 천연소재 유래의 줄기세포 배양 효율 향상 소재를 발굴 중임.

**마. 이용석 교수: 한국연구재단 중견연구과제 수행, 신규 항암, 항염증제 개발을 위한 수산기 및 fluoro기를 함유한 indeno-, diindeno-, benzofuro-, bisbenzofuro-, chromeno-pyridine 및 benzoquinoline 유도체의 합성과 항암, 항염활성 측정과 작용기전 연구. (100,000천원/년, 2017년 3월 1일~2022년 2월 28일)**

- 선행연구 결과 우수한 topoisomerase 저해활성과 강한 세포독성을 보여준 화합물의 골격을 기반으로 하여 수산기 및 fluoro기를 함유한 indeno-, diindeno-, benzofuro-, bisbenzofuro-, chromeno-pyridine 및 benzoquinoline 유도체의 설계 및 합성과 topoisomerase 저해활성 및 인간암세포에 대한 세포독성을 측정하고 구조활성관계를 연구함으로써 선도물질을 발굴하고 작용기전을 연구하여 신규 항암제 개발을 위한 최적화 진입을 목표로 함.
- 또한 선행연구 결과 최종합성화합물의 중간체가 탁월한 항염증활성을 나타내어 염증성장질환

및 류마티스관절염 치료제에 적용될 수 있는 항염증제 개발을 위한 선도물질 발굴 및 최적화 과정 진입을 목표로 함.

바. 정지현 교수: 한국연구재단 우수신진연구과제 수행, 지속 방출형 마이크로스피어 포함 주문형 (On-demand) 알지네이트 캡슐화 웨도세포의 개발 (150,000천원/년, 2021년 3월 1일~2025년 2월 28일)

- 현재까지의 알지네이트 캡슐화 기술은 세포의 캡슐 크기가 최소 2배이상 커지게 되고 모든 세포가 하나의 캡슐에 각각 들어가지 못하는 단점이 있음. 특히, 캡슐화 과정 이후 비어있는 캡슐이 많이 발생되게 되고 여러 세포가 동시에 들어가는 경우가 생김.
- 본 연구 과제에서는 세포의 캡슐화의 새로운 방법을 제시하고 있으며, 캡슐화 과정에 약물전달체를 함께 봉입하여 세포의 생존율을 향상 시킬 수 있는 방법을 제시하고 있음. 이로 인해 세포의약품의 가장 큰 문제점 중 하나인 이식 이후 세포의 생존율이 감소하여 치료효과가 떨어지는 부분을 해소할 수 있을 것으로 기대함.
- 과제와 관련하여 최근 우수한 논문을 게재하였고, 미국, 유럽의 국제특허도 출원 중임.

사. 정지현 교수: MRC과제(스마트에이징 융복합연구센터) 핵심연구원 참여. (150,000천원/년, 2015년 6월 1일~2022년 2월 28일)

- 본 연구과제에서 세포의 표면 개질 기술 및 약물전달체를 활용하여 이식 후 발생하는 세포의 노화를 최소화 하는 방법을 제시하는 연구를 수행하고 있음. 특히 이식 세포의 노화는 세포의 기능을 감소시켜 궁극적으로 치료 효율을 감소시키는 역할을 하게 함.
- 질병치료에 세포의약품의 사용할 경우 이식 세포의 노화를 최대한 늦추고 그 기능을 극대화하는 것이 매우 중요하다고 생각됨. 본 연구에서는 다양한 형태의 약물전달체, 표면개질 방법등을 제시하여 공동연구를 수행하고 있음.

## 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<br>(선정평가 보고서 작성내용) | 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.)<br>실적 | 비고 |
| 정부 연구비 수주 총<br>입금액        | 4,502,295  | 2,178,822                          |    |
| 산업체(국내) 연구비<br>수주 총 입금액   | 215,446  | 271,000                            |    |
| 해외기관 연구비 수주<br>총 (환산) 입금액 | 0  | 0                                  |    |
| 참여교수 수                    | 7  | 7                                  |    |
| 1인당 총 연구비<br>수주액          | 673,963  | 350,074                            |    |

## 가. 1.2 연구업적물

### ① 참여교수 연구업적물의 우수성

- 본 교육연구팀은 4단계 BK21 사업의 지원을 받을 경우 기구축된 국내외적 연구 환경의 내실을 기하고 동시에 새로운 국제공동연구의 외연 확장과 활성화를 기하며 이를 기반으로 교육연구팀 연구역량의 향상을 목표로 하고 있음.
- 지원 당시 최근 5년간(2015년~2019년) 교육연구팀 참여 교수가 발표한 연구논문은 총 359편으로 IF 합은 1503.909이며, 연평균 논문편수는 71.8편, 연평균 IF 합은 300.782, 연구논문 1편당 평균 IF는 4.189였음. 이에 본 교육연구팀에서는 4단계 BK21 사업을 통해 참여교수의 연구역량을 향상 시켜 **분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 1인당 년 1편이상의 학술논문을 발표**하고, **연구팀 전체의 IF 합을 5% 이상 증가**시키는 것을 목표로 설정하였음.
- 본 교육연구팀 참여교수는 지난 2020년 9월부터 2021년 8월까지 총 64편의 연구논문을 발표하였으며 **IF 합은 409.65 에 도달**하였음. 전체 발표논문 수는 지난 5년 평균에 비해 약간 감소하였으나, **교육연구팀 참여교수 전체의 IF 합은 36% 이상 증가하여 목표치를 초과 달성**하였음. 특히, **연구논문 1편당 평균 IF는 6.401로 크게 상승**하였음. 이는 최근 연구 트렌드에 따라 연구논문의 양보다 질에 더 초점을 맞춘 것으로 평가할 수 있음. 또한 본 교육연구팀의 참여교수는 **지난 1년 간 분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 총 12편으로 주저자 논문을 발표(참여교수 1인당 1.7편)**하여 목표치를 크게 상회하였음.
- 또한 교육연구팀 참여교수는 **지난 1년 간 IF 10점 이상의 세계 최정상급 저널에 주저자 논문을 4편 발표**하였으며, 총 12편의 주저자 학술논문을 분야별 상위 10% 이내에 해당하는 저널에 발표하였음 (상위 5% 이내 학술지에 9편의 주저자 학술논문 발표). (참여교원의 전체 연구실적은 첨부4에 표시)

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

| 연번 | 대표연구업적물 설명  |
|----|---|
| 1  | Surface-Triggered In Situ Gelation for Tunable Conformal Hydrogel Coating of Therapeutic Cells and Biomedical Devices,<br>Advanced Functional Materials, 2021, 31(21), 2010169 (IF 18.808, 상위 4.35%)  |
| 2  | Photothermally Modulatable and Structurally Disintegratable Sub-8-nm Au1Ag9 Embedded Nanoblocks for Combination Cancer Therapy Produced by Plug-in Assembly,<br>ACS Nano, 2020, 14(9), 11040-11054 (IF 15.881, 상위 6.16%)                          |
| 3  | Targeting and clearance of senescent foamy macrophages and senescent endothelial cells by antibody-functionalized mesoporous silica nanoparticles for alleviating aorta atherosclerosis,<br>Biomaterials, 2021, 269, 120677 (IF 12.479, 상위 2.78%) |
| 4  | Heterospheroid formation improves therapeutic efficacy of mesenchymal stem cells in murine colitis through immunomodulation and epithelial regeneration<br>Biomaterials, 2021, 271, 102752 (IF 12.479, 상위 2.78%)                                  |
| 5  | Hyaluronic acid wreathed, trio-stimuli receptive and on-demand triggerable nanoconstruct for anchored combinatorial cancer therapy,<br>Carbohydrate Polymer, 2020, 249, 116815 (IF 9.381, 상위 2.84%)   |

|    |   |
|----|---|
| 6  | Manipulating Immune System using Nanoparticles for an Effective Cancer Treatment: Combination of Targeted Therapy and Checkpoint Blockage miRNA,<br>Journal of Controlled Release, 2021, 329, 524-537 (IF 9.776, 상위 3.45%)  |
| 7  | Recent progress in stimuli-responsive nanosystems for inducing immunogenic cell death,<br>Journal of Controlled Release, 2021, 337, 505-520 (IF 9.776, 상위 3.45%)  |
| 8  | The impact of locally-delivered tacrolimus-releasing microspheres and polyethylene glycol-based islet surface modification on xenogeneic islet survival,<br>Journal of Controlled Release, 2021, 336, 274-284 (IF 9.776, 상위 3.45%)                                  |
| 9  | Photoimmunotherapy with cetuximab-conjugated gold nanorods reduces drug resistance in triple negative breast cancer spheroids with enhanced infiltration of tumor-associated macrophages,<br>Journal of Controlled Release, 2021, 329, 645-664 (IF 9.776, 상위 3.45%) |
| 10 | Antioxidant, Pancreatic Lipase Inhibitory, and Tyrosinase Inhibitory Activities of Extracts of the Invasive Plant <i>Spartina anglica</i> (Cord-Grass),<br>Antioxidants, 2021, 10, 242 (IF 6.312, 상위 7.29%)   |
| 11 | Particulate-Based Single-Dose Local Immunosuppressive Regimen for Inducing Tolerogenic Dendritic Cells in Xenogeneic Islet Transplantation,<br>Advanced Healthcare Materials, 2021, 10, 1-14 (IF 9.933, 상위 8.33%)   |
| 12 | Immunomodulation effect of mesenchymal stem cells in islet transplantation,<br>Biomedicine & Pharmacotherapy, 2021, 142, 112042 (IF 6.529, 상위 8.91%)  |

### ③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 본 교육연구팀 참여교수는 신약 후보 물질 탐색, 신제형 개발, 신약 유효성 평가 및 혁신 약물 타겟 발굴 등 제약 산업화를 위한 모든 과정을 본 교육연구팀 내에서 완료할 수 있는 기반을 갖추고 있음. 또한 다수의 특허 등록과 기술이전 등 기존 연구실적을 바탕으로, 글로벌 혁신 신약개발 및 제품화 분야에 대한 연구수요를 충족시킬 수 있는 제약산업 맞춤형 산학연계 공동연구 체계를 구축하고 지속적인 개선·확장을 목표로 하고 있음.
- 본 교육연구팀 참여교수는 교육연구팀 선정 당시 최근 5년간(2015년~2019년) 국제특허 12건, 국내특허 37건을 등록하였으며, 동일 기간 동안 총 6건의 기술이전 실적(139.3억 원)을 도출한 바 있음.
- 4단계 BK21 사업의 지원을 통해 산학연관 클러스터 구축 및 공동연구를 통하여 제약산업 맞춤형 연구역량을 강화시켜, 사업 기간 중 다수의 특허를 출원 및 등록하고 제약 연구기관 및 산업체와의 긴밀한 협력을 통하여 **4 단계 BK21 사업기간 중 10 건 이상의 기술이전을 목표로** 하고 있음.
- 본 교육연구팀 참여교수는 **지난 2020년 9월부터 2021년 8월까지** 8건의 국내특허를 출원하고, **12 건의 국내특허를 등록**하였으며, **미국과 유럽의 특허를 각 1건씩 출원**하였음. 해당 특허는 모두 신약 후보 물질 탐색, 신제형 개발, 신약 유효성 평가 등 글로벌 혁신 신약개발 및 제품화에 직접적으로 관련된 것으로, 향후 등록특허를 기반으로 목표한 기술이전이 가능할 것으로 평가함.

가. 김종오 교수

- 흑린 나노시트를 사용한 약물 전달체 (등록번호 10-2157045)

- 본 발명은 흑린(black phosphorus)는 인 원소로 구성된 2차원 물질로 그래핀처럼 2차원 층 구조를 이루고 있으며, 흑린을 원자 한개 층 두께로 떼어내면 머리카락 굵기의 10만분의 1 수준

인 포스포린(phosphorene)이 됨. 흑린은 육각벌집의 구조로 그래핀과 유사한 원자 배열을 갖지만, 규칙적인 주름이 잡혀 있어 외부 압력이나 전기장 등을 이용한 물성 제어가 쉬운 특성이 있다. 또한, 생체적합성 및 생분해성이 우수하고, 제조가 용이하며, 높은 광열 변환 효율을 가지고 있음. 이를 활용하여 흑린 나노시트, 염산의 컨쥬게이트 및 약물과 표적 유전자용 siRNA를 포함하는 약물 전달체에 관한 것으로, 상기 목적 약물로 암세포를 사멸시킬 수 있고, 종양 유전자의 발현을 억제 할 수 있으며, 근적외선을 조사하여 암조직의 온도를 상승시키고, 표적 약물의 방출을 촉진시킬 수 있으므로 암치료에 화학요법, 면역요법 및 광열요법을 모두 이용할 수 있다는 특허임.

**- 자가미세유화 약물전달시스템을 이용한 실테나필 유리염기의 경구용 고형제제 조성물 (등록번호 10-2168008)**

■ 본 발명은 계면활성제로서 카프릴로카프로일 폴리옥시글리세리드, 보조계면활성제로서 디에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르 및 용해제로서 코코넛유, 미디움체인 트리글리세라이드 또는 이들의 혼합물을 포함하는 기재 조성물, 실테나필 유리염기 및 고형화제를 포함하는, 실테나필 유리염기를 유효성분으로 포함하는 경구용 고형제제 조성물을 제공하여 실테나필 유리염기의 용해도와 용출률을 증가시켜 실테나필 유리염기의 낮은 생체이용률을 향상시키는 효과, 고형제제를 제공하여 복용에 불편함이 없는 효과 및 복약순응도가 높아 신속하고 우수한 효과를 제공하고, 본 발명의 제조방법을 제공하여 제조 또한 용이하고 보관에도 불편함이 없어 경제적인 측면에서도 우수한 효과 제공에 관한 것임.

**- 용해도가 개선된 실테나필 유리염기 고체분산체 및 이의 제조방법 (등록번호 10-2168395)**

■ 본 발명은 용해도가 개선된 실테나필 유리염기 고체분산체 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 실테나필 유리염기 고체분산체는 고체분산체 내의 실테나필 유리염기가 결정형으로 변화되지 않고 무정형의 형태를 유지함으로써, 실테나필 유리염기의 용해도를 현저히 증가시키는 효과가 있어 생체이용률을 향상시킬 수 있음.

**- 타다라필 함유 고체분산체 및 이의 제조방법 (등록번호 10-2195162)**

■ 본 발명은 타다라필 100 중량부에 대하여, 라우릴 황산나트륨 10 내지 150중량부; 및 코포비돈 50 내지 400 중량부;를 포함하는, 타다라필 함유 고체분산체, 이를 포함하는 약학적 조성물 및 이들의 제조방법에 관한 것으로, 수용해도와 용출률이 개선되어 생체이용률이 향상된 경구투여용 고체분산체를 제공하는 특허임.

**- 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 타다라필의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법 (등록번호 10-2244717)**

■ 본 발명은 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 타다라필의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 타다라필, 약물전달용 기재 조성물, 및 고형화제를 포함하는 타다라필의 자가나노유화 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것임. 본 발명의 목적은, 낮은 생체이용률을 나타내는 기존 제제의 단점을 극복하고자 신속한 약물 용출 속도를 나타낼 수 있으면서, 제조가 용이하고 복용과 보관에 불편함이 없는 타다라필의 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법을 제공하는 데 있음.

**- 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 리바룩사반의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법 (등록번호 10-229067)**

- 본 발명은 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 리바록사반의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 리바록사반, 약물전달용 기제 조성물, 및 고형화제를 포함하는 리바록사반의 자가나노유화 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것임. 본 발명의 목적은, 낮은 생체이용률을 나타내는 기존 제제의 단점을 극복하고자 신속한 약물 용출속도를 나타낼 수 있으면서, 제조가 용이하고 복용과 보관에 불편함이 없는 리바록사반의 약물전달용 고형제 조성물 및 이의 제조방법을 제공하는 데 있음.

#### 나. 김정애 교수

##### - 신규한 6-헥테로아릴아미노-2,4,5-트라이메틸피리딘-3-올 화합물, 또는 이를 포함하는 염증성 장질환 및 자가면역 질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물 (등록번호 10-2245670)

- 염증성 장질환은 임상적으로 유사하면서도, 조직학적 소견과 내시경 및 면역학적 측면에서 서로 다른 궤양성 대장염 및 크론병의 두 가지 질환으로 분류되며 염증세포의 활성화가 중요한 병인인 것으로 알려져 있음. 현재, 염증성 장질환 치료제로는 5-아미노살리실산(5-aminosalicylic acid; 5-ASA) 계통 약물, 스테로이드류의 면역억제제를 사용하고 있으나 아직까지 염증성 장질환에 대해 신뢰할 만한 경구용 치료요법이 없고, 이러한 질환에 대해 효과적이고 저비용의 경구용 치료제 개발이 요구되는 실정임. 한편, 자가면역질환의 경우도 치료제로 T 세포의 활성화 억제, 면역 세포로부터 분비되는 사이토카인의 양 조절, 및 면역 세포로부터 분비되는 사이토카인을 표적으로 하는 항체를 이용한 치료법이 개발 중에 있음. 그러나 이러한 방법은 실제적으로 임상실험을 거쳐 환자들에게 적용하기까지 많은 시간이 소요되고, 항체 제작 과정에서 너무 많은 비용이 든다는 문제점이 있음. 따라서, 부작용이 없고 저렴하면서도 치료 효과가 우수한 새로운 면역질환 치료제의 개발이 필요한 실정이다. 김정애 교수가 등록한 본 특허는 6-헥테로아릴아미노-2,4,5-트라이메틸피리딘-3-올 화합물 및 이의 약제학적 허용 가능한 염이 우수한 염증성 장질환 및 자가면역 질환을 예방 또는 치료하는 효과를 가짐을 확인하였음.

#### 사. 정지현 교수

##### - 폴리도파민으로 코팅된 폴리(락틱-코-글리콜산) 마이크로스피어 및 이를 이용한 세포 표면 개질 방법 (등록번호 10-2080689)

- 폴리도파민의 세포 부착 특성을 이용하여 세포의약품의 표면에 마이크로약물전달체를 부착시키는 방법에 대한 특허임. 활성물질의 지속방출이 가능한 입자를 세포 표면에 부착시켜 세포의 치료 효율을 극대화 할 수 있는 방법이며, 본 기술을 응용한 다양한 세포의약품 치료제 개발이 가능함.

##### - 마이크로스피어-줄기세포 하이브리드 및 이의 약제학적 용도 (등록번호 10-2172094)

- 줄기세포에 부착한 약물전달체를 활용하여 세포의약품의 치료 능력을 향상시키는 내용의 특허임.
- 줄기세포가 질병 병변 부위에 이동하는 능력을 이용하여 약물을 질병의 병변 부위에 효과적으로 보낼수 있는 내용을 설명하고 있음.
- 줄기세포의약품만을 활용하여 치료할 경우에 발생하는 한계점을 극복하는 방법을 제시한 특허임

##### - 세포외 기질 성분을 포함하는 줄기세포의 배양 및 이식용 지지체 및 이의 용도 (등록번호 10-2139205)

- 마이크로스피어를 활용하여 세포외 기질 성분을 마이크로스피어 표면에 결합한 후 줄기세포를

지지체에 생착하게 하여 치료제로 사용하는 기술임. 본 지지체 내부에는 줄기세포 생존율을 향상시킬 수 있는 화학물질을 봉입하여 지속적으로 세포의 생존율을 향상시키는 역할을 하게 됨. 치료용 지지체로 활용하여 세포의약품의 이식 이후 생존율을 높이는 지지체로 활용 가능함.

**- 알지네이트 젤을 이용한 미세캡슐 조성물 및 이의제조방법, 국내특허 등록 및 미국, 유럽 특허 출원 신청 (등록번호 10-2288996, 미국, 유럽 특허 출원신청)**

- 칼슘지속방출 가능 마이크로입자를 코팅하고자 하는 물질 표면에 결합 시킨 후 서서히 방출되는 칼슘이온이 알지네이트 용액과 결합하면서 겔화가 되는 원리를 이용한 특허 기술임
- 본 기술은 알지네이트 캡슐화의 문제점으로 알고 있는 빈캡슐이 생기거나 많은 세포가 하나의 캡슐에 들어가는 경우, 캡슐의 외곽에 위치하여 외부에 노출되는 등의 한계점을 극복한 기술이라고 할 수 있음.
- 본 기술은 현재, 국내 특허 등록이 완료된 상태이며, PCT가 출원 되었으며, 미국과 유럽에 출원을 진행하고 있는 중임.

**카. 최혁재 교수**

**- 2,2'-바이피리딘 화합물을 포함하는 호흡기 질환 예방 또는 치료용 조성물 (등록번호 10-2281506)**

- 공동연구를 통해 해양미생물이 생산하는 2,2'-바이피리딘 화합물을 발굴하고 collismycin C와 pyrisulfoxin A가 농도의존적으로 미세혈관 내피세포의 장벽 온건성을 보호하는 효과와 미세먼지에 의한 내피세포 내 활성산소의 생성을 억제하는 효과를 보이고 동물모델의 기관지에서 염증성 백혈구의 침윤 및 염증성 사이토카인의 분비를 억제하는 효과를 보임을 확인하였음. 이를 통해 2,2'-바이피리딘 화합물이 미세먼지를 포함한 다양한 원인에 대한 호흡기 질환을 예방 혹은 치료제로 개발할 수 있음을 보이고, 해당 결과를 특허로 출원 및 등록함.
- 위의 12건의 국내특허 등록 건 외에도 총 8건의 국내특허를 출원하였으며, 등록특허 중 2건을 미국과 유럽에 출원 중으로 교육연구팀의 전체 특허 관련 실적은 첨부5에 표시되어 있음.

## 2. 산업·사회에 대한 기여도

- 본 교육연구팀 참여교수는 다양한 분야의 산업 및 사회 문제 해결에 기여하고 있고, 여러 제약 기업들과 지속적으로 협력하여 글로벌 신약개발의 기반이 되는 후보물질의 발굴, 작용 메커니즘의 규명 및 효능 평가, 프리포물레이션, 제제화를 진행 중임.
- 이를 통해, 신약후보물질과 제약기술에 대한 특허권을 제약기업으로 이전하여 글로벌 신약개발의 기반을 마련하고 제약산업 및 사회 발전에 기여하고자 함.
- 본 교육연구팀에서는 다음의 세가지 방향에서 산업·사회 문제해결에 기여하고자 하였음.
  - 산업·사회 문제해결을 위한 공동연구
  - 산학 간 인적 및 물적 교류
- 전지구적인 COVID-19 상황으로 인해 학생을 포함한 대규모 인력이 참여하는 인적, 물적교류를 지양하고, 비대면 방식을 이용한 공동연구를 위주로 교육연구팀 소속 교수가 소규모 회의에 참여하는 방식으로 기업과 학계, 및 사회의 문제해결에 기여하기 위해 노력하고 있음.
- 향후 COVID-19 상황을 고려하여, 당초 계획대로 제약기업과 관련 연구소의 전문가들을 초청하

여 주기적으로 세미나를 개최할 것이며 제약산업체 재교육 및 현장애로 컨설팅을 추진하고자 함.

- 더 나아가 대학원생의 제약 기업체 및 전문연구기관에 대한 장단기 방문연구를 활성화 하고 현장교육을 실시하는 한편 제약기업의 사원에 대한 기술지도를 수행하고자 함.

## 1) 산업·사회 문제해결을 위한 공동연구

### 가. 김종오 교수

- 최근 1년 동안 SCI 논문 20편(교신저자 10편), 국내특허출원 및 등록 12건, 국책과제 4건(개인 지분액 약 7.1억원), 국내 특허등록 6건, 국내특허출원 6건 및 산학공동연구 8건(연구비 2.62억원) 등으로 신약 전임상 연구, 프리포물레이션, 개량신약 및 나노제형을 활용한 항암면역치료제 개발 등 혁신 신약과 신규 제형 개발을 위한 제약산업체와의 산학 연구를 주도하고 있음.
- 최근 1년 동안 (주)에스엔바이오사이언스, (주)엠디문, (주)란드바이오사이언스, (주)아름테라퓨틱스, 및 (주)아이엘디바이오 등과 9건의 산학공동연구를 진행하며, 약효평가, 물리화학적 특성 평가 및 약물 분포평가를 진행하여 신약개발 및 신제형 개발에 기여하였음.

### 나. 김정애 교수

- 대한약학회의 R&D 전략위원회 위원장으로 학술 및 신약개발을 위한 전략활동을 수행하고 있음.
- (주)이노보테라퓨틱스와 공동연구를 진행(2015.09.07.-2018.09.06.)하여 동 사의 연구원과 함께 새로운 물질의 안드로겐불응성 전립선에 대한 항암효과를 확인하여 논문을 발표함.
- 대구경북첨단의료복합단지의 장비심의위원회 심의위원, 입주기업 선정심의회 및 입주기업연구비 평가위원으로 활동하였으며, 2021년 7월 12일부터 비상임 이사로 활동 중임.

### 다. 박필훈 교수

- 지방조직에서 분비되는 호르몬을 통칭하는 아디포카인의 다양한 생리적 효과를 확인하며 관련 기전을 규명하는 연구를 수행하고 있음. 특별히 아디포카인이 강력한 항암효과 및 대사효과를 나타냄을 감안하여 아디포넥틴과 렙틴을 이용한 항암제개발 및 대사성질환 치료제 개발 연구를 활발히 진행하고 있으며 향후 국내 제약기업 및 연구소에 항암제 및 대사성질환 치료제 개발을 위한 기술 자문 및 관련 기전 규명을 위한 기반기술을 지원할 계획임.
- 한국약학교육협의회 이사 및 약학교육평가원의 약학대학 인증평가 위원으로 약학대학 교육의 질을 개선하기 위한 활동을 수행하였음.

### 라. 이용석 교수

- (주)뉴롤메드와 2021. 8. 1부터 공동연구를 진행하고 있으며 동 사의 연구원과 함께 새로운 물질의 뇌졸중 치료제 및 항염증제 개발관련 연구를 진행하고 있음.

### 마. 정지현 교수

- 최근 1년 동안 SCI 논문 29편(교신저자 13편), 국내특허 등록 3건, 해외특허 출원 2건, 국책과제 4건(개인 지분액 약 4.3억원) 등으로 세포의약품의 생존율 향상을 위한 약물전달기술 개발을 활발히 진행 중임. 현재는 다양한 바이오 기업들과 공동연구 프로젝트를 준비하고 있으며, 기술이전에 관련된 논의도 진행 중에 있음.
- 현재 제넨바이오, 강스템바이오텍, 에피바이오텍등의 줄기세포, 세포치료제 개발 회사와 공동연구

구, 협력연구를 계획하고 있음.

#### 바. 최혁재 교수

- 최근 1년 동안 SCI 논문 16편(교신저자 9편), 국내특허출원 및 등록 2건, 국책과제 5건(개인 지분액 약 2.76억원), 국내 특허등록 1건, 국내특허출원 1건 등으로 생리활성 천연물 발굴을 위한 연구를 수행하고 있음.
- 2021년 6월부터 현재까지 산업용 헴프 산업의 육성 및 발전을 위해 재단법인 경북바이오산업연구원의 “경북 산업용 헴프 규제자유특구사업”에 자문위원으로 활동하며 사회문제 해결에 기여하고 있음.
- 천연에서 얻어지는 미지물질의 구조결정을 위한 다양한 분광학적 기법(핵자기공명법, 질량분석법, 원이색성분광법, 자외선흡광법 등)과 절대입체구조를 결정하는 유기합성화학-계산화학-입체분광학 기반의 융합기법(Marfey 분석법, Mosher 분석법, ECD 계산법, NMR 계산 및 CP3/DP4/DP4+/J-DP4 분석법, 비선풋도 계산법 외 다수)을 보유하고 있어, 다양한 기관의 공동연구를 지원하고 있음. 이를 통해, 2020년 9월부터 2021년 8월까지 다수의 학술논문에 공저자로 참여한 바 있음.
  - 미국 스크립스해양연구소, 이화여대 (J. Nat. Prod., 2020, 83, 3166-3172)
  - 한국생명공학연구원 (J. Antibiot., 2020, 73, 859-862)
  - 서울대학교, 가천대학교 (Biomolecules, 2021, 1033)
- 대구경북첨단의료진흥재단의 신약개발지원센터의 연구진이 발굴한 psiguadial B와 이의 합성유도체의 구조 확정에 참여하여 해당 합성유도체의 신경보호작용에 대한 연구에 기여하였음. 이의 결과로 다음의 학술논문에 공저자로 참여하였음.
  - 대구경북첨단의료진흥재단, 신약개발지원센터 (Bioorg. Chem., 2021, 113, 105027)
- 합성화합물 및 천연물 구조 규명에 필요한 다양한 기술적 기반을 확보하고 있어, 구조 규명이 필요한 산업체와 학계의 연구를 지원할 수 있을 것임.

## 2. 참여교수의 연구의 국제화 현황

### ① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

- 본 교육연구팀 참여교수는 다양한 신약개발 관련 분야에서 수준 높은 연구를 수행하여 질적으로 매우 우수한 연구실적을 다수 발표한 바 있으며, 연구의 질적 수준을 한 단계 높이기 위하여 해외 유수의 연구기관과 연구 교류를 지속하며 공동연구를 수행하고 있음.
- 본 교육연구팀은 선정당시 미국, 중국, 일본, 베트남, 네팔 등 5개국의 10여개 기관과 협력연구를 수행하고 있었으며, 4단계 BK21 사업을 통해 향후 이를 3개국 5개 기관 이상 증대하여 전세계 협력기관을 15개 기관 이상으로 확장하는 것을 목표로 하였음.
- 최근 1년간 추가로 캐나다의 McMaster University, 중국의 Guizhou Medicinal University, 베트남의 PHENIKAA University 등과 새로이 연구협력을 시작하여 공동연구를 수행 중에 있음.
  - 미국 : Univ. of California San Diego, Univ. of Texas El Paso, Oregon State Univ.
  - 중국 : 소주대학교 약학대학, 연변대학교, Guizhou Medical Univ.
  - 일본 : 큐슈대학교, 쇼와대학교
  - 베트남 : 하노이 약학대학, Military Medical Univ., Ministry of Defense, PHENIKAA Univ.

- 네 팔 : Pokhara Univ., Tribhuvan Univ.

#### 가. 김종오 교수

- 2020년 11월, 비대면 온라인 방식으로 진행된 한국약제학회 국제학술대회에서 초청강연
- 2020년 1월-현재, 국제저명학술지인 Journal of Controlled Release (IF 9.776)의 Associate editor로 활동
- 2017년 1월-현재, “Journal of Pharmaceutical Investigation” 의 Associate editor로 활동
- 2019년 1월-현재, “Archives of Pharmacal Research” 의 Associate editor로 활동
- 2016년-현재, 국제학술지 “Asian Journal of Pharmaceutical Sciences (IF 6.598)” 의 Editorial Board Member로 활동
- 2020년 11월, 비대면 온라인 방식으로 진행된 한국약제학회 국제학술대회에서 혁신기술상 및 학술발견상을 수상. 혁신기술상은 로킷헬스케어사가 후원하는 한국의 의료 및 약제 관련 연구, 기술 개발 및 학문 발전에 크게 공헌한 과학자를 선발해 포상하는 수상임.

#### 나. 김정애 교수

- 염증성장질환의 병태생리기전 및 치료제 개발을 목표로 캐나다 맥메스터 대학의 Waliul I. Khan 교수와 공동연구를 진행하였으며, 대식세포의 AMPK 활성을 증가시키는 salicylate가 대장 염증을 완화시킴을 확인하고 결과를 국제학술지에 논문으로 발표함.

#### 다. 박필훈 교수

- 2019년 9월-현재, 국제학술지인 Archives of Pharmacal Research의 associate editor로 활동중임.
- 국제학술지의 리뷰어로 활동: Pharmacological research, Biochemical Research, Biomedicine 등 다양한 국제학술지의 리뷰어로 초청되어 활동함

#### 라. 정지현 교수

- 2020년 11월-현재, “Pharmaceutics” 학술지의 Editorial board member로 활동

#### 마. 최혁재 교수

- 2019년 9월-현재, 해외 학술지인 Marine Drugs의 Editorial Board Member로 활동
- 2017년 7월-2021년 2월, 국제학술지인 Archives of Pharmacal Research의 Associate editor로 활동 중임.
- 국제저널 리뷰어 활동: Organic Letters, Journal of Natural Products, The Journal of Organic Chemistry, Bioorganic Chemistry, Molecules, Marine Drugs, Archives of Pharmacal Research, Journal of Natural Medicines, Journal of Microbiology and Biotechnology등 SCI 저널의 peer reviewer로 활동함.

■

## ② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

| 연번 | 공동연구 참여자      |                 | 상대국<br>/소속기관                                      | 국제 공동연구 실적   | DOI 번호/ISBN 등<br>관련 인터넷 link<br>주소 |
|----|---------------|-----------------|---|--|------------------------------------|
|    | 교육연구팀<br>참여교수 | 국외<br>공동연구자     |   |  |                                    |
| 1  | 김종오           | Tuan Hiep Tran  | 베트남/P<br>HENIKAA<br>대학                            | Pre- and post-transcriptional regulation of cFLIP for effective cancer therapy using pH-ultrasensitive nanoparticles, ACS Applied Materials & Interfaces, 13, 5999-6010, 2021. (IF 9.229)                        | 10.1021/acsami.0c20624             |
| 2  | 김종오           | Tuan Hiep Tran  | 베트남/P<br>HENIKAA<br>대학                            | Manipulating Immune System using Nanoparticles for an Effective Cancer Treatment: Combination of Targeted Therapy and Checkpoint Blockage miRNA. JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE, 329(1), 524-537, 2021 (IF 9.776) | 10.1016/j.jconrel.2020.09.034      |
| 3  | 김종오           | Tuan Hiep Tran  | 베트남/P<br>HENIKAA<br>대학                            | Redox/photo dual-responsive, self-targeted, and photosensitizer-laden bismuth sulfide nanourchins for combination therapy in cancer, Nanoscale, 13(1), 1231-1247, 2021 (IF 7.79)                                 | 10.1039/d0nr07736d                 |
| 4  | 김정애           | Waliul I. Khan  | 캐나다/<br>McMaster<br>University                    | Salicylates Ameliorate Intestinal Inflammation by Activating Macrophage AMPK, Inflammatory Bowel Diseases, 27, 914-926, 2021 (IF 5.325)  | 10.1093/ibd/izaa305                |
| 5  | Hyukjae Choi  | William Fenical | USA/<br>Scripps<br>Institution of<br>Oceanography | Androsamide, a Cyclic Tetrapeptide from a Marine Nocardiosis sp., Suppresses Motility of Colorectal Cancer Cells<br>Journal of Natural Products, 2020, 83(10), 3166-3172. (IF 4.05)                              | 10.1021/acs.jnatprod.0c00815       |

### ③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

- 본 교육연구팀에서는 참여대학원생을 국외 자매교인 미국의 St. Johns 대학, 일본의 큐슈대학 및 Pharmaceutical Research Institute-Albany 등 유수의 해외 선진 연구기관에 파견하는 등의 연구자 국제교류를 통하여 국제 경쟁력이 있는 인력을 양성하고 도출된 연구결과를 국제학회에 의무적으로 발표하여 혁신적 글로벌 신약개발을 선도할 국제적 미래핵심 인재를 양성하고자 하였음. 그러나 COVID-19 확산으로 인해, 외국대학 및 연구기관과의 연구자 교류는 주로 비대면 회의를 통해 진행하였고, 향후 국가별 방역정책의 변화에 따라 장단기 파견연구를 적극 장려할 계획임.
- 본 교육연구팀 소속의 최혁재 교수는 2020년 9월부터 2021년 8월까지 미국 University of California, San Diego를 방문하여 공동연구를 더욱 심도있게 진행하고자 하였으나, 전 지구적 COVID-19 확산으로 인해 방문은 이루어지지 못하였음. 그러나 UCSD의 William Fenical 교수 연구진과의 비대면 공동연구를 통해 방선균 유래 항암활성 대사체의 규명에 참여하여 천연물 화학 분야의 저명 학술지에 논문을 게재(Journal of Natural Products, 2020, 83(10) 3166-3172) 하였으며 추가 연구를 계획 중임.

- 최혁재 교수는 미국 University of California, San Diego의 William H. Gerwick 교수와 해양남세균 유래 생리활성 대사체 발굴을 위한 공동연구 및 인적교류를 계획 중임.
- 김중오 교수는 미국 Oregon State University의 Gaurav Sahay 교수와 나노 의약품개발 및 세포전달 기전 규명을 위한 공동연구 및 국제 인적교류를 계획 중임.
- 정지현 교수는 중국 China Pharmaceutical Univeristy(중화약과대학)의 Hu-Lin Jiang 교수와 국제화기반조성사업 중 하나인 한-중국 협력기반조성사업에 “천식 치료를 위한 약물전달체 결합 줄기세포 치료 기전 연구”의 주제로 2020년 말에 신청하였고 심사 중에 있음.

## IV

## 4단계 BK21 교육연구단(팀) 관련 언론보도 리스트

|            |  |
|------------|--|
| 교육연구단(팀)명  |  |
| 교육연구단(팀)장명 |  |

| 연번 | 구분 | 언론사명<br>/수상기관 등   | 보도일자/<br>수상일자 등 | 제목/<br>수상명 등                           | 관련 URL  |
|----|----|---|-----------------|--|---|
|    |    | 주요내용 (200자이내)   |                 |  |   |
| 1  | 성과 | 아주경제 외<br>13건   | 21.04.09        | 영남대 정지현<br>교수, ‘세포<br>미세 캡슐화<br>기술’ 개발 | <a href="https://www.ajunews.com/view/20210409154727136">https://www.ajunews.com/view/20210409154727136</a> |
|    |    | 영남대 약학대학 정지현 교수 연구팀이 세포 미세 캡슐화를 위한 신기술을 개발했다. 정 교수 연구팀이 개발한 기술은 세포의약품을 포함한 다양한 물질 표면을 균일한 크기로 코팅이 가능한 새로운 기술(STIG: Surface-triggered in situ gelation)이다. 기존에 활용되는 알지네이트(alginate) 캡슐화 기술은 균일한 크기로 캡슐화하는 데 필요한 장비가 고가일 뿐 아니라 캡슐 크기를 조절하기 어려운 한계점이 있다. 정 교수팀이 개발한 기술은 알지네이트 캡슐화 과정에 필요한 칼슘 이온을 방출할 수 있는 마이크로 입자를 제작해 이 입자를 세포 표면에 고르게 부착하게 한 후 알지네이트가 굳어지는 겔화 반응을 세포 표면에서 일어나게 함으로써 균일한 크기의 캡슐화가 가능하도록 했다.<br>이 기술은 현재 국내 특허 출원 뿐 아니라 특허협력조약(PCT) 국제출원이 완료된 상태이다. 정 교수는 “이번에 개발한 기술은 세포의약품 기능을 고도화할 수 있는 기반 기술이 될 것으로 본다”며 “특히 세포의약품 표면에 국소적으로 약물을 전달하거나, 세포의약품 이식 생존율을 높이는 데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다”고 말했다.<br>연구 결과는 최근 재료과학 분야 국제학술지인 'Advanced Functional Materials'에 게재됐다. |                 |  |   |
|    |    |   |                 |  |   |
|    |    |   |                 |  |   |
|    |    |   |                 |  |   |
|    |    |   |                 |  |   |

첨부 1. 교육연구팀 참여대학원생 현황

| 참여기간                             | 성명 | 학번       | 학위과정    | 학기   |
|----------------------------------|----|----------|---------|------|
| 20200901-20210228<br>(2020년 2학기) |    | 21750095 | 박사과정    | 8학기  |
|                                  |    | 21750089 | 박사과정    | 9학기  |
|                                  |    | 21650093 | 석박사통합과정 | 10학기 |
|                                  |    | 21750098 | 석박사통합과정 | 8학기  |
|                                  |    | 21956051 | 석박사통합과정 | 3학기  |
|                                  |    | 21756039 | 박사과정    | 7학기  |
|                                  |    | 22050048 | 석박사통합과정 | 2학기  |
|                                  |    | 21940083 | 석사과정    | 4학기  |
|                                  |    | 21650084 | 석박통합과정  | 10학기 |
|                                  |    | 22040085 | 석사과정    | 2학기  |
|                                  |    | 21940085 | 석사과정    | 4학기  |
|                                  |    | 21940235 | 석사과정    | 4학기  |
|                                  |    | 21856038 | 박사과정    | 4학기  |
|                                  |    | 21850102 | 석박사통합과정 | 6학기  |
|                                  |    | 21950064 | 석박사통합과정 | 4학기  |
|                                  |    | 22040087 | 석사과정    | 2학기  |
|                                  |    | 21946033 | 석사과정    | 3학기  |
|                                  |    | 21756036 | 석박사통합과정 | 7학기  |
|                                  |    | 21940084 | 석사과정    | 4학기  |
|                                  |    | 22040086 | 석사과정    | 2학기  |
|                                  |    | 22050046 | 석박사통합과정 | 2학기  |
|                                  |    | 21650089 | 석박사통합과정 | 10학기 |
|                                  |    | 21940081 | 석사과정    | 4학기  |
|                                  |    | 22050047 | 석박사통합과정 | 2학기  |
|                                  |    | 22050050 | 박사과정    | 2학기  |
|                                  |    | 22056036 | 박사과정    | 1학기  |
|                                  |    | 21940236 | 석사과정    | 4학기  |
|                                  |    | 21750096 | 석박사통합과정 | 8학기  |
|                                  |    | 21750097 | 석박사통합과정 | 8학기  |
|                                  |    | 22040084 | 석사과정    | 1학기  |
| 20210228-20210831<br>(2021년 1학기) |    | 22140083 | 석사과정    | 1학기  |
|                                  |    | 21750098 | 석박사통합과정 | 9학기  |
|                                  |    | 21956051 | 석박사통합과정 | 4학기  |
|                                  |    | 21756039 | 박사과정    | 8학기  |
|                                  |    | 22050048 | 석박사통합과정 | 3학기  |
|                                  |    | 21650084 | 석사과정    | 1학기  |
|                                  |    | 22040085 | 석사과정    | 3학기  |

|  |  |          |         |      |
|--|--|----------|---------|------|
|  |  | 22150057 | 박사과정    | 1학기  |
|  |  | 22140085 | 석사과정    | 1학기  |
|  |  | 21856038 | 박사과정    | 5학기  |
|  |  | 21850102 | 석박사통합과정 | 7학기  |
|  |  | 22140080 | 석사과정    | 1학기  |
|  |  | 21950064 | 석박사통합과정 | 5학기  |
|  |  | 22040087 | 석사과정    | 3학기  |
|  |  | 21946033 | 석사과정    | 4학기  |
|  |  | 21756036 | 석박사통합과정 | 8학기  |
|  |  | 22040086 | 석사과정    | 3학기  |
|  |  | 22050046 | 석박사통합과정 | 3학기  |
|  |  | 21650089 | 석박사통합과정 | 11학기 |
|  |  | 22150055 | 박사과정    | 1학기  |
|  |  | 22050047 | 석박사통합과정 | 3학기  |
|  |  | 22050050 | 박사과정    | 3학기  |
|  |  | 22056036 | 박사과정    | 2학기  |
|  |  | 22140081 | 석사과정    | 1학기  |
|  |  | 21750096 | 석박사통합과정 | 9학기  |
|  |  | 21750097 | 석박사통합과정 | 9학기  |
|  |  | 22150056 | 석사과정    | 1학기  |
|  |  | 22040084 | 석사과정    | 2학기  |

첨부2. 참여 대학원생 국제저명학술지 논문 게재 실적

| 연<br>번 | 논문제목   | 게재학술<br>지                     | ISSN      | 학술지<br>구분 | DOI                                   | 주저자<br>(제1저자)                                     | 교신저자                          | 공동저자   | 논문페이<br>지시작 | 논문페이<br>지끝 | IF     | 출판일    |
|--------|--|-------------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|---|-------------------------------|--|-------------|------------|--------|--------|
| 1      | Heterospheroid formation improves therapeutic efficacy of mesenchymal stem cells in murine colitis through immunomodulation and epithelial regeneration                                  | BIOMATERIALS                  | 0142-9612 | SCI(E)    | 10.1016/j.biomaterials.2021.120752    | Shobha Regmi; Yoojin Seo, Ji-Su Ahn               | Jee-Heon Jeong; Hyung-Sik Kim | Shiva Pathak, Suman Acharya, Tiep Tien Nguyen, Simmyung Yook, Jong-Hyuk Sung, Jun-Beom Park, Jong Oh Kim, Chul Soon Yong | 102752      |            | 12.479 | 202104 |
| 2      | Photoimmunotherapy with cetuximab-conjugated gold nanorods reduces drug resistance in triple negative breast cancer spheroids with enhanced infiltration of tumor-associated macrophages | JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE | 0168-3659 | SCI(E)    | 10.1016/j.jconrel.2020.10.001         | Fakhrossad at Fakhrossad at Emami; Jee-Heon Jeong | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Shiva Pathak; Tiep Tien Nguyen, Prakash Shrestha, Srijan Maharja, Jong Oh Kim  | 645         | 664        | 9.776  | 202101 |
| 3      | Recent progress in stimuli-responsive nanosystems for inducing immunogenic cell death  | JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE | 0168-3659 | SCI(E)    | doi.org/10.1016/j.jconrel.2021.07.038 | Asmita Banstola                                   | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Kishwor Poudel, Jong Oh Kim  | 505         | 520        | 9.776  | 202110 |
| 4      | Surface-Triggered In Situ Gelation for Tunable Conformal Hydrogel Coating of Therapeutic Cells and Biomedical Devices  | Advanced Functional Materials | 1616-301X | SCI(E)    | 10.1002/adfm.202010169                | Tung Thanh Pham                                   | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Phuong Le Tran; Cao Dai Phung; Hanh Thuy Nguyen; Canh Hung Nguyen; Chul Soon Yong; Jong Oh Kim                           | 2010169     |            | 18.808 | 202105 |

|   |   |                                    |           |        |                              |   |                                |   |       |       |       |        |
|---|---|------------------------------------|-----------|--------|------------------------------|---|--------------------------------|---|-------|-------|-------|--------|
| 5 | Particulate-Based Single-Dose Local Immunosuppressive Regimen for Inducing Tolerogenic Dendritic Cells in Xenogeneic Islet Transplantation                                | ADVANCED HEALTHCARE MATERIALS      | 2192-2640 | SCI(E) | 10.1002/adhm.202001157       | Shiva Pathak; Suman Acharya                               | Jee-Heon Jeong; Jae Hoon Chang | Shobha Regmi; Prakash Shrestha; Zhiwei You; Young Kyung Bae; Min Hui Park; Simmyung Yook; Jae-Ryong Kim; So Young Park; Daewon Jeong; Chul Soon Yong; Jong Oh Kim | 1     | 14    | 9.933 | 202101 |
| 6 | Hypoxia-Mediated ROS Amplification Triggers Mitochondria-Mediated Apoptotic Cell Death via PD-L1/ROS-Responsive, Dual-Targeted, Drug-Laden Thioketal Nanoparticles        | ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES | 1944-8244 | SCI(E) | 10.1021/acsam.1c03594        | Asmita Banstola   | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook  | Kishwor Poudel; Shiva Pathak; Prakash Shrestha; Jong Oh Kim   | 22955 | 22969 | 9.229 | 202105 |
| 7 | Activation of AMPK/aPKC zeta/CREB pathway by metformin is associated with upregulation of GDNF and dopamine   | Biochemical Pharmacology           | 0006-2952 | SCI(E) | 10.1016/j.bcp.2020.114193    | Nikita Katila   |                                | Sunil Bhurtel; Pil-Hoon Park; Jin Tae Hong; Dong Young Choi   | 1     | 12    | 5.858 | 202010 |
| 8 | Synthesis and structure-activity relationships of hydroxylated and halogenated 2,4-diaryl benzofuro[3,2-b]pyridin-7-ols as selective topoisomerase II $\alpha$ inhibitors | BIOORGANIC CHEMISTRY               | 0045-2068 | SCI(E) | 10.1016/j.bioorg.2021.104884 | Til Bahadur Thapa Magar; Seung Hee Seo; Aarajana Shrestha | Youngjoo Kwon; Eun-g-Seok Lee  | Jeong-Ahn Kim; Surendra Kunwar; Ganesh Bist   | 1     | 15    | 5.275 | 202106 |
| 9 | Single-dose intraperitoneal   | Journal                            | 1226-0    | SCI(E) | 10.1016/j.ji                 | Shiva   | Jee-Heon                       | Shobha Regmi, Mahesh  | 121   | 128   | 6.064 | 202011 |

|    |   |   |           |        |                                    |                                       |                            |  |        |        |        |          |
|----|---|---|-----------|--------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--|--------|--------|--------|----------|
|    | delivery of FK506-encapsulated polymeric microspheres for the alleviation of murine colitis   | of Industrial and Engineering Chemistry | 86X       |        | ec.2020.07.041                     | Pathak                                | Jeong; Simmyung Yook       | Raj Nepal, Prakash Shrestha, Jeong Uk Choi   |        |        |        |          |
| 10 | Inhibition of A549 Lung Cancer Cell Migration and Invasion by Ent-Caprolactin C via the Suppression of Transforming Growth Factor- $\beta$ -Induced Epithelial-Mesenchymal Transition   | Marine Drugs                            | 1660-3397 | SCI(E) | 10.3390/md19080465                 | So Young Kim; Myoung-Sook Shin        | Ki Sung Kang; Hyukjae Choi | Geum Jin Kim; Hyukbean Kwon; Myong Jin Lee Ah-Reum Han 4 , Joo-Won Nam 1 , Chan-Hun Jung                                   | 465-1  | 465-13 | 5.118  | 202108   |
| 11 | Localized therapy using anti-PD-L1 anchored and NIR-responsive hollow gold nanoshell (HGNS) loaded with doxorubicin (DOX) for the treatment of locally advanced melanoma                | NANOTECHNOLOGY BIOLOGY AND MEDICINE     | 1549-9634 | SCI(E) | 10.1016/j.nano.2020.102349         | Asmita Banstola                       | Jong Oh Kim; Simmyung Yook | Kishwor Poudel; Fakhrossadat Emami; Sae Kwang Ku; Jee-Heon Jeong   | 102349 |        | 6.458  | 202104   |
| 12 | Targeting and clearance of senescent foamy macrophages and senescent endothelial cells by antibody-functionalized mesoporous silica nanoparticles for alleviating aorta atherosclerosis | Biomaterials                            | 0142-9612 | SCI(E) | 10.1016/j.biomaterials.2021.120677 | Le Minh Pham;Eok-Cheon Kim;Wenquan Ou | Jong Oh Kim                | Le Minh Pham;Eok-Cheon Kim;Wenquan Ou;Cao Dai Phung;Tien Tiep Nguyen;Thanh Tung Pham;Kishwor Poudel;Milan Gautam;Hanh Thuy | 120677 | 120677 | 12.479 | 2021.2.1 |

|    |   |  |               |        |                                       |   |  |  |        |        |        |                |
|----|---|--|---------------|--------|---------------------------------------|---|--|--|--------|--------|--------|----------------|
|    |   |  |               |        |                                       |   |  | Nguyen;Jee-Heon<br>Jeong;Chul Soon<br>Yong;So-Young<br>Park;Jae-Ryong<br>Kim;Jong Oh Kim   |        |        |        |                |
| 13 | Hyaluronic acid wreathed,<br>trio-stimuli receptive and<br>on-demand triggerable<br>nanoconstruct for anchored<br>combinatorial cancer<br>therapy                         | CARBOH<br>YDRATE<br>POLYME<br>RS           | 0144-8<br>617 | SCI(E) | 10.1016/j.c<br>arbpol.202<br>0.116815 | Kishwor<br>Poudel   | Chul Soon<br>Yong;Jong<br>Oh Kim       | Asmita Banstol;Tuan<br>Hiep Tran;Raj Kumar<br>Thapa;Milan<br>Gautam;Wenquan Ou;Le<br>Minh Pham;Srijan<br>Maharjan;Jee-Heon<br>Jeong;Sae Kwang<br>Ku;Han-Gon Choi;Chul<br>Soon Yong;Jong Oh Kim | 116815 | 116815 | 9.381  | 2020-1<br>2-01 |
| 14 | The impact of<br>locally-delivered<br>tacrolimus-releasing<br>microspheres and<br>polyethylene glycol-based<br>islet surface modification<br>on xenogeneic islet survival | JOURNAL<br>OF<br>CONTRO<br>LLED<br>RELEASE | 0168-3<br>659 | SCI(E) | 10.1016/j.jc<br>onrel.2021.<br>06.020 | Tiep Tien<br>Nguyen   | Jee-Heon<br>Jeong;<br>Simmyung<br>Yook | Cao Dai Phung, Jong<br>Oh Kim, Chul Soon<br>Yong, Jae-Ryong Kim  | 274    | 284    | 9.776  | 202108         |
| 15 | Manipulating Immune<br>System using Nanoparticles<br>for an Effective Cancer<br>Treatment: Combination of<br>Targeted Therapy and<br>Checkpoint Blockage<br>miRNA         | JOURNAL<br>OF<br>CONTRO<br>LLED<br>RELEASE | 0168-3<br>659 | SCI(E) | 10.1016/j.jc<br>onrel.2020.<br>09.034 | Hanh<br>Thuy<br>Nguyen;Ca<br>o Dai<br>Phung;Tua<br>n Hiep<br>Tran | Chul Soon<br>Yong;Jong<br>Oh Kim       | Hanh Thuy Nguyen;Cao<br>Dai Phung;Tuan Hiep<br>Tran;Tung Thanh<br>Pham;Le Minh<br>Pham;Tiep Tien<br>Nguyen;Jee-Heon<br>Jeong;Han-Gon Choi;Sae<br>Kwang Ku;Chul Soon<br>Yong;Jong Oh Kim        | 524    | 537    | 9.776  | 2021.1.<br>10  |
| 16 | Photothermally Modulatable  | ACS  | 1936-0        | SCI(E) | 10.1021/ac                            | Kishwor   | Jong Oh                                | Sungjae Park;JungHo  | 11040  | 11054  | 15.881 | 2020-0         |

|    |  |                                    |           |        |                              |                              |                               |   |        |       |       |            |
|----|--|------------------------------------|-----------|--------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|--------|-------|-------|------------|
|    | and Structurally Disintegratable Sub-8-nm Au1Ag9 Embedded Nanoblocks for Combination Cancer Therapy Produced by Plug-in Assembly                               | Nano                               | 851       |        | snano.9b09731                | Poudel                       | Kim                           | Hwang;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim;Jeong Hoon Byeon  |        |       |       | 9-22       |
| 17 | Anti-CTLA-4 antibody-functionalized dendritic cell-derived exosomes targeting tumor-draining lymph nodes for effective induction of antitumor T-cell responses | ACTA BIOMATERIALIA                 | 1742-7061 | SCI(E) | 10.1016/j.actbio.2020.08.008 | Cao Dai Phung                | Jong Oh Kim                   | Thanh Tung Pham;Hanh Thuy Nguyen;Tien Tiep Nguyen;Wenquan Ou;Jee-Heon Jeong;Han-Gon Choi;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim                      | 371    | 382   | 8.947 | 2020-10-01 |
| 18 | Immunomodulation effect of mesenchymal stem cells in islet transplantation   | Biomedicine & Pharmacotherapy      | 0753-3322 | SCI(E) | 10.1016/j.biopha.2021.112042 | Manju Shrestha               | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Tiep Tien Nguyen; Jooho Park; Jeong Uk Choi   | 112042 |       | 6.529 | 202110     |
| 19 | Macrophage-Membrane-Camouflaged Disintegratable and Excretable Nanoconstruct for Deep Tumor Penetration  | ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES | 1944-8244 | SCI(E) | 10.1021/acsaami.0c17235      | Kishwor Poudel               | Jong Oh Kim                   | Asmita Banstola;Milan Gautam;Zarchi Soe;Cao Dai Phung;Le Minh Pham;Jee-Heon Jeong;Han-Gon Choi;Sae Kwang Ku;Tuan Hiep Tran;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim | 56767  | 56781 | 9.229 | 2020-12-23 |
| 20 | Pre- and post-transcriptional regulation of cFLIP for effective cancer therapy   | ACS Applied Materials &            | 1944-8244 | SCI(E) | 10.1021/acsaami.0c20624      | Cao Dai Phung;Tuan Hiep Tran | Chul Soon Yong;Jong Oh Kim    | Cao Dai Phung;Tuan Hiep Tran;Ju-Yeon Choi;Jee-Heon Jeong;Sae Kwang Ku;Chul Soon   | 5999   | 6010  | 9.229 | 2021.2.10  |

|    |   |                          |           |        |                              |                                       |                                |   |          |          |       |           |
|----|---|--------------------------|-----------|--------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|----------|----------|-------|-----------|
|    | using pH-ultrasensitive nanoparticles   | Interfaces               |           |        |                              |                                       |                                | Yong;Jong Oh Kim  |          |          |       |           |
| 21 | Globular adiponectin antagonizes leptin-induced growth of cancer cells by modulating inflammasomes activation: Critical role of HO-1 signaling  | Biochemical Pharmacology | 0006-2952 | SCI(E) | 10.1016/j.bcp.2020.114186    | Pawan Kumar Raut                      | Pil-Hoon Park                  |   | 1        | 7        | 5.858 | 202010    |
| 22 | Redox/photo dual-responsive, self-targeted, and photosensitizer-laden bismuth sulfide nanourchins for combination therapy in cancer   | Nanoscale                | 2040-3364 | SCI(E) | 10.1039/d0nr07736d           | Kishwor Poudel                        | Jong Oh Kim                    | Kishwor Poudel;Asmita Banstola;Milan Gautam;Zar Chi Soe;Le Minh Pham;Jee-Heon Jeong;Han-Gon Choi;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Tuan Hiep Tran;Jong Oh Kim | 1231     | 1247     | 7.79  | 2021.1.14 |
| 23 | Synthesis and anticancer evaluation of 6-azacyclonol-2,4,6-trimethylpyridin-3-ol derivatives: M3 muscarinic acetylcholine receptor-mediated anticancer activity of a cyclohexyl derivative in androgen-refractory prostate cancer | BIOORGANIC CHEMISTRY     | 0045-2068 | SCI(E) | 10.1016/j.bioorg.2021.104805 | Ujjwala Karmacharya,Prakash Chaudhary | Jung-Ae Kim, Byeong-Seon Jeong | Dongchul Lim, Sadan Dahal, Bhuwan Prasad Awasthi, Hee Dong Park   | 104805   |          | 5.275 | 202105    |
| 24 | Suntamide A, a neuroprotective cyclic peptide from Cicadidae Periostracum   | Bioorganic Chemistry     | 0045-2068 | SCI(E) | 10.1016/j.bioorg.2020.104493 | Punam Thapa; Nikita Katila            | Dong-Young Choi; Hyukjae Choi; |   | 104493-1 | 104493-7 | 5.275 | 202101    |

|    |  |                                     |           |        |                              |  |   |  |          |          |       |        |
|----|--|-------------------------------------|-----------|--------|------------------------------|--|---|--|----------|----------|-------|--------|
|    |  |                                     |           |        |                              |  | Joo-Won Nam                             |  |          |          |       |        |
| 25 | Inhibition of colitis by ring-modified analogues of 6-acetamido-2,4,5-trimethylpyridin-3-ol                                  | Bioorganic Chemistry                | 0045-2068 | SCI(E) | 10.1016/j.bioorg.2020.104130 | Chhabi Lal Chaudhary                       | Jung-Ae Kim, Byeong-Seon Jeong, Tae-Nam | Prakash Chaudhary, Sadan Dahal, Dawon Bae  | 104103   |          | 5.275 | 202010 |
| 26 | N-Acetyldopamine derivatives from Periostracum Cicadae and their regulatory activities on Th1 and Th17 cell differentiation  | Bioorganic Chemistry                | 0045-2068 | SCI(E) | 10.1016/j.bioorg.2020.104095 | Punam Thapa                                | Joo-Won Nam; Jae-Hoon Chang             | Ye Gu; Yun-Seo Kil; Su Cheol Ba <sup>†</sup> ; Ki Hyun Kim; Ah-Reum Han; Eun Kyoung Seo; Hyukjae Choi              | 104095-1 | 104095-8 | 5.275 | 202009 |
| 27 | Metabolite Profiling and Dipeptidyl Peptidase IV Inhibitory Activity of Coreopsis Cultivars in Different Mutations           | Plants-Basel                        | 2223-7747 | SCI(E) | 10.3390/plants10081661       | Bo-Ram Kim; Sunil Babu Paudel; Ah-Reum Han | Joo-Won Nam                             | Jisu Park; Yun-Seo Kil; Hyukjae Choi; Yeo Gyeong Jeon; Kong Young Park; Si-Yong Kang; Chang Hyun Jin; Jin-Baek Kim | 1661-1   | 1661-20  | 3.935 | 202108 |
| 28 | Autophagy activation and SREBP-1 induction contribute to fatty acid metabolic reprogramming by leptin in breast cancer cells | Molecular Oncology                  |           | SCI(E) | 10.1002/1878-0261.12860      | Duc-Vinh Pham                              | Pil-Hoon Park                           | Nirmala Tilija Pun   | 657      | 678      | 6.603 | 202102 |
| 29 | Recent insights on modulation of inflammasomes by adipokines: a critical event for the pathogenesis of obesity and           | Archives of Pharmaceutical Research | 0253-6269 | SCI(E) | 10.1007/s12272-020-01274-7   | Duc-Vinh Pham                              | Pil-Hoon Park                           |  | 997      | 1016     | 4.946 | 202010 |

|    |  |   |           |        |                               |                             |                             |  |        |         |       |           |
|----|--|---|-----------|--------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--------|---------|-------|-----------|
|    | metabolism-associated diseases   |   |           |        |                               |                             |                             |  |        |         |       |           |
| 30 | Combination chemotherapeutic and immune-therapeutic anticancer approach via anti-PD-L1 antibody conjugated albumin nanoparticles   | INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICS      | 0378-5173 | SCI(E) | 10.1016/j.ijpharm.2021.120816 | Le Minh Pham;Kishwor Poudel | Jong Oh Kim                 | Le Minh Pham;Kishwor Poudel;Wenquan Ou;Cao Dai Phung;Hanh Thuy Nguyen;Bao Loc Nguyen;Prajeena Karmacharya;Mahesh Pandit;Jae-Hoon Chang;Jee-Heon Jeong;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Han-Gon Choi;Jong Oh Kim | 120816 | 120816  | 3.061 | 2021.8.10 |
| 31 | Tumor Metabolic Reprogramming by Adipokines as a Critical Driver of Obesity-Associated Cancer Progression  | International Journal of Molecular Sciences | 1422-0067 | SCI(E) | 10.3390/ijms22031444          | Duc-Vinh Pham               | Pil-Hoon Park               |  | 1444   |         | 5.923 | 202102    |
| 32 | Eudesmane and Eremophilane Sesquiterpenes from the Fruits of <i>Alpinia oxyphylla</i> with Protective Effects against Oxidative Stress in Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells | Molecules                                   | 1420-3049 | SCI(E) | 10.3390/molecules26061762     | Punam Thapa; Yoo Jin Lee    | Joo-Won Nam; Eun Kyoung Seo | Tiep Tien Nguyen; Donglan Piao; Hwaryeong Lee; Sujin Han; Yeon Jin Lee; Ah-Reum Han; Hyukjae Choi; Jee-Heon Jeong  | 1762-1 | 1762-10 | 4.411 | 202103    |
| 33 | 6-Hydroxy-benzofuran-3-(2H)-ones as Potential Anti-inflammatory Agents:  | BULLETIN OF THE                             | 1229-5949 | SCI(E) | 10.1002/bkcs.12215            | Aarajana Shrestha;Ritina    | Pil-Hoon Park;Eung-Seok     |  | 372    | 375     | 0.95  | 202103    |

|    |  |                                     |               |        |  |                        |                |                              |          |          |       |        |
|----|--|-------------------------------------|---------------|--------|--|------------------------|----------------|------------------------------|----------|----------|-------|--------|
|    | Synthesis and Inhibitory Activity of LPS-stimulated ROS Production in RAW 264.7 Macrophage | KOREAN CHEMICAL SOCIETY             |               |        |  | Shrestha;S<br>umin Lee | Lee            |                              |          |          |       |        |
| 34 | Phytochemical constituents of leaves and twigs of <i>Elaeagnus umbellata</i>               | Biochemical Systematics and Ecology | 0305-1<br>978 | SCI(E) |  | Sunil Babu<br>Paudel   | Joo-Won<br>Nam | Ah-Reum Han; Hyukjae<br>Choi | 104178-1 | 104178-5 | 1.381 | 202012 |

### 첨부3. 참여 대학원생 학술대회 발표실적

| 연<br>번 | 구분<br>(국제/<br>국내) | 발표<br>(구두/<br>포스터) | 개최일      | 주관기관   | 발표논문명  | 제1 저자 | 교신저자                              | 수상실적 |
|--------|-------------------|--------------------|----------|--------|--|-------|-----------------------------------|------|
| 1      | 국내                | 포스터                | 20210423 | 대한약학회  | Noncanonical function of EZH2, a Polycomb group protein, on TPH1 expression and gemcitabine resistance of pancreatic cancer cells                          |       | Jung-Ae Kim                       |      |
| 2      | 국내                | 포스터                | 20210423 | 대한약학회  | Transcriptome and miRNA analysis in androgen-refractory prostate cancer cells  |       | Jung-Ae Kim                       |      |
| 3      | 국내                | 포스터                | 202011   | 한국약제학회 | Plug-and-play safe-by-design production of nano inorganic nanoparticles with safer antimicrobial activities  |       | Jong Oh<br>Kim, Chul<br>Soon Yong |      |
| 4      | 국내                | 포스터                | 202011   | 한국약제학회 | Preparation and evaluation of palladium nanoparticle-decorated 2-D graphene oxide for effective photodynamic and photothermal                              |       | Jong Oh<br>Kim, Chul<br>Soon Yong |      |
| 5      | 국내                | 포스터                | 202011   | 한국약제학회 | Lymphatic T cell Targeting by Anti-CTLA-4 Antibody-Modified Dendritic Cell-derived Exosomes For Boosting Antigen-specific T cell Responses                 |       | Jong Oh<br>Kim, Chul<br>Soon Yong |      |
| 6      | 국내                | 포스터                | 20210423 | 대한약학회  | Leptin induces hepatocyte death via ER stress and inflammasomes activation   |       | Pil-Hoon<br>Park                  |      |
| 7      | 국내                | 포스터                | 20210423 | 대한약학회  | Globular adiponectin triggers breast cancer cell death via fatty acid metabolic reprogramming  |       | Pil-Hoon<br>Park                  |      |
| 8      | 국내                | 포스터                | 20210423 | 대한약학회  | Role of sestrin2 in modulation of inflammatory responses by globular adiponectin in macrophages  |       | Pil-Hoon<br>Park                  |      |
| 9      | 국내                | 포스터                | 202012   | 한국생약학회 | Comparative Investigation for Chemical Profiles of Rotten and Unrotten Parts of Scutellaria baicalensis Georgi Based on Feature-based Molecular networking |       | Hyukjae<br>Choi                   |      |
| 10     | 국내                | 포스터                | 202012   | 한국생약학회 | Discovery of Lipophilic Components from Platycodonis Radix   |       | Hyukjae<br>Choi                   |      |
| 11     | 국내                | 포스터                | 202012   | 한국생약학회 | Phytochemical constituents of leaves and twigs of Elaegnus umbellata   |       | Joo-Won<br>Nam                    |      |

|    |    |       |        |   |  |  |                |                                       |
|----|----|-------|--------|---|--|--|----------------|---------------------------------------|
| 12 | 국제 | 포스터   | 202107 | Controlled Release Society                      | Plug-in assembled structurally disintegrable and photothermally adjustable sub-8-nm AuAg9 implanted nanoboxes for combinatorial cancer therapy   |  | Jong Oh Kim    |                                       |
| 13 | 국제 | 포스터   | 202107 | Controlled Release Society                      | Combination anticancer therapy via laser/redox responsive, self-targeted, and photosensitizer-loaded bismuth sulfide nanourchins   |  | Jong Oh Kim    |                                       |
| 14 | 국제 | 포스터   | 202107 | Controlled Release Society                      | Manipulating Immune System using Nanoparticles for an Effective Cancer Treatment: Combination of Targeted Therapy and Checkpoint Blockage miRNA  |  | Jong Oh Kim    |                                       |
| 15 | 국제 | 포스터   | 202107 | Controlled Release Society                      | Alleviation of aorta atherosclerosis through targeting and clearance of senescent foamy macrophages and senescent endothelial cells by antibody-coated mesoporous silica nanoparticles |  | Jong Oh Kim    |                                       |
| 16 | 국제 | 포스터   | 202104 | American Association for Cancer Research (AACR) | Enhanced anti-tumor effect and tolerance of novel irinotecan (sn-38) nanoparticle with double core-shell micelle technology  |  | Jong Oh Kim    |                                       |
| 17 | 국내 | 구두 발표 | 202010 | 한국고분자학회   | Potentiated Local Immunomodulatory Effect of Uniformly Engineered Hybrid Stem Cell/Drug Depot Spheroids on Xeno-Sourced Pancreatic Islet Transplantation Outcomes                      |  | Jee-Heon Jeong | <b>Best Poster Presentation Award</b> |
| 18 | 국내 | 포스터   | 202010 | 한국약제학회  | Local release of NECA (5' -(N-Ethylcarboxamido)adenosine) from implantable polymeric sheets for enhanced islet revascularization in extrahepatic site                                  |  | Jee-Heon Jeong | <b>Best Presentation Award</b>        |
| 19 | 국내 | 구두 발표 | 202011 | 한국약제학회  | Local release of NECA (5' -(N-Ethylcarboxamido)adenosine) from implantable polymeric sheets for enhanced islet revascularization in extrahepatic site                                  |  | Jee-Heon Jeong |                                       |
| 20 | 국제 | 포스터   | 202107 | Controlled Release                              | Engineered Hybrid Stem Cell/Drug Depot Spheroids for Improving Xeno-Sourced Pancreatic Islet   |  | Jee-Heon Jeong |                                       |

|    |    |      |        | Society                    | Transplantation Outcomes   |  |                |  |
|----|----|------|--------|----------------------------|--|--|----------------|--|
| 21 | 국내 | 구두   | 202010 | 한국고분자학회                    | Combination therapy of sustained release immune modulatory drug and PEGylated islets for treatment of type-I diabetes                                |  | Jee-Heon Jeong |  |
| 22 | 국내 | 포스터  | 202011 | 한국약제학회                     | Combination therapy of PEGylation and immune tolerance inducing drug for long term functioning of transplanted islets                                |  | Jee-Heon Jeong |  |
| 23 | 국제 | 포스터  | 202107 | Controlled Release Society | Local release of rapamycin-releasing microspheres with polywethylene glycol-surface modified pancreatic islets for enhanced islet xenograft survival |  | Jee-Heon Jeong |  |
| 24 | 국내 | 구두발표 | 202011 | 한국약제학회                     | Engineering of mesenchymal stem cells and PLGA drug microsphere hybrid for cell mediated drug delivery   |  | Jee-Heon Jeong |  |

#### 첨부4. 참여교원 국제 저명학술지 게재 실적

| 연번 | 학술지명  | 볼륨  | 시작페이지  | 주저자명                                   | 교신저자명                                       | 공동저자명  | IF    |
|----|---|-----|--------|--|---|--|-------|
|    | 논문제목  |     |        |  |   |  | 상위 %  |
| 1  | Bioorganic Chemistry  | 103 | 104103 | Chhabi Lal Chaudhary                   | Jung-Ae Kim, Byeong-Seon Jeong, Tae-Nam     | Prakash Chaudhary, Sadan Dahal, Dawon Bae  | 5.275 |
|    | Inhibition of colitis by ring-modified analogues of 6-acetamido-2,4,5- trimethylpyridin-3-ol  |     |        |  |   |  | 14.91 |
| 2  | BIOLOGICAL RESEARCH   | 53  | 34     | Won Chan Hwang, Dong Woo Kang          |   | Youra Kang, Younghoon Jang, Jung-Ae Kim  | 5.612 |
|    | Inhibition of phospholipase D2 augments histone deacetylase inhibitor-induced cell death in breast cancer cells   |     |        |  |   |  | 11.29 |
| 3  | JOURNAL OF CELLULAR PHYSIOLOGY  | 236 | 549    | Dong Woo Kang                          | Do Sik Min                                  | Won Chan Hwang, Yu Na Noh, Youra Kang  | 6.384 |
|    | Phospholipase D1 is upregulated by vorinostat and confers resistance to vorinostat in glioblastoma  |     |        |  |   |  | 8.02  |
| 4  | DIGESTIVE DISEASES AND SCIENCES   | 66  | 1022   | Hoyul Lee, Joon Seop Lee               | Eun Soo Kim                                 | Hyun Jung Cho, Yu-Jeong Lee, Sung Kook Kim, Tae-gyu Nam, Byeong-Seon Jeong, Jung-Ae Kim  | 3.199 |
|    | Antioxidant Analogue 6-Amino-2,4,5-Trimethylpyridin-3-ol Ameliorates Experimental Colitis in Mice   |     |        |  |   |  | 69.02 |
| 5  | BIOORGANIC CHEMISTRY  | 110 | 104805 | Ujjwala Karmacharya, Prakash Chaudhary | Jung-Ae Kim, Byeong-Seon Jeong              | Dongchul Lim, Sadan Dahal, Bhuwan Prasad Awasthi, Hee Dong Park  | 5.275 |
|    | Synthesis and anticancer evaluation of 6-azacyclonol-2,4,6-trimethylpyridin-3-ol derivatives: M3 muscarinic acetylcholine receptor-mediated anticancer activity of a cyclohexyl derivative in androgen-refractory prostate cancer |     |        |  |   |  | 14.91 |
| 6  | INFLAMMATORY BOWEL DISEASES   | 27  | 914    | Suhrid Banskota, Huaqing Wang          | Waliul I. Khan                              | Yun Han Kwon, Jaya Gautam, Pallavi Gurung, Sabah Haq, Nazmul Hassan, Dawn M. Bowdish, Jung-Ae Kim, David Carling, Morgan D. Fullerton, Gregory R. Steinberg, | 5.325 |
|    | Salicylates Ameliorate Intestinal Inflammation by Activating Macrophage AMPK  |     |        |  |   |  | 32.07 |
| 7  | BIOORGANIC & MEDICINAL CHEMISTRY LETTERS  | 43  | 128059 | Ujjwala Karmacharya                    | Jung-Ae Kim, Byeong-Seon Jeong, Tae-gyu Nam | Sushil Chandra Regmi, Bhuwan Prasad Awasthi, Prakash Chaudhary, Ye Eun Kim, Iyn-Hyang Lee  | 2.823 |
|    | Synthesis and activity of N-(5-hydroxy-3,4,6-trimethylpyridin-2-yl) acetamide analogues as anticolitis agents via dual inhibition of TNF- $\alpha$ - and IL-6-induced cell adhesions  |     |        |  |   |  | 42.98 |
| 8  | JOURNAL OF ENZYME   | 36  | 1884   | Bhuwan Prasad                          | Jung-Ae Kim,                                | Prakash Chaudhary , Diwakar Guragain , Jun-Goo Jee   | 5.051 |

|    |  |       |        |  |                            |  |        |
|----|--|-------|--------|--|----------------------------|--|--------|
|    | INHIBITION AND MEDICINAL CHEMISTRY   |       |        | Awasthi                                  | Byeong-Seon Jeong          |  |        |
|    | Synthesis and anti-hepatocellular carcinoma activity of aminopyridinol-sorafenib hybrids   |       |        |  |                            |  | 21.43  |
| 9  | JOURNAL OF HEMATOLOGY & ONCOLOGY   | 13    | 123    | Young Sun Choi                           |                            | Hyeonha Jang;Biki Gupta;Ji-Hak Jeong;Yun Ge;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim;Jong-Sup Bae;Im-Sook Song;In-San Kim;You Mie Lee  | 17.388 |
|    | Tie2-mediated vascular remodeling by ferritin-based protein C nanoparticles confers antitumor and anti-metastatic activities   |       |        |  |                            |  | 3.29   |
| 10 | ACS Nano   | 14(9) | 11040  | Kishwor Poudel                           | Jong Oh Kim                | Sungjae Park;Jungho Hwang;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim;Jeong Hoon Byeon   | 15.881 |
|    | Photothermally Modulatable and Structurally Disintegratable Sub-8-nm AuAg9 Embedded Nanoblocks for Combination Cancer Therapy Produced by Plug-in Assembly   |       |        |  |                            |  | 6.16   |
| 11 | ACTA BIOMATERIALIA   | 115   | 371    | Cao Dai Phung                            | Jong Oh Kim                | Thanh Tung Pham;Hanh Thuy Nguyen;Tien Tiep Nguyen;Wenquan Ou;Jee-Heon Jeong;Han-Gon Choi;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim                                       | 8.947  |
|    | Anti-CTLA-4 antibody-functionalized dendritic cell-derived exosomes targeting tumor-draining lymph nodes for effective induction of antitumor T-cell responses   |       |        |  |                            |  | 10.56  |
| 12 | CARBOHYDRATE POLYMERS  | 249   | 116815 | Kishwor Poudel                           | Chul Soon Yong;Jong Oh Kim | Asmita Banstol;Tuan Hiep Tran;Raj Kumar Thapa;Milan Gautam;Wenquan Ou;Le Minh Pham;Srijan Maharjan;Jee-Heon Jeong;Sae Kwang Ku;Han-Gon Choi;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim | 9.381  |
|    | Hyaluronic acid wreathed, trio-stimuli receptive and on-demand triggerable nanoconstruct for anchored combinatorial cancer therapy   |       |        |  |                            |  | 2.894  |
| 13 | ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES   | 12    | 56767  | Kishwor Poudel                           | Jong Oh Kim                | Asmita Banstola;Milan Gautam;Zarchi Soe;Cao Dai Phung;Le Minh Pham;Jee-Heon Jeong;Han-Gon Choi;Sae Kwang Ku;Tuan Hiep Tran;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim                  | 9.229  |
|    | Macrophage-Membrane-Camouflaged Disintegrable and Excretable Nanoconstruct for Deep Tumor Penetration  |       |        |  |                            |  | 13.06  |
| 14 | INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICS   | 592   | 120039 |  |                            | Jung Suk Kim;Fakhar ud Din;Sang Min Lee;Dong Shik Kim;Yoo Jin Choi;Mi Ran Woo;Jong Oh Kim;Yu Seok Youn;Sung Gyu Jin;Han-Gon Choi                                       | 3.061  |
|    | Comparative study between high-pressure homogenisation and Shirasu porous glass membrane technique in sildenafil base-loaded solid SNEDDS: Effects on physicochemical properties and in vivo characteristics |       |        |  |                            |  | 30.82  |
| 15 | JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE  | 329   | 524    | Hanh Thuy Nguyen;Cao Dai Phung;Tuan Hiep | Chul Soon Yong;Jong Oh Kim | Hanh Thuy Nguyen;Cao Dai Phung;Tuan Hiep Tran;Tung Thanh Pham;Le Minh Pham;Tiep Tien Nguyen;Jee-Heon Jeong;Han-Gon Choi;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim        | 9.776  |

|    |   |       |         |                                       |                            |  |        |
|----|---|-------|---------|---------------------------------------|----------------------------|--|--------|
|    |   |       |         | Tran                                  |                            |  |        |
|    | Manipulating Immune System using Nanoparticles for an Effective Cancer Treatment: Combination of Targeted Therapy and Checkpoint Blockage miRNA   |       |         |                                       |                            |  | 3.45   |
| 16 | Nanoscale   | 13(1) | 1231    | Kishwor Poudel                        | Jong Oh Kim                | Kishwor Poudel;Asmita Banstola;Milan Gautam;Zar Chi Soe;Le Minh Pham;Jee-Heon Jeong;Han-Gon Choi;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Tuan Hiep Tran;Jong Oh Kim  | 7.79   |
|    | Redox/photo dual-responsive, self-targeted, and photosensitizer-laden bismuth sulfide nanourchins for combination therapy in cancer   |       |         |                                       |                            |  | 14.06  |
| 17 | Biomaterials  | 269   | 120677  | Le Minh Pham;Eok-Cheon Kim;Wenquan Ou | Jong Oh Kim                | Le Minh Pham;Eok-Cheon Kim;Wenquan Ou;Cao Dai Phung;Tien Tien Nguyen;Thanh Tung Pham;Kishwor Poudel;Milan Gautam;Hanh Thuy Nguyen;Jee-Heon Jeong;Chul Soon Yong;So-Young Park;Jae-Ryong Kim;Jong Oh Kim    | 12.479 |
|    | Targeting and clearance of senescent foamy macrophages and senescent endothelial cells by antibody-functionalized mesoporous silica nanoparticles for alleviating aorta atherosclerosis |       |         |                                       |                            |  | 2.78   |
| 18 | Biotechnology Journal   | 16    | 1900408 | Thiruganesh Ramasamy                  | Jong Oh Kim                | Thiruganesh Ramasamy;Shankar Munusamy;Hima Bindu Ruttala;Jong Oh Kim   | 4.677  |
|    | Smart nanocarriers for the delivery of nucleic acid-based therapeutics: A comprehensive review  |       |         |                                       |                            |  | 17.53  |
| 19 | ACS Applied Materials & Interfaces  | 13    | 5999    | Cao Dai Phung;Tuan Hiep Tran          | Chul Soon Yong;Jong Oh Kim | Cao Dai Phung;Tuan Hiep Tran;Ju-Yeon Choi;Jee-Heon Jeong;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Jong Oh Kim   | 9.229  |
|    | Pre- and post-transcriptional regulation of cFLIP for effective cancer therapy using pH-ultrasensitive nanoparticles  |       |         |                                       |                            |  | 13.06  |
| 20 | INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICS  | 597   | 12377   |                                       |                            | Ji Eun Choi;Jung Suk Kim;Min-Jong Choi;Kyungho Baek;Mi Ran Woo;Jong Oh Kim;Han-Gon Choi;Sung Gyu Jin   | 3.061  |
|    | Effects of different physicochemical characteristics and supersaturation principle of solidified SNEDDS and surface-modified microspheres on the bioavailability of carvedilol          |       |         |                                       |                            |  | 30.82  |
| 21 | INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICS  | 605   | 120816  | Le Minh Pham;Kishwor Poudel           | Jong Oh Kim                | Le Minh Pham;Kishwor Poudel;Wenquan Ou;Cao Dai Phung;Hanh Thuy Nguyen;Bao Loc Nguyen;Prajeena Karmacharya;Mahesh Pandit;Jae-Hoon Chang;Jee-Heon Jeong;Sae Kwang Ku;Chul Soon Yong;Han-Gon Choi;Jong Oh Kim | 3.061  |
|    | Combination chemotherapeutic and immune-therapeutic anticancer approach via anti-PD-L1 antibody conjugated albumin nanoparticles  |       |         |                                       |                            |  | 30.82  |
| 22 | INTERNATIONAL JOURNAL OF  | 16    | 5797    |                                       |                            | Jung Suk Kim;Fakhar ud Din;Sang Min Lee; Dong Shik Kim; Mi Ran Woo; Seunghyun Cheon; Sang Hun Ji; Jong Oh Kim; Yu Seok Youn;   | 6.4    |

|    |  |             |      |   |                              |   |       |
|----|--|-------------|------|---|------------------------------|---|-------|
|    | NANOMEDICINE   |             |      |   |                              | Kyung Taek Oh; Soo-Jeong Lim; Sung Gyu Jin; Han-Gon Choi  |       |
|    | Comparison of Three Different Aqueous Microenvironments for Enhancing Oral Bioavailability of Sildenafil: Solid Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System, Amorphous Microspheres and Crystalline Microspheres |             |      |   |                              |   | 10.00 |
| 23 | Archives of Pharmacal Research   | 43(10)      | 997  | Duc-Vinh Pham   | Pil-Hoon Park                |   | 4.946 |
|    | Recent insights on modulation of inflammasomes by adipokines: a critical event for the pathogenesis of obesity and metabolism-associated diseases  |             |      |   |                              |   | 24.55 |
| 24 | Biochemical Pharmacology   | 180         | 1    | Pawan Kumar Raut  | Pil-Hoon Park                |   | 5.858 |
|    | Globular adiponectin antagonizes leptin-induced growth of cancer cells by modulating inflammasomes activation: Critical role of HO-1 signaling   |             |      |   |                              |   | 14.00 |
| 25 | Biochemical Pharmacology   | 180         | 1    | Nikita Katila   |                              | Sunil Bhurtel; Pil-Hoon Park; Jin Tae Hong; Dong Young Choi   | 5.858 |
|    | Activation of AMPK/aPKC zeta/CREB pathway by metformin is associated with upregulation of GDNF and dopamine  |             |      |   |                              |   | 14.00 |
| 26 | International Journal of Molecular Sciences  | 22          | 1444 | Duc-Vinh Pham   | Pil-Hoon Park                |   | 5.923 |
|    | Tumor Metabolic Reprogramming by Adipokines as a Critical Driver of Obesity-Associated Cancer Progression  |             |      |   |                              |   | 32.39 |
| 27 | Molecular Oncology   | 15          | 657  | Duc-Vinh Pham   | Pil-Hoon Park                | Nirmala Tilija Pun  | 6.603 |
|    | Autophagy activation and SREBP-1 induction contribute to fatty acid metabolic reprogramming by leptin in breast cancer cells   |             |      |   |                              |   | 21.28 |
| 28 | BULLETIN OF THE KOREAN CHEMICAL SOCIETY  | 42(3)       | 372  | Aarajana Shrestha; Ritina Shrestha; Sumin Lee             | Pil-Hoon Park; Eung-Seok Lee |   | 0.95  |
|    | 6-Hydroxy-benzofuran-3-(2H)-ones as Potential Anti-inflammatory Agents: Synthesis and Inhibitory Activity of LPS-stimulated ROS Production in RAW 264.7 Macrophage   |             |      |   |                              |   | 52.02 |
| 29 | BIOORGANIC CHEMISTRY   | 108(104681) | 1    | Pritam Thapa  | Pritam Thapa                 | Sunil P. Upadhyay; William Z. Suo; Vikas Singh; Prajwal Gurung; Eung Seok Lee; Ram Sharma; Mukut Sharma | 5.275 |
|    | Chalcone and its analogs: Therapeutic and diagnostic applications in Alzheimer's disease   |             |      |   |                              |   | 14.91 |
| 30 | BIOORGANIC CHEMISTRY   | 111(104884) | 1    | Til Bahadur Thapa Magar; Seung Hee Seo; Aarajana Shrestha | Youngjoo Kwon; Eung-Seok Lee | Jeong-Ahn Kim; Surendra Kunwar; Ganesh Bist   | 5.275 |
|    | Synthesis and structure-activity relationships of hydroxylated and halogenated 2,4-diaryl benzofuro[3,2-b]pyridin-7-ols as selective topoisomerase II $\alpha$   |             |      |   |                              |   | 14.91 |

|    |  |        |         |                                     |                               |  |        |
|----|--|--------|---------|-------------------------------------|-------------------------------|--|--------|
|    | inhibitors   |        |         |                                     |                               |  |        |
| 31 | Biomedicine & Pharmacotherapy  | 142    | 112042  | Manju Shrestha                      | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Tiep Tien Nguyen; Jooho Park; Jeong Uk Choi  | 6.529  |
|    | Immunomodulation effect of mesenchymal stem cells in islet transplantation   |        |         |                                     |                               |  | 5.91   |
| 32 | JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE  | 337    | 505     | Asmita Banstola                     | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Kishwor Poudel, Jong Oh Kim  | 9.776  |
|    | Recent progress in stimuli-responsive nanosystems for inducing immunogenic cell death  |        |         |                                     |                               |  | 3.45   |
| 33 | JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE  |        | 274     | Tiep Tien Nguyen                    | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Cao Dai Phung, Jong Oh Kim, Chul Soon Yong, Jae-Ryong Kim  | 9.776  |
|    | The impact of locally-delivered tacrolimus-releasing microspheres and polyethylene glycol-based islet surface modification on xenogeneic islet survival                  |        |         |                                     |                               |  | 3.45   |
| 34 | Advanced Functional Materials  | 31(21) | 2010169 | Tung Thanh Pham                     | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Phuong Le Tran; Cao Dai Phung; Hanh Thuy Nguyen; Canh Hung Nguyen; Chul Soon Yong; Jong Oh Kim                           | 18.808 |
|    | Surface-Triggered In Situ Gelation for Tunable Conformal Hydrogel Coating of Therapeutic Cells and Biomedical Devices  |        |         |                                     |                               |  | 4.35   |
| 35 | ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES   | 13(19) | 22955   | Asmita Banstola                     | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook | Kishwor Poudel; Shiva Pathak; Prakash Shrestha; Jong Oh Kim  | 9.229  |
|    | Hypoxia-Mediated ROS Amplification Triggers Mitochondria-Mediated Apoptotic Cell Death via PD-L1/ROS-Responsive, Dual-Targeted, Drug-Laden Thioketal Nanoparticles       |        |         |                                     |                               |  | 13.06  |
| 36 | NANOMEDICINE-NANOTECHNOLOGY BIOLOGY AND MEDICINE   | 33     | 102349  | Asmita Banstola                     | Jong Oh Kim; Simmyung Yook    | Kishwor Poudel; Fakhrossadat Emami; Sae Kwang Ku; Jee-Heon Jeong   | 6.458  |
|    | Localized therapy using anti-PD-L1 anchored and NIR-responsive hollow gold nanoshell (HGNS) loaded with doxorubicin (DOX) for the treatment of locally advanced melanoma |        |         |                                     |                               |  | 19.64  |
| 37 | Journal of Pharmaceutical Investigation  | 51     | 465     | Ramesh Duwa                         | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook |  |        |
|    | Development of immunotherapy and nanoparticles-based strategies for the treatment of Parkinson's disease   |        |         |                                     |                               |  |        |
| 38 | BIOMATERIALS   | 271    | 102752  | Shobha Regmi; Yoojin Seo, Ji-Su Ahn | Jee-Heon Jeong; Hyung-Sik Kim | Shiva Pathak, Suman Acharya, Tiep Tien Nguyen, Simmyung Yook, Jong-Hyuk Sung, Jun-Beom Park, Jong Oh Kim, Chul Soon Yong | 12.479 |
|    | Heterospheroid formation improves therapeutic efficacy of mesenchymal stem cells in murine colitis through immunomodulation and epithelial regeneration                  |        |         |                                     |                               |  | 2.78   |

|    |  |        |        |   |                                |   |       |
|----|--|--------|--------|---|--------------------------------|---|-------|
| 39 | JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY B   | 9(11)  | 2631   | Seong Ik Jeon; Jee-Heon Jeong; Ju Eun Kim       | Youngro Byun; Cheol-Hee Ahn    | Muhammad R. Haque, Jungahn Kim  | 6.331 |
|    | Synthesis of PEG-dendron for surface modification of pancreatic islets and suppression of the immune response  |        |        |   |                                |   | 28.75 |
| 40 | Journal of Industrial and Engineering Chemistry  | 94     | 62     | Ramesh Duwa                                     | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook  |   | 6.064 |
|    | Immunotherapeutic strategies for the treatment of ovarian cancer: current status and future direction  |        |        |   |                                |   | 15.73 |
| 41 | PHARMACEUTICS  | 13(2)  | 1      | Mahsa Keihan Shokooh; Fakhrossadat Emami        | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook  |   | 6.321 |
|    | Bio-Inspired and Smart Nanoparticles for Triple Negative Breast Cancer Microenvironment  |        |        |   |                                |   | 10.36 |
| 42 | ADVANCED HEALTHCARE MATERIALS  | 10(2)  | 1      | Shiva Pathak; Suman Acharya                     | Jee-Heon Jeong; Jae Hoon Chang | Shobha Regmi; Prakash Shrestha; Zhiwei You; Young Kyung Bae; Min Hui Park; Simmyung Yook; Jae-Ryong Kim; So Young Park; Daewon Jeong; Chul Soon Yong; Jong Oh Kim | 9.933 |
|    | Particulate-Based Single-Dose Local Immunosuppressive Regimen for Inducing Tolerogenic Dendritic Cells in Xenogeneic Islet Transplantation   |        |        |   |                                |   | 8.33  |
| 43 | JOURNAL OF CONTROLLED RELEASE  | 329    | 645    | Fakhrossadat Fakhrossadat Emami; Jee-Heon Jeong | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook  | Shiva Pathak; Tiep Tien Nguyen, Prakash Shrestha, Srijan Maharja, Jong Oh Kim   | 9.776 |
|    | Photoimmunotherapy with cetuximab-conjugated gold nanorods reduces drug resistance in triple negative breast cancer spheroids with enhanced infiltration of tumor-associated macrophages |        |        |   |                                |   | 3.45  |
| 44 | JOURNAL OF DRUG DELIVERY SCIENCE AND TECHNOLOGY  | 60     | 101928 | Ramesh Dewa                                     |                                | Asmita Banstola; Fakhrossadat Emami; Sooyeon Lee  | 3.981 |
|    | Cetuximab conjugated temozolomide-loaded poly (lactic-co-glycolic acid) nanoparticles for targeted nanomedicine in EGFR overexpressing cancer cells                                      |        |        |   |                                |   | 40.55 |
| 45 | Journal of Industrial and Engineering Chemistry  | 91     | 121    | Shiva Pathak                                    | Jee-Heon Jeong; Simmyung Yook  | Shobha Regmi, Mahesh Raj Nepal, Prakash Shrestha, Jeong Uk Choi   | 6.064 |
|    | Single-dose intraperitoneal delivery of FK506-encapsulated polymeric microspheres for the alleviation of murine colitis  |        |        |   |                                |   | 15.73 |
| 46 | MOLECULAR PHARMACEUTICS  | 17(11) | 4386   | Asmita Banstola                                 | Simmyung Yook                  | Ramesh Duwa; Fa   | 3.5   |
|    | Enhanced Caspase-Mediated Abrogation of Autophagy by Temozolomide-Loaded and Panitumumab-Conjugated Poly(lactico-glycolic acid) Nanoparticles in   |        |        |   |                                |   | 22.68 |

|    |   |         |          |  |  |  |       |
|----|---|---------|----------|--|--|--|-------|
|    | Epidermal Growth Factor Receptor Overexpressing Glioblastoma Cells  |         |          |  |  |  |       |
| 47 | Acta Biomaterialia  | 114     | 16       | Asmita Banstola                                  | Jee-Heon Jeong;<br>Simmyung Yook                 |  | 8.947 |
|    | Immunoadjuvants for cancer immunotherapy: A review of recent developments   |         |          |  |  |  | 10.56 |
| 48 | Bioorganic Chemistry  | 102(9)  | 104095-1 | Punam Thapa                                      | Joo-Won Nam;<br>Jae-Hoon Chang                   | Ye Gu; Yun-Seo Kil; Su Cheol Ba <sup>ㅍ</sup> ; Ki Hyun Kim; Ah-Reum Han; Eun Kyoung Seo; Hyukjae Choi                            | 5.275 |
|    | N-Acetyldopamine derivatives from Periostracum Cicadae and their regulatory activities on Th1 and Th17 cell differentiation   |         |          |  |  |  | 14.91 |
| 49 | European Journal of Pharmacology  | 883(0)  | 173305-1 | Mahesh Sapkota                                   | Hyukjae Choi;<br>Yunjo Soh                       | Ming Gao; Liang Li; Ming Yang; Saroj Kumar Shrestha  | 4.432 |
|    | Macrolactin A protects against LPS-induced bone loss by regulation of bone remodeling   |         |          |  |  |  | 31.09 |
| 50 | Journal of Natural Products   | 83(10)  | 3166     | Jihye Lee;<br>Chathurika. D. B. Gamage           | Hangun Kim;<br>Sang-Jip Nam;<br>William Fenical  | Geum Jin Kim; Prima F. Hillman; Chaeyoung Lee; Eun Young Lee; Hyukjae Choi   | 4.05  |
|    | Androsamide, a Cyclic Tetrapeptide from a Marine Nocardiopsis sp., Suppresses Motility of Colorectal Cancer Cells             |         |          |  |  |  | 18.94 |
| 51 | Bioorganic Chemistry  | 105(12) | 104434-1 | Ji Won Choi;<br>Geum Jin Kim;<br>Hyeon Jeong Kim | Hyukjae Choi;<br>Ki Duk Park                     | Joo-Won Nam; Jushin Kim; Jungwook Chin; Jong-Hyun Park   | 5.275 |
|    | Identification and evaluation of a napyradiomycin as a potent Nrf2 activator: Anti-oxidative and anti-inflammatory activities |         |          |  |  |  | 14.91 |
| 52 | Biochemical Systematics and Ecology   | 93(6)   | 104178-1 | Sunil Babu Paudel                                | Joo-Won Nam                                      | Ah-Reum Han; Hyukjae Choi  | 1.381 |
|    | Phytochemical constituents of leaves and twigs of Elaeagnus umbellata   |         |          |  |  |  | 80.42 |
| 53 | Journal of Antibiotics  | 73(12)  | 859      | Gil Soo Kim                                      | Jae-Hyuk Jang;<br>Jong Seog Ahn                  | Geum Jin Kim; Byeongsan Lee; Tae Hoon Oh; Mincheol Kwon; Jung-Sook Lee; Jun-Pil Jang; Hyukjae Choi; Sung-Kyun Ko; Young-Soo Hong | 2.649 |
|    | Highly oxygenated angucycline from Streptomyces sp. KCB15JA014  |         |          |  |  |  | 64.47 |
| 54 | Bioorganic Chemistry  | 106(1)  | 104493-1 | Punam Thapa;<br>Nikita Katila                    | Dong-Young Choi;<br>Hyukjae Choi;<br>Joo-Won Nam |  | 5.275 |
|    | Suntamide A, a neuroprotective cyclic peptide from Cicadidae Periostracum   |         |          |  |  |  | 14.91 |
| 55 | Journal of Asian Natural Products Research  | 23(1)   | 55       | Eonmi Kim;<br>Sae-Kwang Ku                       | Hyukjae Choi;<br>Jong-Sup Bae                    | Sumin Yang; Bong-Seon Lee; Geum Jin Kim  | 1.569 |

|    |  |        |          |  |   |  |       |
|----|--|--------|----------|--|---|--|-------|
|    | Collismycin C reduces HMGB1-mediated septic responses and improves survival rate in septic mice  |        |          |  |   |  | 61.49 |
| 56 | Antioxidants   | 10(2)  | 242-1    | Geumjin Kim  | Seong-Soo Roh; Hyukjae Choi                 | Songhee Park; Eonmi Kim; Hyukbean Kwon; Hae-Jin Park; Joo-Won Nam  | 6.312 |
|    | Antioxidant, Pancreatic Lipase Inhibitory, and Tyrosinase Inhibitory Activities of Extracts of the Invasive Plant <i>Spartina anglica</i> (Cord-Grass)                           |        |          |  |   |  | 7.29  |
| 57 | Molecules  | 26(6)  | 1762-1   | Punam Thapa; Yoo Jin Lee                                     | Joo-Won Nam; Eun Kyoung Seo                 | Tiep Tien Nguyen; Donglan Piao; Hwaryeong Lee; Sujin Han; Yeon Jin Lee; Ah-Reum Han; Hyukjae Choi; Jee-Heon Jeong  | 4.411 |
|    | Eudesmane and Eremophilane Sesquiterpenes from the Fruits of <i>Alpinia oxyphylla</i> with Protective Effects against Oxidative Stress in Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells |        |          |  |   |  | 35.11 |
| 58 | Marine Drugs   | 19(4)  | 210-1    | Sullim Lee; Geum Jin Kim                                     | Hyukjae Choi; Ki Sung Kang                  | Hyukbean Kwon; Joo-Won Nam; Ji Yun Baek; Sang Hee Shim   | 5.118 |
|    | Estrogenic Effects of Extracts and Isolated Compounds from Belowground and Aerial Parts of <i>Spartina anglica</i>   |        |          |  |   |  | 18.25 |
| 59 | Molecules  | 26(13) | 3937-1   | Hae-Jung Chae  | Hyukjae Choi; Sung-Suk Suh                  | Geum-Jin Kim; Barsha Deshar; Hyun-Jin Kim; Min-Ji Shin; Hyukbean Kwon; Ui-Joung Youn; Joo-Won Nam; Sung-Hak Kim  | 4.411 |
|    | Anticancer Activity of 2-O-caffeoyl Aliphatic Acid Extracted from the Lichen, <i>Usnea barbata</i> 2017-KL-10  |        |          |  |   |  | 35.11 |
| 60 | Pharmaceutics  | 13(7)  | 1031-1   | Zhexue Wu; Geum Jin Kim                                      | Kwang-Hyeon Liu; Hyukjae Choi               | So-Young Park; Jong Cheol Shon   | 6.321 |
|    | In vitro Metabolism Study of Seongsanamide A in Human Liver Microsomes Using Non-Targeted Metabolomics and Feature-Based Molecular Networking                                    |        |          |  |   |  | 10.36 |
| 61 | Biomolecules   | 11(7)  | 1033-1   | Ji Hwan Lee; Sullim Lee                                      | Sang Hee Shim; Ki Sung Kang                 | Quynh Nhu Nguyen; Hung Manh Phung; Myoung-Sook Shin; Jae-Yong Kim; Hyukjae Choi  | 4.879 |
|    | Identification of the Active Ingredient and Beneficial Effects of <i>Vitex rotundifolia</i> Fruits on Menopausal Symptoms in Ovariectomized Rats                                 |        |          |  |   |  | 32.15 |
| 62 | Bioorganic Chemistry   | 113(8) | 105027-1 | Tara Man Kadayat; Dong Eun Kim; Sang Bong Lee; Kyungjin Jung | Jung Jin Hwang; Sung Jin Cho; Jungwook Chin | Sang Eun Park; Ji-Ye Hong; Jina Kim; Aarajana Shrestha; Dong-Su Kim; Hongchan An; Nayeon Kim; Su-Jeong Lee; Sugyeong Kwon; Suhui Kim; Jun Yeon Hwang; Shinae Kim; Dongyup Hahn; Hyukjae Choi; Sang-Jip Nam; Yong Hyun Jeon | 5.275 |
|    | Antioxidative and anti-inflammatory activity of psiguadial B and its halogenated analogues as potential neuroprotective agents   |        |          |  |   |  | 14.91 |
| 63 | Plants-Basel   | 10(8)  | 1661-1   | Bo-Ram Kim; Sunil Babu Paudel; Ah-Reum Han                   | Joo-Won Nam                                 | Jisu Park; Yun-Seo Kil; Hyukjae Choi; Yeo Gyeong Jeon; Kong Young Park; Si-Yong Kang; Chang Hyun Jin; Jin-Baek Kim   | 3.935 |

|    |   |       |       |                                      |                               |  |       |
|----|---|-------|-------|--------------------------------------|-------------------------------|--|-------|
|    | Metabolite Profiling and Dipeptidyl Peptidase IV Inhibitory Activity of Coreopsis Cultivars in Different Mutations  |       |       |                                      |                               |  | 19.79 |
| 64 | Marine Drugs  | 19(8) | 465-1 | So Young Kim;<br>Myoung-Sook<br>Shin | Ki Sung Kang;<br>Hyukjae Choi | Geum Jin Kim; Hyukbean Kwon; Myong Jin Lee<br>Ah-ReumHan4,Joo-WonNam1,Chan-HunJung | 5.118 |
|    | Inhibition of A549 Lung Cancer Cell Migration and Invasion by Ent-Caprolactin C via the Suppression of Transforming Growth Factor- $\beta$ -Induced Epithelial-Mesenchymal Transition |       |       |                                      |                               |  | 18.25 |

첨부5. 참여교원 특허실적

| 국가   | 구분 | 연번 | 특허번호            | 발명의명칭   | 출원(등록)기관                       | 출원(등록)일  |
|------|----|----|-----------------|---|--------------------------------|----------|
| 대한민국 | 등록 | 1  | 10-2157045-0000 | 흑린 나노시트를 사용한 약물 전달체   | 영남대학교 산학협력단                    | 20200911 |
|      |    | 2  | 10-2168008-0000 | 자가미세유화 약물전달시스템을 이용한 실데나필 유리염기의 경구용 고형제제 조성물   | 단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단              | 20201014 |
|      |    | 3  | 10-2168395-0000 | 용해도가 개선된 실데나필 유리염기 고체분산체 및 이의 제조방법  | 한양대학교 에리카 산학협력단                | 20201015 |
|      |    | 4  | 10-2195162-0000 | 타다라필 함유 고체분산체 및 이의 제조방법   | 단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단              | 20201218 |
|      |    | 5  | 10-2244717-0000 | 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 타다라필의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법                                       | 단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단              | 20210421 |
|      |    | 6  | 10-2290670-0000 | 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 리바록사반의 경구용 고형제 조성물 및 이의 제조방법                                      | 단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단              | 20210811 |
|      |    | 7  | 10-2245670-0000 | 신규한 6-헥테로아릴아미노-2,4,5-트라이메틸피리딘-3-올 화합물, 또는 이를 포함하는 염증성 장질환 및 자가면역 질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물 | 영남대학교 산학협력단                    | 20210422 |
|      |    | 8  | 10-2080689-0000 | 폴리도파민으로 코팅된 폴리(락틱-코-글리콜산) 마이크로스피어 및 이를 이용한 세포 표면 개질 방법                                | 영남대학교 산학협력단                    | 20200218 |
|      |    | 9  | 10-2172094-0000 | 마이크로스피어-줄기세포 하이브리드 및 이의 약제학적 용도   | 영남대학교 산학협력단                    | 20201026 |
|      |    | 10 | 10-2139205-0000 | 세포외 기질 성분을 포함하는 줄기세포의 배양 및 이식용 지지체 및 이의 용도  | 영남대학교 산학협력단                    | 20200723 |
|      |    | 11 | 10-2281506-0000 | 2,2'-바이피리딘 화합물을 포함하는 호흡기 질환 예방 또는 치료용 조성물   | 영남대학교산학협력단,경북대학교병원,경북대학교 산학협력단 | 20210723 |
|      |    | 12 | 10-2288996-0000 | 알지네이트 겔을 이용한 미세캡슐 조성물 및 이의 제조방법   | 영남대학교산학협력단                     | 20210805 |
|      | 출원 | 1  | 10-2020-0178336 | 항체 삽입된 엑소좀 나노입자 조성물 및 이의 의학적 용도   | 영남대학교 산학협력단                    | 20201218 |
|      |    | 2  | 10-2021-0012068 | 면역 체크포인트 억제제 및 AMPK 활성화제를 유효성분으로  | 영남대학교 산학협력단                    | 20210128 |

|    |    |   |                 |  |                               |          |
|----|----|---|-----------------|--|-------------------------------|----------|
|    |    |   |                 | 함유하는 암질환 예방 또는 치료용 조성물                                 |                               |          |
|    |    | 3 | 10-2021-0049777 | 자가나노유화 약물전달시스템을 이용한 니클로사마이드 함유<br>경구 투여용 조성물 및 이의 제조방법 | 영남대학교 산학협력단                   | 20210416 |
|    |    | 4 | 10-2021-0049776 | 경구 생체 이용률이 증가된 니클로사마이드 함유 고체분산체<br>및 이의 제조방법           | 영남대학교 산학협력단                   | 20210416 |
|    |    | 5 | 10-2021-0066083 | 메티오닌을 이용한 항암면역 병용 치료                                   | 영남대학교 산학협력단                   | 20210524 |
|    |    | 6 | 10-2021-0056162 | 피부투과도가 상승된 아시클로버를 함유한<br>외용투명필름형성겔 제제의 개발 및 제조방법       | 단국대학교 천안캠퍼스<br>산학협력단          | 20210430 |
|    |    | 7 | 10-2021-0041384 | 갯끈풀 추출물을 유효성분으로 함유하는 여성갱년기증후군<br>완화용 조성물               | 영남대학교산학협력단,가천<br>대학교 산학협력단    | 20210330 |
|    |    | 8 | 10-2021-0028379 | CYP1A 억제용 화합물 및 이를 포함한 CYP1A 억제용 조성물                   | 영남대학교<br>산학협력단,경북대학교<br>산학협력단 | 20210303 |
| 미국 | 출원 | 1 | 17/423,108      | 알지네이트 겔을 이용한 미세캡슐 조성물 및 이의 제조방법                        | 영남대학교 산학협력단                   | 20210715 |
| 유럽 | 출원 | 2 | 19910563.6      | 알지네이트 겔을 이용한 미세캡슐 조성물 및 이의 제조방법                        | 영남대학교 산학협력단                   | 20210714 |