

11-1543  
000-002  
177-01

발간등록번호

11-1543000-002177-01

식품내에 존재하는 곰팡이독소 검출키트 개발연구 기획

최종 보고서

2018

농림축산식품부

고부가가치식품기술개발사업  
R&D Report

식품 내에 존재  
하는 곰팡이독소  
검출키트 개발  
연구 기획  
최종보고서

2018. 04. 10.

주관연구기관 / (주)바이오세상

농림축산식품부

## 2. 제출문

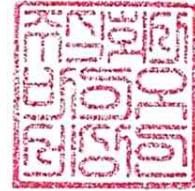
# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “고부가가치식품기술개발사업”(개발기간 : 2017 .11. ~ 2018.01.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018 . 01. 31.

주관연구기관명 : (주)바이오세상 (이강일)



주관연구책임자 : 박선홍



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의  
합니다.

### 3. 보고서 요약서

#### 보고서 요약서

과제고유번호	117093	해당 단계 연구 기간	2017.11.01.-20 18.01.31	단계 구분	(해당단계)/ (총 단계)
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	고부가가치식품기술개발사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	기획지원과제			
연구책임자	박선희	해당단계 참여 연구원 수	총: 4명 내부: 4명 외부:    명	해당단계 연구개발비	정부: 2,000천원 민간:     천원 계: 2,000천원
		총연구기간 참여 연구원 수	총: 4명 내부:    명 외부:    명	총연구개발비	정부:2,000천원 민간:     천원 계: 2,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)바이오세상 기업부설 연구소			참여기업명	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 곰팡이독소의 오염현황과 논문 및 특허 검색을 통해 곰팡이 독소에 대한 연구동향을 파악함</li> <li>○ 국내외 곰팡이독소 저감화 관련 연구 수준의 진단 및 비교분석을 실시함</li> <li>○ 또한 국내외에서 개발되고 있는 저감화 기술 수준을 조사</li> <li>○ 국내의 경우 아플라톡신에 중점을 둔 저감화 선행연구를 확인함</li> <li>○ 연구수행을 통해 우선시 되어야할 식품 매트릭스로는 수입 농산물 중 곡류로 선정을 완료함</li> </ul>				보고서 면수  120	

#### 4. 국문 요약문

		코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 곰팡이독소 종류와 연구동향 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대표적인 곰팡이독소로 알려진 아플라톡신을 비롯하여 오크라톡신, 데옥시니발레놀, 푸모니신, 시트리닌 등 식품 내의 곰팡이독소를 분류한 후, 연구방향을 설정함</li> <li>- 논문이나 특허 검색을 통해 각 곰팡이독소에 대한 특징 및 연구 방향을 파악</li> </ul> </li> <li>○ 곰팡이독소 검출 대상 범위 선정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 대부분 수입·유통과정에서 문제가 되는 농산물과 가축사료에 대한 곰팡이독소의 검출에 초점이 맞춰져 있는 실정임</li> <li>- 본 과제의 최종 목적은 식품 내에서 곰팡이독소를 검출할 수 있는 키트를 만드는 것이 주목적임</li> <li>- 이번 기획 과제에서 전문성 있는 컨설팅 업체의 시장조사 및 분석을 통해, 식품 중 검지할 곰팡이독소 타겟을 명확히 선정할 예정임</li> </ul> </li> <li>○ 각 곰팡이독소 검출 방법 최신 동향 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 곰팡이독소는 다양한 조건에서 쉽게 발생할 수 있으므로, 독소를 신속하게 검출 및 관리할 수 있는 신속 정밀 검출기술 개발의 필요성이 증가하고 있음</li> <li>- 현재 TLC, HPLC법으로 곰팡이독소를 검출하고 있지만, 이러한 검출법은 복잡한 시료 추출과정과 분석과정이 요구되어 독소의 정량까지 수일 이상의 시간이 필요함</li> <li>- 따라서 최근까지의 독소 검출 방법을 재검색하고 이를 해결할 수 있는 신속하고 간편한 검출 기술을 개발할 필요성이 있음</li> </ul> </li> <li>○ 컨설팅 업체를 통한 기술가치 상세 기획 추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 개발 기술의 독창성, 핵심성, 원천성, 혁신성, 기술 완성도 등을 검토하여 기술적 우수성을 도출하고 유사/경쟁기술 대비 강점을 발굴함</li> <li>- 대상 기술과 기술적 측면에서 유사한 기술을 조사하고, 대상기술과의 비교를 통해 차별화 특성을 심층적으로 분석할 예정임</li> <li>- 비즈니스 관점에서 기술 이해와 해석을 바탕으로 상용화 가능성을 상세히 예측할 예정임</li> <li>- 비즈니스 모델의 시장 매력도 측정을 위해 마케팅 컨셉에 대한 전문가 평가를 실시함</li> <li>- 우수 기술의 사업화 성공률을 제고하기 위해, 기술 및 시장 분석에 바탕을 둔 수요지향적 기술 사업화 전략 마련함</li> </ul> </li> </ul>	
연구개발성과		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 곰팡이독소 연구동향을 파악하기 위해 아플라톡신, 오크라톡신, 데옥시니발레놀, 제랄레논, 푸모니신 독소로 세분화 하여 국내외 논문 및 특허를 분석함               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2000년도 이후 각각의 곰팡이독소 관련 논문이 꾸준히 증가함을 확인함</li> <li>- 특허 출원 동향은 아플라톡신, 제랄레논의 비중이 높음을 확인함</li> <li>- 국가별 곰팡이독소 특허 출원 현황 분석 결과 한국의 출원 건수가 중국, 미국, 일본 등에 비해 현저히 적음을 확인함</li> <li>- 자료 분석 결과를 바탕으로 국외에서는 아플라톡신과 오크라톡신을 포함한 다양한 곰팡이독소 연구가 활발히 진행되는 반면, 국내에서의 곰팡이독소 연구는 아직 미비한 실정임을 확인함</li> <li>- 본 기획 과제를 통해 분석한 자료를 통해 현재 수준의 국내 연구 현황을 파악할 수 있었고 후속 과제를 수행하는데 타겟이 되는 곰팡이독소 대상 선정에의 중요한 기초 자료로 활용 될 수 있음</li> </ul> </li> <li>○ 곰팡이독소 대표물질들을 분류하고 특성을 분석하였으며 오염실태를 체계적으로 파악함               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국외의 경우 곰팡이독소를 포함한 오염물질의 모니터링 시스템이 체계적임</li> <li>- 반면, 국내의 경우 독성이 강하고 암을 유발하는 아플라톡신을 중심으로 모</li> </ul> </li> </ul>	

	<p>니터링이 진행되어 왔으며, 그 외 곰팡이독소는 일부 원료 및 곡물에 대해서 실시되었으나 오염실태 조사가 부족한 실정임을 확인함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대표적 곰팡이독소 특성 및 오염 현황을 조사하여 분석하였고 각 곰팡이독소 오염 대상물을 확인함</li> <li>○ 각 곰팡이독소 검출 방법 최신 동향 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 곰팡이독소는 면역친화컬럼을 이용하여 정제하고 HPLC를 이용하여 정량하는 분석 방법이 대부분을 차지함</li> <li>- 이러한 검출법은 복잡한 시료 추출과정과 분석과정이 요구되어 현장에서 추출 가능하지 않으며 추출 후 분석시간까지 수일 이상의 시간이 필요함</li> <li>- 최근 특이 항체를 이용한 효소면역검출방법을 통해 분석하는 방법 또한 수행되고 있지만 해당 항체 개발에 어려움이 있으며 현재 대부분 외국에서 수입하여 사용하고 있어 비용이 비싸다는 단점이 존재함</li> <li>- 이러한 동향 분석을 통한 자료를 바탕으로 본 과제에 적용할 현장 추출 표준용액 개발, 핵산 기반 인공항체와 나노/마이크로 입자가 적용된 종이 소자 개발 기술이 접목된 곰팡이독소 검출 키트 개발의 타당성을 도출함</li> </ul> </li> <li>○ 컨설팅 업체를 통한 기술가치 상세 기획 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵산 기반의 인공 항체와 관련된 분자진단은 한국, 호주, 일본 등에서 수요가 증가하고 있으며 현재 체외진단시장의 차지하는 비율은 낮지만 향후 높은 성장이 기대되는 검사법임</li> <li>- 국내 원천기술확보를 통하여 외산 제품 대체가 가능할 것으로 판단됨</li> <li>- 진단 검사 시장을 토대로 본 과제에서 수행할 곰팡이독소 검출 키트 개발 기술 경쟁력을 분석함</li> <li>- 전문 컨설팅을 통하여 본 과제를 수행하여 개발되는 제품과 관련된 특허를 분석하여 기술가치 평가를 수행하였고 기술의 경제적 유효수명은 8년, 현금흐름 추정기간은 11년이며 최종 기술 가치는 8,019,083,559원으로 평가됨</li> </ul> </li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구개발성과의</li> <li>- 활용계획</li> <li>- (기대효과)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 곰팡이독소 오염현황과 연구동향 파악을 통해 곰팡이독소 검출 키트를 개발하는데 있어 명확한 검출 타겟을 설정할 수 있으며, 향후 곰팡이독소 관련 연구의 중요한 자료로 활용할 수 있음</li> <li>○ 컨설팅 업체를 통해 지원받은 본 과제 관련 기술의 기술가치 평가는 과제 수행 후 상용화가 이루어지는 개발 제품의 사업화 성공을 위한 수요 지향적 기술 사업화 전략 수립에 활용할 수 있을 것이라 판단됨</li> <li>○ 본 연구과제를 통하여 확보된 인공 항체 개발기술은 곰팡이독소 뿐만 아니라 미량의 독소검출, 농산물 또는 가축의 질병을 유발하는 바이러스 및 미생물 검출에 응용이 가능함</li> <li>○ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 식품안전 측면 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 수입 농축산물의 곰팡이 오염관리 및 상품관리에 대한 검사기준 마련</li> <li>· 농축산물 가공식품 제조회사의 원재료 및 제품관리의 편리성 제공</li> </ul> </li> <li>- 산업적 측면 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 원천기술 확보 및 국외시장 진출</li> <li>· 수입대체 효과</li> </ul> </li> <li>- 사회적 측면 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 곰팡이독소 검출 키트 시장 형성</li> <li>· 연구개발 기술의 다양한 응용 및 적용</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	곰팡이독소	식품	검지	인공항체	측방 유동기기

## 5. 영문 요약문

### < SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Analysis of mycotoxin species and research trends.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classification of mycotoxins in foods such as aflatoxin, which is known as a representative mycotoxin, and Ochratoxin, Deoxynivalenol, Fumonisin, and Citrinin.</li> <li>- Identify characteristics and research directions for each mycotoxin through paper or patent search.</li> </ul> </li> <li>○ Select target range for mycotoxin detection.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Currently, the focus is on the detection of mycotoxins in agricultural products and livestock feeds, which are a problem in most import and distribution processes.</li> <li>- The research project goal of this project is to produce kits that can detect mycotoxins in food.</li> <li>- Through this planning research project and analysis through a consulting firm, we plan to clearly identify targets for detecting mycotoxins in food.</li> </ul> </li> <li>○ Trend analysis of each mycotoxin detection method.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Since mycotoxins can easily found under a various environmental conditions, the needs for rapid detection technology that can detect and manage toxins quickly are increasing.</li> <li>- Currently, mycotoxins are detected by TLC and HPLC methods, but these detection methods require complicated sample extraction and analysis processes.</li> <li>- Therefore, there is a need of commercialization of quick and simple toxin detection technology recently.</li> </ul> </li> <li>○ Technology evaluation through consulting firm.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Review of the originality, coreity, originality, core innovation, technical importance of recent R&amp;D technologies.</li> <li>- Investigation of similar or commercialized technologies in terms of applied technology.</li> <li>- Planning the commercialization in detail based on the understanding and interpretation of technologies from a business perspective.</li> <li>- Expert evaluation of the business strategy by predicting the market attractiveness of the business model.</li> <li>- Developed the commercialization strategy of demand-oriented technology based on technology and market analysis.</li> </ul> </li> </ul>		
Results	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Analyzes of papers and patents by subdividing them into aflatoxin, ochratoxin, deoxynivalenol, zearalenone, and fumonisin in order to understand the trend of mycotoxins research               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Since 2000, the number of fungal toxin-related articles has been steadily increasing</li> <li>- The patent application trend confirmed that aflatoxin and zearalenone have a high share</li> <li>- Analysis of the patent application status of mycotoxin and ocratoxin confirmed that patent application from Korea is significantly lower than that from China, USA and Japan</li> <li>- Based on the results of the data analysis, studies on various fungal toxins including aflatoxin and ochratoxin are actively conducted outside the country, but studies on mycotoxins in Korea have not been conducted yet</li> <li>- The data analyzed through this project can be used as an important basic data to select the targets of mycotoxins for follow-up tasks</li> </ul> </li> <li>○ Classification and characterization of mycotoxin representative substances and systematic identification of contamination status               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoring systems of contaminants containing mycotoxins are well organized in foreign countries</li> </ul> </li> </ul>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In Korea, the monitoring has been carried out mainly on aflatoxins which are toxic and cancer-causing, and other fungal toxins have been carried out on some raw materials and grains</li> <li>- We investigated and analyzed representative fungal toxin characteristics and contamination status, and identified fungal toxin contamination targets</li> <li>○ Analysis of recent fungal toxin detection method <ul style="list-style-type: none"> <li>- At present, most of mycotoxins are purified by using immunoaffinity column and quantified by HPLC</li> <li>- This detection method requires complex sample extraction and analysis process and can not be extracted in the field</li> <li>- Recently, a method of analyzing through enzyme immunoassay using a specific antibody has been carried out, but there is a disadvantage that it is difficult to develop the antibody and most of it is imported from foreign countries and is expensive</li> <li>- Based on the data from this trend analysis, we derived the necessity of the development of the field extraction standard solution to be applied to this project and the fungi toxin detection kit that incorporates nucleic acid-based artificial antibody and nano/microparticle-applied paper element technology</li> </ul> </li> <li>○ Detailed planning of technology value through consulting company <ul style="list-style-type: none"> <li>- Molecular diagnostics based on nucleic acid-based artificial antibodies are in increasing demand in Korea, Australia and Japan</li> <li>- It is possible to replace foreign products by securing domestic source technology</li> <li>- Analysis on competitiveness of the development of mycotoxin detection kit was performed based on the diagnostic test market</li> <li>- The technical value evaluation was conducted by analyzing the patents related to the product development by conducting the task through professional consulting. The economic useful life of the technology is 8 years, the cash flow estimation period is 11 years, and the final technology value is 8,019,083,559 won</li> </ul> </li> </ul>				
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ The present status of mycotoxin contamination and research trends can be used to establish a clear target for the development of a mycotoxin detection kit and future studies</li> <li>○ The technical value evaluation of the technologies related to this project which is conducted by consulting firm will be used to develop a commercialization strategy of demand-oriented technology to commercialize successfully</li> <li>○ The artificial antibody development technology secured through this project can be used not only for mycotoxins but also for the detection of trace amounts of toxins, viruses and microorganisms that cause agricultural or livestock diseases</li> <li>○ Expected effects <ul style="list-style-type: none"> <li>- Food safety aspects <ul style="list-style-type: none"> <li>· Establish inspection standards for fungal contamination management and product management of imported agricultural and livestock products</li> <li>· Provide convenience in the management of raw materials and products of agricultural and fishery processing food manufacturing company</li> </ul> </li> <li>- Industrial aspects <ul style="list-style-type: none"> <li>· Securing fundamental technologies and entering overseas markets</li> <li>· Import substitution effect</li> </ul> </li> <li>- Social aspects <ul style="list-style-type: none"> <li>· Formulation of mycotoxin detection kit market</li> <li>· Various application and application of R &amp; D technology</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>				
Keywords	Mycotoxin	Food	Detection	Artificial antibody	Lateral flow device

## 6. 영문목차

1. Introduction for R&D project .....	09
2. Domestic and International technology development status .....	11
3. Research details and Results .....	29
- Object and contents for continuing R&D project	
• Final object of R&D project	
• Annual objects and contents	
• R&D output and evaluation methods	
- Research strategy and promotion system for continuing R&D project	
• Research strategy	
• Research promotion system	
• Research schedule	
• Status for Commission research/Outside contract/International collaborative research (optional)	
- Application plan of continuous R&D result and expected effects	
• Application plan of continuous R&D result	
• Expected results and ripple effects	
• Summary of evaluation of technological values	
- Status of research establishment for continuous R&D project	
• (Overall)Principal Investigator	
• Co-Principal·Collaborative·Commissional Investigator	
• Researchers	
• Research facilities and equipments	
• Establishment(Company) information	
- R&D cost	
- Commercialization plan	
• Production plan	
• Investment plan	
• Commercialization strategy	
• Business model for commercialization	
[Appendix] Detailed results of evaluation for technological values	
4. Objective achievement and contribution of related fields .....	110
5. Plan for research results usage .....	111
6. Abroad technological information collected during research .....	112
7. Level of security of research development results .....	114
8. Research facility and instrumentation registered in NTIS .....	115
9. Lab safety fulfillment during research .....	116
10. Representing research output for R&D project .....	117
11. Others .....	118
12. References .....	119

<Appendix> A written self-evaluation opinion



## 7. 본문목차

### < 목 차 >

1. 연구개발과제의개요 .....	09
2. 국내외 기술개발 현황 및 시사점 .....	11
3. 연구수행 내용 및 결과 .....	29
- 후속 연구개발의 목표 및 내용	
· 연구개발의 최종목표	
· 연차별 개발목표 및 내용	
· 연구개발 성과 및 평가방법	
- 후속 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계	
· 연구개발 추진전략·방법	
· 연구개발 추진체계	
· 추진일정	
· 위탁연구/외부용역/국제공동연구 현황	
- 후속 연구개발 결과의 활용방안 및 기대효과	
· 연구개발 결과의 활용방안	
· 기대성과 및 파급효과	
· 기술가치평가 결과 요약	
- 후속 연구 기관 현황	
· (총괄)연구책임자	
· 세부·협동·위탁 연구책임자	
· 참여연구원 현황	
· 연구시설/장비 보유현황	
· 기관(기업) 정보현황	
- 연구개발비	
- 사업화 계획	
· 생산계획	
· 투자계획	
· 사업화전략	
· 사업화를 위한 비즈니스 모델	
[별첨] 기술가치평가 상세결과	
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	110
5. 연구결과의 활용계획 등 .....	111
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....	112
7. 연구개발성과의 보안등급 .....	114
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황 .....	115
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 .....	116
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적 .....	117
11. 기타사항 .....	118
12. 참고문헌 .....	119

# 1장. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

## 1절. 연구개발 목적

- 본 연구는 식품 내에 존재하는 곰팡이독소를 빠른 시간 내에 현장에서 추출할 수 있는 최적 추출기기를 개발하고 핵산 기반 인공항체와 센서용 나노소재 복합체를 이용한 곰팡이독소 검출 키트를 개발하는 데에 목적이 있음

## 2절. 연구개발의 필요성

- 최근 기후 온난화, FTA 확대에 의한 환경 변화에 대응하고 안전관리를 위하여 세계 각국은 경제적으로 중요한 식품 및 사료에 대한 곰팡이독소 저감화 프로젝트를 운영함
- 식품가공 기술과 유통구조가 크게 발전했음에도 불구하고 여전히 식품의 안전성이 세계적으로 크게 재고되고 있는 상태이며, 대량생산 및 유통 과정에서 식품 위생 문제가 대두되고 있음
- 이것은 작물을 수확하기 전에 곰팡이독소의 오염을 완전히 배제할 수 있는 농작물 재배 기술이 없기 때문이며, 곰팡이독소 오염은 피할 수 없는 실정임
- 사료나 식재료의 생산, 저장, 운송 등의 과정에서 곰팡이독소 발생 및 오염 가능성이 증가하며, 독소에 오염된 식품이나 사료를 섭취한 사람이나 동물의 체내에 축적되어 급·만성적인 질환을 일으킬 뿐만 아니라, 해당 축산물 등을 사람이 먹는 경우에 2차 오염의 위험성이 존재함
- Food and Agriculture Organization (FAO)에 의하면 해마다 25% 정도의 곡물 (약 천만 톤)이 곰팡이독소에 감염되고 있는 실정이며, 가축이 곰팡이독소에 오염된 사료를 섭취할 경우 다양한 질병의 발생과 면역 및 번식 능력 저하를 야기하여 경제적 손실을 초래하게 됨
- 우리나라의 고온다습한 여름은 곰팡이의 생육에 적절한 환경이며, 이로 인해 곰팡이독소에 의한 피해가 증가할 가능성이 높기 때문에 적절한 관리가 필요함. 이에 식약처에서 심각한 문제가 될 수 있는 곰팡이독소에 대한 엄격한 규제를 시행하고 있음
- 곰팡이는 50-60도에서 10분 정도 가열하면 대부분 사멸하지만, 곰팡이독소는 화학적으로 매우 안정한 구조로 인해 높은 녹는점을 가지고 있기 때문에 식품의 조리 가공 중에도 파괴되지 않음
- 곰팡이독소는 자연계에 널리 분포되어 있을 뿐만 아니라 농축산물로의 오염 경로도 매우 다양하여 축산물이 오염될 확률이 매우 높으며, 근본적인 오염방지는 거의 불가능함
- 현재 곰팡이독소는 면역친화컬럼 (immunoaffinity column, IAC)을 이용하여 정제하고 HPLC를 이용하여 정량하는 분석방법이 널리 이용되고 있으나, 여러 가지 곰팡이독소를 동시에 분석하는 것은 시간이나 비용적인 측면에서 한계가 있음. 또한 시료를 현장에서 직접 분석할 수 없기 때문에 분석 기기가 있는 특정 실험실에서만 분석을 진행할 수 있는 상황임
- 곰팡이독소는 식중독처럼 감염 즉시 증상이 나타나지 않고 독성 물질이 만성적인 질병의 원인이 되기 때문에, 극미량의 독소 물질을 분석할 수 있는 검출 기기의 개발이 시급함
- 위와 같은 필요성에 의해서, 현장에서 곰팡이독소를 추출할 수 있는 추출 공정 및 추출

기기의 개발과 곰팡이독소를 쉽고 빠르게 검출할 수 있는 진단기기의 개발을 통해 식품 및 국내에 유입/유통되는 곡물, 축산물의 위생 안전 관리와 더불어 전 세계에 진단기기 및 소모품을 수출하여 경제적, 산업적인 기술 우위를 점할 수 있을 것이라 판단됨

### 3절. 연구개발 범위

본 기획과제를 통하여 다음과 같은 연구를 수행하고자 함

- 곰팡이독소 종류와 연구동향 분석
  - 대표적인 곰팡이독소로 알려진 아플라톡신을 비롯하여 오크라톡신, 데옥시니발레놀, 푸모니신, 시트리닌 등 식품 내의 곰팡이독소를 분류한 후, 연구방향을 설정함
  - 논문이나 특허 검색을 통해 각 곰팡이독소에 대한 특징 및 연구 방향을 파악
- 곰팡이독소 검출 대상 범위 선정
  - 현재 대부분 수입·유통과정에서 문제가 되는 농산물과 가축사료에 대한 곰팡이독소의 검출에 초점이 맞춰져 있는 실정임
  - 본 과제의 최종 목적은 식품내에서 곰팡이독소를 검출할 수 있는 키트를 만드는 것이 주목적임
  - 이번 기획 과제에서 전문성 있는 컨설팅 업체의 시장조사 및 분석을 통해, 식품 중 검지할 곰팡이독소 타겟을 명확히 선정할 예정임
- 각 곰팡이독소 검출 방법 최신 동향 분석
  - 곰팡이독소는 다양한 조건에서 쉽게 발생할 수 있으므로, 독소를 신속하게 검출 및 관리할 수 있는 신속 정밀 검출기술 개발의 필요성이 증가하고 있음
  - 현재 TLC, HPLC법으로 곰팡이독소를 검출하고 있지만, 이러한 검출법은 복잡한 시료 추출 과정과 분석과정이 요구되어 독소의 정량까지 수일 이상의 시간이 필요함
  - 따라서 최근까지의 독소 검출 방법을 재검색하고 이를 해결할 수 있는 신속하고 간편한 검출 기술을 개발할 필요성이 있음
- 컨설팅 업체를 통한 기술가치 상세 기획 추진
  - 연구 개발 기술의 독창성, 핵심성, 원천성, 혁신성, 기술 완성도 등을 검토하여 기술적 우수성을 도출하고 유사/경쟁기술 대비 강점을 발굴함
  - 대상 기술과 기술적 측면에서 유사한 기술을 조사하고, 대상기술과의 비교를 통해 차별화 특성을 심층적으로 분석할 예정임
  - 비즈니스 관점에서 기술 이해와 해석을 바탕으로 상용화 가능성을 상세히 예측할 예정임
  - 비즈니스 모델의 시장 매력도 측정을 위해 마케팅 컨셉에 대한 전문가 평가를 실시함
  - 우수 기술의 사업화 성공률을 제고하기 위해, 기술 및 시장 분석에 바탕을 둔 수요지향적 기술 사업화 전략을 마련함

## 2장. 국내외 기술개발 현황 및 시사점

코드번호	D-04
------	------

### 1절. 국내외 곰팡이독소 기술개발 현황

#### 1. 국내 곰팡이독소 오염 실태 조사 현황

- 국내의 경우, 곰팡이독소는 암을 유발할 수 있는 아플라톡신 중심으로 모니터링이 진행되어 왔으며, 그 외 오크라톡신, 데옥시니발레놀, 제랄레논, 푸모니신, 시트리닌 등의 곰팡이독소에 대한 실태조사가 이루어져왔음
- 2011년까지의 국내 곰팡이독소 오염도 실태 조사 (표1)에 의하면, 데옥시니발레놀, 과블린, 오크라톡신, 제랄레논의 국내 오염실태 조사는 대부분 일부 원료, 곡물에 대해서 실시되었음

곰팡이독소	년도	발생률 (%)	평균수치 (µg/kg)	종류
Aflatoxin B <sub>1</sub>	2001	2.4-22.4	7.1-40.9 (positive)	rice, barley, corn, cereal, soybean paste, pepper sauce
Aflatoxins	2002	0-46.7	0.5-2.3	nuts, peanut butter, cereals and cereal flour, popcorn, sweet corn, soybean paste, kochujang, red pepper powder
	2004	25-100	0.58-10.67	peanut(raw, roasted), pistachio, peanut butter, mixed nit(seasoned), walnut
	2006		0.17-69.28 (red pepper powder)	cereals, and cereal products, nuts, nut products, sauce, spices and spice products, beans and bean products, baby foods, dried fruits
	2010	15-100	0.25-1.8	cereals, beans, nuts, dried fruits, red pepper powder, peanut butter
	2011	2, 13 (infant formula)	0.02-0.15	oils, infant formulas
Ochratoxin A	2006		0.0025-2.97	cereals, cereal products, beans, fermented sauce, fruit juice, fermented alcohols(cereals, fruits), nuts, seeds, coffee, spices, pork, ham
	2007		0.01-0.039	wine, beer, fruit fermented alcoholic beverages, makgeolli
	2008		0.003-0.01	coffee, fruit products
	2009		0.01-0.03	dry noodle, instant noodle, bread, snack(corn-base), biscuit(wheat-base), breakfast cereals
	2010	90(only raisins)	0.97	cereals, cereal products, beans, fermented sauce, fruit juice, fermented alcohols(cereals, fruits), nuts, seeds, coffee, spices, pork, ham
DON	05-08		1-128	barley, beer, biscuit, bread, buckwheat, breakfast cereals, sweet corn, dried corn, glutinous rice, glutinous brown rice, malt, mixed grains, polished rice, popcorn, rye, brown rice, wheat, wheat flour
	07-08		0.8-103.2	breakfast cereals, dried corn, sweet corn, barley, beer, biscuit, bread, wheat, wheat flour, glutinous rice, mixed grains, polished rice, brown rice
	2009	10-96	1.8-123.8	rice, glutinous rice, brown rice, dried corn, breakfast cereals, barley, wheat, wheat flour, mixed grains
	2010		0.8-23.5	dry noodle, instant noodle, infant formula, bread, snack(corn-base), biscuit(wheat-base), breakfast cereals
Ninaleonol	2009	17-67	4.3-106.6	rice, glutinous rice, brown rice, dried corn, break cereals, barley, wheat, wheat flour, mixed grains

Zearalenone	2007		7.28-97.68	cereals, beans, nuts, oilseeds
	2008		5.38-53.76	cereals, grain flour, noodles, breads, rice cakes, snacks, biscuit, tea
	2009		0.1-0.7	dry noodle, instant noodle, infant formula, bread, snack(corn-base), biscuit(wheat-base), breakfast cereals
Patulin	2009		0.12-0.64	apple and fruit paste, apple and fruit juice, fruit and vegetable juice, mixed fruit juice, mixed fruit for baby and children
Fumonisin B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub>	2007		nd-111.4	cereals, cereal products(puffed corn)
T-2	2009	67-100	22.2-37.2	rice, glutinous rice, brown rice, corn dry, breakfast cereals, barley, wheat, wheat flour, mixed grains
	2011	6.7-26.7	35.2-431	tea corn rice, barley, black bean, wheat/wheat powder
HT-2	2009	28-77	6.3-22.2	rice, glutinous rice, brown rice, corn dry, breakfast cereals, barley, wheat, wheat flour, mixed grains
	2011	6.7-66.7	21.1-442.7	tea, corn, rice, barley, black bean, wheat/wheat powder

표 1. 국내 식품에 오염되는 주요 곰팡이독소

- 테옥시니발레논의 경우, 주로 90년대 CG-MS를 이용하여 제한된 수의 보리와 옥수수에서 분석한 결과가 대부분임
- 제랄레논의 경우 국내에서는 보리에서 287  $\mu\text{g}/\text{kg}$  농도로 검출된 사례가 보고되었음
- 오크라톡신의 경우에도 식품 원료 곡류 등을 대상으로 모니터링한 결과, 식품섭취량을 고려하여 오크라톡신 규제를 제안한 바 있으나, 가공식품들을 대상으로 한 오염실태 조사가 부족한 실정임

## 2. 국외 곰팡이독소 오염 실태 조사 현황

- 2011년까지의 국외 곰팡이독소 오염도 실태 조사 (표2)에 의하면, 독일, 일본, 미국 등은 곰팡이독소를 포함한 오염물질의 모니터링을 체계적으로 실시하고 있음
- 미국은 오염물질 모니터링 과정에서 지자체 단위의 유연한 운영을 위해 중앙정부와 주정부에서의 모니터링 예산을 지원함
- 일본은 곰팡이독소의 위해성 우선순위와 감염 심각도에 따라 5년 단위로 재검토를 실시하고 있음

곰팡이독소	국가	년도	발생률 (%)	평균수치 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	종류
Aflatoxins	China	2003	90-100	0.74-6.23	maize, whole grain rice, brown rice
	Czech	00-04	0-17	0.4-24.6	peanuts, pistachio, almonds, cereals, malt, cereal porridges, wheat flour, dried milk, baby food
	Argentina	03-04	14-17	2-3.2	maize
	Mexico	06-07	28	20.3	maize tortillas
	Turkey	2007	12.5-85.7	4.7-28.5	red papres, pistachio, sorghum, wheat, maize, barley, rice
	Morocco	07-08	17-100	0.07-5.23	wheat flour, corn, pepper, cumin, ginger, red paprika
	Pakistan	2009	0-70	2.1-6.45	dried apricot, dates, dried

					figs, dried mulberries, raisins, apricot kernels, almonds, walnut, peanut, pistachio, pine nuts
Ochratoxin A	Belgium	2002		32-33	
		03-04	77.5(conventional), 100(organic)	25, 182	beer
		2007		0.011-0.182	
	Canada	99-01	10.3-63	0.01-0.38	breakfast cereals
	Côte d'Ivoire	2006		0.16-0.92	cereals, peanuts
	Croatia	2002	38.8	1.47	maize
	Czech	00-04	6.7-16.7	0.4-0.7	cereals, malt, flour
	France	2002		0.075-1.12	cereals, raisins, fruit, pork, poultry, fruit juices, wine, coffee
		2005		0.03-0.69	total diet study
	Greece	2009		0.18	breakfast cereals
	Germany	2004	0-60(rye)	>LOQ-0.5	infant food, oat flakes, wheat, barley, buckwheat, rye, other processed cereal products
	Italy	2008		0.28-1.29	wines
		2011		0.15-0.2	cocoa powder, chocolate bar, chocolate candies, easter egg
	Lebanon	2009		0-0.55	beans, breads, corn flake, nuts, pizza, steamed rice
	Morocco	01, 05-06	117-100	0.33-4.15	wheat grain, barley, corn, bread, rice, raisins, pistachio, figs, peanut, wine, beer, fruit juices
	Netherlands	2005		0.033-4.1	total diet study
	Portugal	2007		0.212 (Maximum)	baby food
		2010		0.19-0.49	breads(wheat, corn-base)
	Spain	2005		0-0.6	wine
		2006		1-27.3	rice and rice products(conventional, organic)
		2007		0.62	breads(conventional, organic)
		2011		2.07-2.17	coffee brand, ground coffee
	Sweden	2001		0.03-2.8	wheat, oat, rye, beans, pork, coffee, blood products, milk, rice, vine fruit, wine, beer
Turkey	2009		0.02-0.75	breakfast cereals, baby food, beer	
		19-72.3	1.4-14.4	red papres, pistachio, sorghum, wheat, maize, barley, rice	
DON	Uruguay	96-02	26-100	294-6349	barley
	Canada	99-01	3.4-72.4	1.4-110	breakfast cereals(corn, oat, rice, wheat, multi, buckwheat-based)
	Czech	00-04	10-34.5	100-264.9	barley, other cereals, cereal porridges, malt, flour
	UK	02-05	51-61	16-28	barley
	Argentina	03-04	9-12	118.5	maize
	Belgium	03-04	67-80	4-6	beer(conventional, organic)

	Turkey	03-04	0	-	beer
	Germany	00-01	71-100	24-1626	wheat, oats, corn, corn products, corn plants
		2004	0-100	<LOQ-138	infant food, oat flakes, wheat, barley, buckwheat, rye, barley, other processed cereal products
		04-05	64.79 (corn oil)	48	soybean oil, sunflower oil, corn germ oil
			0-37	10-60	cocoa beans, cocoa bean shells, cocoa nibs, cocoa liquor, cocoa powder, cocoa-based products
	Spain		40-80	51.2-91.3 (positive)	corn flakes, tinned sweet corn, frozen corn, baked corn snack, fried corn snack
		2005	19-40	44.5-62.5 (median)	breakfast cereals, baked corn snacks, fried corn snacks
	Nigeria	2005	4.4-6.7	150-229	bins
	Serbia	04-07	25.2-50	58-1235	maize, wheat
		2004	7.7-50	110-1235	maize, wheat, soybean, sunflower-storage, lyr
		2005	9.1-50	100-447	maize, wheat, soybean, sunflower, barley-field
	China	06-07	33.3-82.6	620-2790	noodles, biscuits, bread, cakes, wheat-based foodstuff
	USA	07-08	44.4-90	13-63	cereal-based baby food(barley, mixed, oat-based)
	Italy	08-09	37	150	breakfast cereals
			9.1-100	137-1330	maize
3ADON	Germany	00-01	2-46	11-66	wheat, oats, corn, corn product, corn plants
	Nigeria	2005	3.3-5.6	11-34	bins
	China	06-07	0-11.1	710-770	noodles, biscuits, bread, cakes, wheat-based foodstuff
15ADON	Germany	00-01	0-100	11-496	wheat, oats, corn, corn product, corn plants
	UK	02-05	0-1	<10	barley
	Nigeria	2005	-	-	bins
	China	06-07	11.1-33.3	80-570	noodles, biscuits, bread, cakes, wheat-based foodstuff
Nivalenol	Canada	99-01	2.8(multi-grain based)	1.7	breakfast cereals(corn, oat, rice, wheat, multi, buckwheat-based)
	Germany	00-01	20-100	33-1312	wheat, oats, corn, corn product, corn plants
	UK	02-05	20-33	<10	barley
	Spain	2005	0-11	55.7-67.8 (median)	breakfast cereals, baked corn snacks, fried corn snacks
	Nigeria	2005	-	-	bins
	Italy		0-19.4	7-712	maize
Zearalenone	Canada	99-02	7-37.9	0.2-4.6	breakfast cereals
	Germany	00-01	24-100	15-369	wheat, oats, corn, product, corn plants
		2004	0-30	<LOQ-1	infant food, oat flakes, wheat, barley, buckwheat, rye, other processed cereal products
		04-05	0-52.9	24-505	soybean oil, sunflower oil, corn germ oil

	UK	02-05	1-6	<3(LOQ)	barley
	Argentina	03-04	9-14	nd-230.8	maize
	Austria	04-05		160-230	unprocessed cereals
	Italy	08-09	25	40	breakfast cereals
			16.1/63.6	31/711	maize
			3.2/9,1	8/20	
	Turkey		0-34.7	4.1-10.9	red papres, pistachio, sorghum, wheat, maize, barley, rice
	Spain		20-60	37.3-149.2	cornflakes, tinned sweet corn, frozen corn, baked corn snack, fried corn snack
			40-100	11.1-114.1	
Zearalenol	spain		0-40	42.1-53.5	cornflakes, tinned sweet corn, frozen corn, baked corn snack, fried corn snack
$\alpha$ -Zearalenol	Italy		3.2/36.4	93/228	maize
$\beta$ -Zearalenol			0/0	-	
			9.7/45.5	0/14	
			6.5/0	-	
Patulin	Czech	00-04	1-14.3	10-27.6	baby fruit food, fruit foodstuffs, fruit drink
	Sweden	2001		1-2.2	fruit soups, juice, pear/peach, apple
	Belgium	2003		9.0/3.4	apple juice, cider
	France	2005		15-20.5	alcoholic beverages, soft drink, fruits, cake
	Italy	2005		0.21-11.27	fruit juice, apple, apple vinegar
	Spain	2007		1.5-50.9	apple, apple products

표 2. 외국에서 보고된 식품별 곰팡이독소 오염 현황

### 3. 곰팡이독소 연구동향

- 곰팡이독소별 연구동향 파악을 위해 조사대상을 아플라톡신, 오크라톡신, 테옥시니발레놀/니발레논, 제랄레논, 푸모니신 독소로 세분화하였고, 국내외 논문 및 특허 검색 (표 3)을 통해 연구동향을 파악하였음

소분류	검색식	특허		논문		
		Thomson	Thomson	Science Direct	Pub Med	NDSL
<b>Aflatoxin</b>	(aflatoxinorAspergillus) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	1,012 (1,719)	1,852	24,562	1,975	1,043
<b>Deoxynivalenol</b>	(deoxinivalenolorFusarium) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	234 (432)	961	8,720	520	479
<b>Fumonisin</b>	(fumonisinorFusarium) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	253 (460)	1,167	277	373	517
<b>Ochratoxin</b>	(OchratoxinorAspergillusorPenicillium) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or	1,092 (1,833)	2,096	25,280	1,940	1,164



	manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>					
<b>Patulin</b>	(Patulin or Penicillium) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	316 (554)	587	8,980	329	335
<b>T-2, HT-2</b>	(T-2 or HT-2 or Fusarium) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	749 (1,158)	1,793	1,894	1,606	12
<b>Zearalenone</b>	(zearalenone or Fusarium) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	260 (471)	1,004	11,344	722	670
<b>Nivalenol</b>	(nivalenol or Fusarium) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	240 (443)	964	8,499	481	463
<b>Alternaria toxin</b>	(Alternari* or altertoxin or tenuazonic or tenuene or ATX) and (reduc* or eliminat* or decontaminat* or manage* or counteract* or remov* or destroy) <b>and treatment</b>	126 (223)	295	10,203	306	245

표 3. 논문 및 특허 검색 결과

- 연도별 곰팡이독소 연구 논문 발표 동향 분석 (그림 1) 결과, 2000년부터 발표 논문수가 꾸준히 증가하는 추세임
- 곰팡이독소별 논문 발표 동향 분석 (그림 2) 결과, 푸모니신, 오크라톡신, 제랄레논에 대한 논문 비중이 높으며, 아플라톡신의 비중은 다른 독소에 비해 상대적으로 낮은 것으로 확인되었으며, 이는 2000년대 이전에 아플라톡신에 대한 연구가 활발히 수행된 데에서 기인한 것으로 판단됨

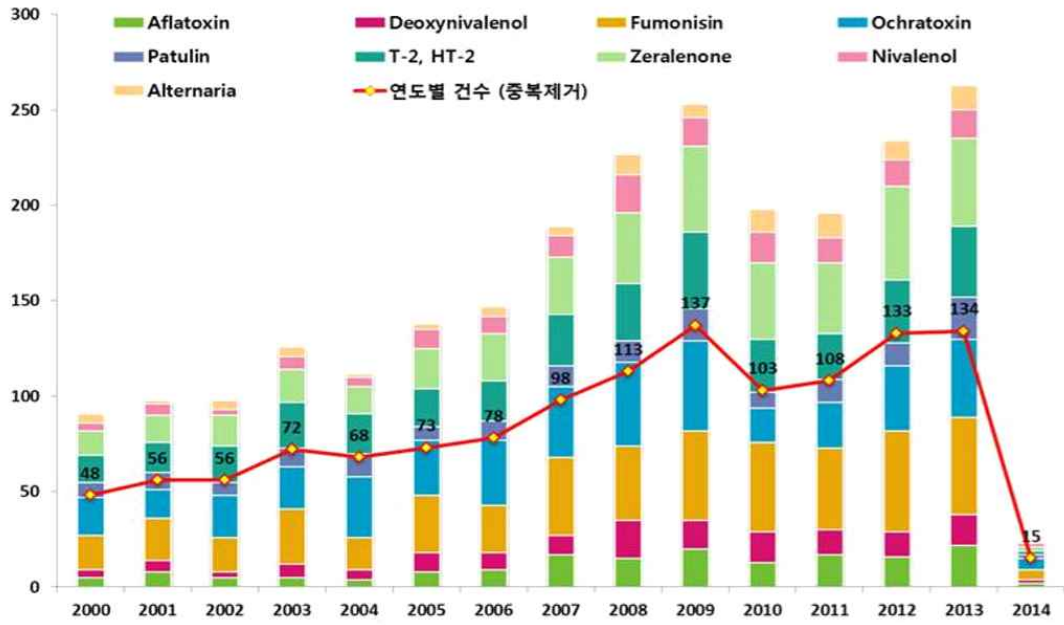


그림 1. 2000-2014년 곰팡이독소별 연구 논문 발표 동향

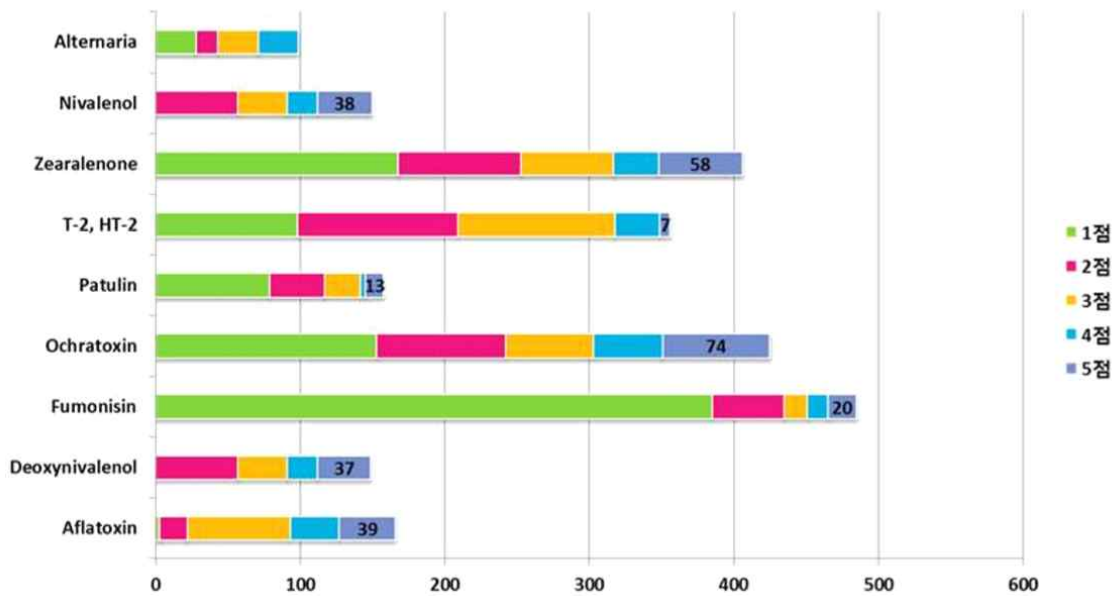
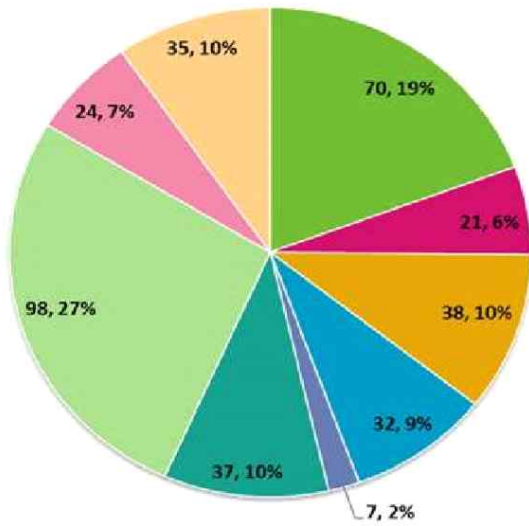


그림 2. 곰팡이독소별 관련도에 따른 논문 발표 동향

- 곰팡이독소별 특허 출원 동향 분석 (그림 3) 결과, 제랄레논, 아플라톡신에 대한 특허가 가장 많았으며, 푸모니신, 오클라톡신, 데옥시니발레놀/니발레논에 대한 특허 출원 건수는 대체로 비슷한 것으로 나타남
- 곰팡이독소별 관련도에 따른 특허 출원 동향 분석 (그림 4) 결과, 아플라톡신은 관련도가 높은 (5점) 특허가 많은 반면, 푸모니신, 오클라톡신, 제랄레논, 데옥시니발레놀/니발레논은 관련도가 낮은 (1점, 2점) 특허가 많은 것으로 나타남
-

■ Aflatoxin      ■ Deoxynivalenol      ■ Fumonisin  
■ Ochratoxin      ■ Patulin      ■ T-2, HT-2  
■ Zearalenone      ■ Nivalenol      ■ Alternaria



독소	출원건수
Aflatoxin	70
Deoxynivalenol	21
Fumonisin	38
Ochratoxin	32
Patulin	7
T-2, HT-2	37
Zearalenone	98
Nivalenol	24
Alternaria	35
계 (단순 합)	362
연도별 건수 (중복제거)	231

그림 3. 곰팡이독소별 특허 출원 현황

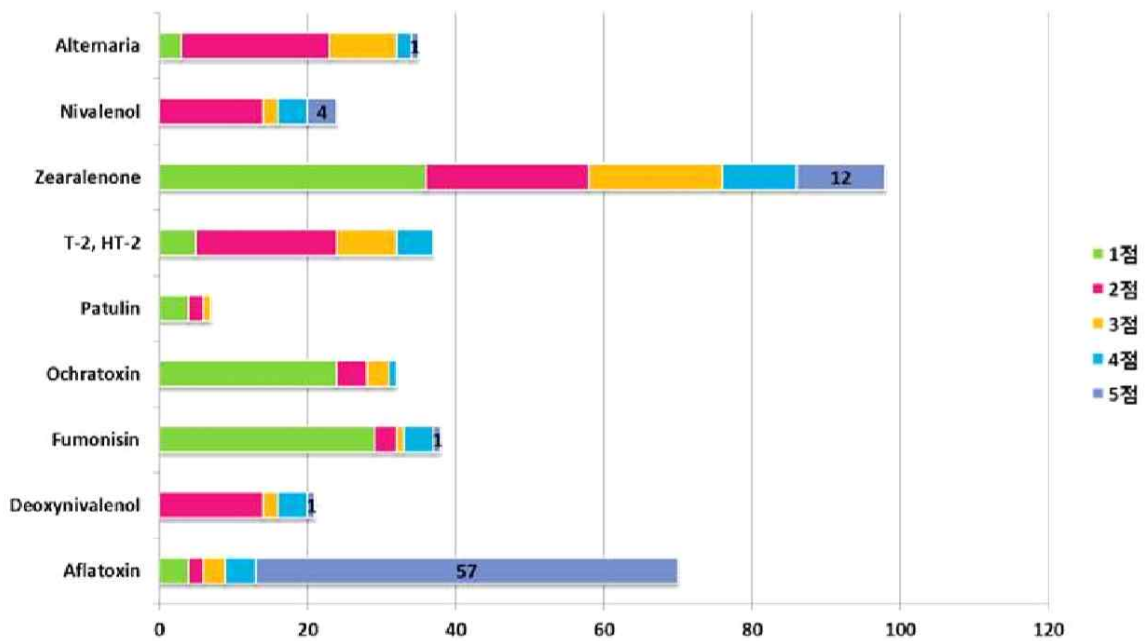


그림 4. 곰팡이독소별 관련도에 따른 특허 출원 경향성 분석

○ 국가별 곰팡이독소 특허 출원 현황 (표 4)에 의하면, 한국의 특허 보유수가 중국, 미국, 일본 등에 비해 적은 것으로 나타남

독소	중국	유럽	영국	일본	한국	러시아	미국	PCT	총합계
Aflatoxin	33	2	1	7	10	0	7	10	70
Deoxynivalenol	1	3	0	1	1	0	10	5	21

Fumonisin	16	5	0	2	1	0	11	3	38
Ochratoxin	9	2	0	1	0	0	16	4	32
Patulin	3	0	0	1	0	0	3	0	7
T-2, HT-2	0	3	0	3	1	0	21	9	37
Zearalenone	26	13	0	6	2	1	30	20	98
Nivalenol	1	3	0	3	1	0	11	5	24
Alternaria toxin	19	0	0	3	1	0	8	4	35
단순 합계	108 (97)	31 (20)	1 (1)	27 (13)	17 (12)	1 (1)	117 (51)	60 (34)	362 (229)

표 4. 국가별 곰팡이독소 관련 특허 출원 현황

#### 4. 국내외 곰팡이독소 기술개발 현황 요약

- 국외에서는 아플라톡신과 오크라톡신 A를 포함한 많은 곰팡이독소에 대한 연구가 진행되고 있는 반면, 국내에서의 곰팡이독소 연구는 아직 미비한 상황임
- 곰팡이독소 오염에 따른 사회적·경제적 비용을 고려했을 때, 해당 분야의 기술 경쟁력 강화를 위해 향후 많은 연구가 필요함

## 2절. 곰팡이독소의 특성 및 오염 현황 파악

- 국내외 논문 및 특허 분석 결과를 바탕으로, 주요 곰팡이독소인 아플라톡신, 오크라톡신, 푸모니신, 제랄레논, 데옥시니발레놀/니발레논에 대한 특성 및 오염 현황에 대한 조사를 실시하였음
  - 곰팡이독소 연구동향은 2000년도 이후 각각의 곰팡이독소 관련 논문이 꾸준히 증가하고 있었으며, 특허 출원 동향은 아플라톡신, 제랄레논의 비중이 높음을 알 수 있었음
  - 또한, 국가별 곰팡이독소 출원 현황 분석 결과 대한민국은 중국, 미국, 일본 등에 비해 특허출원 수가 현저히 떨어짐을 알 수 있었음
  - 자료 분석 결과를 바탕으로 국외에서는 아플라톡신과 오크라톡신을 포함한 다양한 곰팡이독소 연구가 활발히 진행되는 반면, 국내에서의 곰팡이독소 연구는 아직 미비한 실정임을 확인함
- 곰팡이독소 대표물질 분류 및 특성을 분석하였으며, 대표적 물질에 따른 오염실태 현황
  - 국외의 경우 곰팡이독소를 포함한 오염물질의 모니터링이 체계적인 시스템을 갖춘
  - 반면, 국내의 경우 독성이 강하고 암을 유발하는 아플라톡신을 중심으로 모니터링이 진행되어 왔으며, 그 외 곰팡이독소는 일부 원료 및 곡물에 대해서 실시되었으나 오염실태 조사가 부족한 실정임을 확인함
- 각 곰팡이독소 검출 방법에 대한 최신 동향 분석
  - 현재 곰팡이독소는 면역친화컬럼을 이용하여 정제하고 HPLC를 이용하여 정량하는 분석 방법이 대부분을 차지함
  - 이러한 검출법은 복잡한 시료 추출과정과 분석과정이 요구되어 현장에서 추출 가능하지 않으며 추출 후 분석시간 까지 수일 이상의 시간이 필요함
  - 최근 특이 항체를 이용한 효소면역검출방법을 통해 분석하는 방법 또한 수행되고 있지만 해당 항체 개발에 어려움이 있으며 현재 대부분 외국에서 수입하여 사용하고 있어 비용이 비싸다는 단점이 존재함

### 1. 아플라톡신

- 물리화학적 특징
  - 아플라톡신은 건조 상태에서 안정하여 280~300℃로 가열해야만 분해됨
  - 유도체의 종류에 따라 독성의 차이가 있으며, 아플라톡신 B1이 가장 강력한 독성을 유발하고 아플라톡신 M1은 간에 급성 독성을 나타냄
  - 아플라톡신 G2, B2, G1의 독성은 B1에 비하여 10, 20, 50% 수준으로 알려짐
- 대상 식품, 유래 곰팡이
  - 주요 오염 식품은 땅콩 등의 견과류와 옥수수, 쌀, 보리 등의 곡류, 무화과, 건조 과실류와 향신료임
  - *Aspergillus flavus*와 *Aspergillus parasiticus* 등에 의해 생성됨
- 독성 및 사고 사례
  - 아플라톡신은 독성에 의한 간 손상을 유발하는 것으로 알려짐
- 오염현황
  - 1960년 영국에서 처음으로 사고 사례가 보고되었으며, *Aspergillus flavus*와 그 독소에

오염된 땅콩사료를 먹은 칠면조 100,000마리 이상이 폐사함

- 2004년 이후 국내 식품에서의 아플라톡신 검출 사례 (표 5)는 다음과 같음

농산물 및 식품	검출시료수/분석시료수 (오염률)	아플라톡신 오염도 (mg/kg)	참고
우유, 요거트	-	0.012-0.05 (AFM1)	식약처
기장, 잣, 땅콩버터, 메주, 고춧가루	-	0.11 - 1.23 (AFB1, 0.04 - 4.45)	식약처
된장	15/69 (21.8%)	2.02-2.60	한국식품연구원
땅콩, 땅콩버터, 기장, 된장	59/719 (8.2%)	0.04-5.51 (AFB1, 0.04-4.45)	식약처
옥수수, 콩, 견과류 및 그 가공품, 고추	32/694 (4.6%)	0.05-48.61	한국식품연구원
곡물, 땅콩, 땅콩버터, 아몬드, 기장, 발효 맥아	37/393 (9.4%)	0.04-5.51 (0.04-2.65)	부산 지방 식약품 안전청
우유	21/100 (21%)	0.05-0.1	남양유업
견과류, 발효식품 및 그 가공품	45/158 (28.5%)	0.02-3.96	경기도 보건 환경원
생약재	58/700 (8.29%)	4.51-108.42	경상대
곡류 및 그 가공품	16/205 (8%)	0.01-27.88	경기도 보건 환경원

표 5. 국내 아플라톡신 오염 현황 (2004년 ~ 2013년)

## 2. 오크라톡신

### ○ 물리화학적 특징

- 자외선을 조사하였을 때 산과 알칼리 용액에서 각각 녹색과 청색 형광을 나타냄
- 녹는점이 169℃로 높음

### ○ 대상 식품, 유래 곰팡이

- 곡물, 두류, 커피, 맥주, 포도주스, 건포도, 와인, 코코, 너트, 옥수수 및 그 가공품, 메주, 건포도, 들깨, 향신료 등에 존재함
- *Penicillium verrucosum*, *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius* 등에 의해 생성됨

### ○ 독성 및 사고 사례

- 오크라톡신은 주로 위장관 및 소장에서 천천히 흡수되며, 오크라톡신 A의 경우 포유동물에 신장세포 독성을 일으킴
- 1994년 서울, 경기, 대전, 광주, 부산, 제주 지역의 가정에서 재래식 방법으로 생산된 된장, 고추장, 간장에서 오크라톡신 A 오염이 발생하였음

### ○ 오염현황

- 국내 식품에서의 오염 현황 (표 6)은 다음과 같음

농산물 및 식품	검출시료수/분석시료수 (오염률)	오염수준 (평균) ppb	참고
보리	34/39	2.8-19.6(6.88)	Kwak et al., 2000
보리	0/30	불검출	Park et al., 2002
보리가공품	4/32	8-11	
옥수수	0/18	불검출	

옥수수가공품	0/47	불검출	Park et al., 2004
선식	0/40	불검출	
간장	3/20	0.5-1	
된장	2/20	0.5-1.3	
고추장	2/20	0.5-1	
쌀	13/144 (9.0%)	0.9-6	Park et al., 2005
보리	5/22 (22.7%)	0.6-0.9	
밀가루	0/35	불검출	
맥주	2/46 (4.4%)	0.2-0.3	
막걸리	0/14	불검출	

표 6. 국내 오크라톡신 오염 현황 (2000년 ~ 2005년)

### 3. 제랄레논

○ 물리화학적 특징

- 녹는점이 150℃로 높음

○ 대상 식품, 곰팡이

- 제랄레논은 주로 옥수수에서 검출빈도가 높으나 밀가루, 귀리, 맥, 콩 및 맥주에서도 빈번히 검출되고 있음
- 온대지방에서 주로 발생하는 *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* 등에 의해 생성되며, 20여 종의 유사체가 발견되었음

○ 독성 및 사고 사례

- 제랄레논에 의해 과에스트로겐증이 유발되며, 그 결과 자궁확대, 불임증 등이 발생함
- 특히, 돼지의 발정증후군, 성장발육 저해, 생식기능 저해, 불임증 및 난소 위축 등을 유발함

○ 오염현황

- 2000년대 초반 옥수수 및 그 가공품, 보리 및 그 가공품에서 3-174 ng/g의 오크라톡신 오염이 보고되었음
- 최근, 백미와 현미에서도 4-201 ng/g의 오염이 확인되었음
- 국내 식품에서의 오염 현황 (표 7)은 다음과 같음

농산물 및 식품	검출시료수/분석시료수 (오염률)	오염수준 (평균) ppb	참고
보리	20/38 (51.3%)	40-1,416 (287)	한국소비자보호원 소비자안전국
곡류	4/24 (16.7%)	3.93-7.43	
옥수수 (국내산)	8/46 (17.4%)	4-388 (151)	
옥수수 (중국산)	17/68 (25.0%)	6-124 (39.4)	
보리, 옥수수 및 그 가공품	35/164 (21.3%)	3.4-170.9	

표 7. 국내 제랄레논 오염 현황 조사결과 (1990 ~ 1998년)

### 4. 푸모니신

○ 물리화학적 특징

- 푸모니신은 수용성 곰팡이독소로, 자연계에서는 FB1, FB2, FB3가 주로 발견되며 그 중에서도 FB1의 비율이 높음

- 푸모니신은 열 처리 및 알칼리 처리에 의하여 가수분해되며, 그 결과 푸모니신과 유사한 독성을 지닌 aminopentol (hydrolyzed fumonisin; HFB)로 구조가 변하여 기존의 분석방법으로는 검출이 어려운 것으로 보고됨
- 대상 식품, 유래 곰팡이
  - 주로 옥수수 및 그 가공품과 밀, 보리 등에서 주로 발생하지만, 최근 쌀, 건포도, 와인 등에서도 푸모니신 오염이 보고되고 있음
  - *Fusarium verticillioides*에 의해 푸모니신 B1과 B2가 발생하며, *F. verticillioides* 및 *Aspergillus niger*에 의해서도 발생하는 것으로 알려짐
- 독성 및 사고 사례
  - 식도암을 유발하는 원인 물질로 추정되고 있으며, 말의 뇌백질연화증, 돼지의 폐수종의 원인 물질임이 밝혀짐
  - 1904년 미국에서 *Fusarium moniliforme*에 오염된 옥수수를 먹은 가축이 심한 독소 중독 현상을 일으켰다고 보고된 이래 1997년까지 많은 동물실험에서 치명적인 임상결과들이 나타남
- 오염현황
  - 중국 옥수수의 경우, 전체 옥수수의 57%가 오염되었으며, 평균 오염량과 최고 오염량이 각각 7900 ppb, 17390 ppb로 나타남
  - 일본 옥수수의 경우, 전체 옥수수의 100%가 오염되었으며, 평균 오염량과 최고 오염량이 각각 196.5 ppb, 1928.7 ppb로 나타남
  - 국내산 옥수수의 경우, 일본 옥수수와 유사한 결과를 나타내고 있음

농산물 및 식품	검출시료수/분석시료수 (오염률)		푸모니신 오염도 (µg/kg)		참고
	B1	B2	B1	B2	
쌀	14/47 (29.8%)	3/47 (6.4%)	1.94 ±1.71	1.24 ±0.37	Kim et al., 2013
보리	0/43 (0%)	1/43 (0%)	0	6.06	
옥수수	1/84 (1.2%)	1/84 (1.2%)	68.00	32.90	

표 8. 국내 푸모니신(B1&B2) 오염 현황 조사결과  
(KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. 2013, 45, 1, 111-119)

## 5. 테옥시니발레놀/니발레논

- 물리화학적 특징
  - 화학구조적상 고극성 용매인 수용성 메틸알코올, 수용성 세토니트릴 등과 유기용매인 에틸세테이트에는 용해되지 않음
- 대상 식품, 유래 곰팡이
  - 밀, 보리, 귀리, 호밀, 옥수수 같은 곡물에서 주로 발생하는 것으로 보고됨
  - *Fusarium graminearum*과 *F. culmorum* 등에 의해 발생함
- 독성 및 사고 사례



- 1932년 구 소련연방에서 *Fusarium*에 오염된 추수되지 않은 곡물을 먹은 사람에게서 중독이 최초로 보고됨

○ 오염현황

- 1985년부터 밀, 보리, 맥 등에서 처음 보고되기 시작함
- 1995년 쌀 시료로부터 해당 곰팡이독소의 검출 (최대 462 ng/g)을 확인하였음
- 2005~2006년 현미 7점 중 2점에서 니발레논 (평균 7.4 ng/g), 7점에서 데옥시니발레놀 (평균 22 ng/g)이 검출되었음
- 2007~2008년 생산된 쌀 62점 중 8.1% (최대 6 ng/g), 현미 44점 중 13.6%에서 니발레논이 검출되었음. 또한 쌀, 현미·쌀 가공식품 199점 중 16% (평균 3.4 ng/g)에서 데옥시니발레놀이 검출되었음
- 2009년 생산된 벼 32점 중 1점에서 니발레논, 1점에서 데옥시니발레놀이 검출되었음

6. 곰팡이독소 오염 현황 요약

- 아플라톡신은 국내에서 곡류, 콩류, 견과류 및 그 가공품과 유제품에서 주로 검출되고 있지만 검출률은 낮았고, 가장 오염도가 높은 식품은 옥수수였음
- 오크라톡신은 주로 보리, 메주 및 장류, 그리고 고춧가루 및 향신료에서 주로 검출되고 있으며, 오염률 및 오염 수준이 높음. 과일에서도 오크라톡신 A가 발생하는 사례가 보고되었음
- 제랄레논은 2000년대 초반 옥수수와 보리 및 그 가공품에서 오염이 보고되었고, 최근 백미와 현미에서도 4-201 ppb 수준으로 검출되었음
- 1985년 이후 옥수수에서의 데옥시니발레놀/니발레놀의 국내외 검출 사례가 많이 보고되었지만, 대부분의 경우 검출 농도가 허용치 이하로 매우 낮았음
- 국내외 곰팡이독소 오염 현황 및 오염 식품군 분석 자료를 토대로 하여, 곰팡이독소 검출 대상 식품 매트릭스 군은 수입농산물 중 곡류로 선정하였고, 이를 바탕으로 곰팡이독소 기반기술 연구계획을 수립하고자 함

3절. 곰팡이독소 안전관리를 위한 기준치

1. 아플라톡신

- 15 µg/kg (B1은 10 µg/kg) 이하의 검출 허용치를 가짐(표 9)

대상식품	기준 (µg/kg)
곡류, 두류, 땅콩, 견과류 및 그것을 단순 처리한 것(분쇄, 절단 등)	15.0 이하 (단, B1은 10 이하)
곡류 가공품 및 두류 가공품(규격 외 일반가공식품)	
장류 및 고춧가루 및 카레분	
육두구, 심황(강황), 건조고추, 건조 파프리카 및 이를 함유한 천연 향신료	

밀가루	0.5 이하 (M1 해당)
건조 과일류	
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류 조제식, 기타 영·유아식	
과자류 (제 5.1. 과자류, 땅콩 및 견과류 함유제품에 한함)	
팜콘용 옥수수가공품 (제 5. 29-11. 팜콘용 옥수수 가공품)	
전쌀 (제 5. 29-14. 전쌀)	
제조, 가공 직전의 원유 및 우유류	

표 9. 국내 아플라톡신 기준치

## 2. 오크라톡신

- 식품의 종류에 따라 다양하며, 0.5 - 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하의 검출 허용치를 가짐(표 10)
- 특히, 영유아용 식품군에서 낮은 검출 허용치를 보임(0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하)

대상식품	기준 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
곡류 및 그 단순 가공품	5
커피콩, 볶음커피	5
인스턴트 커피	10
메주	20
고춧가루	7
포도주스, 포도주스 농축액(원료용 포함, 농축배수로 환산하여), 포도주	2
건포도	10
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아식 곡류 조제식, 기타 영·유아식	0.5

표 10. 국내 오크라톡신 기준치

## 3. 제랄레논

- 식품군에 따라 다양한 검출 허용치를 보이며, 20 - 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하의 검출 허용치를 가지고 있음(표 11)
- 영유아용 식품군에서 낮은 검출 허용치를 보임(20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하)

대상식품	기준 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
곡류 및 그것을 단순 처리한 것 (분쇄, 절단 등)	200 이하
과자	50 이하
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아식 곡류 조제식, 기타 영·유아식	20 이하
시리얼류	50 이하

표 11. 국내 제랄레논 기준치

## 4. 푸모니신

- 옥수수 및 그 가공품에서 1 - 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 검출 허용치를 가지고 있음(표 12)
- 열처리를 통해 유사체로 구조가 변화는 화학적 특성으로 인해, 가공식품류에서 더 낮은 검출 허용치(1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  이하)를 가짐

## 5. 데옥시니발레놀/니발레놀

대상식품	기준 (µg/kg)
옥수수	4 이하
옥수수를 단순 처리한 것 (분쇄, 절단 등)	2 이하
옥수수를 단순 처리한 것이 50% 이상 함유된 곡류가공품 및 시리얼류, 팝콘용 옥수수 가공품	1 이하
과자류 (제 5.1. 과자류; 옥수수 50% 이상 함유제품에 한함)	1 이하

표 12. 국내 푸모니신 기준치

- 0.2 - 2 µg/kg의 검출 허용치를 가지고 있음 (표 13 참조)
- 영유아용 식품군에서 낮은 검출 허용치를 보임 (0.2 µg/kg 이하)

대상식품	기준 (µg/kg)
곡류 및 그것을 단순 처리한 것 (분쇄, 절단 등; 다만 옥수수 및 그것을 단순 처리한 것은 제외)	1 이하
옥수수를 단순 처리한 것 (분쇄, 절단 등)	2 이하
영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아식 곡류 조제식, 기타 영·유아식	0.2 이하
시리얼류	0.5 이하
면류	0.75 이하

표 13. 국내 데옥시니발레놀/니발레놀 기준치

## 4절. 국내외 안전관리 문제점

### 1. 이질적 오염특성을 나타내는 곰팡이독소의 체계적/통계적 샘플링 기술 미흡

- 곰팡이독소의 오염은 동일 제품 또는 동일 로트 (LOT)에서도 매우 불균일하게 검출되기 때문에, 검체 채취방법을 포함한 샘플링 방법에 따라 불검출-기준초과에 이르기까지 다양한 오염 특성을 나타냄
- 국내에서 관리하고 있는 곰팡이독소는 아플라톡신, 아플라톡신 B1, 아플라톡신 M1, 푸모니신, 오크라톡신 A, 데옥시니발레놀, 제랄레논 등 총 7종이지만, 식품에서의 검체 채취 기준은 아플라톡신에 국한되어 있기 때문에 다른 곰팡이독소에 대한 검체 채취방법이 추가 개발될 필요가 있음

### 2. 곰팡이독소의 낮은 검출 한계 및 식품 매트릭스별 샘플링 기술 미흡

- 곰팡이독소는 µg/kg(ppb) 또는 ng/kg(ppt) 수준의 낮은 농도로 오염되는 식품 오염인자이기 때문에, 이러한 낮은 농도의 곰팡이독소를 검지할 수 있는 고감도 분석 기술이 요구됨
- 곰팡이독소는 다양한 식품 시료 매트릭스 (matrix)에서 오염 및 검출되기 때문에, 매트릭스별로 특정한 시료 전처리 기술을 적용함으로써 검출 효율성을 증가시켜야 함

## 5절. 곰팡이독소 분석 및 검출 기술 및 시장현황

- 식품안전관리 시스템은 식품 유해 요소 검출 기술과 유해 요소의 제거 기술 및 추적 관리 시스템 기술을 통하여 식품의 유통 중에 발생하는 식품 유해 요소를 선 검출하고 그 요소를 제거하여 유통과정 중의 안정성을 확보하는 기술 및 이를 사용자가 손쉽게 접근하여 위해 요소에 대한 피해를 최소화 할 수 있는 경보 및 알림 기술을 의미함
- 본 연구과제 곰팡이독소 관련 검출기술은 식품안전관리시스템에 적용 가능한 분야이며, 본 연구과제 적용 기술은 센서형 식품안전관리 시스템임

### 1. 기술현황

- 곰팡이독소 분석에 널리 이용되는 방법은 분석 과정이 간단하고 비용이 적게 드는 Thin layer chromatography (TLC)법과 High performance liquid chromatography(HPLC)법, Liquid chromatography-mass spectrometry (LC/MS)등이 있지만 민감도가 낮고 정량 분석이 어렵다는 단점이 있으며, 시료 추출 및 정제 과정에서 상당 수준의 기술력과 긴 시간이 요구됨
- 최근, 기존의 분석 방법을 대체하기 위해 민감도가 높고 다수의 시료를 동시에 분석할 수 있는 장점을 지닌 Enzyme linked immunosorbent assay(ELISA)법을 이용한 곰팡이독소 분석 비중이 증가하는 추세임
- 하지만, ELISA법은 주로 정성분석에 이용되고 있으며, 정량분석을 위해 추가적으로 HPLC 나 LC/MS 등과 같은 기존의 기기분석을 추가적으로 수행해야하는 실정임
- 최근 항체에 비해 안정적이고 단백질, 유기화합물 등 다양한 크기의 표적 물질을 검출할 수 있는 인공항체 (aptamer) 기반의 검출 기법에 대한 연구가 주목받고 있으며 현재 국내 몇몇 학교와 기업에서 연구를 수행하고 있지만, 곰팡이독소 분석에 관한 연구는 아직 기초적인 수준임

### 2. 시장현황

- 분자생물학적 기술은 감염물질 (세균, 바이러스) 혹은 원인물질 (단백질)의 유전정보를 담고 있는 유전자를 기초로 검사하는 방법 또는 시스템을 의미함
- 국내 분자진단시장은 2013년 138억 원에서 2018년 230억 원까지 연평균 15% 상승률로 지속적으로 성장할 것으로 전망되며, 세계시장은 2013년 약 41억 달러로 2018년 약 59억 달러까지 지속적으로 성장 할 것으로 예상됨
- 세계 체외진단시장은 2012년 456.8억 달러 규모에서 7.2% 성장을 통해 2018년 약 646.5억 달러에 이를 것으로 전망되며, Roche Diagnostics가 19%로 가장 높은 시장점유를 보이고 있음
- 특히 세계 분자진단 시장은 2012년 50억 달러에서 연평균 12.6%를 기록하여 2018년에는 90.7억 달러로 성장할 것으로 예상되며 Roche Diagnostics가 25.2%로 역시 가장 높은 점유를 확보하고 있음
- 인공항체와 관련된 분자진단은 한국, 호주, 일본 등에서 수요가 증가하고 있으며 현재 체외진단시장의 11%에 불과 하지만 향후 높은 성장이 기대되는 검사법임

## 6절. 지식재산권 현황

- 곰팡이독소 분석과 검출에 관한 국내외 분석 결과, 현재까지 항체를 이용한 곰팡이독소 검출 키트 개발과 관련된 특허가 존재하고, 그 대표적 특허는 다음과 같음 (표 14)

	기술명(또는 특허명)	출원국/출원번호	지식재산권출원인
1	아플라톡신 B1에 대한 결합 특이성 및 친화성이 향상된 단클론 항체 및 이를 포함하는 아플라톡신 B1 검출용 키트	KR/10-2009-0047325	농림수산식품부 국립수의과학검역원
2	아플라톡신 B1 검출용 표지물질 및 이를 포함한 아플라톡신 B1 검출용 키트	KR/10-2012-0100703	농촌진흥청
3	발암 곰팡이독소의 세포기반 바이오모니터링 방법	KR/10-2014-0050978	부산대학교 산학협력단
4	곰팡이독소 검출을 위한 배지 조성물 및 이를 이용한 검출 방법	KR/10-2015-0159316	전북대학교 산학협력단
5	아플라톡신 생성 아스퍼질러스 플라부스 균주의 신속한 검출 방법 및 검출 키트	KR/1--2016-0073120	롯데제과 주식회사
6	Radioimmunoassay testing kit for detecting aflatoxin albumin adduct	US/2002-0115125A1	Ting
7	Method and test kit for detecting an aflatoxin B.sub 1 and G. sub. 1 using novel monoclonal antibodies	US/6925682	Neogen Corporation
8	Method of evaluating aflatoxin exposure	US/10041478	Huang
9	Hybridoma cell line 10G4 and a monoclonal antibody against the total of aflatoxin B1, B2, G1 and G2	US/13984231	Li
10	Antibody against aflatoxins, support using the antibody method of immunologically detecting aflatoxins and method of concentrating and purifying aflatoxins	US/12515263	Yamashita

표 14. 국내외 곰팡이독소 검출 기술의 특허 출원 현황

- 표적물질에 높은 선택성, 민감성, 결합력을 가지고 제조 과정이 비교적 간단한 SELEX 법을 활용하여 인공항체를 직접 발굴하고 이를 곰팡이독소 진단 키트에 활용함으로써 기존의 특허를 회피하고자 함
- 전기영동법을 이용하여 인공핵산을 분리하는 기존의 방법과 달리, 자성 나노입자 기반의 핵산 분리 기법을 응용하여 기존의 SELEX 기법과의 차별성을 가짐
- SELEX 기법을 통해 개발한 인공항체는 검지물질의 종류에 따라 결과물의 염기서열이 다르기 때문에, 추가적인 특허 등록이 가능함
- 그림 5는 특허를 회피하기 위한 SELEX 기법을 이용한 인공핵산 발굴 기술을 요약하여 보여줌

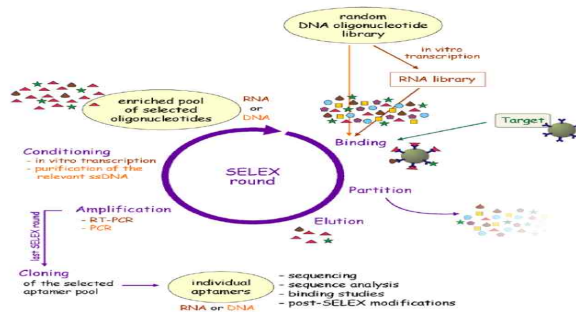


그림 5. 특허 회피 전략으로 SELEX 기법을 기반으로 한 인공항체 발굴 기술 요약

### 3장. 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-05
------	------

#### 1절. 후속 연구 개발의 목표 및 내용

##### 1. 연구 개발의 최종 목표

##### 가. 연구개발의 최종목표

- 현장에서 곰팡이독소 시료를 전처리, 분리 및 농축하는 기기 및 핵산기반 인공항체와 나노 소재 복합체를 이용한 종이기반 곰팡이독소 다중 검지 미세유체 소자 개발
- 그림 6에 본 연구 개발 과제의 최종연구목표를 요약하였음

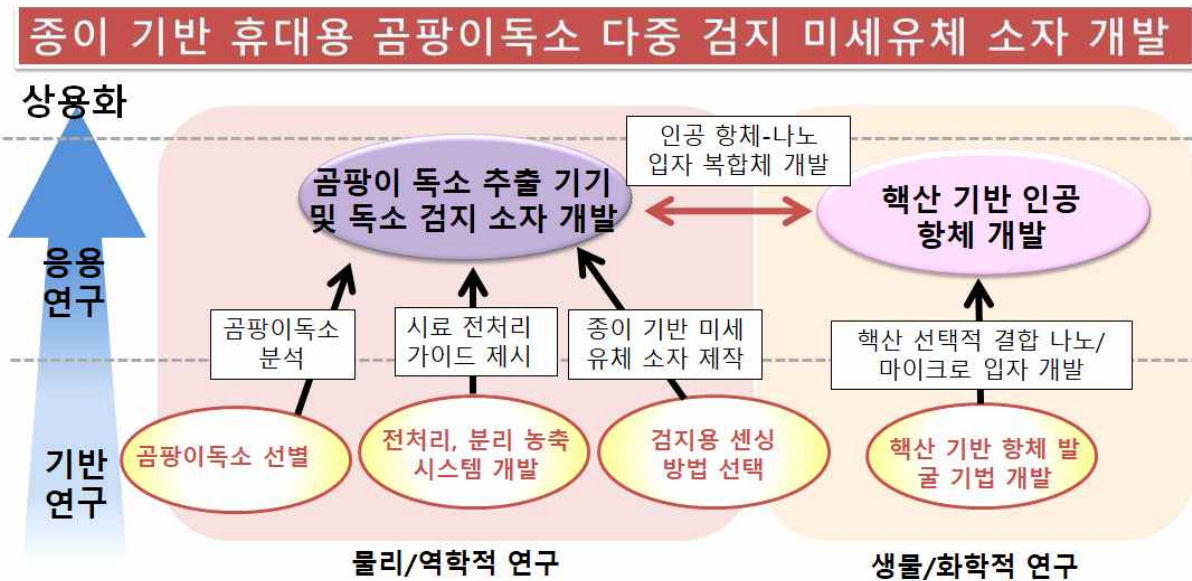


그림 6. 본 연구 개발 과제의 최종연구목표

##### 나. 연차별 개발목표 및 내용

##### (1) 주관기관 연차별 개발목표 및 내용

##### (가) 1차년도 : 곰팡이독소 추출 용액 개발을 위한 매트릭스 별 전처리 조건 확립

- 모델 오염 시료 선정
  - 분석용 곰팡이독소 오염 시료선정을 위한 표준시료 분석 목적
  - 곰팡이독소 아플라톡신, 오크라톡신, 데옥시니발레놀/니발레논, 제랄레논, 푸모니신 등 표준물질을 확보함
  - 확보된 곰팡이독소 표준물질은 본 연구과제 개발제품의 곰팡이독소 기능평가를 위한 기준물질로 사용함
  - 또한 곰팡이독소 분석용 추출 키트의 추출효율 평가를 위하여 표준물질 분석결과를 활용함

- 분석용 곰팡이독소 오염 시료선정을 위한 표준시료 분석 실험방법
  - 표준물질들은 HPLC 분석방법을 통하여 정량표준곡선을 확보함
  - 각 독소의 화학적 성질분석을 위하여 분석표준물질의 혼합물을 제조하여 단일 독소 뿐만 아니라 혼합독소의 분석 결과를 확보함
  - 혼합독소 분석결과 및 각 독소의 화학적 특성은 독소 특이적 인공항체 선정을 위한 데이터로 사용함
  - 상기 정량표준곡선 및 혼합독소의 분석결과는 본 연구과제 개발 곰팡이독소 검출용 키트의 검출한계를 지정하고 최종 개발품의 타겟 독소를 지정하는 기초 데이터로 활용 할 계획임
  
- 분석 매트릭스 별 전처리 조건 확립
  - 곰팡이독소 오염은 동일 제품에 따라서도 매우 불균일하게 발생하기 때문에 검체 채취를 포함한 샘플링 방법에 따라 다양한 오염 특성 결과를 나타냄
  - 이에 따라 각각의 매트릭스 별로 다양한 실험 조건으로 최적 전처리 조건을 확립할 수 있는 연구를 수행함
  - 곡류의 경우 제품의 추출 과정에서 불림과정 또는 파쇄과정이 필요함. 이러한 전처리과정의 특성을 고려하여 현장에서 불림과정이 생략되고 파쇄기가 필요 없는 분쇄용기 개발을 동시에 진행하여 현장에서 전 처리가 가능하도록 함
  - 표 15와 같은 5가지 실험적 증거를 바탕으로 최적의 전처리 조건을 확립할 예정임

	Acetonitrile/ Water (84/16)	Acetonitrile/ Water (90/10)	Methanol /Water (80/20)	Methanol /Water (70/30)	Chloroform
Corn Gluten Feed	100%	76%	84%	69%	83%
Dried Distillers Grain	100%	94%	83%	77%	82%
Corn Gluten Meal	100%	70%	63%	53%	85%
Cottons seed Meal	100%	48%	17%	16%	95%

표 15. 아플라톡신 추출 용액의 추출 효율 (Trilogy Analytical Laboratory, Washington, Missouri)

- 전처리 조건 별 표준검량선 작성 및 회수율 분석
  - HPLC 분석을 통해 모델 오염시료와 비교할 예정이며 검량선 기준으로 표준용액과 비교하여 회수율과 검출 한계를 구할 예정임
  
- 오염시료 수집기준 선정
  - 곰팡이독소는 발효식품의 발효시간, 곰팡이 오염정도, 식품 또는 곡물의 보관방법에 따라 다르게 검출됨
  - 따라서 오염 확인을 위한 검사시료의 수집 기준이 필요함
  
- 곰팡이독소 검출 확인을 위한 실험 방법

- 각 곰팡이독소를 배출하는 오염 균주를 수집함
- 기 보고된 식품, 가공식품, 곡물 등에서 검출되는 오염 곰팡이를 본 연구과제 공시 균주로 지정함
- 각 균주는 공시된 배양조건으로 시간, 영양소(곡물, 식품 등의 오염조건 확인 후 배양 배지 선별)를 달리하여 각 배양조건(시간, 영양소 등)에서 분비되는 곰팡이독소를 추출하여 검사시료로 사용함
- 각각의 독소 추출시료는 표준 독소 분석 조건과 동일하게 HPLC를 통하여 분석함
- 분석 결과에 따라 각 독소의 검출이 가능한 오염식품 또는 시료의 수집 및 채집 시기에 대한 기준을 확립함

- 곰팡이독소 검출이 가능한 시료 및 식품 수집

- 곰팡이독소 검출 확인을 위한 실험 방법의 과정에서 확인된 각 오염 곰팡이별 독소 검출시기에 따라 곰팡이 검출이 가능한 시료를 채집함
- 기 보고된 곰팡이독소 추출방법을 이용하여 추출 후 표준시료 분석방법과 동일한 실험 방법으로 정량 정성 분석을 수행함
- 본 실험은 검출시료가 곰팡이독소에 실제 오염된 정도를 정량적으로 분석하기 위한 실험이며, 본 실험결과를 통하여 본 연구과제로 개발하고자 하는 곰팡이독소 검출 KIT의 검출 한계를 지정하는 중요한 결과로 사용함
- 시료채집 및 수집 후 곰팡이독소 오염여부 실험을 통하여 얻은 결과는 본 연구과제가 종료되고 본 연구과제 개발 제품의 사용범위와 적용 범위를 결정할 수 있는 중요한 데이터로 활용할 계획임

○ 인공항체 선정을 위한 곰팡이독소 선택결합이 가능한 유전정보 분석

- 곰팡이독소는 체내에서 여러 생체분자와 반응하여 독성을 유발시킴
- 각 곰팡이의 독소 체내 반응기작을 분석하고 이를 이용해 각 곰팡이독소와 결합 가능한 유전정보를 분석하여 생화학적으로 결합력이 높은 독소 특이적 핵산서열 확보 가능
- 확보된 유전자 정보서열을 이정현 교수 연구팀과 공유하여 생화학적 결합력이 고려된 독소 특이적 인공항체 선별에 활용함

- 유전정보 분석 방법

- 각 곰팡이독소의 화학적 구조를 분석하여 DNA의 전자조절인자 결합부위 유전자서열과 화학적 결합력이 높은 서열을 선별함
- 상기 분석은 유전자정보 분석프로그램 툴을 사용하여 진행함
- 본 분석 결과로 선별된 유전자 서열을 이정현 교수 연구팀의 인공항체 선별 과정 중 기준이 되는 데이터로 활용함

(나) 2차년도 : 대상 곰팡이독소 선정 및 이의 검출을 위한 최적의 추출 용액 개발

○ 검출 대상 곰팡이독소 추출 용액 개발

- 1차년도 연구결과에 따라 추출할 대상을 매트릭스별로 확립한 추출용기 및 용액에 의하



- 여 전처리한 다음 추출 효율에 따른 용매를 첨가하고 혼합과정을 통해 곰팡이독소액을 추출하고 필터를 통해 곰팡이독소액을 분리함
- 기존의 공정 중 진탕시간, affinity column 정제 및 농축 공정을 생략하여 현장에서 추출 가능한 용액을 개발할 예정임
  - 현장 곰팡이독소 추출 실험
    - 시료채집 및 수집 후 곰팡이독소 오염여부를 확인하는 실험을 통하여 확보된 실제 오염된 시료에서 추출할 수 있는 각 곰팡이독소의 검출농도를 기준으로 현장 곰팡이독소 키트를 개발함
    - 본 추출 키트로 현장에서 추출 가능한 곰팡이독소와 그 농도를 확인하여 본 연구개발 과제 개발 제품의 타겟으로 지정할 독소를 선정할 것임
    - 추출방법은 1차적으로 유기용매를 통한 독소 선택적 추출방법을 선택할 것임
    - 1차 추출방법을 통하여 추출한 모든 추출물의 독소외의 이물질 제거하기 위하여 독소만을 선택적으로 분획할 수 있는 2차 유기용매를 선택할 것임
    - 2차 유기용매 추출 후 HPLC 분석방법을 통하여 검출 효율을 확인함 (그림 7-1)
    - 2차 유기용매 추출 후 추출물의 순도가 곰팡이독소를 검출하기에 부적절하다면, 필터를 통하여 3차 컬럼 추출방법 추가로 진행함 (그림 7-2)
    - 유기용매에 용해된 최종 추출물이 위탁기관에서 개발하는 종이 기기에 집적화가 가능하다면 추출용액을 직접 적용함
    - 그러나 유기용매의 특성상 유동성보다 휘발성이 강하기 때문에 위탁연구기관에서 개발하는 종이기에 적합하지 않을 경우 추출용액을 휘발시킨 후 종이기에 적합한 완충용액에 용해시키는 방법으로 추가 진행함

### 추출방법에 따른 곰팡이독소 추출효율차이

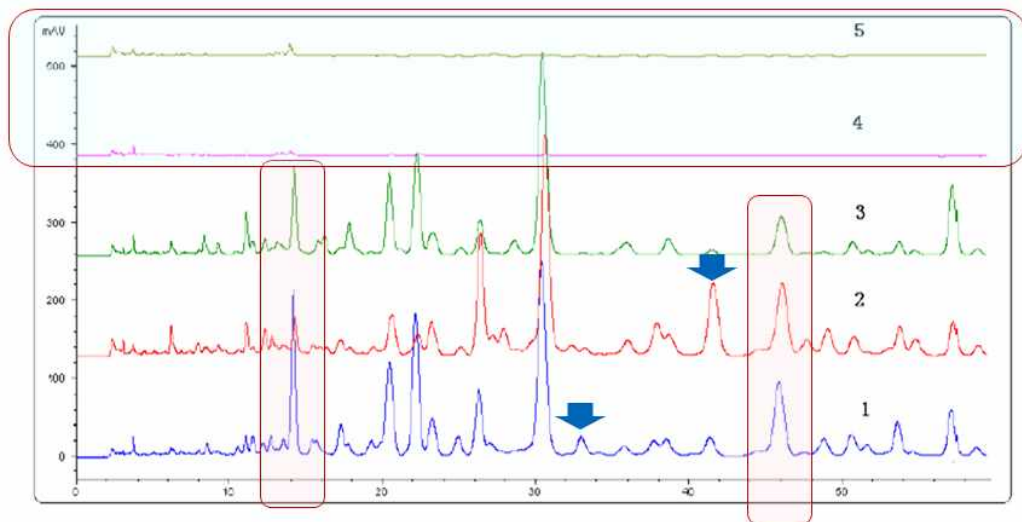


그림7-1. 추출방법에 따른 곰팡이독소 추출 효율차이 (HPLC 분석결과)

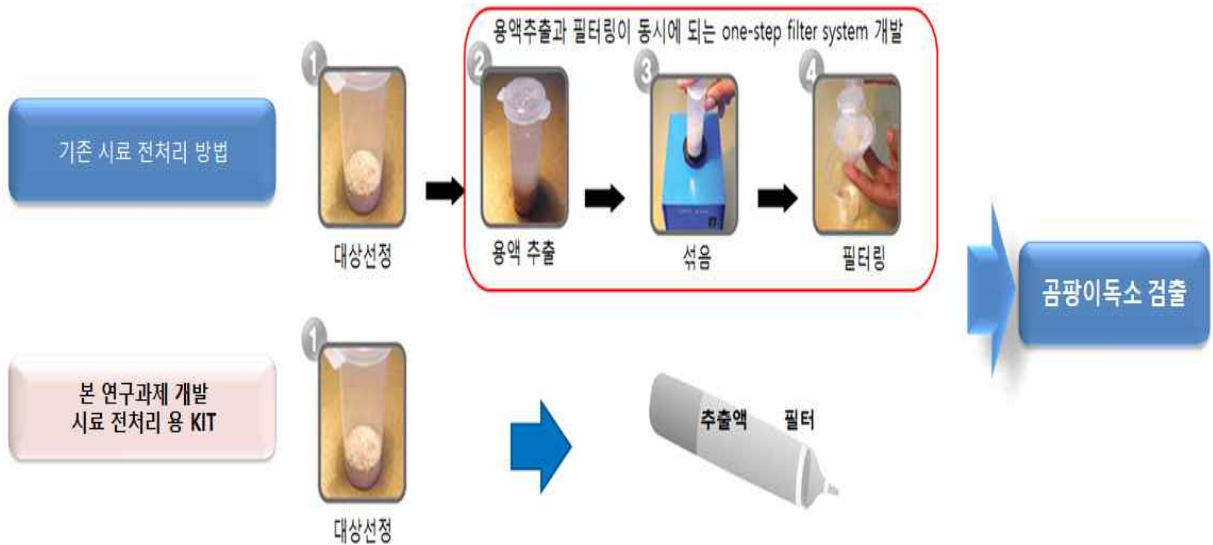


그림7-2. 현장에서 추출 가능한 독소추출 키트 개발

○ 전처리 용액 시스템과 종이 센서의 집적화

- 최적화된 전처리 용액을 개발 진행하면서 위탁기관에서 개발하는 종이기에 집적화 하여 최적의 유동성을 나타낼 수 있도록 고려하여 개발 진행할 예정임
- 최종 추출용액의 시료의 광학적 특성 및 유변학적 특성 측정 실험을 통해 물성을 분석함. 또한 추출 용액과 종이 센서와의 물리적 조건을 파악함
- 종이와 같은 다공성 매질에서 미세유체 유동은 유체의 점도, 표면장력 그리고 유체가 포함하고 있는 다양한 성분들(예를 들어 나노파티클 등)과 같이 전처리 추출 용액의 특성과 그 용액이 적용되는 종이의 공극률, 공극의 크기 그리고 투과성 등이 매우 밀접히 연관되어 있음
- 또한, 유체마다 그 값이 달라지게 되는 종이와의 접촉각(즉 종이와의 젖음성과 유체와의 상관관계)과 전개액의 유변학적 특성 등이 다공성 매질 내의 유체 유동에 영향을 줌
- 각 곰팡이독소를 효율적으로 추출하는 최종 유기용매 및 용해용 완충용액의 적용가능성을 검증하고, 전 처리된 샘플과 그 버퍼의 종류 및 화학적 조성에 따른 종이 기반기기의 결합력 및 그 색 변화량의 차이를 연구함. 또한 곰팡이독소 검지를 위해 핵산 기반 인공항체를 종이 내 원하는 위치에 고정 및 제어하는 연구를 진행함

(다) 3차년도 : 개발된 제품의 신뢰성 검증 및 상용화 준비

○ 곰팡이독소 현장 추출 용액 표준화

- 각 매트릭스 별 추출 조건 및 최적의 종이 기기 집적화를 통해 추출 용액을 표준화함
- 기기의 최적화 및 최종 조건 확인을 위하여 타겟 독소의 검출 효율성 및 기능성 평가를 진행함
- 평가 방법은 2차년도 개발된 추출 KIT를 사용한 추출용액을 1차년도 주관기관에서 진행한 HPLC분석 실험방법을 통하여 최종 정량/정성 분석 수행하여 표준결과로 지정함
- 동일한 추출 용액을 본 연구개발 제품에 적용하여 검출한계 및 결과를 비교함
- 최종 확정된 타겟과 디바이스의 제품화를 위해 주관기관에서 보유하고 있는 3D 프린터를 사용하여 제품의 형상을 검토함

○ 개발된 제품의 신뢰성 검증 및 상용화 준비

- 개발된 핵산 기반의 인공 항체가 적용된 종이 소재 검지 센서 시제품을 신뢰성을 검증하고 문제점을 보완하여 상용화 준비 예정임
- 3D프린터로 형상을 확인하여 수정 보완된 결과를 바탕으로 사출전 제품 확인 작업인 목업작업을 진행함
- 목업작업으로 진행된 디바이스 형태에 위탁에서 개발한내용과 세부과제에서 개발한 인공항체를 적용하여 최종 시제품을 완성함
- 제품의 성능 평가를 위해 추출 및 분석실험을 수행함
- 제품의 효과상승과 효율성, 정확성을 높이기 위한 디자인 수정작업 및 보완 작업을 진행함

(2) 위탁기관 연차별 개발목표 및 내용

(가) 1차년도 : 종이 기반의 검지 플랫폼 설계 및 전처리 조건에 따른 종이기와 시료간의 상호작용 연구

○ 종이 기반 미세유체 소자의 설계 및 다차원 lateral flow sheet의 유동 조건 분석

- 종이 기반의 기기로 소형화 및 대량 생산이 가능하며 또한 일회용으로 사용할 수 있는 검지 시스템을 설계함
- 다양한 다공성 종이 매질과 젖음성, 공극의 크기 등의 물성을 제어하여 본 연구에서 목표하는 고품광이독소 검지에 가장 적합한 재료를 제작 및 선정하고 검지 소자와 결합할 수 있는 방법의 연구를 수행함
- 1차원 뿐 아니라 2차원(평면) 혹은 3차원(블록) 형태의 검지 시스템을 연구하고 최적의 유동 속도 및 반응 시간을 가질 수 있는 기기를 설계함
- 고성능 광학현미경 및 전기주사 현미경등을 이용하여 그 내부 구조 등을 분석함

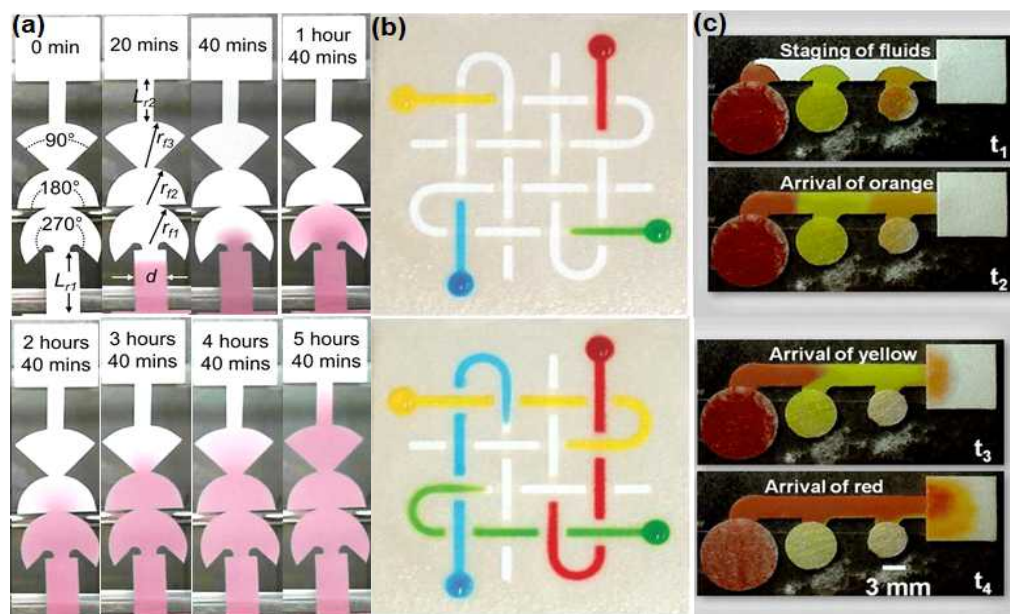


그림 8. 이차원 종이 sheet에서의 유동현상 예시 (a) 각도가 다른 부채꼴 형상을 연속적으로 붙인 형태의 종이에서의 유동, (b) 3차원 구조를 가지고 있는 종이에서의 유동, (c) 2차원 형태를 이용한 전개액 유동 제어

○ 시료 용액 및 항체 용액의 물성 파악 연구

- (주)바이오세상에서 개발하는 전처리 기법에 대해서 연구내용을 공유하고, 그 전처리 기법과 시료의 물성치를 고려한 종이기기를 설계함. 전처리 기기의 경우 유동적인 측면은 (주)바이오세상을 도와 같이 개발 할 수 있도록 함
- 시료에 따른 검지 기법의 변화를 고려하여 종이기기와 연관시킬 수 있는 최적의 검지 기법을 성균관대학교 신소재공학부 이정현 교수팀과 협의 연구함
- 다양한 종류의 종이기반 기기와 시료 용액 간의 젖음성을 파악하는 실험을 통해 다공성 매질 내 유동에 큰 영향을 줄 수 있는 물성인 시료 용액의 친수, 소수성 및 계면 장력 조건을 최적화함. 본 연구는 연구실에 갖추고 있는 광학현미경 및 계면 장력/접촉각 측정기 등을 활용할 예정임

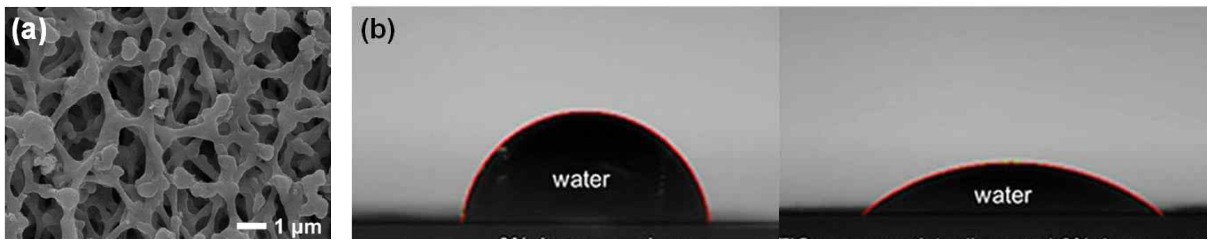


그림 9. (a) 전자주사 현미경 이미지, (b) droplet analyzer 실험 이미지 예시

- (나) 2차년도 : 곰팡이독소 검지용 종이기반 단일 검지 센서 개발 및 전처리 시스템과의 집적
- 곰팡이독소 검지 다차원 lateral flow sheet의 원천 기술 확보 및 단성분 독소 물질 검지 소자 개발
    - 독소 물질 및 그 항체에 대한 정보 및 제품 등은 (주)바이오세상과 성균관대학교 신소재공학부로부터 제공받음. 항체의 경우 2차년도에는 일반 항체를 향후 3차년도에는 개발되는 인공항체를 이용하여 실험을 진행할 예정임
    - 기기 개발과정에서는 실험실 안전을 고려하여 전문가 및 타 연구기관과 협의해서 되도록 독소물질과 비슷한 기능을 가지는 물질을 활용할 예정임. 독소 실험이 필요한 경우 생물안전도(Biosafety Level)을 획득한 연구실에서 수행할 예정이나 상황에 따라서는 본 연구실에서도 필요한 레벨의 생물안전도를 획득할 예정임
    - 독소 물질은 아래 그림과 같이 항체가 코팅된 비드가 기기를 따라 흐르다가 독소 물질이 코팅된 결합지역(capture region)에서 결합이 되고, 그 결합에 의해 발현된 색을 통해 검지함. 일반항체 및 핵산 기반 인공 항체의 농도에 따른 색변화 량을 데이터베이스화 하고, 종이에서의 발현 정도를 연구함. 본 실험은 시료 용액의 중요성을 감안하여 (주)바이오세상과 공동으로 진행할 예정임

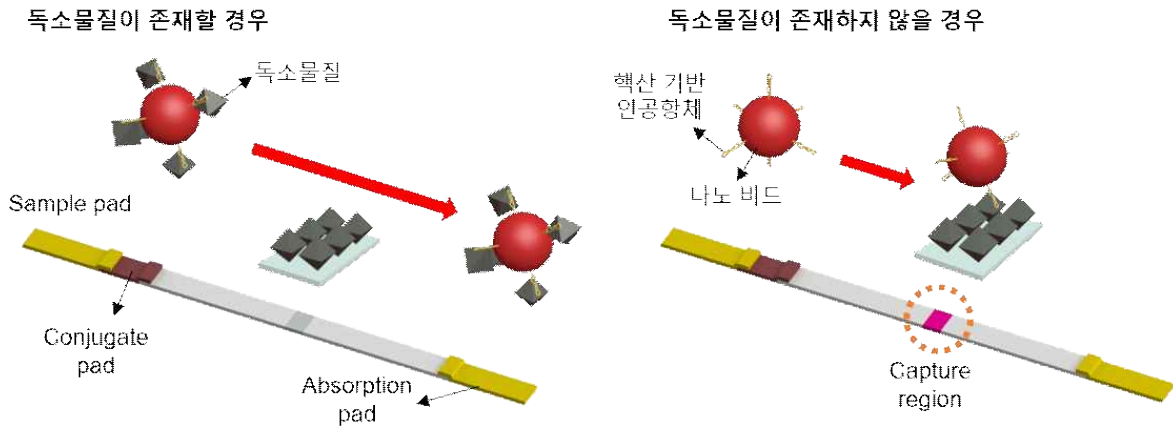


그림 10. lateral flow strip의 구조 및 독소물질 검지 메커니즘

- 항원, 항체 반응 등 화학적 바인딩과 마이크로 비드가 포함되어 있는 용액의 물질의 유동 특성 및 결합특성을 이론적으로 연구하고, 다양한 형상의 종이 기반 기기에서 사용할 수 있는 universal solution을 구축함
- 개발된 전처리 시스템으로 추출된 곰팡이독소 용액을 종이 내 전개액으로 사용함으로써 용액 특성에 따른 유동을 평가함. 유동평가 실험은 카메라를 통해 실시간으로 모니터링 하며 또한 일회용 디바이스인 점을 고려하여 다양한 사용온도 범위(약 5 °C-30 °C)에서 그 차이점을 데이터베이스화 함. 실험의 온도는 본 연구실에 구비되어 있는 고성능 항온 챔버를 활용하고 그 내부에 카메라를 설치할 예정임

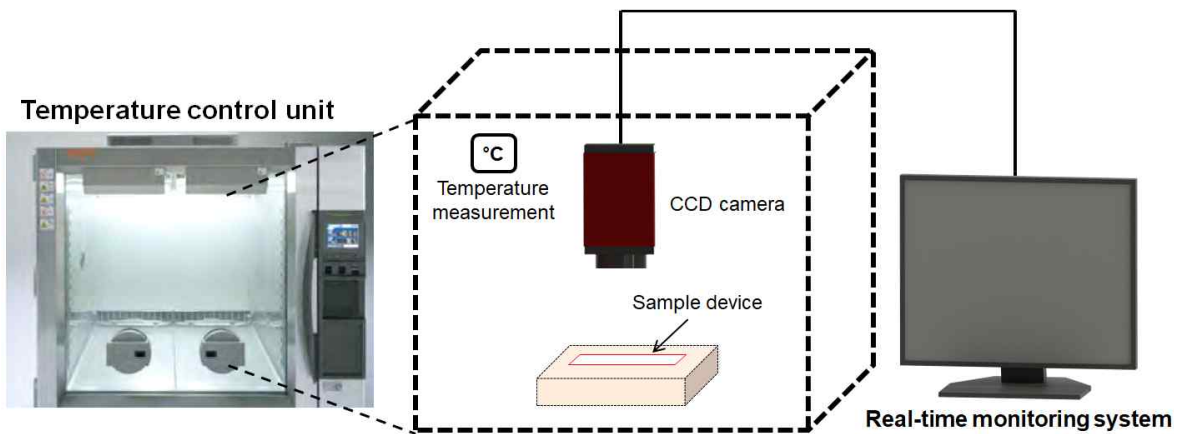


그림 11. 고성능 항온 챔버와 실시간 모니터링 시스템을 이용한 유동 평가 실험 개략도

- 실험의 결과를 토대로 그 단점을 파악하고 최적화 시켜 유동 및 물질 전달 속도, 농도를 위한 채널 디자인을 설계하고 이에 따른 정량적 정보를 얻음. 또한, 유동 조건에 따른 sample pad, conjugate pad, absorption pad의 재료를 선정하고 위치 및 형상 등을 다양한 방식으로 연구함

(다) 3차년도 : 일회용 종이 기반 고품광이독소 다중 검지 미세유체 소자 개발

○ 다차원 lateral flow sheet를 이용한 다성분 정량 분석 기기 개발

- 다성분 검지를 위해서 일반적으로 두 개 이상의 capture region을 일렬로 나열하는데, 이 경우 비드의 양과 각 지역에서 결합하는 양이 실험마다 일정하지 않으므로 정량적인 정보를 줄 수 없기 때문에 새로운 디자인의 다성분용 다차원 lateral sheet를 개발함

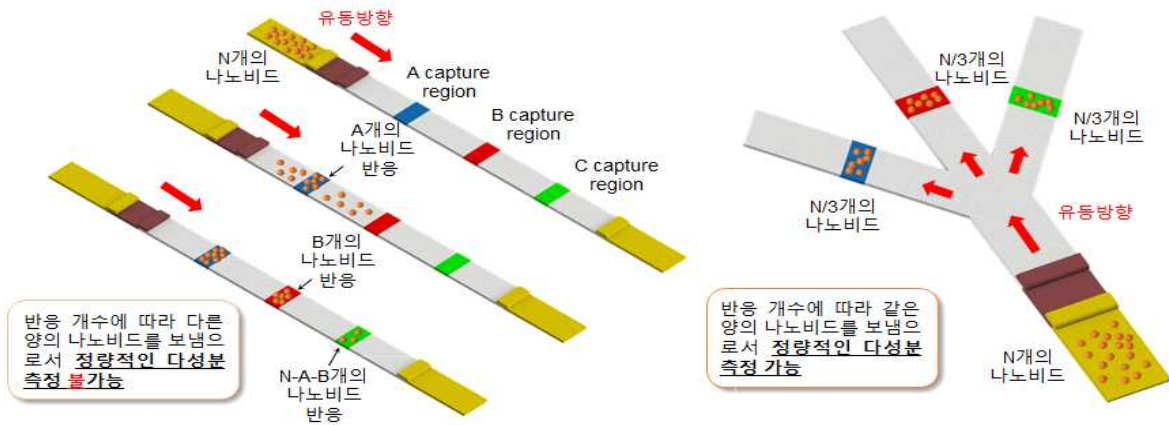


그림 12. lateral flow strip과 이차원 lateral flow sheet의 구조와 차이점

- 본 연구에서는 일단 2차원 lateral sheet을 개발하여 그 활용성을 확인하고 필요하다면 3차원형상을 개발하여 그 활용 영역을 늘릴 예정이며, 기존 제품들과는 차별화된 다차원 구조를 설계 및 제작하여 다성분 검지체를 정량 분석함
- 검지할 독소의 양이나 특성, 항원-항체 반응성, 반응되는 양 등을 고려하여 채널의 너비 및 크기를 조절하여 유량을 제어함. 이는 앞서 2차년도에 개발되는 이론적 연구를 바탕으로 설계변수를 줄여 효율적인 연구를 수행할 예정임
- 개발된 핵산 기반의 인공 항체를 종이 형태의 소자에 적용시킨 다성분 고품광이독소 검지 센서 시제품을 제작하고 신뢰성을 검증함
- (주)바이오세상과 최종 시작품을 개발함

(3) 참여기관 연차별 개발목표 및 내용

(가) 1차년도 : 표면에 핵산의 비선택적 흡착이 가능한 인공항체 발굴용 자성 나노입자 개발, 아플라톡신B1에 선택적으로 반응할 수 있는 인공 항체 개발

○ 핵산을 비선택적으로 흡착할 수 있는 자성 나노 입자 합성 및 안정화 기술 개발

- 기존의 인공항체 개발 시 전기영동법을 통해 진행하던 핵산의 분리 과정을 빠른 시간 내에 효율적으로 수행할 수 있는 자성/그래핀 core/shell 나노입자를 개발함. 개발된 입자를 통해 대상 고품광이독소와 강하게 결합한 상태로 남아있는 핵산을 높은 효율로 분리할 수 있음
- 자석을 이용한 나노입자의 분리에 소요되는 시간을 줄이면서도 표면에 흡착되는 핵산 양을 최대화하기 위하여 자성/그래핀 core/shell 나노입자의 크기 조절 연구를 수행할 예정임

- 주관기관에서 곰팡이독소를 추출하기 위해 개발한 곰팡이독소 추출 용액 내에서도 자성/그래핀 core/shell 나노입자가 응집되지 않고 핵산의 고효율 흡착이 가능하도록 입자의 안정화 방안 연구를 수행할 예정임

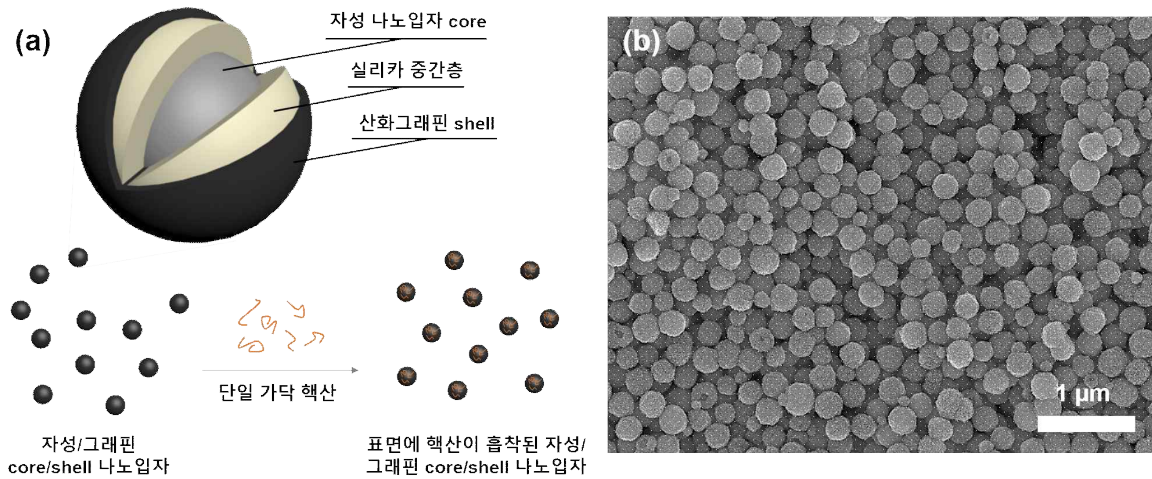


그림 13. (a) 자성/그래핀 core/shell 나노입자의 구성 및 핵산 흡착 양상, (b) 자성/그래핀 core/shell 나노입자의 SEM 사진

- 식품 내 곰팡이독소 검출 한계 농도를 고려한 인공항체 개발 전략 수립
  - 곰팡이독소에 노출될 수 있는 식품군의 종류 및 검출 한계 농도를 고려한 인공항체 개발 프로세스 (SELEX) 조건을 확립함
  - 인공 항체 개발 로드맵을 구성하여, 연구 수행 과정에서의 오류를 개선하고, 피드백을 통해 개발 효율을 극대화함
- 아플라톡신B1에 선택적으로 반응할 수 있는 인공 항체 개발
  - 핵산을 고효율로 흡착할 수 있는 자성/그래핀 core/shell 나노입자 표면에서의 핵산 흡·탈착 조건을 확립하고 효과적으로 조절함으로써, 핵산-독소 간의 결합 여부를 선택적으로 선별할 수 있는 프로세스를 확립함
  - 주관기관에서 확보한 각 곰팡이독소의 화학적 구조와 DNA의 전자조절인자 결합부위의 유전자 서열 정보를 고려하여 인공 항체를 선별함
  - 인공 항체 개발 로드맵을 바탕으로 SELEX 프로세스를 수행하고, 각 반응 회차 마다의 결과 데이터 분석을 통해 피드백을 진행할 예정임. 이를 통해 선별된 인공 항체의 곰팡이독소 검출 신뢰성을 매우 높일 수 있을 것으로 기대함
  - 반응 회차마다 검출 대상 곰팡이독소인 아플라톡신B의 농도를 줄이고, SELEX 프로세스를 반복하여 가장 높은 결합력을 가진 인공 항체를 분리해냄
  - 높은 결합력을 갖는 몇 가지의 염기서열을 대상으로 negative selection을 진행하여 다른 종류의 곰팡이독소와의 경쟁적 결합 가능성을 완전히 배제할 수 있으며, 해당 과정을 거쳐 선별된 인공 항체는 아플라톡신B1에 선택성을 가질 수 있음
  - 개발된 아플라톡신B1 특이적인 인공 항체의 검출 한계 농도를 계산하고, 이를 바탕으로 인공 항체의 염기서열을 조절함으로써 구조적 안정성 및 결합력을 최적화함
  - 개발된 인공 항체와 아플라톡신B1의 결합력, 기질 선택성 등의 생화학적 특성 분석

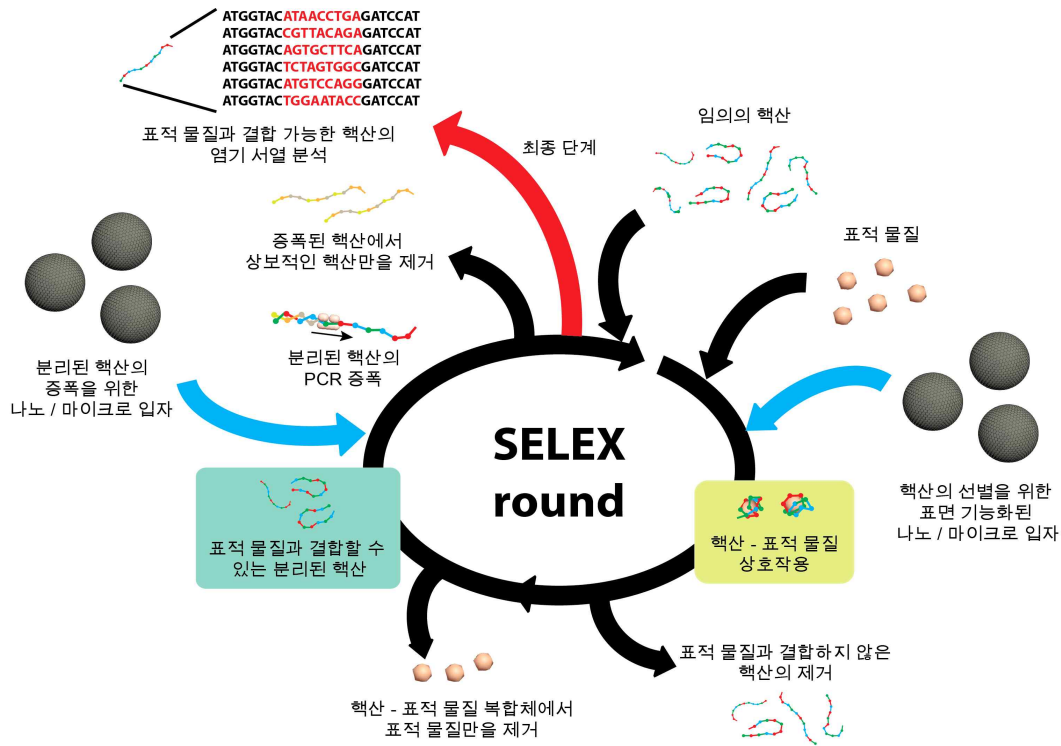


그림 14. 자성/그래핀 core/shell 나노입자 기반의 인공 항체 선별 과정(SELEX). combinatorial chemistry에 기반한 SELEX (systematic evolution of ligands by exponential enrichment)법을 통해 곰팡이독소 선택적인 인공 항체의 선별이 가능함.

(나) 2차년도 : 검지 대상 곰팡이독소 특이적 인공 항체의 추가 개발, 곰팡이독소 검지용 색 변화 센서 개발

- 주관기관에서 1차년도에 선정된 추가적인 곰팡이독소에 특이적으로 반응할 수 있는 인공 항체 개발
  - 1차년도에 개발한 아플라톡신 특이적 인공 항체의 개발 기술을 바탕으로 추가 선정된 곰팡이 독소를 검출할 수 있는 인공 항체를 개발하고자 함
  - 인공 항체를 개발하는데 사용하는 자성/그래핀 core/shell 나노입자의 표면 기능화, 표면 전하 조절 등과 같은 추가적인 성능 개선을 통하여 인공 항체 추출 및 개발 속도를 향상시킬 수 있는 입자 최적화를 진행함
  - 주관기관에서 제공된 곰팡이독소와 결합 가능한 염기서열 정보에 대한 분석을 참고하여 각각의 곰팡이독소에 따로 반응하는 고품이성 인공 항체와 다양한 곰팡이독소를 범용적으로 검지하는데 사용할 수 있는 범용 곰팡이독소 검지 인공 항체를 구분하여 개발할 예정임
  - 선별한 인공 항체의 염기서열에 기반하여 독소 검출 한계를 계산하고, 이를 바탕으로 각 인공 항체의 염기서열 및 구조를 최적화함
  - 각각의 인공 항체와 곰팡이독소의 결합력을 계산하고, 선택성 등과 같은 생화학적 분석을 진행함



○ 아플라톡신B1을 검지할 수 있는 나노/마이크로 입자 기반의 센서 제작

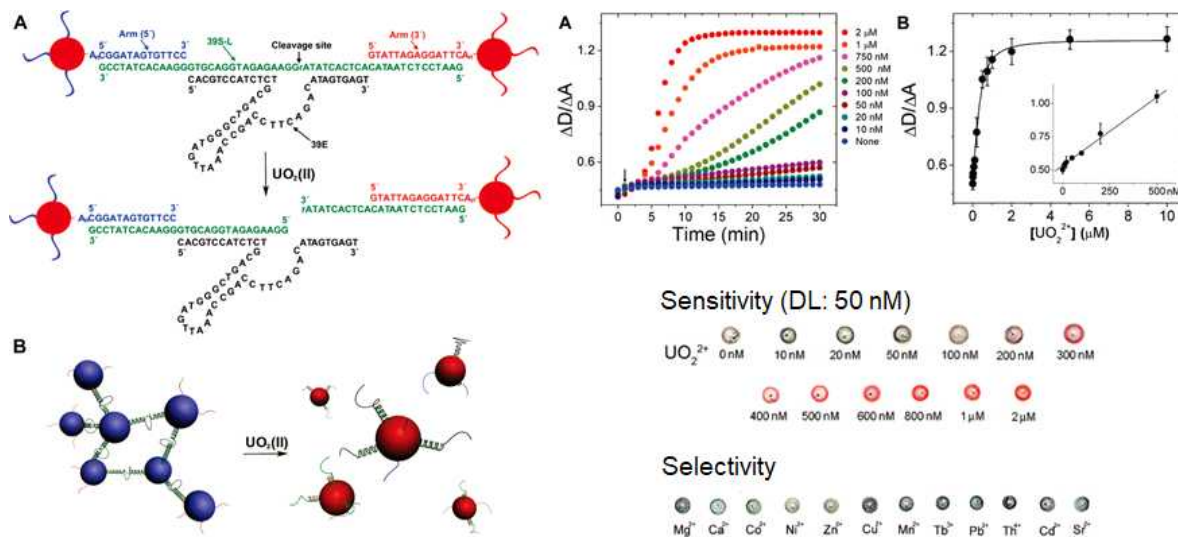


그림 15. 핵산 기반의 인공항체를 나노입자에 부착하여 색깔의 변화로 검지를 하는 색변환 센서의 예시 (J. Am. Chem. Soc., 2008, 130, 14217-14226). 나노입자에 곰팡이독소 특히 인공항체를 사용하는 경우, 곰팡이독소를 검지할 수 있음. 인공항체의 선택성에 따라 센서의 선택성이 결정되기 때문에 감도와 선택성이 우수한 인공항체를 개발하는 것이 중요함

- 낮은 농도의 검체와 반응시, 형광 발현이나 흡광과 같은 색깔 변화를 통하여 반응 여부를 확인할 수 있는 센서 제작용 나노/마이크로 입자를 개발함
- 아플라톡신B1과 같은 검지 대상 곰팡이독소와 선택적으로 반응하는 인공 항체의 한쪽 끝을 변형하여 나노 입자와 결합할 수 있는 작용기를 도입하고, 나노/마이크로 입자에 부착하는 연구를 수행함
- 나노/마이크로 입자가 아플라톡신B1 추출 용액 내에서도 안정하게 존재하면서 아플라톡신B1와의 반응이 가능하도록 입자 표면을 기능화함 (선행 연구 결과, 본 연구진은 핵산의 염기서열을 부분적으로 조절하여 바닷물과 같은 이온 강도가 높은 조건 하에서도 나노입자가 안정하게 존재할 수 있도록 하는 기술 확보; 등록번호: 10-1725582, 등록일: 2017. 4. 5)
- 용액 안에서 나노/마이크로 입자-인공항체와 아플라톡신B1과의 반응에 따른 색깔의 변화를 확인하고, 아플라톡신B1의 검출 한계와 선택성에 대한 연구를 진행할 예정임

○ 인공항체 개발 과정에서 곰팡이독소 특이적 유전정보의 활용을 위한 데이터베이스화 및 해석을 통한 곰팡이독소 검출한계 상승효과 연구

- 1차년도에 주관기관에서 얻은 곰팡이독소와 특이적으로 결합할 수 있는 유전정보를 SELEX법에 적용할 수 있는 방안을 연구함
- 곰팡이독소별 강한 결합력을 가진 염기서열의 데이터베이스화를 통해 서로간의 상관관계를 도출하고, 곰팡이독소 구조와 핵산 염기서열을 바탕으로 한 결합력 예측
- 해당 연구를 바탕으로 특정 곰팡이독소만을 검출할 수 있는 특정 인공항체 염기서열의 발굴을 고속화할 뿐만 아니라, 검출한계까지 낮출 수 있는 고효율의 인공항체 개발 시스템을 구축할 예정임

(다) 3차년도 : 추가적으로 선정된 곰팡이독소 검지용 색변환 센서 개발 및 종이 소자 기반의 곰팡이독소 검지용 센서 개발

- 용액 상에서 곰팡이독소를 효과적으로 검지할 수 있는 색변환 센서 개발
  - 2차년도에 확보된 기술을 바탕으로 추가적으로 선정된 곰팡이독소 검지용 색변화 센서를 개발함
  - 곰팡이독소와의 반응을 통해 입자의 색깔의 변화를 확인하고, 각각의 곰팡이독소에 대한 검출 한계와 선택성에 대한 연구를 진행함
  - 인공 항체가 부착된 센서용 나노/마이크로 입자를 종이 소자에 적용할 수 있도록 입자를 종이 위에서 장기간 건조 및 보관하고, 검지체 도입시 높은 효율로 재분산시킬 수 있는 연구를 수행함. 본 기술은 제품의 가격 경쟁력 및 신뢰성 측면에서 매우 중요한 기술이며, 건조 및 보관 기간별로 종이 소자에 존재하는 색변환 센서의 재현성을 확인할 예정이다

○ 종이 기판을 이용한 곰팡이독소 검지용 센서의 안정성 검증

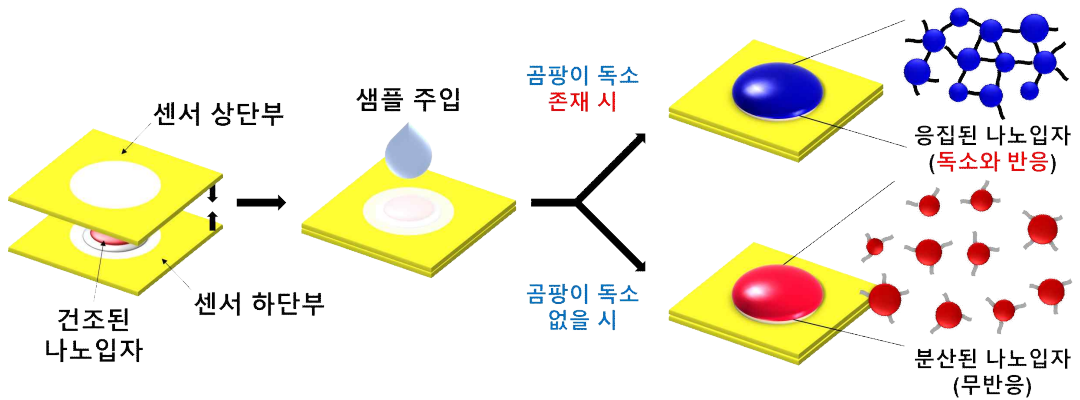


그림 16. 핵산 기반 인공 항체를 종이기판에 도입하고 건조함으로써 장기간 보관할 수 있는 기술과, 검지체 도입시 높은 효율로 재분산될 뿐만 아니라 색변화를 통해 곰팡이독소를 정량·정성 분석할 수 있는 기술의 예시. 종이에서 나노입자의 안정성 및 기능성을 유지할 수 있는 기술은 촉방 유동기기 기반 센서의 제작에 있어 매우 중요한 선행 기술이며, 이를 통해 매우 높은 검출 신뢰성을 확보할 수 있음

- 용액으로 구현한 곰팡이독소 검지용 나노/마이크로 입자 기반의 색변환 센서를 종이 기판을 이용하여 안정성 검증
  - 종이 기판 위에서 나노/마이크로 입자의 유동 특성 개선을 위한 나노/마이크로 입자와 종이의 표면 개질 및 기능화 연구를 진행하고, 나노/마이크로 입자의 높은 안정성과 낮은 소실률을 바탕으로 곰팡이독소 검출 신뢰성을 높일 수 있는 방안을 모색함
  - 입자의 종이 소자내 유동간 비특이적 결합을 최소화할 수 있는 입자 및 소자 표면 기능화 연구를 진행함
  - 입자의 표면 전하 및 기능화 물질의 입체적 방해 (steric hindrance) 현상을 고려한 유동 특성을 개선할 수 있는 방안을 연구함
  - 종이 기판 위에서 센서의 곰팡이독소 검출한계 측정 및 선택성 여부에 대한 연구를 진행하고, 각 곰팡이독소별 식품 내 검출 허용 농도를 기반으로 하여 반응 가능 농도 구간을 조정할 예정이다
- 촉방 유동 기기 내에서 곰팡이독소 센서의 안정성 평가

- 개발한 곰팡이독소 검지용 색변환 센서를 측방 유동 기기에 적용시킴으로써 기기 내에서  
의 거동 관찰을 진행하고, 용액 상에서의 검출 특성과의 비교 분석을 진행함
- 기기 내부의 물리·화학적 특성을 고려한 색변환 센서의 최적화를 수행하고, 인공항체  
및 입자의 안정성을 확인함
- 측방 유동 기기의 곰팡이독소 검출 재현성을 확인하고, 기존의 제품들과의 성능 비교를  
통한 기술 경쟁력을 확인할 예정임

○ 다. 연구개발 성과 및 평가방법

성과목 표	연구기반지표																		
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교 육 지 도	인 력 양 성	정책 활용·홍 보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
											SC I	비 SC I	논 문 평 균 IF						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	15	25											30	10	20				
최종목표	3	3																	
1차년도											1		1						
2차년도	1										2		3	3					
3차년도	2	1									3		3	3	2				
소 계	3	1									6		3	7	2				
종료 1차년도		1																	
종료 2차년도		2																	
종료 3차년도																			
종료 4차년도																			
종료 5차년도																			
소 계		3																	
합 계	3	3									6		3	7	2				

## 2절. 후속 연구 개발의 추진전략, 방법 및 추진 체계

### 1. 각 기관별 추진 전략

#### 가. 주관기관 추진 전략

- 연구 개발의 성공 및 실용화 가능성을 높이기 위해 핵심기술 확보 및 검증 기술 확보, 조기 실용화 등 세 부분별 전략적 연구 추진
- 인공 항체 개발을 위한 유전정보 수집 및 독소별 특이적 결합이 가능한 유전자염기서열 특이성 연구
- 곰팡이독소 검출을 위한 최적의 추출 용액 개발
  - 동일한 대상물이라도 각 샘플의 균일도에 따라 다양한 오염 결과값을 나타내는 특성 때문에 이를 표준화하는 작업이 필요함
  - 일반적으로 곰팡이독소를 추출하는데 파쇄기, 교반기, vortex 등의 단계를 거쳐 공정이 이루어지는데, 이러한 기구들은 현장에서 사용하기 어려움
  - 따라서, 1차년도 연구기간동안에는 파쇄기, 교반기, vortex 등의 기구를 대신할 수 있는 추출용 용기개발을 통하여 현장적용이 가능한 기구 개발을 추진
  - 이에 따라 추출 조건에 따라 추출되는 곰팡이독소양의 변화가 클 것으로 예상되므로 시료 전처리법의 guideline을 제시할 예정임
- 아플라톡신 곰팡이독소 외에 검체 채취 기준 표준화
  - 현재 국내에서 관리하고 있는 곰팡이독소는 아플라톡신, 아플라톡신 B1, 아플라톡신 M1, 푸모니신, 오크라톡신 A, 데옥시니발레놀, 및 제랄레논 등 총 7종이나 식품공전 상의 검체 채취 기준은 아플라톡신에 국한되어 있기 때문에 다른 곰팡이독소에 대한 검체 채취방법을 추가 할 필요가 있음
  - 검체에서 다양한 조건의 실험을 통해 아플라톡신 외에 채취 가능한 기준을 표준화 할 예정임
- 극미량 수준의 분석이 가능한 농축 추출액 개발
  - 곰팡이독소는  $\mu\text{g}/\text{kg}(\text{ppb})$  또는  $\text{ng}/\text{kg}(\text{ppt})$  수준으로 오염되는 식품 오염인자이기 때문에 오염을 피하기 어려우며 이에 극미량 수준의 분석이 가능한 검출한계나 정량한계를 갖는 농축 추출액 개발이 요구됨
  - 극미량 독소를 검출하는 방법으로 곰팡이독소액을 농축시키는 방법을 개발할 예정이며 이로 인해 검출의 오류를 방지하려 함

핵심기술 확보 전략	
국내외 전문가 활용	○ 국내 선진 기술 보유 기관 및 전문가 자문 ○ 해외 문헌 및 세미나 참여로 네트워크 구축 및 활용
성공 가능성 제고	○ 국내에서 기확보 또는 개발 성공한 기술을 최대한 응용하여 개발 추진 ○ 곰팡이독소 검출 키트 개발 관련 국가 R&D의 기술적 성취도를 최대한 반영
유전정보 분석 기술	○ 인공항체의 선택성과 결합정확도를 높이기 위하여 유전정보분석기술 활용 ○ 인공항체의 선별을 위하여 적용된 유전정보 분석기술은 추후 곰팡이독소 뿐만 아니라 확장된 기술적용에 주요 핵심 기술로 적용 가능

검증 기술 확보 전략	
검증시설 구축	○ 검증 실험시설 및 최적의 검증 시설 구축 ○ 본 연구과제 개발 제품이 검출/ 진단용 기술적용 제품임 따라서 신뢰성과 정확성을 확보하기 위하여 기초 데이터 확보 및 데이터베이스 구축이 중요함 ○ 본 연구과제 수행 기간 동안 축적된 결과는 신뢰성과 정확성을 확보한 후 데이터베이스화 하여 활용 추후 본 연구과제 개발 제품의 신뢰성검증을 위한 기초 데이터로 활용할 계획

기술의 조기 실용화를 위한 시장 친화적 연구개발 전략	
조기 실용화 추진	○ 사회적 니즈에 부합하면서 틈새시장을 창출 할 수 있도록 연구개발 수행 ○ 개발 제품의 조기 실용화와 활용화를 위해 검인증, 표준화 확보

나. 위탁 추진 전략

- 본 위탁기관은 (주)바이오세상과 협력하여 “인공항체 기반 종이기반 다성분 곰팡이독소 검지 기기”의 물리/역학적인 부분을 연구하게 됨. 따라서 (주)바이오세상과 시료 전처리 기기에서부터 분석기기까지 매우 유기적인 협력이 필요하며 또한 생물학적/화학적 부분을 담당하는 성균관대 신소재 공학부와 주기적인 상호의견 교환이 필요함
- 연구를 수행하기 위한 연구개발 전략 및 방법
  - 종이 기반의 미세유체 소자 제작 공정 연구
    - 종이기반 기기 제작 공정은 아래와 같으며 독소 검지 다차원 lateral flow sheet에 최적화된 공정 기술을 연구함



그림 17. 종이 기반 미세유체역학 기기 공정 기법

- 본 연구에서는 3가지 다른 방법인 왁스 프린팅 공정, Photolithography 그리고 Cutting

- machine공정을 모두 테스트 해보고 본 연구에 가장 효과적인 방법을 제시 하고자 함
- 위의 다양한 방법을 전개액, 항체, 나노파티클과의 상관관계와 온도에 따른 변화를 실험적으로 확인할 예정임. 필요에 따라서는 시료의 안정성을 확보하기 위한 추가적인 코팅을 할 예정임
- 전처리를 거친 시료의 유변학적 실험 연구
  - 전개용액은 전처리, 농축 및 분리에 따라서 다양한 점도와 유변학적 특성을 가짐. 이러한 특성은 종이 내의 유동 중 점도의 증가 혹은 감소로 이어질 수 있고 이는 소자 내 유동에 큰 영향을 미침. 따라서 전처리 정도에 따른 유변물성인 점도, shear thinning/thickening, 유체 탄성 특성을 rheometer를 사용하여 측정하고 그에 따른 유동 조건 및 종이기기의 성질을 최적화함. 본 연구는 본 연구팀이 보유하고 있는 viscometer와 공동기기원에서 보유하고 있는 rheometer를 모두 활용할 예정임

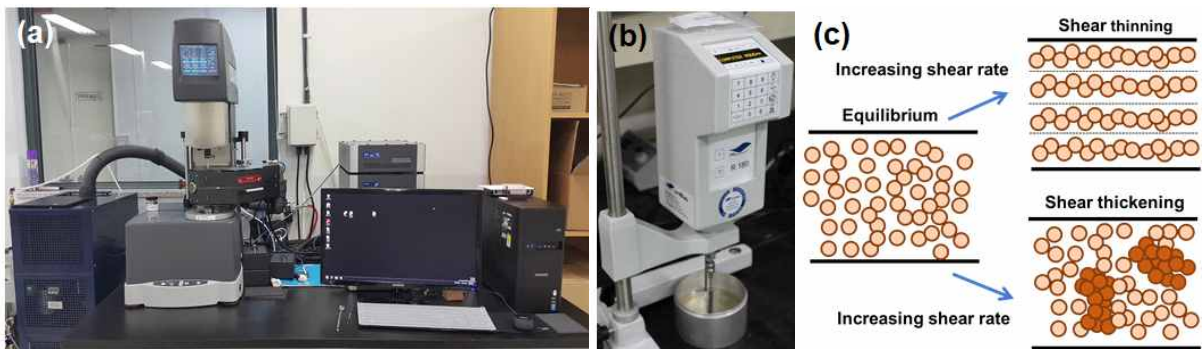


그림 18. (a) Rheometer와 (b) viscometer 사진, (c) shear thinning/thickening 현상의 개략도

- 전개 채널의 최적화 및 젖음성 파악 연구
  - 주사전자 현미경(Scanning Electron Microscope, 공동기기원 보유)을 이용하여 다양한 종류의 종이의 공극 크기를 측정하고 최적의 전개 채널을 선정함. 주사전자 현미경 이미지를 통하여 상용화 되어 있는 lateral flow strip의 공극 크기를 알아냄
  - 종이기기와 용액간의 젖음성 또한 유동 최적화 연구에 중요한 요인이기 때문에 droplet analyzer를 이용하여 다양한 전개용액과 종이 간의 젖음성을 측정함. Droplet analyzer는 일정량의 용액을 원하는 기판 위에 떨어뜨릴 수 있는 장비로 기판과 용액 사이의 접촉각을 측정해 계면에서 작용하는 힘을 알 수 있음

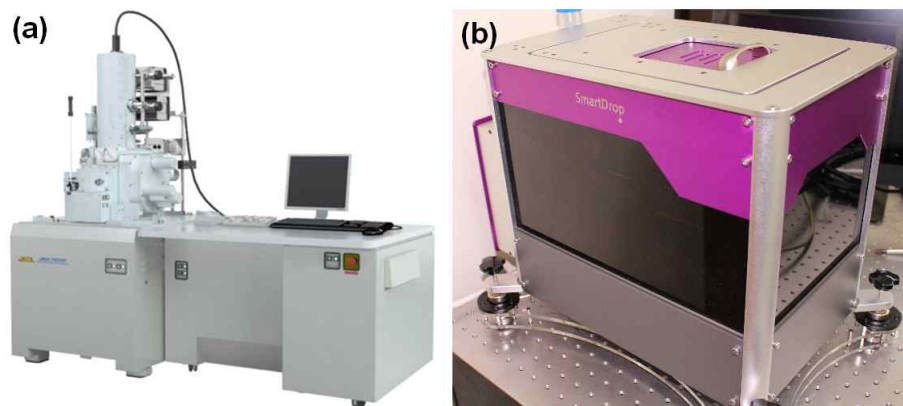


그림 19. (a) 주사전자 현미경, (b) droplet analyzer 사진

- 종이 소자 내 항원, 항체 코팅 기술 연구
  - 곰팡이독소 검지를 위해 종이 소자 내 항원, 항체, 혹은 이를 포함한 나노 비드를 코팅하는 과정이 필요함. 이는 성균관대학교 신소재공학부와 협동 연구를 통해 해결할 예정임

다. 참여기관 추진 전략

- 핵산 기반의 인공 항체 선별 및 안정적인 센서 시스템 구현을 위한 나노/마이크로 입자 합성 연구

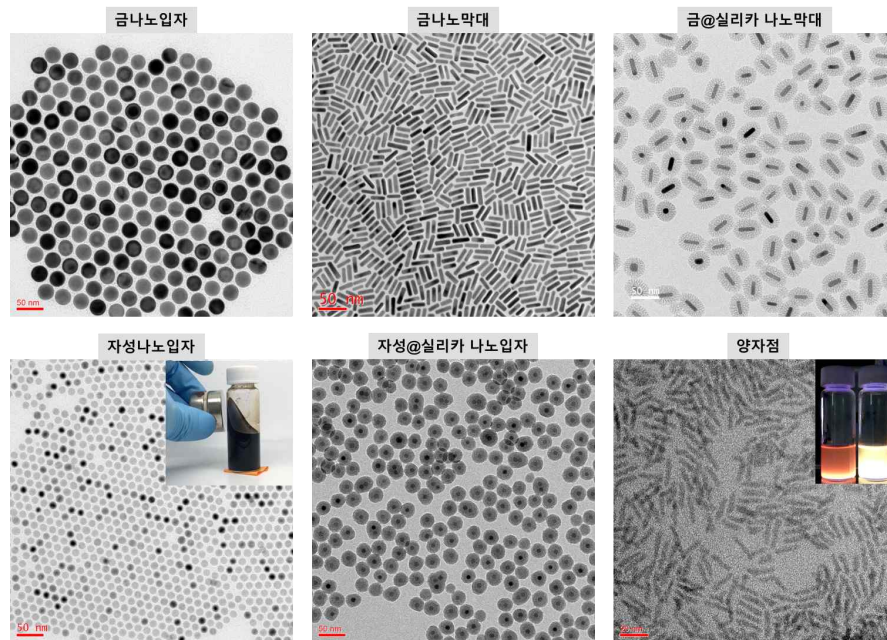


그림 20. 다양한 크기와 형태를 가진 나노입자의 합성. 본 연구팀은 다양한 모양과 크기, 조성을 지닌 나노입자의 합성 기술을 보유하고 있으며, 이를 기반으로 나노입자 기반의 색변환 센서 및 형광 센서에 관한 연구를 다수 진행한 바 있음

- 대상 곰팡이독소와 강하게 결합하는 인공 항체를 선별하기 위해서는, 두 물질 간의 결합력에 따라 분리 및 정제할 수 있는 시스템이 구현되어야 함. 이에 본 연구팀은 그래핀이 코팅되어 있는 자성 입자를 활용하여 핵산 기반의 인공 항체의 선별을 보다 효율적으로 수행할 예정임
- 본 연구팀은 자성 나노/마이크로 입자, 금속 나노입자, 양자점과 같은 다양한 나노/마이크로 입자를 크기 및 모양을 조절하여 합성할 수 있는 기술을 보유하고 있으며, 이를 인공 항체 선별 연구에 적용시킬 수 있음. 또한 그래핀을 Top-down 방식과 Bottom-up으로 합성함으로써 다양한 크기의 그래핀을 합성한 경험이 있음
- 또한, 안정적인 센서 시스템 구현을 위해 인공 항체가 기능화된 나노입자의 안정성을 향상시켜야 하며, 이에 입자 표면 기능화에 기반한 특성 제어를 통해 나노입자의 안정성을 극대화시킬 수 있는 연구를 진행할 예정임. 연구 수행 과정에서 본 연구팀이 보유하고 있는 UV-vis와 zetasizer를 활용하여 입자의 크기, 안정성, 분산도 등을 측정할 수 있으며, SEM, TEM, 광학현미경을 활용하여 입자의 실제적인 모양을 확인하고자 함

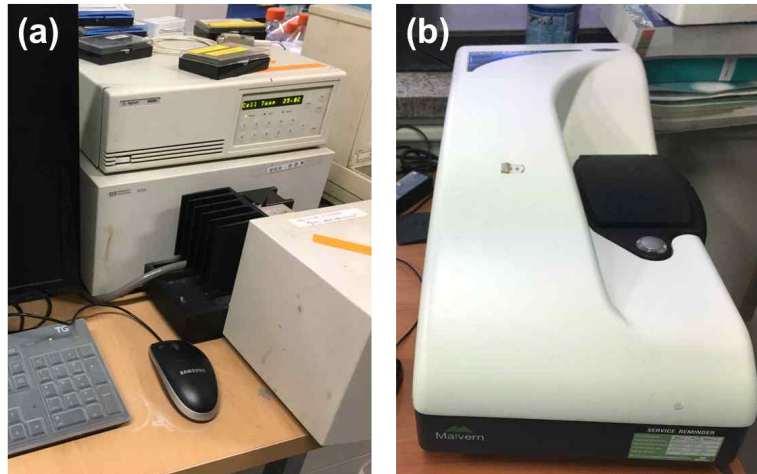


그림 21. 본 연구실에서 구비하고 있는 (a) UV-vis, (b) zetasizer 장비의 사진

- 본 연구팀은 다양한 유기 분자 또는 나노 물질을 이용하여 일반적인 나노입자가 안정하게 존재하기 어려운 조건 (6 M 이상의  $\text{Na}^{2+}$ , 혹은 높은 농도의  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  등의 2가 양이온이 다량으로 포함된 용액)에서 나노입자를 안정하게 유지하도록 입자의 표면 개질을 제어할 수 있음. 본 기술을 바탕으로 곰팡이독소 추출 용액에 포함되어 있는 다양한 분자 또는 이온의 영향을 최소화시킬 수 있는 센서 시스템을 구현할 예정이며, 이는 소자내 나노입자의 비특이적 결합, 응집 등에 따른 검출 신뢰성 저하를 최소화시킬 수 있는 방안임

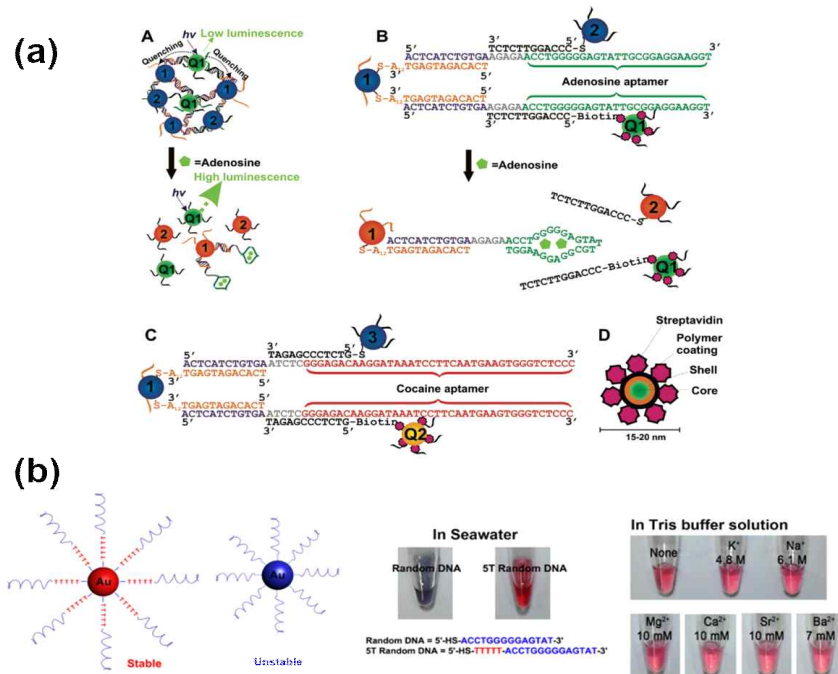


그림 22. (a) 인공 항체와 나노입자를 기반으로 한 색변환 센서 구현. 아데노신과 코카인에 대한 다성분 분석이 가능한 색변환 센서에 관한 연구를 수행하였음 (Anal. Chem. 2007, 79, 4120-4125). (b) 바닷물이나 고농도의 염이 포함된 용액 내에서의 나노입자 안정성 증가에 관한 연구. 인공 항체가 기능화된 나노입자를 다양한 환경에서 안정화시킬 수 있으며 (Analyst, 2014, 139, 5936; 국내특허 등록:



10-1509398), 식품 내 환경을 모사한 조건에서의 나노입자 안정성 연구를 수행할 수 있음

○ 인공 항체 개발을 위한 로드맵 구성

- 표적 곰팡이독소와 선택적인 결합력을 지닌 핵산 기반의 인공 항체를 선별하는 기술인 SELEX (Systematic Evolution of Ligands Exponential Enrichment)법을 수행하고자 함. SELEX는 수행 반복 횟수가 증가함에 따라 표적 물질과 강한 결합력을 가진 인공 항체를 분리할 수 있는 기술이지만, 기존의 SELEX 기법은 숙련된 실험자가 복잡한 실험 과정을 반복해야하기 때문에, 결과물의 편차가 심하다는 한계점이 있었음
- 이에 본 연구팀은 인공 항체 선별 과정에 사용되는 재료적 차별성뿐만 아니라, 선별 과정의 효율성 또한 극대화시키기 위해 정확한 기술 로드맵을 작성하여 연구를 수행할 예정임. 초기 단계에 각 실험 수행 단계별 정확한 기술 로드맵이 작성된다면 시행착오를 확실히 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 추후 다른 곰팡이독소에 대한 인공 항체 개발 과정에서도 개발 기간을 단축시킬 수 있을 것으로 예상됨

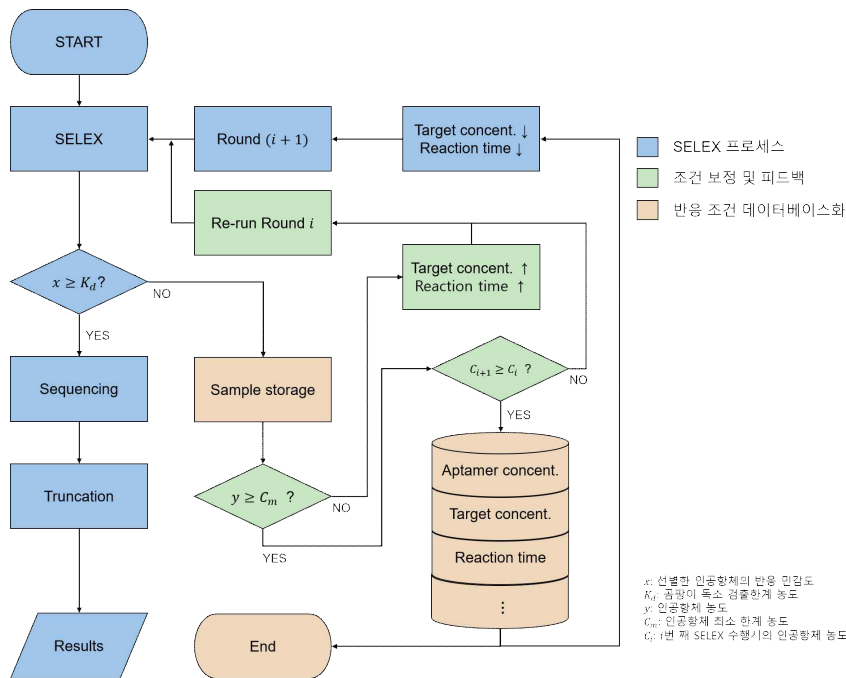


그림 23. 핵산 기반의 인공 항체 개발을 위한 SELEX법 기술 로드맵

○ 인공항체 - 나노입자 복합체의 소자 적용을 위한 표면 특성 및 안정화 개선 연구

- 곰팡이독소 특이적인 인공항체의 나노입자 표면의 기능화를 통해 곰팡이독소를 검출할 수 있으며, 해당 나노입자를 소자에 적용함으로써 다성분 분석 시스템을 구현할 수 있음
- 소자의 신뢰성을 높이기 위해서는 유동 특성 제어뿐만 아니라 소자 내에서의 입자 안정성이 선행되어야 하며, 이는 나노입자 표면의 기능화 및 물리·화학적 특성 조절에 의해 이루어질 수 있음. 본 연구에서 곰팡이독소의 선별을 위한 인공항체 기능화와 함께 입자 안정성을 향상시킬 수 있는 생체 분자 또는 나노 물질을 기능화하는 연구를 수행할 예정임
- 또한, 소자 기반 재료인 종이에서의 입자 안정성을 향상시키기 위해 종이 표면의 물리·화학적 기능화 연구를 함께 수행하여 안정성을 극대화할 예정임. 본 연구팀은 생체 물질 및 고분자를 이용하여 종이에서의 나노입자의 안정성을 극대화시키는 선행 연구를 진행하였으며, 나노입자를 종이 위에서 장기간 보관하면서도 그 기능을 잃지 않게 할

수 있는 기술을 보유하고 있음

- 선행 기술을 기반으로 하여 나노입자와 종이의 물리·화학적 기능화 연구를 통해 소자의 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 뿐만 아니라, 장기간 보관을 통한 생산 효율 증가 및 사업화 과정에서의 기술 경쟁력과 가격 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상함

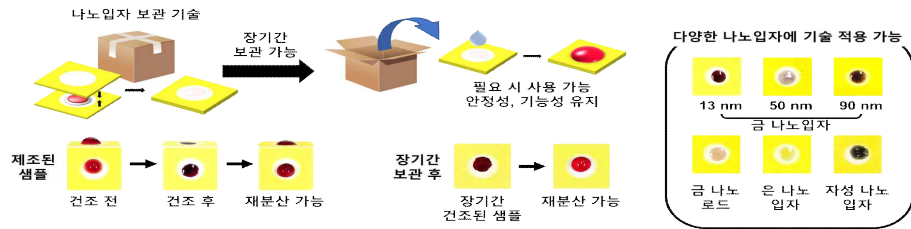


그림 24. 다양한 나노입자를 종이 위에서 장기간 안정화시키는 기술에 대한 연구. 나노입자의 표적 물질 결합력을 유지하면서 장기간 보관할 수 있는 기술을 개발하였으며, 이는 신뢰성 있는 종이 기반의 다성분 분석 시스템 개발을 위한 중요한 선행 기술임 (출원번호: 10-2016-0073643, 출원일: 2016.06.14.)

## 2. 연구 개발 추진체계

- 연구과제의 목표를 달성하기 위한 각 참여기관의 기술 개발 추진체계는 그림 25에 나타낸 바와 같음
- 곰팡이독소 선별과 곰팡이독소 농축 및 분리 기술 개발 자문과 개발된 제품의 신뢰성 평가는 자문 기관인 국립농산물품질관리원 시험연구소에서 진행할 예정임
- 검지 대상의 고위험군 곰팡이독소 선별과 현장 곰팡이독소 최적 추출 용액 개발 업무는 주관기관인 (주)바이오세상에서 진행할 예정임
- 핵산 기반의 인공 항체 개발 및 센서용 나노소재 복합체 개발은 참여기관인 성균관대학교 신소재공학부에서 진행할 예정임
- 인공항체-나노소재 복합체 적합한 종이 선정과 2차원 Lateral flow sheet 설계는 위탁기관인 성균관대학교 기계공학부에서 진행할 예정이며, 이를 활용한 검증은 (주)바이오세상에서 수행할 예정임

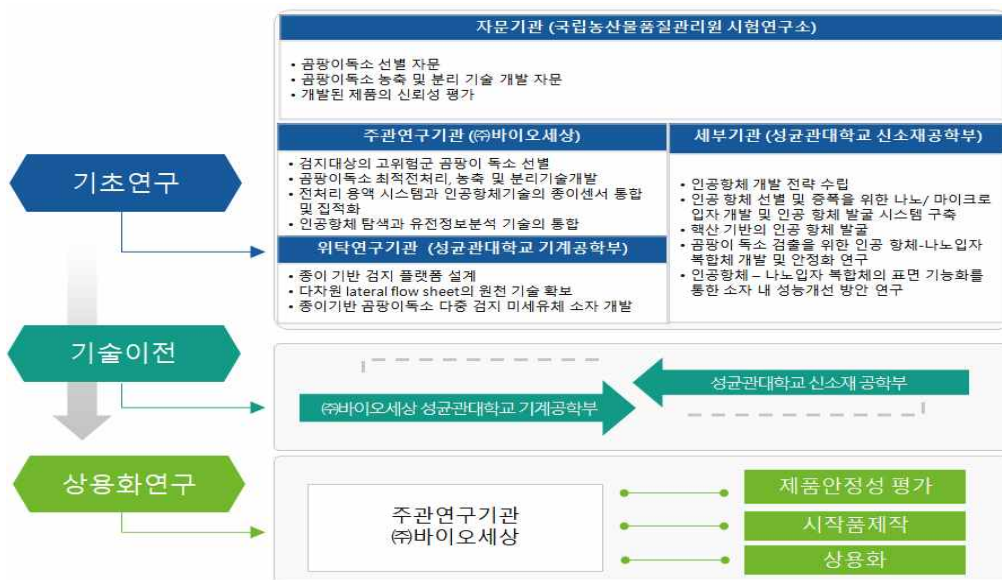


그림 25. 본 연구과제 기술 개발 추진 체계

### 3. 연구 개발 추진일정

차수	세부 개발 연구내용	수행기관 (주관/참여/ 위탁 등)	기술개발기간												비고	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1차 년도	식품내 검지 대상 곰팡이독소 선별	주관	■	■	■	■										
	모델 오염 시료 선정 및 분석조건 확립 및 기초 데이터 확보	주관		■	■	■	■	■	■	■						
	독소배출 곰팡이균주 수집 및 독소 검출 조건 확인	주관		■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	오염시료 수집 및 검출 조건 검토	주관					■	■	■	■	■	■				
	인공향체 선정을 위한 유전정보 분석 실험	주관			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	분석 매트릭스별 전처리 조건 확립	주관								■	■	■	■	■	■	
	식품 내 곰팡이독소 검출 한계 농도를 고려한 인공향체 개발 전략 수립	참여	■	■												
	핵산의 선별 및 증폭을 위한 자성/그래핀 core-shell 나노입자 개발	참여		■	■	■										
	아플라톡신에 선택적으로 반응할 수 있는 인공향체 개발	참여					■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	종이 기반 미세유체 소자의 설계 및 다차원 lateral flow sheet의 유동 조건 분석	위탁	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
시료 용액 및 향체 용액의 물성 파악 연구	위탁										■	■	■	■		
2차 년도	현장 곰팡이독소 추출 용액 개발	주관	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	추출시스템 확인 및 독소추출 KIT의 기능 평가	주관					■	■	■	■	■	■	■	■		
	전처리 용액 시스템과 종이 센서의 집적화	주관							■	■	■	■	■	■		
	추가 선정된 곰팡이독소에 특이적으로 반응할 수 있는 인공향체 개발	참여	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	아플라톡신B 검출을 위한 인공향체 - 나노입자 복합체 개발	참여										■	■	■		
	곰팡이독소 특이적 유전정보의 데이터베이스화 및 인공향체 개발에의 적용	참여	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	곰팡이독소 전개액과 핵산 기반 인공 향체의 유동 특성 연구	위탁					■	■	■	■	■	■	■	■		
3차 년도	곰팡이독소 현장 추출 용액 표준화	주관	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			



참여	아플라톡신에 선택적으로 반응할 수 있는 인공항체 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 아플라톡신 B1 검출 인공항체 개발</li> <li>○ 선별된 인공항체의 결합력 평가 및 결합력을 증가시킬 수 있는 염기서열 최적화 연구</li> </ul>
	추가 선정된 곰팡이독소에 특이적으로 반응할 수 있는 인공항체 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 추가 선정된 곰팡이독소 검출 인공항체 개발</li> <li>○ 선별된 인공항체의 결합력 평가 및 결합력을 증가시킬 수 있는 염기서열 최적화 연구</li> </ul>
	곰팡이독소 검지용 나노입자 센서 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ lateral flow sheet에 도입하여 기준 검출한계 (아플라톡신 B1 기준 9 ppb)를 구현할 수 있는 나노입자 시스템 개발 및 최적화</li> <li>○ 용액 상에서의 센서 시스템 안정도 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 안정도: 6개월 이상</li> </ul> </li> </ul>

## 5. 기존 기술과의 차별화

- 기존의 항체와 비교했을 때, 핵산 기반의 인공항체의 특징 및 장점
  - 본 기술은 기존 항체 기반 바이오센서의 한계점을 극복할 수 있는 핵산 기반의 인공항체를 활용한 곰팡이 독소 검출 센서의 개발에 대한 것임
  - 새로 발견된 독소나 유해물질, 중금속 등과 같은 독성이 있는 표적 물질에 반응하는 새로운 항체를 개발하는 과정이 매우 어려움
  - 반면 combinatorial chemistry에 기반한 SELEX (systematic evolution of ligands by exponential enrichment) 법은 곰팡이독소를 포함한 다양한 유해물질에 대한 핵산 기반의 인공항체를 효율적으로 선별하는 것이 가능함
  - 기존의 항체는 동물 및 세포를 이용하는 생물학적 합성 방식을 이용하여 batch간 성능 차이가 있는 반면, 핵산 기반의 인공항체의 경우 화학적으로 합성하기에 batch간 성능이 균일하다는 큰 장점이 있음
  - 특히 핵산 기반의 인공항체는 화학합성으로 얻을 수 있기에 가격이 저렴하지만, 기존 항체는 동물 또는 세포의 생육을 위한 혈청 등의 바이오 물질을 첨가해야하기 때문에 가격이 비쌈
  - 생산된 핵산 기반의 인공항체는 상온에서 매우 안정하고 장기간 보관 및 유통이 용이하지만, 기존 항체는 온도에 민감하기 때문에 장기간 보관 및 유통이 어렵다는 단점이 있음
  - 즉, 핵산 기반의 인공 항체를 이용하여 기존 항체로 구현하기 어려웠던 다양한 유해물질 검지 센서를 구현할 수 있음. 또한, 본 과제를 통해 얻은 인공항체 선별 기술을 바탕으로 하여 추가 인공항체 개발 기간을 단축시킬 수 있을 것으로 기대함
  
- 핵산 기반의 인공항체의 화학적 최적화 및 기능화 전략
  - 핵산 기반의 인공항체는 기존 항체와 비슷한 표적 결합력을 가지며, 합성 단계에서 구조적 디자인이 용이함
  - 이에 검지 대상 물질에 대한 결합력을 유지한 채 센서 제작에 필요한 나노 물질 또는 종이 소자 표면에의 기능화를 위한 화학적 최적화 연구를 진행
  - 개발된 핵산 기반 인공항체의 표적 물질 결합력을 증가시키기 위한 연구 진행
  - 표적 물질과 선택적인 결합력을 지닌 핵산 기반의 인공항체를 개발하는 기술인 SELEX를 수행하고자 함
  - SELEX는 임의의 핵산에서 표적 물질과 높은 결합력을 갖는 핵산만을 분리 및 증폭시키는 것이며, 반복 횟수가 증가함에 따라 표적 물질과 강한 결합력을 가진 인공항체를 분리할 수 있음
  - 하지만 기존의 SELEX 기법은 숙련된 실험자가 복잡한 실험 과정을 반복해야 하기 때문에, 결과물의 편차가 심하다는 한계점이 있었음

- 이에 본 연구에서는 표면이 기능화된 나노 / 마이크로 입자를 이용하여 핵산 기반의 인공항체 개발 프로세스를 개선하고자 함
  - 본 입자를 사용할 경우, 기존의 SELEX 기법에 비해 실험자의 실험 과정을 단축시킴으로써 개발 기간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라, 표적 물질의 크기 및 화학적 특징에 영향을 받지 않는 범용성을 지닌다는 차별성을 가짐
- 종이 기기 내 유량 차이를 이용한 신호 증폭 독소 검지 기법 개발
- 일반적인 고폴이독소 검출용 lateral strip은 검출 한계가 매우 작아 육안으로 검출 여부를 확인하기 어려우며, 기타 분석 장치를 추가 사용하는 경우가 대부분임
  - 본 연구에서는 아래 개략도와 같이 종이 기기 내의 유량을 제어하여 독소 물질이 포함된 전처리 용액, washing buffer, 신호 증폭용 항체가 포함된 후처리 용액을 capture region에 순차적으로 보냄으로써 고폴이독소 검지 민감도를 높이는 기법을 개발할 수 있음
  - 전처리된 용액이 capture region을 통과하면서 독소물질이 인공항체와 결합하고, washing buffer에 의해 반응하지 않은 독소물질을 제거됨. 마지막으로 독소물질과 인공항체 결합체에 결합할 수 있는 신호증폭용 항체를 흘려주어 결합시킴으로써 capture region의 신호를 증폭시킴
  - 이는 고폴이독소와 결합된 인공항체의 2차 구조 변화에 기인하는 것으로, 기존의 ELISA에서 사용되는 항체 기반의 시스템에서 구현하지 못하는 다양한 신호 증폭 기술을 응용할 수 있을 것으로 기대됨. 이를 통하여 해당 분야에 다양한 원천 기술을 확보할 수 있을 뿐만 아니라, 학술적으로 큰 가치를 지닐 것으로 판단됨

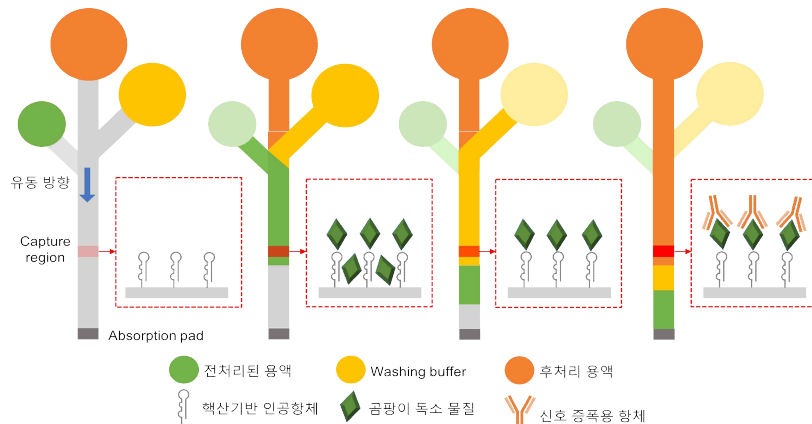


그림 26. 고폴이독소 검출용 이차원 lateral strip과 인공항체를 이용한 검출 신호 증폭 원리에 대한 모식도

### 3절. 후속 연구 개발 결과의 활용방안 및 기대효과

#### 1. 연구 개발 결과의 활용방안

##### 가. 국내외 시장현황

##### (1) 목표시장의 경쟁상황

식품내 고폴이독소 검출 키트 개발은 바이오산업 시장과 연관이 있으므로 바이오산업 시장을 기준으로 분석하였으며, 본 연구 과제 개발기술 최종 목적인 진단 검사 시장에서의 본 연구과제 개발기술 경쟁력을 분석하였음

○ 세계 시장

- 식중독 병원체 검출 센서는 전기화학적 센싱 방법의 바이오센서로, 검출 소요 시간을 감소시킬 수 있고, 검출 한계도 낮아, 간편한 Point-of-care-testing 으로 적극 활용 될 수 있음. 바이오센서의 경우 14년 102억 달러에서 연평균 10.4%의 성장률을 보이며 19년에는 169억 달러의 규모로 성장할 전망이다. 식품안전검사에 대한 전 세계 시장 규모는 2015년 29억 8천만 달러로 성장하였고, 2020년에는 11.5%의 성장률을 보이며 약 51억 4천만 달러 시장으로 성장할 것으로 예상되고 있음

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
세계시장	2,980	3,323	3,706	4,133	4,609	5,140	11.5

\*자료 : BCC Research, Global Markets and Technology for sensors, 2013.

표 16. 센서형 식품안전 관리 시스템 세계 시장규모 및 전망

○ 국내 시장

- 식품안전검사에 대한 국내 시장규모는 2015년에는 129억 원으로 성장하였고, 2020년에는 12.5%의 성장률을 보이며 약 222억 원 시장으로 성장할 것으로 예상됨

(단위 : 억 원, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
국내시장	129	144	160	179	199	222	12.5

\*자료 : 국내 가스센서 시장 규모는 세계 센서 관련 시장 중 가스센서가 차지하는 비중(4.32%)을 바탕으로 추정하였으며, 시장 성장률은 BCC 자료의 시장 성장률을 반영하여 추정함.

표 17. 센서형 식품안전 관리 시스템 국내 시장규모 및 전망

- 상기에서 확인한 시장 현황으로 미루어 봤을 때 바이오산업은 다양한 고부가가치를 제공함으로써 시너지를 발휘할 수 있는 산업으로 주목받고 있으며, 그 중 식품안전 산업 규모는 그 시장 확대가 크게 성장할 것으로 예측됨

○ 주요 경쟁사

- 세계 진단 시장은 바이오, 의약, 진단 등 폭넓고 다양한 시장을 확보한 실정임. 대부분 시장을 선점하고 있는 경쟁사는 모두 미국과 영국 등 국외 기업이며 응용 분야 역시도 국내 산업이 아닌 연구 및 의약 분야에 한정되어 있음
- 국외 경쟁사들이 가지고 있는 제품과 기술은 국내에서 필요한 산업 분야에 적용하기에는 경제성이 떨어지는 경우가 대부분임. 특히, 핵산 기반의 인공 항체와 관련된 분자진단은 한국, 호주, 일본 등에서 수요가 증가하고 있으며 현재 체외진단시장의 11%에 불과 하지만, 향후 높은 성장이 기대되는 검사법임
- 따라서, 국내 원천기술로 기술을 개발하고 응용한다면 해외 경쟁사들과의 경쟁에서 경제성으로 승부할 수 있을 뿐만 아니라, 세계시장으로 진입에 있어서도 틈새를 노려 경쟁력을 갖출 수 있다고 판단됨

- 연구개발 성공 후 본 본 과제에서 이용한 기술은 주관기관인 (주)바이오세상으로 기술이전을 통해 상용화를 진행할 예정임

(2) 기술개발결과의 활용분야 및 활용방안

- 본 과제의 목표는 핵산 기반 인공항체를 이용하여 곰팡이독소를 검출하는 것이지만 원천 기술이 확보된다면 이를 의료 진단 분야로 확대가 가능함
- 초기에는 곰팡이독소를 검출하는 시장을 확대하고 이를 통해 쌓은 인지도와 기술력을 바탕으로 질병 또는 유전자 변형 검출 등 다양한 분야로 점차 확대가 가능함

2. 기대성과 및 파급효과

가. 기술적 측면

- 본 연구를 통하여 확보한 핵산 기반 인공 항체 검지 기술은 향후 곰팡이독소 이외의 다양한 농축산 식품 분야에 적용이 가능함
- 핵산 기반 인공 항체와 나노/마이크로 입자가 적용된 종이 소자 설계 시 필수적인 설계 변수를 연구하여 해당 분야에 관한 원천 기술을 확보하고자 하며, 이는 향후 새로운 농축산 식품 분야에 적용이 가능할 것으로 기대됨
- 물리적, 공학적 접근을 통하여 여러 가지 생화학 물질을 진단하거나 분자 진단 분야에 있어서 in-vitro 실험을 수행하는데 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대됨
- 짧은 시간에 정량과 정성이 가능하여 시간 단축 효과가 있음
- 다양한 분자 마커 제작과 종이 기반 미세유체 기술 확보에 따라 유전자변형 분석, 동식물 질병 진단 등 다양한 용도로 사용 가능함
- 국내 원천기술 확보를 통하여 외산 제품 대체 가능함으로 수입 대체 효과가 있음

나. 산업적 측면

- 현장에서 손쉽게 사용이 가능하기 때문에, 국가적 농축산 식품 재해 발생시 생산지에서 조기 대응이 가능함
- 본 기술을 통하여 농축산 식품 산업의 발전과 국민 먹거리 안전에 기여함
- 제품의 국내 판매를 통해서 원천기술의 우위를 점하며 지속적인 경제적 이익을 추구함
- 추가적인 응용연구를 진행할 시, 원천기술 및 특허를 확보하여 국부창출에 기여함
- 신 성장 동력을 발굴할 수 있을 것으로 기대됨
- 식재료의 신뢰도 향상으로 곰팡이독소 검출 테스트를 통한 식재료 및 식품 시장 이익 확대가 가능함
- 국외에도 이와 같은 곰팡이독소 검출 키트 부재로 세계적 경쟁력을 지닐 수 있음
- 유전자 변형, 병원성 질병 진단 등의 분야로 확대 가능하며 판로 확대 및 매출 상승이 기대됨

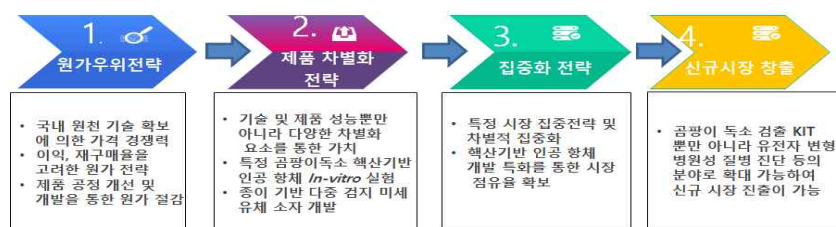


그림 27 사업화 전략의 비즈니스 모델에 대한 모식도



### 3. 기술가치평가 결과요약

#### 가. 평가대상(기술평가 특허)

- 기관에 고정화, 재분산 및 검지가 가능한 나노 입자 기반의 색변환 센서 및 이의 제조 방법(공개특허 10-2017-0140914)
- 바닷물 내에서 안정한 나노입자 복합체를 포함하는 조성물 (공개특허10-2015-0025743)
- 다중 검지가 가능한 색변환 센서 (등록특허 10-1773296)
- 미세유체 소자 (공개특허 10-2017-0012687)
- 다성분 동시 분석용 디바이스 (공개특허 10-2017-0027366)
- 인디케이터 및 인디케이터 제조방법 (공개특허 10-2017-0096254)

#### (1) 기술내용

- 본 과제 적용기술(평가기술)은 자성 나노/마이크로 입자, 금속 나노입자, 양자점과 같은 다양한 나노/마이크로 입자를 크기 및 모양을 조절하여 합성 할 수 있는 기술임
- 이와 같은 기술은 다양한 유기 분자 또는 나노 물질을 이용하여 일반적인 나노입자가 안정하게 존재하기 어려운 조건 (6 M 이상의  $\text{Na}^+$ , 혹은 높은 농도의  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  등의 2가 양이온이 다량으로 포함된 용액)에서 나노입자를 안정하게 유지하도록 입자의 표면 개질을 제어할 수 있음
- 이러한 제어기술은 나노입자의 표면 기능화를 통해 표면에 다양한 물리·화학적 특성을 갖는 나노입자를 합성할 수 있으며, 검지 물질의 화학적 특성을 고려한 맞춤형 센서 개발이 함. 또한, 나노입자의 고유한 성질을 이용하여 색 변화나 형광 등 다양한 검출 방법을 응용할 수 있으며, 여러 종류의 나노입자를 동시에 이용한 다중 분석 센서의 구현이 가능함.
- 본 기술은 미량의 생체 유기화합물 또는 제1차 생체대사물질(단백질, 핵산, 지질 등) 검출이 가능하도록 할 수 있음

#### (2) 기술적용 산업분야

- 현재 식품안전관리산업, 식품제조산업에서 요구되는 검사는 현장적용이 어려운 고가 장비를 사용하거나 고감도의 검출시스템을 통하여 검출이 가능한 검사를 통하여 원자재 또는 제품의 품질관리를 하는 실정임
- 그러나 본 과제를 통하여 도입하는 기술은 현장에서 바로적용 가능한 재배농수산물 및 수입농수산물관리, 제조식품관리를 위한 시스템개발 및 적용이 가능하며, 축산농가 주변 수질, 토양, 공기 등 환경오염관리를 위한 현장 검출 시스템 개발, 더 나아가 농산물 및 축산물 질병유발 미생물 및 바이러스 등 검출을 통한 농축산물 질병의 진단을 위한 시스템에 적용이 가능함.

## 4절. 후속 연구 기관 현황

### 1. 총괄 연구책임자

#### 가. 인적사항

				코드번호	B-08-01-01
성명	국문	박혜란 (朴慧鸞)	생년월일(성별)		
	영문	Park Hye Ran	과학기술인등록번호		
직장	기관명	(주)바이오세상	전화		
	부서	기업부설연구소	F A X		
	직위	차장	휴대전화		
	주소	(13511) 경기도 성남시 분당구 판교로 697-1 분당테크노파크 A동 507호	E-mail		

#### 나. 학력

					코드번호	B-08-01-02
연도	학교명	전공	학위	지도교수		
1998 ~ 2002	건국대학교	생화학	학사	이창수		
2002 ~ 2004	건국대학교	생화학	석사	이창수		
2006 ~ 2010	건국대학교	생화학	박사	이창수		
(최종학위논문명) Isolation and biological activity of triacylglycerol synthesis inhibitors from natural products						

#### 다. 경력

				코드번호	B-08-01-03
연도	기관명	직위	비고		
2004 ~ 2007	한국생명공학연구원	신진연구자/ 천연물약연구센터			
2008 ~ 2009	건국대학교	응용생화학과/ 연구, 수업조교			
2010 ~ 2013	농촌진흥청 국립원예특작과학원	인삼특작부 가공팀/ 연구원			
2013- 2014	에일특허사무소	명세서			
2014 ~ 현재	(주)바이오세상	기업부설연구소/차장			

#### 라. 주요연구실적

							코드번호	B-08-01-04	
연구제목	연구내용	연구기간	발표서적 또는 학술지명 (년호,권호 포함)	연구수행당시 의 소속기관	역할 (연구책임자 또는 연구원)	연구비 지급기관	비고		

나노기공 분자진단 기술을 이용한 한우 판별 시스템 개발	분자진단 기술을 이용한 한우 판별 시스템 개발	2016 ~ 2018		(주)바이오세상	연구책임자	중소기업청	
패모 추출물을 이용한 천연 항바이러스 효능 증강 손소독제 개발	천연 항바이러스 효능 증강 손소독제 개발	2015 ~ 2017		(주)바이오세상	연구책임자	중소기업청	제품개발 후 판매 중
식품 유해미생물 검출을 위한 유전자증폭 효소 제품 개선에 관한 연구	유전자증폭 효소 제품 개발	2015 ~ 2016		(주)바이오세상	연구책임자	중소기업청	제품개발 후 판매 중
유전자 연구에 사용되는 발암성 및 유전독성 물질 대체 제품의 개선 및 대량생산 시스템 도입	유전독성 물질 대체 물질 개발 및 제품개발	2014 ~ 2015		(주)바이오세상	연구책임자	중소기업청	제품개발 후 판매 중
영지버섯류 중간 특성평가 및 기능성 활성연구	유전자특성분석	2011 ~ 2013		건국대학교	연구원	농촌진흥청 국립원예특작과학원	
팽이의 Omics 기반 통합네트워크 구축 및 발현분비시스템 연구	유전자특성분석	2011 ~ 2014		건국대학교	연구원	농촌진흥청 국립원예특작과학원	
전사체 및 단백질 발현 분석을 통한 질환모델 가속의 검증	분석을 통한 질환모델 가속의 검증시스템 개발	2008 ~ 2011		건국대학교	연구원	농촌진흥청 국립축산과학원	

마. 대표적 논문/저서 실적(생애 업적, 5개 이내로 작성)

구분	논문명/저서명	게재지 (권, 쪽)	코드번호		비고 (Impact Factor)
			게재연도 (발표연도)	역할	
논문	Sesquiterpenoids isolated from the flower buds of <i>Tussilago fargara</i> L. inhibit diacylglycerol acyltransferase,	Journal of Agricultural and Food Chemistry 56, 10493-10497	2008	제 1 저자	
논문	Comparative studies of skeletal muscle proteome and transcriptome profilings between pig breeds	Mammalian Genome 21:307-319	2010	제 2 저자	
논문	Comparative analysis of expressed sequence tags from <i>F. velutipes</i> at different developmental stages.	J. Microbiolgy Biotechnology 19(8),774-780.	2009	제 5 저자	

바. 특허/프로그램 출원 · 등록실적

번호	특허/프로그램명	국가명	코드번호		비고
			출원·등록일	출원 · 등록순번 / 출원 · 등록자수	
					B-08-01-09
1	돌단풍 추출물 또는 이로부터 분리된 트리테르펜 화합물을 포함하는 대사성 질환의 예방 또는 치료용 약학 조성물	대한민국	2009	5/8	10-0947377
2	비만 또는 제2형 당뇨병의 예방 또는 치료용 조성물	대한민국	2010	5/8	10-0829834

사. 연구책임자 기술이전 및 사업화 실적(해당 시 작성)

(1) 사업화 실적

실적발생 과제번호	사업화 내역	사업화 업체명	코드번호	
			제품명	금액(백만원)
				B-08-01-12
S2335334	항바이러스추출물을 이용한 섬유향수 및 화장실 향수개발 신제품 출시 2015년	(주)바이오세상	클로저, 플로라	200
S2335334	항바이러스추출물을 이용한 손세정제 개발 신제품 출시 2017년	(주)바이오세상	플로라 핸드숍	12
S2187357	유전자 연구에 사용되는 발암성 및 유전독성 물질 대체 제품의 개선 및 대량생산 시스템 도입 신제품 출시 2015년	(주)바이오세상	Safe shine Green Safe shine Blue Safe shine Red	100/년
S2258231	식품 유해미생물 검출을 위한 유전자증폭 효소 제품 개선에 관한 연구 신제품 출시 2016년	(주)바이오세상	Taq DNA Polymerase	10/년
S2187357	유전자 연구에 사용되는 발암성 및 유전독성 물질 대체 제품의 개선 및 대량생산 시스템 도입 신제품 출시 2018년	(주)바이오세상	3 in 1 Agarose gel Tray	7.5/1개월

아. 최근 5년 내에 종료된 국가 R&D 과제의 수행 현황

(단위 : 천원)

		코드번호		B-08-01-13	
연구과제명	연구수행기관	참여시작일	참여개월수	참여율	
부처명/사업명	참여유형	참여종료일	당해년도연구비		
패모 추출물을 이용한 천연 항바이러스 효능 증강 손소독제 개발	(주)바이오세상	2015.11.02.	24	40	
중소기업청/이전기술개발사업	주관과제책임	2017.11.01	666,800		
식품 유해미생물 검출을 위한 유전자증폭 효소 제품 개선에 관한연구	(주)바이오세상	2015.04.02.	11	40	
중소기업청/제품공정개선기술개발사업	주관과제책임	2016.03.01	50,000		
유전자 연구에 사용되는 발암성 및 유전독성 물질 대체 제품의 개선 및 대량생산 시스템 도입	(주)바이오세상	2014.09.02.	10	40	
중소기업청/제품공정개선기술개발사업	주관과제책임	2015.11.01	50,000		

자. 현재 수행중인 타 과제 현황

(단위 : 천원)

		코드번호		B-08-01-14	
연구과제명	연구수행기관	참여시작일	참여개월수	참여율	
부처명/사업명	참여유형	참여종료일	당해년도연구비		
나노기공 분자진단 기술을 이용한 한우 판별 시스템 개발	(주)바이오세상	2016.06.24	24	40	
중소기업청	주관과제 책임자	2018.06.23	925,000		

2. 위탁연구과제 연구책임자

가. 인적사항

		코드번호		B-08-02-01	
성명	국문	이진기 (한문) 李振基	생년월일(성별)		
	영문	Lee Jinkee	과학기술인 등록번호		
직장	기관명	성균관대학교	전화		
	부서	기계공학과	F A X		
	직위	부교수	휴대전화		
	주소	(16419) 경기도 수원시 장안구 서부로 2066	E-mail		

나. 학력

			코드번호	B-08-02-02
연 도	학교명	전 공	학 위	지도교수
1993 ~ 1997	한국과학기술원	기계공학	학사	-
1997 ~ 1999	한국과학기술원	기계공학	석사	송태호
2004 ~ 2008	Brown University	공학(유체-열-화학공정)	박사	Anubhav Tripathi
(최종학위논문명) Developing Microfluidic Routes for Understanding Transport of complex and Biological Fluids; Experimental, Numerical and Analytical Approaches				

다. 주요연구실적

연구제목	연구내용	연구 기간	발표서적 또는 학술지명 (년호권호 포함)	코드번호		B-08-02-03	
				연구수행 당시의 소속기관	역할 (연구책임자또는 연구원)	연구비 지급기관	비고
농축산, 식품 미생물 검사를 위한 4000ml급 대용량 시료 전처리용 시료 균질기 개발	정확한 미생물 검사를 위해 필수적인 시료 전처리를 국내 최초로 4000ml급 대용량으로 할 수 있는 시료 균질기를 개발	2014.06 ~ 2015.05		성균관 대학교	연구 책임자	중소 기업청	특허 등록
신선식품 유통을 위한 지시계 및 센서 태그 품질관리 시스템 개발	식품이 산지부터 마트까지 운송되는 과정에서 개발된 유연 온도 지시계와 온도센서 태그를 소포장 단위, 박스 단위로 부착하여 농가 출고 후 유통이력관리, 유통 센터 출고 이후 이력 등 판매지까지의 온도변화를 모니터링하여 소비자가 육안 혹은 스마트폰 등으로 확인할 수 있는 유통 품질관리 시스템을 개발	2014.11~ 2016.10	Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects (492, 190-198, 2016), Microfluidics and Nanofluidics (21(57), 2017)	성균관 대학교	연구 책임자	농림축산 식품부	총괄 책임, 특허 출원
나뭇잎을 모사한 극한환경 및 초미세 제어 응용 무동력 유체 펌프 및 액추에이터 개발	나뭇잎을 모사하여 극한환경 혹은 초미세 제어환경에서 사용할 수 있는 유체 펌프 및 액추에이터를 개발하며 인조 나뭇잎을 개발을 통한 극한환경 혹은 초미세 유량 및 모션 제어 환경에서 사용할 수 있는 무동력 유체 펌프 및 액추에이터를 개발	2014.07~ 2017.06	NPG Asia materials (9, e417, 2017), Scientific reports (7, 14735, 2017)	성균관 대학교	연구 책임자	미래창조 과학부	특허 출원
해수 전기분해수 열음을 이용한 선도유지 기술 개발	수송 및 매장 진열시 일반 열음의 품질 향상을 통해 수산물 유통과정 중의 미생물 오염 등을 막고, 품질을 향상하기 위한 미산성 차아염소산수 열음을 생산하여 살균 효과가 높은 선도유지제 원천 기술 개발	2015.10~ 2017.09	Journal of mechanics science and technology (31(9), 4541~4547, 2017), Journal of Electrostatics (85, 11~22, 2017)	성균관 대학교	연구 책임자	해양수산부	총괄 책임, 특허 등록

라. 현재 수행중인 타 과제 현황

(단위 : 천원)

		코드번호		B-08-02-04	
연구과제명	연구수행기관	참여시작일	참여개월수	참여율	
부처명/사업명	참여유형	참여종료일	당해년도연구비		
모듈형 전기수력 미세유체칩을 이용한 다기능성 콜로이드솜 마이크로캡슐 제작	성균관대학교	2017.03.01	36	30	
기초연구사업/중견연구	연구책임자	2020.02.29	230,000		
필터 복합 필러블 코팅 소재의 재료거동 및 분해거동 해석	성균관대학교	2016.08.01	36	10	
미래창조과학부/민군 융합기술연구사업	위탁연구책임자	2019.07.31	60,000		
동계 스포츠 장비 인터랙션 최적화 기술 개발	성균관대학교	2014.06.01	60		
미래창조과학부/첨단융합기술개발사업	공동연구자	2019.01.31	68,230		

### 3. 세부과제 연구책임자

#### 가. 인적사항

				코드번호		B-08-02-01	
성명	국문	이정헌 (한문) 李政憲	생년월일(성별)				
	영문	Lee, Jung Heon	과학기술인 등록번호				
직장	기관명	성균관대학교	전화				
	부서	신소재공학부	F A X				
	직위	부교수	휴대전화				
	주소	(16419) 경기도 수원시 장안구 서부로 2066	E-mail				

#### 나. 학력

					코드번호		B-08-02-02	
연도	학교명	전공	학위	지도교수				
1994.3~2000.2	연세대학교	금속공학	학사					
2001.3~2003.2	서울대학교	재료공학	석사	김형준				
2003.8~2008.12	UIUC	재료공학	박사	Yi Lu				
(최종학위논문명) Bio-inspired assembly of nanomaterials for applications on nano-electronics and biosensors								

#### 다. 주요연구실적

				코드번호		B-08-02-03	
연구제목	연구내용	연구기간	발표서적 또는 학술지명	연구수행당시의 역할	연구비 지급기관	비고	

				소속기관			
육안으로 검지가 가능한 무채색에서 유채색으로 변하는 나노입자 기반 색변환 센서 개발	무채색에서 유채색으로 색갈이 변하여 육안으로 손쉬운 관찰이 가능한 색변환 기반 바이오 센서 개발	2015.10 -현재	Nanoscale, 2017, 9, 7114 Small, 2017, 13, 1601926 (표지 논문) Nanoscale, 2016, 8, 18341	성균관 대학교	연구 책임자	미래창조 과학부	특허 출원 및 등록
생물학적 활성과 생체친화성을 갖는 인공 조직 소재공정 개발	동물의 뼈와 유사한 기공 구조를 갖는 합성골 이식재 개발	2017.3 -2017.12	J. Periodontal Implant Sci., 2018, Dec;47(6):388-401	성균관 대학교	공동 연구자	미래창조 과학부	
부착형 색변환 화학센서 플랫폼 기술 개발	몸에 부착이 가능한 색변환 기반의 유해물질 센서 개발	2013.11-2 014.9	Analyst, 2016, 141, 3890	성균관 대학교	연구 책임자	미래창조 과학부	특허 출원 및 등록. 기술이전
화학 센싱 및 암 진단을 위한 그래핀 기반 바이오 소자 개발	인공혈산-나노 소재에 기반한 바이오 센서 개발	2012.5 -2015.4	Langmuir, 2015, 31 (51), 13773 Analyst, 2014, 139 (22), 5936-5944	성균관 대학교	연구 책임자	교육부	특허 출원 및 등록

라. 현재 수행중인 타 과제 현황

(단위 : 천원)

연구과제명	연구수행기관	코드번호		
		B-08-02-04		
부처명/사업명	참여유형	참여시작일	참여개월수	참여율
		참여종료일	당해년도연구비	
육안으로 검지가 가능한 무채색에서 유채색으로 변하는 나노입자 기반 색변환 센서 개발	성균관대 산학협력단	2015.11.01	36	15
교육부/이공학개인지초연구지원사업	연구책임자	2018.10.31	51,480	
스마트폰과 연동 가능한 과일산 함량 측정용 간편키트 개발	(주)해아림 성균관대 산학협력단	2017.06.01	12	10
중소기업청/도약기술개발사업	참여연구원	2018.05.31	93,100	

4. 참여연구원 현황

가. 주관연구기관

번호	소속기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구담당 분야	신규채용 여부*	코드번호		국가연구개발사업 참여과제수 (건)
				취득 년도	학위 (전공)			B-08-03		
	성명	과학 기술인등록 번호	성별			과제참여 기간	본과제 참여율 (%) [A]	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	전체 참여율 [A+B,%]	
1	(주)바이오	차장		2010	박사	연구책임		40		1



	세상 박혜란		여		(생화학)	전기간	40	80	
3	(주)바이오 세상 이강일	대표이사		1999	학사 (미생물)	연구관리 사업화추진 전기간		40	1
			남			전기간	40	40	
4	(주)바이오 세상 박선홍	부장		2010	박사 (생물약학)	연구관리 기술개발 전기간		40	1
			남			전기간	40	80	
5	(주)바이오 세상 김지희	과장		2014	학사 (생명자원)	기술개발 사업화추진 전기간		0	0
			여			전기간	40	40	
6	(주)바이오 세상 박미경	대리		2014	석사 (의학학)	기술개발 전기간		0	1
			여			전기간	40	40	
7	(주)바이오 세상 류재경	대리		2018	석사 (생명과학)	기술개발 전기간		0	0
			여			전기간	40	40	
8	(주)바이오 세상 안수진	주임		2011	학사 (화학공학)	연구 전기간		0	0
			여			전기간	40	40	

나. 위탁연구기관

							코드번호		B-08-03
번호	소속기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구담당 분야	신규채용 여부*	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여과제수 (건)
	성명	과학기술인등록번호	성별	취득년도	학위(전공)	과제참여기간	본과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B,%]	
1	성균관대학교	부교수		2008	박사	연구책임		50	3
	이진기		남			2018.04.~2021.03.	10	60	
2	성균관대학교	대학원생		2014	학사	유동실험		45.74	3
	임호섭		남			2018.04.~2021.03.	15	60.74	
3	성균관대학교	대학원생		2015	학사	유동실험		47.14	3
	이민기		남			2018.04.~2021.03.	15	62.14	
4	성균관대학교	대학원생		2016	학사	시료 분석		66.66	3
	송륜근		남			2018.04.~2021.03.	10	76.66	
5	성균관대학교	대학원생		2016	학사	시료 분석		86.83	3
	김도형		남			2018.04.~2021.03.	10	96.83	
6	성균관대학교	대학원생		2017	학사	유동 분석		83.33	3
	정세진		남			2018.04.~2021.03.	5	88.33	
7	성균관대학교	대학원생		2017	학사	유동 분석		82.33	3
	문영광		남			2018.04.~2021.03.	5	87.33	
8	성균관대	대학원생	1	2012	석사	유동 분석		1.26	1

	학교								
	Muhammad Salman Abbasi		남			2018.04.~2021.03.	10	11.26	

다. 세부연구기관

번호	소속기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구담당 분야	신규채용 여부*	코드번호		국가연구개발사업 참여과제수 (건)
				취득년도	학위 (전공)			국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	B-08-03	
	성명	과학기술인등록번호	성별			과제참여기간	본과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B,%]		
1	성균관대	부교수		2008	박사 (재료공학)	연구 관리		27	2	
	이정현		남			전기기간	10	37		
2	성균관대	연구보조원		2013	학사 (유전공학)	인공핵산 개발	아님	48	1	
	김경일		남			전기기간	40	88		
3	성균관대	연구보조원		2014	학사 (재료공학)	센서 개발	아님	56	1	
	조희훈		남			전기기간	20	76		
4	성균관대	연구보조원		2014	학사 (생명공학)	입자 합성	아님	48	1	
	윤석영		남			전기기간	20	68		
5	성균관대	연구보조원		2018	학사 (재료공학)	인공핵산 개발	아님	25	1	
	김찬송		남			전기기간	66.7	91.7		

5. 연구시설/장비 보유현황

가. 주관연구기관

보유기관	연구시설·장비명	규격	수량	코드번호	
				용도	B-08-04
					활용용도 및 시기
(주)바이오 세상	Clean Bench	BF-800C	2	제품연구 및 Test용	필수
(주)바이오 세상	초순수제조기	Mili-Q	1	제품제조 및 연구용	필수
(주)바이오 세상	Autoclave	DF-100A	2	제품제조 및 균주 배양실험 용	필수
(주)바이오 세상	후드	HMF-GW	2	추출KIT 개발 용	필수
(주)바이오 세상	Shaking incubator	BF2506IR	1	균주 배양용 제품 Test용	필수
(주)바이오 세상	Gel Doc System	GDS200	1	제품 Test용	필수
(주)바이오 세상	순수제조기	Pure RO 130+	1	제품 개발용 제품제조용	필수
(주)바이오 세상	pH meter	51302804	3	제품제조용	필수
(주)바이오 세상	Spectrophotometer	EA	1	제품개발 및 연구용	필수
(주)바이오 세상	전기영동기기	EA	5	제품개발 및 연구용	필수

(주)바이오 세상	ELISA reader	96well	1	시료정성 및 정량분석	필수
(주)바이오 세상	stirrer	EA	10	시약제조용	필수
(주)바이오 세상	냉장고	EA	3	제품개발재료보관용	필수
(주)바이오 세상	Vacuum pump	EA	2	제품개발 및 시약제조용	필수
(주)바이오 세상	incubator	EA	2	제품개발 및 연구용	필수
(주)바이오 세상	전자저울	EA	3	제품개발 및 시약제조용	필수
(주)바이오 세상	HPLC	SET	1	성분 분석/ 정량 분석용 제품 표준화분석용	필수
(주)바이오 세상	3D 프린터	ea	1	시작제품 또는 시제품 형상 검정 용	필수
(주)바이오 세상	유기용매 보관 캐비닛	ea	1	실험연구 안전관리 용	필수
(주)바이오 세상	PCR	ea	1	유전자 증폭장치	필수

나. 위탁연구기관

보유기관	연구시설·장비명	규격	수량	코드번호	
				용도	B-08-04 활용용도 및 시기
성균관대	Ultra Syringe Pump (Harvard Apparatus, PHD Ultra Advanced Syringe Pump)	ea	3	유량 제어	필수
성균관대	Optical Microscope (Nikon, TI-U))	ea	2	재료 표면 형상 분석	필수
성균관대	Droplet Analyzer (FEMTOFAB Co., SDL200TEZD)	ea	1	재료 물성 측정	필수
성균관대	Viscometer (ProRheo, R180)	ea	1	재료 점도 측정	필수
성균관대	Color CCD Camera (Manta, MG 282C IRC)	ea	3	광학 측정	필수
성균관대	항온 챔버 (ESPEC Corp., PWU-3KP)	ea	1	온도 환경 제어	필수
성균관대	Wax printer (Xerox Corp., ColorQube 8870)	ea	1	시편 준비	필수
성균관대	Paper cutter (Silhouette, Cameo)	ea	1	시편 준비	필수
성균관대	Convection oven (DAEYANG ETS)	ea	1	시편 준비	필수
성균관대	Spin coater (ACE-200)	ea	1	시편 준비	필수
성균관대	3D printer (3d system, Projet MJP 2500)	ea	3	시편 준비	필수

성균관대	Precision Balance (OHAUS, EX224G)	ea	1	시편 무게 측정	필수
성균관대학교 공동기기원	Rheometer (ARES-G2)	ea	1	미세 구조 분석	필수
성균관대학교 공동기기원	전자주사 현미경 (SEM, Scanning Electron Microscope) (JSM-7600F)	ea	1	물성 분석	필수

다. 세부연구기관

				코드번호	B-08-04
보유기관	연구시설·장비명	규격	수량	용도	활용용도 및 시기
성균관대 공동기기원	TEM		3	나노 재료 구조 분석	필수
성균관대 공동기기원	SEM		3	자료 표면 형상 분석	필수
성균관대	크린 벤치		1	오염방지	필수
성균관대	Zetasizer	Malvern	1	Surface charge, size 분석	필수
성균관대	Scanning Mobility Particle Sizer	Bruker	1	파티클 크기 분석	필수
성균관대	Fluorescence spectrometer	Bruker	1	형광분석	필수
성균관대	광학 현미경	Olympus	1	시편 분석	필수
성균관대	FT-IR	Bruker	1	시편 분석	필수
성균관대	원심분리기 (Eppendorf)	1.5 mL	1	시편 준비	필수
성균관대	UV-vis spec.	HP-8453	1	측정	필수
성균관대	HR-XRD	45kV 200mA	1	결정구조분석	필수
성균관대 공동기기원	Atomic Force Microscopy	SPA400	1	표면분석	필수
성균관대	후드		2	안전	필수
성균관대	초민감도 저울	Sartorius		시편 준비	필수
성균관대	청정캐비닛		1	안전,오염방지	필수
성균관대	초순수 물처리 장치	Sartorius	1	시편 준비	필수

6. 기관(기업)정보현황

			코드번호	B-08-05-01
구분	수행기관명	(주)바이오세상	성균관대학교 산학협력단	
①	사업자등록번호	135-81-53985	101-82-12009	
②	법인등록번호	134511-0060654		
③	대표자 성명(국적/성별)	이강일(대한민국/남자)	유지범 (대한민국/남)	

④	최대주주(국적)		대한민국		
⑤	기업(기관) 유형 (중소기업, 중견기업 대기업) (대학, 출연연, 국공립연, 기타 등)		중소기업	대학	
⑥	설립 연월일		2002.04.29	1981.03.	
⑦	주 생산품목		Pre-made buffer		
⑧	상시 종업원 수		28		
⑨	전년도 매출액(백만원)		3,816		
⑩	매출액 대비 연구개발비 비율		10.2%		
⑪	부채 비율	2016년	최근결산 1년전 130%		
		2015년	최근결산 2년전 189%		
⑫	유동 비율	2016년	239%		
		2015년	198%		
⑬	자본 잠식 현황	자본 총계 (백만원)	2016년	1,979	
			2015년	1,647	
		자본금 (백만원)	2016년	100	
			2015년	100	
⑭	이자보상비율	2016년	420%		
		2015년	455%		
⑮	영업이익 (백만원)	2016년	427		
		2015년	432		
⑯	주소		(13511)경기도 성남시 분당구 판교로 697 분당테크노파크 A동 507호	(16419) 경기도 수원시 장안구 천천동 300	( - )
⑰	수 행 기관 별 실 무 담당자	성명	박혜란	이병상	
		부서/직위	연구소/차장	신소재공학과	
		사무실전화			
		휴대폰			
		팩스			
		이메일			
⑱	연 구 원 서 부 담당자	성명	박선홍	송초미	
		부서/직위	연구소/부장	연구지원팀	
		사무실전화			
		휴대폰			
		팩스			
		이메일			

## 5절. 후속 연구 연구개발비

### 1. 연구개발비 총괄표

#### 가. 연차별 총괄

(단위 : 천원)

구 분		코드번호										
		B-10-01-01										
		1차년도 (20 )		2차년도 (20 )		3차년도 (20 )		4차년도 (20 )		5차년도 (20 )		합 계
금 액	%	금 액	%	금 액	%	금 액	%	금 액	%			
정부출연금		300,000	75	300,000	75	300,000	75					900,000
민간부담금	현 금	10,000	2.5	10,000	2.5	10,000	2.5					30,000
	현 물	90,000	22.5	90,000	22.5	90,000	22.5					270,000
	소 계	100,000	25	100,000	25	100,000	25					300,000
합 계		400,000	100	400,000	100	400,000	100		100		100	100%

#### 나. 연차별 정부출연금 및 민간부담금(현금,현물) 배분내역

(단위 : 천원)

구 분		주관연구기관명		코드번호		계	
				B-10-01-02			
				성균관대 산학협력단			
1차년도	정부출연금		200,000		100,000		300,000
	민 간 부담금	민간현금	10,000		0		10,000
		민간현물	90,000		0		90,000
		소계	100,000		0		100,000
	합계		300,000		100,000		400,000
2차년도	정부출연금		200,000		100,000		300,000
	민 간 부담금	민간현금	10,000		0		10,000
		민간현물	90,000		0		90,000
		소계	100,000		0		100,000
	합계		300,000		100,000		400,000
3차년도	정부출연금		200,000		100,000		300,000
	민 간 부담금	민간현금	10,000		0		10,000
		민간현물	90,000		0		90,000
		소계	100,000		0		100,000
	합계		300,000		100,000		400,000
총계	정부출연금		600,000		300,000		900,000
	민 간 부담금	민간현금	30,000		0		30,000
		민간현물	270,000		0		270,000
		소계	300,000		0		300,000
	합계		900,000		300,000		1,200,000

2. 1차년도 연구개발비 비목별 세부 내역

가. 1차년도 연구개발비 비목별 총괄

(단위 : 천원)

비 목	주관기관명		성균관대학교 산학협력단		코드번호		B-10-02-01		구성비 (%)
	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
							현금	현물	
1. 직접비	205,900	90,000	78,272				284,172	90,000	
1.1 인건비	45,000	90,000					45,000		
1.2 학생인건비			24,000				24,000		
1.3 연구장비·재료비	30,900		29,162				60,062		
1.4 연구활동비	46,000		16,850				62,850		
1.5 연구과제추진비	10,000		3,260				13,260		
1.6 연구수당	4,000		5,000				9,000		
1.7 위탁연구개발비	70,000						70,000		
2. 간접비	4,100		21,728				25,828		
2.1 인력지원비									
2.2 연구지원비	600						600		
2.3 성과활용지원비	3,500						3,500		
합 계	210,000	90,000	100,000				310,000	90,000	100

나. 1차년도 연구개발비 비목별 소요명세 (참여기관 : 성균관대학교 산학협력단)

(1) 1차년도 연구개발비 비목별 총괄 소요명세서

(가) 주관연구기관

(단위 : 천원)

비 목	현금		현물		코드번호		B-10-02-02	
	계	구성비 (%)	비고					
1. 직접비	205,900	90,000	295,900					
1.1 인건비	45,000	90,000	135,000			현금 신규채용		
1.2 학생인건비								
1.3 연구장비·재료비	30,900		30,900					
1.4 연구활동비	46,000		46,000					
1.5 연구과제추진비	10,000		10,000					
1.6 연구수당	4,000		4,000					
1.7 위탁연구개발비	70,000		70,000					
2. 간접비	4,100		4,100					
2.1 인력지원비								
2.2 연구지원비	600		600					
2.3 성과활용지원비	3,500		3,500					
합 계	210,000	90,000	300,000					

(나) 위탁연구기관

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-02
비 목	현 금	현 물	계	구성비 (%)	비 고
1. 직접비					
1.1 인건비	(8,640)		(8,640)		미지급
1.2 학생인건비	18,480		18,480	26.4	
1.3 연구 장비· 재료비	12,000		12,000	17.1	
1.4 연구활동비	12,920		12,920	18.5	위탁은 과세과제로 수수료 (7,272,000원)가 추가된 금액임
1.5 연구과제추진비	6,011		6,011	8.6	
1.6 연구수당	5,385		5,385	7.7	인건비(현물+학생인건비 포함)의 20%(20%이내 산정)
1.7 위탁연구개발비					본 과제의 위탁연구 개발비를 제외한 직접비(현물+현금)의 % (40%이내 산정)
2. 간접비	15,204		15,204	21.7	직접비(현물+위탁연구개발비 제외)의 27.7% (영리기관 5%이내)
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비					
2.3 성과활용지원비					
합 계	70,000		70,000	100	

(다) 세부연구기관(성균관대학교 산학협력단)

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-02
비 목	현 금	현 물	계	구성비 (%)	비 고
1. 직접비					
1.1 인건비	(8,640)		(8,640)		미지급
1.2 학생인건비	24,000		24,000	24.0	
1.3 연구 장비· 재료비	29,162		29,162	29.2	
1.4 연구활동비	16,850		16,850	16.9	
1.5 연구과제추진비	3,260		3,260	3.3	
1.6 연구수당	5,000		5,000	5.0	인건비(현물+학생인건비 포함)의 15.3%(20%이내 산정)
1.7 위탁연구개발비					본 과제의 위탁연구 개발비를 제외한 직접비(현물+현금)의 % (40%이내 산정)
2. 간접비	21,728		21,728	21.7	직접비(현물+위탁연구개발비 제외)의 27.76%
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비	21,728		21,728		
2.3 성과활용지원비					
합 계	100,000		100,000	100	



(2) 1차년도 연구개발비 비목별 세부 소요명세서

(가) 주관연구기관

1) 직접비

가) 인건비

							코드번호	B-10-02-03-01-01		
구분	인력구분	성명	직위	신규채용구분*	실지금액(A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)			
							현금	현물	미지급	
내부 인건비	기존 인력	박혜란	차장	해당사항 없음	50,000	40		20,000		
		이강일	대표이사		94,000	10		9,400		
		박선홍	부장		50,000	50		25,000		
		김지희	과장		38,000	20		7,600		
		박미경	대리		33,000	50		16,500		
		류재경	대리		30,000	15		4,500		
		안수진	주임		28,000	25		7,000		
	소계(나)								90,000	
	신규 인력	미정	차장	신규 (중점)	50,000	50	25,000			
		미정	과장	신규 (전담)	40,000	50	20,000			
소계(다)							45,000			
외부 인건비	기존 인력									
		소계(라)								
<b>총액(가=나+다+라)</b>							<b>45,000</b>	<b>90,000</b>		

나) 연구시설·장비 및 재료비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-03		비고
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액			
				현금	현물		
연구시설							
연구장비							
재료비	곰팡이독소 표준물질 분석용 시약 구입비		360	10	3,600		
	컬럼 등 분석 소모품 등	정제용 유기용매	50	40	2,000		
		분석용 유기 용매 등	120	20	2,400		
		추출관련 컬럼 초자기구 등 소모품 구입비					
		컬럼 resin silica	4,830	1	4,830		
		컬럼 resin (ODS)					
		TLC 등 정제 소모품	650	4	2,600		
		정제용 filter 등					
		분석용 컬럼 소모품 등	1,200	2	2,400		
		분석용 버퍼 등 chemical					
Prep. 용 컬럼 등 소모품	1,700	2	3,400				
분석 및	균주 배양 시약 소모품	150	15	2,250			

tip 등 실험용 소모품 등	10ul Filter Pipette tip	40	10	400		
	200ul Filter Pipette tip	40	15	600		
	trypsin EDTA solution	100	3	300		
	Yellow Tip	30	10	300		
	White Tip	30	10	300		
Tris 등 완충용액						
미생물 배양 배지 등 소모품	Argar	140	2	280		
	Yeast Extract	70	2	140		
	petri Dish	100	3	300		
	Blue Tip	30	10	300		
전산처리비						
시험분석료	유전자 분석 서비스	150	30	4,500		
시작품제작 비						
총 액				30,900		

다) 연구활동비

(단위 : 천원)

구 분	내 역	단 가	코드번호		비고
			회수 (수량,건)	금 액 (천원)	
국외출장여 비					
인쇄비·복사· 인화·슬라이 드 제작비	인쇄 복사 등	50	50	2,500	
공공요금					
수수료 및 제세공과금 기타	과세과제 수수료	23,000	1	23,000	
전문가 활용비	전문가활용비	300	5	1,500	
국내외 교육훈련비	분석실습 및 연구원교육 훈련비	300	3	900	
도서 등 문헌구입비					
회의장 사용료					
세미나 개최비	세미나 개최비	300	5	1,500	
학회·세미나 참가비	국내학회 및 세미나 참석 5인참석 기준	1,000	2	2,000	
원고료					
통역료					
속기료					

기술도입비					
연구개발서 비스활용비	NMR 분석 의뢰 - C13	140	40	5,600	
	NMR 분석 의뢰 - H1	60	65	3,900	
	MS질량 분석 의뢰	70	50	2,100	
	2D 화합물 구조 분석	150	20	3,000	
세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				46,000	

라) 연구과제 추진비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	재배 및 수집조사	125	10	1,250	
	국내출장 5인 기준	500	6	3,000	
사무용품비	토너 등	205	2	410	
	복사용지	40	7	280	
	사무용품 등	100	7	700	
기기·비품의 구입·유지 비용					
회의비	세미나 및 연구진행 회의	280	12	3,360	
과제수행과 관련된 식대	야근 및 특근 식대 5인기준	50	20	1,000	
총액				10,000	

마) 연구수당

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06
구분	산정기준	금액	비고
연구수당	직접비의 5%	4,000	
합계			

㉞ 위탁연구개발비

		코드번호	B-10-03-01-01-07
70,000 천원			

2) 간접비

가) 영리기관의 경우

(단위 : 천원)

구분		성명	직위	신규채용 구분*	실지금액 (A)	참여율 (%) (B)	코드번호 B-10-03-02		
							합 계(A×B/100)		
							현금	현물	계
인력 지원비 (1)	지원인력인건비								
	연구개발능력성과급								
	연구지원전문가인건비								
		소계(C)							

구분		내역	단가	회수 (수량, 건)	금액(천원)	비고
기타 (2)	연구지원에 관한 경비(D)	연구비 회계정산	600	1	600	
	성과활용지원에 관한 경비(E)	특허출원 및 등록비용	2	1,750	3,500	
	소계(F=D+E)					4,100
간접비 총액(G=C+F)					4,100 천원(간접비율: %)	

(나) 위탁연구기관

1) 직접비

가) 인건비

(단위 : 천원)

구분		인력 구분	성명	직위	신규채용 구분*	실지금액 (A)	참여율(% ) (B)	코드번호 B-10-02-03-01-01		
								합 계(A×B/100)		
								현금	현물	미지급
내부 인건비	기존 인력	이진기	부교수		86,400	10%			8,640	
		소계(나)							8,640	
	신규 인력									
		소계(다)								
총액(가=나+다+라)									8,640	

나) 학생인건비

① 학생인건비 소요명세

		코드번호		B-10-02-03-01-02	
구분	월 급여	man-month 투입 총량	총액	비고	
박사후연구원					
박사과정	2,500	4.8	12,000		
석사과정	1,800	3.6	6,480		
학사과정					
합계			18,480		

다) 연구시설 장비 및 재료비

(단위 : 천원)

		코드번호		B-10-02-03-01-03		
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액		비고
				현금	현물	
연구시설						
연구장비						
재료비	각종 paper 묶음	200	10	2,000		
	각종 시약류	300	10	3,000		
	photoresist	900	2	1,800		
	bio buffer	200	5	1,000		
	wax 카트리지	200	5	1,000		
	광학 렌즈	500	2	1,000		
	LED 조명	100	2	200		
	paper cutting kit	150	5	750		
	glass ware	100	5	500		
	기타 재료비	750	1	750		
전산처리비						
시험분석료						
시작품제작비						
총액				12,000		

라) 연구활동비

(단위 : 천원)

		코드번호		B-10-02-03-01-04	
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액 (천원)	비고
국외출장여비					
인쇄비·복사·인화·슬라이드 제작비					
공공요금					

수수료 및 제세공과금 기타	과세과제 수수료	7,272,000	1	7,272	
전문가 활용비					
국내외 교육훈련비					
도서 등 문헌구입비					
회의장 사용료					
세미나 개최비					
학회·세미나 참가비	국내학회 등록 (8명)	8인×150,000원=1,200,000원	3	3,600	
원고료					
통역료					
속기료					
기술도입비					
연구개발서 비스활용비	시험·분석·검사	512,000	4	2,048	
세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				12,920 천원(현금 : 12,920,000원)	

마) 연구과제추진비

(단위 : 천원)

			코드번호	B-10-02-03-01-05	
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	국내 출장 여비	5인×120,000원=600,000원	3	1,800	
사무용품비	사무용품비	142,100	10	1,421	
기기·비품의 구입·유지 비용					
회의비	회의비	9인×30,000원=270,000원	5	1,350	
과제수행과 관련된 식대	식대	8인×30,000원=240,000원	6	1,440	
총액				6,011	직접비의11.0%

바) 연구수당

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06	
구분	산정기준	금액	비고	
연구수당	27,120 천원 × (19.85)% = (5,385) 천원	5,385		
합계		5,385		

2) 간접비

가) 비영리기관의 경우

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-03-02	
총액	15,204 천원 (간접비율 (총액 대비) : 21.72%)			

(다) 세부연구기관

1) 직접비

가) 인건비

							코드번호	B-10-02-03-01-01		
구분	인력구분	성명	직위	신규채용구분*	실지금액(A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)			
							현금	현물	미지급	
내부 인건비	기존 인력	이정현	부교수		86,400	10			8,640	
							소계(나)			
	신규 인력									
		소계(다)								
총액(가+나+다+라)									8,640	

나) 학생 인건비

① 학생인건비 소요명세

		코드번호	B-10-02-03-01-02		
구분	월 급여	man-month 투입 총량	총액	비고	
박사후연구원					
박사과정	2,500	7.2	18,000		
석사과정	1,800				
학사과정	1,000	6	6,000		
합계			24,000		

다) 연구시설 장비 및 재료비

(단위 : 천원)

구분	내역	단가	코드번호		비고	
			회수 (수량,건)	금액		
				현금		현물
				B-10-02-03-01-03		
연구시설						
연구장비						
재료비	화학 약품	200	10	2,000		
	가스	100	8	800		
	초자류	15	10	150		
	Si wafer	500	3	1,500		
	TEM 그리드	100	10	1,000		
	튜브, 팁 등 소모품	50	30	1,500		
	에탄올, IPA 등 용매	53.3	8	426		
	물처리 장치 관련 필터 등	1,000	1	1,000		
	HEPA 필터구매	886	1	886		
	UV-vis 램프 구매	1,000	1	1,000		
	pH 미터 소모품	500	2	1,000		
	나노 입자 구매	400	5	2,000		
	인공항체 제작을 위한 DNA 등 구매	300	40	12,000		
	단백질 항체 구매	300	5	1,500		
	컬럼 구매	20	20	400		
media 구매	200	5	1,000			
생물 분석 시약	125	8	1,000			
전산처리비						
시험분석료						
시작품제작비						
총액				29,162		

라) 연구활동비

(단위 : 천원)

구분	내역	단가	코드번호		비고
			회수 (수량,건)	금액 (천원)	
				B-10-02-03-01-04	
국외출장여비	해외 학회 참석	4,000	1	4,000	
인쇄비·복사·인화·슬라이드 제작비	연구 관련 인쇄물 제작	150	2	300	
공공요금					
수수료 및 제세공과금 기타	논문 게재료	700	1	700	
전문가	나노 소재 관련 전문가 자문	400	1	400	



활용비	바이오 센서 관련 전문가 자문	400	1	400	
국내외 교육훈련비		200	3	600	
도서 등 문헌구입비	관련 도서 구매	200	3	600	
회의장 사용료	외부 회의를 위한 회의장 대여	100	3	300	
세미나 개최비					
학회·세미나 참가비	해외 학회 참가비	800	1	800	
	국내학회 참가비	250	3	750	
원고료					
통역료					
숙기료					
기술도입비					
연구개발서 비스활용비	전자현미경 분석 (TEM, SEM 등)	300	10	3,000	
	조성 분석 (XRD, FTIR 등)	150	20	3,000	
	생물학적 분석 (핵산 염기 서열 분석)	200	10	2,000	
세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				16,850 천원(현금 : 16,850,000 원)	

- 국외출장 세부 계획

출장자	이정헌		출장 목적지 및 기관	미국, 보스턴, Materials Research Society
출장기간	('2018. 11. 24 ~ '18. 11. 30 )			
국외출장 목적 및 사유		생체 분자와 나노재료와의 상호작용, 인공항체 개발과 관련된 최신 연구 조사		
해당 연구개발과제 관련 내용		본 제안 연구에서는 인공항체를 개발할 때 핵산을 흡착시킬 수 있도록 자성 나노재료에 그래핀을 코팅한 자료를 합성하여 사용함. 이에 본 과제를 수행하기 위해서는 자성 나노재료 합성, 그래핀 합성 및 이를 생체분자와 상호작용 시키는 내용의 연구가 필요하며 본 학회를 통하여 이에 대한 최신 연구를 접할 수 있음		
예상결과물 및 활용계획		학회 참석 후 습득한 내용을 인공항체를 개발하는데 사용할 나노재료 합성에 응용할 예정임		
일 별 활 동 계 획	일차	세부 활동 일정		
	1일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	2일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	3일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	4일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	5일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	6일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		

7일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류
-----	-------------------

기술도입명	도입국	금액 (단위: 원)	관련되는 세부연구내용	비고
				기술도입의 형태(예: know-how 등)를 기재

마) 연구과제추진비

(단위: 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	학회 참석	150	3	450	
	회의 참석	100	3	300	
사무용품비	토너, 종이, 펜 등 구매	100	10	1,000	
기기·비품의 구입·유지 비용	연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입, 유지비용 등	150	2	300	
회의비	본 연구 관련 회의비	120	8	960	
과제수행과 관련된 식대	과제 수행과 관련된 연구원	50	5	250	
총액				3,260	직접비의 5.1 %

바) 연구수당

(단위: 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06
구분	산정기준	금액	비고
연구수당	인건비 28,320 천원 ×(17.7)%=(5,000)천원	5,000	
합계		5,000	

2) 간접비

가) 비영리기관의 경우

(단위: 천원)

		코드번호	B-10-03-02
총액	21,728 천원 (간접비율: 27.76 %)		

3. 2차년도 연구개발비 비목별 세부 내역

가. 2차년도 연구개발비 비목별 총괄

(단위 : 천원)

비 목	주관기관명		성균관대학교 산학협력단		코드번호		B-10-02-01		구성비 (%)
	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계		
							현금	현물	
1. 직접비	205,900	90,000	78,272				284,172	90,000	
1.1 인건비	20,000	90,000					20,000		
1.2 학생인건비			29,400				29,400		
1.3 연구장비·재료비	55,900		24,726				80,626		
1.4 연구활동비	46,000		15,886				61,886		
1.5 연구과제추진비	10,000		3,260				13,260		
1.6 연구수당	4,000		5,000				9,000		
1.7 위탁연구개발비	70,000						70,000		
2. 간접비	4,100		21,728				25,828		
2.1 인력지원비									
2.2 연구지원비	600						600		
2.3 성과활용지원비	3,500						3,500		
합 계	210,000	90,000	100,000				310,000	90,000	100%

나. 2차년도 연구개발비 비목별 소요명세 (참여기관 : 성균관대학교 산학협력단)

(1) 2차년도 연구개발비 비목별 총괄 소요명세서

(가) 주관연구기관

(단위 : 천원)

비 목	현 금	현 물	코드번호		비 고
			계	구성비 (%)	
1. 직접비	205,900	90,000			
1.1 인건비	20,000	90,000			현금 신규채용
1.2 학생인건비					
1.3 연구 장비·재료비	55,900				
1.4 연구활동비	46,000				
1.5 연구과제추진비	10,000				
1.6 연구수당	4,000				
1.7 위탁연구개발비	70,000				
2. 간접비	4,100				
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비	600				
2.3 성과활용지원비	3,500				
합 계	210,000	90,000			

(나) 위탁연구기관

(단위 : 천원)

비 목	현 금	현 물	계	코드번호	
				구성비 (%)	B-10-02-02
1. 직접비					
1.1 인건비	(8,640)		(8,640)		미지급
1.2 학생인건비	19,320		19,320	27.6	
1.3 연구 장비·재료비	11,000		11,000	15.7	
1.4 연구활동비	12,962		12,962	18.5	위탁은 과세과제로 수수료 (7,272,000원)가 추가된 금액임
1.5 연구과제추진비	6,004		6,004	8.6	
1.6 연구수당	5,510		5,510	7.9	인건비(현물+학생인건비 포함)의 20%(20%이내 산정)
1.7 위탁연구개발비					본 과제의 위탁연구 개발비를 제외한 직접비(현물+현금)의 % (40%이내 산정)
2. 간접비	15,204		15,204	21.7	직접비(현물+위탁연구개발비 제외)의 27.7 % (영리기관 5%이내)
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비					
2.3 성과활용지원비					
합 계	70,000		70,000	100.0	

(다) 세부연구기관(성균관대학교 산학협력단)

(단위 : 천원)

비 목	현 금	현 물	계	코드번호	
				구성비 (%)	B-10-02-02
1. 직접비					
1.1 인건비	(8,640)		(8,640)		미지급
1.2 학생인건비	29,400		29,400	29.4	
1.3 연구 장비·재료비	24,726		24,726	24.7	
1.4 연구활동비	15,886		15,886	15.9	
1.5 연구과제추진비	3,260		3,260	3.3	
1.6 연구수당	5,000		5,000	5	인건비(현물+학생인건비 포함)의 13.1%(20%이내 산정)
1.7 위탁연구개발비					본 과제의 위탁연구 개발비를 제외한 직접비(현물+현금)의 % (40%이내 산정)
2. 간접비	21,728		21,728	21.7	직접비(현물+위탁연구개발비 제외)의 27.76%
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비	21,728		21,728		
2.3 성과활용지원비					
합 계	100,000		100,000	100	

(2) 2차년도 연구개발비 비목별 세부 소요명세서

(가) 주관연구기관

1) 직접비

가) 인건비

(단위 : 천원)

구분	인력 구분	성명	직위	신규채용 구분*	실지금액 (A)	참여율(%) (B)	코드번호 B-10-02-03-01-01		
							합 계(A×B/100)		
							현금	현물	미지급
내부 인건비	기존 인력	박혜란	차장	해당사항 없음	50,000	20		10,000	
		박선희	부장		50,000	22		11,000	
		김지희	과장		38,000	10		3,800	
		박미경	대리		33,000	30		9,900	
		류재경	대리		30,000	15		4,500	
		안수진	주임		28,000	22		6,160	
		1차년 신규채용자 A			50,000	50		25,000	
		1차년 신규채용자 B			40,000	49.1		19,640	
	소계(나)								90,000
신규 인력	미정	대리	신규 (중점)	40,000	50	20,000			
	소계(다)							20,000	
외부 인건비	기존 인력								
		소계(라)							
<b>총액(가=나+다+라)</b>							<b>20,000</b>	<b>90,000</b>	

나) 연구시설·장비 및 재료비

(단위 : 천원)

구분	내역	단가	코드번호 B-10-02-03-01-03			비고	
			회수 (수량,건)	금액			
				현금	현물		
연구시설							
연구장비							
재료비	곰팡이독소 표준물질 분석용 시약 구입비	360	10	3,600			
	컬럼 등 분석 소모품 등	정제용 유기용매	50	30	1,500		
		분석용 유기 용매 등	120	20	2,400		
		추출관련 컬럼 초자기구 등 소모품 구입비	250	30	7,500		
		KIT 제작용 용기 및 chemical	246	20	4,920		
		컬럼 resin (ODS)	1,800	3	5,400		
		TLC 등 정제 소모품	650	3	1,950		



사용료					
세미나 개최비	세미나 개최비	300	3	900	
학회·세미나 참가비	국내학회 및 세미나 참석 5인참석 기준	1,000	2	2,000	
원고료					
통역료					
속기료					
기술도입비					
연구개발서 비스활용비	NMR 분석 의뢰 - C13	140	60	8,400	
	NMR 분석 의뢰 - H1	60	30	1,800	
	MS질량 분석 의뢰	70	50	2,100	
	2D 화합물 구조 분석	150	30	4,500	
세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				46,000	

라) 연구과제 추진비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	재배 및 수집조사	125	8	1,000	
	국내출장 5인 기준	500	6	3,000	
사무용품비	토너 등	205	2	410	
	복사용지	40	7	280	
	사무용품 등	71	10	710	
기기·비품의 구입·유지 비용					
회의비	세미나 및 연구진행 회의	300	12	3,600	
과제수행과 관련된 식대	야근 및 특근 식대 5인기준	50	20	1,000	
총액				10,000	

마) 연구수당

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06	
구분	산정기준	금액	비고	
연구수당	직접비의 5%	4,000		
합계				

바) 위탁연구개발비

		코드번호	B-10-03-01-01-07	
70,000 천원				

2) 간접비

가) 영리기관의 경우

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-03-02			
구분	성명	직위	신규 채용 구분*	실지금액 (A)	참여율 (%) (B)	합 계(A×B/100)		
						현금	현물	계
인력 지원비 (1)	지원인력인건비							
	연구개발능력성과급							
	연구지원전문가인건비							
소계(C)								

				코드번호	B-10-03-02	
구분	내역	단가	회수 (수량, 건)	금액(천원)	비고	
기타 (2)	연구지원에 관한 경비(D)	연구비 회계정산	600	1	600	
	성과활용지원에 관한 경비(E)	특허출원 및 등록비용	2	1,750	3,500	
	소계(F=D+E)				4,100	
<b>간접비 총액(G=C+F)</b>					<b>천원(간접비율: %)</b>	



(나) 위탁연구기관

1) 직접비

가) 인건비

(단위 : 천원)

							코드번호	B-10-02-03-01-01		
구분	인력구분	성명	직위	신규채용구분*	실지금액(A)	참여율(%)(B)	합계(A×B/100)			
							현금	현물	미지급	
내부 인건비	기존 인력	이진기	부교수		86,400	10%			8,640	
		소계(나)							8,640	
	신규 인력									
		소계(다)								
총액(가=나+다+라)									8,640	

나) 학생인건비

① 학생인건비 소요명세

					코드번호	B-10-02-03-01-02	
구분	월 급여	man-month 투입 총량	총액	비고			
박사후연구원							
박사과정	2,500	6	15,000				
석사과정	1,800	2.4	4,320				
학사과정							
합계			19,320				

다) 연구시설 장비 및 재료비

(단위 : 천원)

						코드번호	B-10-02-03-01-03	
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액		비고		
				현금	현물			
연구시설								
연구장비								
재료비	각종 paper 묶음	200	5	1,000				
	각종 시약류	300	10	3,000				
	bio buffer	200	5	1,000				
	항체 용액	400	4	1,600				
	항원 용액	400	4	1,600				

	Pad 묶음	100	5	500		
	glass ware	200	5	1,000		
	기타 재료비	1,300	1	1,300		
전산처리비						
시험분석료						
시작품제작비						
	총액			11,000		

라) 연구활동비

(단위 : 천원)

			코드번호		B-10-02-03-01-04	
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액 (천원)	비고	
국외출장여비						
인쇄비·복사·인화·슬라이드 제작비						
공공요금						
수수료 및 제세공과금 기타	과세과제 수수료	7,272,000	1	7,272		
전문가 활용비						
국내외 교육훈련비						
도서 등 문헌구입비						
회의장 사용료						
세미나 개최비						
학회·세미나 참가비	국내학회 등록 (8명)	10인×150,000원= 1,500,000원	3	4,500		
원고료						
통역료						
속기료						
기술도입비						
연구개발서비스활용비	시험·분석·검사	238,000	5	1,190		

세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				12,962 천원(현금 : 12,962,000원)	

마) 연구과제추진비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	국내 출장 여비	6인×120,000원=720,000원	3	2,160,000	
사무용품비	사무용품비	168,800	5	844,000	
기기·비품의 구입·유지 비용					
회의비	회의비	10인×30,000원=300,000원	5	1,500,000	
과제수행과 관련된 식대	식대	10인×30,000원=300,000원	5	1,500,000	
총액				6,004	직접비의10.95%

바) 연구수당

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06
구분	산정기준	금액	비고
연구수당	27,960 천원 × (19.71)% = (5,510) 천원	5,510	
합계		5,510	

2) 간접비

가) 비영리기관의 경우

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-03-02
총액	15,204 천원 (간접비율 (총액 대비): 21.72 %)		

(다) 세부연구기관

1) 직접비

가) 인건비

(단위 : 천원)

							코드번호	B-10-02-03-01-01		
구분	인력 구분	성명	직위	신규채용 구분*	실지금액 (A)	참여율(% (B)	합 계(A×B/100)			
							현금	현물	미지급	
내부 인건비	기존 인력	이정현	부교수		86,400	10			8,640	
		소계(나)								8,640
	신규 인력									
		소계(다)								
총액(가=나+다+라)									8,640	

나) 학생 인건비

① 학생인건비 소요명세

(단위 : 천원)

					코드번호	B-10-02-03-01-02	
구분	월 급여	man-month 투입 총량	총액	비고			
박사후연구원	3,000	6	18,000				
박사과정	2,500	2	5,000				
석사과정	1,800	3	5,400				
학사과정	1,000	1	1,000				
합 계			29,400				

다) 연구시설 장비 및 재료비

(단위 : 천원)

						코드번호	B-10-02-03-01-03	
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액		비고		
				현금	현물			
연구시설								
연구장비								
재료비	시약	200	5	1,000				
	질소, Ar 가스 등	100	6	600				
	페트르 디쉬 등	50	30	1,500				
	BSA 등 단백질	150	5	750				
	96 well plate	40	15	600				
	초자류	15	5	75				
	Si wafer	500	3	1,500				
TEM 그리드	100	7	700					

	튜브, 팁 등 소모품	50	30	1,500		
	에탄올, IPA 등 용매	53.3	8	426		
	물처리 장치 관련 필터 등	1,000	1	1,000		
	UV-vis 램프 구매	1,000	1	1,000		
	pH 미터 소모품	500	1	500		
	나노 입자 구매	400	4	1,600		
	인공항체 제작을 위한 DNA 등 구매	300	25	7,500		
	항체 구매	300	5	1,500		
	컬럼 구매	20	15	300		
	media 구매	200	9	1,800		
	생물 분석 시약	125	7	875		
전산처리비						
시험분석료						
시작품제작비						
	총 액			24,726		

라) 연구활동비

(단위 : 천원)

구 분	내 역	단 가	코드번호		비고
			회수 (수량,건)	금 액 (천원)	
국외출장여비	해외 학회 참석	4,000	1	4,000	
인쇄비·복사·인화·슬라이드 제작비	연구 관련 인쇄물 제작	150	2	300	
공공요금					
수수료 및 제세공과금 기타	논문 게재료	700	1	700	
전문가 활용비	나노 소재 관련 전문가 자문	400	1	400	
	바이오 센서 관련 전문가 자문	400	1	400	
국내외 교육훈련비					
도서 등 문헌구입비	관련 도서 구매	236	1	236	
회의장 사용료	외부 회의를 위한 회의장 대여	100	3	300	
세미나 개최비					
학회·세미나 참가비	해외 학회 참가비	800	1	800	
	국내학회 참가비	250	3	750	
원고료					
통역료					
속기료					

기술도입비					
연구개발서 비스활용비	전자현미경 분석 (TEM, SEM 등)	300	10	3,000	
	조성 분석 (XRD, FTIR 등)	150	20	3,000	
	생물학적 분석 (핵산 염기 서열 분석)	200	10	2,000	
세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				15,886 천원(현금 : 15,886,000 원)	

- 국외출장 세부 계획

출장자	이정헌		출장 목적지 및 기관	미국, San Diego, American Chemical Society
출장기간	('2019. 8. 24 ~ '19. 8. 30 )			
국외출장 목적 및 사유	인공항체와 검지체와의 상호 작용 및 높은 affinity를 갖는 검지체를 개발할 수 있는 방법에 대한 최신 연구 조사			
해당 연구개발과제 관련 내용	본 제안 연구에서는 표적물에 높은 감도로 반응하는 인공항체를 찾는 것이 핵심임. 특히 하나의 검지체에 반응할 수 있는 인공항체가 많이 있는데, 이 중 가장 높은 특이도를 가지면서도 강하게 부착되는 것을 손쉽게 찾아낼 수 있는 방법을 모색해볼 예정임			
예상결과물 및 활용계획	학회 참석 후 습득한 내용을 높은 감도를 갖는 인공항체를 개발하는데 적용할 예정임			
일 별 활 동 내 역	일차	세부 활동 일정		
	1일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	2일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	3일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	4일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	5일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	6일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	7일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		

기술도입명	도 입 국	금 액 (단위 : 원)	관 련 되 는 세부연구내용	비 고
				기술도입의 형태(예 : know - how 등)를 기재

마) 연구과제추진비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구 분	내 역	단 가	회수 (수량,건)	금 액	비고
국내 출장여비	학회 참석	150	3	450	
	회의 참석	100	3	300	

사무용품비	토너, 종이, 펜 등 구매	100	10	1,000	
기기·비품의 구입·유지 비용	연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입, 유지비용 등	150	2	300	
회의비	본 연구 관련 회의비	120	8	960	
과제수행과 관련된 식대	과제 수행과 관련된 연구원	50	5	250	
총액				3,260	직접비의 5.1 %

바) 연구수당

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06	
구분	산정기준	금액	비고	
연구수당	인건비 28,320 천원 × (17.7)%=(5,000)천원	5,000		
합계		5,000		

2) 간접비

가) 비영리기관의 경우

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-03-02	
총액	21,728 천원 (간접비율 : 27.76 %)			

4. 3차년도 연구개발비 비목별 세부 내역

가. 3차년도 연구개발비 비목별 총괄

(단위 : 천원)

		코드번호		B-10-02-01					
비목	주관기관명		성균관대학교 산학협력단		합계				구성비 (%)
	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
1. 직접비	205,900	90,000	78,272				284,172	90,000	
1.1 인건비		90,000						90,000	
1.2 학생인건비			26,100				26,100		
1.3 연구장비·재료비	75,900		26,520				102,420		
1.4 연구활동비	46,000		17,392				63,392		
1.5 연구과제추진비	10,000		3,260				13,260		
1.6 연구수당	4,000		5,000				9,000		

1.7 위탁연구개발비	70,000						70,000		
2. 간접비	4,100		21,728				25,828		
2.1 인력지원비									
2.2 연구지원비	600						600		
2.3 성과활용지원비	3,500						3,500		
합 계	210,000	900,000	100,000				310,000	90,000	100%

나. 1차년도 연구개발비 비목별 소요명세 (참여기관 : 성균관대학교 산학협력단)

(1) 3차년도 연구개발비 비목별 총괄 소요명세서

(가) 주관연구기관

(단위 : 천원)

비 목	현 금	현 물	코드번호		비 고
			계	구성비 (%)	
1. 직접비	205,900	90,000	295,900		
1.1 인건비		90,000	90,000	30	
1.2 학생인건비					
1.3 연구 장비·재료비	91,900		91,900	30.63	
1.4 연구활동비	30,000		30,000	10	
1.5 연구과제추진비	10,000		10,000	3.33	
1.6 연구수당	4,000		4,000	1.33	
1.7 위탁연구개발비	70,000		70,000	23.33	
2. 간접비	4,100		4,100		
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비	600		600	0.20	
2.3 성과활용지원비	3,500		3,500	1.27	
합 계	210,000	90,000	300,000	100	

(나) 위탁연구기관

(단위 : 천원)

비 목	현 금	현 물	코드번호		비 고
			계	구성비 (%)	
1. 직접비					
1.1 인건비	(8,640)		(8,640)		미지급
1.2 학생인건비	19,320		19,320	27.60	
1.3 연구 장비·재료비	11,500		11,500	16.43	
1.4 연구활동비	12,242		12,242	17.49	위탁은 과세과제로 수수료 (7,272,000원)가 추가된 금액임
1.5 연구과제추진비	6,254		6,254	8.93	
1.6 연구수당	5,480		5,480	7.83	인건비(현물+학생인건비 포함)의



1.7 위탁연구개발비					20%(20%이내 산정) 본 과제의 위탁연구 개발비를 제외한 직접비(현물+현금)의 %(40%이내 산정)
2. 간접비	15,204		15,204	21.72	직접비(현물+위탁연구개발비 제외)의 27.7 % (영리기관 5%이내)
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비					
2.3 성과활용지원비					
합 계	70,000		70,000	100	

(다) 세부연구기관(성균관대학교 산학협력단)

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-02
비 목	현 금	현 물	계	구성비 (%)	비 고
1. 직접비					
1.1 인건비	(8,640)		(8,640)		미지급
1.2 학생인건비	26,100		26,100	26.1	
1.3 연구 장비· 재료비	26,520		26,520	26.5	
1.4 연구활동비	17,392		17,392	17.4	
1.5 연구과제추진비	3,260		3,260	3.3	
1.6 연구수당	5,000		5,000	5	인건비(현물+학생인건비 포함)의 14.4%(20%이내 산정)
1.7 위탁연구개발비					본 과제의 위탁연구 개발비를 제외한 직접비(현물+현금)의 %(40%이내 산정)
2. 간접비	21,728		21,728	21.7	직접비(현물+위탁연구개발비 제외)의 27.76%
2.1 인력지원비					
2.2 연구지원비	21,728		21,728	21.7	
2.3 성과활용지원비					
합 계	100,000		100,000	100	

(2) 3차년도 연구개발비 비목별 세부 소요명세서

(가) 주관연구기관

1) 직접비

가) 인건비

(단위 : 천원)

							코드번호	B-10-02-03-01-01		
구분	인력 구분	성명	직위	신규채용 구분*	실지금액 (A)	참여율(% (B)	합 계(A×B/100)			
							현금	현물	미지급	
내부 인건비	기존 인력	박해란	차장	해당사항 없음	50,000	10		5,000		
		박선홍	부장		50,000	10		5,000		
		김지희	과장		38,000	10		3,800		
		박미경	대리		33,000	27		8,910		

	류재경 안수진	대리		30,000	15		4,500		
		주임		28,000	22		6,160		
		1차년 신규채용자 A			50,000	50		25,000	
		1차년 신규채용자 B			40,000	49.1		19,640	
		2차년 신규채용자 C			40,000	50		20,000	
	소계(나)							98,010	
신규 인력	미정	대리	신규 (중점)	40,000	50	20,000			
		소계(다)							
외부 인건비	기존 인력								
		소계(라)							
<b>총액(가+나+다+라)</b>						<b>20,000</b>	<b>90,000</b>		

나) 연구시설·장비 및 재료비

(단위 : 천원)

구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액		비고	
				현금	현물		
연구시설							
연구장비							
재료비	곰팡이독소 표준물질 분석용 시약 구입비	360	4	1,800			
	컬럼 등 분석 소모품 등	정제용 유기용매	50	40	2,000		
		분석용 유기 용매 등	120	50	6,000		
		추출관련 컬럼 초차기구 등 소모품 구입비	125	20	2,500		
		TLC 등 정제 소모품	650	10	6,500		
		정제용 filter 등	270	20	5,400		
		분석용 컬럼 소모품 등	1,200	4	4,800		
		분석용 버퍼 등 chemical	230	40	9,200		
		분석 및 균주 배양 시약 소모품	150	10	1,500		
	tip 등 실험용 소모품 등	10ul Filter Pipette tip	40	20	400		
		200ul Filter Pipette tip	40	20	600		
		Buffer chemical	100	70	7,000		
		Yellow Tip	30	25	750		
		White Tip	30	25	750		
	Tris 등 완충용액		70	10	700		
미생물 배양 배지 등 소모품							
	petri Dish	100	9	900			
	Blue Tip	30	25	750			

전산처리비						
시험분석료	유전자 분석 서비스 (검출타겟의 인공향 체결합 정확성 확인)	150	49	7,350		
시작품제작 비	시작품 설계비용	3,000	1	3,000		
	시작품 목업작업	2,800	5	14,000		
	제품 성능평가 및 샘플배포용 시작품 제 작비용	16,000	1	16,000		
총 액				91,900		

다) 연구활동비

(단위 : 천원)

			코드번호		B-10-02-03-01-04
구 분	내 역	단 가	회수 (수량,건)	금 액 (천원)	비고
국외출장여 비					
인쇄비·복사· 인화·슬라이 드 제작비	인쇄 복사 등	50	40	2,000	
공공요금					
수수료 및 제세공과금 기타	과세과제 수수료	23,000	1	23,000	
전문가 활용비	전문가활용비	300	5	1,500	
국내외 교육훈련비					
도서 등 문헌구입비					
회의장 사용료					
세미나 개최비	세미나 개최비	300	5	1,500	
학회·세미나 참가비	국내학회 및 세미나 참석 5인 참석 기준	1,000	2	2,000	
원고료					
통역료					
속기료					
기술도입비					
연구개발서 비스활용비					

세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				30,000	

라) 연구과제 추진비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	재배 및 수집조사	125	8	1,000	
	국내출장 5인 기준	500	6	3,000	
사무용품비	토너 등	205	2	410	
	복사용지	40	7	280	
	사무용품 등	71	10	710	
기기·비품의 구입·유지 비용					
회의비	세미나 및 연구진행 회의	300	12	3,600	
과제수행과 관련된 식대	야근 및 특근 식대	50	20	1,000	
	5인기준				
총액				10,000	

마) 연구수당

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06
구분	산정기준	금액	비고
연구수당	직접비의 5%	4,000	
합계		4,000	

바) 위탁연구개발비

		코드번호	B-10-03-01-01-07
70,000 천원			

2) 간접비

가) 영리기관의 경우

(단위 : 천원)

						코드번호	B-10-03-02		
구분	성명	직위	신규 채용	실지금액 (A)	참여율 (%)	합 계(A×B/100)			
						현금	현물	계	

		구분*	(B)			
인력 지원비 (1)	지원인력인건비					
	연구개발능률성과급					
	연구지원전문가인건비					
		소계(C)				

		코드번호		B-10-03-02		
구분	내역	단가	회수 (수량, 건)	금액(천원)	비고	
기타 (2)	연구지원에 관한 경비(D)	연구비 회계정산	600	1	600	
	성과활용지원에 관한 경비(E)	특허출원 및 등록비용	2	1,750	3,500	
	소계(F=D+E)				4,100	
간접비 총액(G=C+F)				천원(간접비율: %)		

(나) 위탁연구기관

1. 직접비
  - 가) 인건비

(단위 : 천원)

		코드번호		B-10-02-03-01-01					
구분	인력 구분	성명	직위	신규채용 구분*	실지금액 (A)	참여율(% (B)	합 계(A×B/100)		
							현금	현물	미지급
내부 인건비	기존 인력	이진기	부교수		86,400	10%			8,640
		소계(나)							
	신규 인력								
		소계(다)							
총액(가=나+다+라)								8,640	

나) 학생인건비

- ① 학생인건비 소요명세

(단위 : 천원)

		코드번호		B-10-02-03-01-02	
구분	월 급여	man-month 투입 총량	총액	비고	
박사후연구원					
박사과정	2,500	6	15,000		
석사과정	1,800	2.4	4,320		
학사과정					
합 계			19,320		

다) 연구시설 장비 및 재료비

(단위 : 천원)

			코드번호		B-10-02-03-01-03	
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액		비고
				현금	현물	
연구시설						
연구장비						
재료비	각종 paper 묶음	200	10	2,000		
	각종 시약류	300	10	3,000		
	bio buffer	200	5	1,000		
	항체 용액	400	2	800		
	항원 용액	400	2	800		
	마이크로 비드	500	4	2,000		
	glass ware	200	5	1,000		
	기타 재료비	900	1	900		
전산처리비						
시험분석료						
시작품제작비						
총액					11,500	

라) 연구활동비

(단위 : 천원)

			코드번호		B-10-02-03-01-04	
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액 (천원)	비고	
국외출장여비						
인쇄비·복사·인화·슬라이드 제작비						
공공요금						
수수료 및 제세공과금 기타	과세과제 수수료	7,272,000	1	7,272		
전문가 활용비						
국내외 교육훈련비						
도서 등 문헌구입비						
회의장 사용료						
세미나 개최비						

학회·세미나 참가비	국내학회 등록 (8명)	6인×150,000원=900,000원	3	2,700	
원고료					
통역료					
속기료					
기술도입비					
연구개발서 비스활용비	시험·분석·검사	227,000	10	2,270	
세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				12,242 천원(현금 : 12,242,000원)	

마) 연구과제추진비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	국내 출장 여비	8인×120,000원=960,000원	3	2,880	
사무용품비	사무용품비	194,800	5	974	
기기·비품의 구입·유지 비용					
회의비	회의비	8인×30,000원=240,000원	5	1,200	
과제수행과 관련된 식대	식대	8인×30,000원=240,000원	6	1,200	
총액				6,254	직접비의11.4%

바) 연구수당

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-02-03-01-06
구분	산정기준	금액	비고
연구수당	27,960,000×(19.60)%=(5,480,000)원	5,480	
합계		5,480	

2) 간접비

가) 비영리기관의 경우

(단위 : 천원)

	코드번호	B-10-03-02
총액	15,204 천원 (간접비율 (총액 대비): 21.72 %)	

(다) 세부연구기관

1) 직접비

가) 인건비

(단위 : 천원)

						코드번호	B-10-02-03-01-01		
구분	인력구분	성명	직위	신규채용구분*	실지금액(A)	참여율(%) (B)	합계(A×B/100)		
							현금	현물	미지급
내부 인건비	기존 인력	이정현	부교수		86,400	10			8,640
		소계(나)							
	신규 인력								
		소계(다)							
<b>총액(가=나+다+라)</b>									8,640

나) 학생 인건비

① 학생인건비 소요명세

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-02	
구분	월 급여	man-month 투입 총량	총액	비고		
박사후연구원	3,000	3	9,000			
박사과정	2,500	5	12,500			
석사과정	1,800	2	3,600			
학사과정	1,000	1	1,000			
합계			26,100			

다) 연구시설 장비 및 재료비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-03		
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액		비고	
				현금	현물		
연구시설							
연구장비							
재료비	시약	200	15	3,000			
	질소, Ar 가스 등	100	10	1,000			





세미나 개최비					
학회·세미나 참가비	해외 학회 참가비	650	3	1,950	
	국내학회 참가비	250	3	750	
원고료					
통역료					
숙기료					
기술도입비					
연구개발서비스활용비	전자현미경 분석 (TEM, SEM 등)	300	5	1500	
	조성 분석 (XRD, FTIR 등)	150	5	750	
	생물학적 분석 (핵산 염기 서열 분석)	200	12	2400	
세부과제가 있는 경우 과제 조정 및 관리에 필요한 경비					
총액				17,392 천원(현금 : 17,392 원)	

- 국외출장 세부 계획

출장자	이정현		출장 목적지 및 기관	미국, San Francisco, American Chemical Society
출장기간	('2020. 8. 22 ~ '20. 8. 28)			
국외출장 목적 및 사유		본 연구과제를 통하여 얻은 결과물 발표		
해당 연구개발과제 관련 내용		지난 3년 동안의 연구를 통하여 얻은 결과물을 미국 화학회 분석화학 분과에서 발표할 예정임.		
예상결과물 및 활용계획		연구 결과물에 대한 소개, 해외 학자와의 공동 연구 방안 모색		
일별 활동 동 계획	일차	세부 활동 일정		
	1일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	2일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	3일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	4일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	5일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
	6일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류		
7일차	학회 참석, 관련 연구자와 교류			

기술도입명	도입국	금액 (단위 : 원)	관련되는 세부연구내용	비고
				기술도입의 형태(예 : know - how 등)를 기재

마) 연구과제추진비

(단위 : 천원)

				코드번호	B-10-02-03-01-05
구분	내역	단가	회수 (수량,건)	금액	비고
국내 출장여비	학회 참석	150	3	450	
	회의 참석	100	3	300	
사무용품비	토너, 종이, 펜 등 구매	100	10	1,000	
기기·비품의 구입·유지 비용	연구환경 유지를 위한 기기 비품의 구입, 유지비용 등	150	2	300	
회의비	본 연구 관련 회의비	120	8	960	
과제수행과 관련된 식대	과제 수행과 관련된 연구원	50	5	250	
총액				3,260	직접비의 5.1 %

바) 연구수당

(단위 : 천원)

			코드번호	B-10-02-03-01-06
구분	산정기준	금액	비고	
연구수당	인건비 28,320 ×(17.7)%=(5,000)천원	5,000		
합계		5,000		

2) 간접비

가) 비영리기관의 경우

(단위 : 천원)

		코드번호	B-10-03-02
총액	21,728 천원	(간접비율 : 27.76 %)	

## 6절. 사업화 계획

### 1. 기술개발결과의 활용분야 및 활용방안

- 본 과제의 목표는 곰팡이독소 검출 이지만 이 과제를 통해 인공항체 선별기술과 인공항체 개발에 관한 원천 기술이 확보되면 곰팡이독소뿐만 아니라 미량의 화학물질 검출(환경오염 물질 검출, 물질 선별 등)이 가능함
- 화학물질뿐만 아니라, 생체물질의 검출 역제도 가능할 것으로 전망함.
- 생체 물질 검출 분야는 미생물 또는 바이러스 감염 여부를 확인하는 톨로 본 연구과제 개발 기술을 적용하여 가축 질병 진단 시장에 진출이 가능함
- 초기에는 곰팡이독소검출 기기로 제품을 출시하고 본 연구과제 개발 제품을 통해 쌓은 인지도와 기술력을 바탕으로 축산 오염물 검출(환경오염물질 검출 등), 질병 관리, 유전자 변형 확인 등의 분야로 점차 확대가 가능함

곰팡이독소 검출 KIT	업체수 (개)	업체 연간사용량 (개)	총 사용량 (개)	단가 (천원)	총 시장금액 (천원)
식품유통업체	10,000	600	6,000,000	3	18,000,000
식품제조업체	20,000	600	12,000,000	3	36,000,000
전국곡물농가	35,000	300	10,500,000	3	31,500,000
총계	65,000	1,500	28,500,000	3	85,500,000

표 18. 본 연구과제 개발 제품 판매 예상 시장

### 가. 생산관리

구분		코드번호		
		B-13-01		
		( 2021년) 개발 종료 후 1년	( 2022년) 개발 종료 후 2년	( 2023년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(%)	1	5	10
	판매량(단위: 개 )	285,000	1,425,000	2,850,000
	판매단가(원)	3,000	3,000	3,000
	국내매출액(백만원)	855	4,275	8,550
해 외	시장점유율(%)			
	판매량(단위: )			
	판매단가(\$)			
	해외매출액(백만\$)			
당사 생산능력1)		1,000,000	2,000,000	3,500,000

### 나. 사업화 전략

구분		코드번호	
		B-13-03-01	
		구체적인 내용	
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상용화 형태 : 추출용 KIT 1SET(10회 추출)/ 검출디바이스 10개 1set</li> <li>○ 수요처 : 표 19 정리</li> <li>○ 예상 단가 : 3,000원/개</li> </ul>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발 투입인력 및 기간 : 개발투입인력 4명(제품개발인력)/ 3년</li> </ul>
<p style="text-align: center;">상용화 능력 및 자원보유</p>	<p><b>가) 마케팅 계획</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 식품제조 회사 농촌진흥청, 축산과학원 등 (주)바이오세상 기존 유통망 및 판매처를 중심으로 제품 홍보</li> <li>○ 주관기관인 (주)바이오세상 기존 거래처인 식품안전검사 서비스 벤처기업 연구소 또는 국가 연구기관 연구소를 대상으로 분석기기 및 유전자분석 서비스 홍보</li> <li>○ 주관기관인 (주)바이오세상 기존 바이오 솔루션 납품 회사인 3M 식품안전성 제품판매 영업팀과의 MOU 체결을 활용한 시장 접근</li> <li>○ 고가장비를 사용한 곰팡이독소 분석방법과 비교하여 분석시간의 단축, 분석비용 감소, 수입기기 대체 효과를 강조한 조달청 등록을 통하여 제품의 신뢰성을 강조한 홍보 마케팅</li> </ul> <p><b>나) 판로 확보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 연구과제 개발 곰팡이독소 추출 KIT 및 독소검출 기기</li> <li>○ 전국 수입농수산물 관리기관 샘플배포 진행 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구과제로 확보된 곰팡이독소 분석 Data base의 활용한 분석서비스, 기기의 정확성, 현장에서 적용 가능한 곰팡이 추출 KIT의 편의성 및 추출된 시료의 순도 등 제품 완성도 증명 후 판매</li> </ul> </li> <li>○ (주)바이오세상 주 거래처인 3M 제품유통망 이용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- (주)바이오세상은 <b>3M bio-solution</b>(생명공학/유전자 관련 실험에 사용하는 solution 제품군)<b>제품 공급(OEM)</b>을 하고 있으며, 본 연구개발제품이 개발 완료 되었을 때 전 세계 3M 유통망을 통하여 개발제품 유통이 가능</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;">상용화 계획</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발된 시작제품의 현장적용 실험 - 결과도출시간 및 정확성 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구과제 개발제품(곰팡이독소 추출 KIT 및 독소검출 기기)의 현장 적용 평가, 효율성, 신뢰성, 재현성 조건 검토 및 결과 활용성 평가</li> <li>- 현장적용 평가 축적 결과는 제품의 신뢰성 확보를 위한 기본 데이터를 사용하며, 공인실험기관에 의뢰하여 인증절차 진행</li> </ul> </li> <li>○ 시작제품 및 시제품 생산 및 현장 점검 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전국 농산물 관리센터 및 양곡수매기관에 곰팡이독소 추출 KIT 및 독소검출 기기시작제품 검토 요청</li> <li>- 곰팡이독소 추출 KIT 및 독소검출 기기 개발제품 점검 요청 : 객관적 평가 결과 확보를 위해 공인실험기관 검사 성적서를 제시하고 곡물, 농수산물 수입관리국 등의 검사가 필요한 오염 가능한 시료를 대상으로 현장 점검</li> </ul> </li> <li>○ 시작제품 현장 점검 결과에 따른 생산조건 보완 및 확립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장적용 결과를 바탕으로 곰팡이독소 추출 KIT 및 독소검출 디바이스 디자인 수정 및 보완 작업진행</li> <li>- 검출효율을 높이기 위한 기기 조건 검토</li> <li>- 곰팡이독소 검출이 목적인 제품이기에 때문에 생산환경의 무균화 및 공조시설 확보를 통하여 제품생산</li> <li>- 제품에 오염된 미생물이 검출 결과에 미치는 영향을 확인하기 위해 생산환경 별 제품 성능평가 실시</li> </ul> </li> <li>○ 보완 및 개선된 생산방법을 적용한 제품 양산 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무균, 공조시설의 생산시설에서 본 개발 제품들의 제품양산 테스트 진행을</li> </ul> </li> </ul>

통해 제조된 제품의 품질 및 성능 검정  
 - 양산된 제품의 현장점검 결과를 바탕으로 완제품 제조 및 판매 실시

판매처	국가 명	판매 단가 (천원)	예상 연간 판매량(개)	예상 판매기간(년)	예상 총판매금 (천원)	관련제품
3M 식품안전성 관련제품 판매팀	대한민국	3	1,000,000	3년이상	6,000,000	곰팡이독소 검출 키트
식품유통업	대한민국	3	600,000	5년 이상	1,800,000	곰팡이독소 검출 키트
식품제조업	대한민국	3	150,000	10년 이상	450,000	곰팡이독소 검출 키트
전국곡물 농가	대한민국	3	4,200	10년 이상	12,600	곰팡이독소 검출 키트

표 19. 기술개발 후 국내외 주요 판매처 현황



그림 28. 연간 예상판매시장 및 매출 계획 (식품산업통계정보 기준)

## 4장. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호	D-06
------	------

### 1절. 목표달성도

연구개발내용	달성도	내용
1. 연구동향분석	100%	○ 곰팡이독소 오염현황과 논문 및 특허 검색을 통한 연구동향 파악 완료
2. 곰팡이독소 타겟 선정	100%	○ 연구동향 분석을 통해 1차년도에는 곰팡이독소 B를 대상으로 선정하였으며, 추가 곰팡이독소는 유전 정보 분석을 통해 선정을 완료할 예정임
3. 곰팡이독소 검출 방법 최신동향 분석	100%	○ 국내외 곰팡이독소 검출 연구 수준을 비교 검색 ○ 국내외 연구수준 분석 결과 독소 검출 분야의 잠재성을 확인함
4. 컨설팅 업체를 통한 기술가치 평가 추진	100%	○ 비즈니스 모델의 관점에서 기술 이해와 해석을 바탕으로 상용화 가능성 상세히 예측 완료

### 2절. 관련분야 기여도

- 기획과제를 통한 곰팡이독소 종류의 허용 수준과 각 매트릭스 별 곰팡이독소 오염군을 비교 분석한 통계 자료를 확보하였고 이는 앞으로 곰팡이독소 검출법의 연구와 곰팡이독소 저감화 연구의 기초 자료로 사용하는데 기여함
- 국내외 곰팡이독소 연구동향 파악 분석한 결과 국외 연구에 비해 국내 연구 부분이 매우 미미한 실정으로 확인 되었으며 이는 국내 연구의 활성화 자료로 사용되는데 크게 기여할 수 있음.
- 기획과제를 통해 분석한 대표적인 곰팡이독소 특성 및 오염 현황 자료를 수집하였으며 이러한 다양한 정보들은 앞으로 곰팡이독소 저감화와 메카니즘 연구를 수행하는데 기초 자료로 기여도가 높음

## 5장. 연구결과의 활용계획

코드번호	D-07
------	------

- 곰팡이독소의 오염현황과 논문 및 특허 검색을 통해 곰팡이독소에 대한 연구동향을 파악하였으며 이 분석한 결과를 바탕으로 본 연구 과제 수행 시 곰팡이독소 대상을 선정하는데 활용 할 계획임
  - 대표적 곰팡이독소 아플라톡신, 오크라톡신, 데옥시니발레놀, 제랄레논, 푸모니신으로 세분화하여 연구동향 분석
  - 2000년도 이후 대표적 곰팡이독소 논문 및 특허가 꾸준히 증가함을 확인
  
- 곰팡이독소 진단 키트 개발에 본 기획 연구에서 분석한 연구 결과가 중요한 역할을 할 뿐만 아니라 곰팡이독소 저감화 관련 연구 등 곰팡이독소 관련 모든 연구 분야에 기초 자료로 활용할 수 있을 것이라 판단됨
  - 곰팡이독소 대표 물질 분류 및 특성을 분석함
  - 대표적 오염 물질에 따른 오염실태를 체계적으로 파악함
  - 국내의 경우 독성이 강한 아플라톡신을 중심으로 대부분 모니터링이 진행되어 왔으나, 본 기획과제를 통해 다양한 곰팡이독소의 경향 파악으로 기초 자료를 확보함
  
- 컨설팅 업체를 통해 지원 받은 본 과제 관련 기술의 기술가치 평가는 본 과제 수행 후 상용화가 이루어지는 개발 제품에 사업화 성공률을 위해 수요 지향적 기술 사업화 전략을 마련하는데 활용 할 수 있을 것이라 판단됨
  - 핵산 기반의 인공 항체와 관련된 분자진단은 진단 검사 시장을 토대로 개발 기술력을 분석하였으며, 세계시장 11.5%, 국내 시장 12.5%의 꾸준한 성장률을 보이며 시장이 성장할 것으로 분석됨
  - 보유하고 있는 기술을 바탕으로 기술가치 평가는 경제적 유효수명은 8년, 현금 흐름 추정 시간 11년이며 최종 기술 가치 평가액은 8,019,083,559원으로 평가됨



## 6장. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호	D-08
------	------

- 본 과제 적용기술의 해외 특허 동향
  - 센서형 식품 안전관리 시스템 기술의 지난 7년('10~'16) 간 출원동향)을 살펴보면 연도 별로 출원 경향이 조금씩 증가하고 있어 지속적으로 센서형 식품 안전관리 시스템 기술 개발이 늘어나고 있는 경향을 나타내고 있음
  - 각 국가별로 살펴보면 미국의 출원 경향은 점차적으로 증가추세, 한국은 소폭 증감추세가 이어져오는 추세, 일본도 역시 소폭 증가되는 추세, 유럽은 조금씩 감소되는 경향을 보이고 있는데, 국가별 출원비 중을 살펴보면 미국이 54%로서 최대 출원국으로 센서형 식품 안전관리 시스템 기술을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 한국이 18.3%, 일본이 15.6%, 유럽이 12.2%로 국가별 출원 비중을 보이고 있음
  - 센서형 식품안전 관리시스템 기술 분야의 투입기술을 확인하기 위하여 특허분류코드인 IPC Code12)를 통하여 살펴본 결과 센서형 식품 안전관리 시스템 기술 분야의 가장 높은 2015년IPC는 G06Q 기술 분야가 489건으로 가장 많이 차지하고 있으며, 이어서 G06F가 125건, A47J가 109건으로 다수를 차지하고 있음
  - 이외에 A61K 92건, G01N 88건, F25D 81건, A23L 65건, G09B 65건, A01C 47건, A61B47건 순으로 기술이 투입되어 있어 센서형 식품안전 관리시스템 기술 분야에 다양한 기술이 융합되어 존재하고 있음
  - 더불어 해당 IPC의 특허인용수명을 살펴보면 A47J 기술분야의 수명이 11년으로 가장 긴 것으로 나타났으며, G06Q 기술분야는 4년으로 가장 짧은 것으로 분석되고 있음
  - 관련기술의 적용 분야는 주로 농수산물 유통, 관리 분야가 대부분 이었음.
  
- 본 과제 적용기술제품의 핵심 역량
  - 본 과제를 통하여 개발하는 제품은 적용기술이 제품 양산에 용이한 기술로서 재현성과 검출특이성이 보장됨 이러한 내용을 상기 기술한 특허 출원동향 분석을 통하여 확인함
  - 특허기술조사결과 일반적으로 인공항체는 특정 생체물질과의 결합이 가능하기 때문에 암세포의 위치나 존재 유무를 확인하기 위한 의료용 소재로 사용되고 있음
  - 인공항체를 화학물질검출(곰팡이독소) 목적으로 사용하는 기술은 일반적인 적용분야가 아닌 것으로 확인되었음
  - 특허출원 등의 분석 결과 본 과제적용기술 및 제품은 해외시장을 선점하기에 유리한 기술임을 확인함
  
- 식품안전검사를 위한 적용기술
  - 식중독 병원체 또는 곰팡이독소검출 센서는 검출을 위한 전처리 및 배양 소요시간, 미량 검출이 가능해야 하는 등의 특성을 고려하여 간편한 Point-of care-testing(POCT)으로 적극 활용되고 있는 추세임
  - 이러한 식품안전을 위한 검출기술의 시장은 2015년 29억 8천만달러, 2020년에는 11.5%의 성장률을 보이며 약 51억 4천 만 달러 시장으로 성장할 수 있음을 확인 함

IPC	기술내용	특허인용수명 (TCT)*
G06Q	관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법	4년
G06F	전기에 의한 디지털 데이터처리	6년
A47J	주방 장비, 커피 분쇄기, 하인료 분쇄기, 음료를 만드는 장치	11년
A61K	의약품, 치과용 또는 화장용 제제	8년
G01N	재료의 화학적 또는 물리적 성질의 검출에 의한 재료의 조사 또는 분석	9년
F25D	냉장고; 냉각실; 아이스박스; 다른 서브클래스에 속하지 않는 냉각 또는 동결장치	9년
A23L	A21D 또는 A23B로부터 A23J까지에 포함되지 않는 식품, 식료품, 또는 비알콜성 음료; 그 조제 또는 처리	10년
G09B	교육용 또는 교사용의 기구; 맵인 또는 농아자와의 의사를 소통하기 위한 교습용 기구; 모형; 유성의; 지구의; 지도; 도표	8년
A01C	식부; 파종; 시비	10년
A61B	진단; 수술; 개인식별	9년

\*특허인용수명 지수는 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값을 제시함. 특히 이와 같이 산출된 Q2는 TCT(Technology Cycle Time, 기술순환주기 또는 기술수명주기)라고 부름

표 20. 센서형 식품 안전관리 시스템 기술 분야 상위 투입기술

## 7장. 연구개발결과의 보안등급

해당사항 없음

## 8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

해당사항 없음

## 9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

해당사항 없음

## 10장. 연구개발과제의 대표적 연구실적

해당사항 없음

## 11장. 기타사항

해당사항 없음

## 12장. 참고문헌

코드번호	D-14
------	------

1. Korea Health Industry Development Institute: Health industry white paper 2014. hanhakmunwha, pp. 436-446 (2015).
2. Korea Institute for Health and Social Affairs: Pre-planning study for the risk assessment of herbal medicines. pp. 18 (2014).
3. Nielsen Company Korea: Survey method research on intake of chinese medicine by Korean. pp. 30 (2009).
4. Song V.K.: Control system of herbal medicine in shared use for food and medicine purpose. The report of Korea Food & Drug Administration (2006).
5. Brase, S., Encinas, A., Keck, J., Nising, C.F.: Chemistry and biology of mycotoxins and related fungal metabolites. Chem. Rev., 109, 3903-3990 (2009).
6. Binder, E.M., Tan, L.M., Chin, L.J., Handl, J., Richard, J.: Worldwide occurrence of mycotoxins in commodities, feed and feed ingredients. Anim. Feed Sci. Technol., 137, 265-282 (2007).
7. Rustom, I.Y.S.: Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods. Food Chem., 59, 57-67 (1997).
8. Gourama, H. and Bullerman, L.B.: *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*: Aflatoxigenic fungi of concern in foods and feeds-A review. J. Food Prot., 58, 1395-1404 (1995).
9. Kim, D.H., Jang, H.S., Choi, G.I., Kim, H.J., Kim, H.J., Kim, H.L., Cho, H.J., Lee C., Occurrence of mycotoxins in Korean grains and their simultaneous analysis, Korean J. Food Sci. Technol., 45 (1): 111-119 (2003)
10. International Agency for Research on Cancer (IARC): Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Some naturally occurring substances, food items and constituents, hetrocyclic aromatic amines and mycotoxins. International Agency for Research on Cancer. World Health Organization, Lyon, France, 5, 245-395 (1993).
11. Taber, H.H. and Schroeder, H.W.: Aflatoxin producing potential of isolates of the *Aspergillus flavus-oryzae* group from peanuts (*Arachis hypogaea*). Appl. Microbiol., 15, 140144 (1967).
12. Eaton, D.L., Ramsdell, H.S., Neal, G.E., Groopman, J.D.: Biotranformation of aflatoxins: In the toxicology of aflatoxins human health, veterinary, and agricultural significance. Academic Press, pp. 45-72 (1993).
13. Park, J.S., Lee, M.Y., Kim, J.S., Lee, T.S., Compositions of nitrogen compound and amino acid in soybean paste prepared with different microbial sources. Korean J. Food Sci Technol, 26(5):609-615 (2004).
14. Park, S.K., Seo, K.I., Shon, M.Y., Moon, J.S, Lee, Y.H., Quality characteriatics of home-made doenjang, a traditional Korean soybean paste. Korean J. Food Cookery Sci, 16 (2): 121-127 (2002).
15. Kwak, C.S., Lim, S.J., Kim, S.A., Park, S.C., Artioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorhhum, millet and job's tears. J, Korean Sock, Food, Sci, Nutr. vol 33: 921-929 (2000).



## 8. 뒷면지

### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.