

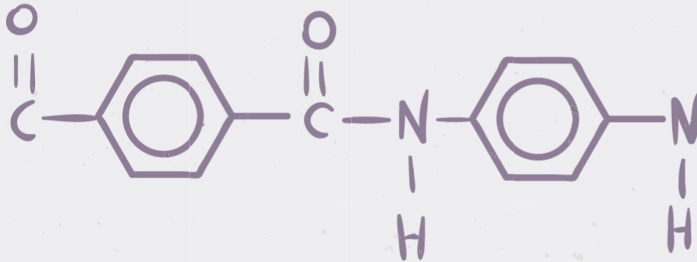
발간등록번호

11-1721000-000025-11



# 2017 생명공학백서

KOREA BIOTECHNOLOGY  
WHITE PAPER 2017



과학기술정보통신부

---

# CONTENTS

<b>특집</b>	45
지난 10년간의 기록: 생명공학육성기본계획	46
4차 산업혁명: 융합의 가속화	55
의료 패러다임의 변화: 미래의학	66
<b>제1장</b>	
<b>생명공학의 변화와 도전</b>	73
제1절   생명공학의 변곡점	76
1. 미국	76
2. 유럽연합	90
3. 중국	106
4. 일본	127
제2절   생명공학의 도전과 노력	138
1. 한국 바이오산업 현황과 발전방향	138
2. 바이오 경제 실현을 위한 도전: 거버넌스 변화	144
<b>제2장</b>	
<b>국가 생명공학 육성 정책</b>	151
제1절   생명공학 육성 정책	154
1. 생명공학 연구개발 지원	154
2. 생명공학산업 육성	163
3. 생명공학 기초과학진흥	171
4. 생명공학 인력양성	180

5. 농림축산식품분야 생명공학 육성	188
6. 보건의료분야 생명공학 육성	199
7. 환경분야 생명공학 육성	211
8. 해양수산분야 생명공학 육성	224
9. 생명자원분야의 육성 및 관리	232
10. 국제협력 R&D 및 국가 간 협력	248
제2절   생명공학 경쟁력 지표 현황	281
1. 투자	281
2. 인력	292
3. 특허	301
4. 논문(질적지표)	317
5. 산업	327
<b>제3장</b>	
<b>분야별 연구개발 및 관련 산업 현황</b>	337
제1절   기초생명과학	347
1. 유전체	347
2. 단백질체	357
3. 세포체	373
4. 대사체	385
5. 시스템생물	417
6. 구조생물	429
7. 뇌과학	438
8. 노화과학	453

---

# CONTENTS

제2절   보건의료	463
1. 합성신약	463
2. 바이오의약품	473
3. 바이오장기	482
4. 진단 및 의료기기	493
5. 감염병 대응	501
제3절   농림축산식품	521
1. 농림	521
2. 축산	532
3. 식품	539
제4절   환경·해양수산	553
1. 환경 생명공학	553
2. 해양 생명공학	563
제5절   바이오 공정 및 융합	571
1. 산업바이오	571
2. BT + ICT	594
3. BT + NT	604
제6절   생명연구자원	619
1. 개요	619
2. 연구동향	620
3. 발전과제	627
제7절   생명공학 인프라(장비·시설)	630
1. 개요	630
2. 현황	634
3. 발전 과제	644



<b>제4장</b>	
<b>생명공학 관련 법제도 현황</b>	657
제1절   바이오안전성 동향	660
제2절   생명윤리 동향	685
제3절   생명공학 지적재산권 제도 동향	693
제4절   바이오의약품의 허가 현황과 과제	705
제5절   생명공학기업 현황과 지원제도	715
<b>부록</b>	727
부록 1 생명공학연표	728
부록 2 생명공학 주요 통계	755
부록 3 생명공학 관계법령	769
부록 4 생명공학 용어정리	774

---

# 표 목차

## 제1장 생명공학의 변화와 도전

[표 1-1] 국가 바이오경제 청사진 5대 전략목표	77
[표 1-2] 미국 바이오기업 현황	84
[표 1-3] 미국 바이오클러스터 순위	85
[표 1-4] Horizon 2020의 SC1 프로그램 목표	94
[표 1-5] Horizon 2020 SC1 프로그램 활동별 예산 비중	94
[표 1-6] Horizon 2020 SC2 프로그램	95
[표 1-7] 독일 첨단기술 전략의 중점 연구분야	96
[표 1-8] 유럽 국가별 생명공학 기업 및 근로자 수	98
[표 1-9] 13차 5개년 계획(13.5계획)의 목표	107
[표 1-10] 혁신드라이브의 발전전략	108
[표 1-11] 국가혁신드라이브 발전전략강요의 주요 내용	110
[표 1-12] 13차 5개년 국가과학기술혁신계획 6대 전략	112
[표 1-13] 전국 농업 현대화 계획의 9개 실행방안	121
[표 1-14] 일본 제5기 과학기술기본계획 개요	130
[표 1-15] 미래투자전략 2017 개요	131
[표 1-16] 한국 바이오산업의 성장 추세	142
[표 1-17] 국내 벤처캐피탈의 분야별 투자 현황	146
[표 1-18] 바이오특별위원회 개최 경과	147

## 제2장 국가 생명공학 육성 정책

[표 2-1] 2017년도 생명공학분야 정부투자계획	159
[표 2-2] 지역별 바이오 인프라 시설	169
[표 2-3] 과학기술정보통신부 기초연구지원 사업내용	174
[표 2-4] 과학기술표준분류별 투자 추이	176
[표 2-5] 신진연구 중 생명과학분야 중분야별 선정 현황	177
[표 2-6] 중견연구 중 생명과학분야 중분야별 선정 현황	178
[표 2-7] 정부 R&D 중 기초연구 투자 비중	180
[표 2-8] 교육부 기초연구지원사업	182

[표 2-9] 이공학개인지초연구사업 생명공학분야 지원 현황	183
[표 2-10] 이공학학술연구기반구축사업 생명공학분야 지원 현황	184
[표 2-11] 생명공학 분야 SCI 논문 발표 현황	185
[표 2-12] 생명공학 분야 특허 출원·등록 현황	185
[표 2-13] BK21 및 BK21플러스 사업 지원 현황	186
[표 2-14] BK21 플러스 중간평가 지표(의약학, 농·생명·수산·해양 분야) 특징	186
[표 2-15] 농림축산식품분야 생명공학사업 투자계획	191
[표 2-16] 보건복지부 R&D 사업 예산	201
[표 2-17] 보건의료기술연구개발사업 단위사업	205
[표 2-18] 2017년 7월 기준 환경기술개발사업 중 환경생명공학 관련 투자	216
[표 2-19] 융합기반 청정기술의 주요 연구과제	217
[표 2-20] 환경오염제어 및 관리기술의 주요 연구과제	218
[표 2-21] 폐자원 에너지화 및 고부가가치 자원화 기술의 주요 연구과제	220
[표 2-22] 생물자원을 활용한 환경복원·정화기술의 주요 연구과제	222
[표 2-23] 해양생명공학 응용산업 분야	226
[표 2-24] 부처별/분야별 투자실적	233
[표 2-25] 농업생명자원 관리기관 지정 현황	238
[표 2-26] 농업생명자원 보존 현황	238
[표 2-27] 내용별 국제협력 유형	249
[표 2-28] 국제협력분야 정부 R&D 예산 현황	252
[표 2-29] 국가별 전체 기술수준 및 변동 추이	255
[표 2-30] 10대 분야별 우리나라 기술 및 기술격차 변동	256
[표 2-31] 2018년도 미국 NSF 바이오 분야 투자 계획(안)	257
[표 2-32] 국제협력 분야 정부연구개발예산 편성 현황	263
[표 2-33] 과학기술국제화사업 미래유망신기술(6T)별 지원 현황	264
[표 2-34] 글로벌연구실지원사업 생명공학 분야 신규 선정과제 목록	265
[표 2-35] 글로벌연구실지원사업 생명공학 분야 우수성과	265
[표 2-36] BT분야 해외우수연구기관유치사업 공동연구센터 현황	266
[표 2-37] 해외우수기관유치지원사업 생명공학 분야 우수 연구성과	267
[표 2-38] 글로벌연구네트워크지원사업 생명공학 분야 우수 연구성과	268
[표 2-39] EU Horizon2020 공동연구(연세대 신성재) 컨소시엄 참여국가 및 연구기관 현황	276
[표 2-40] BT분야 표준과학기술분류별(중분류) 중점투자 현황	289
[표 2-41] 2016년 기준 바이오분야 학과별 학사 재적생수의 성별 현황	293

[표 2-42] 2016년 기준 바이오 분야 학과별 석·박사 졸업자의 성별 현황	294
[표 2-43] 바이오산업 연도별 종사자 수	297
[표 2-44] 바이오산업 분야별 종사자 인력 분포	297
[표 2-45] 2015년 바이오산업 종사자 분야별 학위별 분포	298
[표 2-46] 생명공학의 기술분류	302
[표 2-47] 한국에 출원한 생명공학분야의 기술분류별-연도별 특허출원건수	303
[표 2-48] 국내 상위 10대 다출원 국가 현황	305
[표 2-49] 국내 상위15대 다출원인 현황	307
[표 2-50] 미국에 등록된 생명공학분야의 기술분류별-연도별 특허등록건수 현황	309
[표 2-51] 미국에 등록된 생명공학특허의 국가별 특허등록건수 현황	311
[표 2-52] 2012~2016년 미국에 등록된 생명공학분야의 국가별 기술력 수준 현황	313
[표 2-53] 2012~2016년 미국에 등록된 생명공학분야의 다등록기관 현황	315
[표 2-54] 최근 10년간 한국의 SCI논문 발표 현황	318
[표 2-55] 5년 주기별 한국의 SCI논문 1편당 평균 피인용 현황	319
[표 2-56] 최근 5년간(2011~2015) 한국의 바이오분야 SCI논문 현황	319
[표 2-57] 최근 10년간 한국의 생명공학분야 SCI논문 현황	320
[표 2-58] 최근 5년(2011~2015) 한국의 바이오분야 SCI논문 피인용율	323
[표 2-59] 최근 10년간 한국의 바이오분야 SCI논문 피인용율	324
[표 2-60] 최근 11년간(2005~2015) 바이오 분야 피인용 상위 1% 논문	325
[표 2-61] 세계 전체 대비 5년 주기별 한국의 피인용 상위 1% 논문 비중	325
[표 2-62] 2015년 기준 바이오산업 분야별 협력 단계별 협력 건수	329
[표 2-63] 2013~2015년 바이오산업 생산 및 내수 변화 추이	331
[표 2-64] 2013~2015년 바이오산업 분야별 국내판매 추이	332
[표 2-65] 2015년 기준 주요 바이오제품 수출입 현황	333
[표 2-66] 연도별 코스닥 기술특례기업 상장 현황	335

### 제3장 분야별 연구개발 및 관련 산업 현황

[표 3-1] 국가별 주요 유전체 연구 현황	349
[표 3-2] 해외 유전체 주요 기업 현황	353
[표 3-3] 국내 주요 유전체 연구 현황	354
[표 3-4] 국내 DTC 서비스 현황	355
[표 3-5] 국내 대표적 단백질체 벤처기업 현황	370

[표 3-6] 세계 배아줄기세포 유래 세포치료제 임상시험 현황	374
[표 3-7] 주요국 세포치료 - 재생의료분야 R&D 투자 현황	377
[표 3-8] 세포기반치료제와 재생의료치료제 개발 현황	380
[표 3-9] 국내 직접교차분화 연구 성공사례	383
[표 3-10] 국외 시스템생물학 관련 주요 연구기관 및 프로그램	421
[표 3-11] 키워드 'Systems Biology'로 검색한 국가별 누적 논문 통계	425
[표 3-12] 신약관련 기업의 시스템생물학 연구 현황	426
[표 3-13] 저온전자현미경으로 구명된 대표적인 거대단백질 및 막단백질을 나타낸 연구결과	430
[표 3-14] 주요 국가별 뇌연구 시스템 비교	440
[표 3-15] 국내 뇌연구 주요정책 동향	442
[표 3-16] 제2차 뇌연구촉진 기본계획의 성과내용	445
[표 3-17] 2016/2017년 뇌연구 투자 실적 및 계획	446
[표 3-18] 뇌 연구 관련 장비의 산업화 현황	449
[표 3-19] 뇌질환 관련 최근 주요 기술내용	451
[표 3-20] 2016년도 미국 FDA 승인 합성신약 리스트	465
[표 3-21] 2017년도 상반기 미국 FDA 승인 합성신약 리스트	466
[표 3-22] 상위 판매 예측 항암제	468
[표 3-23] 상위 판매 예측 면역질환 치료제	469
[표 3-24] 상위 바이러스 감염증 치료제 회사	470
[표 3-25] 상위 판매 예측 심혈관계/대사 질환 치료제	471
[표 3-26] 국내신약 리스트	471
[표 3-27] 2022년도 Top 20 매출 의약품 전망	479
[표 3-28] 부족한 장기를 대체할 수 있는 방법	485
[표 3-29] 장기부족에 대처하기 위한 해결책	485
[표 3-30] 감염병 위기 경보 수준	504
[표 3-31] 'WHO R&D Blueprint' 주요 선행 작업 및 3대 목표·9개 과제	509
[표 3-32] 제2차 감염병 위기대응 연구개발 추진전략	511
[표 3-33] 국내 생명공학 기술을 활용하여 개발된 가축 현황	537
[표 3-34] 세계 식품 시장의 규모	541
[표 3-35] 건강기능식품 품목별 판매 현황: 국내 출하액 기준	548
[표 3-36] 건강기능식품 품목별 수출액	548
[표 3-37] 건강기능식품 품목별 수입액	549
[표 3-38] 특수의료용도식품 산업 현황	550

[표 3-39] BT 분야 세부기술 분류표, 미래유망 신기술 중 환경생명공학 포함 분야	554
[표 3-40] ET 분야 세부기술 분류표, 미래유망 신기술 중 환경생명공학 포함 분야	555
[표 3-41] KISTEP 10대 미래유망기술 선정 결과	555
[표 3-42] 생물학적 정화의 주요 연구개발 동향	557
[표 3-43] FDA 승인된 해양 생물 유래 신약	566
[표 3-44] 2017년 기준 해양생명공학 분야 주요한 국가연구개발사업의 연구내용	568
[표 3-45] 세계 주요 기업의 분야별 진출 현황	578
[표 3-46] 전 세계 바이오기반 폴리머 전구체 생산 현황	584
[표 3-47] 세계 각국 바이오유래 플라스틱 인증 기준	587
[표 3-48] 바이오화학산업화촉진기술개발사업	588
[표 3-49] 2017년 현재 산업통상자원부 바이오핵심기술개발사업 내 산업바이오 지원 현황과 주요 추진사업	589
[표 3-50] 국내업체들의 바이오플라스틱 진출 현황	591
[표 3-51] 종류별 바이오칩 시장규모 및 전망	600
[표 3-52] 의료서비스의 변화	609
[표 3-53] 실용화기술개발 단계별 생물산업 관련 주요 인프라 현황	632
[표 3-54] 국내 GLP 현황	645
[표 3-55] 국내 GCP 현황	646
[표 3-56] 국내 대표적인 2개 비임상 CRO 회사 현황	649
[표 3-57] 생명공학분야 산업화 인프라 지원 현황 및 주요 성과	654

## 제4장 생명공학 관련 법제도 현황

[표 4-1] 의정서 가입 현황	662
[표 4-2] LMO법 정비 경위	668
[표 4-3] 국제바이오안 전성정보센터 정보제공	678
[표 4-4] LMO포럼 세미나	681
[표 4-5] 바이오안전성-바이오산업 토론회 개요	682
[표 4-6] 연도별 생명공학 분야 특허출원 현황	695
[표 4-7] 연도별 생명공학 분야 특허등록 현황	696
[표 4-8] 주요 국가별 바이오 기술수준 비교	705
[표 4-9] 주요 국가별 바이오의약품 규제비교	708
[표 4-10] 바이오의약품 허가 현황	712

[표 4-11] 백신 효능별 허가 현황	712
[표 4-12] 유전자재조합의약품 효능별 허가 현황	713
[표 4-13] 제조 및 수입 품목별 허가 현황	713
[표 4-14] 미국 및 유럽의 상장 바이오기업 현황	717
[표 4-15] 미국 상장 바이오기업 현황	717
[표 4-16] 유럽 상장 바이오기업 현황	718
[표 4-17] 우리나라 상장 바이오기업 현황	719

## 부록

[표 부록 1] 국내 부처별 BT 투자실적 및 계획	756
[표 부록 2] 5대 분야별 연구개발 투자 비교	758
[표 부록 3] 부처별 BT분야 연구개발 투자 비교	758
[표 부록 4] 정부 및 민간 바이오 연구개발 투자 현황	759
[표 부록 5] 부처별 시설 및 기반구축 투자 계획	760
[표 부록 6] 생명공학분야 인력양성 실적	761
[표 부록 7] 인력양성 영역의 관계부처별 투자실적 및 계획	762
[표 부록 8] 국내 바이오 졸업자의 학위별/성별 현황	763
[표 부록 9] 글로벌 바이오 시장현황 및 전망	764
[표 부록 10] 주요 국가별 바이오 분야 활동 기업 수	764
[표 부록 11] 바이오산업 수급 현황	766
[표 부록 12] 바이오산업 분야별 생산 현황	766
[표 부록 13] 바이오산업 분야별 내수 현황	767
[표 부록 14] 바이오산업 수출입 현황	768

---

# 그림 목차

## 특집

[그림 특집-1] 생명공학육성기본계획(1·2·3차) 비교	49
[그림 특집-2] 제3차 기본계획 비전과 추진전략	52
[그림 특집-3] 산업혁명 과정과 핵심기술	55
[그림 특집-4] 바이오기술과 타 기술분야와의 융합연구 현황	56
[그림 특집-5] 유전체 분석비용의 감소추세 및 일루미나의 NovaSeq 6000 시퀀서	59
[그림 특집-6] 합성생물학 기술로 증식에 성공한 마이코플라스마	60
[그림 특집-7] 세계 합성생물학 시장규모 예측	62
[그림 특집-8] 바이오융합의 적용 범위	63

## 제1장 생명공학의 변화와 도전

[그림 1-1] 연방부처별 예산 추이	79
[그림 1-2] 연도별 생명공학 특허등록 현황	86
[그림 1-3] 분야별 생명공학 특허등록 현황	87
[그림 1-4] 전체 산업 평균과 바이오산업의 고용 지표 비교	88
[그림 1-5] 고용증가율	88
[그림 1-6] Horizon 2020 프로그램 구조 및 예산	93
[그림 1-7] 스위스 바이오테크 기업 수 추이	102
[그림 1-8] 스위스 바이오테크 기업 근로자 수 추이	103
[그림 1-9] 중국 의약품 시장 규모 추이	116
[그림 1-10] 중국과학원(CAS)의 줄기세포 연구논문과 특허 추이	117
[그림 1-11] 중국의 의료기기 시장규모 추이	118
[그림 1-12] 저탄소 경제관련 에너지기술 분야	125
[그림 1-13] 한국 정부의 바이오 연구개발 투자 현황	141
[그림 1-14] 연도별 바이오 중소벤처기업 설립 현황	146



## 제2장 국가 생명공학 육성 정책

[그림 2-1] 글로벌 바이오 시장 전망	154
[그림 2-2] 특정연구개발사업 국책연구사업 변천과정	156
[그림 2-3] 제3차 생명공학육성기본계획 비전과 목표	158
[그림 2-4] 농림축산식품분야 생명공학육성정책 체계	189
[그림 2-5] 보건복지부 R&D 사업 추진체계	201
[그림 2-6] 보건의료 R&D 중장기 추진전략	203
[그림 2-7] 해양수산생물자원의 적용분야	226
[그림 2-8] 해양생명공학사업 추진체계	230
[그림 2-9] 관계 부처별 역할	234
[그림 2-10] 제2차 농생명자원 보존·관리 및 이용활성화를 위한 기본계획의 4대 추진전략	237
[그림 2-11] 농생명자원서비스 운영체계	237
[그림 2-12] 3기 한국인체자원은행사업(KBP) 추진전략 및 과제	240
[그림 2-13] 한국인체자원은행네트워크 운영 현황	241
[그림 2-14] 중앙은행 및 인체자원단위은행 수집·활용성과	242
[그림 2-15] 주요국의 국제공동 논문 비중 추이	250
[그림 2-16] 연도별 피인용 상위 1% 논문 국제협력연구 비율	250
[그림 2-17] 국제과학협력의 정도가 과학 활동에 미친 영향	251
[그림 2-18] 부처별/연구단계별 국제협력 R&D과제 투자 현황	252
[그림 2-19] 과학기술표준분류별 국제협력 R&D과제 투자 현황	253
[그림 2-20] 국가별 국제 공동·위탁연구 추이	254
[그림 2-21] 바이오 분야 기술수준 및 격차 변화	260
[그림 2-22] 의료 분야 기술수준 및 격차 변화	261
[그림 2-23] 국가연구개발사업 투자 추이	281
[그림 2-24] 6T 분야별 투자 추이	282
[그림 2-25] 6T 분야별 투자 현황	283
[그림 2-26] BT분야 부처별 투자 현황	284
[그림 2-27] BT분야 연구개발단계별(좌)/연구수행주체별(우) 투자 현황	285
[그림 2-28] BT분야 적용분야별 투자 현황	286
[그림 2-29] BT분야 유망기술 투자 추이	287
[그림 2-30] BT분야 국가과학기술표준분류별 투자 현황	288
[그림 2-31] BT분야 국가전략기술별 투자 현황	289

[그림 2-32] BT분야 협력유형별 공동연구 투자 현황	290
[그림 2-33] BT분야 지역별 투자 현황	291
[그림 2-34] 2016년 기준 바이오분야 학과별 학사 재적 현황	292
[그림 2-35] 2016년 기준 바이오분야 학과별 석·박사 졸업자 현황	293
[그림 2-36] 바이오분야 학과별 학사 재적생수 비교	295
[그림 2-37] 바이오분야 학과별 석사 졸업자 비교	295
[그림 2-38] 바이오분야 학과별 박사 졸업자 비교	296
[그림 2-39] 2011~2015년 바이오산업 종사자 학위별 인력 변화 추이	299
[그림 2-40] 2016년 기준 바이오기업 1개 업체당 직종별 평균 구인 인원	299
[그림 2-41] 2016년 기준 바이오기업 1개 업체당 직종별 평균 구인 인원	300
[그림 2-42] 최근 5년간(2011~2015) 국가별 바이오분야 SCI 논문수	320
[그림 2-43] 한국의 연도별 바이오분야 SCI 논문수 추이	322
[그림 2-44] 연도별 한국의 피인용 상위 1% 논문 비율 추이	326
[그림 2-45] 2015년 기준 국내 바이오기업 규모 및 매출발생 현황	327
[그림 2-46] 바이오분야 기술특례기업 상장년도 및 시총 현황	335

### 제3장 분야별 연구개발 및 관련 산업 현황

[그림 3-1] 유전체 연구의 핵심기술	348
[그림 3-2] 글로벌 개인 의뢰 유전자 검사(DTC) 서비스 시장 전망	350
[그림 3-3] 글로벌 정밀의료 시장규모 전망	351
[그림 3-4] 활용 분야에 따른 단백질체 시장 전망	368
[그림 3-5] 주요 시장 역학 요인	369
[그림 3-6] 세계 줄기세포 치료제 상용화 현황	373
[그림 3-7] 세계 세포치료-재생의료 규제개선 현황	377
[그림 3-8] 질환별, 세포별 치료제 임상시험 현황	379
[그림 3-9] 임상시험 종류별, 단계별 개발 현황	379
[그림 3-10] 세포기반 치료제 중 중간엽줄기세포(MSC:Blue)를 이용한 국가별 임상승인 현황	380
[그림 3-11] Metabolomics 접근기법으로서의 Targeted, semi-targeted 및 non-targeted 분석	386
[그림 3-12] 사람 TNBC는 조절 기능이 없는 FAO를 보임	387

[그림 3-13] Discovery metabolomic profiling으로 확인된 대사체 마커의 상대 피크 면적을 보여주는 Heatmap	389
[그림 3-14] 발견 및 검증 세트에서 DR 사례 중 gluconic acid와 ribose의 수치 상승으로 확인된 pentose phosphate pathway(PPP)의 활성화	390
[그림 3-15] Box plot이 있는 kynurenine pathway	391
[그림 3-16] 세 가지 샘플링 포인트 모두에서 177개의 선택된 metabolic feature를 사용한 unsupervised Random Forests 다차원 스케일링 도표	392
[그림 3-17] 마른 마우스	393
[그림 3-18] 유방암 및 양성질환시료에서의 C19 : 1 CE의 질량 스펙트럼	393
[그림 3-19] 전체 세트에서 선택된 지질 종의 혈장 농도	394
[그림 3-20] Scoparone에 의한 지질 대사 프로파일링 변화	395
[그림 3-21] Mobilogram 분석	396
[그림 3-22] 제1위 화합물 데이터에 기초한 부분 최소 제곱 판별 분석(PLS-DA)	396
[그림 3-23] 만성 알콜 섭취에 대한 간 지방증, 상해 및 독소 혈증에 대한 다양한 식이 지방 분포의 영향	397
[그림 3-24] 장내 미생물 구성에 대한 다양한 종류의 식이 지질 및 만성 에탄올 (EtOH) 투여의 효과	398
[그림 3-25] In-Silico MS/MS 데이터베이스(ISDB)를 이용한 분자 네트워크(MN) 기반 복제의 개념도	399
[그림 3-26] Biochemometric data set를 통한 Pyrenochaeta sp.의 생체 활성 원리의 확인	400
[그림 3-27] 빠른 갈변(FB) 및 느린 갈변(SB) 양상추 재배 품종의 대사체의 주성분 분석(PCA) score plots	401
[그림 3-28] 시간에 따른 쌀겨 그룹의 대변 대사 곡선 프로파일 차이	402
[그림 3-29] 4주째에 쌀겨 섭취자들의 지질, 보조 인자 및 비타민 대사체의 대변 대사 경로 네트워크 분석	403
[그림 3-30] 설폰화 반응에 의해 중재되는 SO <sub>2</sub> 의 소비는 보틀링에서 일어나는 높은 농도의 산소에 의해 촉진됨을 확인	404
[그림 3-31] Cholesterol에서 dehydroepiandrosterone까지의 대사 경로와 관련 효소	405
[그림 3-32] 수정된 표본 수집 후의 hair sterol 분석으로부터 얻어진 OPLS-DA와 VIP score plots	405
[그림 3-33] 카르니틴 및 아실 카르니틴 대사 조절 불량	406

[그림 3-34] WT 및 KO 생쥐의 Gas 또는 Sol 조직에서 중대한 변화를 보이는 지질 종을 나타내는 heatmap	407
[그림 3-35] 차별 모델에 기여하는 대사체 identification	408
[그림 3-36] busulfan 노출이 간 기능 손상에 영향을 미칠 수 있음과 노출을 예측할 수 있는 잠재적 바이오 마커를 확인	409
[그림 3-37] <i>P. expansum</i> 40815의 SSF 및 SmF로부터의 변이형 대사체 생산 프로파일	410
[그림 3-38] MW 및 DM 추출에 대한 음이온 모드에서의 GC-TOF-MS 및 UPLC-Q-TOF-MS 데이터 세트 및 <i>Platycodon grandiflorum</i> 을 포함한 HFD 생쥐의 간의 direct infusion nanoelectrospray-MS 데이터 세트로부터 유도된 3차원 PLS-DA score plots	411
[그림 3-39] Piperine은 세포 에너지 대사에 영향을 미침	412
[그림 3-40] NAD(P)H pool 대사	413
[그림 3-41] 대사체학의 트렌드	414
[그림 3-42] 융합연구를 통한 시스템생물학 연구	417
[그림 3-43] 시스템생물학 관련 논문의 연도별 발표 현황	419
[그림 3-44] 게놈 시퀀싱 비용 추세	428
[그림 3-45] 인플루엔자 중화 단백질의 de novo 설계	433
[그림 3-46] SHP2 구조를 표적으로 한 항암제 설계	434
[그림 3-47] 포항가속기의 바이오이미징 빔라인	436
[그림 3-48] 뇌연구촉진 기본계획의 추진 방향	443
[그림 3-49] 정부 뇌연구 투자실적 추이	443
[그림 3-50] 2016년 부처별 뇌연구 투자 비중	444
[그림 3-51] 연령대별 인구 구성비	454
[그림 3-52] 노인 의료비의 연도별 증가 현황	455
[그림 3-53] 글로벌 IT업체들의 노화 연구 지원	457
[그림 3-54] 미국 FDA 신약 승인 수	464
[그림 3-55] 탈리도마이드 유도체 구조	468
[그림 3-56] 현재 진행 중인 신규 기전의 면역항암제 병용 연구	475
[그림 3-57] 2015년도 대비 2017년도에 진행 중인 PD-1/PD-L1항체와의 병용요법 임상시험의 수	475
[그림 3-58] 연도별 국내 장기이식대기자 추이	483
[그림 3-59] 연도별 미국 내 이식대기자(Waiting List), 이식환자(Transplants), 장기공여자(Donors) 수	484

[그림 3-60] 체세포복제에 의한 형질전환돼지 제조방법	487
[그림 3-61] 바이오이종장기개발사업단 사업개요	489
[그림 3-62] 열대성 소외질한 세계적 및 동북아시아의 분포 및 대응 상황	502
[그림 3-63] 전 세계 뎅기바이러스 확산(좌) 및 국내 뎅기열 환자 발생 현황(우)	503
[그림 3-64] 백신 시장 현황	514
[그림 3-65] 진단, 치료, 백신 분야의 핵심 연구 영역 변화	515
[그림 3-66] 글로벌 백신 시장 변화	517
[그림 3-67] 농업분야의 미생물 관련 세계 산업 시장규모	524
[그림 3-68] 생명자원소재산업 시장 규모 및 전망	525
[그림 3-69] 2015년 기준 산업분야별 농생명소재산업 세계 시장 점유율	527
[그림 3-70] 세계 기능성식품 시장 규모 및 성장률	542
[그림 3-71] 연도별 식품산업 통계	546
[그림 3-72] 2011~2015 건강기능식품 산업 현황	547
[그림 3-73] 산업바이오의 개념 및 활용분야	572
[그림 3-74] 미국 농무성에서 시행중인 바이오기반제품 인증라벨	574
[그림 3-75] BioConSepT 프로그램의 실증연구분야	575
[그림 3-76] 바이오기반 플라스틱 생산량 추정	577
[그림 3-77] 2018년 기준 전세계 세계 바이오기반 플라스틱 생산규모	581
[그림 3-78] 전 세계 주요 바이오기반 모노머 생산기업 현황	583
[그림 3-79] 삼성전자의 SAMI 플랫폼 개념도	602
[그림 3-80] 스마트 헬스 케어	608
[그림 3-81] 바이오재료를 이용한 생체조직공학	612
[그림 3-82] 광역경제권역별 산업화 인프라 지원 현황	638
[그림 3-83] 지원분야별 산업화 인프라 지원 현황	638
[그림 3-84] 광역경제권역별/연도별(누계) 산업화 인프라 지원 성과(입주기업)	640
[그림 3-85] 광역경제권역별/연도별(누계) 산업화 인프라 지원 성과(장비구축)	640
[그림 3-86] 광역경제권역별/연도별(누계) 산업화 인프라 지원 성과(기술지도)	641
[그림 3-87] 광역경제권역별/연도별(누계) 산업화 인프라 지원 성과(교육훈련)	641
[그림 3-88] 광역경제권역별/연도별(누계) 산업화 인프라 지원 성과(수익금발생)	642
[그림 3-89] 지원분야별 산업화 인프라 지원 성과(2015년 9월말 누계치)	642

## 제4장 생명공학 관련 법제도 현황

[그림 4-1] 바이오안전성 국가관리 체계	669
[그림 4-2] 산업용 LMO 국가 안전관리	671
[그림 4-3] 연도별 식용/사료용 LMO 수입량	673
[그림 4-4] 바이오안전성 정보시스템 체계	679
[그림 4-5] 세계 3대 서열목록 관리기관과 각국 특허청 협조 체계도	700
[그림 4-6] 특허권 존속기간 연장등록출원 제도	701
[그림 4-7] 의약품허가-특허 연계 제도	702
[그림 4-8] OECD 바이오기업 현황	716

## 부록

[그림 부록 1] 정부부문 생명공학 BT 투자 실적	755
[그림 부록 2] 부처별 생명공학분야 연구개발비 투자 비중	757
[그림 부록 3] 5대 분야별 연구개발 투자 비중	757
[그림 부록 4] 정부 및 민간 바이오 연구개발 투자	759
[그림 부록 5] 부처별 시설 및 기반구축 투자 계획	760
[그림 부록 6] 기관별 인력양성 투자 계획	761
[그림 부록 7] 국내 생명공학분야 졸업자 현황	762
[그림 부록 8] 글로벌 바이오 시장현황 및 전망	763
[그림 부록 9] 바이오산업 수급 현황	765
[그림 부록 10] 2015년 바이오산업체 소재지별 분포	768