

전통식품 미생물 활용과 미생물 유전자은행

Application of Microorganism from Traditional Foods and Microbial Gene Bank

이성훈, 이소영 | 전통식품연구단

Sung-Hun Yi, So-Young Lee | Traditional Food Research Group

서론

유엔 식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)는 10월 16일을 ‘세계식량의 날’로 정하여 매년 세계 각국을 향하여 글로벌 과제를 던져주고 있다. ‘농업투자와 식량안보’, ‘식량권’ 등의 굵직한 주제에 대해 각국은 현실과 직결시켜 고민하고 해결방안을 찾기 위해 노력해 왔다. 식량권은 모든 사람이 건강하고 활동적으로 생활하기 위해 충분한 양과 영양을 갖추고 문화적으로도 수용할 수 있도록 식량에 대해 접근할 수 있는 권리를 말한다. 최근에는 소위 ‘식량주권’의 개념을 뛰어넘어 생물자원에 까지 그 영역이 확대되어가고 있는데 2010년 10월 「나고야 의정서」 채택에 따라 그동안 국내 법적 조치나 권고 사항이었던 생물유전자원에 대한 자원보유국과 자원개발국 간의 이익 공유가 국제적인 구속력을 가지게 되므로 인해 자국의 생물자원 소재 확보와 보존에 관한 경쟁이 더욱 치열해

지고 있다.

이에 대한민국 정부도 2010년 12월 생명산업 중 성장가능성이 높은 6대 분야(중자산업, 기능성, 의약소재개발, 동물의약품산업, 미생물산업, 바이오에너지 개발, 애완관상동식물산업)를 선정하고 2011년~2020년까지 총 7조 4,639억 원을 투자하는 ‘생명산업 2020+ 발전전략’을 발표하였다. 대규모 식품 산업의 품목 중 간과하기 쉬운 전통식품 미생물의 경우 미생물 확보 및 관리 기술은 발효식품의 스타터 개발을 용이하게 해줄 수 있는 원천 기술임에도 불구하고 현재 전통식품 미생물에 관한 정보는 확보된 균주에 대한 기본적인 정보만이 구축되어 있을 뿐 기능적, 유전적 특성에 관한 정보가 연계되어 있지 않아 식품제조에 이용하는 스타터의 90% 이상이 수입에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 전통식품 미생물 활용을 위한 정보망 구축은 바이오식품산업의 기반 강화에 있어 큰 의미를 가지고 있다.

전통식품 미생물 활용과 미생물 유전자은행 관련 기술 발전 동향

정부는 ‘국가생명자원 확보·관리 및 활용에 관한 마스터플랜’을 통해 체계적으로 생명자원을 발굴 육성하고 고부가가치를 창출할 수 있는 국가 기반을 구축한다는 계획을 수립하고 2016년까지 생명자원분야에 1조 6,525억 원의 예산 투자, 신규 인력 16,556명을 배출, 국가 경쟁력을 세계 7위권에 진입시키는 것을 목표로 하고 있다. 생물자원의 소유권을 각국으로 규정한 부다페스트 조약 선언 이후, 전 세계 모든 국가들은 외국의 자원을 몰래 들여와 개발할 수 없도록 실험 소재에 대한 원산지 표시를 의무화하고 있다. 생물자원 중 특히 미생물 자원의 경우 바이러스, 세균, 버섯, algae 등으로 그 범위가 매우 다양하며, 전 세계적으로 알려진 미생물은 전체 미생물의 10%에도 미치지 못하여 신규 미생물 자원 확보 가능성은 무궁무진하다.

이들 미생물 자원은 식품개발, 신약개발, 검색진단 칩 개발, 산업체용 신물질 개발, 새로운 연료 개발 등 무한한 신기술 창출에 이용되고 있으며 국내 대학이나 식품회사 등에서도 많은 새로운 종균과 기능성 소재탐색 방법을 개발하였으나 외국의 값비싼 library를 구매하기 힘들고, 소량을 구매하더라도 선도물질 개발 후에는 비싼 로열티를 추가로 지불해야 하는 문제점이 있다. 이러한 관점에서 종균이나 신약개발에 활용할 수 있는 공공목적의 식품은행 설립이 절실히 요구되고 있다. 국내 식품 미생물 산업은 외국에서 개발된 종균을 수입하거나 개량하여 이용하는 수준으로 종균화를 위한 원천기술과 특허 부족으로 인해 세계 시장 진출이 어렵고 종균 수입 비용은 연간 약 1억 불이며, 발효

관련 미생물이나 소재 등의 수입규모는 6억 5,000만 불, 유산균, 효모, 누룩 수입은 4,400만 불에 이르는 것으로 보고되어(한국무역협회, 2010) 전통식품 미생물의 관리 및 종균 개발기술이 요구되고 있다.

미국은 생명자원 최대보유국으로 자국 및 아시아·태평양 권역의 생명자원에 대한 지속적, 체계적인 확보를 위해 국가생명공학정보센터(National Center for Biotechnology Information, NCBI), 국가생명자원정보인프라(National Biological Information Infrastructure, NBII), 미국유전자은행(American Type Culture Collection, ATCC), 국립암센터(National Cancer Institute, NCI), 국립유전자원보존센터(National Center for Genetic Resources Preservation, NCGRP) 등을 운영하고 있으며, 독일은 세계 최고 수준의 미생물 표준균주를 보유하고 있는 독일미생물자원은행(Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, DSMZ)을 통해 국가자원을 통합 관리하며, 일본은 국가생물자원센터(National Biological Resource Center, NBRC), 일본염기서열은행(DNA Data Bank of Japan, DDBJ), 생물다양성센터(Biodiversity Center of Japan, BCJ), 국립과학박물관(National Science Museum, NSM) 등의 국가중앙감시관에서 생명자원을 종합적으로 관리하고 있다. 중국은 중앙정부 주도하에 중국과학원(Chinese Academy of Sciences, CAS)을 중심으로 지방 정부별 거점센터를 마련하는 등 생명자원의 국가적 관리, 전략화를 추진 중에 있다.

이처럼 세계 각국의 미생물자원은행들은 국제공인특허미생물기탁, 연구성과물 등록제도, 자체 연구사업 수행을 통해 신규 미생물 자원 및 소유

권 확보에 힘쓰고 있으며 2007년 각국의 생물자원 센터에 기탁된 신종 미생물의 통계를 살펴보면 한국이 147종을 수탁 받아 독일의 268종에 이어 세계 2위를 차지(일본 130종 3위, 미국 89종 4위)하여 신종 미생물 자원의 확보에 있어 선진국 대열에 들어서고 있다. 또한 ‘생명연구자원의 확보, 관리 및 활용에 관한 법률’을 정부입법안으로 제정하여 제도적 장치를 마련하고 적절한 기술을 사용하여 생물자원을 관리하고 있는 센터에 대해 인증을 제공하고 있다.

미생물 자원을 보유 및 관리하고 있는 국내기관은 31개이며 약 56,000주(전 세계 대비 4.3% 보유, 세계 9위)의 미생물 자원 보유 및 61,000건의 염기서열 등록 건수(전 세계 대비 약 0.6%, 세계 10위)를 보이고 있다. 이중 거점은행과 연계되어 미생물 자원 정보를 상세히 제공하는 국가지정연구소재은행(지점은행)은 11개이며 국가지정연구소재은행의 경우 외국으로부터의 연구소재 수입을 대체하여 국가적으로 연간 60억 원 이상의 수입 절감 효과를 발생시키고 있어 현재 보유 소재는 190 억 원 이상의 가치로 평가되고 있다.

미생물 자원 확보기술 역시 혁신적인 진보를 거듭하여 전통적인 방식의 미생물 분리 및 동정방법 외에도 DGGE, high-throughput 염기서열 분석 방법을 도입하여 단일 미생물 자원뿐만 아니라 미생물 커뮤니티 또는 난배양성 미생물 자원을 확보하고 보존하기 위한 연구가 진행되고 있다. 2007년 설립된 기능성 미생물커뮤니티 뱅크(FMC bank)는 미생물 커뮤니티를 하나의 기능 발현 단위로 생각하고 자원을 확보하여 커뮤니티 게놈라이브러리와 순수분리 미생물의 정보를 제공하고 있으며, mixed culture, enrichment culture, 미생물제제 등의 형태

로 분양 및 기탁하고 있다.

전통발효식품의 숙성과정에서 미생물 군집 다양성 및 간단한 온도 변화에 따른 군집 변화에 대한 연구가 와인, 발사믹 식초, 치즈 등을 중심으로 이루어져 왔고 이는 자국의 식품을 주요 목표로 하였으며, 한국의 경우 김치를 제외한 전통발효식품 미생물 군집에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 확보된 단일 미생물 혹은 미생물 군집 자원 이용에 관한 연구는 유전체학, 대사체학, 단백질체학 연구 분야의 정보와 미생물 자원 정보를 연계하여 미생물 자원 그 자체에 가치를 더하여 산업적 활용이 용이 하도록 하는 방향으로 전개되고 있다. 또한 미생물 자원의 효율적인 활용을 위한 종합적인 연계체제 구축 강화를 위해 영국은 e-Science, 미국은 NCBI 분류검색(Taxonomy Browser) 등의 생명자원 정보의 지능형 검색시스템을 구축하고 있다. 확보된 미생물 자원 및 정보는 보존개체별로 고유번호가 부여되어 개체별 세대 간의 관계를 파악할 수 있고, 문제 발생 시 역추적의 근거로 활용할 수 있는 바코드를 이용한 고품질 생물자원 관리 시스템(IRIS)을 이용하여 관리하는 추세이다. 또한 자가발전, 온습도제어, 방화벽이 구축된 제3의 장소에 이중안전백업시설을 구축하여 유사시에도 생물자원을 안전하게 보존할 수 있는 시스템을 구축하고 있으며 국내 대표적인 생물자원센터인 (Korean Collection for Type Cultures, KCTC)의 경우 3만 개의 자원을 보존할 수 있는 백업시스템 존을 완공하여 약 9,000주의 미생물 자원에 대한 백업을 완료하였고, 신규 도입균주에 대한 백업 보존 작업을 지속적으로 수행하고 있다.

미생물 자원 관리의 표준화 및 국제화를 위해 ATCC, DSMZ, KCTC 등과 같은 각국의 주요 생물

자원센터는 ISO 인증제도(100만 유로에서 340만 유로의 비용과 10개월의 기간이 소요)를 실시하여 국제적으로 통일된 품질의 미생물 자원 관리, 경영 시스템을 확보하였으며 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)에서는 2000년대 초부터 생물자원을 체계적으로 수집, 활용하기 위해 미생물 자원센터(Biological Resource Center, BRC)의 설치 및 운영확대를 회원국들에게 적극 권고하고 국내외 정보를 통합한 후 국제 생물자원센터 모범운영 지침을 개발하여 실행하고 있다. 세계 각국의 주요 생물자원센터는 이 운영 지침을 받아들이고 있으며, 국가 간 센터 간의 긴밀한 네트워크를 추구하고 있다. 이처럼 범세계적 차원의 생태계 정보체계를 구축하기 위해 세계 전역의 데이터은행이 보유하고 있는 방대한 자료를 컴퓨터를 이용하여 분석하고 평가하는 네트워크인 가상생물정보기구(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)가 추진 및 운영되고 있으며 미국은 GBIF에 1,300만 건의 생명자원 정보를 등록하고 정보 표준화를 달성하여 세계적 우위를 선점하고 있다.

전통식품 미생물 활용과 미생물 유전자은행 관련 기술개발 수준

미생물 유전체 연구 분야 관련 기술인 high-throughput 염기서열 분석 방법의 개발은 최근 나노기술의 발달로 혁신적으로 발전하였으며 그 중 pyrosequencing은 1996년 Ronaghi 등에 의해 개발되어 현재는 다양한 분야에서 응용되고 있다. 최근 버전은 400~450 bp의 DNA 가닥을 100만 개 이

상 읽어낼 수 있을 정도로 진화되었으며 이러한 염기서열 분석방법의 발달로 인하여 2006년부터 이를 환경에 직접 적용하는 많은 논문들이 발표되고 있다. 대사체 연구 분야 관련 기술로는 LC-MS/MS, NMR, GC-MS 등을 이용하여 기능 대사체의 정량정성 분석 및 다변량 통계분석을 통해 연구대상의 변화 분석인 대사체 프로파일링 기술을 이용하여 발효대사체에 의해 영향을 받는 대사 경로들의 연관성을 알아내는데 주력하고 있다. 또한 대사체 분석을 통하여 특정 화합물을 발굴하고, 다양한 효능을 갖는 화합물들의 직접적인 작용기전을 규명하는데 주력하고 있어 기능성 발효대사체의 library 및 LC-MS/MS DB가 일부 완성되어가고 있다.

미생물은행을 살펴보면 ATCC는 1925년 설립된 비영리기관으로 세균 18,000종, 바이러스 3,000종, 진균 49,000종의 미생물 자원을 보유한 ISO 9001:2000 인증기관이며, 해외 분장이 전체 분양의 25%를 차지하는 global bioresource center이다. 독일생물자원은행(DSMZ)은 현 유럽생물자원은행연명(European Culture Collection Organization, ECCO)의 핵심기관으로 물질이전동의서(MTA), OECD GBRCN 프로그램, 생물자원의 안전성과 보안성을 위한 법적 체계 구축 등 유럽연맹의 생물자원은행을 위한 표준운영체계를 구축하였고 30,000주 이상의 공인생물자원을 보유(세균, 고세균, 효모, 곰팡이, 플라즈미드, 박테이오파지, 식품세포주, 식품바이러스, 동물세포주, antisera, 특허균주 등)하고 있으며, 매년 보고되는 신종 미생물 자원 수탁 세계 1위, SCI 논문 성과 1위의 미생물 유전자 관련 중추기관이다. Ministry of science에서 연간 6 M 유로를 지원 받고 있으며, 120명(과학자 30%, 행정직 및 biosafety 관련직 70%)의 직원이 자원 확보, 보존관리 및 분양,

특허수탁 및 동정지원 서비스, 자원발굴연구 등 생물자원 관련 업무를 ISO 9001:2000에 따라 체계적으로 수행하고 있다. 중국 과학학술원, 미생물학 연구 산하 중국미생물자원은행(China General Microbiological Culture Collection Center, CGMCC)은 1951년 이후, 중국 최대 미생물자원은행으로 주로 세균과 진균을 취급하며 1995년 이후 부다페스트조약에 근거한 국제특허미생물기탁기관(International Depository Authority, IDA)이며 현재 14,500종 이상의 세균, 효모, 곰팡이를 보유하고 있다. 1,000여 명의 연구원이 근무하며, 중국정부가 50%의 재정을 지원하고 자원 분양 및 동정 서비스 등의 수익을 통해 운영되고 있다. 한국미생물자원센터(KCTC)는 1985년에 설립된 이후 현재 15,000종의 미생물 자원을 확보하고 있는 특허 미생물 국제 공인기탁 기관이다. 2000년대 이후 매년 2,000여 종 이상의 표준 미생물 자원을 분양하고 있으며, 신규 미생물 자원 도입 실적도 독일의 DSMZ에 이어 3년 연속 세계 2위를 달성한 국내 최고 수준의 미생물 자원센터이며 국내 균주은행 중 최초로 업무규격화를 확립하여 ISO 9001 인정을 획득하였다. 생물소재의 수집과 보존, 분양 및 개발 사업을 국제화 및 표준화 하였고 아시아 미생물컨소시엄(Asian Consortium for the Conservation and Sustainable Use of Microbial Resources, ACM), 세계생물자원네트워크(Global Biological Resource Centre Network, GBRCN), 세계생물다양성정보기구(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)와 국제협력 네트워크를 구축하고 있다. 전자인식 바코드 생물자원 관리시스템과 3만 개 이상 보관 가능한 백업시스템을 도입하여 9,000주 18,000 앰플을 백업, 보존하는 등 생물자원의 안정적인 보존관리 시스템을

구축하고 있다.

한국식품연구원 식품유전자은행 사업은 1992년 식품 미생물 보존사업이 시작되어 현재 김치, 젓갈, 장류, 누룩으로부터 분리되어진 약 8,000개 발효 미생물의 동정정보 및 특성(세포의 모양, gram staining, catalase test, oxidase test 결과에 의한 1차 동정결과 및 16S rRNA sequencing 분석결과에 의한 균주동정)을 국가생명자원정보시스템(www.bioall.org)에 database화 해두었고 기본적인 운영 지침과 보존 및 분양체계에 대한 규정이 확립되어 있으나 독립적인 전통식품 유전자은행의 형태로 전산화되어 있지 않아 산업적 활용(분양, 특허기탁 등)이 높지 않아 유전자은행 분양 실적은 원내 분양을 제외하면 매년 100~300종 정도의 일률적이거나 다소 감소하는 분양 비율을 보이고 있어 20여 년간 발굴해 온 식품 미생물 자원이 동정이나 보존만 된 채 별 쓰임새를 찾지 못하고 있는 상황이다.

전통식품 미생물 활용과 미생물 유전자은행 관련 미래기술 전망

메타게놈을 통한 미생물 군집 분포 및 대사 분포(기능성 마커) 연구 기술이 발전함에 따라 미생물 커뮤니티 정보 구축이 활발해질 것으로 전망되며 미생물이 커뮤니티를 이룰 때 발현되는 기능성은 개별적으로 존재하는 경우와 완전히 다르기 때문에 개별적으로 존재하는 미생물보다는 미생물 커뮤니티를 하나의 기능 발현 단위로 생각하고 자원을 확보하며, 다양성 및 기능 연구들의 복합적 정보 분석을 위한 커뮤니티 게놈 라이브러리 기술이 각

광받을 것으로 예상된다. 또한 DNA 바코드를 이용한 생물종 동정 시스템 구축 및 서비스가 더욱 활발해질 것으로 예상되며 정보가 동반되지 못하는 자원은 그 가치가 현격히 떨어지므로 각 유전자은행은 미생물 및 유전자원 확보에 그치지 않고 유전체학, 단백질체학 데이터의 생성과 같은 기술 개발을 통해 유전자의 기능 규명과 관련된 연구를 수행하여 자원의 가치를 높이고 활용범위를 확대해 나갈 것으로 전망되며 방대한 생물자원 데이터로부터 정보와 지식을 도출하기 위하여 컴퓨터를 이용한 모의실험 연구가 증가할 것으로 전망된다.

● 자료출처 ●

1. 국가생명자원 확보·관리 및 활용에 관한 마스터 플랜(http://www.bioin.or.kr/board.do?num=164992&cmd=view&bid=policy_rep)
2. 나고야 의정서(<http://www.hani.co.kr/arti/opinion/>

- editorial/446413.html)
3. 생명산업 2020+(<http://www.bioin.or.kr/board.do?cmd=view&bid=policy&num=208610>)
4. 유엔 식량농업기구(<http://www.fao.org>)
5. 한국무역협회 2010(<http://www.kita.net>)
6. ATCC(<http://www.atcc.org>)
7. DSMZ(<http://www.dsmz.de>)
8. NBII(<http://www.nbii.gov/portal/server.pt?open=512&objID=236&mode=2&cached=true>)
9. NCBI(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)
10. NCI(<http://www.cancer.gov>)

이 성 훈 이학박사

소 속 : 한국식품연구원 전통식품연구단
 전문분야 : 생물공학
 E-mail : sunghunyi@kfri.re.kr
 T E L : 031-780-9318