

## 산 · 학 · 연 논문

## 국산 발효종균의 자원화 및 산업화를 위한 연구 현황

김소영 · 길나영 · 문지영 · 송금찬 · 여수환<sup>†</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 발효가공식품과

## Research for Utilization and Industrialization of Korean Starters

So-Young Kim, Na-Young Gil, Ji-Young Mun, Geum-Chan Song, and Soo-Hwan Yeo<sup>†</sup>Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science,  
Rural Development Administration(RDA), Wanju 55365, Korea

## 서론

미생물은 육안으로 보이지 않는 0.1 mm 이하의 미세한 생물로서 세균, 진균(곰팡이, 버섯, 효모), 바이러스 등 그 종류가 다양하다. 지구상에는 5백만여 종 이상의 미생물이 존재한다고 추정되지만 현재 20만여 종의 미생물만이 발굴되어 보고되었다. 미생물은 생태계에서 분해 작용, 합성, 물질순환 등 다양한 기능을 수행하며, 질병을 유발하는 해로운 미생물의 종류도 존재하지만 그 수는 1% 미만에 불과하다. 이러한 미생물들은 농축산업, 식품산업, 생명공학산업 등 모든 산업 분야에서 다양한 용도로 이용되고 있는 생물소재인데, 크게 농산업, 축산업, 식품산업으로 구분할 수 있다. 농산업 분야에서는 미생물 비료, 미생물농약, 토양 개량, 품질향상 등을 목적으로 이용되고, 축산업에서는 장내 미생물, 사료첨가용, 약취 제거, 가축분뇨처리 등을 위하여 사용하며, 식품산업 분야에서는 표 1에 제시한 바와 같이 김치, 장류, 주류, 식초, 치즈 등 발효식품을 생산하기 위하여 발효종균으로 오래 전부터 이용돼 왔다.

발효(fermentation)란 식품에 곰팡이, 효모, 세균 등의 미생물이 증식하여 분비하는 각종 효소에 의해 식품 성분들의 변화가 일어나서 식품의 맛이나 풍미 등이 바람직하게 변화되는 과정을 의미한다. 발효식품은 식품 중 단백질,

지방, 지질, 탄수화물 및 핵산 등이 효소의 가수분해 작용에 의해 만들어지며 최종적으로 젖산 및 초산 등과 같은 유기산, 알코올, 지방산, 알데하이드 등이 형성된다. 이러한 물질들은 각 발효식품의 고유한 맛과 풍미, 조직감에 영향을 미치며 식품의 저장성도 향상시킨다. 전 세계적으로 다양한 발효식품들(술, 요구르트, 치즈 등)은 미생물 증식에 의한 식품 성분들의 변화를 통해서 얻어진다. 발효 과정에서 새롭게 생성된 화합물들로 인해 식품의 풍미가 향상되고 영양학적 가치도 증가하며 새로운 기능성들(항암, 항비만 등)도 보고되어 있다(1).

세계 미생물 시장은 2016년 기준 688억 달러(약 75조 원)로 연평균 13%가량 성장하고 있는데, 주로 전통발효식품이 가장 크고, 그 다음으로 생균제, 미생물농약 및 미생물 비료 순이다. 국내 미생물 시장은 발효식품 시장을 포함하여 약 3조 4천억 원 수준이나 농업생산에 직결되는 시장 규모는 약 2,746억 원의 낮은 수준으로 추정된다(2). 또한 미생물 배양체(분말), 사료용 생균제, 효모, 기타 단세포미생물 베이킹파우더 등 미생물 자체의 수출입 규모는 확대되었으나 무역수지는 적자가 지속되고 있다.

더욱이 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity) 당사국 총회에서 ‘유전자원 접근 및 이익공유(ABS; Access to genetic resources and Benefit-Sharing)’에 관한 의정서(이하 ‘ABS 의정서’)가 채택된

표 1. 전통발효식품별 관여하는 대표적인 발효미생물

분 류	종균 발효미생물
전통장류 (메주, 간장, 고추장, 된장, 청국장)	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Saccharomyces rouxii</i> , <i>Torulopsis versatilis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Monascus anka</i>
김치/절임류/젓갈류	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Bifidobacterium</i> 속, <i>Pediococcus</i> 속, 기타
전통발효주/식초류	<i>Rhizopus</i> 속, <i>Aspergillus</i> 속, <i>Absidia</i> 속, <i>Mucor</i> 속, 초산균, 효모 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , 기타

출처: 국립농업과학원, 시험연구사업 최종보고서(1)

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: yeobio@korea.kr, Phone: 063-238-3609

(’10. 10. 29)에 따라 이에 대한 국가적 차원의 대응이 필요한 실정이다. 특히 제12차 생물다양성협약 당사국총회(CBD)가 개최된 2014년 10월 12일에 나고야의정서가 발효됨에 따라 국가 자산인 미생물에 대한 자원관리 및 육성 방안 모색이 시급하다 할 수 있다(3). 나고야의정서 발효에 의해 미생물을 포함한 생물자원은 국가 간 이동 제한의 규정에 따라 해외 생물자원을 구매하여 이용할 경우 구입비용뿐만 아니라 원료생산지와 해당 국가에 일정한 수익을 배분해야 하는 상황이 초래되기 때문에 국내 미생물산업에 미칠 영향을 최소화하기 위하여 토착 생물자원의 확보가 중요하여 관련 업체에서는 매우 높은 관심을 가지고 있다. 하지만 국내 발효식품용 종균개발과 제조기술은 초기단계로 앞으로는 종균업체, 제조업체를 활성화하여 국가주도로 미생물 종균개발과 보급이 이루어져야 한다. 하지만 상업용 종균을 생산하는 민간회사의 영세성, 인프라 미흡 등으로 산업화가 잘 이루어지지 않아 수입종균에 대한 의존도가 아직은 매우 높은 실정이다. 수입종균의 사용으로 지불하는 로열티는 약 200억 원 수준으로 그중 국내 종균 시장의 60%를 차지하는 일본에 매년 지불하는 로열티는 120억 원의 규모로 매년 확대되고 있는 추세이다(1).

국내에서 발효식품 제조를 위한 종균개발 및 제품화 연구는 대표적으로 김치 제조업체에서 만니톨 생산균주인 *Leuconostoc* 균을 종균으로 이용하여 김치를 생산, 판매하는 것이다. 청국장 종균도 일부 영세업체에서 사용하고 있지만, 일본에서 수입한 낫토균을 이용하고 있는 실정이다. 이와 같은 국내의 발효미생물 종균화 기술개발 현황은 극히 초기단계로 우수 균주의 분리, 특성분석에 관한 기초자료가 대부분이며, 실제 산업화되어 판매되고 있는 종균을 식품 제조업체에서 사용하는 경우는 드문 상황이므로 농촌진흥청뿐만 아니라 한국식품연구원, (재)발효미생물산업진흥원 등 관련 기관들은 산업적 가치가 우수한 토착 발효 미생물을 선별하여 종균화하는 연구에 집중하고 있다.

이에 농촌진흥청 발효가공식품과에서는 수입대체 유용 발효종균을 지속적으로 발굴하여 종균화하고 개발된 종균을 활용하여 발효식품을 제조하여 품질고급화, 현장 실용화, 안전성 확보 등의 기술개발로 발효식품의 가치 증대 및 안정적인 생산을 목표로 지속적으로 연구개발을 추진하고 있다. 대표적인 주류, 장류, 식초류 분야에서 추진한 연구결과와 유용균을 발굴하여 사업화 지원 사례들

을 언급하고자 한다(4).

## 본 론

### 주류 분야

술은 탄수화물이 발효미생물의 분해 작용을 받아 알코올과 여러 가지 성분이 혼합된 발효음료로 주로 사용되는 발효원료로는 전분질과 당분을 주성분으로 하는 곡류, 서류(감자, 고구마 등), 과일, 당밀 등이 사용된다. 우리나라의 전통주의 역사는 1,000년 이상 추정되고 있으며 주로 찹쌀이나 맷쌀을 원료로 하고 누룩을 발효제로 사용하여 만들어진다. 전통주는 담금 후 누룩 중 미생물의 효소작용에 의해 원료 성분이 분해되어 당분, 아미노산, 유기산 등이 생성된다. 그리고 효모나 유산균 등의 미생물에 의한 알코올 발효로 휘발성 향미 성분이 생성되어 색과 함께 품질의 조화를 이룬다(5). 전통주의 담금 과정 중 미생물학적 변화에 대한 연구는 지금까지 많은 연구자에 의하여 진행되었으며, 탁·약주 발효 과정 중의 미생물 군총 변화(6), 효모 종류를 달리하여 탁주 술덧의 품질특성과 향기성분(7), 증자와 무증자 탁·약주의 품질특성과 발효 미생물 분석(8) 등 다수 보고되어 있다.

한편, 전통주 제조에 사용되는 누룩(술을 만드는 효소를 지닌 곰팡이를 곡류에 번식시켜 만든 발효제)의 경우 자연 발효에 의한 제조로 외부 환경에 따른 품질 차이, 생산비용, 노동력 소요 및 주류 품질 관리 등 어려움을 가지고 있다. 이에 누룩 제조법을 계량화하고 소요시간을 단축하기 위한 연구들이 시도되고 있다. 국립농업과학원에서는 전통누룩에서 분리한 토착 곰팡이 2종을 이용해 탁주를 빚을 때, 쌀의 전분을 잘 분해하는 누룩을 개발한 바 있다(그림 1). 개발한 복합누룩은 경남 및 서울지역의 전통누룩에서 토착 곰팡이 2종(*Rhizopus delemar*, *Aspergillus oryzae*)을 분리해 적정 비율로 혼합·배양하여 만든 것이다. 토착 곰팡이 2종은 전분 분해력 및 산 생성능이 우수하고 곰팡이 독소가 없어 안전성도 입증되었다. 개발된 복합누룩의 쌀 전분 분해력을 비교해 본 결과, 전분 분해효소( $\alpha$ -amylase)의 활성이 시판 쌀누룩에 비해 11배나 높았고 알코올 함량은 19%로 나타났다. 또한, 복합누룩으로 만든 탁주는 말산, 옥살산, 젖산 등 총 유기산 함량이 5.7 mg/mL, 자일로오스, 아라비노오스, 글루코오스 등 총 유리당 함량이 18 ppm 이었다. 또한, 복합누룩으로 만든 탁주에 대한 관능평가에서는 탁도, 향의 강도,

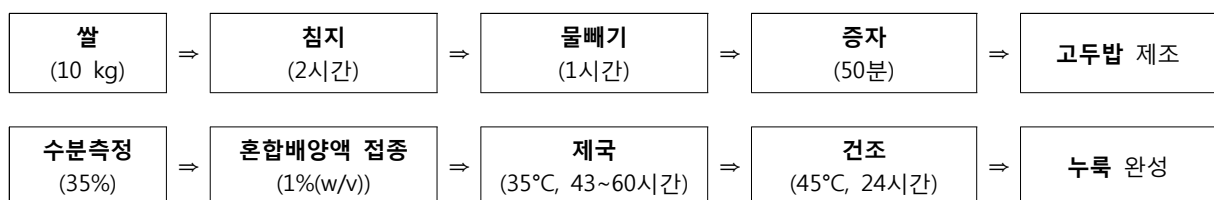


그림 1. 복합누룩 제조방법.

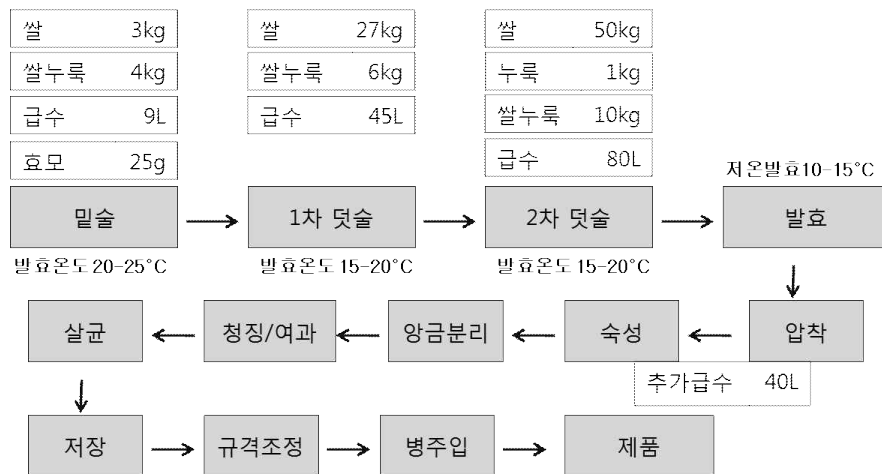


그림 2. 쌀·재래누룩 이용한 약주 제조방법.

맛의 강도 등에서 좋은 평가를 받았다. 이와 같이 공장형 탁주 생산에 대부분 사용되고 있는 수입산 종균을 대체하기 위하여 지속적으로 국산 종균을 이용한 누룩 개발이 필요하며, 이를 통해 주류의 품질향상과 수입 종균 대체에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 양조(미생물의 발효를 이용해 술이나 간장, 식초 등을 담가 만드는 일) 적성이 우수한 쌀과 재래누룩에서 분리한 미생물을 이용하여 ‘약주’를 개발하였다(그림 2). 이 약주는 술 빚는 원료로 농촌진흥청에서 개발한 다양한 벼 품종 중 양조 적성이 우수한 ‘삼광’을 사용하였고, 재래누룩에서 분리한 곰팡이로 만든 발효제인 쌀알누룩과 효모를 사용하였다. 제조방법은 먼저 고두밥과 쌀알누룩 그리고 효모를 이용해 밀술을 만든 다음 1, 2차에 걸쳐 덧술을 한 후 발효시키는데 원료의 배합비율이나 물을 넣는 방법 등에서 전통적인 제조 공법을 기본으로 현대적인 제조기술을 접목시켜 완성하였다. 이와 같은 방법으로 제조한 약주는 알코올 도수가 16도이며, 약주 특유의 냄새가 적으면서 가벼운 단맛으로 부드럽고 목 넘김이 좋아 우수한 원료와 발효제를 바탕으로 소비자에게 긍정적인 평가를 받았는데, 현재 관련 업체에 기술이전되어 상품화되어 판매되고 있다.

### 장류 분야

장류는 한국인의 식문화를 구성하는 주역인 발효식품

으로 모든 음식에 사용되는 기본 조미료이고, 탄수화물을 주식으로 하는 우리의 식문화에 단백질과 지방의 공급원인 콩을 주원료로 사용하기에 콩 발효식품인 장류는 우리 음식에 맛과 영양을 공급하는 중요한 식품으로 여겨져 왔다. 한식장류는 원료와 담금법에 따라 분류되어 종류가 다양한데, 된장, 간장, 고추장, 청국장, 찜장, 물료잡법, 어육장 등 7품목으로 분류하여 141종이 있다고 보고된 바 있다(표 2)(9).

일반적으로 장을 담그기에 앞서 선행되는 메주의 제조 방법에는 자연계에 존재하는 미생물들에 의해 제조되는 한식 전통메주(한식메주)와 메주 곰팡이(*A. oryzae*나 *A. sojae*)에 의해 제조되는 개량메주 등이 있다. 메주의 형태는 사각형, 구형, 분말형, 콩알형, 국수형 등으로 지역 또는 집마다 그 모양이 다양한데, 한식메주는 주로 사각형과 구형으로 성형하여 제조하는 곳이 가장 많다. 식품공전(10)에는 대두를 주원료로 하여 증숙, 성형하여 발효시킨 것(대두 95% 이상)을 한식메주, 대두를 주원료로 하고 곡물알갱이의 형태를 유지하여 발효시킨 것(대두 85% 이상)을 개량메주로 정의하고 있다. 메주는 간장, 된장 및 고추장의 전통장류 제조에 가장 중요한 원료이며, 한식메주는 제조방법 및 시기에 따라 약간의 차이가 있으나 일반적으로 대두만을 사용하여 제조하는 것이며, 개량식 메주는 대두 이외에 다른 전분질을 사용하여 제조하는 것으로 구분하는데, 제조된 메주는 콩 특유의 구수하고, 향긋

표 2. 원료와 담금법에 따른 장류의 종류 (9)

분류	종 류	종수
된장	된장, 가루장, 떼장, 막장, 보리장, 대맥장, 생황장 등	23
간장	간장, 감장, 급장, 덧장, 진장, 이월장, 삼월장 등	27
고추장	고추장, 찹쌀고추장, 수수고추장, 떡고추장, 보리고추장 등	24
청국장	볶음장, 청태장, 담백장, 벼락장, 청육장 등	15
찜장	거름장, 나주집장, 밀양집장, 전주집장, 익산집장 등	15
물료잡법	두부장, 등겨장(시금장), 비지장, 찌엄장, 깻묵장, 무장 등	23
어육장	어장, 육장, 멸장, 합자장, 어란장, 조기젓장, 어육장 등	14
7품목		141종

한 향이 나야 하고, 메주 표면색이 노르스름하고, 붉은 색조를 띠며, 내부는 검붉게 보이고 흰색 곰팡이가 있는 것이 좋다. 그러나 자연계에 존재하는 불특정 미생물로 제조되는 메주는 형태가 다르고 담금 시기에 따른 기후, 발효장소 등 외부 환경의 영향을 받아 어느 정도 제조시설을 갖춘 업체를 제외하고 표준화된 메주 생산은 불가능하다. 따라서 많은 연구자는 메주의 표준화를 위해 형태, 원료 배합 등 여러 조건에 따른 메주의 품질변화를 조사하여 보고하고 있다(11).

또한, 재래식으로 제조한 된장의 경우 발효·숙성 기간이 평균 1년 이상, 고추장의 경우 6개월 이상이 소요된다. 이러한 발효기간을 단축시키고 품질향상, 안전성을 확보하기 위하여 국립농업과학원 발효가공식품과에서는 메밀, 도라지, 검은콩 등을 첨가한 속성장을 개발한 바 있고, 장류 중 바실러스 세레우스, 바이오테크닉아민과 같은 위해요소를 저감화하는 미생물을 발굴하여 장류의 안전성 확보에도 노력을 기울이고 있다. 그 밖에 장류산업의 활성화를 위하여 장류 제조업체가 가지고 있는 여러 가지 문제점 중 원료의 안정적 확보, 전통발효식품의 과학화·안전성 확보를 위한 R&D 확대, 대기업 식품업체와의 상생협력 방안, 잠재적인 고객층 확보를 위한 판매전략 도출, 전통장류의 부정적 인식 개선을 위한 홍보 및 해외시장 진출 지원 확대 등 장기적인 활성화 방안을 모색하고 실천계획들을 단계적으로 수립하여 추진해 나가고 있다.

### 식초류 분야

식초는 술과 함께 인류의 식생활에서 가장 오랜 역사를 갖는 발효식품으로 조미료, 민간약제(살균제, 피부염 치료 등)로 사용되고, 과거에 “쓴 술”로 술의 한 종류로 기록되어 있다. 우리나라 식초의 제조방법 기원은 고려시대 『해동역사』 문헌에 식초가 음식의 조리에 이용되었고, 『향약구급방』에는 약방(藥房)으로 식초의 다양한 이용이 기술되어 있으며, 서양에서도 식초는 포도주를 만들다 우연히 얻은 부산물이기에 그 이름을 프랑스어인 와인(vin)과 시다(aigre)의 합성어로 식초(vinegar)라 명명하고 있다. 식품공전(10)에서는 식초를 곡류, 과실류, 주류 등을 주원료로 하여 발효시켜 제조하거나 이에 곡물 당화액, 과실 착즙액 등을 혼합·숙성하여 만든 발효식초와 빙초산 또는 초산을 음용수로 희석하여 만든 희석초산과 기타식초로 구분하고 있다. 특히 발효식초는 과실, 곡물

술덧, 과실주, 과실 착즙액, 곡물주, 곡물 당화액, 주정 또는 당류 등을 원료로 하여 초산 발효한 액과 이에 과실 착즙액 또는 곡물 당화액을 혼합·숙성한 것을 말하는데, 식초의 성분규격은 총산(초산으로서 w/v %) 함량이 4.0~20.0% 범위로 정해져 있다.

국립농업과학원에서는 발효식초의 생산성 증대 및 품질향상 등 식초산업 활성화를 위한 연구들을 추진하고 있다. 최근에는 효모, 초산균 등 종균을 활용하여 식초의 품질개선(12,13), 발효 방식에 따른 식초의 특성 변화(14) 등을 확인하였다. 식초의 제조방법으로 세 가지를 들 수 있는데, 첫 번째로 정치 발효법은 항아리에 발효액을 정지한 상태로 자연 발효시키는 방법이다. 두 번째로 속양 발효법이 있는데 이는 유하식 프링스형 통기에서 발효시키는 방법으로 전통적인 발효법은 당화, 알코올 발효를 동시에 시키고 난 후에 초산균(중초)을 접종하거나 자연 숙성함으로써 식초를 제조하고, 시판 양조식초는 주정에 다양한 원료를 첨가한 후, 초산균을 접종하여 식초를 제조하는 방법이다. 마지막으로 심부 발효법은 Pilot plant 개념으로 작은 기포를 균일하게 분산시켜 발효조 전체에 초산균을 생육하게 하는 방법이다. 그러나 고산도 및 고향미 식초를 생산하기 위해서는 유용 초산균이 필요한데, 최근 농촌진흥청에서는 산 생성능이 우수한 초산균인 *Acetobacter pasteurianus* CV3, *Gluconacetobacter intermedius* CV2를 발굴하여 보급하고 있다.

### 사업화 사례

그동안 농촌진흥청에서 개발된 발효종균을 활용한 실용화 기술들은 농산업체 현장에 기술이전되어 현장 애로 기술을 해소하고 농산물 부가가치 창출에 기여하였다. 이 대표적인 사례로 속성누룩, 메밀속성장, 발효식초, 무독화 발효옷 제조기술 등을 소개하고자 한다(그림 3).

먼저 죽염제조회사의 신제품 및 프리미엄급 제품 수요에 맞춰 속성누룩 제조기술(제10-1303748호)을 제품 개발에 접목하여 천연 소금누룩을 제조하고 이를 활용하여 우리쌀누룩죽염, 발효죽염, 양념소스 등 다양한 발효 가공제품을 생산하는데 지원한 바 있다. 또한 경기도 용인에 있는 전통장 제조업체에서는 고문헌에서 유래된 메밀속성장 제조방법(제10-1184009호) 기술을 이전받아 새로운 형태의 장을 개발하여 6차산업 연계 체험상품을 개발하였다. 메밀속성장은 일반된장의 염도 15%에서



그림 3. 발효미생물 활용 대표적인 농산업체 개발 제품.

10%로 낮추었고, 1년 이상 소요되던 발효기간을 4주로 단축시켰다. 향균 및 효소활성 우수 균주인 *Bacillus subtilis* HJ18-4를 이용한 편의형 메밀속성장 패키지 상품의 개발은 원료재배+가공+판매+체험을 아우르는 식품에 적용된 6차산업 상품 판매의 활성화로 2013년부터 매출이 상승되고 있고, 2014년은 2013년 대비 약 2억원 수준으로 30%의 성장을 보였으며, 현재까지 꾸준히 향상되고 있다. 천연 양조식초 제조기술(제10-1349123호)은 인천 강화군에 위치한 업체에 기술이전되어, 빙초산 및 희석초산 대체용으로 풍미가 향상된 현미식초 개발, 알코올을 내성을 갖는 글루코나세토크타드 사카리보란스 CV1 균주 및 이를 이용한 양조식초 등 조미 및 건강 지향형 마시는 고급형 발효식초를 상품화하는 데 기여하였다. 이 업체의 경우 2014년도 오령초발효액과 발효식초를 첨가한 오령초발효초를 1,100 L 생산하여 매출을 올리고 있고, 그 밖에 천연젤리, 캔디, 오령초 음료 등 연계 상품을 개발하여 2016년부터 매출 발생을 높이는 데 꾸준히 노력하고 있다. 최근 3년간 관련 기술을 69개 업체가 이전받아 287억 원 기술이전료 수익을 창출하여 기관 위상 제고에도 크게 이바지하였다. 마지막으로 알레르기 유발물질(우루시올) 함유로 식품사용에 제한적(옷닭 및 옷오리 조리용)인 옷을 미생물(장수버섯) 발효방법으로 알레르기 유발물질 제거를 통해 장류, 주류, 식초 등 일부 발효식품에 식품원료로 사용가능토록 제도 개선하였고, 충북 옥천군 등 일부 지역에 관련 기술을 이전하여 옷 알레르기에 대한 불안감을 해소할 수 있는 다양한 상품을 개발하여 옷의 생산량 증가 및 매출 증가에 기여한 바 있다.

## 결 론

발효식품을 제조함에 있어 발효미생물 활용은 품질향상, 생산성 증대, 안전성 확보 등 국내 식품산업을 발전시키는 데 크게 기여할 중요한 생물자원이다. 국가별 생물다양성협약에 따라 자원화를 위해 힘쓰고 있고, 이를 통해 고수의 효과를 창출하고 있다. 우리나라에서도 발효종균의 수입대체를 위해서는 지속적인 토착 종균의 발굴과 소재화 연구가 필요한데, 발효미생물 사용 시 위해요소 저감화 등 안전성도 고려하여 연구 개발해야 할 것이다. 발효종균을 활용한 농산물의 고부가가치화를 위해 발효식품의 농가현장 맞춤형 6차산업화 지원을 위해 신기술 시범사업 지원, 종균의 상용화와 다변화, 종균보급 클러스터 구축 등 다양한 비전을 수립하여 장기적인 연구를 수행해야 할 것이다.

또한 유관기관 및 산학연 협업·협력체계 구축을 통해 발효미생물의 국가 자원화 및 사업화 촉진이 필요하다. 이를 위해 농촌진흥청에서는 미생물자원센터(KACC)를 기반으로 한 농업미생물 연구거점 구축, 미생물산업 협의체, 연구회 등과 소통을 강화하여 정책 제언, 산업현장, 소비자의 수요를 반영한 연구과제 발굴 추진, 관련 부서

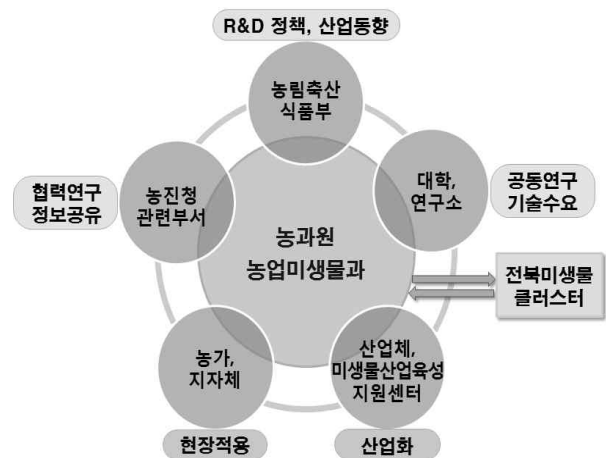


그림 4. 농업미생물 산업 육성을 위한 산학관연 협업·협력 체계.

및 산학연의 효과적인 협업을 지속적으로 추진할 것이며, 전북미생물 클러스터(5대 농생명클러스터) 사업과 연계·협력하여 미생물 연구 거점을 형성하는데 지원할 계획이다(그림 4).

앞으로, 농촌진흥청에서는 발효미생물 산업 활성화를 위하여 실용화 연구를 강화하고, 농업 현안 해결 및 미래 대응을 위한 협업연구를 확대하며, 농업현장, 산업체 맞춤형 과제 발굴과 혁신적인 기술개발을 통해 국내 미생물 자원의 국가경쟁력 확보 및 발효 중주국의 위상제고를 위해 더욱 노력할 것이다.

## 참고문헌

1. 백성열, 김상수, 김명동. 2016. 발효식품용 종균 활용을 위한 효모와 세균의 선발 및 자원 풀 구축. 시험연구사업 최종보고서. 국립농업과학원. p 2-7.
2. 농수축산신문. 2018. 인간과 미생물의 공생. <http://www.afnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=142558> (accessed Apr 2018).
3. 원대성. 2013. 생물자원시대 생물자원의 지역주권과 강원도. 정책브리프. 한국기후변화연구센터. p 1-19.
4. 정석태, 김재현, 여수환, 최혜선, 박신영, 백성열, 최한석, 강지은, 김찬우, 문지영, 김소영, 조용식, 이진영. 2015. 발효식품 제조기술 및 농산업체 활용성과. 국립농업과학원. p 1-156.
5. Shin KR, Kim BC, Yang JY, Kim YD. 1999. Characterization of *yakju* prepared with yeasts from fruits-1. Volatile components in *yakju* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 794-800.
6. Seo MY, Lee JK, Ahn BH, Cha SK. 2005. The changes of microflora during the fermentation of *takju* and *yakju*. *Korean J Food Sci Technol* 37: 61-66.
7. Lee H, Lee TS, Noh BS. 2007. Volatile flavor components in the mashes of *takju* prepared using different yeasts. *Korean J Food Sci Technol* 39: 593-599.
8. Kim MJ, Kim BH, Han JK, Lee SY, Kim KS. 2011. Analysis of quality properties and fermentative microbial profiles of *takju* and *yakju* brewed with or without steaming process. *J Food Hyg Saf* 26: 64-69.

9. Chai HJ, Lee HJ. 1990. A bibliographical study on the soy bean sauce. *J Korean Living Sci Res* 8: 29-70.
10. KFDA. 2018. *Korean Food Standards Codex*. Korean Food and Drug Administration, Cheongju, Korea.
11. Park KY, Hwang KM, Jung KO, Lee KB. 2002. Studies on the standardization of *doenjang* (Korean soybean paste)—1. Standardization of manufacturing method of *doenjang* by literatures. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 343-350.
12. Kim JS, Yeo SH, Mun JY, Baek SY. 2016. Characterization of acetic acid fermentation of detoxified *Rhus verniciflua* vinegar produced by various yeast strains. *Korean J Food Preserv* 23: 1042-1049.
13. Baek SY, Kim JS, Mun JY, Lee CH, Park YK, Yeo SH. 2016. Quality characteristics of detoxified *Rhus verniciflua* vinegar fermented using different acetic acid bacteria. *Korean J Food Preserv* 23: 347-354.
14. Baek CH, Jeong DH, Baek SY, Choi JH, Park HY, Choi HS, Jeong ST, Kim JH, Jeong YJ, Kwon JH, Yeo SH. 2013. Quality characteristics of farm-made brown rice vinegar via traditional static fermentation. *Korean J Food Preserv* 20: 564-572.