

4차 산업혁명 시대를 대비한 농식품 분야의 교육

Education of Food/Agricultural areas
for the 4th Industrial Revolution



4차 산업혁명 시대를 대비한 농식품 분야의 교육

Education of Food/Agricultural areas
for the 4th Industrial Revolution



■ 집필위원장

박 현 진 (한국과학기술한림원 정회원, 고려대학교 교수)

■ 집필위원

권 대 영 (한국과학기술한림원 정회원, 한국식품연구원 전임원장)

김 종 윤 (고려대학교 교수)

박 용 호 (한국과학기술한림원 정회원, 서울대학교 교수)

배 호 재 (차세대과학기술한림원 회원, 건국대학교 교수)

안 병 일 (고려대학교 교수)

정 우 경 (서울대학교 선임연구원)

정 태 성 (경상대학교 교수)

요약문

연구과제명

국문 4차 산업혁명 시대를 대비한 농식품 분야의 교육

영문 Education of Food/Agricultural areas for the 4th Industrial Revolution

연구책임자 | 박 현 진

한림원 소속부 | 농수산학부

4차 산업혁명 시대를 맞이하여 세계 각국은 미래 농식품산업에 관심을 갖고 새로운 시대를 대비하기 위해 다양한 전략을 수립하고 있다. 4차 산업혁명 시대에는 AI (artificial intelligence) 등의 기술 발달로 생산성 향상에 주를 뒀던 3차 산업혁명의 시대를 벗어나 단순 생산성 향상이 아닌 개인의 활동과 생활 영역에 대한 맞춤형 생산과 공급으로 패러다임이 변화하며 우리 생활에 큰 영향을 끼칠 것이라고 예측되고 있기 때문이다. 4차 산업혁명의 특징은 효율성이 강조된 산업 경제의 틀을 벗어나 인간의 행복 중심의 생활 경제로 전환되는 ‘생활혁명’이라는 것이다.

이러한 4차 산업혁명에 대비하기 위해서는 생활과 밀접한 농식품산업 분야에서도 변화가 필요하다. 우리나라는 아직 생산과 효율, 편리함을 중심으로만 농식품 분야의 4차 산업혁명에 대해 이야기하고 있다. 농식품산업에서는 3D 프린팅, 스마트 팜(smart farm), 스마트 유통 등 생산과 유통 기술 개발에 집중하고 있는 실정이다. 이는 생산 중심 3차 산업혁명의 연장이지 새로운 4차 산업혁명 시대에 적합한 대응 전략이라고 보기 어렵다. 도구가 같더라도 지향하는 목적에 따라서 달라질 수 있다. 따라서 4차 산업혁명 시대에 선제적으로 대응하고 우리 농식품산업을 미래 산업으로 육성해 나가기 위해서는 농식품 기술의 개발·보급을 담당하는 핵심 주체들이 농식품산업 전반적인 이해를 바탕으로 적극적인 역할을 수행할 필요가 있고, 정부는 현재 스마트 팜에 집중되어 있는 4차 산업혁명 관련 농식품 정책을 가공, 위생·안전, 유통, 소비, 시장, 계획까지를 포함한 농식품산업 전반으로 확대하여 새로운 가치를 창출하는 혁신 정책을

제시해야 한다. 특히 스마트 팜은 하드웨어에 집중할 것이 아니라 빅데이터와 연관된 소프트웨어와 콘텐츠가 중심이 되어야 한다. 국가적 차원에서 관련 빅데이터를 농림·축산·수산·식품계가 공동으로 활용할 수 있는 플랫폼을 구축해야 할 것이다.

농식품산업은 국민의 안보와 생명에 직결되고, 국민의 건강과 행복, 나아가 국가의 경제와 직결되는 산업이라고 할 수 있다. 따라서 농식품산업에 4차 산업혁명 기술을 적용시킬 때는 단순히 식품을 열량을 얻기 위한 생산 측면에서만 바라볼 것이 아니라 식품의 맛과 행복을 느끼며 서로 소통하는 기능이라는 점에 대한 이해를 바탕으로 해야 한다. 더불어 다가오는 미래에는 개인의 유전자 데이터를 이용하여 개인 맞춤형 식품을 제공할 수 있게 됨에 따라, 정부는 초고령 사회와 개인 맞춤 식품 및 3D 프린팅, 인공육 등 미래 첨단 식품에 대한 지속적인 안전성 확보를 위한 통합안전관리시스템을 구축하여 국민 안심을 추구할 필요가 있다.

4차 산업혁명 시대에 맞춤형 식품 개발을 위해서는 최신 핵심 식품공학기술인 3D 푸드 프린터 및 나노 기술 등이 중요하며 소프트웨어적으로는 빅데이터가 중요하다. 맞춤형 식품 개발의 성공과 실패 여부는 얼마나 많은 신뢰성이 확보된 빅데이터를 갖고 있는지, 특히 각각의 사람마다, 재료마다, 다른 정보를 얼마나 정확하게 갖고 있느냐에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 이렇게 사람이 건강하게 살아가고 생활하는 부분에 대한 빅데이터를 창출하기 위해서는 호메시스(hormesis), 유전자 분석 기술과 같은 생명과학기술과 센스오믹스(sensomics), 미식학(gastronomy)과 같은 생활과학 기술이 뒷받침 되어야 한다. 세계 각국은 음식과 문화, 종족과 식습관이 다르기 때문에 국가별 특성에 맞는 빅데이터를 창출하기 위해서 노력하고 있으며, 우리나라도 세계적인 흐름에 맞추어 다양한 빅데이터를 창출을 위한 노력을 해나가야 할 것이다.

우리나라는 개인 맞춤형 식품 개발 측면에서 농식품산업의 발전 가능성이 매우 높다. 오랜 농경 역사를 통해 매우 다양한 농식품과 형식을 가지고 있어 새롭고 다양하게 요구되는 맞춤형 농식품의 수요에 대응하기에 유리하다. 다가오는 초고령화, 인공지능 시대에 세계적으로 건강한 맞춤형 식품이 잘 발달한 나라가 될 잠재력이 충분하며, 이를 위하여 농식품 학자들은 농식품과 4차 산업혁명 시대의 융합 산업에 대한 이해를 바탕으로 주도적인 역할을 해나가야 한다. 또한 개인 맞춤형 식품 개발과 더불어 해당 분야 전문 교육 기관 설립 및 교육 프로그램 개발을 통해 인공지능 농식품 전문가 육성 등 새로운 전략이 필요한 시점이다.

목 차

4차 산업혁명 시대를 대비한 농식품 분야의 교육

Education of Food/Agricultural areas for the 4th Industrial Revolution

I. 서론	1
1. 연구의 목적	2
2. 4차 산업혁명과 농식품산업 개요	2
II. 건강한 농식품 생활	9
1. 식품 산업의 특성	10
2. 식품에만 있는 고유 특성	11
3. 4차 산업혁명의 올바른 이해	12
4. 4차 산업혁명과 개인 맞춤형 식품	16
5. 4차 산업혁명 시대의 라이프 스타일 전망	17
III. 미래의 농식품 기술과 교육	21
1. 식품 분야 미래 전망과 최신 식품공학기술	22
2. 최신 생명공학기술과 새로운 식품 개발	38
3. 4차 산업혁명 시대에 적합한 농수산식품 분야의 교육	54
4. 4차 산업혁명과 스마트 팜 - 스마트 농업으로	62
IV. 4차 산업혁명 시대 농식품 분야의 변화와 교육	75
1. 식품 소비 추세와 미래 전망	76
2. 4차 산업혁명과 식품 안전	92
■ 참고문헌	104

목 차

4차 산업혁명 시대를 대비한 농식품 분야의 교육

Education of Food/Agricultural areas for the 4th Industrial Revolution

표 목차

<표 3.1> 4차 산업혁명 농업 적용 가능 기술	63
<표 3.2> 세계 주요국 농림 식품 기계·시스템 분야 기술 수준(기술선진국=100)	68
<표 4.1> 1인 1일당 식품공급량	79
<표 4.2> 건강기능식품 시장 규모 변화 추이	81
<표 4.3> 식품 소비 추세 변화의 주요 요인 및 그에 따른 식품 소비 추세 변화 방향	83
<표 4.4> 고급화 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계	85
<표 4.5> 건강 지향 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계	86
<표 4.6> 다양화 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계	86
<표 4.7> 간편화 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계	86
<표 4.8> 미국 식품 안전 담당 연방 정부 기관	94
<표 4.9> 미국의 식품 안전 체계	94
<표 4.10> 위험 분석에 따른 식품 안전 관리 체계	95
<표 4.11> EU의 농식품 안전 관리 체계	96
<표 4.12> 식품 안전 관련 법령 소관 부처 현황	97



그림 목차

<그림 3.1> 푸드 밸류 체인과 4차 산업혁명의 식품공학 핵심 기술	22
<그림 3.2> 3D 푸드 프린팅의 주요 공정	24
<그림 3.3> 나노 기술이 적용된 식품의 예	25
<그림 3.4> SMRC에서 개발한 피자 프린터(좌)와 네이틱솔저의 3D 프린팅 전투 식량 공급 시스템(우)	27
<그림 3.5> 3D 프린팅 연하식(좌), 3D 파스타 프린터(중), 3D 프린팅 레스토랑(우)	28
<그림 3.6> 식품 조성물의 성형 시간 및 노즐에 따른 출력 속도	28
<그림 3.7> 3D 프린팅을 이용한 식품 나노 소재의 소비 패턴 다양화 방안	33
<그림 3.8> 개인 맞춤형 3D 푸드 프린팅 과정	35
<그림 3.9> 최신 생명공학기술을 이용한 식품의 개발 현황	39
<그림 3.10> 공장식 육류생산의 환경적, 윤리적 요소 및 향후 육류 소비량 전망	40
<그림 3.11> 육류생산의 3단계: 사냥, 축산 및 인공육	41
<그림 3.12> 기존 조직공학(tissue engineering)기술을 기반으로 하는 인공고기 분야 분류	42
<그림 3.13> 대체육 시장의 가격경쟁력 및 향후 전망	44
<그림 3.14> 기존 축산업 방식과 대체육의 온실가스, 물, 토지 및 에너지 사용량 비교	45
<그림 3.15> 대체육 시장의 Market Trend 및 판매량	46
<그림 3.16> 식물성 소재를 이용하여 생산된 햄버거용 식물성 고기 패티	48
<그림 3.17> 식물성 고기 시장 현황/전망 및 국가 및 연령별 설문 조사 결과	49
<그림 3.18> 조직공학 기술을 응용한 배양육의 국가 및 연령별 설문 조사 결과	50
<그림 3.19> 대체육의 현 문제점 및 향후 발전 방향	51
<그림 3.20> 대체육의 기술 활용 및 미래 대응 방안	52
<그림 3.21> 스마트 양식 기술	56
<그림 3.22> 빌딩형 양식장 모형도	57

목 차

4차 산업혁명 시대를 대비한 농식품 분야의 교육

Education of Food/Agricultural areas for the 4th Industrial Revolution

<그림 3.23> 양식 수산물 식문화 전환을 통한 정보통신기술 기반 스마트 기술을 활용한 수산식품 품질 관리	59
<그림 3.24> 4차 산업혁명이란 무엇인가?	62
<그림 3.25> 4차 산업혁명 기술을 통한 미래의 농업 변화	64
<그림 3.26> Google사 외 세계적 기업들이 협력하는 Farm2050 사이트의 협력사들	65
<그림 3.27> 세계 주요국의 농업 기술 개발 현황	67
<그림 3.28> 스마트 팜 상세 기술별 투자 현황	70
<그림 3.29> 포괄적 스마트 농업에 대한 모식도(안)	72
<그림 4.1> 경제 발전과 식품 소비 변화 추세	76
<그림 4.2> 간편식 시장 동향	78
<그림 4.3> 연도별 식품품목별 소비량의 HHI 지수	80
<그림 4.4> 2005년 및 2017년의 식품품목별 소비량의 로렌츠 곡선	80
<그림 4.5> 고급화, 건강 지향, 다양화, 간편화 지수의 추세	84
<그림 4.6> 가구주 연령별 식품 지출액 구성비 비중(2018년 기준)	89
<그림 4.7> Global Health Security Agenda	92
<그림 4.8> 67 GHSA member countries(updated as of 28 March 2019)	93
<그림 4.9> 생산 단계별 식품 안전 관리 주체	98
<그림 4.10> 상호 간 정보 공유할 수 있는 교육	102

I

서론



I

서론

1. 연구의 목적

- 이 정책자문보고서는 농식품산업 분야에서의 4차 산업혁명에 대한 바른 이해에 필요한 기초 지식을 제공하고, 농식품산업 발전의 장기적인 비전을 제시하는 것을 목적으로 함
- 보고서에서는 4차 산업혁명 시대의 농식품산업에 있어 핵심 분야로 부상할 개인 맞춤형 농식품에 대하여 소개하고, 맞춤형 농식품 개발을 위해 필요한 현대 생명과학기술과 생활 과학기술에 대하여 논하고자 함
- 더불어 4차 산업혁명 시대에 적합한 농식품 분야 정책 방향과 전문 인력 육성 방안도 제시하고자 함

2. 4차 산업혁명과 농식품산업 개요

- 농식품산업에 대한 미래 전망
 - 지난 수 백 년 동안 많은 사람이 미래사회에 대해 이야기하고 예언해 왔는데, 어떤 이는 미래의 인구 문제를 이야기하기도 하고, 어떤 이는 미래의 경제 문제를, 어떤 이는 미래의 삶에 대하여 이야기해 왔음

- 산업혁명에 대한 논의가 뜨겁던 1960~70년대, 많은 미래 학자들은 식품 산업에 대해 삶의 유지를 위한 칼로리 획득이라는 기능적 측면에만 주목하여, 식품을 통한 영양소 섭취는 가공 식품이면 충분하고 심지어 미래에는 하나의 캡슐만 갖고 다니는 식생활에 대해 예언을 하기도 했음
- 더욱이 우리나라 음식과 같이 만들기도 복잡하고 먹는 데도 시간이 걸리며 설거지를 하는 데에도 시간이 걸리는 식문화는 지구상에서 살아남지 못할 것이라고 공공연히 예언한 식품 학자들도 있었음
- 또한 모든 음식을 가공·편의화해야 된다고 역설한 사람들도 많았으며, 이러한 생각들은 지금까지도 우리나라 식품 산업 정책 기조에 남아 있기도 함. 그러나 결과적으로 보면 이와 같은 예언들은 모두 빗나갔다는 것을 직시해야 함
- 이는 음식을 오로지 먹고 일하는 데에 필요한 칼로리를 얻는 것, 즉 생산 활동에 필요한 영양 섭취 기능이라는 1차적인 측면에서만 보았기 때문에 빔어진 오류이며, 실제로 ‘음식을 먹는다’는 것은 칼로리를 얻는 것 이외에도 맛을 느끼고 작은 행복을 느끼며 서로 소통하는 기능까지 누리는 폭넓은 행위임
- 오늘날 한국 음식에 대해서는 세계 사람들이 역사와 문화, 건강적인 측면에서도 관심을 많이 보이고 있으며, 향후 세계 식품 시장과 식문화 시장에서 가장 발전 가능성이 높은 음식으로 주목하고 있음
- 최근에는 미식학(gastronomy)도 자리를 잡아 음식을 만들고 서로 맛있게 먹는 것도 생활의 즐거움과 행복의 하나로 인식되고 있으며, 긴 요리 시간을 요하는 슬로우 푸드(slow food) 측면에서 보면 한국 음식의 가치는 더욱 커지고 있음

□ 미래 사회의 특징

- 미래를 예언하는 것은 힘들지만, 미래 사회의 특징은 어느 정도 예측이 가능한데, 미래 사회의 두드러진 특징은 산업주의 이후 로직(post-industrial logic)으로 전환되어 생산을 위주로 경쟁하는 산업 경제의 틀을 벗어나 인간 중심, 자연친화 중심으로 발전할 것이라는 점임

- 과학기술 특히 인공지능(artificial intelligence, AI)의 발달로 개인의 활동과 생활의 영역이 크게 바뀔 것이며,
 - 의료와 생명과학기술의 발달로 인간 수명의 연장과 함께 초고령화 사회 시대에 진입하게 될 것임
 - 또한 산업 경제의 효율성을 벗어나 인간의 행복 중심의 생활 경제 시대가 도래할 것으로 예측되고 있으며, 앞으로는 생활 경제에 필요한 산업 생산이 뒤따라가게 될 것임
- 한편 인공지능 등의 기술이 발달하면서 이전까지 단순 초고속 계산을 바탕으로 한 생산성 향상에 초점을 주었던 3차 산업혁명의 시대를 벗어나, 인간의 인지와 행동을 더욱 깊게 분석하는 딥 러닝(deep learning)을 통해 사고가 가능해져 생산성이 아닌 인간 개개인의 생활과 관계되는 영역에서 4차 산업혁명이 꽃을 피우게 될 것임

□ 4차 산업혁명

- 세계경제포럼(World Economy Forum, WEF) 회장인 클라우스 슈밥(Klaus Schwab)이 자신의 저서 ‘제4차 산업혁명’에서 전자와 바이오 기술이 결합된 인공지능 기술 혁명을 기반으로 한 새로운 경제 체제와 사회 구조의 변화를 주창함
- 미국, 일본, 독일, 중국 등 세계 각국에서는 4차 산업혁명 시대를 대비하는 전략을 마련하고 변화에 대응하고 있음
- 사회 변혁 이슈에 매우 민감한 나라인 우리나라도 4차 산업혁명과 관련된 다양한 정부 정책을 추진하고 있음
 - 녹색, 지속 성장, 창조 경제 등의 이슈 중심의 정책 추진이 대표적 사례라고 할 수 있으며, 현재는 4차 산업혁명이 가장 중요한 정책 이슈가 되고 있음
 - 우리나라는 세계에서 ‘4차 산업혁명’ 관련 키워드 검색을 가장 많이 하고 있는 나라로 무려 97%를 차지하고 있음

- 특히 우리나라 정부는 4차 산업혁명 추진을 하지 못하면 경쟁에서 뒤처질 것처럼 민감해 하고 있어, 각 정부 부처에서도 4차 산업혁명과 연관성이 미래 성장 동력 지표로까지 포함되고 있음
- 이러한 열풍과는 별도로, 현재 4차 산업혁명 정책의 문제점은 생산 경제의 측면에서만 바라보아 3차 산업혁명의 특징으로 일컬어지는 자동화, 편리화, 효율화의 연장선에서 ‘생산’을 강조하고 있다는 것임
- 농식품산업에서도 4차 산업혁명을 3D 프린팅, 스마트 팜, 스마트 유통 등 생산과 유통 측면에만 초점을 맞추어 논의가 진행되고 있음. 이는 제러미 리프킨(Jeremy Rifkin)이 이야기한 3차 산업혁명의 연장선에 있을 뿐 진정한 4차 산업혁명이라고 하기에는 한계가 있음

□ 농식품산업에서의 4차 산업혁명

- 정부가 농식품산업 분야 4차 산업혁명에 대한 올바른 이해를 바탕으로, 해당 산업의 발전을 위해 우선적으로 해야 할 일을 발굴하는 것은 매우 중요함
- 4차 산업혁명은 삶의 구조에 대한 변혁인 ‘생활혁명’이기 때문에 먹고 즐기는 산업의 중요한 부분을 차지하고 있는 농식품산업은 4차 산업혁명의 핵심 산업이 될 수 있음
- 특히 인공지능의 발달과 이에 상응하는 현대 생명과학기술의 발달로 사람의 건강상태나 맛, 행복 등의 감성적 요구를 정확하게 분석하여, 식생활 습관에 따른 맞춤형 식품 공급이 가능해질 것으로 예측되며, 이러한 맞춤형 식품은 맞춤형 농산물 생산을 이끌게 될 것임
- 타고나는 형질인 개인의 유전자(genome)에 기인한 맞춤형 식품은 정형화된 데이터로부터 얻을 수 있는 반면, 생활 습관과 행동, 식생활 습관에 따라 변하는 후성유전학(epigenome)과 마이크로비옴(microbiome)과 관련된 데이터를 파악하여 얻어진 맞춤형 식품은 비정형 데이터 기반의 맞춤형 식품이라고 할 수 있음

- 따라서 정형화된 데이터로서 개인의 유전자 데이터와 비정형화된 데이터로서 후성유전학과 마이크로비옴 데이터, 아울러 생활 습관 패턴을 아우르는 빅데이터는 점점 더 중요해 질 것임
- 다양성 측면에서 보면 우리나라 농식품산업은 개인 맞춤형 농식품을 개발하기에 발전 가능성이 매우 크며, 정확한 빅데이터가 뒷받침 된다면 세계 시장을 주도 할 수 있음
- 오래된 농경 역사를 갖고 있기 때문에 전통 및 자연이 투영되어 있는 음식이 매우 다양하며, 이를 바탕으로 새로운 가치를 창출하고 세계 시장을 선도할 수 있는 가능성이 있음

□ 4차 산업혁명 시대 핵심 기술과 교육

- 4차 산업혁명 시대 식품 산업에는 하드웨어로서 기본적으로 초연결(super-connectivity), 초지능(hyper intelligence), 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기술이 중요하며, 소프트웨어로서 정보소통시스템인 플랫폼, 생활과 생활 패턴 인식 기술, 생명 바이오 접합 기술 등이 머신 러닝, 딥 러닝 관련 분야이며 빅데이터 분야가 중요함
- 이 세 가지 요소 중 4차 산업혁명의 성공과 실패 여부는 얼마나 정확하고 많은 빅데이터를 갖고 있느냐에 달려 있음. 특히 각 개인별, 각 식품별 각각 다른 정보를 얼마나 정확하게 확보할 수 있을 것인가가 중요함
- 식품 관련 빅데이터 축적은 하드웨어나 소프트웨어 자체만을 전문적으로 다루는 사람들이 다루기에는 한계가 있기 때문에 농업, 식품, 생명 과학 및 생활 과학 분야의 전문가가 중요한 역할을 해야 함
- 사람이 건강하게 살아가고 생활하는 데에 관련된 빅데이터를 창출하기 위해 필요한 기술이 현대 생명과학기술(foodomics 기술)과 생활과학기술 두 가지임
 - 호메시스(hormesis), 유전자 분석 기술, whole genome sequence 분석 기술, 뉴트리지노믹스(nutrigenomics), 메타볼로믹스(metabolomics), 뉴트리지네틱스

(nutrigenetics), 뉴트리에피지네틱스(nutrieigenetics), 마이크로비옴 (microbiome) 기술 등 생명과학기술과 센스오믹스(sensomics), 미식학 (gastronomy), 문화체 과학(culturomics), 소비자의 식생활(diet style), 노는 style(noneun style)¹⁾, 식단체학(sikdanomics)²⁾ 기술 등 생활과학기술임

- 앞으로 맞춤형 푸드 플래너(food planner)나 푸드 디자이너(food designer)와 같은 새로운 직업이 탄생할 것으로 예측되며 이러한 분야에 대한 홍보와 교육이 강화되어야 함
- 세계적으로 빠르게 발전하는 생명과학기술의 진보와 변화에 뒤처지지 않기 위하여 농식품 관련 생활과학기술 분야에서는 이미 개발된 생명과학기술을 일상 생활에 적용하기 위한 다양한 연구가 필요할 것으로 사료됨

1) Kwon, Life style, Annals of Nutrition and Food Science, 2018

2) Kwon Dae Young이 처음 쓴 말로 식품관련학문 집합체를 일으키는 말임

II

건강한 농식품 생활



II

건강한 농식품 생활

1. 식품 산업의 특성

□ 낮은 전유성

- 일반 사람들의 인식 속에 매우 익숙한 것이 음식과 식품 산업이며, 그만큼 음식이나 식품에 대하여 누구나 한마디씩은 할 수 있을 정도로 개별 소비자들은 보유하고 있는 정보와 지식이 많음
- 식품 산업은 기술 집약적이지도 않으며 기술 보호 장벽도 높지 않고 진입 장벽 역시 높지 않은 특성을 지니게 되는데, 이러한 식품 산업의 특징을 낮은 전유성 (appropriability)이라 함
- 이제는 제품을 만들고 기술을 개발한다고 해서 이것이 바로 식품 산업의 발전으로 연결되는 시대는 지났으며, 앞으로 다가올 시대에는 생산이 문제가 아니라 소비자의 욕구에 대응하는 것이 가장 중요한 이슈로 등장할 것임
 - 개발도상국에서는 항상 식량이 부족하기 때문에 농업 생산이 문제가 되는 반면, 대량생산 국면에서는 생산만 하면 이것이 식품 산업의 성장으로 직결되어 매우 자본 집약적이면서 공급 중심의 경제 체제가 형성됨
- 소비자는 배부른 것만이 아니라 맛과 문화, 건강과 행복 등 다양한 것을 추구하기 때문에, 이러한 요구에는 기술 위주의 제품 생산으로는 대응할 수 없음
- 다양한 소비자의 요구에 대응하기 위해서는 제품화, 자동화, 규격화로 대변되는 생산성 증대만으로는 한계가 있기 때문에, 소비자의 욕구에 적절히 대응할 수 있는 4차 산업혁명 기술과의 접목이 필요함

□ 높은 공공성

- 식품 산업은 국민의 안전과 생명에 직결되는 산업이며 국민의 건강과 행복, 국가의 경제와도 직결되는 산업임
 - 식품의 안전에 대하여는 국가나 국민이 모두 매우 민감해 하며, 또한 음식과 식품의 가격 또한 매우 민감한 관심사임
- 국민 삶의 행복이나 건강의 척도에는 국민이 얼마나 안전하고 몸에 좋은 음식을 먹고 건강하게 얼마나 지낼 수 있는가가 가장 중요함
 - 다른 산업과는 달리 식품 산업에서는 특정 식품을 개발해 생산한다고 해서 큰 돈을 일시에 벌수는 없기 때문에, 현재 정부에서 추진하고 있는 신제품 개발 위주의 정책은 농식품산업 전체의 발전과 미래 시대를 대비하는 국가의 정책 으로는 한계가 있음
 - 또한 향후 식품 산업의 성장을 논의할 때에는 소비자의 알 권리와 선택할 권리가 매우 중요한 문제가 될 것임

2. 식품에만 있는 고유 특성

□ 맛

- 산업화 시대에서는 맛을 지나치게 중요시 여긴 나머지 대부분 설탕과 소금으로 맛을 내어 비만 등의 부작용이 나타나게 되었음
 - 예를 들어 미국의 경우 전 인구의 60% 이상이 심각한 비만인 것으로 나타나 심각한 사회 문제가 되고 있음

□ 문화

- 다른 공산품에서 찾아볼 수 없는 식품에 결부된 고유한 특징 중의 하나는 문화와의 연관성이라는 것임

- 문화적인 특성이 식품 선택에도 중요한 요소로 작용하고 있으며, 식품 산업 발전에서도 매우 중요함
- 식문화의 뒷받침 없이는 식품 산업이 글로벌 산업으로의 발전이 불가능함

□ 국민 생활과학기술

- 식품 산업은 국민의 생존과 관련된 산업이므로, 미래에 여태껏 인류가 발전시킨 현재의 다른 모든 산업은 소멸하거나 다른 형태의 산업으로 대체된다고 해도 식품 산업은 인류가 존재하는 날까지 끝까지 함께할 산업임
- 식품은 매일매일 선택의 고민을 해야 하는 대상이며, 어떤 식품을 먹느냐에 따라 맛이 달라지고, 건강이 달라지고, 생활이 달라지고 행복이 달라지기 때문에 식품 기술은 생활과학기술이라고도 말할 수 있음

3. 4차 산업혁명의 올바른 이해

□ 4차 산업혁명의 정의

- 4차 산업혁명이라는 용어는 앞서 독일이 2010년 발표한 ‘하이테크 전략 2020’의 10대 프로젝트 중 하나인 ‘인더스트리 4.0(Industry 4.0)’에서 ‘제조업과 정보통신의 융합’을 뜻하는 의미로 먼저 사용됨
- 2016년 스위스 제네바에서 개최된 다보스 포럼은 ‘4차 산업혁명의 이해 (Mastering the Fourth Industrial Revolution)’를 주요 의제로 설정함
- 그간 저성장, 불평등, 지속가능성 등 경제 위기 문제를 다루어온 다보스포럼에서 과학기술 분야가 의제로 꼽힌 것은 포럼 창립 이래 최초였음. 이후 세계경제포럼에서 제4차 산업혁명을 의제로 설정하면서 전 세계적으로 주요 화두로 등장하게 되었고, 포럼 이후 세계의 많은 미래학자와 연구기관에서 4차 산업혁명과 이에 따른 산업·사회 변화를 논의하기 시작함

- 4차 산업혁명의 주창자이자 세계경제포럼 회장인 클라우스 슈밥은 자신의 책, “4차 산업혁명”에서 4차 산업혁명을 ‘3차 산업혁명을 기반으로 한 디지털과 바이오 산업, 물리학 등 3개 분야의 융합된 기술들이 경제 체제와 사회 구조를 급격히 변화시키는 기술혁명’으로 정의함
 - “우리는 지금까지 우리가 살아왔고 일하고 있던 삶의 방식을 근본적으로 바꿀 기술혁명의 직전에 와 있다. 이 변화의 규모와 범위, 복잡성 등은 이전에 인류가 경험했던 것과는 전혀 다를 것이다.”라고 산업주의를 넘어선 새로운 패러다임을 제시함
 - 제1차 산업혁명(1760~1840년)은 철도·증기기관의 발명 이후의 힘의 기계에 의한 생산을 특징으로 하고 있음
 - 제2차 산업혁명(19세기 말~20세기 초)은 전기와 생산 조립 라인 등 대량생산 체계를 구축함
 - 제3차 산업혁명은 반도체와 메인 프레임 컴퓨팅(1960년대), PC(1970~1980년대), 인터넷(1990년대)의 발달을 통한 통합 정보 기술 시대를 창출함
- 3차 산업혁명을 기반으로 발전한 산업화를 뒤이을 4차 산업혁명은 초연결성(super-connected), 초지능화(hyper-intelligent)의 특성을 가지고 있으며, 사물 인터넷, 클라우드(cloud), 등 정보통신기술(ICT)을 통해 인간과 인간, 사물과 사물, 인간과 사물이 상호 연결하여 빅데이터와 인공지능 등으로 보다 지능화된 사회로 변화시킬 것으로 예측되고 있음

□ 4차 산업혁명에 대한 오해

- 4차 산업혁명의 주창자들은 산업화 이후 시대(post-industrial era)의 사회적 경제적 변화를 주요 이슈로 삼고 있는 반면, 우리나라에서는 아직도 생산과 효율, 그리고 편리함을 중심으로만 4차 산업혁명을 이야기하고 있음
 - 예를 들어, 인공지능 기능의 발달로 자율 주행 시대가 올 것이라고 전망하지만, 4차 산업혁명의 대상은 자율 주행 기술의 발전을 넘어 자율 주행차가 몰고 올 삶과 사회 구조의 변화 전반이 되어야 함

- 인공지능 기술의 발달로 인간이 인간다움을 자칫 잊을 수도 있는 미래에 4차 산업혁명은 인간 개인의 삶의 질 향상, 인간의 행복을 추구하고자 하는 생활 혁명이라고도 이해할 수 있음

가. 4차 산업혁명의 요소

- 4차 산업혁명은 기본적으로 인공지능을 기반으로 하는 산업과 생활의 혁명이기 때문에 4차 산업혁명을 이해하려면 기본 기술인 인공지능에 대한 이해가 필수적임

□ 하드웨어적 요소

- 인공지능은 사람과 같이 생각하고 어떤 문제를 풀어나가는 인간 뇌의 뉴런(neuron)과 게놈(genome)을 닮은 기계(hard ware)임

□ 소프트웨어적 요소

- 기계적인 요소에다 주위의 환경이나 행동을 뇌 기능을 갖는 기계에서 인식하도록 하고 서로 연결해주면서 결론을 내리고 행동할 수 있도록, 즉 사람과 같이 행동할 수 있도록 시스템을 만들어 주는 것이 소프트웨어적 요소임
 - 핵심 기술은 이들을 연결(super-connected)시키고 인지(hyper-intelligent) 하게 하고 행동할 수 있는 알고리즘을 개발하고 시스템을 프로그래밍하는 것임
- 식품 산업을 예로 들 경우, 개인 맞춤형 식품이 4차 산업혁명의 결과로 나타날 가장 대표적인 제품이 될 것임

□ 빅데이터

- 4차 산업혁명 시대에는 하드웨어의 발달로 인하여 많은 정보가 있더라도 이를 분석하여 로직과 원리를 찾아내야만 정확한 판단을 내릴 수 있음

- 이때, 정보 즉 경우의 수가 많아야 정확히 판단하여 최적의 판단을 하게 되기 때문에 인공지능의 핵심 요소는 정확하고 오류가 없는 빅데이터임

나. 생활혁명 차원에서 본 4차 산업혁명의 특징

□ 탈 중앙집중화(decentralization)

- 4차 산업혁명 시대에는 개인의 특성에 맞게 다양한 제품을 특정 소비자를 위해 생산하거나 초연결시켜 주기 때문에 종래의 가격 경쟁이나 생산을 위한 효율 경쟁은 의미를 잃게 됨

□ 개인맞춤형(personalization)

- 각 개인에 맞는 빅데이터 및 대상 오브젝트(object)에 대한 빅데이터가 창출 된다면, 식품 산업에서는 deep learning 기술이 각 개인의 생활에 필요한 취미, 문화, 여행, 휴식, 건강, 의료, 음식을 제공할 수 있도록 초연결 될 것임
- 생명과학기술 발달이 수반되면, 각 개인 안에서의 감정과 생체리듬에 따라 요구되는 식품에 대한 구별도 가능하여, 적절한 맞춤형 식품 공급도 가능해짐

□ 가치 공유와 공유 경제

- 인공지능의 발달로 인해 4차 산업 혁명 시대에는 초연결(super connection)이 이루어지기 때문에 인간과 인간(internet of human), 인간과 사물(internet of things) 간에 모든 가치나 사물(facilities)이 공유될 수 있음
- 건물(사무실, 공장), 땅(농장), 기계, 운송 수단(자동차), 정보, 지식, 가치 등이 서로 맞춤형으로 연결되어, 가치 공유를 넘어 공유 경제도 확산 될 것임

4. 4차 산업혁명과 개인 맞춤형 식품

- 생명과학기술의 발달로 사람의 전체 유전자는 물론 특정 유전자가 어떤 질환 발생과 관련이 있는지 속속히 알려지고 있음. 특히 어떤 유전자는 사람의 건강뿐만 아니라 수명과도 밀접하게 연관되어 있다고 밝혀짐
- 따라서 향후에는 유전자 분석을 통하여 특정 개인이 미래에 어떤 질환이 발생할 것인지도 어느 정도 예측이 가능할 것임
 - 개인 유전자에 대한 정형화된 빅데이터와 식품 관련 빅데이터가 융합된다면 이들을 기반으로 개인 맞춤형 식품 제공이 가능해짐
- 개인의 식습관, 일하는 습관, 쉬고 즐기는 습관에 대한 빅데이터가 축적된다면, 생활 습관에 따른 맞춤형 식품 제공도 가능함
- 어떤 식품을 먹느냐에 따라 장내 미생물의 분포가 달라지며, 어떤 미생물이 우리 장내에 어떻게 자리 잡고 있느냐에 따라 장 건강, 면역, 건강, 체질 심지어는 성격까지 영향을 받는다고 알려져 있음(이러한 생명 현상을 마이크로비옴 (microbiome)이라 함)
 - 따라서 어느 나라의 어떤 음식이나 재료가 우리 몸의 장내 미생물의 변화와 분포에 어떤 영향을 주는가 등에 대한 정보를 제공하는 빅데이터는 향후 맞춤형 식품을 디자인하고 서비스하는 데에 매우 중요한 역할을 할 것임

5. 4차 산업혁명 시대의 라이프 스타일 전망

가. 우리나라 맞춤형 식품의 전망

□ 빅데이터 창출이 중요

- 우리나라는 4차 산업혁명의 기본 요소 중에 하드웨어적 요소는 비교적 강한 경쟁력을 보유하고 있지만 소프트웨어적 요소는 상대적으로 뒤떨어져 있음
 - 수십 년 동안 바이오 기술의 투자로 현대 생명과학기술은 세계 어느 나라에 비하여 떨어지지 않음에 반해, 생명과학기술로 얻는 데이터 및 우리 몸의 건강과 식품과의 관계를 연결하고 이를 통섭적으로 컨트롤 할 수 있는 소프트웨어적 역량은 강한 편이 아님
- 정부는 융합 과제를 많이 독려하고 있지만 대부분 융합과제가 기술적, 융합, 제품의 융합 등 하드웨어적 융합 연구에만 머물러 있어, 기술과 생활과의 융합, 기술과 소비자와의 융합 등 하드웨어와 소프트웨어의 통섭적 융합에는 상대적으로 관심이 적음

□ 한식의 건강성

- 우리나라의 경우 식품 산업에서 빅데이터를 축적할 수 있는 여건이 매우 좋음
 - 오래된 농경 역사를 갖고 있기 때문에 음식의 종류뿐만 아니라 만들어 먹는 형식 또한 매우 다양함 (권대영, 2019)
- 따라서 우리 식품에 대한 과학적인 빅데이터만 창출된다면 세계 어느 나라보다도 건강한 개인 맞춤형 식품 제공이 가능할 것임

나. 4차 산업혁명 시대의 맞춤형 식품을 열기 위한 제언

□ 빅데이터 창출

- 개인의 생물학적 니즈와 감각적 니즈를 맞춤형 식품 빅데이터와 초연결(super connection)하여 수많은 유형의 소비자에게 수많은 개인 맞춤형 식품을 제공할 수 있는 플랫폼을 개발하고 이를 서비스할 수 있도록 준비하여야 함
- 수많은 빅데이터가 창출되면 기업은 이익을 내기 위해 플랫폼을 스스로 만들고 운용하게 될 것이므로, 정부는 이러한 플랫폼의 기반을 구축하고 그 모형을 제시해주는 역할을 해야 함
- 민간영역에서 많은 양의 빅데이터를 구축·관리하기에는 한계가 있기 때문에 빅데이터 창출에 있어서 정부의 적극적인 역할이 요구됨
 - 개인 맞춤형 식품 시대에서 정부는 과학, 문화, 소비자, 공급자 등 모든 영역의 사람들을 아우르고 소통할 수 있는 컨트롤 타워 역할을 해야 함
 - 정부는 소비자와 민간이 언제라도 빅데이터를 사용할 수 있도록 끊임없이 보완하고 잘못된 정보를 걸러내는 작업도 진행해야 함
 - 또한 정부는 개인 맞춤형 식품 산업의 발전을 위하여 법적, 제도적 문제점에 대하여 면밀한 검토와 개선 방안을 마련해야 함

□ 민간의 역할

- 창출된 빅데이터와 제시된 플랫폼을 검토하여 개인 맞춤형 식품 산업을 이끌어 가는 주체는 민간이어야 함
- 민간은 또한 우리나라 맞춤형 식품 산업을 기반으로 해외에서 각 나라별, 민족별, 그 나라 전통 음식별 개인 맞춤형 식품 산업의 선도 기업이 될 수 있도록 노력해나가야 할 것임

□ 새로운 직업

- 개인 맞춤형 식품 생활은 인공지능, 생명과학기술, 식품 산업의 특성, 소비자의 건강과 복합적으로 연결되어 있기 때문에 ‘개인맞춤형 생활 디자이너’, ‘맞춤형 식품플래너’ 등의 직업이 탄생하게 될 것임

□ 개인 맞춤형시대를 열어가기 위한 법·제도

- 각 개인의 빅데이터를 창출하여 생명과학분야 등에 활용하고 맞춤형 식품을 디자인하는 데에 있어서는 개인정보 문제와 생명윤리 문제 등이 극복해야할 과제라고 할 수 있음
 - 어떻게 개인정보를 확실히 보호할 것인지가 우선 해결해야 할 과제인데, 개인 맞춤형 식품과 생활은 공공의 영역(public sector)인 의료와는 달리 사적 영역(private sector)이기 때문임
 - 데이터 구축과 정보에 대한 접근 격차로 인해 부유한 사람은 맞춤형 식품을 소비하여 더 건강해지고 가난한 자는 맞춤형 식품을 소비하지 못해 먹고 더 약해지는 현상이 발생할 가능성이 큼
 - 이와 같은 격차에 따라 개인의 건강과 행복지수 격차도 더 벌어질 것이므로 빈부격차 극복은 매우 중요한 과제로 등장하게 될 것임
- 따라서 개인 맞춤형 식품 산업의 발전은 이를 뒷받침할 수 있는 법·제도적 보완이 필요한데, 이 과정에서는 과학기술 법제학회 등 전문가 집단의 역할이 중요함

□ 개인 맞춤형 시대를 열어가기 위한 교육의 필요성

- 정확한 데이터와 가짜 데이터 분별 교육
 - 농수산물과 식품에 관한 국민의 알 권리 차원에서 데이터 창출은 농림축산 식품부가, 국민의 안전할 권리 차원에서 가짜 데이터추출과 검증은 식품의약품 안전처가 주체가 되어 수행하는 것이 필요함
 - 가짜 데이터와 과학적인 데이터를 구분하고 정보를 획득하는 방법에 대한 교육도 필요함

○ 개인 맞춤형 푸드 플래너 양성 교육

- 개인 맞춤형 식품 생활 추진을 위해서는 인공지능, 생명과학기술, 식품 산업의 특성, 소비자의 건강 등이 복합적으로 어우러져 있기 때문에 ‘개인 맞춤형 생활 디자이너’, ‘맞춤형 푸드 플래너’의 도움이 필요할 것으로 예측됨
- 이에 따라 생활과학기술·생명과학기술 전문가 교육과 개인 맞춤형 식생활 디자이너 등 새로운 직업 분야의 인재를 양성하는 것이 필요함
- 해당 전문가는 식품, 생명과학, 인공지능의 이해 등 개별 학문의 학습과 함께 이를 융합하고 다양하게 적용할 수 있는 능력이 필요하므로 조직적이고 체계적인 직업교육이 필요할 것으로 판단됨
- 정부는 앞으로 이러한 새로운 분야의 직업을 발굴, 전문가를 양성할 수 있도록 제도를 정비하고 융·복합 전문교육 기관의 설립을 추진하는 노력도 필요할 것임

미래의 농식품 기술과 교육



III

미래의 농식품 기술과 교육

1. 식품 분야 미래 전망과 최신 식품공학기술

가. 최신 식품공학기술과 미래 전망

□ 4차 산업혁명과 식품공학기술

- 최근 글로벌 산업계는 4차 산업혁명의 새로운 격변기를 맞이하고 있으며, 제조업과 정보통신기술, 첨단과학기술 등이 각 분야 간 전면적인 융·복합을 통해 푸드테크를 주도하고 있음
 - 푸드테크란 식품(food)과 기술(technology)의 합성어로 최근에는 식품 산업과 정보통신기술(ICT)이 접목돼 생성된 새로운 4차 산업 분야를 의미함
- 식품의 생산, 보관 및 유통 그리고 소비와 폐기에 이르는 푸드 밸류 체인(food value chain) 전반에 대한 모든 기술적 측면에서 대대적인 변혁으로 작용함
 - 사물인터넷과 생명공학기술 등으로 무장한 스마트 팜 및 대체 육류생산 기술과 로봇 및 인공지능으로 운영하는 콜드체인 물류, 그리고 식품 나노 및 3D 프린팅 등은 미래 식품공학기술의 변화를 실감하게 함

<그림 3.1> 푸드 밸류 체인과 4차 산업혁명의 식품공학 핵심 기술



- 식품공학기술은 산업혁명 단계에서 세상을 바꾼 핵심 기술이며, 미래 고부가가치 신산업으로서 4차 산업혁명 관련 신기술의 도입을 고민하는 단계를 지나서 ‘어떻게 빨리 도입하고 발전시킬까’에 대한 대응방안을 숙고할 시기임
- 식품생산 분야에서는 기술농업화를 주축으로 하는 정밀농업과 국가식량안보대응 국가식품시스템 구축이 필요함
- 유통, 소비, 가공 분야는 4차 산업혁명 시대의 주축기술인 초연결 지능정보기술을 기반으로 하는 스마트 팜, 3D 프린팅, 푸드 케어, 식품 나노 푸드 팩토리 영역의 개발에 집중해야 함
- 시스템, 인프라 분야로 인공지능, 구제역, 콜드체인, 농산물우수관리제도(Good Agricultural Practices, GAP) 등 인프라 구축으로 시스템 기반 국가식품 안전 시스템을 개발하는 등 4차 산업혁명을 주도할 구체적 전략이 필요할 것임

□ 미래 식품 산업과 3D 프린팅 기술

- 정의: CAD(computer aided design)나 3D 스캐너를 통해 만들어진 3차원 디자인을 바탕으로 식품 구성비, 영양학적 데이터 등을 반영한 후 식품원료를 한 층씩 적층하여 3차원으로 재구성하는 제조 기술
- 2D 프린터라고 할 수 있는 잉크젯 프린터는 디지털화된 파일을 전송받아 잉크 분사 노즐을 X축과 Y축으로 이동시키면서 종이에 잉크를 분사하여 활자나 그림 등의 2D 이미지를 인쇄하는데, 3D 프린터는 여기에 Z축 방향의 움직임을 더하여 3차원 입체 형상을 구현함
- 3D 푸드 프린팅의 기초 공정은 모델링, 3D 프린팅, 후가공의 3단계로 구성됨
- 우선 모델링 공정에서는 원하는 디자인을 CAD 등의 디자인 소프트웨어 또는 3D 스캐너를 통해 3차원 디지털 도면을 제작
- 완성된 도면은 3D 프린터가 적층할 수 있도록 층별로 분리한 후 코드로 변환하는 슬라이싱(slicing) 작업을 거친 후에 3D 프린터로 전송
- 이후 3D 프린팅 공정에서는 식량 작물 소재를 소결, 용융하여 프린팅이 용이한 형태로 만들어 한 층 한 층 쌓아 입체적으로 재구성

<그림 3.2> 3D 푸드 프린팅의 주요 공정



○ 식품의 역할과 3D 프린팅의 새로운 구조적 특성을 결합하여 기존 식품 고유의 형태와 질감뿐만 아니라 영양적 조성을 자유롭게 디자인하여 시너지 효과를 만들어내는 것이 목적임

- 기존 식품 생산의 한계를 넘어 개인 니즈에 대응할 수 있는 다품종 소량 생산 기반 기술로 활용되며, 식품의 맛과 외견뿐만 아니라 개인의 영양 요구량에 맞게 프로그래밍할 수 있는 단계에 도달하였음
- 기술 설계 데이터의 오픈 소스화로 인해 식품 생산이 디지털 영역에 이행되면서 메이커 무브먼트(maker movement)를 가속화 하고 있음
- 식품 제공의 형태 변화에 국한된 것이 아니라 디지털 제조에서 온라인 플랫폼에 공유된 데이터로 수평 전개됨으로써 소비자와 생산자의 경계가 모호해짐
- 장비의 가격 하락과 성능 향상이 진행됨에 따라 기존 3D 프린팅 시장의 킬러앱(killer app)이 될 것으로 전망되고 있음

□ 식품 나노 기술에 대한 이해

○ 정의: 수 nm ~ 수 μm 의 범위에서 대사 산물이나 장치의 물리 구조를 제어함으로써 기능성 및 이용성을 높이는 마이크로 엔지니어링을 포함한 시스템

- 식품 분야에서는 1 μ m 미만의 입자로 미세화하여도 그 성분이 가지는 본연의 특성과 다른 성질이 발현될 수 있기에 크기에 대한 정의가 다소 넓음
 - FAO에서 정의하는 나노 식품은 나노 기술을 활용하여 식품 시스템을 구축하고 고안하여 유용 물질을 생산하거나 건강 증진에 도움이 되는 신소재를 이용한 기능성 식품임
- 식품 나노 기술은 IT(information technology), BT(bio technology)기술과 함께 첨단 제조 기술에 바탕을 둔 신제조업의 중추적인 분야로 지난 2000년 초반부터 세계 각국에서 많은 연구와 산업화를 위한 시도가 계속됨
- 세계적으로 나노 식품 개발에 관한 연구가 확대되며, 그 수요는 해마다 증가하고 있음
 - 하지만 학술적 연구와 기술 개발에 집중되어 나노 기술의 농업 생산이나 식품 산업의 응용은 아직 초기 단계임

<그림 3.3> 나노 기술이 적용된 식품의 예



홍보문구

1

생물학적 이용가능성(bioavailability) 증가
체내흡수율증가

2

한 번 섭취로 오랜시간 효과 유지

□ 현재 해외 우수 대기업들을 중심으로 식품 나노 기술 개발이 활발히 전개 중

- 크래프트 푸드 그룹(Kraft Foods Group, Inc.)과 미국 유수의 대학들이 2000년대 초반 컨소시움을 결성하였음
 - 식품이 지니고 있는 맛이나 색, 특히 향미 성분 포집 기술에 나노 기술을 접목시켜 식품 고품질화에 적용
 - 또한 다국적 기업인 Nestle는 스위스 로잔의 식품 중앙 연구소에서 나노 기술에 대한 집중 연구 부서를 별도 설치해 나노 식품 기술에 관한 원천 기술을 확보함
- 국내 식품 나노 기술은 주로 식품 영양 전공자들이 기존에 알려져 있는 기능성 생리 활성 물질을 나노 입자화하여 미량에서 최대의 약리 효과를 볼 수 있는 기능성 식품 개발에 치중하고 있음
 - 실험실 단위에서 개발 및 규명된 나노 식품의 공장 적용 실현 가능한 기술 개발이 상당히 미흡한 상황으로 실질적인 기술 개발이 필요한 시점임

나. 기술 개발 동향 및 주요 이슈

□ 3D 푸드 프린팅 기술

- 국내외 기술 개발 현황
 - 3D 푸드 프린터는 전문가뿐만 아니라 개인적인 용도로 점차 대중화 되고 있으며, 관련 제품의 가격도 상용화 가능한 수준으로 낮아지고 있음
 - 비교적 최근에는 선도 기업이 장악하고 있던 관련 핵심 특허권이 다수 만료되면서 응용 신기술이 도입되고 사용자 플랫폼이 보다 구체화됨
 - 이를 기회로 3D 푸드 프린팅 시장이 연평균 54.75%의 성장세를 보여 2025년에는 4억 2,500만 달러로 성장할 것이라는 보고서가 발간되어 주목을 받고 있음³⁾

3) Persistence Market Research, 3D Food Printing Market: Global Industry Analysis and Forecast 2016 - 2026, 2016

- (미국) NASA, 3D SYSTEMS 및 네이틱솔져 등은 식품 가공용 3D 프린팅 기술 연구 개발을 진행하고, 소비자 중심의 다양한 서비스를 제공하고 있음
 - 항공우주국(NASA)은 3D 프린터로 생산할 수 있는 식품 개발을 위해 SMRC (System and Material Research Company)에 125,000달러의 연구비 지원
 - 육군 네이틱솔져 연구 센터는 병사들의 전투복에 생리학적 또는 영양적 상태를 측정할 수 있는 장치를 부착하여, 이 데이터를 기반으로 식품 출력

〈그림 3.4〉 SMRC에서 개발한 피자 프린터(좌)와
네이틱솔져의 3D 프린팅 전투 식량 공급 시스템(우)



자료: <https://3dfoodprintingconference.com>

- (독일) Biozoon은 EU에서 연구비(300만 유로)를 지원받아 저작/연하 용이 식품을 개발하고 노인과 연하 곤란 환자의 더 나은 식사를 위해 향후 음식 및 재료 종류를 지속적으로 확대할 예정임
- (이탈리아, 네덜란드) 네덜란드 TNO에서는 이탈리아 파스타 제조업체인 Barilla와 함께 개인 맞춤형 3D 파스타 프린터 개발 및 운영 중임
- (영국) Food Ink 레스토랑은 식기, 의자, 테이블 등 3D 프린터로 출력된 물건들로 구성하고, 애플타이저에서 디저트까지 3D 프린터로 출력된 코스 요리를 제공하고 있음

<그림 3.5> 3D 프린팅 연하식(좌), 3D 파스타 프린터(중), 3D 프린팅 레스토랑(우)



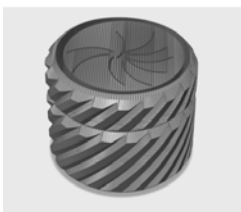
자료: www.3dprintr.com

○ 기술 실현 장애 요인

- 하드웨어 및 소재에 대한 지속적인 발전에도 불구하고 해당 기술의 실효성을 확보하기 위해 극복해야할 수많은 과제가 존재함
 - (기술적 요인) 현 기술 수준으로는 음식을 만드는 데에 많은 시간이 소요되고, 본래의 풍미와 질감을 부여하기 어려운 3D 푸드 프린팅의 한계가 시장 성장을 억제하는 주요 요인임
 - 1mm 노즐을 사용하는 3D 푸드 프린터에서 직경 8.4cm, 높이 3cm의 원통 모형의 식품을 출력하는 데에 1시간 이상이 소요되며, 이는 1회 식사 분량을 대략 300g로 설정하였을 때 3시간의 출력 시간이 소요되어 해당 기술의 실효성에 대한 가장 큰 문제로 지적됨

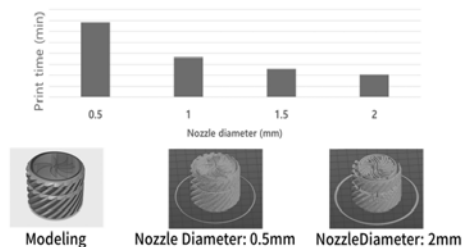
<그림 3.6> 식품 조성물의 성형 시간 및 노즐에 따른 출력 속도

식품 조성물의 성형시간 분석



- Size: 84mm x 84 mm x 29 mm
- Time: 73 min
- Infill: 50%
- Nozzle: 1mm
- Layer height: 0.5mm
- Print speed: 60mm/s
- Travel speed: 120mm/s

노즐 직경과 출력속도



- (산업적 요인) 먹는 행위가 격변하는 미래상은 단기적으로 그리기 어려워 기술 개발에 대한 투자 위축으로 이어질 수 있으며, 기존에 없던 신기술에 대한 수요 시장이 불분명함
 - 타깃 시장의 요구에 따라 기술 유형을 보다 세분화하고 수요 중심의 기술 개발을 통해 변화의 모멘텀을 가속화할 필요가 있음
 - 신기술에 대한 순간의 관심과 호기심으로 그치지 않고 다양한 서비스 모델로 확대될 수 있도록 지속적인 콘텐츠 개발이 필요함
- (정책 및 관련 법규) 3D 푸드 프린팅에 대한 식품 위생 안전 인증 기준 부재로 인한 신규 식품 및 관련 기술에 대한 정의, 취급 및 관리에 대한 기준 제정이 필요함
 - 3D 푸드 프린터는 이미 글로벌 시장에 다수 제품이 출시되고 그 활용과 시장 규모가 지속적으로 확대되고 있으나, 국내에서는 관련 기준이 미비하여 상용화가 어려운 실정임
 - 3D 프린터 내부의 원료와 접촉하는 부분에 대한 위생 및 세척 사항에 대한 기준 그리고 식품 판매 규격을 마련하는 등 식품위생법 내 푸드 프린터에 대한 기준을 신설하고 산업 발전을 도모해야 함

○ 타 산업 기반 기술 융합 대응 방안

- 초기 시장에서 해당 기술 개발은 단기적으로 수요가 발생하기 어려워 기술 선점을 위해서는 정부 차원의 적극적인 지원이 필요함
- 우리나라는 3차원 프린팅 산업 진흥법⁴⁾을 제정하여 해당 산업 발전의 기반을 조성 중에 있으나 식품 활용 기술에 관한 내용은 전무한 실정임
 - 이미 그 가능성에 주목하고 있는 외국에서는 산업 분야별 최적화된 기술 유형에 대한 투자를 아끼지 않아 다양한 푸드 3D 프린팅 기술이 개발되고 있음
- 3D 푸드 프린팅 기술은 정보통신기술, 사물인터넷, 스마트 헬스케어 분야의 지식 집약적 산업으로 IT 기술과 노하우를 보유한 국내 산업 이점을 활용하여 플랫폼 기반의 경로를 보완하는 것으로 세계 시장 점유가 가능함

4) 프린팅 산업진흥에 필요한 사항을 정함으로써 해당 산업발전 기반조성 및 국가경제 발전에 이바지함을 목적으로 함

- 3D 푸드 프린팅의 기반 기술 자체는 이미 타 분야에서 널리 활용되는 기술로 하드웨어 관련 기술 자체는 국내에도 이미 확보된 상태임
- 하지만, 산업 활성화를 위한 디지털 콘텐츠를 생성하는 소프트웨어 기술 개발이 전무하여 헬스케어 프로그램, 사물인터넷 연계 등 균형 있는 발전이 필요할 것으로 보임
- 특히, 다양한 응용 기술로 활용 가능한 3D 푸드 프린팅을 타 시장과의 가치사슬에 연결하여 충족되지 않은 니즈를 심층 파악한다면 틈새 시장 공략이 가능함
- 3D 프린팅은 전통적인 식품 제조 방식에 비해 유리하게 생산 가능한 제품이 상이하기 때문에 시작 단계부터 수요와 연결된 개발 전략이 필요함
 - 현행 기술 수준으로 출력 시간이라는 분명한 한계가 존재하지만, 식품 시장의 음식에 대한 기대는 그렇게 단순하지만도 않음
 - 예를 들어 외식의 경우는 음식이 제공되는 시간이 중요한 요인으로 여겨질 수 있지만, 병원이나 노인 복지 시설에서 제공되는 식품은 시간적 측면보다는 높은 영양가와 부드러움이 중시될 수 있음
 - 아이들의 경우 나만의 음식을 출력하기 위한 기다림이 즐거움으로 다가올 수도 있을 것인데, 이와 같이 음식에 요구되는 요소와 역할은 소비자의 특성과 상황에 따라 크게 달라질 수 있음
 - 따라서, 현 시점에서의 기술 한계를 명확히 인식하고 소비자의 니즈를 충족시킬 수 있는 다양한 응용 분야의 가치사슬에 연결하여 수요와 연계된 기술 개발을 지속적으로 추진해야 함
 - 이를 통해 특정 식품 산업을 타깃으로 하여 최적화된 소재 가공 방법을 개선시킨다면 기술의 적용 범위가 점차 확대되어 새로운 디지털 식품 생산 기술로써 자리매김 할 수 있을 것임

□ 식품 나노 기술

○ 국내외 기술 개발 현황

- 나노 기술을 적용하고 있는 식품 관련 기업은 세계적으로 200여 개 업체가 있으며 미국이 주도하고 일본, 중국 순임
 - 나노 식품 기술은 유제품, 시리얼, 빵, 음료수는 현재 비타민, 미네랄(철, 마그네슘, 아연 등), 프로바이오틱스, 생물 활성 펩타이드, 항산화제, 식물성 스테, 콩 등으로 강화되는 중임
 - 나노 입자는 영양분의 전달 기능 외에도 식품 가공 시 유동성, 색깔, 안정성을 향상 시키거나 유통 기간의 연장을 위해서도 개발됨
- 대한민국은 세계 4위 수준⁵⁾으로 빠르게 기술을 추격 중에 있으며, 나노 기술을 농업 및 식품 제조업에 활용하는 사례가 다양화되는 추세임
 - 식품 원료를 나노 입자 형태로 분쇄해 흡수율을 높인 나노 분말 제품, 나노 캡슐 기술을 활용해 기능성 물질의 생체 이용률 등을 높인 건강기능식품 등 식품 및 의약품, 농업 기술 기업을 중심으로 연구가 활발히 진행 중임

○ 기술 활용 주요 이슈

- (안전성) 나노 물질의 속성(작은 크기, 상대적으로 더 큰 표면적)은 산업적 응용 가능성을 높이는 동시에 잠재적으로 독성을 지닐 수 있음
 - 특히 100nm 이하에서 높은 침투성(access)과 반응성(reactivity)이 새로운 독성 위험 유발이 가능함
 - 작업 환경의 나노 물질 노출 연구와 관련 자료의 부족으로 나노 물질 노출 수준과 노출 제한치(threshold)의 도입 및 적용이 이루어지지 않고 있음
 - 현재 연구되어 있는 분석 방법의 이용은 나노 크기 입자의 생물학적 영향에 대한 결정을 뒷받침하기에 충분하지 않을 수 있음⁶⁾
- (소비자 인식) 나노 식품이 이미 우리 식탁에 스며들고 미래에 상당한 비중을 차지할 것으로 예상되는 반면, 소비자들은 좀처럼 몸으로 실감하기 어려운 실정임

5) 식음료신문, 2018.06.05. '세계는 지금 신소재 식품 선점 경쟁' 기사 인용

6) 소비자안전센터, 나노 제품의 안전성 및 유통 실태 조사, 2011

- 이는 식품업계에서 나노 기술을 활용해 식품의 한계와 문제점을 보충하고 있지만 이를 적극적으로 알리기를 꺼려하기 때문임
- 식품업계는 나노 식품이 과거 유전자 조작(GM) 식품 같은 취급을 받을까 봐 두려워하고 경향이 있어 안전성에 대한 확보와 소비자 대상의 적절한 홍보 및 교육이 중요함
- (소비 패턴의 한계) 현재 나노 소재의 주요 소비 형태는 액상, 과립, 분말, 환, 타블렛(tablet) 등 경구 투여용 제형이 대부분으로 제품 다양성이 매우 떨어지는 실정이므로 나노 식품의 새로운 가치 창출 및 소비 패턴 다양화를 위해 실용화 가능한 미래 대응 방안 도출이 필요함

○ 주요국 대응 사례 및 개선 방향

- 전 세계적으로 나노 기술의 중요성을 인정하고 나노 물질의 물리화학적 특성 규명, 분석 방법 확립, 생물학적 상호 작용에 대한 기술 개발 및 전략 수립 중임
- (EU) 나노 기술연구소(Institute of Nanotechnology, IoN)의 FP7프로젝트를 실행하여 의학, 환경, 소재, 농식품 등 나노 기술 활용 일반 분야 10개를 선정하여 분석함
- (미국) 국립산업안전보건연구원(NIOSH), 환경보호청(EPA), 국립보건연구원(NIH), 국립과학재단(NSF) 등 정부 부처와 연방 기관의 다자간 협력 프로그램(inter-agency program) 운영을 통해 나노 소재의 효율적인 안전성 평가 기술 확보에 주력함
- (일본) 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO)에서는 나노 입자 특성 평가 방법의 연구 개발, 공업 나노 입자 특성 연구, 노출 평가 및 유해성 평가 방법 개발 등을 수행하고 있음
- (대한민국) 나노 제품 안전성 종합 계획 추진(지식경제부): 나노 제품의 안정성 평가·관리 체계 확립과 국제 표준 인증 체계 구축을 목표로 2020년까지 3단계에 걸쳐 생산·유통 등 전주기에 걸쳐 품목별 안전 관리 체계를 구축할 예정임

- 한국의 규정 제정을 검토하는 데에 있어 미국, EU 등의 제도와 규정이 어떻게 제정되는지를 모니터링하며 이와 조화를 맞추려는 노력이 필요함
 - 나노 기술 응용 식품 관련 규정을 제정하는 것은 제외국 모두가 같이 경험하는 문제이므로 제외국과의 조화가 중요함

○ 3D 프린팅을 이용한 소비 패턴 확대 방안

- 기능성 나노 소재를 3D 프린팅이 가능한 구조 형성 매트릭스에 함입하면 일반 가공 식품 형태로 재구현이 가능함
 - 나노리포좀(nano-liposome) 및 나노에멀전(nanoemulsion)은 작은 사이즈에서 기인한 높은 분산성 및 새로운 가공 적성으로 인해 3D 프린터용 식품 소재와의 블렌딩(blending)이 용이함
 - 지질 나노 캐리어를 활용한 생리 기능 성분의 캡슐화 기술을 통해 3D 프린팅 공정에서 발생하는 고온, 고압으로 인한 생리 기능 성분의 기능성 손실을 최소화하는 것이 가능함
 - 이를 통해 기존에 변형의 한계가 있던 기능성 제형을 원하는 일상식의 형태로 재구현이 가능함

<그림 3.7> 3D 프린팅을 이용한 식품 나노 소재의 소비 패턴 다양화 방안



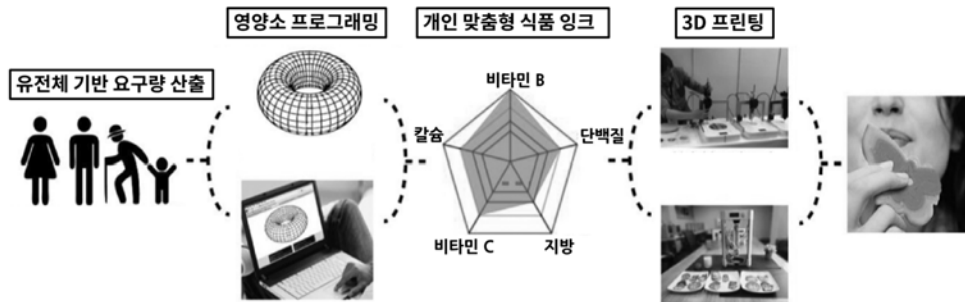
다. 기술 활용 및 미래 대응 방안

□ 유전체 기반 개인 맞춤형 식품 제조 응용

- DNA 염기서열 정보 해독(genome sequencing)의 괄목할만한 발전으로 개인의 영양 필요량을 산출함에 있어 유전적 특성에 따른 영양소 반응 차이까지 고려하는 기술 수준에 도달함
 - 13년간 38억 달러의 예산을 들인 끝에 2003년 인간의 전체 게놈 정보 해독에 성공⁷⁾
 - 세계적인 유전자 분석 장비 업체인 일루미나(Illumina)는 2017년 1월 60명분의 염기서열을 48시간 만에 해독 가능한 ‘노바섹(NovaSeq)’을 출시함
 - 현재 100달러(약 11만 원)로 1명의 유전체 염기서열을 해독하는 수준으로 상용화함
- 하지만, 유전자 프로파일과 일치하는 식품을 제공할 수 있는 수단은 매우 제한적임
 - 또한 진단 기술과 헬스 케어 시스템의 발달로 개인의 유전자에 기초를 둔 개인 맞춤형 식품 제공 플랫폼 자체는 이미 충분히 구축되어 있음
 - 개인의 필요한 영양소의 종류와 정량적인 수치를 알고 있다 하더라도 이를 충족시키는 음식을 공급받기란 보통의 노력으로는 어려움
- 3D 푸드 프린팅은 다양한 식품 원료를 정밀하게 배합하여 이론적 이상치에 근접한 맞춤형 식품 생산이 가능함
 - 영양 성분을 자유롭게 배합하고 식품 종류간의 구성 비율을 섬세하게 제어할 수 있는 3D 푸드 프린팅이 대안이 될 것으로 주목되고 있음
 - 재료를 미세하게 분쇄 후 재구성하는 기술의 특성상 다양한 재료로 채워진 캡슐을 교체하고 조합하는 것만으로도 손쉽게 개개인의 영양 요구에 부합하는 식품 제조가 가능함
 - 3D 프린팅에 사용되는 식품 원료는 분말이나 반죽 형태로 공급되는데, 이러한 형태의 식품은 매우 안전하고 기능성 나노 물질의 혼입과 영양소 제어가 용이함

7) 주간조선, 2017.12.4. 기사 인용

<그림 3.8> 개인 맞춤형 3D 푸드 프린팅 과정



- 이미 상용 모델 프로토타입을 거의 완료하고 헬스 케어 알고리즘과 연결된 소프트웨어를 개발 중인 업체들이 등장하고 있으며, 이러한 기술 발전 속도를 감안할 때 앞으로 3D 푸드 프린터의 활용도는 더욱 확대될 것으로 보임

□ 미래 식품 산업 정책 추진 방향

- 미래형 신성장 산업으로서 식품 나노 기술과 3D 프린팅 기술의 산업 정착을 위해 차별화된 R&D 정책이 필요함
- 식품 나노 및 3D 프린팅 기술의 융합형 연구 개발을 통해 고부가가치의 미래형 식품가공기술로 발전시켜야 함
 - 또한, 이러한 기술이 기능성 소재 산업의 부가 가치를 높이는데 기여할 수 있도록 제품화 과정을 연계한 인프라 및 지원 시스템 구축이 필요함
 - 결과물의 실용화를 위해서는 소재 개발 및 제형화를 위한 기초 R&D 단계와 상용화(제품화)를 위한 이후 단계로 사업을 분리하여 단계적인 지원 정책을 수립하는 것이 필요함
 - 특히 기능성 제어에 관한 식품 나노 및 3D 프린팅에 있어서, 기능성 물질 발굴을 철저히 배제하고 검증된 소재를 대상으로 제형화를 위한 기술에 집중 투자하는 것이 바람직함
 - 따라서, 주로 원천 기술을 보유한 대학 및 연구소와 이를 상업화하려는 기업과의 컨소시엄 또는 사업단 형태의 지원이 이루어져야 함

- 기술 표준화 및 기준/규격 설정을 통한 기술 개발 가이드라인이 제시되어야 함
 - 식품 산업 중 3D 프린팅 기술이 적용될 수 있는 세부 분야는 매우 다양하고, 적용 분야에 따라 요구되는 소재의 성질은 매우 상이함
 - 3D 프린터용 식품의 가공 방법을 연구하는 것과 동시에 적용 분야를 구체화하고 각 분야에 특화된 식품 소재 개발 연구가 추진되어야 할 것임
 - 소재의 3D 프린팅 적합성에 관하여 평가 기준이 될 수 있는 표준 물질의 선정 및 이를 정량화하고 예측 가능한 유변학적 특성 규명이 필수적임
 - 적용 분야에 따른 특성, 적층 허용 범위, 성상, 물성 등에 대한 표준/규격을 설정하여 3D 프린터에 사용 되는 ‘푸드 잉크’의 표준화를 통한 개발 가이드라인이 제시되어야 할 것임

□ 융합형 신기술에 대한 교육 및 인력 육성 방안

- 차세대 식품 기술의 활용 가능성을 높이기 위해 이해관계자를 시작으로 한 과학기술 교육이 지속적으로 확산되어야 함
 - 과거 전 국민 대상의 컴퓨터 교육에 대한 저변 확대는 우리 사회를 인터넷 활용 및 정보화 강국으로 발돋움 할 수 있는 중요한 기반이 되었음
 - 이의 선례를 기반으로 지속적인 교육과 홍보를 통해 신규 기술에 대한 친화력을 높이는 것이 선행되어야 함
 - 3D 푸드 프린팅 전문 인력 개발을 위한 전문가 육성 교육이 필요함
 - 생소한 신기술에 대한 산업적 수용은 새로운 학습과 훈련을 요구하며, 실제로 3D 푸드 프린터를 처음 접하는 식품 관련자의 가장 큰 어려움은 3D 프린터 자체에 익숙해지는 것임
 - 특히 식품과 정보통신기술, 하드웨어 및 소프트웨어 간의 상호 연계를 기반으로 하는 3D 프린팅 기술은 식품 관련 지식뿐만 아니라 IT적 기술과 노하우가 중요함
 - 따라서, 식품 가공 이론뿐만 아니라 하드웨어 구성 및 작동 원리, 소프트웨어 제어에 대한 융합형 기초 교육이 필요함

- 또한, 해당 분야의 경험이 없어도 자신의 창의력을 얼마든지 발휘할 수 있는 간단한 운용 플랫폼의 개발에 대한 적극적인 투자도 병행되어야 함

라. 요약 및 시사점

- 4차 산업과 연관된 푸드테크의 경우 O2O(online to offline) 음식 배달 서비스 위주로 발전되어 식품공학기술과 연계된 개발은 미진한 편으로 상용화 및 대중화를 위한 지속적인 투자가 필요한 시점임
 - 국내 식품공학기술은 괄목할만한 발전을 이루었지만, 여전히 추격형 연구에 전념하고 있어 원천 기술 확보에 어려움을 겪고 있음
 - IT, 기계, 전자, 소프트웨어, 바이오 등 이종 분야와 협력하는 융복합 연구가 필요함
 - 이종 분야 연구자, 소비자를 포함하는 다양한 주체들과의 협업·소통할 수 있는 수요자 지향형 R&D 연구를 추진할 필요가 있음
 - 4차 산업혁명 시대의 주축 기술인 초연결 지능 정보 기술을 기반으로 하는 스마트 팜, 3D 프린팅, 식품 나노 분야의 육성을 통해 핵심 원천 기술을 선점해야 함
- First mover형으로 4차 산업혁명을 주도하기 위한 창의적 R&D 전략 필요
 - 개발 초기 단계에서부터 수요를 고려해 R&D 방향을 명확히 설정하고, 광범위한 기술 탐색을 통해 지속가능한 미래형 식품가공기술로서 안착시키는 것이 중요함
 - 기초 R&D 단계와 상용화를 위한 이후 단계로 사업을 분리하여 단계적인 지원 정책을 수립하고, 원천 기술을 보유한 대학 및 연구소와 이를 상업화하려는 기업과의 컨소시엄 또는 사업단 형태의 지원이 필요함
 - 식품·소재 관련 규정 및 관리, 소재 표준화, 안전성 검증 방법 등에 관한 기준 마련도 필요함

□ 미래 식품공학기술 안착 및 역량 강화를 위한 교육 기반 조성 필요

- 신규 식품공학기술에 대한 지식재산권, 법적 문제에 대비하는 교육도 필요함
- 식품과 정보통신기술, 빅데이터, 하드웨어 등의 상호 연계를 기반으로 하는 신기술에 대한 융합형 기초 교육과 이용편의 플랫폼의 개발을 병행함으로써 기술 친화력을 높이는 것이 중요한 과제임

2. 최신 생명공학기술과 새로운 식품 개발

가. 최신 식품공학기술과 새로운 식품 개발 전망

□ 최신 생명공학기술과 식품 개발

- (농업) 농업은 농산물을 재배하거나 가축을 사육하여 인간에게 유용한 식품을 합리적으로 제공하는 가장 기본적인 수단 중 하나이지만 예측이 어려운 자연 환경에 의해 크게 좌우된다는 단점이 있음 (허남혁, 2005)
- (기후 변화 대응) 최근 농업에 전반적인 영향을 끼치는 예측이 어려운 기후 변화 문제로 인해 야기되는 물 부족, 홍수, 가뭄 등은 전 세계가 당면한 문제로서 기후 변화에 대응 가능한 식품 개발 기술이 필요한 실정임 (이대웅, 2017)
- (최신 생명공학기술) RNAi(RNA interference), 합성생물학, 유전자가위 등의 기술 발전으로 인해 육종 및 유전자 변형 기술을 기반으로 GMO 작물의 생산, 식품의 맛과 풍미, 색소를 풍부하게 하기 위한 식품첨가제 등 개발이 이루어지고 있음 (The National Academies of Sciences · Engineering · Medicine, 2018)

<그림 3.9> 최신 생명공학기술을 이용한 식품의 개발 현황

향미 증진제 식품의 맛이나 풍미를 증진시키기 위해 사용 대표 첨가물 - L-글루타민산나트륨(MSG) 등 대표 식품 - 조미료, 냉동 어묵	착색료 식품에 색을 부여하기 위해, 혹은 원래 색을 복원시키기 위해 사용 대표 첨가물 - 식용색소, 캐러멜 색소 등 대표 식품 - 소스류, 떡
발색제 색소를 유지·강화하기 위해 사용 대표 첨가물 - 아질산나트륨 등 대표 식품 - 햄, 소시지	보존료 미생물에 의해 변질을 방지해 식품 보존 기간을 연장하기 위해 사용 대표 첨가물 - 소르빈산, 안식향산 등 대표 식품 - 간장, 말기름
감미료 식품에 단맛을 더하기 위해 사용 대표 첨가물 - 아스파탐 등 대표 식품 - 단무지, 김	유화제 물과 기름처럼 본래 섞이지 않는 물질을 균질하게 혼합된 상태로 만들기 위해 사용 대표 첨가물 - 글리세린지방산에스테르 등 대표 식품 - 아이스크림, 마요네즈
표백제 식품을 하얗고 밝게 만들기 위해, 혹은 변색하지 않도록 보존하기 위해 사용 대표 첨가물 - 아스파탐 등 대표 식품 - 단무지, 김	팽창제 탄산가스를 발생시켜 부풀리는 역할을 하여 식품의 촉감을 개선하는 데 사용 대표 첨가물 - 탄산염류, 암모니아염류 등 대표 식품 - 빵, 비스킷

자료: 삼성뉴스룸, 2016

□ 육류생산 및 향후 전망

- 초기의 육류생산(육류생산 1단계): 야생 동물의 사냥을 통해서 얻었고 최초 육류 생산의 첫 번째 단계였음 (Welin, 2013)
- 현대의 육류생산(육류생산 2단계): 인구가 증가함에 따라 고기를 대량생산 및 소비하기 위하여 최소한의 비용으로 최대한의 고기를 표준화된 방법으로 생산하는 현대의 공장식 축산의 형태로 발전함 (Welin, 2013)
- 급증하는 인구: 유엔 식량농업기구(UN FAO) 보고서에 따르면 2050년에 세계 인구는 약 100억 명 이상으로 증가할 것으로 예상되어 73%의 육류 소비량의 증가가 예상되고 늘어나는 식량 소비량을 감당하기 위해 매년 약 2억 톤의 육류 생산 증산이 이루어져야 한다고 함 (FAO, 2009)
 - 육류 소비와 국내총생산(GDP): GDP 증가는 육류 소비의 증가와 밀접한 연관이 있고 이와 더불어 중국, 인도, 러시아 등 국가의 중산층의 증가가 세계 육류 수요의 급증을 불러올 것으로 예상됨 (Post, 2013)
 - 생산에 필요한 토지 및 담수 등의 자원은 이미 포화상태임

- 기후 변화, 조류인플루엔자 및 구제역 같은 농·식품 산업의 근간을 흔들 수 있는 위험 요소들이 점차 증가함에 따라 이를 해결할 수 있는 기술 개발의 필요성이 대두되고 있음

<그림 3.10> 공장식 육류생산의 환경적, 윤리적 요소 및 향후 육류 소비량 전망



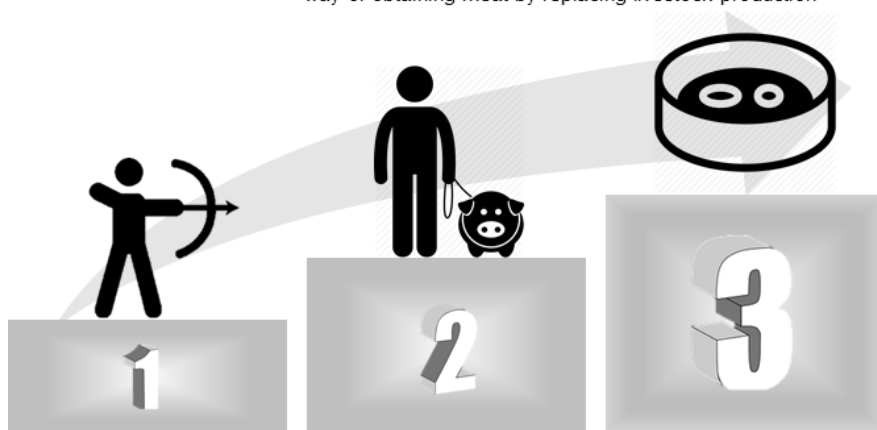
- 생명공학기술과의 융합: 식품산업에서는 최신 생명공학기술의 융합에 의해 기존의 농·식품 산업은 새로운 국면을 맞이하고 있으며 폭발적인 인구 증가와 더불어 대두되는 식량부족 및 환경 문제를 해결하기 위한 혁신기술이 발전하고 있는 추세임 (The National Academies of Sciences·Engineering·Medicine, 2018)
- 예측 가능한 환경에서 엄격하게 통제되어 식품을 생산할 수 있는 생명공학, IoT, 빅데이터, AI 등의 융합기술을 집중하여 개발하는 것이 필요함 (김치구, 2019)

<그림 3.11> 육류생산의 3단계: 사냥, 축산 및 인공육

Introducing the new meat. Problems and prospects

Article in Etik i Praxis · May 2013
DOI: 10.5324/eip.v7i1.1788

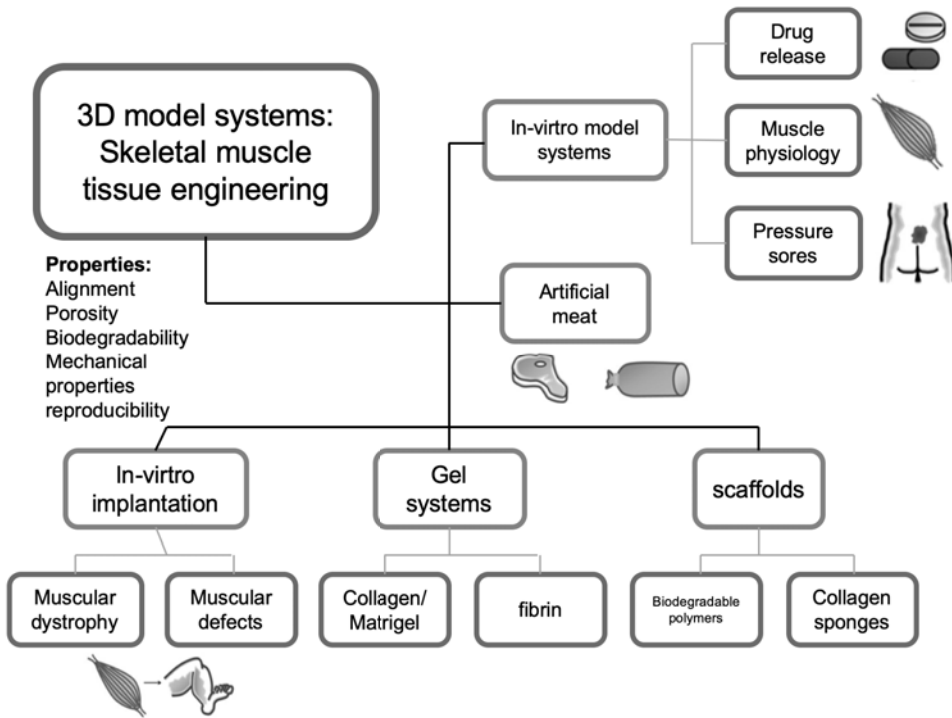
- The idea of growing meat in animal cells (after 2012) is referred to as the "third stage of meat production" following hunting and herding and slaughtering of domesticated animals as a radical new way of obtaining meat by replacing livestock production



□ 미래의 육류생산 - 대체단백질

- 미래의 육류생산 - 대체단백질(육류생산 3단계): 혁신 기술을 접목한 대체단백질 분야가 큰 관심을 받고 있는데, 이와 함께 육류생산의 세 번째 단계가 태동기에 접어들고 있다고 전망되고 있음 (Welin, 2013)
- 대체육: 현재는 기술 개발 단계에 있지만, 머지않아 첨단생명공학기술을 기반으로 새로운 육류생산 단계로 자리 잡을 것으로 예상됨 (Dolgin, 2019; Post, 2013)
 - 기존의 재생 의학(regenerative medicine) 분야에서 발달한 조직공학(tissue engineering) 기술을 기반으로 동물 줄기세포에서 고기(근육조직)를 생산하는 방식이 주를 이룰 것으로 예상되며, 이러한 방식은 동물을 도축하지 않고 육류를 얻는 근본적 방법이 될 것으로 기대되고 있음

<그림 3.12> 기존 조직공학(tissue engineering)기술을 기반으로 하는 인공고기 분야 분류



자료: Langelaan *et al.*, Meet the new meat: tissue engineered skeletal muscle, 2010

□ 식물성 고기와 배양고기: 공장식 축산육에 대한 대안 (맹진수, 2016)

- 식물성 고기: 최근에는 육류 특유의 맛을 결정짓는 헴(heme)이 첨가된 식물성 소재를 이용한 식물성 고기(meatless meat)와 동물세포를 증식해서 만드는 배양육(cultured meat, In vitro meat, victimless meat 등) 등의 분야가 급속도로 발전하면서 대체단백질원으로 점차 관심이 높아지고 있음
- 대체육 생산방법으로서 기술 집약적인 배양육 또는 실험실 고기(in vitro meat)는 동물에서 근육 특이적 줄기세포를 추출하여 충분한 수의 세포를 배양한 후, 근육 조직으로 분화시키는 방법으로 생산됨
- 급성장 중인 식물성 고기 시장: 임파서블 푸드, 비욘드 미트 같은 대체육을 생산 하는 스타트업 컴퍼니들은 맛은 물론 가격 면에서도 경쟁력을 갖추면서 성장하고 있음

- 대체육 시장은 빌 게이츠를 비롯해 여러 유명인들이나 회사들의 투자를 통해 시장의 규모가 점차 커지고 있어 기존 축산업계를 위협할 강력한 경쟁자로 급부상하고 있음

□ 축산업계의 우려 (한국농촌경제연구원, 2019; 강경주, 2019)

- 대체육 시장에 대해서 축산업계에서는 여러 우려의 목소리를 내고 있음
 - 북미 육류 연구소(NAMI)는 인공적으로 생산되는 대체육에 대한 규제가 필요하다고 정부의 가이드라인 설정을 촉구하고 있음
 - 미국과 유럽의 축산업계에서는 식물성 고기에 ‘고기(meat)’라는 단어의 사용을 금지하는 법안을 요구함
- 인공고기가 건강하다는 인식이 항상 올바른 것은 아니며 다음의 의문들을 제기함
 - 현재 대체육 시장을 선도하고 있는 ‘비욘드 미트(beyond meat)’와 ‘임파서블 푸드(impossible foods)’에서 나오는 제품들의 성분을 보면 식물성 단백질임에도 불구하고 포화 지방이나 칼로리는 기존 육류와 비슷하거나 더 높다는 사실을 지적하고 있음
 - 식물성 대체육을 만드는 과정에서 실제 고기와 흡사하게 보이고 맛을 내기 위해 코코넛 오일이나 식염 등의 다양한 식품첨가제를 넣는다는 점을 지적하기도 하였음

<그림 3.13> 대체육 시장의 가격경쟁력 및 향후 전망

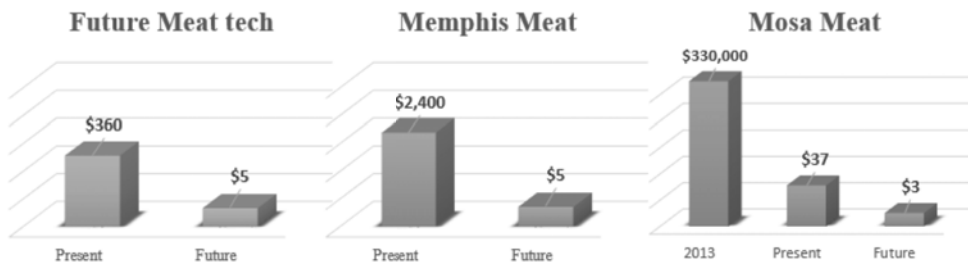
05.02.18

Lab-Grown Meat Is Getting Cheap Enough For Anyone To Buy

A company called Future Meat Technologies, which just got a large investment from meat giant Tyson Food, is perfecting a process that could see us soon grilling meat grown in a bioreactor.

(Post's \$11

burger came in at \$37 a pound; as of April, the average wholesale value of beef in the U.S. was \$3.28 a pound, though no directly comparable production cost is available.)

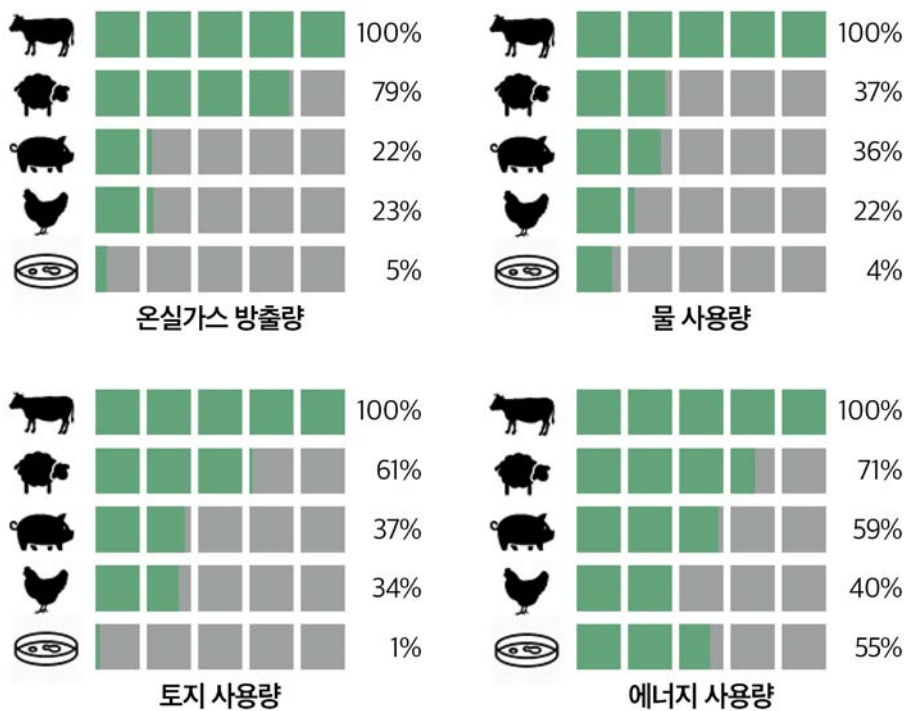


□ 윤리적 및 환경적인 관점에서의 대체육

- 윤리적인 측면에서 가장 큰 관점은 축산업을 통해 생성되는 고기는 동물을 도축하여 얻는다는 것임
 - 배양육은 살아있는 세포를 배양하여 고기를 생산하기 때문에 더 이상 동물을 도축하지 않아도 된다는 장점으로 인해 대체육 연구를 긍정적으로 바라보고 있음 (Stephens, 2010) (기존의 윤리성 논란)
- 환경적인 관점에서 본다면, 축산업을 통해 얻는 육류와 비교하여 대체육이 가지는 장점은 크게 3가지(greenhouse-gas emissions, land use, and water use)로 볼 수 있음 (Tuomisto, 2011)
 - 배양육을 예로 들자면, 소비되는 에너지 관점에서는 현재의 축산업과 큰 차이는 없을 것으로 보이나 온실가스 배출량, 물 사용량, 토지 이용 측면에서는 현재 하계 큰 차이를 볼 수 있음(<그림 3.14>)

- 배양육을 생산할 때 쓰이는 생산방법이 향후 기술에 따라 개선 될 경우, 소비 되는 에너지 관점에서도 큰 차이를 보일 것으로 예상됨

<그림 3.14> 기존 축산업 방식과 대체육의 온실가스, 물, 토지 및 에너지 사용량 비교



자료: Tuomisto, H. & Mattos, M., Environmental Impacts of Cultured Meat Production, 2011

나. 기술 개발 동향 및 주요 이슈

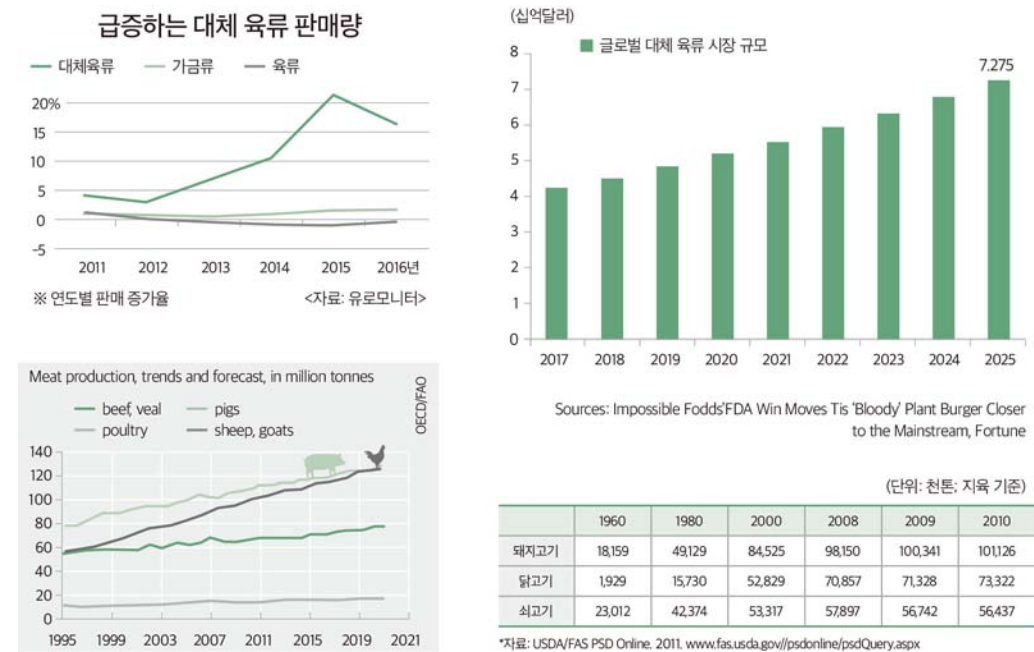
□ 대체육 식품 개발 현황과 전망

○ 육류와 단백질 (맹진수, 2016)

- 단백질은 인체에서 물 다음으로 많은 성분이자 인체를 구성하는 필수적인 요소임

- 단백질은 살아있는 모든 세포를 구성하는 기본 요소이자 필수 성분으로서 인체 내 모든 세포에서 발견되고, 신체 조직의 성장과 유지에 중요한 역할을 함
- 주요 단백질 섭취원 중 하나인 육류의 경우 단위당 단백질 함량이 21% 수준으로 우리가 주식으로 먹는 곡류인 쌀, 보리쌀, 밀에 들어있는 단백질 함량은 육류에 비해 절반 수준에 불과하기 때문에 육류 섭취를 통해 안정적으로 얻을 수 있음

<그림 3.15> 대체육 시장의 Market Trend 및 판매량



자료: 유로모니터, 임파서블 푸드, USDA/FAS 온라인

○ 식량 작물 생산 방식과 단백질 획득의 문제

- 식량 작물에 대한 소비는 지속적으로 다양화되고 있음
 - 곡물은 직접 섭취되거나, 축산사료로 공급되기도 하고, 바이오 연료 생산을 위한 에너지원으로 사용되기도 하는 등 곡물의 사용 용도가 다양해지면서 충족시켜야 할 곡물의 양은 점차 늘어나고 있는 실정임 (van der Schaft *et al.*, 2009)

- 특히 단백질을 얻기 위한 쇠고기 1kg를 생산하기 위해 곡물은 약 10kg가 소비되고 있는 실정이고 이는 식량 효율을 저하시킨다는 문제점이 있음 (Garnett, 2009)
- 더욱이 대폭 늘어날 식량 수요를 해결하기 위해선 식량 생산량을 지금보다 약 2배가량 증가시켜야 하는데, 이는 전 세계 경작지의 70%가 축산지원 형태로 전환되어야만 인류가 필요로 하는 단백질을 안정적으로 공급할 수 있게 된다는 문제점이 있음 (FAO, 2009)

○ 대체단백질 산업

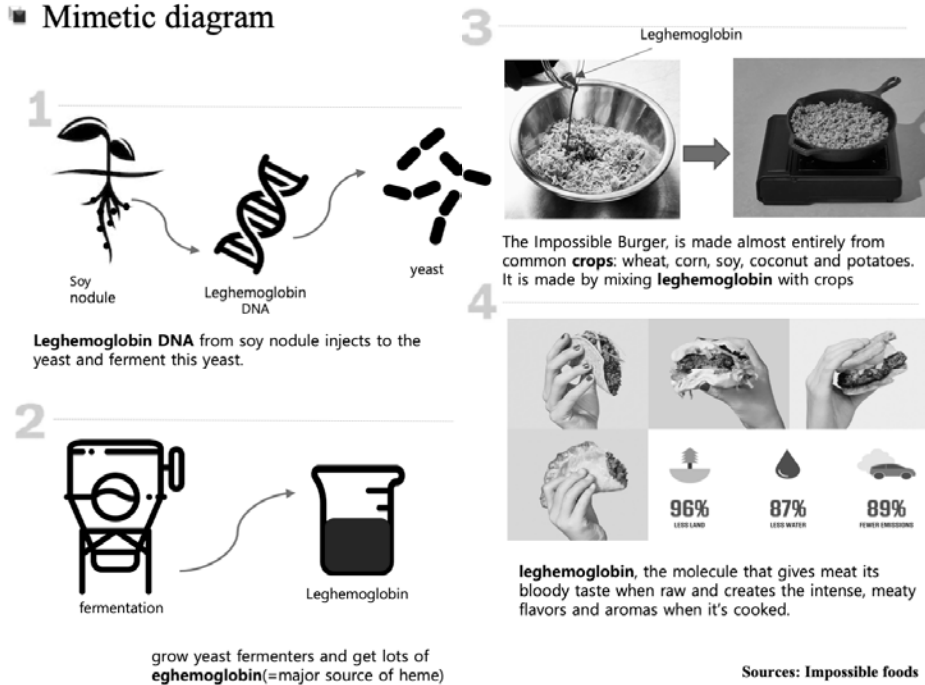
- 대체단백질 시장은 연 8% 정도로 빠르게 성장 중이며 2025년에 이르면 약 75억 불의 규모가 될 것으로 전망됨 (Allied Market Research, 2014)

○ 대체단백질 시장 성장 요인

- 종교적 이유로 육류 섭취에 대한 제한이 있는 경우: 이슬람에서 인정하는 고유 방식으로 도축된 고기만을 할랄(halal) 푸드로 인증하여 시중에 유통할 수 있는데, 대체단백질 산업 중 하나인 배양육은 도축과정을 거치지 않기 때문에 배양육이 할랄 인증의 벽을 넘는다면 대체단백질 시장은 급속도로 성장할 가능성이 있음 (지구촌리포트, 2019)
- 동물 복지 및 윤리 문제와 관련하여 육류 섭취를 하지 않는 경우: 대체단백질 시장은 이러한 문제를 해결할 수 있는 훌륭한 대안이 될 수 있음 (Policy Paper, 2016)

<그림 3.16> 식물성 소재를 이용하여 생산된 햄버거용 식물성 고기 패티

Mimetic diagram

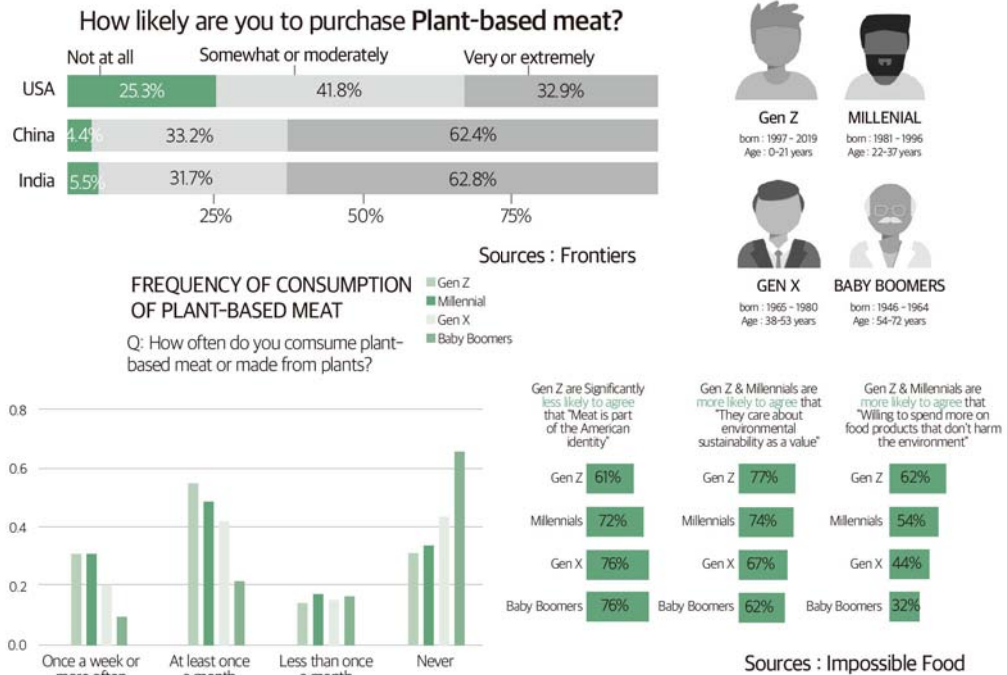


자료: 임파서블 푸드

□ 식물성 소재를 이용한 식물성 고기(임파서블 푸드)

- 식물성 고기: 식물성 고기는 생화학, 분자생물학, 식품공학, 재료공학 등의 분야의 전문가들이 실제 육류의 맛을 분석하여 만들어짐
- 인간이 고기 특유의 맛을 느끼는 요소는 고기의 피에 포함된 유기 철분인 헴(heme) 성분인데, 이를 이용하여 식물유래 헴(heme) 성분을 통해 식물성 고기를 완성함
- 이렇게 생산된 식물성 햄버거 패티는 소고기 패티와 비교해보면, 단백질 함량이 높은 반면에 지방과 열량은 낮음
- 식물성 햄버거 패티 생산 시, 도축과정을 통해 얻는 소고기 패티에 비해 물을 75% 적게 사용하고, 온실가스 배출량은 87% 줄일 수 있으며, 토양 사용량은 95%가 절약될 수 있는 장점이 있음

<그림 3.17> 식물성 고기 시장 현황/전망 및 국가 및 연령별 설문 조사 결과



자료: 프론티어스, 임파서블 푸드

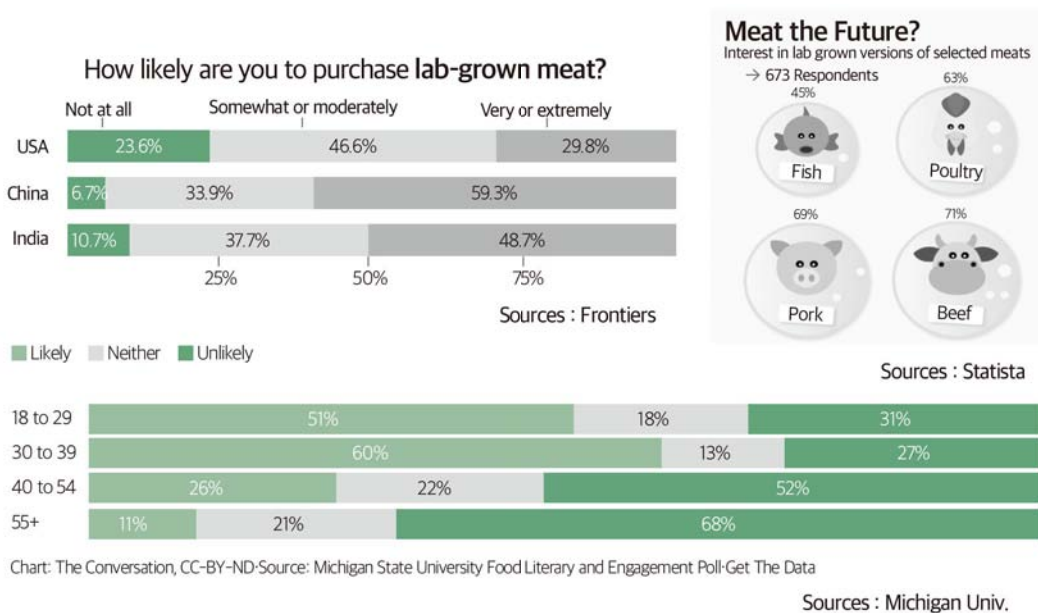
□ 동물세포를 증식해서 만드는 배양육 (Welin, 2013)

○ 배양육: 실험실 고기(in vitro meat)라고도 불리어지며 첨단기술이 집합된 배양육 또한 대체단백질로 주목 받고 있는 분야임

- 소, 돼지, 닭 등의 가축에서 줄기세포를 분리하여 일정 기간 배양 과정을 거쳐 육류처럼 만들게 됨
- 배양육의 가장 큰 장점: 기존 축산업과 비교해 환경에 끼치는 영향이 훨씬 적다는 것임 (Tuomisto, 2011)
 - 배양육은 네덜란드 마스트리히트 대학의 마크 포스트 교수에 의해서 2000년대 초반부터 인공고기 기술 연구가 시작되었으며, 소의 근육줄기세포를 이용한 인공고기 배양 기술이 진화함에 따라 상업화를 위해 벤처 기업 모사미트 (Mosa Meat)를 창업함

- 다른 배양육 벤처 기업으로서 멤피스 미츠(Memphis Meats)는 2016년에 소고기 미트볼을, 2017년에는 세계 최초로 닭 배양육과 오리 배양육을 완성함
 - 현재 소고기 배양육 패티 한 장에 8유로(1만 원) 정도로 가격이 하락하는 기술적 진보를 이루었고 멤피스 미츠(Memphis Meats)는 2021년부터 배양육 제품을 판매할 계획임

<그림 3.18> 조직공학 기술을 응용한 배양육의 국가 및 연령별 설문 조사 결과



자료: 프론티어스, 스테이티스타, 미시간 대학교

다. 기술 활용 및 미래 대응 방안

□ 기술적인 문제 이외에 해결점

- 배양육의 잠재적인 장점은 분명히 있지만 정작 생산 후 소비자들이 실제로 소비하여 먹고 싶어 할지는 또 다른 문제임 (Post, 2013)

- 배양육은 자연적이지 않고, 과도하게 기술집약적이고, 익숙하지 않다는 이유 등으로 소비자들로부터 외면을 받을 수도 있다는 의견이 있음
- 최근 들어서는 도축과정 없이 동물로부터 나온 근육줄기세포를 통해 배양육으로 생산될 수 있다는 점이 크나큰 장점으로 부각이 되어 점점 배양육에 관한 인식은 점점 좋아지고 있는 추세임

<그림 3.19> 대체육의 현 문제점 및 향후 발전 방향



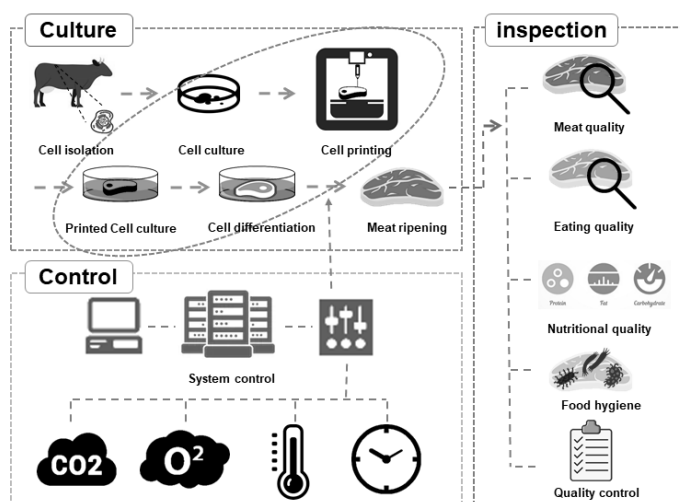
□ 미래 대체육 개선 방향

○ 배양육의 제품으로서의 개선이 가장 중요

- 전문가들은 배양육이 육류 본연의 맛을 살려야 소비자에게 어필할 수 있다고 조언함 (Post, 2013; Stagsted, 2013)
 - 맛, 외양, 식감 및 영양적인 측면에서 기존 축산을 통해 얻어지는 육류와 거의 완벽하게 모방이 되어야만 현재의 육류와 경쟁이 될 것이라 전망되고 있음
 - 완벽한 모방을 위해선 배양육을 생산할 때 근육조직과 지방조직을 같이 배양하는 기술이 필요함
 - 지방조직은 지방조직 유래 줄기세포로부터 배양하여 얻을 수 있으며 근육조직과 별도로 배양 시 나중에 배양육을 준비하는 단계에서 혼합될 수 있음

- 단백질 구성의 최적화: 액틴(actin), 마이오신(myosin)과 마이오글로빈(myoglobin)의 구조 및 조성을 상용화하는 과정에서 조절 가능한 기술이 가장 중요함 (Post, 2013)
- 충분한 양의 마이오글로빈은 배양육의 색, 영양 및 맛에 중요한 요소임
 - 맛의 최적화를 위해서는 여러 펩타이드 단편 및 방향족 화합물의 조합의 최적화가 이루어져야 함
 - 세부적으로 지방 함량 조절, 단백질 구성 및 더욱 큰 크기의 근섬유 및 두께가 두꺼운 배양육을 최적화 할 수 있는 기술의 확보가 배양육 생산에 있어 매우 중요함
 - 조직공학적 측면에서 0.5mm보다 두꺼운 조직은 채널 또는 혈관 시스템이 없을 경우 내부 부분으로 영양분의 공급이 잘 이루어지지 않음
 - 이러한 문제점은 3D 바이오 프린팅 등 조직공학 기술로서 해결할 수 있는데, 기술적으로는 가능하지만 배양육의 두께에 대해 수많은 시도를 통한 최적화가 필요함
 - process control: 향후 상업화를 위해서 엄격하게 통제된 환경에서 제품을 생산할 수 있는 생명공학, IoT, 빅데이터 등의 융합기술의 개발에 집중할 필요가 있음

<그림 3.20> 대체육의 기술 활용 및 미래 대응 방안



□ 미래 정책 추진 방향

- 경제적인 관점: 기존 육류와의 경쟁을 극복해 나가기 위해서는 배양육의 생산 비용이 가장 최우선적으로 해결되어야 함 (Tramper, 2014)
 - 대체육 생산은 많은 공간을 필요로 하지 않는다는 장점을 최대한 활용하여 공급처와 긴밀히 위치한 소규모 플랜트(예: vertical plant) 생산 방식이 좋은 접근법이 될 수 있음
- 기술적인 관점: 배양공정의 최적화(재순환 시스템 등)를 통한 가격경쟁력 강화, 소 혈청 및 항생제가 제거된 배양액 개발 등 또한 배양육이 소비자로부터 거부감 없이 받아들여지기 위하여 해결돼야 하는 항목들임
- 교육적인 관점: 개발 기술이 주요 특이점 및 새로운 식품에 대한 주요 장단점에 대하여 소비자들한테 선택할 수 있도록 교육이 필요함
 - 대체육의 안전성에 대한 교육·홍보도 필요함(인공 식품에 대한 소비자들의 부정적 인식도 해결)

3. 4차 산업혁명 시대에 적합한 농수산물 분야 교육

가. 농수산물 산업의 미래 전망

□ 4차 산업혁명기의 인구 변화와 농수산물 생산·분배 방식의 변화

- 세계 인구는 지속적으로 증가하여 2030년에는 약 84억 명을 넘을 것으로 예상되고 있으며, 우리나라 인구는 2030년에 정점에 올라서 약 5,200만 명에 달한 후 점차 감소하는 것으로 전망됨
- 4차 산업혁명기의 인구 변화는 농수산물의 생산 측면에서 국내 생산 인구의 감소로 이어져서 필연적으로 4차 산업혁명 도구인 인공지능과 사물인터넷 등의 도움을 받아야 국내 생산력을 유지할 수 있을 것으로 예상됨
- 농수산물의 유통과 판매에서도 4차 산업혁명 도구가 개입되어 보다 간편하고 편리한 개인 맞춤형으로 유통 및 판매가 이루어져 소비자들의 현명한 소비를 유도할 것으로 예상되며, 세계적으로는 농수산물의 생산뿐만 아니라 분배 방식에 가장 큰 변화를 가져오고, 나아가서는 분배된 식품의 소비 방식에도 그 변화가 이어질 것으로 예측됨

□ 4차 산업혁명과 수산물

- 수산식품의 경우 생산은 4차 산업혁명의 도구의 원활한 적용을 통한 동반 발전이 예상되나, 유통 및 소비에 있어서는 소비자의 식습관과 유통 방법으로 인하여 4차 산업혁명기의 다른 농식품 소비 패턴과 달리 좀 더디게 발전 가능성 있음
- 한편으로는 3D 푸드 프린팅 기술 등으로 인하여 수산물의 소비가 증가할 가능성도 있음

나. 기술 개발 동향 및 주요 이슈

□ 농수산식품의 생산 체계

- 현재 전 세계적인 식품 생산 시스템은 약 10만 개의 기반 기업이 씨앗, 비료, 금융 및 작물 보험 등에 대한 정보를 제공하고, 이들 기업으로부터 종자와 기계 등의 생산 설비를 공급받아서 작물을 생산하는 약 570만 개의 대규모 농장이 있으며, 이 농장들의 생산물을 이동, 처리 및 판매하는 수백만 개의 다운스트림 가공 공장이 있고, 이를 통해 생산물들은 약 76억 명의 소비자들에게 연결되는 구조로 형성되어있음
- 이러한 체계는 4차 산업혁명으로 더욱 확장될 것으로 예상되며, 농수산업 분야에도 현재보다 규모가 큰 생산 단위로 재편될 것으로 전망됨
- 동시에 자연 조건에 따라 매년 변동되는 생산량에 의존하지 않고, 빅데이터를 통해 지속적이고 계획적으로 일정하게 생산량이 담보되는 스마트 팜으로 재편될 것으로 예상됨

□ 스마트 기술을 활용한 수산식품 생산

- 스마트 팜의 형태 및 위치
 - 4차 산업혁명 시대에 수산물, 특히 어류 및 일부 패류를 생산하는 가장 일반적인 형태는 스마트 팜(양어장) 일 것으로 예상됨
 - 위치에 있어서는 도심의 빌딩을 이용한 것 일 수 있고, 기존과 같은 농어촌에 설치된 시설 일 수도 있으며, 연안이나 대양(외해)에 현재보다 발전된 가두리 형태일 수 있으며, 또는 유조선과 같은 큰 배를 이용한 형태일 수도 있음
- 기술적 요인
 - 생산 방식에 있어서는 4차 산업혁명 시대의 도구인 정보통신기술, 사물인터넷, 빅데이터(big data), 로봇(robot), 인공지능 등을 기반으로 어류를 키우는 데에 활용될 것임

<그림 3.21> 스마트 양식 기술

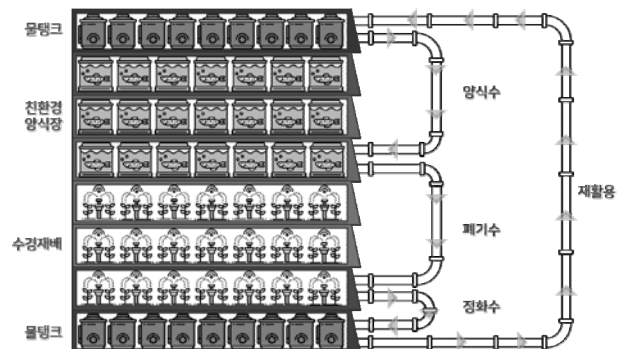


- 스마트 팜에서는 사육 중인 어류의 먹이 행동 데이터와 수온·용존산소·염도 등의 사육 환경 평가에 따른 적정 사료를 자동으로 공급하는 기술, 수중 영상(소형잠수정·수중카메라)을 통해 어류의 상태, 크기 및 무게를 추정하는 기술, 사육 환경에서의 용존 산소량을 실시간으로 확인하여 자동으로 산소를 공급·조절하는 기술, 여러 가지 예측 불가능한 재해에 대비해 양식장을 관리하고 운용하는 기술 등이 적용 및 활용될 것임
- 이들 기술을 덕분에 언제, 어디에서든지 스마트폰 하나로 스마트 팜의 각종 시설을 운용할 수 있게 되며, 이를 통해 보다 건강하고 질 좋은 수산물을 효율적으로 생산할 수 있을 것으로 예상됨
- 4차 산업혁명기 생산 방식의 변화는 적은 노동력으로 자연 환경의 영향을 적게 받으면서 친환경적으로 사육 대상 어종을 손실 없이 건강하게 생산하는 것임
- 어류 양식 사료의 원료 부족으로 인하여 발생하는 어분 공급의 문제는 곤충과 바다 조류 등을 통한 대체단백질과 지방 등을 통하여 해결함으로써 풍부한 연근해 어장을 유지할 수 있음

○ 빌딩형 양식장

- 빌딩형 양식장의 장점은 어류를 키우는 데에 있어서 모든 환경 조건을 제어할 수 있다는 것으로, 이는 병원성 원인체가 오염되어 있지 않는 물을 사용함으로써 감염성 병원체에 노출이 안 된 치어를 입식하여 사육한다면 마켓 사이즈(판매 가능한 크기)까지 별다른 피해 없이 안전하게 키울 수 있다는 것임
- 빌딩형 양식장은 기본적으로 순환여과식을 적용하는데, 이는 한번 넣어준 사육수를 정화 수조에서 오염원을 제거하여 지속적으로 깨끗한 물을 공급할 수 있다는 장점이 있음
- 다양한 센서 및 환경 과학의 발전으로 사육수를 정화하는 것은 특별한 어려움이 없는 대신, 증발 등으로 없어진 물은 중간에 깨끗한 물로서 보충하여 주어야 함
- 빌딩형 양식장의 또 다른 장점은 도심에서 양식이 가능하기 때문에 소비자와의 거리가 가까워져 마켓 사이즈 어류의 수송비를 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 실내에서 양식을 하기 때문에 계절에 따른 수온 변화나 태풍과 같은 자연 재해로부터 영향을 적게 받고 계절에 관계없이 연중 생산이 가능하다는 것임
- 특히, 담수성 어종을 키울 경우는 어류 양식에 사용된 물을 이용해 다양한 식물의 수경 재배가 가능함. 어류의 뇨와 분에 있는 질소 성분은 바이오플락 세균이나 수경 재배 식물에게 질소원으로 이용되어 친환경 사이클을 형성할 수 있어 환경 친화적인 생산이 가능함

<그림 3.22> 빌딩형 양식장 모형도



주: 어류 사육 시 발생하는 물에 녹아 있는 사료 찌꺼기와 물고기 배설물은 바이오 플락의 유용 미생물을 섭취해 단백질을 생성하거나 수경 재배 식물의 질소원으로 이용되면서 정화된 물은 다시 어류 사육에 이용됨

- 빌딩형 양식장에서 키울 수 있는 어종에는 일반 해산어 및 담수어 양식어종 (넙치, 우럭, 돔류, 송어 등과 같은 해산어 및 뱀장어, 잉어, 송어, 메기와 같은 담수어)이 포함되며 나아가 보다 다양한 종류의 바다 및 민물 관상어, 보리새우, 대하, 어류, 조개류 등도 사육이 가능함
- 소비자와 가까운 도심에서 수산 생물 양식이 가능하기에 수산물의 가공, 유통, 판매가 용이할 뿐만 아니라, 레저, 체험을 포함한 관광업을 동시에 할 수 있는 새로운 형태의 수산업이 될 수 있음

□ 스마트 기술을 활용한 수산식품 품질 관리

○ 한국인의 회 섭취 문화의 전환

- 어떤 형태의 수산식품을 즐겨 소비하느냐에 따라서 식품관리의 방식이 결정되기 때문에 한국인의 수산물 소비 식문화에 대한 고려가 필요함
- 한국인은 흰 살 생선회를 좋아하고 쫄깃한 식감을 중요시하며, 눈앞에서 잡아먹는 활어회를 선호는 반면, 일본인은 붉은살 생선회를 좋아하고 쫄깃한 식감 보다는 생선회 특유의 맛을 중요시하며, 오랜 시간 동안 숙성시킨 선어회를 선호함

○ 활어회

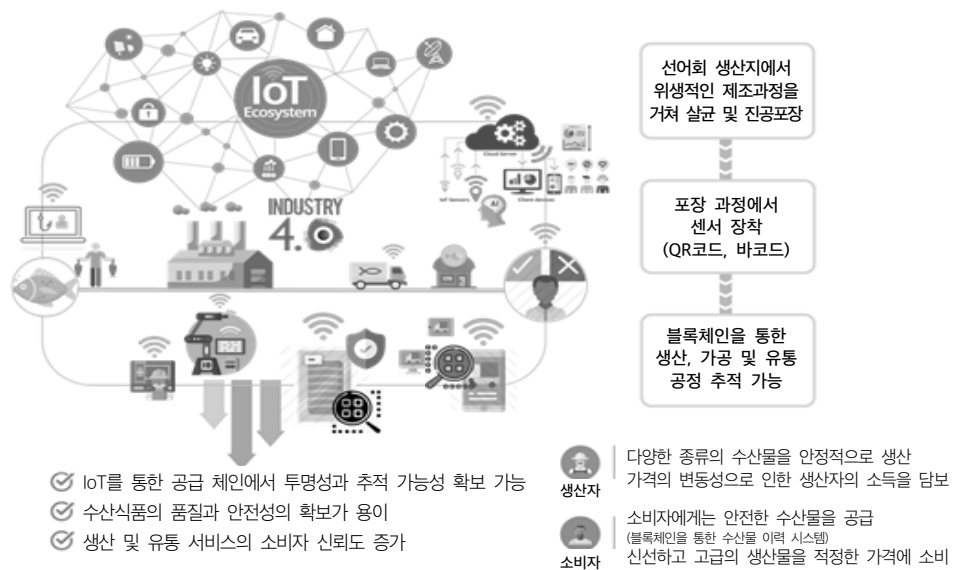
- 활어회는 살아있는 어류를 양식장부터 매일 공급받아서 수조에 넣어 놓고 소비자 원할 때 요리한 회를 공급하는 방식임
- 수송비(활어차 안에는 활어가 20~30%고 나머지 70~80%가 물), 시설비(활어차, 수조 등), 관리비(인건비, 치사율 등), 중간 마진 등의 과중한 비용 부담이 발생함
- 생산자가 판매하는 가격과 소비자가 구매하는 가격에 큰 차이가 난다는 점, 품질 관리가 균일하게 되지 않는다는 점, 여름철마다 문제가 되고 있는 식중독과 비브리오 패혈증 문제 등이 있음

○ 선어회

- 선어회는 양식장 인근에서 대량으로 위생적인 제조 과정을 거쳐 살균 및 진공 포장 후 유통되기 때문에 식중독이나 비브리오 패혈증으로부터 안전하게 공급이 가능함

- 유통 과정을 단순화시켜 물류 비용이나 불필요한 운영비 등을 절감할 수 있어 활어회에 비하여 저렴한 가격으로 회를 먹을 수 있고, 회를 먹기 위해 횡집을 찾아가는 문화에서 가정, 여행지 등 장소에 구애받지 않고 간소하고 편리하게 회를 즐길 수 있는 문화로 전환시킬 수 있음
- 품질 관리 측면에서 보면 선어회는 생산지에서 위생적인 제조 과정을 거쳐 살균 및 진공 포장 과정에 센스 장착이 가능하므로, 블록체인 기술을 통하여 가공, 유통 및 판매 등의 추적이 가능하며 또한 사물인터넷을 통한 공급 체인에서 투명성과 추적 가능성 확보가 용이하므로 수산식품의 품질과 안전성의 확보가 손쉬움

**<그림 3.23> 양식 수산물 식문화 전환을 통한 정보통신기술 기반
스마트 기술을 활용한 수산식품 품질 관리**



- 현재 우리나라에서도 이미 충분한 양의 선어회를 소비하고 있는데, 수입하여 공급되고 있는 연어회의 경우 선어회임에도 불구하고 누구도 활어회와 같은 식감에 불만을 가지지 않고 소비하고 있음
- 4차 산업혁명 기술은 어패류에도 적용가능하며, 신선한 어패류를 스캔하여 구분하는 방법 등이 개발된다면 그 결과에 따라서 블록체인 기술을 통한 추적 장치를 부착하여 안전성을 제고하여 소비를 확대할 수 있음

□ 개인 맞춤형 미래 수산식품

○ 소비자 중심의 식품

- 4차 산업혁명에서는 스마트 팜을 통해 지금보다 훨씬 더 다양한 종류의 수산식품이 제공될 것이므로 공급자보다는 소비자를 중심으로 제품의 수요·공급이 결정될 것임
- 스마트 팜에서는 적절한 수산물 선정하여 적정 생산량을 빅데이터 등의 제공 정보에 따라서 계획, 생산하게 될 것임
- 유통에서는 개별 소비자가 선호하는 수산물이 빅데이터 및 인공지능의 도움으로 개인에게 공급되며 각자의 선호도에 따라서 가공될 것임
- 소비자들의 수산물의 소비 형태의 정보들은 생산자에게 다양한 종류의 수산물을 안정적으로 생산케 하고 소비자에게는 안전한 수산물을 공급(블록체인 기술을 통한 수산물 이력 시스템)하게 할 수 있음
- 이러한 체계는 가격의 변동성을 완화시켜 생산자의 소득을 유지할 수 있도록 하며, 소비자도 신선하고 고급의 수산물을 적절한 가격에 소비하는 장점을 가져올 것임
- 가장 큰 장점은 버리는 수산물이 나오지 않게 조정됨으로써 적절한 양을 친환경적으로 생산할 수 있다는 것임

○ 수산물과 건강식품과의 연결

- 빅데이터 및 인공지능의 발달은 농수산물의 생산, 유통 및 소비에만 국한되지 않고, 개인적인 의료 정보와 융합됨으로서 건강을 위한 맞춤형 수산식품 소비로 발전이 가능함
- 구체적으로 혈압이 높은 소비자에게는 염분이 든 수산물을 금한다든지, 혈압을 낮추게 하는 수산물을 권장하는 등의 상황을 예상해 볼 수 있음
- 다양한 수산물에 대한 깊이 있는 분석 정보와 사람들이 섭취 후 어떤 대사과정으로 거쳐서 건강에 도움을 주는지에 대한 보다 정확한 정보를 바탕으로 건강식품 개발이 이뤄질 것으로 예상됨
- 또한 수산물을 농산물과 함께 소비하는 경우 어떠한 조합이 건강에 더욱 도움을 주는지에 대한 분석을 바탕으로 개별 소비자 맞춤형 수산식품 공급도 가능할 것임

다. 미래 수산식품 전망과 정책 방향

□ 미래 수산식품 수요

- 현재 우리나라 연간 1인당 수산물 소비량은 60kg으로 세계 최고 수준임
- 세계 식품 시장의 성장세와 수산물 선호 추세로 볼 때, 미래에는 수산물 소비량이 더욱더 증가할 것임

□ 4차 혁명에 따른 필요한 정책 제언

- 양식 수산물에 대한 주 소비 방식이 선어회가 중심이 되도록 소비자들 유도하는 정책이 필요함. 다만 바닷가, 여력 있는 음식점과 빌딩양식장 등의 특정 지역과 조건에 맞는 곳은 활어회를 허용함으로써 이원화된 정책 추진이 필요함
- 가정, 학교 및 직장 등의 급식에 선어회를 공급하여 선어회 소비의 일상화를 이루는 것이 중요함
- 선어회는 블록체인을 통한 생산, 가공 및 유통 공정이 추적 가능하며 또한 사물인터넷을 통한 공급 체인에서도 투명성과 추적 가능성을 용이하게 확보함으로써, 안전한 먹거리로서 자리매김 할 수 있을 것임
- 개인의 의료 정보를 일정 정도 개방하여 분석함으로써 의료 정보와 접목된 적절한 수산식품 선택 및 소비에 대한 정보를 제공하여 개인 건강 유지에 도움이 되는 정책을 추진하는 것도 필요함
- 수산식품에 대한 거부감을 가지고 있는 소비자에 대해서는 3D 푸드 프린팅 등을 통한 가공 수산식품을 공급하여 소비를 유도할 수 있음

4. 4차 산업혁명과 스마트 팜 - 스마트 농업으로

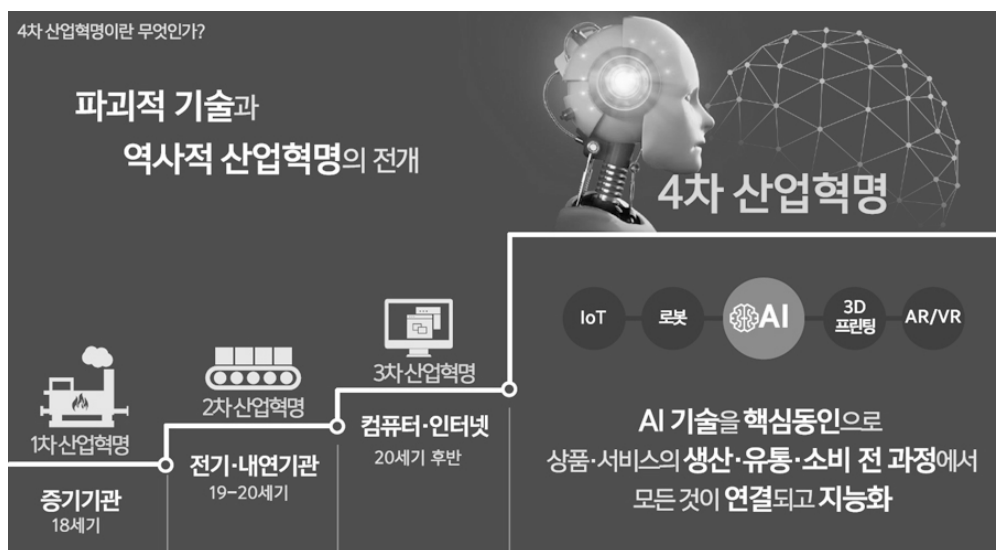
가. 4차 산업혁명과 농업

□ 4차 산업혁명과 농업 - 스마트 팜

○ 4차 산업혁명과 농업

- 4차 산업혁명(Fourth Industrial Revolution, 4IR)은 2016년 세계경제포럼(World Economic Forum)에서 주창된 용어로 빅데이터 분석, 인공지능, 로봇공학, 사물인터넷, 무인 운송 수단, 3D 프린팅, 나노 기술로 인해 산업의 변화가 이루어지는 기술 혁신을 의미함(<그림 3.24>)
- 농업의 경우 정보통신기술 발전으로 이루어진 4차 산업혁명의 특성인 자동화, 지능화, 연결화 등이 이루어지는 시설 농업 측면에서의 스마트 팜 기술 개발이 활발히 이루어짐 (이현정, 2019)

<그림 3.24> 4차 산업혁명이란 무엇인가?



- 최근 농가 소득 정체 농촌 인구의 감소와 고령화, 기후 변화로 기존의 노동, 자본 집약적 농업에 문제점으로 우려되었던 부분이 4차 산업혁명 기술들을 통하여 스마트 팜으로 도약, 지속가능한 개발을 위한 새로운 문제 해결책으로 제시되며 전 세계적으로 많은 연구, 사업이 이루어지고 있음

○ 농업 적용 가능 4차 산업혁명 기술

- 4차 산업혁명의 주요 기술 중 농업 부문에 적용 가능한 기술은 아래 <표 3.1> 와 같이 나타낼 수 있음

<표 3.1> 4차 산업혁명 농업 적용 가능 기술

주요기술	분야	농업 부문 적용 가능 기술
사물인터넷 (인공지능)	생산	사물인터넷 기반 스마트 팜을 통한 원격·자동 농작물 재배
		딥 러닝 등 인공지능 기술 탑재를 통한 최적 재배
		동물 체내 삽입형 센서를 활용한 동물 건강·질병 관리
	유통	자동 선별 정보, 입·출고 관리, 발주, 배송 등 농식품 유통 이력 관리
로봇 (무인자동화)	식품	기능성 식품 개발, 안전관리 및 사물인터넷 기반 기술 활용한 메뉴판 활용
	생산	무인 자동화 기술을 활용한 식물공장
		자동 육묘 및 파종 로봇 기술
		무인 주행 기술을 활용한 노지작물 방제 및 측사 청소 로봇
		탐색 기술을 활용한 무인 수확기 등 작업기
		이미지 탐색 기술을 활용한 생육 정보 자동 취득
		농작업 보조 로봇을 활용한 노동 절감 및 작업 패턴 분석
드론 (무인기)	생산	드론(무인기)을 활용한 방제
	관측	원격탐사, 드론 및 빅데이터 기술을 활용한 산지 작황정보 관측
	질병	드론을 활용한 작물(산림) 질병 등 예측·탐지
빅데이터 (클라우드)	생산	스마트 팜 환경·생육 정보 활용 최적 재배 환경 컨설팅
	소비/유통	빅데이터 기반 소비자 농산물 구매 성향 분석 및 직거래 유통 지원
	질병	질병 방역대 및 차량 이동 등의 빅데이터 분석을 활용한 축산 질병 발생 예측 및 분석, 방역 관리
	관측	빅데이터 정보를 활용한 영농 정보 종합 지원, 스마트 팜 맵, 공간 정보 기반의 빅데이터 활용
나노·바이오	생산	분광 스펙트럼을 활용한 이병 종자 및 유전자 변형 농산물 관리
	질병	DNA 등 유전자 분석 기술을 활용한 축산 질병 탐색
		나노 및 핵융합 기술 활용 측사·산지 유통 시설의 유해 환경 요소 관리
	소비	유전자 분석 기법 및 패턴 분석 기술을 활용한 원산지 식별
기타	소비	3D 프린팅을 통한 소규모 판매, 농산물 포장재 개발
	에너지	가축 분뇨, 발전소 폐열, 신재생 에너지 등을 활용한 에너지 저장(ESS) 및 통합(EMS) 관리 기술

자료: 김연중, 4차 산업혁명 대응 스마트팜 기술 및 정책 동향, 2018

○ 미래의 농업 방향

- 과거의 노동 집약 산업이었던 농업에서 기술 집약 산업으로의 변화
- 과거 생산/유통/소비가 단절되었던 농산업에서 4차 산업혁명 기술을 이용하여 생산/유통/소비의 빅데이터 분석을 통한 초연결 통합화
- 기존의 농업은 최적 생산을 위한 비료의 이용, 폐기물 처리의 어려움이 있었으나, 최적 재배 방안 및 로봇 기술을 이용하여 생산성을 높이되 환경 보전도 가능한 지속가능한 농업으로의 변화
- 과거 생산/공급자 중심의 기술 개발을 통한 농업 발전에서 소비/수요자 맞춤형으로 농산물을 생산하는 수요자 주도의 산업 혁신
- 도시화로 인한 이농 현상으로 사람이 떠나던 농업에서 첨단기술이 이용되고 소득이 증대되는 농업으로 인재가 이끄는 기술 혁신의 새로운 농업 패러다임으로의 변화가 예측됨

<그림 3.25> 4차 산업혁명 기술을 통한 미래의 농업 변화



나. 국내외 스마트 팜 현황

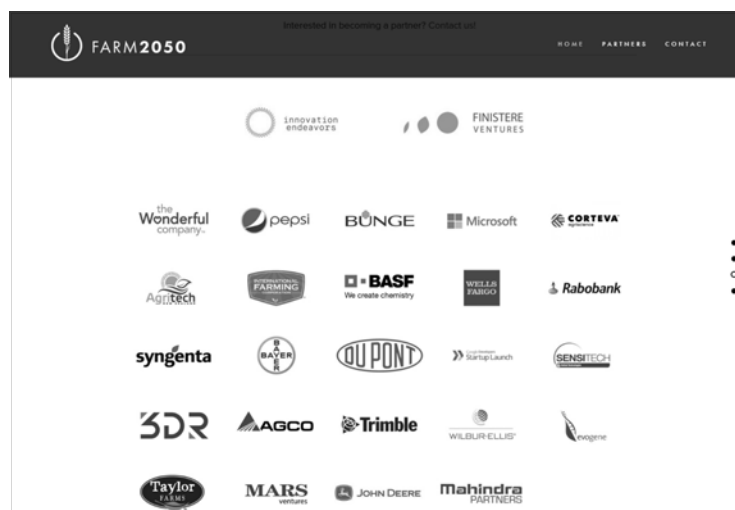
□ 해외 스마트 팜 현황

○ 투자의 귀재 짐 로저스 회장은 농업이 미래의 가장 유망한 산업으로 될 것이라고 하였으며, 전 세계적으로 선진국을 중심으로 하여 농업의 새로운 패러다임을 제시하고 첨단기술의 융합하여 이전과는 농업 기술을 연구 개발하고 일부 실제 생산에 이용하고 있음

- 미국

- 미국은 1990년대부터 장기 지속 가능한 농업(sustainable agriculture)을 위한 다각도의 농업 연구를 진행하며 환경 축진을 주요 전략으로 설정
- 영농 규모가 큰 대규모 농장이 많은 미국은 첨단 기계의 사용이 활발하며, 다양한 방식으로 스마트 팜 및 식물 공장 관련 연구, 사업화가 진행되고 있음
- 최근 미국은 인공위성에서 받은 정보를 이용, 무인 트랙터로 농장 원격 관리
- Google, Microsoft 등 다양한 분야의 기업들이 Farm2050 사이트를 통하여 미래지향적 지속가능한 농업에 대한 활발한 융합 프로젝트 진행 중임(<그림 3.26>)

<그림 3.26> Google사 외 세계적 기업들이 협력하는 Farm2050 사이트의 협력사들



- 유럽

- 범국가적 EU 차원에서 정밀 농업 분야 연구 역량 및 연구 협력 네트워크 강화, 농업과 정보통신기술 융합 연구 개발의 효율성 제고를 위하여 국제공동 연구 프로젝트(EU ICT-AGRI 프로젝트)를 2009년부터 진행
- 네덜란드의 대표 온실 솔루션 기업 Priva는 1959년에 설립되어 1977년부터 컴퓨터 기반 온실 환경 복합 제어기를 이용하였으며, 현재 전 세계 정보통신 기술 시설 원예의 선두 기업으로 시장을 점유하고 있음
- 네덜란드 와게닝겐 대학(Wageningen University)을 중심으로 농업 관련 산학 협력이 매우 활발하게 이루어지고 있어 세계의 첨단 농업을 선도함
- IoF2020(internet of food & farm)은 사물인터넷을 기반으로 19개국 73개 파트너 기관으로 이루어진 다양한 농업의 분야에서 빅데이터 수집 및 활용 하는 프로젝트로 와게닝겐 대학을 중심으로 2017년부터 진행되고 있음
- 와게닝겐 대학을 중심으로 농업에서의 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇 기술 이용을 접목하는 혁신적인 농업 R&D를 선도 진행함
- 네덜란드 와게닝겐 대학을 중심으로 인공지능 알고리즘 기반 작물 생육 국제 대회가 열릴 정도로 4차 산업혁명 기술을 이용한 농업 연구 개발이 매우 적극적으로 이루어지고 있음 (Hemming 외, 2019)

- 아시아

- 일본의 경우 2004년 ‘신사업 창조 전략’ 추진 후 2011년 농업을 정보통신기술 융합 기반의 신산업 육성 6대 중점 분야 중 하나로 선정함
 - NEC, 후지쯔, Panasonic과 같은 IT 기반 회사들과의 협업으로 인하여 식물 공장(수직 농장) 기술 및 농업 컨설팅 연구, 사업 진행
 - 중국의 경우 농업 현대화를 위한 선진 기술 도입 차원에서 네덜란드, 이스라엘 등 농업 선진국 정부와 파트너십 체결 후 정부 주도의 정보통신기술 농업 및 식물 공장 연구, 사업화가 활발히 진행되고 있음
- 글로벌 스마트 팜 시장은 2012년 34조 원에서 2016년 220조 원 수준으로 연평균 13.3%의 성장률을 보이며 계속 성장세임 (중소기업청·중소기업로드맵, 2016)

〈그림 3.27〉 세계 주요국의 농업 기술 개발 현황



□ 국내 스마트 팜 현황 및 문제점

○ 실효성 있는 현장 중심 정책 부재

- 오직 양적인 성장, 실제 이용자에 대한 실효성 부족
 - 국내에서는 2014년부터 정부가 스마트 팜을 적극 장려하면서 급속히 확산되어 2017년에 3년 사이 국내 스마트 팜 규모가 10배 이상 증가하였음(시설 원예 405ha → 4,010ha, 축산 23가구 → 790가구)
 - 실제 농가에서는 스마트 팜 도입 후 긍정적인 부분도 있기는 하나, 활용 방법에 대한 어려움이 있어 실효성이 떨어지는 부정적인 사항이 있음
 - 실무자들에 대한 스마트 팜 활용 방법에 대한 교육이 필요함
 - 이를 위해 스마트 팜 혁신 밸리의 교육 역량 강화 필요

○ 스마트 팜 국산화

- 국내 농가 실정에 맞는 국산 스마트 팜의 부재
 - 현재 국내의 제대로 된 스마트 팜은 해외 업체 제품의 설비가 대부분이며, 실제 스마트 팜 활용 방안에 대한 교육이 부족하여 제대로 활용하고 있는 농가는 매우 적은 편임

- 스마트 팜 국산화를 위해 국내 생산 제품이 개발되고 있으나, 현재 주로 중소기업에 의해 개발되어 판매되고 있으며, 이 역시 해외 부품을 사용하고 있음
- 중소기업의 규모와 경험 부족으로 인한 오작동 및 문제 해결 A/S에 문제가 있어 스마트 팜을 이용한 농가에서는 스마트 팜에 대한 인식이 좋지 않음
- 결국 오랜 기간 동안 개발된 안정화된 외국산 제품에 대한 신뢰도와 의존도가 높아지고 있음
- 국내 실정에 알맞은 스마트 팜 연구 개발 및 활용 필요
- 국내 현장에 알맞은 데이터 축적 및 모델 제공 필요

○ 실효성 있는 현장 중심 R&D 필요

- 실효성이 부족한 현실과 동떨어진 R&D
 - 다양한 학·연·산을 통해 R&D 개발이 이루어지고 있으나, 선진 해외 제품의 기존 기술을 모방하는 형태가 많으며, 주로 기계 및 통신 등의 하드웨어 기술 개발에 초점이 맞춰져 있음
 - 국내 R&D 특성상 실제 사업화에 초점을 두기보다는 논문 및 특허 실적을 채우기 위한 부분에 치중하여 사업화에 한계가 있음
 - 세계 농업을 선도하는 네덜란드의 농산업 연구 개발의 경우, 논문 및 특허 등의 실적보다는 실제 이용될 수 있는 기술 개발 및 활용, 사업화에 적극적인 투자가 이루어지며 개발된 기술을 충분히 활용할 수 있도록 기술 보호에 노력함
 - 현장 중심 외에 장기적 계획으로 기초·기반 기술 개발을 위한 R&D 역시 필요

<표 3.2> 세계 주요국 농림 식품 기계·시스템 분야 기술 수준(기술선진국=100)

분야		한국	미국	일본	영국	프랑스	네덜란드	독일	호주	중국
중 분 류	농업기계 시스템	76.6(8)	100.0(1)	97.3(2)	86.7(6)	87.0(5)	95.2(3)	94.9(4)	84.3(7)	64.6(9)
	식품기계 시스템	68.0(8)	98.7(2)	98.5(3)	87.2(4)	86.0(5)	84.4(6)	100.0(1)	75.2(7)	63.6(9)

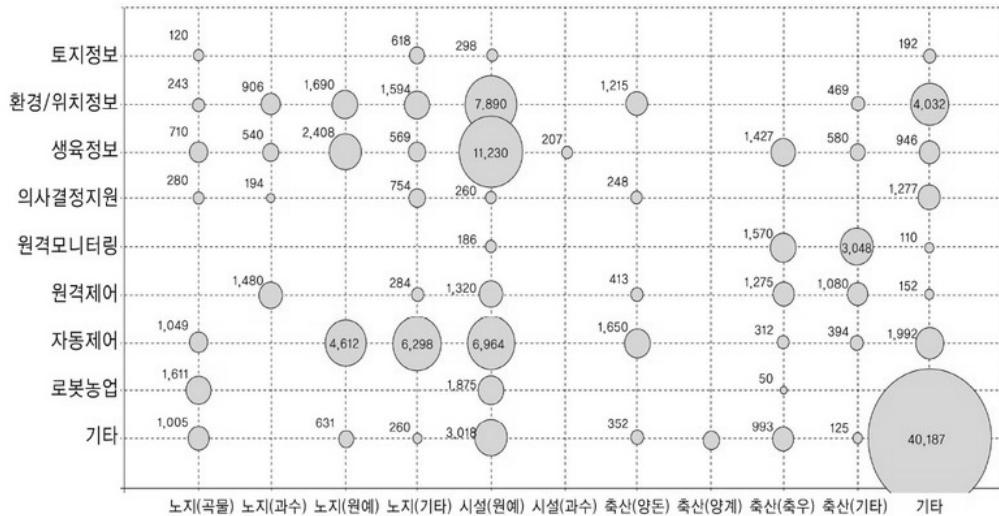
<표 3.2> 세계 주요국 농림 식품 기계·시스템 분야 기술 수준(기술선진국=100)(계속)

	분야	한국	미국	일본	영국	프랑스	네덜란드	독일	호주	중국
중 분 류	임업기계 시스템	78.0(5)	100.0(1)	99.4(2)	78.7(4)	76.2(7)	75.6(8)	92.1(3)	76.5(6)	75.0(9)
	축산업기계 시스템	76.5(8)	99.5(2)	96.6(4)	92.3(6)	92.9(5)	100.0(1)	97.4(3)	85.1(7)	64.8(9)
	전체	75.0(8)	100.0(1)	98.2(2)	86.8(5)	86.4(6)	90.8(4)	96.5(3)	81.4(7)	66.2(9)

○ 국내 스마트 팜의 변화 필요

- 현재 국내 스마트 팜 연구 및 개발은 주로 시설 원예와 축산 부분에 중점을 두어 진행되고 있으며, 주 연구 내용은 <그림 3.28>과 같이 시설원예 - 생육 정보, 환경/위치 정보, 자동 제어에 치중되어 있음
- 실질적으로 한국의 농업 경쟁력을 갖추기 위한 한국형 농장 형태에 알맞은 한국형 스마트 팜 모델 개발, 실증 및 보급이 필요함
 - 국내 원예 생산의 경우 시설 재배의 비율이 증가하기는 하였으나, 주 생산이 노지 재배, 토경 재배이므로 생산 시설의 현대화를 지향하거나 현 보유 시설 환경에 알맞은 스마트 팜 기술 개발이 필요
 - 해외 시장과는 다르게 국내 농업의 농경지는 각각의 규모가 작으므로, 규모가 작은 농장에서도 효율적인 활용이 가능한 스마트 팜 기술 개발이 필요
 - 해외에서 이미 많이 개발된 토마토, 파프리카에 대한 한국형 빅데이터 수집도 필요하나, 국내의 경쟁력을 키울 수 있는 작목(참외, 수박, 딸기 등) 선정을 통한 국제 경쟁력 획득도 매우 중요함
 - 시설 원예, 축산 뿐 아니라 노지 생산, 수산 양식, 산림 수목 생산 등에 대하여 다각도의 스마트 팜 기술 개발 접근도 필요함
 - 노지 생산의 경우 농업용 인공위성 도입, 드론 방제 등의 기술이 이용될 수 있으며, 축산 및 수산의 경우 질병 관리/방역, 환경 부하 저감을 위한 4차 산업혁명 기술 도입이 가능함
 - 산림의 경우 재해 방지 및 원격 모니터링이 가능한 4차 산업혁명 기술 도입

<그림 3.28> 스마트 팜 상세 기술별 투자 현황



자료: 날리지웍스, 한국형스마트 팜 기술 개발 사업기획연구, 2015

- 하드웨어뿐만 아니라 국내 상황에 알맞은 소프트웨어, 빅데이터, 인공지능, 작물 생육 DB, 작물 재배, 농장 경영에 대한 다양한 연구·기술 개발 접근이 필요함
 - 국내 빅데이터 축적을 위한 신뢰성 있는 데이터의 선별, 보정 등이 가능한 데이터의 표준화가 선행되어야 함
 - 해외의 기술에 의존하고 있는 기초 기술, 기반 기술에 대한 중장기적 연구 개발이 필요함
- 개발된 기술을 보급하는 산업체와 농가가 상호 피드백을 통해 스마트 팜의 지속적인 유지·관리가 가능하도록 전문 인력 양성, 산업체 육성, 기업화가 필요함
- 농가에서도 스마트 팜 전문 지식을 갖춘 인력이 농장을 관리할 수 있도록 농촌 인력 개발이 필요하며, 기존 1차 산업의 생산 위주 농업에서 벗어나 기업의 개념으로 접근이 필요함

다. 스마트 팜 인력 육성 방안

□ 국내 스마트 팜 전문 인력 개발

○ 스마트 팜 전문 인력 육성

- 기존 재배학, 시설원예학의 재배 이론 뿐 아니라 식물 환경 조절 이해 필요(시설 원예)
- 기존 축산/수산업 이론 뿐 아니라 사육 환경 조절 이해 필요(축산, 수산)
- 스마트 팜을 구성하고 있는 센서, 전기, 전자, 기계에 대한 전문 지식 필요
- 스마트 팜 기기의 trouble shooting이 가능한 스마트 팜 전문 교육 필요
- 통계학, big data 분석 능력 뿐 아니라 경영학 교육 필요
- 기존 1차 산업의 생산 위주 농업에서 벗어나 기업의 개념으로 접근 필요
- 스마트 팜 혁신 센터 및 농업 전문 교육 기관의 전문성 있는 교원 확보 필요

○ 스마트 팜 기술 개발 전문 인력 육성

- 학계 간(BT, IT, 공학, 경영 등) 융·복합을 통한 전문가 양성 필요
- 차세대 스마트 팜이 될 수 있는 식물 공장(plant factory), 수직 농업(vertical farm)에 대한 이해
- 차세대 우주 시대에 알맞은 우주 농법(space farming)으로의 발전 확대
- 지속가능한 발전, 농업(sustainable agriculture)에 대한 이해 확립 필요

라. 스마트 팜에서 스마트 농업으로

□ 스마트 팜에서 스마트 농업으로 스케일 업(scale up)

○ 협의의 스마트 팜

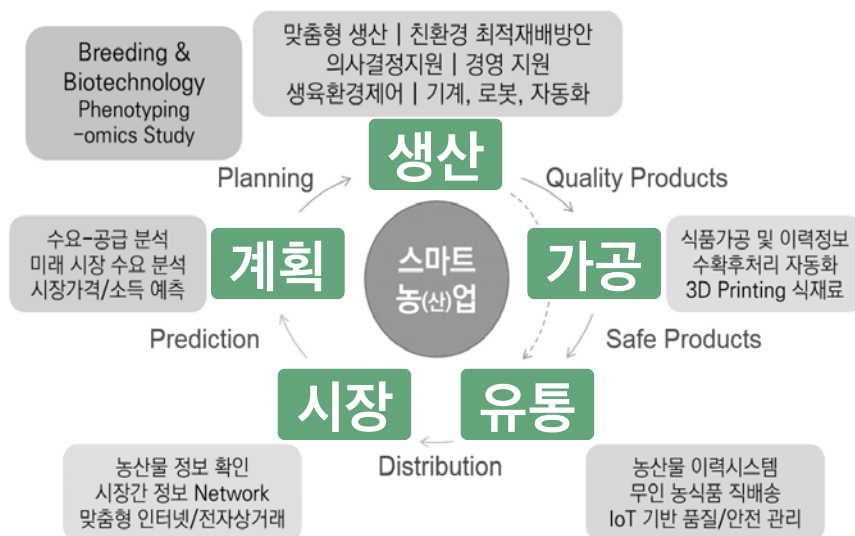
- 현재 주로 정의되고 있는 스마트 팜은 정보통신기술을 비닐하우스·축사·과수원 등에 접목하여 원격·자동으로 작물과 가축의 생육 환경을 적정하게 유지·관리할 수 있는 농장을 의미함

- 스마트 팜(smart farm) 용어는 국내에서 주로 사용되고 있으며, 미국과 유럽에서는 'smart farming'이라는 용어와 함께 정밀 농업(precision agriculture), 관리 정보 시스템(management information systems), 농업 자동화 및 로봇(agricultural automation and robotics)로 세분화하여 많은 기술과 사업을 개발하고 있음

○ 광의의 스마트 팜, 스마트 농업

- 한국 농식품산업의 선진화, 발전을 위하여서는 생산 뿐 아니라 유통, 시장에 전달되는 경영, 그리고 시장 분석을 통한 계획 생산을 통해 농업 수익성을 증대시킬 수 있는 형태의 발돋움이 필요함
- 현재의 생산 위주의 스마트 팜에서 한 단계 전진하여 조금 더 큰 그림을 볼 수 있는 스마트 파밍(smart farming) 혹은 스마트 농업(smart agriculture)로의 인식 전환이 필요함(<그림 3.29>)
- 급속도로 변해가는 4차 산업혁명 시대에 이용될 수 있는 다양한 기술들을 이용하여 스마트 농업을 진행하기에 한국은 다양한 장점을 지니고 있음(예: 국내 인터넷 망, 국제 경쟁력 있는 IT 기술 등)

<그림 3.29> 포괄적 스마트 농업에 대한 모식도(안)



○ 미래 농업을 위한 정책 제안

- 국제 경쟁력이 있는 농업 생산국이 되기 위하여, 농업에 대한 기존 인식을 변환하여 농민들의 의견을 취합하여 규모화, 기업화 진행이 필요함(농업 선진국 네덜란드의 선행 농업 정책 참고)
- 지속가능한 발전과 식량 안보를 위한 기초, 기반 산업(농업)에 대한 정부의 꾸준한 노력으로 범국민적 농업 및 식량/환경 안보에 대한 패러다임 변화 필요
- 농업의 새로운 도약을 위해 IT, BT, NT 등 첨단기술을 융·복합하는 범부처 R&D 역량 결집 필요
- 국내 스마트 팜 및 미래 농업 기초/기반 기술에 대한 장기적 발전 정책 및 꾸준한 연구 개발 정책 요망
- 조급한 성과보다는 다양한 접근, 실용적 문제 해결이 가능한 R&D 지원 필요
- 미래 농업 전문 인력 양성을 위한 인재 육성 필요

IV

4차 산업혁명 시대 농식품 분야의 변화와 교육



IV

4차 산업혁명 시대 농식품 분야의 변화와 교육

1. 식품 소비 추세와 미래 전망

가. 식품 소비 변화 추세

□ 경제 발전과 식품 소비

○ 식품 소비의 변화는 <그림 4.1>과 경제 발전에 따른 소득 증가, 주로 소비하는 식품의 종류, 식품 소비의 주요 목적이라는 3가지 차원으로 이해가 가능함 (안병일, 2015)

- 소득이 매우 낮은 수준에서는 식품의 주 소비 목적이 기아 해결과 생존 유지이며 주로 소비되는 식품은 곡류와 두류인 반면, 소득이 증가하게 되면 소비목적이 안정적 소비, 다양성 추구, 질 추구 등의 양상으로 변하게 되며, 이에 따라 주 소비 식품도 육류, 채소, 편의 식품, 기능성 및 고 영양 식품 등으로 변하게 됨

<그림 4.1> 경제 발전과 식품 소비 변화 추세

	주 소비 식품	주 소비 목적	대표적 국가
고소득	고영양 및 기능성 식품	질 추구	미국, 캐나다, 서유럽, 대한민국, 일본
중소득	편의식품	다양성 추구	동유럽, 중국, 라틴아메리카
중저소득	육류, 낙농품, 채소, 과일	안정적 식품소비	인도
저소득	곡류, 두류	기아해결, 생존유지	사하라 이남 아프리카 국가들

자료: 안병일, 식품 소비트렌드의 변화와 전망, 재구성, 2015

- 우리나라의 경우 사실상 지난 반세기 동안 <그림 4.1>의 최빈국인 사하라이남 아프리카 국의 위치에서 고소득 선진국으로 발전하였기 때문에, 급격한 식품 소비 변화가 짧은 기간 동안에 나타남
 - 우리나라는 식품 소비에 있어 고소득 선진국들이 가지고 있는 특징을 보유하고 있는 것으로 평가되지만, 어느 하나의 특징만으로 우리나라의 식품 소비 추세를 단정 짓기는 어렵고, 여전히 소득 증가에 따라 나타나는 패턴인 고급화, 간편화, 다양화 등의 특징이 여전히 진행 중이라 할 수 있음
 - 향후에도 지속적인 경제 발전이 이어질 것이므로, 현재에 이어지고 있는 변화 추세는 계속될 것으로 전망됨

□ 식품 소비 트렌드의 주요 방향

○ 고급화 추세

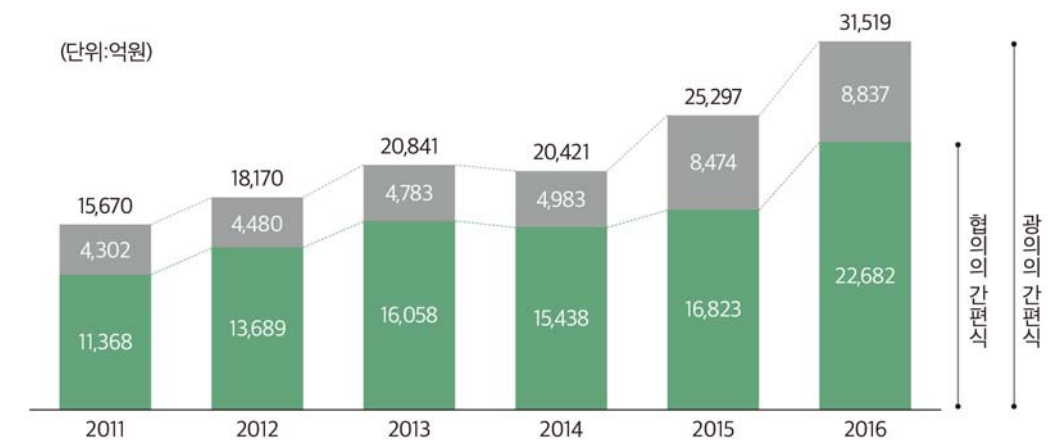
- 소득 증가는 필연적으로 식품 소비의 고급화를 동반하는데, 이는 곡물류 지출 비중이 줄어들고 육류지출 비중이 증가하는 것과 같이 칼로리 단가(즉, 1Kcal의 에너지를 공급하기 위해서 지불해야 하는 가격)가 낮은 식품에서 칼로리 단가가 높은 식품군으로 소비자들의 선호가 옮겨가는 등의 지표로 확인할 수 있음
- 곡물에 비해서 육류의 가격이 비싸다는 점을 고려한다면, 동일 양의 칼로리를 공급받기 위해서 소비자들이 지불한 가격은 계속 높아져 왔다는 것을 쉽게 유추할 수 있음
- 유명 대기업에서 생산한 식품에 대한 구매액이 중소기업이나 잘 알려져 있지 않은 브랜드 식품에 비해서 매우 큰 것 역시 고급화 추세가 이어지는 지표로 확인할 수 있음

○ 간편화 추세

- 간편화 추세는 식사재료를 구입하거나 음식을 만드는데 드는 시간을 절약하고자 하는 소비자들의 선호가 식품 소비 행태에 반영된 것으로써, 외식비 지출이 증가하거나, 가정간편식(home meal replacement, HMR) 구매가 증가하는 현상을 통해 단적으로 확인할 수 있음

- 간편식 시장의 성장은 소비자들이 음식을 만드는데 드는 시간을 아끼고자 하는데 그 원인이 있기 때문에, 외식 지출액 증가 추세와 매우 유사한 형태로 나타남. 즉 경기 여건에 따라 소득 증가가 둔화되는 등의 외적인 제약조건에도 불구하고 간편식 시장은 외식 지출과 함께 지속적으로 증가하고 있음

<그림 4.2> 간편식 시장 동향



주: 협업의 간편식=즉석 섭취 편의 식품류 출하 실적

광의의 간편식=즉석 섭취 편의 식품류 출하 실적+만두류+카레+튀김식품+빵류(피자)+빵류(핫도그)+파스타류 출하실적

자료: 농림수산물식품부·한국농수산식품유통공사, 2017 가공식품 세분시장 현황 - 간편식 시장, 2017

○ 다양화 추세

- 식품 소비의 다양화는 소득 증가에 따른 또 다른 특징이라고 할 수 있는데, <표 4.1>에서 볼 수 있는 바와 같이 쌀 등의 곡물 위주의 소비에서 견과류, 육류, 계란류, 과실류 등으로 식품 소비 품목이 다양화 되는 것을 통해 잘 알 수 있음
- 전통적으로 가장 많이 소비되던 품목인 쌀의 소비량이나 밀가루 등의 소비량은 감소하는 대신, 우유와 육류, 채소류와 과실류의 소비가 꾸준히 증가해 왔음

<표 4.1> 1인 1일당 식품 공급량

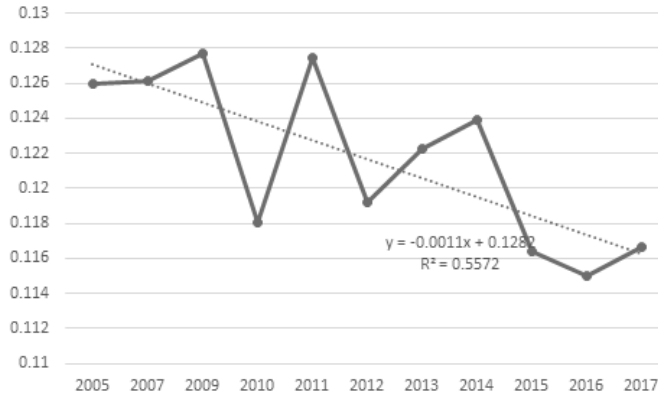
(단위: g)

	2005	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
쌀	228.1	226.8	220.7	223.2	220.8	217.6	213	205	196.5	194.5	196.9
밀 가루	86.7	90.3	88.3	91.3	93.3	93.4	86.5	87	88	87.2	88.1
보리	3.2	2.8	3.3	3.7	3.6	3.6	2.8	3.6	3.6	2.8	3.6
기타	94.4	91.7	68.2	79.3	78.1	87.6	76.4	75.6	76.7	79.4	88.6
서류	46.6	35.3	37.2	37.9	34.4	32.2	40.5	34.1	33.1	32.5	30.5
설탕류	58.1	55.5	64.7	62.3	62.2	61.3	65	64.7	61.3	61.7	62.5
두류	31.3	29.3	26.5	28.5	27.1	27.4	27	28.2	27.7	27.0	23.4
견과류	3.5	4	4.2	4.1	4.2	4.8	5	5.3	4.8	5.2	4.7
종실류	1.9	2	2.2	1.9	2.3	2	2.2	2.1	2.3	2.6	2.5
채소류	398.7	410.7	408	362.1	423.5	381.5	400.4	421	376.6	366.1	390.3
과실류	122.6	132.4	132.4	121	127.9	126.6	130.2	136.5	137.1	117.6	117.6
육류	100.3	112	117.5	119.3	121.7	125.9	134.8	141.1	145	153.6	155.2
계란류	24.9	26.1	27.3	27.1	27	28.3	28.2	30.4	30.2	31.7	26.3
우유류	147.9	151.2	144.7	156.1	162.4	150.4	168.2	169	174.3	176.1	188.1
유지류	51.3	49.9	51.8	55	43.1	60.8	49.8	56	55.1	58.0	62.8
어패류	109.4	115.3	98.9	100.1	101.6	103.7	101.7	114	113.3	99.6	104.6
해조류	26.3	39.4	39.5	40.2	57.7	43.5	47.7	46.3	51	57.7	76.0

자료: 한국농촌경제연구원, 2017년 식품 수급표, 2019

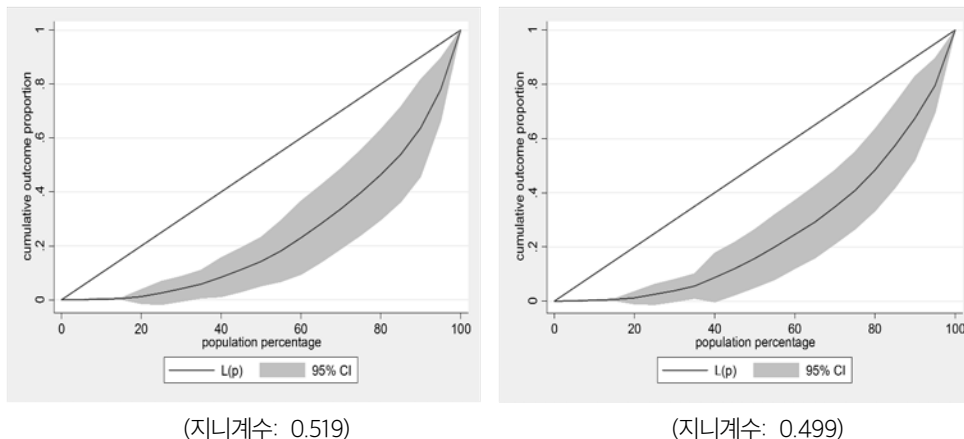
- 식품품목별 소비의 다양화 추세를 보다 직접적으로 알아보기 위해 각 품목의 소비량이 전체 소비량에서 차지하는 비중을 제공하여 합산한 HHI 지수(Herfindahl-Hirschman Index)를 계산해 보면, <그림 4.3>에서 볼 수 있는 바와 같이 감소하는 추세가 매우 뚜렷하게 나타남
- HHI 지수가 높다는 것은 특정 품목의 소비에 집중하는 집중도가 높다는 것을 의미하며, 낮다는 것은 특정 품목에 소비를 집중하는 대신 다양한 품목으로 소비가 분산된다는 것을 의미함
- 따라서 <그림 4.3>은 식품 소비의 다양화가 지속적으로 진전되어 왔다는 것을 매우 잘 보여주는 것이라 할 수 있음

<그림 4.3> 연도별 식품품목별 소비량의 HHI 지수



- 품목별 소비의 다양화 추세를 집중도를 나타내는 지니계수를 통해서도 알아볼 수 있음. <그림 4.4>는 2005년과 2017년에 대한 지니계수와 이를 산출하는 근거가 되는 로렌츠 곡선을 도출한 것임
- 45도선 아래의 면적에서 로렌츠 곡선 이하의 면적이 차지하는 비중을 나타내는 지니계수는 2005년 0.519에서 2017년 0.499로 낮아진 것으로 도출됨
- 따라서 특정 품목에 소비가 치우치는 불균등도가 완화되고 식품 소비에 있어서의 다양성이 진전되고 있음을 알 수 있음

<그림 4.4> 2005년 및 2017년의 식품 품목별 소비량의 로렌츠 곡선



○ 건강 및 안전 지향 추세

- 소득 증가에 따른 식품 소비 추세 변화에서 가장 마지막 단계에서 찾아볼 수 있는 특징 중의 하나는 식품 소비를 단순한 영양 섭취나 맛을 즐기고자 하는 의도에서가 아니라 기능성을 추구하고 건강에 해를 끼치지 않는 안전한 식품을 소비하고자 하는 것임
- 한국농촌경제연구원의 『식품 소비 행태 조사』 자료 중, 친환경 농산물 구매에 대한 소비자들의 구매 변화를 나타낸 것임. 전년 대비 변화가 없다고 응답한 소비자가 가장 많았으나, 전년보다 감소했다는 소비자보다는 전년보다 증가했다는 소비자가 절대적으로 많다는 것을 알 수 있음
- 또한 전년 대비 구매가 증가했다는 소비자들의 비중은 점점 증가하고 있는 추세인 것으로 나타남. 이와 같은 조사 자료는 안전과 건강을 중시하는 소비자들의 선호 때문에 친환경 농산물 소비가 앞으로도 계속 증가할 것이라는 점을 암시함
- <표 4.2>는 국내의 건강기능식품 시장 규모 변화를 나타낸 것임. 2006년 시장 규모 8,831억 원에 비해 2018년 시장 규모는 3조 689억 원으로 2,400% 이상 증가하였음. 건강기능식품 시장은 수입 건강기능식품 뿐만 아니라 국내에서 생산되는 건강기능식품 모두 급격하게 성장하여 양자 모두 지난 10여 년 동안 3배 이상 커졌음
- 이와 같은 건강기능식품 시장의 확장은 소비자들의 식품 소비에서의 다양한 관심사 중 건강에 대한 관심이 가장 중요한 것 중의 하나라는 점을 잘 말해주고 있음

<표 4.2> 건강기능식품 시장 규모 변화 추이

(단위: 억 원)

년도	국내 출하	수입	합계
2006	6,637	2,194	8,831
2007	6,888	1,998	8,886
2008	7,516	2,433	9,949
2009	9,184	2,676	11,860
2010	10,211	2,609	12,820

<표 4.2> 건강기능식품 시장 규모 변화 추이(계속)

년도	국내 출하	수입	합계
2011	13,126	3,729	16,855
2012	13,508	3,532	17,040
2013	14,066	3,854	17,920
2014	15,641	4,396	20,037
2015	17,326	4,968	22,294
2016	20,175	5,863	26,038
2017	21,297	5,744	27,041
2018	23,962	6,727	30,689

자료: 식품의약품안전처, 2018년 건강기능식품생산실적, 2019

나. 식품 소비 추세 변화의 요인

□ 식품 소비 추세의 변화 요인

- 식품 소비 추세 변화에는 여러 가지 사회·경제적 요인이 작용함
 - 우선 경제적 요인으로 가장 중요한 것은 경제 발전에 따른 소득 증가임
 - 또한 수입 개방으로 인해 다양한 식품을 선택할 수 있는 선택 기회 확대와 수입품과의 경쟁 심화로 인한 식품 물가의 하방 압박 또한 식품 소비 추세 변화에 중요 요인으로 작용하고 있음
- 사회적 요인으로 중요한 것은 인구와 세대 구성의 변화를 들 수 있음. 출생률 하락에 따른 영유아의 감소, 의료 기술 향상과 건강 관리 수준 향상에 따른 고령화, 1인 가구의 증가는 최근의 식품 소비 추세 변화를 주도하는 사회적 요인임
- 사회적 요인으로 중요한 또 다른 요인은 여성의 사회 진출 증가임
 - 여성의 경제 활동 참여 증가가 식품 소비 변화에 미치는 영향을 두 가지 측면에서 살펴볼 수 있음

- 전통적으로 가정에서 식사를 준비하는 구성원은 가정주부였지만 여성의 사회 활동 증가로 인해 가정에서 식사를 준비하는 구성원이 주부뿐만 아니라 남편, 동거하는 부모님 등 다양화되고 있음. 식사를 준비하는 주체가 누구냐에 따라 제공되는 식사의 종류가 달라질 수 있으므로 여성의 경제 활동 참여 증가로 인해 식품 소비의 양상이 달라지는 것은 쉽게 예측할 수 있음
 - 여성의 경제 활동 참여는 가정주부로 하여금 식사 준비 시간에 대한 기회 비용을 높게 만들어 가급적이면 식사를 준비하는 데에 드는 시간을 절약하고자 하는 형태로 식품 소비 양상을 나타나게 함. 이의 결과로 가장 쉽게 예측할 수 있는 것은 외식이나 간편식 소비 확대와 같은 간편화임
- 3D 프린팅 및 나노 기술, 블록체인, 인공지능으로 접목된 푸드테크의 발전은 새로운 식품을 출현케 할 뿐만 아니라, 영양 성분이나 특정 기능성 원료를 고집적인 식품 제조를 가능하게 하여 식품 소비의 다양화와 고급화를 진전시킬 것으로 예상됨

<표 4.3> 식품 소비 추세 변화의 주요 요인 및 그에 따른 식품 소비 추세 변화 방향

주요 요인		요인별 변화 방향	식품 소비 추세에 미치는 영향
경제적 요인	소득	소득 증가	고급화 추구, 건강과 식품 안전성에 대한 관심 증가
	수입 식품 확대	식품 선택 기회 확대	식품 소비의 다양화
인구·사회적 요인	인구 구성 변화	영유아 감소	고급화 추구
		고령화 진전	간편화 추구, 건강식 소비 확대
	가족 구성 변화	1인 가구 증가	고급화, 간편화, 다양화 추구
	여성의 경제 활동	경제 활동 참여 확대	간편화 추구
기술적 요인	푸드테크	푸드테크의 발전	다양화 및 고급화 진전

자료: 안병일, 식품 소비트렌드의 변화와 전망, 재구성, 2015

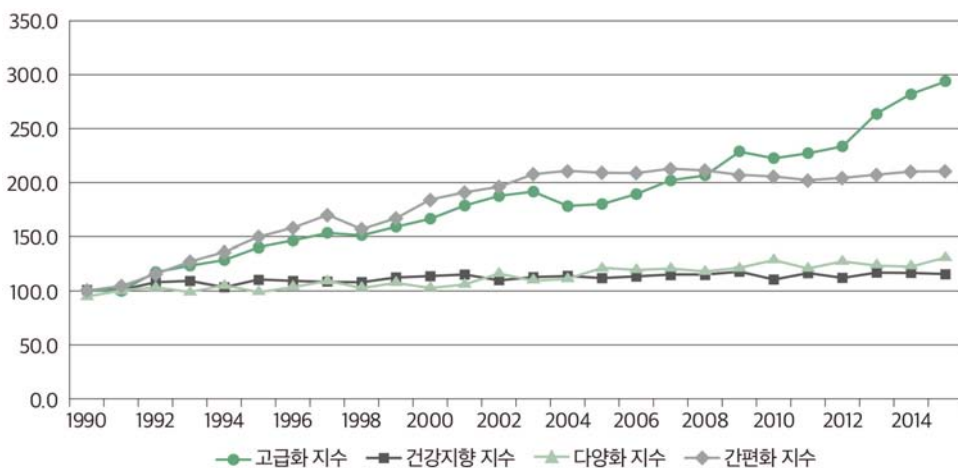
□ 변화 요인과 식품 소비 추세 간의 상관관계

- 식품 소비 추세 변화로 나타난 고급화, 다양화, 간편화, 안전 및 건강 지향 추세와 변화 요인들인 소득 증가, 수입 식품 확대, 인구 구성 변화, 가족 구성 변화,

여성의 경제 활동 참여 증가 각각이 어떠한 상관관계를 맺고 있는지를 회귀 분석을 실시하여 알아볼 수 있음

- 분석을 위해 1990년부터 2015년 기간에 대해, 간편화는 식품 소비 지출액 중에서 외식 지출액 비중을 계산하여 대리 변수로 사용하였으며(통계청의 가계 동향 조사 자료 이용), 고급화는 칼로리 단가가 높아진다는 추세를 반영하기 위해 곡물 소비량 대비 축산물 소비량의 비율을 대리 변수로(식품 수급표 기반), 다양화는 식품 소비량 구성 항목의 HHI 지수의 역수로(식품 수급표 기반), 건강 지향 추세는 총 식품 소비량 중에서 우유류, 과일과 채소 및 해조류에 대한 소비량 비중(식품 수급표 기반)을 대리 변수로 사용하였음
- 비교를 쉽게 하기 위해 고급화, 건강 지향, 다양화, 간편화 추세를 비교하기 위해, 분석의 초기 연도인 1990년에 대해 계산된 값이 100이 되도록 지수화함
- <그림 4.5>는 이와 같이 지수화 한 고급화, 건강 지향, 다양화 간편화 지수의 추세를 나타낸 것임. 그림에서 확인할 수 있는 바와 같이 고급화 지수의 상승추세가 가장 가파르며, 간편화 지수의 상승 추세가 그 다음으로 높으며, 다양화와 건강 지향 추세는 상승하는 추세이긴 하나 상대적으로 그 속도가 낮은 것으로 분석됨

<그림 4.5> 고급화, 건강 지향, 다양화, 간편화 지수의 추세



- 식품 소비 추세 변화에 영향을 미치는 경제적·인구·사회적 요인들로는 1인당 국민 소득, 10세 미만의 영유아 인구 비율, 고령화 추세를 나타내는 65세 이상의 인구 비율, 여성의 경제 활동 참여율을 1990년부터 2015년 기간에 대해 살펴 보았음
- <표 4.4> ~ <표 4.7>은 위에서 계산된 고급화, 건강 지향, 다양화, 간편화 지수를 각각 종속 변수로 설정하고, 사회·경제적 요인들을 설명 변수로 설정하여 회귀 분석한 결과임
- 분석 결과에서 확인할 수 있는 바와 같이, 어떤 소비 추세를 종속 변수로 사용했는가에 따라 차이는 나타나지만 사회·경제적 요인들은 식품 소비 추세와 다양한 양상으로 연관 관계를 맺고 있는 것으로 나타났음
 - 통계적인 유의성을 기준으로 할 때, 고급화 추세는 영유아 비율이 증가할수록 높아지는 관계에 있으며, 고령화 비율이 높아져도 고급화 추세가 진전되는 것으로 분석됨
 - 건강 지향 추세는 소득이 증가할수록 높아지는 관계에 있는 것으로 분석됨
 - 간편화 추세는 소득이 높아질수록, 여성의 경제 활동 참여율이 높아질수록 높아지는 관계에 있는 것으로 분석됨. 반면 고령화율과 간편화 추세는 음의 상관관계에 있어, 고령화는 간편화 진전을 더디게 하는 요소로 작용하는 것으로 분석됨

<표 4.4> 고급화 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계

설명 변수	추정계수 값	표준오차	t	P>t
소득	0.049569	0.0300	1.6500	0.1140
영유아비율	1766.932	492.9881	3.5800	0.0020
고령화율	2245.31	964.0832	2.3300	0.0300
여성 경제 활동 참여율	0.584121	2.8950	0.2000	0.8420
상수항	-340.673	146.6629	-2.3200	0.0300

R² = 0.9712

<표 4.5> 건강 지향 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계

설명 변수	추정계수 값	표준오차	t	P>t
소득	0.016971	0.0087	1.9500	0.0650
영유아비율	80.88082	142.9553	0.5700	0.5780
고령화율	-334.17	279.5621	-1.2000	0.2450
여성 경제 활동 참여율	0.238381	0.8395	0.2800	0.7790
상수항	88.17304	42.5289	2.0700	0.0510

R2 = 0.7012

<표 4.6> 다양화 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계

설명 변수	추정계수 값	표준오차	t	P>t
소득	0.007654	0.0108	0.7100	0.4870
영유아비율	-258.594	177.7028	-1.4600	0.1600
고령화율	-186.475	347.5140	-0.5400	0.5970
여성 경제 활동 참여율	1.42889	1.0435	1.3700	0.1850
상수항	82.47044	52.8662	1.5600	0.1340

R2 = 0.9060

<표 4.7> 간편화 추세와 사회·경제적 요인들 간의 상관관계

설명 변수	추정계수 값	표준오차	t	P>t
소득	0.173098	0.0454	3.8100	0.0010
영유아비율	396.1599	745.8269	0.5300	0.6010
고령화율	-4319.12	1458.5320	-2.9600	0.0070
여성 경제 활동 참여율	7.416687	4.3797	1.6900	0.1050
상수항	-165.543	221.8819	-0.7500	0.4640

R2 = 0.8736

다. 미래 식품 소비 전망에서의 이슈

- 식품 소비의 주 추세인 고급화, 간편화, 안전 및 건강 지향, 다양화, 푸드테크의 발전은 향후에도 계속적으로 진행될 추세라는 데는 큰 이견이 없음. 다만 각각의 추세는 그 정도가 가속화될지 아니면 추세는 지속되되 그 정도는 둔화될지에 대해서는 면밀히 살펴볼 필요가 있음
- 예를 들어, 앞 절에서 살펴본 바와 같이 현재 두드러진 식품 소비 추세로 나타나고 있는 고급화, 간편화는 이미 그 진전이 상당 수준 이루어졌기 때문에 향후에도 이제까지와 같은 속도로 이 추세가 이어지기는 어려울 것으로 예상할 수 있음
- 소득 증가의 영향
 - 회귀 분석 결과에 기초하여 해석한다면, 추정 계수의 크기로 미루어 볼 때 소득 증가에 의해 가장 큰 영향을 받을 것으로 예상되는 소비 추세는 간편화 추세라고 말할 수 있음
 - 소비자들의 소득은 평균적으로 볼 때 향후에도 증가할 것으로 예상되므로 간편화 추세는 앞으로도 계속될 것이라고 말할 수 있음
 - 건강 지향 추세 역시 소득 증가의 영향을 유의하게 받을 것으로 전망할 수 있음. 그러나 소득에 의한 건강 지향 추세의 가속화는 간편화 추세보다 현저하게 낮을 것이라 예상할 수 있는데, 소득에 대한 추정 계수를 보면 건강 지향 추세 추세의 경우 그 크기가 간편화 추세에 대한 것의 1/10수준으로 나타나고 있기 때문임
 - 그러나 향후의 소득 증가 폭이 이제까지의 소득 증가 폭 보다는 낮을 것이라는 점을 염두에 두어야 함. 즉, 향후에도 소득 증가에 따라 간편화 및 건강 지향 추세가 계속되겠지만, 과거보다는 그 추세가 둔화될 것이라 예상됨

□ 여성의 경제 활동 참여율의 영향

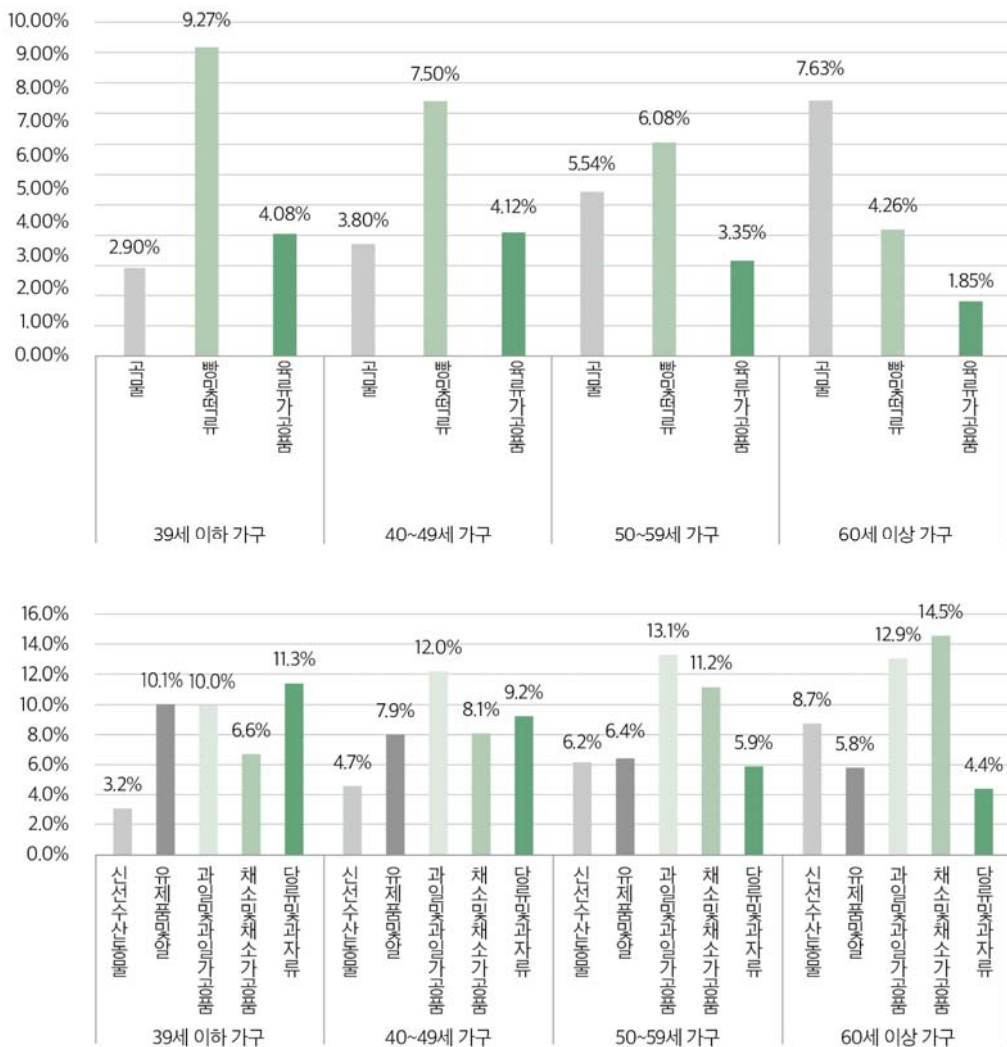
- 회귀 분석 결과에 기초하여 해석한다면, 여성의 경제 활동 참여율 증가에 의해 가장 큰 영향을 받을 것으로 예상되는 소비 추세는 간편화 추세라고 말할 수 있음
- 고급화, 건강 지향, 다양화 추세는 여성의 경제 활동 참여율과 유의한 상관관계를 맺고 있지 않은 것으로 나타나며 추정 계수의 크기도 간편화 추세의 경우보다 현저하게 낮은 것으로 나타남. 유의 수준을 기준으로 볼 때(90% 유의 수준) 통계적인 유의성은 없지만, 다양화, 고급화, 건강 지향 추세는 여성의 경제 활동 참여율과 양의 상관관계를 맺고 있는 것으로 나타남
- 회귀 분석 결과를 바탕으로 한다면, 현재의 추세와 같이 여성의 경제 활동 참여율이 앞으로도 계속 증가할 경우 이의 영향으로 간편화 추세가 계속될 것이라는 점은 쉽게 짐작할 수 있음

□ 인구 구조 변화의 영향

- 회귀 분석 결과를 바탕으로 할 때, 고령화와 영유아 인구의 감소는 고급화 추세에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있음. 한편 간편화 추세에 대해 고령화 변수는 음의 추정 계수 값을 보이고 있어, 고령 가구들은 간편식을 특별히 더 선호하지 않고 있음을 알 수 있음. 즉, 고령화 진전은 간편식 소비 확대 추세를 둔화시키는 요인으로 작용할 것이라 예상할 수 있음
- 고령화는 식품 소비의 큰 추세인 고급화와 간편화에 대한 영향뿐만 아니라, 식품류별 소비 추세에도 큰 영향을 미침
 - <그림 4.6>에 따르면 60세 이상의 상대적으로 고령인 가구들은 곡물과 채소 및 채소 가공품, 신선 수산식품 등을 다른 연령대의 가구에 비해 상대적으로 더 많이 소비하고 있음을 알 수 있음
 - 반면, 육류 가공품, 과자류, 유제품 및 알 가공품 등은 60세 이상의 고령 가구가 다른 연령대에 비해 상대적으로 더 적게 소비하고 있는 것으로 나타남

- 이러한 사실은 고령화 진전에 따라 이제까지 소비가 줄곧 증가해 온 채소 및 채소 가공품 소비는 앞으로 더욱 확대될 것이라는 점을 암시하는 반면, 현재까지 소비가 감소해온 곡물은 고령화 진전에 따라 소비 감소의 폭이 둔화될 것이라는 점을 암시한다고 할 수 있음

<그림 4.6> 가구주 연령별 식품 지출액 구성비 비중(2018년 기준)



자료: 통계청, 가계동향조사, 2019

□ 푸드테크의 발전

- 3D 프린팅과 나노 기술의 활용 등 푸드테크는 향후에도 다양한 방향으로 발전이 이루어질 것임. 이와 같은 기술 발전은 이전에는 경험하지 못한 새로운 식품의 출현을 가능하게 하여 식품 소비의 다양성을 크게 증가시킬 것임
- 다만, 푸드테크 진전에 따른 새로운 식품은 일반 식품에 비해서는 생산비가 높기 때문에 가격이 높은 수준으로 책정될 수밖에 없어, 고소득층이나 특수 소비층(예를 들어 나노 기술을 활용한 노인 건강식 등)을 중심으로 우선적으로 소비가 이루어질 것임

□ 식량 안보의 중요성 상존

- 수입 개방의 진전은 다양한 수입 식품에의 접근 기회를 향상시킴과 동시에 가격 경쟁력이 취약한 국내 식품 산업의 기반을 위협하는 요인으로도 작용할 수 있음. 이 경우 안정적인 국내 식품(농산물) 생산 기반을 유지해야 한다는 식량 안보의 중요성에 대한 요구는 향후에도 계속될 것임

라. 소비 변화를 고려한 미래 정책 과제와 전문 인력 양성 방향

□ 정책 과제

- 식품 소비 추세는 소비자들의 소비 행태가 꾸준히 집적되어 그 영향이 큰 변화 방향으로 나타나는 것이라 할 수 있음. 따라서 미래의 식품 소비를 전망하고 분석하는 데에는 소비자들의 소비가 어떠한 형태로 이루어지고 있는지, 그리고 이에 대한 요인은 무엇인지에 대한 분석이 선행되어야 함
- 이제까지의 식품 소비 추세 관련 연구와 정책들은 소비 추세 자체만을 초점으로 하여 진행된 경우가 대부분이었음. 이러한 이유 때문에 현재의 추세가 앞으로 이어질 것이라는 단순한 예측을 넘어서 추세가 이어지는 또는 이어지지 못하는 메커니즘에 대한 설명에까지 이르지 못하는 못하였음

- 사회 및 경제적 요인들은 정책으로 쉽게 통제하기 어려운 요소들이기 때문에 식품 소비 추세 전망과 분석에 있어 이제까지는 정부의 역할이 크게 조명 받지 못했음
- 그러나, 소비자들의 인식이나 선호 등을 소비추세 분석의 영역으로 포괄한다면, 정책을 통한 정부의 역할이 매우 선명해 질 수 있음
- 식품 소비를 분석하고 전망하는 것은 국내 식품 산업 발전을 위한 유용한 정보를 제공하고 관련 정책에도 기여하는 바가 크다는 측면에서도 매우 필요한 것이라 할 수 있음 (안병일, 2015)
- 이러한 의미에서 식품 소비뿐만 아니라 식품 소비를 둘러싼 제반 요인들에 대한 통계 기반을 구축하고 이를 이용하여 체계적으로 분석하는 관련 연구를 장려하는 것이 매우 필요함

□ 전문 인력 양성 방향

- 식품 소비에는 사회적·경제적 요인들이 가장 중요한 영향을 미치지만, 통계적으로 확인하기 어려운 소비자들의 선호 변화도 매우 중요하며, 문화적 요인과 소비자의 인식 변화도 큰 영향을 미침
- 따라서 소득 증가, 고령화 진전, 여성의 경제 활동 참여율 증가 등과 같은 요인들이 설명할 수 있는 식품 소비 추세 이외에도 소비자 선호와 인식변화 및 문화적 요인들을 분석할 수 있는 기초 인프라를 구축하고 연구를 수행할 다음과 같은 전문 인력 양성이 뒤따라야 함
 - 식품 소비 추세를 파악하는 데에 기초가 되는 통계 자료를 생성하는데 필요한 통계 조사 및 기반 구축 전문 인력
 - 소비자들의 다양한 소비 패턴에서 추세를 도출하고 마케팅과 정책에 응용할 수 있는 빅데이터 분석 전문 인력
 - 소비 패턴의 변화와 사회 경제적 요인들 간의 상호 관계를 분석하는 전문 인력
 - 소비 정책을 디자인할 수 있는 정책디자인 전문 인력
 - 소비 정책의 효과를 면밀하게 평가할 수 있는 정책 분석 전문 인력
 - 미래 식품 가공 기술의 진전에 따른 맞춤형 소비 전략을 연구하는 전문 인력

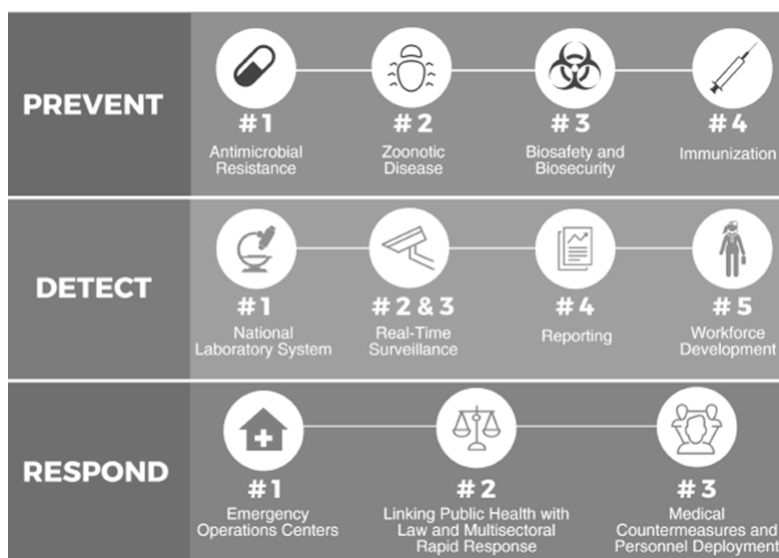
2. 4차 산업혁명과 식품 안전

가. 식품 안전 분야 현황 및 문제점

□ 글로벌 보건 안보 구상(Global Health Security Agenda, GHSA)

- 세계보건기구(WHO)와 같은 국제적으로 합의된 핵심 역량을 각 국가의 보건 안보(health security) 시스템 내에 갖추도록 상호 협력 및 지원하는 체계
- 최근 문제가 된 메르스를 비롯한 에볼라, 사스 및 조류 인플루엔자 등 신종 인수 공통 전염병의 유행, 항생제 내성 수퍼 박테리아 및 생물테러 등에 대한 국제적 공조를 위한 것으로서 미국을 비롯한 67개국 및 WHO, 세계동물보건기구인 OIE 등 9개의 국제 보건 관련 기구 모두가 참여
- 전염병 전문가를 비롯하여 국방/안보 전문가도 참여 → 질병 관리가 국가 안보를 넘어 글로벌 안보라는 인식의 전환

<그림 4.7> Global Health Security Agenda



<그림 4.8> 67 GHSA member countries(updated as of 28 March 2019)



자료: www.ghsagenda.org

□ 각국의 식품 안전 체계

○ 미국의 식품 안전 체계

- 미국의 식품 안전 관리는 총 16개의 연방기관과 각 주정부, 지역정부가 품목별, 단계별로 나누어 관리하고 있고 매우 복잡하지만 대부분의 업무는 식약청(FDA)과 농무부 식품안전검사청(USDA FSIS)에 의해 이원화되어있음
 - 식품안전검사청(FSIS)은 미국에서 유통되는 전체 식품의 20% 정도를 관리하며, 육류, 가금류, 계란 제품들과 이들을 생산하는 도축장에서의 위생 및 안전성, 그리고 이들이 안전하게 포장되었는지 확인할 책임을 가짐
 - 식품의약청(FDA)은 농무부가 관리하는 품목을 제외한, 모든 국내 및 수입 식품을 담당함. 전체 식품의 80%에 대해 안전 관리 담당
 - 식품안전현대화법(Food Safety Modernization Act) 제정에 따라, FDA에 사전 예방을 목표로 하는 새로운 권한과 책임이 부여됨

<표 4.8> 미국 식품 안전 담당 연방 정부 기관

부처	기관
농무부 (U.S. Department of Agriculture, USDA)	식품안전검사청 Food Safety and Inspection Service(FSIS)
	동식물 검역청 Animal and Plant Health Inspection Service(APHIS)
	곡물검사유통관리국 Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration(GIPSA)
	농업유통청 Agricultural Marketing Service(AMS)
	농업연구청 Agricultural Research Service(ARS)
	농업경제연구원 Economic Research Service(ERS)
	농업통계원 National Agricultural Statistics Service(NASS)
	식품농업연구원 National Institute of Food and Agriculture(NIFA)
보건부 (Department of Health and Human Services)	식약청 Food and Drug Administration(FDA)
	질병관리센터 Centers for Disease Control and Prevention(CDC)
상업부 (Department of Commerce)	해양어업국 National Marine Fisheries Service
환경보호청 (Environmental Protection Agency)	
교통부 (U.S. Department of Transportation)	
재무부 (Department of the Treasury)	알콜 담배 총포국 Alcohol and Tobacco Tax and Trade Bureau
국토안보부 (Department of Homeland Security)	세관 및 국경 경비 Customs and Border Protection
연방거래위원회 (Federal Trade Commission)	

자료: 농림축산식품부, 농식품 안전관리체계 개선방안 연구, 2019

<표 4.9> 미국의 식품 안전 체계

구분	주무 부처	수행 업무
위해성 평가	농무부(USDA) 산하 식품안전검사청(FSIS)	• 동식물 전염병 • 축산물 위생
	보건부 산하 식약청(FDA)	• 화학 물질 및 미생물
	환경부(EPA)	• 잔류 농약
위해성 관리	농무부(USDA) 산하 식품안전검사청(FSIS)	• 육류 • 가공육 • 알 가공품
	보건부 산하 식약청(FDA)	• 대부분의 식품(국산 및 수입) • 농산물 및 날계란(Shell eggs)
	환경부(EPA)	• 농약
	상무부	• 수산물
위해성 소통	각 부서	

자료: 농림축산식품부, 농식품 안전관리체계 개선방안 연구, 2019

○ 일본의 식품 안전 체계

- 식품 안전사고 발생 시 소비자청에서 컨트롤 타워의 기능을 하고, 식품안전위원회는 위해성 평가를 담당
- 식품안전위원회(Food Safety Commission)는 총리 산하 소속으로 위해성 평가 전담
 - 독립성 보장 방안
 - 지위 보장: 내각부 추천, 국회 과반수 동의, 총리 임명, 장관과 사무차관급 중간급 예우(별정직)
 - 상임위원의 겸직 불가: 현직사퇴가 임용 전제 조건(처우 보장)
 - 이중 보호 효과: 총리 및 담당 장관
 - 위험 관리 기관에 대한 법정 이행 지시권(식품안전기본법 23조)

<표 4.10> 위험 분석에 따른 식품 안전 관리 체계

구분	주무 부처	관련법	수행 업무
위험 평가	식품안전위원회	식품안전기본법	위험 평가 결과를 위험 관리 업무 수행 기관에 보고, 위험 관리 적용 현황 파악, 국내외 위험 정보 수집·분석
위험 관리	후생노동성	식품위생법 등	보건·복지 지역국, 지자체, 지역 보건 센터 등과 협력하여 주로 가공, 유통, 소비 단계 위험 관리
	농림수산성	농약단속법, 사료안전법 등	농림수산 지역국, 작물 시험장 등과 협력하여 줄 생산 단계 농림, 수산 관련 위험 관리
	소비자청	식품위생법, 건강증진법, 식품표시법 등	식품 표시 관련 위해성 관리, 식품 안전 관련 컨트롤타워 역할 등
위해성 소통	식품안전위원회, 후생노동성, 농림수산성, 소비자청		- 식품 안전 관련 정보 공급 - 소비자 포함 이해당사자들의 의견 개선 기회 제공

자료: 농림축산식품부, 농식품 안전관리체계 개선방안 연구, 2019

○ 유럽의 식품 안전 체계

- EU의 식품 안전과 관련된 정책 부서는 ‘농업 및 농촌 개발총국(DG AGRI)’, ‘보건 및 식품안전총국(DG SANTE)’, ‘법무 소비자총국(DG Justice and Consumers)’ 이고 ‘소비자, 건강, 농업 및 식품 집행 기관(CHAFEA)이 있음

- EU는 2002년에 ‘식품기본법(General Food Law Regulation)’을 제정하고, 이 법에 근거하여 EU 회원국들은 각 회원국별로 식품 위생 관리 체계를 구축하여 운영하고 있음
- ‘식품기본법(General Food Law Regulation)’은 EU 식품 위생 관리 당국이 식품 및 사료의 생산에서부터 최종 소비에 이르는 전체 식품 체인의 각 단계에서 식품 위생을 관리하기 위한 기본 원칙, 필요 요건(요구 사항), 절차들을 제시하고 있음
- 또한 이 법은 식품 안전의 과학적 자문 및 지원을 수행하는 독립 기관인 ‘유럽 식품 안전 기구(European Food Safety Authority, EFSA)’의 설립과 식품 위생 안전 위기 상황의 상시 관리를 담당하는 ‘식품·사료 신속 경보 시스템(Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF)’의 운영을 제도화했음

<표 4.11> EU의 농식품 안전 관리 체계

구분	주무 부처	관련법	수행 업무
위해성 평가	유럽식품안전기구 (EFSA)	EU식품기본법 (General Food Law)	• 식품 안전과 관련된 과학적 자문과 위험에 대한 의사소통의 중심적 역할 수행 • 2002년 EU 식품기본법에 근거하여 설립
위해성 관리	각 회원국 정부	EU식품기본법 (General Food Law)	• 식품 위생 법규의 집행에 대한 책임을 가지며, 법규 준수 여부에 대한 통제/감독 시행 • 회원국별 긴급 사태 대비 종합 위기 관리 계획 사전수립
	식품·사료신속경보 시스템 (RASFF)		• 식품 위기 발생 시 EU 회원국들 간 관련 정보를 효율적으로 공유하도록 지원함 (예) 식품 또는 사료의 폐기 및 리콜 관련 정보
	동식물, 식품·사료 상임위원회 (PAFF)		• EU집행위원회의 신속 조치 결정 시 자문
	보건식품안전 총국 (DG SANTE)		• 회원국들의 식품 안전 관리가 효율적으로 실행되고 있는지 확인
위험 정보 교환	각 회원국 정부 및 유럽식품안전기구 (EFSA)		• 위험 정보 교환의 중심적 역할 수행, 식품 안전 관련 정보를 소비자에게 알림

자료: 농림축산식품부, 농식품 안전관리체계 개선방안 연구, 2019

□ 국내의 식품 안전 체계

○ 농식품 안전 관리 기관

- 식품 안전 법제는 품목별·단계별로 분산되어 관리. 품목별로는 식품에 따라 9개 소관 부처에 분산되어 있으며, 관련 법률도 식품위생법을 위시하여 26여 개가 있음

<표 4.12> 식품 안전 관련 법령 소관 부처 현황

부처	법률
보건복지부	국민건강증진법, 전염병예방법
식품의약품안전처	식품위생법, 건강기능식품에 관한 법률
농림축산식품부	농산물품질관리법, 축산물가공처리법, 가축전염병예방법, 축산법, 사료관리법, 농약관리법, 비료관리법, 인삼산업법, 양곡관리법, 친환경육성법
해양수산부	수산물품질관리법
법무부	보건 범죄 단속에 관한 특별조치법
교육과학기술부	학교급식법, 학교보건법
환경부	수도법, 먹는물관리법
기획재정부	주세법
산업통상자원부	대외무역법, 산업표준화법, 유전자변형생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률

- 식품의약품안전처를 중심으로 식품 안전 관리가 일원화되었으나 일부 품목의 경우 위탁 관리가 이루어지고 있어 위탁 사무에 대한 관리, 부처 간 협력 등에서 부처 간의 문제점 발생

<그림 4.9> 생산 단계별 식품 안전 관리 주체

재배	유통	가공	판매	음식점
업종	- 식품운반업 - 식품냉동냉장업 (양곡유통업)	식품제조/가공업 (도정/제분업)	식품소분/판매업 (양곡판매업)	식품접객업
농산물 품질관리법, 농약관리법	식품위생법(양곡관리법, 친환경농업육성법, 농산물품질관리법) ※ 친환경 인증/품질인증농산물 관리, 원산지/GMO표시 관리(농산물품질관리법)			
농림부	식품의약품안전처(농림축산식품부)			

* 수입농산물은 식품위생법에 의거 식품의약품안전처에서 관리

축산물안전관리체계

농가	가축 시장	도축	가공	보관·운반	판매	음식점
업종		도축업	- 식육가공업 - 유 가공업 - 알 가공업	- 축산물보관업 - 축산물운반업	축산물판매업	식품접객업
축산물가공처리법						식품위생법
농림수산식품부						보건복지부

수산물안전관리체계

생산·수입	유통	가공	판매	음식점
업종	- 식품운반업 - 식품냉동냉장업	- 식품제조/가공업 - 선상수산물가공업 - 어유(간유)가공업 - 냉동/냉장업	식품소분/판매업	식품접객업
수산물품질관리법	식품위생법(수산업법, 수산물품질관리법) ※ 품질인증수산물 관리, 원산지/GMO표시 관리(수산물품질관리법)			
해양수산부	식품의약품안전처(농림축산식품부)			

* 수산물 수입검사는 식품의약품안전처에서 수산물품질검사원으로 위탁

나. 기술 활용 및 미래 대응 방안

□ 식품 안전에서 4차 산업혁명 신기술의 활용

○ 인공지능

- 식품 제작 공정 중 영상처리 분석 기능으로 불량 재료 선별에 활용
- 불량 재료에 대한 기본 학습 이후 데이터 수집·선별

○ 사물인터넷

- 생산 단계에서 건강한 재료를 만들도록 시도
- 농장 곳곳에 센서를 부착하여 농작물이나 가축이 자라는 환경뿐 아니라 농작물·가축의 상태 실시간으로 점검
- 양계장의 경우 환기 등을 통하여 양계 조건을 스마트하게 조절하고 동물들이 소비하는 물의 양 등을 스마트하게 관리함으로써 질병에 조기 대처하고 농약의 사용 가능성을 미리 줄이는 노력

○ 빅데이터

- 식품 배달 온도 계측이나 식중독 전달 체계 등의 파악에 활용
- 대용량(volume), 빠른 처리 속도(velocity), 다양한 형태 처리(variety)를 활용하여 식중독 사고를 사전 예방하고, 신속 정확하게 문제 원인을 도출하는 식품 안전 알고리즘

□ 미래 신기술과 식품 안전

○ 인공고기와 안전

- 세포 selection 시 항생제 사용 → 항생제 내성 발생 가능성 있음
- Fetal bovine serum free 배지 개발 필요

○ 스마트 팜/인터넷 쇼핑(예: 마켓컬리) 등 최신 트렌드에 적합한 식품 안전 관리 필요

- RFID(Radio-Frequency Identification, 전자태그)/TTI(Temperature Time Indicator) 등을 활용한 생산·유통 단계의 통합 안전성 확보 필요

- 3D 프린팅 기술을 통한 초고령 사회, 4차 산업혁명 대비한 나노 안전성 강화
- 초고령자를 위한 customized food에 대한 개인 안전 관리 필요
- 선어회 보급 증가 → 선어회 숙성 과정 및 가공/유통/판매 단계 안전성 확보 필요
- HMR(Home Meal Replacement) 및 건강기능성식품 판매 증가 → 효능 및 특성에 적합한 안전 관리 필요

다. 정책 제언

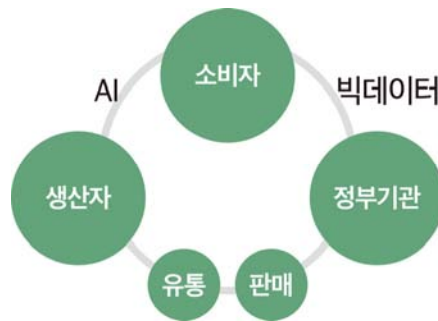
- 유명무실한 현재의 ‘식품안전정책위원회’를 개선하여 위험 평가와 관리를 할 수 있는 실제적인 지원 체제를 마련해야 함
 - 위원회에서 다루어지는 개선 방안이 심의 조정 내용으로 논의될 수 있도록 정책 실무 중심 조직(전문가와 정책 담당자를 분야별로 통합 구성)으로 개편하여 운영 (전문실무위원회)
- 식품의 생산부터 소비까지 전 단계에 걸쳐 안전성을 확보하기 위한 총체적이며 일관된 식품 안전 관리 체계를 구축할 필요가 있음
 - 미국의 경우 FDA가 80%의 유통량을 일괄 관리
 - 유럽은 일괄 식품 관리 체제 유지
 - 일본의 경우 식품안전위원회를 정점으로 한 관리 체제
 - 1안: 식품의약품안전처로 일원화
 - 2안: 농림축산식품부로 일원화
 - 3안: 식품의약품안전처/농림축산식품부 이원화 체제 유지, 상호 정보 및 안전 관리통합시스템 필요 (Korea Animal Health Integrated System, KAHIS / Livestock Product Safety Monitoring System, LPSMS 등)

- 일정 규모 이상, 또는 위험도가 높은 농식품에 대한 사전 위해성 검사가 필요함. 또한, 신고 의무와 책임 소재를 분명히 하고, 이력추적제(traceability)를 통한 철저한 관리가 필요함
- 모든 농식품에 대한 사전적 위해 요소 검사는 식품 산업의 육성이나, 비용 및 편익 면에서 쉽지 않으나 선진 외국 시스템과 같은 사전 예측 및 예방(proactive/preventive)을 우선적으로 고려할 필요가 있음(미국의 경우 ‘현저히 예견되는 위해’에서 검사)
 - 이후 사고 발생 시 신속하고 실효성 있는 사후 관리 체계(reactive/effective)를 구축할 필요가 있음
- 실질적 소비자 권리의 강화와 식품 안전에 대한 정보 제공 확대가 필요함
- 행정 관청의 관리 감독만으로는 농식품 안전성이 담보될 수 없는 사각지대가 형성될 수 있음
 - 소비자에게 농식품의 안전에 관한 정보를 보다 많이 제공
 - 소비자와 신뢰를 쌓아 감독 사각지대를 메울 수 있어야 함
- 객관적인 위해성 검사를 위한 검사 기관의 독립성이 확보되어야 함
 - 미국이 시행 중인 수출국의 식품 제조 시설에 관한 사전 예방적 등록 제도 고려

라. 식품 안전과 교육

- 정부(stakeholders), 매스컴의 역할의 중요성과 함께 소비자의 올바른 인식과 판단을 위한 교육 프로그램이 요구

<그림 4.10> 상호 간 정보 공유할 수 있는 교육



○ 정부

- 투명(transparent)하고 신뢰할 수 있는(reliable) 국가적(national), 지역적(regional, multi-national) 및 국제적(global) 기준에 부합하고 과학적 근거에 기반한(science-based) 자료를 효율적으로 소비자에게 전달할 수 있는 교육 프로그램의 마련과 시스템 구축이 필요함
 - 전문성을 가진 대학에 교육 프로그램 개발이나 실제 현장에 적용 가능한 식품안전/안보 지식 전달 수단을 현장 생산자 및 소비자와 함께 고민하는 core-program cluster 구성

○ 매스컴

- 흥미 유발의 자극적 내용이 아닌 과학적 근거에 의한 기사 제공 필요
 - 일본의 광우병 사태를 참고로 볼 때 40여 마리의 소위 광우병(소 해면성뇌증)이 발생하였음에도 불구하고 자국 쇠고기를 불신하지 않고 오히려 이를 관리하는 정부와 그 내용을 정확한 근거와 국제적 기준에 따라 전달하는 기능을 매스컴이 담당하였음

○ 소비자

- early stage 교육(초·중·고교생 대상 안전 아카데미 등)
- 소비자는 어린이를 포함
- 지나친 억측과 비과학적이고 감성에 어필하는 자세에서 탈피한 식품 안전/안보 교육이 쉽고 간결하게 진행되어야 함

- 4차 농식품산업혁명에 따른 첨단 미래, 초고령 사회, 인터넷 쇼핑, 3D 프린팅 식품 안전을 총체적으로 관장할 수 있는 빅데이터 플랫폼 구축과 통합안전관리시스템 구축 및 전문 인력 양성 시급(최근 서울대 개설된 인공지능 센터 등 전문 교육 기관과의 협력 체계의 확립으로 지속적인 전문 인력 양성 및 교육)

참고문헌

- 강경주(2019). [이슈+] 고기의 개념이 바뀐다.. ‘대체육’ 한국 시장 진입 본격화, 한국경제 기사자료. 2019.3.18.
- 고려대학교 산학협력단(2015). 식품 소재 적용 나노기술의 형태별 이화학적 특성 분석법 및 표준제조공정 확립 연구, 식품의약품안전처.
- 과학기술정보통신부(2018). 혁신 성장 선도 사업: 스마트 팜, R&D KIOSK, 제53호.
- 권대영(2017). 식품산업 지속성장의 길, 한국외식정보.
- _____ (2019). 한식인문학, 헬스레터.
- 권대영 외(2017). 한식을 말하다 - 역사, 문화 그리고 건강, 한국식품연구원.
- 김연중(2018). “4차 산업혁명 대응 스마트팜 기술 및 정책 동향”, 융합연구리뷰 4, 융합연구 Vol.4, No.3, 한국과학기술연구원 융합연구정책센터.
- 김치구(2019). “2019년 글로벌 생명과학 전망”, BioINglobal No.43, 생명공학정책연구센터.
- 날리지웍스(2015). 한국형 스마트팜 기술개발 사업 기획연구, 농촌진흥청
- 농림수산식품부·한국농수산식품유통공사(2011). 2011 가공식품 소비자 태도조사.
- _____ (2013). 2012 가공식품 소비자 태도조사.
- _____ (2014). 2013 가공식품 소비자 태도조사.
- _____ (2015). 2014 가공식품 소비자 태도조사.
- _____ (2017). 2017 가공식품 세분시장 현황 - 간편식 시장.
- 농림식품기술기획평가원(2017). “유럽연합 (EU)의 IoF 2020”, 우물 밖 개구리 2017-10.
- 농림축산식품부(2019). 농식품 안전관리체계 개선방안 연구.
- 맹진수(2016). “미래 식품의 대체 기술 동향: 배양육, 인공계란과 식용곤충을 중심으로”, 융합연구리뷰, Vol.2 No.4, 융합연구정책센터.
- 박상철 외(2019). 건강 100세 장수식품 이야기, 식안연.
- 삼성뉴스룸(2016). 가공식품엔 대부분 들어 있다는데.. 식품첨가물, 얼마나 알고 드세요?, 2016.5.9., <https://news.samsung.com/kr>

- 삼정KPMG 경제연구원(2016). 스마트팜 산업분석 및 성공사례 연구용역, 농업정책 보험금융원.
- 식품안전정보원(2017). 식품안전관리 시스템 개선 및 거버넌스 확립을 위한 연구, 식품 의약품안전처.
- 식품의약품안전처(2016). 수입식품등 검사연보.
- 안병일(2015). 식품 소비트렌드의 변화와 전망, 2015 한국식품유통학회 하계학술대회 발표논문집. pp. 33~56.
- 여현(2019). “해외 농업 빅데이터 활용 현황”, 세계농업 2019-6, 한국농촌경제연구원, pp. 37~52.
- 오영석 외(2018). 고부가가치 사업으로 떠오르고 있는 스마트팜, ISTANS Insight, 2018년 2호.
- 이계임·김상효·허성윤(2016). 한국인의 식품소비 심층분석, 한국농촌경제연구원 연구 보고 R781.
- 이대웅(2017). “기후변화를 고려한 안성천 유역의 미래 물 부족량 평가”, 한국습지학회, Vol.19 No.3, pp. 345~352.
- 이현정(2017). 4차 산업혁명과 농업의 미래: 스마트팜과 공유경제, 세계농업 200권, 한국농촌경제연구원(KREI). pp. 17~44.
- 장필성(2016). “2016 다보스포럼: 다가오는 4차 산업혁명에 대한 우리의 전략은 (Mastering the Fourth Industrial Revolution)?”, 과학기술정책 제211호, 과학기술정책연구원, pp. 12~15.
- 주영환(2017). 코리아 루트를 찾아라, 제5차 신산업 민관협의회, 산업부 장관 발표자료, 2017.4.12.
- 지구촌 리포트(2019). “배양육(인공고기), 중동시장 진출 가속화”, 지구촌리포트 Vol.84, KATI 농식품수출정보, pp. 37~38.
- 클라우드 슈밥(2016). 클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명, 송경진 역(2016), 새로운현재.
- 통계청(2019). 가계동향조사.
- 한국농촌경제연구원(2015). 2015 식품 수급표 .
- _____ (2016). 2016 식품 소비행태조사 기초분석 보고서.

- _____ (2019). “대체육 주요 동향”, 농업농촌식품동향, Vol.21, pp. 43~45.
- 한국식량안보연구재단(2018). 4차산업혁명과 식량산업, pp. 165~192.
- 허남혁(2005). 현대사회에서 농업과 먹거리, 그리고 자연환경, 유연환경계획한국협회.
- Allied Market Research(2014). “Meat Substitute Market Expected to Reach \$7,549 million, Globally, by 2025”, World Meat Substitute Market: Opportunities and Forecasts, 2014-2020, Accessed 24.5.17
- Dolgin, E.(2019). “Lab-grown meat gets rare funding boost”, *Nature*, Vol.566. pp. 161~162.
- FAO(2009). How to Feed the world in 2050, FAO expert paper.
- Garnett, T.(2009). “Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy marker”, *Environmental Science & Policy*, Vol.12 No.4, pp. 491~503.
- Hemming, S., F. de Zwart, A. Elings, I. Righini, A. Petropulou(2019). “Remote control of greenhouse vegetable production with artificial intelligence – Greenhouse climate, irrigation, and crop production”, *Sensors* 19, 1807.
- Kim, H. W., Cho, Y. J. & Gil, H.(2014). "Effect of Homeosis in Food", *Food Eng. Prog.* 18, pp. 265~275
- Kwon, D. Y.(2015a). Why ethnic foods?, *J Ethn Foods*, 2:9.
- _____ (2016). Seoul declaration of Korean diet, *J Ethn Foods*, 3:1-4
- _____ (2018). Lifestyle and health in post-industrial era, *Annals Nutrit. Food Sci.* 2: 2021-28.
- McGee, H.(2007). On food and cooking: the science and lore of the kitchen, Simon & Schuster.
- Policy paper(2016). Cultured Meat: An ethical alternative to industrial animal farming, *Sentience Politics*.
- Post, Mark J.(2013). “Cultured beef: medical technology to produce food”, *J Sci Food Agric*, 94: 1039-1041.
- Rifkin J(2012). The Third Industrial Revolution, 민음사.

- Stagsted, J.(2013). “Novel aspects of health promoting compounds in meat”, *Meat Science*, Vol.95, pp. 904~911.
- Stephens, Neil.(2010). In Vitro Meat: Zombies on the menu?, *Scripted*, pp. 394~401.
- The National Academies of Sciences Engineering Medicine(2018). *Science Breakthroughs to Advance Food and Agricultural Research by 2030*, The National Academies Press.
- This, H.(2006). *Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor*, Columbia Univ.
- Tramper, J.(2014). “Cultured meat: every village its own factory?”, *Cell Press*, Vol.32 No.6, pp. 294~296.
- Tuomisto, H. & Mattos, M.(2011). “Environmental Impacts of Cultured Meat Production”, *Environmental science and technology*, pp. 6117~6123.
- van der Schaft *et al.*(2009). “Meet the new meat tissue engineered skeletal muscle”, *Trends in Food Science & Technology*, Vol.21, pp. 59~66.
- Welin, S.(2013). “Introducing the new meat. Problems and prospects”, *Nordic Journal of Applied Ethics*, Vol.7 No.1, pp. 24~37.
- 멤피스 미트. www.memphismeats.com
- 모사 미트. www.mosameat.com
- 세계 보건 안보 의제(GHSA, Global Health Security Agenda). www.ghsagenda.org
- 세계경제포럼(World EconomicForum),www.weforum.org/agenda/2018/08/the-fourth-industrial-revolution-is-changing-how-we-grow-buy-and-choose-what-we-eat
- 스마트 아키스(Smast-AKIS). www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming
- 아마존(Amazon Web Services). www.aws.amazon.com/ko/machine-learning
- 알레프 미트. www.aleph-farms.com
- 임파서블 푸드. impossiblefoods.com
- 팜2050(Farm2050). www.farm2050.com

한림연구보고서 131

4차 산업혁명 시대를 대비한 농식품 분야의 교육

Education of Food/Agricultural areas for the 4th Industrial Revolution

발 행 일 2019년 12월
발 행 처 한국과학기술한림원
발 행 인 한민구
전화 031) 726-7900
팩스 031) 726-7909
홈페이지 <http://www.kast.or.kr>
E-mail kast@kast.or.kr

편집/인쇄 (주)디자인여백플러스 02)2672-1535

I S B N 979-11-86795-51-4 94060

I S B N 979-11-86795-45-3 (세트)

- 이 책의 저작권은 한국과학기술한림원에 있습니다.
- 한국과학기술한림원의 동의 없이 내용의 일부를 인용하거나 발췌하는 것을 금합니다.



이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다