

식량안보시리즈 제 9 권

4차 산업혁명과 식량산업

한국식량안보연구재단 편



4차 산업혁명과 식량산업

한국식량안보연구재단 편

한국식량안보연구재단(www.foodsecurity.or.kr)

본 재단은 세계적인 식량위기 상황을 분석하고 평가하여 우리나라 식량안보에 미칠 영향을 미리 예측하고, 이에 대비하기 위한 국가적 정책개발과 국민 의식개혁 운동을 선도하기 위해 2010년 4월 설립된 순수 민간 연구기관이다. 재단은 안정적인 식량공급을 위해 농업과 식품산업이 식량공급의 주체가 되는 새로운 식량정책의 개발에 힘쓰고 있다. 특히 식품산업의 식량안보적 기능을 강화하고, 식품산업이 사회적 책임을 다하도록 노력하고 있다. 재단은 독지가들의 후원금을 모아 식량안보에 관한 학술활동을 지원하며 출판사업과 관련 자료를 수집하고 공유하는 일을 하고 있다. 재단은 식량자급실천 국민운동 추진본부로서 식량부족의 위험이 없는 사회를 다음세대에게 물려주기 위한 국민실천운동을 전개하고 있다. 도서출판 식안연(食安研)은 재단의 출판사업을 수행하고 있다.

전자책

발행일 : 2018년 4월 25일

정 가 : 16,000원

ISBN 979-11-86396-46-9 [95300]

4차 산업혁명과 식량산업

인쇄 2018년 4월 20일

발행 2018년 4월 25일

발행인 이철호(한국식량안보연구재단)

발행처 도서출판 식안연

주소 서울시 성북구 안암로 145, 고려대학교 생명과학관(동관) 109A호

전화 02-929-2751

팩스 02-927-5201

이메일 foodsecurity@foodsecurity.or.kr

홈페이지 www.foodsecurity.or.kr

편집·인쇄 한림원(주) <http://www.hanrimwon.com>

ISBN • 979-11-86396-46-9

정가 16,000원

* 이 책의 무단 전재 또는 복제를 금합니다.



4차 산업혁명에 대한 관심이 희망과 우려가 교차하는 가운데 우리 사회를 지난 한 해 동안 뜨겁게 달궜다. 2016년 1월 스위스 다보스에서 열린 제46차 세계경제포럼(일명 다보스포럼)에서 클라우스 슈밥(Klaus Schwab) 박사가 ‘제4차 산업혁명(The Fourth Industrial Revolution)’의 도래를 선언하고 이로 인한 세계 경제, 사회, 문화의 대 변혁과 일자리의 소멸과 창출에 대한 예측을 공개하면서 세계적인 반향을 일으켰다. 우리나라도 정부와 산업계, 학계 등 거의 모든 분야에서 4차 산업혁명이 몰고 올 사회 경제적 영향을 분석하고 이를 적극적으로 받아들여 새 시대의 선도그룹으로 발전하기 위한 노력을 기울이고 있다. 우리나라는 인터넷 보급률이 세계에서 가장 높고 디지털산업의 선두 그룹에 있으므로 이 여세를 몰아 4차 산업혁명의 주역이 되려는 목표를 세우고 있다.

4차 산업혁명은 디지털기술에 인공지능(Artificial Intelligence) 기술이 접목되어 인간의 능력이 확장되고 기계의 자동화, 지능화, 초연결화가 이루어져 기존의 기계문명에 ‘파괴적 혁신’이 일어날 것으로 예측된다. 슈밥은 그의 저서 ‘제4차 산업혁명’에서 아래와 같이 기술하고 있다.

“새로운 비즈니스 모델의 등장과 기존 시스템의 파괴, 그리고 생산과 소비·운송과 배달 시스템의 재편으로 산업 전반에 걸쳐 거대한 변화가 이루어지고 있다. 사회적으로는 일과 소통하는 방식, 그리고 자신을 표현하고 정보를 교환하며 즐길거리를 누리는 방식에서도 패러다임의 전환이 일어나고 있다… (그 변화의) 규모와 속도, 범위를 고려하면 가히 역사적인 변화라 할 수 있다. 신기술의 발전과 수용을 둘러싼 엄청난 불확실성 때문에 제4차 산업혁명이 가져올 변화가 어떤 방식으로 전개될지는 아직 알 수 없다. 그렇지만 과학기술의 복잡성과 여러 분야에 걸친

상호연계성 면에서는 정·재계 및 학계, 시민사회를 포함한 지구촌의 모든 이해관계자들이 이 새로운 기류를 보다 더 잘 이해하기 위해 서로 협력할 의무가 있음을 시사한다.”

실제로 호텔을 가지고 있지 않은 에어비앤비(Airbnb)가 세계에서 가장 큰 숙박업을 하고 있으며, 택시를 보유하지 않은 우버(Uber)가 가장 큰 택시사업을 하고 있다. 매장이 없는 알리바바나 아마존이 기존의 유통업체들이 따리갈 수 없는 매상고를 올리고 있다. 유비쿼티스 아이폰이 2007년에 첫 출시된 이래로 2015년 말 스마트폰 사용자는 20억 명에 달했다. 테슬라, 구글 등 혁신 기업들이 자율주행차 생산에 들어가자 전 세계 자동차산업이 뒤를 이어 앞으로 10년 이내에 무인 자동차가 일반화 될 전망이다. 이러한 파괴적 기술혁신이 식량산업에는 어떠한 변화를 가져오고 있는지를 점검하고 대비하기 위해 이 책을 기획하였다.

식량산업은 농수산업의 1차 산업과 식품을 저장, 가공, 유통하는 2차 산업, 그리고 외식과 소비생활을 포함하는 광범위한 식량사슬(food chain)을 말한다. 농수산업은 지역 내 인구의 감소와 고령화로 4차 산업혁명의 요구가 비교적 큰 분야이다. 생물을 다루는 일이므로 관리자가 항상 지켜봐야 하며 노동집약적인 산업이므로 자동화, 지능화된 스마트팜이 크게 기여할 수 있다. 그러나 투자비용에 대한 이윤이 비교적 적으므로 그 진행속도가 느리다.

우리나라 시설원예 스마트팜은 2014년 405ha에서 2017년 4,010ha로 늘었고, 스마트축산 농가도 같은 기간 23 농가에서 790 농가로 늘어났다고 한다. 외형적으로는 빠르게 성장하고 있으나 내실 면에서는 많은 문제점이 늘어나고 있다. 스마트팜 기기에 대한 인증이 제대로 이루어지지 않고 있으며 정밀제어 시스템들은 네덜란드 등 외국업체 제품에 의존하고 있는 실정이다. 시설업체에 따라 품질편차가 크고 데이터를

축적하고 공유하는 방식이 달라 농가들이 어려움을 겪고 있다. 농촌진흥청이 스마트팜 시설 표준화를 위해 노력하고 있지만 농민에게 전달되는 기술의 이해와 숙련이 미흡한 상태이다.

식품산업의 공장 자동화 사업은 디지털기술의 초창기부터 시도되어 왔다. 최근에는 정보통신기술(ICT)과 인공지능(AI) 기술을 이용한 지능형 스마트팩토리들이 선을 보이고 있다. 로봇을 이용한 공장 자동화, 무인화가 진행되고 있으며, 3D프린팅 기술을 이용한 갖가지 음식 디자인이 가능해 지고 있다. 전자태그(RFID)를 이용한 물류관리, 재고정리, 식품위생 안전관리, 이력추적 등이 이루어지고 있다. 이러한 기술들은 외식산업과 가정에서의 음식소비에도 영향을 주어 경제적이고 낭비를 줄인 식생활을 가능하게 한다.

한국산업식품공학회(회장 류기형)는 2017년 11월 ‘4차 산업혁명시대를 대비한 미래 식품공학기술’ 심포지엄을 개최했다. 이 학술대회에서 발표한 주제발표자들을 중심으로 본 책자를 준비하였다. 농수산 분야의 집필자를 추천해 주신 농촌진흥청 이용범 4차산업혁명대응단장의 협력에 감사드린다. 집필에 흔쾌히 응해주신 모든 분들께 감사드리며 이 작은 책자가 우리나라 식량산업의 선진화에 크게 기여하기를 바란다. 이러한 일을 할 수 있도록 후원해 주시는 한국식량안보연구재단 이사님들과 자문위원님들, 그리고 보이지 않는 곳에서 응원해 주시는 많은 후원자님들께 감사의 말씀을 드린다.

2018년 4월

한국식량안보연구재단 이사장 **이 철 호**

목 차

제1장 4차 산업혁명의 개요 _정해정 · 이천호 (한국식량안보연구재단)

1.1 서 론 15

1.2 산업혁명의 역사 16

1.3 4차 산업혁명을 이끄는 기술 19

 1.3.1 사물인터넷 20

 1.3.2 빅데이터 23

 1.3.3 클라우드기술 25

 1.3.4 인공지능 27

1.4 주요 국가들의 4차 산업혁명 현황 32

 1.4.1 미국 32

 1.4.2 독일 33

 1.4.3 일본 34

 1.4.4 중국 35

1.5 한국의 현황과 발전방향 35

 1.5.1 산업계 동향 35

 1.5.2 정부의 정책 37

 1.5.3 식량안보에 미치는 영향과 전망 38

제2장 스마트팜 작물생산 _윤남규 (농촌진흥청)

2.1 스마트팜과 스마트농업의 개요 41

2.2 스마트 온실의 작물생산 46

2.3 벼 스마트팜 55

2.4 노지의 스마트 정밀농업 61

 2.4.1 벼 62

 2.4.2 밭작물 64

2.4.3 노지 채소	65
2.4.4 노지 과수	66
2.5 다목적 스마트팜	67
2.5.1 식물공장	67
2.5.2 아쿠아팜	69
2.6 스마트팜 최신 기술동향과 미래전망	70

제3장 농업용 자율주행 로봇과 드론 기술 _김하진 (서울대 바이오시스템소재하부)

3.1 들어가는 말	73
3.2 농업용 자율주행 로봇	76
3.2.1 농업용 로봇의 정의와 주요 특징	76
3.2.2 자율주행 농기계 기술의 원리 및 발전단계	79
3.2.3 농용로봇의 기술전개와 적용 사례	85
3.3 농업용 드론	90
3.3.1 드론의 구조와 비행원리	90
3.3.2 농용 드론의 원격탐사 원리	93
3.3.3 드론의 농업적용 사례	97
3.4 농업용 로봇과 드론의 미래와 기술전개 방향	103
3.5 맺음말	105

제4장 축산 스마트팜 _박성권 (세종대학교 식품생명공학부)

4.1 축산 스마트팜 현황	107
4.1.1 우리나라 축산 현황 및 환경여건 변화	107
4.1.2 스마트팜 정책 동향 및 보급현황	112
4.1.3 스마트팜에 사용되는 기술	115
4.1.4 축종별 스마트팜 사례	117
4.2 축산 스마트팜 발전 방향 및 전망	126
4.2.1 스마트축산 선진화 연구현황	126

4.2.2 농업선진국 스마트팜 연구현황	127
4.2.3 우리나라 스마트팜 연구현황	129
4.2.4 스마트팜 비전 및 발전방향	130

제5장 수산업과 4차 산업혁명 _김종모(해양수산부), 마창모(한국해양수산개발원)

5.1 수산업 현황 및 여건 변화	135
5.1.1 현황	135
5.1.2 여건 변화	137
5.2 수산업의 스마트화 동향과 사례	138
5.2.1 개요	138
5.2.2 수산업의 스마트화 동향과 사례	140
5.3 스마트 수산의 전망과 과제	155
5.3.1 스마트 수산의 전망	155
5.3.2 스마트 수산을 위한 과제	156
5.3.3 스마트 수산의 정책 과제	161

제6장 식품공장의 지능형 자동화 _조용진 (한국식품연구원)

6.1 지능형 자동화를 위한 4차 산업혁명 기술의 의의	165
6.2 사물인터넷과 공장자동화	169
6.2.1 사물인터넷의 기술적 특징	169
6.2.2 사물인터넷의 경제적 가치	170
6.2.3 공장자동화 응용을 위한 사물인터넷의 핵심기술	172
6.3 클라우드 컴퓨팅과 공장자동화	175
6.3.1 클라우드 컴퓨팅의 기술적 특징	175
6.3.2 클라우드 컴퓨팅의 구조	177
6.3.3 클라우드 컴퓨팅의 적용 사례	178
6.4 빅데이터와 공장자동화	179
6.4.1 빅데이터의 기술적 특징	179
6.4.2 빅데이터의 기술 체계	182

6.4.3 빅데이터의 활용 사례	183
6.5 모바일과 공장자동화	185
6.5.1 모바일의 기술적 특징	185
6.5.2 스마트센서 기술	186
6.5.3 모바일의 공장자동화 응용	187
6.6 식품공장의 지능형 자동화를 위한 미래과제	188
6.6.1 식품공장의 지능형 자동화를 위한 혁신 방향	188
6.6.2 지능형 자동화를 위한 미래과제	191

제7장 식품로봇 _최정관 (Innova Market Insight)

7.1 국내외 서비스 로봇 현황	193
7.2 식품관련 서비스 로봇의 필요성 및 혜택	195
7.3 식품분야의 로봇 이용 사례	196
7.3.1 IBM 셰프 왓슨(Chef Watson)	197
7.3.2 로보 셰프(Moley Robotics, 몰리 로보틱스)	199
7.3.3 바이오닉 바텐더(Makr Shagr, 메이커 셰이커)	200
7.3.4 인공지능을 통한 식음료 제품 개발 지원	202
7.4 서비스 로봇 산업에서의 검토사항	204
7.5 식품관련 서비스 로봇의 향후 전망	205

제8장 식품 3D프린팅 _박현진·김현우 (고려대 식품공학과)

8.1 서 론	207
8.2 식품 3D 프린터 개요	209
8.2.1 식품 3D 프린팅 원리	209
8.2.2 식품 3D 프린팅 기술 분류	210
8.3 식품 3D 프린팅 산업 동향	214
8.3.1 TNO	215
8.3.2 3D 시스템스	217

8.3.3 바이 플로우	218
8.3.4 네츄럴 머신스	220
8.4 미래 환경변화와 식품 3D 프린팅	221
8.4.1 환경변화에 따른 식품 기술수요 변화	221
8.4.2 식품 3D 프린팅의 역할	223
8.5 발전전망 및 시사점	226
8.5.1 시장 전망	226
8.5.2 활용분야 및 파급효과	228
8.5.3 해결 과제	236

제9장 지능형 식품유통 _김종훈 (한국식품연구원)

9.1 지능형 식품유통	239
9.2 지능형 식품유통 국내외 현황	240
9.2.1 Infratab(미국)	241
9.2.2 BT9(이스라엘)	242
9.2.3 Zest Labs(미국)	243
9.2.4 Fedex(미국)	244
9.2.5 Walmart(미국)	245
9.2.6 Amazon(미국)	246
9.2.7 Is It Fresh(독일)	247
9.2.8 Clarkson University(미국)	248
9.2.9 VTT 기술연구소(핀란드)	249
9.2.10 Thinfilm Electronics(노르웨이)	250
9.3 차세대 지능형 식품유통 시스템 기술	251
9.3.1 실시간 품질예측 기술	253
9.3.2 IoT 기반 품질 모니터링 시스템	255
9.4 지능형 식품유통 미래 기술	257
9.4.1 스마트센서 기반의 식품 품질 센싱	258
9.4.2 소비자 친화형 식품 정보제공 증강현실 기술	259

9.4.3 식품유통 변화의 3D 푸드프린팅 기술	260
9.4.4 식품유통 변화의 블록체인 기술	261

제10장 스마트 패키징 _신양재 (미래포장연구소)

10.1 스마트 패키징의 개요	263
10.1.1 스마트 패키징의 필요성	263
10.1.2 스마트 패키징의 정의	265
10.2 능동형 패키징(Active Packaging)	266
10.2.1 산소 흡수/제거 패키징	267
10.2.2 에틸렌가스 흡수 패키징	269
10.2.3 수분 흡수 패키징	270
10.2.4 항균 패키징	272
10.2.5 기타 능동형 패키징 기술	273
10.3 지능형 패키징(Intelligent Packaging)	275
10.3.1 센서(Sensor)	276
10.3.2 표시기(Indicator)	278
10.4 인쇄전자 기술(Printed Electronics)	283
10.4.1 스마트 잉크(Smart Ink)	285
10.4.2 무선 주파수 식별(RFID)	286
10.4.3 기타 통신 기술	288
10.5 스마트 패키징의 시장 분석	289
10.5.1 진입 장벽과 대응 방안	289
10.5.2 시장 전망	290
10.6 지속가능 포장(Sustainable Packaging)	291
10.6.1 개요	291
10.6.2 적용 사례	291
10.6.3 세계시장 규모 및 전망	293
10.7 결 언	293

제11장 식품산업의 미래 _윤효정·김철하 (CJ기술원)

11.1 대량 생산 · 대량 유통의 시대	295
11.2 밀레니얼 세대	297
11.2.1 밀레니얼 세대의 정의	297
11.2.2 밀레니얼 세대의 특징	298
11.2.3 밀레니얼 세대-개인 맞춤형 제품에 대한 기대와 요구	299
11.3 식품산업의 뉴 트렌드	301
11.3.1 개인맞춤형 영양	301
11.3.2 식품 가공의 뉴 트렌드	309
11.4 식품산업의 미래 전망	310
11.4.1 4차 산업혁명과 소비자의 변화	310
11.4.2 식품 기업의 현황과 한계	313
11.4.3 식품산업계의 미래 대비	315

1.1 서론

2016년 3월 바둑의 천재로 알려진 이세돌 9단과 알파고(구글 딥마인드)의 대결에서 알파고가 4승 1패로 승리를 거둔 것은 컴퓨터의 사고능력이 인간을 능가할 수 있음을 보여준 충격적인 사건이었다. 1946년 세계 최초의 컴퓨터 에니악이 발명된 이후 ICT(Information and Communication Technology, 정보통신기술)의 발전은 사람들이 예상했던 것보다 훨씬 빠르고 광범위하게 진행되었다. 계산기나 문서의 정리 저장도구로 사용되던 컴퓨터에 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기술이 도입되면서 기억하고 사고하는 능력을 가지고 스스로 판단하고 행동하는 기계인간이 만들어지고 있다. 모든 자료와 정보를 공중에 띄워놓고 어디에서나 사용할 수 있는 기술(클라우드), 사물과 사물, 사물과 사람이 서로 연결되고 반응하는 사물인터넷(IoT), 인터넷에 접속되는 모든 정보를 수집하고 분석하는 빅데이터(Big data) 기술들이 슈퍼맨의 출현을 가능하게 하고 있다. 이 슈퍼맨의 세계가 새로운 산업혁명을 예고하고 있다.

2016년 1월 20일 스위스 다보스에서 열린 ‘세계경제포럼(WEF)’은 ‘4차 산업혁명의 이해(Mastering the Fourth Industrial Revolution)’를 주요 의제로 선정했다. 4차 산업혁명의 주창자이자 WEF 회장인 클라우스

1) 한국식량안보연구재단, 서울 성북구 안암로 145, 고려대학교 생명과학관(동관) 109A, foodsecurity@foodsecurity.or.kr

슈밥은 자신의 책 『4차 산업혁명』에서 4차 산업혁명을 3차 산업혁명을 기반으로 한 디지털과 바이오산업, 물리학 등 3개 분야의 융합된 기술들이 경제제제와 사회구조를 급격히 변화시키는 기술혁명'으로 정의했다.²⁾ 그는 “우리는 지금까지 우리가 살아왔고 일하고 있던 삶의 방식을 근본적으로 바꿀 기술 혁명의 직전에 와 있다. 이 변화의 규모와 범위, 복잡성 등은 이전에 인류가 경험했던 것과는 전혀 다를 것이다”라고 말했다. 3차 산업혁명을 기반으로 도래할 4차 산업혁명은 ‘초연결성(Hyper-Connected)’, ‘초지능화(Hyper-Intelligent)’의 특성을 가지고 있으며, 사물인터넷(IoT), 클라우드 등 정보통신기술(ICT)을 통해 인간과 인간, 사물과 사물, 인간과 사물이 상호 연결되고 빅데이터와 인공지능 등으로 보다 지능화된 사회로 변화될 것으로 예측된다.

1.2 산업혁명의 역사

인류는 현생인류가 되기까지 500만 년이 넘는 진화과정을 거쳤다. 침팬지와 같은 유인원류에서 호모에렉투스(Homo erectus)가 되는데 300만 년, 다시 현생인류 호모사피엔스(Homo sapiens)가 되는데 150만 년이 걸렸다.³⁾ 이후 중기 구석기시대(30만 년 전-4만 년 전)와 후기 구석기시대(4만 년 전-1만 년 전)를 지나 농업이 시작된 신석기시대(만 년 전-5천 년 전)와 청동기시대, 철기시대에까지 왔다. 이때까지 인류의 산업 형태는 인력에 의존하는 식량생산이 주를 이루었으며 그 진전 속도는 대단히 느렸다.⁴⁾ 그러나 19세기 기계의 힘을 이용하는 산업혁명이 시작되면서 인류 문명의 발전 속도에 가속도가 붙어 무서운 속도로 변화 발전하고 있다.

2) 클라우스 슈밥 저, 송경진 역, 제4차 산업혁명, 새로운현재, 서울(2016)

3) 재러드 다이아몬드, 김정흠 옮김, 제3의 침팬지, 문학사상, 서울(2015)

4) 이철호, 한국음식의 역사, 자유타카데미, 서울(2017)

산업혁명은 18세기 후반 역사학자 토인비에 의해 처음으로 언급된 용어이다. 산업혁명이란 급격한 산업 생산력의 증대로 영국에서 시작된 사회 경제 구조의 획기적인 변화에서 유래한다.

제1차 산업혁명은 18세기 후반(1784년) 영국에서 시작된 증기기관의 발명으로 기계적 생산이 시작된 때를 말한다. 주로 인력이나 축력에 의해 수행되던 이전의 고된 노동을 기계의 힘을 빌려 방직기를 돌리고 기차를 움직이고 물자를 수송할 수 있게 된다. 이후 약 100년이 지난 후 전력의 사용이 보편화 되면서 컨베이어 벨트를 이용한 분업과 대량생산 시스템이 2차 산업혁명을 가져왔다. 미국에서 시작된 소품종 대량생산 체계는 1,2차 세계대전을 거치면서 연속 생산라인에서 규격화된 제품을 쏟아내 물질문명의 전성기를 이루었다. 3차 산업혁명은 1970년대 일본, 미국, 독일이 주도한 정보기술(Information Technology, IT)의 산업에의 적용에서 시작된다. 슈나이더 전기회사의 Modicon PLC(programmable logic controller)를 시작으로 컴퓨터를 이용한 공장 자동화와 인터넷, SNS를 통한 정보통신의 개인화, 광역화로 생산성이 크게 향상되고 서비스 품질이 월등히 높아지는 디지털혁명이 일어나게 된 것이다. 2000년대 초부터는 여기에 가상공간(cyber)과 실제공간(physics)이 융합된 사이버물리시스템(cyber-physics system, CPS)이 가능해져 기계의 능동적 판단으로 움직이는 스마트팩토리, 스마트팜, 로봇틱스 등의 4차 산업혁명 시대로 진입하고 있다. 그림 1-1은 증기기관의 발명 이후 인류가 성취한 산업혁명의 역사를 간추린 것이다.

4차 산업혁명시대의 근간을 이루는 메가트렌드로는 스마트화(smart), 서비스화(servitization), 플랫폼화(platform), 친환경화(sustainable)를 들 수 있다.⁵⁾

5) 윤석후, 4차 산업혁명과 식품산업의 미래, 식품과학과 산업, 50(2):60-73(2017)

산업혁명	1차	2차	3차	4차
시기	18세기 후반	20세기 초반	1970년대	21세기 초반
최초 적용	기계식 방직기(1784)	콘베어식 도축장(1870)	Modicon PLC(1969)	스마트팩토리 KL(2005)
주도 국가	영국	미국	일본, 미국, 독일	독일
혁신 기술	증기기관	전력, 콘베어벨트	IT, 컴퓨터, 로봇	사물인터넷, 클라우드, 인공지능, 빅데이터
소통 방식	책, 신문 등	전화기, TV 등	인터넷, SNS 등	사물인터넷(IoT), 서비스간인터넷(IoS)
기술 특징	기계식 생산 체계	작업 표준화, 분업, 대량생산	공장 자동화	Online-offline의 결합, 기계 능동적 판단
생산 통제	사람	사람	사람	기계 스스로
시장의 변화	부르주아 계급의 탄생	소품종 대량 생산	생산성 혁명	다품종 소량 생산, 일자리의 변화
기존 설비 대체율(%)	100	10~20	80~90	40~50

그림 1-1 세계 산업혁명의 발전사⁶⁾

스마트화는 공정의 자동화와 지능화를 의미하는데, IoT를 통해 축적된 빅데이터를 클라우드 방식으로 공유하고, 빅데이터로 상황을 분석하고, 인공지능(AI)으로 제조라인을 통제하고 관리하는 생산체계이다.

서비스화는 제품과 서비스의 결합, 제품과 소프트웨어(SW)의 결합을 통해 제조업 가치사슬에 서비스의 기능과 역할이 확대되는 것을 말한다. 스마트폰(기기)과 앱스토어(SW)가 결합하여 고객에게 고부가가치의 서비스를 제공하는 것이 좋은 예이다.

6) 최계영, 4차 산업혁명 시대의 변화상과 정책 시사점, 정보통신정책연구원, KISDI Premium Report 16(4):1-37(2016)

플랫폼이란 생산자와 소비자 간의 상호작용을 통해 가치를 창출할 수 있게 하는 서비스 공간을 말한다. 종전의 폐쇄적인 공급 파이프라인 형태에서 개방적인 플랫폼 형태로 바뀌는 것이 4차 산업혁명의 핵심이다. 플랫폼 혁명에 성공하기 위해서는 ‘데이터의 플랫폼화’를 통해 제3자에게 데이터를 공개하는 것이 중요하다.

친환경화는 환경 친화적 생산시스템, 합리적인 에너지 사용, 환경상품 교역의 확대 등으로 지속가능한 생산 및 소비시스템을 유지하는 것이다. 스마트팜을 통한 동물복지 축산, 유기농 생산 등이 대표적인 예이다.

1.3 4차 산업혁명을 이끄는 기술

창조경제연구회 이민화⁷⁾ 이사장은 4차 산업혁명 기술을 인공지능과 12개의 기술이 연합하여 이루어낸 AI + 12 Tech Model로 설명한다. 그림 1-2의 바깥쪽 6가지 기술, 사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big Data), 웨어러블(IoB), 소셜네트워크서비스(SNS), 위치기반시스템(LBS)의 디지털화 기술과 안쪽의 6대 아날로그화기술, CPS 디자인, 3D프린터/로봇, 게임화, 플랫폼, 증강 가상현실, 블록체인/핀테크를 인공지능이 최적화함으로서 4차 산업혁명이 진행된다고 설명한다. 6대 아날로그화 기술은 4차 산업혁명을 이끌어 가는 기술이다. 3차 산업혁명은 오프라인을 디지털화하는 트랜스폼(전환)이었다면 4차 혁명은 역으로 온라인의 정보로 아날로그(현실)세상을 트랜스폼 하는 것이라고 정의한다.

4차 산업혁명을 이끄는 기술에는 로봇(advanced robotics), 자율주행차(autonomous vehicles), 드론(drones), 3D 프린팅, 가상현실(virtual reality), 뇌공학, 나노기술(NT), 생명공학기술(BT) 등이 있으며 이들을

7) 이민화, 대한민국의 4차 산업혁명, 창조경제연구회(2017)

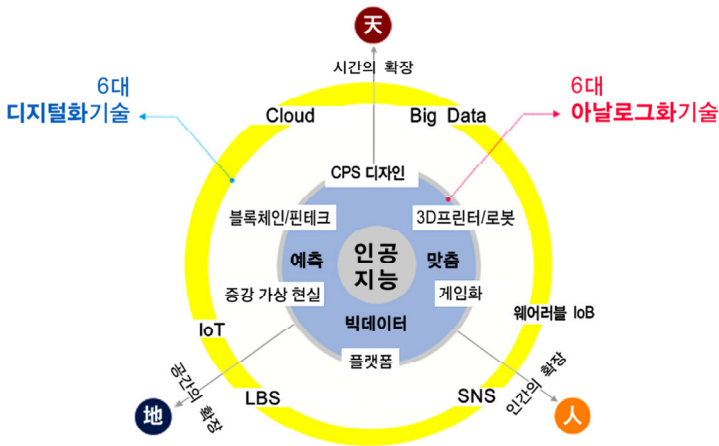


그림 1-2 4차 산업혁명 기술의 개념도(AI + 12 Tech Model)

만들어 내는 핵심 기술인 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 인공지능에 대해 좀 더 자세히 알아보자.

1.3.1 사물인터넷

사물인터넷(Internet of Things, IoT)은 사람, 사물, 프로세스 등 모든 것이 인터넷으로 연결되어 정보가 생성·수집·공유·활용되는 네트워크 기술이다. 사람이나 사물에 설치된 전자 감지장치(sensors)가 소프트웨어를 통해 인터넷에 연결되고 스마트 기기에 프로그램된 대로 제어되고 통제된다.

유비쿼터스(Ubiquitous)는 모든 사물을 네트워크로 연결하여 시간과 장소에 관계없이 다양하게 이용할 수 있게 하는 기술로, 1988년 미국의 마크 와이저(Mark Weiser)가 '유비쿼터스 컴퓨팅'이라는 용어를 처음 사용하였다. 유비쿼터스는 라틴어로 물이나 공기처럼 '언제, 어디에나 존재한다.'라는 뜻이다. 사용자가 컴퓨터나 네트워크를 의식하지

않고 장소에 상관없이 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 정보 통신 환경을 의미하며 스마트 홈, 주방기기, 자동차 등과 같이 생활 주변의 기기나 사물에 컴퓨터를 집어넣어 원격 조작이 가능하도록 하는 사물인터넷이다.

경상북도와 영주시는 지난 2011년 관내 영주시 사과별전연구회 소속 13개 농가와 영주시 농협저장고를 대상으로 유비쿼터스 기반의 친환경 과수생산 및 IT기술을 이용한 사과병해충예방 및 생육관리시스템을 구축하였다. 이것은 ICT 기술을 노지과수에 적용한 국내 최초의 사례이다. 호주의 한 과수원에서는 로봇이 과일의 익은 정도를 파악하고 멀리 있는 주인에게 전달하는 로봇도 개발되었다. 이러한 로봇은 온도 센서, 과수원 상황 분석, 비료/물 주기 등의 역할을 한다. SKT의 ‘스마트 팜 서비스’는 원격 제어 지능형 비닐하우스 관리 시스템으로 스마트폰을 이용해 비닐하우스 내부의 온도와 습도, 급수와 배수, 사료 공급까지 원격 제어할 수 있는 서비스이다. 현재 제주도 서귀포와 경북 성주지역에 제공하고 있다.⁸⁾

전자감지장치(radio-frequency identification, RFID)는 전파를 이용해 제품에 부착된 태그 안에 담긴 정보를 무선으로 인식하는 기술이다. 마트에서 바코드를 읽는 것과 비슷하지만 전파를 이용하여 먼 거리에서도 읽을 수 있는 것이 특징이다. 냉장고에 RFID를 이용하여 보관 중인 식료품의 상태와 유통 기한, 수량 등을 파악하고, 문에 부착된 컴퓨터 화면을 이용하여 네트워크에 접속할 수 있다. 스마트폰으로 집의 냉장고에 들어있는 음식의 재고조사를 할 수 있으며 오래된 음식을 알아내 우선 소비하게 하고 냉장고에 들어있는 재료로 당장 만들 수 있는 요리도 제시한다. 세계 굴지의 가전제품회사들은 이와 같이 냉장고의 효율을

8) <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2014&no=925885>

채희정, 이숙중, 이철호, 식량낭비 줄이기, 도서출판 식안연, 서울(2016)

높인 신형 제품을 계속 출시하고 있다. 냉장고문에 비디오 모니터가 설치되어 내부에 있는 식품들의 상세 설명과 사용마감일 등이 기록되어 있어 냉장고 안에서 잊혀진 오래된 식품이 없도록 설계된 제품들이 나오고 있다.⁹⁾ 이것을 확대하면 식품 상점에서 인터넷으로 재고정리를 실시간으로 할 수 있으며 오래된 제품을 진열장의 앞줄에 위치하게 하여 반품이나 폐기되는 식품을 줄일 수 있다.

사물인터넷은 세 가지 주요기술 즉 센싱기술, 유무선 통신 및 네트워크 인프라 기술, 서비스 인터페이스 기술이 조합되어 이루어진다.

(1) 센싱 기술

센싱기술은 전통적인 온도/습도/열/가스/조도/초음파 센서 등에서부터 원격 감지, 레이더, 위치, 모션, 영상 센서 등 유형 사물과 주위 환경으로부터 정보를 얻을 수 있는 물리적 센서를 포함하는 다양한 센서에서 시작된다. 물리적인 센서는 응용 특성을 좋게 하기 위해 표준화된 인터페이스와 정보 처리 능력을 내장한 스마트 센서로 발전하고 있으며, 또한, 이미 센싱한 데이터로부터 특정 정보를 추출하는 가상 센싱 기능도 포함된다. 가상 센싱 기술은 실제 IoT 서비스 인터페이스에 구현된다. 기존의 독립적이고 개별적인 센서보다 한 차원 높은 다중(다분야) 센서기술을 사용하기 때문에 한층 더 지능적이고 고차원적인 정보를 추출할 수 있다.

(2) 유무선 통신 및 네트워크 인프라 기술

사물인터넷의 유무선 통신 및 네트워크 장치로는 기존의 개인무선통신망(WPAN), 와이파이(WiFi), 미래장기진화(3G/4G/LTE), 블루투스

9) Bartelme, M.Z., What's cooking in the kitchen of the future, Food Technology, 12: 23-33(2015)

(Bluetooth), 위성통신, 마이크로웨어(Microware), 시리얼 통신¹⁰⁾, 전력 선통신(PLC) 등 인간과 사물, 서비스를 연결시킬 수 있는 모든 유·무선 네트워크를 망라 한다.

(3) 서비스 인터페이스 기술

사물인터넷 서비스 인터페이스는 IoT의 주요 3대 구성 요소(인간·사물·서비스)를 특정 기능을 수행하는 응용서비스와 연동하는 역할을 한다. IoT 서비스 인터페이스는 네트워크 인터페이스의 개념이 아니라, 정보를 센싱, 가공/주출/처리, 저장, 판단, 상황 인식, 인지, 보안/프라이버시 보호, 인증/인가, 디스커버리, 객체 정형화, 온톨로지 기반의 시맨틱, 오픈 센서 응용프로그램 인터페이스(API, 가상화, 위치확인, 프로세스 관리, 오픈 플랫폼 기술, 미들웨어 기술, 데이터 마이닝 기술, 웹 서비스 기술, 소셜네트워크 등, 서비스 제공을 위해 인터페이스(저장, 처리, 변환 등) 역할을 수행한다.¹¹⁾

1.3.2 빅데이터

빅데이터(Big data)란 퍼스널컴퓨터(PC), 사물 인터넷, 모바일 기기 등 디지털 환경에서 생성되는 대량 데이터로부터 가치를 뽑아내고 결과를 분석하는 기술이다. 최근에는 대용량의 정형화된 데이터뿐만 아니라 비정형화된 일상의 정보들까지 포함하는 거대한 데이터의 집합을 의미한다. 비정형화된 데이터는 가공되지 않은 정보를 의미하며, SNS를 통해 대화를 하거나 글이나 사진을 업로드 하는 등 개인의 일상생활에 대한 정보 등을 들 수 있다. 빅데이터 처리기술이 점차 발전하면서

10) 시리얼 통신: 일반적으로 컴퓨터 기기를 접속하는 방법의 하나로, 접속하는 선의 수를 줄이고, 원거리까지 신호를 보낼 수 있도록 한 통신 방식이다

11) 김수형, [특집 4부작 릴레이 칼럼] 사물인터넷(IoT)을 말한다_②사물인터넷, 넌 대체 누구냐?, 삼성뉴스룸, 13/01/2015 <http://news.samsung.com/kr/>

과거에는 발견하기 어려웠던 가치들이 창출되고 있다. 2012년 전 세계에서 생성된 데이터 규모는 1.8조 기가바이트로 이를 DVD에 저장하면 지구에서 달까지 누 번 쌓을 수 있을 만큼 방대한 양이다. 빅데이터는 애초 수집에서 수천 테라바이트에 달하는 거대한 데이터 집합 자체만을 지칭하던 양적 개념이었지만 데이터가 급증하면서 내용량 데이터를 활용하고 분석해 가치 있는 정보를 추출하고, 생성된 지식을 바탕으로 능동적으로 대응하거나 변화를 예측하기 위한 정보기술 용어로 확장되었다(그림 1-3).¹²⁾

McKinsey Global Institute¹³⁾는 빅데이터 사용으로 미국에서 2020년까지 유통·제조업 분야에서 연간 3,250억 달러 이상 생산성이 향상되고, 정부 서비스 비용과 헬스케어 부문에서 연간 2,850억 달러의 비용이 절감될 것으로 예상하고 있다. 빅데이터가 미국의 생산성 향상, 비용 절감 효과를 내게 하며 이는 GDP 향상에 기여할 것으로 예측하고 있다.

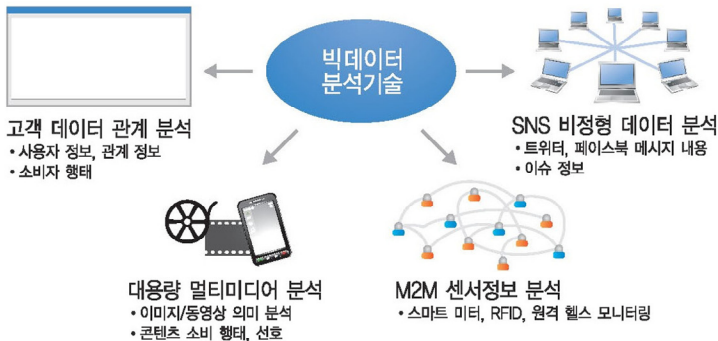


그림 1-3 빅데이터 분석 기술

12) 황승구, 전자신문사, 빅데이터플랫폼전략(2013)

13) McKinsey Global Institute, Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy(2013)

몬산토와 같은 다국적 기업은 옥수수, 대두 등을 계약재배하고 있는 세계 전역의 농부들에게 토양 상태, 작물의 생장 상황, 일기예보, 기후변화 지표, 농업 전문가들의 견해를 모아놓은 빅데이터 정보망인 'Fieldscrips'를 제공하는 등 '처방식 재배(prescriptive planting)' 방식을 보급하고 있다. 'Fieldscrips'는 각 경작지에 적합한 품종을 추천하고, 날씨, 질병의 이력 등의 대한 데이터 분석을 통해 농지 재배를 보다 수월하게 할 수 있도록 지원한다. 듀폰은 인공위성에서 나오는 정보를 이용하여 날씨정보 솔루션인 'The Progressive Farmer'를 제공한다.

한국의 경우에는, KT 기지국의 통화로그 데이터와 국가동물방역통합시스템(KAHIS)의 축산차량 이동 데이터를 분석하여 조류인플루엔자(AI)의 확산 경로를 예측한 바가 있다. AI 확산 지역 예측 모델을 개발한 것이다. 또한 농식품부 및 소속/산하 기관 등 15개 기관의 공공데이터와 연구용역에서 발굴된 데이터를 수집하여 농수축산물 가격정보 및 소비자 유형별 관심 농식품 추천 서비스를 제공하는 등 통합서비스를 제공하고 있다. 또한 공공데이터를 활용하여 영농일지를 작성할 수 있도록 제작된 '파밍노트'는 현재 전국 3천여 농가에서 활용중이다.¹⁴⁾

1.3.3 클라우드기술

클라우드기술(cloud technology)은 인터넷상의 유틸리티 데이터 서버에 프로그램을 두고 어디에서나 시간과 장소에 관계없이 컴퓨터나 휴대폰 등에 불러와서 사용하는 소프트웨어 서비스이다. 클라우드 컴퓨팅의 정의는 개인이 가진 단말기를 통해서도 주로 입/출력 작업만 이루어지고, 정보분석 및 처리, 저장, 관리, 유통 등의 작업은 클라우드라고 불리는 제3의 공간에서 이루어지는 컴퓨팅 시스템 형태라고 한

14) <http://news.mk.co.kr/newsRead.php?year=2014&no=925885>

4차 산업혁명과 식량산업



그림 1-4 클라우드 컴퓨팅

수 있다(그림 1-4).¹⁵⁾

컴퓨터 네트워크 구성도에서 인터넷을 구름으로 표현한다. 이때 구름은 숨겨진 복잡한 인프라 구조를 의미한다. 사용자는 이러한 복잡한 인프라 구조를 알지 못해도 클라우드 컴퓨팅을 이용할 수 있다. 사용자의 데이터를 신뢰성 높은 서버에 보관함으로써 안전하게 보관할 수 있으며, 다양한 기기를 단말기로 사용하는 것이 가능하며 서비스를 통한 일관성 있는 사용자 환경을 구현할 수 있다. 초기 구입비용과 지출이 적으며 휴대성이 높고, 전문적인 하드웨어에 대한 지식 없이 쉽게 사용할 수 있다. 그러나 서버가 공격당하면 개인정보가 유출되거나 손상될 수 있으며, 통신환경이 열악한 지역에서는 서비스를 받기 힘든 단점이 있다.

15) 농림식품기술기획평가원, 지능정보기술동향과 농업 R&D 추진방향(2017)
<https://ko.wikipedia.org>

1.3.4 인공지능

인공지능(Artificial Intelligence, AI)은 컴퓨터가 인간의 지능적인 행동을 모방할 수 있도록 하는 것으로 정의한다. 인간이 지닌 지적능력으로 수행 할 수 있는 추론능력, 지각능력, 사고, 학습, 자기계발등을 소프트웨어로 구현하는 것이다. 인공지능은 강 인공지능(Strong AI)과 약 인공지능(Weak AI)으로 구분할 수 있는데, 강AI는 사람처럼 자유로운 사고가 가능한 자아를 지닌 인공지능을 말하며, 약AI는 자의식이 없는 프로그래밍 되어있는 인공지능을 말한다. 인공지능 바둑 프로그램인 알파고(AlphaGo)나 의료분야에 사용되는 왓슨(Watson) 등이 대표적인 약AI이다. 현재까지 개발된 인공지능은 모두 약AI에 속하며, 자아를 가진 강AI는 아직 등장하지 않았다.¹⁶⁾

인공지능 연구는 1940년대 현대적인 디지털 컴퓨터가 개발된 직후부터 시작되었다. 초기 연구가들은 생각하는 과정을 자동화하는 수단으로서 계산 장치의 잠재성을 간파하고 수년에 걸쳐 정리 증명법(Theorem Proving)이나 체스 게임처럼 논리적으로 복잡한 일들을 컴퓨터 프로그래밍을 통해 효과적으로 수행할 수 있음을 증명하였다. 그러나 해당분야에서의 성공은 컴퓨터가 고도의 정신작용을 다룰 수 있는 능력보다는 부호화된 정보를 극히 고속으로 반복 처리할 수 있는 능력에서 기인한 것이었다. 1980년대 말까지도 인간의 지능활동을 흉내 낼 수 있는 컴퓨터는 아직 개발되지 않았다.

컴퓨터는 지식에 기반을 둔 소프트웨어 시스템을 이용해 산술문제가 아닌 복잡한 문제를 풀기 위한 의사결정을 할 수 있다. 이러한 지식기반 소프트웨어 시스템을 전문가시스템이라고 한다. 대화형 프로그램인 마이신(MYCIN)은 전문가시스템을 활용한 발전적 하습 프로그램이

16) <http://100.daum.net/encyclopedia/view/b18a0972a>

대표적인 사례다. 마이신은 혈액검사에서 어떤 종류의 세균에 감염되었는가를 알아내고 치료방법을 결정하여 의사들의 진단을 돕는다.

전문가시스템 기반 인공지능의 한계를 극복하기 위해 개발된 기술이 바로 기계학습(Machine Learning)이다. 기계학습은 기존의 논리, 추론 위주의 인공지능과는 달리 경험을 통해 쌓인 데이터로부터 귀납적으로 판단을 내린다. 이는 인간의 학습방법과도 매우 유사하다고 볼 수 있다. 기계학습이란 경험을 통해 특정 작업(task)의 성능을 향상시키는 방법을 말한다. 이는 다수의 사건에 대한 경험을 통해 그들의 추세(패턴)를 학습하고, 이를 기반으로 판단을 내린다는 점에서 ‘패턴인식(Pattern Recognition)’이라고도 불리는데, 전통적인 통계학을 기반으로 한 인공지능의 새로운 패러다임이라고 할 수 있다.

기계학습은 기존 데이터의 패턴을 기반으로 새로운 질문에 답을 하는 알고리즘인데, 그 성능은 데이터의 양과 질에 크게 의존하기에 무엇보다 예측에 필요한 양질의 데이터를 수집하는 것이 중요하다. 이것이 바로 구글과 같은 기업이 사용자 데이터 수집에 사활을 걸고 있는 이유이기도 하다. 기계학습의 성능은 기계학습 알고리즘의 우수성 과도 관련이 있지만, 이에 못지않게 사용자가 입력하는 특징값에도 많은 영향을 받는다.

딥러닝(Deep Learning) 또는 딥뉴럴네트워크(Deep Neural Network)라고 불리는 기술은 사실 오랜 역사를 가진 인공신경망(Artificial Neural Network)이 발전한 형태라고 할 수 있다. 이 방법은 사람의 뇌가 수많은 신경세포들에 의해 움직인다는 점에 착안하여 만들어졌는데, 많은 수의 노드들을 놓고 그들을 연결하여 이들의 연결값들을 훈련시켜 데이터를 학습한다. 즉, 관측된 데이터는 많은 요인들이 서로 다른 가중치로 기여하여 만들어졌다고 생각할 수 있는데, 인공신경망에서는 요인들을 노드로, 가중치들을 연결선으로 표시하여 거대한 네트워크를 만든 것이

다. 딥러닝은 간략히 말해 이러한 네트워크들을 층층이 쌓은 매우 깊은 네트워크를 일컫는다.

인공지능을 이용하고 있는 사례로는 딥러닝을 바탕으로 학습하는 구글의 알파고가 잘 알려져 있다. IBM은 인공지능 컴퓨터를 이용하여 크게 의료와 교육부분의 개발을 확대하고 있는데 대표적인 프로그램이 ‘셰프왓슨(Chef Watson)’이다. 셰프왓슨은 사전에 학습 한 1만 가지 레시피를 바탕으로 사용자에게 다양한 재료와 조리방법을 추천한다. 데이터베이스에 있는 재료를 보여주는데 그치지 않고 각 재료의 향이나 맛이 얼마나 조화로운지 예상결과를 보여 준다.¹⁷⁾

2,000년대 중반부터 깊은 인공신경망인 딥뉴럴네트워크를 학습하는 방법이 개발되어 현재는 이미지인식, 음성인식, 자연어처리 등 다양한 분야에서 표준 알고리즘으로 자리 잡고 있으며, 매우 빠른 속도로 기존의 기계학습 방법들을 대체하고 있다.

기계학습의 단점 중 하나는 좋은 특징값을 정의하기가 쉽지 않다는 점이었는데, 딥러닝은 여러 단계의 계층적 학습 과정을 거치며 적절한 특징값(입력값)을 스스로 생성해낸다. 이 특징값들은 많은 양의 데이터로부터 생성할 수 있는데, 이를 통해 기존에 인간이 포착하지 못했던 특징값들까지 데이터에 의해 포착할 수 있게 되었다.

딥러닝은 마치 인간이 사물을 인식하는 방법처럼, 모서리, 변, 면 등의 하위 구성 요소부터 시작하여 나중엔 눈, 코, 입과 같이 더 큰 형태로의 계층적 추상화를 가능하게 하였는데, 이는 인간이 사물을 인식하는 방법과 유사하다고 알려져 있다. 구체적으로는 나선형 뉴럴네트워크(Convolutional Neural Network, CNN)와 순환형 뉴럴네트워크(Recurrent Neural Network, RNN)란 방법이 널리 쓰이는데, 최근의

17) <http://100.daum.net/encyclopedia/view/124XX73300006>

이미지인식이나 음성인식 등의 비약적 발전은 대부분 이들 방법의 역할이 크다고 할 수 있다.

구글은 딥러닝과 빅데이터를 이용해 컴퓨터가 스스로 많은 사진들을 학습하여 사람의 얼굴과 고양이의 얼굴을 학습해내는 비지도학습 결과를 발표해 세상을 놀라게 한 바 있다. 독일의 주요 내학과 보쉬(Bosch)사의 공동연구로 개발된 자동 토양분석 시스템은 위성측위시스템(GNSS)에 기반 한 인공지능 시스템이다. 몬산토에서 인수한 The Climate Co.는 250만개 지역의 기후정보를 토대로 기후 예측 모델을 연구한다. 이 모델은 지리적 요소, 기후정보 등을 토대로 농작물의 위험요소를 파악하고, 문제해결 비용을 최소화 하는 의사결정을 한다.¹⁸⁾

딥러닝은 수많은 뉴런과 깊은 신경망을 학습해야하기에 기존 컴퓨터로는 학습에 몇 주가 소요되기도 한다. 하지만 최근에는 그래픽처리장치(GPU)를 이용한 병렬처리 연산의 발달과 함께 딥러닝을 위한 미래 하드웨어 디자인도 고안되고 있어 그 처리 속도가 더욱더 빨라지고 있다. 또한 클라우드 컴퓨팅을 이용하여 많은 양의 연산을 디바이스가 아닌 서버에서 처리하도록 함으로써 딥러닝의 혜택을 모바일로도 가져오고 있다.

인공지능은 이제 우리의 삶에서 자주 이용되는 기술로 자리매김 하였다. 우리가 매일 사용하는 스마트폰에도 인공지능 기술이 들어 있다. 대표적인 것이 바로 카메라의 초점을 자동으로 잡아주는 ‘얼굴인식’ 기능과 애플 시리(Siri)와 같은 ‘음성인식’ 기능이다. 이들은 인간의 인위적인 개입 없이 인간이 의도하는 바를 ‘알아서’ 처리해 주는데, 이러한 기능을 하는 모든 에이전트들을 우리는 인공지능이라 부를 수 있다. 집의 빈방을 여행객에게 공유하는 서비스인 에어비앤비의 시가총액은

18) 농림수산식품기술기획평가원, 제4차 산업혁명과 농업(2016)

약 32조 원으로 거대 호텔체인 힐튼월드와이드의 26조 원을 넘어선 지 오래이고, 모바일로 택시를 부르는 서비스 우버 역시 시가총액 약 80조 원으로 현대자동차의 시가총액 33조 원을 누 배 이상 뛰어넘었다. 구글은 인공지능을 이용해 사람 없이 스스로 운전할 수 있는 자율주행차를 개발해 현재 실전 투입을 눈앞에 두고 있다. IBM이 개발한 슈퍼컴퓨터 왓슨(Watson)은 2011년 미국의 유명 퀴즈프로그램 제퍼디(Jeopardy)에서 문제를 음성으로 듣고 부저를 눌러 푸는 동등한 환경에서 기존 퀴즈의 달인들을 제치고 우승한 바 있다. 뿐만 아니라 체스, 장기 등에 이어 경우의 수가 많아 정복이 어렵다던 바둑마저 알파고와 이세돌 9단의 대결에서 보듯 인공지능에 의해 정복당하고 말았다.

의료 분야에서는 X-레이·CT·MRI 등 메디컬 이미지를 인공지능을 이용해 자동분석하는 분야가 급부상하고 있으며, 미래엔 간단한 진료 역시 방대한 의학데이터를 기반으로 한 인공지능이 해결해 줄 수 있을 것이란 전망이다. 금융 분야에서는 사람이 주식변동 그래프를 보고 투자를 판단하는 것이 아니라 인공지능이 다양한 자료들을 직접 숫자로 받아들이 투자를 판단하는 알고리즘이 각광을 받고 있다. 보험업계 역시 보험료 계산을 데이터에 따른 위험률에 기반하여 인공지능이 판단하도록 하고 있다.

세계 인공지능서비스 시장은 2016년 6.4억 달러에서 2025년 360억 달러로 성장할 전망이다(그림 1-5). 가상현실 시장은 2014년 1억 달러에서 2020년에는 20억 달러로 커질 것으로 예상되고 있다.¹⁹⁾

우리나라의 인공지능 시장규모는 2013년의 3조 6000억 원에서 2017년 6조 4000억 원으로 증가할 것으로 예상된다. 이 중에서 음성인식 및 통번역 분야에서 2조 2000억 원, 영상처리 및 영상인식 분야가 2조

19) <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=silverdd&logNo=220570290324>

4차 산업혁명과 식량산업

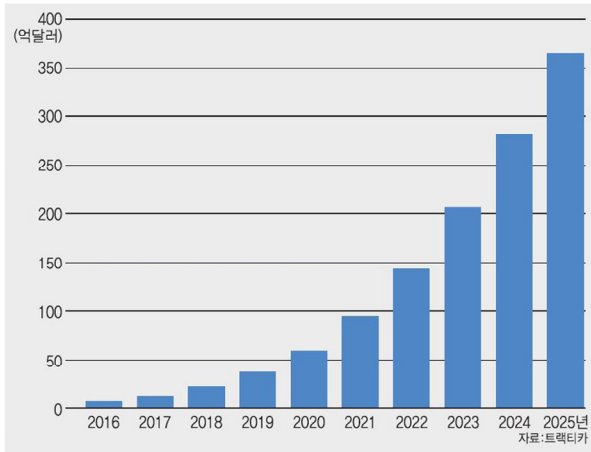


그림 1-5 세계 인공지능서비스 시장규모²⁰⁾

1000억, 기타 인공지능에서 2조 1000억 원으로 추정된다. 정보통신기술진흥센터(IITP)에 의하면 우리나라 인공지능 기술수준은 미국의 75% 수준으로, 격차기간으로는 2년 정도 뒤떨어진 것으로 추정된다.

1.4 주요 국가들의 4차 산업혁명 현황

1.4.1 미국

미국은 2011년 6월 대통령 과학기술자문위원회의 권고를 수용하여, 첨단제조파트너십(advanced manufacturing partnership, AMP) 프로그램을 발족하여 운영하였다. 또한 산, 학, 연, 정이 참여하는 비영리 협의체인 범국가 연구개발 컨소시엄인 스마트제조선도기업연합(smart manufacturing leadership coalition, SMLC)을 발족하였다. AMP 운영위원회는 2012년 7월 대통령에게 첨단제조 경쟁력 확보를 위한 16가지

20) <http://cafe.daum.net/kseriforum/HlvX/2884?q=%C0%CE%B0%F8%C1%F6%B4%C9>

정책을 권고하여 조속한 시행을 요청하고, 기존에 도출된 초기 연구결과와 관심을 고조시키고자 2014년 10월 기존의 AMP를 첨단제조업 파트너십(AMP 2.0)으로 보완하여 운영하고 있다.

미국은 민간기업들이 주도적으로 4차 산업혁명을 선도하고 있다. 구글, IBM, GE(General Electronics), 아마존 등은 독보적 기술력과 자본을 바탕으로 혁명적 혁신을 이끌고 있으며, 정부는 ‘스마트 아메리카 챌린지(Smart America Challenge)’, ‘메이킹 인 아메리카’, ‘미국 혁신 전략’, ‘제조혁신 네트워크’ 등 다양한 각종 제도를 통해 지원책을 마련하고 있다.

세계 최대 농업국인 미국은 막강한 자본과 기술력을 바탕으로 몬산토 등 민간 주도하에 첨단 기술을 발전시키고 있으며, 농경작의 경험적 지식을 공유하여 스마트 농업 비즈니스 모델을 구축하고 있다. 또한 농무부(USDA)의 정책에 따라 나노기술의 융합을 통한 나노 농약, 나노 제초제, 나노 비료, 나노 센서 등의 연구가 촉진되고 있다. 이전의 노동집약적인 농업스타일은 점차 사라지고 무인트랙터, 드론 농약 살포 등 첨단기술과의 융합을 통해 농장을 관측하고 제어를 할 수 있다. 스마트 농업은 생산뿐만 아니라 가공, 유통의 단계에까지 점차 확대되고 있다.

1.4.2 독일

독일은 2015년, 2년간 추진해온 제조업 혁신전략인 ‘인더스트리 4.0(Industry 4.0)’을 개선한 ‘플랫폼 인더스트리 4.0’을 출범시켰다. ‘인더스트리 4.0’이라는 명칭은 2011년 독일공학협회에서 처음 언급되었고, 2012년 독일인공지능연구소 등에서 사이버물리시스템 기반의 새로운 미래 제조업의 패러다임으로 제시되었다. 처음에는 산업협회를 중심으로 연구 과제를 추진하였으나 추진력이 약해 정부가 중심이 되어 기존의

문제점들을 해결하기 위해 정치적, 사회적으로 폭넓은 접근을 시도하였다. 그러나 보안정책 부재, 중소기업의 거부, 관련인력 부족 등의 문제점이 노출되어 디지털화전략 수정, 표준화, DB보안, 제도정비, 인력육성 등의 5개 분과를 신설하여 보완하고 있다.²¹⁾

제조업 강국인 독일은 인더스트리 4.0을 추진하여 자국 기업들의 기존 제조공장을 스마트 공장으로 구축하고 더욱 경쟁력 있는 제품과 서비스를 생산하도록 하였다. 또한 ‘플랫폼 인더스트리 4.0’을 실시하여 미국, 인도, 중국과의 협력을 이끌고 자국의 영향력을 세계적으로 강화하기 위하여 다양한 이해 관계자의 참여를 이끌고 있다. 농업부문에서는 첨단기술을 접목한 농기계의 강세가 두드러진다.

1.4.3 일본

일본은 ‘일본 재흥 전략 개정 2015’에 처음으로 4차 산업혁명에 대한 대응을 하였고, 이어 ‘일본 재흥 전략 개정 2016’을 마련하여 제조업, 로봇 분야에서 과학기술에 기반한 경쟁력을 확보하고 생산성을 강화시키기 위한 방안을 마련하고 있다. 2015년 1월, 수상 직속 ‘산업경쟁력강화회의’에서 신산업혁명에 적극적으로 대응할 것을 결의하는 한편 ‘로봇혁명실천회의’를 통해 ‘로봇혁명신전략’을 발표하였다. 미국과 독일에 비하여 상대적으로 경쟁우위에 있는 로봇혁명을 통해 일본을 세계의 로봇 이노베이션 거점으로 만들고 IoT 시대의 로봇으로 세계를 리드한다는 것이다.

일본 정부는 2016년을 4차 산업혁명 입국의 원년으로 선언하고 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇 기술이 가져다 줄 미래의 충격에 대비하여 범부처 참여로 마련한 ‘일본재흥전략 2016’을 수립하고 4차 산업혁

21) 윤석후, 4차 산업혁명과 식품산업의 미래, 식품과학과 산업, 50(2):60-73(2017)

명을 이끌 전략으로 3개의 전략적 플랫폼(사물인터넷 가속화 컨소시엄(ITAC), 로봇혁명 이니셔티브(RRI), 인공지능연구 센터(AIST)를 구축하여 액션플랜을 제시하였다. 또한 일본 신성장전략 비전인 '하라쿠치 비전'안에는 'ICT 유신 비전'이 포함되어 있다. 여기에는 농업분야 ICT 프로젝트를 전국적으로 실시할 계획을 포함하고 있다. 일본은 농식품 ICT 융합기술로 기계화, 자동화를 통하여 스마트농업화를 이루고 있다.

1.4.4 중국

중국은 양적 성장에서 질적 성장으로 도약하기 위해 정부주도의 정책을 추진하고 있다. 2015년 5월, IT 경쟁력 강화를 통해 제조업을 2025년까지 일본·독일의 제조업 수준으로 끌어 올릴 '중국제조 2025'를 발표하였다. 독일의 'Industry 4.0'을 벤치마킹한 '중국 제조 2025'는 5대 중점 프로젝트와 10대 육성산업을 선정하여 정책지원을 확대하고 있다. 향후 성장동력이 될 10대 전략산업에는 차세대 정보기술, 고정밀 수치 제어 및 로봇, 항공우주장비, 해양장비 및 첨단기술선박, 신진궤도교통 설비, 에너지절약 및 신에너지 자동차, 전력설비, 농업기계장비, 신소재, 바이오의약 및 고성능의료기기가 포함되어 있다. '인터넷 플러스(Internet Plus)' 정책에서는 4대 목표와 7대 액션 플랜을 제시하였는데, 4대 목표 중 경제발전 부분에 농업에 대한 내용이 포함되어있다.

1.5 한국의 현황과 발전방향

1.5.1 산업계 동향

우리나라는 기업체가 사물인터넷 전용망을 이미 구축해 놓는 등 ICT 기반기술이 매우 강하기 때문에 4차 산업혁명 시대에도 경쟁력을 가질 수 있다고 평가된다. 산자부는 2015년 3월에 제조업·IT 융합을

통해 스마트혁명을 촉진하고 대도약의 기틀을 마련하기 위한 ‘제조업혁신 3.0 실행대책’을 발표하였는데 제조업의 창조경제 구현을 목표로, IT·제조업 인프라 대비 취약한 센서·IoT·홀로그램 등 핵심기술을 선진국 수준으로 확보하기로 하였다. 이를 실행하기 위하여 세부 추진 과제인 8대 스마트 제조기술, 즉 스마트센서, CPS, 3D 프린팅, 에너지 절감, 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 홀로그램을 전략적으로 개발하는 것을 뒷받침하기 위한 ‘스마트제조 R&D 중장기 로드맵’을 발표하였다. 미래부도 4차 산업혁명 대응을 위한 시범사업 실시 및 중장기 계획을 수립하고, 관련 R&D 예산을 확대하기로 하였다.

사회 각 분야에 과학과 정보통신기술을 접목하여 산업고도와 및 사회문제를 해결하기 위해 2014년 연말부터 추진되어 온 핵심 사업인 ‘창조 비타민 프로젝트’의 일환으로 중소제조업체를 위한 보급형 스마트 팩토리 시범 구축 사업을 시작하였고, 2020년까지 1만개의 스마트공장 건설을 목표로 제시하였다.

2016년 5월에는 ‘지능정보사회 민관합동 추진협의회’를 발족하여 지능정보산업 발전을 위한 ‘지능정보사회 중장기 종합대책’을 마련하였는데, 주요 내용은 민간 지능정보기술 연구소 설립(공통기술 연구, 데이터 공유), 플래그십 프로젝트(응용서비스 발굴을 위한 대규모 실증 사업 추진), 기초연구 투자(슈퍼컴·신경칩 등 HW, 뇌과학, 수학 등 기초연구투자), 전문인력 양성(데이터 전문가, SW엔지니어 등 전문인력 선제적 양성) 등이다. 정부는 2017년부터 4차 산업혁명에 대응하는 분야의 R&D 예산을 확대하여 AI, AI 기반 로봇, 사물인터넷 등에 투입하기로 하였다.²²⁾

22) 윤석후, 4차 산업혁명과 식품산업의 미래, 식품과학과 산업, 50(2):60-73(2017)

1.5.2 정부의 정책

대통령 직속 4차 산업혁명 위원회는 2017년 11월 제2차 회의에서 ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획’을 발표했다. 이 계획은 지능화 혁신으로 산업·사회 전반의 생산성을 높이고 산업 체질을 개선해 국민 삶의 질 향상을 목표로 하고 있다. ‘사람 중심의 4차 산업혁명 구현’을 비전으로 산고 기술·산업·사회 정책을 지능화 혁신 프로젝트로 추진, 성장 능력 기술력 확보, 산업 인프라·생태계 조성, 미래사회 변화 대응 등과 연계해나가기로 했다. 이런 비전을 표현하기 위해 ‘1-코리아 4.0’이라는 정책 브랜드를 만들었다. 지능(Intelligence), 혁신(Innovation), 포용·통합(Inclusiveness), 소통(Interaction)의 머리글자를 딴 것이다.²³⁾

지능화 기술 연구개발에 2022년까지 총 2조 2000억 원을 투자하고 창의·도전적 연구를 촉발하도록 R&D 체계를 연구자 중심으로 혁신하기로 했다. 세계 최초로 5G 이동통신을 상용화하며 주요 산업별로 빅데이터 전문센터를 육성하고 규제 샌드박스도 도입하기로 했다. 또한 분야별로 규제·제도를 전면 재설계하고 혁신모험펀드 10조 원이 조성된다. 4차 산업혁명의 유망 품목을 공공기관 우선구매 대상에 포함해 그 비율을 2016년 12%에서 2022년 15%까지 높일 예정이다. 4차 산업혁명의 잠재력을 조기에 가시화하기 위해 아래와 같이 산업·사회 전반에 지능화 혁신 프로젝트가 추진된다.

- 개인 맞춤형 정밀의료에 의한 건강수명 3세 연장
- 스마트공장 고도화 확산으로 제조업 생산성 제고
- 자율차를 집중 육성하여 2020년까지 고속도로 준자율차 상용화

23) 위클리 공감, 공감정책특집(2017)

<http://gonggam.korea.kr/newsView.do?newsId-01IzmIdGQDGJM000>

- 미래형 에너지 신산업 혁신으로 전력 효율화와 온실가스 저감
- 핀테크 활성화로 2022년까지 핀테크 시장 2배 확대
- 스마트팜 및 스마트양식장 확산
- 지능형 스마트홈 확산
- 차세대 지능형 교통체계 구축
- 노인치매 예측, 조기진단, 치료, 돌봄 기술혁신
- 미세먼지 원인규명 및 오염도 감축
- 지능형 CCTV, AI기반 범죄분석으로 과학치안 혁신
- 정밀탐지 및 경계무인화로 지능형 국방경계 보급

1.5.3 식량안보에 미치는 영향과 전망

우리나라는 식량(곡물)자급률이 24% 밖에 안 되는 식량수입국이다. 반도체와 자동차 등 제조업의 수출이 잘 되어 모자라는 식량을 무제한 수입할 수 있는 경제력으로 식량을 걱정하지 않아도 되지만 세계 경제의 위축이나 국제 안보정세의 변화로 일순간 식량공급에 차질을 빚을 수 있는 가능성은 언제나 상존하고 있다. 식량자급률을 높이고 외국의 곡물거래상에 의존하지 않고 우리 스스로의 힘으로 해외 시장에서 식량을 구매할 수 있는 능력을 가져야 하는 이유이다. 이러한 식량 취약국의 위험에서 벗어나려면 4차 산업혁명이 가져올 농업 생산성 향상과 식품의 가공 유통 소비의 합리화를 앞당겨야 한다.

스마트팜, 스마트양식장 등 농수축산업의 스마트화는 농수산 노동력의 감소, 특히 농어촌의 고령화와 인구 절벽에 대처하는 방안이라는 점에서 적극적으로 확장해야 한다. 농수산업의 자동화, 지능화는 생산 수율의 증가와 고품질 제품의 생산을 가능하게 한다. 이를 위한 농어민 교육과 시설지원이 필수적이다. 우리나라는 인터넷 통신망이 가장 잘 갖추어진 나라이므로 농수산업의 스마트화를 위한 기반시설이 갖추어

진 나라이다. 이것을 잘 활용하면 식량안보에 큰 성과를 얻을 수 있다.

식품공장의 자동화, 지능화는 생산성의 향상뿐만 아니라 폐기물의 감소와 식량낭비의 저감화에 크게 기여하고 있다. 일부 앞서가는 식품 기업들이 공정 스마트화를 도입하고 있으므로 이를 위한 제도개선과 지원육성 정책들이 뒤따라야 한다. 유통과정의 스마트화는 식품의 위생 안전성 향상과 식량 폐기물의 저감화에 크게 기여할 수 있다. 스마트 냉장고 등 소비단계의 지능화 기술, 스마트 분리수거에 의한 음식물 쓰레기 처리 기술 등은 식량낭비를 획기적으로 줄일 수 있다. 음식물 쓰레기 배출량을 지금의 반으로 줄이면 식량자급률을 15% 올릴 수 있다.^{24) 25)}

24) 이철호, 문현팔, 김용택, 이숙중, 이꽃임, 선진국의 조건 식량자급, 도서출판 식안연 (2014)

25) 채희정, 이숙중, 이철호, 식량낭비 줄이기, 식량안보시리즈 제5권, 도서출판 식안연 (2016)

2.1 스마트팜과 스마트농업의 개요

스마트팜이란 인터넷과 연결된 컴퓨터나 스마트폰으로 시간과 장소의 제약 없이 언제 어디서나 농사 환경을 관측하고 원격 제어 관리함으로써 편의성이 향상되고, 측정된 빅데이터를 분석하고 인공지능의 도움으로 정밀한 생산관리를 통해 품질과 생산성이 향상된 농장을 말한다. 또한, 스마트팜은 ICT기술과의 융복합을 기반으로 농작물을 재배하고 가축을 사육하는 생산시스템으로부터 농산물의 유통과 소비, 농촌의 삶의 질 향상에 이르기까지 농업 전 과정의 디지털 과학화를 의미한다. 지금까지 농업인의 경험과 감각에 의존하는 주관적이고 직관적이던 농업기술이 센서와 네트워크 기술을 기반으로 계량화되고 객관화되며, 반복적 시행착오와 개인의 노하우에 의해 이루어졌던 농작업 의사결정이 빅데이터와 인공지능 컴퓨터의 도움으로 보다 과학적이고, 편리해지는 것이다. 특히 생산 분야에서는 자동화 설비와 인터넷 통신기술 등을 결합하여 시간·공간의 제약 없이 언제 어디서나 작물의 생육 상태 및 환경을 모니터링 할 수 있고, 필요에 따라서는 직접 제어하거나 컴퓨터가 자동으로 제어할 수도 있다(그림 2-1). 아직 스마트팜 기술의 적용은 시작 단계에 불과하지만 빠른 발전을 거듭하고 있고, 대내외적으로 많은 어려움에 직면한 우리 농업의 돌파구로서 가상 현실적인

1) 농촌진흥청 연구운영과, 전북 전주시 완산구 농생명로 300, ecas21@korea.kr

4차 산업혁명과 식량산업

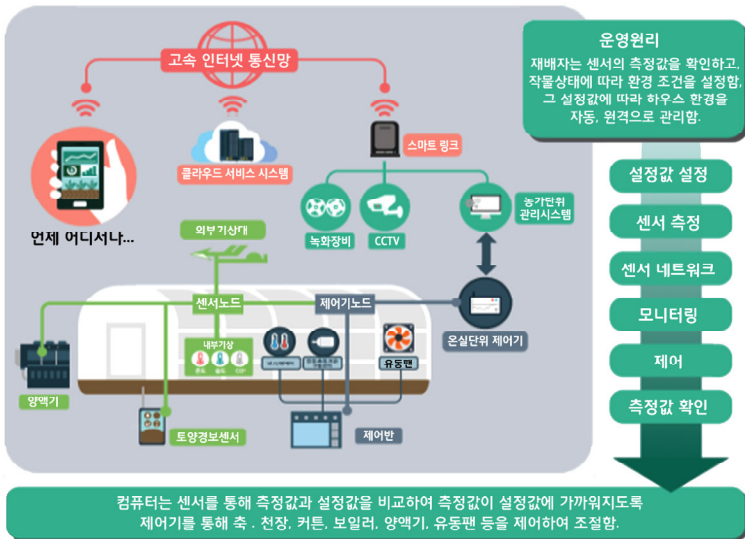


그림 2-1 스마트 온실의 주요 구성 및 운영원리

대안이 될 것임에 틀림이 없다.²⁾

대외적으로는 시장개방으로 세계 모든 농업인과 경쟁 상태에 놓이게 되었고, 내부적으로는 농촌의 고령화와 일손 부족, 기후변화로 인한 영농여건의 변화, 농산물 가격의 불안정에 따른 생산과 소득의 불일치 등의 문제가 점점 더 심화되어 가고 있다. 이런 이유로 인해 우리 농업에 대한 국민들의 많은 성원과 국가적 지원에도 불구하고 대부분의 농업인이 힘든 시기를 보내고 있는 것이 현실이다. 이러한 어려움을 성공적으로 극복하고 우리가 세계적인 농업 강국으로 도약하기 위해서는 농업의 정책, 기술 등에 있어 새로운 변화와 혁신의 전기를 마련할 필요가 있다. 토지와 노동에 의존하던 전통농업 방식으로는 더 이상 지속 성장이 어렵기 때문에 기술집약적이고 과학적인 수단들로 체계화된 첨단농업

2) 농촌진흥청, 한국형 스마트 팜 개발 방향과 전략 심포지엄(2015)

으로의 전환이 필요한 시점이다. 이에 정부는 농업을 미래 우리 경제를 견인할 성장산업으로 탈바꿈시키기 위해 “스마트팜 확산 대책”을 마련하여 추진하고 있다.³⁾

그동안 정부는 시장개방에 대응하여 농업의 경쟁력을 높이고 수출산업으로 발돋움할 수 있도록 1990년대 중반부터 원예시설 현대화를 추진하여 ICT 활용여건을 조성해 왔고, 2000년 이후 국가 전반적인 인터넷 확산과 ICT 활용 증대에 따라 농업 생산, 유통 등에 정부 주도의 다양한 ICT 융복합 적용 사업을 추진하여 왔다. 일부 선도농가에서는 스마트팜을 통해 생산성을 높이고 노동력을 줄이는 성과를 거두고 있으나, 스마트팜 보급 확산은 아직 시작단계에 불과하다. 우리나라에서 스마트팜의 보급 확산이 늦어지는 가장 큰 이유 중의 하나는 시설구조와 규모의 영세성이다. 시설원예의 경우, 국내 온실은 대부분 단동 비닐온실이며, ICT 적용 시 효과가 보다 큰 연동 온실은 증가 추세에 있긴 하지만 전체면적의 15%(7.9천ha) 수준에 불과하다.

스마트팜에 쓰이는 ICT 기기의 표준화는 호환성(compatibility), 상호운용성(Interoperability)의 제공으로 같은 기종 또는 다른 기종 간에도 상호 교환 및 정보처리를 가능하게 한다. 제조업체 등 사업자로서는 표준화를 통해 단위 생산·거래 비용을 줄일 수 있으며, 대량생산을 통해 규모의 경제(economy of scale)를 실현하고 기술의 중복투자 방지, 기술이전 촉진, 연구·개발 비용 절감 등의 효과를 기대할 수 있다. 수요자인 농업인에게는 통일되고 검증된 정보의 제공으로 소비자의 탐색·측정비용을 절감하고 제품 이용의 편의성이 향상되며, 무엇보다도 그동안 가장 어려움을 겪어 왔던 수리정비와 유지보수의 편의성과 신속성을 제공하여 준다.

3) 농림축산식품부, 스마트 팜 확산 대책(2015)

그동안 농업용 ICT 기기 공급 업체들은 각기 다른 규격의 센서와 제어기를 사용하고, 서로 다른 방식의 시스템 구성으로 인해 부품의 교환이나 고장 시 수리 정비를 제조사가 아니면 하기 어렵고, 비용 또한 과다한 측면이 많아 농업과 ICT 융합 및 스마트 팜 보급 확산에 가장 큰 장애로 지적 되어 왔다.

농촌진흥청은 스마트 팜 운영에 필요한 각종 센서, 제어기 등의 공동 규격(인)을 농업 ICT관련 산업체, 생산자단체, 연구자들로 구성된 농업 ICT융합 산업화 포럼(시설원에 및 축산 분야)에서 이해관계 당사자들 간의 협의와 조정을 통해 마련하고, 공청회와 한국정보통신기술협회(TTA) 등 표준화 관련 기구의 심의를 거쳐 표준화하는 작업을 추진하고 있다(그림 2-2).⁴⁾ 일단 단체표준으로 채택되면, 농림축산식품부의 정책 사업 등의 지침에 반영하여 안정된 품질과 규격화된 스마트팜 시스템이 농가에 보급될 수 있도록 하고 있다.

2016년까지 그동안 스마트 기술의 보급 확산에 가장 큰 장애 요인으로 지적되어온 농업용 ICT 기기 및 부품 25종(센서 13종, 제어기 9종, 복합장비 3종)의 규격 표준화를 완료하였고,⁵⁻⁸⁾ 관련 산업과 기술의 안정적 성장기반 구축과 수출산업으로 발전하기 위한 기반을 마련하고자 기존 완료된 단체표준의 국가표준 및 국제표준화를 추진 중이다. 향후의 농업분야 ICT 기기 표준화는 스마트팜을 위한 제도적 기반으로

4) 농촌진흥청 국립농업과학원, 스마트온실 ICT 기기 단체표준(안) 공청회 자료집(2015)

5) 농촌진흥청 국립농업과학원, 스마트온실을 위한 구동기 인터페이스(TTAK.KO-10,0845), 한국정보통신기술협회(TTA)(2015)

6) 농촌진흥청 국립농업과학원, 스마트온실을 위한 센서 인터페이스(TTAK.KO-10,0903), 한국정보통신기술협회(TTA)(2016)

7) 농촌진흥청 국립농업과학원, 스마트온실을 위한 양액기 및 이산화탄소 발생기(TTAK.KO-10,0944), 한국정보통신기술협회(TTA)(2016)

8) 농촌진흥청 국립농업과학원, 스마트온실을 위한 스마트 영상장치(TTAK.KO-10,0945), 한국정보통신기술협회(TTA)(2016)

스마트온실 ICT기기 및 부품 표준화 추진

◇ 스마트 온실 ICT 기기 한국정보통신기술협회(TTA) 단체표준 제정

- 제어기 9종(TTAK.K0-10.0845, 2015.12)
천창, 측창, 보온재, 커튼, 환풍기, 유동팬, 관수모터, 관수밸브, 냉난방기
- 센서 13종(TTAK.K0-10.0903, 2016.6)
온도, 습도, CO₂, 일사량, 풍향, 풍속, 강우, 광량, 토양수분, 토양장력, 토양 EC, 토양 pH, 지온
- 복합장비 3종(TTAK.K0-10.0944, -10.0945, 2016.12) 양액기, 이산화탄소 발생기, 스마트 영상장치

※ 사용자의 편의성 제고, 생산비 절감, 장비 호환성 및 상호 운용성 향상, 글로벌 시장 진출 도구

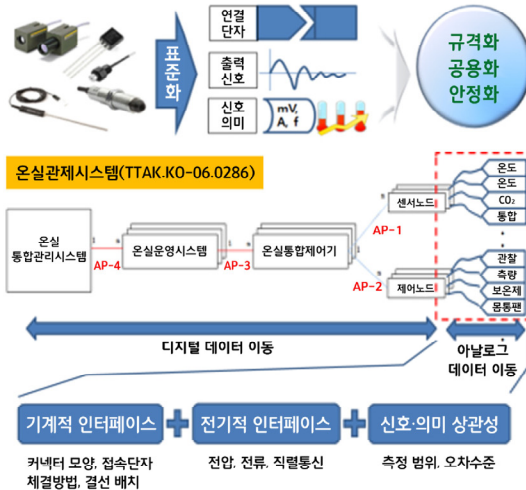


그림 2-2 농업용 ICT 기기의 인터페이스 표준화 추진 체계도

서 시설원예와 축산, 노지 농업용 ICT 기기에 대해 농림축산식품부 주관으로 농촌진흥청과 산업계, 농업인 등의 협력을 통해 지속적으로 추진해 갈 계획이다.

2.2 스마트 온실의 작물생산

스마트팜 기술은 유럽의 농업 선진국들을 중심으로 최근 급속히 발전하고 있으며 특히 네덜란드의 시설농업은 세계 최고 수준으로 시설농업 분야의 ICT 기술 융합을 선도하고 있다. 그러나 대규모 유리온실을 효율적으로 운영하는데 적합하도록 발전된 네덜란드의 스마트팜 기술은 90% 이상이 중소규모 비닐하우스로 이루어진 우리나라에 그대로 이용하기에는 구조적 측면뿐 아니라 경제적 측면에서도 적합하지 않다. 그래서 농촌진흥청은 네덜란드 기술과 차별화하여 중·소규모 비닐하우스 위주의 국내 시설원예 산업 특성에 맞도록 그간의 축적된 노하우, 품목별 재배여건(그림 2-3) 등을 고려해 한국형 스마트 온실

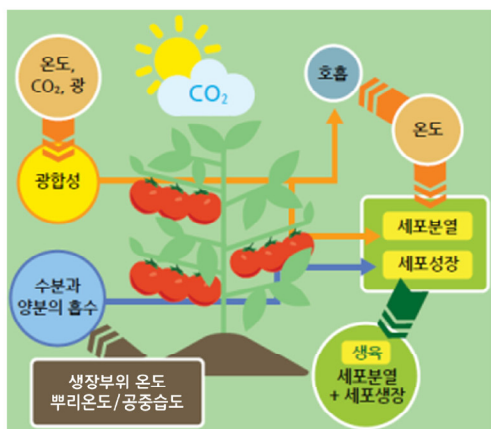


그림 2-3 온실에서 식물의 생육과 환경과의 상호관계

모델을 개발하였다. 예를 들어 참외, 수박과 같이 소규모 단동 비닐온실이 재배에 적합한 작물은 측창자동개폐 등 비교적 간편한 원격제어설비만 갖추도록 하여 농가의 비용부담을 줄여주고, 파프리카나 토마토 재배시설과 같이 규모가 큰 온실들은 자동화 설비를 통해 생산성과 품질경쟁력 확보가 가능한 작물은 복합환경제어를 고려한 지능형 제어 시스템을 갖추도록 하는 것이다.⁹⁾

이를 위해 농촌진흥청은 세계 최고 수준의 한국형 스마트팜 모델 개발과 농업생산시스템의 전 과정 스마트화를 위해 핵심 요소 및 실용화 기반기술의 확보에 연구 역량을 집중하여 추진하고 있다. 특히 스마트팜 소프트웨어 및 콘텐츠 중심의 기술 개발과 함께 기술수준별로 스마트팜을 모델화(표 2-1)하여 1세대(편의성 향상), 2세대(생산성 향상-네덜

표 2-1 세대별 한국형 스마트팜의 특징 및 비교

구 분	1세대	2세대	3세대
의사결정(제어)	관리자(사람)	컴퓨터+사람	컴퓨터(인공지능)
목표(효과)	편의성 향상	생산성 향상	플랜트 수출
주요 기능 (성능)	원격모니터링+제어	지능형 정밀생산관리	전과정 시스템화/ 자동화
기술개발내용	기존 기술 + ICT 적용	1세대 + 빅데이터 및 생육모델 활용 정밀생육관리기술	2세대 + 로봇·무인자동화 및 지능형 시스템 통합제어기술
초기투자비용	낮음	중간	높음
기술구현시기 (기본형)	2016년	2018년	2020년

* 우리나라의 농업여건과 시설 및 기술수준 등에 적합한 기술을 단계적으로 개발하여 보급·확산하고 수출산업으로 육성

9) 농촌진흥청 국립농업과학원, 한국형 스마트 산업 전략 국제심포지엄, 2016

현재 수준에서 시설 농가에 당장 적용 가능한 1세대 모델을 원예분야 6품목에 대한 현장실증연구를 통해 각 품목별 보급형 모델(그림 2-5, 그림 2-6)을 설정하고 스마트팜 운영매뉴얼을 개발하는 등의 현장중심의 실용화 연구로 보급 확산을 지원하고 있다.

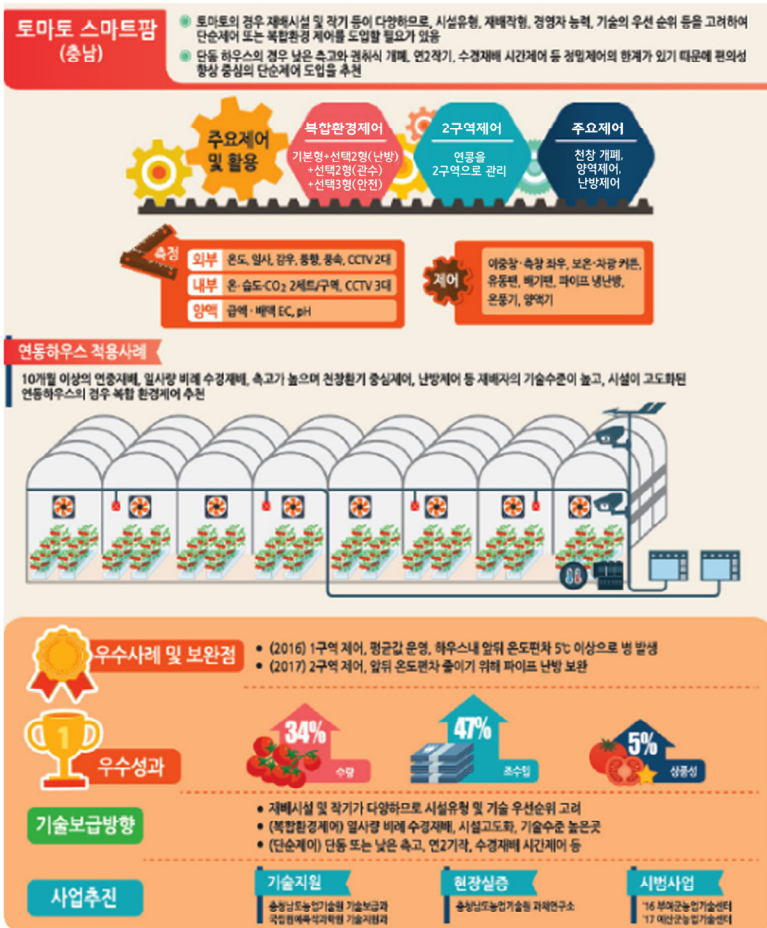


그림 2-5 한국형 스마트 온실의 적용 사례(토마토, 충남 부여)

4차 산업혁명과 식량산업

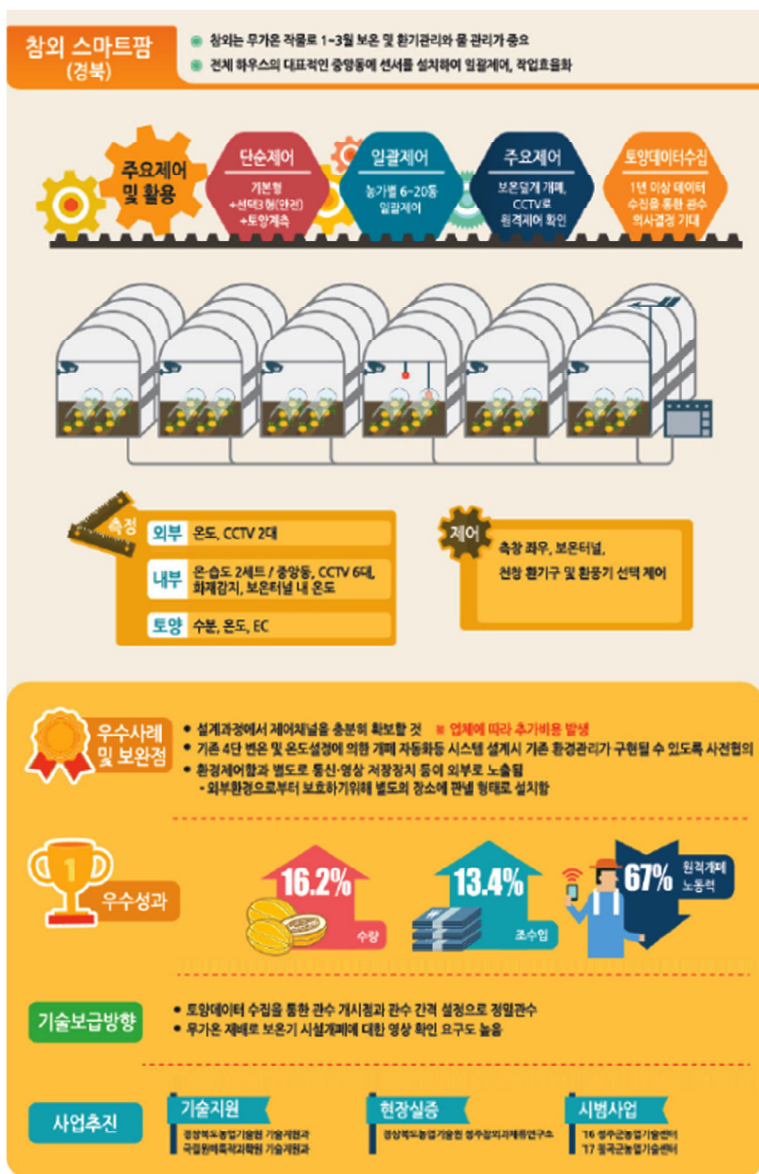


그림 2-6 한국형 스마트 온실의 적용 사례(참외, 경북 성주)



그림 2-7 한국형 2세대 스마트 온실의 구성 기술

1세대 스마트팜이 농작업의 편의성 향상을 통해 노동력을 절감하고, 농업인이 농작업의 구속으로부터 자유로워 질 수 있도록 한 것이라면, 2세대 스마트팜은 여기에 덧붙여 정밀한 작물생육관리 또는 자동화를 통하여 농업의 생산성과 품질을 향상하는 것을 목적으로 하는 것이다. 진정한 의미의 스마트팜 기술이라고도 할 수 있는 2세대 스마트팜의 핵심기술은 환경요인 등의 변화에 따라 작물의 생육상태를 진단·예측하며, 수확시기 혹은 수확량을 예측함으로써 생산에 필요한 생육관리를 최적화할 수 있는 생육모델의 개발과 작물의 생육상태, 생체정보 등을 자동으로 측정·수집할 수 있는 생육정보 측정기술, 환경 및 생육정보 등의 데이터를 분석하여 정밀한 생산관리조건을 도출함으로써 생산성을 향상시킬 수 있는 빅데이터 활용 기술 등이 포함된다(그림 2-7).

농촌진흥청은 2014년부터 토마토, 국화 등 시설작물의 생육모델 개발을 추진해 오고 있으며, 2016년에는 유럽계 완숙토마토의 생육 및 수확량 예측을 위한 생육모델 개발을 완료하였다(그림 2-8). 토마토를 시작으로 국화, 파프리카, 방울토마토, 시설포도, 딸기의 생육모델 개발을 2020년까지 완료할 계획으로 추진 중이다.

4차 산업혁명과 식량산업

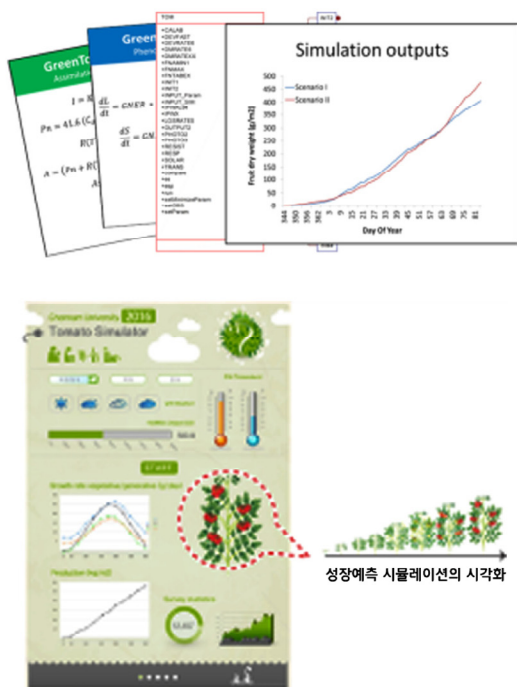


그림 2-8 토마토 생육 및 수확량 예측 모델(GreenTom)

또한 온실 내에서 토마토의 초장(식물체 높이), 엽수, 엽면적, 줄기의 굵기, 과일의 개수 등을 영상장치를 이용하여 자동으로 측정할 수 있는 식물 생육정보 자동측정시스템을 2016년까지 개발 완료하여 스마트팜 빅데이터 활용에 필수적인 작물의 생육정보를 자동으로 수집할 수 있는 기반을 구축하였다(그림 2-9). 이 밖에도 식물 생체반응 계측을 통해 식물체의 스트레스 등의 생육상태 진단과 품질의 예측 등에 활용이 가능한 식물 생체정보 측정용 마이크로센서 개발과 수경 재배 배지의 중량을 실시간 측정하여 양수분을 정밀제어하는 연구를 수행 중이다.



로봇 AFM



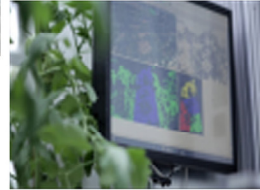
이동형 로봇 이미지 자동촬영



카메라부, 3D, 열화상



RGB, 열화상 영상촬영



영상이미지 이미지 분석 엔진



그림 2-9 토마토 생육정보 자동측정 장치(위) 및
생체정보 실시간 측정센서(아래)

스마트팜과 기존의 자동화된 재배시설의 차별성을 보여주는 대표적인 기능은 측정 데이터의 비교·분석을 가능하게 하는 빅데이터 처리와 컨설팅 활용이다. 측정데이터의 표준화와 품목별 시범농장 컨설팅 수행을 통해 그 타당성을 평가한 결과, 토마토 재배 시범농장의 경우 생산성 46% 향상과 노동력 50% 절감의 높은 성과를 거두었다(그림 2-10). 이는 전국 단위의 권역별, 품목별 실증연구를 통해 더 많은 시범농장을 대상으로 확대하여 컨설팅과 성과분석을 추진하고 있다.

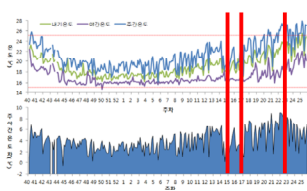
4차 산업혁명과 식량산업

스마트팜 측정 빅데이터 활용 매뉴얼 개발(농촌진흥청)

◇ 작목 생육특성을 반영 데이터 활용 방법 안내:
데이터 측정, 데이터 정리, 환경설정관리 모니터링, 생산성(수량, 품질, 비용절감 등) 향상을 위한
환경과 생육과의 관계

→ 과학적 데이터 분석 결과를 통한 농장의 환경제어 S/W 설정 지원 가능

* 서비스 대상 : 농입인, 도농입기술원·시군센터 전문가, 민간컨설턴트 등




**그림 2-10 빅데이터 활용 정밀생육관리 컨설팅을
통한 생산성 향상 사례(토마토)**

이 밖에도 스마트팜의 에너지와 환경을 최적화하기 위한 가상현실 기반 개방형 시뮬레이터 기술, 사물인터넷을 이용한 농작업 이력 및 안전관리 기술, 인공지능을 활용한 작물의 병충해 자동진단기술, 수확 및 농작업 로봇, 클라우드 기반 지능형 스마트팜 통합제어기술 등 2세대 한국형 스마트팜을 구성할 핵심기반기술들을 위해 활발히 연구 중이다(그림 2-11).

농촌진흥청은 2018년까지 첨단 스마트팜 핵심기술들을 결합하여 지능형 최적생육관리 기술을 확보함으로써 2세대 스마트팜 모델을 통한 본격적인 한국형 스마트팜 시대를 열어갈 계획이다. 이러한 한국형 스마트팜은 앞서 실명한 표준화를 기반으로 함은 물론이고, 하드웨어뿐만 아니라 소프트웨어까지 공개하는 개방형 방식의 스마트팜 플랫폼을 통해 산업 발전을 도모하고 호환성과 확장성을 확보해 나갈 계획이다.



(a) 가상현실(HMD) 이용 온실내 공기유동 가시화



(b) 딸기 수확로봇

그림 2-11 가상현실 응용 스마트팜 교육·컨설팅
시스템(a) 및 딸기 수확로봇(b)

2.3 버섯 스마트팜

버섯재배사는 버섯의 생육환경을 개선하기 위해 재배공간을 대기환경과 격리한 재배시설로 버섯의 주요 생육환경인 광, 온도, 습도, 가스농도 등을 인공적으로 조절하여 버섯의 생장을 제어할 수 있도록 환경측정 센서, 영상장치, 공조설비, 원격 모니터링과 제어 시스템을 갖추어 스마트 버섯재배사를 구성한다. 버섯 스마트팜은 버섯의 생육뿐만 아니라, 배지제조·종균배양·수확·포장 등 전 재배공정(그림 2-12)을 사물인터넷과 ICT를 활용하여 자동화 및 정밀관리하여 고효율성과 고품질을 추구하는 농장이다.

4차 산업혁명과 식량산업

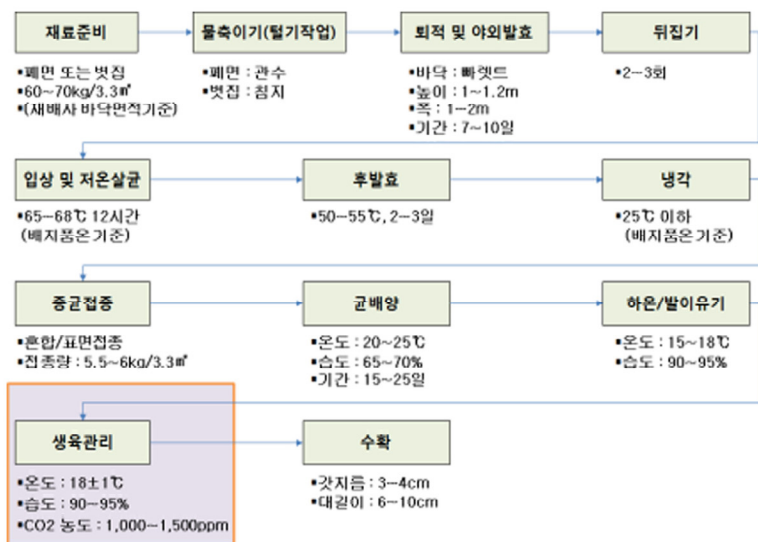


그림 2-12 느타리버섯 균상재배 공정

버섯재배는 크게 재배배지의 형식에 따라 균상재배와 병재배로 구분할 수 있는데, 일정기간 동안 연속적인 수확을 하는 균상재배에 비해 일시수확이 가능한 병재배가 작업의 자동화에 유리한 면이 있어 스마트 팜 기술이 적극적으로 적용되고 있다.

느타리버섯의 균상재배는 주로 폐면배지를 이용하고 있으며, 버섯재배사 내부에서 살균, 발효, 접종, 생육, 수확 등에 이르는 전 과정의 작업이 이루어진다. 느타리버섯 균상재배 공정 중 생육관리 단계에서는 온도, 습도, CO₂ 농도 등이 종합적으로 관리되고 있지만, 그 이외의 단계에서는 온도 위주로 관리하는 것이 일반적이다. 아직까지 느타리버섯의 균상재배에서는 생육관리 공정에서 ICT 기술이 주로 활용되고 있으며, 농가에서의 환경관리의 경우 온도는 대부분 센서에서의 감지값을 기준으로 관리를 하고 있으나, 습도와 CO₂는 경험에 따른 타이머

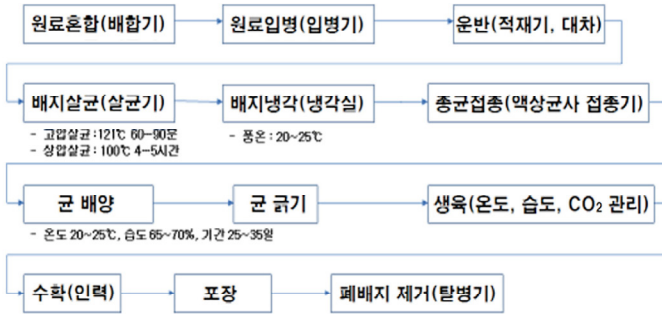


그림 2-13 느타리버섯 병재배 공정

제어가 주를 이루고 있어, 빅데이터 수집 및 분석을 통한 정밀관리기술의 연구가 더 활발히 추진될 필요가 있다.

느타리버섯 병재배(그림 2-13)는 크게 버섯배지 생산공정과 생육공정으로 구분되며, 배지생산 공정의 경우 ICT 기술 적용부분인 환경관리의 경우 온도가 주된 관리대상이며, 병버섯배지의 입상부터 수확까지의 생육 단계는 온도, 습도, CO₂ 농도가 종합적으로 생육에 관련을 하기 때문에 ICT 기술의 주 적용 대상이 되고 있다.

느타리버섯 병재배의 경우 입상부터 수확까지의 기간이 품종에 따른 차이는 있지만 7~10일 정도로 매우 짧기 때문에 환경관리(그림 2-14)와



그림 2-14 느타리버섯 병재배사 내부 생육 광경

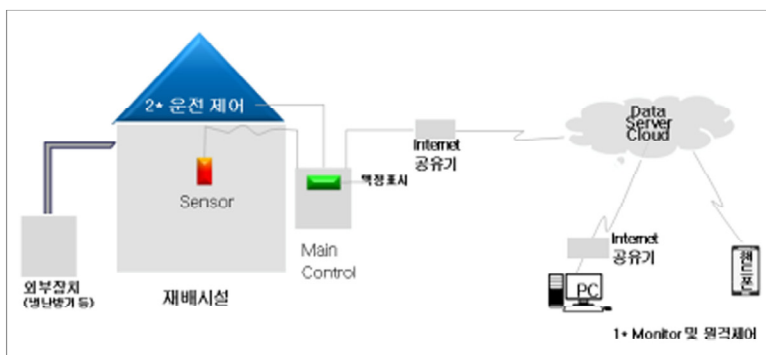


그림 2-15 버섯재배사의 스마트팜 구성도

작업의 자동화를 통한 생산성 향상효과가 클 것으로 기대된다.

그러나 느타리버섯 병재배의 경우 온도는 센서에 의한 계측값에 기준하여 이루어지고 있으나, 습도와 CO₂농도 관리는 타이머에 의한 제어가 이루어지고 있어, 재배사 내부의 환경과 버섯의 생육·품질 사이의 관계를 빅데이터를 통해 분석하여 정밀 환경관리를 도입할 필요성이 크게 요구되고 있다.

농촌진흥청에서는 버섯 스마트팜(그림 2-15)의 빠른 도입과 효율적 운영성과를 꾀하기 위해 스마트 생산관리에 적합한 느타리버섯 표준재배사 모델을 설계하여 제시하였다.

재배사의 형태는 양지붕형 재배사로 아연도금 각판(100×100×3.2t)과 아연도금 C형강(100×50×3.2t)을 구조재로 하고, 지붕은 우레탄 패널(100t)과 우레탄발포(100t)를, 벽체는 우레탄 패널(100t)과 우레탄 발포(50t)로 하여 단열성을 향상하였다. 제시한 재배사의 규격(그림 2-16)은 3종류로 바닥의 폭×길이는 각각 3.2×10.6m, 6.0×20.0m, 6.6×20.0m이며, 적설심 50cm와 풍속 40m/s에 해당되는 기상하중에 견딜 수 있도록 설계되었다.

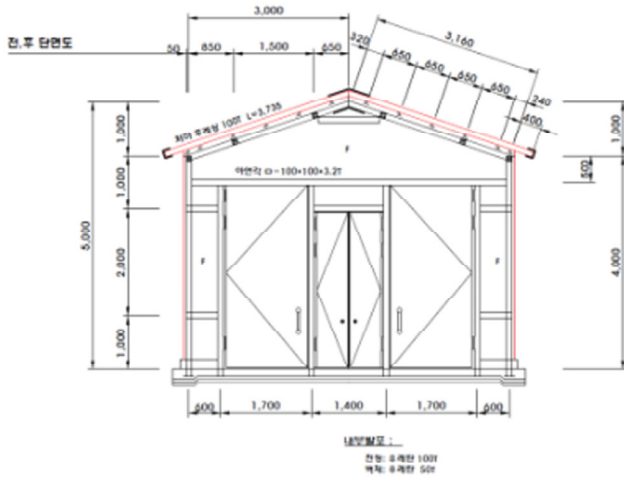


그림 2-16 표준 패널형 버섯재배사(안) 사례



(a) 메인 모니터링화면



(b) 버섯 생육정보 D/B

그림 2-17 버섯생육정보 기반 재배환경 관리시스템

또한, 농촌진흥청에서는 강원도 농업기술원과 공동연구를 통해 버섯 재배사의 환경, 생육, 생산량 등 빅데이터를 수집하고 이를 분석하여 생산성과 품질을 향상하기 위한 기술을 연구하고 있으며, 표준 느타리 버섯재배 모델 및 일반 버섯스마트팜에 적용할 수 있는 버섯생육정보 기반 재배환경 관리시스템을 개발(그림 2-17)하여 현장 적용성을 시험하고 있다(그림 2-18).

4차 산업혁명과 식량산업

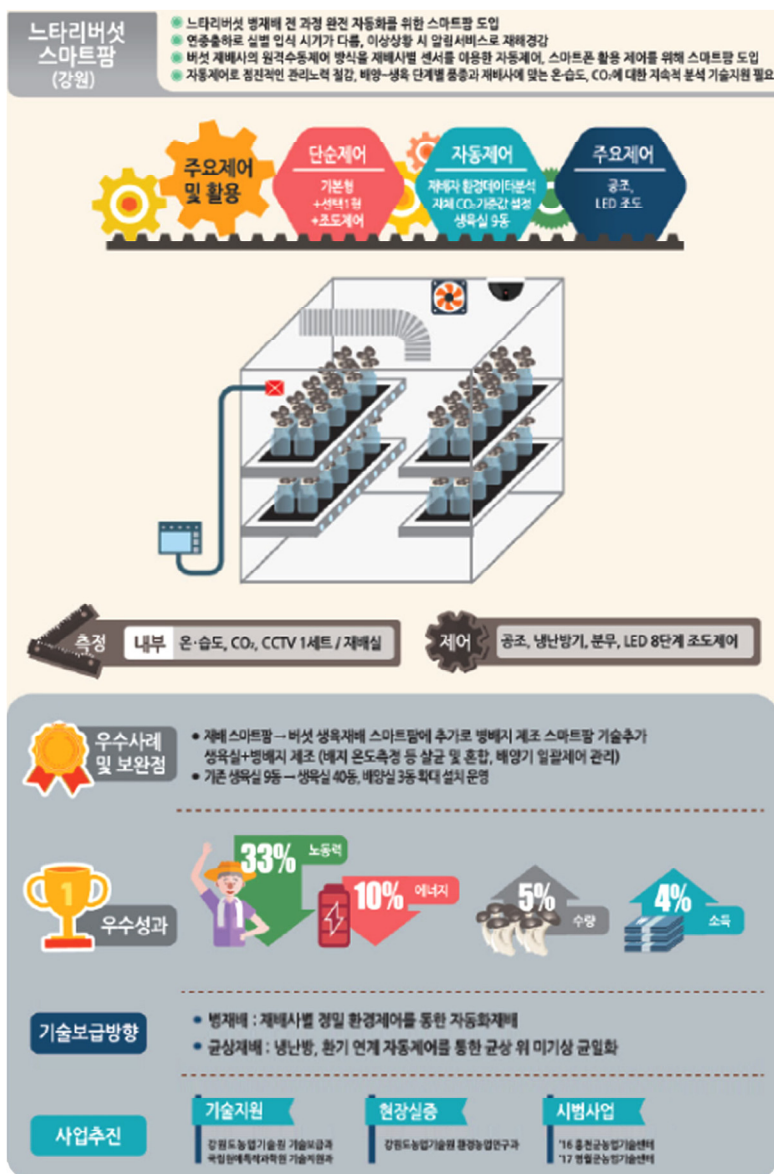


그림 2-18 한국형 스마트팜 적용 사례(느타리버섯, 강원 홍천)

2.4 노지의 스마트 정밀농업

기후변화로 인한 폭염, 가뭄, 홍수, 냉해와 같은 이상기상 현상의 빈번한 발생은 노지에서 생산되는 작물의 생산량 감소 및 품질 저하 등 농가의 경쟁력을 약화시키는 주요한 요인이 되고 있다. 또한 기후변화는 농작물의 재배력 변동성을 증가시켜 관행적·경험적 재배과리에 의한 대응을 점점 어렵게 만드는 요인이기도 하다. 이차림 시설을 이용해 외부 기상환경으로부터 보호되는 시설농업과는 달리 노지에서 작물생산은 기상변화에 따라 생산량의 변화가 심하고, 병충해 등의 수량, 품질에 미치는 요소들이 많기 때문에 시설농업과는 다른 스마트 농업에 대한 접근이 필요하다. 따라서, 빅데이터를 활용한 ‘처방식 재배 (prescriptive planting)’ 방식 등 선제적으로 기상과 토양 상태를 예측하여 농민들의 의사결정을 지원하여 정밀하게 재배하는 방식의 도입이 대표적인 노지 스마트농업 기술(그림 2-19~21)로 검토되고 있다.

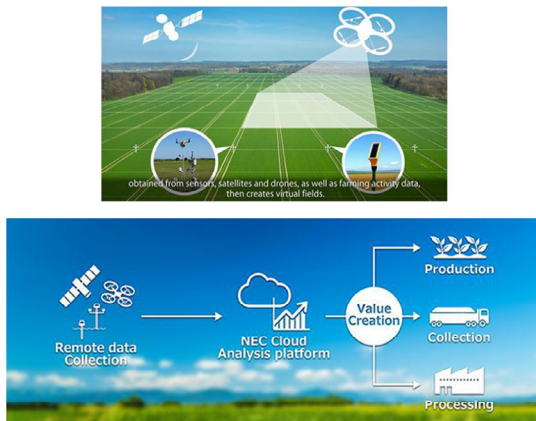


그림 2-19 일본 NEC社의 Agriculture ICT Solution¹⁰⁾

10) <http://www.nec.com/en/global/solutions/agri/index.html>

4차 산업혁명과 식량산업

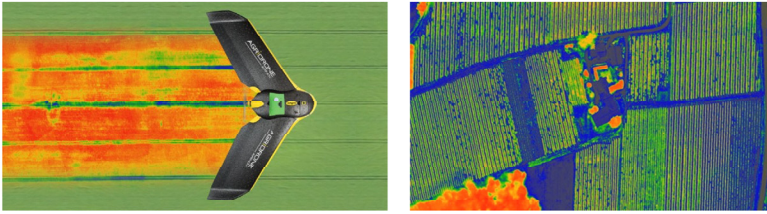


그림 2-20 프랑스 Airinov의 광학 탐지장비가 탑재된 드론을 활용한 경작지 모니터링¹¹⁾

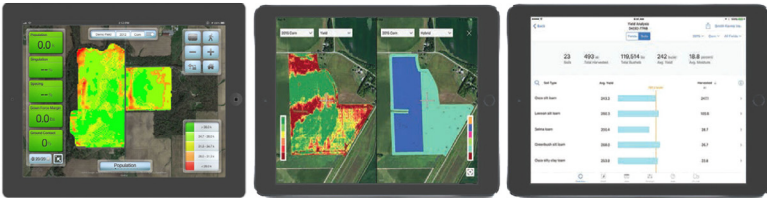


그림 2-21 미국 Monsanto의 필드스크립트(FieldScripts)¹²⁾

2.4.1 벼

벼는 우리나라 농촌의 대부분에서 재배되고 있으므로 기후변화, 시장상황 변화 등에 대응하기 위한 지역별 빅데이터를 활용한 특화된 생산 및 영농 정보서비스를 농업인 또는 농업 경영체에 제공하는 범용적인 스마트 농업 기술이 요구되고 있다. 이에 농촌진흥청에서는 ICT 기술을 접목한 양방향의 영농정보 제공을 위해서 벼 작물모형 및 기존의 영농 정보 DB를 활용하여 양방향 소통이 가능한 web기반 플랫폼을 구축하여 농업생산 현장에서 생산자에게 필요한 맞춤형 서비스를 제공하기 위한 연구를 추진하고 있다(그림 2-22). 이 프로젝트는 벼 재배관련

11) <http://www.airinov.fr/en/service/crop-damages>

12) <http://test.monsanto.com/products/pages/fieldscripts.aspx>



그림 2-22 벼 수량예측 모델링을 통한 계절예측 정보 활용성 평가 체계

지역별 DB구축과 이렇게 축적된 빅데이터를 활용한 농가단위 예측성 평가 및 영농정보 추정기술 개발, 계절예측 시나리오 및 서비스 프로그램 개발을 통해 웹기반의 벼 영농정보 및 수량 조기에측 등 신뢰성 있는 영농정보 지원을 위한 종합서비스 체계를 구축하는 것을 목표로 하고 있다.

또한 합리적 농경지 관리 정책수립 및 영농관리 의사결정 지원을 위해 위성·항공 영상 등 원격탐사(RS)와 GIS 기술을 활용한 농작물 생육이상·수량 등 작황을 추정하는 기술을 더욱 고도화하기 위한



그림 2-23 무인드론 방제와 관행 방제



(a) 자율주행 트랙터

(b) 무인 이앙기

(c) 벼농사용 제초로봇

그림 2-24 벼농사용 무인농기계 및 제초로봇

연구도 추진 중이다. 자율주행 농기계와 제초로봇의 개발과 현장실증(그림 2-24)을 통한 실용화에도 박차를 가하고 있으며, 무인항공기를 이용한 직파기술, 무인헬기·드론을 이용한 방제기술 또한 실용화를 위한 실증연구와 시범보급을 추진하고 있다(그림 2-23).

2.4.2 발작물

우리나라에서 발작물, 그 중에서도 발재배 식량작물은 스마트 정밀농업 기술개발 및 연구가 가장 미흡한 분야이다. 여기에는 여러 가지 원인이 있겠으나 가장 큰 요인은 논과 달리 밭은 대부분 경지정리가 되어 있지 않거나 규모가 적고, 경사지가 많으며, 재배품목이 다양하여 기계화 및 자동화 재배기술의 적용이 어렵기 때문인 것으로 판단된다. 현재 발작물의 생산성 향상을 위해 밭농업 기계화를 향상, 밭기반 정비 등의 관련 정책을 비중있게 추진하고 있지만 아직까지 ICT를 활용한 기술은 일부 작물의 병충해 예찰 및 관수 정도에 그치고 있다. 밭 식량작물의 스마트 정밀농업 기술(그림 2-26)은 세계적인 식량주도권을 가진 선진국을 중심으로 진행되고 있는데 특히, 미국은 800m급 전자기후도(그림 2-25) 등을 제작하여 밀, 옥수수, 콩 등의 식량작물을 대상으로 정보를 제공하고 있으며 관련 분야 세계 최고 수준으로 기술을 주도하고 있다.

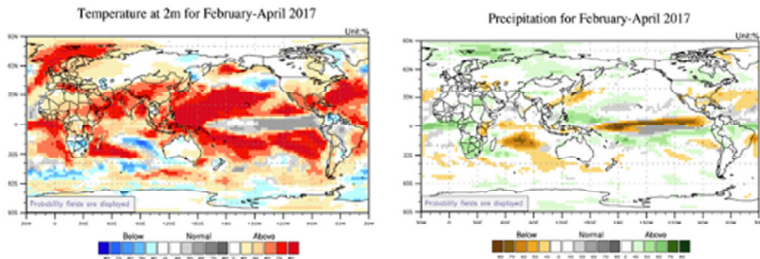


그림 2-25 전자기후도-계절예측 시나리오(APEC 기후센터)

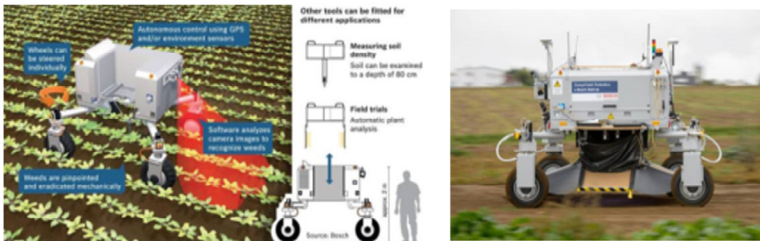


그림 2-26 위성측위시스템(GNSS) 기반 자동토양분석로봇(독일 BOSCH사)

2.4.3 노지 채소

노지 식량작물 분야와 마찬가지로 노지 채소생산에 있어서도 ICT 기술 개발과 적용은 농업 선진국에 비해 많이 뒤떨어진 것이 현실이지만, 마늘·배추·고추·무·양파 등 5대 채소를 중심으로 최근 스마트 정밀농업 기술의 도입에 대한 관심이 정책과 기술개발 모두 높아지고 있다. 특히, 마늘과 배추는 기후·토양을 고려한 주산지별 생산량 예측 모델 개발과 광학적 측정을 통한 작물수분스트레스지수(CWSI)를 활용한 정밀관수관리 기술 등에 대한 연구를 시작하였고,¹³⁾ 5대 채소의

13) ICT기반 노지 배추, 마늘의 생육모니터링 및 생육모델, 정밀관수 기술개발(2017~2021, 농촌진흥청)

주산지를 중심으로 ICT 적용 스마트팜 모델의 현장 적용성 평가를 위한 시범사업을 시작하였다.¹⁴⁾ 특히, 고랭지 배추는 센서 계측정보를 활용한 정밀 양수분관리 기술 개발과 함께 노지채소 분야 ICT 적용 기술의 평가 및 실증연구를 위한 테스트베드 구축을 추진하고 있다.¹⁵⁾

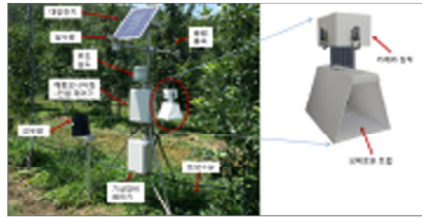
2.4.4 노지 과수

노지 식량작물 및 노지 채소와 유사하게 노지 과수 또한 기후변화 및 외부기상의 영향을 많이 받는 생산 환경을 가지고 있으므로 스마트팜 적용 기술은 유사하다고 볼 수 있다. 국내에서는 대표적 과수 품목인 사과를 중심으로 ICT 기술을 활용한 스마트 정밀농업의 적용이 추진되고 있다. 현재 국내에서 개발 중인 노지과수의 ICT 활용 기술들을 보면, 영상분석을 통한 수분스트레스 분석과 이를 활용한 정밀관수기술, 개화기 등의 냉해 피해를 최소화하기 위한 지역단위 단기 기상예측 모델 활용 방상판(서리피해를 막기 위해 사용하는 대류판) 등의 활용기술, ICT 해충트랩을 활용한 해충발생 모니터링과 예찰·방제 기술, 과수원 제초로봇, 농기계 및 로봇 작업이 용이한 미래형 과수원 설계, 과수 종합정보서비스 시스템 구축 등 노지 스마트팜 분야에서는 가장 활발한 기술개발과 현장적용이 수행되고 있다(그림 2-27).

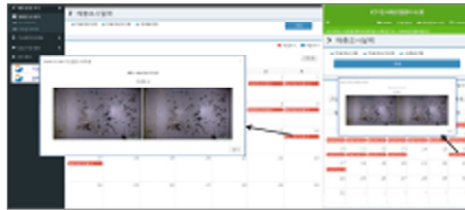
세계적으로 과수의 병해충 발생예찰과 관련된 다양한 기술들이 개발·활용되고 있는데, 국내에서도 성페로몬을 이용한 ICT 트랩을 이용하여 나방류를 포획하고 이미지를 촬영, 서버로 전송하여 서버에서 나방류 개체수를 확인하는 방식을 세계 최초로 구현하여 전국의 과수농가에 보급하고 있다. 또한, 나방류 해충모니터링 시스템과 웹·스마트

14) 노지채소작물 스마트팜모델개발사업(2018~2019)

15) 고랭지배추 스마트 정밀농업기술 개발 및 테스트베드 구축(2018~2020, 농촌진흥청)



(a) 무인해충 모니터링시스템



(b) 과수종합정보 시스템

그림 2-27 ICT 트랩 활용 무인해충 모니터링시스템(a)과 과수종합정보 시스템(b)

폰 기반의 과수 종합정보 제공시스템을 개발¹⁶⁾하여 농가 보급을 시작하였다. 이 과수 종합정보시스템은 스마트폰 및 웹(인터넷)과의 연동 기술을 이용하여 사용자의 편의성을 향상하고, 과수 농가에서 해충 발생 관련 정보를 상시 확인 가능하게 함으로써 예방적 방제의사결정에 도움을 주고 있다.

2.5 다목적 스마트팜

2.5.1 식물공장

식물공장은 넓은 의미에서 스마트 온실의 범위에 포함된다고 말할 수 있으나, 일반적인 스마트 온실보다는 더 자동화·로봇화가 진전되고

16) ICT기반의 사과작물 해충 및 생육정밀관리기술 개발(2014~2016, 농촌진흥청)

LED 등 인공광을 이용한 첨단 식물생산 플랜트로서 수출산업으로 다시 주목을 받고 있는 분야이다. 한동안 국내에서도 식물공장에 대한 연구와 기업의 투자가 증가하였으나 높은 시설투자 비용을 회수하기 어려운 농업생산의 여건으로 인해 연구용 이외에는 더 이상 확산되지 않는 상황이었다. 그러나 ICT와 4차 산업혁명 기술과의 융복합을 통한 스마트팜이 농업의 새로운 패러다임으로 등장함에 따라 농업생산에 첨단기술과의 융복합을 가정 진진시켜 왔던 식물공장에 대한 관심도 다시 증가하고 있는 추세이다. 도심 한가운데의 빌딩농장, 남극 세종기지의 컨테이너형 식물공장, 면적의 활용을 극대화한 수직형 식물공장, 병원의 환자식 및 맞춤형 건강식단 제공을 위한 폐쇄형 식물공장 등은 식물공장의 목적이 다양해지고, 그 사업의 범위와 시장이 향후 더욱 확장될 것을 보여주는 신호로 볼 수 있다(그림 2-28). 따라서, 미래의



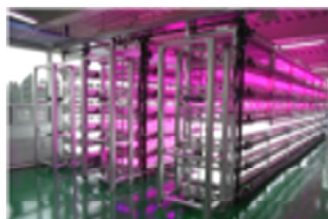
(a) 컨테이너형(남극)



(b) 3단 수평형



(c) 수직형



(d) 빌딩형

그림 2-28 식물공장의 다양한 유형

식물공장은 단순히 농업생산시설의 범위를 넘어서 다양한 용도와 목적의 스마트팜으로 발전할 것으로 기대된다.

2.5.2 아쿠아팜

아쿠아팜이란 온실 또는 건물 내에서 수경재배를 통한 식물재배와 어류 등의 수산양식을 결합한 생산시스템을 일컫는 말로, 국내에서도 최근 몇몇 기업에서 생산 및 보급을 추진하고 있다. 아쿠아팜은 농업의 6차산업화를 통한 부가가치 창출과 도시농업, 순환형 미래농업의 측면에서 최근 주목을 받고 있는 분야이다. 아직까지 대규모 농장으로써 상업화에 성공한 것으로 평가하기에는 다소 이른 감이 있지만 향후 식물공장과 스마트팜의 새로운 방식으로써 주목해 볼만한 분야로 기대된다.

아쿠아팜에서는 식물재배에 사용된 물을 이용하여 물고기를 키우고, 그 물을 다시 순환하여 식물재배에 사용하므로 물과 양분의 외부배출이 없는 순환식 생산시스템을 사용한다(그림 2-29). 온실에서는 자연광을 이용하지만, 일반 건물에서는 인공광을 이용하여 식물을 재배할 수 있다. 실제로 충북에서 아쿠아팜을 경영하는 한 기업의 경우에는 유리

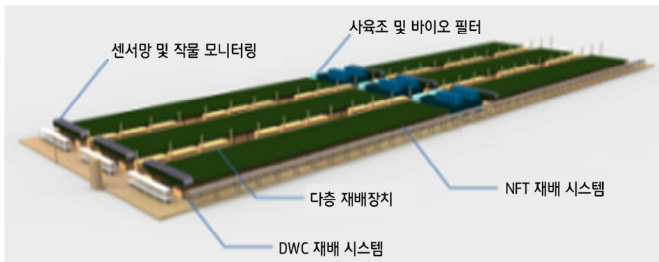


그림 2-29 아쿠아팜의 생산시스템 구성도 사례¹⁷⁾

17) <http://www.mannacea.com>

온실 내부에 2단의 재배베드를 설치하여 1단(아래)에서는 인공광을 이용한 육묘를, 2단(위)에서는 자연광을 이용한 채소재배를 하고 있으며, 바닥에 담수조를 설치하여 불고기를 양식하는데 여기서 발생하는 유기물을 배양액으로 다시 순환하여 식물재배에 활용하는 시스템을 약 2ha 규모로 운영하고 있다. 이 모든 과정은 이 기업이 독자적으로 개발한 ICT 기술을 활용한 스마트팜으로써 운영되고 있다. 이 업체는 회원제 고객운영을 통해 농장체험 및 직거래, 전자상거래, 농수산식품 유통 등 단순한 농업 생산·판매가 아닌 다양한 비즈니스 전략을 통해 의미있는 수준의 매출과 영업실적을 거두고 있으며 향후 아쿠아팜 플랜트의 해외수출 계획 등 성장이 기대되고 있다.

2.6 스마트팜 최신 기술동향과 미래전망

우리나라는 저출산, 고령화의 심화로 총인구는 2030년, 생산 가능 인구는 2018년을 정점으로 감소할 것으로 전망되고 있으며, 농가인구 또는 2030년 169만 명으로 2015년의 260만 명 대비 35%가 감소할 것으로 전망된다.¹⁸⁾

아울러 IT기술 및 소셜 네트워크의 발달로 다양한 네트워크 연결을 통해 공유경제 소비패턴과 소비자의 편의성·다양성이 증가하며, 개인별 맞춤형 건강식품의 선호도가 증가할 것으로 전망된다. 또한, IT 및 융복합 기술의 발전으로 농촌도 선진화되고 효율적인 농산업 생산이 가능한 환경으로 변화될 것이다.

이에 농업 선진국들은 환경을 보전하면서 수확량을 늘리고 고품질 농산물을 안정적으로 생산할 수 있는 ICT 등 첨단기술과의 융복합을 통한 정밀농업기술을 중심으로 스마트팜을 상업화 및 실용화하는데

18) 인구동향조사(2015, 통계청)

주력하고 있다.

그 중에서도 특히 주목할 만한 기술은 무선인터넷을 이용한 실시간 정보의 전달, 클라우드와 인공지능을 활용한 빅데이터 분석 및 의사결정지원, 사물인터넷과 인공지능을 이용한 무인 로봇자동화 기술 등이다. 이러한 첨단기술과의 융복합은 농업의 생산성·품질 향상뿐만 아니라 농업인의 삶의 질 향상과 농식품의 소비자인 모든 국민의 건강·안전 등 성장과 복지를 동시에 충족하는 혁신성장의 중요한 축이 될 것이다.

이러한 관점에서 스마트팜은 정부가 추진하고자 하는 농업의 글로벌 경쟁력 강화, 신성장 동력 창출, 안정적 식량공급, 국민행복 제고 등 4대 중점목표를 달성하는데 가장 중요한 역할을 담당할 것으로 전망된다.

3.1 들어가는 말

최근 농가 인구의 감소로 농기계는 대형화되고 편리한 기계에 대한 요구도가 높아지고 있다. 특히 산업분야에서 다양하고 우수한 성능을 가진 센서와 액추에이터가 개발되면서 농업분야에 자동화 기술에 그 활용성이 증대하고 있으며 이를 통하여 생산성을 높이고 노동력 투입을 줄이는 스마트 농업으로 빠르게 전개되고 있다. 그의 예로 농업 생산과 가공, 유통 등의 과정에서 환경을 인식(Perception)하고 스스로 상황을 판단(Cognition)하여 파종, 방제, 수확, 선별 등 다양한 작업을 수행하는 농업용 로봇은 1960년대부터 전자, 기계, 컴퓨터 등의 비약적 발전과 함께 연구 개발이 활발히 진행되고 있으며, 최근에는 자동차 내비게이션과 같은 모니터를 이용하여 운전자에게 주행 안내선을 보면서 주행할 수 있게 하여 운전을 보조하거나 작업자가 주행선을 설정하면 자동 제어 원리에 의하여 농기계가 위치를 인식하면서 목표 지점에 도달하기 위하여 스스로 조향행동을 조종하면서 스스로 주행하는 자율주행 농기계 기술이 실용화 되기에 이르렀다.

그림 3-1은 지능형 융복합 기술을 기반으로 한 농용로봇 시스템의 개념도를 나타내는 데 주행하면서 위치를 인식하여 주어진 경로를

1) 서울대학교 바이오시스템·소재학부, 서울 관악구 관악로 1, kimhj69@snu.ac.kr

4차 산업혁명과 식량산업



그림 3-1 지능형 융복합 기반 농업용 로봇기술의 개념도

자율주행하면서 파종, 파종 등의 농자재를 원하는 곳에 원하는 양으로 투입하는 정밀 변량작업과 작물의 수확물을 선택적으로 인식하여 수확하는 기술을 포함한다.²⁾ 또한, 축산에는 가축의 먹이를 자동으로 공급하거나 축사 환경을 깨끗하게 하는 청소나 배설물 처리, 착유를 위한 로봇기술 등이 활발하게 적용되고 있다.

드론은 수벌이 날아다니며 ‘윙윙’거리는 소리를 착안하여 명명된 무인항공기(unmanned aerial vehicle, UAV)의 이름 중 하나이다. 유인항공기와 달리 무인항공기는 조종사가 탑승하지 않고 자동 또는 원격으로 조종되는 비행체로 정의된다. 최근 드론 기술은 세계에서 큰 이슈로 주목받고 있으며, 2014년 MIT 기술 보고에서도 획기적인 기술 10선 중 하나로 선정 되었다.³⁾ 초기 미국에서 군사 목적으로 개발된 드론은 1980년대 초부터 상업적으로 사용되기 시작한 이후 기술 발달에 따른

2) 한국산업기술진흥원, 산업기술로드맵(2012)

3) 김성환, 이진희, 유기호, 농업활용 드론 기술동향 및 과제, 제이로봇시스템학회지, 22(3): 34-42(2016)

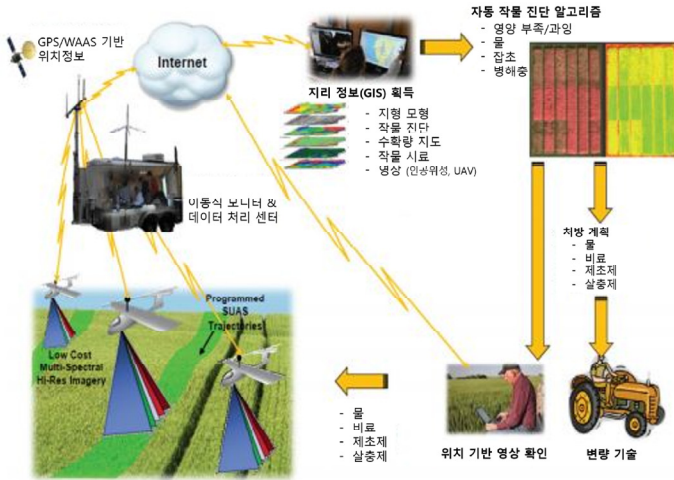


그림 3-2 드론을 이용한 작물생육 측정과 정밀농업 활용의 개념

가격 하락과 오픈소스를 통해 민간 및 산업 시장으로 빠르게 확장되고 있으며, 세계적으로 드론 시장은 고부가 가치 산업으로 2014년 64억 달러에서 2023년 114억 달러 규모로 성장할 것으로 미국 방위산업 컨설팅 업체인 틸 그룹(Teal Group)은 예측하고 있다. 관련된 연구개발은 새로운 개념의 비행체 연구개발은 물론 RGB 또는 열화상 카메라 등 광학장비를 탑재하여 모니터링을 포함한 다양한 임무를 수행하는 데 집중하고 있다. 농업에 활용되는 주요 예로는 파종 또는 농약살포 등의 농작업 수행과 영상센서를 탑재하여 농작물의 생육정보를 수집이다. 특히, 수집된 영상정보는 그림 3-2와 같이 수확량을 예측하거나 토양과 작물의 영양 상태와 비교하여 농약, 비료, 물 등의 농자재를 변량 투입함에 따른 효과를 관찰하고 효율적 재배관리 기술개발에 활용되는 정밀농업(Precision Agriculture)의 요소기술로 활용될 수 있다.⁴⁾

4) Boeing, Using UAVs to Enhance the Quality of Precision Agriculture, <http://www.nwuav.com>(2013)

본 장에서는 농업에 적용되는 로봇과 드론의 활용의 이해를 높이고자 먼저, 농업용 로봇기술의 구조와 주요 특징, 개발사례를 소개하고, 최근 활발히 보급되고 있는 자율주행 농기계 기술에 대한 수요 원리와 기술적 전개방향을 다루고자 한다. 다음으로 드론의 비행원리를 포함한 관련 기술의 이해와 농업 적용의 최근 사례와 함께 최종적으로는 4차 산업혁명에 따른 미래 변화에 대응한 로봇과 드론의 농업공학기술의 전개와 전망을 진단하고자 한다.

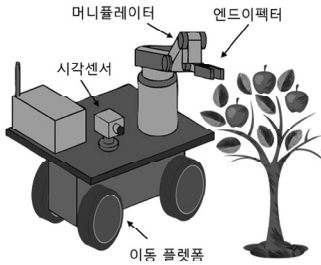
3.2 농업용 자율주행 로봇

3.2.1 농업용 로봇의 정의와 주요 특징

농업용 로봇은 농업 생산과 가공, 유통, 소비의 전과정에서 스스로 서비스 환경을 인식(Perception) 하고, 상황을 판단(Cognition)하여 자율적인 동작(Mobility & Manipulation)을 통해 지능화된 작업이나 서비스를 제공하는 기계를 일컫는다. 그림 3-3에 나타난 바와 같이 농업용 로봇은 다양한 형태로 적용되는데, 예를 들면, 정치식 자동 접목 또는 육묘장치, 자율주행 운반차, 작물생육관찰 로봇, 착유로봇, 방제로봇, 자율주행 중경제초기, 작물관리 로봇 등 센서를 이용하여 작물, 동물



그림 3-3 농용로봇의 예



(a) 개념도



(b) 로봇시작기(BoniRob, 독일)

그림 3-4 일반적 농용로봇의 구조

등을 인식판단하고 기계장치를 작동하거나 종자, 비료, 농약 등 농자재 투입을 정밀하게 조절하는 기능을 포함한다.⁵⁾

농용로봇의 일반적 구성품은 그림 3-4에 나타난 바와 같이 대상체인 동식물과 주변 환경을 인식하는데 필요한 영상 센서, 목표물에 도달하기 위해 작동하는 매니플레이터(manipulator)와 충격 없이 대상체를 다루는 엔드이펙터(end effector) 또는 그리퍼(gripper), 이동을 위해 필요한 구동플랫폼(driving platform), 센서(sensor) 정보를 기반으로 유압, 전기장치 등으로 구성된 여러 개의 액추에이터(actuator)의 작동을 적절하게 조절하는 제어기(controller)로 이루어진다. 매니플레이터의 기본 구조는 대상 물체 또는 생물의 형태, 위치, 접근 경로에 따라 결정된다. 대상체의 인식은 대부분 컬러 카메라를 이용하는 기계시각 기술로 이루어지는데 작물과 과수와 같은 대상체를 효율적으로 인식하기 위해서는 주변의 잎과 토양 등 간섭 물체에서 선택적으로 분리하고 대상체의 3차원 위치를 정확하게 알아내기 위한 스테레오 카메라 또는 3차원 레이저센서 등 고급의 영상센서 기술과 영상 처리 기술이 필요하다.

5) 김대중, 미래농업을 말한다, 전라북도 농업용 로봇의 미래, Issue&Tech, 전북테크노파크 (2015)

4차 산업혁명과 식량산업

농업에 적용되는 로봇은 일반 산업로봇과 비교 하여 주변 환경이 하나로 규정하기 어려운 비정형성을 가지고 있고 대상체의 물성은 비탄성체이며 위치도 규격화하기 어려운 조건이 있기 때문에 핵심기술로 수변환경 인식기반 자율조향 안전주행 기술, 구동체 및 기구부의 고급 제어기술, 제조, 수확로봇에 필요한 정밀 농작업 기술 등을 들 수 있다.

농용로봇이 일반 산업로봇과 다른 특징은 표 3-1에 나타난 바와 같이 대부분 작업대상체의 규격화가 되어 있지 않으며 채소와 과수의 묘목을 접목하는 로봇 등 일부분을 제외하고는 농약을 뿌리고 과수를 수확하고, 생육을 관찰하는 등 이동기능을 요구하는 것이 대부분이다. 또한, 주행 노면의 경우 노지에 적용될 경우 일반 산업로봇에 비해 불규칙하고 경사지에 적용이 많이 되고 있으며 계절에 따라 활용의 빈도가 변화는

표 3-1 산업용 로봇과 농용로봇 비교⁶⁾

비교 항목	산업용 로봇	농용 로봇
작업대상의 균일성	균일	불균일
작업대상의 규격화 가능성	가능	불가능
작업대상에 따른 로봇 재배치	가능	대부분 불가능
이동기능의 필요성	거의 불필요함	대부분 필요함
환경제어의 용이성	용이	곤란
주행노면	대부분 포장된 평탄지	불규칙한 노면, 경사지
사용자의 자본정도	대자본	소자본
연간 가동일수	연중 사용가능	계절적 작업성
전담 오퍼레이터	배치가능	배치불가능
안전을 위한 금지구역 설정	설정가능	설정곤란

6) 박현섭, 김상철, 농업로봇 기술동향과 산업전망. KEIT PD Report, 한국산업기술평가원 (2015)

특징과 비교적 저속이면서 사람이 없는 곳에서 활용이 되기 때문에 상대적으로 안전에 대한 규정이 약한 경우가 대부분이다.

3.2.2 자율주행 농기계 기술의 원리 및 발전단계

농용로봇의 기술이 실용화된 사례는 자율주행 트랙터로서 위치와 방향가 정보를 제공하는 지구측위시스템인 GPS(Global Positioning System)와 관성 센서(IMU, Inertial Measurement Unit)를 이용하여 주어진 경로를 따라서 경운 및 정지 작업, 퇴비살포, 비료살포 등의 농작업을 수행하는 특징을 가지고 있다. 이러한, 자율주행 농기계 기술은 그림 3-5(좌)와 같이 자동차 내비게이션과 같은 모니터를 이용하여 운전자에게 주행 안내선을 보면서 주행할 수 있게 하여 운전을 보조하는 기능을 제공하는 반자동 기술과 그림 3-5(우)와 같이 작업자가 작업경로를 설정하면 농기계가 위치와 방향각을 인식하면서 목표 지점에 도달하기 위하여 자동 제어가 원리에 의하여 조향핸들을 틀면서 자율주행 하는 자동 주행기술로 나눌 수 있다. 자율주행 기술을 이용하여 작업자는 포장에서 일정한 선을 따라 겹치지 않고 반복적으로 주행을 할 수 있기 때문에 운전 편의성이 높아지고 종자, 비료, 농약 등을 필요한

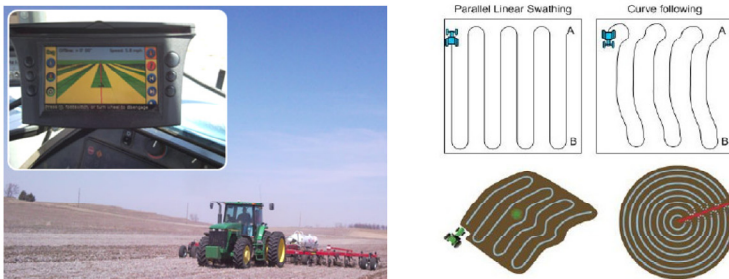


그림 3-5 농기계의 주행 안내장치(좌)와 자율주행을 위해 생성된 작업경로(우)

곳에 적정량을 정확하게 투입할 수 있게 되어 생산성을 최대화하고 환경에 영향을 최소화하는 정밀농업을 실현할 수 있게끔 한다. 결국, 자율주행 농기계 기술의 가장 큰 장점은 작업 경로를 일정 쪽으로 겹치지 않고 스스로 주행하면서 작업이 가능하기 때문에 운전자의 판단에 따라 작업을 수행하는 관행 농작업에 비해 피로도를 낮추면서 작업성능도 높일 수 있다는 것이다.

자율주행 농기계의 기본 구성 요소는 그림 3-6에 나타난 바와 같이 절대 위치와 자세정보를 얻는 데 필요한 GPS 및 관성센서와 함께 조향핸들의 각도를 측정하는 각도센서를 포함한 센서 조합, 포장 내 작업경로를 경로점(Waypoint) 형태로 생성하는 경로생성 알고리즘과 현재위치와 목표위치의 차이를 이용 조향바퀴의 방향각을 계산하는 경로탐색 알고리즘 등의 소프트웨어, 이를 컴퓨터 내에 탑재하여 두뇌 역할을 하는 주행 안내 및 제어장치로 구성된다. 각 액추에이터와 작업기, 본체 등의 분산제어 전자제어장치(ECU, Electronic Control



그림 3-6 자율주행 농기계의 구성요소

Unit)간에 메시지(Message) 형태의 통신을 수행하면서 주행속도, 방향 각, 작업기의 구동 역할을 담당하는 하위(low level) 제어기도 추가적으로 구성된다. 그 외 조향장치를 작동하는데 필요한 조향 ECU가 있으며 조향핸들의 각도를 직접 제어하는 방식과 조향실린더에 입력되는 스톱 내의 유량을 제어하는 조향 액추에이터 시스템도 포함된다. 화상 상위(high level) 제어기는 작업 상황에 대한 정보를 제공하고, 위치별 속성정보를 저장할 수 있게 하여 정밀농업을 위한 이력정보를 활용할 수 있도록 되어 있다. 이러한 자율주행 농기계의 경로추종 성능은 어떤 위치정확도를 가진 GPS를 사용하느냐에 의해 결정이 된다. 즉, 자율주행 농기계의 추종 성능은 GPS의 위치 정확도에 크게 영향을 받으며 완전한 무인 농기계 기술로 발전하기 위해서는 다양한 센서 퓨전기술을 이용하여 안정적인 위치 및 방향각 측정과 주변 환경 변화에 대응하는 적응 제어성능을 확보해야 한다.

그림 3-7은 자율주행 농기계의 작동원리를 소프트웨어 부분과 하드웨어 부분으로 구별하여 나타낸 것으로 경로생성 알고리즘을 이용하여 목표 위치가 결정이 되면 위치 센서인 GPS를 이용하여 측정된 위치 값과 비교하게 되고 경로안내 제어기를 이용하여 조향 핸들의 각도값을

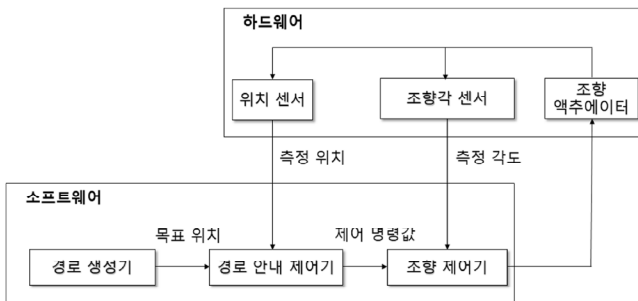


그림 3-7 자율주행 농기계의 작동원리

조향 제어기에 전달하게 된다. 조향제어기는 목표 조향각과 유압밸브와 같은 조향 액추에이터에 의해 작동하여 얻어진 조향각과 비교하여 그 차이만큼을 조향 액추에이터에 반영 복표 조향각을 추종하도록 한다.⁷⁾ 이러한 원리는 실내에 에어컨 또는 히터를 제어기를 이용하여 온도를 조절하는 자동제어 개념과 유사한 개념이다.

이러한 자율주행 농기계 기술이 시장에 제품으로 처음 등장하게 된 것은 1990년대로서 과거 군사적 목적으로 사용되었던 GPS 기술이 민간으로 사용하게 되는 시점부터 가능하게 되었다. 초기의 제품은 그림 3-8에 나타난 바와 같이 트랙터 주행안내기의 제품으로서 존디어(John Deere)사의 경우 Greenstar Lightbar를 출시하였는데 LED 불빛의 좌우 켜짐 정도에 따라 운전자가 주어진 경로를 따라 제대로 가고 있는 지를



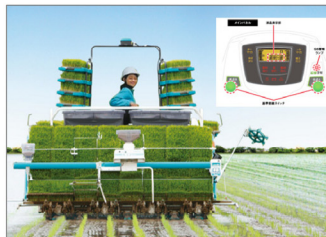
(a) Lightbar 주행안내기



(b) Topcon 자동조향 시스템



(c) John Deere 자율주행 트랙터



(d) Kubota 자율주행 이앙기

그림 3-8 자율주행 농기계 제품 사례

7) Edan, et al., Automation in Agriculture, Springer Handbook of Automation(2009)

알려줌으로써 비료, 농약살포 작업 시 중첩 살포되는 문제를 최소화하는데 효과적으로 사용되었다. 일본의 탑콘(Topcon) S300 또는 미국의 트림블(Trimble)사의 Ez-Steer 자동 소향키트는 기존 트랙터 소향핸들에 전기모터가 내장된 조향시스템을 바꾸어 달고 GPS 수신기를 설치하여 LCD 패널 콘솔형태의 제어를 이용 경로를 설정하고 자동운전이 가능하도록 하여 운전자의 조작 없이도 중첩 없이 원하는 경로를 따라가는 기술을 구현하였다. 일본의 구보다(Kubota)사의 경우는 버의 모를 무논에 심는 자율주행 이앙기를 개발하여 운전자의 핸들조작 없이도 직진 주행이 가능하게 하고 운전자는 모판을 보충하거나 부족한 비료를 통해 공급하도록 하여 작업 성능을 높이고 인력투입을 최소화하는 장점을 가지고 있다. 운전자 없이 무인 자율작업을 수행하기 위해서는 작업 상태를 모니터링하고 주어진 명령에 따라 자동으로 제어하는 마이크로 컴퓨터 형태의 통합 단말기가 필요하며 이에 Topcon, Raven, Trimble 사 등 여러 GPS 솔루션업체에서는 관련 통합 콘솔을 제품화하여 트랙터와 베일러 등에 장착되어 파종, 경운, 베일링 등에 활용되고 있다.

표 3-2 자율주행 트랙터의 발전단계(IDTech, 영국)

	유인 트랙터	트랙터 주행 안내기	유인 자율주행 트랙터	군집주행 트랙터	무인 자율주행 트랙터
핵심 기술	운전자의 판단	SF1, SF2급 GPS	RTK-GPS	RTK-GPS + 무선통신	RTK-GPS + 영상센서(Lidar, 카메라 등)
기술 단계	관행기술	시장성숙	시장성장	시작기 개발 및 기술보급	연구개발 단계
개발 주체	트랙터 회사	Trimble, Topcon, Outback, Kubota	John Deere, Trimble, Topcon, Outback	Yanmar, AgCO, John Deere	동양물산, 구보다

자율주행 농기계 기술의 시기별 발전은 표 3-2에 나타난 바와 같이 미국의 인공위상기반 지구측위시스템인 GPS가 가지는 위치정확도 성능 발전에 비례하여 진행되어 왔다. 특히, 1995년에 GPS가 민간용으로 사용할 수 있게 되고 2000년에는 일부 허가받은 기관만 사용할 수 있도록 한 선택적 이용(Selective Availability) 보안코드 기능이 해제되면서 과거 100m 수준의 위치 오차가 10m 이내로 줄어들게 되면서 상업적 활용성이 높아지게 된 것이 큰 전환점이 되었다. 이후 GPS 신호보정 기술은 고정기지국 정보를 이용하여 인공위성의 측정오차를 보정하는 DGPS(Differential GPS)나 측정오차 정보를 별도의 위성을 통하여 보정하는 SBAS 기술 등이 개발됨으로써 위치정확도는 30cm 이내의 오차까지 낮아지게 되었다. 이러한 오차수준은 경운, 방제 등의 농작업에 허용되는 오차범위였기 때문에 주행안내기를 이용하여 운전자에게 알려주는 시스템의 보급을 촉진하게 되었다. 자동운전에 필요한 오차범위 2~3cm 이내의 성능은 고정 기지국을 농작업 포장에 근접하여 직접 설치하여 측정오차 값을 실시간으로 보정하는 RTK(Real time kinematic)-GPS나 핸드폰을 이용하여 위치보정값을 실시간으로 수신하는 VRS-GPS 서비스가 가동되면서 본격적으로 가능하게 되었다. 이후 최근에는 그림 3-9에 나타난 바와 같이 Master-Slave 또는 Follow-me 기술을 기반으로 한 군집주행 농기계시스템 시작기 개발되고 IoT 무선 통신 기술을 적용하여 기계간 자동 연동(Synchronization) 기능이 제공되는 제품이 출시되고 있다. 가령, 콤바인을 이용 작물을 수확하면서 뒤따르는 트레일러가 곡물 수집을 위해 일정 거리를 유지하면서 자동으로 추종하는 기술이 개발되고 있다. 이와 함께 작업자가 탑승하지 않고 주어진 경로를 주행하면서 작업을 수행하는 무인 자율트랙터는 일본과 미국은 물론 한국에서도 트랙터에 RTK-GPS와 각종센서, 제어기 등을 탑재하여 포장 내에서 자동선회를 포함하여 농작업을 수행



(a) Master-slave 군집주행 기술



(b) Follow-me 농기계 연동기술



(c) 무인 자율주행 트랙터(한국)



(d) 습전용 무인 자율주행 트랙터(일본)

그림 3-9 자율주행 농기계 기술의 발전사례

하는 자율주행 트랙터를 개발하여 상용화 전 단계 기술까지 완료한 상태이다.⁸⁾

3.2.3 농용로봇의 기술전개와 적용 사례

앞선 절에서 설명한 농용로봇의 한 종류인 자율주행 농기계의 경우는 기본 플랫폼이 트랙터, 콤바인, 이앙기 등 기존 농기계에 GPS와 다양한 센서를 장착하고 모터, 유압밸브 등의 액추에이터를 추가하여 경운, 방제, 수확 등의 농작업에 활용되는 방식이다. 이외에도 농용 로봇기술은 식물체의 줄기를 자르고 접합하는 점목로봇, 일반 농기계에 비해 크기가 작으면서 전기 동력원을 갖는 소형 플랫폼에 토양 및 식물

8) IDTech, Agricultural Robots and Drones 2016-2026(2016)

시료의 채취를 하거나 잡초 및 병해충 검출 및 제거 등 스카웃(Scout)과 관리작업 기능을 수행하는 소형 모바일 로봇, 사과, 토마토, 딸기 등의 채소와 과수를 영상센서를 이용 찾아내고 매니플레이터와 엔드이펙터를 이용하는 수확 로봇 등이 활발하게 연구 개발되고 있다.

(1) 접목(Grafting) 로봇

접목(접붙이기)은 서로 다른 두 개의 식물을 인위적으로 만든 대목과 접수 절단면을 따라 이어서 하나의 개체로 만드는 재배 기술로서 접목로봇은 적절한 위치에서 묘를 절단하고 정밀하게 그 대목과 접수를 접합하는 것을 수행한다. 이를 위해서는 묘목을 회전판으로 이용, 자를 때 그리퍼를 이용 정밀하게 묘를 고정하여야 하고 대목과 접수가 잘 접합되도록 묘대의 중심에 똑바른 각도를 유지하면서 접할 수 있도록 하는 고정밀 제어기술이 필요하다. 현재 개발 보급되고 있는 제품화된 접목로봇은 그림 3-10과 같이 국내 (주)헬퍼로보틱 사의 정치식 과채류 접목로봇 시스템으로 묘와 집게 공급부, 트레이, 절단기, 접합부, 매니플레이터 및 그리퍼 등으로 구성되어 있다.

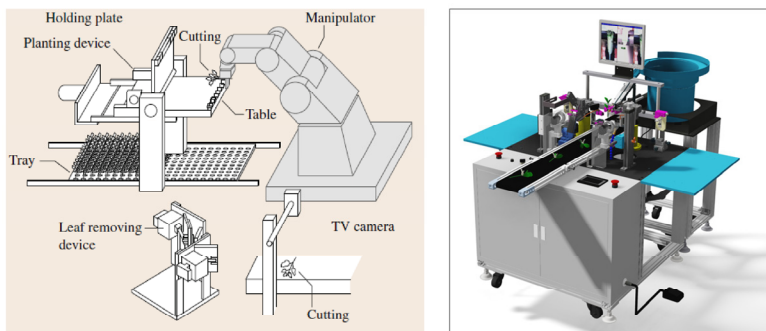


그림 3-10 식물 접목로봇의 개념과 제품 예

(2) 포장관리 로봇

포장 내에서 작물 주간 사이를 주행하면서 카메라를 이용 잡초를 검출하고 레이저나 회전판으로 잡초를 제거하는 관리 로봇이 활발하게 연구개발되고 있다. 그림 3-11에 나타난 바와 같이 독일의 BoniRob는 배터리 구동방식으로 네 개의 바퀴가 독립적으로 조향되는 구조를 가지고 있다. 탑재한 GPS와 Lidar, IMU 센서를 이용 작물 주간 사이를 자율주행 할 수 있도록 하였으며 카메라를 이용하여 직물과 잡초를 구별하고 검출된 잡초는 제초제를 살포하거나 철재 봉이 토양 속으로 관입하면서 잡초를 물리적으로 제거하는 방식을 적용하였다.

토양 내 관입 시 토양의 경도를 측정 토양 다짐을 부가적으로 측정할 수 있다. 당근 포장에서 실험한 결과 90%가 넘는 잡초제거 성능이 있음을 보고하였다. 하지만, 로봇에 장착되는 센서와 플랫폼이 고가이기 때문에 상업화는 진행되지 못하였다.



그림 3-11 작물관리 로봇의 예

또 다른 관리 로봇인 Kongskilde Robotti는 전기로 작동되는 모듈로 다양한 종류의 작업기를 부착할 수 있다. 1.2ha/hr의 작업능률을 가지기 때문에 관행 농기계에 비해 저속으로 수행하지만 작물 수간 사이를 Trimble RTK GPS와 RGB 카메라를 이용하여 작물을 인식하고 따라가 는데 만족스러운 성능을 나타내었다.

그 외에도 덴마크 설계 개발 회사인 Adigo사는 Asterix 프로젝트를 통해 mm 수준의 정확도를 가진 자동 방제기를 만드는 것을 목표로 18cm 폭의 단일분사 노즐을 적용하였다. 작물을 검출하기 위하여 로봇 중간에 카메라를 설치하였으며 자율주행을 위해서 RTK-GPS를 사용하였다. 유사한 예로 호주의 퀸즈랜드 대학에서 배터리 구동식 로봇 플랫폼 을 제작하였고 자율주행 성능 검증을 완료하였다.

(3) 방제 로봇

과수원과 온실 내에서 농약을 살포하는 방제로봇은 그림 3-12와 같이 주행장치의 전방차축이 굴곡진 노면에 상관없이 가변적으로 변경 되어 고랑사이를 주행이 가능한 구조를 가지고 있다. 또한, 센서기술을 이용하여 작물 또는 과수를 실시간으로 인식하면서 농약을 대상체에만 살포하는 변량살포 기술연구도 함께 개발되었다.

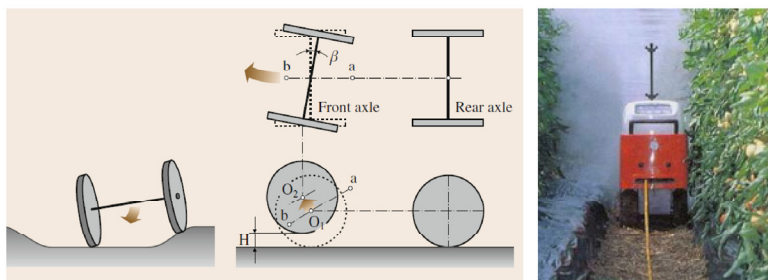


그림 3-12 방제로봇의 고랑대응 차축(좌)과 레일유도 로봇방제기(우)

다른 방법으로는 고랑밑에 유도선을 설치하여 방제장치가 유도자기를 따라 고랑사이를 주행하는 시스템으로 농약호스는 자동으로 풀리고 감기는 구조이다. 다음 작업열에 주행은 사륜조향 장치와 레일시스템을 이용 자동선회를 이용하거나 원격조종장치를 이용 사람이 조정하면서 선회를 하는 경우도 있다.⁹⁾

(4) 수확 로봇

과수원에서 사과, 오렌지 등을 수확하는 기계의 고전적 형태는 나무대를 잡고 흔들고 떨어지는 과수 등을 수집하는 방식이다. 노동력 절감 측면에서는 우수한 성능을 보이지만 낙과에 의해 물리적 손상을 볼 수 있기 때문에 신선 농산물 수확에는 적합지 않은 기계 메커니즘이다. 이에 대응한 수확로봇의 개념은 그림 3-13과 같이 카메라를 이용하여 사과, 딸기, 파프리카, 토마토 등의 위치를 찾아내고 매니퓰레이터와 엔드이펙터를 이용 목표물에 접근하여 가지에서 분리해 내는 자동화 기술을 기반으로 한다. 관련 기술로는 수확과실 3차원 인식기술, 작업영역 및 작업경로 생성, 매니퓰레이터 제어기술 등으로 일본, 네덜란드



그림 3-13 수확로봇의 예

9) Edan, et al., Automation in Agriculture, Springer Handbook of Automation(2009)

등에서 활발한 연구를 진행해오고 있다. 하지만, 과실의 위치를 잎과 가지에 의해 찾기 쉽지 않고 가지에서 분리하는 과정 또한 작물과 과수의 물리적 물성이 상이하기 때문에 실용화는 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

3.3 농업용 드론

3.3.1 드론의 구조와 비행원리

드론은 일반적으로 연료를 제외한 자체 중량이 150kg 이하이면서 고도 300m 이내의 저고도에서 자동비행 또는 원격으로 조종되는 비행체의 형태를 가진다. 드론은 크게 형태별, 목적별, 고도별 등으로 나눌 수 있는데 형태별로는 그림 3-14에 나타난 바와 같이 고정익(fixed wing)과 회전익(multi-rotor)기로 나눌 수 있다. 즉, 고정익기는 기존 글라이더 형태의 비행기와 유사하게 좌우 날개가 있으면서 일정 고도를 비행하면서 탑재한 카메라를 이용하여 연속 촬영을 주로 수행하는 반면에 회전익기는 헬리콥터와 유사하게 프로펠러가 계속 작동하면서 이를 통하여 양력을 발생 비행하는 구조를 가지면서 다양한 센서를



(a) 고정익기



(b) 회전익기

그림 3-14 드론의 형태별 종류

표 3-3 고정익형과 회전익형 드론의 장단점 비교

항목	고정익형	회전익형
장점	- 높은 양력효율	- 수직 이착륙 가능
	- 상대적으로 긴 체공시간	- 자유로운 이착륙이 가능
	- 비행 동역학적 안정성 높음	- 다양한 장비 탑재 유리
	- 전원이 차단되어도 비교적 안전하게 착륙 가능	- 저고도 정지비행 가능 - 고해상도 영상 안정적 수집가능
단점	- 이착륙을 위한 활주로 필요	- 낮은 양력발생 효율
	- 저고도 정지비행 불가능	- 짧은 체공시간
	- 센서 장착이 제한	- 전원 차단시 급격한 추락 가능성

장착하여 이동시 또는 정지비행을 통해 목표 지점에 촬영을 수행한다. 이러한 고정익형과 회전익형 드론은 표 3-3과 같이 서로간에 장단점이 존재하는데 고정익기는 일반적으로 회전익기에 비해 더 높은 고도에서 넓은 면적을 촬영하는데 유리한 반면 회전익기는 상대적으로 저고도를 비행하면서 다양한 영상을 취득하는데 용이하다.

드론 시스템의 일반적인 구성요소는 그림 3-15와 같이 크게 드론 본체, 조종기, 태블릿 워크스테이션 세 가지로 구성되는데 워크스테이



그림 3-15 드론 비행 모습(좌)과 비행 워크스테이션과 무선 조종기(우)

선에서 자동비행 경로계획을 설정하고 그 정보를 드론 본체 내부의 마이크로 프로세서 제어기에 전송한다. 무선 조종기를 이용하여 수동으로 드론을 목표 비행고도로 상승시킨 다음 자동 비행모드로 전환하면 설정된 비행 경로를 따라 드론 스스로 비행을 하게 된다. 비행의 고도, 위치, 전원상태 등은 워크스테이션 화면에서 실시간으로 볼 수 있으며 비행 임무를 마치게 되면 수동으로 지상으로 하강시키고 비행을 종료한다.

드론 본체의 구성은 그림 3-16과 같이 기본적으로 플라스틱 또는 탄소소재를 이용한 본체 프레임과 모터, 배터리 등의 전원과 구동부, GPS와 IMU, 기압 센서 등 비행

제어에 사용되는 센서류, 모터의 속도를 조절하는 마이크로 프로세서 비행 제어기로 이루어지며 부가적으로 촬영을 위해 사용되는 가시광선, 분광 카메라 센서 등이 드론 본체에 장착된다. 드론의 비행 위치와 자세는 GPS와 IMU를 이용하여 측정되며 그 정보는 비행 제어기에 입력되어 조종기를 통해 입력받은 비행 고도와 방향 명령 값과 비교하여 프로펠러를 구동하는 모터의 회전속도를 자동 조절하여 비행이 외력의 변화에 대응하면서 안정적으로 비행할 수 있도록 한다. 비행 고도의 상하강은 모터의 회전

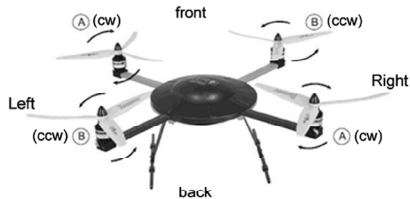
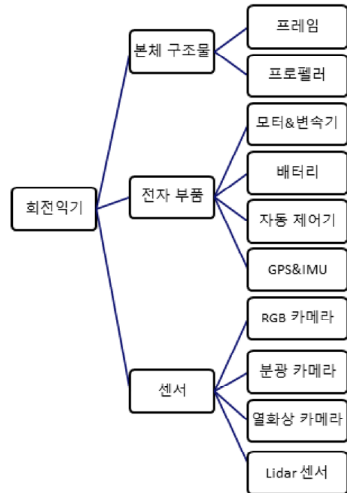


그림 3-16 드론 본체 구성 요소(위)와 비행 방향조절을 위한 모터의 작동원리(아래)

수를 증가 또는 감소시켜 추력(thrust)을 변경하여 이루어지며, 전후 또는 좌우비행은 각 위치에 설치된 모터에 회전수 차이를 발생시켜 비행 방향을 제어한다. 예를 들면, 전진 비행을 위해서는 드론 뒤쪽에 위치한 모터의 회전수를 상대적으로 증가시켜 앞뒤에 추력 차이를 발생시켜 뒤쪽이 진행방향인 앞쪽을 향해 기울어지면서 전진 비행이 가능하게 된다.

3.3.2 농용 드론의 원격탐사 원리

원격탐사(Remote sensing)는 표 3-4와 같이 태양 복사에너지에 의한 전자기스펙트럼(electromagnetic spectrum)이 물체에 가해질 때 그림

표 3-4 태양의 전자기 스펙트럼의 파장별 분류

종류		파장대	주파수	
자외선		100Å ~ 0.4μm	750 ~ 3,000THz	
가시광선		0.4 ~ 0.7μm	430 ~ 750THz	
적외선	근적외선	0.7 ~ 1.3μm	230 ~ 430THz	
	단파적외선	1.3 ~ 3μm	100 ~ 230THz	
	중적외선	3 ~ 8μm	38 ~ 100THz	
	열적외선	8 ~ 14μm	22 ~ 38THz	
	원적외선	14 ~ 1mm	0.3 ~ 22THz	
라디오파	서브밀리미터		0.1 ~ 1mm	0.3 ~ 3THz
	마이크로파	밀리미터	1 ~ 10mm	30 ~ 300GHz
		센티미터	1 ~ 10cm	3 ~ 30GHz
		데시미터	0.1 ~ 1m	0.3 ~ 22GHz
	초단파		1 ~ 10m	30 ~ 300MHz
	단파		10 ~ 100m	3 ~ 30MHz
중파		0.1 ~ 1km	0.3 ~ 3MHz	
장파		1 ~ 10km	30 ~ 300MHz	
초장파		10 ~ 100km	3 ~ 30MHz	

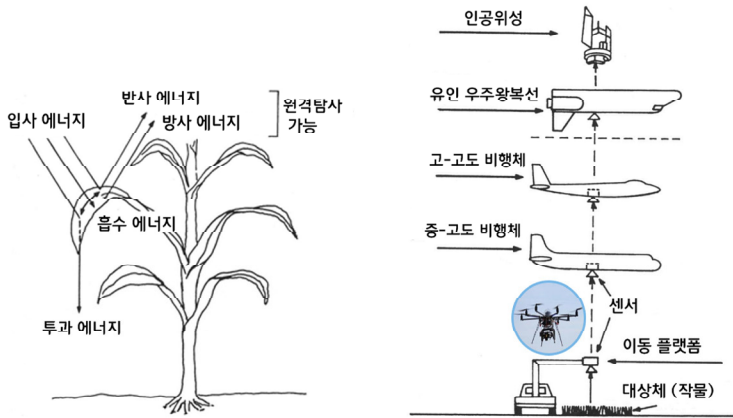


그림 3-17 태양 전자기파와 작물의 상호작용(좌)과 고도에 따른 원격탐사 비행체(우)

3-17(좌)과 같이 흡수(absorption), 반사(reflectance), 투과(transmittance), 방사(emission), 산란(scattering)하는 물리적 특성 정보를 영상 센서인 카메라를 이용하여 수집하여 대상체의 정보를 접촉 없이 비파괴적으로 얻어내는 기술이다. 즉, 빛이 물체를 가해질 때, 일부 파장은 반사되고, 다른 파장은 투과되고, 또 다른 파장은 흡수될 것이다. 흡수된 에너지는 열로 변환될 수도 있고, 흡수될 때보다 다른 파장으로 물체로부터 방출되어질 수도 있다. 이것은 물체가 태양빛으로 인해 뜨거워 질 때 발생되어지는 것과 같은 원리이다. 태양의 전자기파는 라디오파(radio waves), 마이크로웨이브(microwave), 적외선(infrared), 가시광선(visible), 자외선(UV), 감마(γ) 및 엑스선(X-ray) 에너지를 가지고 있으며 이를 다양한 영상 센서를 이용하여 수집한다고 생각할 수 있다. 현재 농업분야에서 많이 이용되는 파장영역은 인간이 눈으로 인지할 수 있는 가시광선을 비롯하여 근적외선, 중간적외선, 열적외선 영역으로 이들 파장영역을 감지할 수 있는 광학센서와 열센서들의 이용성이 높은 편이고, 최근에는 밤낮과 날씨에 상관없이 자료를 얻을 수 있는 마이크로파 영역의

레이다 자료의 이용성이 높아지고 있다. 태양복사에너지($0.3\sim 3.0\mu\text{m}$) 영역의 전자기파에 대한 물질 고유의 파장특성을 분광특성(spectral characteristics)이라 한다. 지상관측용 분광방사계(spectroradiometer), 항공기, 인공위성 등에 탑재된 센서를 통해 얻어지는 데이터 값(Digital Number, DN)은 태양 또는 지구 복사에너지에 대한 지표면 대상체의 반사의 척도이다. 원격탐사 자료를 수집하는 이용되는 비행 플랫폼은 그림 3-17(우)에 나타난 바와 같이 과거에는 인공위성과 유인 비행선을 이용하여 수천 km의 높이에서 고가의 영상센서를 이용 작물생육과 농업환경을 수집하는 것이 일반적이었으나 최근 드론을 이용하면서부터 300m 이내의 저고도에서 일반 디지털 카메라는 물론 그림 3-18과

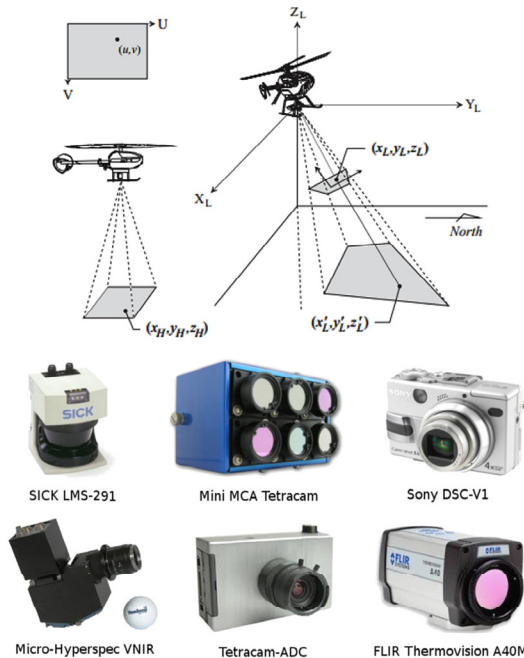


그림 3-18 드론을 이용한 영상수집(위)과 드론에 적용되는 카메라의 종류(아래)

4차 산업혁명과 식량산업

같이 분광카메라, 열화상카메라, Lidar 센서 등 지상에서 사용하는 다양한 영상센서를 이용 고해상도의 영상정보를 얻는 것이 가능해졌다.

드론을 이용하여 원격탐사에 활용하는 경우는 그림 3-19에 나타난 바와 같이 일반적으로 RGB와 NIR을 결합한 분광카메라를 드론에 장착한 후 농경지의 영상을 인고 이를 이용하여 작물의 녹색도의 상대적인 양과 활력의 지표인 정규화된 식생지수(Normalization Difference Vegetation Index, NDVI)를 계산한다. NDVI 값과 지상에서 측정한 수확량 지도와 통계적 관계성을 분석하면서 수분과 질소의 결핍정도 등을 알아내고 이를 이용 수확량을 높이기 위한 적절한 재배 기술 개발에 활용된다. 기본적으로 작물의 분광반응은 그림 3-20의 드론에 사용되는 무게 약 100g을 갖는 Sequoia 분광 카메라의 경우의 예와

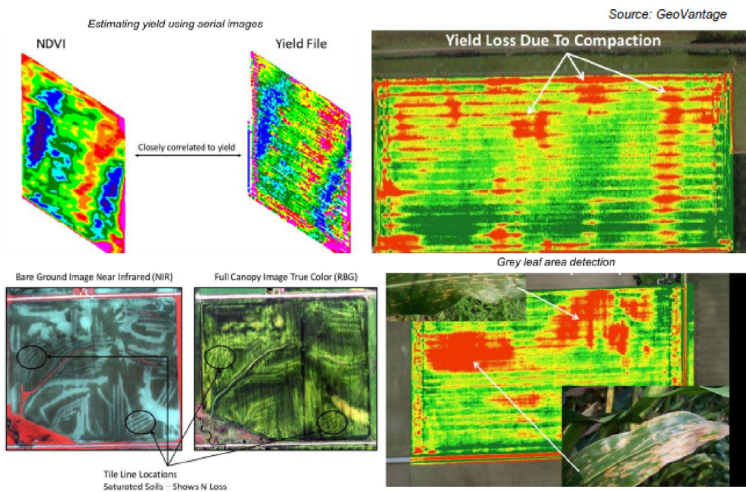


그림 3-19 드론에 장착된 카메라로 수집된 영상정보를
작물재배관리에 활용되는 개념¹⁰⁾

10) IDTech, Agricultural Robots and Drones 2016-2026(2016)

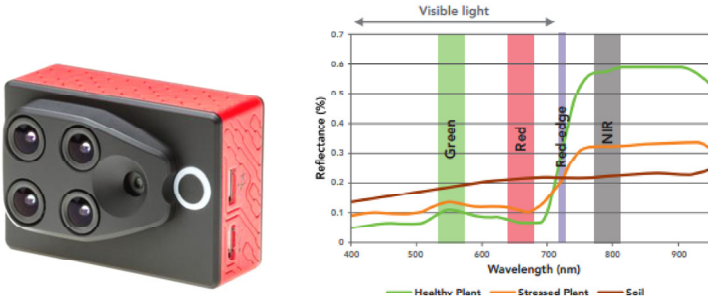


그림 3-20 드론에 이용되는 Sequoia 카메라와 네 개의 분광대역의 작물 건강도 반사특성¹¹⁾

같이 특정 파장대역인 근적외선 영역에서 건강한 식물과 병에 걸린 식물이 다른 반사값을 나타내게 되는 경우가 있다. 또한, 질소가 부족하면 작물에서 엽록소 부족이 나타나고 이는 식물이 태양 빛을 제대로 흡수하지 못하게 만들어 성장이 멈추는 문제를 야기할 수 있다. 백화 현상이라고 불리는 병에 걸린 식물은 특정한 스펙트럼 이미지를 가지는데 초분광 영상 수집을 통해 이런 질소 결핍과 수분 부족의 증상을 조기에 진단할 수 있다.

3.3.3 드론의 농업적용 사례

(1) 농약 살포

과거의 관행 방제 작업의 경우 작업자의 노동 강도가 크고 정밀 방제가 어려우며, 직접 농경지에 진입하기 때문에 작물의 훼손이나, 작업자의 농약 노출의 문제가 있었는데 드론을 이용하게 되면, 농경지에 진입하지 않고 공중에서 농약살포가 가능하다. 또한, 8~10l의 양으로 1ha를 살포하여 방제효과를 얻을 수 있기 때문에 기존 시상의 방제기보

11) IDTech, Agricultural Robots and Drones 2016-2026(2016)



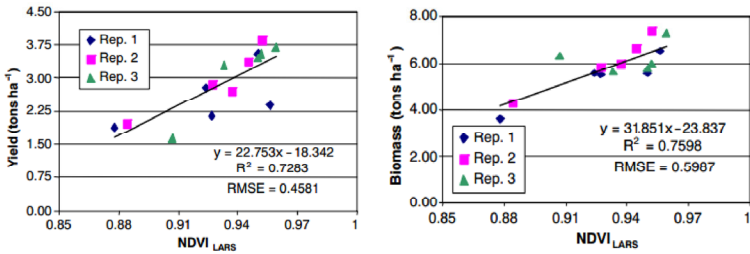
그림 3-21 농약살포에 사용되는 드론과 살포노즐의 모습

다 작업성능과 작업효율이 우수하다. 소형 무인기를 이용하여 농약살포에 활용되는 경우는 1991년부터 일본 야마하(Yamaha)사의 내연기관을 동력원으로 하고 무선 조종하는 무인 헬기가 2500대 이상이 판매되었고, 방제용으로도 2016년 현재 일본 전체 쌀 농경지의 35%에 활용되고 있다고 보고하고 있다.¹²⁾ 국내의 경우도 성우 엔지니어링에서 무인 헬기를 이용한 파종 및 방제분야에 참여해 오고 있으며 최근에는 그림 3-21과 같이 드론시장의 절반 이상을 차지하는 DJI와 3D Robotics 플랫폼을 이용하여 방제용 드론이 시장에 출시 사용되고 있다. 이와 함께 정밀 방제를 위한 연구로서 비행속도에 따라 분사속도를 변량 제어하거나 레이저 또는 초음파 센서를 이용하여 작물과 드론과의 거리를 실시간으로 측정 분사 거리를 일정하게 유지하면서 비행하는 기술 등이 개발되고 있다.

(2) 작물생육 진단

드론을 이용하여 수집된 원격탐사 자료는 작물의 생육진단에 유용하게 활용될 수 있다. 즉, 드론에 장착된 카메라를 이용하여 수집된 농경지 내 위치별 작물의 형상과 색깔 영상정보는 작물의 건강도, 영양소 결핍,

12) IIDTech, Agricultural Robots and Drones 2016-2026(2016)

그림 3-22 NDVI 값과 수확량 및 바이오매스와의 관계¹³⁾

수분 부족 등의 생육상태를 나타내는 인지가 될 수 있기 때문에 이를 이용하여 필요한 작물관리 방법을 찾아내거나 잠재 수확량을 예측할 수 있다. 예를 들면, 질소시비량에 따른 쌀의 수확량과 바이오매스 영향성 연구¹⁴⁾에 따르면 드론과 분광카메라를 이용하여 벼의 영상을 20m 높이에서 영상을 수집하여 영상처리기법을 이용 NDVI 값을 계산하여 수확량과 바이오매스를 통계적으로 각각 관계시킨 결과, 그림 3-22와 같이 질소와 수확량, 질소와 바이오매스는 높은 결정계수($R^2 > 0.7$)를 나타냄을 보고하였다. 시기별 작물생육의 변화정도를 알아내는 연구사례는 그림 3-23에 나타난 바와 같이 드론에 장착된 RGB 카메라를 이용하여 밀의 식생 피복도 변화를 관찰한 연구로서 밀의 생육영상은 토양에서 분리가 가능하고 시기에 따라 피복도가 증가되는 것을 분석할 수 있음을 발견하였고 이를 이용하여 작물 생육정도를 분석하는데 드론영상이 사용이 가능함을 보고하였다.¹⁵⁾ 국내의 경우 드론을 이용하여 작물 생육정도를 측정한 사례의 한 예로서 국립농업과학원 연구¹⁶⁾에 따르면

13), 14) Swain et al., Adoption of an Unmanned Helicopter for Low-Altitude Remote Sensing to Estimate Yield and Total Biomass of a Rice Crop, Trans. ASAE(2010)

15) Torres-Sanchez et al., Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV, Comp. Electron. Agric., 104-113(2014)

16) 이경도 등, 무인비행영상을 이용한 논포장내 헤어리베치의 질소량 함량 예측, 한국토양비료학회지, 384-390(2015)

4차 산업혁명과 식량산업



그림 3-23 드론 이용 모습과 밀 포장 RGB 영상 및 식생피복 영상¹⁷⁾

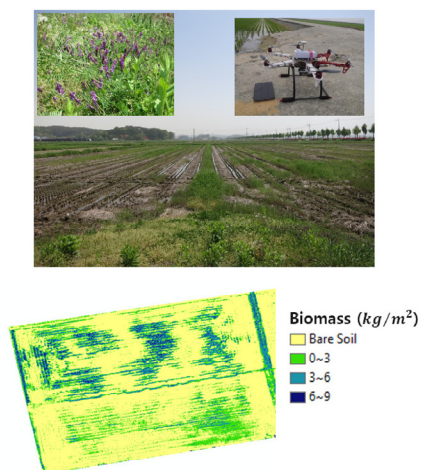


그림 3-24 헤어리배치 포장 모습과 헤어리배치 예측 바이오매스량 지도¹⁸⁾

그림 3-24와 같이 논 포장에 재배한 녹비작물인 헤어리배치의 생물량(Biomass)을 드론 영상으로 예측할 수 있고 예측된 녹비 작물의 공간지도를 이용하여 화학 질소비료의 변량시비에 활용될 수 있음을 보고하였다.

17) Torres-Sanchez et al., Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV, Comp. Electron. Agric., 104-113(2014)

18) 이경도 등, 무인비행영상을 이용한 논포장내 헤어리배치의 질소량 함량 예측, 한국토양비료학회지, 384-390(2015)

(3) 작물 재배관리 및 병해충 검출

드론을 이용하여 작물 재배기술에 활용하는 사례는 그림 3-25와 같이 아몬드, 살구, 복숭아, 오렌지, 레몬 등을 재배하는 과수원의 관수시기 결정의 사례로서 시험포장에서 물 공급 수준을 변경하였을 때 각 포장에서 자라는 과수 잎의 온도를 측정 열화상카메라를 이용 수분스트레스 정도를 측정하였다.¹⁹⁾ 표준 방법인 센서를 이용 토양수분퍼텐셜을 측정하고 측정한 잎의 온도와 관계를 맺어 관수시기를 결정하는 수학적식을 개발하여, 기존 토양 시료 채취 및 센서 기반의 관수 방법을 대신하여 드론을 이용 열화상카메라로 과수의 수분부족에 따라 관수시기를 용이하게 결정하는 새로운 기술을 제시하였다.

최근에는 드론을 이용 과수에 대한 분광 또는 초분광 정보를 수집하고 그 결과를 분석하여 작물의 병해충 발생정도를 검출하는 연구가 많이 보고되고 있다. 그중 하나의 예로서 분광 영상카메라를 드론에 탑재

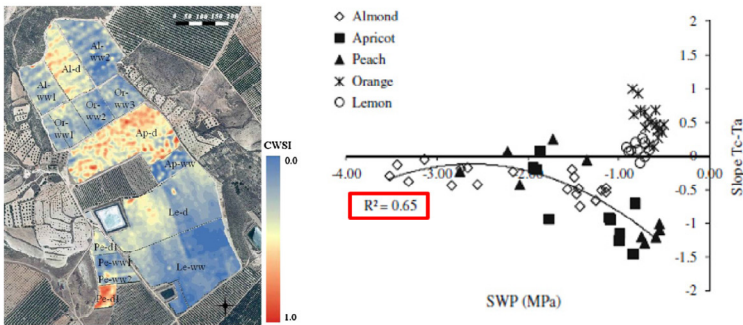


그림 3-25 과수원 시험포장의 온도분포(좌)와 토양수분 퍼텐셜과 관수 결정식(우)(Gonzalez Dugo et al., 2013)

19) Gonzalez Dugo et al., Using high resolution UAV thermal imagery to assess the variability in the water status of five fruit tree species within a commercial orchard, Precision Agriculture, 670-678(2013)

비행하여 플로리다의 오렌지 나무의 영상정보를 수집하여 분광 영상기술이 HLB(Huanglongbing) 해충에 감염된 오렌지 나무를 찾아 낼 수 있는지를 연구하였다.²⁰⁾ 그림 3-26의 모자이크된 영상정보를 이용하여 그림 3-27과 같이 분할 영상처리 기법을 이용 HLB에 감염되지 않은 오렌지 나무와 감염된 나무의 이미지를 비교 분석한 결과 710 nm 파장대역과 근적외선 Red 대역이 HLB 감염여부를 구분할 수 있는 유효 파장대역으로 선정하였으며 이를 이용 67~85%의 구별 성능을 얻어냈다.

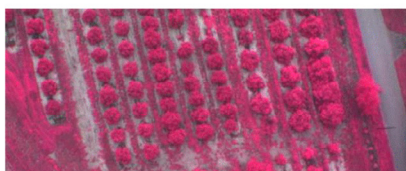


그림 3-26 드론에 탑재된 분광카메라를 이용하여 수집된 감귤나무의 영상데이터(Garcia-Ruiz et al., 2013)

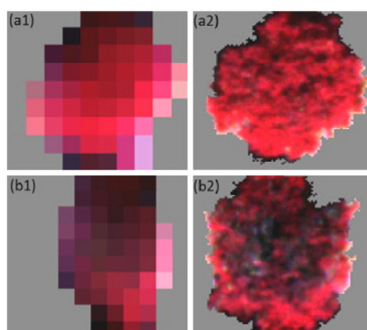


그림 3-27 HLB에 감염되지 않은 오렌지나무 앞(위)과 감염된 앞(아래) 분광영상(Garcia-Ruiz et al., 2013)

20) Garcia-Ruiz, Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees, Comp. Electron. Agric., 106-115(2013)

3.4 농업용 로봇과 드론의 미래와 기술전개 방향

미래 영농에는 그림 3-28에 나타난 바와 같이 자율주행 농업용 로봇과 드론 기술은 IoT 기술인 Telematics, 기계 동기화, 데이터 호환, 통합관리 등의 다른 요소 기술과 함께 연결되어 상호 관계된 Connected Farm 시스템의 핵심 기술로 더욱 활용이 높아질 것으로 전망된다. 이러한 기술을 기반으로 정밀 농작업관리 구현에 필요한 정보가 클라우드 서버로 전송되고 트랙터, 콤바인 등 농기계의 무인 농작업과 상호 통신이 가능해지면서 효율적인 농사재의 투입과 결과를 얻는 정밀농업 실현을 앞당길 것이다.²¹⁾

농업용 로봇기술의 미래는 크게 두가지 방향으로 전개될 것으로

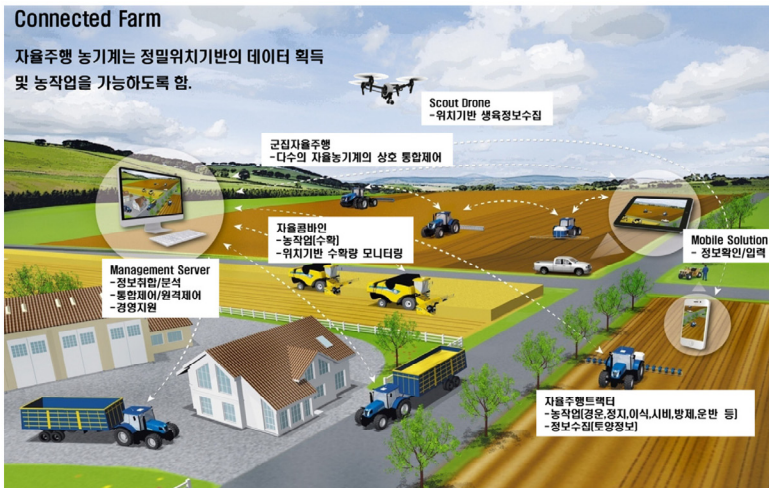


그림 3-28 농업용 로봇과 드론기반의 미래 영농시스템 개념도
(www.agrimachinerynews.com)

21) www.agrimachinerynews.com



그림 3-29 미래 농업용 자율주행 로봇(좌)과 소형 플랫폼 기반 농작업 로봇(우)

전망된다. 하나는 트랙터, 콤팩트 등 기존 농기계 플랫폼 또는 그림 3-29(좌)와 같이 유사 플랫폼 형태를 가진 무인 농기계 기술로서 인간의 조작 개입이 없이 농경지에서 작업을 지시하면 주변을 실시간으로 인식하면서 자율 주행 및 정밀 작업을 수행하는 방식이다. 현 자율주행 농기계는 작업자가 주어진 경로를 생성하면 안내선을 정확하게 따라가면서 작업하는 수준에서 작업조건을 스스로 인식하고 판단하는 인공지능 개념의 농작업기계 기술의 수준까지 도달할 것이다.

다른 하나는 전기동력을 기반으로 한 소형 플랫폼 기반의 농작업 로봇의 기술이 실용화 수준까지 높아지고 그림 3-29(우)과 같이 단일 로봇형태가 아닌 다수의 로봇이 군집주행 하면서 작업을 수행하는 형태가 될 것이다. 소형 농작업 로봇은 작물의 상태를 진단하고 잡초와 작물을 효율적으로 분리하여 잡초제거가 용이해지고 방제작업도 목표 물에만 선택적으로 이루어져 농약사용의 효율도 높아질 것이다.

미래에 드론은 수목, 전선 등 다양한 장애물이 존재하는 농작업 환경과 돌풍, 우천 등 예측하기 어려운 외란에 대응하는 비행체 기술의 발전이 이루어질 것이다. 즉, 장애물 인식 및 회피기술이 보다 안정적인 운용조건에서 가능해 질 것이며 배터리 용량과 모터의 전력소모 문제에 의해 발생하는 제한된 기체 중량(payload)과 체공 시간은 비행체

개발기술의 발전으로 현 수준대비 크게 개선될 것으로 전망된다. 이를 통하여 방제, 파종 등 농작업의 활용과 작업성능도 크게 개선될 것이다. 작물의 생육측정 또는 농작업 환경 모니터링 등 고압 원격탐사 기술에 필요한 드론용 초분광 카메라, Lidar 센서의 적용성이 높아지고 있으며 영상처리 및 분석을 위한 소프트웨어 기술 발전이 비약적으로 이루어짐에 따라 드론을 이용한 원격탐사의 활용성은 더욱 높아질 것으로 예상된다.

또한, 데이터양이 많고 계산이 오래 걸리는 영상 데이터를 처리할 수 있는 그래픽프로세서(GPU)의 발전과 관련 인공지능 알고리즘 적용성이 용이해지기 때문에 병해충 조기 진단, 실시간 작물 분류 및 맵핑, 수확량모니터링 등 실제 영농에 활용될 수 있는 기술개발 실현이 가능해질 것으로 전망된다. 이를 위해서는 드론 본체와 영상 센서와 같은 하드웨어와 영상분석 소프트웨어 기술의 지속적 연구가 선행되어야 할 것이다.

3.5 맺음말

본 장에서는 농업에 활용되는 로봇과 드론 기술에 대하여 구조와 주요 특징, 개발사례를 중심으로 간략하게 기술하였다. 아울러, 최근 농기계 제품으로 많이 보급되고 있는 자율주행 농기계 기술에 대해서 주요 원리와 기술적 단계에 대해서도 살펴보았다. 또한, 드론에 적용되는 원격탐사의 개념과 관련 원리, 그리고 관련 논문을 소개하면서 적용의 이해를 도모하였다. 마지막에는 4차 산업혁명의 흐름과 관련하여 미래 농업용 로봇과 드론의 기술의 전개와 전망을 진단하였다.

4.1 축산 스마트팜 현황

불과 30년 전만해도 축산은 농가의 부업수준으로 다른 농업분야에 비해 상대적으로 낮은 생산성과 부가가치율, 종축업과 사료원료의 해외 의존도가 심했고, 가축질병, 분뇨처리 등의 문제도 제기되면서 일부에서는 축산업을 혐오산업으로 인식하기도 했다. 여기에는 지구온난화와 환경오염의 우려까지 더해져 그 타격은 현재까지도 지속되고 있는 실정이다. 하지만 우리나라 축산업이 직면하고 있는 여러 가지 어려움을 인식하고 지속가능한 산업으로의 변화를 위해 꾸준히 노력한 결과 현재 축산업은 농촌경제의 핵심성장산업으로 인식됨과 동시에 농촌 소득증대, 식량안보 및 국민 삶의 질 향상과 건강증진의 견인차 역할을 하고 있고, 차세대 핵심동력산업으로 자리매김하고 있다.

4.1.1 우리나라 축산 현황 및 환경여건 변화

우리나라 농가수는 지속적으로 감소하고 있는 추세로 1995년 150만에서 2016년 106만으로 줄어들었다. 농가인구 또한 485만(1995년)에서 249만(2016년)으로 급격히 감소하는 추세를 보이고 있다²⁾(그림 4-1). 하지만 농가소득은 1995년 2,180만원에서 2006년 이후 정체기에 접어

1) 세종대학교 식품생명공학부, 서울 광진구 능동로 209, sungkwonpark@sejong.ac.kr

2) 스마트한 축산 통계 30, 농촌진흥청 국립축산과학원(2017년 4호)

4차 산업혁명과 식량산업

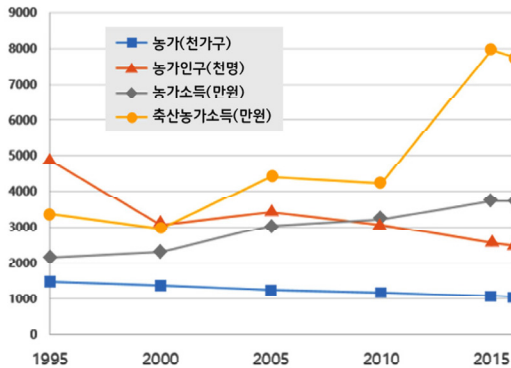


그림 4-1 농가 현황 및 소득

들었다가 2016년 3,720만원으로 상승하였다. 이 중 축산농가의 소득은 3,368만원(1995년)에서 7,965만원(2015년)으로 두 배 이상 증가하였다.

한우의 경우 사육두수는 2012년 3,017천두에서 2016년 2,585천두로 감소하였고, 호수도 99천호에서 2016년 85천호로 감소하였다. 하지만 호당 사육두수는 2009년 13.4두에서 2016년 30.4두로 약 2.3배 증가하였다. 국내산 쇠고기의 자급율은 2006년 43.2%에서 2016년에는 37.7%로 감소하였고, 송아지 가격은 지속적으로 상승하는 추세를 보이고 있다. 사육두수는 2015년부터 송아지 생산두수보다 도축두수규모가 커 2017년까지 감소하고, 그 후 다시 증가세로 전환될 전망이다.³⁾

젖소의 경우 사육두수는 원유감산정책시행에 따른 젖소 감축 및 생산감소에 기인하여 2015년 411천두에서 약 1.4% 감소한 404천두(2016년), 사육 농가수는 5,354호로 2015년 보다 144호 감소하였다. 원유가격은 2016년 원유가격 산정체계가 변경됨에 따라 기본가격 리터당 922원에서 체세포수 및 세균수 4등급이하 가격이 조정되어 리디당

3) 농식품과학기술 미래전망대회 발표집(2017)

100원으로 증가하였다. 하지만 생산성은 꾸준히 증가하여 2017년 원유 생산량은 전년대비 0.5% 증가한 208만 2천 톤에 이른다.

돼지사육두수는 모논의 증가로 전년보다 1.8% 증가한 10,367천두로 집계되었으며 MSY 또한 2012년 15.1두에서 2016년 18.3으로 증가하였다. 농가호수는 비슷한 추세로 2016년 4.57천호로 전년대비 6.8% 감소하였으나, 지속적인 규모화가 이루어져 가구당 사육두수는 2,266두로 2013년 1,759두에 비해 약 23% 증가하였다. 돼지고기의 국내생산량은 증가하였고, 수입량은 감소하는 추세에 있다. 돼지고기의 생산량이 증가함에 따라 지육가격은 하락세에 있고, 수입량은 2015년보다 10.9% 감소한 32만 톤 내외이며 공급의 증가로 2016년 1인당 돼지고기 소비량은 23.3kg에 이른다.

산란계 수수는 2014년 64.8백만 수에서 2016년 12월 71백만 수로 소폭 상승하였고, 계란의 경우 2016년 말 HPAI의 발생으로 인한 공급량 감소로 가격이 상승하였다. 육계의 경우 2016년 여름철 폭염피해로 9월달 사육수수가 감소하는 경향을 보였으나 2015년 81,851수 대비 약 7.3% 증가한 87,830수로 증가하였다. 육계의 산지가격 역시 2016년 HPAI발생으로 인한 수요 감소로 11월 이후 가격이 하락하여 1,518원(2015년)에서 2016년 1,329원으로 집계되었다. 육계농가의 수익성은 2016년 배합사료 및 병아리 가격 하락으로 소득이 증가 될 것으로 예상된다. 오리의 경우 사육수수는 2015년 9,772천수에서 2016년 8,109천수로 소폭 감소하였고, 종오리의 경우 712천수로 2015년 대비 25.8% 감소하였다. 오리의 산지가격은 2015년 6,760원에서 2016년 5,118원으로 약 24.3% 감소하였다.

현재 우리나라 축산업은 자유경쟁시대로 접어들면서 국가경쟁력을 키우고, FMD, 조류독감 등의 가축 전염병 발생에 대한 대응전략을 모색하며 까다로워진 소비자 니즈에 맞는 안전한 고품질 축산물을

생산하는데 주력하고 있다. 그 일환으로 HACCP, 쇠고기 이력추적제, 친환경농업, 동물복지 등의 다양한 정책들이 펼쳐지고 있다. 빠르게 변화하고 있는 현대사회에 적응하여 지속적으로 성장하기 위해 축산업계는 미래 메가트렌드에 능동적으로 대처하려는 노력을 기울이고 있다. 최근에 연구된 미래 메가트렌드로는 시장개방 확대와 관세 Zero 시내의 도래, 인구고령화와 인구절벽 시대도래, 기후변화 진행, 글로벌화와 가축질병 발생 위험 증가, 환경문제에 대한 관심 증가, 경제성장 둔화, ICT(Information and Communication Technologies)와 바이오기술의 확대 등이 있다. 기본적으로 질병을 예방하고, 생산수급의 안정화, 지구온난화로 인한 사료비 상승을 극복하기 위한 품질 및 가격 경쟁력을 확보할 필요가 있다. 이를 위해 국내산 원료 사용의 비중을 확대하고 신시장 개척 및 시장변화에 발빠르게 대응하기 위한 조직화와 수출증진을 위한 세계적인 축산업 트렌드를 이해해야 하겠다. 미래의 생산기반 유지를 위해 생산성 향상과 생산비 절감은 물론 영세농가의 경영안정을 위한 지원과 노령화로 인한 후계농 확보가 절실하다. 또한 중소기업의 가족농 경영기방을 조성하고 축산물 자급률 목표달성을 위해 다각적인 노력이 필요하다. 축산물 품질의 고급화를 위해서는 인증제도를 강화하는 동시에 품질기준의 정립과 등급제도의 개선이 필요하고, 친환경 및 동물복지에 의거한 축산물의 생산 및 공급을 확대하여 소비자의 인정을 받는 것이 중요하다. 축산물의 안정성과 소비자 만족을 위해 가축방역 강화는 필수적이며 이를 위해 농가의 자발적 신고체계 및 의식개혁이 필요하다. 또한, 환경친화적 축산업 구축을 위해서는 적정 퇴비와 액비의 관리체계 구축, 악취저감 및 농장경관 개선, 친환경축산의 정의 재정립과 관련 입법 정리 등이 필요하다.⁴⁾ 최근 소득수준이

4) 이병오, 양정희, 김성철, 지속가능한 축산시스템 구축방안, 강원농업생명환경연구 24(1): 46-56(2012)

높아지고 귀농귀촌 및 도농교류의 증가 및 노령화가 지속됨에 따라 농촌공간과 자연경관에 대한 국민의 관심과 요구가 뜨거워지고 있다.

향후 우리나라 축산업이 나아가야 할 구체적인 방향제시를 위해 축산, 수의업계 오피니언리더를 대상으로 설문조사를 실시한 결과 ‘경쟁력을 갖춘 축산업’, ‘국민친화 축산업’, ‘친환경 축산업’, ‘축산업 6차산업화’, ‘축산업의 글로벌화’, ‘동물복지 축산업’ 순으로 중요도가 나타났다.⁵⁾ 한편 조사에서 도출된 3대 아젠다별 중요 정책에 대한 설문 결과, “경쟁력을 갖춘 축산업” 달성을 위해서는 유통구조 개선과 생산기반 강화 정책이 중요하며, “국민친화 축산업”을 위해서는 질병문제 해결, “친환경 축산”을 위해서는 가축분뇨 및 악취문제 해결이 중요한 정책인 것으로 조사되었다. 아울러 농정 추진방향 2013년에도 농업농촌 자연경관 보전과 중요 농업유산 관리를 위한 환경보전이 주요 내용으로 부각되었고, 농림수산물부가 2012년에 실시한 농어촌 토지이용 실태에 대한 국민인식조사 결과에 의하면 응답자의 61.4%가 우리나라 농어촌 경관이 아름답지만 농어촌 경관이 제대로 관리되고 있다는 응답은 25%에 불과하였다.⁶⁾ 이 발표에서 농어촌 지역의 경관을 훼손하는 주요시설로 공장과 창고(21.4%), 주변과 어울리지 않는 건축물(20.1%), 대형 광고물(14.9%) 다음으로 축사(13.6%) 순으로 꼽혀 축사에 대한 부정적 인식을 엿볼 수 있었다. 이것은 농어촌 거주 경험이 있는 응답자들이 가축사육 시설에서 발생하는 악취와 소음, 환경오염 문제 및 분뇨처리에 대한 혐오감 등이 크게 내포된 것으로 이에 대한 대책 수립이 매우 시급하고, 실제 2005년 4,302건이었던 악취 민원이 2012년 9,941건으로 크게 증가하였다. 가축의 분뇨는 대부분 자원화 처리가 되고 있지만 화학비료의 사용이 지속되고 분뇨유래 퇴액비가 토양 및 하천 오염의 주요인으로

5) 축산 아젠다별 중요 축산정책, NH 축경포커스(2015)

6) 농림수산물부 보도자료, 농어촌 토지이용 실태에 관한 국민의식조사결과 발표(2012)

인식되고 있어 이에 대한 해결책이 시급한 실정이다.

축산업의 미래 성장산업화와 관련해서는 인간과 동물이 공존할 수 있는 분위기 조성과 생명과학의 심도 있는 적용과 더불어 최신 ICT와 생명과학기술과 기존 축산업의 균형 있는 조화관계가 이루어지는 것이 무엇보다 중요하다.

4.1.2 스마트팜 정책 동향 및 보급현황

70년대 용자 보조 등 다양한 방식으로 축산시설의 현대화를 실시하였고, 2000년에 접어들면서 축산과 ICT의 융합을 위한 연구개발과 정책을 추진하여 유비쿼터스-IT 기술 검증사업을 추진하였다. 하지만 센서를 활용한 최적 성장환경 구현과 전자태그활용 이력추적시스템 등에서 IT 기술과의 융합 가능성을 확인했으나 소규모 실증실험단계에 머물렀다. 그 후 한미 자유무역체제 협정 체결에 따라 노후화된 시설의 현대화 자동화를 위해 10년간(2008년~2017년) 대규모의 지원이 이루어지면서 ICT와 농업의 융합을 위한 연구개발정책 또한 활발히 이루어 졌다. 농업경쟁력 향상을 목표로 2010년 농림수산식품부로 농수축산분야 u-IT 사업이 이관되면서 농업생산의 정밀화 모델이 본격적으로 개발되면서 생산성이 가시적으로 향상되기 시작했다. ICT 융복합 모델의 발굴 사업이 축산분야에서 매년 실시되었는데, 규모가 큰 양돈을 중심으로 사료 자동급이 시스템 등 핵심 시설과 운영모델 등이 현장적용 단계에 이르렀다. 최근 ‘농식품 ICT 융복합 확산대책’이 실시되면서 생산, 유통, 소비 등 부문별 ICT 융복합 현황을 진단하고, 스마트 팜 보급, R&D, 산업 생태계 조성 등 정책의 기본 방향이 설정되었고, 2014년부터 스마트팜의 본격적인 현장 확산사업이 시작되었다. 이어서 창조농업식품정책관실이 출범되면서 스마트팜 추진체계가 일원화되고, 현장 보급이 급물살을 타게 된다. 더불어 연구개발, 교육훈련, 정책자금 지원 등

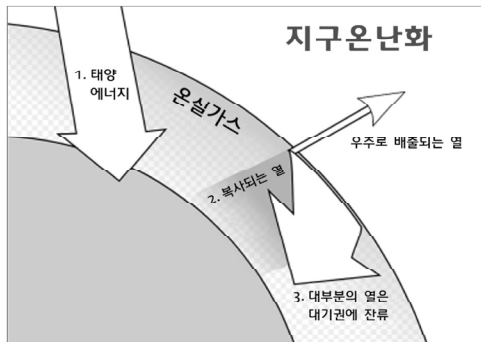


그림 4-2 지구온난화: 이산화탄소, 메탄, 오존 등 온실기체배출의 증가로 인해 지구가 지나치게 더워지는 현상

스마트팜과 관련된 전반적인 플랫폼 조성을 위해 ICT 기반 첨단 농업 행복한 농촌 조성방안이 마련되었다.

현재 우리나라의 축산업은 앞서 언급한 데로 여러 문제점들과 직면하고 있다. 도시농촌간의 소득격차, 낮은 식량자급율, 인구감소와 노령화, 자유무역체제로 인한 무한경쟁시대 도래, 지구온난화⁷⁾(그림 4-2)를 포함한 환경문제 등이 있는데 특히 축산분야에서는 조류인플루엔자와 구제역 등의 가축의 질병발생이 매년 끊이지 않고 있다.

이러한 어려운 상황에서 정부, 산업계, 연구, 학계와 더불어 축산업 종사자들의 유기적인 협력체계 구축과 이들의 인식개선이 우선되어야 한다. 특히 ICT나 BT(Bio Technology) 분야의 첨단과학기술 및 그의 융합기술에 대한 인식과 그에 파생될 수 있는 새로운 상품과 서비스뿐만 아니라 사료자원과 사양기술을 포함하는 신개념 축산에 대한 개척의지를 고양시키려는 노력 없이는 산업축진이 어렵다는 전망이다. 하지만 다행히도 귀농귀촌 인구가 증가하는 추세이고 세계 농식품 시장도 그

7) www.wikipedia.org

규모가 지속적으로 성장하고 있다.⁸⁾ 또한 최근 지속적인 한류 열풍으로 인해 한국에 대한 이미지 상승과 더불어 한국 농식품 수출이 증가하고 있다. 이러한 추세와 더불어 소비자들의 인식과 니즈가 까다로워져 품질이 좋고 안전한 농식품에 대한 수요가 증가하고, 농축산식품이 대형 유통되고 있으며 원활한 인터넷 정보망을 통해 직거래가 증가하고 있다. 이러한 기조의 배경에는 소프트웨어와 인공지능의 발달로 인한 인터넷 네트워크와 지동화 기술이 융합되어 스마트/모바일 폰, 이메일과 소셜 네트워크 및 다양한 웹검색 엔진의 개발이 있다. 따라서 이러한 ICT 정보통신기술을 축산에 접목하여 자동, 원격으로 가축의 생육환경을 적정하게 유지관리 할 수 있는 ‘스마트팜(SMART farm)⁹⁾(그림 4-3)’으로 발전하게 되었다. 스마트팜의 의미¹⁰⁾는 ‘가축의 생육정보와 환경정보



그림 4-3 축산 스마트팜의 개요

8) 통계청 통계자료 kostat.go.kr

9) 축산 스마트 팜 안내 리플릿, 농촌진흥청 국립축산과학원(2016)

10) 성경일, 김병완, 김희갑, 한명훈, 박규현, ICT 기반 스마트농업 현황분석 및 활성화 방안 연구, 미래창조과학부(2015)

등에 대한 정확한 데이터를 기반으로 언제 어디서나 가축의 생육환경을 점검하고 적기 처방을 가능케 함으로써 노동력과 에너지, 사료소비를 최소화하는 반면 가축의 생산성을 극대화 하여 삶의 질 향상과 함께 보다 지능화된 농업의 형태라 할 수 있다. 실제 이러한 스마트팜 기술을 이용하여 세계 각국에서는 실시간으로 환경변화를 측정, 가축을 관리하고 동물복지를 고려하며 정보를 교환하고 있다. 영국에서는 가축과 자연환경을 컴퓨터로 모니터링하고 홍수와 농약오염, 동물의 이동, 가뭄 등 다양한 상황에 대한 데이터를 수집하여 가축이 자라는데 최적의 조건을 만들어 주고 있다. 일본에서도 IT 회사가 영농에 참여하여 스마트 농기계를 개발하고 클라우드 서비스로 경영을 지원하고, 농작계획을 짜며 식물공장도 활발히 개발하고 있다. 이스라엘과 네덜란드에서도 인공위성으로 날씨 변화와 토지 상태를 모니터링하여 기후와 토질, 농수량에 의거하여 농사를 지을 수 있게 하고 있다. 우리나라에서도 축산분야에 자동급이기, 사료빈 관리기, 축사환경 모니터링, 번식 및 개량 시스템 등 다양한 형태의 ICT 기술들이 활용되고 있다.

4.1.3 스마트팜에 사용되는 기술

우리나라 축산업에서 사용되고 있는 스마트팜 장비는 다음과 같이 4가지(그림 4-4)로 나뉘어 질수 있다.

(1) 환경관리 장비

온도와 습도를 실시간으로 측정하고 유해가스를 감지하여 환기를 자동으로 관리함. 정전 및 화재를 감지하여 상황에 맞게 정전시 비상전기를 활성화 하고 화재발생시 알림 및 소화기를 작동함. 온습도 측정 및 조절, 정전과 화재 알림과 함께 CCTV 장비도 연계되는 경우도 있다.

4차 산업혁명과 식량산업



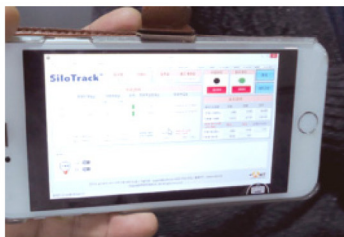
(a) 환경관리장비: CCTV 모니터링



(b) 사양관리장비: 자동 사료 급이기



(c) 건강 및 번식관리장비: 젖소 로봇 착유기



(d) 경영관리: 모바일 제어시스템

그림 4-4 스마트팜 장비

(2) 사양관리 장비

스마트팜의 사양관리 장비는 주로 사료에 관련되는데, 사료량과 사료급이의 빈도를 자동화 하여 가축이 필요한 상황에 맞게 사료의 양과 빈도를 조절하는 자동급이/급수 관리 시스템이 있다. 또한 사료를 대량으로 저장하는 사료빈의 경우 사료의 신선도 유지를 위해 온도와 습도를 유지하고 일정 사료량 만큼 관리 하는 것이 주 기능이다. 우유를 생산하는 착유우의 경우 착유기의 자동화가 있고, 계란을 생산하는 산란계의 경우 계란의 무게와 크기를 자동으로 측정하는 장비가 있다.

(3) 건강 및 번식관리장비

가축의 건강과 번식은 축산업의 승패를 좌우하는 중요한 요소이다. 이를 위해 정확한 체온측정은 필수적이고, 사료를 먹는 횟수, 씹는 횟수

등도 중요하다. 이와 더불어 다른 가축위에 올라가는 승가 현상과 생식기 및 호르몬 변화를 측정하여 신속한 발정 감지를 위한 장비도 사용되고 있다. 우유를 생산하는 작유우의 경우 유방염 감지 장치가 있다.

(4) 경영관리

스마트팜의 정착을 위해서는 경영관리의 업데이트가 반드시 필요하다. 이를 위해 농장경영을 기록하는 작업의 전산화를 통해 사료급여량, 음수량, 손실량 등이 실시간으로 모니터링 되고 투입대비 생산량이 자동 계산되고, 그에 따른 작업스케줄이 관리 되며 특정기간의 경영분석을 통해 생산성향상과 인력분배가 동시에 이루어 질수 있다.

4.1.4 축종별 스마트팜 사례

이러한 스마트팜의 첨단 장비들이 축산에서 활용되고 있는 사례를 축종별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 축우(한우, 유우)

한우와 유우사 내부에는 축사내 온습도를 측정하는 센서가 온도와 습도를 소의 사육에 적합한 수준으로 유지하고, 환기팬이 이와 연동하여 작동한다. 또한 누전과 화재 감지 센서가 항상 작동하여 유사시 알람 및 분수장치를 on/off 한다. 사육의 정밀성을 높이기 위해 자동 사료급여기(그림 45)가 시간에 맞춰 사료를 정해진 양만큼 급여를 하여 개체별로 사료급여량을 조절할 수 있어 정밀한 사양관리가 가능하고 사료를 급여하는 노동력이 절감되는 효과가 있다. 음수관리기는 소가 마시는 물의 양과 질을 항상 감지하는 자동 모니터링으로 질병과 고온스트레스를 조기에 관리할 수 있고, 누수 등의 결함도 조기에 발견할 수 있도록 해 준다.



그림 4-5 한우 사료자동급이기

가축의 경우 적기에 수정이 이루어지지 않으면 번식이 지연되고 경영비가 증가된다. 특히 소는 발정을 정확하게 인지하는 것이 까다로워 농가에서는 많은 어려움을 호소하고 있는데, 무인발정 알리미가 개발되어 소가 발정이 왔을 때 신속하게 대처할 수 있게 되었다. 무인발정기는 소의 발목이나 목걸이 형태로 장착되어 승가 동작 등 소의 발정을 감지하여 스마트폰으로 알려준다. 이러한 장치개발은 발정 발견율과 수태율을 크게 향상시켜준다. 이와 연동하여 번식기록을 컴퓨터로 기록하고 스마트폰 앱으로 바로 열람이 되어 번식효율을 향상시키고 근친교배 등 안 좋은 현상을 미리 방지할 수 있게 되었다.

어린 송아지의 경우 성장발달을 위해 어미소의 젖을 빨게 되는데 이러한 경우 젖의 영양성분이 부족할 수도 있고, 우유를 생산해야 하는 젖소의 경우 생산량에 악영향을 끼칠 수 있기 때문에 포유 로봇⁸⁾ (그림 46)이 대신하여 포유를 한다. 로봇포유를 할 경우 청결한 포유환경이 제공되어 송아지의 설사가 감소되는 효과가 있다. 또한 송아지 성장발달에 맞는 충분한 영양을 골고루 급여할 수 있기 때문에 송아지 체중이 증가하는 효과가 있고, 어미소 또한 포유로 인한 영양소부족현상이나 스트레스가 저감되어 체적점수(body condition score, BCS)가 개선되고, 번식률이 향상되는 효과를 볼 수 있다.



그림 4-6 한우 송아지 로봇 포유기



그림 4-7 젖소 자동 착유관리 시스템

젖소의 경우에는 개체사양관리 뿐만 아니라 매일 두 번씩 젖을 짜야 되기 때문에 노동력이 많이 드는데, 이를 개선하기 위해 자동착유시스템인 로봇 착유기 및 자동착유관리시스템(그림 4-7)이 도입되었다. 로봇 포유기는 생체정보를 개체별로 저장하여 개별 젖소의 사육연령과 생체리듬에 맞는 조절이 가능하고 유방의 세척, 마사지도 자동화되어 산유량이 증가하고 청결유지가 되어 유방염이 감소하는 효과를 준다. 또한 사람이 할 일을 로봇이 대신하기 때문에 노동력이 줄어드는 반면 소득은 증대되어 결과적으로 낙농인의 삶의 질이 향상되는 효과가 있다. 로봇착유기는 자동화뿐만 아니라 우유 안에 포함되어 있는 전해질과 체세포수, 유량 등도 실시간으로 확인하여 유방염발생의 신속한 감지 기능도 있다.

축사의 외부에는 방역관리를 위한 CCTV와 외부동물유입차단 장치 등이 설치된다. 사료는 사료빈에 저장이 되는데, 이 사료빈 안에도 사료의 변질을 방지하기 위한 여러 IT 장비들이 연동된다. 여름 및 장마철 고온다습한 환경이 되면 사료빈 내에서 이를 감지하여 온습도를 조절하고, 사료빈 내부에 암모니아가스 센서가 부착되어 변질시 자동으로 알려준다. 사료빈 안에는 사료의 잔량/무게 측정 장치가 있어 사료섭취량이 전체적으로 실시간 확인되어 가축의 이상 유무 확인이 가능하다.

(2) 양돈

돈사의 경우에도 환경관리를 위한 온습도 센서와 함께 누전과 화재 감지 센서가 설치된다. 양돈의 경우 축우사에 비해 분뇨의 냄새가 심한 경우가 많아 환경관리 센서에 이산화탄소와 암모니아 감지센서가 추가된다. 이들 냄새관련 화학물질 농도의 고저에 따라 환기팬이 연동하여 작동한다. 돈사는 보통 임신-분만-자돈-비육사로 나누어지며 각 특성에 맞는 장치들이 추가로 설치된다. 임신돈사에는 어미돼지의 발정을 신속하게 감지하기 위한 발정체크기가 있고, 모돈의 개체별 체중과 사육시기에 맞는 사료급이를 위한 모돈자동급이기(그림 4-8)가 설치되어 개체별 정밀 사료급여가 가능하다. 따라서 모돈이 분만에 최적화된 체형을 유지하도록 하여 사료비가 절감되고 자돈의 수도 증가하여 생산성이 향상될 수 있다.

기존의 돈사의 경우 임신돈은 좁은 공간에서 개별로 입식되었는데 최근에는 동물복지를 고려하여 임신돈을 넓은 공간에서 군사사육하여 난산을 방지하고, 번식률은 향상되는 결과를 얻었다. 출산에 임박한 모돈은 분만사로 이동한다. 분만사에는 분만을 마친 모돈이 자돈에 필요한 충분한 우유를 생산하도록 포유모돈 자동급이기를 통해 적절한



그림 4-8 모돈 자동 사료 급이기



그림 4-9 출하돈 선별기

양의 사료가 자동으로 급이된다. 한편 자돈은 출생 후 일정기간 모유를 섭취한 다음 자돈사로 이동하는데, 여기에는 액상사료 자동 급이기가 있다. 자동급이기는 사료형태를 액상으로 공급하여 자돈이 섭취하기 용이하고 먼지발생도 줄어드는 효과가 있다. 관행사육방법 대비 자돈의 일당증체량이 크게 증가된다. 돼지가 어느 정도 성장하게 되면 비육사로 이동하는데, 이곳에서는 돼지가 출하직전 시기까지 성장한다.

출하되는 돼지들은 체중이 일정해야 품질이 균일하게 되는데 이 비육사에 규격돈 선별장치(그림 49)가 설치되어 체중이 균일한 규격돈 출하가 가능하게 되고, 그 결과 체중이 균일한 규격돈 출하율이 크게 상승하는 효과가 있다. 규격돈이 자동으로 선별이 되므로 출하노동력이 감소되는 효과가 있어, 관행과 비교하여 출하작업이 단축되고, 선별 후 절식이 가능하여 도축장에서의 분노 등 폐기물 감소효과도 있다.

(3) 가금

계사의 경우는 고기 생산을 위한 육계사와 계란생산 위주의 산란계사로 나뉜다. 최근 조류독감(Avian Influenza, AI)의 발생이 빈번하여 계사의 환경관리는 철저하게 이루어지고 있다. 또한 너무 덥거나 습도가 낮고, 이산화탄소가 높을 때 닭들은 스트레스를 받기 때문에 충분한 환기가 필요하다. 또한 이런 환경은 닭의 성장과 건강과 직결되기 때문에

온습도센서와 이산화탄소/암모니아센서, 누전과 화재센서 등이 설치된다. 온도와 습도, 화학물질을 측정하는 센서를 적절한 위치에 설치하는 것도 중요하다. 센서 또는 감지봉은 닭들이 수로 많이 생활하는 급이, 음수 라인과 휴식장소 곳곳에 설치하고, 공기의 흐름을 파악하여 그 흐름을 따라서 설치하는 것이 좋다. 또한 벽이나 바닥에 닿지 않고, 직사광선이나 빗물이 닿지 않는 곳, 닭들이 물리적으로 접촉할 수 있는 공간은 피해서 설치한다. 계사인의 수분함량은 먼지의 농도와 병원성 미생물의 증식에 영향을 주고, 특히 고온일 경우에 습도까지 증가하면 생산성이 떨어진다. 따라서 온도센서는 습도센서와 같은 위치에 설치하여 동시에 측정하는 것이 중요하다. 또한 닭들은 분진, 암모니아, 이산화탄소, 일산화탄소 등의 공기내 오염물질의 농도에 민감한데, 심한 경우 병에 대한 저항성을 떨어뜨리고 성장을 저해하고, 이러한 오염이 심각해지면 폐사에 이르기까지 한다. 닭의 배설물인 계분이 분해되는 과정에서 암모니아와 이산화탄소가 발생하는데 계사바닥의 깔짚에 배설물이 축적되면 이러한 가스발생도 증가하므로 계사환경의 실시간 모니터링(그림 4-10)을 실시하여 동물복지를 향상시키고 사육환경을 개선할 수 있고, 정밀한 사양과 질병관리를 통해 생산성을 높일 수 있다.



그림 4-10 계사 내 환경 모니터링

계사내 빛은 닭 눈의 망막을 통해 시신경에 전달, 뇌하수체의 호르몬 분비를 자극하여 난소의 난포발육 및 배란을 촉진시킨다. 따라서 점등 제어는 육성기 닭의 성성숙을 조절하고 산란기의 산란촉진, 환우방지, 비타민 합성 등에 관여한다. 자연상태에서 닭은 봄철에 계란을 많이 생산하고 여름이 지나면 산란율이 감소하는데 이는 일조시간이 길어지는 계절에 닭은 주로 번식을 하기 때문이다. 따라서 일조시간이 짧아지는 계절에 산란저하를 막기 위해서는 점등을 조절한다. 계사의 형태와 계절에 따라 점등제어장치를 통해 점등이 자동적으로 이루어져 닭의 생산성이 향상되는 효과가 있다. 닭의 사육시기에 따라 사료와 음수는 사료/음수관리기에 의해 자동으로 조절되고, 닭이 섭취하는 양이 자동 모니터링되어 사양과 건강유지 및 질병이나 기타 문제를 조기발견할 수 있다.

알을 낳는 산란계의 경우 매일 계란을 생산하기 때문에 계란을 선별하고 수집하는 작업이 자동으로 진행된다. 이는 집란/선란 시스템¹²⁾(그림 4-11)이 컨베이어와 연결되어 집란수와 산란율 등의 데이터가 자동으로 산출되고, 그 양에 따라 컨베이어도 자동으로 제어된다. 계란의 양과 품질 데이터는 무선모바일 기기로 실시간 확인 가능하게 하여 원거리에



그림 4-11 집란/선란 관리시스템

서 농장의 관리 상태를 확인하고 이상 징후 발견 시 신속히 대처할 수 있다.

이러한 최신 ICT 기술을 접목한 스마트팜의 경우 대부분 양돈에 집중되어 있으며 평균 사육두수는 6,6천두로 규모가 큰 농가에서 스마트 축산이 이루어지고 있다. 최적 사료급이를 위하여 사양관리 네이터를 수집분석하여 적용하는 수준 높은 농가와 생산성 향상을 위해 정기적인 컨설팅을 받는 농가도 약 26%(19호)에 이르는 것으로 파악된다(표 4-1¹¹⁾).

이중에서 한 양돈농가의 실제 사례¹²⁾를 보면 자동급이기, 돈선별기, 사료빈관리기, 음수관리기, 군사사양장치, 돈사환경관리기, 생산경영 관리시스템 등을 도입한 P 농장에서 스마트팜 장비 설치 후 어미돼지 한 마리당 출하두수(Marketted-pigs per Sow per Year, MSY)는 5%, 상등급출현율은 7.7% 증가하고, 사료유구율(Feed Conversion Ratio, FCR)은 약 8.8% 감소하는 효과를 나타내었다. 본 양돈장 농장주는 대형 시설장비를 제어하는 업무에 종사한 경험이 있어 양돈생산관리를 좀 더 과학적이고 정밀하게 운영하는데 관심이 있었다고 한다. 한때

표 4-1 스마트 축산 통계

	양돈	양계	낙농	계
농가(호)	69	4	1	74
(%)	(93.2)	(5.4)	(1.4)	(100)
두수(두)	455,887	14,928	2,400	473,215
(%)	(96.3)	(3.2)	(0.5)	(100)
평균두수(두)	6,607	3,732	2,400	12,739
(%)	(51.9)	(29.3)	(18.8)	(100)

11) 농림축산식품부 자료(2016)

12) 스마트팜 코리아(www.smartfarmkorea.net)

구체적으로 사육돼지의 절반가까이가 폐사하자 전문가의 컨설팅을 요청하였지만 짧은 기간 농장을 둘러보고 진단하는데 있어 오랜 기간에 걸쳐 여러 가지 분석을 하여 그 데이터를 종합적으로 분석하면 좋겠다는 생각을 한 끝에 정부의 스마트팜 보급사업의 지원을 받아 도입하게 되었다. 도입 시 가장 주안점을 두었던 부분은 양돈 선진국 수준의 생산성을 달성하기 위해서는 정밀 농업이 최선이라고 생각하여 빅데이터기술을 활용한 많은 량의 정보수집에 중점을 두고, 신규장비를 설치하여 이러한 정보를 실시간으로 수집하였다. 그 결과 기존의 돼지체형과 단계마다 사료량을 변경하고 계량통을 매일 조절하는 수고가 불필요하게 되었고, 온도와 습도에 따른 환기나 음수조절을 자동화 하여 인력이 감소되는 효과를 보았다. 또한 농장에 설치된 모든 스마트 팜 장비의 정보들이 서버를 통해 컴퓨터에 기록 관리되어 일별, 주별, 월별 온도, 습도, 급이, 급수 등 다양한 데이터를 그래프를 통하여 쉽게 볼 수 있고, 급수량의 변화가 환경, 백신 혹은 질병 때문인지 분석 관찰이 가능하게 되었다. 구체적으로, 기존의 스톨사육방식에서는 모돈의 운동량이 적고, 분만사에서는 난산이 발생하는 경우가 빈번했으며, 체형이나 기온에 따른 사료와 음수량을 일일이 조절해 주어야 했지만, ICT 장비 설치 후에는 전자태그와 자동급이기를 통해 산차와 체형을 감지하여 자동으로 발정알림 및 사료급이가 진행되어 난산과 사산의 비율이 줄어들고 이유두수가 증하하였으며 사료의 허실이 감소하여 생산성이 향상되는 효과를 보았다. 농장주는 농가혼자서 활용을 극대화하는 데는 한계가 있다고 말하고, 장기간 축적된 데이터를 산업계, 학계, 연구기관과 공유하여 가장 이상적인 사양기술을 이끌어내는 것이 중요하다고 첨언하였다. 또한 장비 설치 후 철저한 유지관리를 실시해야 정확한 데이터를 얻고 장비의 수명도 길어진다. 또한 돈사내 ICT 장비는 컴퓨터와 연동되어 데이터가 보내지기 때문에 농장주는 컴퓨터프로그램과

스마트폰 활용에 익숙해져야 한다. 또한 농장주 및 농장관리자는 급이기, 선별기 등 각종 장비에 대한 이해와 지식이 있어야 하고, CCTV 등을 적극 활용하여 돼지와 장비의 이상 유무를 확인하는 애작이 필요하다.

젖소농장의 경우 환경관리기, 발정체크기, 자동급수, 급이기, TMR (Total Mixed Ration) 배합기, 사료빈관리기, 냉각기관리기 등의 ICT 장비를 설치한 강원도 Y농장이 있다. 이 농장의 경우 스마트팜 시행후 두당 착유량이 약 7.5% 향상되고, 사료비는 10% 감소하는 효과를 얻었다. 비용 절감과 고품질 우유의 생산량이 증가하는 효율적인 농장 스마트 팜 시스템 구축을 위해 카우매니저 프로그램의 적절한 활용으로 우유 업체, 수의사, 경영주의 연계가 높아졌던 것이 성공의 요인이라 할 수 있다. 스마트팜 도입 시 가장 주안점을 두었던 부분은 비싼 장비 선택을 위해 다른 농가의 상황파악을 하고, 유럽과 이스라엘 등 낙농선진국 견학을 통해 최적의 설비를 결정할 수 있었다. 그 후 장비를 정기적으로 점검하고 유지 및 관리를 꾸준히 하여 양질의 우유를 생산할 수 있게 되었고, 사료비용과 진료비용을 절감하게 되었다. 스마트팜 도입 시 소를 돌보듯이 기계에 대한 투자와 지속적인 유지보수는 스마트팜 운영에 매우 중요한 요소임을 강조하였다.

4.2 축산 스마트팜 발전 방향 및 전망

4.2.1 스마트축산 선진화 연구현황

현재 우리나라 축산업은 사육규모가 증가하고 종사자들의 고령화로 인해서 가축과 환경을 관리하는데 어려움이 점점 커지고 있어 ICT 기술이 접목된 스마트팜의 활성화가 반드시 필요한 실정이다. 하지만 현재 우리나라 스마트팜에 필요한 시스템들은 주로 외국에서 수입되고 있어 가격 및 유지보수에 대한 비용이 비쌀 뿐만 아니라 호환성이

부족하고 데이터의 외국 유출 또한 우려되는 상황이다. 또한, 국내 업체들은 외국기업에 비해 영세하여 기술력과 자제가 열악하고 다른 회사간의 부품이나 기자재의 호환이 거의 불가능하다. 또한 스마트팜에 대한 축산분야 ICT 관련 교육도 증가할 필요가 있다. 축산 선진국인 덴마크의 경우 축산식품에 대한 보안과 환경보호 정책을 주력으로 하여 철저한 교육을 통해 축산업 종사자들로 하여금 농업학교에 입학하여 국가시험으로 자격증을 취득하도록 하는 등 축산업 종사자들의 기상을 높이는 정책을 펼치고 있다. 농장주, 학교, 자문센터와 은행을 연결하는 총체적인 일원화 시스템이 갖춰져 있어 회계원리에서부터 농업기술, 분뇨처리 대책 등을 습득한 인력이 정부와 은행의 도움을 받아 농장을 경영할 수 있도록 지원하고 있다.¹³⁾

4.2.2 농업선진국 스마트팜 연구현황

농업선진국들의 스마트팜 추진현황을 보면, 미국은 1990년대부터 지속가능한 농업 및 환경축진을 주 전략으로 하여 미국과학재단의 주도로 나노, 바이오, 정보, 인공지능 기술을 개발하는 연구를 진행하고 있다. 유럽연합은 지식사회건설을 위한 융합기술 발전전략을 수립하여 기후변화, 환경, 에너지, 사회변화, 경제 및 무역, 건강, 지역경제, 사회 및 기술 등 향후 20년간 유럽농업에 발생 가능한 위기상황에 대비한 연구를 진행 중이고, ICT 융합 R&D에 대한 투자를 확대하고 있다. 네덜란드와 독일을 중심으로 친환경농업기술 개발을 위한 정밀농업 및 그린농업인 아이그린 프로젝트를 진행 중이며 교육과 연구연방기관과 농기계 제조업체, 관련 시스템, ICT 업체 등 다양한 분야의 민간업체들과 공동으로 연구가 진행되고 있다. 일본에서는 2004년 신산업 창조

13) 김연중, 서대석, 박지연, 박영구. 스마트 팜 운영실태 분석 및 발전방향 연구. 한국농촌경제연구원(2016)

전략을 시작되었고, 2011년 I-Japan 전략¹⁴⁾을 수립하면서 지능형 농작물 생산시스템, ICT를 활용한 농업생산지도 시스템, ICT 기반의 청과물 정보유통도 플랫폼 등 다양한 시범사업을 전개하고 있다. 중국에서도 식량안보 문제의 해결을 위해 농업생산효율성을 극대화 할 수 있는 ICT 기술의 중요성을 인지하고 농촌개혁의 전면적인 심화와 현대화가 속화에 대한 의견을 발표하고 농업 현대화를 위해 선진기술을 도입하기 위해 네덜란드, 이스라엘 등 농업 선진국 정부와 파트너십을 맺는 등 스마트 농업실현을 위한 연구를 적극적으로 지원하고 있다. 이러한 노력으로 해외 스마트팜의 연구기술은 각 개체별 모니터링을 통한 사양관리가 상용화 되었다. 소의 경우 발정탐지기 외에 분만탐지기가 상용화되어 있고, 일본은 전자태그를 활용한 소 분만 예측시스템을 사용하여 정확한 분만예측을 통해 송아지의 폐사를 방지한다.¹⁵⁾ 네덜란드에서는 로봇착유기가 개발되었고, 축사청소형 로봇¹⁶⁾을 이용하여 축사내 배설물과 쓰레기를 제거한다. 독일에서는 액상사료급이 시스템을 이용하여 사료급이를 원격으로 조절하고, 벨기에는 이미지프로세싱 기술과 패턴 인식기술을 통해 돼지의 위치와 행동을 모니터링한다. 미국에서도 돼지의 섭식행동을 분석하여 성장률과 질병상태를 식별하고 있다. 대만은 열화상 시스템을 이용하여 수정란 식별기술을 개발하여 계란의 온도를 측정하고 손상된 계란을 신속히 식별해 낸다. 벨기에는 음향분석 기술¹⁷⁾을 이용한 새로운 방법으로 육계가 개별적으로 모이를 쪼는 소리를 감지하여 사료섭취량을 매우 용이하게 측정할 수 있다.

14) 홍미영, 김은정, 스마트농업실현을 위한 농림수산 식품 R&D의 추진방향 및 과제, 한국과학기술기획평가원(2015)

15) 성경일, 김병완, 김희갑, 한명훈, 박규현, ICT 기반 스마트농업 현황분석 및 활성화 방안 연구, 미래창조과학부(2015)

16) www.lely.com

17) Computers and Electronics in Agriculture 91, 101

4.2.3 우리나라 스마트팜 연구현황

우리나라에서는 2000년 초반부터 정보통신부, 지식경제부, 농림축산식품부 주관으로 ICT 농업 융합에 대한 노력이 시작되었다. 2010년 이후 농업기술과 ICT 융합의 확산이 활발히 진행되어 농축산 현장에서 최신 ICT 기술들이 적용되어 작업의 자동화와 생산성이 향상되기 시작하였다. 현재 농림축산식품부는 농식품 ICT 융복합 확산대책을 통해 이 분야 연구에 대한 지원을 계속해서 늘려나가고 있다. 2011년부터 지원이 시작된 첨단생산기술개발사업은 총 292억 원 규모로 '시장개방에 대응한 농산업의 첨단화와 자동화를 촉진시키기 위해 농기계, 농자재, ICT 융복합 등 분야의 핵심기술의 개발을 지원하는 사업'이다.¹⁸⁾ 스마트팜 핵심부품 국산화, 로봇개발, ICT 접목 기술 및 현장으로 기술개발을 중심으로 운영된다. 2013년 미래창조과학부는 농림수산식품분야에 ICT 활용도를 높여 산업경쟁력을 강화하기 위한 창조비타민 프로젝트를 추진하여 시급한 과제를 우선적으로 추진 중에 있다. 2014년 기준으로 농림수산식품분야 주요 R&D 사업 중 농업과 과학기술의 융복합연구 분야에 투입된 예산의 비중은 약 20%인 것으로 파악 되었다. 이러한 노력으로 논문과 특허 등 과학기술적 성과가 증가하고, 농업과학기술 수준 향상 및 실질적인 농가경영비 절감으로 농촌 소득향상에 기여하였지만 효율적인 측면에서는 농림수산식품분야 과학기술적 성과는 국가 연구개발 전체에 비해 부족한 것으로 파악되고 있다.

축산에서 축종별 스마트팜 연구에 대한 지원확대도 필요하다. 한우와 젖소를 포함한 축우사의 경우 현재 옆문과 천장이 개방된 개방형 축사가 대부분이기 때문에 환경 및 질병제어를 향상시킬 수 있는 폐쇄형 우사에 대한 연구 및 지원이 확대가 필요하다. 폐쇄형 우사의 경우 환기팬으로

18) 농식품 R&D 투자방향 및 2017년도 추진계획, 농림축산식품부 과학기술정책과(2017)

공기흐름 및 환기를 제어하여 온습도 조절이 잘되고 환기팬에 필터 또는 악취저감장치 부착으로 우사의 냄새를 줄일 수 있으며 곤충이나 병원균등 유해한 요소들의 침입을 방지할 수 있다. 또한 기후변화에 따른 생산성 변화를 모니터링하여 사양환경의 최적화가 가능하다. 이러한 환경을 구축할 경우 유량과 수태율을 향상시킬 수 있다.

양돈의 경우 스마트팜 연구가 가장 활발히 진행되어 ICT 융복합 설비가 많이 개발되어 있다. 우선적으로 스마트팜을 잘 운영하고 있는 선도농가를 선정하여 모범스마트팜 농가들의 장점을 취하여 표준설계도를 제작하고 사례집을 배포하여 기존양돈농가들의 참여를 유도해야 한다. 양돈 스마트팜을 실시한 경우 출하두수 2.3두, 생산성 17%가 향상되고 사료비 및 군사사육에 대한 스트레스저하로 폐사율이 감소되는 효과가 있다. 이러한 효과의 적극적인 홍보와 함께 희망하는 농가에 대해서는 전문가 상담을 통해 각 농가의 실정에 맞는 스마트팜 설정이 필요하다.

스마트계사의 경우 양돈에서 사용되고 있는 장비를 그대로 활용하는 경우가 빈번하다. 앞서 언급한 바와 같이 닭을 고기를 생산하는 육계와 알을 생산하는 산란계에 따라 사육조건이 다르기 때문에 종류에 맞게 온도와 습도를 조절할 수 있는 환경구축이 필수적이다. 또한 신속한 암수구분 기술, 개체별 자동 사료급이 모니터링 및 사료종류를 조절하여 급이하는 ICT 기술개발에 대한 요구가 빈번하다. 이러한 기술이 개발, 활용될 경우 최소 10% 사료비절감효과가 기대된다.

4.2.4 스마트팜 비전 및 발전방향

현재 우리나라 축산업이 처해있는 어려운 상황을 극복하기 위해 1차, 2차, 3차 산업과 농업을 연계한 농업의 6차 산업화 정책추진에 ICT 기술이

접목된 스마트팜의 활성화가 필요하다. 스마트팜 설치 등 단기적인 지원외에 축종별 사육환경에 대한 구체적인 이해와 함께 상황에 맞는 ICT 적용 및 새로운 ICT 기술개발 연구에 대한 지원을 활성화하는 체계적인 전략이 필요하다. 한국농촌경제연구원과 미래창조과학부에서는 ‘농업인구감소 및 고령화 추세속에서 노동력의 필요성이 증대되고 있고, 축산업의 규모가 커지는 추세와 ICT에 친숙한 귀농귀촌의 인구가 증가됨에 따라 스마트팜 전문인력 양성 및 교육과 지원 담당자의 역량을 강화’하고 있다. 또한 기업과 연구기관, 지자체와 농가의 연계와 협력체계를 강화하고 ICT 융복합 연구 활성화에 대한 기반을 조성하였다.

우선 스마트팜 보급확대를 위해 ‘스마트팜을 적용하려는 농가를 발굴’하고 ‘축사시설의 현대화를 지원’하도록 하였다. 스마트팜 도입 시 초기투자비 및 운영비, 보급된 스마트팜에 대한 신뢰성 및 효과에 대한 확신과 경영기술 및 의지 부족을 해결하기 위해 축사시설 개량 지원금리 인하, 표준설계도 개정 및 축산컨설팅 전문가를 활용하여 스마트팜을 운영할 수 있도록 교육을 실시하고 있다. 또한 스마트팜 선도농가의 경영성과에 대한 홍보와 실습 및 견학을 확대하여 사전에 관련 환경 및 기술을 배울 수 있도록 하고, 적용모델이 이미 개발된 양돈을 중심으로 양계와 축우모델로 점차 확산을 추진 중에 있다.

한국형 스마트팜 모델 개발을 위해 국내 스마트팜관련 기술수준을 파악하고 우리나라 환경과 여건에 최적화된 R&D가 필요하다. 선진농가를 포함한 민간 ICT 융복합 우수 사례를 분석하여 보급모델화 하고, 핵심기술에 대한 표준화로 스마트팜 장비간 호환성을 확보한다는 방침이다. 국내 스마트 농업관련 기기들은 부분 제품 위주로 공급되어 왔거나, 수요자가 주문한 후 제작하여 공급함으로써 시설·장비 간 호환성 부족으로 고비용·저효율성이 자주 발생되고 있는 실정이므로, 개별 기업이 자체 기술을 개발하여 표준화할 수 있는 노하우를 제공할 경우

인센티브를 통해 기술개발을 촉진할 필요가 있다. 이를 위해 농촌진흥청, 출연연, 민간기업 등 기관별 전문성을 융합하여 한국형 스마트팜 산업화·글로벌화를 위한 연구가 계획, 추진되고 있다.

축산 스마트팜은 아직 초기 단계로 현대화된 축사에 ICT를 접목하여 컴퓨터와 스마트폰으로 사육환경을 제어하는 수준에 머물러 있다.¹⁹⁾ 스마트팜의 확산과 인프라를 조성하기 위해 스마트팜 전문 컨설턴트를 전문적으로 육성하고, 스마트팜 구성기기의 인증제도를 단계적으로 확립하며, 현장지원단 운영과 농업인들이 현장에서 교육을 받을 수 있는 실습형 ICT 교육농장운영이 확대될 방침이다. 스마트팜 전문교육 기관을 확대하고 ICT 융복합 전문 컨설팅업체 인증제를 도입하여 농업 기술 및 ICT 분야 전문인력 또는 농업기술 ICT 융합 전문인력을 보유하도록 하여 농업인뿐만 아니라 지도업무 공무원의 전문성도 강화한다. 또한 농식품 ICT 융합 golden triangle(산관학 연계)을 형성하여 참여 대학을 ICT 융합 특성화대로 지정운영중에 있다. 스마트팜 기기의 인증제도확립을 위해 1단계로 농촌진흥청에서 스마트팜 표준을 제시하고 스마트팜 보급 제품에 대한 규격, 서비스 등을 자율적으로 표준화하도록 하고 있다. 2단계로 스마트팜 구성제품의 표준규격 인증제를 도입하여 센서와 환경제어기 등 스마트팜 구성 기기에 대한 표준규격을 제정하고 기기의 안정성과 신뢰성에 대한 기준을 마련하였다. 또한 스마트팜 사후관리와 유지보수 지원기능 강화차원에서 스마트팜 커뮤니티형성을 통해 고장유형과 해결방안을 제품 생산업체 전문가와 연계하여 현장에로사항을 해결하고 있다. 스마트팜 확산을 위한 거버넌스 체계가 구축되어 농림축산식품부, 산업자원부, 환경부, 과학기술부, 농촌진흥청 및 대학과 출연연 등 다양한 유관기관의 협력과 지원이

19) 이병철, 정용제. 농축산 ICT 융복합 지원사업 평가. 국회예산정책처(2016)

이루어지고 있다. 농림축산식품부에서는 ‘농림식품과학기술육성증장 기계획’을 중심으로 농림축산식품산업과 ICT융복합 기술을 융합하여 경쟁력강화 및 고부가가치 첨단 산업화의 기반을 마련, 지식경제부 및 산업통상부에서는 농식품 생산-유통-소비단계의 IT융합을 통해 우리가족 안전안심 먹을거리 환경을 구축하고 농식품산업의 경쟁력 제고 추진, 미래창조과학부에서는 창조 비타민 프로젝트를 통해 생산정밀화, 유통지능화, 소비인진화 등 전빈에 걸친 침딘산업화·기업화·대형화를 지원하고 새로운 비즈니스 모델 확산 등의 정책을 수립하여 추진하고 있다.

5.1 수산업 현황 및 여건 변화

5.1.1 현황

수산업은 인류의 역사와 함께 시작되고 성장해 온 산업이다. 선사시대에 인류가 생존을 위해 먹거리를 구하는 방법은 산과 들에서 사냥 또는 채집을 하거나 강이나 바닷가에서 어패류를 잡는 것이 유일한 방법이었다. 이러한 원시적인 먹거리 생산방식이 기술과 문명의 발달을 기반으로 오늘날의 대규모 식량산업으로 발전해 오고 있다.

식량산업을 양적성장과 질적 성장 측면에서 살펴보는 것은 산업의 발달 과정을 전체적으로 파악하는데 유익한 관점이다. 양적 성장은 주로 인구수의 증가, 즉 시장 규모의 확대와 이를 충족시키기 위한 대량 생산기술이나 대규모 생산방식과 연관되며, 질적 성장은 소득 수준 향상으로 품질이나 안전성 등에 대한 소비자 욕구 증대와 관련이 있기 때문이다. 즉, 식량안보 확보 차원에서 식량산업의 성장동력이 무엇인지를 파악하는데 유익하다 할 것이다.

먼저 수산업의 양적 성장과 관련하여 우리나라 인구는 약 5천만 명 수준을 유지하다가 감소하는 것으로 전망되나, 전 세계 인구는 2000년에 약 61억 명, 2010년에 약 69억 명, 2015년에 약 73억 명을 돌파하였으며,

1) 김종모(해양수산부 수산정책과), 세종시 다솜2로 94 정부세종청사 5동, aqua8150@korea.kr
마창모(한국해양수산개발원), 부산광역시 영도구 해양로301번길 26, mcm1866@kmi.re.kr

4차 산업혁명과 식량산업

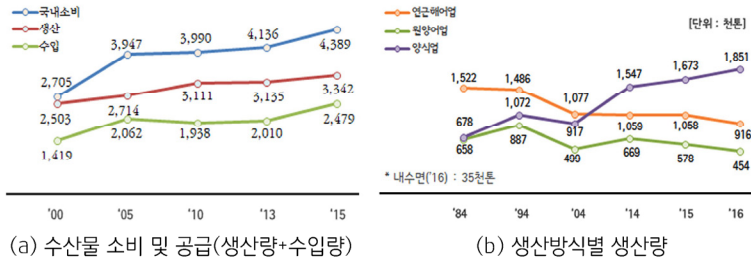


그림 5-1 수산물 수급 동향²⁾

2030년에는 약 85억 명에 달할 것으로 추정되고 있어 앞으로 늘어나는 인구를 부양하기 위한 동물성 단백질 등의 확보가 전 세계적인 과제로 대두될 것으로 전망되고 있다. 특히, 세계 1인당 수산물 소비량은 2013~2015년 평균 20.2kg 수준이나 2025년에는 21.8kg으로 연 평균 7.9%의 증가율을 보일 것으로 추정(FAO)되고 있으며, 우리나라 국민의 1인당 수산물 소비량은 전 세계 1위 수준으로 2015년 기준, 약 60kg으로 파악되고 있다. 이러한 수요에 대응하여 공급은 연근해 어업과 원양어업, 내수면어업, 양식업 등의 생산을 통해 약 330만 톤을 공급하고 있으며, 나머지 약 240만 톤은 수입을 통해 이뤄지고 있다(그림 5-1).

수산업은 농업과 같이 식량산업으로서 역할을 해오고 있으나, 농업과는 다른 특수성을 갖고 있다. 수산업은 인류 문명의 태동과 함께 시작되었으나, 최근까지 육상의 수렵·채집과 같이 바다에서 수산자원을 포획하는 생산방식을 유지해 오고 있다. 육상에서 BC 6천년 경에 수렵·채집의 생산방식을 뛰어넘는 농업혁명이 이뤄졌다는 점을 고려할 때, 바다에서 먹거리를 생산하는 방식의 발달이 늦어진 이유는 바다라는 공간적 특수성으로 인해 생식기술의 발전이 디디게 이뤄지고 있기 때문인 것으로 풀이된다. 1960년대부터 바다의 농업혁명이라 할 수 있는 양식업

2) 해양수산부 수산정보포털(<http://www.fips.go.kr>)

(기르는 어업)이 처음으로 시작되었으며, 초창기 양식업은 김, 미역, 톳 등 비교적 단순한 기술로도 생산이 가능한 해조류를 중심으로 이뤄졌고 1970년에는 굴, 피조개 등 패류 양식업이 성장하기 시작하였으며, 육상의 축산업과 유사한 고부가가치 수산물인 넙치, 조피볼락 등의 어류 양식이 1980년대부터 발달하기 시작하였다. 특히, 1960년대는 풍부한 수산자원을 기반으로 한 연근해 어업과 원양어업의 해외진출이 활발하던 때로 우리나라 전체 수출의 약 20% 이상을 수산물이 차지할 만큼, 국가 산업발전의 원동력이라는 위상을 가지던 때이기도 하다. 양식업 생산량은 2006년을 기점으로 어업 생산량을 처음으로 추월하고 2017년에는 어업생산량의 두 배 이상을 차지할 정도로 고도로 성장하였다.

한편, 국민소득이 높아지면서 소비자들의 식품안전에 대한 관심이 높아지고 있다. 2000년 초 납꽃게 사건 이후 말라카이트그린, 일본의 방사능 해양 유출 사고, 콜레라 등 식품안전 문제가 사회적 이슈로 대두되고 있고 수산물 소비 위축과 어가 소득 감소로 이어져 왔다. 이에 국가적으로 수산식품 안전관리시스템을 새로 만들거나 강화해 오고 있으며, 수산물 생산자, 가공업자, 유통업자들도 소비자들의 요구를 감안하여 안전한 수산식품 공급을 위해 최선의 노력을 다해 오고 있다.

5.1.2 여건 변화

수산업의 양적·질적 성장에도 불구하고 산업 경쟁력을 가로막고 있는 문제들이 상존하고 있다. 특히, 중국어선 등 불법어업이나 기후변화로 인한 수산자원의 감소, 어장의 생산성 저하, 적조·고수온·태풍 등 자연재로 인한 피해가 빈발하고 있다. 또한, 어가인구는 2004년 210천명에서 2016년 126천명으로 감소하였고 65세가 넘는 고령인구의 비율도 33%를 넘어서고 있다. 특히, 어업은 노동 강도가 높고 작업공정이 표준화되어 있지 못해 숙련된 선원이 아니면 견디기 쉽지 않은 실정



(a) 직조에 의한 양식장 어류 폐사

(b) 어업 작업 현장

그림 5-2 전통적인 수산업의 열악성

으로, 청년들에게 기피 업종으로 인식되고 있으며, 향후 최소한의 국가적 어업기반 유지가 국가적 과제로 대두될 것으로 예상된다(그림 5-2).

이와 같은 성장의 기회를 살리고 어려운 여건을 극복하여 수산업이 식량산업의 한 축으로 재도약하기 위해서는 수산자원 증대, 어장의 생산성 향상, 어업 현대화, 양식업 첨단화, 수산물 유통구조 선진화 등 다양한 분야에서 새로운 생산기술이나 생산방식의 도입이 시급한 실정이다. 이와 관련, 최근 최대 화두인 4차 산업혁명기술 시대의 도래는 수산업에 커다란 도전이자 기회가 될 것으로 예상되며, 우리 세대가 새로운 가치와 서비스 창출에 이 기술을 어떻게 활용하느냐는 수산업의 양적·질적 성장뿐만 아니라 일자리 창출이나 미래 식량안보 확보 차원에서 중요하고 신중하게 다뤄야 할 과제라 할 것이다.

5.2 수산업의 스마트화 동향과 사례

5.2.1 개요

세계적으로 수산업 분야의 스마트화 적용 사례는 많지 않으며, 우리나라의 경우도 일부 가두리양식장에서 바다의 수온, 염분, 용존산소, 수소이온농도 등을 자동으로 센싱을 하는 초보적 수준에 머물고 있다.

대부분의 국가에서도 전통적인 어선어업과 양식업이 주요 생산방식이 되고 있다. 다만, 일부 선진국을 중심으로 첨단기술이 접목된 사례를 확인할 수 있으며, 특히 북유럽 국가들을 중심으로 한 양식산업 분야에 활발하게 이뤄지고 있다.

수산업의 스마트화 수준은 전반적으로 물가나 지가가 비싸고, 인건비가 비싸서 축약적 성장이 필요한 분야에 나타나고 있으며, 자연환경 보호를 위한 환경규제가 심하고, 생태계 보호 및 소비자의 친환경 인식이 강한 경우에 첨단기술을 활용하여 극복하려는 경향을 보이고 있다. 개도국보다는 선진국에서 수산업의 경쟁우위를 확보하는 방편으로 첨단기술이 활용되고 있다.

지금까지는 수산물이 개도국에서 선진국으로 수출되는 경향을 보여 왔으나, 노르웨이 등 북유럽 국가에서 생산된 연어가 첨단기술의 접목을 통해 전 세계 시장에 수출되면서 개도국에 비해 가격 및 품질 경쟁력을 확보할 수 있게 되었다. 또한 북미 국가들은 과학적 자원조사를 토대로 엄격하게 수산자원을 관리함으로써 남획으로 자원이 고갈된 국가에 수산물을 수출하면서 상대적인 경제적 편익을 얻고 있다.

수산업에는 생산부문 이외에도 유통, 가공, 소비에 있어서도 첨단기술이 활용될 수 있다. 수산업 분야별로 스마트화 동향을 살펴보면,³⁾ 수산업의 생산, 가공, 어촌 부문에 있어 스마트화는 ‘저노동력 생산환경으로 개선, 실시간 생산환경 및 시장정보 획득, 친환경, 저강도, 저노동력, 저비용형 어업과 양식업, 선택적 자원관리형 어획, 자동조절형 수급시스템에 의한 양식 및 수산가공, 어촌지역의 네트워크화 등 지속 가능한 수산자원 관리 및 수산업 경영활동’ 등에서 조기에 도입될 가능성이 높다. 수산물 유통부문의 스마트화는 ‘어장에서 식탁까지 수산물의 저온

3) 한국해양수산개발원, 미래 신성장동력화를 위한 스마트 수산업화 전략 연구, p.32(2012)

저장 및 저온유통, 비용 절감형 시스템 구축 등이 일반화되고, 거래나 가격결정 단계에 있어 공간과 시간을 제한하지 않는 실시간, 저비용, 고효율, 거래관계자에 대한 정보 공유형 스마트 거래에 사용'될 것으로 보인다. 수산물 소비부문의 스마트화는 '소비자 지향형 상품화, 품질관리, 건강·안전 관리, 소비자가 원하는 맞춤형 수산물이나 수산식품에 대한 정보의 수집·분석 및 생산자와 소비자와의 소통에 이용'될 수 있다.

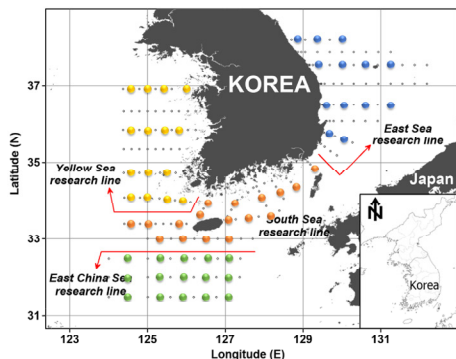
5.2.2 수산업의 스마트화 동향과 사례

(1) 수산자원 조사 및 관리

국내의 동물성 단백질은 수산물을 통해 약 34%가 공급되고 있으며, 이중 대부분이 어선어업을 통한 수산자원을 기반으로 하고 있기 때문에 수산자원의 시공간적 변동을 파악하는 것은 매우 중요한 기초 분야이다.

우리나라의 관할 해역은 육지의 4.5배(44만km²)로 표층에서 해저까지 시공간적·입체적으로 파악하고 예측하는 것은 수산자원의 이용과 관리에 핵심 요체이다. 지금까지 광활한 바다에 대한 관측·예측은 선박을 타고 직접 확인하는 과정을 거쳐 이뤄지고 있으나, 분기에 1~2회에 그치는 수준으로 예측의 정확도나 신뢰도에 한계가 있다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 방안으로 ICT, IoT, 드론, 인공지능 등의 4차 산업혁명 기술이 주목받고 있다.

실례로, 최근 우리나라 연근해에서 갈치, 참조기, 쥐치 등 주요 상업성 저서어류의 비중이 지속적으로 감소하고 있고 조업의 수익성 역시 감소하고 있다. 기후변화 및 남획으로 인한 자원량 감소로 추정되고 있으나, 직접적인 변동요인 및 장기적 변동양상 예측 시스템이 없는 실정으로 어선의 출어비용 증가와 생산성 저하가 지속되고 있다. 이에 대응하여 주요 연근해 어장별 수산자원의 변동을 예측하기 위한 시스템을 개발 중에 있으며, 어업인, 지자체, 연구기관, 정부 등 수산자원 정보가



(a) 동·서·남해 생태계 구조변동 조사 해역



(b) 해양생태계 운용모델 시스템 개념도

그림 5-3 수산자원 생태계 구조변동 조사해역과 운용모델 시스템 개념도⁴⁾

필요한 곳에 적절한 형태의 수산정보 서비스를 제공하기 위한 플랫폼을 구축 중에 있다(그림 5-3). 미국, 일본 등 해외 선진국들의 경우도 연근해 수산자원의 고갈과 변동성이 전 지구적으로 발생되고 있어 수산자원의 조사·관리 및 해양생태계 보전 등을 위해 자국 상황에 맞게 대응·적용

4) 해양수산부, 행정자료

기술 개발에 집중하고 있다. 전체적으로 볼 때 기존 연근해 관측체계를 IoT 기반의 광역·실시간·무인체계로 전환하고 있으며, 통합적인 생태계 특성을 규명하기 위해 기존 해수순환모델에 해양먹이망 등 방대한 분량의 빅데이터를 생산하여 인공지능 기반으로 해양생물학적 정보의 효율적인 생산과 관련 정보기술 개발을 확대하고 있다.

(2) 어선어업

어선어업은 광활한 바다에서 수산자원이 많이 분포하고 있는 어장(漁場)을 찾아 어획·포획하는 산업이다. 어장의 탐색, 어장에서의 어군(魚群) 탐색, 어획 등의 어로(漁撈)공정을 얼마만큼 효율적으로 하느냐에 따라 어업경영의 성패가 결정된다. 지금까지는 주로 선원의 경험이나 일부 수중 탐색 장비(소나 등)에 의존하여 이뤄지고 있어 어업효율이 낮은 실정이다.

우리나라에서는 아직 어업기술과 4차 산업혁명기술 간 융합이 활발하게 전개되지 않고 있으나, ICT·빅데이터 기술 기반의 해황(海況) 정보 분석이나 드론을 이용한 어장과 어군을 탐색, 어로공정의 기계화 등을 위한 기술개발 등에 관심이 커지고 있다.

EU의 경우 ICT 기술의 수산업 접목 가능성과 그에 따른 구조변화를 예측한 바 있다. EU는 수산자원과 어선을 관리·감독하는데 소요되는 시간, 인력, 비용, 장비 등을 개선하기 위해 ICT 기반으로 원격탐사, 정보수집·공유의 방법을 활용하였다. 인공위성을 활용하여 기상정보와 어선·어장 정보를 제공하고, 여기에 센서기술을 접목하여 수온, 염도, 플랑크톤, 적조 등에 대한 실시간 정보를 관련 기관과 개인이 공유할 수 있도록 하였다. 수산자원 모니터링으로 자원이 분포된 어장을 선제 파악하여 생산성 향상과 자원관리가 효율적으로 이루어지게 하였다. 이렇게 수집된 자료는 축적을 통해 자료의 효율성이 높아짐에

따라 데이터가 생성되는 양, 주기, 형식 등을 관리할 수 있는 통합관리시스템인 GIS(Geographic Information System)을 개발하였다.⁵⁾

또한 수산업의 고질적인 문제 해결을 위해 ICT 기술을 활용하고 있다. 효율적인 수산자원관리를 위해 어선 내 ICT 기술 적용을 추진하고 있으며, 선박 내에서 자원이 풍부한 어장을 우선 파악하여 생산의 효율성을 높이고, 어선이 안전하게 항해할 수 있는 기술을 적용하였다. 초음파 송수신기, 소나 등 자동 자원 세척기와 해상용 GPS, 자동운항장치, 전자해도 등 어선용 전자장비를 개발하였다. 여기에 ICT 기술을 적용하여 스마트폰을 통한 이해관계자들과의 실시간 정보공유가 가능하도록 하였다. 어획정보의 입력, 수집, 공유를 위한 방법들이 어업인과 소비자들이 쉽게 활용할 수 있도록 개발되었으며, 알머넌트 팔텔(Armenet Partel)社は 인마셋(Inmarsat C)을 이용하여 소비자와 지속적인 정보공유를 통해 80% 정도의 수산물을 양육하기 전에 판매하는 성과를 거두었다.⁵⁾

이외에도 EU는 수산물 소비가 증가하고 수입산의 비중이 늘어나면서 EU 역내 소비자들의 소비패턴 변화 실태를 파악하고자 하였고 소비자들 또한 수산물에 대한 더 많은 정보 수요를 알고 싶어하였다. 이에 따라 EU 역내 국가를 중심으로 ICT 기술을 활용하여 수산물 공급체인을 효율화하여 비용을 절감함과 동시에 수산물이 어획된 이후 식탁에 오르기까지의 전 과정을 소비자에게 투명하게 제공하기 위한 이력제를 시행하였다. 또한 EU는 재정지원을 통해 콤피쉬(Comfish) 프로젝트를 수행하였으며 수산업과 관련된 ICT 기술을 어민 또는 지역민, 업계, 정치가에게 교육하는 등 최신 ICT 정보를 공유하고, 어장 특성 및 생태계 연구, TAC 및 자원관리 문제를 공동으로 해결하기 위한 노력을 적극 추진하고 있다(그림 5-4).

5) 기획재정부, 수산업 구조개선방안, p.73(2015)

4차 산업혁명과 식량산업

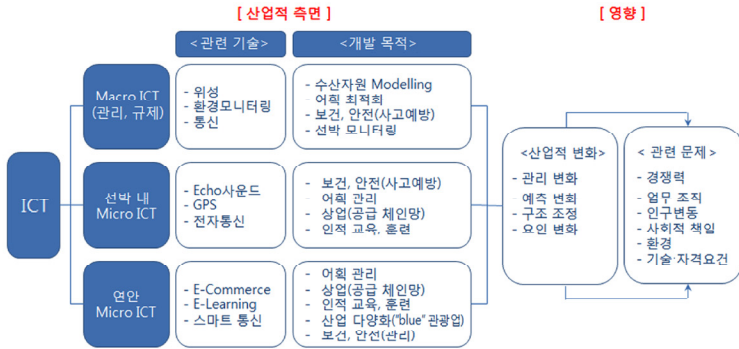


그림 5-4 ICT 기술의 수산업 접목 가능성과 구조변화 예측(EU)⁶⁾

스코틀랜드는 ICT 기술 기반의 조업감시센터를 통해, 선박모니터링 시스템, 포괄적 정보수집 시스템, 맞춤형 위험분석 시스템 등을 구축하여 불법어업 근절을 위한 다양한 방법을 운용하고 있다. 이를 통해 스코틀랜드 해역에서 조업하는 전체 선박에 대한 이동 위치를 실시간으로 감시하고, 주요 하역항에 대한 감시를 병행하여 불법어획물의 유입을 근본적으로 차단하고 있다(그림 5-5).

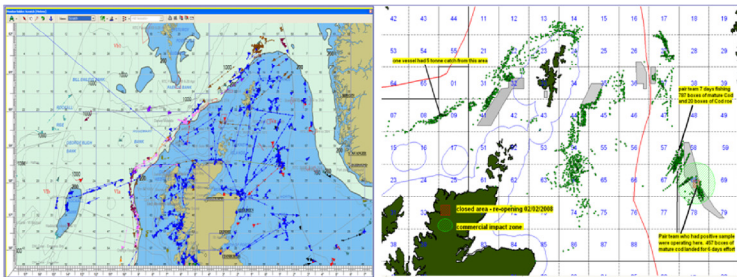


그림 5-5 스코틀랜드 연근해의 조업선 위치추적과 하역항 모니터링⁷⁾

6) EMCC(2003), ICT driving change in the fishing industry: A review of years: 1990-2002

7) 기획재정부, 수산업 구조개선 방안, p.120(2015)

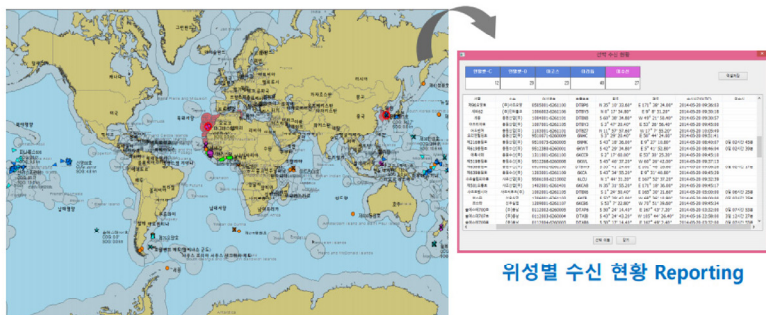


그림 5-6 전자해도 기반의 전 해역 원양어선 위치 추적⁸⁾

우리나라의 경우에도 수산자원 관리를 위한 IUU(Illegal, Unreported, Unregulated)어업의 모니터링 시스템 구축에 ICT 기술을 적용한 사례가 있다. 우리나라 원양어업에 대한 미국과 EU의 예비 불법어업국 지정으로 어려움에 처하면서 국내 우수 기술을 활용하여 전 세계에서 가장 효율적인 불법어업 시스템을 갖추게 되었다. 현재 원양어업 전 선박에 선박위치추적장치(VMS)를 장착하였으며 조업감시센터(FMC)에서 해외의 모든 선박들이 타국 이장 20해리 이내로 접근하면 자동 경보장치가 발생하도록 시스템화 시켰다. 이러한 모니터링 결과가 실시간으로 선주, 어선에 통보되도록 하여 선제적으로 불법어업 예방 조치를 취하도록 하고 있다(그림 5-6). 영국의 알키페라고社(Archipelago)는 어선에 ICT 기반의 모니터링시스템 장비를 제공하는 회사로서, 해상에서 조업하는 어선의 조업활동을 모니터링하고 기록·분석하여 어업활동 교육, 컨설팅 등 서비스를 제공하고 있다. 조사원은 어선에 설치된 비디오 카메라, GPS, 장치 센서로 수집된 정보는 소프트웨어를 통해 모니터링이 가능하도록 되어 있다(그림 5-7).

8) 기획재정부, 수산업 구조개선 방안, p.87(2015)

4차 산업혁명과 식량산업



그림 5-7 알키페라고社の 전자모니터링 시스템

미국과학재단(NSF)과 코넬대학이 공동으로 참여하는 시티즌 사이언스(Citizen Science) 사업은 전문가들과 일반 시민들이 데이터 생성에 참여하고 자료를 공유하는 시스템이다. 대표사업인 이버드(eBird)는 전세계의 일반 시민들이 관찰한 정보를 온라인으로 등록하고, 등록된 데이터의 빅데이터 분석 및 GIS 정보를 제공하여 기후변화 시나리오에 따른 조류의 이주활동 예측 모델 개발이 가능해진 사례가 있다. 이와

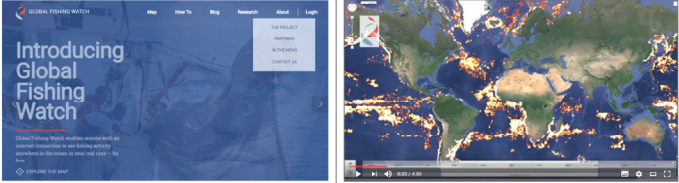
기업	특징
eBird	전세계의 일반 시민들에 의해 수집된 데이터 큐레이션 및 활용 
글로벌 어획 감시	빅데이터 분석을 통해 어획량과 불법 어획 활동 패턴 식별 

그림 5-8 글로벌 피싱와칭 국제협력프로그램

유사한 형태로 국제협력프로그램인 글로벌 피싱와치(Golbal Fishing Watch)는 위성과 센싱 기술로부터 수집된 빅데이터를 이용해 전세계 해역의 어획활동을 인터넷에 실시간 영상으로 제공하여, 불법 어획 활동 및 어획량을 감시하는데 활용되고 있다(그림 5-8).

(3) 양식업

양식업은 바다나 육상의 일정한 수면에서 김, 미역, 전복, 홍합, 새우, 넙치, 참돔 등 고부가가치 수산물을 길러서 수확·판매하는 산업이다. 양식업은 육상의 축산업과 같이 종자, 물관리, 사료, 질병 관리 등 비교적 분업화, 첨단화되어 가고 있다. 지금까지 양식업의 성장동력은 주로 BT가 주도해 왔으나, 실시간으로 어업인과 소비자가 원하는 정보를 제공해 주고 원격 조종할 수 있는 기술이 주도할 것으로 전망된다.

대표적인 첨단양식은 노르웨이의 연어양식을 기반으로 하는 글로벌 기업들이다. 노르웨이 마린하베스트 그룹은 양식산업 가치사슬 전단계의 수직계열화를 통해 연간 매출 5조원의 회사로 성장했다. 우리나라 전체 수산물 생산액이 7.2조원 수준임을 감안할 때, 놀라운 규모라 할 것이다. 동 기업의 대규모 양식장은 1~2명의 전문인력이 관리하고 있으며, 비상 상황이 발생하면 대응한다(그림 5-9). 프로그래밍된 자동급이기에서 사료를 공급하고, 데이터 전문가들은 도심에서 양식장을 실시간 데이터

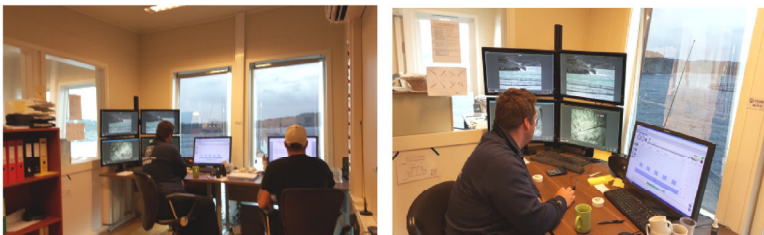


그림 5-9 노르웨이 외해양식장 운영 현장

4차 산업혁명과 식량산업



(a) 외해 양식장 LED 적용



(b) 외해양식 첨단사료급이기

그림 5-10 노르웨이 외해양식장 LED 적용 현장과 첨단사료급이기 운영 현장⁹⁾

로 분석하여 현장에 통보해주는 시스템을 운영하고 있다. 데이터 기반의 양식을 위해 사내 소프트웨어 역량 강화를 위해 노력하고 있다.

노르웨이, 덴마크 등에서 개발되어 사용되는 사료급이기는 양식 수산물의 특성, 먹이 섭취의 방법 등 축적된 데이터를 기반으로 작동된다. 기존 사료급이기는 타이머에 맞춰서 정량을 주는 방법이라면 양식수산물물의 움직임, 섭취 상태, 사료효율 등을 고려하여 개체적응형 사료급이기가 개발되어 현장에 적용되고 있다. 이외에도 양식 수산물 성장률 향상을 위해 LED 조명기술들이 활용되고 있다(그림 5-10).

최근에는 바닷물미(sealice, 어류성장을 방해하는 기생충)의 확산을 방지하기 위해 바닷물미 유충이 서식하는 연안 해조류 서식지역을 벗어나 보다 먼 외해로 양식가능지역을 확대해 나가려는 노력을 보이고 있다. 외해 환경조건에 버틸 수 있는 외해양식장 구조물 및 무인 양식장 관리 시스템 개발 등 외해양식 인프라 구축을 위한 R&D를 추진하고 있다. 최근 석유플랜트, 선박기술 등 타 산업기술을 양식업에 접목한 대규모 양식 플랜트 개발이 이루어지고 있으며, R&D 면허를 통해 실증단계에 돌입한바 있다. 여기에 바닷물미의 가두리 유입을 막고자 완전 차단형 해상양식 시설 개발이 진행 중이다(그림 5-11).

9) AKVA그룹, 2016년 미래양식투자포럼 발표자료



그림 5-11 노르웨이 첨단 외해양식 시설물¹⁰⁾

또한, 노르웨이 일부 기업들은 이미 첨단양식기자재 판매 및 소프트웨어 판매를 통해 부가가치를 높이고 있다. AKVA 그룹은 양식 기지제 자동화 시스템을 구축하여 50여개 국가에 양식기자재를 판매하고 있으며, 아쿠아매니저사(aM)는 입식부터 출하까지 전과정을 관리할 수 있는 의사결정시스템을 만들어서 판매하고 있다(그림 5-12).



그림 5-12 노르웨이 AKVA社와 aM社¹¹⁾

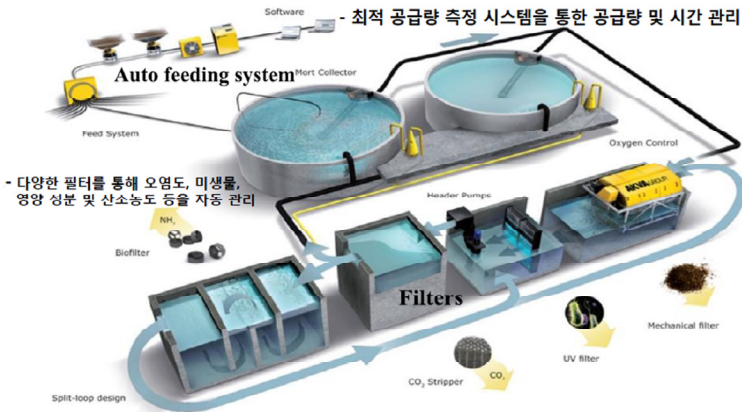
10) [http://www.nortrade.com/sectors/articles/petroleum-technology-for-ocean-farming/\(2017.3.17.\)](http://www.nortrade.com/sectors/articles/petroleum-technology-for-ocean-farming/(2017.3.17.)), [http://www.haugeaqua.com/Technology/\(2017.3.19.\)](http://www.haugeaqua.com/Technology/(2017.3.19.))
11) [http://www.akvagroup.com/home\(2015.11.23.\)](http://www.akvagroup.com/home(2015.11.23.)), [http://www.aqua-manager.com/\(2015.11.23\)](http://www.aqua-manager.com/(2015.11.23))

국내에는 우수한 ICT 기술을 보유하고 있음에도 양식분야의 현장 적용은 아직 초기단계에 있다. 최근 대표적인 양식품종인 넙치, 전복 등의 폐사율이 급증하고, 생산성이 하락하면서 경험과 자연환경에 의존한 전통적인 양식방법에 한계가 드러나고 있어, 첨단 ICT 기술 등을 활용한 극복방안이 모색되고 있다. 아직 초보단계이긴 하지만, 올해부터 인공지능 기반의 소규모 양식기술 개발이 처음으로 시도될 예정이다. 또한, 4차 산업혁명기술 기반의 대규모 첨단양식기술 개발을 위한 기획연구가 추진 중에 있으며, 동 과제를 통해 양식업의 혁신성장 동력을 모색해 나갈 계획이다. 향후 ICT/BT 기술 기반의 차세대 양식시스템은 수산물들이 가장 잘 살 수 있는 환경을 조성하기 위해 수질 자동 센싱, 생육환경 수집, 수질 여과, 에너지 재생, 설비 및 소재 기술 등을 결합하여 지능형 양식 분석 플랫폼을 통해 분석하고 예측하는 양식장으로 변모해 나갈 것으로 예상된다(그림 5-13).



그림 5-13 차세대 양식장 개념도¹²⁾

12) 기획재정부, 육상양식플랜트 개념도, p.113(2015)

그림 5-14 육상 양식 플랜트 개념도¹³⁾

미래의 양식장은 육상 및 해상에서 플랜트 형태로 건립되는 경향을 보이고 있다(그림 5-14). 이들 양식장은 첨단기술로 운영되면서 폐사율을 저감하고, 환경오염 부담을 저감하기 위해 노력하고 있다. 한편, 에너지비용, 인건비 등을 절감하여 가격경쟁력을 높이는 방향으로 발전해 가고 있다. 여기에 치어에서 출하까지 분류와 이송체계의 자동화를 통해 어류복지도 개선될 것으로 예상된다.

(4) 수산식품, 유통, 물류

수산물에는 농산물과 달리 빠른 부패성으로 인해 품질 및 안전성 유지에 상당한 어려움이 있다. 또한 전국 연안에서 소규모 생산되고 소량 소비되는 특성으로 인해 유통 경로가 복잡하고 단계도 많아 유통 비용이 상품 가격의 약 40~60%를 차지할 정도로 높은 유통효율성이 낮다. 한편, 소비자 입장에서 볼 때도 원산지, 안전성, 품질 등에 관한 정보가 요구되고 있으나, 제품 포장이나 표시 여건이 타 식품에 비해 좋지 않아 만족도가

13) 기획재정부, 육상양식플랜트 개념도, p.114(2015)

낮은 편이다. 최근 해외 선진국을 중심으로 ICT 기술을 통해 식품의 이력, 유통, 영양, 안전, 품질 등의 정보가 실시간으로 제공·관리될 수 있는 스마트 푸드 시스템을 구축하고, 3D 푸드 개발 등 다양한 융복합 R&D가 추진되고 있다.

선진국들은 개인 맞춤형 미래식품개발을 위한 다양한 융복합 R&D 사업이 추진 중이며, 미국, 노르웨이, 이스라엘 등의 국가에서는 식품 유통, 물류 관리에 RFID 기술을 적용하여 다양한 실증사업을 추진하고 있다. 미국 인프라탭社(Infratab)는 세미패시브(Semi-passive) 형태의 프레쉬타임 티엠(FreshTime™) RFID 태그를 개발하여 15분마다 온도 및 시간을 측정하고, 정상, 상함, 상하기 전 등 3단계로 구분 표시하는 시스템을 구축하였다. 노르웨이는 RFID 센서 태그를 이용하여 냉장 육류의 온도를 0도 이하로 유지해 박테리아 증식을 방지하고 육류 품질을 유지할 수 있는 슈퍼칠드 방법을 적용하였다. 이스라엘 세트팩 LA 社(StePac L.A.)는 RFID/USN과 GPS를 이용하여 식품의 온도, 습도, 유통기한, 개봉 여부를 실시간으로 추적하는 등 품질·안전관리를 수행하여 식품



(a) 노르웨이 RFID Super-chilled 적용사례



(b) 이스라엘 Xsense 기술 적용 사례

그림 5-15 유통분야 첨단기술 적용 사례¹⁴⁾

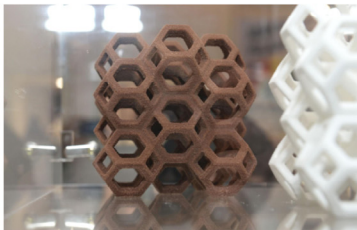
14) (a) <http://www.rfidjournal.com/articles/view?9022>, 2018.3.19

(b) <http://www.israelagri.com/?CategoryID=403&ArticleID=1244>, 2018.3.17

운송 중 손실로 인한 폐기율을 5% 이상 절감하였다(그림 5-15).

이외에도 3D 프린트를 이용한 식품개발 사례들이 늘어나고 있다. 영국의 엑스터 대학(Exeter University)에서 조콜릿을 재료로 하는 3D 프린터를 개발하였으며, 미국 나사(NASA)에서는 3D 프린터를 이용한 우주비행용 음식합성기 연구를 진행하고 있다. 미국 조콜릿 회사 허쉬와 세계 최대 3D 프린터 회사 쓰리디시스템(3D systems)은 초콜릿, 캔디 등 제과산업용 기술개발을 공동연구로 추진하고 있다. 스페인 내추럴머신(Natural Machine)社は 반죽이나 페이스트로 파스타와 빵을 만들 수 있는 3D 푸드 프린터를 개발하여 상용화를 위한 제품 개발을 진행 중이다. 국내에서는 한국식품연구원이 2010년부터 산학연 협동연구를 통해 생산에서 소비에 이르는 전 단계의 정보와 품질을 실시간으로 관리할 수 있는 u-Food System 사업을 추진 중이다. 최근에는 3D 푸드 개발을 추진 중이다. 관련된 기술은 u-Food 정보 DB 프로그램 개발, u-식품 품질관리용 센서태그와 센서노드 개발, ICT기반 신선식품 스마트 유통시스템, 3D 푸드 프린팅 등이다(그림 5-16).

양식수산물 생산 판매에 ICT 기술을 활용한 사례 중 하나는 인도의



(a) 3D 프린터로 만들어낸 초콜릿



(b) 3D 프린터 조리기구

그림 5-16 3D 프린터 제품 및 조리기구¹⁵⁾

15) (a) <https://www.confectionerynews.com/Article/2015/01/27/3D-chocolate-printing-has-bright-future-says-Hershey>(2018.3.17.), (b) <https://www.naturalmachines.com/>(2018.3.17)

안드라 프라데시(Andhra Pradesh) 주를 대상으로 아쿠아초팔(Aqua Choupal)을 추진한 사례이다.

아쿠아초팔(Aqua Choupal)은 어업인들의 생산성 향상, 불공정한 상거래를 개선을 위해 거래 비용을 절감하는데 필요한 모든 정보, 상품, 서비스를 지원하는 시스템으로 시장에서 전날 형성된 바감 가격을 기준가격으로 정하여 가격정보를 제공한다.

판매를 원하는 인드라 프라데시 중 새우 양식업자들이 가져온 수산물물을 검사하고 이에 맞는 가격을 제시한다. 매일 협상할 수 있는 최대 상한가가 제시되고, 생산자인 어업인 제시된 가격에 동의하면, 서류를 받아서 가장 가까운 ITC Processing center를 찾아 다시 품질 검사를 받고 중량을 측정한 후 즉시 대급을 지불받는다. 매 단계마다 문서화되기 때문에 어업인들은 성적증명서와 매매가, 영수증 등을 보관할 수 있다(그림 5-17).

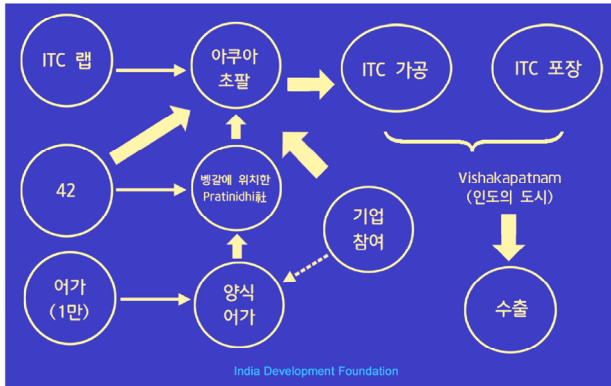


그림 5-17 아쿠아초팔(Aqua Choupal) 업무 흐름도¹⁶⁾

16) 한국해양수산개발원, “미래 신성장동력을 위한 스마트 수산업화 전략 연구”, p.75(2012)
http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/7120/7/07_chapter%202.pdf

5.3 스마트 수산의 전망과 과제

5.3.1 스마트 수산의 전망

수산업의 스마트화는 전통 수산업의 생산성을 제고하고, 새로운 비즈니스모델의 창출을 통해 수산업과 그 연관산업의 부가가치를 창출하는데 기여할 수 있다. 전통적인 수산업이 스마트화됨에 따라 어선어업 분야에서는 조업을 위한 어장 탐색비용이 줄어들고, 연료 절감을 통한 생산성이 향상되고 불법어업에 대한 모니터링 기술의 향상은 어장에서 남획 및 어장 황폐화를 저감하는데 기여하여 중국에는 지속 가능한 어업의 실현이 앞당겨질 것으로 전망된다. 양식분야의 첨단기술 융합은 경제성의 핵심요소가 되는 폐사율 저감, 사료계수 저감 등 양식비용을 절감할 것으로 기대되며, 수산물 유통분야에서도 거래비용을 줄이고, 선도유지를 통한 부가가치를 높일 것으로 전망된다. 아울러, 수산물 수급조절이 더욱 정교해져서 물가 안정화에 따른 생산자와 소비자 잉여를 향상시킨다. 수산업의 스마트화는 수산물 생산부터 소비까지 전단계에 영향을 미쳐 생산성 및 부가가치를 향상시킬 것으로 전망된다.

수산업이 첨단산업으로 이행되기 위해서는 양질의 데이터가 필요하다. 1차적으로 수산업 각 부문의 양질의 데이터를 모니터링하는 것이 첫 번째 사업영역이라면 빅데이터 분석을 통해 다양한 스마트 어선어업, 양식업, 유통가공업, 소비영역 등에 대한 솔루션을 제공하는 플랫폼과 인공지능은 2차적으로 가져올 수 있는 부가가치 창출 영역이다.

첨단기술의 융복합을 통해 수산업과 그 연관산업, 그리고 국내의 첨단기술이 상생하면서 부가가치를 창출 할 수 있다. 빅데이터 기반의 최적 생산, 유통, 가공을 위한 양질의 데이터를 서비스하고, 현장문제를 해결할 수 있는 스마트 솔루션을 판매하는 등 데이터 기반의 지식서비스로 새로운 형태의 비즈니스 모델이 창출 될 것으로 예상된다. 데이터기

반의 지식서비스산업으로의 이행은 다양한 수산기자재 산업과 연동되며 수산관련 기자재 시장의 수출산업화에도 기여하게 될 것이다.

5.3.2 스마트 수산을 위한 과제

2017년 해양수산부는 스마트 기술의 수산부문 융복합 과제를 잠정적으로 발굴하였으며, 시행계획은 추후에 검토될 예정이다. 구체적으로 스마트 기술을 활용하여 이업·양식 생산현장의 효율성을 제고하고, 바다의 자원보호, 해상에서의 안전성을 강화하기 위한 사업, 수산물 유통가공 효율화, 수산물 소비 활성화를 위한 사업, 귀어귀촌 활성화를 위한 어촌혁신 사업들이 발굴되었다(표 5-1).

표 5-1 수산업의 융복합 발굴 과제

추진 과제	주요 내용
1. 생산효율성 제고를 위한 과제	
IOT기반 에코피싱 연료측정시스템	• 유류측정센서, 플랫폼, 네트워크 기술을 융합한 어선연료 절감 기술
클라우드형 어황정보 공유시스템	• 각 어선의 센서를 통한 어군·해황 등의 정보로 정확한 어황 파악 기술
바다양식장 자연재해 알람시스템	• 육·해상 환경센서·CCTV·스마트폰 등을 활용한 재해 예측 기술
양식생육데이터 클라우드서비스	• 해상가두리 양식장의 사육정보 클라우드 컴퓨팅을 통해 양식 최적화 기술
양식수산물 수급 예측	• 사육환경, 소비 등 빅데이터를 활용한 양식 수산물의 가격·수급 예측 기술
2. 자원 안전관리를 위한 과제	
육상온서버 전자모니터링시스템	• 어획물 양륙항에서 영상계측·플랫폼 기반의 TAC 어획량 조사 기술
위치정보 기반 폐어구 회수시스템	• 어구의 전 생애주기 관리를 위한 ICT 기반의 실시간 모니터링 기술

표 5-1 수산업의 융복합 발굴 과제 (계속)

DMB기반 어선안전정보시스템	• DMB DGPS 기반의 실시간 어선 안전항로 정보 제공 기술
이선원 VR 안전교육 시스템	• 업종별 조업방식을 고려한 이선원 VR 안전 및 조업 교육 기술
빅데이터 기반 유해생물 출현·확산 예측	• 해황·기상 관측정보를 통해 유해생물(적조 등)의 실시간 출현·확산·예측 기술
지리적 프로파일링 활용, 불법어업 단속	• 과거 불법어업, 어선위치 정보 등 빅데이터를 활용한 어업지도 효율화 기술
기후변화에 따른 수산자원 변동 예측	• 우리나라 연구해의 해양먹이망 및 기초생산력 등에 대한 예측모델 기술
3. 유통가공 효율화를 위한 과제	
수산물 품질관리를 위한 영상분석 기법	• 가공과정에서 카메라를 이용하여 이물질 혼입 및 품질 저하 방지 기술
수산식품 선도관리 및 추적시스템	• 어상자 식별 기반의 위판장 입고부터 소매까지 선도 및 추적관리 기술
조업어선과 중매인간 중개 시스템	• 선도 유지를 위해 어장의 어선과 육상 중매인간 온라인 전자경매 기술
수산경영체 전자장부 표준모델	• 어가의 경영 의사결정 지원을 위해 생산·회계 프로그램 등 표준화 기술
4. 소비활성화를 위한 과제	
소비 빅데이터 기반 마케팅 건설링 지원	• 소비자 니즈 정보 수집 및 분석으로 중소기업의 마케팅 전략 수립 지원 기술
전자상거래 활성화를 위한 e-샘플링	• 수산식품의 기본·인증·검사 정보의 신속 검사를 위한 전자상거래 활성화 기술
수산업의 모바일커머스 및 옴니채널	• 소비자 구매방식 변화를 고려한 모바일 마케팅, 옴니채널 활용 기술
5. 어촌지역 활성화를 위한 과제	
어촌관광자원의 020기반 콘텐츠화	• 전국 어촌에 산재한 관광 콘텐츠 정보의 020 서비스화 기술
어촌지역 이주환경정보 검색지원	• 귀어귀촌 희망 도시민을 위한 맞춤형 정보 안내 시스템 기술
도서지역 어촌건강관리 서비스	• 건강관리서비스의 접근성이 낮은 어촌 주민의 건강관리 지원 기술

수산업의 생산 효율성 제고를 위한 사업으로는 IoT 기반 에코피싱 연료측정시스템 개발 사업이 있으며, 유류측정센서 및 플랫폼을 개발하면 조업기간 중 어선의 1일 사용 유류량의 5%를 절감할 수 있다. 연근해 어선어업의 효율성 증진을 위해 연근해 어선의 어군탐지기에서 수집된 어군 및 환경에 대한 원거리 정보를 무선으로 송수신하여 정확한 어황 파악 및 예측이 가능하도록 클라우드형 어황정보 공유시스템을 구축하는 사업도 발굴되었다. 우리나라 내민의 잦은 적조와 태풍, 고수온 등에 따른 피해에 대응하기 위해 센서, CCTV, 스마트폰을 활용한 양식 환경 관측 및 알람시스템 구축으로 자연재해 피해 감소 및 향후 재해 예측을 통한 전 해상의 양식어가에 해역별 자연재해 예보 및 경보 알람 서비스를 구축하는 사업이 발굴되었다. 최근 양식기술은 해상 가두리 양식장에서 측정한 환경·사육 정보를 클라우드 컴퓨팅을 이용하여 실시간으로 수집하고 분석하여 양식장별 생산 효율화를 위한 컨설팅이 가능하다. 이를 위해 양식생육데이터 클라우드 서비스가 주요 사업으로 발굴되었다. 수산물 수급 예측 모델도 제안되었으며, 주요 환경 요인 및 소비 빅데이터를 활용하여 기존 양식수산물 수급전망 모형을 개선할 수 있어 수급예측 정확도를 70%까지 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

수산업의 자원 및 안전 관리 영역에도 다양한 스마트 기술이 접목될 수 있다. 매일 어항에는 그 날 조업한 수산물이 하역된다. 하역된 수산물을 육상옵서버가 눈으로 확인하는 시스템으로는 그 날 하역되는 수산물을 정확하게 모니터링하는데 한계가 있다. 따라서 육상옵서버가 양육항에서 ICT 기술을 활용해 데이터를 자동 수집할 수 있는 시스템 구축을 통해 모니터링의 정확성 및 시간을 단축할 수 있다. 수산업을 통해 발생하는 수많은 폐 어구들은 물에 가라앉아서 살아 있는 물고기의 무덤이 된다. 이를 방지하기 위해 물에 가라앉은 폐 어구에 저에너지 저가의

센서를 부착해 위치정보를 파악하고 폐어구를 회수할 수 있는 시스템의 활용도 가능하다. 해상에서의 작업은 상시 위험이 도사리고 있다. 초보 선원들을 실제 현장에서 조업방법을 가르치게 되면 사고위험이 크다. 그래서 선원들에게 현실감 있는 VR 안전교육을 선행한 뒤 승선하여 사고내저 능력을 키우는 작업에도 첨단기술이 활용될 수 있다. 매년 우리 앞바다에 출현하는 유해생물들은 조류, 파도, 수온 등 해상의 자연조건에 따라 번식이 활발해 지거나 이동하게 된다. 해상의 실시간 관측정보를 활용하여 유해생물의 출현과 확산을 예측하는 시스템의 구축은 빅데이터 기술로 가능하다. 이는 기후변화에 따른 수산자원의 변동을 예측하는 모델에도 활용이 가능하다.

이외에도 우리나라 서해안에서 일어나는 중국의 불법어업을 단속할 때도 대도시의 범죄 예방을 위해 사용되는 지리적 프로파일링 기법을 활용하여 불법조업 발생 확률이 높은 길목에 예방차원의 단속선의 순찰에도 활용 가능하다.

수산업의 유통가공 효율화 영역에는 수산물 품질관리, 선도관리, 조업선과 중매인간 중개, 전자장부 등에 스마트 기술이 활용될 수 있다. 최근 식품을 생산하는 공장에서는 영상분석기법으로 이물질질을 확인하여 불량 식품을 자동으로 걸러내는 시스템이 사용되고 있다. 수산물은 이물질 혼입 사례로 인해 소비급감 사례를 경험한바 있다. 이를 예방하기 위해 수산물 가공시에 미세한 이물질질을 걸러내는데 영상분석기법을 활용하면 불량율을 감소시킬 수 있다. 수산물은 선도관리가 상품의 부가가치를 결정한다. 생산단계에서 각단계별 유통과정을 거쳐 소비자에게 전달될 때까지의 수산식품 선도관리 및 추적시스템의 적용이 필요하다. 바다에서 생산된 수산물은 모두 어항에 하역하여 경매를 거쳐서 수산물의 주인이 결정된다. 그 과정에서 거래비용이 늘어나고, 선도가 떨어지는 약점이 있다. 어선에서 수산물을 포획한

후 선상에서 온라인으로 전자경매를 하면 수산업 거래비용을 줄이고, 선도를 개선하는데 도움이 된다. 그 외에도 수산경영체의 생산관리 및 회계관리 전문성이 낮으므로 수산경영체 전문성 개선을 위해 전자장부 표준모델을 개발하여 교육사업을 병행하면 수산경영체의 경영의사결정 능력을 향상시키는데 도움이 된다.

수산물 소비 활성화에는 다양한 스마트 기술이 활용될 수 있다. 수산물을 소비하는 소비자로부터 소비 니즈를 수집하고, 수집된 데이터를 분석하여 수산관련 중소기업의 마케팅 전략 수립을 지원할 수 있다. 또한 수산가공식품의 기본정보, 인증사항, 검사정보 등을 유통업체가 한 번의 검색으로 파악 가능하도록 단일 템플릿을 개발하면 수산관련 중소기업들의 전자상거래를 활성화 하는데 도움이 된다. 최근 모바일 커머스 시장이 확대되고 있으므로 수산물 소비자의 구매방식 변화에 적합한 모바일 마케팅, 옴니채널을 활용하면 수산물 소비촉진에 기여할 수 있고 관련 일자리도 창출된다.

스마트기술은 귀어귀촌 활성화를 통한 어촌혁신에 기여할 수 있다. 어촌은 다양한 관광자원을 갖고 있다. 어촌 관광자원의 콘텐츠를 O2O (Online to Offline) 서비스화 하여 관광객들이 어촌관광 정보를 손쉽게 수집하고, 방문할 수 있도록 유도하는 사업이 가능하다. 또한 도시민의 경우 귀어귀촌의 의사는 있지만 정보를 체계적으로 검색하기에는 어려움이 있다. 따라서 어촌지역의 학교, 병원, 편의시설, 문화공간, 소득, 직업 등 정보를 검색 가능하도록 지원하는 서비스를 통해 자신에게 맞는 어촌으로 귀어 할 수 있도록 유도할 수 있다.

또한 어촌지역은 건강관리의 사각지대에 놓여있고, 노동환경이 열악하다. 따라서 접근성이 떨어지는 도서지역 어촌주민을 대상으로 웨어러블 기기 및 스마트폰용 앱을 보급하여 어촌건강관리서비스를 지원할 수 있다.

5.3.3 스마트 수산의 정책 과제

잘 알려진 바와 같이, 대외 시장개방이 확대되면서 수산업도 무한경쟁의 시대에 접어든지 오래되었으며, 대형 마트에는 수입산 수산물이 절반 이상을 차지하고 있다. 국내 수산업 기반 유지와 국가 식량안보 확보를 위해서는 기존 전통 수산업을 첨단 수산업으로 이행하여 글로벌 산업경쟁력 확보하고 어촌사회의 혁신을 유도할 필요가 있다. 아울러, 선진국들의 수산업과의 경쟁에서뿐만 아니라 타 산업과의 경쟁에서도 뒤쳐지지 않도록 지원해 나감 필요가 있다. 특히, 모든 산업과 사회에 걸쳐 영향이 예상되는 4차 산업혁명기술과의 융합에 많은 투자와 노력이 긴요한 시점이며, 이를 통해 기존의 수산물 생산·가공·유통 방식의 비효율성을 과감히 제거하고 새로운 비즈니스 모델을 창출하는 등 글로벌 수산강국으로 도약하기 위한 준비에 박차를 가해야 하는 중요한 시점이다.

이와 관련, 정부 차원에서 4차 산업혁명기술 기반의 수산정책을 추진할 필요가 있으며, 기본방향 및 주요 과제를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 어선어업은 주요 어장의 어황정보를 신속하고 정확하게 파악하여 저비용, 고효율, 지속가능한 어업기반을 마련해야 한다. 이에 에너지 절감형 어선 운영 기술, 친환경 어선추진 시스템, 지능형 어군탐지 및 클라우드형 공유분석 시스템, 통합어선안전정보 제공기술의 개발 등 한국형 스마트어선 및 어업기술을 개발하여, 지능형 고효율 친환경 어업시스템 구축에 집중할 필요가 있다.

둘째, 양식업은 지능형 양식플랫폼, 양식시스템의 연동 및 자동화, 양식장 설비 및 사육·제어 기술, 양식데이터 클라우드 서비스 구축, 재난 조기경보기술 등 과학적 양식업의 육성이 필요하며, 사료·종자 및 기자재 표준화 등 연관산업 육성을 통한 부가가치 창출에도 집중

투자해 나가야 한다.

셋째, 수산물 소비자의 입맛은 빠르게 변하고 친환경 안전한 수산물에 대한 소비자 기호가 높아지고 있다. 이에 수산물의 유통, 위생, 안전관리를 첨단 지능형으로 혁신하고 생산·소비단계의 가치사슬을 연계하는 ICT 기반의 온디맨드 오픈 플랫폼을 구축하며, 수산물의 선도, 온도, 이력정보, 품질을 제어할 수 있는 스마트 품질관리 시스템을 구축할 필요가 있다.

넷째, 4차 산업혁명을 활용한 어촌사회 혁신도 필요하다. 어촌어항에 ICT 기반 클린시스템을 도입하여 쾌적한 해양환경을 조성하면 국민 복합휴양시설로 활용될 수 개선할 필요가 있다. 아울러, 어촌어항 지원 시스템, 어업인 건강관리시스템 제공 등을 통해 어촌마을 복지 및 편의 사각지대를 해소하는데 4차 산업혁명을 활용할 수 있다.

다섯째, 바다와 수산자원, 어선어업, 양식업, 수산식품산업 등 수산분야와 4차 산업혁명기술의 소양을 겸비한 전문인력 양성도 적극 추진될 필요가 있다. 이러한 전문가들이야 말로, 새롭고 현실적인 해결책이나 대안을 제시해 줄 수 있고 미래 수산업을 이끌어 갈 주역으로 성장할 것으로 기대되기 때문이다.

이외에도 수산업의 4차 산업 혁명 기술들을 접목하는 사업 이행을 위해서는 시장지향형 R&D를 강화하고, 기획체계를 개선하는 한편, 사후지원 확대 등 실용화 관점의 R&D 프로세스 혁신이 필요하다. 4차 산업혁명기에 요구되는 혁신적 기술의 특징인 확장성과 경제성을 확보할 수 있도록 R&D 역량을 집중해 나가는 것도 중요한 과제가 될 것이다.

우리나라 수산업이 영세성을 벗어나지 못하고, 규모화 되지 못하는 이유 중 하나는 생산이 불확실하고, 자연환경에 의존적이기 때문이다. 그러나, 이러한 어려운 여건 하에서도 수산업이 발전할 수 있었던

것은 타 분야의 발전된 기술을 지속적으로 현장 여건에 맞게 수용할 수 있었기 때문이라고 생각된다. 4차 산업혁명기술은 광활한 바다에 대한 정보 부족, 불확실한 생산, 언제 닥쳐올지 모르는 재난·재해에 대한 대응력을 높여주고 지속가능한 수산업·어촌의 발전과 청년들에게 양질의 새로운 일자리를 제공하는 강력한 수단이 될 것으로 전망되는 만큼, 앞으로 정책적인 과제 발굴이나 투자 확대 등을 적극 추진해 나갈 필요가 있다고 본다.

6.1 지능형 자동화를 위한 4차 산업혁명 기술의 의의

식품공장은 식품의 대량생산이라는 대명제를 구현하는 수단으로 인식되어 있는데, 식품공장과 관련된 기술은 1차 세계대전과 2차 세계대전을 겪으면서 군수용 식품의 대량생산이라는 수요에 부응하면서 획기적으로 발전하였다. 오늘날의 식품은 과거 군수용 식품의 수요를 충족하기 위한 것과는 달리 민수용 식품의 수요를 공급하기 위한 생산이 주류를 이루고 있고, 민수용 식품을 생산하기 위한 식품공장의 양적 팽창은 군수용 수요를 비교할 수 없을 정도로 추월한 상태이다. 이러한 현상은 인류의 식습관의 변화뿐만 아니라 식품공장에서 생산된 식품의 질적 수준이 소량 수제방식으로 생산된 식품의 질과 견줄 수 있는 수준에 이른 것에도 기인하고 있다.

흔히, 전쟁의 관점에서 식품공장의 발전 양상을 살펴볼 수 있다. 전쟁의 관점에서 식품의 대량생산을 바라다보는 것은 흔히 있는 일인데, 식품공장의 발전을 이끈 요인이 명료하기 때문이다. 전쟁의 관점에서는 전장의 특성을 반영하고 있다. 즉, 전장의 특성상 군수용 식품은 신선식품보다는 가공식품의 형태로, 장시간 조리를 해야 하는 식품보다는 바로 먹을 수 있는 즉석식품의 형태로, 단기저장보다는 장기저장이 가능한 가공식품의 형태로, 그리고 휴대나 수송이 편리한 포장에 적용

1) 한국식품연구원 바이오공정연구단, 전북 완주군 이서면 농생명로 245, yjcho@kfri.re.kr

된 가공식품의 형태로 발전하였다. 물론, 전쟁이 끝난 후 군수용 식품공장은 민수용 식품을 생산하는 식품공장으로 자연스럽게 전환되었고, 또한 확대되었다.

식품공장의 자동화와 관련하여 또 다른 관점에서 그 특성을 이해할 수 있다. 여기서는 전쟁의 관점에서 식품공장의 발전을 바라나보는 대신, 제1차 산업혁명부터 제4차 산업혁명까지의²⁾ 산업기술의 관점에서 식품공장의 특성을 간단히 소개하고자 한다.

식품공장에서는 식품가공을 위한 다양한 단위조작이 공정을 형성하여 운영되고 있다. 구체적으로, 원료의 세정, 원료의 선별 및 정선, 분급 및 분쇄, 혼합 및 에멀선화, 여과 및 분리, 추출, 결정화, 살균, 증발 및 농축, 건조, 저장, 냉동, 발효, 포장, 기타 보조조작들로 이루어진 가공공정이 식품기계나 설비에 의해 운영되고 있다.

1차 산업혁명을 불러온 핵심기술은 증기기관의 발명으로 대표된다. 증기기관은 인력이나 축력을 대신하여 공장을 가동하는 원동력이 되었으며, 증기기관의 도입 덕분에 생산성은 상상하지 못할 정도로 향상되었다. 증기기관이 동력원으로 도입된 대표적인 공장이 섬유공장과 제분공장이었다. 특히, 제분공장의 생산성 확대는 식품가공공장의 기계화로 이어져 가공식품의 생산량이 크게 증가하였다. 이와 같이 1차 산업혁명 시기에 식품공장은 기계화로 이어졌으며, 그 기계화는 기계적 역학을 이용한 기계적 자동화 설비가 개발되어 식품공장의 생산성이 크게 향상되는 것으로 이어졌다.

2차 산업혁명의 핵심기술은 전기이다. 1차 산업혁명을 불러온 증기기

2) 1차부터 4차까지 산업혁명의 시기에 대해서 여러 가지 주장이 있으나 발표자료에 따르면 1차 산업혁명은 1760년부터 1870년까지, 2차 산업혁명은 1870년부터 1960년까지, 3차 산업혁명은 1960년부터 2015년까지, 4차 산업혁명은 2015년부터 시작되었다고 소개하고 있다(문길주, “Time to Restart for Future - 다시 시작하자”, (사)출연(연)연구발전협의회 총연합회 2017 제3회 콜로키움, 2017. 10. 26., 대전).

관은 전기를 생산하는 발전기³⁾의 발달로 이어졌으며, 나아가서 전기는 전동기⁴⁾의 개발을 불러왔다. 이러한 기술의 혁신과 진보는 자연스럽게 식품공장의 자동화 형태를 변화시키는 요인이 되었다. 2차 산업혁명 시기에 전기의 출현으로 인해 대량생산이 가능해진 대표적인 산업은 자동차산업이다. ‘포드자동차’는 전기를 동력원으로 하는 라인생산 시스템을 도입하여 자동차의 가격을 획기적으로 인하할 수 있었고,⁵⁾ 값싼 자동차의 대량 보급은 사회시스템 전체를 변화시키는 계기를 제공하였다. 유사하게, 식품공장의 자동화도 전동기를 중심으로 이루어졌고, 과거 식품공장의 기계식 자동화는 전기식 자동화로 급격히 대체되었다. 전기식 자동화의 핵심기술은 식품공장에서 가공식품을 제조하는 과정에서 식품의 품질을 향상시켰을 뿐만 아니라 가공식품의 제조 후 이어지는 포장단계에서 포장의 불량률을 감소시켰고, 또한 다양한 포장 방법을 개발하게 한 원동력이 되었다. 더구나, 식품공장 내에서 전기 신호를 이용한 각종 계측·제어장치는 자동화 수준을 더욱 향상시켰다.

3차 산업혁명기의 핵심기술은 컴퓨터와 인터넷이다. 이 시기에 계측·제어장치를 포함하여 공장자동화를 위한 요소기술들이 과거에 비해 더욱 소형화되고 정교해졌는데, 공장자동화는 지능형으로 발전하였다는 점이 가장 큰 특징이다. 즉, 과거 2차 산업혁명기의 전기식 자동화는 온·오프제어나 비례제어⁶⁾ 방식의 수준에 머물렀으나 3차 산업혁명 시기에서 도입된 자동화 방식은 컴퓨터가 제어를 관장하게

3) 발전기는 기계에너지를 전기에너지로 변환하는 장치이다.

4) 전동기는 전기에너지를 기계에너지로 변환하는 장치이다.

5) 포드자동차의 ‘모델 T’는 컨베이어 시스템(conveyor system)에 의한 최초의 대량생산 자동차이며, 가격은 종래의 900달러에서 300달러로 낮춰졌다. 이로써 ‘모델 T’는 본격적인 자동차의 대중화 시대를 견인하였다.

6) 비례제어(Proportional Control)는 목표치와 현재치의 차이에 비례하여 제어하는 방식으로, 현재치가 목표치와의 차이가 크면 제어량이 크고, 그 차이가 줄어들면 제어량도 줄어드는 방식의 제어 시스템을 말한다.

되면서 예측된 신호를 이용하여 실시간으로 시뮬레이션을 하여 제어 신호를 결정하는 방식으로까지 발전하게 되었다.⁷⁾ 더구나, 이 시기에는 컴퓨터 시각, 전자 코 등 인간의 오감을 감지하는 센서 기술이 공장자동화에도 도입되어 식품공장의 생산 및 품질 관리 기술은 지능형 자동화를 구현할 수 있게 되었다.

마지막으로, 4차 산업혁명에서는 공장의 지능형 자동화가 고도화되어 과거 3차 산업혁명기의 단순 지능형을 뛰어 넘어 인간지능에 도전하는 인공지능의 시대를 예견하고 있다. 심지어 어떤 영역에서는 인간의 지능을 능가하는 인공지능의 능력이 예상되고 있다. 4차 산업혁명의 요체는 인공지능과 로봇이다. 물론 인공지능과 로봇은 4차 산업혁명에서 공장자동화의 핵심기술로 활용될 것이 분명하며, 식품공장의 경우도 예외가 아니다. 여기서 인공지능과 로봇은 종합기술에 해당하므로 인공지능과 로봇의 요소기술의 관점에서 보면 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 모바일 기술로 세분하여 살펴 볼 수 있다. 4차 산업혁명기의 로봇은 3차 산업혁명기의 그것에 비해 지능화가 훨씬 더 진전되어 인간의 지능을 모방할 정도의 인공지능을 탑재하거나 일부 기능에서는 오히려 인간지능보다 뛰어난 인공지능을 탑재할 것으로 예상되고 있다. 또한, 인공지능은 과거 정형화 데이터를 처리하던 수준에서 정형화 데이터는 물론이고 문자, 영상 등의 비정형화 데이터도 처리하는 능력을 구비하게 됨에 따라 정형 데이터와 비정형 데이터를 모두 취급하

7) 비례제어(Proportional Control, P 제어), 비례적분제어(Proportional-Integral Control, PI 제어), 비례미적분제어(Proportional-Integral-Differential Control, PID 제어) 등 다양한 제어 방식이 있다. PI 제어는 P 제어에서 나타난 잔류편차를 줄이기 위하여, 편차를 누적한 후 그 누적치를 제어량에 더해주는 방식이고, PID 제어는 PI 제어에서 반영하지 못했던 응답속도를 보완하기 위해 미분을 도입하여 시정수, 시상수 등을 보완하는 방식으로 PI 제어보다 빠른 응답속도를 얻을 수 있다. 한편, 모델기반 시뮬레이션 공정제어(Model-Based Simulation Control)는 고속의 컴퓨터를 이용하여 실시간으로 단위 공정 또는 공정 전체를 시뮬레이션 한 후, 그 결과를 제어에 반영하는 방식을 말한다.

는 빅데이터를 처리하는 능력을 구비하고 있는 것이다. 뿐만 아니라 사물인터넷과 모바일 기술은 이미 획득된 데이터뿐만 아니라 현장의 실시간 데이터를 직접 수집하여 그 데이터를 또한 실시간으로 처리하는 기술을 제공하고 있다. 한편, 과거 상상도 할 수 없을 정도로 광대한 데이터는 클라우드 컴퓨팅에 의해 처리될 수 있다.

따라서, 본 장에서는 식품공장 자동화에 대해서 4차 산업혁명의 핵심기술인 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 모바일 기술의 관점에서 조망해 보고자 한다.

6.2 사물인터넷과 공장자동화

6.2.1 사물인터넷의 기술적 특징

사물인터넷(Internet of Things, IoT)은 종래 사람과 사람의 연결 수단 이었던 인터넷이 기계와 기계, 기계와 사람 사이의 연결을 위한 핵심 수단으로 떠오르고 있다. 사물인터넷에 의한 연결성은 제조공장의 완전 자동화를 위한 첨단 제조시스템을 제공하게 된다. 여기서 연결성은 유선 인터넷은 물론이고 무선 인터넷 즉, 모바일 시스템에 의해 구현된다. 사물인터넷에 의한 연결성은 궁극적으로 모든 개체(entity)들에 대해서 연결이 이루어지는 사회를 구현할 수 있기 때문에 흔히 일컫는 ‘초연결사회(hyperconnected society)’를 실현할 수 있을 것으로 전망되고 있다. 더구나 사물인터넷의 연결 주체가 되는 개체는 실제개체(real entity)뿐만 아니라 가상개체(virtual entity)라는 주체도 가능하기 때문에 ‘초연결’은 과거 상상하던 네트워크 이상의 양상을 만들어가고 있다. 대표적인 예로서, 사이버상의 지능인 인공지능은 로봇과 같은 유형의 존재에 국한하지 않고 경계나 실체가 모호한 무형의 가상존재로도 작동할 수 있다.

사물인터넷은 식품공장의 완전자동화를 위한 핵심 요소기술 중의 하나로서 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫째, 제조용의 각종 단위기계뿐만 아니라 작업자, 관리자, 경영자 등의 인적자원 등 식품공장의 모든 개체들 사이에서 언제, 어디서든 인터넷을 통해 네트워크를 구성하여 연결될 수 있다. 이때, 연결 네트워크를 통해서 계측신호, 제어신호, 수집된 정보의 분석신호, 관리자나 경영자 등의 판단신호 등 각종 신호가 소통될 수 있다.

둘째, 사물인터넷에 의한 공장의 네트워크는 공장 내부 연결뿐만 아니라 제조공장 외부의 여러 가지 개체들과도 연결망이 구축될 수 있다.

셋째, 사물인터넷은 각종 센서나 통신망을 통해서 정보를 수집하거나 제공하는 역할을 함에 있어서 인간지능뿐만 아니라 인공지능에 의해서도 작동될 수 있다.

넷째, 사물인터넷은 하나의 컴퓨터에 의해 작동될 수도 있지만 클라우드 시스템과 같이 분산된 다중 시스템에 의해서 작동될 수 있다. 여기서 데스크탑 PC, 태블릿, 스마트폰, 고성능 컴퓨터 등 각종 유형의 컴퓨터뿐만 아니라 스마트안경, 스마트밴드, 스마트워치 등과 같은 웨어러블 디바이스(wearable devices), 그리고 스마트오피스, 스마트팩토리, 스마트카 등과 같은 임베디드 디바이스(embedded devices) 등도 다중 시스템을 구성하는 개체들로 활용될 수 있다.

6.2.2 사물인터넷의 경제적 가치

사물인터넷의 경제적 가치는 매우 크다. 그 가치를 수치로 계량하기는 어려우나 그림 6-1의 예를 통해 사물인터넷의 경제적 가치를 가늠해볼 수 있다. 그림 6-1은 사물인터넷 가치사슬의 한 예로서, Frost & Sullivan(2014)이 제시한 사물인터넷의 구조를 표시한 것이다.

그림 6-1에서 보는 바와 같이, 식품공장의 자동화를 위해 사물인터넷



그림 6-1 사물인터넷 가치사슬의 예⁸⁾

을 활용하는 방안은 매우 다양하다. 회사 경영상 재무관리부터 공정최적화까지 사물인터넷 기술을 활용하여 공장자동화를 더욱 효과적이고 효율적으로 달성할 수 있다. 물론, 그림에서 소개한 관심사항 외에도 홍보 등 다양한 업무를 수행할 수 있다. 사물인터넷 구조에서 가장 기초가 되는 요소는 데이터 수집 및 연결망 구축을 위한 핵심기술이다. 그러므로 식품공장의 자동화를 위한 사물인터넷은 단순히 연결망 구축을 의미하는 것이 아니라 데이터 수집을 위한 각종 센서 기술을 포함해야 한다. 또한, 센서 기술과 연결망 구축으로 이루어진 사물인터넷은 공장 내부에 국한하지 않고 공장 외부에서 수행되는 작업들 즉, 소비자 패턴의 실시간 분석과 같은 소비자 관리 등에도 적용되어야 사물인터넷을 활용한 공장자동화를 제대로 구현하게 되는 것이다.

8) Frost & Sullivan, 2014

6.2.3 공장자동화 응용을 위한 사물인터넷의 핵심기술

(1) 사물인터넷의 구성

그림 6-2는 사물인터넷의 구성을 나타낸 것이다. 사물인터넷은 센서 기술, 데이터, 네트워크, 서비스로 구성된다. 여기서 사물인터넷의 시스템은 표준화를 전제로 한다. 표준화 시스템은 각각의 사물인터넷들이 서로 호환성을 가지도록 함에 있어서 필수조건으로 요구된다.

사물인터넷은 각종 사물에 내장된 정보처리 칩과 통신 칩에 의해 여러 가지 센서로부터 데이터를 수집하고 정보를 처리하며 다른 사물이나 사람과 인터넷으로 연결되어 네트워크를 형성하여 각종 서비스를 제공하는 시스템을 말한다.

식품의 생산이나 급식 시스템에서 사물인터넷이 적용된 사례로는 회전초밥감지(회사명: 스시로), 하피포크(회사명: 하피랩스), 스마트프레시(회사명: LG 유플러스) 등이 있다.

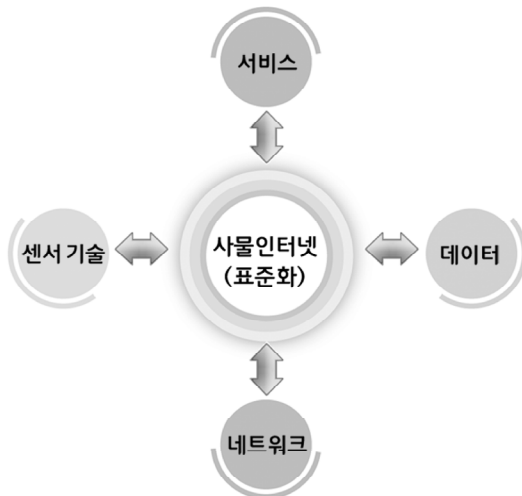


그림 6-2 사물인터넷의 구성: 센서, 네트워크, 데이터, 서비스

(2) 사물인터넷의 센서 플랫폼 기술

사물인터넷에서 핵심요소 중의 하나인 각종 센서는 정보수집을 담당한다. 이러한 센서는 센서 플랫폼을 기반으로 작동되므로 사물인터넷의 센서 플랫폼 기술은 매우 중요하다. 사물인터넷을 구현하기 위한 센서 플랫폼은 센서가 데이터를 수집하는 명령을 내리고 수집한 데이터를 처리하며, 데이터를 분석한 결과를 토대로 실행명령을 내리며, 이러한 기능과 함께 통신이 가능하도록 한다. 그러므로 사물인터넷을 위한 센서 플랫폼은 센서 모듈, 구동기 모듈, 데이터처리 모듈, 통신 모듈로 구성되어 있다. 사물인터넷을 위한 센서 플랫폼을 구현하는 제품은 다양하게 출시되어 있으며, 개방형 센서 플랫폼으로는 표 6-1에서 보는 바와 같이 Arduino(회사명: Atmel), Raspberry Pi(회사명: Broadcom),

표 6-1 사물인터넷을 위한 센서 플랫폼 제품의 예⁹⁾

제품명	회사명	기술의 특징
Arduino	Atmel	- ATmega 계열 저전력 프로세서 - Arduino 통합개발환경, C++ 기반 - 윈도우, 리눅스, 맥 OS X 플랫폼 지원
Rasp- berry Pi	Broad- com	- Broadcom BCM2835 Soc, ARM Cortex-A7 0.9 GHz 프로세스 - 이클립스 등의 통합개발환경 - 리눅스 플랫폼 중심 - Python 언어 기반
Beagle Bone	TI	- ARM Cortex-A8 프로세서 - 이클립스 등의 통합개발환경 - 리눅스, Android 플랫폼 지원
Galileo	Intel	- Intel Quark x1000 프로세서 - Arduino 통합개발환경 - 윈도우, 리눅스, 맥 OS X 플랫폼 지원

9) 이슈퀘스트 산업조사실, 2016

BeagleBone(회사명: TI), Galileo(회사명: Intel) 등이 대표적이다.

(3) 사물인터넷의 네트워크 기술

사물인터넷의 네트워크 환경은 종래의 유무선 인터넷과는 달리 통신의 범위가 크게 확대되어 사물 사이의 통신을 구현한다. 예를 들면, 사람 사이에서 고속으로 무선인터넷을 구현하는 데에는 CDMA, WCDMA, WiFi, LTE 등이 사용되고 있으며, 저전력 및 저비용으로 근거리 무선통신을 가능하게 하는 네트워크로는 ZigBee, Bluetooth, NFC 등이 사용되

표 6-2 사물인터넷을 위한 주요 네트워크의 방식과 특징¹⁰⁾

네트워크 방식	기술의 특징
ZigBee	- IEEE 802.15.4 PHY 표준 메시 네트워크 - 초소형, 저비용, 저전력의 무선 센서 네트워크 구축 가능 - Bluetooth와 경쟁 - 868MHz(20kbps), 915MHz(40kbps), 2.4GHz(205kbps) - 통신거리 10~100m
Bluetooth	- 초소형, 저비용, 저전력, 스타 네트워크 - Bluetooth 4.1(24Mbps) - 다양한 제품 존재(예, 마우스, 키보드, 이어폰 등) - Apple iBeacon에서 사물인터넷 목적으로 Bluetooth 4.0 활용 - 통신거리 100m
Z-Wave	- 스마트홈 시스템으로 개발된 표준(유럽 중심), 메시 네트워크 - 저비용, 저전력의 무선 센서 네트워크 구축 가능 - 869MHz(9.6kbps), 908MHz(40kbps) - 통신거리 30m
WiFi	- IEEE 802 표준, 스타/메시 네트워크 - 무선인터넷용 Access Point 근처에서만 이용 가능 - 고속(~54Mbps) 무선 네트워크 구축 가능 - 기종이 다른 Access Point 사이에서는 로밍 불가 - Access Point와의 통신거리 100m

10) 이슈퀘스트 산업조사실, 2016

고 있다. 사물인터넷을 위한 주요 네트워크의 방식과 특징을 소개하면 표 6-2와 같다.

우리나라에서, 사물인터넷을 위한 네트워크의 인프라를 구축함에 있어 SK텔레콤, KT, LG유플러스 등 이동통신사들이 주도하고 있고, 이들 통신사들은 사물인터넷 시스템을 위해 ITU-T, ISO/IEC, IETF, IEEE, ETSI, OGC, oneM2M 등 다양한 표준화 기구에도 참여하고 있다. 다만, 사물인터넷을 위한 네트워크는 이미 다양한 표준들이 구현되고 있기 때문에 향후 하나의 단일 표준을 구축하기는 매우 어려운 형편임을 인식할 필요가 있다.

6.3 클라우드 컴퓨팅과 공장자동화

6.3.1 클라우드 컴퓨팅의 기술적 특징

클라우드 컴퓨팅은 가상 컴퓨터들의 네트워크화라고 말할 수 있다. 즉, 인터넷이라는 네트워크를 통해 컴퓨팅 자원을 공유하여 사용하는 시스템으로 정의할 수 있다. 그러나 클라우드 컴퓨팅의 정의는 각 기관마다 조금씩 달리하고 있는데, IEEE¹¹⁾의 정의에 의하면 “정보가 인터넷 상의 서버에 영구적으로 저장되고 데스크탑이나 테이블 컴퓨터, 노트북, 벽걸이 컴퓨터, 휴대용 기기 등과 같은 클라이언트에는 일시적으로 보관되는 패러다임”이라고 표현하고 있고, NIST¹²⁾에서는 “이용자는 IT자원(소프트웨어, 스토리지, 서버, 네트워크)을 필요한 만큼 빌려서 사용하고, 서비스 부하에 따라서 실시간 확장성을 지원받으며, 사용한 만큼 비용을 지불하는 컴퓨팅”이라고 정의하고 있으며, 한편 Gartner¹³⁾는 “인터넷 기술을 활용하여 다수의 고객들로부터 높은

11) 미국 Institute of Electrical and Electronics Engineers

12) 미국 National Institute of Standards and Technology

13) IT분야의 연구기업으로서 미국 코네티컷주에 본사를 두고 있음

수준의 확장성을 가진 자원들을 서비스로 제공받는 컴퓨팅의 한 형태”라고 정의하고 있다.¹⁴⁾

클라우드 컴퓨팅은 공유경제의 대표적인 산물로서 투자비와 운영비를 크게 절감할 수 있을 뿐만 아니라 서비스를 신속하게 제공받을 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 클라우드 컴퓨팅은 기술의 특징을 서비스 모델(service model)과 전개 모델(deployment model)로 구분하여 이해할 필요가 있다.

먼저 서비스 모델에 대해서 살펴보면, 이 모델에는 SaaS(Software as a Service), PaaS(Platform as a Service), IaaS(Infrastructure as a Service)가 포함된다. SaaS는 필요한 때에 ERP, CRM, 오피스 등과 같은 소프트웨어를 구매하지 않고 인터넷을 통해 제공받는다. PaaS는 소프트웨어를 개발하고 실행하기 위한 개발환경을 인터넷을 통해 제공받는다. IaaS는 웹관련 소프트웨어를 실행하거나 DB 저장 등에 필요한 서버, 저장장치와 같은 IT 인프라를 필요한 때에 별도로 구매하지 않고 인터넷을 통해 제공받는다.

다음으로, 전개 모델에 대해서 살펴보면, 여기에는 퍼블릭 클라우드(Public Cloud), 프라이빗 클라우드(Private Cloud), 커뮤니티 클라우드(Community Cloud), 하이브리드 클라우드(Hybrid Cloud)가 포함된다. 퍼블릭 클라우드는 초기 투자비용이 적고 인터넷을 통해 사업제공자의 서비스를 누구나 인터넷을 통해 사용할 수 있다. 프라이빗 클라우드는 자체 클라우드 시스템을 구축하기 때문에 투자비용이 많이 소요되나 보안이 뛰어난 장점이 있다. 커뮤니티 클라우드는 서로 유사한 특성을 지닌 조직들을 묶어서 그 조직들을 위한 클라우드를 구축하는 모델이다. 예를 들면, 금융권에서 금융관련 서비스를 제공하기 위하여 하나의

14) 스마트팩토리과 첨단제조기술 관련 실태와 기술개발 전략, 이슈퀘스트, 2016.

클라우드를 구축하는 모델이 있다. 하이브리드 클라우드는 퍼블릭 클라우드와 프라이빗 클라우드를 혼합한 모델로서 보안이 필요한 영역에서는 프라이빗 클라우드 모델을 채택하는 반면에 그 외 영역에 대해서는 퍼블릭 클라우드 모델을 적용하는 방식이다.

6.3.2 클라우드 컴퓨팅의 구조

그림 6-3은 클라우드 컴퓨팅의 구조를 도시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, 클라우드 컴퓨팅은 가장 하부에 물리적 시스템을 기초로 하여, 가상화 층이 구축되고, 그 위에 프로비저닝¹⁵⁾ 층이 구성되며, 가장 상부에는 서비스 관리체계 층이 구성된다.

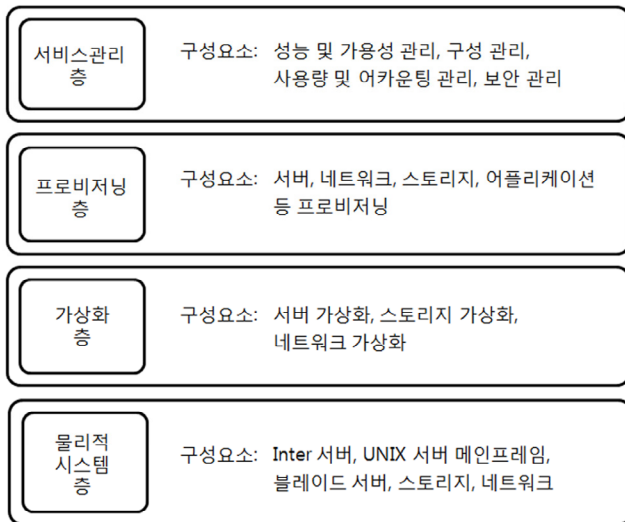


그림 6-3 클라우드 컴퓨팅 구조

15) 프로비저닝(Provisioning)은 네트워크·통신 분야에서 사용하는 컴퓨터 용어로서 이용자의 요구에 따라 신속한 서비스를 제공함을 의미한다.

물리적 시스템에 해당하는 층은 하드웨어 영역으로 서버, 스토리지, 네트워크 장비 등이 여기에 포함된다. 가상화 층은 클라우드에서 제공하는 가상 머신, 가상 스토리지, 가상 네트워크 등 가상의 인프라 영역에 해당한다. 이 영역에는 하이퍼바이저,¹⁶⁾ 스토리지 가상화 솔루션, 네트워크 가상화 솔루션 등이 포함된다. 프로비저닝 층은 이용자의 요구에 따라 가상 인프라를 생성하는 영역으로서 관리체계 층에서 내려진 프로비저닝 명령에 따라 가상 인프라를 생성하거나 삭제하는 기능을 수행하게 된다. 마지막으로, 서비스 관리체계 층에서는 성능과 가용성, 자원, 사용량과 어카운팅을 관리하는 영역이다. 또한, 이 영역에서는 가장 중요한 기능 중의 하나인 보안을 관리하는 층이다.

6.3.3 클라우드 컴퓨팅의 적용 사례

앞에서 소개한 바와 같이, 클라우드 컴퓨팅의 기술적 특징을 고려할 때 클라우드 컴퓨팅은 중소형 공장의 자동화에 매우 유용하게 활용될 수 있다. 특히, 우리나라 식품산업의 특성상 대부분의 공장들이 중소형 기업의 형태이므로 클라우드 컴퓨팅의 유용성은 더욱 기대된다. 여기서는 클라우드 컴퓨팅 기술이 적용된 산업의 사례를 소개함으로써 우리나라 식품공장에서 관련 기술을 적극 활용할 수 있도록 하고자 한다. 각 산업 분야별로 적요한 사례는 다음과 같다.

(1) 의료 분야

미국의 '샤프 커뮤니티 의료그룹'에서 공동관리 솔루션 모델을 적용한 클라우드 시스템을 구축하여 활용하고 있다. 해당 그룹에 가입한 병원에서는 클라우드 시스템을 통해 전자의료정보에 접근할 수 있도록 함으로써 고급 수준의 분석이나 임상판단을 지원하고 있다.

16) 여러 개의 가상 머신을 동시에 실행하기 위한 소프트웨어의 총칭

(2) 로봇 분야

구글에서는 ‘클라우드 로보틱스’의 모델을 제시하고 있다. 이 시스템에서는 로봇이 조작이나 수변 인식 등을 할 때 소요되는 방대한 양의 데이터 처리를 클라우드 컴퓨팅으로 해결하는 솔루션을 소개하고 있다.

(3) 금융 분야

‘BankSimple’이라는 बैं킹 클라우드 시스템은 ‘퍼블릭 클라우드’ 모델을 활용하여 각종 정보에 접근하는 서비스를 제공하고 있다.

향후, 식품공장에서 클라우드 기반의 공장자동화를 실현하기 위해서는 다음과 같은 기반조성이 무엇보다도 선행되어야 한다.

첫째, 식품산업의 특성을 이해하는 클라우드 전문가들의 풀(pool) 구성이 필요하다. 이들 전문가를 통해 기술컨설팅을 받는다면 클라우드 기반의 식품공장 자동화를 용이하게 구현할 수 있을 것이다.

둘째, 식품산업에서 클라우드 컴퓨팅을 효과적으로 활용하기 위해서는 주요 업종에 대한 기술표준화가 필요하다. 이러한 표준화는 국제표준화를 지향할 때 더욱 효과적이다.

셋째, 식품공장을 위한 지능형 공장자동화에 적합한 클라우드 시스템에 대해 인증제도를 도입할 필요가 있다. 인증제도는 시스템에 대한 신뢰나 보안 문제를 효과적으로 다룰 수 있다.

6.4 빅데이터와 공장자동화

6.4.1 빅데이터의 기술적 특징

식품산업의 특성상 빅데이터 기술은 식품공장의 지능형 자동화를 구현함에 있어 특히 효과적으로 활용될 수 있다. 빅데이터 시스템을 통해 식품에 대한 소비자의 기호나 소비 패턴을 실시간으로 파악할

수 있고, 이를 반영하여 생산 계획이나 유통 전략을 효과적으로 수립할 수 있기 때문이다.

‘빅데이터’에 대한 정의는 “기존 데이터에 비해 너무 방대해 이전 방법이나 도구로 수집, 저장, 검색, 분석, 시각화 등이 어려운 정형 또는 비정형 데이터 세트를 의미한다.”라고 소개되고 있다.¹⁷⁾ 그러나 ‘빅데이터’는 데이터의 명칭으로서 뿐만 아니라 ‘빅데이터 기술(BigData Technology)’로도 이해되고 있다. ‘빅데이터(BigData)’라는 용어는 단순히 ‘큰 데이터’ 또는 ‘많은 데이터’의 의미를 뛰어넘어 고유명사화되었다. 빅데이터는 소위 ‘3 Vs’라는 특성을 갖는다. 즉, 볼륨(volume), 속도

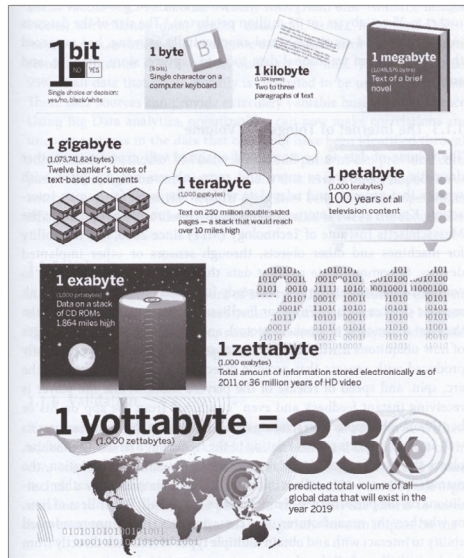


그림 6-4 데이터의 볼륨 비교¹⁸⁾

17) Gartner에서는 큰 규모, 빠른 속도, 다양한 형태의 정보자산이라고 정의하고 있고, McKinsey에서는 전통적인 DB tool의 한계를 넘는 크기의 데이터로 정의하고 있다.

18) J. R. Kalyvas & M. R. Overly, 2015

(velocity), 다양성(variety)이라는 특성을 갖는다.¹⁹⁾ 이러한 특성에 대해서 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 볼륨

빅데이터 기술이 다루는 볼륨의 크기는 과거 상상도 하지 못한 수준이다. 그림 6-4는 빅데이터가 다루는 데이터의 양을 상대적으로 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 각 크기 단위는 단계마다 1,000배씩 증가한다. 예를 들면, 1 megabyte는 1 kilobyte의 천배에 해당하는 양이다. 2019년에 지구상에서 생성되는 데이터 양은 33 yottabyte에 이를 것으로 전망되고 있다.

(2) 다양성

빅데이터 기술이 다루는 데이터의 유형은 정형 데이터(structured data)뿐만 아니라 비정형 데이터(unstructured data)를 다루게 된다. 전통적으로 데이터라 함은 정형 데이터를 가리켰지만 빅데이터는 여러 가지 유형의 비정형 데이터를 다루게 된다. 비정형 데이터는 문자, 오디오, 비디오 등으로 유형이 매우 다양하며, 비정형 데이터의 출처는 SNS(페이스북, 트위터, 인스타그램, 텀블러 등), 감시장비, 센서, 콜센터, 기상기관, 경제정보, 정부, 사회단체 등 매우 다양하다.

(3) 속도

빅데이터의 특성으로서 속도는 두 관점에서 이해해야 한다. 하나는 데이터가 생성되는 속도이고, 다른 하나는 데이터를 분석한 판단에 필요한 결정을 도출하는 속도이다. 빅데이터는 방대한 볼륨과, 많은 유형의 다양성이라는 특성을 가지고 있음에도 불구하고 과거와는 비교할 수 없는 처리속도를 구현하고 있다.

19) James R. Kalyvas and Michael R. Overly, BigData: A Business and Legal Guide, CRC Press(2015)

6.4.2 빅데이터의 기술 체계

빅데이터는 데이터의 수집부터 저장, 가공, 분석, 그리고 활용을 위한 결과물 또는 판단에 이르기까지 다루어야 할 기술의 체계를 이해할 필요가 있다. 그림 6-5는 빅데이터의 기술 체계를 도식화하여 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 빅데이터 기술은 기반기술, 융합기술, 응용기술로 구성되고, 기반기술에는 수집기술, 저장기술, 처리기술, 활용기술 등이 포함된다. 각 영역의 기술에 대해 구체적으로 소개하면 다음과 같다.

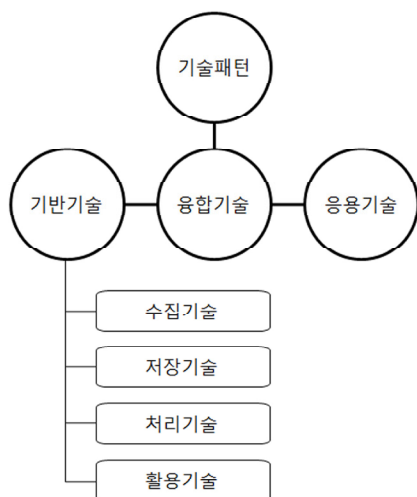


그림 6-5 빅데이터 기술 체계

(1) 기반기술

기반기술은 빅데이터 환경에서 데이터의 수집, 저장, 처리, 활용 등을 지원하기 위한 개별기술을 말하며, 빅데이터 기술의 핵심적인 요소기술이라고 할 수 있다. 여기에 속하는 세부영역별 기술을 소개하면, 수집기술(Access Patterns)에는 SNS 데이터 수집기술, 디바이스 데이터 수집기술, 트랜잭션(각종 문서 정보 등) 등의 수집기술이 포함된다. 저장기술(Storage Patterns)에는 정형의 분산형 데이터 저장기술, 비정형의 분산형 데이터 저장기술, 클라우드 저장기술, 전통적인 데이터 저장기술 등이 포함된다. 처리기술(Processing Patterns)에는 이력 분석기술, 고급 분석기술, 비정형 데이터 전처리기술, Ad-hoc 분석기술 등이 포함된다. 활용

기술(Consumption Patterns)에는 시각화 기술, Ad-hoc 발굴기술, 데이터 통합기술, 메시지 전송기술, 운영프로세스 연계기술 등이 포함된다.

(2) 융합기술

융합기술은 주어진 비즈니스 문제를 해결하기 위해 하나 이상의 기반기술이 융합된 기술을 말하는 것이다. 이 영역에 포함되는 융합기술로는 저장 및 탐색을 위한 융합기술, 의도분석을 위한 융합기술, 예측분석을 위한 융합기술, 실행중심의 분석을 위한 융합기술 등이 있다. 이러한 융합기술은 해결해야 할 문제에 따라서 여러 가지 기반기술의 조합을 통해 다양하게 융합될 수 있다.

(3) 응용기술

여기서 응용이라 함은 솔루션(solution)을 의미한다. 즉, 문제해결을 위하여 빅데이터 활용에 대한 목표를 세우고 그 목표에 부합하는 융합기술의 형태를 결정하는 기술을 말한다. 이 영역에서는 빅데이터 탐색 솔루션, 비즈니스를 위한 통찰력 솔루션, 의사결정 최적화 솔루션 등이 포함된다.

6.4.3 빅데이터의 활용 사례

빅데이터를 통해 얻을 수 있는 경제적 가치는 거의 모든 산업에서 가능하지만, 특히 정보통신, 에너지, 제조업 등의 영역에서는 그 잠재적 가치가 훨씬 클 것으로 인식되고 있다. 예를 들면, 전 세계 기업의 약 30%가 이미 빅데이터 시스템을 활용하고 있고,²⁰⁾ 2014년 Gartner가 글로벌 기업을 대상으로 실시한 설문조사에 따르면 빅데이터 기술에 이미 투자했거나 2년 이내에 투자할 계획이라고 응답한 비율이 전체

20) 테크프로리서치(2015)에서 제시한 추정치

응답자의 약 73%로 파악되었다. 식품산업의 경우, 제조업이면서 정보통신의 영향을 크게 받는 분야이므로 식품공장 자동화 영역에서도 빅데이터 기술이 적용될 때 그 경제적 가치가 매우 클 것으로 기대된다.

빅데이터는 공장자동화, 의료, 교통 등 복잡한 문제를 해결하여 최적화하는 수단으로서 빅데이터의 영향력은 향후 파괴적인 혁신을 불러올 것으로 전망되고 있다. 여기서는 여러 산업 분야에서 빅데이터 기술을 활용한 사례를 몇 가지 소개하고자 한다.

(1) 의료 분야

노스캐롤라이나 대학의 헬스케어에서는 텍스트 형태의 빅데이터를 분석하여 의료보장제도를 적용받는 저소득층의 환자 특성을 파악함으로써 저소득층 환자의 재입원 비율을 줄여 의료비를 크게 절감하였다. 나아가서 개인맞춤형 건강관리 프로그램 등과 같은 다양한 환자관리 프로그램을 구축하는 등 빅데이터 활용을 확대하고 있다.

(3) 유통 분야

아마존은 ‘Collaborative Filtering’ 기법을 이용한 예측모델링을 기반으로 하여 고객데이터를 분석함으로써 고객이 실제로 구매할 가능성이 큰 상품을 추천하여 매출을 증대시켰다. 월마트는 공급자와 소매점 사이의 수요·공급 패턴을 분석하여 효율적인 재고관리 시스템을 가동하고 있다.

(4) 금융 분야

Bank of America에서는 빅데이터 기반의 고객관리 시스템을 도입하여 개인맞춤형으로 고객들에게 금융상품을 추천하고 있고, 신용위험도를 분석하여 위험관리를 조기에 대응하여 은행의 효율성과 수익성을 크게 향상시키고 있다.

(5) 공장자동화 분야

지멘스의 ‘시스템 컨트롤러’ 생산공장에서는 빅데이터를 활용한 공장 자동화 시스템을 구축하여 불량률을 크게 감소시켰을 뿐만 아니라 생산성은 8배 이상으로 증가하였다.

6.5 모바일과 공장자동화

6.5.1 모바일의 기술적 특징

‘모바일(mobile)’이란 정보통신에서 이동성을 가지는 것을 총칭하여 말하는 용어이다. 보다 구체적으로는 스마트폰과 태블릿 PC 등과 같이 이동 중 사용이 가능한 정보통신 환경을 의미한다. 좁은 의미로는 사람이 휴대하면서 사용할 수 있는 소형화된 휴대폰, 게임기 등의 모바일 기기를 의미하기도 한다. 모바일은 기본적으로 무선인터넷이 가능하며, 최근에는 스마트 워치(smart watch), 웨어러블 컴퓨터(wearable computer) 등 다양한 모바일 기기들이 출현하고 있다. 1990년대 초, 모바일 기기가 처음 소개되었던 시기에는 스마트폰의 전신이라고 할 수 있는 휴대정보 기기(Personal Digital Assistant, PDA)를 가리키기도 했지만 21세기 이후에는 스마트폰이 확대·보급되면서 그 의미가 크게 확장되었다. 예를 들면, 모바일뱅킹, 모바일게임, 모바일영화, 모바일 비즈니스, 모바일 전자화폐 등 다양한 서비스가 출현하고 있다.

모바일의 근간이 되는 무선기술은 CDMA, WCDMA, WiFi, LTE 등과 같이 사람들 사이에서 고속으로 통신하기 위한 플랫폼과, ZigBee, Bluetooth, NFC 등과 같이 저전력 및 저비용으로 근거리 무선통신을 가능하게 하는 플랫폼으로 구분한다.²¹⁾ 공장자동화를 위한 통신망으로는 근거리 무선통신이 주로 사용되며, 근거리 무선통신망은 센서와 함께 지능형 공장자동화를 위한 핵심기술로 사용된다.

21) 각 통신 네트워크의 구체적인 특징은 앞의 ‘6.2 사물인터넷과 공장자동화’ 참고

6.5.2 스마트센서 기술

스마트센서는 기존 센서에 지능화된 각종 기능이 더해져서 지능형 센서로 기능하는 센서를 말한다. 스마트센서에서는 정보저장, 통신, 논리적 추론, 판단 등의 기능이 결합되어 데이터처리 기능부터 자동보정, 자가진단, 그리고 의사결정에 이르기까지 고기능을 수행할 수 있다. 최신의 스마트폰에서는 마이크로폰, 이미지센서, 터치센서, 모션센서, GPS, 조도센서, 생체인식센서 등 수십 종의 센서가 내장되어 스마트센서 시스템을 구성하고 있다.

표 6-3에서 보는 바와 같이, 센서 기술은 크게 발전하여 오늘날 스마트센서에 이르고 있으며, 이러한 센서의 발달은 모바일 시스템을 더욱 고도화하게 되므로 향후 공장자동화의 모습이 크게 변화할 것으로 예상된다. 센서의 발전 단계를 보면, 1세대 센서는 온도, 압력, 가속도, 변위 등 물리적 신호를 단순히 전기적 신호로 변환하는 기능을 수행할 뿐이며, 신호처리하는 별개로 분리된 기기 또는 모듈에 의해 처리된다. 2세대 센서는 신호변환기와 신호처리기가 일체화되었다는 특징을 보인

표 6-3 센서의 발전 단계²²⁾

구분	특징	내용
1세대	비연속적	- 온도, 압력, 가속도, 변위 등 물리적 신호를 전기적 신호로 변환 - 신호처리하는 별도의 기기 또는 모듈로 처리
2세대	일체화	- 신호변환기와 신호처리기가 일체화
3세대	디지털	- 센서에 내장된 디지털신호처리기로 디지털 방식으로 신호 보정, 처리, 저장
4세대	스마트	- 기존의 센서에 MCU가 내장되어 제어, 판단, 저장, 통신 등의 기능 구현 - 다중센서, 네트워크센서, 사물인터넷센서 등으로 진화

22) 정보통신산업진흥원, 2012

다. 그리고 3세대 센서는 소위 디지털 센서로서 센서에 내장된 디지털신호처리기에 의해 디지털 방식으로 신호를 보정, 처리, 저장하는 기능을 센서 내에서 수행할 수 있다. 마지막으로, 최신의 4세대 센서는 소위 스마트 센서로서 초소형의 컴퓨터라고 할 수 있는 MCU²³⁾가 내장되어 신호의 제어, 판단, 저장, 통신 등의 기능까지 구현할 수 있게 되었으며, 다중센서, 네트워크센서, 사물인터넷센서 등으로 진화하고 있다.

6.5.3 모바일의 공장자동화 응용

지디넷코리아(ZDNet)에서는 그림 6-6에서 보는 바와 같이 보건의료, 자동차/교통, 건축/토목, 제조, 환경, 보안, 생활 등 7개 분야에서 스마트 센서가 적용되어 산업구조가 혁신될 것으로 전망하고 있다. 현재 스마트 센서를 포함하는 모바일 시스템은 매우 활발하게 적용되고 있어

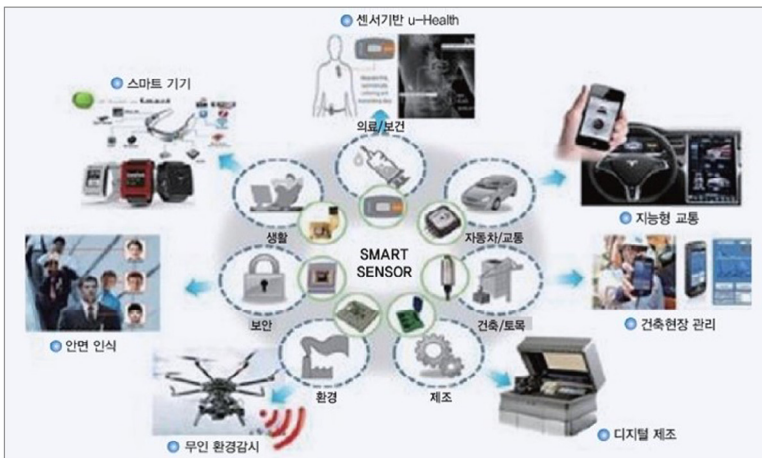


그림 6-6 스마트 센서 적용 도메인²⁴⁾

23) micro controller unit의 약칭

24) ZDNet, 미래부, 2014

제조업 분야에서 공장자동화 부문도 활발히 이루어지고 있다. 특히, 국내에서도 헬스케어 분야에서는 생체정보인식, 환자의 실시간 원격생식 등의 기술이 이미 개발되어 관련기술을 서비스할 수 있는 준비가 되어 있다. 다만, 원격진료의 경우, 개인정보보호에 관한 법의 문제나 사회적 합의의 문제로 인해 사업시행이 지연되고 있다.

식품공장의 자동화 부문의 경우, 아직 스마트센서가 포함된 모바일 시스템은 본격적으로 도입되지 않고 있는 형편이다. 그럼에도 불구하고 빠른 시간 내에 소비자 맞춤형 식품을 공급하기 위해서는 소비자 정보를 신속하게 생산과 유통에 반영하는 시스템이 필요로 하는 시기가 곧 닥칠 것으로 전망된다. 이런 요구를 선제적으로 대응하기 위해서 다음의 세 가지를 가급적 빠른 시간 내에 준비해야 한다.

첫째, 식품공장의 지능형 자동화를 위해서는 제조 혁신을 위한 핵심 스마트센서의 개발이 필요하다.

둘째, 식품공장 자동화용의 스마트센서를 활용하여 식품공정설계를 할 수 있는 전문가의 양성이 절실하다.

셋째, 공장자동화를 통해 전략적 경영을 추진할 수 있는 경영전문가의 양성이 필요하다. 우리나라 식품산업은 주로 중소형 기업이 대부분을 차지하고 있기 때문에 관련전문가를 기업이 스스로 양성하기가 매우 어려운 여건임을 감안할 때 공공 영역에서 관련전문가를 육성하는 프로그램을 제공할 필요가 있다.

6.6 식품공장의 지능형 자동화를 위한 미래과제

6.6.1 식품공장의 지능형 자동화를 위한 혁신 방향

4차 산업혁명 시대를 맞아 식품공장의 자동화 방향으로 지능형의 모델을 제시할 수 있다. 4차 산업혁명은 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드, 모바일을 핵심기술로 하는 ICT(정보통신기술)가 근간을 이루고

있기 때문에 제조업의 혁신 키워드는 생산성 혁신과 개인맞춤형 소비를 만족시키는 것이 될 것이다. 이를 위해서는 개인맞춤형 제조, 인간중심 제조, 지속가능 제조, 안전한 제조, 신속/최적화 제조 등 5개의 키워드를 만족하는 혁신 전략이 수립되어야 한다.²⁵⁾

(1) 개인맞춤형 제조

4차 산업혁명에서 빅데이터는 매우 귀중한 경제적 자산으로 각광을 받고 있다. 다품종 소량생산은 식품산업의 특성 중의 하나이므로 빅데이터를 활용한 맞춤형 소비성향을 식품공장의 자동화에 적극 활용하게 되면 식품제조의 생산성과 경쟁력을 크게 향상시킬 수 있다. 이러한 생산전략을 구현하기 위해서는 식품을 유연하게 생산할 수 있는 ‘유연생산시스템’의 구축이 요구된다.

(2) 인간중심 제조

사물인터넷의 센서 시스템은 자동화를 위한 기능의 혁신뿐만 아니라 작업자의 생산성을 제고하고 작업자의 안전을 미리 감지하여 대처하게 한다. 각종 센서에서 수집되는 데이터는 생산관리와 함께 작업자의 동태를 안전하게 유지하는 기능을 하게 될 것이다.

(3) 신속/최적화 제조

빅데이터를 활용하여 소비자의 수요를 장·단기 예측을 할 수 있게 되고, 그 예측에 따라서 제품의 기획부터 생산관리, 재고관리, 유통관리 등 제반 단계를 효과적으로 수행할 수 있다. 뿐만 아니라 사물인터넷과 모바일 환경 아래에서 현장 작업자부터 최고경영자까지 제조 환경과 생산 상태를 실시간으로 감지하고 새로운 판단을 실시간으로 할 수 있게 된다.

25) 제조업 혁신 방향을 위한 5개의 키워드 및 관련내용은 ‘제조업 혁신 3.0 전략(2015)’에서 발췌한 내용임

(4) 안전한 제조

안전한 제조 환경은 두 가지 관점에서 구현된다. 첫째, 사물인터넷과 모바일 시스템을 통해 안전사고를 사전에 대응할 수 있는 체계를 갖출 수 있게 된다. 둘째, 제조의 전 공정에 대한 정보 보안을 확보할 수 있게 된다. 두 가지 관점의 안전한 제조 시스템은, 예를 들면, 유해물질, 유해미생물 등 위험요소를 조기에 인지하여 신속하게 적절한 대처를 할 수 있는 시스템을 구축할 수 있다.

(5) 지속가능 제조

식품제조에 필요한 에너지와 자원을 종래 각 기업별로 관리하던 시스템을 뛰어 넘어 ‘공유 시스템’을 구축할 수 있다. 각 기업별로 이루어 지던 에너지 절감 및 자원 관리 전략을 기업들 사이에서 공유하여

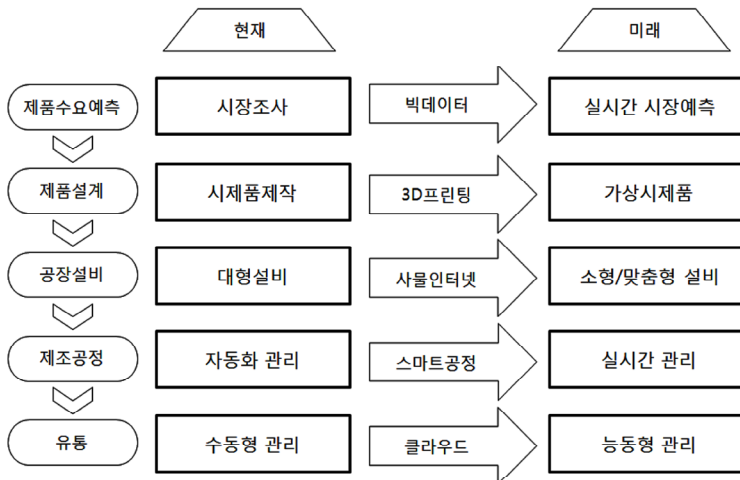


그림 6-7 제조업 주기의 프로세스 변화²⁶⁾

26) 제조업 혁신 3.0 전략, 2015

수행하게 되면 그 효과가 배가될 것이다.

그림 6-7은 제조업 주기에 따른 프로세스의 변화를 보여주는 것이다. 식품공장의 지능형 자동화를 구현함에 있어 4차 산업혁명의 핵심기술들이 성공적으로 도입되어 혁신전략이 실제로 구현되면 제품수요 예측부터 제품설계, 공장설비, 제조, 그리고 유통까지 혁신적인 지능형 자동화 제조시스템이 갖추어질 수 있다.

6.6.2 지능형 자동화를 위한 미래과제

4차 산업혁명의 핵심기술인 사물인터넷, 클라우드, 빅데이터, 모바일을 활용하여 식품공장의 지능형 자동화를 구현함에 있어 반드시 고려해야 할 두 가지 문제가 있다. 하나는 표준화 문제이고, 다른 하나는 보안 문제이다.

4차 산업혁명 시대를 맞아 ICT 전문기업에서는 저마다 사물인터넷 등 핵심기술을 개발하는 경쟁에 뛰어들고 있지만 시장에 출시된 관련기술들이 모두 성공한다는 보장이 없다. 성공의 관건은 어느 기술, 어느 제품이 세계적 표준화로 채택되느냐에 달려있기 때문이다. 물론 표준화로 채택되는 기술이나 제품이 반드시 하나로 수렴되는 것은 아니다. 그렇지만 시장지배력을 가진 표준화 기술이나 제품만이 생존하게 되는 것은 분명한 사실이다. 예를 들면, 애플, 구글, 마이크로소프트 등의 기업이 가지고 있는 기술이나 제품은 세계적인 시장 지배력을 가지고 있지만, 애플, 구글, 마이크로소프트 등의 사물인터넷은 서로 호환성을 가지고 있지 않다. 식품공장에서는 지능형 자동화를 구현하고자 할 때 관련 기술이나 제품의 호환성을 사전에 반드시 고려하여 핵심기술들을 도입하여야 한다. 기술의 표준화는 현재의 공장자동화뿐만 아니라 향후 자동화 설비를 추가로 구축할 때 결정적인 제한 요인으로 작용하게 된다.

보안 문제는 4차 산업혁명을 구현함에 있어 또 다른 장애요인으로

작용하게 될 것이다. 보안문제는 두 가지 관점에서 대처를 해야 한다. 하나는 개인정보보호이고, 다른 하나는 기업의 각종 비밀유지이다. 4차 산업혁명을 구현하는 핵심기술들은 필수적으로 많은 정보를 다루게 되는 바, 개인정보보호를 소홀히 다룰 경우 법적 분쟁 등 예기치 못한 문제가 발생하여 기업의 경영을 가로막을 수 있고, 심지어 기업이 문을 받아야 하는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. 예를 들면, 맞춤형 식품을 제조하기 위해 수많은 개인의 정보를 활용하다가 그 정보가 유출될 경우 기업이 감당해야 할 경제적 및 사회적 책임은 가늠하기 힘들 정도로 커질 수 있다. 다른 문제인 기업의 비밀유지는 4차 산업혁명의 핵심기술들이 '공유경제'에 기반을 두고 있기 때문에 나타나는 문제이다. 사물인터넷, 클라우드 시스템 등은 하나의 개별 공장으로 제한되지 않고 다른 기업들 사이의 네트워크를 형성하는 시스템이기 때문에 연결성이 항상 유지되는 시스템이다. 그 연결성은 과거에는 상상도 못한 '초연결성'을 가지게 되므로 악의적인 '해킹'이든 단순사고로 인한 정보유출이든 기업의 비밀유지가 항상 외부로부터 위협을 받게 된다.

결론적으로, 4차 산업혁명의 핵심기술들은 식품산업에도 크게 영향을 미치게 될 것이다. 하나하나의 핵심기술에 대한 특징이나 성능을 고려하여 식품공장의 지능형 자동화를 추진하게 되면 단순 자동화에 비해 얻는 이익이 매우 많게 된다는 점은 누구도 부인하지 않고 있다. 다만, 저변에는 표준화 문제와 보안 문제가 항상 도사리고 있다는 점을 잊어서도 안 된다.

7.1 국내외 서비스 로봇 현황

로봇산업은 다양한 제조업에서 활용되고 있고, 더욱 고도화(高度化)가 진행되고 있다. 이미 식품산업에서도 생산성 향상과 식품위생 등의 목적에서 도입되고 있고, 자동화 제조공정 설비로서 오래전부터 이용되어 왔다. 4차 산업혁명으로 불리는 주요 기술들 가운데 로봇은 이미 제조업뿐만 아니라 사람들의 라이프 스타일에 변화를 가져오는 서비스 로봇으로 진화하고 있다.²⁾

로봇산업은 크게 제조용 로봇과 개인 서비스용 로봇, 전문 서비스용 로봇으로 구분될 수 있다.³⁾ 제조용 로봇은 자동차 산업 등에서 활용되듯이 산업현장에서 인간을 대신하여 제품을 생산하며, 전문 서비스용 로봇은 의료 수술용 및 군사용 등에서 사용되며 인간의 역할보다 더 우수한 성능을 발휘하고 있다. 반면 개인 서비스용 로봇은 인간과 가까이 지내며 일상생활의 편리함을 제공한다. 이러한 서비스용 로봇은 이미 청소로봇 또는 안내 로봇, 대화형 로봇 등으로 다양화 되고 있다.

개인 서비스용 로봇이 주목 받는 이유 중의 하나는 일상생활에서의

1) Innova Market Insights BV.(이노바 마켓 인사이트), Velperweg 18, 6824 BH Arnhem, The Netherlands, choijk@ingresia.com

2) Innova Market Insights B.V., Lifestyle Trends: ROBO Food, AI & Algorithms - The Future of Food Design?, www.innovadatabase.com, 네덜란드(2016.8.)

3) 한국비즈니스정보, 4차 산업 투자지도, 어바웃어북(2017.8.)

편리함을 기반으로 각 가정마다 서비스용 로봇이 구비되는 미래를 상상할 수 있듯이 향후 미래의 시장 잠재력이 크기 때문이다. 예를 들면, 각 가정에서 세탁기나 전자렌지 등은 이미 필수 가전제품이 되었듯이, 향후 청소 또는 요리를 대신하는 로봇도 그러한 날이 올 것으로 충분히 전망되기 때문이다. 또한, 서비스 로봇은 하나의 플랫폼(platform)으로서 산업적인 의미가 매우 크다. 가정에서의 서비스 로봇의 플랫폼을 기반으로 하여 다양한 응용프로그램(예를 들면, 요리와 청소, 돌봄, 간호 등)이 가능하고, 서비스 로봇 관련 소모품의 시장도 확대될 것이다. 예를 들면, 전자렌지용 HMR(Home Meal Replacer)제품이 보편화 되었듯이, 요리 로봇을 타깃으로 한 다양한 Meal Kit(예: 식품메뉴를 조리할 수 있는 식재료 키트) 또는 규격화된 식음료 제품도 향후 가능할 것이다. 이들 식품에서 맛과 향, 텍스처는 중요한 품질요소로서, 향후 미래 식품 개발에서 식품과학자의 역할도 더욱 중요해 질 것이다.

로봇 산업은 가정에서의 서비스 로봇 외에도, 식품산업 측면에서도 많은 역할이 기대된다.

최근 영국에서는 유럽연합에서의 탈퇴를 결정함에 따라서, 산업생산에서의 노동력에도 영향을 받게 되었다. 유럽의 각지에서 영국으로 유입된 노동인구는 유럽연합 탈퇴 시점에 이르러 더 이상 영국에서 자유롭게 일할 수 없게 되었기 때문이다. 영국의 식음료 제조산업은 아직까지 상대적으로 노동력에 기반을 둔 산업으로서, 이러한 노동인구의 감소는 식음료 제조산업에 큰 타격을 줄 수 있을 것이다. 이에 대한 대안으로서, 식품제조용 로봇을 이용하는 것이 제시되고 있다. 이미 국내에서도 향후 저출산 등의 영향으로 인해, 노동인구 감소 및 인건비 절감 등의 목적으로 식품 제조용 로봇의 이용이 증가할 것이다.

독일은 제조업의 경쟁력 강화를 위해 이미 “인더스트리 4.0(Industry 4.0)”이라는 제조업 성장전략을 추진하고 있다. 2011년 Hannover Messe

Trade Fair에서 처음으로 등장했던 이 용어는, 독일은 세계적으로 제조업 분야에서의 최고의 경쟁력을 갖추었지만, 향후 변화하는 미래의 도전들, 예를 들면 미래에 있을 경쟁심화 및 자국 제조업의 국내로의 복귀를 위해 진행하고 있다. 인터스트리 4.0에서 언급되는 제조업에서의 혁명이라 함은, 단순히 자동화 설비만을 의미하지는 않는다. 인터스트리 4.0은 정보통신기술과 네트워크를 통한 연결성을 특징으로 한다. 최근, 제조업에서는 스마트 팩토리(smart factory)라는 용어에서 보듯이 공장의 설비와 부품들이 서로 데이터로 통신하며, 인공지능 요소들이 설치되어 사람의 제어 없이도 제품의 제조와 관리가 가능한 현실이 되었다. 이렇듯이 가까운 현실에서 향후 미래의 식품산업 현장과 라이프 스타일의 변화를 예상한다면, 식품분야에서의 서비스 로봇을 비롯한 다양한 로봇의 이용 확대의 기회를 놓치지 않기 위해서는 미래에 대한 예측과 준비가 필요할 것이다.

7.2 식품관련 서비스 로봇의 필요성 및 혜택

식품산업에서의 로봇의 역할이 점차 중요해지고 있다. 점차 더 많은 식품기업의 생산현장에서 자동화 설비 및 로봇의 이용이 증가하고 있다. 반복적인 작업이 수행되는 공정들, 예를 들면, 생산제품의 포장라인에서의 라벨링과 박스포장에서는 사람을 대신하여 자동화가 적용된 지 오래되었다. 음료공장에서 음료를 병에 충전 및 포장까지 사람의 손을 거치지 않고 고속으로 이루어진다.

식품의 안전성과 관련되어, 무균 포장 및 관련 공정에서는 사람 대신 자동화된 설비가 작업을 담당하고 있다. 사외선이 조사되는 무균 공간에서 기계들이 식품의 조리 및 포장을 빠른 속도로 해낸다.

육류를 가공하는 공정에서는 위험한 도구를 사용해야 하는 경우가

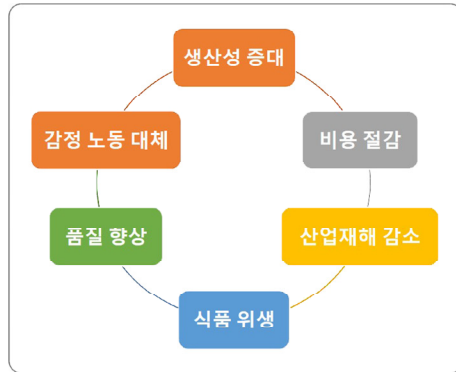


그림 7-1 식품산업에서 로봇의 활용이 매력적인 이유

있는데, 최근 많은 육가공 기업에서 자동화 로봇이 사람을 대신하여 부분육 해체 등에 투입되고 있다. 위험한 작업을 로봇이 담당함으로써, 산업 재해 등의 발생을 줄일 수 있다.

레스토랑에서 음식의 주문에서 제공까지 서비스 로봇이 대신할 수 있다. 서비스 분야는 다양한 손님의 주문과 요구에 대응해야 하며, 손님응대하기 위해 감정을 통제해야 하는 경우들이 요구된다. 로봇은 감정의 변화가 없으므로, 이러한 감정 노동의 역할에 투입될 수 있다.

이와 같이 로봇은 다양한 목적과 효용성으로 활용이 증가하고 있다. 식품산업에서 로봇의 활용이 매력적인 이유는 그림 7-1과 같이 요약될 수 있다. 이외에도 더욱 많은 효용성으로 각광 받을 것이다.

7.3 식품분야의 로봇 이용 사례

식품산업에서도 “식품제조 4.0(Food manufacturing 4.0)”을 통해서 식음료산업에서의 긍정적인 파괴적 잠재력이 예상된다. Food manufacturing 4.0은 Internet of Everything(IoE, 만물인터넷)와 Connectivity(연결

성)을 기반으로 한다. 향후, 25년 후에는, 인터넷이 디지털 언어에서 상호적이고(interactive) 상호 연락이 되는(interconnected) 세상으로 변할 것이다. 식품산업에서도 스마트 팩토리가 출현 할 것이고, 다재널 커뮤니케이션은 식품제조공장 전반에서의 데이터 관리와 동적인 반응을 연결시키고, 식품 제조 공정의 통합과 품질관리, 지속가능성을 가능하도록 할 것으로 전망된다.⁴⁾ 향후 식음료산업에서도 이러한 변화와 잠재력은 적극 도입하고 포용해야 할 필요성이 나타날 것이다.

가정에서도 이미 이러한 변화는 가까운 미래에 나타날 것이다. 요리 메뉴에 대한 정보를 제공하는 인공지능과 요리를 수행하는 서비스 로봇의 개발이 이미 진행되고 있다. 이러한 변화들은 향후 푸드 서비스 산업 및 일상생활에서의 큰 변화를 가져오게 될 것이다.

7.3.1 IBM 셰프 왓슨(Chef Watson)

이노바 마켓 인사이트(Innova Market Insights)는 글로벌 식음료 산업 트렌드 가운데 하나인 “새로운 경험의 맛”을 글로벌 식품산업 트렌드의 키워드로 발표한 바 있다. 이러한 새로운 맛의 조합에 대한 사람들의 호기심과 욕구를 활용하는 것을 목표로 하는 기업에는 IBM이 있다. IBM과 컬리너리 교육 기관(Institute of Culinary Education)은 Chef Watson이라는 ‘인지 쿠킹 기술 응용프로그램’을 개발했다. 이는 수 많은 기능성의 식음료 원재료의 조합을 면밀히 관찰한 후, 새로운 메뉴를 위한 원재료의 조합을 찾아내고, 조리법 등을 제안한다. 창의적인 메뉴와 요리에 대한 아이디어를 돕는다. 예를 들면, 셰프 왓슨 사이트에서 김치를 이용한 요리를 찾으면, 그림 7-2와 7-3과 같이 김치를 이용하거나 또는 활용 가능한 다양한 메뉴와 조리법을 제안받을 수 있다.

4) Steve Osborn BSc (Hons), Naomi Diaz-Osborn BSc (Hons), Food manufacturing 4.0, www.innovadatabase.com, 네덜란드(2015.9)

4차 산업혁명과 식량산업

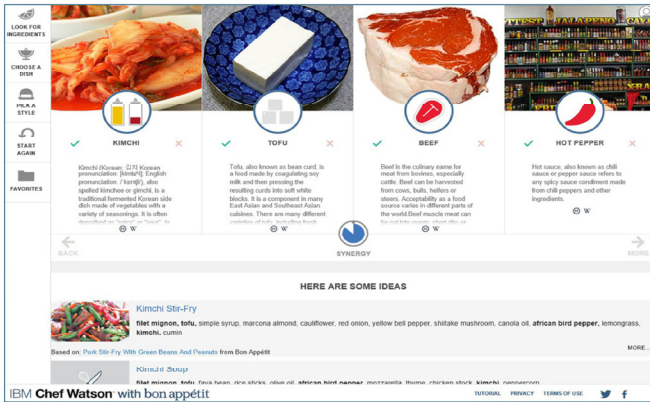


그림 7-2 셰프 왓슨 사이트에서 재료(ingredient) 항목에 김치(Kimchi)를 입력한 화면의 캡처 이미지. 김치와 어울리는 원재료를 추천하며, 셰프 왓슨의 화면에서는 김치를 이용한 요리의 메뉴를 제안해 준다⁵⁾

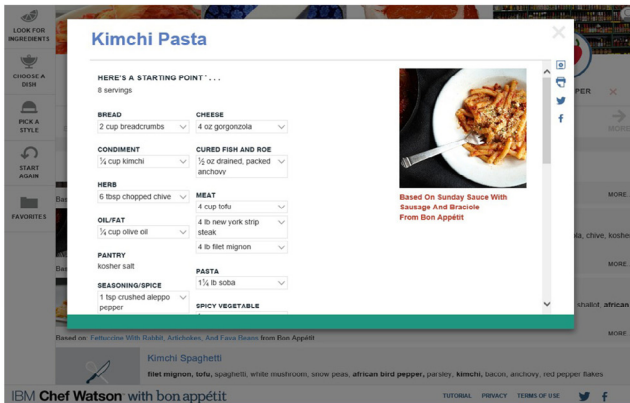


그림 7-3 셰프 왓슨 사이트에서 김치 파스타(Kimchi Pasta)에 대한 메뉴를 제안한다. 김치 파스타에 필요한 원재료와 조리법을 소개한다. 출력하거나 소셜 네트워크 서비스에서 공유할 수 있다⁶⁾

5) <http://www.ibmchefwatson.com>

6) <http://www.ibmchefwatson.com>

7.3.2 로보 셰프(Moley Robotics, 물리 로보틱스)

Moley Robotics(물리 로보틱스)는 동작 캡처 기술(motion-capture technology)을 적용한 셰프 로봇인, 인간의 동작을 모방하여 간단한 음식을 만들 수 있는 요리 로봇을 개발했다(그림 7-4). 제작자의 비전은 일상적인 가정용 이슈들에 대해 첨단 기술의 해결책을 제공하는 것인데, 모바일 앱을 통해서 사용자는 원격으로 로봇이 저녁 식사를 준비할 수 있도록 할 수 있다.

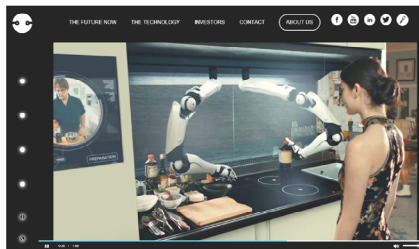


그림 7-4 Moley Robotics사의 셰프 로봇은 인간의 동작을 모방하여 요리를 만들 수 있다. 인간의 손동작과 같이 부드러운 관절의 움직임을 구현했다⁷⁾



그림 7-5 Moley Robotics사의 셰프 로봇은 motion-capture technology (인간의 움직임을 캡처)를 통해서 요리 동작을 사전에 학습한다⁸⁾

7) <http://www.moley.com/>

8) <http://www.youtube.com/watch?v=dbzQZiqwYnQ>

로봇이 요리를 하기 위해서는 사전에 프로그램이 필요한데, 사람이 직접 요리하는 동작의 전 과정을 미리 학습하여야 한다(그림 7-5).

7.3.3 바이오닉 바텐더(Makr Shagr, 메이커 셰이커)

로봇공학과 머신러닝이 적용된 “생체모방형 바텐더(Bionic Bartender)”는 최신 유람선인 로얄캐리비안(Royal Caribbean)사의 Quantum of the Seas호에서 만날 수 있다.

Makr Shagr의 로보틱 바 시스템(Robotic Bar System)은 로봇 팔이 직접 칵테일을 제조하여, 고객에게 서비스 한다. 고객은 스마트 폰 앱을 통해 실시간으로 개인이 원하는 칵테일의 조합을 만들 수 있고, 축적된 데이터를 기반으로 칵테일 선호도 및 메뉴를 제안받을 수 있다. 알콜뿐만 아니라 무알콜 칵테일에 이르는 다양한 메뉴를 제공한다. 칵테일 바 무대의 안쪽에 설치된 두 개의 로봇 팔은 바텐더의 동작을 그대로 흉내 내며 볼거리를 제공한다(그림 7-6). 얼음 조각을 컵에 넣고, 천장의 술병에서 필요한 만큼 따르고, 화려한 동작의 셰이킹에서부터 레몬 조각의 가니쉬까지 연출할 수 있다.

고객은 자신만의 칵테일 조합에 이름을 부여하고, 과거 칵테일 주문



그림 7-6 Makr Shagr사 Robotic Bar System의 칵테일 셰이킹 모습⁹⁾

9) <http://www.makrshagr.com>



그림 7-7 Robotic Bar System의 2개의 로봇 팔이 고객의 주문을 받아서 칵테일을 만들어 제공한다¹⁰⁾



그림 7-8 Makr Shagr사 Robotic Bar System이 제공하는 모바일 앱. 고객은 칵테일 조합을 주문 및 저장할 수 있고, 소셜 네트워크로 공유할 수 있다¹¹⁾

리스트를 확인하여 선호하는 메뉴를 다시 주문할 수 있다(그림 7-7). 또한, 칵테일의 맛에 대해 평가를 할 수 있고, 다른 사람들과 공유할 수도 있다. 고객 들은 앱으로 연결되어, 새로운 칵테일 정보를 주고 받거나 소셜 네트워크에서 사진을 공유할 수도 있다(그림 7-8).

Makr Shagr는 Robotic Bar System을 구입 설치하거나, 대여를 통해 이용할 수 있도록 제공하고 있다.

10) <http://www.makrshagr.com>

11) <http://www.makrshagr.com>

7.3.4 인공지능을 통한 식음료 제품 개발 지원

물리적 기술과 공학적 혁신 외에도, 새로운 제품 개발 유형에는 신제품 개발에서의 인공 지능을 활용하는 것이다. 런던의 두 기업가인 Hew Leith와 Rob McInerney는 인공 지능에 의해 양조된 세계 최초의 맥주를 소개했다. “인텔리전트 엑스(Intelligent X)”의 AI 맥주는 알고리즘에 의해 해석된 고객들의 평가를 기반으로 맥주 원료의 배합비를 개선한다. AI 맥주의 각 병들은 페이스북 메신저 코드가 라벨에 표시되어 있고, 소비자는 메신저 앱을 통해서 질문에 대한 답변을 요청 받는다. 어떤 맥주 타입을 일반적으로 마시는지와 얼마나 강한 호프 또는 맥아 맛을 선호하는지 등에 대한 질문을 받게 된다. 소비자의 답변들은 알고리즘에 제공되며, 맥주의 배합비는 이러한 답변에 따라서 변경된다(그림 7-9). 이미 4가지 맛(Golden과 Amber, Pale, Black)의 11가지 버전이 출시되었다. 단순히 점수의 융합이 아닌, 소비자들의 피드백으로부터의 알고리즘 학습이라고 했다. 맥주 제품에 대한 소비자의 생각을 데이터로 활용하여 맥주 제조에 활용하고 있다.



그림 7-9 Intelligent X의 AI-brewed beers. 머신러닝 알고리즘은 시행착오와 지속적인 소비자의 피드백의 결과를 통해서 진화한다. 마스터 브루어는 알고리즘을 통해 문제가 예상되면, 맥주의 배합비를 거절할 수도 있다¹²⁾

12) <http://intelligentx.ai>

100여 가지의 건강한 스낵을 맞춤화 하여 온라인과 오프라인으로 판매하는 Graze는 소비자의 평가를 해석하고 트렌드를 모니터링하며 예측을 함에 있어서 머신러닝과 알고리즘을 이용한다. 사업의 위험성과 손실을 최소화 하고, 실험과 창의성을 위해서 알고리즘을 활용한다고 한다. 완벽한 스낵 박스를 제공하기 위해 빅데이터를 활용하는데, 판매 되는 제품의 박스는 4 또는 8가지의 스낵이 조합되어 소비자의 식습관 또는 맛에 따라 구성된다. 하루에 수천 번 구동되는 “DARWIN”(Decision Algorithm Rating What Ingredients Next)이라는 맛의 알고리즘을 통해 받은 제품 선호도에 대한 정보를 활용한다. 소비자들은 스낵에 대한 선호도를 웹사이트에 제공하고 평가할 수 있고, Graze는 이러한 소비자들이 입력한 정보를 기반으로 스낵 제품을 개발한다(그림 7-10).

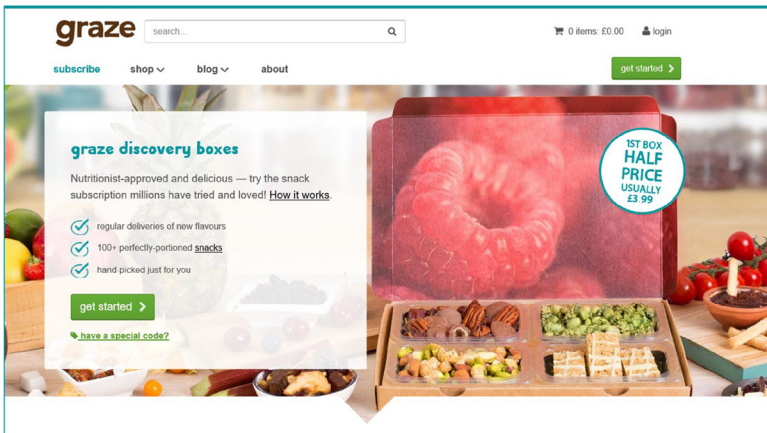


그림 7-10 Graze사의 홈페이지. 스낵 제품에 대한 간단한 설문을 통해서 원하는 스낵 박스를 구입할 수 있다¹³⁾

13) <http://www.graze.com/uk>

7.4 서비스 로봇 산업에서의 검토사항

다양하고 혁신적인 서비스 로봇이 새롭게 개발되어 출시되고 있다. 인간의 생활을 더욱 풍요롭고 편리하게 할 뿐만 아니라, 산업적으로 더 많은 기회를 제공할 것이다.

서비스 로봇 산업에서 검토되어야 하는 요소들을 살펴본다.¹⁴⁾

(1) 생체모방형 로봇(Bionic Robot)

동물의 움직임을 모방한 로봇의 개발이 다양하게 진행되고 있다. 그 중에서도 인간생활에서의 친밀성 및 인간의 활동을 대신하기 위해서는 인간의 형태와 움직임을 모방한 로봇의 개발이 활발히 진행되고 있다. 생산형 로봇이 아닌 서비스 로봇의 경우 인간의 생활과 가깝기 때문인데, 심지어 인간이 사용하는 도구를 서비스 로봇과 공유할 수도 있다. 인간과 로봇이 서로 협력하여 존재하기 위해서는 이러한 생체모방형 로봇이 필요할 것이다.

(2) 사후 서비스(After Service)

서비스 로봇의 판매가 확대될 경우 간과해서는 안 될 부분이 유지보수를 포함한 사후 서비스이다. 특히, 기기 설비의 판매에서 향후 관련 부품의 보유기간 및 고장수리 서비스 제공을 위한 비용은 로봇 제품의 사업성 검토부터 포함되어야 한다. 생활에 밀접한 서비스 로봇의 경우, 고장 및 점검에 따른 로봇의 사용 중단은 많은 불편함뿐만 아니라 심지어 안전과 관련된 문제가 발생될 수도 있다. 신속하고 정확한 지속적인 서비스의 제공이 필요하다.

14) 최정관, 이미 다가온 식품로봇 산업, 한국산업식품공학회 추계 학술대회 및 심포지엄 (2017.11.)

(3) 혁신(Innovation)

끊임없는 성능 개선과 업데이트, 데이터 입력 및 학습능력 등이 필요할 것이다. 예를 들면, 요리용 로봇의 경우 다양한 메뉴 및 조리법 프로그램으로 입력하거나 업데이트가 요구될 것이다. 최근, IT 전자제품의 특징 가운데 하나는 정기적인 업데이트를 통한 성능개선이다. 인간과 함께 생활하는 서비스 로봇도 필요시 편리한 업데이트와 새로운 기능 혁신이 필요할 것이다.

7.5 식품관련 서비스 로봇의 향후 전망

식품관련 서비스 로봇은 가정과 레스토랑, 푸드서비스, 소매점 등의 많은 분야에서 활용될 수 있다.

인간의 역할을 대신할 수 있다는 논란이 있지만, 생산성을 높이고 비용을 줄이는 반면, 위생과 품질측면, 위험하고 힘든 일을 인간 대신 수행함으로써, 인간에게 풍요로움과 편리함을 제공하는 측면에서 볼 때, 서비스 로봇의 수용은 더욱 증가할 것으로 전망된다.

또한, 서비스 로봇 산업은 제반 산업과 기술을 발전시키고, 파생 산업의 확대를 요구할 것이다. 지금까지 사람들의 이용과 소비를 위한 식품이 개발되었다면, 향후 서비스 로봇을 대상으로 한 제품과 패키지 등의 제품 확대가 필요할 것이다.

또한, 식품의 특성상 원재료의 특성과 조리 과정 및 공정, 풍미와 텍스처의 품질요소, 영양적 지식과 기술 등이 요구되는데, 이러한 지식과 기술은 향후에도 인간의 영역으로 남을 것으로 보인다.

서비스 로봇의 확대가 더 많은 관련 시장의 성장뿐만 아니라, 더 많은 기술 개발을 요구할 수 있고, 이에 새로운 산업 창출의 기회도 이어질 것으로 전망된다.

8.1 서론

18세기 영국의 경제학자 맬서스의 인구론²⁾에 따르면 세계 인구는 기하급수적으로 증가하고 있지만 식량 생산은 산술급수적으로 밖에 증가하지 않는다. 인구의 증가는 어느덧 식량 생산의 능력을 상회하여 인류 생존을 위협할 수준까지 균형이 무너질 것이라는 주장이다. 하지만 우려와는 달리 새로운 농업 기술의 개발 등으로 식량 생산력이 증가하면서 2024년까지 세계 인구가 80억에 도달할 것으로 예측³⁾되고 있다. 이는 식량문제가 단순히 소비 인구뿐만 아니라 식량을 생산하는 기술력과 식량 분배의 세 가지 요소가 긴밀하게 관계한다는 것을 의미한다. 이처럼 식품 생산 및 유통 기술의 가치와 중요성은 우리가 느끼는 것보다 훨씬 크다고 할 수 있다.

최근 산업계는 제 4차 산업혁명이라고 불리는 큰 전환기를 맞이하고 있다. ICT(Information and Communications Technologies)의 발달로 다양한 경제 활동 등이 데이터화 되고 그러한 빅 데이터를 인터넷 등을 통해 수집 한 후 분석 및 활용함으로써 모든 분야에 걸쳐 새로운

1) 고려대학교 식품공학과, 서울 성북구 안암로 145 고려대 생명과학관(서관),

박현진 hjpark@korea.ac.kr, 김현우 mn40120@naver.com

2) 영국의 경제학자 토머스 로버트 맬서스[Thomas Robert Malthus]의 인구론을 해설한 책으로 1798년 영국 런던에서 간행됨

3) 유엔 경제 사회국, 세계인구 전망 보고서(2017)

가치를 창출하는 것이다. 또한 이를 통해 기존의 로봇 기술도 더욱 복잡한 작업이 가능해지고 있으며, 3D 프린터의 발전으로 한정된 공간에서 다양한 제품을 생산하는 것이 가능하다. 이러한 혁신을 통해 대량생산 기반의 획일적인 제품만이 아니라 개별적으로 맞춤형 제품과 서비스를 경험할 수 있게 되었다.

이러한 흐름은 식품 산업에도 큰 영향을 미치고 있다. 이미 세계 각국에서 3D 프린팅을 비롯하여 빅 데이터 기반 유통 플랫폼, 스마트 키친 등 4차 산업을 이끌어갈 기술들을 식품 산업에 속속들이 적용하고 있다. 바야흐로 4차 산업 혁명에 의한 식품 유통과 제조업의 혁신을 주도하는 푸드테크의 태동기를 맞이하고 있는 셈이다.

이에 비해 아직 국내 식품 산업의 4차 산업 혁명은 온디맨드(On-Demand)⁴⁾를 기반으로 한 배달 플랫폼, 외식 서비스 등의 수준에 머무르고 있다. 하지만, 최근 3D 프린팅 기술이 도입되면서 식품 생산에 대한 패러다임이 크게 전환될 것으로 예상된다. 식품 생산이 디지털화됨으로써 원하는 맛과 모양은 물론 헬스케어 시스템과 연결되어 개인의 영양 필요량에 따라 음식을 마음대로 디자인할 수 있게 된다는 것이다. 뿐만 아니라 디자인된 디지털 파일이 온라인에 공유되면서 식품의 유통, 소비 방법 등 식사에 대한 문화와 관습에까지 영향을 미칠 것이라는 의견도 적지 않다. 또한 인간의 다양한 활동에 대한 기계의 도움은 생산의 효율성뿐만 아니라 새로운 가치화 새로운 풍부함을 창출할 가능성을 갖는 것이다.

반면 현시점에서 식품 3D 프린팅은 만들 수 있는 식품의 폭에 큰 제약이 있고, 생산에 걸리는 시간과 노력의 관점에서 식품 생산 행위가 격변하는 미래상은 적어도 단기적으로 그리는 것은 현실적이지 않을

4) 모바일을 포함한 정보통신기술(ICT) 인프라를 통해 소비자의 수요에 맞춰 즉각적으로 맞춤형 제품 및 서비스를 제공하는 경제 활동

수 있다. 그럼에도 불구하고 기술적으로 만족스러운 수준에 도달하지 않기 때문에 하지 않는 것이 아니라 현재 가능한 활용을 추진해 나가는 것이 새로운 기술의 사회로의 안착으로 이어질 것이라고 생각하고 새로운 가치를 사회에 제시할 수 있도록 노력해야 할 것이다. 따라서 본 고에서는 3D 프린팅을 통하여 음식을 생산하는 행위에 대해 세세적으로 어떤 비전 아래서 어떠한 연구 개발을 추진하고 있는지, 또한 이러한 성과를 어떠한 전략을 통해 시장에 보급하여 사회 문화적 관습을 석권하려 하는지에 대해 살펴보려고 한다.

8.2 식품 3D 프린터 개요

8.2.1 식품 3D 프린팅 원리

식품 3D 프린팅은 3차원 설계 데이터를 바탕으로 식품을 한층씩 적층하여 조형물을 만드는 기술로 그 원리는 일반 3D 프린팅과 동일하다. 본 기술은 3D 프린팅이 부여하는 구조적 특징과 식품의 역할을 결합하여 식품의 형태와 질감뿐만 아니라 개인의 요구에 맞게 식품을 재구성할 수 있는 것이 특징이다.

식품의 3D 프린팅 과정은 모델링, 3차원 조형, 후가공의 3가지 단계로 이루어진다(그림 8-1). 먼저 3D 스캐너 혹은 CAD(Computer Aided Design) 등의 디자인 소프트웨어를 이용하여 제작하고자 하는 3차원 형상을 디자인한 후, 슬라이싱(slicing) 소프트웨어를 이용하여 3D 디자인을 여러 층으로 나누어 각 층마다 개별적인 패턴을 부여한다. 이 파일을 변환하여 3D 프린터에 적합한 출력용 코드를 생성하고 프린터에 전송하기까지 일련의 과정을 모델링이라 한다. 이후 코드가 입력된 3D 프린터의 잉크분사 노즐이 X, Y축 방향으로 이동하면서 하나의 패턴을 출력하고, 이에 더하여 잉크분사 노즐 혹은 출력판이 Z축으로

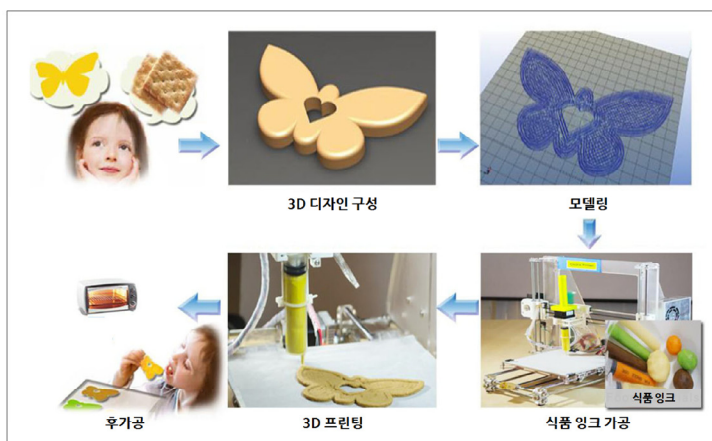


그림 8-1 식품 3D 프린팅 개요⁵⁾

움직이면서 원하는 모양의 3차원 조형물을 얻게 된다. 마지막으로 출력물의 모양을 다듬어주는 후가공 공정을 거치게 되는데, 식품 3D 프린팅의 경우 굽거나 삶는 등의 조리과정이 이에 해당된다.

8.2.2 식품 3D 프린팅 기술 분류

식품 3D 프린팅 기술은 식품잉크의 형태에 따라 크게 2가지, 액상 식품과 분말형 식품을 활용한 3D 프린팅 기술로 분류할 수 있다. 가열을 하였을 때나 혹은 그 자체로 유동성을 갖는 액체 형태의 식품잉크는 압출기를 이용하여 출력판 위에 한 층씩 적층하는 방식을 사용하며, 대표적으로 초콜릿, 쿠키반죽, 치즈 등의 식품군이 해당된다. 설탕과 같은 분말 형태의 식품에는 파우더베드⁶⁾ 기반의 특수한 기술이 적용된다.

5) "An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication," Food and Bioprocess Technology(2015)

6) 원료가 되는 고운 가루를 베드(bed)에 얇게 도포한 후 원하는 부분만 굳히면서 형태를 만드는 방식

식품 3D 프린팅은 운용방식 선정을 달리함으로써 식품이 갖는 고유의 물성을 다양한 방식으로 재현할 수 있으며, 이에 적용되는 각 기술들은 서로 다른 장단점을 갖는다. 식품의 용도와 종류에 따른 3D 프린팅 기술의 유형별 특징과 장단점을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 액상 식품을 활용한 3D 프린팅 기술

액상 식품을 잉크로 사용하는 압출적층조형 기술은 주로 식품잉크를 주사기에 담아서 카트리지로 활용하며 압출기로 주사기를 누르면서 노즐을 통해 잉크를 분사한다. 이 기술에 활용되는 식품잉크는 노즐을 통해 분사될 수 있을 정도의 부드러움과 출력 후 3차원 모양을 유지할 수 있는 충분한 점도를 보유해야 한다. 또한 잉크를 층층이 쌓아 올려야 하므로 식품의 마찰력과 접착력이 중요한 요소로 꼽힌다. 식품 간의 접착력이 약한 경우, 적층 과정에서 층이 미끄러져 분리되는 현상이 나타나며 이는 출력물의 정교함을 저하시키는 원인이 된다.

액상 식품을 적용하는 방식은 기술의 원리가 비교적 간단하여 기계 조작이 쉽다는 장점을 갖는다. 또한 위의 조건을 충족하는 식품잉크라면 대부분 출력이 가능하므로 다양한 식재료를 3D 프린팅에 적용할 수 있어 식품 분야에 가장 많이 활용되는 기술 유형 중 하나이다. 반면 이와 같은 압출기반의 프린팅 방식은 출력물에 적층의 흔적이 남게 되고 상대적으로 정교한 표현이 어려운 점이 있다. 또한 현 기술 수준은 대부분 하나의 카트리지로 조형물 전체를 출력하는 방식이기 때문에 다양한 색감이나 디자인을 표현하는데 한계가 있다.

액상식품을 적용하는 3D 프린터에는 스크류 기반, 유압 기반, 피스톤 기반의 세 종류의 압출기가 사용된다(그림 8-2). 어떤 압출기를 채택하느냐에 따라 출력 양상, 출력 시간, 출력물의 정교함 등이 달라진다. 먼저 스크류 기반 압출기는 호퍼가 부착되어있기 때문에 압출 공정

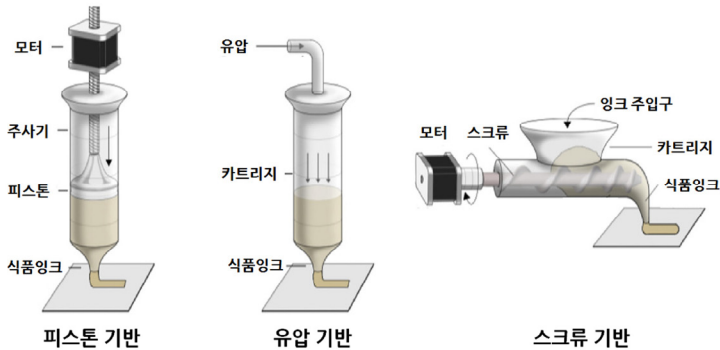


그림 8-2 압출적층조형 기술⁷⁾

중에 호퍼를 통해 시료를 연속적으로 공급할 수 있으므로 연속 출력이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 점도 및 기계적 특성이 높은 식품을 잉크로 사용할 경우 호퍼가 막히기 때문에 저점도 시료를 잉크로 사용해야 하며, 이러한 특성의 시료는 출력 후 상단부의 적층 무게를 견디지 못하고 압축 변형되는 단점을 갖는다.

다음으로 유압 기반 압출기는 액체에 가까운 저점도 식품을 출력하기에 적합하며, 압력을 미세하게 조절할 수 있어서 노즐이 자유 이동하는 동안 잉크가 새는 현상이 나타나지 않는다는 장점을 갖는다. 그러나 출력 중에 식품잉크를 연속적으로 공급하는 것이 쉽지 않아 출력할 수 있는 양에 한계가 있다.

피스톤 기반 압출기는 세 종류의 압출기 중 가장 큰 압력을 제공하므로 점도가 높고 기계적 강도가 높은 식품을 인쇄할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 이러한 특성의 시료는 출력 후 적층 무게를 유지할 수 있어 복잡한 3차원 구조를 고해상도로 성형할 수 있다. 그러나 유압 기반

7) "Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control," Journal of Food Engineering(2017)의 압출적층조형 기술 분류 그림 인용

압출기와 마찬가지로 식품잉크의 연속 공급이 제한되므로 출력 양에 한계가 있으며, 피스톤의 압력을 세밀하게 조절할 수 없으므로 노즐이 이동하는 동안 피스톤에 남아있는 압력에 의해 잉크가 새는 현상이 나타난다.

(2) 분말형 식품을 활용한 3D 프린팅 기술

식품 분말을 사용하는 파우더 베드 기반 기술은 레이저를 사용하는 방법과 접착제를 사용하는 방법으로 분류할 수 있다(그림 8-3). 레이저를 이용한 3D 프린팅은 파우더 시료를 베드 위에 층층이 쌓으면서 3차원 구조가 될 지점에 레이저를 조사하여 선택적으로 파우더를 녹이고 그 위에 새로운 파우더 층을 덮는 과정을 최상층까지 반복하는 방식이다. 레이저 조사 부위의 파우더는 녹으면서 서로 밀착되고 단단하게 굳어서 3차원 틀을 형성하며 레이저가 닿지 않은 파우더를 제거하면 재현하고자 했던 3차원 조형물을 얻게 된다. 출력 후 불필요한 파우더를 제거하고서 즉시 섭취할 수 있다. 접착제를 사용하는 파우더 베드 기술은 레이저를 이용한 방법과 그 원리가 비슷하다. 그러나 레이저를 조사하여 파우더를 녹이는 대신 파우더끼리의 접착을 돕는 접착제를 도포하여 틀을 형성한다는 차이점을 갖는다.

분말형 식품잉크를 사용한 3D 프린팅 기술의 가장 큰 장점은 정교함이다. 레이저를 조사하지 않은 부위의 파우더가 지지체 역할을 하여 더욱 정교하고 기하학적인 3차원 구조물을 형성할 수 있다. 또한 3차원 틀이 되지 않는 파우더는 최종 단계에서 수거하여 다음 프린팅의 출력잉크로 다시 사용할 수 있으므로 시료를 경제적으로 사용할 수 있다. 그러나 프린팅 잉크가 설탕, 전분가루, 초콜릿 파우더 등 분말 형태의 식품에 국한된다는 큰 단점이 있다.

분말형 식품을 사용한 3D 프린터의 예로는 초콜릿 파우더가 있다.

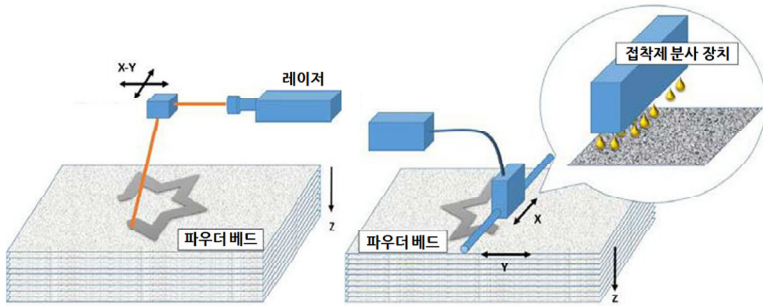


그림 8-3 레이저(좌)와 접착제(우)를 이용한 파우더 베드 기반 기술⁸⁾

초콜릿 파우더를 베드 위에 올리고 원하는 부위에 열을 가하게 되면 열이 닿은 초콜릿 파우더만 선택적으로 녹게 된다. 그 위에 새로운 초콜릿 파우더 층을 도포하는 작업을 반복한 후, 최종적으로 용융되지 않은 초콜릿 파우더를 제거하면 3차원 디자인의 초콜릿이 만들어진다.

8.3 식품 3D 프린팅 산업 동향

3D 프린팅 기술은 30여 년 전 미국 ‘3D시스템스(3D Systems)’의 공동 창업자 척헐(Chuck Hull)이 광경화성수지적층(SLA) 기술을 개발하는 것에서 시작되었으며, 이후 선택적레이저소결 기술과 압출적층조형 기술 등 다양한 3D 프린팅 기술이 개발되었다. 3D 프린터는 다양한 산업 현장에서 고난도 반복 작업에 유용하게 사용되었으며 이에 따라 3D 프린팅 기술 개발이 더욱 활발히 진행되었다. 더불어 최근 3D 프린터의 핵심 기술에 대한 특허가 만료되면서 3D 프린터가 대중화되었고, 다양한 분야에서 이를 활용하기 시작하였다. 이러한 트렌드는

8) “A Review on 3D Printing for Customized Food Fabrication,” Procedia Manufacturing(2015)의 파우더 베드 기술 분류 그림 인용

식품 분야에도 영향을 미쳐 일부 연구진들이 식품 소재의 3D 프린팅을 시도하였다. 2006년 미국 코넬대학교(Cornell University)에서 초콜릿, 치즈 등을 이용한 식품 3D 프린터를 최초로 선보인 것을 시작으로 식품 3D 프린터에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 식품 3D 프린터를 시장에 상용화한 주요 기업과 3D 프린터의 이용 사례에 대해 다음과 같이 살펴보고자 한다.

8.3.1 TNO

네덜란드의 응용과학기술연구소 TNO는 인구 증가에 따른 식량 부족 문제와 세계적인 인구 고령화에 대응할 수 있는 열쇠를 식품 3D 프린팅에서 찾고 있다. 고령자가 섭취하기 어려운 식품을 3D 프린터로 재현하여 부드러운 식감의 식사를 제공하였다. 예를 들어 당근은 비타민 A, C를 많이 포함하고 있어서 고영양의 식재료에 해당하지만 단단한 식감을 갖고 있어 고령자들이 섭취하기 어려운 식품이다. 이를 3D 프린터를 통해 실제 당근과 동일한 모양을 갖는 부드러운 식감의 식품으로 재현하여 고령자가 고영양 식재료인 당근을 섭취하는 것이 가능하도록 하였다.

또한 TNO에서는 영양학적으로 뛰어난 새로운 식품군을 만들고자 시도하였다. 예를 들어 ‘Spice Bites’ 프로젝트를 통해 영양을 강화한 3차원 형상의 과자를 만들었다. 이 프로젝트는 밀가루, 설탕 분말을 기반으로 두고, 파프리카, 카레 등 식품을 분말형태로 첨가하여 영양 성분을 강화하였으며, 선택적레이저소결조형 기술을 적용하였다. 또한 푸드 디자인이 끝로에 루저벨드(Chloe Rutzerveld)와 협업하여 ‘먹을 수 있는 성장, Edible Growth’ 프로젝트를 진행하여, 이전에 볼 수 없는 독창적인 디저트를 만들었다(그림 8-4). 끝로에는 3D 프린팅이라는



그림 8-4 먹을 수 있는 성장. Edible Growth 프로젝트 결과물⁹⁾

4차 산업 기술을 활용하여 설탕, 쿠키, 초콜릿 등 영양가가 낮은 식품만 제조되는 상황에 안타까움을 느끼고서 이 기술을 활용하여 영양가가 높은 식품을 만들고자 이 프로젝트를 계획하였다. 3D 프린터를 이용해 내부가 비어있는 둥근 모양의 과자를 출력하였으며, 내부에 포자, 효모, 씨앗 등을 담아서 다른 디저트들과 차별화를 두었다. 이 출력물의 내부에서는 5일 후 씨앗이 싹트고, 이어서 버섯이 자란다. 이 프로젝트를 통해 고객에게 신선한 3D 식품을 제공하면서 영양까지 만족시킬 수 있었으나, 아직 시제품 제작 단계에 머물러 있으므로 이에 대한 연구가 필요하다.

TNO는 3D 프린터의 최대 장점인 디자인 측면도 간과하지 않았다. 이탈리아 파스타면 제조 기업 'Barilla'와 함께 손이나 다른 기계로는 생산하기 어려운 기하학적, 동적인 디자인의 파스타면을 출력하였다. 액상 식품을 활용한 3D 프린팅 기술을 활용하여 파스타 반죽을 층층이 쌓아 올렸으며 2분에 4개의 면을 출력하였다.

이 프린터는 현재 뉴욕의 한 레스토랑에 도입하여 손님의 취향에 따라 원하는 디자인의 파스타면을 출력하여 식사로 제공하고 있다.

9) 3D프린팅인더스트리 홈페이지(<https://3dprintingindustry.com>)

8.3.2 3D 시스템스

3D 시스템즈(3D Systems)는 3D 프린팅 기술을 최초로 개발한 척힐이 설립한 3D 프린터 기업이다. 3D 시스템스는 플라스틱 및 금속 3D 프린터 분야에서 선도적인 위치에 있으며 종합적인 3D 프린팅 서비스를 제공한다. 3D 시스템스는 설탕을 이용하여 디저트 장식을 만드는 기업 슈가랩(Sugar Lab)을 인수하면서 식품 분야에 대한 3D 프린팅 연구를 시작하였으며, 최초로 상업용 식품 3D 프린터 ‘셰프젯(ChefJet)’을 개발하였다(그림 8-5).

셰프젯은 분말 잉크에 접착제를 도포하여 3차원 구조를 형성하는 기술을 적용한 것이며, 물과 알코올로 이루어진 접착제에 색소를 혼합하여 다양한 색감을 표현할 수 있다. 어떤 종류의 식품 잉크를 사용하느냐에 따라 바닐라, 민트, 사과, 수박, 초콜릿 등 다양한 맛을 선택할 수 있으며, 최종 출력물은 사탕으로 섭취하거나 혹은 디저트 장식으로 활용할 수 있다. 또한 프린터에는 전자 요리책 프로그램이 내장되어 있으므로 3D 프로그램이 익숙하지 않거나 3D 모델링 프로그램을 조작할 줄 모르는 사용자들도 쉽게 프린터 사용이 가능하도록 설계되었다.



그림 8-5 셰프젯의 출력물¹⁰⁾

10) 3D 시스템즈 홈페이지(<https://www.3dsystems.com>)의 셰프젯 프린터 홍보 사진 인용

3D 시스템즈는 세계적인 초콜릿 브랜드 허쉬(Hershey)와 협업하여 초콜릿 3D 프린터 ‘코코젯(CocoJet)’을 개발하였다. 코코젯은 셰프젯과는 달리 액상 식품을 활용한 3D 프린팅 기술을 적용하여 초콜릿 잉크를 짜내고 적층하여 3차원 디자인의 초콜릿을 만든다. 잉크로는 밀크, 다크, 화이트 초콜릿 중 하나를 선택하여 용융시켜서 사용하며, 한 입 사이즈의 초콜릿을 출력하는데 약 15분이 소요된다. 코코젯은 디자인에 관하여 오픈소스 소프트웨어를 적용하여 원하는 패턴 파일을 기계에 전송하면 어떤 모양이든 출력이 가능하며, 최대 자몽 크기의 디자인까지 출력이 가능하다.

3D 시스템즈는 식품 분야에 대한 3D 프린터 연구를 꾸준히 진행하고 있다. 최근에는 제과 산업에서 선도적 지위에 있는 CSM 기업과 협업하여 식품 잉크로 사용할 식재료의 특성을 상의하고 식재료를 제공받아서 셰프젯을 한 단계 발전시킨 고해상의 3D 출력물을 얻고자 한다.

8.3.3 바이 플로우

네덜란드의 신생 스타트업 기업 바이 플로우(by Flow)는 3D 프린터 ‘포커스(Focus)’를 개발하였다(그림 8-6). 포커스의 개발 목표는 하나의 프린터로 플라스틱을 포함하여 실리콘, 세라믹, 심지어는 파스타, 도우, 초콜릿 등 पे이스트 질감을 갖는 모든 소재를 출력하는 것이 가능하도록 하는 것이었다. 하지만 플라스틱, 세라믹 등의 소재들에 대한 연구는 이미 상당 수준 진행되어 있었다. 따라서 바이 플로우는 연구 방향을 식품분야로 전환하여 포커스를 식품 소재에 특화시킨 3D 프린터로 연구하였다.

포커스는 주사기를 카트리지로 사용하여 잉크를 쌓아 올리는 프린팅 기술을 채택하였다. 프린터의 크기는 일반적인 3D 프린터보다 작은



그림 8-6 포커스(좌)와 포커스로 출력한 3D 프린팅 식사(우)¹¹⁾

편이어서 휴대가 가능하다. 잉크로 사용되는 식품 소재는 초콜릿, 마지팬, 머랭, 버터크림 등의 디저트 재료들과 아보카도, 토마토, 브로콜리 등의 과채류 등을 사용하므로 사실상 페이스트 상태로 가공한 대부분의 식품 소재를 출력할 수 있다.

바이 플로우에서는 포커스를 이용하여 환경에 긍정적인 역할을 하는 비즈니스 모델을 창출할 수 있을 것이라고 예상하고 있다. 예를 들어 육가공 기업과 협업하여 뼈에 붙어있는 육류 혹은 외관이 손상된 육류를 제공받아 이를 가공하여 식품 잉크로 사용하고자 한다. 이러한 육류들은 현재 식품 폐기물로 분류되어 버려지고 있으나 이를 3D 프린터에 활용한다면 새로운 식사로 탈바꿈할 것이다. 이는 폐기물을 줄이므로 환경에 도움이 될 뿐 아니라 새로운 육제품을 생산하므로 생산성이 증가하는 결과를 얻을 것이다.

바이 플로우는 푸드 잉크(food ink)와 협업하여 컨셉형 팝업 레스토랑을 오픈하였다. 이 레스토랑은 식사를 비롯하여 의자, 테이블, 식기류 등 식당의 모든 물품을 3D 프린터로 생산한 것으로 시용하는 것을

11) 바이 플로우 홈페이지(<https://www.3dbyflow.com>)의 포커스 제품 홍보 사진과 푸드 잉크 홈페이지(<http://foodink.io>)의 3D 프린팅 레스토랑 홍보 사진 인용

컨셉으로 하고 있다. 이 레스토랑에서는 포커스로 한 끼의 식사를 프린팅 하여 8가지 다양한 코스를 고객들에게 선보였다. 레스토랑의 가격대는 일반 레스토랑보다 비싸지만 독창적인 컨셉으로 소비자들에게 많은 관심을 얻었다.

푸드 잉크는 네덜란드의 펜로(venlo)에 최초로 오픈하였으며 영국 런던, 스페인 카탈루냐, 바르셀로나에 차례로 오픈하였다. 두바이, 토론토, 샌프란시스코, 파리 등 세계적인 도시에 팝업 레스토랑을 오픈할 예정이며 그 중에는 서울도 포함되어 있다.

8.3.4 네츄럴 머신스

스페인의 스타트업 기업 네츄럴 머신스(Natural Machines)는 식품 3D 프린터 ‘푸드니(Foodini)’를 개발하였다(그림 8-7). 푸디니는 페이스트 상태의 식품 잉크를 짜내면서 적층하여 3차원 식품을 생산하는 원리이다. 푸디니의 가장 큰 장점은 자체 개발한 오픈 캡슐 시스템을 적용하여 캡슐에 원하는 식재료를 넣어 식품 잉크로 사용할 수 있다는



그림 8-7 푸디니의 출력모습(좌)와 오픈 캡슐 시스템(우)¹²⁾

12) 네츄럴 머신스 홈페이지(<https://naturalmachines.com>)의 푸디니 시연 사진 및 3D프린팅인더스트리 홈페이지(<https://3dprintingindustry.com>)에 소개된 푸디니 내부 사진 인용

것이다. 이는 소비자가 식재료를 페이스트 상태로 가공하여 캡슐에 충전하는 방식이므로 식품잉크로 사용될 식재료 선택의 폭이 넓으며 캡슐을 계속해서 구매할 필요가 없다는 것을 의미한다. 프린터에는 최대 5개의 캡슐을 장착할 수 있고 캡슐은 입력된 설정에 따라 프린팅 중에 교체가 가능하므로 각 캡슐마다 다른 잉크를 주입하여 다양한 재료를 한 번에 출력할 수 있다. 또한 캡슐은 스테인리스 강 재질로 제조되어 각 캡슐마다 다른 온도를 설정할 수 있다.

소비자는 캡슐 잉크를 준비하고 기계의 전면에 내장된 터치스크린을 통해 원하는 디자인을 선택하면 입력된 정보에 따라 한 끼의 식사를 출력할 수 있다. 현재까지 햄버거, 피자, 파스타 등 다양한 식사를 출력하였다. 네추럴 머신스는 푸디니를 개발할 때 3D 프린터로서의 역할보다 주방용품으로서의 역할을 더 중시하였다.

8.4 미래 환경변화와 식품 3D 프린팅

8.4.1 환경변화에 따른 식품 기술수요 변화

현대 기술은 빠른 속도로 발전하고 있으며 기술의 발달은 사회의 다양한 분야에 긍정적인 영향을 미치고 있다. 의학 기술의 발달로 인간에 대한 평균 수명 기대치가 높아졌으며 노년층의 인구가 증가하였다. 또한 사회적 관점에서 보았을 때 생활이 편리해지면서 삶의 질이 높아졌으며, 소득이 증가하였다. 사회적 수준이 향상되면서 사람들은 건강에 관심을 갖기 시작하였고 웰빙(well-being)을 추구하고 있다. (그림 8-8) 그러나 기술의 발달이 긍정적인 영향만을 나타낸 것은 아니다. 최근 기술 발전에 따른 가장 큰 문제점은 환경오염이다. 환경오염은 급격한 속도로 진행되고 있으며 매우 심각한 수준에 달하여 생태계 파괴, 지구온난화, 이상 기후 발생 등의 현상을 야기하였다.

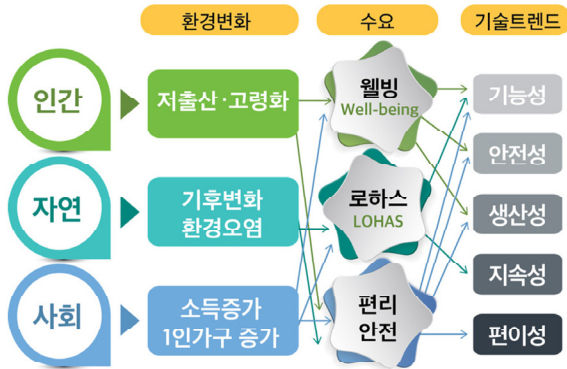


그림 8-8 미래 환경변화에 따른 식품 관련 수요 및 기술 트렌드¹³⁾

따라서 웰빙은 개인적 차원을 넘어서 공동체적 차원으로 확대되고 있다. 사람들은 건강한 삶을 건강한 환경 속에서 영위하고자 하며, 이에 따라 로하스(lifestyles of health and sustainability, LOHAS)의 개념이 대두되었다. 로하스란 건강한 삶을 영위하고 지속가능한 환경을 보존하는 라이프스타일을 추구하는 것으로, 예를 들어 로하스를 실천하는 사람들은 유기농 제품을 선호하고 재활용 원료로 만든 제품을 사용하거나 일회용품 사용을 자제하는 등 공동체 전체의 보다 나은 삶을 위해 노력한다.

이러한 사회 트렌드는 식품 분야에도 영향을 미쳤다. 식품업계는 4차 산업을 활용하여 지속가능한 새로운 패러다임의 식품 및 유통 구조를 만들고 있다. 이러한 발전 방향에 부합하는 미래기술이 바로 식품 3D 프린터이다. 식품 3D 프린터는 기능성, 안전성, 생산성, 지속가능성과 함께 로하스의 개념이 합치되는 기술이다. 식품 3D 프린터의

13) 한국과학기술기획평가원(2013), "미래변화 이슈 심층분석 및 대응방안 연구"의 식품관련 수요 및 기술트렌드 변화 예상도 인용

대표적 특징인 개인 맞춤형 식사를 예로 들면, 이 기술은 식품잉크의 성분을 목적에 맞게 조절할 수 있으므로 영양성을 강화하여 식품의 기능성을 향상시킨다. 또한 식품잉크는 주로 파우더 상태로 보관하기 때문에 저장 공간을 적게 차지하고, 저장기간을 연장할 수 있기 때문에 경제적 이점과 함께 높은 안전성을 기대할 수 있다. 뿐만 아니라 비식품으로 여겨지던 곤충과 같은 원료를 가공을 통해 식품으로 섭취할 수 있게 됨으로써 식품의 범위가 확대되고 식사 준비 과정 중 배출되는 폐기물의 양을 줄일 수 있으므로 생산성과 지속가능성이 높아질 것이라 기대할 수 있다.

8.4.2 식품 3D 프린팅의 역할

(1) 기능성 및 안전성

과학기술의 발전에 따라 평균수명 백세시대가 가까이 다가왔으며 삶의 질 또한 높아졌다. 이에 나이가 들어도 건강한 삶을 유지하기 위해 건강노화에 대한 관심은 나날이 증가하는 추세이다. 한국건강기능식품협회에 따르면 2017년 세계 건강기능식품의 시장 매출 규모는 작년 대비 약 6% 성장한 145조원에 이를 전망이다. 그중 비타민 및 미네랄에 대해 관심이 가장 높은 것으로 조사¹⁴⁾되었다. 그러나 건강기능식품은 대부분 알약으로 섭취하여 영양분을 보충하는 역할을 한다. 이에 3D 프린터는 영양성분을 강화한 재료를 식품잉크로 사용하여 그 자체로도 기능성을 갖는 식사를 제공하고자 한다.

3D 프린터의 대표적인 특징은 개인 맞춤형 식사를 제공하는 것이다 (그림 8-9). 이때 ‘개인 맞춤형’이라 함은 디자인을 포함하여 식감, 향미, 영양성분 등 포괄적인 개념을 아우른다. 특히 영양 성분을 개인의 선호에

14) 헤럴드경제, 비타민 등 인기에…건강기능식품 시장 ‘쑥쑥’(2017)

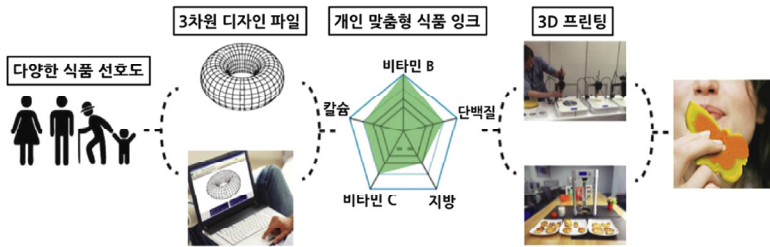


그림 8-9 개인 맞춤형 식품 3D 프린팅 과정¹⁵⁾

따라 조절할 수 있다는 것은 건강에 대한 관심이 많은 사회 트렌드와 일치하며 소비자들에게 흥미롭게 다가갈 것이다. 영양성분을 조절하는 방법은 잉크 가공과정 중에 원하는 영양성분을 첨가하는 것뿐만 아니라 개인에 따라 알레르기를 유발하는 성분을 제거하거나 건강에 해로운 성분을 저감시키는 것도 가능하다. 따라서 기능적 측면에서 바라본 식품 3D 프린터의 최종 목표는 개인 별 영양 상태를 분석하여 데이터베이스를 구축한 후 사용자가 그날의 영양 상태에 따라 부족한 영양분을 강화한 잉크로 식사를 출력하는 것이 가능해지는 것이다.

3D 프린팅은 파우더 자체를 경화시켜 모양을 내거나 다양한 첨가제를 혼입하여 유동성을 갖는 페이스트 상태로 압출 적층하는 방식이므로 프린터 잉크는 일반적으로 파우더 혹은 페이스트의 상태로 보관하게 된다. 저장학의 관점에서 이러한 상태의 식품은 매우 안정적이기 때문에 오랜 기간 보관이 가능하며 위생적 측면에서도 관리가 용이하다. 이는 우주선이나 전장 등 한정된 공간에서 오랜 기간 생활해야하며 지속적인 식품 공급이 어려운 상황에서 큰 이점으로 작용한다. 이러한듯 프린터에 이용되는 식품 잉크는 필요로 하는 저장 공간이 적으며, 오랜

15) "Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control," Journal of Food Engineering(2017)의 개인 맞춤형 식품 생산 개념도 인용

기간 보관된 상태에서도 출력 직전에 최적의 잉크상태로 전환하여 사용할 수 있으므로 식품 3D 프린터는 식생활에 있어서 공간과 시간의 제약을 뛰어넘을 수 있다는 가능성을 보여준다.

(2) 생산성 및 지속가능성

음식은 맛 뿐 만 아니라 외관, 향, 식감, 물성, 영양성분 등 다양한 특성들이 복합적으로 조화를 이루고 있으며 소비자들은 이러한 특성을 고려하여 식품에 대한 선호도를 나타낸다. 예를 들어 사과나무에서 사과를 재배할 때 나무에 달린 깨끗한 사과는 상품가치가 높으나 바람에 의해 땅에 떨어질 경우 상품가치가 저하되며 심할 경우에는 식품 폐기물로 분류된다. 따라서 지금까지의 식품 소비 형태는 외부 환경에 의해 생산성이 영향을 받고 있다. 그러나 3D 프린터를 이용할 경우 식품을 파우더 혹은 페이스트 상태의 잉크로 가공하여 새로운 질감으로 재탄생하게 되므로 식품 고유의 상태와는 무관하게 된다. 즉 바닥에 떨어진 사과는 사과로서 상품 가치가 없어졌을지라도 향미, 영양성분 등은 유효하기 때문에 가공을 통해 식품 잉크로 활용이 가능하며 3D 프린터를 이용하여 새로운 식품으로 재탄생할 수 있다. 또한 3D 프린터를 활용하면 영양소는 풍부하지만 식품으로 활용되기 어려웠던 천연 자원을 식품으로 탈바꿈 할 수 있다. 예를 들어 곤충, 해양조류 등은 소재 특성상 식품으로 활용하기 어려운데 이를 가공하여 원하는 디자인으로 출력할 경우 외관상의 문제를 해결할 수 있으며, 잉크화 과정에서 마스킹 공정을 거쳐 불쾌한 향을 잡아준다면 소비자들이 선호하는 식품으로 재탄생 할 수 있을 것이다. 이렇듯 3D 프린터를 통해 전통적인 식재료 외의 새로운 식품군을 섭취할 수 있게 되므로 식품 생산성이 증가할 것으로 예상된다.

식재료 준비부터 식사를 마치는 과정까지 한 끼의 식사를 완성하기

위해서는 수많은 환경오염 유발 요인들이 숨어있다. 신선한 농작물을 얻기 위해 농약을 치고, 식재료 준비 과정에서 폐기물이 발생하며, 조리과정 중에 다양한 환경오염 가스가 배출되는 등 일련의 조리 행위들이 환경에 직·간접적인 영향을 미친다. 이런 문제점들은 3D 프린팅을 통해 해결 가능하다.

이들테면 프린터가 출력 전 프로그래밍을 통해 한 끼 식사를 만드는 데에 필요한 잉크 양을 제시할 수 있으므로 식사 준비 과정에서 폐기물이 거의 발생하지 않는다. 또한 상품가치가 없는 식재료를 가공하여 잉크로 사용할 수 있기 때문에 발생하는 식품 폐기물의 양을 감소시킬 수 있다. 따라서 3D 프린터를 활용하면 식품을 생산, 가공, 유통, 소비하는 과정이 효율적으로 운영되어 환경에 긍정적인 영향을 미치므로 지속가능성이 높아진다.

3D 프린팅의 생산성과 지속가능성은 유기적으로 연결되어 있다. 3D 프린팅을 활용하면 기존에 활용하지 못하던 식재료를 식품으로 섭취할 수 있게 되므로 생산성이 증가한다. 이는 폐기물로 분류되어 낭비되던 식재료의 양을 줄이고 식사 준비 과정 중에 배출되는 쓰레기의 양을 줄일 수 있으므로 환경의 지속가능성을 높이게 된다.

8.5 발전전망 및 시사점

8.5.1 시장 전망

미국 시장조사기관에 따르면 3D 식품 프린팅 산업은 올해부터 2025년 사이 연평균 54.75%의 높은 속도로 성장할 것으로 전망되며, 그 규모는 2025년까지 4억 2천 500만 달러에 달할 것으로 예상된다.¹⁶⁾

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

또한 3D 식품 프린팅 산업은 장비의 판매 보다 사용되는 식품잉크와 이를 활용한 제품 서비스에 대한 비중이 높아 질것으로 예측되고 있다. 이는 기존 3D 프린터 시장에서 장비를 공급하는 업체가 자체적으로 개발한 잉크와 서비스를 공급하여 얻는 수익이 전체 매출의 50% 이상을 차지하고 있고, 식품 3D 프린팅 또한 비슷한 산업구조를 형성할 것이라는 의견이다.

식품 산업 분야에서는 맞춤형 디저트, 초콜릿, 사탕 등과 같이 식품의 외견적 예술성에 따라 프리미엄이 부여되는 베이커리 산업과 연계된 식품 3D 프린팅이 해당분야의 높은 수요로 인해 초기 시장을 견인할 것으로 전망된다. 베이커리 제품의 경우 매출 유발효과가 다른 품목에 비해 매우 크고, 다른 곳에서 보기 어려운 특별한 모양의 제품에 소비자의 지속적인 발걸음이 향한다는 점에서 각 브랜드의 시그니처 아이템을 만들 수 있는 식품 3D 프린팅 기술은 해당업계에 큰 변혁으로 작용할 것이다.

지리적인 관점으로는 북아메리카 지역에서 상대적으로 높은 시장 비중과 성장 비율을 보일 것으로 예상되는데, 이는 해당 지역의 식문화와 깊은 관련이 있다. 빵과 치즈, 으깬 감자, 햄류와 같이 분쇄 가공된 식품을 주식으로 하는 문화권에서 3D 프린팅을 통해 재구성된 식품의 형태와 질감은 기존에 먹던 식사와 크게 다르지 않을 것이다. 또한 전 세계 고령 인구의 상당비율을 차지하는 지역 특성상 고령친화산업에 많은 예산을 투자하는 것도 빠른 시장 성장을 보이는 이유 중에 하나이다. 씹고 삼키는 것이 어려운 노인을 대상으로 쉽게 씹을 수 있는 부드러운 음식을 생산할 수 있을 뿐만 아니라, 특정 영양소를 강화할 수 있는 식품 3D 프린팅의 장점을 통해 해당 지역에서 상당한 기술 수요를 보일 것으로 전망된다.

반면, 현 기술 수준으로는 음식을 만드는데 많은 시간이 소요되고,

본래의 풍미와 질감을 부여하기 어려운 식품 3D 프린팅의 한계가 시장 성장을 억제하는 주요 요인으로 작용한다. 일정 수준의 정밀도를 얻기 위해 얇은 층으로 식품을 쌓아 올린 후 모양 유지를 위한 응고 및 조리과정을 거치면서 상당 시간이 소요되는데, 이를 기다릴 수 있는 소비자는 그리 많지 않을 것이다.

하지만 소비자들의 음식에 대한 기대는 그렇게 단순하지만도 않다. 외식의 경우는 맛뿐만 아니라 가격과 음식이 제공되는 시간이 중요한 요인으로 여겨진다. 그에 비해서 병원이나 노인 복지 시설에서 제공되는 식품은 시간적 측면보다는 높은 영양가와 부드러움이 중시될 수 있으며, 아이들의 경우 나만의 음식을 출력하기 위한 기다림이 즐거움으로 다가올 수 있다는 것이다.

이와 같이 음식에 요구되는 요소와 역할은 소비자의 특성과 상황에 따라 크게 달라질 수 있다. 따라서 식품 3D 프린팅 기술을 소비자의 니즈를 충족시킬 수 있는 다양한 응용분야의 가치사슬에 연결하여 수요와 연계된 기술개발을 이루어 낸다면 새로운 디지털 식품 생산기술로써 자리매김 할 수 있을 것이다.

8.5.2 활용분야 및 파급효과

(1) 특수용도 식품

우주비행사들은 임무 수행을 위해 우주선에서 장기간 거주하지만 우주선이라는 한정된 공간에서는 식재료 보관이나 다양한 조리가 제한되기 때문에 대부분 간단한 조리과정을 거치는 즉석요리식품을 섭취하며 부족한 영양소는 알약의 형태로 보충한다. 그러나 즉석요리식품은 저장기간이 길어질수록 영양 성분이 파괴되고 향미나 맛이 저하되므로 장기간 보관하는 데에는 한계가 있다.

따라서 이러한 식생활은 충분한 영양소를 공급하지 못하기 때문에 개선이 필요하다. 이에 3D 프린터를 우주식품에 활용하면 우주선 안에서 신선한 식사가 가능해진다. 식품 3D 프린팅은 프린터와 식품 잉크만 준비되면 간단한 조작으로 누구나 어디에서든지 식품을 만들 수 있으므로 우주선과 같은 한정된 공간에서 적합하다. 식품 잉크를 분말 상태로 보관할 경우 장기 저장이 가능해지며, 프로그래밍을 통해 출력에 필요한 적정량의 파우더 잉크만을 사용하므로 식사 준비 과정에 배출되는 쓰레기의 양을 최소화 할 수 있는 점 또한 우주식품으로서의 가능성을 제시한다.

식품 3D 프린팅을 통해 새로운 우주식품을 만들 수 있을 것이라는 가능성으로 5년 전부터 NASA(미국항공우주국)에서 SMRC(Systems and Materials Research Corporation) 식품 3D 프린터 기업에 대한 연구를 지원하여 우주식품 용 피자를 출력하는 3D 프린터를 개발하였다(그림 8-10). 이 기계는 식품잉크를 파우더 상태로 보관하다가 프린팅 직전에

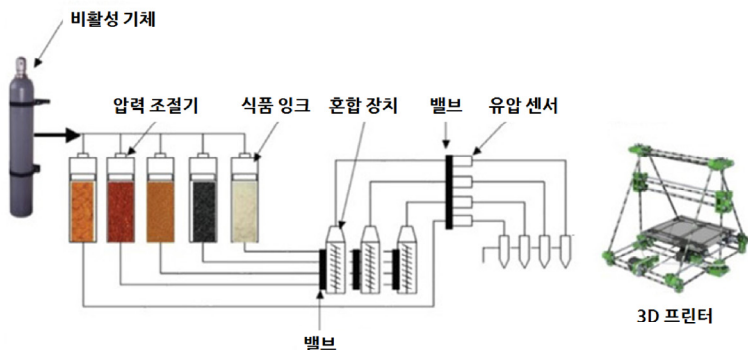


그림 8-10 우주식품용 피자 3D 프린터 도면¹⁷⁾

17) 나사 홈페이지(<https://www.nasa.gov>)의 우주인을 위한 3D 피자 프린터 구성도 인용

물과 기름을 혼합하여 뜨거운 열판 위에 도우, 토마토소스, 치즈 등을 출력한다. 출력 시간은 12분이 소요되며, 식재료를 파우더 상태로 보관하기 때문에 저장기간이 매우 길다.

식품 3D 프린터의 잉크를 장기간 저장할 수 있고 공간의 제약 없이 어디서든 한 끼의 식사를 출력할 수 있다는 특징은 지속적으로 식품을 공급하기 어려운 전장에서도 큰 이점으로 작용한다. 이에 3D 시스템스에서 판매용 식품 3D 프린터를 최초로 선보인지 불과 6개월 만에 미 육군의 여러 연구팀에서도 식품 3D 프린팅에 대한 기술을 연구하기 시작하였다.

군용 식품으로써 연구되는 식품 3D 프린터의 목표는 향후 10년 이내에 병사들의 몸에 부착하였을 때 개인의 생리학적 및 영양학적 상태를 실시간으로 측정할 수 있는 기계를 개발하여 데이터베이스를 구축하는 것이며, 이 데이터를 토대로 각 병사마다 부족한 영양성분은 무엇인지 분석하여 각 병사마다 영양분이 추가된 식품잉크로 식사를 출력하여 제공하는 것이다.

예를 들어 전투에서 지쳐 탄수화물이나 단백질이 필요한 군인은 단백질과 탄수화물이 풍부한 식품 잉크를 출력하여 섭취할 수 있고, 비타민 D가 부족한 다른 군인은 비타민 D가 풍부한 잉크를 출력하여 식사를 할 수 있다.

미 육군에서는 초음파 조형(ultrasonic agglomeration)이라는 새로운 식품 3D 프린팅 기법을 개발하였다. 이는 특정 식품 파우더에 고주파 초음파를 조사하여 파우더끼리 응집시키는 원리를 이용한 것이다. 어떤 초음파를 어떤 방식으로 조사하느냐에 따라 어느 식품 성분이 뭉치는지가 달라지기 때문에 이에 대한 연구가 필요하다. 이 기법을 적용하여 작은 과자를 만드는 것까지 성공한 상태이다.

(2) 고령 친화 식품

고령화는 전 세계적으로 빠르게 진행되고 있으며 우리나라 또한 2017년 기준 65세 이상 고령자의 인구비율은 13.8%¹⁸⁾로 세계적으로 유래를 찾아볼 수 없을 만큼 빠르게 고령화가 진행되고 있다. 노화의 대표적인 증상은 저작 및 연하 기능이 현저히 저하되는 것이며, 고령자들 중에는 특히 뇌졸중, 치매, 파킨슨병을 앓는 환자가 많아지므로 이러한 현상은 질식, 소화 불량, 영양실조 등 식품 섭취의 문제점으로 이어진다. 실제로 50세 이상 고령자의 약 20%와 양로원 환자의 약 60%가 연하 곤란, 식품 섭취의 어려움으로 고통받고 있으며, 그 수는 더욱 증가할 것으로 예상된다.¹⁹⁾ 환자들은 대부분 죽이나 푸레 형태의 식품을 유지하고 있으나 이러한 식생활은 식욕을 저하시키며 심지어는 영양실조를 유도하기도 한다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 2012년 EU(유럽연합)에서는 퍼포먼스(PERFORMANCE) 프로젝트를 진행하였다(그림 8-11). 이 프로젝트는 식품 3D 프린터를 이용하여 자동화된



그림 8-11 고령 친화 식품의 발전²⁰⁾

18) 통계청, 고령인구비율(2018)

19) 3D printing: Printing precision and application in food sector, Trends in Food Science & Technology(2017)

20) “3D Food Printing” TNO(2014) 보고서의 PERFORMANCE 프로젝트내 고령자용 식품 개발 개념도 인용

식품 가공 기술과 개인 맞춤형 그리고 식감 맞춤형 식사를 제공하는 것이다. 이 프로젝트에는 완두콩, 노키 등을 푸레와 같은 부드러운 식감으로 가공한 뒤 3D 프린팅을 통해 실제 식품모양으로 출력하였다.

또한 연령, 신체조건, 필요한 영양 성분 등에 기반을 둔 개인 맞춤형 영양 식품잉크를 적용하였다. 이 프로젝트에 대한 동세조사 결과, 참여자의 54%는 식감이 좋다고 응답하였고 79%는 출력 식품이 전통적인 조리 방법으로 만든 식사와 비슷하다고 느꼈으며 43%는 연하곤란 상태 일 때 3D 출력 식품을 더 선호한다는 결과를 보였다.²¹⁾ 이렇듯 식품 3D 프린터를 이용해 고령자의 식생활을 개선할 수 있을 것이라 예측된다.

(3) 제과 산업

제과 산업에서는 최근 디저트에 예술성을 더하여 디자인적 가치에 따라 프리미엄이 부여되는 동향을 보이고 있다. 디저트는 이제 눈으로도 즐기는 식품군이 되었으며 소비자들은 더욱 트렌드하고 다른 사람들과는 차별화된 디자인의 디저트 선호한다. 이에 제과 산업에서는 요리사의 표현력이 중요한 요소가 되었으며 디자인만을 전문적으로 개발하는 요리사들이 늘고 있다. 3D 프린터는 복잡한 디자인을 반복해서 정교하게 출력할 수 있으므로 제과산업에 활용할 경우 요리사의 역할을 일부 대체하여 요리사의 능률을 높일 것이며 디저트의 예술성에 한층 깊이를 더해줄 것이라 전망된다. 게다가 초콜릿, 사탕, 슈가 크래프트 등 다양한 디저트 재료들이 특정 조건에서 유동성을 보이며 가공 처리 후 고체에 가까운 특성을 갖기 때문에 프린터의 식품 잉크로 많이 개발되어 있다. 예를 들어 초콜릿은 온도를 높였을 때 유동성을 가지며 실온에서는 빠르게 굳기 때문에 식품 3D 프린터의 초기 단계에서부터 연구되던

21) Trends in Food Science & Technology, 3D printing: Printing precision and application in food sector(2017)

식품 잉크이다. 그러나 앞서 기술한 대로 모든 식품이 3D 프린터 잉크에 적합한 것은 아니며, 그 예로 젤리가 있다.

초기 도입 단계에서 젤리는 3D 프린팅이 불가능한 잉크였으나 승점 안정제 역할을 하는 펙틴을 첨가함으로써 젤리의 3D 프린팅에 가능해졌다. 그러나 프린팅 후 고체로 안정화되기까지 3일 이상이 소요되어 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 독일의 한 회사에 ‘The Magic Candy Factory’ 3D 프린터를 개발하였다. 이 프린터는 젤리의 출력시간과 후가공 시간을 매우 단축시켰다. 또한 미국의 딜란 캔디 바(Dylan's Candy Bar)와 동업하여 매장 내에 3D 프린터를 비치해 두고 소비자들에게 원하는 3D 디자인의 젤리를 제공하고 있다(그림 8-12). 소비자는 100가지 이상의 디자인 중 원하는 디자인을 선택할 수 있으며, 맛 또한 8가지 중 선택이 가능하다. 젤리의 성분에는 글루텐 및 유제품류를 포함하고 있지 않으며 천연 과일, 채소 추출물로 만든 식용색소를 사용하므로 채식주의자도 섭취가 가능하다. 이러한 3D 프린팅 젤리를 생산하는 데는 3~5분의 출력시간을 포함하여 전체 10분이 소요되므로 제작 시간도 매우 짧다.



그림 8-12 3D 프린터로 출력한 디저트(좌)와
딜란 캔디 바의 3D 프린팅 젤리(우)²²⁾

22) 바이 플로우 홈페이지(<https://www.3dbyflow.com>)의 제품 홍보용 출력물 및 시카고트리뷴 홈페이지(<http://www.chicagotribune.com>)의 펙틴을 사용한 3D 프린팅 젤리 사진 인용

(4) 대체식량

산업혁명 이후 세계 인구가 급증하면서 2017년 기준 74억 명에 달하였으며²³⁾ 이러한 증가 추세가 계속될 경우 2050년에는 92억 명이 될 것으로 예상된다.²⁴⁾ 국제연합식량농업기구(FAO)에 따르면 2050년에는 식품 섭취가 두 배에 달할 것이라고 예상하고 있다. 그러나 기후 변화 및 환경 파괴로 인해 식량의 질적, 양적 수준은 오히려 저하되고 있는 실태이다. 따라서 극심한 식량 문제를 해결하기 위해 미래의 대체식량으로 식용 곤충이 주목을 받고 있다.

실현 가능성이 가장 높은 대체 식품군은 식용곤충이다. 식용곤충은 탄수화물, 단백질, 지방뿐만 아니라 비타민, 아미노산 등을 함유하고 있으므로 영양적 가치가 높다. 예를 들어 대표적인 식용곤충 갈색거저리 100g에 포함된 영양성분 함량은 20대 성인 남성 기준 영양 섭취 권장량 대비 탄수화물 86.3%, 단백질 97.1%, 지방 85.8%를 함유하고 있었으며, 비타민 B, 마그네슘, 철, 칼슘 등 다양한 영양성분들 또한 포함하고 있다는 연구 결과²⁵⁾가 있다. 따라서 FAO에서는 식용곤충이 돼지고기, 소고기, 닭고기, 물고기 등 육류의 대안이 될 수 있을 것이라고 예측한다. 식용곤충은 영양적 측면과 함께 경제적 가치도 뛰어나다. 가축을 통해 축산물을 얻는 경우 노동력 및 사료가 많이 필요하며, 메탄, 이산화탄소, 이산화질소 등의 온실가스가 배출된다. 이에 비해 식용 곤충의 경우 노동력과 사료가 절감되고, 온실가스 배출량이 감소한다. 갈색 거저리를 예로 들면 1kg 기준 돼지의 10% 정도의 온실가스를 배출한다. 또한 사육 면적이 좁으므로 토지 이용 효율성이 높으며, 생활사가 3개월 정도로 짧고 한 번에 수십 개에서 수백 개의 알을 낳으므로

23) 중앙일보, 새해 첫날 전 세계 인구는 몇 명일까요?(2017)

24) 네이버지식백과, 세계인구 증가 추이(2011)

25) 농촌진흥청 곤충산업과, 곤충, 우리 식탁 먹거리로 오른다(2014)

생산성이 매우 높다.

하지만 곤충을 식재료로 활용하는 데에 있어 가장 큰 걸림돌은 곤충을 식품으로 받아드리지 못하는 문화적, 정서적 인식에서 비롯된다. 이러한 거부감은 기존에 섭취하지 않았던 새로운 식품에 대한 두려움과 일부 해충에 대한 인식을 식용곤충에 혼용하는 일반화의 오류에서 비롯된다. 그러나 식용곤충을 분말화하여 3D 프린팅 한다면 새로운 형태의 식사를 제공할 수 있으며 이는 곤충이 주는 편견을 없애고 하나의 흥미로운 식사로 다가갈 수 있을 것이라 예상된다.

식용곤충과 비슷한 맥락으로 미세조류 또한 연구자들이 주목하고 있는 대체 식품군이다. 미세조류는 비타민, 미네랄 등의 영양적 가치가 높아 알약의 형태의 건강기능식품으로 출시되었다. 따라서 미세조류를 식품 잉크로 사용하여 3D 프린팅 할 경우 저렴한 재료로 영양의 고급스러운 식품을 생산할 수 있다. 영국의 센트럴 세인트 마틴스 예술대학(Central Saint Martins College of Art and Design)에서는 엘리지움 바이



그림 8-13 식용곤충을 이용한 3D 프린팅 출력물(좌)와 엘리지움 바이오프린터(우)²⁶⁾

26) TNO 홈페이지(<https://www.tno.nl>)의 곤충으로 만든 스낵과 Algaeprinting 홈페이지(<https://algaeprinting.com/algaerium-bioprinter>)의 엘리지움 바이오프린터 대표사진 인용

오프린터(Algaerium Bioprinter)를 개발하였다(그림 8-13). 이 프린터는 클로렐라, 스피룰리나, 헤마토코쿠스 등의 미세조류를 잉크로 활용하여 3D 식품을 출력하며 어떤 미세조류를 선택하느냐에 따라 영양성분을 선택할 수 있다.

식용곤충이나 미세조류 등 기존에 식품으로 인정받지 않던 원료를 재가공하여 대체식품으로 활용하는 분야 외에 식품잉크를 인공적으로 생산하는 분야도 연구되고 있다. 그 대표적인 예가 인공고기이다. 2008년 네덜란드에서 소나 닭의 근육 조직에서 줄기세포를 추출하고, 이를 배양액에 주입하여 새로운 고기 조직을 배양함으로써 인공육에 대한 연구를 최초로 시도하였다. 이를 식품잉크로 사용하여 고기모양으로 3D 프린팅 할 경우 실제 고기를 재현할 수 있을 것이다.

8.5.3 해결 과제

식품 3D 프린팅은 다양한 장점이 있는 기술임에도 불구하고 프린터의 상용화는 예상만큼 빠르게 진행되지 못하고 있다. 이는 프린터가 상용화되기에는 해결해야할 문제점들이 아직 많기 때문이다. 가장 큰 걸림돌은 프린터의 출력 속도이다. 수작업 대신 식품 3D 프린터를 사용하는 소비자는 프린터를 통해 난이도가 높거나 반복적인 작업을 빠른 시간에 기계가 대체할 것이라고 기대한다. 따라서 프린터의 출력 시간은 수작업을 통해 얻을 수 있는 것보다 빠르면서 정교해야 한다. 예를 들어 2016년 비헥스(BeeHex)에서 출시된 상업용 피자 3D 프린터는 평균 출력시간 4분이며, 동일한 작업을 사람이 수행하는 데 9분이 소요된다.

그러나 지금까지 개발된 프린터들은 대부분은 출력속도가 느려서 탁구공만한 식품을 출력하는데 30분 이상이 소요된다. 이에 후가공 및 조리과정까지 거칠 경우 추가적인 시간이 소요되므로 하나의 출력물

을 만드는 데 손으로 만드는 것보다 더 오래 걸리는 경우 많다. 따라서 속도 문제를 해결하기 위해 구동방식의 근본적인 변혁 또는 새로운 하드웨어 기술 개발이 필요하다. 현재까지 개발된 식품 3D 프린팅 수준은 대부분 하나의 노즐을 이용하여 층 전체를 출력하므로 출력물이 한 가지 성분으로 이루어져 있는 수준이다. 그러나 다수의 잉크 분사 노즐을 갖춘 식품 3D 프린터가 개발되면 각 층 및 부분이 서로 다른 다양한 식재료로 이루어진 하나의 출력물을 제조할 수 있으며 출력시간을 단축시킬 수 있을 것이다.

3D 프린터 관련 소프트웨어 중 식품 잉크에 적합한 프로그램의 부재 또한 해결해야 할 문제이다. 기존 소프트웨어들은 플라스틱 및 금속 소재를 시료로 사용하는 조건에 최적화 되어있으므로 식품을 소재로 사용할 경우 최적 조건에 맞지 않아서 적층 과정 중 층이 분리되는 현상, 노즐 끝에서 시료가 끌리는 드래깅(Dragging) 현상 등의 문제점이 발생한다. 따라서 식품 소재에 최적화 된 3D 프린팅 소프트웨어가 절실하다. 또한 3D 디자인에 대한 소프트웨어 대한 개발도 필요하다. 지금까지 3D 프린터는 산업용으로 활용되었으므로 전문가들이 CAD를 이용해 3차원 모델을 생성하였다. 그러나 식품 3D 프린터는 일반인들을 대상으로 하기 때문에 간단한 조작으로 3차원 디자인을 생성하거나 미리 만들어진 3D 디자인을 공개된 라이브러리에 모아놓고 소비자가 원하는 디자인을 다운받아서 사용할 수 있도록 하는 프로그램이 개발되어야 한다.

식품 3D 프린팅은 식품 성분을 정성적으로 조절할 수 있으며 맛과 향미까지 제어가 가능한 디지털 제작 방법이다. 그러나 현재 기술 수준은 식품을 모두 적층 한 후 단순 조리과정을 거쳐 섭취하는 방식이다. 이는 3D 프린팅 기술을 통해 각 층에 따라 다양한 특성을 갖도록 출력하였더라도 동일한 조리과정을 거치게 되므로 고유의 특성이 사라

지게 된다. 따라서 디지털 조리 방법을 개발하여 3D 프린터에 적용한다면 출력물을 선택적으로 제어하여 한 개의 출력물 내에서 각기 다른 특성을 유지하는 것이 가능해질 것이다. 또한 식품 구성요소(탄수화물, 단백질, 지방 등)를 증착한 후 이를 조리하는 후가공의 영향에 대한 연구가 부족하므로 이에 대한 연구가 진행된다면 어떤 재료를 어떻게 적층하느냐에 따라 새로운 식감을 디자인하고 실제 식품을 재현하는 것이 가능해질 것이라 예상 된다.²⁷⁾

3D 프린팅 기술은 본래 플라스틱, 금속, 세라믹 등의 소재를 이용하여 3차원 모양을 재현하기 위해 고안된 기술이므로 식품 소재를 적용하였을 때 상이한 점이 많다. 이를 해결하기 위해 기술적 보완이 필요하며 이와 함께 식품 소재에 대한 연구도 필요하다. 또한 신기술이기 때문에 이 기술과 관련된 법규를 해결해야 한다. 이러한 한계점을 갖고 있는 기술이지만 식품 3D 프린팅은 기능성, 안전성, 생산성, 지속가능성 있는 식품 및 유통 구조를 제공할 수 있다는 큰 장점을 갖고 있다. 또한 3D 프린팅의 개인 맞춤형 식사는 식생활의 어려움에 놓여있는 사람들에게 도움이 될 것이다. 따라서 이 기술에 대한 사회의 많은 관심이 기대된다.

27) Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control, Journal of Food Engineering(2017)

9.1 지능형 식품유통

세계는 정보통신기술 융합형(ICT-convergence) 지식산업으로 구조 전환 중으로 ICT는 다양한 분야에 새로운 제품과 서비스를 등장시키면서 일상생활 전반을 더욱 편리하면서 안전하고 효율적인 형태로 변화시키고 있다. 자동차, 조선, 항공, 의료, 건설, 국방 등 산업전반에 걸쳐 ICT와 결합된 새로운 융합상품과 서비스가 개발되고 있으며, 식품산업에도 ICT를 융합한 새로운 기술 개발을 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 국내의 경우 세계 최고 수준의 ICT를 보유하고 있으며 이를 식품유통산업에 적용한다면 세계 최고 수준의 새로운 비즈니스 모델의 개발이 가능할 것이다.

21세기 모든 산업은 생존과 발전을 위해 사물인터넷(IoT)과 인공지능(AI) 기술을 바탕으로 사람과 사물의 초연결(hyper-connectivity) 사회를 구현하는 4차 산업혁명에 대비한 기술이 필요하다. 식품유통산업도 사물인터넷, 모바일, 인공지능, 바이오, 재료과학 등 첨단기술과의 융합 연구를 토대로 새로운 가치를 창출할 기술이 요구되고 있다.

UN이 발표한 추정에 따르면 2050년까지 세계인구는 지금보다 47% 증가한 90억 명에 육박할 것으로 예측되고 있으며, 이에 따른 식품의

1) 한국식품연구원 스마트유통시스템연구단, 전북 완주군 이서면 농생명로 245,
jhkim@kfri.re.kr

중요성은 증대될 것이다. 정보통신기술 융합이 만들어낼 새로운 4차 산업혁명은 식품유통산업에도 많은 변화가 이루어질 것으로 사물인터넷, 바이오, 인공지능, 3D 프린팅, 클라우드, 증강현실 등의 기술이 융합되어 식품안전, 수요예측·공급, 유통효율화의 지능화된 기술로 발전할 것이다.

지능형 식품유통은 유통 전 단계에 있어서 식품의 생산, 유통이력, 품질상태 정보를 실시간 예측, 모니터링, 통제하며, 공급자와 소비자에게 실시간 정보를 제공하고 관리할 수 있는 ICT, 바이오기술, 센싱기술을 융합한 미래형 식품유통 시스템을 의미한다.

소비자는 전주기 이력정보 제공 서비스를 통해 스마트 기기를 이용하여 식품이 생산되었을 때부터 판매까지 전체 유통 과정과 품질상태를 살펴보고 구매할 수 있으며, 국가는 식품의 생산, 저장, 유통, 소비에 이르는 전 과정을 모니터링하여 국민에게 안전한 먹거리 제공은 물론 효율적인 안전관리가 가능할 것이다.

국내에서는 2010년부터 식품과 ICT를 융합한 프로젝트가 착수되어 지능형 식품유통을 위한 식품 품질관리용 센서태그 및 센서 네트워크, 지능형 유통환경 제어시스템, 스마트 저장고, 식품 품질 모니터링 등 핵심원천기술이 개발되고 있다.

9.2 지능형 식품유통 국내외 현황

식품기술과 ICT를 융합하여 안전/품질관리, 유통정보 실시간 관리 및 최근에는 스마트 센서를 활용한 유통중 품질관리 기술 등에 대한 관심이 높아지고 있다. EU, 미국, 일본 등 선진국은 식품의 안전관리, 유통 분야에 ICT 도입을 통해 유통의 투명성 확보는 물론 품질관리, 유통물류관리 등에 활용하고 있다. 1980년대에 Temptime/3M사(미국)

등이 농식품의 신선도 관리 목적으로 IT 기술을 도입하였고, 1990년대 이후는 Infratab사(미국), Cool Chain Group(독일), StePac L. A.(이스라엘) 등이 식품의 안전유통을 위해 센서네트워크 솔루션에 대한 기술 개발이 진행되었다. 다른 분야와 마찬가지로 식품 유통분야도 ICT, 소재산업, 환경변화, 인간공학의 발전과 사회적 변화에 따라 크게 변하여 왔다. 최근 식품 전자상거래의 활성화, 안전한 거래를 보장하는 e-pedigree 표준, 유니버설 디자인(universal design)이나 지속가능한 사회에 맞는 유통기술(sustainable distribution) 등 새로운 개념들이 등장하고 보편화되고 있다.

국내에서는 부정불량식품 근절 및 안전한 먹거리 안정공급을 위하여 보다 과학적이고 객관적인 식품 품질 및 안전관리 기술 개발에 대한 연구가 진행되고 있다. 우리 주위의 모든 기기와 연결해 정보를 만드는 지능형 사물인터넷산업은 우리나라의 미래성장동력 지속성장을 위한 기반 산업 중 하나로 관심이 집중되는 분야이며 식품기술과 융합하는 연구는 기술개발 단계에 있다. 본 절에서는 지능형 식품유통의 기술 및 활용 현황을 소개한다.

9.2.1 Infratab(미국)

Infratab은 RF 센서태그를 활용하여 IoT 기반의 식품 유통 및 물류관리 시스템을 발표하였다. Infratab사가 발표한 FreshTime™은 식품의 온도에 따른 품질변화에 대한 모델을 토대로 신선도 유지가 필요한 식품의 유통관리 시스템에 적용하기 위해 Semi-passive형태의 FreshTime™ RFID 태그를 개발하여 매 15분마다 온도와 시간을 측정하여 누적된 온도 변화에 따라 식품 품질을 정상(Green), 상함(Red), 상하기전(Yellow) 등 3단계로 구분하여 부착된 LED를 통해 알려주는 시스템이다.

Infratab의 센서태그는 전자 작용에 의한 것으로 칩에서 온도를

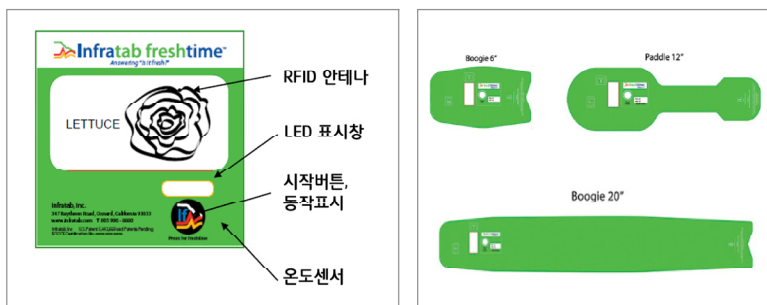


그림 9-1 Infratab의 Freshtime tag²⁾

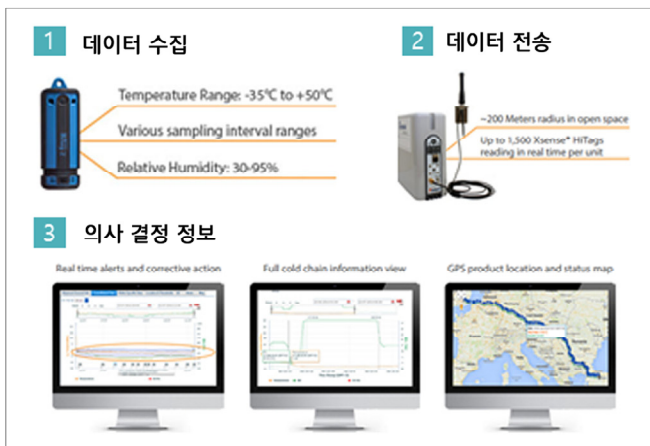
센싱하고 통합하여 상품의 유통기한을 결정하며 RFID를 통해 정보를 전송한다. 각각의 센서태그는 부패하기 쉬운 상품의 적정 온도 센싱 간격, 예상 온도 범위, 온도 범위 내 부패 유통기한, 생산자/운송자/소매상이 원하는 유통기한, 온도 data, 소요시간, 생산일 등의 정보를 가지고 있다(그림 9-1).

9.2.2 BT9(이스라엘)

BT9은 유럽 전역의 농산물 수출입 및 유통과 관련된 콜드체인 기술의 선두주자로서, 포장(Xtend)과 품질모니터링 프로그램(Xsense) 및 살균/감염관리 사업을 수행하고 있다. 그 중 품질모니터링 프로그램인 Xsense는 식품의 온습도 등에 관한 정보를 저장 및 GPS 정보와 함께 통신망을 통해 업체들에게 제공하고 있다.

BT9이 개발한 Xsense는 적재단위별 온습도 관리가 가능한 품질 모니터링 솔루션으로 농산물의 유통과정에서의 온습도 등의 정보를 실시간으로 기록하여 화주와 물류, 유통업체들에게 트럭별, 컨테이너,

2) <http://www.infratab.com>

그림 9-2 BT9의 지능형 유통시스템 Xsense³⁾

팔레트 및 박스 단위의 정보를 제공한다(그림 9-2).

이스라엘에서 아보카도를 유럽으로 수출하는 이스라엘 업체와 브라질에서 영국 런던으로 멜론을 수출하는 브라질 업체가 현재 Xsense를 사용하고 있으며, 온도에 따라 신선도가 달라지기 때문에 Xsense를 이용해 적재 위치에 따른 상품 상태를 고려해 판매시점을 결정하고 RF 센서 태그를 이용하여 컨테이너나 트레일러 내의 온습도를 관리, 모니터링을 하고 있다.

9.2.3 Zest Labs(미국)

Zest Labs의 Zest Fresh는 신선식품 관리 기능이 포함된 농식품 솔루션으로서 제품 유형, 위치 및 실제 수확 및 처리 조건을 기반으로 신선도 관리를 개선할 수 있는 신선도 예측 모델링 코드(ZIPR)를 사용하였다

3) <http://www.BT9-tech.com>



그림 9-3 Zest Labs의 Zest Fresh⁴⁾

(그림 9-3). 온도, 습도 등이 콜드체인 의 어느 단계에서도 포장을 풀지 않고 확인 가능하며 클라우드 기반의 실시간 분석을 통해 관리자가 최상의 결정을 내릴 수 있도록 신선도 관리가 가능하다고 발표하였다.

Zest Labs은 고객 주문 사항 충족시키기 위한 팔레트 관리 및 배송지 최적 매칭이 가능하며, 팔레트가 특정 주문에 부적합한 경우 실시간으로 경고하도록 설계되어 있다. 현재 상용화 사례는 확인되지 않았으며, 최근 4년간 소매 유통사를 대상으로 테스트를 진행하고 있다.

9.2.4 Fedex(미국)

Fedex는 기온, 습도 등에 취약한 물품을 안전하게 배송하는 물품, 특히 제약 등 고가품에 부착되어 실시간으로 정보를 수집하고 이상 발견 시에 즉각적으로 조치할 수 있는 솔루션을 사용하고 있다. 온도, 습도, 압력, 충격, 빛, 위치 등의 정보 제공, 데스크탑이나 스마트 기기로 현재 상태 또는 알람 제공, 효율 향상이 가능한 데이터를 제공한다 (그림 9-4).

4) <http://www.zestlabs.com>

그림 9-4 FedEx의 SenseAware⁵⁾

Fedex는 이 외에도 TNT(인상시험 의약품 및 바이오 물품 물류 서비스 제공하는 바이오 특송업체)를 인수해 미국 멤피스 본사가 위치한 화물 운송 허브에 7,710m²(약 2,300여 평) 규모의 콜드체인 센터를 개관(2016년)하였다. 멤피스 콜드체인 센터는 통관 지연과 기상악화 등 예기치 못한 배송 연기 상황에도 온도 변화를 방지하기 위해 다양한 최첨단 기술을 갖추었으며, 이산화탄소, 습도, 온도 등을 실시간으로 모니터링하고 있다.

9.2.5 Walmart(미국)

WalMart는 자동으로 물건이 주문가능하며 물건의 상태를 파악할 수 있도록 모든 곳에 센서를 설치하려고 계획하고 있으며, 현재 직원, 고개, 제품 3가지에 중점을 두고 플랫폼을 개발하였다. 미국 델타트랙(Delta TRAK)의 콜드체인 모니터링 시스템을 사용하고 있으며, 월마

5) <http://www.fedex.com>



그림 9-5 Walmart의 Block Chain기반 농식품 유통

트 유통 센터에서 전자 데이터 로깅 프로그램 운영하고 있다. 예를 들어, 냉장간에 설치된 태그 판독기는 내부에 있는 모든 항목을 스캔 할 수 있고 음식이 나빠질 때 또는 재정렬해야 할 때를 계획할 수 있다.

또한 월마트는 IBM과 함께 블록체인 기술을 적용하여 식품 안전유통 시스템을 시험하고 있다. 2016년 10월부터 중국과 미국에서 실시했던 블록체인 기술에 대한 테스트 결과, 식품이 농장에서 어떻게 생산되었는지, 언제 수확되었는지 등의 식품의 출처를 추적하는 과정을 2.2초 만에 처리할 수 있다는 것을 발표하였다(그림 9-5).

9.2.6 Amazon(미국)

Amazon에서는 인공지능(AI), 딥러닝 기술, 인식 센싱 등 최신 기술들이 적용된 식료품 무인매장인 ‘아마존고(Amazon Go)’를 발표하였다(그림 9-6).



그림 9-6 Amazon의 식표품 무인매장 아마존고

아마존고에는 일반 매장과 달리 점원과 계산대가 없고 스마트폰에 앱을 설치한 후 원하는 제품을 선택하면 자동적으로 장바구니에 제품이 담겨 계산되며, 무인 계산대는 스마트태그를 이용해 계산대를 통과하는 방식이다. 매장 내 상품에 RFID 칩을 부착하고 계산대를 통과하는 순간 RFID 스캐너가 이를 인식해 결제한다. 아마존은 기존 리테일 방식의 완전히 새로운 접근 방식으로 적극적인 기술 도입을 진행하고 있으며, RFID 기술 외에도 컴퓨터 시각화와 인식 센서 융합, 머신 러닝 기술이 매장과 선반에 설치되어 있다. 아마존고는 단순히 무인 식료품 매장을 구현한 것에 그치지 않고 신선도, 유통기한, 소량 구매 등 식료품 판매 시의 애로사항을 해결해줄 것으로 보인다.

9.2.7 Is It Fresh(독일)

Is It Fresh는 육류나 유제품 포장에 잉크젯으로 센서를 찍어내는 방식으로 Iot 기반의 센서 인 프레시태그(Fresh tag)를 발표하였다(그림 9-7). 이는 잉크젯 프린터로 센서를 찍어내는 기술(Printed Electronics)로 프레시태그 제조에드는 비용을 현저하게 낮출 수 있다.

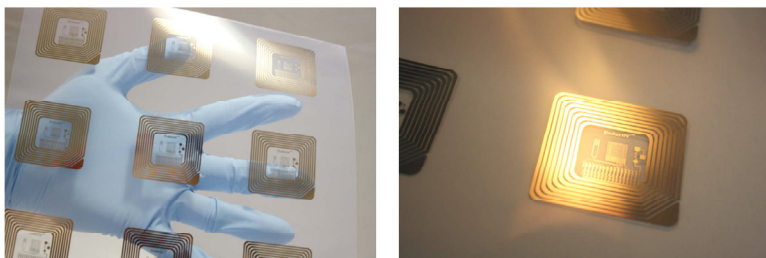


그림 9-7 Is It Fresh가 발표한 프레시태그

프레시태그를 제조된 제품에 부착하면, 해당 제품의 습도나 pH값을 실시간으로 감지해 클라우드에 데이터를 전송한 뒤, 사용자에게 필요한 정보를 분석해 재전송하며 제품의 실시간 신선도를 확인하거나 신선도에 따른 가격 조정이 가능하다고 한다. 일반 종이보다 얇은 두께의 초박형 센서는 식품과 의약 시장 진출을 앞두고 있으며, 기존에 비싸다고 지적되어 오던 RFID 가격을 1센트 이하로 낮춰 시장 경쟁력 확보가 가능할 것으로 보인다.

향후 고기나 우유 포장지에 센서를 장착해 식품이 상하기 시작할 때 나오는 가스를 감지하게 하여 이를 실시간 가격표나 신선도를 표시하는 소프트웨어와 연동하고, 식품 유통 과정에서 다양한 변수를 사전에 감지하면 식품사고 대비가 가능할 것으로 기대하고 있다.

9.2.8 Clarkson University(미국)

Clarkson University의 Silvana Andreescu 교수는 2017년 8월 미국 워싱턴에서 열린 미국화학회(ACS) 학술회의에서 식품이나 화장품이 상해서 버려야 할 시기를 알려주는 스마트 라벨을 개발했다고 발표하였다(그림 9-8).



그림 9-8 Clarkson University가 개발한 스마트 라벨

이 라벨은 변질과정에서 발생하는 활성산소를 분석해 물질이 얼마나 상했는지를 보여주며 입자형태의 시약을 함유한 종이에 활성산소가 닿으면 화학 반응이 일어나 색깔이 변하는 기술로 화장품이나 식품 용기 안에 라벨을 붙였다가 색깔이 바뀌면 버리라는 경고 표시로 활용할 수 있다.

9.2.9 VTT 기술연구소(핀란드)

핀란드 기술연구소(VTT)는 식품 부패 시 생성되는 휘발성 물질인 에탄올을 식품 포장의 헤드 스페이스로 모니터링해 식품 부패 여부를 실시간으로 탐지하는 RFID 센서를 발표하였다. 센서가 에탄올을 감지하면 관련 데이터를 저장했다가 스마트폰이나 컴퓨터 등에 원격으로



그림 9-9 VTT 기술연구소 발표한 식품 부패 detector

전달한다. 개발된 센서 및 RFID 태그는 인쇄 기술을 사용하여 라벨 또는 스티커로 제조되고 식품 패키지에 활용이 가능할 것이다(그림 9-9).

9.2.10 Thinfilm Electronics(노르웨이)

Thinfilm Electronics는 별도의 전력이 없는 스마트 라벨과 NFC(Near Field Communication) 기술을 바탕으로 하는 센서태그를 발표하였다.

스마트 라벨은 최종고객이 확인할 수 있도록 라스트 마일 배송에 초점이 맞춰져 있다. 기존의 제품들이 실시간으로 온도를 모니터링하고 그 데이터를 제조사 또는 물류기업에게 보내주는 형식이었다면 스마트 라벨은 고객이 제품을 개봉했을 때 정해진 온도가 제대로 지켜졌는지 확인할 수 있는 제품으로 외부의 전력과 별도의 디스플레이가 없다는 것이 특징이다. 유통과정에서 온도조절이 잘 이뤄졌는지 여부를 손쉽게 판별하게 해주는 온도 감지 라벨이며, 온도의 범위 값을 설정하고 시간의 범위 값을 설정해 두고 이를 벗어날 경우 바로 라벨 안에 표시가 되어 콜드체인상에서 제품의 온도가 제대로 지켜졌는지 확인할 수 있다(그림 9-10).



그림 9-10 Thinfilm의 스마트라벨 및 오픈 센서태그

센스태그는 NFC 태그에 제품의 개봉 여부를 감지하는 센서를 결합해 제품의 포장이나 라벨 등의 형태로 응용해 제품이나 패키지를 스마트하게 만들 수 있는 제품이다. 스마트폰과의 근거리 통신의 NFC기술을 활용한 것으로 일상적인 사물들과의 커뮤니케이션을 가능하게 함으로써 모바일 마케팅에서 제품 단위의 유통관리 및 이력 추적까지 다양한 활용이 가능한 기술이다.

9.3 차세대 지능형 식품유통 시스템 기술

정보통신기술 융합이 만들어낼 새로운 4차 산업혁명은 사물인터넷, 모바일, 3D 프린터, 인공지능로봇, 나노 및 바이오기술, 재료과학, 컴퓨터공학을 응용한 새로운 제품이 고난도 문제의 해결사로 등장하여, 그동안 인류가 이룩한 모든 과학기술을 망라하는 융합기반으로 우리가 사는 방식의 새로운 패러다임이 전개될 것이다(다보스포럼, 2016). 기존의 1~3차 산업혁명은 주로 제조업과 관련이 있었으나, 제4차 산업혁명은 제조업에만 국한되지 않고 다양한 산업에 모바일 인터넷, 유비쿼터스, 머신러닝 등 ‘정보통신기술(ICT) 융합’ 기술이 접목되어 새로운 가치를 창출하는 것이 제4차 산업혁명의 차별화된 특징이다.

4차 산업혁명이라는 새로운 변화가 빠른 속도로 다가오고 있다. 이런 변화에 대응하기 위해서는 식품유통분야 역시 사물인터넷, 모바일, 빅데이터, 클라우드, 인공지능, 나노 및 바이오기술 등 첨단 과학기술과의 융합연구를 토대로 소비자에게 필요한 정보제공 및 식품유통산업 발전에 기여하는 새로운 기술이 필요하다.

국내에서는 2008년부터 식품기술에 RFID 기술을 접목시켜 식품의 안전유통 시스템을 구축하는 연구를 수행하였으며, ICT와 식품 품질예측기술을 융합한 식품 유통 전 단계에 있어서 식품의 품질/안전 및

4차 산업혁명과 식량산업



그림 9-11 IoT기반 차세대 지능형 식품유통 시스템

생산유통이력정보를 실시간 예측/모니터링/통제할 수 있는 차세대 지능형 식품유통 시스템이 개발되었다(그림 9-11).

식품 지능형 품질유통 시스템은 RF 센서태그에 의해 수집된 유통이력 정보를 품질모니터링 서버의 품질예측 알고리즘에 연동하여 유통과정 중의 품질변화를 정량적으로 개량화하며 실시간 어디서나 품질/안전 및 생산유통이력 정보를 스마트디바이스를 통하여 예측/모니터링/통제 할 수 있다. 식품의 생산에서 판매까지 전주기 이력정보 제공 서비스를 통해 소비자들은 스마트디바이스를 이용하여 생산되었을 때부터 판매처까지 전체 유통 과정과 품질상태 및 잔여유통기한을 살펴보고 식품을 구매할 수 있다(그림 9-12).

지능형 식품유통 시스템은 식품기술(품질정보 D/B, 품질예측모델), 플랫폼기술(IoT, 빅데이터, 클라우드), 센서기술(RF 센서태그, 센서 네트워크), 센서의 컨트롤기술, 스마트 이력정보/환경제어, 실시간 모니터링 기술이 융합되어 구성되어 있으며, 핵심 기반기술인 실시간 품질예측 기술 및 IoT 기반 품질 모니터링 시스템을 소개한다.



스마트기기(모바일)을 이용한 품질 이력 조회 화면



상품 진열대에 거치된 키오스크를 통한 품질 이력 조회 화면

그림 9-12 소비자가 실시간 식품의 품질/이력 정보조회가 가능

9.3.1 실시간 품질예측 기술

최근 안전하고 좋은 먹거리를 섭취하려는 트렌드가 확산되면서 더 많은 소비자들이 식재료의 유통기한 및 품질에 대한 꼼꼼한 잣대를 들이대고 있다. 유통기한 경과로 버려지는 식품 폐기량은 연간 6천 5백억원에 달하고 있으며 미국이나 유럽에서는 식품에 유통기한과 소비기한을 따로 표시해 폐기 손실량을 줄이고 있다.

냉동식품의 Time temperature tolerance(TTT)를 시작으로 발달한 품질 및 유통기한 예측기술은 현재 변온 아래서의 유통기한 예측과 품질상태 표시 기술, 온도 센서태그로부터 유통온도를 모니터링하는 기술 등이 상용화 단계에 진입하고 있다(그림 9-13).

국내에서는 가공식품과 식품소재에 대하여 정온하에서 가속실험법에 의한 유통기한 예측기술이 보편화되어 식품공정상에도 유통기한

4차 산업혁명과 식량산업

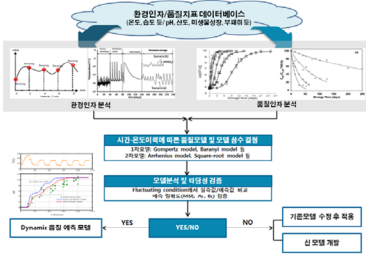
기 술 명	핵심내용
식품유통기한 설정 프로그램(2011)  본 프로그램은 기능성식품연구지원사업의 일환으로, 식품안전관리공단에서 개발한 식품의 유통기한 설정 프로그램이다.	식품유형, 제품명, 품질지표, 실험온도, 실험결과 입력(초기미생물농도) 시 두부 등 식품의 유통기한을 자동으로 설정해 주는 등 사용편의성을 높인 식품의 유통기한 설정 프로그램
u-Food 식품 품질예측 모델(2014) 	기반적인 Full Food Chain에서 식품의 품질을 실시간 정량적으로 예측 및 모니터링하기 위하여 RF 센서태그로부터 수집된 환경정보를 기반으로 식품의 품질을 예측할 수 있는 다이나믹 품질 예측 모델/프로그램. 품질 예측 모델은 실시간으로 전송되는 유통이력 바탕으로 현재 식품의 품질 상태를 정량적으로 예측함

그림 9-13 국내 식품 품질 예측 기술

의무표시가 법제화되어 있다. 식품의약품안전처에서 식품의 유통기한 설정의 사용편의성을 높이기 위하여 소프트웨어에서 식품유형, 제품명, 품질지표, 실험온도, 실험결과와 입력(초기미생물농도 등)을 입력하면 해당식품의 유통기한을 자동으로 설정해주는 프로그램이 개발되었다. 이 프로그램은 알고 있는 조건을 이용해 유통기한을 설정하는 목적으로 식품의 실제 유통환경변화에 따른 유통과정에서의 실시간 품질정보를 산정하기에는 어려움이 있다.

지능형 식품유통 시스템에서 사용하는 식품 품질 예측 모델은 식품 품질관리용 센서태그로부터 실시간 수집된 환경정보를 기반으로 식품의 품질을 예측할 수 있는 Dynamic 품질 예측 모델로 웹 및 모바일

어플리케이션을 이용하여 현재의 식품의 품질 상태를 정량적으로 예측할 수 있는 기술이다. 식품 품질 예측 모델 개발 과정은 다음과 같다.

- ① 식품 전주기 유통프로세스에서 온도, 습도 등의 외부 환경변화에 따른 신선농산물 및 가공품의 식품내부에서 일어나는 화학적 반응(예: pH, 산도, 색소파괴, 영양소파괴, 미생물 생육, 부패취 등)에 대한 TTT(time-temperature-tolerance) 데이터를 분석
- ② 분석된 데이터베이스를 이용하여 식품군별 외부환경인자(온도, 습도, 가스 등)에 의존성이 높은 적정 품질지표(예: 일반세균, 지방산가, 적정산도, 관능적 기호도 등)를 선정하고 품질을 예측할 수 있는 수학적 모델을 결정
- ③ 반복연산프로그램을 이용하여 실측값과 예측값 사이에 최소의 오차를 갖는 모델 파라미터를 결정하고 실제 유통환경인 변온환경에서 분석된 품질인자 데이터로 모델의 예측 정확도(MSE, A_f , B_f)를 검증하여 최종적으로 다양한 식품군에 대하여 정확도 높은 다이내믹 품질 예측 모델을 완성

9.3.2 IoT 기반 품질 모니터링 시스템

우리 주위의 모든 기기와 연결해 정보를 만드는 지능형 사물인터넷산업은 우리나라의 미래성장동력 지속성장을 위한 4대 기반 산업 중 하나로 관심이 집중되는 분야이며 식품기술과 융합하는 연구가 이루어지고 있다. 현재 국내에서 위해요소중점관리제도(HACCP), 우수농산물 관리제도(GAP), 이력추적관리제도(Traceability) 등 사전 예방적인 안전관리제도가 시행되고 있으며, 식품 유통 및 물류관리에 IoT 기술을

4차 산업혁명과 식량산업

기 술 명	핵심내용
농산물이력관리시스템(2004~현재) 	농산물의 안전성 등에 문제가 발생할 경우 농산물을 추적하여 원인을 구명하고 필요한 조치를 할 수 있도록 농산물을 생산단계부터 판매단계까지 각 단계별로 정보를 기록/관리
u-Food 스마트 품질모니터링 시스템(2014) 	ICT와 식품 품질예측 기술을 융합하여 식품 유통 전 단계에 있어서 식품의 품질/안전 및 생산유통이력정보를 실시간 예측/모니터링/통제

그림 9-14 국내 농식품 품질 모니터링 기술

적용하여 표준화된 비즈니스 모델개발이 이루어지 있다(그림 9-14). 지능형 식품유통 시스템에서 사용되는 품질모니터링 시스템은 ICT 기술과 식품 품질예측 기술을 융합하여 식품 유통 전 단계에 있어서 식품의 품질/안전 및 생산유통이력정보를 실시간 예측/모니터링/통제할 수 있는 기술이다.

지능형 식품유통 시스템에서 사용하는 품질 모니터링 시스템은 ICT와 식품 품질예측기술을 융합하여 식품 유통 전 단계에 있어서 식품의 품질/안전 및 생산유통이력정보를 실시간 예측/모니터링/통제할 수 있는 기능을 가지고 있다. 시스템 구성은 품질예측 알고리즘이 탑재된 RQMS(Real-time Quality Monitoring System) 서버를 중심으로 RF 센서

태그와 QR 코드, 통신유니트, 미들웨어, 스마트디바이스로 구성된다.

품질 모니터링 시스템은 센서에 의해 수집된 유통이력정보를 서버의 품질예측 알고리즘에 연동하여 유통과정중의 품질변화를 위치기반 모바일 플랫폼을 통해 정량적으로 개량화하며 실시간 어디서나 품질이력을 모니터링 함으로써 식품사고 사전대처가 가능하다. 시스템의 프로세스는 다음과 같다.

- ① 식품 생산단계에서 생신이력정보와 초기 품질정보를 데이터베이스에 저장하고 포장단계에서 QR코드를 부착
- ② QR코드가 부착된 물품에 박스 또는 랫드 단위로 식품품질관리용 센서태그를 부착하고 QR코드와 센서태그 간의 맵핑을 하고, 수배송, 보관 및 진열 과정에서 발생하는 온도, 위치, 시간 등의 유통이력 데이터를 CU(Communication Unit)에 의해 통신망으로 클라우드 서버에 전달하여 저장
- ③ 클라우드 서버에 탑재되어있는 품질예측 알고리즘을 이용하여 식품의 유통이력을 바탕으로 해당 식품의 품질을 예측
- ④ 소비자 및 관리자의 스마트폰, 태블릿 PC, 키오스크를 통해 제품에 부착된 QR코드를 스캔하여 RQMS 서버에 접속함으로써 생산/유통/품질 이력, 잔여유통기한 등을 정량적으로 실시간 확인

9.4 지능형 식품유통 미래 기술

2010년대 들어 여러 기기가 지능화되고, 만물이 집약적으로 연결되는 새로운 문명사적 변화가 나타나기 시작했다. 특히 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 모바일, 인공지능 등 지능정보기술이 다른 분야와 융합하며 변화의 속도가 더욱 빨라지고 있다. 또한, 인터넷이

등장하며 형성된 가상공간이 실제공간과 결합하며, 사람-사물-공간이 고도로 연결되고 단순한 정보 축적을 넘어 지능화가 이루어지기 시작했다. 세계경제포럼에서 논의된 '4차 산업혁명'이 의미하는 것이 바로 이것이다. 기존에는 분리되어 있던 물리적·가상적·생물학적 영역들이 융합되면서 새로운 역사가 만들어지고 있는 것이다(4차 산업혁명 시대의의 생장과 소비, 미래창조과학부 미래준비위원회, KISTEP, KAIST, 2017).

식품유통 산업도 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇, 3D 프린터, 나노, 바이오 기술 등을 활용하여 새롭고 다양한 형태의 지능형 유통서비스로 발전할 것이다. 본 장에서는 사이버 세계와 물리적 세계의 통합시스템으로 사물들이 서로 소통하며 자동적, 지능적으로 제어되는 새로운 시대를 맞이하여 식품유통산업에 적용될 미래 기술을 소개한다.

9.4.1 스마트센서 기반의 식품 품질 센싱

사물인터넷의 핵심은 물체의 상태정보를 감지하는 센서로 스마트센서, 초분광기법, MEMS 등의 첨단기술이 식품과학과 융합하여 소비자가 식품의 부패, 맛 등의 품질을 바로 알 수 있는 식품유통 기술이 개발될 것이다.

스마트센서는 측정대상으로부터 물리·화학·생물학적 정보를 측정하여 시스템에서 읽을 수 있는 신호로 변환하는 정보소자인 기존의 센서 기능에 논리/판단/통신/지능 기능을 결합하여 데이터처리, 자동보정, 자가진단, 의사결정 기능을 수행하는 센서이다. 식품의 신선도, 식중독균, 맛 등의 스마트센서 정보는 인공지능 알고리즘을 이용하여 유해물질을 실시간으로 판단하거나 소비자 맞춤형 식품을 선택할 수 있도록 도와줄 것이다(그림 9-15).

또한 스마트센서가 적용된 스마트 젓가락은 어떨까? 젓가락 끝에

그림 9-15 지능형 식품유통의 스마트센서 기술⁶⁾

산도/온도/염도를 측정하는 센서를 내장하고, 젓가락을 통해 집어올린 음식물의 안정정보를 불빛을 통해 알려준다면 보다 쉽게 유해물질과 같은 불량식품을 가려낼 수 있을 것으로 기대한다.

9.4.2 소비자 친화형 식품 정보제공 증강현실 기술

증강현실은 현실세계에 존재하는 특정 객체 또는 특정 사람의 주변환경과 관련된 다양한 정보가 컴퓨팅 기술을 이용하여 현실세계에 존재하는 사람과 끊임없이 실시간으로 소통이 가능하도록 하는 ‘정보가 혼합된 현실’로 사용자가 눈으로 보는 현실세계에 가상 물체를 겹쳐 보여주는 기술이다. 증강현실은 실제세계에 부가정보가 필요한 모든 곳에서 활용할 수 있기 때문에 부가정보를 의미있게 전달한다는 측면에서 다양한 분야에서 응용되고 있다. 글로벌 식품기업 네슬레는 ‘네스퀵 팩토리’라는 증강현실 모션 캡처를 활용한 캐주얼 게임을 개발하여 네슬레 홈페이지에서 즐길 수 있도록 하였다. 가까운 미래에는 가상/증강현실 기술이

6) 김중훈, 4차 산업혁명 시대 식품산업 기술 및 전망(발표자료), 한국식품연구원(2017)

4차 산업혁명과 식량산업



그림 9-16 지능형 식품유통의 증강현실 기술⁷⁾

식품산업에 융합되어 실시간 식품정보 디스플레이가 가능해질 것이다. 식품정보 디스플레이란 실제로 존재하는 식품위에 식품의 원산지이력, 안전품질정보, 레시피, 선호도 등 다양한 정보를 가상으로 혼합하여 보여주는 기술이다. 예를 들어 대형마트 신선식품코너에서 특수안경이나 스마트폰 카메라로 구매하고 싶은 식품을 향하면 실시간으로 정보가 디스플레이 된다. 이러한 정보를 통해 소비자는 안전하고 쉽게 식품을 즐길 수 있다(그림 9-16).

9.4.3 식품유통 변화의 3D 푸드프린팅 기술

3D 프린팅은 3차원 형상을 컴퓨터 모델링 작업을 통해 2차원 평면으로 미분하여 적절한 소재를 3D 프린터로 일단 평면에 프린트하고, 이것을 층 쌓기 방식으로 계속 쌓아올려 3차원 제품을 제작하는 기술이다. 최근 문화컨텐츠, 정밀공업, 의료 분야에 도입되면서 각광 받고 있는 3D 프린팅 기술이 식품기술과 융합하여 3D 푸드 프린터가 대중에게 상용화된다면 향후 가정에서 누구나 쉽게 음식을 프린트할 수 있을

7) 김종훈, 2017

그림 9-17 지능형 식품유통의 3D 프린팅 기술⁸⁾

것이다(그림 9-17). 특히 3D 푸드 프린터는 개인맞춤형 식품 제조가 가능하기 때문에 식이요법이 필요한 환자의 건강식 제공 등 다양한 활용이 가능하며, 세균번식 및 오염이 없는 카트리지로 식품유통에 큰 변화를 가져올 것이다.

9.4.4 식품유통 변화의 블록체인 기술

블록체인 기술은 분산 데이터베이스의 한 형태이며, 지속적으로 성장하는 데이터 기록 리스트로서 분산 노드의 운영자에 의한 임의조작이 불가능하도록 고안되었다(위키백과). 블록체인의 기술은 데이터가 중앙에 집중되지 않는다. 한마디로 분산 데이터 베이스 기술을 이용한 공공거래 장부를 사용한다. 거래에 참여한 이들의 데이터를 다음 장부를 중앙 서버에 보관하지 않고 모든 사용자의 네트워크에 분산 저장한다. 이로 인해 중앙 서버를 관리하는 운영자가 조작할 수 없어 해킹

8) 김중훈, 2017

4차 산업혁명과 식량산업

위험이 적다. 그리고 중앙 서버와 보안시스템을 유지할 필요가 없어 수수료 부담이 줄어든다. 2016년 월마트와 IBM이 ‘블록체인’을 활용해 중국에서 유통되는 돼지고기의 유통·물류 전 과정을 추적하는 프로토타입 프로젝트를 진행하고 있다고 밝혀 화제가 되었다. 현재 유통기업들은 블록체인을 식품이력 관리에 적용하는 실험을 진행하고 있다. 생산자는 출하할 때, 산지, 수확 도축날짜, 재배 사육 방식 등을 배송업체, 유통업체, 가공업체, 판매사 등 블록체인 참가자들에게 실시한 공유하면서 블록을 만든다. 배송 유통업자는 유통방식과 경로, 유통과정에서의 식품 상태를 공유하며 블록을 추가한다. 각 블록들은 이전 블록을 정교하게 참조하고 있어 조작할 수 없다. 순차적으로 쌓인 이력 정보는 포장지 QR코드에 담겨 소비자에게 전달된다. 이러한 블록체인 기술은 식품의 위변조를 방지하고 이력정보를 투명하게 관리할 수 있으며, 사물인터넷과 결합하여 식품사고를 예방하는 지능형 식품유통의 새로운 길을 만들어 갈 것이다(그림 9-18).



그림 9-18 지능형 식품유통의 블록체인 기술⁹⁾

9) 김중훈, 2017

10.1 스마트 패키징의 개요

10.1.1 스마트 패키징의 필요성

FAO의 보고서에 따르면 매년 13억 톤의 식량이 손실, 낭비되고 있으며, 이는 전세계 식량 생산량의 1/3에 이르는 양으로 음식물 쓰레기의 추정된 가치는 매년 1조 달러에 이르고 있다. 또한 2017년도 현재 세계 식량 불안정 상태에 있는 전 세계 인구 중 8억 명이 만성 기아 상태에 있어 2050년까지 식량 손실과 낭비를 절반으로 줄이면 식량 부족의 20%를 줄일 수 있을 것으로 예측하고 있다.²⁾

식량 낭비의 문제는 사료나 옥수수 생산량의 1/3을 차지하는 바이오 에너지와 같이 산업의 구조적 변화에서 이뤄지는 식량 오남용을 제외하더라도 그림 10-1과 같이 그림 10-1은 식품공급 가치사슬의 각 단계별 낭비요소를 보면 생산단계에서는 논, 밭 또는 어획과정에서 버려지는 농축수산물, 수확/저장은 저장 중 부패와 사멸, 가공/포장은 가공과정에서 폐기, 유통/시장은 유통기한 경과 또는 취급 부주의에 의한 변질이 며 최종 소비단계는 집에서 보관 중 부패와 음식 쓰레기로 이를 줄이기 위한 기술적 노력과 제도적 개선이 요구되고 있다.³⁾

1) 미래포장연구소, 경기 성남 분당구 분당로 201번길 17 현대A 110-1004, shinyj5912@gmail.com

2) FAO, How access to energy can influence food losses: A brief overview(2016)

3) 이철호, 식량낭비 줄이기-식량안보시리즈 제 5권(2016)

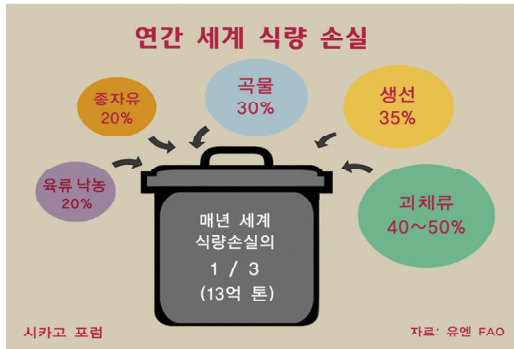


그림 10-1 연간 세계 식품 손실⁴⁾

이러한 기술적 노력과 제도적 개선의 한 방향으로써 최근 이슈화되고 있는 4차 산업혁명은 첨단 통신기술을 기반으로 ‘식품산업을 포함한 전 산업 분야에 걸쳐 일어나는 소비혁명’이라고 할 수 있다. 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능의 지능정보기술과 3D Print, 로봇, 드론 및 나노기술 등 신산업과 결합하여 스마트한 초연결 플랫폼을 형성함으로써 아직은 타 산업에 비해 낙후한 농업, 어업, 축산 및 식품산업을 혁신할 것으로 보고 있다.

이러한 기존 농축수산업은 “스마트 팜, 스마트 축산, 스마트 수산”의 형태로 진화하고 있으며, 식품산업도 우선 대규모 장치산업 성격을 지닌 품목을 중심으로 센싱 등을 활용한 자동화 공정을 통해 식품 안전, 균질 품질 생산, 제품이력 추적 등의 분야에 상당한 진전을 가져올 것으로 전망된다.⁵⁾ 따라서 막대한 식량손실의 문제를 안고 있는 식품산업은 ICT를 기반으로 수확/저장, 가공/포장, 유통/시장과 소비 전 과정에서 신선도, 온도, 습도 등에 대한 정보를 제공할 수 있는 스마트

4) The CHICAGO COUNCIL on Global Affairs, www.thechicagocouncil.org/globalag

5) 산업연구원, 4차 산업혁명이 한국 제조업에 미치는 영향과 시사점(2017)

패키징과 폐기과정을 효율화 하여 식품 유통기한을 늘리고 손실을 저감을 획기적으로 줄여나갈 것으로 기대된다.

10.1.2 스마트 패키징의 정의

스마트 패키징이란 기존 패키징에 비해 향상된 기능을 제공하기 위해 첨단 기술을 통합한 똑똑한 패키징으로 간주될 수 있다.⁶⁾ 그림 10-2에서 보듯 이러한 스마트 패키징은 식품의 품질에 영향을 미치는 산소, 에틸렌가스 및 수분 제어와 같은 기능과 미생물, 곰팡이 등에 대한 항균 기능을 제공하는 능동형 패키징(Active Packaging)과 식품의 품질변화 및 물류정보를 제조업체, 유통업체, 소비자에게 전달할 수 있는 기능을 가진 지능형 패키징(Intelligent Packaging)으로 구분할 수 있다. 또한 스마트 패키징은 나노 잉크, 나노 복합소재와 같은 특수 소재와 인쇄전자 및 각종 통신기술을 포함한 과학기술의 결합을 통해 식품 수명을 연장하고 폐기물을 줄이는 등 공급 망에서 손실, 손상, 낭비 및 비용을 줄이는 능력을 갖추고 있다. 건강기능식품 및 제약업계



그림 10-2 스마트 패키징 시장 및 기술 구분

6) Packaging Digest, <http://www.packagingdigest.com/smart-packaging>

에서는 환자의 규정 준수 및 보안을 향상시킬 뿐만 아니라 위조방지 수단을 향상시킬 수 있으며 브랜드 보호, 안전성, 편리성 및 제품 정보 전달과 같은 여러 요소를 결합하면 스마트 패키징은 패키징업체에서 미래 식품산업을 지원할 강력한 도구가 될 것이 확실시 되고 있다.

10.2 능동형 패키징(Active Packaging)

능동형 패키징은 “스마트 패키징 집단의 하나로 분류되어, 포장된 식품의 보존수명을 유지하거나 연장하기 위한 목적으로 포장 필름 또는 포장 용기에 특정 첨가제를 혼입하는 포장이라고 정의”되고 있다.⁷⁾ 즉, 능동형 패키징(Active Packaging)은 식품의 품질을 유지하면서 포장 수명을 연장 하거나 안전성 또는 감각적(Sensory) 특성을 개선하기 위해 포장 상태를 변경하는 포장 유형으로 정의 할 수 있다는 혁신적인 개념의 패키징이다. EU의 규정 1935 / 2004 / EC 및 450 / 2009 / EC에 따르면 능동형 패키징의 활성물질 및 완제품은 유통기한을 연장하거나 포장된 식품의 상태를 유지 또는 개선하기 위한 것이다. 즉, 이들은 활성물질을 방출하거나 흡수할 수 있는 구성 요소를 포장재에 내재 시키거나 포장된 식품 주변에 배치되도록 고안되었다.⁸⁾

능동형 패키징의 목표는 포장된 식품의 보존을 강화하는 것이다. 저장 수명연장은 온도 조절, 산소 제거, 수분 조절, 소금, 설탕, 이산화탄소 또는 천연산 또는 이들의 효과적인 포장과 같은 화학물질의 첨가와 같은 다양한 구상의 적용을 포함한다.⁹⁾ 능동형 패키징의 이러한 발전은 식품의 산화 지연, 원예제품의 호흡률 조절, 미생물의 성장 및 건조제품

7) Day, B.P.F., Active Packaging in Food Packaging Technology(2003)

8) Sivertsvik M., Intelligent and active packaging for fruits and vegetables(2007)

9) Restuccia et al, New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications(2010)

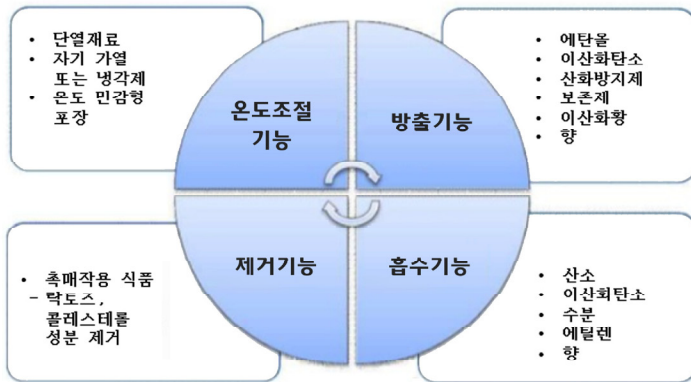


그림 10-3 능동형 패키징의 종류(www.foodelphi.com)

의 수분 탈기를 비롯한 많은 식품 약화요소를 크게 개선해 왔다. 또한 능동형 패키징은 코팅, 미세 천공, 적층, 공압출 또는 폴리머 블렌딩을 통해 포장재 내부의 기체 화합물의 농도를 선택적으로 조절하는 능력을 갖추고 있다. 그림 10-3은 식품산업에 응용되는 능동형 패키징의 실례를 보여준다. 이 중에 가장 많이 실용화 된 능동형 패키징은 산소 흡수포장, 에틸렌 흡수포장, 수분 흡수포장과 향균 포장에 주종을 이루고 있어 이를 중심으로 언급하였다.

10.2.1 산소 흡수/제거 패키징

(Oxygen Absorbing/Scavenging Packaging)

오늘날 식품에 가장 널리 사용되는 포장기술은 산소 흡수/제거제이다. 포장재에 산소가 존재하면 식품의 산화적 열화가 촉진된다. 산소는 호기성 미생물의 성장, 맛 및 냄새 발달, 색소 변화 및 영양 손실 및 식품 조직의 전반적인 저장 수명 안정성을 촉진한다.¹⁰⁾ 따라서 식품

10) Hogan and Kerry, Smart packaging of meat and poultry products(2008)

포장재의 산소 수준을 제어하는 것이 식품 내 부패 반응 속도를 제한하는 데 중요하다. 산소에 민감한 식품은 MA 포장 또는 진공 포장재로 포장 할 수 있지만 산소를 완전히 제거하지는 못한다. 포장 필름을 통해 스며드는 산소는 시스템을 통해 제거할 수 없다. 포장 후 잔여 산소를 흡수하는 산소 포착 제의 사용으로 산소에 민감한 식품의 품질 변화를 최소화 할 수 있다.¹¹⁾ 산소 흡수제는 포장 헤드 스페이스에서 산소 수준을 100ppm 미만으로 낮추도록 설계되었다. 상업적으로 이용 가능한 산소 제거제는 철분계, 아스콜빈산, 감광 염료, 글루코스 기반 효소, 포화 지방산, 고체 물질에 고정 된 효모 등의 하나 이상의 기술을 이용한다.¹²⁾ 현재 이용 가능한 산소 소거제의 대부분은 촉매의 구색을 함유하는 다양한 철계 분말을 함유하는 소봉투 형태의 철 분말 산화에 기초한다. 화학물질은 식품에 의해 공급된 물과 반응해 식품포장재 내의 산소를 제거하는 반응성 금속 환원제를 생성한다.¹³⁾

식품에는 빵, 케익, 밥, 비스킷, 피자, 파스타, 치즈, 가공육 및 생선류, 커피, 스낵, 건조식품 및 음료와 맥주에 적용되고 있다. 최초로 상업화된 것은 1971년 일본의 미쯔비시가스화학이 철분계 소봉투(sachet) 형태의 포장재이며, 맥주의 경우 2001년으로부터 적용되기 시작하였다. 국내도 수년전에 다충 페트병의 내층에 Nylon MXD6를 기재로 넣어 적용되고 있다. 그림 10-4는 맥주에 적용된 능동형 패키징의 사례를 그림 10-5는 산소 흡수제의 하나인 'Oxbar'를 적용한 제품이 유기 및 카본으로 코팅한 제품, 고 차단 소재로 사용되는 EVOH, MXD6 그리고 기존의 PET 병에 비해 내용물 보존에 높은 효과를 보여주고 있다.

11) Kerry et al., current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products(2006)

12) Vermeiren et al. Developments in the active packaging of foods(1999)

13) Day, Smart packaging technologies for fast moving consumer goods(2008)

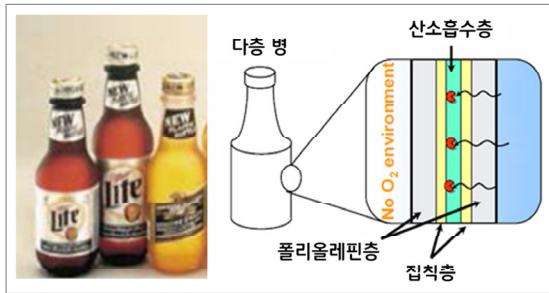


그림 10-4 맥주에 적용된 능동형 패키징의 사례

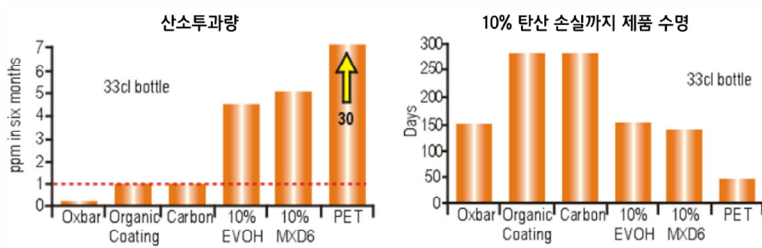


그림 10-5 능동형 패키징 사례 : 소재 간의 맥주품질 차이 비교(www.azom.com)

10.2.2 에틸렌가스 흡수 패키징

(C₂H₄ Gas Absorbing Packaging)

에틸렌은 과일과 채소의 호흡을 촉진시키는 천연 식물 성장 호르몬으로서 과일과 채소의 호흡을 촉진하고, 심지어는 낮은 농도에서도 지속적으로 노화를 유발한다. 그것은 채소를 노랗게 만들고 많은 과일과 야채의 유통에 해로운 영향을 끼친다. 불활성 미네랄에 고정화를 띤 과망간산칼륨은 식품접촉 포장재료에 통합되지 않은 채 제품 보관실에 보관할 수 있다.¹⁴⁾ 다양한 금속축매를 가진 할성탄소 기반물질은 에틸

14) Labuza, An introduction to active packaging for foods(1996)



그림 10-6 에틸렌가스 흡수포장의 적용 사례

렌을 효과적으로 제거한다. 팔라늄 촉매로 함침된 활성탄은 신선한 생산물로부터 에틸렌을 뽑아내는데 사용된다.

그림 10-6은 에틸렌가스 흡수포장으로 적용되고 있는 제품의 예를 보여주고 있으며, 주로 과일, 야채 및 각종 원예 제품 등에 적용되고 있다. 상용화된 SedoMate[®](일본), NeupalonTM(일본), Hatofresh[®](일본)는 활성화된 탄화수소를 사용할 수 있는 활성화된 활성탄이다.¹⁵⁾ 미국, 호주, 일본과 한국 기업들에 의해 만들어진 활성화된 점토(zeolite)를 사용한다. 삼중수소화합물을 함유한 전자파 부족을 함유한 전자부족 질소는 신선한 생산물에서 에틸렌을 제거하는데 사용된다. 사용된 필름은 실리콘, 폴리카보네이트, 폴리올레핀계이다. 1-메틸 시클로프로판(1-MCP)의 사용은 에틸렌의 효과를 최소화하는 또 다른 대안이 되고 있다.¹⁶⁾

10.2.3 수분 흡수 패키징(Water Absorbing Packaging)

식품 손상의 주요 원인의 하나는 수분의 존재이며 수분 조절제의 목적은 미생물 성장을 억제하기 위해 제품의 수분 활성을 낮추는 것이다. 신선한 과일과 야채의 경우 패키지의 한 부분이 다른 부분보다 차가울

15) Rooney, Introduction to active food packaging technologies(2005)

16) Blankenship, 1-Methylcyclopropene: a review(2003)

때 호흡과 응축이 발생한다. 용해 가능한 영양물이 물로 침투하여 소비자의 낮은 호흡과 미생물 손상을 초래한다. 포장내의 수분 함량은 파삭 파삭한 건조식품, 분유, 인스턴트 커피가루, 과자 등 흡습성 제품의 연화를 유발한다.

수분 흡수 패드, 시트 및 덮개는 생선, 육류, 가금류, 과일 및 채소와 같은 식품의 액체를 제어하는 데 사용된 큰 시트와 덮개는 냉각된 생선류의 항공이나 육상화물 운송 중에 녹은 얼음을 흡수하는 데 사용된다. 드립 흡수시트는 기본적으로 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌과 같은 미세 다공성 중합체의 2개의 층으로 이루어지며 자유 유동성 과립의 형태나 초 흡수성 중합체로 포장재 내에 적층 된다.¹⁷⁾ 그림 10-7은 Thermanite[®] Pvt.(호주), Toppan[™](일본), Peaksorb[®](호주), Luquasorb[™](독일), Fresh-R-Pax[™](미국)는 상업용 흡습 시트, 덮개 및 트레이 중 일부이다. 제습제는 주로 치즈, 칩, 견과류, 사탕, 향료 등의 제품에 사용된다. 실리카겔, 분 자체, 산화 칼슘과 같은 건조제는 건조식품에 사용되는 반면 미세 다공성 백 또는 무기 염류 패드와 고체 고분자 습윤제 보호 층은 종이팩 내부의 습도 완충에 사용된다. 소봉투(sachet)의 상업적인 예로는 MINIPAX[®](미국), STRIPPAX[®](미국), Desipak[®](미국), Tri-Sorb[®](미국), 2-in-1[™](미국), 흡습 라벨에는 DesiMax[®]이 널리 사용되고 있다.



그림 10-7 수분 흡수포장의 적용 사례

17) Rooney, Introduction to active food packaging technologies(2005)

10.2.4 항균 패키징(Antimicrobial Packaging)

항균 포장은 포장된 식품 또는 포장재 자체에 존재할 수 있는 미생물의 생장을 저감, 저해 또는 지연시키는 작용을 하는 활성 포장의 한 형태이다. 항균성 식품 포장재는 유통 기한 및 보관 수명을 연장하기 위해 미생물의 성장 단계를 늦추거나 지연을 통해 수행되게 해야 한다. 항균 포장은 포장 재료의 표면으로 이행하는 항균제를 함유하는 것과 활성 성분이 식품으로 이행하지 않는 표면 미생물에 효과가 있는 것의 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. 활성 물질이 접촉 시 중화되거나 표면에서 음식으로 빠르게 확산되기 때문에 식품에 항균성 물질을 직접 표면 도포하는 데는 용도가 제한적일 수 있다.

항균제의 주요 식품 응용에는 육류, 가금류, 빵, 치즈, 과일 및 채소가 포함된다. 상업적으로 널리 쓰이는 은 치환 제올라이트제는 Zeomic[®], Apacider[®], Aglon, Bactekiller 및 Novaron이 있다. 락토펜옥시다제 및 락토펜과 같은 항균 효소, 세크로파인, 디펜신, 하이드로 퀴논 및 카테킨과 같은 천연 페놀, 지방산 에스테르, 항산화제 페놀, 항생제 및 구리와 같은 금속과 같은 항균 펩타이드가 폴리머에 혼합되어 사용된다. 휘발성 항균제를 방출하는 포장시스템에는 이산화염소, 이산화황, 이산화탄소 및 에탄올이 포함된다. 이 시스템에서 폴리머는 식품과 직접 접촉 할 필요는 없다. 여기서 항균제는 중합체 또는 포장재료로 압출되거나 코팅될 수 있는 담체에 직접 혼입된다.¹⁸⁾

그림 10-8은 식물성 정유를 나노캡슐에 넣어 플라스틱과 혼합한 후 필름이나 슈트 형태로 열성형하여 육류, 제빵, 신선 가공식품류에 적용되는 예를 보여준다. EU는 2017년 1월 24일 식품 안전을 강화하고 음식물 쓰레기를 줄이기 위해 나노기술 기반 항균 포장을 개발하는 NanoPack

18) Appendini and Hotchkiss, Review of antimicrobial food packaging(2002)

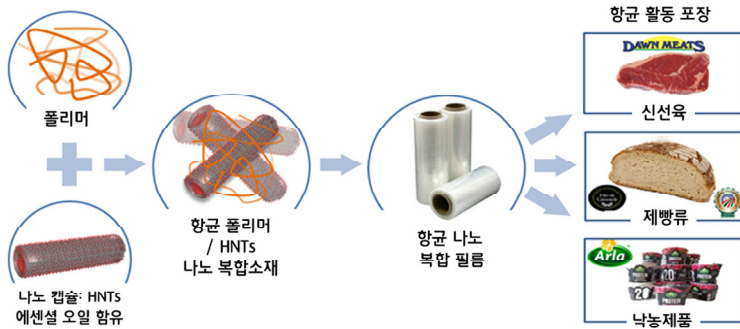


그림 10-8 나노기술을 이용한 항균 포장 사례

프로젝트에 770만 유로를 제공하였다.¹⁹⁾ 이 프로젝트는 식품으로 인한 질병 발생을 방지하고 초기 부패로 인한 음식물 쓰레기를 줄이는 천연 나노 물질을 바탕으로 부패하기 쉬운 음식물에 대한 최첨단 항균 포장 솔루션을 개발하고 시연하는 것을 목표로 하고 있다.

10.2.5 기타 능동형 패키징 기술

식품 손실을 줄이기 위해 국내에서도 MAP(Modified Atmosphere Packaging) 기술, 레토르트살균 포장기술 및 무균 포장기술 등이 국내에서도 최근 크게 발전하였으나, 꽃, 과일, 및 채소와 같은 농산물이 포장되지 않은 상태로 온실 및 저장고 내에 발생하는 에틸렌 가스와 곰팡이에 의한 노화, 돼지 등 가축이 사육 환경에서 발생하는 암모니아 가스와 미생물에 의한 체중 저하와 각종 감염, 그리고 식품, 음료가 제조공정에서 각종 유해 세균에 의한 감염 및 유통 중 부패에 의한 오염에 대해 식품 안전 및 수명 연장을 위한 새로운 기술이 필요한 상황이다. 여기에 최근 해외에서 실용화된 새로운 광촉매 정화기술이

19) <https://www.nanopack.eu/2017/04/27/eu-awards-e7-7-million-to-nanopack-project/>

4차 산업혁명과 식량산업

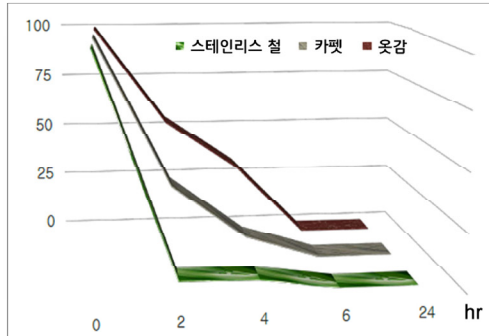


그림 10-9 PCO 기술에 의한 노로바이러스 살균시험 결과

있다. 이는 PCO(Photo Catalytic Oxidation) 기술로 US EPA나 OSHA에서 정한 오존 농도 0.05ppm 이하에서도 높은 살균 효과를 보여주고 있다. 그림 10-9는 Kansas 주립대학가 노로바이러스에 대해 각 매질에서 살균 효과를 연구한 결과로 6시간 내에 99.9% 이상의 살균력을 보여준다.²⁰⁾

그림 10-10은 PCO 기술을 이용하여 유럽 및 미국에서 식품 손실을 줄이고 유통기간을 연장한 사례를 보여준다. 좌측 그림은 밀폐된 냉동 및 저온 육류창고에서 표면 및 공기 병원체에 대한 살균 정화, 가운데 그림은 온실 내의 화훼에서 발생된 에틸렌가스 분해, 오른쪽 그림은



그림 10-10 PCO 기술에 의한 노로바이러스 살균시험 결과(www.activtek.eu)

20) Kansas State Food Science Institute, Biological reduction on surfaces through photocatalysis and ozone(2007)

저장고와 매대에 PCO 설비인 RCI(Radiant Catalytic Ionization)를 설치하여 과일의 유통기간을 연장한 사례이다.

10.3 지능형 패키징(Intelligent Packaging)

Semih Otles는 2008년 LogForum에서 ‘음식에 보존재의 내부 용출(migration) 개념과 의사 결정을 용이하게 하기 위한 포장재의 정보제공 기능은 지능형 패키징과 관련이 있다’고 하였다.²¹⁾ 또 EC / 450 / 2009에 따르면 지능형 재료 및 완제품은 포장 식품 또는 식품을 둘러싼 환경의 상태를 모니터링 하는 재료 및 완제품을 의미한다고 하였다. 지능형 패키징 시스템은 식품 또는 환경(온도, pH) 조건에 대한 정보를 사용자에게 제공한다. 이는 전통 포장의 통신 기능을 확장하고 소비자에게 제품 환경의 변화를 감지, 센싱 및 기록하는 능력을 기반으로 소비자와 통신하는 것이라고 정의하였다.²²⁾ 능동형 패키징의 활성 요소와는 달리 지능형 패키징을 구성하는 요소는 구성 성분을 식품에 전이하는 것은 아니다. 지능형 패키징은 ‘위험분석 및 위해요소 제어(HACCP)’ 및 품질 분석 및 위해 요소 제어(QACCP)’ 시스템의 개선에 기여할 수 있으며, 그것은 유해한 식품의 검출 요소를 개발하거나 건강 위험을 가능한 건강 유해요소를 분명히 하고 그것들의 발생을 줄이거나 제거하는 전략을 수립하는 것이다. 또한 품질 속성에 크게 영향을 미치고 최종 식품 품질을 효율적으로 개선하는 프로세스를 식별하는 데 도움이 된다.²³⁾ 기본적으로 센서, 표시기 및 무선 주파수 식별(RFID) 시스템으로 구분된 세 가지 지능형 시스템이 있다.

21) Semih Otles, Buket Yalcin, Intelligent Food Packaging(2008)

22) Restuccia et al., New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications(2010)

23) Vanderroost et al., Intelligent foodpackaging: The nextgeneration(2014)

10.3.1 센서(Sensor)

센서는 장치가 반응하는 물리적 또는 화학적 특성의 검출 또는 측정을 위한 신호를 제공하는 에너지 또는 물질을 탐지, 위치 지정 또는 정량화 하는데 사용되는 장치로 정의 할 수 있다.²⁴⁾ 센서는 신호를 지속적으로 출력합니다. 대부분의 센서에는 수용기와 변환기의 두 가지 주요 기능 부품이 있다.

(1) 바이오 센서(Bio Sensor)

바이오 센서는 생물학적 반응과 관련된 정보를 탐지, 기록 및 전송하는 데 사용된다.²⁵⁾ 바이오 센서는 바이오리셉터(bioreceptors) 및 트랜스듀서(transducers)를 포함한다. 바이오리셉터는 표적 분석 물질을 인식하고 트랜스듀서는 생화학적 신호를 정량화 가능한 전자 반응으로 변환한다. 바이오리셉터는 효소, 호르몬, 핵산, 항원, 미생물 등과 같은 유기 또는 생물학적 물질일 수 있다. 변환기는 광학적, 음향적 또는 전기 화학적 일 수 있다.

‘Food Sectinel System[®] (SIRA Technologies Inc.)’은 병원균을 검출하기 위해 개발된 바이오센서이다. 특정 항체는 센서 또는 바코드의 일부를 형성하는 멤브레인에 부착되어 있다. 병원체는 바코드를 판독할 수 없는 국부적인 암적색 막대 형성한다. ToxinGuard[®](Toxin Alert, Canada)는 살모넬라균, 캄필로박터균, 대장균, 리스테리아균 과 같은 표적 병원균을 검출하는 폴리에틸렌 기반의 플라스틱 포장재에 인쇄된 항체를 기반으로 한 시각 진단 시스템이다. 아미노산의 탈 카복실화 또는 미생물 작용으로 알데히드와 케톤의 아미노화 및 아미노화 반응으

24) Kerry et al., Current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products(2006)

25) Yam et al., Intelligent packaging: concepts and applications(2005)

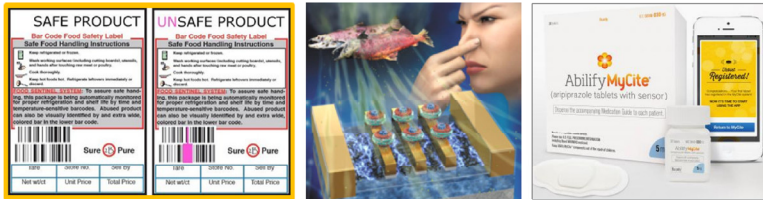


그림 10-11 바이오 센서(좌: Food Scentinel System[®], 중: 전자코, 우: MyCite)

로 인해 생체 아민의 검출을 위한 바이오센서도 개발됐다.²⁶⁾ 박태현 교수팀은 “음식이 상하기 시작하면서 나오는 냄새 물질과 결합하는 수용체 단백질을 이용해 악취가 퍼지기도 전에 감지할 수 있는 바이오 전자 코를 개발했다”고 발표했다.²⁷⁾ 오츠카제약은 FDA 최초로 승인된 센서를 소개하였다.²⁸⁾ 식품에 함유된 성분으로 구성된 IEM(ingestible event marker) 센서는 위액과 접촉할 때 활성화되어 웨어러블 MyCite 패치와 통신하여 아리피프라졸 섭취 요약을 볼 수 있게 하였다. 그림 10-11은 이러한 사례들이다.

(2) 가스 센서(Gas Sensor)

가스 센서는 패키지 내의 가스 분석 물의 존재를 감지하는 데 사용된다. 여기에는 산소 센서, 이산화탄소 센서, 수증기 센서, 에탄올 센서, 금속 산화물 반도체 전계 효과 트랜지스터, 유기 전도성폴리머 및 압전 크리스털센서 등이 포함된다.²⁹⁾ 이러한 시스템은 분석물과의 직접적인 접촉에 의해 야기되는 흡광도 변화 또는 발광 소광의 원리에 기초한다.

26) Pospiskova et al, Magnetic particles-based biosensor(2013)

27) 조선일보, ‘국내서 바이오 전자코 개발’(2017.12.14)

28) www.packagingdigest.com/regulatory/pmp-FDA-approves-sensor-embedded-drug(2017)

29) Kerry et al., current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products(2006)

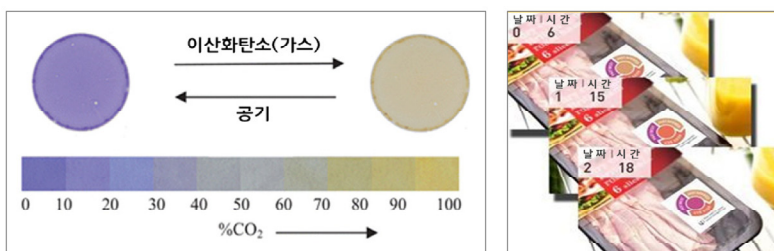


그림 10-12 가스 센서를 사용한 사례

광화학 센서는 황화수소, 이산화탄소 및 휘발성 아민과 같은 가스 분석물을 감지하여 제품의 품질을 감지하는 데 사용된다. 광화학 감지 방법은 pH 민감 표시기를 사용하는 형광기반 시스템, 단계기반 형광 측정을 이용한 흡수기반 색상 측정 및 에너지 전달 접근법을 포함하는 3가지 유형이다. pH 감응염료는 생선, 육류 및 가공육의 혐기성 휘발성 아민 검출용 센서를 개발하는 데 사용할 수 있다.³⁰⁾ 그림 10-12는 가스 센서의 한 사례로 이산화탄소의 가스농도 변화를 통해 제품의 수명에 미치는 영향을 보여준다.

10.3.2 표시기(Indicator)

표시기는 다른 물질의 존재, 부재 또는 농도 또는 특히 색상 변화를 통해 둘 이상의 물질 간의 반응 정도를 나타내는 물질로 정의 할 수 있다.³¹⁾ 표시기에는 시간-온도 표시기, 상품의 포장의 누수 시 산소 농도변화를 보는 산소 누출 표시기와 MAP 내의 이산화탄소 등의 변화를 확인하는 신선도 표시기, 그리고 흡습도 변화 여부를 나타내는 수분 표시기 등으로 나눌 수 있다.

30) Kuswandi et al, A novel on-package sticker sensor based on methyl red for real-time monitoring of broiler chicken cut freshness(2014)

31) Hogan and Kerry, Smart packaging of meat and poultry products(2008)

(1) 시간-온도 표시기(TTI : Time-Temperature Indicator)

온도는 식품에서 물리적, 화학적 및 미생물 손상의 동역학을 결정하는 가장 중요한 환경 요인 중 하나이다. EC / 450 / 2009에 따르면 시간 온도 표시기는 시간이 지남에 따라 임계온도가 초과되었는지 여부에 대한 정보를 제공하고 제품이 임계온도(시간-온도 기록)를 초과하여 소비한 최소시간을 예측하기 위한 것이다. 이 라벨은 유통 및 보관 중 온도기록을 시각적으로 표시한다. 기기서 그들은 냉장 또는 냉동 제품에 대한 온도 오용에 대해 알릴 수 있다. 시장에서 사용 가능한 TT1는 임계온도 표시기, 부분 내역 표시기와 전체 내역 표시기의 세 가지 기본 유형이 있다. 기본적으로 TTI는 생산 시점에서 최종 소비자까지 부패하기 쉬운 상품의 시간-온도를 추적하는 작은 태그 또는 라벨이다. 현재 이용 가능한 상업용 TTI는 확산, 효소 및 중합체 기반 시스템이다. 미국 3M사의 Monitor Mark[®] 및 Freshness Check[®]는 상용 확산기 기반의 시간-온도 표시기이다. VITSAB[®]은 지질 기질의 효소 가수분해가 조절되어 pH가 낮아지는 색 변화가 나타나는 상업적 효소 TTI의 한 예이다. Lifelines Freshness Monitor[®], Fresh-Check는 온도에 따라 달라지는 중합 반응 TTI이다. OnVu[™]은 온도에 따라 결정된 속도로 시간에 따라 색상이 변하는 유기 안료 인 벤조 피리딘을 함유하고 있다. 이 표시기는 자외선에 노출되어 진한 파란색으로 변하고 시간이 지남에 따라 색상이 점차 사라진다.³²⁾ 이 외에도 FreshCode와 Tempix는 온도 오용으로 사라지는 페이딩 잉크로 인쇄 된 바코드를 기반으로 한 TTI이다.³³⁾ 그림 10-11는 TTI의 종류 및 각종 제원을 보여준다. 특히 인쇄전자 기술의 발전으로 최근 가격은 1~5 센트의 가격까지 낮춰지고 있고 향후 사용이 증가하게 되면 더욱 저렴해질 것으로 보여진다.

32) O'Grady and Kerry, Smart packaging technologies and their application(2008)

33) Tempix, <http://tempix.com>(2014) ; FreshCode[™]label, <http://www.varcode.com>(2014)

4차 산업혁명과 식량산업

제품명	CheckPoint® Types M, L (Vitsab, Sweden)	Fresh-Check® (Temotime, USA)	OnVu™ (Ciba Specialty Chemicals, Switzerland)	TT Sensor™ (Avery Denison, USA)	eO (Cryviolet, France)
원리	흡수	한성수지 기반	광화합	화산	미생물
반응 형태	green to yellow to red 	colorless to blue 	dark blue to colorless 	yellow to pink 	green to red (eO) 
E _A 범위 (kJ/mol)	70 ~ 170	80 ~ 90	90 ~ 150	115 ~ 125	100 ~ 110
활성화	Yes	No	Yes	Yes	No
가격 (cents)	5 ~ 15	1 ~ 5	1 ~ 5	5 ~ 15	5 ~ 15



그림 10-13 TTI의 종류 및 각종 제원(www.cifp.dongguk.edu/korean/viewforum)

(2) 산소농도 표시기(Oxygen Indicator)

가스치환 포장으로의 누수 표시기는 생산 및 유통 체인 전반에 걸쳐 패키지의 누출 여부를 판단하는 무결점성을 보장합니다. 초기 산소가 적은 MAP 식품의 시각 산소 지시기는 Davies and Gardner에 의해 연구되었다. 산화 환원 염료가 함유된 시각적 산소 표시기는 산소 농도의 변화에 따라 색이 변화한다. 이러한 시스템의 단점은 장치가 매우 민감해야 하고 패키지의 잔여 산소가 지표에 취약하다는 것이다. 누출을 통해 오는 산소는 음식에 존재하는 자연 미생물에 의해서도 소비될 수 있다. O2Sense는 MAP(Modified Air or Atmosphere-Packaging) 시장을 겨냥한 특허 출원 중인 산소 감시 표시기로 그 범위는 2가지 기본 버전으로 구성된다.³⁴⁾

34) <http://freshpoint-tti.com.keam.co.il/technology/default.aspx>

(1) 밀폐된 식품 패키지에 들어있는 산소의 양이 규정 된 한도 내인지 여부에 대한 색상 변경을 통해 명확하고 시각적 인 표시를 제공하는 눈으로 읽을 수 있는 표시기로, 이 표시기는 생산자, 소매 업체 및 소비자 에게 위험한 제품으로 이어질 수 있는 패키지 무결성 위반 가능성을 설명해 준다.

(2) 생산 포장 라인에 있는 독자적인 광학 판독기를 사용하여 읽을 때 명확한 전자 신호를 추출하는 기계 판독 가능 표시기이다. 이 제품은 생산자가 품질 보증 도구로 사용하여 제품 그들은 정확한 산소 수준으로 포장할 수 있게 하고 있다. 기계 판독 가능 및 눈으로 읽을 수 있는 버전은 밀봉된 패키지 내의 산소 양이 잘못되어 감각 품질의 손실 및 / 또는 잠재적으로 위험한 제품의 소비를 초래할 수 있는 제품에 사용하기 위한 것이다. 이는 육가공품, 생선류, 유제품 등에 적용 가능할 것으로 보인다.

AgelessEye[®] 미츠비시가스케미칼사는 색 변화로 인한 산소의 존재 유무를 나타내는 산소 표시기이다. 그림 10-14에서 보듯 이는 분홍색으로 돌면서 산소 부족(<0.01%)을 나타낸다. 0.5% 이상의 산소 수준에서 태블릿은 파란색으로 변한다. 산소의 존재는 5분 이내에 표시되며, 파란색에서 분홍색으로의 변화는 3시간 이상 걸릴 수 있다.³⁵⁾

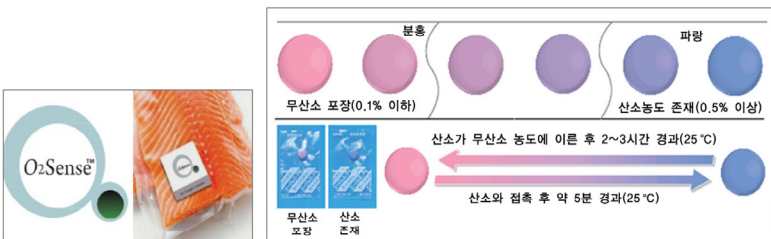


그림 10-14 산소 누출 표시기의 사례(O₂ Sense(좌), AgelessEye(우))

35) Mitsubishi Gas Chemical, www.mgcco.jp/eng/products/abc/ageless/eye(2014)

(3) 신선도 표시기(Freshness Indicator)

신선도 표시기는 미생물 성장 또는 식품 내 화학적 변화로 인한 제품 품질정보를 제공한다. 미생물 성장 대사물질과 패키지의 동합지표 사이의 반응은 제품의 미생물 품질에 대한 시각정보를 제공한다.³⁶⁾ 1999년에 미국 COX Technologies는 생선 보관 시 발생하는 휘발성 아민에 반응하는 FreshTag[®] 표시 지시약을 출시했으나, 2004년에 제품이 중단되었다. Yoshida 등³⁷⁾은 색차 키토산 바이오 기반 pH 표시지를 개발하여 n-부티레이트, L-락트산, D-락테이트 및 아세트산과 같은 미생물 성장에서 유래된 대사산물의 지표로 사용할 수 있는 능력을 지니고 있다고 하였다. 저장 중에 육류 제품에서 생산되는 이산화탄소도 식품 손상의 징후이다. 이산화탄소 지표는 키토산 또는 유장 단백질 분리 물의 수용액으로 구성된 세종 대학교 연구진에 의해 개발되었다. 이산화탄소의 존재는 pH 의존성 유장에 의한 투명성의 변화에 의해 검출되었다.³⁸⁾ 색상 변화에 대한 신선도 표시기의 단점은 색상 변화로 중요한 감각이나 품질 저하가 없는 제품에서 오염이 발생할 수 있음을 나타낸다. 특정 표적 대사산물의 존재가 반드시 품질 저하를 나타내는 것은 아니다.



그림 10-15 신선도 표시기의 사례(www.desertcart.ae/products/)

36) Kuswandi, Real time on-package freshness indicator for guavas packaging(2013)

37) Yoshida et al., Chitosan bio based and intelligent films(2014)

38) Lee and Ko, Proof-of-concept study of a whey protein isolate based carbon dioxide indicator to measure the shelf-life of packaged foods(2014)

(4) 수분농도 표시기(Moisture Indicator)

그림 10-16은 오렌지 비드가 있는 실리카겔 방습포장에 적용된 수분 표시기로 수분을 함유하게 되면 암녹색으로 변화하고 드라이어로 수분을 제거하면 다시 오렌지색으로 환원되어 재사용할 수 있는 장점이 있다. 옆 그림은 수분농도를 알려주는 수분농도 표시기의 사례로 푸른색이 핑크색으로 변화 시 위험함을 보여주는 라벨이다.

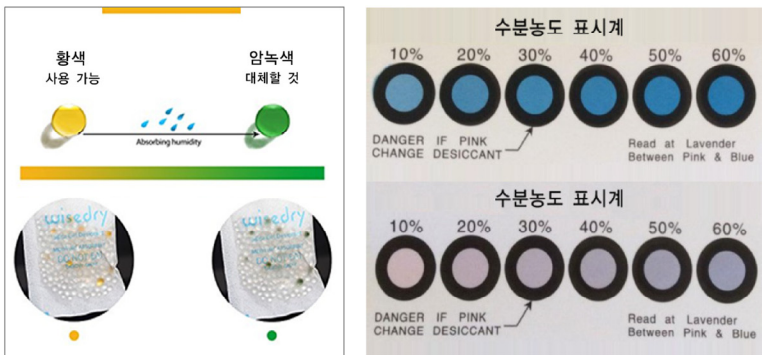


그림 10-16 수분 표시기 및 라벨의 사례³⁹⁾

10.4 인쇄전자 기술(Printed Electronics)

인쇄전자 기술은 전도성 기능잉크를 플렉시블 기판을 통해 사물인터넷(IoT), 웨어러블 디바이스 등 ICT 기기 제작에 적합한 인쇄 전자제품을 만드는 기술이다. 인쇄된 전자센서의 고유한 특성으로는 경량, 구부림, 굴림, 휴대 및 접을 수 있다. 고유한 동작을 위해 개별적으로 조정된 다양한 기판에 그림 10-17과 같이 센서를 생성할 수 있다.⁴⁰⁾

39) <https://acumidity.wordpress.com/2014/03/30/humidity-indicator-cards/>

40) Vanderroost et al., Intelligent food packaging: The next generation(2014)



그림 10-17 인쇄전자 기술을 이용한 제품 예

현재 인쇄전자의 기술수준은 일부 요소부품들을 제작하고 간단한 전자회로를 구현하는 수준에 머무르고 있으나, 전자잉크의 성능 향상 및 초미세, 고속 인쇄공정 기술의 개발이 진행됨에 따라 향후 폭넓은 분야에 적용될 것으로 기대된다. 또한, 이러한 인쇄전자 기술과 최근 인텔, HP, 퀄컴 등 IT 기업들의 Trillion(1조) 센서 시대를 전망⁴¹⁾ 함에 따라 인쇄형 무선 센서태그의 기술개발 및 응용제품 개발에 많은 관심이 쏠리고 있다.

종이나, 플라스틱 필름 등 유연한 기판 위에 인쇄되는 롤투롤 그라비아 인쇄형 무선 센서태그는 사이니지(signage), 센서, 아날로그/디지털 변환기(ADC), 마이크로컨트롤유닛(MCU), 근거리 통신 시스템(NFC) 등이 집적되어 무선 리더기, 스마트폰 등을 통해 데이터를 주고받을 수 있다. 기존 실리콘 반도체 칩 기반의 스마트 패키징은 NFC 안테나 위에 NFC 모듈, 센서, ADC, MCU 등이 기판 위에 본딩으로 실장된 후 라벨링 및 태깅 공정을 통해 제작된다. 그러므로 근본적으로 기존 공정을 이용한 스마트 패키징 센서태그의 경우 칩 본딩, 라벨링, 태깅 등의 공정이 적용되므로 가격을 낮추는 데 명확한 한계가 존재한다. 인쇄전자의 경우 칩 본딩 공정 없이 모든 공정이 롤투롤 그라비아 인쇄 공정 내부에서 잉크 적층형태로 진행되므로 초저가로 스마트 패키징 태그를 제작할 수 있을 것으로 보여진다.

41) I.G Business Insight, Trillion 센서 IoT 시대 열고 있다(2014)

10.4.1 스마트 잉크(Smart Ink)

전자잉크 구현을 위한 핵심요소는 크게 잉크합성, 분산, 최적화, 특성제어 기술로 나뉜다. 잉크 합성/분산 기술은 잉크의 소재(유기, 무기)에 따라 다양한 소재를 용액형태로 합성하는 기술로 인쇄전자에서 가장 핵심적인 기술이다. 무기물 기반의 잉크의 경우 그림 10-18처럼 무기물 나노입자 또는 구조체를 제조하여 용액형태로 제조하는 기술이 요구되며, 유기물 기반의 잉크의 경우 고분자 또는 단분자 형태로 합성하는 기술이 요구된다. 합성된 잉크는 궁극적으로 높은 인쇄성을 가지고 있어야 한다. 특히 잉크 소재는 매우 다양한 기판에 여러 가지 인쇄공법을 이용하여 구현될 수 있을 때 가장 유용하나, 실제의 경우 각 경우마다 공정 최적화 기술개발이 필요하다. 즉 기판에 따라 다른 표면 에너지를 가지며, 인쇄공법에 따라 요구되는 잉크의 기본 특성이 달라진다. 이러한 부분은 기존의 진공 공정과는 크게 대별되는 부분으로, 각 경우마다 소재/공정/장비를 최적화하고 matching하는 기술이 필요하다. 합성된 잉크는 최종적으로 요구되는 전기적, 광, 또는 그 외의 여러 가지 특성을 구현해야 한다. 많은 경우잉크로 형성된 박막 또는 구조체는 진공공정을 통해 얻은 재료에 비해 기능이 크게 떨어지므로 소자 측면에서 특성 제어 기술이 매우 중요하다. 일반적으로 인쇄된 잉크는 여러 형태의 유기물(분산재, 용매, 등)을 포함하고 있으므로 이를 효과적으로 제거함으로써 기능의 향상을 얻을 수 있다.⁴²⁾

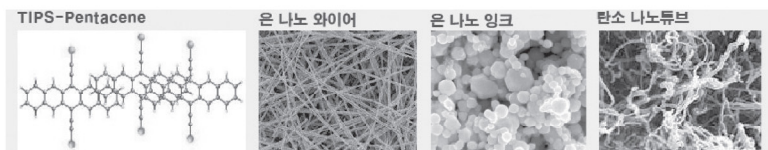


그림 10-18 전자잉크용 나노소재

42) 노진수, 인쇄 스마트 패키지 센서테크(2014)

10.4.2 무선 주파수 식별(RFID)

RFID는 무선 센서를 사용하여 사람의 개입 없이 항목을 식별하고 데이터를 수집하는 자동식별 기술이다. RFID는 태그와 리더를 기반으로 한다. 대부분의 RFID 태그는 ID 번호에 대한 정보를 데이터베이스에서 검색하여 이에 따라 행동 할 수 있는 일종의 식별 번호를 저장한다. RFID 태그는 수동형과 능동형으로 나뉜다. 수동(Passive) 태그는 리더가 제공하는 전원에 의존한다. 판독기로부터의 전파가 수동 RFID 태그에 의해 마주 칠 때, 태그 내의 코일 안테나는 자기장을 형성한다. 태그는 태그의 에너지를 끌어 태그 메모리에 인코딩 된 정보를 보낸다.

반 수동형 RFID 태그는 배터리를 사용하여 태그에 메모리를 유지하

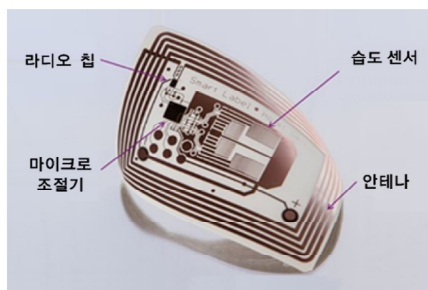


그림 10-19 기존 바코드 RFID(위) 와 바이오 센서가 인쇄된 통합형 RFID(아래)

거나 태그에 리더 안테나가 방출하는 전자기파를 변조 할 수 있는 전자 장치에 전원을 공급한다. 능동형 RFID 태그는 마이크로 칩 회로를 구동하고 리더기에 신호를 송출하기 위해 사용되는 내부 배터리에 의해 전력이 공급된다.⁴³⁾ RFID 태그는 바코드처럼 포장재에 인쇄될 수 있으며, 그림 10-19와 같이 나노기술은 실리콘 칩을 잉크기반의 RFID 회로로 대체되고 있다. RFID는 상품 흐름을 식별, 분류 및 관리 할 수 있기 때문에 추적 관리 및 공급망 관리 프로세스에 성공적으로 적용되고 있다. 실장이 가능하고 비 통합형이며 유연한 센서 기반 RFID 태그가 내장되어있어 온도, 상대 습도, 빛 노출, 압력 및 제품 pH를 모니터링 할 수 있다. 이 태그는 식품의 품질과 안전성에 해로운 콜드 체인의 중단 가능성을 감지한다.

RFID 태그는 시간-온도 이력과 미생물학적 정보를 수행하는 TTI나 바이오 센서로 통합될 수 있다. 한편 Chain Rink Research사에 따르면, 능동형 RFID 시스템을 딸기와 같이 온도에 민감한 과일류에 실시간 온도제어를 통해 식품 손실률을 획기적으로 줄인 사례도 소개되고 있다. 그림 10-20에 실용화 되고 있는 사례도 있다.



그림 10-20 바이오 센서가 통합된 수동형(좌)과 능동형(우) RFID 적용 사례

43) Vanderroost et al., Intelligent food packaging: The next generation(2014)

10.4.3 기타 통신 기술

그림 10-21에서 보듯 NFC(Near Field Communication) 기술은 브랜드 소유자와 소비자를 “Everything의 인터넷”에 직접 연결토록 속도를 높임으로써 패키징을 통해 그 가치를 크게 높일 수 있다. 2014 NFC 포럼의 Strategy Analytics에서 실시한 “NFC 기술 : 소비자 선호도가 어떻게 소매 업체에 새로운 기회를 창출하는지”라는 연구 결과에 따르면 관련 제품에 대한 정보를 검색하는 데 NFC를 사용하는 것이 50% 선호되었다. 이에 비해 QR 코드는 23%, 블루투스 비콘은 10%로 줄었다. 이는 QR 코드는 읽기 위해 핸드폰에 앱을 설치해야 하고 속도도 15초에 가까운데 비해, NFC는 1초 정도로 속도가 12배 이상 빠른 장점이 있기 때문이다. Enstream 및 BrandXMobile(BXM)에 따르면 전 세계적으로 스마트 폰의 3분의 1 이상이 NFC를 지원하고 있다고 하며, IHS Technology는 2018년에서 2020년 사이에 12억 개의 NFC 가능 스마트 폰이 소비자에게 배송 될 것으로 예측하고 있다.



그림 10-21 NFC 기반의 스마트 패키징 적용 사례

10.5 스마트 패키징의 시장 분석

10.5.1 진입 장벽과 대응 방안

최근 상용화 되고 있는 RFID 태그 내에 각종 센서나 표시기를 포장 내에 장착한 스마트 패키징은 식품의 제조, 유통 및 소비뿐만 아니라 폐기 / 재활용(Recycle)의 전 단계에 걸친 유효하고 스마트한 시스템을 제공할 것으로 보여진다. 그러나, 아직 스마트 패키징은 산업적으로 초기단계에 있어 급속한 확장에는 장벽이 있다. 즉 비용과 통합의 장벽이다. 그림 10-22와 같이 RFID나 NFC는 기존의 바코드나 QR 코드에 비해 가격이 높아 이를 낮춰 나가야 한다. 이를 위해 인쇄전자의 제조공정 기술개발과 나노 잉크 등의 대량생산 기반을 구축하여 원가를 시급히 낮춰나가야 할 것이다. TTI와 같은 표시기도 단위당 0.02~0.2 달러수준으로 더욱 경제적 수준의 변온 잉크 보급과 식품 변화와 일치하는 기술 보완이 이루어져야 할 것이다. 이는, 스마트 패키징의 주종을 이룰 식품산업은 대형시장을 갖추고 있으나 제약산업에 비해 상대적으로 부가가치가 낮아 포장비의 상승에 대해 부담을 가질 수밖에 없다.

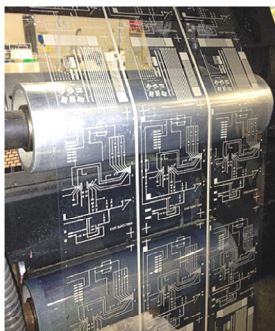
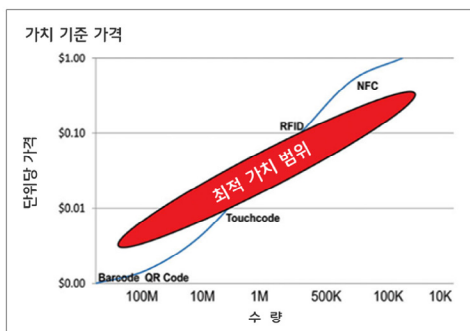


그림 10-22 인쇄전자 제품의 가격 및 스마트 라벨 대량생산 공정⁴⁴⁾

44) <https://www.flexpackmag.com/articles/88018-electronic-packaging-smart-labels>

따라서, 4차 산업혁명과 발맞춰 인쇄전자 기술의 발전을 통해 가격을 낮추고 적용사례를 넓혀 계속적으로 포장비용을 낮춰 가야할 것이다.

다음으로 스마트 패키징을 적용 시 유통 상의 식품 부패 등 품질상 문제를 소매상이 떠 았을 경우 도입을 거부할 수 있어 이에 대한 유통 시스템의 규정화, 표준화가 수반되어야 할 것이다. 마지막으로 스마트 패키징의 법적 측면에서의 정비도 이루어져야 할 것이다.

유럽에서는 EC / 1935 / 2004의 3조는 식품 접촉 재료가 인간 건강을 위태롭게 할 수 있는 양으로 식품에 구성 성분을 옮겨서는 안 된다고 규정하고 있다. 구성 성분의 수용할 수없는 변화를 가져 오는 물질 및 관능적 특성을 저하시키는 물질은 활성 또는 지능형 구성 요소를 구성하는 개별 물질 또는 그룹 / 물질 조합이 안전해야 하며 프레임 워크 규정 No. 135 / 2004 및 규정 제 450 / 2009의 요구 사항을 준수해야 한다고 명시하고 있다. 이 규정의 4(d)조 및 11조는 능동적이고 지능적인 재료가 우발적인 소비를 피하기 위해 비식용으로 분류되어야 한다고 규정하고 있다.

10.5.2 시장 전망

2015년 세계 스마트 패키징 시장규모는 108억 달러였으며 2024년까지 연평균 10.6%로 성장해 267억 달러에 이를 것으로 예상하였다. 그중 식품분야에 50% 수준 적용될 것으로 보았다. NFC(근거리 통신)는 2016년부터 2024년까지 연평균 12% 이상 성장을 기록하는 지능형 패키징에서 가장 빠르게 성장할 것으로 예상하였다. 통신업계에서 NFC의 사용도 급격히 증가할 것으로 보인다. NFC 태그나 스티커와 쌍을 이룰 수 있는 NFC가 장착 된 스마트 폰은 작업을 자동화하기 위해 NFC 응용 프로그램에서 프로그래밍 되므로 예측기간 동안 스마트 패키징 시장의 성장을 촉진할 것으로 전망된다.

10.6 지속가능 포장(Sustainable Packaging)

10.6.1 개요

지속가능 패키징은 지속가능성을 향상시키는 포장의 개발 및 시용에 있다. 여기에는 환경 영향 및 생태발자국(footprint)을 줄이는 포장재 사용지침을 돕기 위해 LCI(Life Cycle Inventory) 및 LCA(Life Cycle Assessment)의 사용 증가가 포함된다. 즉, 기본 기능부터 마케팅, 수명종료(LCA) 및 재생에 이르기까지 공급망 전체를 살펴보고 가치비율에 대한 에코-비용이 유용할 수 있는가를 보는 것이다.⁴⁵⁾ 목표는 인류의 지속적인 생존과 삶의 질을 향상시키고 자연 생태계의 수명을 연장시키는 것이다. 지속가능 패키징은 미래 세대가 자신의 필요를 충족시킬 수 있는 능력을 손상시키지 않으면서 현재의 기능적 경제적 수요를 충족시키는 것이며 최종 상태가 아닌 지속적인 개선 과정을 의미한다.⁴⁶⁾

10.6.2 적용 사례

지속가능 패키징은 통상 5R(Reduce, Recycle, Reuse, Renewal, Recovery)로 표현되는 포장재를 의미한다. 그중에 스마트 패키징과 연계된 적용사례를 두 가지만 언급하였다.

(1) 능동형 융합 사례

그림 10-23의 좌측 그림은 Plantic의 바이오(high-amylose corn starch) 기반의 생분해성 포장재에 고 차단성을 부여해, 기존 포장재 대비 제품수명을 최대 20% 향상시켰고 LCA 결과 온실가스 배출량(GHG emission)을 30% 감소시켰다고 한다. 치즈, 육가공품, 초콜릿 등 제과류에 적용되

45) EUO for Packaging and Environment, What is Sustainable Packaging?(2011)

46) https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_packaging



그림 10-23 능동형 융합 지속가능 패키징 사례⁴⁷⁾

고 있다. 이 외에도 바이오 소재인 PLA에 항균소재를 복합해 발포 성형한 트레이가 육류용 포장으로 유럽과 북미에서 적용되고 있다.

(2) 지능형 융합 사례

물류용 포장재 경우 재활용소재를 사용하여 재사용이 가능한 RTI (Returnable Transportation Item) 시장에서 급속히 성장할 것으로 기대되는데 이는 국제규격이 표준화 되는데 기인한다. 그림 10-24의 좌측은 농산물 상자에 위치추적이 가능하게 RFID를 부착한 사례이며, 우측은 육류제품의 신선도를 확인하는 센서가 부착된 사례이다. 향후 스마트패키징 기술이 접목된 지속가능 패키징의 시장 확대가 크게 기대되고 있다.



그림 10-24 지능형 융합 지속가능 패키징 사례⁴⁸⁾

47) <http://www.kuraray.com/csr/report2016/topics/02.html>

48) <https://ssitote.com/products/bulk-containers/>

10.6.3 세계시장 규모 및 전망

Grand View Research사에 따르면 지속가능 패키징의 2015년도 세계 시장규모는 1,417 억 달러이다. 유럽은 2015년도 520억 달러 수준으로 60% 이상이 재활용성 포장시장이 차지하고 있으나, 향후 2024년도에는 스마트 패키징 기술과 접목한 재사용 포장이 다소 더 성장할 것으로 전망되고 있다. 생 분해/분괴성 포장도 성장할 것으로 보이나 전체시장에서 차지하는 규모는 아직 작은 편이다. 따라서 이 분야는 새로운 기능성을 접목하거나 경제성을 높여야 하는 과제가 필요해 보인다. 그림 10-25 세계 지속가능 패키징 시장 규모이다.

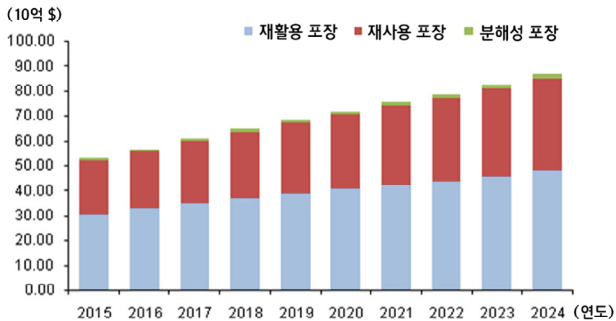


그림 10-25 지속가능 패키징의 세계시장 규모⁴⁹⁾

10.7 결 언

1,2,3차 산업혁명은 ‘제조업을 중심으로 한 생산혁명’이라고 한다면, 4차 산업혁명은 첨단 통신기술을 기반으로 ‘전 산업분야에 걸쳐 일어나는 소비혁명’이라고 할 수 있다. 지능정보기술이 확산하며 생산과 소비의 전 과정이 지능화되고 긴밀하게 상호작용하는 혁명적 변화를 가리

49) www.grandviewresearch.com/industry-analysis/green-packaging-market

킨다고 할 수 있다. 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능 등의 지능정보기술이 스마트한 초연결 플랫폼을 형성함에 따라, 생산과 소비의 전 과정이 실시간으로 융합하는 시대가 열리고 있다. 생산자는 소비자의 요구를 실시간으로 반영하여 재고 없이 생산하고, 소비자는 원하는 제품과 서비스를 적기에 제공받을 수 있게 될 것이다.

이러한 변화는 매년 세계 식량의 1/3이 폐기되어 1.3조억 달러(2015년)의 손실이 추정되는 식품산업에도 크게 영향을 끼칠 것으로 보인다. 즉, ICT를 기반으로 제조, 유통, 소비 전 과정에서의 신선도, 온도, 습도 등에 대한 정보를 스마트 패키징을 통해 제조자, Retailer 그리고 소비자에게 실시간으로 전달함으로써, 식품 안전과 손실 저감을 획기적으로 줄여갈 것으로 기대하고 있다. 다만, 스마트 패키징은 아직 가격이 높고 적용사례가 적어 인쇄전자나 Nano 기술과 같은 관련 산업의 발전을 통해 비용구조를 개선하고 가치사슬 전반에 걸친 협력을 이끌어 내고 관련 규정을 제도화함으로써 적용을 확대해 나가야 할 것이다. 이러한 스마트 패키징은 그 근간이 되는 능동형 패키징 및 지능형 패키징과 함께 지속가능 패키징을 연계해 4차 산업혁명 시대에 식품산업과 함께 미래 패키징 산업을 주도해 나갈 것으로 기대되고 있다.

11.1 대량 생산 · 대량 유통의 시대

인류는 오래 전부터 식품의 보존 기간을 늘리고 풍미를 더하기 위해 식품 원료를 가공하여 사용해 왔는데 이러한 식품 가공 기술은 역사상 몇 차례의 큰 전쟁을 거치면서 더욱 빠르게 발전하였다. Nicolas Appert는 1809년 나폴레옹의 프랑스 군대에 안전한 식량을 보급하기 위하여 병조림 가공 방법을 개발하였는데 이 가공 기술은 1810년 Peter Durand에 의해 canning technology로 발전되었고 곧이어 유럽의 다른 국가와 미국 등으로 퍼져나가서 현재의 통조림 가공 공정으로 오랜 기간 사용되고 있다. 또한 제 2차 세계 대전 중에는 건조, 농축 등 식품의 무게를 대폭 줄여 휴대하기 쉬운 형태로 가공하는 다양한 기술들이 발달하였다.

제 2차 세계 대전이 끝난 후 가공 식품 업계는 군대가 아닌 일반 시민들을 주 소비자로 삼아 계속 성장했다. 세계 인구는 계속 증가하였고 편리함을 추구하는 현대인의 생활방식, 여성의 사회진출 증가 등의 변화에 따라 가공 식품에 대한 수요는 이후에도 계속 늘어났으며 이에 발맞춰 대량 생산을 가능하게 하는 생산 기술의 발전과 새로운 가공 공정의 개발 등이 함께 이어졌다. 특히 생산 자동화와 연속화 공정의 도입은 대량생산을 가능하게 하는 주요 요인이며, 그 동안 식품 업계는 자동화/연속화 공정을 통해 생산량과 효율성 증대, 품질 개선 및 품질 편차의

1) CJ기술원, 경기 수원시 영통구 광교로 42번길 55 CJ Blossom Park,
윤효정 hj.yoon@cj.net / 김철하 ch.kim@cj.net

최소화, 개선된 식품안전, 인건비 절감 등의 다양한 이익을 얻어왔다.

기존 생산 시스템에서는 소품종 대량 생산이 다품종 생산보다 훨씬 더 효율적이며 큰 수익을 창출한다. 그래서 많은 식품 회사들은 가능한 한 더 많은 수의 소비자에게 어필할 수 있고 많은 이들이 선호할 만한 소수의 제품을 골라서 생산하고자 노력해 왔는데, 예를 들어 관능 조사를 통하여 맛에 대한 선호도가 높은 제품 또는 구매 의사를 묻는 설문에서 다수에게 높은 점수를 받은 제품만을 선택적으로 출시해오고 있다. 이는 결국 출시 과정에서 대중적이고 다수가 좋아할 제품으로 평가되어야만 그 해당 제품이 시장에 진출할 수 있는 시스템이며 20세기를 지나 21세기에 들어선 최근까지도 식품 업계에서 계속 사용하고 있는 신제품 출시 과정 체계이다.

이렇게 대량 생산 공정으로 만들어진 제품들은 대량 유통 시스템을 거쳐 소비자에게 전달되는데 대형 슈퍼마켓이나 창고형 마켓에서 대량으로 쌓여져 있는 가공식품들이 번들 형태나 박스 단위로 소비자들의 카트에 실려 나가는 것은 흔하게 볼 수 있는 현상이다(그림 11-1). 대량으로 동일 제품을 구매하는 소비자들의 선택의 기준은 대개 제품의



그림 11-1 식품 대량생산 공정(예: 로봇을 이용한 쿠키 생산)²⁾과
대량 유통(미국 코스트코)³⁾

2) <http://www.processindustryforum.com/article/can-robotics-help-bakery-production>

3) <https://blog.marketculture.com/>

가격이며, 앞서 언급한 효율적인 대량 생산으로 원가를 낮춘 제품들은 가격 경쟁력 면에서 우월한 위치에 있게 된다. 이러한 관점에서 본다면, 효율적인 소수 품목의 대량 생산과 대량 유통은 식품 산업계가 계속 집중해서 발전시켜야 하는 영역임에 틀림없어 보인다.

그런데, 만약 영원히 박스를 카트에 싣고 마트를 누빌 것으로 예상했던 소비자가 지금까지와는 다른 구매 형태를 보인다면 어떻게 될 것인가? 소비자 중 많은 사람들이 가성비가 높은 제품만을 찾기보다 자신을 위해 특화된 제품을 선호하거나 영양학적으로 자신의 건강에 더 도움이 되는 제품이 무엇인지 궁금해 하는 시대가 온다면 기존 방식의 대량 생산 시스템만을 그대로 지속하는 것으로 소비자의 변화에 제대로 대응할 수 있을 것인가? 이에 우리가 현재 나아가고 있고 또 앞으로 나아가야 할 시대의 주 소비자 층이 된 세대에 대해 알아보고 그들이 선택할만한 제품의 특성을 예측해보면서 과연 우리 식품 기업들이 가까운 미래에 다가올 변화에 제대로 준비하고 있는지 생각해보고자 한다.

11.2 밀레니얼 세대

11.2.1 밀레니얼 세대의 정의

21세기에 들어서면서 밀레니얼 세대라는 용어가 대중적으로 쓰이기 시작한다. 밀레니얼 세대에 대한 정의는 그 사용하는 경우에 따라 조금씩의 차이는 있으나 일반적으로 21세기 초에 young adulthood에 도달하는 세대를 말한다. 주로 출생연도로 그 기준을 정하는데 보는 관점에 따라 1976년경 태어난 사람들부터 밀레니얼 세대에 포함하는 경우도 있고 또는 1982년경 출생한 사람부터 포함하는 경우도 있다. 또한 어느 년도까지 출생한 인구를 포함시키느냐에 대한 기준도 1990년대 중반부터 2000년대 초반까지 다양하여 그 경계가 분명하지는 않다.

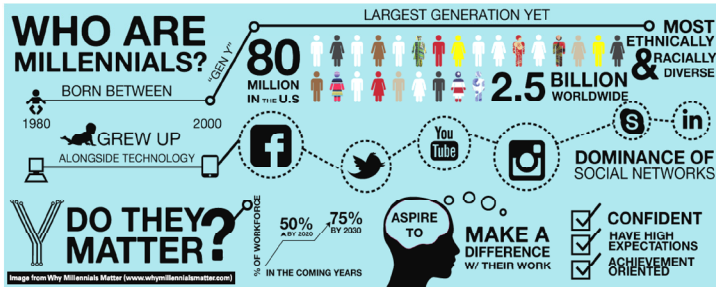


그림 11-2 밀레니얼 세대의 특징과 중요도
(www.whymillennialsmatter.com)⁴⁾

밀레니얼 세대가 갖는 중요성은 21세기 초 구매파워를 가진 인구 구조를 살펴보면 잘 이해할 수 있다. 통계에 따르면 2020년에는 미국 경제활동 인구의 약 50%, 2030년에는 약 75%가 밀레니얼 세대에 포함된다(그림 11-2). 구매파워의 근원이 되는 경제활동 인구의 비율을 고려할 때 산업계 전반에 미치는 밀레니얼 세대의 영향력을 가히 짐작할 수 있다.

11.2.2 밀레니얼 세대의 특징

밀레니얼 세대의 중요성이 부각되면서 이들의 특성과 성향을 분석하고 파악하는 연구들이 다양하게 진행되었는데 그 중에는 세대간 편견과 물이해에 기반한 분석 사례들도 많았고 이런 주장들이 밀레니얼 세대에 대한 선입관을 퍼뜨린 계기가 되었다고 보는 시각도 있다. 기업의 인사담당자들은 밀레니얼 세대가 직장에서 보이는 특징에 대해 여러 루트를 통해 발표해왔는데, 이들에 따르면 대부분의 밀레니얼 세대는 언제든지 새로운 직장으로 이직할 준비가 되어 있는 “one foot out the

4) Why Millennials Matter(<http://whymillennialsmatter.com/>)

door(한 발은 문 밖에)” 세대이며 자기 자신(SELF)을 가장 중요하게 여기는 특성 탓에 조직문화에 적응하기 어려워하거나 타인에 대한 배려가 부족한 세대로 묘사되고 있다. 이직률이 높을 것으로 예측하는 분석 결과에 공감한 어떤 기업들은 밀레니얼 세대를 위한 교육 프로그램을 축소한다든지 역량 개발을 위한 투자를 줄이는 경향까지 보여왔다. 하지만 밀레니얼 세대에 대한 최근의 연구 사례에 따르면, 이미 경제적으로 안정되어 직장 소득이 중요하지 않은 소수의 밀레니얼 세대는 높은 이직률을 보이는 경향이 있으나(flighty bunch) 약 91%에 해당하는 대다수의 밀레니얼 세대는 현 직장에 대한 충성도와 오래 근무하고자 하는 의지를 갖고 있는 것으로 나타났다. 밀레니얼 세대에 대한 오해는 21세기 들어서면서 급속도로 발달하고 있는 디지털 문화, 통신수단의 변화, 미디어의 개혁 등에 익숙한 밀레니얼 세대의 생활방식을 변화의 속도를 따라가지 못한 그 전 기성 세대들이 이해하지 못하는 데에서 기인했을 확률이 높다. 밀레니얼 세대에 대한 새로운 관점을 소개한 Joan Kuhl은 밀레니얼 세대를 자신감 있고 기대치가 높으며 본인이 하는 일의 과정보다는 성과에 초점을 맞추는 세대로 표현하고 있다 (그림 11-2).

11.2.3 밀레니얼 세대-개인 맞춤형 제품에 대한 기대와 요구

밀레니얼 세대는 수많은 정보를 단시간에 모니터링 할 수 있는 IT 기반 정보력을 가지고 있고 유행의 패턴을 따르면서도 자신만의 개성을 지키고자 하는 성향이 있다. 그렇기 때문에 큰 맥락에서는 동일 카테고리에 속한다 하더라도 그 안에서 타인과는 다른 자신만의 특징과 가치관을 보여줄 수 있는 상품이나 서비스에 더 큰 구매 의욕을 보인다. 또한 자신을 표현하는 삶에 익숙한 밀레니얼 세대는 시장에 이미 나와 있는 불특정 다수를 겨냥한 제품을 일방적으로 수용하기보다는 자신의



그림 11-3 코카콜라의 “Share a Coke” 캠페인⁵⁾과
뮤직 페스티벌 용 비드라이트 한정판 포장⁶⁾

의견이나 선호도가 적극적으로 반영된 자신만의 제품을 갖고자 하는 욕구가 크다.

이러한 특성을 가지는 밀레니얼 세대는 본인이 원하는 개인 맞춤형 제품에 대한 기대가 높고 기업은 그에 맞춰 주문제작 제품을 제공하거나 또는 특정 그룹만을 위한 한정판 상품 제작 등을 통해 그 기대에 부응하고자 하는 노력을 보인다.

현재까지는 밀레니얼 세대의 ‘개인화’ 요구에 대한 식품 기업들의 대응이 일반적으로 포장에 적용된 이벤트성 디자인이나 이름을 새기는 정도의 개인화(personalization)에 불과한 반면(그림 11-3), 밀레니얼 세대 소비자들은 자신의 개성이나 아이디어가 좀 더 반영될 수 있는 주문제작화를 기대한다.

다른 산업계에서는 주문제작화의 적용 사례들이 지속적으로 늘어나고 있는 추세이나 안타깝게도 식품 대기업들의 변화는 그 속도가 상대적으로 매우 느린 것이 현실이다.

5) <http://www.coca-colacompany.com/stories/share-a-coke-how-the-groundbreaking-campaign-got-its-start-down-under>

6) <https://allaboutdrinks.com/2015/08/04/200000-individualized-bud-light-cans-at-a-music-festival/>

대신 대기업보다는 start-up 기업이나 중소기업 등이 소비자 변화에 발 빠르게 대응하면서 온라인 사업 시스템을 도입하여 소비자의 주문내역을 반영한 조립형 제품들을 공급하고 있으며 그 시장은 앞으로 더 성장할 것으로 보인다. 지금 서구에서는 IT와 바이오테크놀로지 기술의 발전에 기반한 개인화와 수분제작 방식 등이 최근 몇 년 째 시도되고 있는데 다음 장에서는 이와 같은 새로운 트렌드의 몇몇 사례를 살펴보고자 한다.

11.3 식품산업의 뉴 트렌드

11.3.1 개인맞춤형 영양

(1) 뉴트리지노믹스(Nutrigenomics)와 뉴트리지네틱스(Nutrigenetics)

뉴트리지노믹스(Nutrigenomics)는 식품의 영양 성분이 인간의 유전자 발현에 미치는 영향을 연구하는 학문이며, 뉴트리지네틱스(Nutrigenetics)는 개체 유전자 변이가 영양소에 반응하는 차이를 확인하고 특성화하여 유전적 변이와 다양한 질병상태와의 상관 관계를 연구하는 과학이다 (그림 11-4).

최근 10여 년간 두 분야에 관련된 많은 연구결과가 발표되었는데, 그 중 심장 질환과 관련된 뉴트리지노믹스와 뉴트리지네틱스에 대한 논문⁷⁾ 중 하나를 예로 들어 설명하도록 하겠다. 유전자와 질병의 연관성에 대한 연구 중 하나인 해당 연구는 오메가-3 PUFAs(Polyunsaturated fatty acids)를 섭취하는 ‘섭생환경’이 개체 유전자 변이와 연관하여 심장 순환계 질병 발생여부에 영향을 미친다는 것을 잘 보여준다.

7) Merched A. & Chan, L., Curr Atheroscler Rep, 15:328(2013)

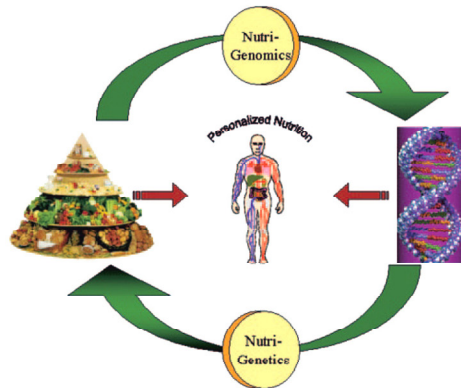


그림 11-4 Nutrigenomics와 Nutrigenetics⁸⁾

오메가-3 PUFAs는 심장병 예방에 좋은 효과를 주는 것으로 알려져 있어서 많은 이들이 fish oil, EPA/DHA 등의 형태로 매일 섭취하는 영양 보충제이다. 하지만 상기 논문에 의하면 개체의 유전자 변이에 따라 오메가-3 PUFAs 섭취가 심장 질병 예방에 도움이 될 수도 있고 때로는 부정적인 영향을 미칠 수도 있음을 알 수 있다.

예를 들어 흔히들 심장병 예방에 도움이 된다고 알려져 있는 HDL-콜레스테롤을 구성하는 주요 단백질인 ApoA-1의 발현 유전자 ApoA1의 75번째 염기가 G(guanine)냐 A(adenine)냐에 따라 오메가-3 PUFAs 섭취가 심장병 발병 여부에 미치는 영향이 달라진다. 여성을 대상으로 한 이 연구에서 75번째 유전자가 A/A인 경우 오메가 3 섭취 후 HDL이 증가하였으나 G/G인 경우에는 HDL이 도리어 감소하는 결과가 관찰되었다. 이처럼 많은 이에게 도움이 되는 것으로 알려진 영양 성분도 개인의 유전자 환경에 따라 독이 될 수 있다는 발견은 ‘personalized’ nutrition (개인화된 영양) 연구의 필요성을 더욱 강조하는 세기가 되었다.

8) Mutch D. et al., FASEB Journal, 19:1602-1616(2005)

(2) 뉴트리지네틱스와 사상의학

개체 유전지 변이가 섭취된 추가영양소에 반응하는 차이를 우리나라의 전통 한의학(韓醫學)에서는 사상체질론으로 설명하고 있다. 19세기말 함흥의 개업의 이제마(李濟馬)는 ‘동의수세보원(東醫壽世保元, 1894)’에서 사람의 체질(constitution)을 4가지 부류, 태양인, 소양인, 소음인, 태음인, 즉 4상(四象)으로 구분하고, 체질에 따라 섭취하는 음식에 대한 반응이 나르고 질병에 대한 처방도 달라져야 한다고 주장한다(그림 11-5).⁹⁾

사상체질론은 한국인의 섭생 지식에 커다란 영향을 끼쳐 한국인의 대부분이 자기에게 이로운 음식과 이롭지 않은 음식을 구분하여 섭취하

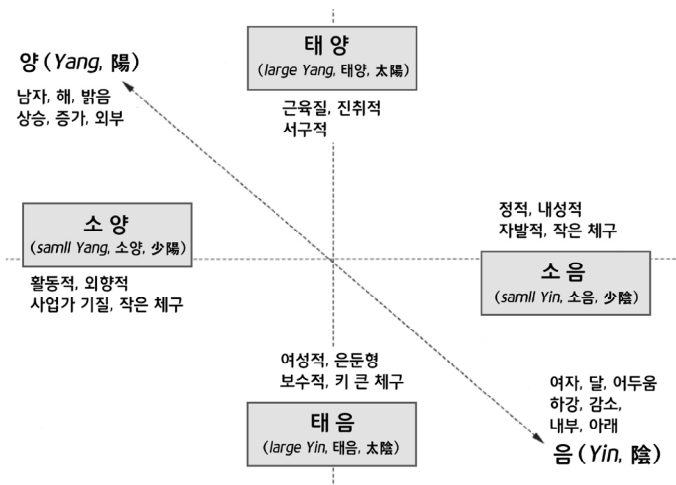


그림 11-5 생물심리학적 관점에서 본 사상체질의 분류 도표

9) Chae, H., Lyoo, I.K., Lee, S.J., Cho, S., Bae, H., Hong, M., and Shin, M., An alternative way to individualized medicine: Psychological and physical traits of Sasang Typology, J. Alternative and Complementary Medicine, 9(4):519-528(2003)

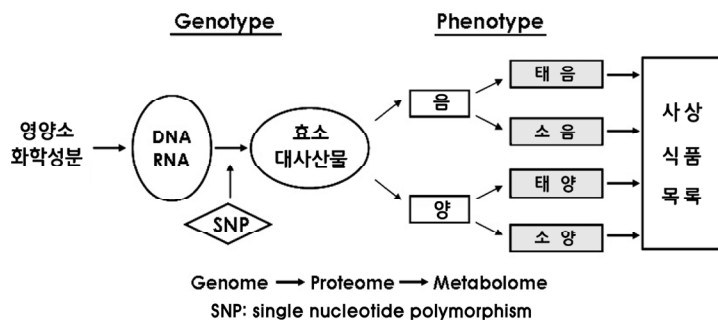


그림 11-6 뉴트리지네틱스와 사상의학의 체질별 음식과의 관계

려는 경향을 가지고 있다. 체질별 이로운 음식과 이롭지 않은 음식에 대한 많은 연구 결과들이 축적되어 있으며 식이요법에 적용되고 있다.¹⁰⁾ 그러나 사상을 분류하는 방법이 진맥이나 문진을 통해서 이루어지므로 객관성과 재현성이 부족해 과학적으로 인정받지 못하고 있다. 최근 유전체 연구방법론을 도입하여 체질별로 특이적으로 반응하는 마커유전자를 마이크로어레이(microarray) 분석법으로 찾아내려는 시도들이 보고되고 있다.¹¹⁾ 사상체질을 과학적으로 분류할 수 있다면 수천 년간 인체 실험으로 얻어낸 수많은 체질별 음식을 새로운 기능성식품으로 활용할 수 있다. 또한 기능성 식품 연구에서 나타나는 불확실성을 크게 줄일 수 있다(그림 11-6).

(3) 개인 맞춤형 영양 연구의 발전

뉴트리지노믹스와 뉴트리지네틱스 연구가 빠른 속도로 발전하면서 유의미한 상관 관계를 보이는 영양성분-유전자-질병 조합에 대한 많은

10) 이의주, 이수경, 김은진, 조여원, 고병희, 송일병, 사산체질분류에 의한 체질식이의 효과 및 활용성에 대한 연구(I), 사상의학회지, 10(2):305-349(1998)

11) Lee, C. H., Harmonization of Eastern and Western health knowledge: Nutrigenetics and Sasang Typology, Food Sci. Technol. Res., 13(2):85-95(2007)

연구 결과들이 발표되었다. 이러한 연구 결과에 힘입어 특히 심장 순환계 관련 질병들을 곧 효과적으로 예방할 수 있을 것이라는 낙관론도 대두되었던 반면, 질병을 예방하기 위해 유전자 정보에만 의존한 개인 맞춤형 영양 권고를 상용화 하는 것은 아직은 시기상조이며 이 연구 분야가 한계에 부딪혔다고 보는 시각도 많다.

또한 유전자는 질병의 발생에 영향을 미치는 많은 요인 중 하나일 뿐이므로 생활습관의 개선이나 장내 총 세균의 분포와 변화, 또 심리적 안정 등등 다른 요인들을 함께 고려해야 한다는 주장들도 힘을 얻고 있다. 하지만 그렇다고 해서 개인 맞춤형 영양 연구에 유전자 지표가 갖는 의미가 전혀 없다고 보기는 어렵다. 비록 다른 요인들이 함께 영향을 끼치기는 하나 주요 요인 중 하나인 유전자 변이를 이해하고 제대로 대응할 경우 그렇지 않을 때보다 특정 질병이 발병할 확률이 낮아질 수 있기 때문이다.

최근에는 유전자 지표에만 의존한 질병 예측 연구의 한계를 지적하고 건강한 사람들의 발현 형질(phenotype) 지표, 식습관, 운동습관, 스트레스 레벨, 장내 총 세균(microbiome) 등 여러 가지 요인들을 통합적으로 고려하는 연구들도 이미 진행되고 있다. 그리고 이러한 요인들을 최적의 건강을 유지하는 데에 필요한 지표로 활용하고자 하는 변화도 시도되고 있다.

이 분야의 연구에 따르면 우리의 신체 건강은 체내의 이화학적 반응 경로, 메커니즘, 프로세스 등의 요인들이 서로 상호작용하여 형성된 복잡한 네트워크와 연결되어 있다고 한다. 이러한 요인들은 끊임없이 변화하는 환경(영양 섭취, 감염, 스트레스, 온도 변화, 운동 등)에서도 항상성을 유지하고자 하는 경향이 있으며 이것을 발현 형질의 유연성(phenotypic flexibility, PhenFlex)이라고 정의한다.

4차 산업혁명과 식량산업

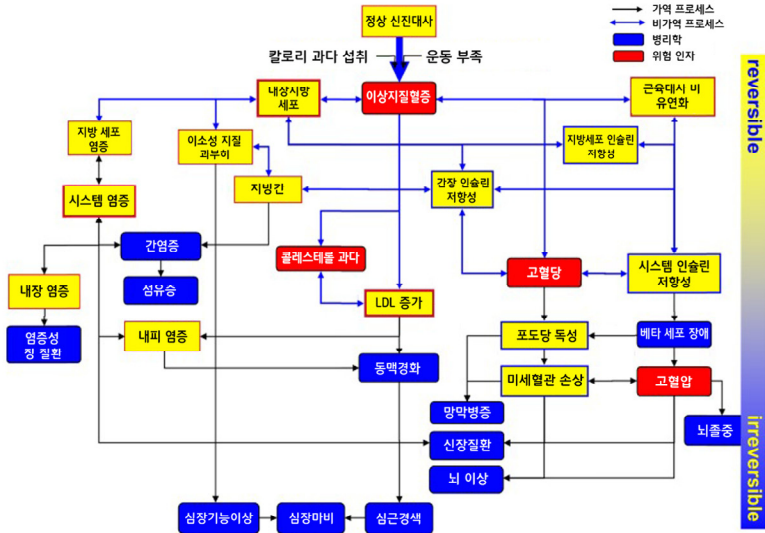


그림 11-7 Phenotypic flexibility 시스템¹²⁾

이 PhenFlex 항목은 질병 발생만을 예측하는 지표가 아닌 건강을 유지할 확률에 대한 새로운 지표로 사용할 수 있음이 최근 몇 년간의 연구를 통하여 증명되어 왔다. 예를 들어 그림 11-7에서 보면 칼로리 과다와 운동부족에 기인한 질병 위험 발생 경로가 간단하지 않고 여러 요인들이 서로 상호작용을 하며 네트워크를 형성하고 있음을 알 수 있다.

이 경로와 메커니즘 등으로 이루어진 시스템을 이해하면 어떻게 개인 맞춤형 영양을 통해 질병의 위험인자를 미리 차단할 수 있는지 영양학적인 접근을 할 수도 있다. 예를 들어 인슐린 저항성은 제 2형 당뇨병의 위험 요인인데 여러 테스트를 통하여 췌장, 근육, 간의 세 기관

12) van Ommen et al. Genes Nutr, 9:423(2014)

중 어떤 기관에서 가장 강한 인슐린 저항성을 갖는지 알아낼 수 있다. 제2형 당뇨병 환자들에게 운동과 저칼로리 다이어트(VLCD, Very Low Caloric Diet)를 처방하면 인슐린 저항성이 주로 나타나는 기관에 따라 혈당조절에 미치는 영향이 다르다.

주로 근육의 인슐린 저항성이 큰 경우 운동이 혈당을 낮추는 데에 가장 효과적이며 간의 인슐린 저항성이 높은 경우 운동보다 VLCD 처방이 가장 효과적이다. 두 가지 처방 모두가 효과가 적을 경우는 췌장의 b-cell이 문제인 경우이다. 이러한 진단이 내려지면 이러한 상호작용에 대한 연구결과들을 토대로 각 환자에게 가장 적합한 영양학적 식이요법 처방과 보다 효과적인 치료약을 제공할 수 있다.¹³⁾

앞에서 예로 든 제2형 당뇨병 뿐 아니라 비만이나 심장 혈관계 질병 등도 비슷한 맥락에서 최근 많이 연구되어 왔다. 비록 많은 요인들을 동시에 고려해야 하고 건강한 사람들을 대상으로 실험해야 하기 때문에 실험 설계는 더 복잡해졌고 통계처리도 강화되어야 한다는 어려움이 있으나 이러한 연구결과에 기반한 개인 맞춤형 영양의 상용화 서비스를 간단하게나마 제공하는 회사가 있어서 소개하고자 한다.

(4) 개인맞춤형 식품산업의 사례

미국 캘리포니아 샌프란시스코에 자리한 Habit이라는 회사는 2016년 각 분야의 저명한 학자와 연구기관들을 이사회에 포함시키고 영양(nutrition), 기술(technology), 식품 배송(food delivery)의 개념과 기능이 함께 묶인 새로운 사업을 시작하였다. 아직까지는 질병 예방의 효과를 이야기하기보다는 부작용 없이 체중을 줄이고 건강을 유지하기 위해 개개인에게 최적화 된 식품을 제공하고 있는데, 그 첫 스텝이

13) van Ommen et al., Front. Endocrinol., in press(2018)

4차 산업혁명과 식량산업



그림 11-8 Habit 개인 맞춤형 영양식 설계 테스트 프로세스와 로고¹⁴⁾

개인에 대한 다각도의 진단과 분석이다.

Habit의 홈페이지를 통해 서비스 신청을 하는 고객에게는 몇가지 셰이크와 혈액을 채취할 수 있는 kit이 배달된다. 고객들은 스스로 채혈을 하고 동봉된 몇 종류의 셰이크를 마신 후 단계에 맞게 혈액을 채취한 후 Habit에 보낸다. Habit은 고객의 혈액에 대해 60개 이상의 유전자 마커 분석, 지방에 대한 반응, 탄수화물에 대한 반응, 혈액 성분 분석 등을 진행하고 또한 고객의 라이프 스타일을 진단하여 각 고객에게 최적화된 영양성분을 판단한 후 셰프가 직접 개발한 메뉴를 자택으로 배달해주는데, 이것이 2017년부터 실제로 진행되고 있는 Habit 사업의 비즈니스 모델이다(그림 11-8).

전 세계적으로 유명한 학자와 캠벨 등의 대기업이 지원하는 이 사업에 대해 지금까지 아무리 노력해도 체중 조절에 실패했던 많은 사람들이

14) www.habit.com

효과를 보고 있다는 후기가 소개되고 있긴 하지만, 궁극적 사업 성공 여부는 좀 더 지켜봐야 할 것이다. 그러나 이러한 PhenFlex지표를 이용한 개인 맞춤형 영양 서비스가 상용화되어서 실제 고객을 유치하기 시작했다는 점에서 그 의미를 찾을 수 있다고 할 것이다.

11.3.2 식품 가공의 뉴 트렌드

(1) Clean Label 제품

앞서 소개한 것처럼 이 시대의 소비자들은 자신의 건강을 지키기 위해 가장 효과적인 개인 맞춤형 영양을 고려할 정도로 웰빙 라이프에 관심을 가지고 있다. 이러한 소비자들이 가공 식품을 구매할 때 중요하게 생각하는 것이 식품 안전성과 원료가 건강에 미치는 영향이다. 이 트렌드를 반영하듯이 현재 식품 기업들은 앞 다투어 “Clean Label” 제품을 출시하고 있다. “Clean Label”을 규정하는 범위가 뚜렷하게 정해져 있지는 않으나 일반적으로 소비자들이 꺼리는 첨가물들이 들어있지 않거나 상대적으로 적은 수의 첨가물이 들어있는 경우와 소비자들이 긍정적인 반응을 보이는 표시를 할 수 있는 경우 등이 모두 여기에 포함된다. 각 국가의 식품 관련 규정에 따라 차이는 있으나 대개 “무첨가”, “유기농”, “저지방”, “저나트륨”, “No artificial preservatives”, “Natural”, “High Protein” 등의 표시를 할 수 있는 경우 “Clean Label”에 속한다고 본다.

원료 뿐 아니라 가공공정에 대해 자세히 알고자 하는 소비자를 위하여 식품 기업들은 원료와 제조 고정에 대한 투명성을 강조하는 소통을 시작하였다. 맥도날드는 2014년 투명성(Transparency) 캠페인을 통해 각 제품의 원료와 공정을 상세히 소개하였다. 물론 그로 인한 역풍을 맞기도 하였으나 꽤 주목받는 시도였다. 다른 식품 대기업들도 원료의 안전성을 강조한 캠페인들을 시작하였고 가능한 한 제품에 대한 많은 정보를 소비자와 공유하고 가공식품의 안전성에 대한 의문을 해소시켜

주요자 하는 노력을 계속 하고 있다. 또한 투명하게 정보를 공개할 때 보다 더 긍정적인 효과를 얻고자 적극적으로 “Clean Label” 기술을 접목한 제품들의 수를 늘려가고 있다. 투명성이 점점 더 강조되는 이유 중 하나는 식품 원료와 가공 공정에 대하여 종자부터 시작하여 재배와 가공에 관련된 모든 정보를 소비자가 트래킹 하고 다른 이와 공유하는 것이 4차 산업혁명의 시대에는 가능하기 때문일 것이다.

(2) 편리성의 추구

스마트 가전 시대를 살면서 밀레니얼 세대의 많은 소비자가 레시피를 기억하기보다 스마트 폰을 이용하여 실시간으로 레시피를 보면서 요리를 한다. 또한 이들은 장시간 요리를 하기보다는 반조리 제품을 이용하거나 완조리 제품을 간단히 데워서 취식하는 쪽을 선호한다. 이러한 트렌드에 따라 식품 회사와 가전제품 제조사와의 협업을 통해 음식을 간편하게 준비할 수 있도록 가공 식품과 조리 기구의 연계가 이루어지고 있다. 한 예로 가공 식품의 QR 코드 인식만으로 오븐이 조리법을 자동으로 선택하여 음식을 완성하는 기능도 이미 실현되어 적용되고 있다. 이러한 시대에 발맞춰 식품 회사들은 밀레니얼 세대가 필요로 하는 편리성을 갖춘 가공 식품을 다양한 방법으로 생산하고 있다. 그리고 그러한 편리성은 가공 식품 자체만으로 추구하는 데에는 한계가 있고 다른 영역과의 협업을 통해 효과적으로 제공할 수 있을 것이다.

11.4 식품산업의 미래 전망

11.4.1 4차 산업혁명과 소비자의 변화

4차 산업혁명 시대에는 사회적으로 많은 부분이 매우 빠르게 변화하고 있으며 식품업계도 예외는 아니다. 예를 들어 스마트 팜은 기존의 농축산물보다 고품질 고수율의 농축산물을 원물, 원산지, 유통과정에

대한 실시간 정보와 함께 소비자에게 공급할 수 있다. 스마트 가전제품의 경우 냉장고는 식품을 더 오랫동안 신선하게 보관할 수 있도록 하는 기능뿐 아니라, 내용물을 체크하여 소진되어 가는 식품 원료를 자동으로 주문하기도 하고 스마트 오픈은 제품의 바코드 스캔으로 조리 조건을 자동으로 세팅하는 수준에 이르고 있다(그림 11-9). 앞에서 소개한 3D Food Printer는 가정에서 원료를 분쇄하여 카트리지에 넣고 원하는 모양으로 프린트하는 수준까지 이미 발전되어 있으며 곧 사물인터넷을 통해 스스로 주인이 도착하기 전 음식을 준비해 놓는 기능까지 갖추게 될 것이다.

또한 인터넷의 발달로 방대한 양의 실시간 정보 공유가 가능해졌는데, 슈퍼마켓에서 구매자가 가공 식품의 바코드를 스캔만 하면 가격 비교 뿐 아니라 그 제품의 영양성분보다 더 건강에 도움이 되는 영양성분을 가진 제품이 어떤 제품인지까지 순식간에 파악할 수 있다. 즉, 요즘의 소비자들은 가격적으로도 영양적으로도 더 우수한 제품을 스마트 폰 스캔 한번으로 파악할 수 있게 된 것이다. 실제 사례로 호주의 FoodSwitch App 서비스는 원하는 모드로 세팅 후 식품의 바코드를



그림 11-9 사물인터넷과 스마트 키친(IoT-Internet of Things, Jan 2017)¹⁵⁾

15) <https://iot.do/interactive-demos-smart-connected-kitchen-nrf-2017-01>

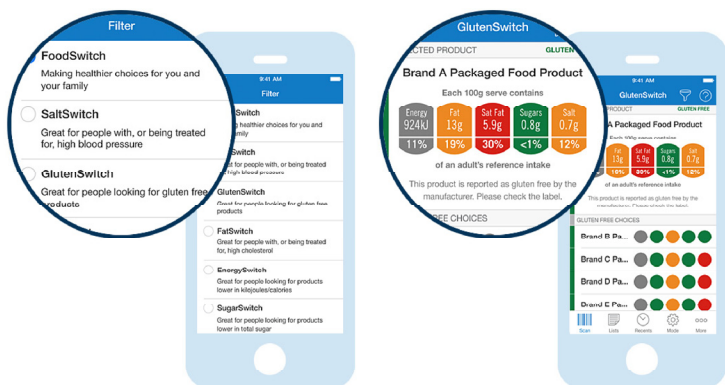


그림 11-10 Food switch 스마트폰 앱¹⁶⁾

스캔하면 salt switch, fat switch, sugar switch, gluten switch 등의 영역에서 사용자에게 더 건강한 제품을 소개하거나 정보를 제공한다. Weight Watcher app은 구매한 식품의 바코드를 스캔하여 자동으로 섭취하는 칼로리, 지방, 탄수화물 등을 기록하여 사용자가 자신의 식습관을 트래킹할 수 있도록 돕는다(그림 11-10).

4차 산업혁명으로 일컬어지는 다양한 IT 기술의 발전과 개인 맞춤형 영양에 대한 연구가 식품 분야에 빠르게 적용되면서 밀레니얼 세대가 가공 식품에 기대하는 부분도 크게 달라지고 있다. 밀레니얼 세대의 개인화에 대한 요구는 제품의 디자인이나 기능에도 해당되지만 특히 식품의 경우 가격과 맛만을 중요하게 생각하지 않고 자신에게 맞는 영양성분이나 개인이 원하는 flavor, 선호하는 조리방법, 혁신적인 구매 방법에 대한 기대 등으로 나타날 수 있다. 또한 자신이 구입하는 식품의 원료가 어디에서 어떤 방법으로 생산되는지에 대해 알고 싶어하고 공정 과정을 자세하게 이해하고 싶어하며 생산 기업의 경영 윤리가

16) bupa.com.au/foodswitch

본인의 가치관과 신념에 부합하는 지까지 판단하여 구매를 결정한다. 이러한 경향을 보이는 밀레니얼 세대를 대상으로 한 식품 사업의 전략은 윤리에 기반한 투명한 소통을 전제로 구축되어야 할 것이다.

11.4.2 식품 기업의 현황과 한계

식품이 아닌 일반 공산품의 경우라면 이미 잘 알려진 바와 같이 사물인터넷과 SCM 시스템의 발전, 로봇을 이용한 연속식 자동화 공정, 또 모듈화 공정 등을 통하여 개인화/ 주문제작을 효율적인 대량 생산으로 구현하는 것이 어렵지 않을 것이다. 그러나 식품 산업의 경우 기타 공산품을 생산하는 산업계와는 다른 제한 요인들이 있는데 그것은 식품 원료의 수급과 원물의 제한적 유통기한, 식품 안전 등의 요인과 식품 매트릭스 자체의 특성이다. 특히 식품 원료는 원물의 품질편차가 기본적으로 존재하는 탓에 각 로트별 품질 체크와 엄격한 선별 과정이 필요하며 자주 발생하는 원료 관련 이슈들로 인해 수급한 원료들의 사용을 제한하거나 급하게 변경해야 하는 상황에 대한 즉각적 대응 절차가 확립되어 있어야 한다. 또한 식품 원료의 물리 화학적 성질은 가공 과정을 거치면서 크게 변하는데 미세한 공정 조건과 배합의 차이가 최종 제품의 맛과 식감, 그리고 안전성 등에 매우 큰 차이를 줄 수도 있다. 이렇게 식품을 구성하는 매트릭스의 복잡성 때문에 식품 가공 시 발생할 수 있는 모든 변화를 이해하고 이에 맞는 처리과정을 접목시킨 정밀한 프로세스를 구축하기란 결코 쉽지 않다. 그러므로 개인화/ 주문제작을 위한 효율적 대량 생산 방법을 하드웨어적으로 준비하는 것도 중요하지만 식품 자체에 대한 깊은 이해와 연구를 통하여 개인화에 맞춰 대량 생산된 제품의 품질과 다양화가 제대로 이루어 질 수 있도록 준비하는 소프트웨어적인 대응도 필수적이라고 하겠다.

또한 앞서 소개한 개인 맞춤형 영양에 대해 높아지는 소비자의 관심에

효과적으로 대응하기 위하여는 소비자가 제품의 바코드를 스캔하여 얻을 수 있는 영양 성분 정보의 양을 지금보다 훨씬 늘려야 하며 또한 그 정보를 살펴본 소비자가 해당 제품을 선택할 수 있도록 영양학적으로 우월한 제품을 설계하여야 한다. 즉 현재는 영양 성분표에 포함된 기본적인 몇몇 영양 성분에 대한 정보만이 소비자에게 제공되고 있는데 건강이나 질병 지표와 밀접한 연관을 가지고 있는 대표적인 영양소들에 대한 정보를 바코드에 포함하여 소비자의 결정을 돕는 것도 앞으로 경쟁력을 높이는 한 방법이 될 수 있다는 것이다.

더불어 저지방, 저나트륨 수준의 일반적으로 건강에 도움이 된다고 여겨지는 제품 뿐 아니라 개인의 건강 상태에 맞는 최적화된 영양 성분을 선택할 수 있을 정도의 다양하고 정밀한 제품 라인업이 필요하다. 그러기 위하여는 일부 영양 학자들만의 영역으로 치부하던 개인화 영양에 대한 연구를 기업 차원에서 확대하고 식품 원료의 사용과 가공 공정이 영양 성분에 미치는 영향에 대한 연구도 지속적으로 진행하여 주요 영양 성분들의 공정 후 보존율을 높여야 한다. 이러한 준비를 거친 제품이어야만 향후 개인 맞춤형 영양이 주목받는 시대에 경쟁력을 가질 수 있을 것이다.

이제 1980년에 출생한 밀레니얼 세대의 첫 주자들이 40세에 가까워지고 있다. 지금까지는 그다지 건강에 대한 걱정을 하지 않았을 밀레니얼 세대가 50대, 60대가 되는 시대가 오면 개인 맞춤형 영양에 대한 관심이 높아질 것은 예측 가능하다. 이 세대는 정기적인 건강 검진 결과를 보고 의사가 제안해주는 건강 유지법과 개인별 식이요법을 따르는 세대이다. 그러므로 밀레니얼 세대가 중년-노년기에 이르는 가까운 미래에 개인 맞춤형 영양이 적용된 식품의 수요가 증가할 확률은 매우 높으며 식품 기업은 이에 대한 대비를 지금부터 해야 할 것이다.

11.4.3 식품산업계의 미래 대비

이미 소개한 바와 같이 밀레니얼 소비자들은 몇 초안에 제품의 영양성분과 가격 정보를 제공받을 수 있는 시대에 살고 있다. 사물 인터넷의 발달로 스캔 한번으로 원료의 생산지는 어디이며 어떤 과정으로 유통되었는지를 알 수 있고 자신의 유전자 정보나 혈액 검사 결과를 헬스 클라우드에 업로드 해놓고 자신에게 가장 어울리는 맞춤형 영양 성분을 가진 제품을 찾고자 할 수도 있다.

원료 수급의 배경과 가공 방법이 자신의 윤리적 가치관이나 신념에 위배되지 않는지도 알고 싶어한다. 현재의 기술력으로 판단하건대 밀레니얼 소비자가 알고 싶어하는 이 모든 사항에 대한 답을 실시간으로 제공할 수 있는 시스템 구축은 빠른 시일 내에 가능해질 것이 분명하다. 그런데 과연 식품 기업들이, 특히 대기업들이 그러한 시스템 구축을 하기 위한 전략적인 준비가 되어 있을지, 또 그러한 시스템이 구축되었을 때 소비자들로부터 환영받을 제품이 제대로 준비되어 있을지를 살펴보면 전망이 그다지 낙관적이지는 않다.

변화의 속도가 느린 대기업들이 당장 눈앞의 단기 이익에만 집중하여 사업을 운영하는 동안 이 시대의 소비자들은 변화의 흐름을 빠르게 쫓는 중소 스타트업 기업들이 순발력 있게 제공하는 개인화/주문제작 서비스 등에 눈을 돌리고 있다. 이는 점차적으로 전체 식품 시장에서 대기업의 매출이 차지하는 비율이 서서히 줄어들고 있는 미국 시장의 경우를 살펴보면 더욱 분명해진다. Kearney A.T.와 The Hartman Group이 2016년 발표한 자료¹⁷⁾에 따르면(그림 11-11) 2012년 이후 미국의 top 25 식품 대기업들의 연간 매출은 1.8% 정도 성장한 데에 반해 중소 식품 업체의 매출은 11 - 15% 성장했다(Food Business News, August

17) Kearney A.T. & The Hartman Group, Is Big Food in Trouble?(2016)



그림 11-11 “Is Big Food in Trouble?” 보고서 표지

23, 2016). 미국의 식품 대기업들은 이러한 위기 상황을 분석하고 미래에 대비하기 위하여 성장 가능성 있는 스타트업 회사들을 인수하거나 새로운 트렌드를 신속하게 흡수하는 벤처 그룹에 투자를 하는 등 여러 방법을 강구하고 있으며 소비자들에게는 원료와 공정의 투명성을 강조하고 영양과 건강에 대한 정보를 더 많이 제공하고자 노력하고 있다. 한국의 식품 기업들도 이와 같은 미래의 변화에 신속히 대응할 전략을 확보하는 것이 시급하다 하겠다.

또한 원물 생산자, 식품 원료 업체, 가공 식품 업체, 배송 업체, 유통 업체 등 전체 생산과 유통 과정의 모든 시스템이 투명하고 공정하게 거미줄처럼 연결되어 정확한 주문 접수, 실시간 원료 수급, 최적화된 생산, 신속한 배송 등이 가능할 수 있도록 구성되어야만 4차 산업혁명의 시대가 제공하는 기술의 혜택을 최대한 누릴 수 있을 것이다. 4차 산업혁명의 시대에는 혼자만의 독립적인 운영체제를 계속 고집하는 기업은 시대에 뒤떨어지고 경쟁에서 도태될 확률이 높다. 이 시대에는 파트너 기업 그리고 소비자들과 함께 성장하고 함께 수익을 창출할 방법을 창의적으로 운용할 수 있는 전략을 구축하고 진술을 활용하는 준비된 기업들만이 앞서갈 수 있을 것이다.