

2022년 제4호

IPET

이슈 리포트

천연 식품첨가물 연구개발 현황 및 시사점

CONTENTS

1. 개요
2. 시장 및 산업 동향
3. 연구개발 투자현황
4. 산업전망 및 시사점

2022년 | 제6호

발행처 : 농림식품기술기획평가원

01 개요

1-1. 기술의 정의

- (정의) 식품 첨가물이란 식품을 제조·가공·조리 또는 보존하는 과정에서 감미(甘味), 착색(着色), 표백(漂白) 또는 산화방지 등을 목적으로 식품에 사용되는 물질을 의미¹⁾
 - 질감, 색상, 맛 뿐만 아니라, 외관 및 성능을 향상시키기 위해 식품에 첨가되는 물질을 총칭하며, 기구(器具)·용기·포장을 살균·소독하는 데에 사용되어 간접적으로 식품으로 옮겨갈 수 있는 물질을 포함
 - 우리나라의 식품첨가물 관리품목은 총 618종(2019년 기준)으로 다른 나라에 비해 적은 편이며, 관리품목 대상은 관리 사안에 따라 추가됨²⁾
 - * 미국 554종, EU 640종, 일본 763종, CODEX(국제식품규격위원회) 853종
- 식품관련 규정 주체에 따라 표현의 차이는 있지만, 기본적으로 유사한 내용을 담고 있음



UN식량농업기구(FAO), 세계보건기구(WHO) : 식품의 외관, 향미, 조리 또는 저장성을 향상시키기 위한 목적으로 식품에 소량 첨가되는 비영양 물질



유럽연합(EU) : 식품첨가물은 감미, 착색 또는 보존 등과 같은 일정한 기술적 기능을 획득하기 위해 식품에 의도적으로 첨가된 물질



CODEX (국제식품규격위원회) : 식품의 일반적인 구성성분이 아니고 그 자체를 식품으로 사용하지 않으며 영양가와 상관없이 식품의 저장, 수송, 포장, 충전, 조제, 가공에 기술적인 목적으로 식품에 의도적으로 첨가하는 물질

- 식품첨가물의 허용량은 만성독성시험을 통하여 최대무작용량(NOEL: Non Observed Effect Level)을 먼저 정하고, 이 수치를 FAO/WHO에서 인정하는 각 식품첨가물에 대한 안전계수(100~250)로 나누어 그 양을 인간에 대한 1일 섭취허용량(ADI: Acceptable Daily Intake for Men)으로 정하고 있음

1) 식품위생법[시행 2022. 6. 10.] [법률 제18967호, 2022. 6. 10., 일부개정]

2) 식약처, 식품첨가물 이야기, https://www.mfds.go.kr/brd/m_629/view.do?seq=15&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1

- (식품첨가물의 구분) 식품 첨가물은 크게 유래원료 물질의 특성으로부터 천연 첨가물, 화학적 합성품으로 구분하고, 그 외 기능별은 보존성 및 품질 유지 향상 등에 따라 구분 가능
 - (천연 식품첨가물) 천연의 동식물, 광물 등으로부터 건조, 분쇄, 추출, 분해, 가열, 증류, 효소처리, 중화 등에 의해 정제하여 식품에 첨가하는 것³⁾
 - (화학적 합성품) 화학적 수단으로 원소(元素) 또는 화합물에 분해 반응 외의 화학 반응을 일으켜서 얻은 물질⁴⁾
 - 화학적 합성품의 경우 새로운 물질이 식품첨가물로 개발된 사례도 있지만, 천연첨가물과 유사한 성분을 합성하거나, 천연첨가물에 나트륨 등 ‘염’을 붙여 물에 잘 녹을 수 있도록 제조된 것 등이 화학적 합성품으로 분류
 - 예를 들면 알긴산의 경우, 식품 제조 시 유화제·증점제 목적으로 사용되는 천연첨가물이지만 알긴산에 나트륨염을 결합시킨 알긴산나트륨은 화학적 합성품으로⁵⁾ 분류
 - (천연유래 식품첨가물) 식품에 첨가하지 않아도 제조 및 가공 등의 과정에서 식품첨가물이 자연적으로 생성되는 물질
 - * 프로피온산, 안식향산, 아황산염, 아질산염 등
 - (주요 기능별 분류) 식품 첨가물의 주요 기능으로 보존성 향상, 품질유지 및 향상, 조직감 부여 및 유지, 맛, 색깔, 냄새 향상 등으로 구분⁶⁾

〈식품 첨가물의 기능적 분류〉

기능	첨가물의 유형	주요 기능
보존성 향상	보존료, 산화방지제	<ul style="list-style-type: none"> • 식품을 보관하는 동안 미생물의 성장을 억제해 식품의 부패를 방지 • 기름성분을 함유한 식품의 산화를 방지하거나 속도를 늦춰 품질 저하를 막고 저장기간을 연장
품질유지 및 향상	영양강화제, 유화제	<ul style="list-style-type: none"> • 부족한 영양소를 보충, 균형 잡힌 식품 생산 도움 • 기름이나 물처럼 혼합되지 않는 두 물질이 분리되지 않고 잘 섞이도록 함
조직감 부여 및 유지	응고제, 팽창제, 증점안정제	<ul style="list-style-type: none"> • 식품의 조직을 단단하게 조성. 주로 액체를 고체화하는 데 사용 • 식품을 부풀리는 역할을 하며 가공물의 조직을 향상시키고 적당한 모양을 갖도록 도움을 주며, 빵, 쿠키 등을 만드는 데 주로 사용 • 식품의 점성을 높이고 촉감을 살려 맛과 품질을 향상
맛, 색깔, 냄새 향상	향미증진제, 착색료, 착향제	<ul style="list-style-type: none"> • 식품의 맛과 향을 증진시키는 역할을 하며 그 자체에는 향이 없음. L-글루타민산나트륨(MSG) 등 • 본래의 색을 유지, 강화하거나 새로운 색을 부여 • 식품에 향을 주어 기호도를 높임

3) 영양학사전, 1998. 3. 15., 채범석, 김을상

4) 식품위생법[시행 2022. 6. 10.] [법률 제18967호, 2022. 6. 10., 일부개정]

5) https://health.chosun.com/site/data/html_dir/2018/01/29/2018012901498.html

6) 네이버 지식백과, 식품첨가물이 무엇인가요?

<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1721732&cid=48184&categoryId=48184>

■ 우리나라에서는 2018년부터 식품첨가물에 붙이던 ‘화학적 합성품’과 ‘천연 식품첨가물’의 구분을 폐지하고, 용도 구분에 따라 사용토록 규정

- 식품첨가물의 사용 목적을 확인할 수 있도록 감미료·발색제·산화방지제·향미증진제 등 용도별 32개로 분류(참조1) 체계에 맞춰 명시토록 규정(2018년 1월 1일 ‘식품첨가물의 기준 및 규격 전부개정고시’)
 - 이전까지 화학적 합성품, 천연 첨가물, 혼합제제 등으로 분류하다가 소비자들의 편견과 제조업체의 노이즈 마케팅 등을 방지하기 위해 용도 중심의 분류체계로 조정
 - * 식품첨가물 제조기술의 발달로 합성과 천연의 구분이 모호해졌으며, 보존료나 감미료 같이 기술적 효과를 얻기 위해 의도적으로 사용하는 경우도 있어 사용 목적을 명확하게 제시할 필요에 따라 개편
 - 예를 들면 식품에 구연산을 첨가했을 경우, 구연산(산도조절제)으로 명시되고 MSG로 불리는 L-글루타민나트륨의 경우에는 지금까지 화학적 합성품이라고 명시돼 왔지만, ‘L-글루타민나트륨(향미증진제)’으로 표기

■ 미국은 직접, 간접, 색소첨가물, GRAS* 등 보다 세부적인 식품첨가물 종류와 관련 규정을 두고 관리⁷⁾

* GRAS : GRAS(Generally Recognized As Safe) 미국 FDA에서 지정한 일반적으로 안전한 물질로 인정되는 화학적 물질 목록

〈미국, 식품첨가물의 종류와 관련 규정〉


종류	설명	연방 규정(CFR)
직접첨가물	식품에 직접 첨가하는 성분	21 CFR 172
2차 직접첨가물	직접첨가물 식품처리를 위해 첨가하는 성분 (이온교환수지, 추출용매 등)	21 CFR 173
간접첨가물	포장 또는 가공기기의 일부로, 식품과 접촉할 수 있는 성분이나 식품에 직접 첨가하지 않음. 우리나라 식품 접촉성분과 유사	21 CFR 174~178
잠정 직/간접첨가물	잠정적으로 사용 또는 접촉이 인정되는 식품첨가물	21 CFR 180
색소첨가물	식품, 의약품, 화장품 등을 착색할 때 사용	21 CFR 70, 71, 73, 74, 80~82
사전승인 식품성분	「식품첨가물법」 개정 전(1958년) 식품의약품청 또는 농무부에 의해 비공개 문서에서 사용이 인정된 성분 (안전성이 입증된 것으로 간주되는 성분)	21 CFR 181
GRAS 성분	일반적으로 안전하다고 여겨지는 성분	21 CFR 182
GRAS 사전승인 직접성분	FDA의 과학 재검토 후 사전승인을 받은 GRAS 직접성분	21 CFR 184
GRAS 사전승인 간접성분	FDA의 과학 재검토 후 사전승인을 받은 GRAS 간접성분	21 CFR 186
식품사용이 금지된 성분	사람이 섭취하는 식품에 사용이 금지된 성분	21 CFR 189

7) <https://www.ecfr.gov/current/title-21/chapter-I/subchapter-B/part-172>

1-2. 배경 및 필요성


- 대부분의 국가들은 식품첨가물의 안전성을 평가하기 위하여 여러 가지 시험과 절차를 거쳐 안전성이 확인된 식품첨가물에 한하여 기준 및 규격을 정하여 사용⁸⁾
 - 자연에서 얻은 천연재료만으로는 식품의 맛을 내는데 한계가 있고, 오래 보관하기도 어렵다는 단점으로 인하여 오랜 기간 동안 전 세계적으로 많은 종류의 식품첨가물이 개발되어 사용
 - 우리나라는 식품의약품안전처가 식품첨가물의 신규지정 및 사용기준 설정, 주기적인 식품첨가물 섭취수준 모니터링, 국제기준 안전관리, 대국민 맞춤형 정보 제공 등을 통하여 엄격히 식품첨가물을 관리 중
- 먹거리에 대한 건강 기능성, 편의성, 웰빙, 안전을 중시하는 식품 소비 트렌드 확산으로 천연 식품 첨가물에 대한 관심 증대
 - 식품 첨가물은 질감, 색상, 맛, 외관뿐 아니라, 건강 기능성을 향상시키는 이점을 제공
 - 반면, 인체 유해성 논란이 제기되면서 화학 색소, 향료, 감미료 등의 무첨가나 천연 대체 원료 활용에 대한 관심 확대

〈논란이 된 식품 첨가물〉

식품첨가물	건강 영향 요인
벤조피렌	▷ 발암, 알르레기 유발 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 농심라면의 봉지라면과 컵라면 등 6개 제품의 스프에서 발암물질 벤조피렌 검출(2012.10)⁹⁾ - 검출된 벤조피렌의 양은 스프 1kg당 얼큰한 너구리 2.0마이크로그램, 순한 너구리 4.7마이크로그램 등
아질산나트륨	▷ 발암, 헤모글로빈 감소 <ul style="list-style-type: none"> - 세계보건기구(WHO)의 발암물질 지정에 햄과 소시지 등 가공육 제품의 국내 매출이 20% 가까이 급감(2015.10)¹⁰⁾ - WHO 산하 국제암연구소(IARC)는 소시지·햄·핫도그 등 가공육을 담배나 석면처럼 발암 위험성이 큰 1군 발암물질로 분류하고 붉은 고기의 섭취도 암을 유발할 가능성이 있다고 평가 
카라기난	▷ 발암, 당뇨, 고지혈증, 피부장애 <ul style="list-style-type: none"> - 젤형성과 유화제로 사용, 안전성정보(동물실험) 논문과 코뉴코피아의 보고서 등에 따르면 카라기난은 동물에게 발암물질, 궤양 등을 유발(인하대학교 산업의학과 임종한 교수, 2014.07)¹¹⁾

8) 식약처, 주요국 식품첨가물 관리현황(2018.12)

9) 1급 발암물질 벤조피렌 유해기준치 마련 시급 <https://www.scienceall.com/>(2019.07.08.일자), 농심 라면 6개 제품

<p>적색, 황색 색소, 차아황산나트륨 등</p>	<p>▷ 아토피성 피부염 - 적색2호, 3호, 황색 4호, 5호, 차아황산나트륨, 안식향산나트륨, MSG등 식품첨가물 7종이 아토피성 피부염을 일으키는 유해물질(2006.03, 추적 60분)</p>
<p>이산화티타늄</p>	<p>▷ 발암, 내장세포 손상 - '스키틀즈'에 사용되는 이산화티타늄이 사람이 섭취하기에 부적절한 물질이 들어 있다는 소송 제기(2022.07) - 이산화티타늄이 유독성 물질에 대해 유럽식품안전청(EFSA)은 '식품 첨가제로서 안전하다고 간주할 수 없다' 표명(2021) - 프랑스에서는 음식제조에 사용 금지 WHO 산하 국제암연구소(IARC)는 '2군 발암물질 B'로 분류(2019)</p> 

■ 소비트렌드 변화에 대응하고 국민의 건강과 안전, 식품산업의 새로운 고부가가치 창출을 위해 천연 소재를 활용한 식품 첨가제에 대한 연구개발 지속 확대 필요

- 안심먹거리에 대한 니즈와 친환경 생활 제품의 대중화로 친환경 식품에 대한 소비자의 수요 증대 추세
 - 고품질 · 식품안전 추구 트렌드에 따라 비용을 더 투자하더라도 무(無) 화학첨가물, 저(低) 칼로리형 대체 감미료, 기능성 지질 및 식물성 단백질 등 천연 첨가제나 조미료에 대한 수요 증가
 - 시장 수요에 발맞춰 천연물 첨가제, 첨가제가 필요없는 가공 기법 등이 개발되어 시장 변화에 대응

스프에서 발암물질 벤조피렌 검출 https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2012/10/23/2012102302738.html(2012.10.24일자)
 10) https://ent.sbs.co.kr/news/article.do?article_id=E10007209631&plink=COPYPASTE&cooper=SBSENTERNEWS
 (2015.10.28. 일자)
 11) <http://www.consumuch.com/news/articleView.html?idxno=13329>, 2014.07.21일자

- 미국, EU 등을 중심으로 식품첨가제에 대한 안전성 우려가 높아지면서 무첨가 및 천연물 첨가제 등을 활용한 제품 개발이 활발히 진행
 - 합성 첨가물이 없거나 최소화한 제품인 클린라벨 제품¹²⁾ 시장이 확대되는 추세
 - * 클린라벨 : 합성첨가물 무첨가, 간결한 원료리스트, 이해가 쉬운 원료 선택, 가공 최소화, 전통가공방법 사용 등의 필요요건을 만족시키는 식품(1990년대 영국에서 시작)¹³⁾
 - 또한 각국 전통식품(Ethnic Food) 및 발효기술, 자국 식물소재를 활용한 천연 식품첨가물의 탐색 연구 또한 활발히 진행 중
- 천연소재 활용으로 기존 화학합성 첨가제로 인한 인체 유해성, 식품안전, 환경문제 등 최소화 가능

■ 세계적으로 천연 첨가제에 대한 연구 및 상품화는 과거 중소기업 주도의 틈새시장에서 글로벌 기업 및 대기업으로 참여가 확대되어 규모화 및 집중화 경향

- 국제식품규격 또한 수입 식품품목별 화학첨가물에 대한 규제 강화와 소비자들의 천연소재에 대한 기호 증가로 관련 산업 규모도 크게 증가
- 고감미, 조미, 향미 증진 소재는 해외기업의 제품을 주로 사용
 - * 우리나라의 경우 고감미료, 당을 대체하는 감미료로 사용되는 당알코올은 90% 이상을 수입에 의존
- 국내에서도 다양한 제품 개발이 이루어지고 있지만, 수입 소재를 사용한 제품을 관능의 표준으로 인식하고 있어 국내 원료 소재 산업 성장의 제약으로 작용
 - * 기능성 식품 국산원료 이용비율 29.2% 수준¹⁴⁾
- 변화된 시장트렌드와 기술개발을 통한 생산 효율화를 통해 천연 첨가소재 시장 선점 시급
 - * 천연물 기반 식품첨가소재에 대한 연구는 기존에도 수행하였으나 시장경쟁력, 추출효율 등의 문제로 인해 산업화 성과 창출에는 부족

12) 한국식품연구원, 이슈리포트 VOI 12 글루텐프리 및 클린라벨(2019.12)



13) 특정한 심사를 거쳐 부여되는 인증제도는 아니며, 제조업체는 식품정보를 소비자에게 투명하게 제공함으로써 제품 신뢰도를 높이고 건강하고 안전한 식품이라는 이미지 부여

14) 농기평, 식품R&D 중장기전략 수립연구(2015)



1-3. 주요국 식품첨가물 관련 정책¹⁵⁾

- 주요 국가 대부분 사용가능한 식품첨가물 또는 유사성분에 대하여 규정하고 사용범위, 사용량 등 관련 기준·규격을 마련·운영하고 있음
 - 식품첨가물의 정의 및 종류에 있어서는 다소 상이하여 미국의 경우 식품에 직접 또는 간접적으로 첨가되는 식품첨가물, GRAS 성분, 색소첨가물, 사전승인 식품성분 등으로 구분
 - EU는 대부분의 국가가 식품첨가물 정의에 포함하는 식품향료를 식품첨가물로 간주하지 않음
- 미국의 식품첨가물 관리제도는 타 국가에 비해 다소 복잡하여 색소 및 직·간접 식품첨가물은 ‘사전 승인제’로, GRAS 성분은 자가 판단에 근거한 ‘자율 신고제’로 운영
 - GRAS 성분의 경우 우리나라에서 식품 원료 또는 건강기능식품 원료에 해당하는 성분들도 포함되어 있으므로 식품첨가물의 규제 현황 확인 시 혼동 주의 필요
- 식품첨가물 기준·규격에 대한 재평가는 중국·대만·일본의 경우 안전성 문제가 제기되거나 유해한 영향이 지적된 경우 실시
 - EU는 '09. 1. 20일 이전에 사용이 허가된 식품첨가물을 대상으로 우선순위를 정하여 주기적으로 평가
 - 미국은 식품의약품청이 식품첨가물의 안전성 평가 및 승인을 모두 담당하고 있는 반면, 중국·일본·EU의 경우 안전성 평가에 대하여 식품첨가물안전관리를 담당하는 기관이 아닌 별도의 독립기관에서 진행하고 있음

〈주요국의 식품첨가물 관련 정책〉

국가	주요 정책
 미국	<ul style="list-style-type: none"> ● 「연방 식품의약품화장품법」 및 관련 하위규정에 근거하여 식품에 직접 또는간접적으로 첨가되는 식품첨가물, 일반적으로 안전하다고 간주하는(GRAS) 성분, 색소첨가물, 사전 승인 식품성분 등으로 구분하여 관리 ● 식품첨가물과 색소첨가물은 청원 절차에 따른 승인제, GRAS 성분은 자율 신고제로 관리 ● (근거 법령) 「연방 식품의약품화장품법」 Sec 201. 정의 Sec 409. 식품첨가물, 연방규정(CFR) 21편 ● (관리 기관) 식품의약품청(FDA)
 EU	<ul style="list-style-type: none"> ● 식품첨가물에 관한 유럽규정(EC) No 1333/2008의 ‘공동체 리스트(Community lists)’에 등재된 식품첨가물에 한하여 정해진 요건에 따라 사용이 가능 ● 색소 40종, 감미료 19종 및 색소와 감미료 외 기타 식품첨가물 175종 등 총 234종의

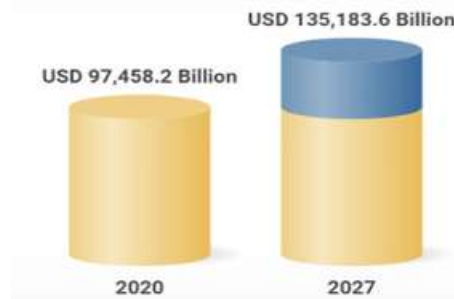
15) 식약처, 주요국 식품첨가물 관리현황(2018.12)을 참조하여 재정리

	<p>식품첨가물이 등재(2018년 말 기준)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 식품첨가물 기준·규격에 대한 재평가는 2009년 1월 20일 이전에 사용이 허가된 식품 첨가물을 대상으로 우선순위를 정하여 순차적으로 평가하고 있음 • (근거 법령) 유럽규정(EC) 1333/2008, 유럽규정(EC) 1331/2008, 유럽규정(EC) 234/2011 등 • (관리 기관) 유럽집행위원회(EC), 유럽식품안전청(EFSA)
 <p>일본</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 「식품위생법」을 중심으로 식품첨가물 안전성 확보와 관련된 규정을 시행 • 「식품, 첨가물 등의 규격기준」에서는 시험법, 성분규격, 보존기준, 제조기준 사용 기준 등을 관리 • 현재 지정첨가물 455개, 기존첨가물 365개, 천연향료 약 600개, 일반 음식물첨가물 약 100개 지정 관리(2018년 말 기준) • (근거 법령) 식품안전기본법, 식품위생법 및 시행규칙 식품, 첨가물 등의 규격 기준 • (관리 기관) 후생노동성, 식품안전위원회, 소비자청
 <p>중국</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 식품첨가물 사용 표준인 GB 2760-2014에 따라 식품첨가물을 용도별로 21개 유형 및 ‘기타’로 분류하여 관리 • 식품영양강화제는 사용 표준인 GB 14880-2012에 따라 영양강화제 37종을 3개 유형으로 구분 • 식품첨가물 기준·규격에 대한 재평가는 안전성 문제가 존재할 가능성이 있거나 기술적 필요성을 더 이상 갖추고 있지 않은 경우 실시 • (근거 법령) 식품안전법, 식품첨가물 신제품 관리 방법, 식품첨가물신제품신고와수리규정, 식품안전국가표준 GB 2760 식품첨가물 사용 표준 GB 14880 식품영양강화제사용표준 • (관리 기관) 국가위생건강위원회, 국가식품안전위험평가센터
 <p>대만</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 「식품첨가물 사용범위 및 제한량, 규격표준」에 따라 총 17개 유형의 791개 식품첨가물을 승인, 관리 • 식품첨가물 기준·규격에 대해서는 해외 규범, 안전성 실험 결과 및 국민의 식이 리스크 평가결과 참고하여 심사 후 기준규격을 재설정 • (근거 법령) 식품안전위생관리법, 식품첨가물 사용범위 및 제한량, 규격표준 식품 및 관련 제품 검사, 등록, 허가증 관리방법, 식품첨가물 검사등록 작업 요점 설명, 식품우수 위생규범준칙 등 • (관리 기관) 위생복지부 식품약물관리서

02 시장 및 산업 동향

2-1. 해외시장 및 기업 동향

- 세계 식품첨가물 시장은 '20년 457억, '26년 590억 달러 규모로 연평균 4.4% 성장 전망
 - 시장 규모가 가장 큰 감미료(Sweeteners)는 '26년에 63억 달러 규모로 연평균 3.4% 성장이 예상되며, 세계 식품 첨가물 시장의 10.8% 차지
 - 뒤이어 구연산 등 산미료(Acidulants) 부문이 연평균 성장률 5.0%, '26년 43억 달러로 전망됨
 - 세계시장에서 가장 큰 미국시장은 '21년에 127억 달러로 27.0%를 점유하고 있으며, '26년까지 중국은 117억 달러, 유럽은 126억 달러 규모로 성장할 것으로 예상
 - 주요국의 연평균 성장률 예측치는 일본 2.5%, 캐나다 3.4%, 독일 3.1% 등



* 출처 : Research and Markets, Food Additives - Global Market Trajectory & Analytics, 2022.02

〈세계 식품첨가물 시장 규모〉

- 세계 식품시장 규모가 '20년 기준으로 8조 2천억 달러¹⁶⁾로 식품첨가물 시장은 전체 식품시장의 0.6% 차지
 - 식품시장은 '25년까지 연평균 성장률이 3.9%인 반면, 식품 첨가물 시장은 4.4%로 0.5%p 높은 성장이 이루어질 것으로 전망됨
- 글로벌 식품첨가물 수요는 친환경을 선호하는 소비자 라이프 스타일과 냉동식품, 즉석 포장식품, 밀키트 등 산업 성장과 연계되어 빠른 성장 전망
 - 식품 제조 시 맛이나 외관에 영향을 미치지 않고 제품의 저장 수명을 연장하고 일관된 품질을 유지하며 식품 안전을 보장하는 방법을 모색하게 됨에 따라 수요 확대
 - 이에 따라 천연 효소, 산미료, 유화제, 저장안정제, 보존제 및 지방 대체소재 분야를 중심으로 지속적인 산업 성장이 예상
 - 또한 첨가물 효과를 배가시키기 위한 캡슐화 등 최종 식제품 구성을 위한 마이크로 캡슐 등의 제형 시장 또한 높은 성장이 전망됨

16) 원자료는 Global Data(농경연, 2020년 식품산업정보분석 전문기관 사업(2021.02) 재인용)

■ 글로벌 시장 고점유 식품 첨가물 생산기업 및 주요 제품군은 다음과 같음 17)

〈해외 주요 식품첨가물 생산기업 및 제품〉

국가	기업명	주요생산품
 미국	Archer Daniels Midland Company	Soy Lecithin, Colors from Nature™
	Cargil	Maize Wise Corn Bran, EverSweet
	Dupont	Avicel Cellulose Gel, GRINDSTED VEG PRO Carob
	Eastman Chemical	Triacetin Food Grade, Eastman Tenox
	Ingredion	PenCling/Bind, VERSASWEET
	Kraft Foods Group	Cheese Powders, Grey POUPON Country Dijon Mustard
	Sensient	SensaSalt, Smoothenol
 덴마크	Chr.Hansen A/S	CHY-MAX,
	Palsgaard A/S	Palsgaard AMP 4455, Palsgaard DMG 0091
 네덜란드	Corbion	PURAC FIT Plus, Trancendim
	Koninklijke DSM N.V.	CanolaPRO, MEG-3
 스위스	Givaudan S.A.	TasteEssentials Cheese
	Lonza Group	Glycomul, ResistAid
 프랑스	Bio springer	Springer Reveal, Springer Umami
 독일	BASF	Lamemul, Lamequick
 인도	Adani Wilmar	Non-GMO Soya Lecithin, Wilshort 1203
 아일랜드	Kerry	Bioglucanase XF
 일본	Ajinomoto	Aji-no-moto, PLANTAXIS
 잉글랜드	Tate & Lyle PLC	SPLENDA Sucralose, MIRA-CAP
 스웨덴	Novozymes	Acrylway, Neutrased

17) 농기평, 식품 소·부·장 분야 연구동향 조사(2021.10) 참조 재가공

■ (미) Archer Daniels Midland Company

- (Soy Lecithin) 콩, 카놀라/라피씨 또는 해바라기에서 추출한 다양한 레시틴을 생산
 - 고체와 액상 사이에서의 분산 및 유화를 용이하게 함



〈콩, 카놀라 등에서 추출한 다양한 레시틴〉

- (Colors from Nature™) 천연 원료 및 착색 식품의 식물 기반으로 한 기능이나 성능을 해치지 않는 착색료



■ (미) Cargil

- (Maize Wise Corn Bran) 불용성 섬유질 성분인 옥수수 전분으로 기존 통곡물의 영양분을 그대로 유지하고 저장 안정성을 향상
 - 맛, 질감 또는 가공 특성에 의한 변형으로부터 안전하고, 기존 옥수수 가루, 밀가루 등의 대체재로 사용 가능
 - 팬케이크, 타코, 피자 크러스트, 빵, 시리얼, 토르티야, 파스타와 같은 제품에 독특한 맛과 식감을 제공

- (EverSweet) 스테비아 잎과 동등한 제로 칼로리 단맛을 제공
 - 이전 스테비아 기반 감미료에서 공통적으로 나타나는 쓴 맛 제거
 - 고가의 향미 증진제나 쓴 맛 차단제를 사용하지 않고, 합리적인 가격으로 최대 100% 설탕 절감 효과 발휘



〈스테비아 잎 추출물〉

■ (미) Dupont

- (Avicel Cellulose Gel) 정제 셀룰로오스의 작은 입자로 구성된 식품 성분으로, 식물 기반 조리에서 사용되어 안정성을 높이고 크림 같은 질감을 향상시켜 다양한 식음료 응용에 사용
 - 섬유질을 첨가하고 칼로리 함량을 줄이는 동시에 구수한 식감을 유지
- (GRINDSTED VEG PRO Carob) 캐롭나무에서 추출한 콩과 유사한 균형 잡힌 아미노산 구성을 가진 양질의 식물성 단백질
 - 이유식, 디저트, 음료, 바를 포함한 다양한 식품 분야에서 사용
 - 캐롭 나무는 토양 침식을 줄여 사막화를 방지하고, 탄소를 줄이는 능력으로 알려져 있으며, 재배에는 비용이 거의 불필요해 친환경적임



〈캐롭으로 추출한 디저트〉

■ (미) Ingredion

- (PenCling/Bind) 높은 점도의 수용력 및 결합 능력을 가진 감자 변성 전분으로 수분 조절 기능을 제공함과 동시에 국수와 구운 제품의 품질 유지에 기여

- 탄력이 뛰어나고 높은 점도로 수분 흡수력이 탁월하며, 저단백질 및 지방 지질 함량 낮아 제조 시 맛에 미치는 영향이 없음
- 산성 조건에서 우수한 동결/완화 안정성을 제공하며, 토마토 고체 환원(케첩)에도 사용
- (VERSASWEET) 저농축 옥수수 또는 타피오카 기반 포도당 시럽이며, 수크로스 (sucrose)만큼 단맛이 강함
- 기존 포도당 시럽에 비해 단당 및 이당류(DP1 + DP2) 비율이 50~70% 낮은 수준
- 비 GMO 옥수수 및 타피오카 사용, 칼로리 및 탄수화물은 기존 시럽과 동일

■ (미) Kraft Foods Group

- (Cheese Powders) 배송 및 보관비용의 절감이 가능한 파우더 형태 제품으로 냉동, 코팅, 반죽/제빵, 베이킹 등 식품 제조 공정에 사용



〈Kraft Foods Group 치즈파우더〉

- (Grey POUPON® Country Dijon Mustard)프랑스식 머스타드로 향신료, 노란색과 갈색 머스타드 씨, 그리고 화이트 와인이 혼합된 제품

■ (덴) Chr. Hansen

- (CHY-MAX M) 모든 치즈 타입에 사용될 수 있는 치즈 응고제(응집제)로, 콘티넨탈, 파스타 필라타, 체다 치즈 등에 사용가능
- 발효 생산 키모신(FPC, Fermentation Produced Chymosin)으로 단백질 분해 활성을 감소시키고 우유를 응고하는 성질
- 치즈 수율 증가 및 공정 제어 개선, 보관 기간 동안 더 단단한 질감, 식감 개선, 고품질 유청* 생산 및 발효 시 이산화탄소 배출 감소 효과 발휘

* 우유로 치즈를 만들고 나서 남은 액체

■ (미) Sensient

- (SensaSalt) 효모 추출물 기반의 향미 증진제로 나트륨 함량을 최대 50%까지 줄이면서 맛을 향상



〈효모 추출물 기반의 향미 증진제 SensaSalt〉

- (Smoothenol) 비타민, 미네랄, 카페인, 단백질 제와 함께 쓰이는 천연 풍미제

■ (덴) Palsgaard

- (Palsgaard AMP 4455) 인산암모늄(AMP, 유화제)으로 고농축 되어 있어 지방 및 레시틴을 효율적으로 대체할 수 있도록 설계



〈지방 및 레시틴을 대체하는 Palsgaard AMP 4455〉

■ (네) Corbion

- (PURAC FIT Plus) 음료에 최적화된 고유 천연 젖산으로 시트르산(citric acid)을 대체
 - 음료의 산도(pH) 조절 이외에도, 맛 최적화, 저장 수명 연장 가능
- (Trancendim) 맛이나 기능을 유지하면서 포화 지방을 줄일 수 있는 유화제
 - 베이커리 제조시 포화 지방 수치를 증가시키지 않음

■ (네) Koninklijke DSM N.V.

- (CanolaPRO) 비 GMO 카놀라에서 추출한 비건 및 채식주의의 제품으로 부드러운 식감과 깔끔한 맛을 전달
 - 식물성 음료에서 요구르트, 아이스크림에 활용



〈카놀라 식물 기반의 CanolaPRO〉

- (MEG-3) 고품질의 에이코사펜타엔산(EPA, eicosapentaenoic acid), 도코사헥사엔산(DHA, docosahexaenoic acid) 오메가-3 제공
- (프) Bio springer
 - (Springer Reveal) 음식의 맛을 살리는 자연 효모 추출물
 - 인공 조미료를 쓰지 않고도 식품 및 음료의 맛을 확대
 - (Springer Umami) 가공육과 해산물, 육류와 해산물 유사품, 소스 및 드레싱 등에 사용되는 되는 천연 성분의 조미료
 - 효모 추출물로 소금의 양을 줄이면서도 맛을 유지하여 최대 40%의 소금 사용 감소 가능
- (스) Lonza Group
 - (Glycomul) 낮은 HLB 유화제로 휘핑크림, 토핑, 아이스크림, 초콜릿 등의 기능을 위해 폴리소르베이트와 함께 사용
 - 다양한 지방산을 기반으로 유지방의 응집을 생기게 하며, 부피감을 유지하는 오버런(overrun)을 조정하여 식감개선과 보형성을 보강



〈Lonza Group에서 생산하는 Glycomul〉

- (ResistAid) 북미 라치나무에서 유래된 천연 면역 지원 성분인 아라비노갈락탄 제품으로 면역 체계를 강화 가능
 - 환경오염에 민감한 소비자를 위해 특별히 맞춤 제작



〈라치나무에서 유래된 ResistAid 아라비노갈락탄〉

■ (독) BASF SE

- (Lamemul) 광범위한 용도에 사용될 수 있는 유화제로 효모 제빵 제품을 부드럽게 만들고, 정교한 구조와 탄력 있는 질감으로 디저트 아이스크림 등 지방이 함유된 식품의 식감을 부드럽게 함
 - 질감뿐만 아니라 푸석푸석함을 개선하고 빵의 탄력을 높이는 효과를 발휘



〈광범위한 용도로 사용되는 Lamemul 유화제〉

- (Lamequick) 분말 형태로 제공되는 기포제로 취급과 보관이 용이하고 보관 기간 내내 성능이 보장되며, 할랄 또는 코셔 표준 제품을 제공
 - 고유의 용융 특성과 함께 볼륨과 질감을 제공하며, 식품의 부드러움과 안정성을 제공



〈모든 용도에서 사용되는 Lamequick〉

■ (인) Adani Wilmar Ltd

- (Non-GMO Soya Lecithin) 인산, 글리코리피드, 글리세라이드 및 기타 성분들이 복합적으로 혼합된 인지질 레시틴으로 식품 가공 유용성 향상



〈복합 인지질 레시틴〉

■ (아일랜드) Kerry

- (Bioglucanase XF) 높은 열 안정성으로 활성 상태를 지속 유지하는 신개념의 양조 효소
 - 필터링시스템의 여과 성능을 향상시키며, 공정 손실을 낮추고 발효성을 개선



〈양조 효소 Bioglucanase XF〉

■ (영) Tate & Lyle PLC

- (SPLENDA Sucralose) 무칼로리 감미료로 향미 탄산수부터 과일 주스 등에 맛 특성을 배가하고, 음료의 다른 감미료와 잘 어울리는 것이 특징



〈무칼로리 감미료 SPLENDA Sucralose〉

- (MIRA-CAP) 친유성 옥수수전분으로 제빵용 장식, 파이, 음료 믹스, 영양, 저칼로리 음료 등에 유화제로 사용
 - 가열이 필요하지 않으며, 점성이 매우 낮고, 오일을 물로 미세하게 분산시켜 안정적인 유화를 형성하기 위해 사용
 - 비 GMO 제품으로 맛이나 질감을 손상시키지 않음



〈친유성 옥수수전분인 MIRA-CAP〉

2-2. 국내산업 및 기업 동향

■ 식품시장 규모가 커지면서, 식품첨가물 시장 규모도 지속적으로 성장하는 양상

- '20년 기준 식품첨가물 산업은 국내 생산액은 1조 6천억 원, 수출 366백만 달러 규모로 지난 6개년간 5% 이상의 연평균 성장률을 기록
- '20년 국내 식품산업 총 생산규모가 약 29조 1천억, 수출액 3,869백만 달러임을 감안하면, 내수시장의 3.0%, 해외 수출의 9.5%를 차지
 - 식품첨가물 부문의 국내 판매액 연평균 성장률 5.66%인 반면, 식품 산업 전체는 3.39%로 식품첨가물 산업의 성장이 매우 높은 수준임
- 등록업체수 기준으로도 식품첨가물 산업은 연평균 성장률 7.7%로 식품 산업 전체 대비 5.89%p 이상 높은 수치를 기록
 - '20년 기준 생산업체 수 1,188개
 - 생산품목 수는 2,831개로 업체 수 증가율과 비슷한 7.04%의 성장률을 보임

< '15~ '20년 식품 산업 및 식품첨가물 생산 통계 >

(출하액 : 십억 원, 수출액 : 백만 달러)

구분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	연평균 증가율(%)
식품 산업 전체 (A)	업체수	26,671	27,160	26,249	28,416	28,865	29,162	1.80
	품목수	63,776	66,899	68,086	67,493	71,023	72,203	2.51
	국내판매액	44,557	47,000	48,052	49,576	51,638	52,640	3.39
	수출액	2,694	2,984	3,741	3,742	4,087	3,869	7.51
식품 첨가물 (B)	업체수	820	843	811	950	1,003	1,188	7.70
	품목수	2,015	2,120	2,145	2,379	2,580	2,831	7.04
	국내판매액	1,218	1,215	1,379	1,774	1,858	1,604	5.66
	수출액	371	330	436	441	378	366	-0.27
식품 첨가물 비중 (B/A)	업체수	3.07	3.10	3.09	3.34	3.47	4.07	5.89%p
	품목수	3.16	3.17	3.15	3.52	3.63	3.92	4.52%p
	국내판매액	2.73	2.59	2.87	3.58	3.60	3.05	2.27%p
	수출액	13.77	11.06	11.65	11.79	9.25	9.46	-7.78%p

* 품목수는 식품공전의 식품유형, 식품첨가물공전의 개별품목에 따른 생산실적 분류기준으로 작성

* 자료: 식품의약품안전처, 2020 식품 등의 생산실적(2021)

- 국내 식품첨가물 생산액 기준 1위 기업은 6,720억원을 생산한 엘지화학(주)이며, (주)유니드(2,640억원), 한화솔루션(주)(2,311억원) 순
- 국내 판매액은 한화솔루션, 한국코카콜라, 엘지화학, 백광산업 순
- 해외 수출액은 한화솔루션, 엠에스씨, 엘지화학, 삼양사 순임

순위	생산액		순위	국내판매액		순위	수출액	
	업체명	금액(천원)		업체명	금액(천원)		업체명	금액(\$)
1	(주)엘지화학	672063134	1	한화솔루션(주)	263972770	1	한화솔루션(주)	96,208,634
2	(주)유니드	264043379	2	한국코카콜라 유한회사	189,258,618	2	(주)엠에스씨	36,491,800
3	한화솔루션(주)	231,184,297	3	(주)엘지화학	167,874,112	3	(주)엘지화학	30,183,491
4	OO(주) 군산공장	117,551,417	4	백광산업(주)	96,311,097	4	(주)삼양사	29,520,766
5	백광산업(주)	95,925,860	5	(주)영진	28,832,980	5	(주)젤텍	28,134,365
6	(주)엠에스씨	56,279,338	6	(주)삼양사	28,093,445	6	삼양화인 테크놀로지(주)	27,703,794
7	삼양화인 테크놀로지(주)	35,892,000	7	(주)엠에스씨	24,901,131	7	(주)유니드	22,585,635
8	대성산업가스(주)	35,158,439	8	(주)유니브로라스	22,463,442	8	(주)대평	15,637,240
9	(주)삼양사	35,016,014	9	서울향로(주)	22,068,773	9	삼미산업(주)	10,654,480
10	(주)젤텍	34,340,806	10	(주)대평	19,986,284	10	미창석유공업(주)	10,141,361
11	서울향로(주)	28,468,559	11	롯데비피화학(주)	16,491,546	11	용산화학(주)	8,371,797
12	(주)대평	27,972,714	12	롯데푸드(주)	16,491,546	12	롯데정밀화학(주)	8,123,650
13	(주)영진	26,368,604	13	(주)진로발효	16,425,332	13	(주)일신웰스	5,590,112
14	미창석유공업(주)	23,816,601	14	미창석유공원(주)	14,928,746	14	솔루스첨단소재(주)	3,149,440
15	롯데비피화학(주)	23,334,256	15	(주)젤텍	14,602,826	15	롯데비피화학(주)	2,952,809
16	삼미산업(주)	21,927,394	16	(주)한국카리겐	13,382,021	16	(주)광일	2,951,713
17	한국코카콜라 유한회사	20,985,180	17	삼미산업(주)	12,705,644	17	대상(주)	2,221,894
18	롯데푸드(주)	18,096,988	18	(주)보락	12,109,772	18	서도비엔아이(주)	1,935,379
19	(주)진로발효	14,810,193	19	(주)일신웰스	12,098,850	19	솔베이실리카 코리아(주)	1,894,775
20	(주)일신웰스	14,493,274	20	(주)한빛향료	11,920,864	20	(주)제노포커스	1,847,195

* 자료: 식품의약품안전처, 2020 식품 등의 생산실적(2021)

- 생산량 기준으로 수산화나트륨액(4,667천톤)이 가장 많이 생산되고 있으며, 염산(1,161천톤), 질소(477천톤), 차아염소산나트륨(397천톤) 등이 뒤를 잇고 있음
 - 국내 판매액은 혼합제제로 등록된 제품이 가장 많은 5,072억원, 수산화나트륨액 4,801억원, 차아염소산나트륨 626억원, 수산화나트륨 262억원 등의 순으로 기록됨
 - 수출액은 수산화나트륨액이 125백만불로 가장 많은 수출고를 기록하고 있으며, 뒤이어 이온교환수지 55백만불, 혼합제제 43, 탄산칼륨 15, 젤라틴 38, 효소처리스테비아 11백만 불 등임

■ 국내 주요기업 동향¹⁸⁾

〈국내 식품첨가물(합성첨가물 포함) 생산기업의 주요 품목〉

기업명	주요생산품	생산형태
남영상사(주)	천연색소, 향료, 식품첨가물, 농축액, 기능성원료	국내생산
대상(주)	D-소비톨, 말티톨 시럽, 폴리글리시톨 시럽	국내생산
바이오델타코리아	히알루론산, 유산균발효마늘추출물, 이소플라본에스, 콩발아베아추출분말, 도라지등복합발효농축액, 발효율피추출분말, 발효우슬추출복합물	국내생산 및 수입
바이온(주)	항비만소재, 발효홍삼, 녹차	국내생산
백광산업(주)	가성소다, 인산염, 몰리브덴염, 규산염 등	국내생산
삼미산업(주)	제당, 전분, 전분당, 제분/프리믹스, 유지 등	국내생산
삼영원료공업(주)	향료, 농축제품, 분말제품, 한방제품	국내생산
서도비엔아이(주)	콜라겐&젤라틴, 동물성식물성단백질, 올리고당, 비타민, 미네랄, 아미노산, 감미료&덱스트린, 향산화제&향미생물제	국내생산
서울향료(주)	스테비아, 감초 추출물, 원료의약품, 기타원료 등	국내생산
세림식품원료	시즈닝류, 농축액류, 페이스트류, 기타	국내생산 및 수입
아로마라인(주)	편백두추출분말, 새싹보리추출물	국내생산 및 수입
유니크바이오텍(주)	녹차추출물	국내생산
(주)건우에프피	추출농축액 및 분말, 천연색소, 향료, 친환경 농업원료	국내생산
(주)광일	천연보존제, 향갈변원료, 선도유지제, 소포제	국내생산
(주)내츄럴스	식품첨가물(천연미네랄류, 핵산류, 지방산류)	국내생산 및 수입
(주)단정바이오	유화유지, 면류첨가알칼리제, 축합인산염(혼합), pH조정제, 면개량제, 기타 알칼리제제	국내생산
(주)대평	스테비아, 감초 추출물, 화장품 원료 등	국내생산 및 수입
(주)두비산업	차조기 안티스페릴, SY목이화이버, FAC	국내생산
(주)보락	화장품 향, 식품향, 천연소재(천연착향료, 천연카로틴 등) 등	국내생산 및 수입

18) 각 사 홈페이지 및 농기평, 식품 소·부·장 분야 연구동향 조사(2021.10) 참조 재가공

기업명	주요생산품	생산형태
(주)비케이바이오	향신료, 식품향료(천연, 조미, 조합)	국내생산
(주)비티씨	이소플라본, L-테아닌, 감마시클로덱스트린, 귀리단백, 테스토펜, 엘라스틴, 감마리놀레산	국내생산 및 수입
(주)삼양사	제당, 전분, 전분당, 제분/프리믹스, 유지 등	국내생산 및 수입
(주)삼오제약	향신료, 조미료, 식품첨가물	국내생산 및 수입
(주)서울식연	기능성식품원료, 특수효소	국내생산
(주)신승하이캠	식품첨가물, 소스류	수입
(주)아로마에프아이	당질제한식소재, 식물성단백질소재	국내생산
(주)에프에이뱅크	천연향신료, 씨즈닝, 천연첨가물	국내생산
(주)엠에스씨	카라기난, 한천, 천연색소, 농축주스, 음료, 시즈닝, 스파이스&허브, 향료, 기능성 식품, 소스	국내생산 및 수입
(주)영진	가성소다, 인산염, 몰리브덴염, 규산염 등	국내생산
(주)이에스식품원료	수크랄로스, 젤란검, 농축액	국내생산 및 수입
(주)젤텍	젤라틴, 콜라겐, 단백질퍼프 등	국내생산
(주)케미넥스	효소, N-아세틸글루코사민, 피쉬콜라겐펩타이드, 나노콜라겐, 롱펩콜라겐, 흑미강추출분말, 키토산	국내생산
(주)콩코드상사	조미료, 당밀, 맥아엑기스, 잔탄검	국내생산 및 수입
(주)티알아이	시즈닝, 한방농축액, 검류, 향 및 칼라, 기능성소재, 대두다당류	국내생산
(주)한빛향료	화장품향, 식품향, 천연소재, 담배향	국내생산 및 수입
(주)현대바이오랜드	천연보존료, 천연향신료, 바닐린, 한천분말, 글리신, 대두단백	국내생산 및 수입
(주)휴플레인	천연색소, 향신료, 향료, 천연원료	국내생산
한국마쁘다니(주)	시즈닝, 당류, 식염, 향신료, 효모, 식품선도유지제, 향산화제	국내생산

■ (주)대평

- (레바텐, 스테비텐(스테비아)) 설탕에 비해 200~300배 정도의 단맛을 내는 스테비아 식물의 감미 성분을 추출, 정제하여 만든 감미료



- (스테비텐 리코(감초추출물)) 콩과의 식물인 감초의 뿌리에서 추출, 정제하여 제조되는 천연첨가물

■ (주)두비산업

- (올래오리진 파프리카, 캡시컴 등(천연색소)) 그린계열(치자청+치자황, 치자청+홍화황), 브라운계열(카라멜 색소 등), 블루계열(스피룰리나 청색소, 치자청 색소), 레드계열(락색소, 베리류색소, 비트레드, 자주색고구마색소, 적무색소 등), 옐로우계열(삼황색소, 천연카로틴 등)의 제품 생산



- (바나나분말, 효소처리스테비아 등(천연첨가물)) 바나나분말, 효소처리스테비아, 스테비올배당체, 구아검, 잔탄검, 고구마전분, 와사비후레바, 차추출물, 토마토페이스트, 결정셀룰로오즈 등 생산

■ (주)비티에스

- (BGC, BHC(천연 보조제)) 복합 마늘 추출물, 복합 황금 추출과 항갈변 원료(복합 브로콜리 추출물), 소포제(올리브유 혼합액)의 제품 생산



〈(주)비티에스에서 생산된 천연 보조제〉

■ (주)비케이바이오

- (청꿀다당(Cheongkyool Polysaccharide)) 홍반 및 자외선 차단, 피부의 노화 억제 효과가 있으며 건강지향식품원료, 영양성분 강화제 및 항산화제, 기능성 신소재, 화장품 원료로 사용 가능
- (레드비트농축액 (Red Beet Juice Concentrate)) 안토시아닌과 비타민, 미네랄, 칼륨, 철분, 베타인 (베타시아닌) 풍부하여 음료 및 다류, 건강식품원료, 천연색소, 캔디류 및 젤리, 유제품, 아이스크림 등에 사용 가능
- (분리대두단백 (Isolated Soy Protein, ISP)) 대두 (콩)에 함유된 여러 성분 중에서 단백질만을 정제하여 건조 시켜 만든 제품으로 육가공 제품, 두유 제품, 단백질 분말 제품 등에 사용 가능

■ (주)비티씨

- (FermenGIN™) 비티씨 발효홍삼은 발효 과정을 거쳐 분자량이 작은 형태의 흡수되기 쉬운 사포닌으로 만들어 생체이용률을 향상
- (Soluf flavon™(수용성 이소플라본)) Non-GMO 대두를 이용하여 국내 생산한 제품으로 용해도와 균질성이 뛰어나 투명한 음료에 적용 가능

■ (주)서울식연

- (그린후레시(천연 식물 선도유지제)) 천연식물 추출물(Citric extractives)과, 유기산 (Organic acid)으로 이루어진 안전한 식품첨가물로 식품의 보존기간 연장 및 식품 선도를 유지시 사용 가능
- (지에스(GS)-500) 살균제, 곰팡이 제거제, 항바이러스제 및 기생충 제거에도 사용되는 등 광범위한 분야에 걸치는 아주 강력하고 효과적인 제품으로 밥, 조미액, 소스 등의 제품에 사용 가능

■ (주)신승하이캠

- (E-폴리리신(E-POLY-L-LYSINE, POLYLYSINE)) 천연 식품 보존료, 천연 향균제로 고추장소스, 마요네즈, 각종 시럽제품, 각종 면제품, 각종 유제품, 야채 전처리 등에 사용
- (Vanillin (바닐린), Ethyl Vanillin (에틸 바닐린)) 바닐라 추출물의 주요 성분으로서, 식품 등에서 바닐라 향과 맛을 나타내는 향료로 아이스크림, 초콜릿, 향장(화장품) 분야에서도 향료로 사용

■ (주)에프에이뱅크

- (DF-100(자몽종자추출물)) 식품 화장품의 천연 보존료로 이용 가능
- (Control-M) 각종 식품부패미생물에 대한 항균 작용이 우수하며, 특히 곰팡이류에 대한 효과가 우수한 제품으로 항균 및 향산화용으로 이용 가능



〈식품 화장품의 천연 보존료로 이용되는 자몽종자추출물〉

■ (주)엠에스씨

- (카라기난) 청정해역에서 자라는 홍조류 식물에서 추출한 복합 다당류로, 식품과 식품의 System에 매우 적절한 만능의 교질물로 식품응용에 있어서 분산과 유화안정제, 팽윤제, Fat replacer, 증점제, 결착제, 식이섬유, 결정방지제, 그리고 겔화제로 사용
- (한천) 청정해역에서 채취한 우뚝가사리등의 홍조류에서 추출한 난소화성 복합 다당류로 식품 소재로서 주목받고 있는 양질의 식이섬유원으로 젤리, 과자 등의 제조에 널리 사용

■ (주)이에스식품원료

- (ES 천연색소, EM 천연 향료) 천연색소, 향료, 농축액, 기능성원료 등 식품개발/제조에 필요한 식품첨가 원료 공급



〈이에스식품원료에서 시판중인 천연 색소〉

■ (주)젤텍

- (젤라틴) 천연 단백질인 COLLAGEN(교원질)을 가수분해하여 얻어지는 천연 고분자 단백질이며 젤텍에서는 식용품 젤라틴, 의약품 젤라틴을 생산
- (콜라겐) 동물의 뼈와 피부에 주로 존재하는 섬유 단백질을 뜻하며 젤텍에서는 피쉬 콜라겐, 우피 콜라겐을 생산

■ (주)중앙타프라

- (시즈닝) 생크림 분말, 요거트 분말 등의 유·치즈 가공품의 풍미를 위한 제품과 소고기 베이스 분말, 사골 농축 분말 등의 농산·수산·축산물의 풍미를 위한 제품을 생산
- (농축액) 현미 농축액, 검은콩 농축액, 옥수수 농축액 등의 농산물 농축액과 조개 농축액 등의 수산물 농축액을 생산
- (페이스트) 아몬드 페이스트, 잣 페이스트 같은 견과류 페이스트와 검은참깨 페이스트 같은 씨앗류 페이스트를 생산



〈식품개발·제조 중인 시즈닝 소재〉

■ (주)케미믹스

- (AnyAddy®) 펄프를 원료로 하여 생산되는 친수성, 수용성 증점제로 우수한 필름 형성 능력으로 건강기능식품 및 일반식품에서의 피막 코팅제, 글루텐, 식물성 또는 동물성 유지, 난백 대체제로 사용
- (기능성 천연 소재) 100% 천연 완두콩 소재로 고온, 고압의 압출 공정을 거쳐 콩 비린내가 없고, 완두콩 특유의 고소한 풍미를 가지며, 분말 형태, 플레이크 형태, 단백질 조직형태의 제품을 생산
- (하이펫(분말유지)) 빵, 케이크, 쿠키 등의 프리믹스, 제면 및 기타 다양한 인스턴트 식품의 유지 원료로서 사용 가능



〈(좌)에니애디 분말 (우)하이펫 분말〉

■ (주)티오에프

- (기능성 천연 원료) NAG(N-acetyl glucosamine), Rice Magnesium (쌀마그네슘), β -Glucan (베타-글루칸), Polican (폴리칸), Aloeaboresense Powder (알로에아 보레센스분말), Garcina cambogia (가르시니아 캄보지아) 등의 제품을 취급
- (아미노산 및 향산화제) Betain (베타인), Collagen Peptide (콜라겐 펩타이드), D-Ribose (D-리보스), L-Carnitine (L-카르니틴), D- α -Tocopherol (D- α -토코페롤), L-이소로이신, 글리신 등의 제품을 취급
- (미네랄 및 비타민) 고분산성 유청칼슘 (Super Dispersion Milk Calcium), CPP, Fermented Lactic Acid Calcium (발효젖산칼슘), Vitamin C (비타민 C), Fish Bone & Algae Calcium (어골 & 해조 칼슘) 등의 제품을 취급

■ (주)한빛향료

- (천연소재) 천연착향료, 천연카로틴, 카라멜 당시럽, L-Menthol, 천연색소, 천연감미료, 천연추출물(감초/녹차/인삼/유자/페누그릭 등)을 생산
- (식품향) SWEET FLAVOR, SAVORY FLAVOR, ORAL, FEED FLAVOR 등의 향료 생산

■ 한국마쯔다니(주)

- (난소화성말토덱스트린) 천연전분 유래의(NON-GMO) 수용성 식이섬유로 배변활동, 식후 혈당상승 억제, 식품 중성지질 억제 등 다양한 생리 기능 원료
- (분말유지) 면 질 개량에 사용되며, 빵, 양과자, 화과자, 수산연제품, 스프/소스류

■ 남영상사(주)

- (자당지방산에스테르) 아이스크림, 과자 등에 사용되며 또한 전분의 노화방지의 목적으로 빵, 케이크, 과자 등에 사용
- (글리세린지방산에스테르) 마가린, 우유음료, 아이스크림, 케이크, 비스킷, 빵 등에 유화제 외에 여러 가지 용도로 사용
- (스테아릴젓산나트륨) 빵과 같이 구워 만드는 제품의 발포제, 유화제 공급

■ 바이오델타코리아

- (천연 식물성단백질소재) 렌틸콩, 이집트콩, 잠두콩에서 추출한 식물성 단백질 시리즈 ATIRA를 생산
- (해랑 건조 곤약미) 곤약을 쌀처럼 건조 가공한 제품으로 복원하면 쌀밥과 구별이 힘들 정도로 탁월한 식감을 가진 제품
- (건조 곤약면) 밀가루면에 버금가는 탁월한 식감과 텍스처로 식이조절용 면제품, 파스타, 냉동만두 속재료 등으로 사용 가능

■ 백광산업(주)

- (D-솔비톨(Sorbitol)) 포도당을 환원하여 제조되는 물질로서 상쾌한 청량감과 천연의 감미를 가진 식품첨가제로 제과, 제빵, 식품산업, 수산물가공업, 치약 및 화장품공업, 의약품공업 등에 광범위하게 사용
- (말티톨시럽(환원맥아물엿)) 단맛이 있으면서 설탕, 포도당, 물엿 등의 당류가 지니고 있는 단점을 개선시킨 제품
- (폴리글리시톨 시럽) 제과(양갱, 앙금, 껌, 잼, 소프트캔디, 하드캔디, 카라멜 등), 저 칼로리 음료 등에 사용

■ 서도비엔아이(주)

- (포리믹스) 중합 인산염류를 이상적으로 혼합한 제제로서 각종 수산물, 축육가공 용
- (에멀릭스) 치즈 가공시 필요한 치즈 유화제
- (알파포리겔) 중합인산염과 정인산염을 주원료로하여 혼합한 제제로서 면류 및 각종 수산물, 축육가공에 사용

■ 서울향료(주)

- (식향료) Bergamont, Lemon lime, Watermelon, Blueberry, 감, 구기자, 머루, Tomato, Blue Hawaii, Green Tea, Chamomile 등의 식향료 생산
- (향장향료) Skin care, Body care, Fabric care, Personal care 등 향장향료 생산
- (조미(소스&시즈닝)) Pizza, Chinese, Pasta, Bread & Burger, Chicken, Snack, Noodle Soup, Reaction Taste, Reaction Seasoning Oil 등 조미제 생산

■ 세림식품원료

- (구아닐산이나트륨) 국이나 음식 조리시 식성에 따라 적당량 사용 가능
- (글리신 글라이신) 식품에서는 감미료, 조미료, 식품보충제 등으로 사용되며, 화장품에서는 주로 버퍼링제, 컨디셔닝제 등으로 주로 사용
- (에틸말톨(향/착향료)) 바닐린과 비슷한 향미를 가지기 때문에 초콜릿, 코코, 커피의 향미를 내며 또한 파인애플, 포도, 딸기 등의 과일 향미로서 초콜릿 제품, 빵류, 설탕 과자, 소프트 드링크 등에 사용



〈좌〉에틸말톨 (우) 글리신 글라이신

■ 아로마라인(주)

- (천연소재 원료) Bakery(Almond Flavor, Apple Flavor, Apricot Flavor, Banana Flavor 등), Beverage(Blueberry Flavor, Brown rice Flavor, Cake Flavor, Caramel Flavor 등), Confectionary(Cider Flavor, Cocoa Flavor, Coconut Flavor, Coffee Flavor 등) 등의 제품 생산
- (천연 향료) Personal care(Absinth, Acacia, Apricot Basilic, Aqua 등), Home care(Black Cherry, Black White, Cashmire, Cherry Berry 등) 등 생산

■ **아미코젠(주)**

- (롱펩 콜라겐 펩타이드(Long-pep collagen peptide)) 분자량 3,000Da 이하의 저분자이며 체내 흡수가 용이한 제품으로 밥, 국, 반찬 또는 음료에 넣어 섭취 가능
- (N-Acetylglucosamine(NAG)) 키틴에서 발효효소 공법으로 만들어지는 자연형 신소재로 체내에 흡수되어 피부보습에 도움

■ **조은푸드텍**

- (천연 Flavors 향료) 음료(탄산음료, 탄산수, 야채음료, 알코올 음료 등), Dairy (아이스크림, 유음료, 유산균음료 등), 제과(츄잉검, 캔디, 구미, 초코렛 등) 등의 향료 생산
- (일반식품원료) 과·채원료 가공제품, 한방원료 가공제품, 맛분말 제품, 천연색소 생산

■ **(주)광일**

- (천연소재 유화유지) 감미유-S, 식물성풍미유, KM-3000G 등을 제품을 생산하며 면류·만두피·떡의 노화방지, 물성을 개량할 목적이나 면류 제조시 품질개량제(수출용)로 사용
- (축합인산염(혼합)) 포리인산A-205을 생산하고 있으며 면류 제조시, 금속이온봉쇄·결착성강화·산화방지목적으로 사용 가능
- (면개량제(혼합제제)) 프리믹스파우더, MP-100 등의 제품을 생산하며 면류 제조시, 물성을 개량할 목적으로 사용(수출용) 가능

■ **(주)내츄럴스**

- (천연 Flavor) Citrus(Lemon, Orange, Lime 등), Herbal(Peppermint, Spearmint, Cinnamon 등), Sweet(Strawberry, Grape, Honey, Vanilla, Chocolate 등)의 향료 생산
- (천연 조미소재) Spice, Curry Powder, Thyme, Black Pepper, Caraway 등의 제품 생산

■ (주)네오크레마

- (Probio-C 천연 미생물소재) 장내 환경 개선 및 피부환경 개선효과가 있는 프로바이오틱스 (혼합유산균), 프리바이오틱스, 포스트바이오틱스(유산균배양액) 등의 제품 생산
- (팔라티노스, 마더스올리고) 급속한 혈당 상승을 억제하는 저GI(당지수)식품인 팔라티노스, 우수한 프리바이오틱스 효과와 피부환경 개선효과를 가지고 있는 갈락토 올리고당 등의 제품 생산
- (Eatless, DNF-10) 다이어트 소재로 활용되는 Eatless(효모펩타이드), 어린이 성장 촉진 기능이 확인된 업그로190™(우유펩타이드) 등의 제품 생산



〈(주)네오크레마 천연 미생물 소재〉

03 연구개발 투자현황

3-1. 국내 R&D 투자 동향

- '18년부터 '22년까지 식품첨가물 관련 정부의 R&D 투자액은 5년간 총 324억 원, 연평균 65.0억 원 수준임
 - 과제 수는 총 278건(다년도 과제 중복)이며, 연평균 56개 과제 지원
- 부처별로 5년간 농식품부 122억원, 식약처 85억원, 과기부 53억원, 산업부 28억 원의 순임
 - 농식품부는 5년간 138건, 연간 28개 과제가 지원되었으며, 이어 식약처는 연간 12건, 과기부 7건 등임

〈연도별 정부 R&D 투자액(억원)〉

구분	2018	2019	2020	2021	2022	총합계	5개년 평균
과기정통부	10.6	8.7	11.6	14.8	7.9	53.5	10.7
교육부	1.5	1.5	1.1	1.0	1.2	6.3	1.3
농식품부	14.9	31.3	37.7	27.0	11.5	122.4	24.5
농촌진흥청	0.5	0.5	2.3	5.7	7.7	16.7	3.3
산업부	8.7	6.0	4.0	4.9	5.0	28.6	5.7
식약처	17.0	16.0	19.6	18.9	13.4	85.0	17.0
중기부	2.5	1.7	3.0	2.1	3.0	12.2	2.4
총합계	55.7	65.6	79.3	74.4	49.8	324.8	65.0

* 자료: NTIS 기준(2022.7.05.일자)¹⁹⁾

〈연도별 정부 R&D 과제건수(건)〉

구분	2018	2019	2020	2021	2022	총합계	5개년 평균
과기정통부	4	6	9	9	6	34	7
교육부	3	3	3	2	2	13	3
농식품부	14	41	43	28	12	138	28
농촌진흥청	1	1	3	3	4	12	2
산업부	3	2	1	1	1	8	2
식약처	14	12	12	13	10	61	12
중기부	5	2	2	1	2	12	2
총합계	44	67	73	57	37	278	56

* 자료: NTIS 기준(2022.7.05.일자)

19) 고부가가치식품기술개발&맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발사업 과제와 NTIS 키워드 검색(감미, 발색, 보존, 산도, 색소, 아질산, 유화, 착색, 첨가, 향료, 향미)후 식품첨가물 관련 과제 추출

- 품목별로 살펴보면 지난 5개년간 식약처가 주로 시행하고 있는 식품첨가물 안전성 평가과제들이 포함된 공통 기반 영역이 75.3억원(연 15.1)으로 가장 많음
- 단일 품목으로는 향미 55.7억원(연 11.1), 보존료 29.8(연 6.0), 향료 28.1(연 5.6), 조미소재 25.4(연 5.1) 등의 순으로 집계됨

〈식품첨가제 품목별 정부 R&D 투자액(억원)〉

구분	2018	2019	2020	2021	2022	총합계	5개년 평균
감미료	-	3.9	3.4	3.5	3.8	14.6	3.7
단백질	5.6	6.3	0.8	1.2	2.5	16.4	3.3
발효	2.6	4.8	4.8	2.7	1.1	15.9	3.2
보존료	4.2	0.4	4.3	12.4	8.5	29.8	6.0
산도·산화제	1.0	1.8	4.8	2.8	1.8	12.2	2.4
아질산	0.5	0.4	-	0.5	0.7	2.1	0.5
유화·연화제	1.3	5.7	5.8	3.3	-	16.0	4.0
조미 소재	3.8	4.5	7.0	6.8	3.3	25.4	5.1
착색-발색	2.1	3.0	1.2	0.4	6.7	1.7	5.6
항균	0.6	1.3	3.0	2.1	2.5	9.4	1.9
향료	5.8	4.8	7.7	4.9	5.0	28.1	5.6
향미	13.3	14.1	13.4	7.6	7.2	55.7	11.1
공통 기반	16.4	12.7	13.8	20.5	12.0	75.3	15.1
기타	0.8	2.9	7.5	4.8	1.0	17.0	3.4
총합계	55.7	65.6	79.3	74.4	49.8	324.8	65.0

* 자료: NTIS 기준(2022.7.5.일자), 키워드를 중심으로 연구진 작성

3-2. 국내 천연 식품첨가물 연구사례

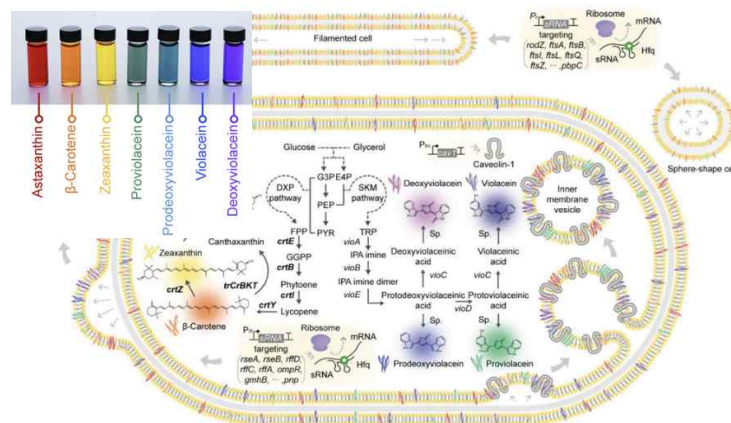
- 국내 천연자원을 활용한 식품첨가물 개발은 중소, 중견기업을 중심으로 진행되고 있으며, 최근 글로벌 시장 확대가 이루어지면서 대기업의 소재 기반연구, 신제품 연구개발이 증가하는 추세
 - 천연물 추출 및 발효 기술을 활용한 첨가용 조미제품, 향미료, 감미료 등 신소재 개발에 많이 이루어지고 있으며, 다양한 산업화 성과가 창출
 - HMR, 밀키트, 친환경 고품질 식품시장의 확대에 따라 이에 활용되는 천연물 기반의 식품 첨가물 개발과 상용화가 활발히 진행
 - 아직까지 대규모 원재료 확보, 제품생산-공정기술 열위로 경제성이 낮아 글로벌 선도 기업 및 주요 경쟁 제품군 대비 기술 및 시장 경쟁력이 미흡한 편
- 천연소재 유래의 기능성 물질 유효성 증대 및 안전성 평가를 위한 생체 흡수효율 증진 기술, 질환 목표전달 메카니즘 규명, 평가기술 등 기반 연구 지속 확대
 - 유효물질의 생체흡수율 제고 발효기술, 물리화학적 전환, 생화학적인 효소 반응 기술 등 제품 품질 향상 및 생산 경제성 확보를 위한 대량생산 공정기술 연구가 활발히 진행 중
 - 천연소재 유래의 기능성 소재 물질에 대한 식품에 대한 적용성, 유효성을 높이기 위한 생체 흡수효율 증진 기술, 목표전달 기법 개발이 주요한 경쟁 우위 확보 기술로 부각
- 전 세계적으로 당류 저감화 분위기가 확산되면서 우리나라에서도 희소당, 당알콜, 올리고당과 같은 대체 감미료 개발을 위한 연구 확대
 - 대체 감미료로는 타가토스, 트레할로스, 아라비노스 등의 연구가 진행되고 있으며, 일부 성과물은 제조공정이 확립돼 산업화 확대 중이며, 해당 분야에 대한 대기업 진출도 증가
 - 소르비톨과 만니톨 등 폴리올 기술이 빠르게 성장, 다이어트 음료수 시장은 이미 고감미 감미료가 시장 대체 중
 - 최근 바이오기술을 기반으로 희소당(rare sugar)류의 대량생산 가능, 다양한 희소 당류에 대한 연구 활성화 기대²⁰⁾
 - 국내 바이오기술을 이용한 희소당의 개발 및 상품화 사례로 알룰로스, 타가토스 등이며 미국 FDA에 의해 GRAS(generally recognized as safe)로 승인을 받은 상태

20) 유상호(2019), 바이오기술을 이용한 식품소재 개발의 국내·외 현황 및 전망

[대표적인 천연첨가물 연구사례]

■ (천연색소) 합성 색소를 대체할 수 있는 미생물을 이용한 일곱 빛깔의 천연 무지개 색소를 세계 최초로 생산('21년 한국과학기술원(KAIST) 생명화학공학과 이상엽)²¹⁾

- 효율적인 빨강, 주황, 노랑 3색의 카로테노이드 생산과 이를 확장한 7가지 무지개색을 모두 생산할 수 있는 기술로 포도당이나 글리세롤을 먹이로 개발한 대장균을 배양함으로써 일곱 빛깔의 천연 무지개 색소를 모두 생산
- 다양한 특성의 천연색소 중 지용성 식품과 의류 염색 등에 활용되는 소수성 천연색소에 주목, 대사공학을 이용해 카로티노이드 계열 색소인 ▲아스타잔틴(빨강), ▲베타-카로틴(주황), ▲제아잔틴(노랑)과 비올라세인 유도체 계열 색소인 ▲프로비올라세인(초록), ▲프로디옥시비올라세인(파랑), ▲비올라세인(남색), ▲디옥시비올라세인(보라)을 생산하는 대장균을 개발



〈미생물을 이용한 천연 무지개 색소〉

- 세포 외 소낭을 형성해 미생물 밖으로 소수성 천연색소를 분비해 무지개 색소를 고효율로 생산하는 데 성공
- 세포의 모양을 변화시키거나 세포 내 소낭을 형성해 미생물 내부의 소수성 천연색소 축적량을 증가시켰고, 색소 생산량 증가 가능
- 폐목재, 잡초 등 지구상에서 가장 풍부한 바이오매스의 주원료인 포도당, 업공정의 부산물로 생산되는 값싼 바이오매스인 글리세롤을 단일 탄소원으로 사용해 일곱 빛깔의 천연 무지개 색소를 생산하는 대장균 균주를 최초로 개발

21) "화장품·식품 속 합성색소 걱정 끝"...세계 최초 천연 무지개 색소 개발 - 아시아경제 2021.06.08.일자

- 기존 화장품·식품에 사용되는 석유 화합물 합성 색소를 완전히 대체해 수질 오염을 줄이고 소비자 건강 유지에 기여 가능
- 국제 학술지 '어드밴스드 사이언스(Advanced Science)'에 '21년 5월 25일자 온라인 출판됐으며, 표지논문으로 선정²²⁾

■ (발효조미소재) 국내 농산물을 활용한 100% 식물성 천연 발효 조미소재 3종 개발('18년 선품식품)²³⁾

- 100% 식물성 천연 풍미 발효 조미소재 제품개발을 위한 맛모듈과 향모듈을 각각 개발하였으며, 개발된 모듈을 원료로 하여 풍미가 우수한 발효 조미소재 개발
 - 국내산 쌀과 콩을 원료로 장류발효용 국균을 이용한 미네랄이 포함된 천연 탄소원 및 질소원과 발효된 쌀발효 효모단백질을 이용한 맛 증진 성분을 제조할 수 있는 공정개발로 쌀발효 효모 저분자펩타이드를 개발
 - 양파, 마늘, 대파, 무, 토마토를 대상으로 원물 그대로의 향미가 유지되는 최적화 공정 개발로 각각의 원물 자체가 가진 향미 소재를 개발
- 경제적인 측면에서 실효성이 높고 경쟁소재와의 차별성이 존재하는 식물성 천연발효 조미소재를 개발하여 국내 기술의 고도화 및 상용화를 촉진
 - 기존에 사용되던 탄소원, 질소원이 아닌 천연원료인 쌀 발효물, 콩 발효물에서 균체량 생성이 우수한 효모균주를 선별하고 발효물질 대사경로를 연구하여 건강한 맛 성분인 아미노산, 펩타이드와 같은 정미성분 생성기술을 확립
 - 유럽, 일본, 중국 등의 글로벌 업체에서 시장을 선점하고 있는 상황에서 국내 기술의 자립화·상용화와 세계시장 공략 기대

■ 미생물 유래 베타아가레이즈를 이용한 우뚝가사리 분해 한천네오 올리고당 개발 ('19년 다인바이오)

- 토양 미생물의 하나인 방선균 유래 우뚝가사리(한천) 분해 효소를 이용한 효소 전환 생물공정으로 생리 활성 바이오 신소재인 네오 아가로 올리고당(DY-NAO)을 개발
 - 네오 아가로 올리고당은 대사성 질환 예방 및 개선과 면역 기능 증진에 효과적

22) Production of Rainbow Colorants by Metabolically Engineered Escherichia coli - Yang - 2021 - Advanced Science - Wiley Online Library

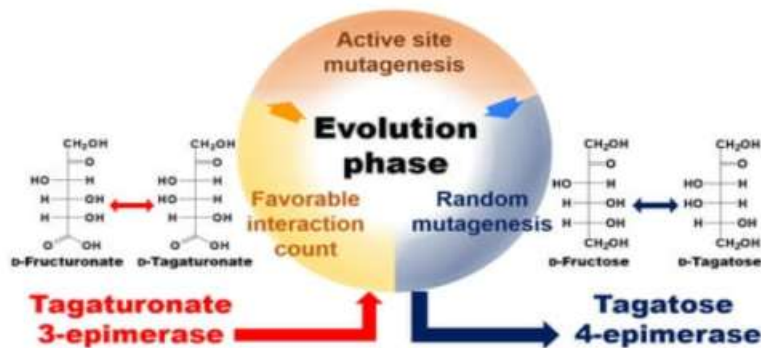
23) 2019년 국가연구개발사업 우수성과 100선(2019), 과기정통부

- 제조기술과 생리 활성 기능과 안전성 연구를 통하여 '18년에 신규 식품 가공용 효소의 식품 첨가물 인허가 및 농식품부의 신기술 인증 획득



〈네오 아가로 올리고당(DY-NAO)〉

- 개발한 신소재인 네오 아가로 올리고당은 건강기능식품, 의약품, 의료용 소재 등으로 쓰이며 사업화를 위하여 후속 연구를 진행 중



〈타가토스 4-에피머라아제(tagatose 4-epimerase)〉

- 저칼로리 기능성 감미료인 타가토스(tagatose)를 과당(fructose)으로부터 생산할 수 있는 효소 개발(20년 KU융합과학기술원 융합생명공학과 오덕근 교수 연구팀)²⁴⁾
- 유제품에 소량으로 존재하는 천연감미료 타가토스는 설탕과 유사한 단맛을 갖고 있음에도 혈당지수(GI)가 매우 낮으며, FDA에서 승인을 받은 저칼로리 감미료
 - 항당뇨, 항비만, 항산화, 충치 예방 효과 등의 유익한 생물학적 효과로 인해 주목을 받고 있으나, 유당에서 유래된 갈락토스를 원료로 하는 지금의 제조방법은 제조가 격이 높아 대중화되는데 한계

24) <http://www.newedu.co.kr/news/articleView.html?idxno=3370>

- 타가투로네이트 3-에피머라아제(tagaturonate 3-epimerase) 과당으로부터 과당-타가토스 전환 활성에 큰 영향을 미치는 아미노산을 찾아, 실수유발 PCR 돌연변이 화법(error-prone PCR), DNA 뒤섞음(DNA shuffling) 및 포화 돌연변이화법 (saturation mutagenesis)와 같은 기법들을 이용해 새로운 효소인 타가토스 4-에피머라아제(tagatose 4-epimerase)를 개발
 - 기존에 유당을 사용하는 방식을 대체하는 이상적인 타가토스 생산 경로가 마련됨으로써 더욱 경제적인 타가토스 생산을 기대
 - 아미노산 잔기 5개가 바뀜으로써 과당-타가토스 전환 활성이 184배 향상됐지만 프락투로네이트-타가투로네이트 전환 활성은 52배 감소
 - 화학공학 분야 국제 학술지인 ‘ACS catalysis’ (IF=12.350) 2020년 10권 19호 게재²⁵⁾
- 선인장에 기생하는 연지벌레에서 추출한 코치닐 색소 개발 등 다양한 원료를 기반으로 한 색소 제품을 개발(‘22년 서도비엔아이)²⁶⁾
- 최근 신기술을 적용한 천연색소 개발 업체인 캐나다의 업체와 독점 계약을 맺어 식품 분야뿐만 아니라 화장품에도 적용할 수 있는 천연색소 개발에 중점
 - ‘코코랩’ 브랜드로 천연색소 · 어골 칼슘 출시
 - 천연색소가 가지고 있는 한계점을 극복하기 위해 마이크로 캡슐화 기술을 개발 중이며, 천연색소, 천연보존료, 어골칼슘, B2C 제품 등으로 사업영역을 다각화



〈연지벌레에서 추출한 코치닐 색소〉

25) Development of Tagaturonate 3-Epimerase into Tagatose 4-Epimerase with a Biocatalytic Route from Fructose to Tagatose

26) <http://www.foodnews.co.kr>(2022.06.22.일자)

■ 저나트륨 감칠맛 조미소재 ‘테이스트엔리치’ 개발, 출시(‘20년 CJ제일제당)

- '20년 감칠맛을 내면서 나트륨 함량이 거의 없이 짠맛을 높여주는 효과를 지닌 천연 발효 조미 소재를 활용한 테이스트엔리치 개발 출시
 - 천연 조미 소재 시장의 주력 품목인 효모엑기스와 달리 특유 냄새나 일부 알레르기 성분까지 제거해 자연에서 생성되는 100% 식물 유래 성분
- 정제와 화학처리 등의 인위적인 공정을 없애고, 차별화된 천연 발효공법을 개발한 뒤 이를 대량생산하는데 성공
 - Non-GMO, Non-알러지, 천연 재료, 최소한의 가공 등으로 생산하여 장기적으로 라면, 과자 등 대량생산 가공식품에 두루 쓰이는 MSG를 대체할 신소재로 분류



〈조미소재 ‘테이스트엔리치’〉

■ 효소 기술 기반 알룰로스·케스토스·G4 올리고당 등 기능성 당 제품 개발과 곡물 유래 원료 식이섬유 출시(‘18년 삼양²⁷⁾)

- 알룰로스는 무화과, 포도 등에 들어 있는 단맛 성분으로 설탕과 비슷한 단맛을 내면서 칼로리는 낮은 수준으로, '17년부터 ‘트루스위트’란 브랜드로 알룰로스 시장에 진출
- 케스토스는 인체에 유익한 균을 키우고 유해한 균은 억제해 건강기능식품 원료로 쓰이는 프락토올리고당의 주요 구성 성분 중 하나
- G4 올리고당은 제빵과 음료, 아이스크림을 만들 때 사용하는 기능성 재료로 아이스크림의 어는점을 낮추는 기능을 보유

27) <https://www.hankyung.com/economy/article/201807184774i>(2018.07.18 일자)

- 동물성 원료를 대체할 수 있는 순식물성 물질을 통해 계란 성분을 대체한 ‘잇츠 베러 마요’ 출시(‘20년 더플랜잇²⁸⁾)
 - 더플랜잇은 생명공학 및 데이터 처리 기술을 활용해 빠르고 정교하게 동물성 원료를 식물성으로 대체할 수 있는 원료를 개발·제조
 - 보통 마요네즈를 만들 때 고소한 맛을 내고, 지방과 수분이 잘 섞이도록 하기 위해 계란이 가진 유화 성분을 이용
 - 더플랜잇은 동물성 원료처럼 유화를 강력하게 할 수 있는 구조를 형성하는 물질을 약콩과 대두에서 찾아내 순식물성으로 대체
 - 계란을 넣은 기존 마요네즈와 맛과 풍미는 비슷하지만, 열량은 4분의 1가량 낮고, 콜레스테롤은 없는 것이 특징

- ‘천연 시스테인’ 대량생산 기술 개발(21년 CJ 제일제당²⁹⁾)
 - CJ제일제당은 세계 최초로 기능성 아미노산인 ‘시스테인’을 비전기분해 방식으로 대량생산하는 기술을 확보하여 상용화
 - 시스테인은 고기향을 내는 소재로 황산화, 해독, 피부 재생효과 등이 있으며, 건강 식품, 의약품 등에 활용
 - 최근 일반 식품에 활용하는 수요가 높아지는 추세이며, 식품에 쓰이는 천연 시스테인은 일반 제품에 비해 거래가격이 최대 3배가량 높아 부가가치가 매우 큰 제품
 - 또한, 대체육을 비롯한 미래 식품과 할랄(Halal), 비건 용 음식에 사용 가능하며, 글로벌 펜데믹 이후 자연친화·건강친화 제품에 대한 관심이 높아져 수요가 상승
 - 현재 시스테인을 생산하는 대부분의 기업은 동물의 털 등에서 추출하는 1세대 시스테인 또는 식물성 원료를 전기분해해 만드는 2세대 시스테인에 머물러 있는 상황이지만 CJ제일제당은 미생물 발효 공법을 기반으로 전기분해 없이 생산하는 3세대 시스테인 생산에 성공

28) [https://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=74440\(2020.07.02.일자\)](https://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=74440(2020.07.02.일자))

29) [https://www.skyedaily.com/news/news_view.html?ID=126605\(2021.03.23.일자\)](https://www.skyedaily.com/news/news_view.html?ID=126605(2021.03.23.일자))



〈CJ제당 천연 시스테인〉

■ 식물성 셀룰로오스 ‘애니애디(AnyAddy)’ 식품첨가제 개발(‘21년 롯데정밀화학³⁰⁾)

- FDA·WHO 인증, 친환경 셀룰로스 계열 사업에 1,800억원을 투자하면서 식품용 첨가제 개발 및 시장진출 사업을 강화
- '애니애디'는 펄프 원료 기반으로 제조되는 식물성 셀룰로오스 에테르 물질로 제과·제빵·튀김류·토피ング·제면·건강기능식품 제조시 안정제, 증점제, 유화제, 코팅제, 현탁제, 식감 개선 용도로 사용
- HPMC(Hydroxypropyl Methylcellulose)와 MC(Methylcellulose)로 구성, 美식품 의약국(FDA)과 세계보건기구(WHO)의 식품 원료 검증을 비롯 할랄(Halal·이슬람 허가) 인증을 획득



〈롯데정밀화학 ‘애니애디(AnyAddy)’〉

30) <https://www.ebn.co.kr/news/view/1502475>(2021.10.01.일자)

■ K-FOOD 천연 향미소재 개발·사업화 연구 착수(22년 아워홈³¹⁾)

- 육식과 매운맛 요리 관련 향미 특성을 규명하고, 이후 불고기·숯불갈비·삼겹살·육개장·고추장 양념구이류 등 K-푸드 육식 메뉴와 매운 요리 맛을 구현할 수 있는 향미 소재를 개발, 아워홈의 제조 인프라를 활용해 생산·상용화할 계획
 - 글로벌 주요 향료회사의 소고기향(beef flavor), 스모크향(smoke flavor) 등과 같이 요리 특성을 나타낼 수 있는 향미 제품에 대한 수요가 꾸준히 증가
 - 한국적인 요리 향 특성을 발현하기에 적합하지 않아 K-푸드에 맞는 향 소재 개발이 필요성 부각
- 아워홈은 이번 연구로 육식 및 매운맛 관련 K-푸드 천연 향미소재를 개발, 제품화해 HMR, 에스닉푸드(Ethnic food, 전통요리) 등 다양한 응용상품을 개발하고, 가공식품 시장을 활성화하는 한편, 수출 전략형 상품도 개발, 수출에도 나설 계획
 - 해외에서는 향미소재 시장이 크게 발달돼 있는 반면, 국내 시장에서는 필요성에 비해 연구개발이 더딘 편이라 실제로 많은 양을 수입에 의존하고 있는 상황

3-2. 해외 연구개발 동향

■ (프) Naturex, 식품 보존을 위한 천연 성분의 첨가물 XtraBlend RN 개발 ('18년 개발, '21년 시카고 IFT 출시)³²⁾

- 마요네즈 및 드레싱과 같은 식품 응용 분야에 주로 사용되는 합성 물질 EDTA(에틸렌디아민테트라아세트산)에 대한 친환경 대체 제제
 - XtraBlend RN은 로즈마리와 시금치 추출물을 이용하여 EDTA와 동일한 기능 수행, 식품의 색상 유지와 선도 보존에 도움
- 유화 소스의 맛과 풍미 유지, 두 가지 식물 추출물을 혼합한 자연 친화적인 방식, 일괄된 제품 성능을 위한 합성화합물 첨가제 이상의 성능을 보유
 - 맛에 영향을 미치지 않고 킬레이트 작용과 자유 라디칼 제거 활동의 강력한 조합을 제공

31) <http://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=96873>(2022.05.18.일자)

32) Naturex홈페이지(<https://www.naturex.com/BUSINESS-UNITS/Food-Beverage/EDTA-Replacers>) 참조



〈Naturex 로즈마리와 시금치 추출물 이용 천연 첨가물〉

■ (미) Kemin, 친환경 성분의 산화지연 소재 Fortium RVC 개발('18년)³³⁾

- Fortium RVC는 제과 및 스낵 분야에서 기존의 토코페롤의 대체재로 사용할 수 있는 자연 친화적 성분³⁴⁾
 - 로즈마리 추출물 카르노산 기반 성분으로 색상 및 풍미 저하에 대한 최대 효과를 위해 설계
 - Kemin은 독자적인 분쇄 기술을 사용하여 현탁액이 작고 균일한 입자를 가지도록 하여 각 응용 분야에서 지방과 기름의 물리적 안정성을 향상
 - 부틸화 하이드록시아니솔(BHA), 부틸화 하이드록시톨루엔(BHT) 또는 터셔리-부틸 하이드로퀴논(TBHQ)과 같은 전통적으로 사용되는 합성 항산화제에 대한 대안

■ (네) Corbion, 빵의 유통기한을 연장하기 위해 식초와 천연향료로 만든 Verdad MP100 개발('18년)³⁵⁾

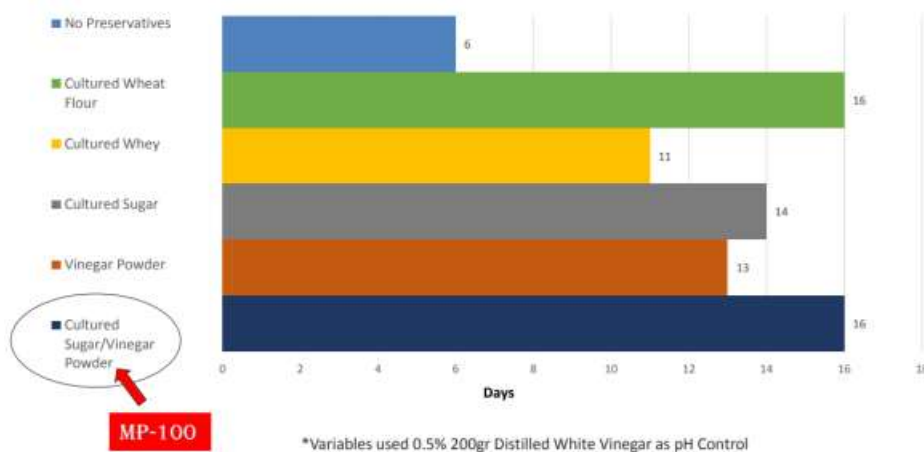
- Verdad MP100은 곰팡이의 성장을 억제하며, 제품의 풍미에 악영향을 주지 않고 프로피온산 칼슘*과 함께 작용하는 최초의 친환경적인 곰팡이 억제제
 - * 제빵 업계에서 유통기한 연장을 위해 오랫동안 사용해온 합성 용액

33) SF&WB, 2018, Kemin Fortium RVC antioxidant

34) <https://www.kemin.com/na/en-us/markets/food/products/fortium-r>

35) food ingredients first, 2018, Corbion launches vinegar-based mold inhibitor

- 식초의 곰팡이 억제 능력을 손상시키지 않고 식초의 신맛을 중화시킬 수 있는 방법을 찾아내기 위해 조합이 맞는 천연 향료를 찾기 위한 연구를 진행
- Verdad MP100을 고기와 애완동물 식품 등 다른 식품에도 확장 적용할 가능성이 있어 향후 기대



※ 출처 : cleanlabel conference(2019.03)³⁶⁾

〈곰팡이 성장 억제 연구〉

■ (미국) 아카시아 식물 섬유물질에서 저당함량의 향미 변형 조미료 추출('18년)

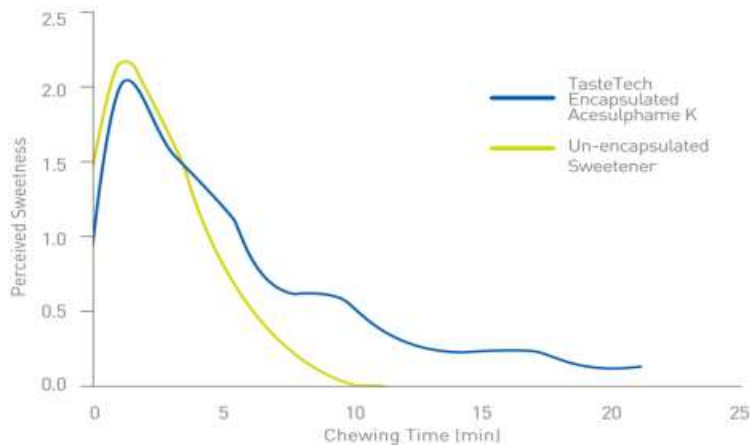
- 식물섬유 물질 중 전체 구성의 무게에 근거하여 약 94%~98%의 양으로 존재하는 아카시아 식물 섬유물질을 사용
 - 아카시아속(Acacia)의 수목에서 분비되는 점진물인 '아라비아고무'를 식이 섬유 성분으로 인정할 계획(미국식품의약국)³⁷⁾
- 아카시아 섬유와 스테비아와 같은 천연 자원의 수크로스 대용물과 같은 수용성 식물 섬유의 조합이 다양한 식품 또는 기타 경구 배송 제품의 맛을 향상
 - 보통의 첨가물 제품에는 수크로오스, 프룩토스, 옥수수시럽 등과 같은 높은 칼로리의 감미료가 첨가되어 건강에 좋지 않으며, 저당함량으로 구성된 대체 감미료 제품이 있지만 쓴 맛이 포함되어 감미료의 역할을 제대로 하지 못한다는 단점이 존재
- 첨가물 음식 제품(비알코올성 음료, 탄산음료, 과자류, 사탕 과자, 스낵 식품, 유가공 제품, 푸딩, 시리얼, 빵, 기타 등)에 감미료로 적용

36)

<https://cleanlabel.globalfoodforums.com/wp-content/uploads/sites/3/2020/08/Corbion-Verdad-MP10-natural-mold-inhibitor.pdf>

37) [http://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=93576\(2022.02.11.일자\)](http://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=93576(2022.02.11.일자))

- 낙농업 제품(우유, 요구르트)에 첨가 되었을 경우에는 바닐라 유사 향미가 추가되므로 낙농업 제품에도 적용이 가능
- (영) Taste Tech, 고강도 감미료가 포함된 씹는 시간을 연장하는 매트릭스 캡슐화 기술 개발('19)³⁸⁾
 - 캡슐화 기술은 고강도 감미료의 수용성을 낮추도록 설계되어 씹을 때 천천히 방출하는 역할을 수행
 - 또한, 각 입자가 여러 개의 활성 물질 주머니를 포함하는 방식으로 인해 씹을 때마다 새로운 풍미가 느껴지도록 기능
 - 캡슐화된 감미료의 이점을 입증하기 위해 캡슐화 되지 않은 껌과 비교 테스트를 진행한 결과, 캡슐화된 감미료가 비교적 껌을 씹기 좋은 상태가 오래 지속되었으며 단맛 또한 더 오래 지속



〈캡슐화 된 껌과 캡슐화 되지 않은 껌의 씹는 시간 비교〉

38) foodnavigator, 2019, CREATING BETTER CHEWING GUM WITH TASTETECH ENCAPSULATION TECHNOLOGY

04 산업전망 및 시사점

- 세계 식품첨가물 시장은 '20년 457억, '26년 590억 달러 규모로 연평균 4.4% 성장 전망
 - 일반 식품시장이 '25년까지 연평균 성장률이 3.9%인 반면, 식품 첨가물 시장은 4.4%로 더 높은 성장이 이루어질 것으로 전망
 - 미국시장이 '21년 127억 달러로 전세계 시장의 27.0%를 점유, '26년까지 중국은 117억 달러, 유럽은 126억 달러 규모로 성장 예상
 - 친환경을 선호하는 소비자 라이프 스타일과 냉동식품, 즉석 포장식품, 밀키트 등 산업 성장과 연계되어 천연 식품첨가물 시장이 빠른 성장이 예상
 - 화학적 첨가물에 대한 규제 강화와 소비자들의 천연소재에 대한 기호 증가가 천연 식품첨가물 시장 확대의 가장 큰 동인
 - 글로벌 기업 및 대기업을 중심으로 천연 식품첨가물에 대한 연구 및 상품화가 확대되어 규모화 및 집중화되어 가는 경향
- 우리나라도 식품 시장 규모가 커지면서, 식품첨가물 시장 규모 역시 지속적으로 확대
 - 식품첨가물 국내 생산액은 1조 6천억 원, 수출 366백만 달러 규모로 지난 6개년간 5% 이상의 연평균 성장률을 기록('20년 기준)
 - '20년 기준 생산업체 수 1,188개, 생산품목 수는 2,831개
 - 국내에서도 다양한 제품 개발이 이루어지고 있지만, 해외 수입 의존도가 높은 편
 - 고감미료, 당알코올은 90% 이상을 수입에 의존, 기능성 식품 국산원료 이용비율 29.2% 수준³⁹⁾
- 글로벌 소비트렌드 변화 대응, 국민의 건강과 식품안전, 식품산업의 새로운 고부가가치 창출을 위해 천연 식품첨가물 연구개발 지속 확대 필요
 - 안심먹거리에 대한 니즈와 친환경 생활 제품의 대중화로 친환경 식품에 대한 소비자의 수요 증대
 - 무(無) 화학첨가물, 저(低) 칼로리형 대체 감미료, 기능성 지질 및 식물성 단백질 등 천연 첨가제나 조미 소재에 대한 수요 증가

39) 농기평, 식품R&D 중장기전략 수립연구(2015)

- 합성 첨가물이 없거나 최소화한 클린라벨 제품 시장 확대, 각국 전통식품(Ethnic Food) 및 발효기술, 자국 식물소재를 활용한 천연 식품첨가물의 탐색 연구 또한 활발히 진행 중

- 글로벌 시장에 대응할 수 있는 품질 경쟁력과 안전성 확보, 고효율의 소재 추출기술, 대량 생산 효율성 제고 등 국내 산업계의 한계를 극복할 수 연구개발 체계 강화 필요

■ **클린라벨 식품개발 활성화, 새로운 원료 인정제도 등 식품첨가물의 신뢰 및 사회적 공유가치 확산을 위한 제도적 지원체계 정립**

- 식품 성분을 알기 쉽고 명확하게 공개하고, 천연 및 친환경 성분들을 지향하는 ‘클린라벨’ 활성화 필요

- 아직 국내시장에서 생소한 클린라벨 식품에 대한 명확한 개념을 정립하고, 제도 및 규정으로 정립할 경우 인증시스템 혹은 인증마크 제도 도입 또한 검토할 필요가 있음⁴⁰⁾

- 새로운 천연 식품첨가물 소재원료가 지속적으로 발굴되고 있어 새롭게 개발되는 천연 식품첨가물 소재원료에 대한 인정 확대 필요

- 새로운 식품원료에 대한 ‘새로운 식품원료 인정제도⁴¹⁾’를 통해 한시적으로 식품 원료 사용을 인정하듯 천연 식품첨가물도 개발 경위, 사용현황, 제조방법, 원료 특성, 안전성 등의 평가를 통해 개발 첨가물에 대한 사용 인정 확대 제도 기반 마련

■ **식품첨가물 신소재에 대한 기능성 규명, 성분 안전성 위해 평가체계 강화로 안전한 먹거리 공급체계 확립**

- 새로운 식품성분에 대해 각국에서는 국민 보호를 목적으로 엄격한 규정을 두어 식품 첨가물의 원재료, 성분 안전성 심사 및 생산과정에 대한 평가를 강화

- 식품첨가물 신소재의 안전성 확보와 산업계의 연구개발 활성화 동시 달성이 중요

- 천연물 소재 식품첨가물의 안전성과 기능성을 명료화 제시하는 투명한 식품 공급체계 정립 필요

- 소재전환 공정상의 저탄소화, 고효율 생산체계 정립으로 제조 생산과정에서의 환경 문제 최소화도 중요

40) 유럽연합(EU)에서는 가공식품의 주원료 원산지에 대한 잘못된 표기로 인해 야기되는 혼선을 줄이고자 새로운 라벨링 법규인 ‘식품정보 규정 Regulation(EU) 1169/2011’을 마련했으며, 이를 클린라벨 제품의 표기에 대한 법적 근거로 활용(최희돈, 한국식품연구원 2020.12.)

41) 식품의약품안전처, https://www.nifds.go.kr/brd/m_21/view.do?seq=12642

■ 천연 식품첨가물 소재발굴부터 제품개발, 제형개발, 대량생산 공정체계 정립 등 전주기 상품개발 상용화 지원체계 구축

- 다양한 식품첨가물 소비 유형에 따라 세분화된 수요 타깃을 공략할 수 있는 시장 중심의 상품 기획과 개발, 판매·마케팅까지 연계하는 전주기 연구개발 체계 정립 필요
- 식품 소재 융복합 기술의 적용으로 인한 식품첨가물 대량 생산체계 구축으로 개발 제품의 경제성 확보 선결 필요
 - 식품 첨가물 소재발굴과 더불어 유전공학·효소공학 등 바이오 기술을 융합한 대량 생산, 정제 소재의 순도 향상 등 신 바이오기술 기반의 생산 공정기술 지원 확대
 - 식품첨가물의 생체 흡수 및 효율 증진을 해결하기 위한 캡슐화 등의 제형 기술개발 또한 적극적인 투자가 요구
- 유망 식품첨가물 신소재 개발에 따른 안정적 원료공급 기반 조성을 위해 다각적인 농생명 연계 지원 정책 추진
 - 국내 천연자원을 이용한 소재개발로 수입대체 효과 및 국내 농가소득 자원화 견인

■ 천연 첨가물 소재에 대한 표준화와 데이터베이스 구축, 인공지능 기반 신소재 발굴 플랫폼 구축 등으로 신상품 개발 활성화 지원 필요

- 식품첨가물 등 연구 소재(추출물·성분·정보 등)에 대한 통합화, 표준화가 이루어지지 않아 활용될 수 있는 소재 및 관련 정보가 제한적, 수요자 기대에 미치지⁴²⁾
 - 천연 식품첨가물 소재 데이터 통합 및 연구데이터 플랫폼 구축으로 다양한 소재자원을 기반으로 제품개발이 이루어 질 수 있는 오픈 R&D 체계 지원 필요
 - 국내 천연물 자원의 표준화와 기준 마련, 소재·분석·효능 정보를 통합·표준화로 방대한 천연물 소재를 수요자가 쉽고 깊이 있게 활용할 수 있는 국가 데이터 체계 구축 요구
 - 소재자원의 형태·유전학적 정보와 지역·시기·부위별로 표준화된 방법으로 제조한 추출물의 프로파일 정보, 주요 성분에 대한 정성·정량 분석정보와 효능 정보 등을 데이터베이스화 하고 쉽게 활용할 수 있는 데이터플랫폼 마련 필요
- * 과학기술정보통신부는 소재 연구데이터를 체계적, 안정적으로 수집·관리할 수 있는 체계를 구축하고 소재 연구개발에 직접 활용할 수 있도록 하는 '데이터 기반 소재연구 혁신허브 구축·활용방안'을 확정(2020) 및 추진⁴³⁾

42) 생명공학연구원, 천연물 클러스터 정책 간담회(2021.10.28.) 자료 참조

43) 과학기술정보통신부 보도자료 '소재연구에 데이터·인공지능(AI) 도입된다!(2020.10.15.)

참고1 식품첨가물 용도별 분류⁴⁴⁾

용도	설명	예시
(1) 감미료	식품에 단맛을 부여하는 식품첨가물	D-리보오스, D-말티톨, D-소비톨, D-소비톨액, D-자일로오스, 감초추출물, 글리실리진산이나트륨, 네오탄, 락티톨, 만니톨, 말티톨시럽, 사카린나트륨, 수크랄로스, 스테비올배당체, 아세설팜칼륨, 아스파탐, 에리스리톨, 이소말트, 자일리톨, 토마틴, 폴리글리시톨시럽, 호소처리스테비아
(2) 고결방지제	식품의 입자 등이 서로 부착되어 고형화 되는 것을 감소시키는 식품첨가물	결정셀룰로스, 규산마그네슘, 규산칼슘, 분말셀룰로스, 실리코알루미늄산나트륨, 이산화규소, 페로시안화나트륨, 페로시안화칼륨, 페로시안화칼슘
(3) 거품제거제	식품의 거품 생성을 방지하거나 감소시키는 식품첨가물	규소수지, 라우린산, 미리스트산, 옥시스테아린, 올레인산, 이산화규소, 팔미트산
(4) 껌기초제	적당한 점성과 탄력성을 갖는 비영양성의 씹는 물질로서 껌 제조의 기초 원료가 되는 식품첨가물	검레진, 글리세린지방산에스테르, 로진, 석유왁스, 소르비탄지방산에스테르, 에스테르검, 자당지방산에스테르, 초산비닐수지, 탄산칼슘, 탭크, 트리아세틴, 폴리글리세린지방산에스테르, 폴리부텐, 폴리이소부틸렌
(5) 밀가루개량제	밀가루나 반죽에 첨가되어 제빵 품질이나 색을 증진시키는 식품첨가물	L-시스테인염산염, 과산화벤조일(희석), 과황산암모늄, 아조디카르보나이드, 염소, 요오드산칼륨, 요오드칼륨, 이산화염소(수)
(6) 발색제	식품의 색을 안정화시키거나, 유지 또는 강화시키는 식품첨가물	아질산나트륨, 질산나트륨, 질산칼륨
(7) 보존료	미생물에 의한 품질 저하를 방지하여 식품의 보존기간을 연장시키는 식품첨가물	ϵ -폴리리신, 나타마이신, 니신, 데히드로초산나트륨, 메타중아황산나트륨, 메타중아황산칼륨, 무수아황산, 산성아황산나트륨, 소브산, 소브산칼륨, 소브산칼슘, 아질산나트륨, 아황산나트륨, 안식향산, 안식향산나트륨, 안식향산칼륨, 안식향산칼슘, 자동종자추출물, 질산나트륨, 질산칼륨, 차아황산나트륨, 파라옥시안식향산메틸, 파라옥시안식향산에틸, 프로피온산, 프로피온산나트륨, 프로피온산칼슘
(8) 분사제	용기에서 식품을 방출시키는 가스 식품첨가물	산소, 아산화질소, 이산화탄소, 질소
(9) 산도조절제	식품의 산도 또는 알칼리도를 조절하는 식품첨가물	DL-사과산, DL-사과산나트륨, DL-주석산, DL-주석산나트륨, DL-주석산수소칼륨, L-젖산마그네슘, L-주석산, L-주석산나트륨, L-주석산수소칼륨, 구연산, 구연산삼나트륨, 구연산칼륨, 구연산칼슘, 글루코노- δ -락톤, 글루콘산, 글루콘산나트륨, 글루콘산마그네슘, 글루콘산철, 글루콘산칼륨, 글루콘산칼슘, 메타인산나트륨, 메타인산칼륨, 빙초산, 산성알루미늄인산나트륨, 산성피로인산나트륨, 산성피로인산칼슘, 산화칼슘, 세스퀴탄산나트륨, 수산화나트륨, 수산화나트륨액, 수산화마그네슘, 수산화암모늄, 수산화칼륨, 수산화알루미늄, 아디프산, 암모니아, 염기성알루미늄인산나트륨, 이초산나트륨, 이타콘산, 인산, 젖산, 젖산나트륨, 젖산철, 젖산칼륨, 젖산칼슘, 제삼인산나트륨, 제삼인산마그네슘, 제삼인산칼륨, 제삼인산칼슘, 제이인산나트륨, 제이인산마그네슘, 제이인산암모늄, 제이인산칼륨, 제이인산칼슘, 제일인산나트륨, 제일인산암모늄, 제일인산칼륨, 제일인산칼슘, 주석산칼륨나트륨, 초산, 초산나트륨, 초산칼슘, 탄산나트륨, 탄산마그네슘, 탄산수소나트륨, 탄산수소암모늄, 탄산수소칼륨, 탄산암모늄, 탄산칼륨(무수), 폴리인산나트륨, 폴리인산칼륨, 푸마르산, 푸마르산일나트륨, 피로인산나트륨, 피로인산칼륨, 피틴산, 호박산, 호박산이나트륨, 황산나트륨, 황산알루미늄암모늄, 황산알루미늄칼륨, 황산칼륨, 황산칼슘
(10) 산화방지제	산화에 의한 식품의 품질 저하를 방지하는 식품첨가물	d- α -토코페릴아세테이트, d- α -토코페릴호박산, dl- α -토코페릴아세테이트, d- α -토코페롤, d-토코페롤(혼합형), L-아스코브산나트륨, L-아스코브산칼슘, L-아스코빌스테아레이트, L-아스코빌팔미테이트, γ -오리자놀, 디부틸히드록시톨루엔, 루틴, 메타중아황산나트륨,

44) 식약처 식품안전나라 <https://www.foodsafetykorea.go.kr/>

용도	설명	예시
		메타중아황산칼륨, 몰식자산, 몰식자산프로필, 무수아황산, 봉선화추출물, 부틸히드록시시아니솔, 비타민C, 비타민E, 산성아황산나트륨, 아황산나트륨, 에리토브산, 에리토브산나트륨, 이.디.티.에이, 이나트륨, 이.디.티.에이, 칼슘이나트륨, 차아황산나트륨, 차추출물, 차카테킨, 참깨유불검 화물, 케르세틴, 터셔리부틸히드로퀴논, 페롤린산, 포도송자추출물, 효소분해 사과추출물, 효소처리루틴
(11) 살균제	식품 표면의 미생물을 단시간 내에 사멸시키는 작용을 하는 식품첨가물	과산화수소, 과산화초산, 오존수, 이산화염소(수), 차아염소산나트륨, 차아염소산수, 차아염소산칼슘
(12) 습윤제	식품이 건조되는 것을 방지하는 식품첨가물	D-말티톨, D-소비톨, D-소비톨액, 글리세린, 락티톨, 만니톨, 말티톨시럽, 에리스리톨, 자일리톨, 폴리글리시톨시럽, 폴리덱스트로스, 프로필렌글리콜
(13) 안정제	두 가지 또는 그 이상의 성분을 일정한 분산 형태로 유지시키는 식품첨가물	가티검, 결정셀룰로스, 구아검, 글루코만난, 글루코사민, 글리세린, 담자검, 덱스트, 로커스트콩검, 메틸셀룰로스, 메틸에틸셀룰로스, 미세섬유상셀룰로스, 변성전분, 분말셀룰로스, 사일리움씨드검, 시클로덱스트린, 시클로덱스트린시럽, 아라비노갈락탄, 아라비아검, 알긴산, 알긴산나트륨, 알긴산암모늄, 알긴산칼슘, 알긴산프로필렌글리콜, 에스테르검, 에틸셀룰로스, 옥시스테아린, 잔탄검, 젤라틴, 젤라틴검, 카나우바왁스, 카라기난, 카라야검, 카복시메틸셀룰로스나트륨, 카복시메틸셀룰로스칼슘, 카복시메틸스타치나트륨, 카제인, 카제인나트륨, 카제인칼슘, 카제인칼슘, 커드란, 키토, 키틴, 타라검, 타마린드검, 트라가칸검, 펄레란, 펙틴, 폴리감마글루탐산, 폴리리시톨시럽, 폴리덱스트로스, 폴리비닐피롤리돈, 폴리아크릴산나트륨, 프로필렌리콜, 황산알루미늄암모늄, 황산알루미늄칼슘, 히드록시프로필메틸셀룰로스, 히록시프로필셀룰로스, 히알루론산
(14) 여과보조제	불순물 또는 미세한 입자를 흡착하여 제거하기 위해 사용되는 식품첨가물	규산마그네슘, 규산칼슘, 규조토, 메타규산나트륨, 백도토, 벤토나이트, 산성 백토, 이산화규소, 탈크, 펄라이트, 폴리비닐폴리피롤리돈, 활성탄
(15) 영양강화제	식품의 영양학적 품질을 유지하기 위해 제조과정 중 손실된 영양소를 복원하거나, 영양소를 강화시키는 식품첨가물	5'-구아닐산이나트륨, 5'-리보뉴클레오티드이나트륨, 5'-리보뉴클레오티드칼, 5'-시티딜산, 5'-시티딜산이나트륨, 5'-아데닐산, 5'-우리딜산이나트륨, 5'-이노산이나트륨, d-a-토코페릴아세테이트, d-a-토코페릴호박산, dl-a-토코페릴아테이트, DL-메티오닌, DL-알라닌, DL-트레오닌, DL-트립토판, DL-페닐알라, d-α-토코페롤, d-토코페롤(혼합형), L-글루타민, L-글루탐산, L-라이신, L-라신염산염, L-로이신, L-메티오닌, L-발린, L-세린, L-시스테인염산염, L-시스틴, L-아르지닌, L-아스코브산나트륨, L-아스코브산칼슘, L-아스코빌스테아레이, L-아스코빌팔미테이트, L-아스파라진, L-아스파르트산, L-알라닌, L-이소로이신, L-젓산마그네슘, L-주석산나트륨, L-카르니틴, L-트레오닌, L-트립토판, L-티신, L-페닐알라닌, L-프롤린, L-히스티딘, L-히스티딘염산염, β-카로틴, 구연산, 구연산삼나트륨, 구연산제일철나트륨, 구연산철, 구연산철암모늄, 구연산칼슘, 구연산칼슘, 글루콘산나트륨, 글루콘산동, 글루콘산마그네슘, 글루콘산망간, 글루산아연, 글루콘산철, 글루콘산칼슘, 글루콘산칼슘, 글리세로인산칼슘, 글리세로인산칼슘, 글리신, 니코틴산, 니코틴산아미드, 디벤조일티아민, 디벤조일티아민염산염, 페린농축물, 메틸테트라히드로엽산글루코사민, 몰리브덴산나트륨, 몰리브덴산암모늄, 유신, 분말비타민A, 불화나트륨, 비오틴, 비타민B12, 비타민B1나프탈린-1,5-디설포산염, 비타민B1라우릴황산염, 비타민B1로단산염, 비타민B1염염, 비타민B1질산염, 비타민B2, 비타민B2인산에스테르나트륨, 비타민B6, 엽산염, 비타민C, 비타민D2, 비타민D3, 비타민E, 비타민K1, 산화마그네슘, 산화아연, 산칼슘, 셀렌산나트륨, 수산화마그네슘, 수산화칼슘, 스테아린산마그네슘, 스테아린칼슘, 아셀렌산나트륨, 염화마그네슘, 염화망간, 염화제이철, 염화칼슘, 염화칼슘, 염화칼륨, 염화코발린, 염화크롬, 엽산, 요오드산칼슘, 요오드칼슘, 용성비타민P, 유성비타민A방산에스테르, 이노시톨, 이리단백, 인산, 인산철, 전해철, 젓산나트륨, 젓산철, 젓산염, 젓산칼슘, 제삼인산나트륨, 제삼인산마그네슘, 제삼인산칼슘, 제삼인산칼슘, 제이인산나트륨, 제이인산마그네슘, 제이인산칼슘, 제이인산칼슘, 제일인산나트륨, 제일인산칼슘, 제일인산칼슘, 주석산수소콜린, 카로틴, 타우린, 탄산나트륨, 탄산마그네슘, 탄산수소나트륨, 탄산수소칼슘, 탄산칼륨(무수), 탄산칼슘, 테아닌, 판토산나트륨, 판토텐산칼슘, 푸마르산제일철, 피로인산제이철, 피로인산철나트륨, 헤페리딘, 헥셀, 환원철, 황산나트륨, 황산동, 황산망간, 황산아연, 황산제일철, 황산칼, 효소처리헤스페리딘

용도	설명	예시
(16) 유화제	물과 기름 등 섞이지 않는 두 가지 또는 그 이상의 상(phases)을 균질하게 섞어주거나 유지시키는 식품첨가물	글루콘산나트륨, 리세린지방산에스테르, 라우릴황산나트륨, 레시틴, 소르비탄지방산에스테르, 스테아린산마그네슘, 스테아린산칼슘, 스테아릴젯산나트륨, 스테아릴젯산칼슘, 알긴산, 알긴산나트륨, 알긴산암모늄, 알긴산칼륨, 알긴산칼슘, 알긴산로필렌글리콜, 암모늄포스파타이드, 염기성알루미늄인산나트륨, 유카추출물, 자지방산에스테르, 젯산나트륨, 젤라틴, 카나우바왁스, 카라기난, 카제인, 카제인나트륨, 카제인칼륨, 카제인칼슘, 칸델릴라왁스, 켈라야추출물, 트리아세틴, 폴리글리린지방산에스테르, 폴리글리세린축합리시놀레인산에스테르, 폴리소르베이트20, 폴리소르베이트60, 폴리소르베이트65, 폴리소르베이트80, 프로필렌글리콜, 프필렌글리콜지방산에스테르, 호소분해레시틴
(17) 이형제	식품의 형태를 유지하기 위해 원료가 용기에 붙는 것을 방지하여 분리하기 쉽도록 하는 식품첨가물	유동파라핀, 피마자유
(18) 응고제	식품 성분을 결합 또는 응고시키거나, 과일 및 채소류의 조직을 단단하거나 바삭하게 유지시키는 식품첨가물	글루코노- δ -락톤, 염화마그네슘, 염화칼슘, 조제해수염화마그네슘, 황산칼슘, 두응고제염양강화제, 황산마그네슘, 밀가루개량제, L-시스테인염산염, 과산화벤조(희석), 과황산암모늄, 아조디카르보아미드, 염소, 요오드산칼륨, 요오드칼륨, 이산화염소
(19) 제조용제	식품의 제조·가공 시 촉매, 침전, 분해, 청징 등의 역할을 하는 보조제 식품첨가물	과산화수소, 니켈, 라우린산, 메톡사이드나트륨, 미리스틴산 산소, 수산, 수산화나트륨, 수산화나트륨액, 수소, 스테아린산, 암모니아, 염산, 올레인산, 이소프로필알콜, 이온교환수지, 자몽종자추출물, 지베렐린산, 질소, 카프릭산, 카프릴산, 팔미트산, 황산, 황산동, 황산아연
(20) 젤형성제	젤을 형성하여 식품에 물성을 부여하는 식품첨가물	염화칼륨, 젤라틴
(21) 증점제	식품의 점도를 증가시키는 식품첨가물	가티검, 결정셀룰로스, 구아검, 글루코만난, 글루코사민, 담마검, 덱스트란, 로커스콩검, 메틸셀룰로스, 메틸에틸셀룰로스, 미세섬유상셀룰로스, 변성전분, 분말셀룰로스, 사일리움씨드검, 아라비노갈락탄, 아라비아검, 아미드펙틴, 알긴산, 알긴산나트륨, 알긴산암모늄, 알긴산칼륨, 알긴산칼슘, 알긴산프로필렌글리콜, 에틸셀룰로스잔탄검, 젤라틴, 카나우바왁스, 카라기난, 카라야검, 카복시메틸셀룰로스나트륨, 카복시메틸셀룰로스칼슘, 카복시메틸스타치나트륨, 카제인, 카제인나트륨, 카제칼륨, 카제인칼슘, 커드란, 키토산, 키틴, 타라검, 타마린드검, 트라가칸검, 퍼셀레, 펙틴, 폴리감마글루탐산, 폴리알크릴산나트륨, 히드록시프로필메틸셀룰로스, 히록시프로필셀룰로스, 히알루론산
(22) 착색료	식품에 색을 부여하거나 복원시키는 식품첨가물	β -아포-8'-카로티날, β -카로틴, 감색소, 고량색소, 금박, 김색소, 동클로로필, 동로로필린나트륨, 동클로로필린칼륨, 락색소, 루틴, 마리골드색소, 무궁화색소, 베류색소, 비트레드, 사프란색소, 삼이산화철, 수용성안나토, 스피룰리나색소, 시아트색소, 식용색소녹색제3호, 식용색소적색제102호, 식용색소적색제2호, 식용색소적색제3호, 식용색소적색제40호, 식용색소적색제1호, 식용색소청색제2호, 식용색소황색제4호, 식용색소황색제5호, 심황색소, 안나토색소, 알팔파추출색소, 양파소, 오징어먹물색소, 이산화티타늄, 자단향색소, 자주색고구마색소, 자주색옥수수, 자주색참마색소, 적무색소, 적양배추색소, 진주빛색소, 차즈기색소, 철클로로린나트륨, 치자적색소, 치자청색소, 치자황색소, 카라멜색소, 카로틴, 카민, 카카오소, 코치닐추출색소, 클로로필, 타마린드색소, 토마토색소, 파프리카추출색소, 파아색소, 포도과즙색소, 포도과피색소, 피칸너트색소, 홍국색소, 홍국황색소, 홍화색소, 홍화황색소, 흑당근추출색소
(23) 청관제	식품에 직접 접촉하는 스팀을 생산하는 보일러 내부의 결석, 물 때 형성, 부식 등을 방지하기 위하여 투입하는 식품첨가물	청관제
(24) 추출용제	유용한 성분 등을 추출하거나 용해시키는 식품첨가물	메틸알콜, 부탄, 아세톤, 이소프로필알콜, 초산에틸, 헥산

용도	설명	예시
(25) 충전제	산화나 부패로부터 식품을 보호하기 위해 식품의 제조 시 포장 용기에 의도적으로 주입시키는 가스 식품첨가물	산소, 수소, 아산화질소, 이산화탄소, 질소
(26) 팽창제	가스를 방출하여 반죽의 부피를 증가시키는 식품첨가물	DL-사과산, DL-사과산나트륨, DL-주석산수소칼륨, L-주석산수소칼륨, 글루코- δ -락톤, 메타인산나트륨, 메타인산칼륨, 산성알루미늄인산나트륨, 산성피로인산나트륨, 산성피로인산칼슘, 세스퀴탄산나트륨, 아디프산, 염화암모늄, 제삼인산나트륨, 제삼인산마그네슘, 제삼인산칼륨, 제삼인산칼슘, 제이인산나트륨, 제이인산마그네슘, 제이인산암모늄, 제이인산칼륨, 제이인산칼슘, 제일인산나트륨, 제일인산암모늄, 제일인산칼륨, 제일인산칼슘, 탄산나트륨, 탄산마그네슘, 탄산수소나트륨, 탄산수소암모늄, 탄산수소칼륨, 탄산암모늄, 탄산칼륨(무수), 탄산칼슘, 폴리인산나트, 폴리인산칼륨, 피로인산나트륨, 피로인산칼륨, 황산알루미늄암모늄, 황산알루미늄칼륨, 황산암모늄, 효모
(27) 표백제	식품의 색을 제거하기 위해 사용되는 식품첨가물	탈크
(28) 표면처리제	식품의 표면을 매끄럽게 하거나 정돈하기 위해 사용되는 식품첨가물	메타중아황산나트륨, 메타중아황산칼륨, 무수아황산, 산성아황산나트륨, 아황산트륨, 차아황산나트륨
(29) 피막제	식품의 표면에 광택을 내거나 보호막을 형성하는 식품첨가물	가교가복시메틸셀룰로스나트륨, 담마검, 물포린지방산염, 밀납, 석유왁스, 셀락, 쌀겨왁스, 올레인산나트륨, 유동파라핀, 초산비닐수지, 칸델릴라왁스, 폴리비닐알, 폴리비닐피리리돈, 폴리에틸렌글리콜, 폴루란, 피마자유
(30) 향미증진제	식품의 맛 또는 향미를 증진시키는 식품첨가물	5'-구아닐산이나트륨, 5'-리보뉴클레오티드이나트륨, 5'-리보뉴클레오티드칼, 5'-이노신이나트륨, L-글루탐산, L-글루탐산나트륨, L-글루탐산암모늄, L-루탐산칼륨, 글리신, 나린진, 베타인, 변성호프추출물, 에리스리톨, 염화칼륨, 젯산트륨, 젯산칼륨, 카페인, 탄닌산, 향신료올레오레진류, 호박산, 호박산이나트륨, 효추출물
(31) 향료	식품에 특유한 향을 부여하거나 제조과정 중 손실된 식품 본래의 향을 보강시키는 식품첨가물	dl-멘톨-멘톨, L-시스테인염산염, N-메틸아트라닐산메틸, α -아밀신남알데히드, α -이오논, β -이오논, γ -노나라톤, γ -운데카라톤, 개미산, 개미산게라닐, 개미산트로넬릴, 개미산이소아밀, 게라니올, 계피산, 계피산메틸, 계피산에틸, 계피알데히드, 계피알콜, 낙산, 낙산부틸, 낙산에틸, 낙산이소아밀, 데칸산에틸, 데칸알, 데칸올리나를, 말톨, 메틸 β -나프틸케톤, 바닐린, 벤즈알데히드, 벤질알콜, 살리실산메틸, 스모크향, 시클로헥산프로피온산알릴, 시트랄, 시트로넬랄, 시트로넬롤, 아니스알히드, 아세트초산에틸, 아세트페논, 안트라닐산메틸, 에틸바닐린, 옥탄산에틸, 옥알데히드, 유게놀, 유칼리프톨, 이소길초산에틸, 이소길초산이소아밀, 이소유게놀이소티오시안산알릴, 이소프로필알콜, 초산게라닐, 초산리나릴, 초산벤질, 초산부, 초산시트로넬릴, 초산신나밀, 초산에틸, 초산이소아밀, 초산페닐에틸, 카프로산릴, 파라메틸아세트페논, 페닐초산에틸, 페닐초산이소부틸, 프로피온산, 프로피온벤질, 프로피온산에틸, 프로피온산이소아밀, 피페로날, 헥사논산에틸, 헵타논산에, 히드록시시트로넬랄, 히드록시시트로넬랄디메틸아세탈
(32) 효소제	특정한 생화학 반응의 촉매 작용을 하는 식품첨가물	5'-디아미나아제, α -글루코시다아제, α -아밀라아제, α -아세트락테이트디카복라아제, β -글루카나아제, β -아밀라아제, 국, 글루코아밀라아제, 글루코오스산화소, 글루코오스이성화효소, 글루타미나아제, 텍스트라나아제, 디아스타아제, 락타제, 리소짐, 리파아제, 말토게닉아밀라아제, 말트트리오히드로라아제, 베타글리코다아제, 분지글리코실트랜스퍼라아제, 셀룰라아제, 아스파라지나아제, 알파갈락시다아제, 엑소말토테트라히드로라아제, 우레아제, 우유응고효소, 인베르타아제, 자일라나아제, 중국, 카탈라아제, 키토사나아제, 탄아아제, 트랜스글루코시다아제트랜스글루타미나아제, 트립신, 판크레아틴, 펙티나아제, 펙신, 포스포디에스테라제, 포스포리파아제, 폴루라나아제, 프로테아제, 헤미셀룰라아제

참고2 R&D 추진과제 목록

■ 최근 5년간(2018년~2022년) 부처별 식품첨가물 기술 R&D 추진과제 목록

* 키워드 : 형질전환, 복제동물, 이종장기

부처	사업명	내역사업명	과제명	시작 년도	종료 년도
과기부	개인기초연구	중견연구	Kokumi 물질의 미각수용체 조절 기전과 Na+섭취 저감 연구	2020	2025
과기부	개인기초연구	기본연구	Polar Paradox 검증을 통한 지방 식품의 조리 중 산화안정성 개선을 위한 프리믹스용 향산화 원료 연구	2020	2022
과기부	개인기초연구	우수신진연구	감각과학 및 향미화학기법을 활용한 전통된장의 지역별 향미특성에 대한 종합적 프로파일링	2020	2025
과기부	세계김치연구소	김치 산업 생태계 활성화	김치 향미성분 표준화 연구	2017	2019
과기부	개인기초연구	기본연구	니트로소아민 생성저감 천연 아질산 소재 개발	2019	2022
과기부	개인기초연구	우수신진연구	다기능성 유화제 소수기 수식 유도체의 효소적 합성 및 유화/향산화/항균 특성 발현기작 규명에 관한 연구	2020	2025
과기부	개인기초연구	생애 첫 연구사업	다기능성 유화제(erythorbyl laurate)의 마이셀 구조에 따른 나노에멀전의 향산화/항균 특성 연구	2018	2020
과기부	개인기초연구	우수신진연구	다목적 고체지질나노입자-내장 겔 시스템의 개발 및 응용	2022	2026
과기부	개인기초연구	우수신진연구	멀티 오믹스 기반 국내 사과 품종의 향미특성 관련 바이오마커 발굴	2020	2023
과기부	광주과학기술원	과학기술선도기초연구	발색제로 처리된 상한 육류 식별을 위한 광학 시스템 개발	2021	2021
과기부	개인기초연구	중견연구	발효식품의 향미특성, 품질 및 안전성에 관여하는 알데히드류의 최적 프로파일링 확보 및 제어를 위한 생성 및 전환에 관한 통합적 구명	2017	2020
과기부	연구개발특구육성	기업 창업·성장지원	수용성 자가분해 철-아연 나노입자 식품첨가물을 활용한 연역기능 건강기능식품개발	2020	2021
과기부	한국식품연구원	식품산업 경쟁력 강화 원천기술 개발	식품안전 데이터 서비스를 위한 분석 기술 개발	2021	2023
과기부	개인기초연구	중견연구	식품용 나노물질과 나노코로나 형성에 따른 생체 영향 연구	2018	2021
과기부	개인기초연구	기본연구	안토시아닌 함유 가공 부산물을 이용한 천연 색소 소재화 기술 개발	2019	2022
과기부	개인기초연구	중견연구	유지계 미세연합구조와 계면 특성 조절 연계에 의한 산화방지제 및 유지 산화 전파 기전 연구	2020	2025
과기부	개인기초연구	기본연구	조합생합성 및 최적 코리네박테리움 글루탐아미쿰 시스템 기반 희귀 C30 카로티노이드 천연색소 생산 공정 개발	2022	2025
교육부	이공학학술연구기반구축	지역대학우수과학자 지원사업	국내산 식품 맞춤형 미지정 식품첨가물의 분석법 개발 연구	2017	2027
교육부	이공학학술연구기반구축	지역대학우수과학자 지원사업	국산 포도주의 향미 증진을 위한 우수 non-Saccharomyces 와인 효모의 발굴 및 향기 성분 생성 관련 유전자 조작에 의한 발효 효모의 개발	2017	2020
교육부	개인기초연구	기본연구	유해식품첨가물 현장진단을 위한 비표지 휴대용 센서 플랫폼 개발	2017	2020
교육부	이공학학술연구기반구축	이공분야학문후속세대양성	지방 알데히드 기반 향미료 및 향료 생산기술개발	2020	2021
교육부	이공학학술연구기반구축	창의도전연구기반지원	효소적 아실화 반응을 활용한 펩타이드 기반 다기능성 식품첨가물 소재 개발	2021	2024

부처	사업명	내역사업명	과제명	시작 년도	종료 년도
농식품부	고부가가치 식품기술개발	차세대 식품가공 기술개발	[차세대 식품가공] 장 발효기술을 이용한 글로벌 천연 조미소재 개발	2022	2026
농식품부	고부가가치 식품기술개발	차세대 식품가공 기술개발	[차세대 식품가공] 휴먼 유래 올리고당 및 유도체의 생물학적 생산기술 및 제품개발	2022	2026
농식품부	고부가가치식품기술개발	식품핵심소재	고령자용 식재료 연화제 개발 및 사업화	2017	2020
농식품부	고부가가치 식품기술개발	미래대응식품 기술개발	고령친화식품 적용을 위한 분지 아미노산 소재화 및 영양밀도 개선 기술 개발	2021	2023
농식품부	고부가가치 식품기술개발	5G기반 식품안전생산기술개발	고춧가루의 chemometrics 기반 품질 인식을 위한 매운맛 데이터 구축	2021	2025
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	곤충오일 추출, 정제, 분석기술 및 품질평가기술 개발	2019	2021
농식품부	미래형혁신식품기술개발	천연안심소재 산업화	곤충오일 추출, 정제, 분석기술개발 및 동물효능평가	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	곤충오일의 항균효능평가 및 제품규격 개발	2019	2021
농식품부	고부가가치식품기술개발	식품핵심소재	국내 자생소재의 향미성분 분석기술 개발	2016	2018
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	국내산 감귤류 및 바이오전환기술을 이용한 신규 고감미료 NHDC당전이체 생합성 및 정제기술	2019	2022
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	국내산 농황색 채소 및 식물공장 마리골드 꽃을 활용한 루테인 함유 소재 개발	2020	2021
농식품부	고부가가치식품기술개발	식품핵심소재	국내산 농산물 유래 천연 향미소재를 활용한 고부가가치 제품화 및 사업화	2018	2020
농식품부	고부가가치식품기술개발	식품핵심소재	국내산 농산물 유래 천연향료 소재 개발 및 기능적 특성 분석	2018	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	맞춤형 혁신식품 개발	국내산 농산물을 활용한 한식용 대체육 질감 및 풍미 개발	2020	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	국내산멸치와 대두를 이용한 고부가 향미증진원천소재 기술개발 및 제품화	2019	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	국산 농산 부산물 유래 물리적 특성 개선 천연 산화방지제 개발	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	국산 채소 소재 및 김치발효미생물의 합성 아질산염 대체 육제품 개발	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	기능성 감미료를 이용한 저칼로리 복합감미제 개발	2019	2022
농식품부	고부가가치식품기술개발	식품핵심소재	기능성 천연소재와 전통식품을 활용한 식육가공제품 내 발생가능 유해물질 저감화 기술개발	2018	2020
농식품부	기술사업화지원	공공기술 사업화 촉진	김치 중균 항균 활성 극대화 및 최적 첨가법 개발	2021	2022
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	김치가식기간연장을 위한 선택적 항균활성을 가지는allicin을 포함하는 천연 김치보존제개발	2019	2020
농식품부	고부가가치식품기술개발	식품핵심소재	농산물을 활용한 고부가가치 식물성 천연발효 조미소재 제품개발	2017	2019
농식품부	농식품기술융합창의인재양성	농림축산식품연구센터	다양한 제형의 박테리오파지 및 파지 유래 단백질 개발	2017	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및천연안심소재기술개발	천연안심소재 산업화	대사체분석기술을 활용한 발효식품 유래 천연 기능성 조미,향미 소재의 특성 규명	2020	2021

부처	사업명	내역사업명	과제명	시작 년도	종료 년도
	개발				
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	멸치와 대두를 이용한 고부가 향미증진 소재 발효 스타터 개발 및 향미성분 분석	2019	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	버섯을 이용한 향산화 기능성 큐브형 천연조미료 개발 및 사업화	2019	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	버섯을 활용한 천연 비타민 D 소재 개발	2019	2022
농식품부	농식품기술융합창 의인재양성	농림축산식품연구센 터	생물전환기술 활용 향균 신바이오틱스 식품 안전 향균 소재 생산 최적화 및 적용	2017	2020
농식품부	고부가가치식품기 술개발	식품핵심소재	수입 전분대체 고품질 쌀 전분 소재 대량 생산기 술 개발	2018	2020
농식품부	고부가가치식품기 술개발	식품핵심소재	수입 천연향료, 향미 소재 대응 국내 농산물/ 부산물 유래 고효율, 고기능성 천연향료, 향미	2017	2019
농식품부	고부가가치식품기 술개발	식품핵심소재	수입 천연향료·향미 소재 대응 국내 농산물 및 부산물 유래 고효율, 고기능성 천연향료·향미	2017	2019
농식품부	고부가가치 식품기 술개발	미래대응식품 기술개 발	식물성 대체육에 활용 가능한 천연 결착제 및 지 질 소재 개발	2021	2024
농식품부	고부가가치 식품기 술개발	미래대응식품 기술개 발	식물성 대체육에 활용가능한 품미소재 및 개발소 재 적용 대체육 제품 개발	2021	2024
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	맞춤형 혁신식품 개 발	식물성 발효향미모듈 1, 2 개발	2020	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	식물성 천연물 및 김치 발효 미생물을 이용한 한 국형 육제품의 합성아질산염 대체 소재 개발 및 산업화	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	식품시스템 및 상용 식품에 적용된 천연 향미 소 재의 감각품질 및 기호증강효과 규명	2019	2022
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	신규감미물질의 단맛수용체의 활성분석을 통한 관 능검사와의 상관관계 분석 및 향당뇨, 항염증 효 능 규명	2019	2022
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	안정성 시험 및 제조공정 최적화	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	자근 복합 추출물을 이용한 천연 보존료 개발	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	천연 한식용 향미유 생산공정 개발 및 제품 개발	2019	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	천연 향미 소재 품질 지표 물질 규명	2019	2022
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	천연 향미 소재의 향미 profile과 특징적 향기성분 분석	2019	2022
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	천연 향미유 최적 생산조건 확립 및 표준화	2019	2020
농식품부	고부가가치 식품기 술개발	차세대 식품가공 기 술개발	천연원료 기반 천연 향미 소재 기술 개발 및 산업 화	2022	2026
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	천연원료 활용 천연 향미 소재 개발 및 상품화	2019	2022
농식품부	고부가가치식품기 술개발	식품핵심소재	천연향료를 적용한 시장지향형 제품 개발	2018	2020

부처	사업명	내역사업명	과제명	시작 년도	종료 년도
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	최적 천연 혼합 감미료 개발을 위한 NHDC 당전 이체와 스테비오사이드 당전이체의 종합적 감미 특성 및 배합시의 향미 증진 효과 분석	2019	2022
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	도종 발효미생물 활용 건강지향형 장류를 활용한 천연 조미·향미 소재 개발	2020	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	항균시험 및 작용기전 시험	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	항진균시험 및 성분 표준화	2019	2021
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	흑국 유래 흑(black) 색소의 물리화학적 특성과 안정성 평가 및 가공식품 적용기술 개발	2019	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	흑국균을 이용한 천연 흑(black) 식품색소 개발 및 상업화	2019	2020
농식품부	맞춤형혁신식품및 천연안심소재기술 개발	천연안심소재 산업화	흑국균의 경제적 대량배양 기술 개발 및 흑국 (black koji) 제조	2019	2020
농진청	작물시험연구	작물기초기반연구	가공용 유색밀, 찰밀 품종 개발 및 색소 성분 구 명(1주관)	2017	2021
농진청	농축산물수확후용 복합실용화기술개 발	농가형 스마트 정밀 저장·유통·가공 기술 개발	곡물 활용 발효조미소재 및 레시피 개발	2019	2021
농진청	미생물활용농업환 경문제개선기술개 발	국내농산물유래효소 자원실용화기술개발	국내 농생물자원 유래 효소자원 확보 및 특성 구 명(1주관)	2020	2024
농진청	미생물활용농업환 경문제개선기술개 발	국내농산물유래효소 자원실용화기술개발	국내 농생물자원 유래 효소자원 확보 및 특성 구 명(2공동)	2020	2024
농진청	K-농식품자원기능 성성분활용기반고 도화	발효미생물멀티오믹 스정보개발및실용화 데이터개발	국내 장류식품의 감각특성 조사를 통한 품미 지도 개발(1주관)	2022	2024
농진청	농업실용화 기술 R&D지원	농업기술사업화지원	누에고치 가수분해물과 의성마늘을 활용한 저염/ 저당 기능성 “천연조미료” 개발(1주관)	2022	2022
농진청	생물다양성위협외 래생물관리기술개 발사업(농진청)	생물다양성위협외래 생물제거기술	식용 식품첨가물과 ds-RNA의 침입해충 방제 효 과 및 방제 약제의 효율성 증대 방법 개발	2020	2023
농진청	지역농산물소비확 대를위한생산안정 화기반기술개발	지역농산물 식재료 이용 최적화 기술 개 발	신선 간편식용 충남 농산물의 향미 품질 영향 인 자 구명	2020	2021
농진청	농업첨단핵심기술 개발사업	핵심전략기술개발	플라즈마를 이용한 소엽 유래 천연 아질산 첨가물 개발	2016	2018
산업부	중소·중견기업기술 경쟁력강화파트너 십사업	중소·중견기업기술경 쟁력강화파트너십	Omics 분석을 활용한 중균화 기술과 식물성 치즈 향미 클루타밀 펩티드 소스 및 기능성 소재 개 발	2017	2019
산업부	소재부품기술개발	소재부품이종기술융 합형	분유 첨가용 식품소재 류코실락토스의 개발	2017	2019
산업부	바이오산업핵심기 술개발	바이오핵심기술개발	천연향료 아세트인의 생물학적 대량생산기술 개발	2016	2020
산업부	바이오산업기술개 발	첨단바이오신소재	해외 고의존도 조미향료 및 보존료 대체소재 개발	2020	2024
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	계층별 식품첨가물 섭취 수준 평가 및 교육, 홍보 자료 개발	2021	2023
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	계층별 식품첨가물 안전성 평가 연구 - 어린이, 노인, 1인 가구 중심으로 - (1)	2021	2023
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	기준·규격의 효율적 관리를 위한 선도적인 식품첨	2018	2020

부처	사업명	내역사업명	과제명	시작 년도	종료 년도
			가물 시험법 개발(1)		
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	기준·규격의 효율적 관리를 위한 선도적인 식품첨가물 시험법 개발(2)	2018	2020
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	보존료의 천연유래 인정범위에 대한 과학적 기반 마련 연구(1)	2021	2023
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	보존료의 천연유래 인정범위에 대한 과학적 기반 마련 연구(2)	2021	2023
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	보존료의 천연유래 인정범위에 대한 과학적 기반 마련 연구(3)	2021	2023
식약처	식품등안전관리	미래식품사전안전관리	수산물 중 천연유래 보존료 함유량 조사(1)	2016	2018
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	식물성 원료 중 천연유래 보존료 함유량 조사 연구(1)	2021	2022
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 일반성분 시험법 개선 연구(1)	2020	2020
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 일반성분 시험법 개선 연구(2)	2020	2020
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 발색제 시험법 개선 연구(1)	2020	2020
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 보존료 시험법 개선 연구(1)	2020	2020
식약처	식품등안전관리	미래식품사전안전관리	식품 중 사용금지 원료 및 의약품 성분의 분리·정제, 합성 연구(1)	2019	2021
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 식품첨가물 시험법 개선 및 실험실간 교차검증 연구(1)	2016	2019
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 식품첨가물(유화제 등 16종) 안전성 평가 연구(1)	2019	2019
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 식품첨가물(유화제 등 16종) 안전성 평가 연구(2)	2019	2019
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 이산화티타늄 등 식품첨가물 미립자 분리 및 평가 방법 개발(1)	2020	2021
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 천연기원물질 식품첨가물의 분석법 개발	2019	2021
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품 중 향미증진제 및 습윤제 안전성 평가 연구	2019	2019
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품용 살균제(이산화염소, 차아염소산나트륨 등)에 대한 사용기준 개선 연구(1)	2018	2018
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품첨가물 성분규격 등 시험법 개선 연구(1)	2016	2019
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품첨가물 성분규격 등 시험법 개선 연구(2)	2016	2019
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	식품첨가물 성분규격 시험법 개선 연구 - 인산염, 효소류 중심으로 -(1)	2021	2022
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	식품첨가물 성분규격 시험법 개선 연구 - 인산염, 효소류 중심으로 -(2)	2021	2022
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	식품첨가물 성분규격 시험법 현대화 연구 - 기기 분석법 개선 중심으로 -(1)	2022	2023
식약처	식품 등 안전관리	식품위생안전관리	식품첨가물 성분규격 시험법 현대화 연구 - 기기 분석법 개선 중심으로 -(2)	2022	2023
식약처	식품등안전관리	기획연구(식품등안전관리)	식품첨가물 안전성 평가 연구(1)	2014	2018
식약처	식품등안전관리	기획연구(식품등안전관리)	식품첨가물 안전성 평가 연구(2)	2014	2018
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	식품첨가물 용도별 해설서 마련(1)	2018	2020
식약처	식품등안전관리	위해평가기반연구	식품첨가물의 인체노출안전기준 평가 연구	2019	2019
식약처	식품등안전관리	위해평가기반연구	식품첨가물의 인체노출안전기준 평가 연구(1)	2018	2018
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	이산화티타늄 등 식품첨가물 미립자 평가 방법 개발(1)	2018	2018
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	천연기원물질 식품첨가물의 독성자료 DB화 및 안전성평가방안 수립	2019	2021
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	천연기원물질 식품첨가물의 독성평가	2019	2021
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	천연기원물질 유래 식품첨가물의 과학적 평가 기	2019	2021

부처	사업명	내역사업명	과제명	시작 년도	종료 년도
			반 마련(1)		
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	천연기원물질 유래 식품첨가물의 과학적 평가 기 반 마련(2)	2019	2021
식약처	식품등안전관리	식품위생안전관리	천연기원물질 유래 식품첨가물의 과학적 평가 기 반 마련(3)	2019	2021
식약처	안전성평가기술개 발연구	독성물질 국가관리연구	천연색소(락색소)의 안전성 평가 연구(1)	2018	2019
중기부	창업성장기술개발	창업성장기술개발사업	나한과 추출물을 이용한 설탕대체제 및 저칼로리 식혜 제품 개발	2019	2020
중기부	산학연CollaboR&D	산학Collabo R&D사업	다기능성의 식품용 천연보존제의 개발 및 사업화	2022	2022
중기부	중소기업상용화기 술개발	구매조건부신제품개발 사업	마이크로비움 분석기반 맞춤형 천연 향균소재와 초미세 향미소재 적용을 통한 고부가가치 해산물 소스 개발	2020	2022
중기부	산학연협력기술개 발	연구장비공동활용지원	발효 및 효소전이 공정을 이용한 신규 기능성 천 연물 유도체 개발	2018	2018
중기부	산학연협력기술개 발	연구장비공동활용지원	식품첨가물 및 양념류 중 유해물질 저감에 관한 연구	2018	2018
중기부	중소기업R&D역량 제고	맞춤형 기술파트너 지원사업	안전한 식품첨가물 벤질알코올 갈락토사이드 개발	2018	2019
중기부	지역특화산업육성+	지역주력산업육성	제주감귤류로부터 생물학적 전처리를 통한 천연향 료 개발 및 식품소재 사업화	2020	2021
중기부	지역특화산업육성	지역주력산업육성	천연향균물질과 마이크로캡슐화 제어방출기술을 이 용한 저나트륨 식품소재 개발 및 수출용 고부가가 치 제품 사업화	2017	2018
중기부	산학연협력기술개 발	첫걸음 협력	항산화 활성이 강화된 기능성 아보카도오일 제품 및 식품첨가물의 응용제품에 관한 연구 개발	2017	2018

붙임 참고자료

■ 연구 및 동향 보고서

- 과기정통부, 2019년 국가연구개발사업 우수성과 100선(2019)
- 관계부처 합동, 데이터 기반 소재연구 혁신허브 구축 활용방안(2020.10)
- 농경연, 2020년 식품산업정보분석 전문기관 사업(2021.02)
- 농기평, 식품 소·부·장 분야 연구동향 조사(2021.10)
- 농기평, 식품R&D 중장기전략 수립연구(2015)
- 생명공학연구원, 천연물 클러스터 정책 간담회(2021.10.28.)
- 식품의약품안전처, 2020 식품 등의 생산실적(2021)
- 식품의약품안전처, 2021년 식품의약품통계연보 제23호(2021.12)
- 식품위생법[시행 2022. 6. 10.]
- 유상호(2019), 바이오기술을 이용한 식품소재 개발의 국내·외 현황 및 전망
- 채범석, 영양학사전(1998)

■ 신문기사 및 관련 홈페이지

- "화장품·식품 속 합성색소 걱정 끝"…세계 최초 천연 무지개 색소 개발, 아시아경제 2021.06.08.일자
- 1000조원 시장에 韓 단 1%…4천개 자원 총집합 '천연물은행' 돌파구는?, 대덕넷, 2021.11.15.일자
- 식품의약품안전처, https://www.nifds.go.kr/brd/m_21/view.do?seq=12642
- https://health.chosun.com/site/data/html_dir/2018/01/29/2018012901498.html
- <http://www.newedu.co.kr/news/articleView.html?idxno=3370>
- <http://www.foodnews.co.kr>(2022.06.22.일자)
- <https://www.hankyung.com/economy/article/201807184774i>(2018.07.18. 일자)
- <https://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=74440>(2020.07.02.일자)

- https://www.skyedaily.com/news/news_view.html?ID=126605(2021.03.23.일자)
- <https://www.ebn.co.kr/news/view/1502475>(2021.10.01.일자)
- <http://www.foodnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=96873>(2022.05.18.일자)
- <https://www.naturex.com/BUSINESS-UNITS/Food-Beverage/EDTA-Replacers>
- <https://www.kemin.com/na/en-us/markets/food/products/fortium-r>
- <https://cleanlabel.globalfoodforums.com/wp-content/uploads/sites/3/2020/08/Corbion-Verdad-MP10-natural-mold-inhibitor.pdf>
- Research and Markets, Food Additives - Global Market Trajectory & Analytics, 2022.02
- Development of Tagaturonate 3-Epimerase into Tagatose 4-Epimerase with a Biocatalytic Route from Fructose to Tagatose
- foodnavigator, 2019, CREATING BETTER CHEWING GUM WITH TASTETECH ENCAPSULATION TECHNOLOGY
- food ingredients first, 2018, Corbion launches vinegar-based mold inhibitor
- Production of Rainbow Colorants by Metabolically Engineered Escherichia coli - Yang - 2021 - Advanced Science - Wiley Online Library
- SF&WB, 2018, Kemin Fortium RVC antioxidant