

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

곤충사육

미래 신성장 산업, 대체식품으로 주목

요 약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작 성 기 관

(주)NICE디앤비

작 성 자

김슬기 전문위원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용 평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-2122-1300)로 연락하여 주시기 바랍니다.



한국IR협회

곤충사육

미래 신성장 산업, 대체식품으로 주목

그린 뉴딜 - 저탄소·분산형 에너지 확산, 녹색산업 혁신 생태계 구축

K-뉴딜의 10대 대표과제 중 「스마트 그린 산업단지」 과제가 포함되어 있음

- : 산업단지를 디지털 기반 고생산성(스마트) + 에너지 고효율·저오염(그린) 등 스마트 친환경 제조공간으로 전환
- 주요 투자사업으로 스마트 생태공장, 클린팩토리 및 온실가스 배출 저감 등이 있음. 스마트 생태공장은 기업간 폐기물을 재자원화하여 다른 기업의 원료·에너지 등으로 재사용하는 것을 의미함
- 미래 대체식품으로 각광받는 곤충은 가축(돼지) 대비 온실가스 배출량이 100배 이상 낮으며, 유기 폐기물을 이용한 사육이 가능할 것으로 기대되는 점에서 폐기물의 재자원화가 가능할 것으로 기대됨

환경·지속가능(D) - 스마트팜(D14) - 곤충사육(D14008)

- 곤충사육은 식용, 사료용 등 다양한 방식으로 활용하기 위하여 곤충을 사육하는 산업 및 기술을 총칭함
- 최근 미주, 유럽의 곤충사육 트렌드는 음식물 쓰레기(과일, 곡류 등 비동물성 부산물)를 활용하고, 곤충 배설물을 활용하여 친환경 비료로 생산하는 등 음식물 쓰레기 감소와 친환경농업의 기반 산업으로 진행 중임
- 곤충사육의 스마트화는 현재 초기 단계이나 전통적 방식 대비 노동력 절감 효과가 70%, 소득 향상 효과가 30%에 달하며, 곤충사육을 통한 단백질 생산은 전통적인 우육 생산 대비 탄소 배출량을 획기적으로 감소시킬 수 있음
- 자원순환 측면에서는 음식물 쓰레기, 곤충 먹이, 곤충 배설물, 친환경 비료, 식량 생산, 인간 소비의 순기능의 고리 역할이 기대됨

■ 식용곤충, 지속가능한 미래 먹거리로 급부상

전세계 인구가 2050년까지 90억 명에 달할 것으로 예상되며, 그로 인한 식량 문제와 환경위기 증가의 위험성은 지속적으로 경고되어 왔다. 특히 육식 위주의 식습관이 보편화되면서 수십억 마리의 가축이 배출하는 메탄가스 및 가축의 사료 생산에 필요한 토지, 수자원은 환경적, 경제적으로 큰 부담으로 다가오고 있다. 이와 같은 식량문제 및 환경오염의 해결책으로 최근 곤충산업이 급부상하고 있다. 식용곤충은 단백질, 비타민 및 필수아미노산이 풍부하며, 가축동물에 비해 사료 요구율이 2배~6배 이상 낮고, 온실가스 및 음식물쓰레기를 적게 배출하여 환경 및 경제적 측면에서도 우수한 대체식품으로 인정받고 있다.

■ 국내외 곤충산업 시장의 빠른 성장세, 대기업·벤처기업들의 곤충 시장 진출 중

Meticulous 시장조사 기관에 따르면, 전세계 곤충 시장이 연평균(2018-2023) 약 23.8% 성장할 것으로 예상되는 가운데, 국내에서도 곤충산업 성장을 위한 육성 정책 및 관련 법률을 공포하는 등 곤충산업 활성화를 위한 노력을 지속하고 있다. 그 결과 메뚜기, 누에 정도에 불과하던 식용곤충이 현재 9종으로 확대되고, 곤충사육 농가도 증가하는 추세이다. CJ(주)와 같은 대기업에서는 식용곤충을 활용한 레토르트 식품, 환자식 개발을 진행하고 있으며, 코스닥 기업 중에서도 콜마비엔에이치(주), (주)코미팜 등 바이오·건강식품 분야 업체를 중심으로 식용곤충을 활용한 사료, 식품 개발을 추진하는 기업이 점차 증가하는 추세이다.

I. 배경기술분석

영양학적 가치부터 환경·경제적 가치를 갖춘 미래 신소재, 곤충산업

곤충은 이미 다양한 산업 분야에서 활용되고 있다. 식용은 물론 기능성 식품, 제약, 에너지 분야까지 각종 신산업에서 유망한 소재로 각광받고 있다. 곤충은 훌륭한 단백질 보충원이며, 곤충마다 각기 다른 기능을 갖추고 있어 다양한 제품으로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

■ 식용곤충: 미래 대체 식량

식용곤충(Edible insect)이란 식용을 목적으로 하는 곤충을 통칭하며, 현재 아프리카, 아시아, 남아메리카 및 호주 등의 많은 지역에서 동물성 단백질, 필수아미노산 및 미량영양소 섭취를 위해 메뚜기, 흰개미, 딱정벌레 등 다양한 곤충을 식용으로 이용하고 있다. 국내에서는 메뚜기, 번데기·누에, 백강잠(白僵蠶) 정도가 식·약용 소재로 활용되어 왔으나, 최근 식품원료로 인정된 식용곤충 종류가 증가함에 따라 판매되는 곤충식품 종류도 다양해지고 있다. 식용곤충이라 함은 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」의 식용곤충 사육기준에 적합하고, 「식품위생법」 제7조제1항에 따라 식품원료로 등록된 곤충을 가리킨다. 현재 해당 기준에 부합한 국내 식용곤충은 총 9종으로 백강잠, 식용누에(유충, 번데기), 메뚜기, 갈색거저리(유충), 흰점박이꽃무지(유충), 장수풍뎅이(유충), 쌍별귀뚜라미(성충), 아메리카왕거저리(유충), 수벌번데기가 있다.

[표 1] 식용곤충 종류

백강잠	누에(유충, 번데기)	메뚜기
		
갈색거저리(유충)	흰점박이꽃무지(유충)	장수풍뎅이(유충)
		
쌍별귀뚜라미(성충)	아메리카왕거저리(유충)	수벌번데기
		

*출처: 식품의약품안전처, NICE디앤비 재가공

식품개발 현황을 살펴보면, 유럽 및 미국 등 해외 국가에서는 일찍이 건조된 식용곤충을 가공하여 다양한 형태의 식품 및 음식으로 활용하고 있다. 미국은 30개사 이상의 귀뚜라미 취급 기업이 설립되어 단백질바, 크래커, 쿠키, 초콜릿 등을 생산·판매하고 있다. 유럽에서도 대형 식품 공급업체(Sligo food group) 등에서 곤충을 도매·유통하거나, 갈색거저리 사탕, 전갈 보드카 등을 판매하고 있으며, 프랑스에서는 곤충분말이 함유된 마카롱, 귀뚜라미가 올라간 초콜릿 등을 판매하고 있다.

국내는 그동안 건조된 곤충의 원재료 형태로 소비가 이루어져 왔으나, 2015년 이후 식품 원료로 인정된 식용곤충이 3종에서 9종으로 확대되면서 곤충을 이용한 상품의 수와 종류가 증가하고 있다. (주)CJ, (주)농심, 대상(주)와 같은 대기업에서 식용곤충을 식품 원료로 활용하기 위한 연구개발에 참여하기 시작하면서, 국내 기업들의 참여가 본격화될 것으로 전망된다. 이들 기업은 소비자가 거부감 없이 즐길 수 있는 식용곤충 상품을 출시하는 것을 목표로 하고 있으며, 현재 고소애(갈색거저리유충)에서 추출한 단백질 농축액을 넣은 레토르트 수프 및 간편식, 환자식 수프 등의 개발을 완료하고, 쿠키, 쌀, 초콜릿 등의 가공식품 개발을 진행하고 있다.

[표 2] 해외 식용곤충 이용 상품

Entomo Farms의 단백질 셰이크	C-fu Food의 귀뚜라미 제품	Exo의 귀뚜라미바
		
Sligo의 식용곤충	Edible의 보드카	Micronutris의 마카롱
		
Chapul의 에너지바	HISO의 귀뚜라미 과자	
		

*출처: 김민아, 식용곤충시장과 소비자보호방안 연구, 2017, NICE디앤비 재가공

[표 3] 국내 식용곤충 이용 상품

고소애 이용한 식품	전병	쿠키	파스타
			

*출처: 김민아, 식용곤충시장과 소비자보호방안 연구, 2017, NICE디앤비 재가공

■ 식용곤충을 활용한 곤충산업의 경쟁력

전세계 인구가 2050년까지 90억 명에 달할 것으로 예상되는 가운데, 이로 인한 식량 문제와 환경문제의 위험성은 지속적으로 경고되어 왔다. 특히 육식 위주의 식습관이 보편화되면서, 육류 소비증가에 따른 환경 부담이 증가하고 있다. 수십억 마리의 가축이 배출하는 메탄가스 및 가축의 사료 생산에 필요한 토지 및 수자원이 오히려 인간의 식량 생산을 부족하게 할 수 있기 때문이다. 한편 이와 같은 문제를 해결할 수 있는 대체식품으로 곤충이 대두되고 있다.

1. 식용곤충의 영양학적 가치

식용곤충은 필수영양소가 풍부하고 열량이 낮아 다양한 분야에서 활용되고 있다. 육고기와 비교하여 뒤쳐지지 않는 단백질 식품이라는 것은 이미 여러 매체에 보도되어 일반인들에게도 널리 알려져 있다. 곤충은 단백질 함량 자체가 높을 뿐만 아니라, 필수아미노산의 조성이 우수한 양질의 단백질을 포함하고 있으며(Simone Belluco et al., 2013), 지방 또한 불포화지방산의 함량이 육류에 비해 상당히 높은 편이다. [표 4]의 동결건조한 식용곤충 및 소고기의 영양함량 비교 결과를 살펴보면, 소고기에 비해 갈색거저리유충의 불포화지방산 함량이 1.4배 이상 높으며, 식이성 섬유, 비타민 함량 또한 소고기에 비해 상당히 높음을 알 수 있다. 또한 [표 5]의 일반육류와 누에번데기의 무기질 함량 분석 결과와 같이, 곤충은 표피의 키틴질로부터 유래되는 식이성 섬유뿐만 아니라 칼슘, 철과 같은 무기질 및 비타민도 풍부하여 영양학적 가치가 우수한 식품이다.

[표 4] 동결 건조한 식용곤충과 소고기의 영양함량 비교

(단위: %)

영양소	갈색거저리유충	흰점박이꽃무지 유충	소고기
탄수화물	10	22.9	0.2
단백질	48(48-57)	54.5	55
지방	불포화지방산	-	54
	포화지방산	-	46
	합계	15.7	41
식이성 섬유	5.8	-	0
비타민	0.01	-	0.007
회분	3.2	7	0.008

*출처: 국립농업과학원 곤충산업과

[표 5] 일반육류와 누에번데기(생체)의 무기질 함량 비교

(단위: mg%)

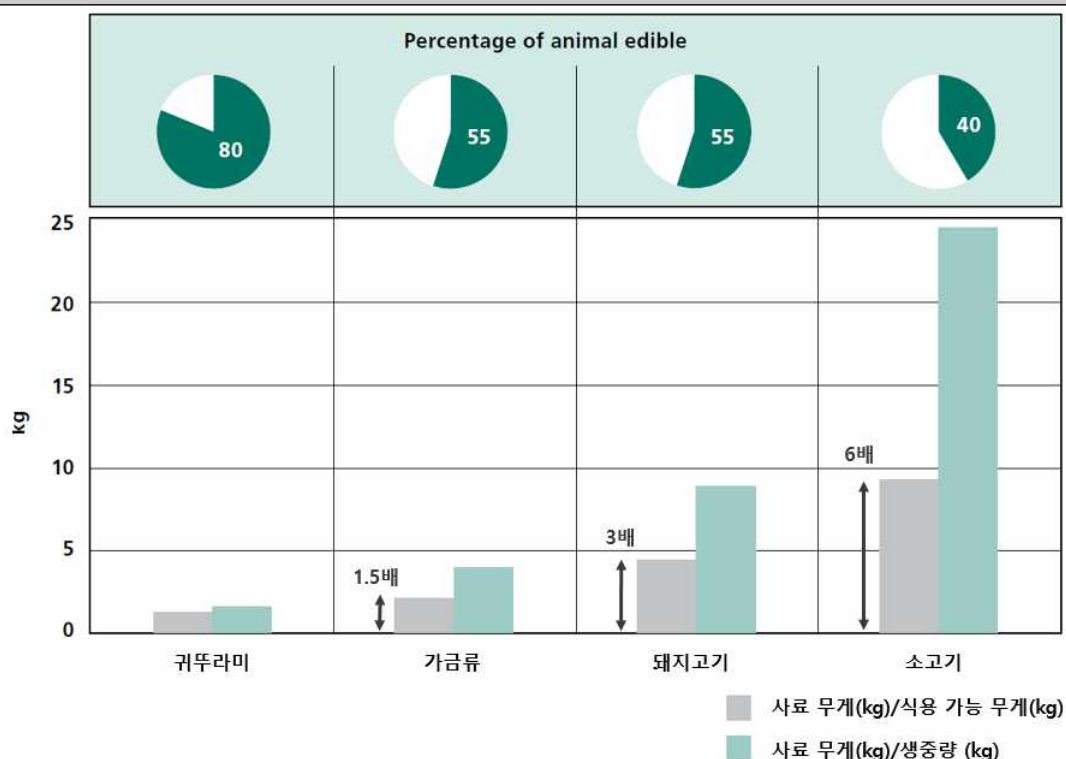
성분	번데기	소고기	돼지고기	닭고기
철	7	1.67	0.8	-
칼슘	24	6.5	8	8
아연	2.1	3.41	1.6	1.26
구리	0.45	0.05	0.13	0.06
마그네슘	54	19.25	17	26

*출처: Simone Belluco et al.(2013)

II. 식용곤충의 경제적 가치

사료 효율이란 동물이 사료 질량을 신체 질량으로 전환할 수 있는 능력, 체중 1kg을 늘리기 위해 필요한 사료 질량(kg)을 의미한다. 고기 수요가 늘면 필요한 곡류 및 단백질 사료의 양도 증가하게 되는데, 가축 종류와 생산 방법에 따라 사료 효율이 다르다. 미국의 일반 가축 생산 시스템에서 생체 무게 1kg 늘리기 위해 필요한 사료 양을 조사한 결과, 닭고기 2.5kg, 돼지고기 5kg, 소고기 10kg인 반면, 귀뚜라미는 생체 1kg을 생산하기 위해 사료 1.7kg 정도만 필요하다. 즉, 동물 단백질 생산 시 필요한 사료의 양이 귀뚜라미의 경우 닭보다 1.5배, 돼지보다 3배, 소보다 6배 이상 적은 편이다. 또한 식용 효율성 측면에서 귀뚜라미는 전체의 80% 부분이 식용 가능한 반면, 소는 40%밖에 섭취하지 못하고, 닭과 돼지도 55% 정도만 섭취가 가능하다. 이와 같은 조사결과는 곤충이 가축 대비 사료 효율성을 비롯하여 경제적 가치가 뛰어남을 보여준다.

[그림 1] 곤충의 사료 효율성



*출처: Arnold van Huis et al., FAO FORESTRY PAPER, 2013, NICE디앤비 재가공

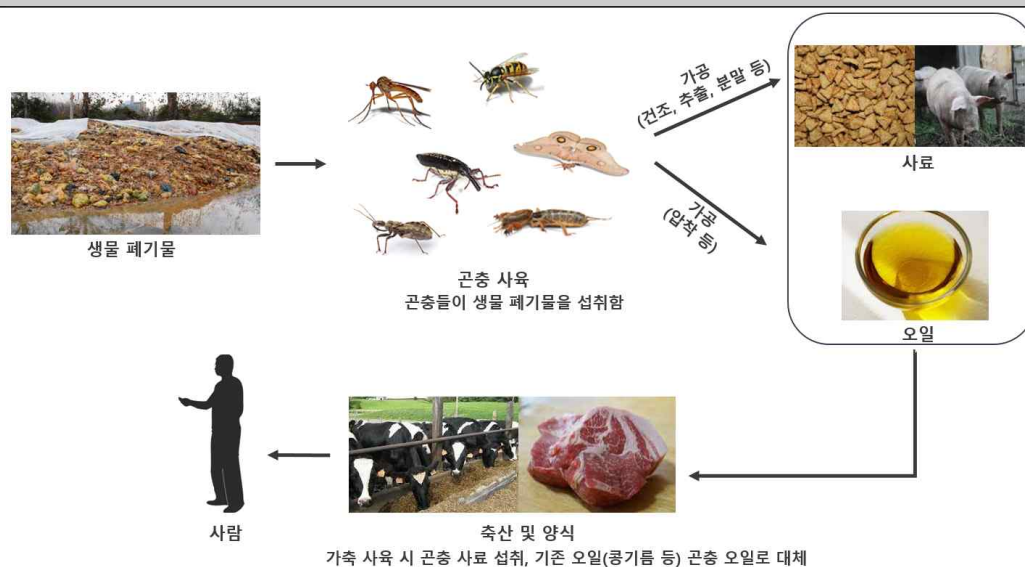
Ⅲ. 식용곤충의 환경적 가치

가축과 어류는 대다수 국가에서 중요한 단백질이다. 대규모 가축 및 어류를 생산하기 위한 시설은 경제적 측면에서 단기적으로는 이익이나, 장기적으로는 가축과 어류의 분뇨에 의한 지표수 및 지하수의 오염, 암모니아 배출에 따른 생태계 산성화 등의 환경 문제를 발생시킨다. 또한 가축 생산이 늘어나면 사료와 경작지가 추가로 필요하므로 산림 파괴 원인이 될 수 있다. 이에 지속가능한 대체 단백질로서 식용곤충을 개발하고자 하는 움직임이 활발히 일어나고 있다.

1. 곤충을 활용한 잉여 유기물의 생산적 처리

유기 사이드 스트림은 잉여 유기물이 폐기처분되는 것이 아니라 새로운 자원으로 생산적 처리되는 방식을 의미하며, 곤충은 분뇨, 돼지 슬러지, 계분, 퇴비 등의 유기 사이드 스트림을 통해 지속 가능한 방법으로 사육될 수 있다. [그림 2]에서와 같이, 유기 사이드 스트림은 생물폐기물로 곤충을 사육하고, 사육된 곤충을 특정 가축에게 먹인 다음 해당 가축의 고기를 소비자에게 판매하는 방식으로 이루어진다. 곤충을 이용한 유기 사이드 스트림은 연간 약 13억 톤의 생물폐기물을 전환할 수 있을 것으로 예상되고 있다(Veldkamp et al., 2012). 아직까지 생물폐기물 즉, 유기성 폐기물로 곤충사육을 진행하는 것은 오염물질, 병원균으로부터 안전성 문제가 확인되지 않아 논의가 지속되고 있는 단계에 있으나, 생물폐기물의 재활용이 가능하게 될 경우 유기성 오염을 크게 줄임과 동시에 곤충사육의 수익성을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

[그림 2] 곤충의 유기 사이드 스트림



*출처: NICE디앤비

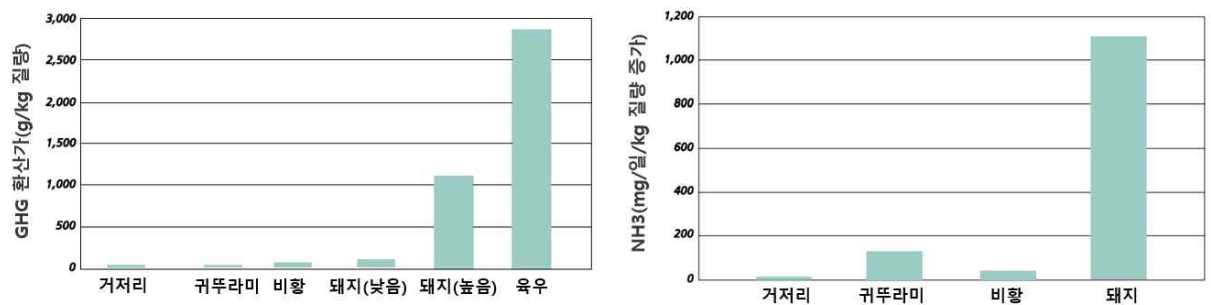
2. 온실가스 및 암모니아 배출 감소 효과

가축 사육으로 인해 발생하는 온실가스는 전체 배출량의 18%에 해당한다. 한편 곤충류 중에서는 바퀴벌레, 흰개미, 장수풍뎅이 정도만 메탄(CH_4)를 발생시킨다고 알려져 있다. [그림 3]에 따르면, 식용 가능한 갈색거저리유충, 귀뚜라미의 온실가스(GHG) 배출량은 돼지에 비해 100배 정도 낮으며, 암모니아 배출량도 약 10배 이상 적게 나타난다. 이는 곤충이 식량난 해



소는 물론 친환경적 생산이 가능하여, 지속가능성이 높은 소재임을 보여준다.

[그림 3] 곤충, 돼지 및 육우의 kg 당 온실가스 및 암모니아 생산량



*출처: Arnold van Huis et al., FAO FORESTRY PAPER, 2013

II. 심층기술분석

곤충의 상용화를 높이기 위한 대량사육 자동화 시스템 및 곤충 가공기술 개발 중

곤충의 영양 및 기능적 효능이 규명되면서 곤충을 활용한 제품이 본격적으로 상용화되고 있다. 이에 발맞춰 곤충의 대량사육 및 관리할 수 있는 스마트팜 시설이 개발되고 있으며, 곤충에 대한 소비자들의 부정적 인식을 개선할 수 있는 곤충 가공기술에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

앞서 살펴본 바와 같이, 식용곤충의 영양학적 가치는 이미 널리 알려져 있다. 최근에는 단백질, 불포화지방산, 무기질 등의 영양 성분 외에도 여러 약학적 효능이 밝혀짐에 따라, 식용곤충을 의약품, 건강기능식품, 기능성 화장품 등에 활용하고자 하는 움직임도 보이고 있다. 본 심층기술분석에서는 식용곤충의 다양한 약학적 효능, 곤충의 대량생산을 위한 스마트팜 기술 및 곤충에 대한 식품 활용도를 높이기 위한 곤충 가공기술에 대하여 분석하고자 한다.

■ 건강기능식품 및 치료제로서 곤충의 가능성

I. 항산화 효능

활성산소는 생명유지에 필요한 에너지를 얻는 호흡과정을 통해 생성되며, 과잉 발생하여 제거되지 못하는 경우 산화적 스트레스를 야기하여 류마티스 관절염, 당뇨, 신경퇴행성 질환, 암 등 여러 질병을 유발한다. 활성산소를 제거하는 항산화 물질로는 부틸하이드록시아니솔(Butylated hydroxyanisole, BHA), 부틸하이드록시톨루엔(Butylated hydroxytoluene, BHT), 비타민 A, 비타민 E, 카로틴, CoQ10(Coenzyme Q10), 비타민 C 등이 있으나, 이와 같은 항산화제는 대부분 지용성이고, 비싼 가격으로 이용상의 제약이 있어 새로운 천연 항산화제 개발에 대한 관심이 증가하고 있다. 그 중 하나가 곤충이다.

[그림 4] 식용곤충별 단백질수분해물의 항산화 활성

Table 1. DPPH radical scavenging activities of the alkalase hydrolysates from four edible insects

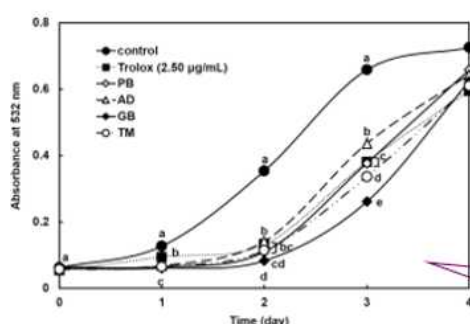
Samples ¹	RC ₅₀ (μg/mL) ²	TEAC (μg TE/mg) ³
PB	87.60±1.12 ^{ab}	22.58±0.16 ^a
AD	460.35±9.29 ^d	3.92±0.14 ^c
GB	34.44±0.34 ^a	59.14±0.59 ^b
TM	445.10±3.45 ^c	4.08±0.09 ^c
Trolox	1.96±0.03	-

활성산소종 소거 기능성 검증

식용곤충 단백질수분해물의 DPPH 자유 라디칼 소거 활성 확인

식용곤충별 단백질수분해물 100 μg/mL에서 대조군 대비

쌍별귀뚜라미 성충(GB) 59.14%, 흰점박이꽃무지 유충(PB) 22.58% 활성 확인



지질 산화 억제 기능성 검증

식용곤충 단백질수분해물의 지질 산화 억제 효능 확인

식용곤충별 단백질수분해물 100 μg/mL에서 대조군 대비

쌍별귀뚜라미 성충(GB) 60.26%, 갈색거저리 유충(TM) 48.86%

흰점박이꽃무지 유충(PB) 42.73%, 장수풍뎅이 유충(AD) 33.76% 억제능 확인

최대 60% 억제

*출처: Jang, Hyun-Young, KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL, 2019, NICE디앤비 재가공

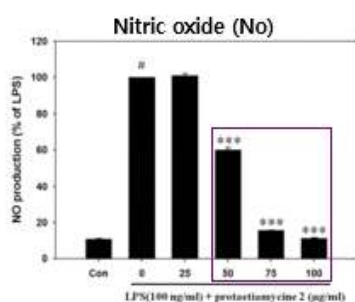
[그림 4]의 실험 결과에 따르면, 쌍별귀뚜라미 성충, 갈색거저리유충, 흰점박이꽃무지 유충, 장수풍뎡이 유충의 단백질 가수분해물에서 각각 60.26%, 48.86%, 42.73%, 33.76%의 지질 산화 억제 활성이 나타났으며, 이 중 쌍별귀뚜라미 성충 단백질 가수분해물은 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP법에 의한 환원력 등에서 모두 높은 항산화 효과를 보였다. 이는 곤충 유래 단백질 가수분해물이 산화물질 생성 억제 및 제거, 항산화 활성 촉진 등을 통해 각종 질환 치료 및 피부노화 방지용 기능성 식품/화장품의 활용 가능성을 보여준다.

II. 항균 및 항염증 효능

항균 펩타이드(Antimicrobial peptide, AMP)는 선천성면역체(Innate immune system)에서 매우 중요한 생체방어물질로서, 침입하는 병원 미생물들에 대하여 감염의 위험으로부터 개체를 보호하고 항상성을 유지할 수 있도록 돕는다. 흰점박이꽃무지 유래 항균 펩타이드는 대장균(*E. coli*)과 그람양성균인 황색포도상구균(*S. aureus*) 및 진균인 칸디다 알비칸스(*C. albicans*)에 대해 농도 의존적으로 광범위한 항균 활성을 가진다.

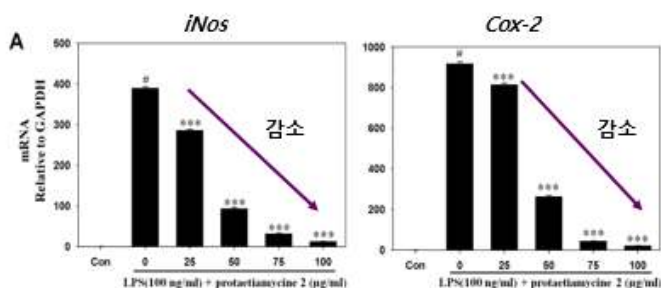
NO(Nitric Oxide)는 염증반응에서 패혈증(Sepsis) 및 패혈성 쇼크(Septic shock)와 관련해서 중요한 역할을 하는데, [그림 5]의 실험 결과에 따르면, 흰점박이꽃무지 유래 항균펩타이드는 농도 50ug/ml부터 농도 의존적으로 NO의 생성을 효과적으로 억제한다. 또한 항균 펩타이드가 염증반응 관련 신호전달 과정 중 중요한 매개체인 iNOS 및 COX-2의 발현을 효과적으로 억제할 수 있음을 제시하면서, 곤충 유래 펩타이드의 패혈증 예방 및 치료제로서 가능성을 보여주고 있다.

[그림 5] 식용곤충 유래 항균 펩타이드의 항염증 효능



NO 생성 억제 기능성 검증

흰점박이꽃무지 유래 항균 펩타이드의 NO억제 효능 확인
 흰점박이꽃무지 유래 항균 펩타이드 50 ug/mL부터 농도 의존적으로 NO 생성을 억제
 염증반응의 신호전달과정인 iNOS와 COX-2의 발현이 항균 펩타이드 농도 의존적으로 억제



*출처: Lee, Joon Ha, et al., Journal of Life Science, 2019, NICE디앤비 재가공

III. 항혈전 및 혈행개선 효능

심혈관계 질환의 대표적 증상인 혈전증은 내·외인성 요인에 의해 비정상적으로 혈전이 증가하

여 정상 혈류를 방해하면서 발생한다. 혈전 질환의 예방 및 치료제는 항혈소판제, 항응고제, 혈전용해제 등이 있으며, 대표적으로 항혈소판제인 아스피린은 혈전 치료 효과가 뛰어나지만 위장관 출혈과 궤양 등의 부작용을 일으키는 문제가 있다고 알려져 있다. 이에 혈전 형성 예방 및 치료제로 천연 성분에 대한 연구가 지속되고 있으며, 최근에는 항혈전제의 천연 성분으로 흰점박이꽃무지가 보고되고 있다.

[그림 6]에서는 혈행개선 평가를 위한 혈액응고 지표 중 하나인 PT(Prothrombin) 및 aPT 측정을 통해 일정 농도 이상의 흰점박이꽃무지 유충 추출물을 투여 시 혈액 응고를 지연시킴으로써 혈행 장애 개선 효과가 나타남을 보여준다. 이전 연구에서도 흰점박이꽃무지로부터 분리된 인돌 알칼로이드(Indole alkaloids) 화합물이 혈행 개선에 기여할 수 있음이 보고된 바 있으며 (Lee et al., 2017), 이와 같은 결과는 곤충으로부터 추출한 추출물이 혈압강화작용은 물론, 항산화, 항균 및 염증 개선 작용과 같이 여러 약리기전이 알려져있는 건강기능식품 또는 치료제의 소재로 활용 가능성을 보여준다.

[그림 6] 식용곤충 추출물의 혈행개선 효능

[Prothrombin (PT) 측정 결과]														
Day	C ¹	흰점박이꽃무지 추출물 (mg/kg)												
		0.1	0.5	1	2.5	5	10	25	50	75	100	200	250	500
7	12.1±0.07	12.7±0.57	12.4±0.78	12.7±1.84	12.4±0.92	12.7±0.85	12.9±0.00	12.9±0.64	13.3±1.91	14.0±0.78*	15.4±0.57**	15.6±0.14*	15.6±0.35*	15.5±1.91
14	13.1±1.20	13.3±0.57	13.0±1.56	13.0±0.35	13.5±0.14	13.3±4.10	13.3±0.21	13.0±0.57	13.2±0.64	13.0±0.64*	14.7±0.35*	15.2±0.00*	15.6±0.35**	15.4±0.14
21	12.5±1.56	12.9±0.28	12.7±0.49	12.9±0.49	12.9±0.57	12.6±0.28	12.6±0.07	13.2±0.21	13.4±15.56	13.1±0.14*	14.65±1.91*	14.7±2.69*	14.7±1.84*	15.4±0.07

¹C: Control group.

*p<0.05.

**p<0.01.

7일, 14일, 24일에서, 흰점박이꽃무지 추출물 75, 100, 200 및 250mg/kg 투여농도가 혈액 응고를 지연시켜 혈행 장애 개선 기여 가능성 확인

[aPT 측정 결과]														
Day	C ¹	흰점박이꽃무지 추출물 (mg/kg)												
		0.1	0.5	1	2.5	5	10	25	50	75	100	200	250	500
7	13.7±4.24	12.2±1.91	10.7±1.70	11.9±4.24	13.3±2.76	14.7±3.04	11.9±0.42	14.7±2.90	22.3±1.91*	23.7±4.24	21.9±3.04*	22.3±0.28	20.4±1.34	19.3±6.79
14	10.7±1.70	9.7±3.11	12.9±7.64	12.4±0.99	12.6±5.80	13.3±2.53	13.6±1.70	14.3±0.99	18.4±0.42	19.5±2.76*	20.4±3.11	20.8±0.71	19.9±1.70	19.0±0.28
21	12.8±2.69	10.7±0.99	11.0±0.42	12.1±3.11	11.6±1.20	10.7±0.64	12.9±1.20	13.7±2.69	15.6±0.42*	18.6±2.62	19.4±3.11*	20.2±0.42*	19.6±1.70*	19.2±9.12

¹C: Control group.

*p<0.05.

7일은 흰점박이꽃무지 추출물 50과 100mg/kg 투여군, 14일은 75mg/kg 투여군, 21일은 50, 100, 200 및 250 mg/kg 투여군에서 항혈전 효능에 대한 가능성 확인

*출처: Choi, In-Hag, et al., Journal of Environmental Science International, 2019, NICE디앤비 재가공

■ 곤충의 대량사육 및 생산을 위한 스마트팜 기술

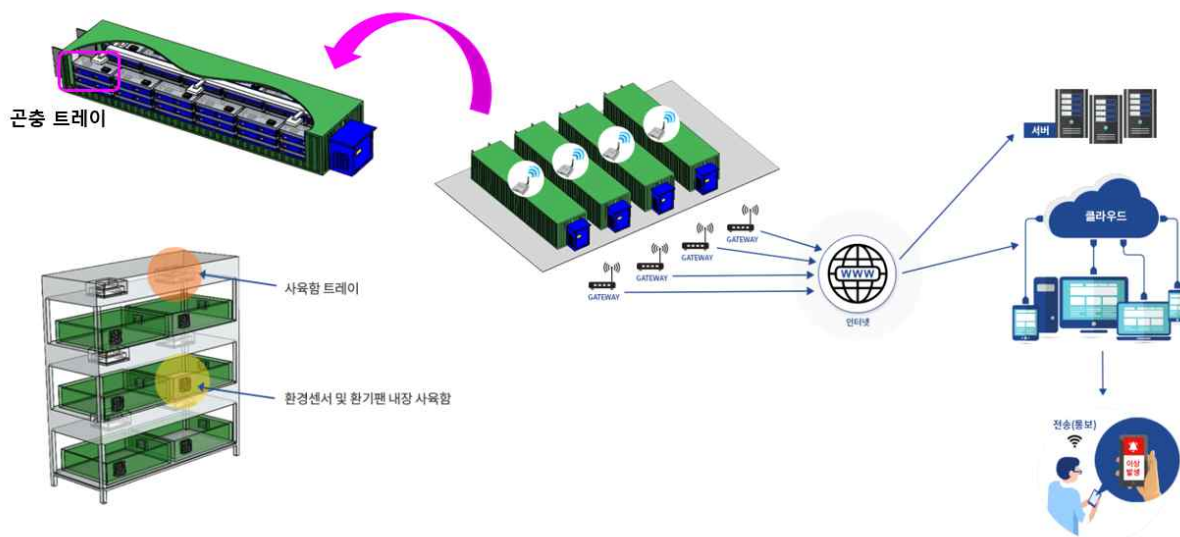
스마트팜(Smart farm)은 온·습도 등의 자동 조절을 통해 최적의 생육환경을 조성하여 농축산물을 키우는 것을 의미하나, 최근에는 곤충사육에도 스마트팜 기술이 적용되고 있다. 곤충은 종류별로 생육환경이 모두 다르기 때문에, 곤충의 종류 및 생육단계에 맞게 환경을 제어하고 유지하는 것은 곤충의 생산성 향상에 큰 영향을 줄 수 밖에 없다. 이에 각 곤충의 성장단계 별 생육환경을 정밀하게 자동 제어할 수 있는 시스템의 필요성은 점점 커지고 있다.

I. 곤충사육의 스마트팜

곤충의 대량생산 및 품질 균질화를 갖추고자 자동화된 스마트팜 시스템을 도입하기 위한 움직임이 활발히 일어나고 있으며, 농림축산식품부의 ‘제3차 곤충·양잠산업 육성 종합계획(2021~2025)’에서도 스마트팜(ICT) 적용 사육시설을 도입하여 생산방식 스마트화를 추진 목표로 하고 있다.

[그림 7]을 보면, 스마트팜의 각 컨테이너 내부에는 환경센서 및 항온·항습 장비가 설치되어 있다. 센서에서 수집한 데이터는 인터넷을 통해 서버로 전송되고 해당 데이터는 컴퓨터나 스마트폰에서 언제든지 컨테이너 내부의 온·습도 등의 정보를 확인할 수 있고, 원격으로 환경설정을 할 수 있다. 환경설정을 수정하면 온라인으로 전송되어 해당 설정값에 따라 컨테이너 공조기가 자동으로 작동하여 온도, 온·습도 등을 원하는 조건으로 유지할 수 있다. 스마트팜은 곤충의 성장환경을 실시간으로 감지함으로써 곤충정보를 수집하여 데이터를 저장 및 구축할 수 있으며, 컴퓨터나 스마트폰과 같은 단말기를 통해 실시간 확인하며 인공지능으로 곤충사육장치를 자동제어할 수 있다.

[그림 7] 곤충 사육을 위한 컨테이너 스마트팜

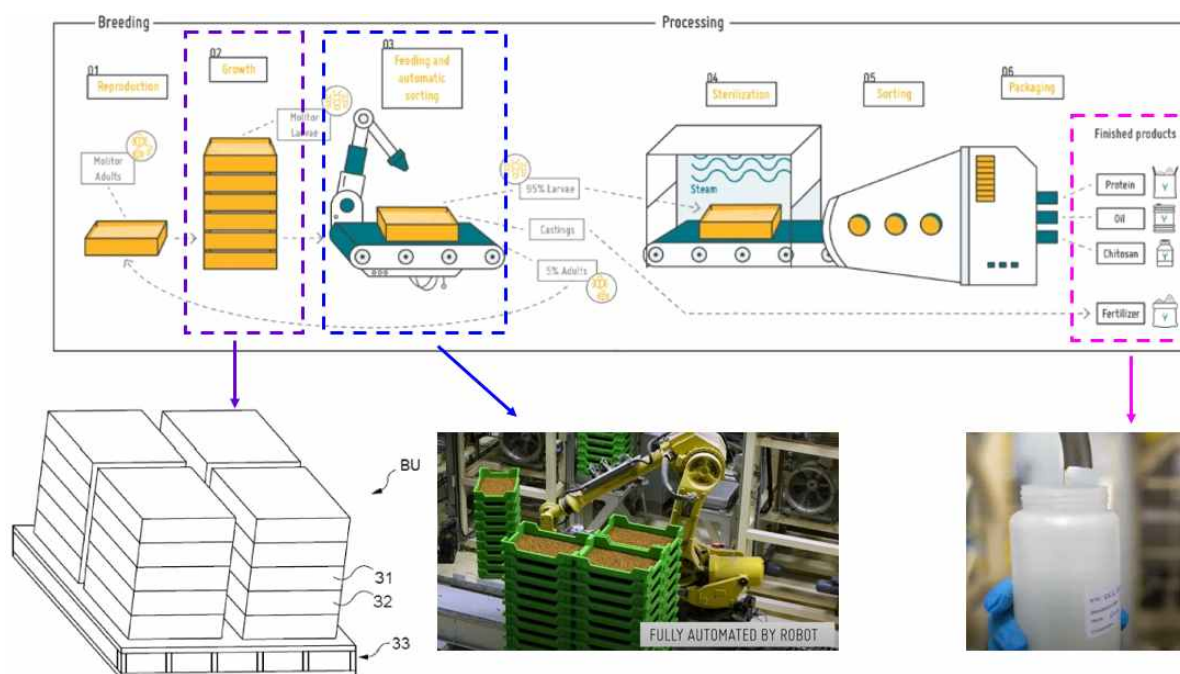


*출처: 반달소프트(Vandalsoft) 홈페이지, NICE디앤비 재가공

[그림 8]은 동일한 종류의 곤충을 담은 박스를 쌓아 올린 수직 사육장 ‘팜 힐(Farm hill)’을 보여준다. 이는 공간 활용성과 곤충의 성장 사이클에 맞춰 생산성을 극대화시킬 수 있는 기술이다. 팜 힐에는 온도, 습도, 대기압, 광 및 그의 주파수, 산소 함량, 공기의 휘발성 유기화합물 함량 등을 제어할 수 있는 장치 및 각종 센서(중량 센서, 곤충의 배설물 등의 색상을 측정할 수 있는 센서, 기질의 두께 또는 부피를 측정할 수 있는 센서, 크기 센서 등)가 구비되어 있다. 또한 팜 힐은 복수의 스테이션(Station)으로 구성되어, 각 스테이션별로 먹이주기, 물 제공하기, 곤충을 크기·중량·부피·밀도에 의해 등급화하기, 살아있거나 죽은 유충 및 배설물 분류하기, 살아있거나 죽은 약충 분류하기, 알, 유충, 약충 및 성충 사이 곤충의 적어도

2개의 발달 단계 분류하기, 곤충 및 소비되지 않은 기질 분리하기, 곤충 및 알 분류하기, 곤충을 사육 용기에 첨가하기, 곤충을 죽이거나 파괴하기, 질환 증상이 있는 곤충 확인하기, 용기 세척하기 등이 구분되어, 사육 작업이 자동화되도록 구축되어 있다. 또한 팜 힐은 내장된 센서를 활용하여 곤충에게 맞는 최적의 환경을 조성하고, 사육 후 상품화가 가능한 곤충은 별도로 선별하여, 오일, 단백질, 키토산 등을 추출하는 가공 과정을 거치며, 로봇 기술 및 각종 센서를 활용하여 곤충의 사육부터 가공까지 전 과정을 자동화하고 있다.

[그림 8] 곤충 사육을 위한 팜 힐(Farm hill) 스마트팜

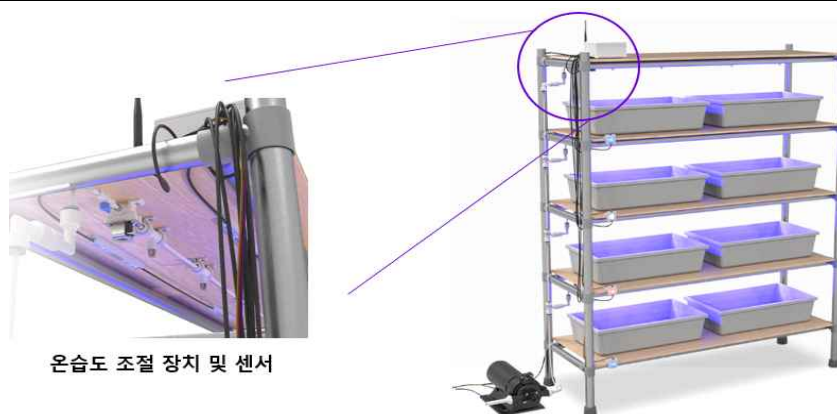


*출처: 인섹트(Ynsect) 홈페이지 및 인섹트(Ynsect) 유튜브, NICE디앤비 재가공

II. 귀뚜라미 사육장치

귀뚜라미 사육장치는 쌍별귀뚜라미와 같은 귀뚜라미 곤충사육에 특화된 스마트팜 기술이 접목된 파이프랙(Pipe rack)이다. 귀뚜라미는 온도, 습도, 질병 등으로 집단 폐사되는 경우가 많다. 특히 습도에 민감하여 일정 시간마다 물을 분무해야 하는데, 귀뚜라미 사육장치는 주변 습도에 맞춰 자동으로 물을 뿌려줄 수 있으며, 습도 조절 외에도 실제 자연과 유사한 환경을 유지하기 위해 조명을 자동으로 켜고 끌 수 있다. 또한 부화일로부터 약 40일~50일간 7~8번의 탈피과정을 거쳐 성체로 성장하는 귀뚜라미의 생육 주기별 최적의 제어 환경 조건을 자동으로 관리할 수 있어, 귀뚜라미의 대량사육에 최적화되어 있다.

[그림 9] 귀뚜라미 사육장치



온습도 조절 장치 및 센서

*출처: 반달소프트(Vandalsoft) 홈페이지, NICE디앤비 재가공

■ 식용곤충의 가공기술: 원재료 가공기술, 단백질 가공기술, 오일류 가공기술

I. 원재료 가공기술

원재료 가공기술은 곤충을 건조 및 분말화하는 것으로, 곤충에 대한 혐오감 및 거부감을 줄이고, 수분활성도를 낮추어 부패를 방지할 수 있는 기술이다. 원재료 가공 관련한 연구결과에 따르면, 갈색거저리 유충에 전처리한 밀기울(Wheat bran)을 급여시킨 후 동결건조 및 분말화할 경우 세균 및 진균 등의 미생물이 전혀 검출되지 않고, 관능평가 결과에서도 선호도가 가장 좋은 것으로 나타났다(정미연 et al., 2013). 분말화 기법뿐만 아니라 이를 식품에 적용하기 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. 곤충 분말을 이용하여 음식 제조 시, 파스타는 15%, 쿠키는 25%의 분말 첨가가 가장 적합하며, 갈색거저리유충 분말의 첨가로 기호도 및 품질 특성의 향상을 기대할 수 있다(민경태 et al., 2016).

II. 단백질 가공기술

단백질 가공기술은 식용곤충의 핵심 영양분인 단백질을 추출해내는 것으로, 소비자들이 식용 곤충을 직접 섭취할 필요 없이 식품에 영양분을 그대로 포함시킬 수 있어, 식용곤충에 대한 소비자들의 거부감을 없애고 식용곤충 제품의 수요를 촉진시킬 수 있는 기술 중 하나이다.

단백질 가공 방법으로는 용매 내 용해도에 따라 추출된 단백질 그룹을 분리하는 방법 및 특정 사슬 길이 단백질을 얻기 위한 효소 프로세스가 있으나, 추출 비용이 비싼편이어서, 수익성 및 산업 응용성을 높이기 위한 연구가 지속되고 있다. 농촌진흥청에서는 쌍별귀뚜라미 내 양질의 단백질 성분만 가수분해하고 농축하여 식품원료로 활용하는 방안을 제시하고 있다(특허공개번호 제10-2021-0050610호). 쌍별귀뚜라미를 압착하여 착유한 뒤, 착유된 쌍별귀뚜라미를 플레버자임(Flavourzyme), 프로타맥스(Protamax) 등의 가수분해효소를 이용하여 추출 및 분말화할 경우, 분말의 단백질 함량이 쌍별귀뚜라미 자체 단백질 함량보다 높으며, 물에 쉽게 녹을 수 있어 다양한 식품에 쉽게 적용이 가능하다. 또한 지질 및 잔틴 성분은 감소하여 변질에 의한 품질 저하를 최소화하는 동시에 저장안정성은 높일 수 있으며, 티로신, 글루타민산, 페닐알라닌 등의 아미노산과 그 유도체 성분은 늘어나 맛과 영양성이 개선될 수 있다.

Ⅲ. 오일류 가공기술

곤충으로부터 단백질 분리과정에서 생산되는 유지 또한 주요한 성분 중 하나이다. 유지를 통해 에너지를 얻을 수 있고 필수지방산을 섭취할 수 있어, 곤충으로부터 유지를 분리하기 위한 기술 개발도 활발히 이루어지고 있다. 한 연구를 통해 갈색거저리, 외미거저리, 집귀뚜라미 및 두비아 바퀴벌레를 대상으로 여러 추출법을 비교한 결과, 추출법에 따라 유지의 양과 종류가 다르게 나타나며, 지방산 조성에도 영향을 주는 것으로 보고된다(Tzompa-Sosa, 2014). 해당 연구 결과에 따르면 오메가 3 지방산 함량은 물(Aqueous) 추출법에서 가장 높게 나타난다. 또한 속실텐(Soxhlet) 추출법을 통해 추출한 유지는 유리지방산과 모노아실글리세롤과 같은 바람직하지 않은 성분이 있으므로 반드시 정제과정이 필요하지만, 물 추출법을 통해 추출한 유지에는 그러한 성분이 없어 정제과정이 따로 필요하지 않다. 또 다른 연구에서는 오일 제조시 기호성을 증진시키기 위해, 곤충에 산(Acid)과 요소를 처리한 뒤 흡착제를 투입하여 반응시킴으로써 기능성이 개선된 곤충 오일을 제조하는 방법도 개발 중에 있다.

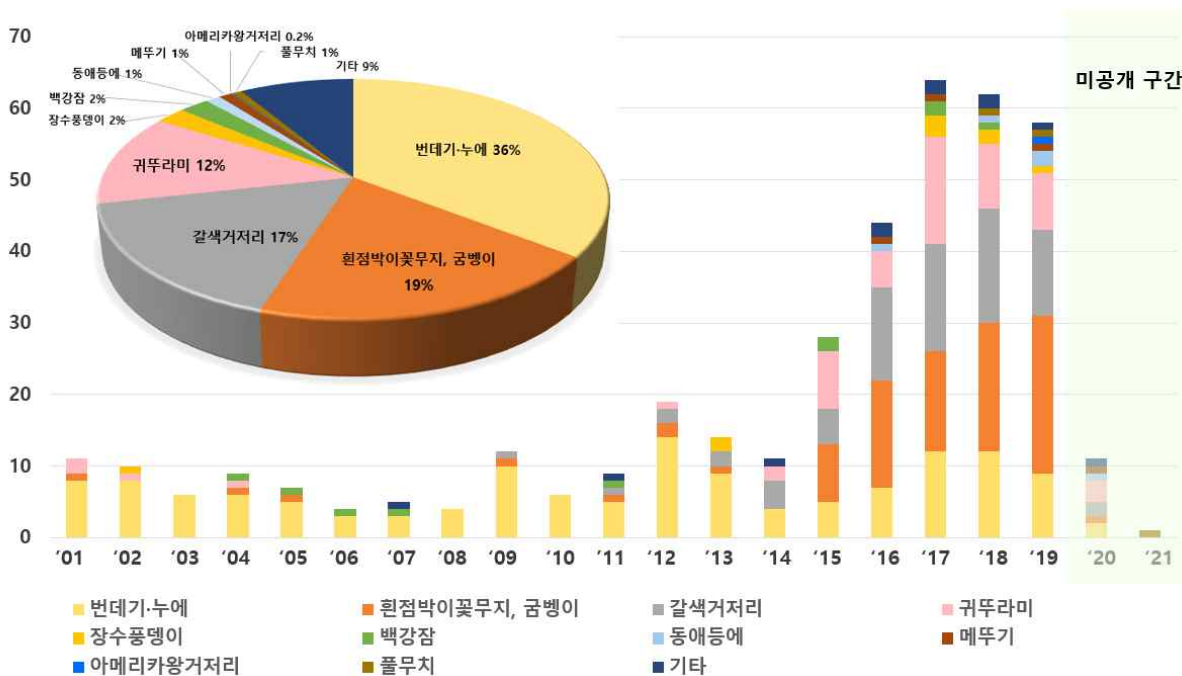
■ 곤충사육 관련 특허 동향

곤충사육 관련 특허는 곤충 종류별 활용에 초점을 맞추어 살펴보았다. 특허 검색범위는 특허의 제목, 요약, 대표 청구항으로 설정하였으며, 대상기간은 2001년부터 2021년으로 설정하였다. 검색결과 곤충사육에 관한 유효 특허출원 건수는 중복건수를 제외한 총 429건의 특허가 출원되었다. [그림 10]은 곤충사육에 관한 특허출원 동향을 연도별, 기술별로 나타내었다. 국내 2000년 이후 관련 특허 출원이 지속적으로 진행되었으며, 2015년 이후 출원이 급격하게 증가하였다. 이는 곤충사육 분야에 대한 연구 개발이 최근 활발하게 진행되고 있음을 보여준다. 2020년 이후 출원이 급격하게 줄어든 것은, 출원 후 18개월 후에 공개되는 특허의 제도 특성상 미공개 특허로 인한 것으로 사료되며, 추후 현재보다 증가할 것으로 판단된다.

곤충 종류별 특허 동향을 살펴보면, 번데기·누에가 36%를 차지하며 특허건수가 가장 많이 나타났고, 흰점박이꽃무지 및 굼벵이 19%, 갈색거저리 17%, 귀뚜라미 12% 등의 순으로 조사되었다. 2000년 초에는 주로 번데기·누에 위주로 출원이 진행되었고, 백강잠이 한약 추출물과 함께 건강기능식품의 부수적 성분으로 포함되는 정도였으나, 2015년 이후 급격한 출원 증가와 함께 동애등에, 아메리카왕거저리, 풀무치 등 출원되는 곤충의 종류가 확대되었다. 이는 2015년 이후 식품공전에 등재된 식용곤충 종류 확대와도 관련이 있는 것으로 판단되며, 사회적으로 곤충의 필요성이 증가하면서 다양한 곤충의 효능 및 기능성, 그리고 안전성을 입증하기 위한 연구가 활발해진 결과로 분석된다.

[그림 10] 연도별 특허출원 동향

(단위: 건, %)

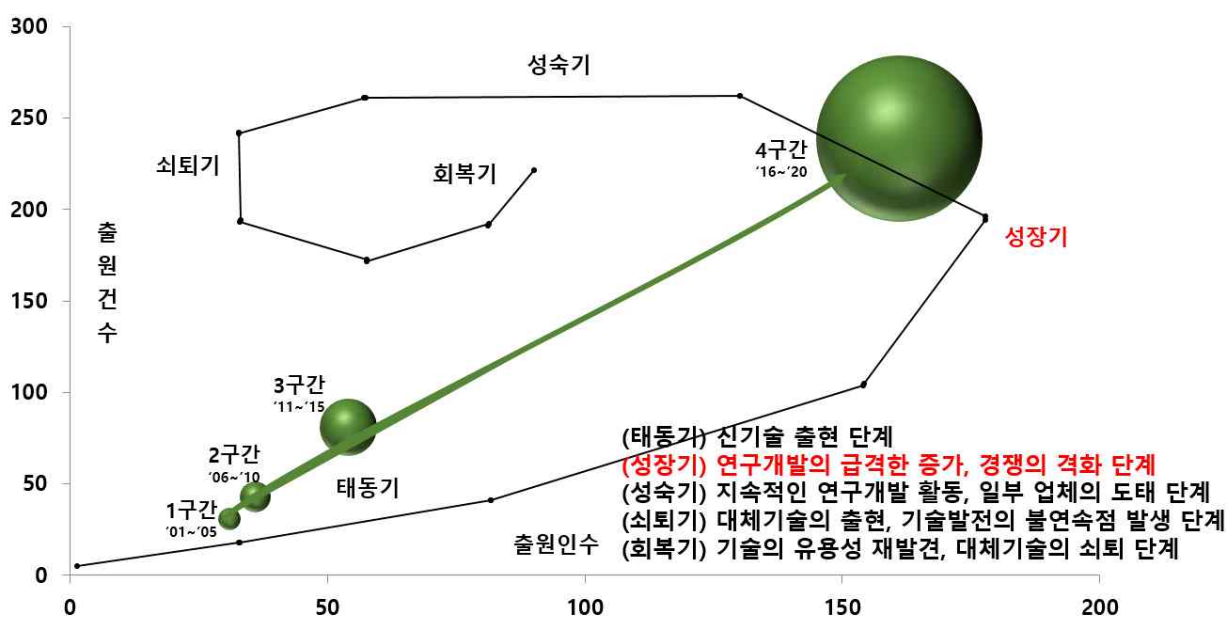


*출처: 위스온 DB, NICE디앤비 재가공

[그림 11]은 곤충사육 관련 특허를 분석하여 기술의 성장단계를 나타내었다. 2000년 이후의 특허출원들을 대상으로 매년 5년을 기준구간으로 하여 해당 구간에서의 특허출원건수와 특허출원인수를 조사하였다. 그래프의 가로축은 특허출원인수를 나타내고, 세로축은 특허출원건수를 나타낸다.

[그림 11] 기술시장의 성장단계

(단위: 건, 인)



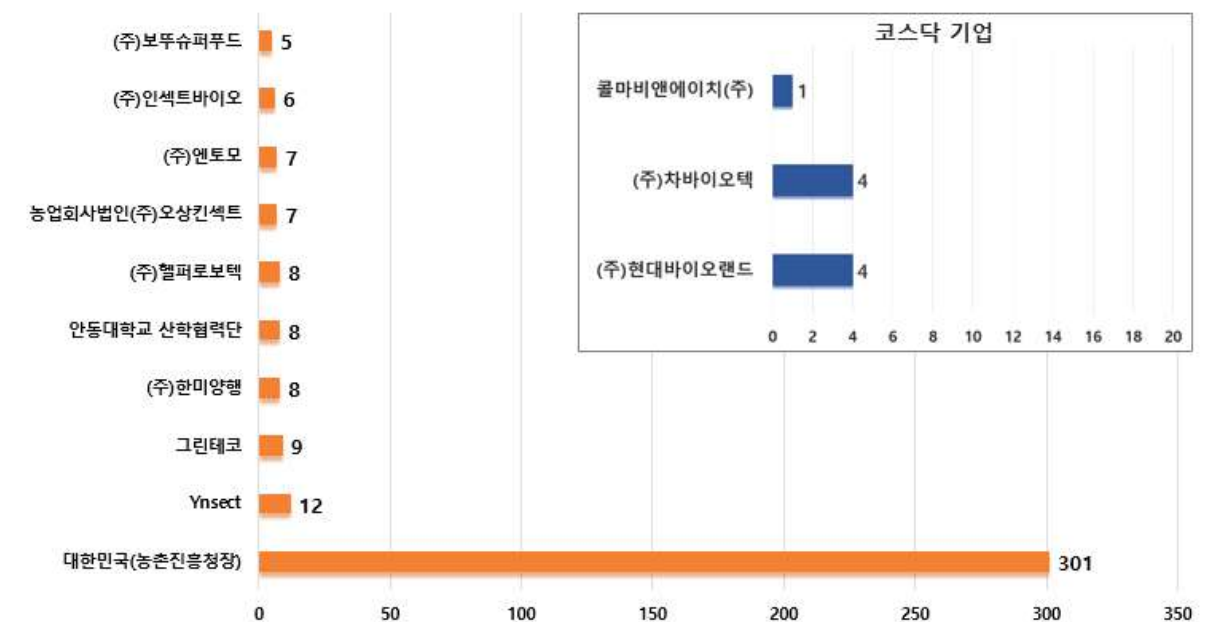
*출처: 위스온 DB, NICE디앤비 재가공

1구간(`01~05) 및 2구간(`06~10)의 구간에서는 신기술 출원 단계인 태동기 단계에 있다가 3구간(`11~15)부터 출원건수 및 출원인수가 증가하기 시작하여 4구간(`16~20)에서 급격히 증가하였는 바 기술시장 성장단계는 성장기에 있는 것으로 판단된다. 이는 곤충에 대한 연구 필요성이 인정되고, 연구 인력이 증가하면서 점차 특허 출원건수가 증가한 것으로 보이며, 특히 최근 식용곤충의 상용화가 이루어지기 시작함에 따라 관련 산업계로 특허출원이 확산 중인 것으로 판단된다.

[그림 12]는 곤충사육 기술과 관련된 전체 상위 출원인 및 주요 코스닥 기업의 출원인을 나타낸다. 주요 출원인으로는 대한민국(농촌진흥청장)이 압도적으로 가장 많은 출원을 하고 있는 것으로 조사되었다. 뒤이어 Ynsect, 그린테코, (주)한미양행, 안동대학교 산학협력단, (주)헬퍼로보텍, 농업회사법인(주)오상킨섹트, (주)엔토모, (주)인섹트바이오, (주)보뚜슈퍼푸드가 해당 기술 분야에서 상위 출원인에 위치하였으며, 코스닥 기업으로는 (주)현대바이오랜드, (주)차바이오텍, 콜마비엔에이치(주) 등이 조사되었다. 다만 (주)현대바이오랜드, (주)차바이오텍의 경우, 화장품 등의 부수적 성분으로 곤충(누에)를 포함하고 있으나 추진 중인 사업 관련 주요 특허는 아닌 것으로 판단되며, 곤충사육 관련한 코스닥 기업들 중 유의미한 출원 건수를 기록한 기업은 없는 것으로 조사된다. 이는 곤충사육 관련 분야가 특별하게 월등하거나 획기적인 기술 개발이 이루어지지 않은 분야로서, 아직까지는 개별 소기업이나 연구기관에서 산발적으로 기술 개발에 나서는 분야로 볼 수 있다.

[그림 12] 주요출원인 및 출원건수

(단위: 건)



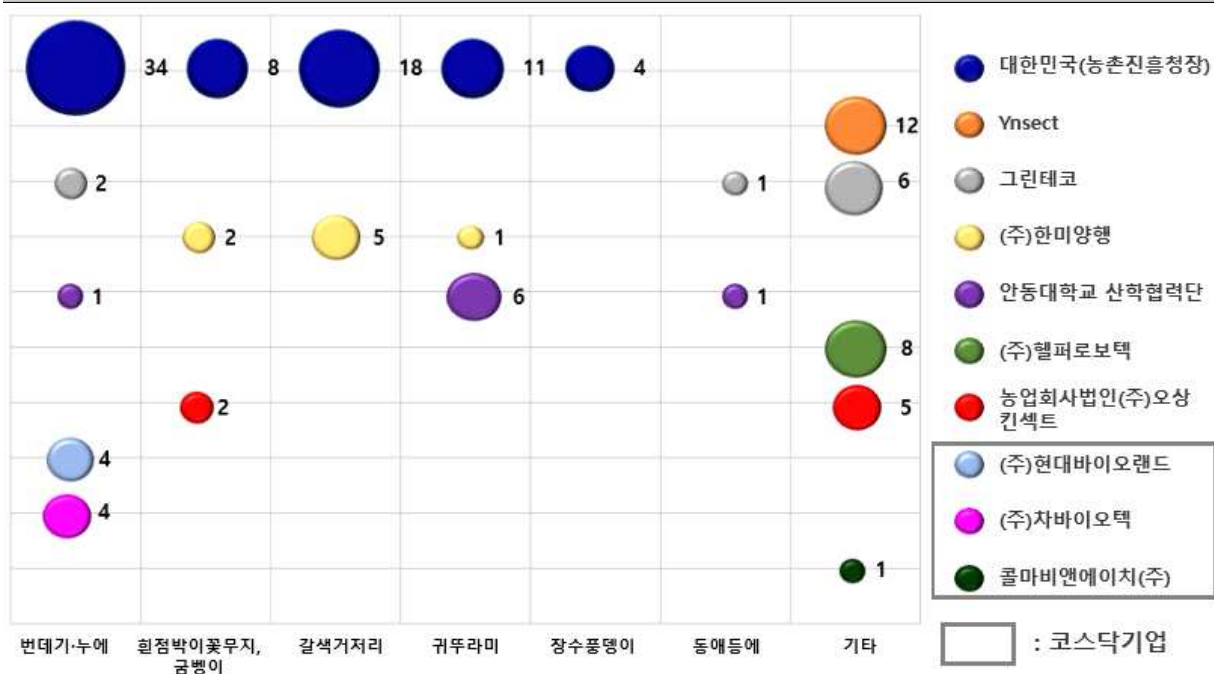
*출처: 위스온 DB, NICE디앤비 재가공

[그림 13]은 주요출원인들의 출원한 특허를 세부 기술분야에 따라 재분류한 것이다. 도면의 세로축은 주요 출원인을 나타내고, 가로축은 특허가 속한 기술분야를 나타낸다. 그래프를 살펴보면, 대한민국(농촌진흥청장)은 상대적으로 번데기·누에 출원을 가장 활발하게 진행해왔으며, Ynsect, (주)헬퍼로보텍은 기타 곤충 사육 장치 및 방법에 대한 특허 출원을 활발히 진행하고 있는 것으로 나타났다. 그 외에 그린테코, (주)한미양행, 안동대학교 산학협력단은 특정

곤충이 아닌 다양한 곤충에 대한 연구 개발을 진행하고 있는 것으로 나타난다. 주요 출원인별 기술동향에 따르면, 스마트팜 기술을 개발 중인 몇몇 기업을 제외하고는 아직까지 곤충에 대한 핵심적인 기술을 보유한 핵심 기업은 존재하지 않는 것으로 보인다. 다만 앞서 살펴본 [그림 10] 및 [그림 11]의 연도별 특허출원 동향과 기술의 성장단계를 고려하건대, 향후 곤충 종류 확대와 함께 코스닥 기업들의 권리확보가 증가할 것으로 예상되며, 기술 개발 및 제품 상용화가 활성화되면서 점차 곤충별 핵심 기업이 두드러지게 나타날 것으로 예상된다.

[그림 13] 주요출원인별 주요기술 동향

(단위: 건)



*출처: Wissens DB, NICE디앤비 재가공

Ⅲ. 산업동향분석

국내 곤충산업 활성화 정책 추진, 식용곤충 종류 확대에 따른 곤충 시장 성장 전망

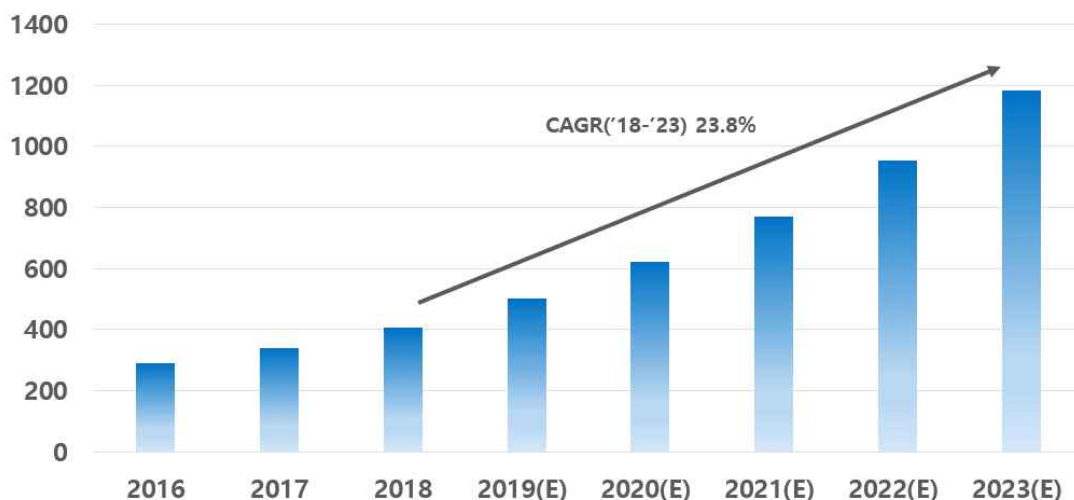
미국, 유럽은 곤충산업 관련 식용, 사료용 단백 등을 개발 및 사용 중에 있으며, 최근 식재료로 개발되면서 곤충산업이 빠르게 성장하고 있다. 국내에서도 곤충산업 육성을 위한 정책 및 법규가 마련되고 있으며, 식용곤충 확대와 함께 국내 곤충 시장도 가파른 성장세가 전망된다.

■ 세계 곤충산업 시장의 규모 및 전망

미래 인구 증가 및 그에 따른 식량부족과 환경문제의 해결책으로서 식용곤충의 필요성은 계속해서 대두되고 있다. 세계적으로 식용곤충을 섭취하는 인원은 약 25억 명으로 예상되며, 이후 10년간 섭취 인원은 곤충 섭취에 대한 반감이 상대적으로 큰 유럽 및 미국 지역에서만 약 10억 명이 넘을 것으로 전망된다(Kim, 2017). 세계 곤충산업 시장은 2016년 289백만 달러 규모에서 연평균 18.6% 성장하여 2018년 406.5백만 달러 규모의 시장을 형성하였으며, 2018년 이후 연평균 23.8%의 성장률로 성장하여 2023년에는 1,181.6백만 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 미국은 현재 2,000여 개의 곤충 중 중 약 90개가 식용색소 및 의약 보조제 등으로 개발되고 있으며, 최근 식재료로 개발되면서 시장이 빠르게 성장하고 있다. 유럽의 경우, 대표적으로 영국, 벨기에, 네덜란드, 스위스, 핀란드, 오스트리아, 덴마크 등이 식용곤충의 상용화가 활발히 이루어지고 있다. 곤충산업 성장을 위해 2019년 6억 유로(한화 약 8,000억 원) 이상을 투자하였으며, 현재 연간 6,000톤의 곤충단백질을 생산하고 있으며, 2030년까지 2백만톤 이상으로 생산량이 증가할 것으로 예상되고 있다. 식용곤충들이 동물 사료, 바이오유지 등 광범위한 대체원료 가능성이 알려지기 시작하며, 앞으로 폭발적인 시장 성장이 전망된다.

[그림 14] 세계 곤충산업 시장전망

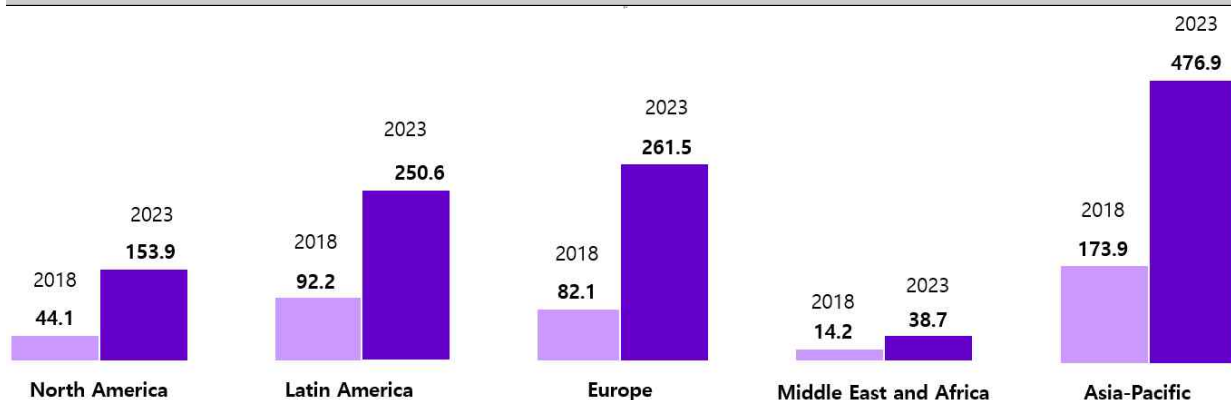
(단위: 백만 달러)



*출처: "Edible Insects Market" Meticulous, 2018, NICE디앤비 재가공

[그림 15] 대륙별 세계 곤충산업 시장전망

(단위: 백만 달러)



*출처: “Edible Insects Market” Meticulous, 2018, NICE디앤비 재가공

■ 국내 곤충산업 육성을 위한 정책

1. 국내 ‘곤충산업 육성 5개년 계획’ 및 관련 법규

곤충 시장의 성장을 위한 노력은 국내에서도 지속적으로 이루어지고 있다. 특히 식용 및 사료용 곤충 사육 및 판매에 대한 규정과 법률이 불명확하여 식용 곤충산업 발전을 위한 법적인 제도와 표준화 구축을 위한 여러 시도가 이루어지고 있다. 국가식품규격위원회(CODEX)는 소비자 건강보호와 식품의 공정한 무역을 보장하기 위해 설립된 기구로 국제식품규격(Codex Alimentarius)을 만들어 식용곤충 생산과 식품 및 사료로서의 사용에 대한 법률을 위한 참고자료를 제공하고 있다. 국내 곤충산업은 지난 2010년 2월 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」을 공포하여 법적인 토대를 만들었으며, 법 제5조에 의해 5년마다 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 거쳐 곤충산업의 육성 및 지원에 관한 종합계획을 수립하여 곤충산업의 활성화 정책을 추진하고 있다.

농림축산식품부에서 주관한 “제1차 곤충산업 육성 5개년 계획”을 통해 곤충시장 규모는 2011년 1,680억 원에서 2015년 3,039억 원으로 1.8배 상승하였으며, 사육농가는 2.7배 증가하였다. 2016년에서 2020년까지 진행된 “제2차 곤충산업 육성 5개년 계획”에서는 식용 곤충 시장 확대를 위해 식품공전에 6종 곤충(갈색거저리유충, 쌍별귀뚜라미, 흰점박이꽃무지 유충, 장수풍뎅이 유충, 수벌번데기, 아메리카 왕거저리)이 식품원료로 추가되었으며, 곤충산업 참여 농가·업체는 280% 확대되었다. 또한 사료용 곤충 산업화 지원으로 국내 사료용 곤충산업 기반을 마련하였다. 2021년에서 2025년까지 진행되는 “제3차 곤충·양잠산업 육성 5개년 계획”에서는 곤충을 활용한 대체 단백질 소재 개발, 곤충의 기능성·유효성분 발굴을 통한 건강기능식품 개발, 소비자 인지도 높은 제품 연구개발을 확대하고, 스마트 사육시설을 확충하는 등 인프라 구축을 통해 곤충·양잠이 그린바이오 산업의 주체가 될 수 있도록 체계적인 성장을 유도할 계획이다.

[표 6] 제3차 곤충·양잠산업 육성 종합계획

(1) 소재 및 기술 등 연구개발 확대	(2) 수요처 발굴 및 수출확대	(3) 조직화된 생산·유통 주체육성	(4) 생산방식의 스마트화	(5) 제도 및 규제개선	(6) 곤충·양잠 인식개선
부가가치제고		인프라구축		지원기반 강화	
- 곤충유래 대체 단백질 소재 개발 - 소비자 인지도 높은 제품 개발 - 고부가가치 소재 개발 - 양잠산물 기능성 연구 - 지역곤충지원화 센터 기능 강화	- 프리미엄반려동물 시장 진입 - 양잠산물 수출 추진	- 사료용 곤충계열화 체계 구축 - 식용·사료용 곤충 거점단지 구축 - 양잠특화단지 조성 - 곤충 광역유통사업단 활성화 - 곤충 생산자 협동조합 구성	- 스마트 사육 시설 확충 - 곤충 사육시설 개·보수	- 수출입규정 개정 - 양잠산물 품질 제고 - 불합리한 규제 개선 - 곤충산업법 개정	- 경진대회 개최, 외래종 도입지원 - 방송, 온·오프라인 홍보 - 곤충가치 홍보 - 곤충에 대한 인식 개선

*출처: 농림축산식품부(제3차 곤충·양잠산업 육성 종합계획), NICE디앤비 재가공

II. '한국판 그린 뉴딜' 관련 곤충산업

정부는 지속가능한 성장을 위해 그린 뉴딜 국책사업 계획을 발표하고, 친환경·저탄소 경제로의 전환을 핵심 과제로 제시하고 있다. 정부는 탄소중립(Net-zero: 온실가스(이산화탄소) 순 배출량이 zero가 되는 상태) 사회 지향의 그린 뉴딜 추진을 통해 온실가스 배출량을 보다 획기적으로 줄여 저탄소 및 저에너지 중심의 산업생태계를 유지하고자 한다. 곤충산업은 앞서 살펴본 바와 같이 i) 생활 폐기물을 곤충의 먹이로 활용함으로써 폐기물 소각에 따른 온실가스의 배출 저감을 기대할 수 있고, ii) 가축 섭취를 식용곤충으로 대체하여, 가축에서 발생하는 온실가스(전체 온실가스 배출량의 약 18%)의 배출량을 저감시킬 수 있다. 이에 온실가스 배출의 주요 원인 중 하나인 농축산업 분야의 일부를 곤충산업으로 대체함으로써 그린 뉴딜 사업에 부합하는 탄소중립 사회 실현에 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

[그림 16] 그린 뉴딜 사업



분야	세부과제
1. 도시·공간·생활 인프라 녹색 전환	- 국민생활과 밀접한 공공시설 제로에너지화 - 공공건물 친환경·에너지 고효율 건물 신축 리모델링 - 태양광·친환경 단열재 설치 및 전체교실 WiFi 구축(그린스마트 스쿨) - 국토·해양 도시의 녹색 생태계 회복 - 환경·ICT 기술 기반 맞춤형 환경개선 지원, 도시숲 조성, 생태계 복원 추진 - 깨끗하고 안전한 물 관리체계 구축 - 스마트한 상·하수도 관리체계 구축, 정수장 고도화, 노후상수도 개량
2. 저탄소·분산형 에너지 확산	- 에너지관리 효율화 지능형 스마트 그리드 구축 - 아파트 500만호 AMI 보급, 친환경 분산에너지 시스템 구축, 전선·통신선 공동지중화 추진 - 신재생에너지 확산기반 구축 및 공정한 전환 지원 - 신재생 확산기반(대규모 해상풍력 단지, 주민참여형 태양광 등) 구축 지원 - 석탄발전 등 위기지역 대상 신재생 업종전환 지원 - 전기차·수소차 등 그린 모빌리티 보급 확대 - 전기차 113만대, 수소차 20만대 등 보급 추진
3. 녹색산업 혁신 생태계 구축	- 녹색 선도 유망기업 육성 및 저탄소·녹색산업 조성 - 녹색기업 지원, 지역거점 녹색 융합 클러스터(녹색산업) 구축 - 스마트그린 산업 조성, 스마트 생태공장 등 친환경 제조공정 지원 - R&D·금융 등 녹색혁신 기반 조성 - 온실가스 감축, 미세먼지 대응 기술 개발 지원, 노후 전력기기의 재제조 기술 등 지원 - 순환 촉진, 녹색기업 육성을 위한 2,150억원 규모의 민간 합동펀드(녹색금융) 조성

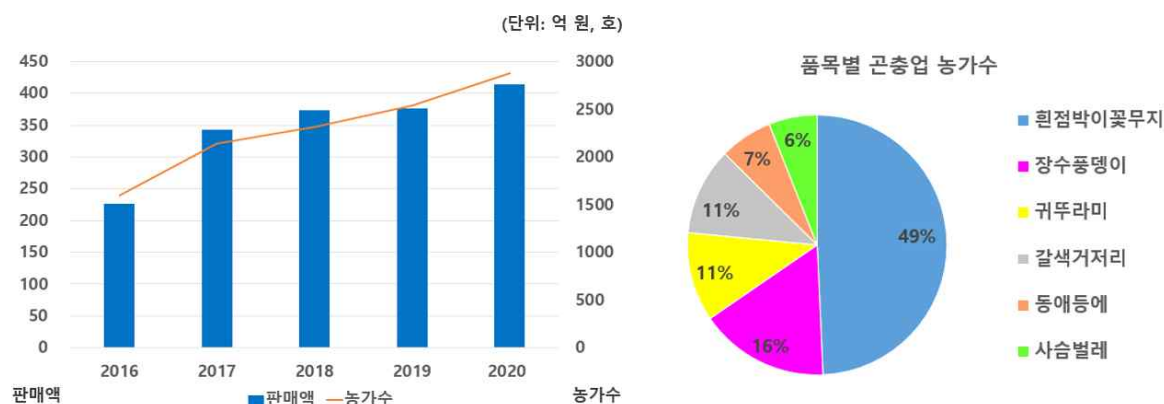
*출처: 환경부 및 에너지경제연구원, 한국판 그린 뉴딜의 방향: 진단과 제언, 2020, NICE디앤비 재가공

■ 국내 식용곤충 이용현황 및 시장전망

I. 국내 곤충산업 이용현황

농림축산식품부에서 실시한 ‘2020년 곤충산업 실태조사’ 결과에 따르면, 2020년 말 국내 곤충산업 규모는 414억 원으로, 식용곤충 51.6%, 사료용 곤충 22.5%, 학습·애완곤충 10.7% 및 기타 15.2%로 나타났으며, 사료용 곤충이 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 국내 곤충 판매액(1차 생산)을 상세히 살펴보면, 2020년도 기준 흰점박이꽃무지 147억 원, 동애등에 93억 원, 갈색거저리 33억 원, 귀뚜라미 32억 원, 장수풍뎅이 29억 원, 사슴벌레 16억 원 및 누에 등 기타 곤충 64억 원 정도인 것으로 조사되며, 특히 동애등에 판매액은 2017년도 8.5억 원에서 2020년도 93억 원 정도의 규모로 크게 증가하여, 사료용 곤충 중에서도 가장 빠른 성장세를 보일 것으로 전망된다.

[그림 17] 국내 곤충 판매액 및 곤충업 농가수



*출처: 농림축산식품부(2019 곤충산업 실태조사 결과), NICE디앤비 재가공

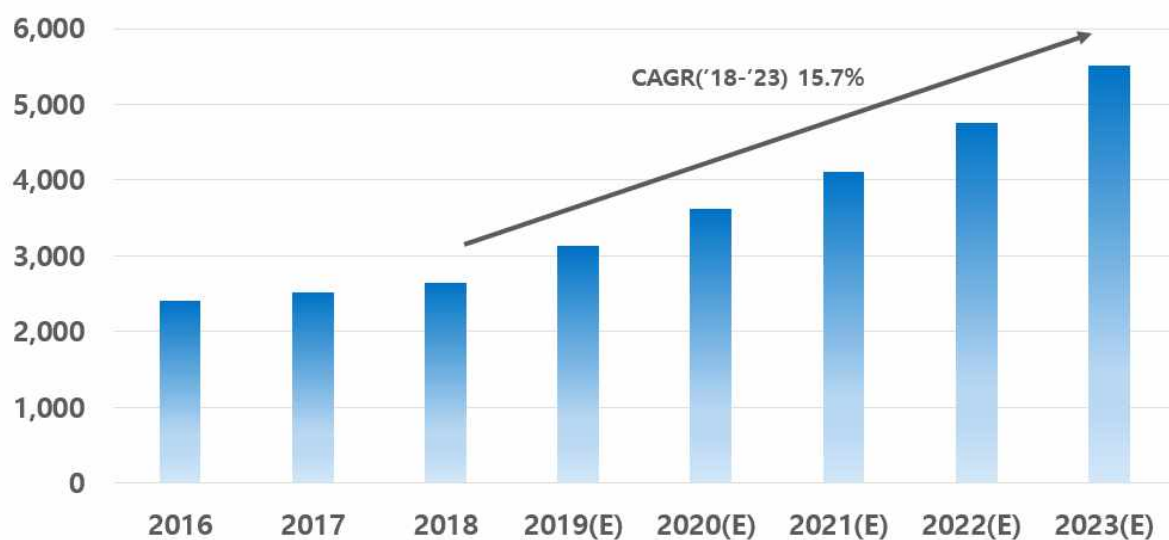
한편 곤충사육농가 수도 지속적으로 증가하고 있다. ‘2020년 곤충산업 실태조사’ 결과에 따르면, 곤충 생산·가공·유통업에 종사하는 농가는 2,873개소로, 전년대비(2,535개소) 13.3% 증가하였고, 식용곤충 종류가 규정된 2016년(1,261개소)보다 2배 가까이 늘었다. 품목별로 흰점박이꽃무지를 키우는 농가는 1,242개소(49%)로 가장 많았으며, 이어 장수풍뎅이 407곳(16%), 귀뚜라미 279곳(11%), 갈색거저리 274곳(11%) 등이며, 상위 5종은 모두 식용 곤충인 것으로 판단된다.

II. 국내 곤충산업 시장전망

국내 곤충산업의 시장규모는 “제2차 곤충산업 육성 5개년 계획”을 보면 2011년 1,680억 원에서 2015년 3,039억 원으로 약 1.8배 성장했으며, 2020년에는 5,363억 원으로 1.8배 이상 성장할 것으로 전망한 바 있다. 최근 서울대 연구 보고서에 따르면 국내 곤충 시장 규모는 2018년 2,648억 원에서 연평균 15.7% 성장하여 2023년에는 5,505억 원의 시장규모를 형성할 것으로 내다보고 있다.

[그림 18] 국내 곤충산업 시장전망

(단위: 억 원)



*출처: 서울대 연구 보고서(2018), NICE디앤비 재가공

다만, 아직 곤충에 대한 소비자 인식을 개선하지 못하는 등의 한계가 존재하여 식품 대체 소재로서 안착되기 위해서는 소비자들의 인식전환이 필요하다. 농촌진흥청의 2015년 설문조사 결과를 보면 ‘징그러워서’, ‘굳이 곤충을 먹을 필요가 없어서’라는 응답이 주류를 이룬다. 단기적인 접근 방식으로는 사람들이 곤충을 직접 섭취하기 보다는 사료로 이용하는 방안을 적극 활용하며, 소비자 인식을 개선하기 위한 홍보 활동 및 가공·조리 방법을 개발할 경우, 국내 곤충시장은 앞으로 기하급수적으로 시장규모가 확대될 가능성이 클 것으로 예상된다.

IV. 주요기업분석

곤충산업 초기 시장 선점을 위한, 국내 바이오 및 식품 기업의 곤충시장 진출 중

해외는 여러 곤충사육 기업들이 식품 소비재 시장으로 진출하고 있다. 국내에서도 곤충산업 활성화를 위한 정부와 지자체 지원이 증가하고 있는 추세이며, CJ제일제당(주), (주)한미양행, 퓨처푸드랩(주) 등에서 곤충 분말을 활용한 다양한 제품을 개발하여 상용화하고 있다. 최근에는 신규 벤처 기업들이 인공지능(AI)을 결합한 스마트팜 시스템을 개발 및 구축하여 시장에 진출하고 있다.

■ 식품 소비재 시장을 주도하는 해외 곤충사육 기업 현황

아프리카 대륙, 아시아권의 중국 및 태국 등은 오래전부터 곤충 섭식이 이루어져 왔다, 그러나 최근에는 곤충이 미래 식량자원으로 각광받기 시작하면서, 곤충의 전처리 및 가공을 거쳐 상품화가 이루어지기 시작하였다.

1. 미국 곤충식품 및 사료 제조 기업

미국은 푸드트럭 및 레스토랑에서 곤충을 이용한 식품을 판매하고 있으며, 에너지바, 쿠키 등의 상품 공급이 이루어지며, 곤충이 하나의 식품 소비재 시장으로 성장하고 있다. 대표적인 식용곤충 식품 업체로는 차풀(Chapul), 엑소(Exo), 식스푸드(Six foods), 비티푸드(Bitty foods) 등의 기업이 있다.

[표 7] 미국 식용곤충 관련 주요 기업

기업명	제품	내용
차풀(Chapul)		- 유타주에서 5명의 동업자가 모여 만든 귀뚜라미 식품 전문 회사로 2015년 미국 에너지바 시장 선두를 차지함 - 온오프라인 채널을 통해 적극적인 판로 개척
엑소(Exo)		- 귀뚜라미 분말과 카카오를 섞어 만든 단백질바 출시 2013년 온라인 사전 판매 시 72시간 만에 2만 달러 판매고 기록
식스푸드(Six foods)		- 하버드대생 3명이 창업 - 귀뚜라미 분말 및 쌀가루로 만든 스낵 출시 - 체다치즈맛, 바비큐맛, 바다소금맛 스낵 판매 중
비티푸드(Bitty foods)		2013년 12월 설립하여, 미국 유명 셰프인 Tyler Florence가 총괄책임자로 있음. - 귀뚜라미 분말을 귀리, 사과 등과 혼합하여 제조한 쿠키를 온라인으로 판매 중
식용곤충 푸드트럭		코네티컷 대학 내 운영되는 푸드트럭에서 식용곤충 판매

*출처: 한국식용곤충연구소(세계 식용곤충 시장 및 가공기술 동향), 2017, 각사 홈페이지, NICE디앤비 재가공

차폴 및 엑소는 식용곤충을 이용한 에너지바 시장 1, 2위를 다투고 있으며, 식스푸드 및 비티푸드는 귀뚜라미 분말을 이용하여 스낵 및 쿠키를 생산하고 있다. 최근 미 코네티컷 대학교에서는 식용곤충식 푸드트럭인 더 버거버스(The Burger Bus)를 운영하며, 식용곤충을 식재료로 한 다양한 음식을 제공하고 있다.

II. 유럽 곤충식품 및 사료 제조 기업

유럽은 곤충식품 전문회사를 설립하여 곤충형태가 유지된 상태로 상품을 제작하고 있다. 영국의 에더블 유니크(Edible unique)는 갈색거저리 사탕, 전갈 보드카 등을 판매하고 있으며, 주로 식용곤충을 1차 가공하여 판매를 하고 있다. 프랑스의 인섹트(Ynsect)는 천연 곤충 단백질 및 비료 생산을 하는 업체로, 반려동물, 물고기, 식물 및 사람을 위한 사료를 제조하여 판매하고 있다. 인섹트는 곤충사육을 위한 수직 농장 형태인 팜 힐(Farm hill)을 자체 개발하여, 곤충사육 및 가공 단계가 전 자동화되어 대량생산 가능한 사육시설을 보유하고 있다. 곤충에 대한 가공 및 식품개발로 유명한 기업으로는 폴란드의 하이프로마인(Hipromine) 및 네덜란드의 프로티팜(Proti-farm)이 있다. 두 기업 모두 곤충의 사육기술 및 가공기술을 보유하고 있으며, 곤충유래의 단백질을 분리하여 정제하는 것에 주력하여 연구 개발을 진행하고 있다.

[표 8] 유럽 식용곤충 관련 주요 기업

기업명	제품	내용
에더블 유니크 (Edible unique)		- 영국의 대표적인 식용곤충 전문 판매회사 - 식용곤충관련 식품 판매보다는 1차 가공원료를 판매
인섹트 (Ynsect)		- 사료 제조 및 식물용 비료에 주력하고 있는 프랑스 기업 - 대표 제품으로 YnMeal이 있음 - 곤충 대량 자동화 사육 기술인 팜 힐(Farm hill) 기술 보유
프로티팜 (Proti-farm)		- 네덜란드의 곤충 유래 식품소재 개발 기업 - 렛서밀웜(Lesser mealworm)을 활용한 사육법 및 제품 개발
버그솔루틀리 (Bugsolutely)		- 이탈리아 신생 기업으로, 곤충 기반의 크리켓 파스타 면 제조 - 크리켓 파스타 면은 귀뚜라미 가루 20% 함유
하이프로마인 (Hipromine)		- 폴란드의 대표적인 곤충 단백질 개발 기업 - 곤충사육 기술 외에 곤충 활용한 사료, 단백질, 오일 등 제조

*출처: 한국식용곤충연구소(세계 식용곤충 시장 및 가공기술 동향), 2017, 각사 홈페이지, NICE디앤비 재가공

■ 식용곤충 관련 사업, 대기업에서 점차 다양한 기업들의 진출 시도

최근 식품분야에 대기업이 식용곤충을 식품 원재료로 하는 연구개발에 참여하고 있다. CJ제일제당(주) 및 대상그룹 계열의 정풍은 연구개발 로드맵을 구축하고 식용곤충을 활용한 제품 개발을 계획하고 있다. CJ제일제당(주)는 곤충에서 추출한 단백질 분말(파우더)가 들어간 식품을 계획하고 있으며, 이와 같은 미래 식량을 대량으로 만들 수 있는 최첨단 생산기지도 조성하고 있다. 또한 현재 식용곤충 가공 및 판매 업체로는 (주)한미양행(26종), 빠빠용의 키친(제과류 등 15종), 퓨처푸드랩(주)(12종), 오엠오(19종) 등이 있으며, 이들은 스프류, 에너지바, 단백질, 건강기능식품, 애완동물 간식 등을 판매하고 있다. 케일에서도 최근 식용곤충 에너지바를 출시하고, 가공육과 거의 유사한 조직감과 맛을 내는 대체육을 개발하여 다짐육, 햄버거 패티, 돈가스 등의 대체육을 판매하고 있다.

[표 9] 국내 식용곤충 관련 주요 기업

기업명	제품	내용
(주)한미양행		- 건강기능식품 제조업체로, '곤충사업팀'을 별도로 두고 있음 - 보간해소(간기능 향상), 홍곰보(기력 보강) 등 고소애나 꽃뱅이를 부원료로 한 건강기능 식품을 개발하여 판매 중임. - 홈쇼핑으로 곤충식품 런칭하며 소비자들의 접근성을 높이고 있음
빠빠용의 키친		식용곤충을 활용하여 음식을 만드는 식용곤충식 전문 레스토랑 및 디저트 카페임
퓨처푸드랩(주)		- 이더블버그로부터 리브랜딩된 기업임 - 퓨처프로틴은 갈색거저리유충 및 귀뚜라미를 가공한 단백질임 - 영지버섯과 고소애(갈색거저리유충), 쌍별귀뚜라미를 주 재료로한 시리얼(퓨처 시리얼 3종) 및 기타 비건 쿠키, 단백질 바 등을 출시함
오엠오		- 식용곤충전문 직영농장에서 직접 갈색거저리 등의 곤충을 사육하여 가공함 - 방부제, 색소, 설탕 등의 화학첨가물 전혀 없이 천연 단백질인 갈색거저리유충을 분말화한 제품을 판매 중임
(주)케일		- 국내 식용곤충 분야의 벤처 기업임 - 식용곤충으로부터 단백질을 추출하여 결착시키는 공법 개발 중임 - 곤충 추출 단백질로 스파게티 소스에 들어가는 대체육을 개발함 - 식용곤충 에너지바 및 반려동물 간식 개발하여 판매 중임

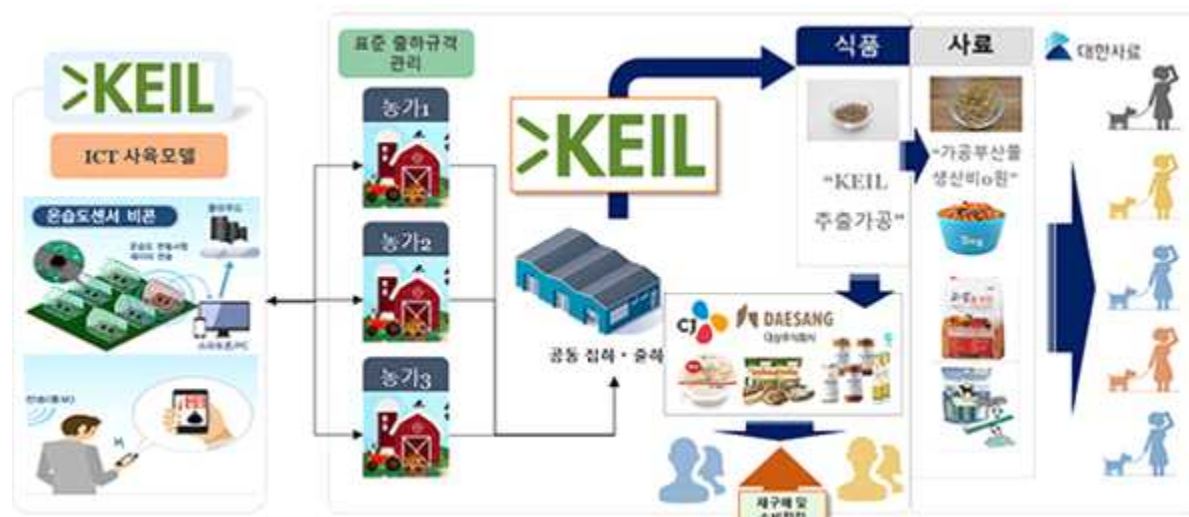
*출처: 각사 홈페이지, NICE디앤비 재가공

■ 국내 곤충사육 스마트팜 관련 벤처기업: 케일, 반달소프트

I. (주)케일

국내 식용곤충분야의 벤처기업인 (주)케일(Keil)은 그린바이오 소재 전문 기업으로, 아시아에서는 최초로 식용곤충 대량사육 자동화 스마트팜을 구축하였다. IoT, ICT 기반의 곤충사육 시설을 설계하였으며, 대량사육 자동화 시스템에서의 최적화된 사육 모델을 구축하고 있다. 곤충의 성장주기 컨트롤을 위한 인공지능이원 개발 및 분류 자동화 기술, 세척, 착유, 건조에 따른 위생조건을 확립하고, 건조법(열풍, 마이크로웨이브, 동결)에 따른 건조물의 수분함량과 산패율 기준을 구축하였다. 케일은 프랑스의 대량 자동화 사육 스마트팩토리를 상용화한 인섹트(Ynsect)의 현지 곤충사육장을 방문하여 주요 시설을 둘러보고 상호 기술과 정보, 사업 추진 방향 등 전반적인 분야에서 협력하기로 하였다. 케일은 지난 2016년에는 CJ 제일제당(주)와 MOU를 체결해 가수분해 단백질 소재 계열화 기술 개발에 성공하며, 한화투자증권, 한화호텔&리조트 아쿠아플라넷 등의 관상어 및 희귀반려동물 사료 제품에 관한 MOU를 체결한 바 있다.

[그림 19] (주)케일의 곤충 스마트팜



*출처: 케일(Keil) 홈페이지

II. 반달소프트

반달소프트는 2017년도 설립된 소프트웨어 개발 업체이다. 식용곤충을 효율적으로 생산하기 위해 스마트팜 기술을 도입한 'IoT 트윈스타팜(IoT Twinstartfarm)'을 개발하였다. IoT트윈스타팜은 사물인터넷 기술을 바탕으로 자동으로 식용곤충을 사육하는 장치로서, 쌍별귀뚜라미에 최적화되어 있으나 기타 다양한 종에도 적용이 가능하다. 트윈스타팜 커넥트는 IoT트윈스타팜을 관리하는 어플리케이션으로 사육현황을 한눈에 확인할 수 있으며 사육에 관한 요소(급수, 빛, 온도 등)를 원격으로 제어할 수 있도록 한다. 또한, 식용곤충의 생육단계(부화, 사육, 채집)에 따른 데이터베이스를 구축하여 인공지능을 통해 최적화된 식용곤충 사육방법을 도출하도록 한다. 추가로 식용곤충을 원격으로 관리할 수 있는 어플리케이션을 개발하는 등 식용곤충 사업 중에서도 스마트팜 기술 개발에 주력하고 있다.

[그림 20] 반달소프트의 곤충 스마트팜



*출처: 반달소프트(VANDALSOFT) 홈페이지

■ 코스닥 기업: 콜마비엔에이치(주), (주)코미팜, (주)인트론바이오

[콜마비엔에이치(주)] 콜마비엔에이치(주)는 한국콜마와 한국원자력연구원이 공동 설립한 민관 최초 합작회사로 2004년 설립되었다. 콜마비엔에이치(주)는 건강기능식품과 화장품 제조 및 판매사업을 하는 기업으로, 2015년 2월 코스닥 시장에 상장되었으며 2016년부터 2019년까지 4개년 연속 코스닥 ‘라이징 스타’에 선정되었으며, 2020년 3월에는 ‘코스닥 공시 우수법인’으로 선정된 기업이다. 콜마비엔에이치(주)는 곤충의 유충을 이용한 반려동물 사료 제조방법 관련 특허를 보유하고 있다. 해당 특허는 폐기물로 처리되어 버려지는 약초 추출박을 급여하여 생육된 곤충의 유충을 활용한 사료 제조방법에 관한 것으로, 동사는 반려동물 등의 사료로서 식용곤충 소재를 개발하고 있다.

[표 10] 콜마비엔에이치 주가 추이 및 기본 재무현황 (K-IFRS 별도기준)

Performance	Fiscal Year	2018년	2019년	2020년
(단위: 원)	매출액(억 원)	3,361	3,845	5,363
	증감률 YoY(%)	12.43	14.40	39.49
	영업이익(억 원)	524	637	956
	영업이익률(%)	15.59	16.58	17.82
	순이익(억 원)	435	480	727
	EPS(원)	1,472	1,623	2,462
	PER(배)	13.55	17.09	21.08
	ROE(%)	25.04	22.46	27.28
	PBR(배)	3.06	3.50	5.13

*출처: 네이버금융, NICE디앤비 재가공

[(주)코미팜] (주)코미팜은 1972년도에 설립되어, 동물의 의약품 백신과 치료제, 바이오비료 등의 제조업과 혈청검사, 세균분리, 조직검사, 유전자검사, 바이러스 분리 등의 사업을 영위하고 있는 기업이다. (주)코미팜은 2001년 10월에 코스닥 시장에 상장되었으며, 2020년 12월 기준 매출액이 약 300억 원이다. 2021년 3월 공시된 자료에 따르면, (주)코미팜은 정부보조금을 수령하여 곤충자원을 이용한 동물사료 개발을 하고 있다.

[표 11] 코미팜 주가 추이 및 기본 재무현황 (K-IFRS 별도기준)

Performance	Fiscal Year	2018년	2019년	2020년
(단위: 원)	매출액(억 원)	350	363	380
	증감률 YoY(%)	-1.74	3.71	4.77
	영업이익(억 원)	-20	10	17
	영업이익률(%)	-5.79	2.83	4.58
	순이익(억 원)	-127	-156	1
	EPS(원)	-199	-244	2
	PER(배)	N/A	N/A	7,495.08
	ROE(%)	-14.75	-20.56	0.16
	PBR(배)	14.14	14.20	11.60

(포트폴리오 분석기준)

* 분석일(2021.07.17) 기준, 최근 3년의 주가추이

*출처: 네이버금융, NICE디앤비 재가공

[(주)인트론바이오] (주)인트론바이오는 1999년도에 설립되어 바이오 신약 개발 사업 및 대체육 사업을 진행 중인 기업으로, 2011년 코스닥 시장에 상장되었다. (주)인트론바이오는 원천기술인 eHeme을 바탕으로 실제 고기 맛과 유사한 대체육 원료를 개발하였으며, 상업화를 위해 2019년 9월 CMO 의약품 생산 회사인 에스텍파마와 공동협력 관계를 체결하였다. 현재 미국 진출을 위해 FDA GRAS(Generally Recognized As Safe) 인증제도 허가 트랙을 진행 중이다.

[표 12] (주)인트론바이오 주가 추이 및 기본 재무현황 (K-IFRS 별도기준)

Performance	Fiscal Year	2018년	2019년	2020년
(단위: 원)	매출액(억 원)	206	83	454
	증감률 YoY(%)	87.77	-59.45	444.28
	영업이익(억 원)	52	-42	161
	영업이익률(%)	25.09	-52.33	34.64
	순이익(억 원)	88	-31	153
	EPS(원)	284	-98	471
	PER(배)	75.95	N/A	59.17
	ROE(%)	25.14	-5.90	20.22
	PBR(배)	16.91	7.58	10.70

(포트폴리오 분석기준)

* 분석일(2021.07.17) 기준, 최근 3년의 주가추이

*출처: 네이버금융, NICE디앤비 재가공