식용곤충의 현황 및 위해성

Current Status and Risks of Edible Insects

신윤철, 한아름, 이선영

Yooncheol Shin[1], Areum Han[1], Sun-Young Lee[1*]

[1]중앙대학교 생명공학대학 식품영양학과

Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Anseong-si, 17546, Republic of Korea

Sun-Young Lee

Correspondence to

Sun-Young Lee

Tel:+82-31-670-4587

E-mail:nina6026@cau.ac.kr

서론

곤충은 식품, 사료, 학습, 애완, 화장품, 신소재 등 다양한 분야에 활용할 수 있는 유망한 생물자원으로, 관련 산업의 규모가 지속해서 증가하고 있는 상황이다(농림축산식품부, 2022). 곤충은 좁은 면적에서 다단식 사육이 가능하기 때문에 토지이용 효율이 높으며 사료 효율이 높아 경제적인 생물자원이다. 환경적인 측면에서도 대부분의 가축과 비교하여 적은 양의 온실가스(메탄, 이산화질소, 이산화탄소 등)를 배출하기 때문에 보다 친환경적인 식품자원으로 활용할 수 있다(농촌진흥청, 2016). 또한, 곤충은 50~60% 정도의 높은 조단백질을 함유하고 있어 고급 단백질 공급원으로의 중요성이 보고된 바 있으며, 이외에도 8.1~59.0%의 조지방, 4.9~12.1%의 섬유소 및 풍부한 무기물(Fe)과 비타민 B 등을 함유하고 있다는 특징을 가지고 있다(Yun et al., 2013). Hwang 등(2022)은 곤충을 새로운 식량원으로 활용하는 것이 식량자원의 다양성과 공급성 측면에서 유용할 수 있다고 하였다. 이러한 장점 때문에 국외에서는 다양한 식품산업에서 곤충의 활용도가 증가하고 있다(농촌진흥청, 2016).

2022년 농림축산식품부 보고에 의하면, 2021년 국내 곤충산업 규모는 전년 대비 32억 원 증가한('20년 414억 원 대비 7.7% 증가) 446억 원으로, 식용곤충 231억 원(51.8%), 사료용 곤충 109억 원(24.4%), 학습 · 애완곤충 42억 원(9.4%) 및 기타 64억 원(14.3%)로 나타났다. 사료용 곤충은 전년 대비 17.2%, 식용곤충은 9% 증가하였다. 특히 사료용 곤충인 동애등에의 경우 지난 5년 동안 지속해서 증가('17

년 8억 원 → '18년 22억원 → '19년 60억원 → '20년 93억원 → '21년 109억원)한 것으로 나타났다(농림축산식품부, 2022). 기존 식용곤충을 활용한 제품으로는 번데기 통조림이 유일하였으나, 최근에는 분말, 환, 알약, 숙취해소제 등 다양한 제품에 식용곤충이 활용되고 있다. 또한 농촌진흥청 국립농업과학원에서는 2014년부터 경민대학교, 세브란스병원 영양팀과 함께 곤충을 활용한 메뉴를 개발하여 식용곤충과 조리, 고소애로 만든 한식, 어린이 곤충조리 교실, 창업을 위한 식용곤충요리, 고소애로 만든 환자식 메뉴 등의 책자를 발간하였다(Hwang et al., 2022).

한편, 우리나라를 비롯한 전 세계적으로 식용곤충의 소비가 증가하면서 이에 대한 식품 안전 문제가 우려되고 있다. 식용곤충과 관련된 잠재적 식품 안전 위험은 화학적, 생물학적, 알레르겐 세 가지 범주로 나눌 수 있다(Imathiu, 2020). 현재, 전 세계적으로 식용곤충의 안전성에 관한 연구가 진행되고 있지만, 식용곤충의 위해성에 대한 기초자료 및 식품안전을 확보하기에는 관련 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 원고에서는 식용곤충의 소비 현황과 식품 원료로서의 식용곤충의 미생물적, 화학적 위해성 및 미생물 처리 방법 등에 대하여 소개하고자 한다.

본론

1. 국 · 내외 식용곤충의 현황

FAO에 따르면 세계 여러 지역에서 식용으로 사용하는 곤충은 1400여 종에 달한다. 유럽연합(EU)은 어류 양식에도 곤충 사료를 사용할 수 있도록 허가하여 2023년 유럽의 식용곤충 시장 규모는 4600만 달러(약 594억 900만 원)를 넘어섰다. 인도의 시장조사 업체에 따르면, 세계 식용곤충 시장 규모는 2022년 6억 3,530만 달러였으며, 2031년에는 20억 3,364만 달러에 달해 예측 기간 동안 연평균 성장률(CAGR) 13.8%를 기록할 것으로 예측된다(그림 1).

식용곤충으로 이용되는 곤충으로는 귀뚜라미, 거저리, 메뚜기, 딱정벌레 등 다양한 곤충 종이 포함되며, 이들은 날것, 분말, 가공식품의 성분 등 다양한 형태로 판매되고 있다. 또한, 곤충 기반 단백질 바, 스낵, 애완동물 사료, 동물 사료 등의 제품의 형태로도 이용되고 있다.

국내에서도 미래식량자원 확보를 위하여 곤충식품 산

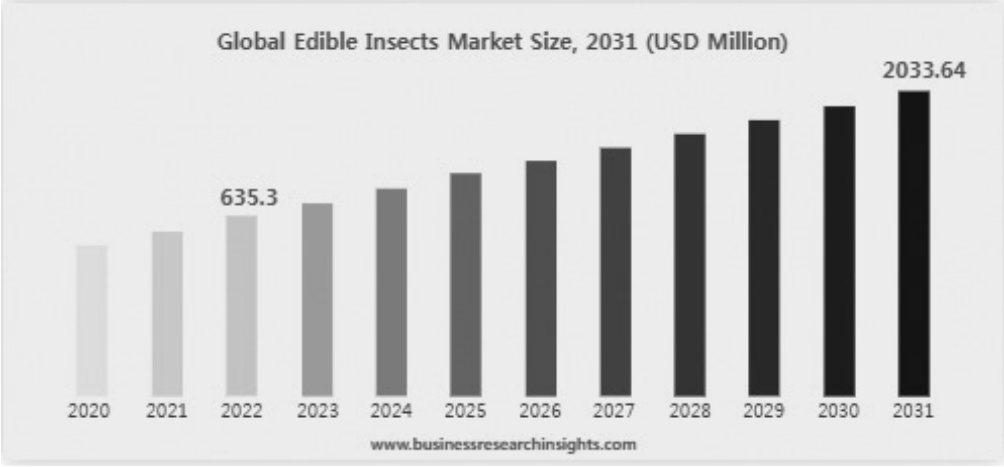

그림 1. 2020–2031년의 세계 식용곤충 시장 규모 예상금액(USD, Million)

업 활성화를 위한 다각도적인 노력을 기울이고 있다. 농림축산식품부(2022)는 곤충산업을 차세대 바이오산업으로 육성하기 위한 거점단지 조성과 계열화 지원, 유통사업단 지원 및 관련 제도 · 규제 개선 등을 적극 추진할 계획임을 밝혔다. 또한, 국내의 다양한 기업에서도 식용곤충 관련 연구 및 상품 개발을 진행하고 있다 (Hwang et al., 2022). 따라서 국내의 식용곤충 산업은 지속적으로 성장할 것으로 사료된다. 더욱이 친환경적인 곤충 사육 및 식품원료로서의 식용곤충의 인정 범위 확대는 곤충사육 농가의 소득을 증가시키고 소비자에게 다양하고 안전한 식품원료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다(Kim et al., 2015).

농촌진흥청에 의하면(2022), 현재 국내에서 식용 가능한 곤충은 총 10종이며, 우리가 오래 전부터 먹었던 벼메뚜기(*Oxya japonica* Thunberg), 누에번데기(*Bombyx mori* L.), 백강잠(*Batryticatus Bombyx*), 갈색거저리 애벌레(*Tenebrio molitor* L.), 흰점박이꽃무지 애벌레(*Protaetia brevitarsis*), 장수풍뎅이 애벌레(*Allomyrina dichotoma*), 쌍별 귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*), 아메리카왕거저리 애벌레(*Zophobas atratus*), 수벌 번데기(*Apis mellifera* L.), 풀무치(*Locusta migratoria*)가 있다(표 1).

표 1. 국내 식용가능 곤충 10종

	학명	곤충명
	Oxya japonica Thunberg	벼메뚜기
	Bombyx mori L.	누에번데기
	Batryticatus Bombyx	백강잠
	Protaetia brevitarsis	흰점박이꽃무지 애벌레
	Allomyrina dichotoma	장수풍뎅이 애벌레
	Gryllus bimaculatus	쌍별 귀뚜라미
	Zophobas atratus	아메리카왕거저리 애벌레
	Apis mellifera L.	수벌 번데기
	Locusta migratoria	풀무치

2. 식용곤충의 생산 및 가공

농림축산식품부는 2021년 곤충업 신고 농가 · 법인은 3,012개소로 2020년 대비 4.8%로 소폭 증가하였다고 발표하였다. 각 곤충별 생산 현황은 흰점박이꽃무지 1,208개소 〉 장수풍뎅이 410 〉 갈색거저리 271 〉 귀뚜라미 251 〉 동애등에 223 〉 사슴벌레 129 〉 누에 67 〉 나비 29

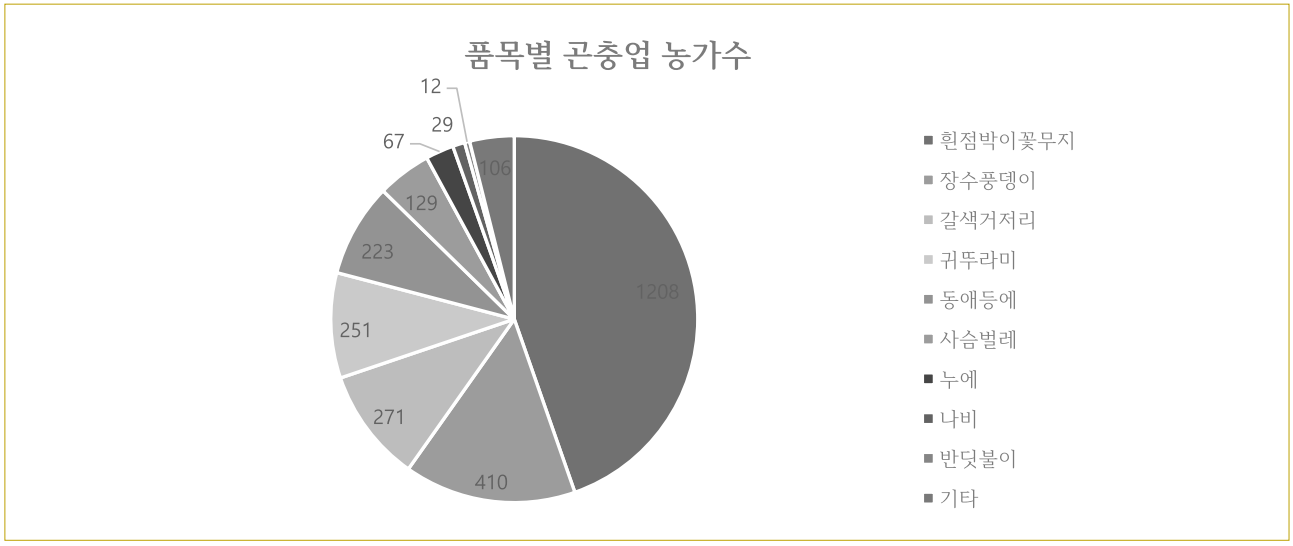

그림 2. 2021년 품목별 곤충업 농가 수

표 2. 국외 식용곤충의 가공법

종류	처리방법	처리결과	참고문헌
갈색거저리 유충 (*Tenebrio molitor* L.)	끓는 물에 10분 데치기	수분 함량의 증가 및 영양소 변화 없음	Purchke et al., 2017
	48시간 동결건조	다른 건조법에 비해 지방함량이 높음	Purschke et al., 2018
	끓는 물에 40초 데치기+ 전자레인지 건조(8, 10, 13, 16, 20분)	평균 약 5로그 이상의 총균수의 감소	Vandeweyer et al., 2017
	저온 대기압 플라즈마	지방 함량 감소 및 단백질 함량 증가	Bußler et al., 2016.
귀뚜라미 (*Archea domesticus*)	끓는 물에 5분 데치기	5로그 이상 총균수의 감소	Klunder et al., 2012
	속슬렛 추출법	지방의 추출	Tzompa-Sosa et al., 2014
큰 검정 풍뎅이 (*Holotrichia parallela*)	1 M HCl & 1 M NaOH	키틴의 추출	Liu et al., 2012
딱정벌레(*Pimelia obsolete*)	1% HCl & 1 M NaOH	키틴의 추출	Kaya et al., 2016
메뚜기 (*Ruspolia differens*)	열풍건조기로 80 ℃, 10시간 건조	수분함량의 감소로 저장기간 증가	Ssepuuya et al., 2017
사막 메뚜기 (*Schistocerca gregaria*)	초음파 추출법	단백질의 추출	Mishyna et al., 2018

〉 반딧불이 12 〉 기타 106 이다(그림 1).

곤충의 단단한 피부와 껍질을 형성하는 주성분인 키틴은 무기질과 비타민 등의 함량이 높지만, 섭취시 시 체내 소화가 잘되지 않아 식품 가공에 어려움이 있다. 또한, 혐오적인 외관은 식용곤충 섭취에 대한 부정적 인식의 가장 큰 요인으로 작용한다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 2020년 한국식품연구원 가공공정연구단은 곤충의 키틴을 제거하는 단백질 추출 기술을 개발하였다고 발표하였다. 이는 곤충의 수분과 지방을 제거한 후, 단백질의 용해와 원심분리를 활용하여 단백질을 분리하는 기술이다. 이로 인해 키틴을 제거하고, 필수 아미노산 지수를 향상시킬 수 있다. 또한, 식용곤충의 단백질 추출물은 다양한 형태로 개발될 수 있기 때문에 외관상의 단점을 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

국외에서도 식용곤충을 활용하기 위한 다양한 가공법이 이용되고 있다. 식용곤충의 수분함량 저하, 효소 불활성화, 미생물 저감화, 특정 성분 추출 등을 위해 데치기, 건조, 초음파 추출법 등의 가공법이 주로 사용된다(표 2).

3. 식용곤충의 미생물적 위해성

여러 선행 연구에 의하면 식용곤충에서 병원성 미생물을 포함한 다양한 미생물이 검출되고 있다(표 3). 유럽 식품 안전청(EFSA)에 따르면, 곤충 및 곤충 유래 식품의 오염물질의 유병률과 농도는 주로 곤충의 생산 방식, 곤충의 종, 수확 단계, 그리고 사육 과정에서 사용된 기질에 영향을 받는다고 한다(Imathiu et al., 2020). 전세계적으로 주로 섭취하는 식용곤충인 갈색거저리와 귀뚜라미, 메뚜기를 분석한 결과, 병원성 미생물인 *Bacillus cereus*

표 3. 다양한 식용곤충 속 검출되는 미생물

종류	검출 미생물	참고 문헌
갈색거저리(*Tenebrio molitor*), 메뚜기(*Locusta migratoria*), 귀뚜라미(*Acheta domesticus*)	*Clostridium* spp., Pseudomonadaceae, *Enterobacteriaceae*, *Enterobacter* spp, Dysgonomonas spp.	Garofalo et al., 2017
갈색거저리(*Tenebrio molitor*), 메뚜기(*Locusta migratoria*), 귀뚜라미(*Acheta domesticus*)	*Bacillus cereus*, *Clostridium thermopalmarium*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium thermopalmarium*, *Vibrio* spp., *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*	Osimani et al., 2017
갈색거저리(*Tenebrio molitor*), 귀뚜라미(*Acheta domesticus*)	Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, *Pseudomonas deceptionensis*, *Citrobacter koseri*, *Buttiauxella agrestis*	Vandeweyer et al., 2017
귀뚜라미(*Acheta domesticus*), 딱정벌레(*Alphitobius diaperinus*), 파리 애벌레(*Musca domestica* L.), 아프리카 동애등에(*Hermetia illucens*)	*Bacillus cereus*, *Aspergillus* spp., *Cryptococcus neoformans*, *Penicillium* spp.	Grabowski et al., 2017
작은 거저리(*Alphitobius diaperinus* L.)	*Pseudomonas antarctica*, *Bacillus* spp., *Staphylococcus arlettae*, *Buttiauxella agrestis*	Wynants et al., 2018
누에번데기(*Bombyx mori*), 장수풍뎅이(*Allomyrina dichotoma*), 고동털개미(*Lasius niger*), 물장군(*Belostoma lutarium*)	*Bacillus cereus*, *Bacillus lehensis*, *Corynebacterium* spp., *Pseudomonas indica*, *Pseudomonas* spp., *Bacillus cytotoxicus*, *Vibrio hangzhouensis*, *Clostridium sordellii*	Osimani et al., 2018
메뚜기(*Ruspolia differens*)	*Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Pseudomonas* spp., *Campylobacter concisus*	Ssepuuya et al., 2019
누에번데기(*Bombyx mori*)	*Bacillus cereus*, *Bacillus lehensis*, *Paenibacillus apiarius*, *Bacillus* spp.	Milanović et al., 2016
참마 바구미(*Heteroligus meles*)	*Arthrobacter* spp., *Bacillus* spp., *Staphylococcus* spp.	Amadi et al., 2016
아프리카 팜 바구미(*Rhynchophorus phoenicis*)	*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*	Ekrakene et al., 2007

(*B. cereus*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Escherichia coli* (*E. coli*)등이 검출되었다 (Osimani et al., 2017). Grabowski 등(2016)이 귀뚜라미(*Acheta domesticus*), 딱정벌레(*Alphitobius diaperinus*), 파리 애벌레(*Musca domestica* L.), 아프리카 동애등에를 분석한 결과, 독소형 식중독균인 *B. cereus* 가 검출되었으며 *Penicillium* 과 *Aspergillus* 같은 곰팡이가 검출이 되었다. 또한 Ssepuuya 등(2019)은 메뚜기(*Ruspolia differens*)를 조사한 연구에서 약 8-9 Log CFU/g의 총균수 오염을 확인하였고, Enterobacteriaceae과의 그람음성 세균이 약 7 Log CFU/g의 오염도가 나타남을 확인하였다. 또한, 양계장의 주요 오염 세균인 *Campylobacter concisus*도 검출되었다. 이는 메뚜기를 이용한 사료 산업에서 각별한 미생물적 관리가 요구됨을 보여준다. 또한, 집 귀뚜라미(*Gryllodes sigillatus*)를 분석한 결과, 귀뚜라미의 내장에서 *Acinetobacter* 속이 검출되었으며, 사람에게 다양한 기회감염을 일으킬 수 있는 *Acinetobacter baumannii*가 속해 있어 식품 제조 시 주의가 요구된다(Vandeweyer et al., 2018). 이러한 선행연구에 결과로부터 곤충의 내장이나 곤충 자체에 병원성 세균이 존재할 가능성이 높으며, 이는 식용곤충을 가공 및 섭취할 때 병원성 미생물에 대한 감염 가능성이 증가할 수 있다. 따라서 식용곤충을 이용한 식품을 개발 시 섭취 전 단계에서 병원성 미생물의 안전성 확보가 필요할 것으로 보인다.

4. 식용곤충의 화학적 위해성

식용곤충은 많은 양의 중금속을 축적하고 있으며, 중금속은 상위단계의 유기체로 전달되어 독성을 나타내기 때문에 식용곤충의 가장 중요한 화학적 위해 요소는 중금속이라고 여겨진다(Zhang et al., 2009). 이러한 중금속에는 납, 수은, 아연, 카드뮴 등이 있으며, 이 중금속들은 적은 양의 노출에도 독성을 나타내는 특징이 있다(Mézes, 2018). 대부분의 화학적 위험에 대한 곤충의 주요 노출 경로는 곤충이 자란 기질을 통해서 축적된다. 기질을 통한 잠재적 축적은 종류 및 수확 단계에 따라 달라질 수 있다. 필수 중금속은 곤충에 축적되지 않는 반면, 비소 같은 비필수 중금속은 원소, 곤충 유형 및 성장 단계에 따라 축적될 수 있다. 현재 사료 및 식품으로 사용되는 곤충에서 축적 가능성이 있는 중금속은 카드뮴 및 비소이나 기타 타 중금속의 오염 또한 주의할 필요가 있다고 사료된다 (Van der Fels-Klerx et al., 2016). 실제로 이전 연구에서 메뚜기의 한 종류인 철새 메뚜기(*Locusta migratoria manilensis*)에 대한 중금속 양을 분석한 결과, 수은, 카드뮴, 납이 각각 약 0.60, 103.20, 60.13 mg/kg가 검출 되었다(Zhang et al., 2009). Diener 등(2015)은 아프리카 동애등에의 생애 단계에서 카드뮴의 축적을 조사하였으며, Van der Fels-Klerx et al. (2016)는 기질을 통한 카드뮴의 축적을 연구한 결과, 각 생애 단계가 진행될수록 카드뮴의 축적이 증가하는 결과를 확인하였다.

5. 식용곤충 속 미생물 저감화 처리 기술 효과

식용곤충에서 검출된 병원성 미생물을 비롯한 다양한 미생물 및 곤충 외피에 존재하는 포자는 식용곤충의 식품 안전성에 영향을 주기 때문에 이에 대한 안전 관리가 필요하다(Mézes., 2018). 기존의 몇몇 연구에서 여러 가공기술을 이용하여 식용곤충의 미생물을 저감화하는 연구를 진행한바 있다(표 4).

Bußler 등(2016)에 의하면 갈색거저리를 저온 대기압 플라즈마(Cold atmospheric pressure plasma, CAPP)를 이용하여 15분간 건조하였을 때, 일반세균수가 7.72 Log CFU/g에서 4.73 Log CFU/g로 감소하였다. 또한, 갈색거저리를 데치기 방법으로 건조한 연구 결과에 의하면 약 40초 데쳤을 때 일반세균은 약 5 Log CFU/g 가 감소하였으며, Enterobacteriaceae 속은 10초 데친 후 모두 사멸하는 결과가 나타났다(Vandeweyer et al., 2017). 또한 이를 전자레인지를 이용하여 추가 건조할 경우, 일반세균이 약 1 Log CFU/g로 감소하였다(Vandeweyer et al., 2017).

메뚜기, 귀뚜라미, 아프리카 동애등에, 목화 잎벌레 유

표 4. 식용곤충의 미생물에 대한 다양한 저감화 처리 기술

대상 곤충	처리 기술	처리 조건	처리 시간	저감화 결과	참고 문헌
갈색거저리 유충	저온 대기압 플라즈마	8.8 kVPP at 3.0 kHz	15 min	총균수 약 3 Log CFU/g 감소	Bußler et al., 2016
	데치기, 전자레인지 건조	100 ℃, 2 kW	40 sec, 20 min	총균수 약 6 Log CFU/g 감소	Vandeweyer et al., 2017
메뚜기, 귀뚜라미, 아프리카 동애등에, 목화 잎벌레 유충	튀기기, 데치기, 오븐 건조	150 ℃, 100 ℃, 60 ℃	5 min, 5 min, 2–3 days	*S. aureus* 약 6 Log CFU/g 감소	Nyangena et al., 2020
귀뚜라미	데치기	100 ℃	5 min	총균수 약 6 Log CFU/g 감소	Klunder et al., 2012
귀뚜라미	오븐 건조	80 ℃	10 h	Enterobacteriaceae 6 Log CFU/g 이상 감소	Vandeweyer et al., 2018
작은 거저리	데치기	90 ℃	5 min	총균수 약 4 Log CFU/g 감소	Wynants et al., 2018

충(*Spodoptera littoralis* L.)을 튀기기, 데치기, 건조법 등 다양한 방법을 이용하여 가공한 결과 데치거나 튀기는 방법으로 처리하였을 때 모든 식용곤충에서 총균수가 유의미하게 감소하였고, 효모/곰팡이는 전부 사멸하였다(Nyangena et al., 2020). 또한, 평균 약 8 Log CFU/g가 검출된 *S. aureus*는 최소 4 Log CFU/g에서 최대 약 6 Log CFU/g가 감소하였다(Nyangena et al., 2020). 그러나 햇빛을 이용한 건조방법은 병원성 미생물을 사멸하기 위한 온도에 도달하지 못하기 때문에 다른 방법에 비해 미생물 저감화 효과가 작은 것으로 나타났다.

최근 식용곤충의 미생물학적 안전성을 확보하기 위한 일부 연구가 진행되고 있지만, 곤충식품 개발 관련 연구에 비해 미비한 실정이다. 따라서, 식용곤충의 종류와 병원성 미생물의 특성을 고려하여 식용곤충 식품의 미생물 안전을 확보하기 위한 다양한 제어 기술의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

결론

식용곤충은 높은 영양학적, 경제학적 가치로 인하여 새로운 미래 식량자원으로 주목받고 있는 전도유망한 생물자원이기 때문에 이에 대한 관심과 관련 산업의 규모가 점차 증가하고 있다. 하지만 식용곤충의 화학적, 생물학적 위해성에 대한 우려가 있으며, 아직까지 식용곤충에 대한 위해성과 이를 관리할 수 있는 저감화기술 및 가공 기술 등에 대한 연구는 부족한 실정이다. 실제로 일부 선행연구에 의하면 식용곤충에서 병원성 미생물이 검출된 바 있으며, 가공 과정 거친 후에도 여전히 살아남아 위해성이 있을 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 식용곤충을 미래 식량자원으로 활용하기 위해서는 이러한 미생물적 안전관리가 필요할 것으로 보인다. 이에 식용곤충의 잠재적 위해성을 확인하고, 식용곤충의 양식 및 가공, 판매, 저장 공정 전반에 걸친 화학적 및 미생물적 안전성을 확보하기 다양한 물리 · 화학적 기술 개발이 필요하다.

참고 문헌

Amadi, E. N., Kiin-Kabari, D. B., William-West, D. P., & Pepple, G. E. (2016). Microbiological flora and proximate composition of the yam beetle, *Heteroligus meles*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(12), 370-375.

Business Research Insight, 2024. 식용곤충 시장 규모, 점유율, 성장 및 산업 분석, 유형별(애벌레, 메뚜기목, 딱정벌레, 실제 버그 및 기타), 애플리케이션별(대형 슈퍼마켓/슈퍼마켓, 편의점, 전문 커피숍, 온라인 소매 및 기타), 지역별 2031년까지 예측. https://www.businessresearchinsights.com/ko/market-reports/edible-insects-market-104739[Access data: 2024.06.10]

Bußler, S., Rumpold, B. A., Fröhling, A., Jander, E., Rawel, H. M., & Schlüter, O. K. (2016). Cold atmospheric pressure plasma processing of insect flour from *Tenebrio molitor*: Impact on microbial load and quality attributes in comparison to dry heat treatment. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 36, 277-286.

Bußler, S., Rumpold, B. A., Jander, E., Rawel, H. M., & Schlüter, O. K. (2016). Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. Heliyon, 2(12).

D'Souza, C., & Peretiatko, R. (2002). The nexus between industrialization and environment: A case study of Indian enterprises. Environmental Management and Health, 13(1), 80-97.

Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2015). Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. Journal of insects as food and feed, 1(4), 261-270.

Ekrakene, T., & Igeleke, C. L. (2007). Microbial isolates from the roasted larva of the palm weevil (*Rhynchophorus phoenicis* [F]) from Edo and Delta states of Australian journal of basic and applied sciences, 1(4), 763-768

Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., et al. (2017). The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. Food microbiology, 62, 15-22.

Grabowski, N. T., & Klein, G. (2017). Microbiology of processed edible insect products-results of a preliminary survey. International journal of food microbiology, 243, 103-107.

Hwang, D.S., Lim, C.H., Lee, S.H., Yun, E.Y. (2022). Activation plan for the edible insect industry by improving perception. Food Science and Industry, 55(2), 128-139.

Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. NFS journal, 18, 1-11.

Kim, Y. J., Han, H. S., Park, Y. G. (2015). The plan for activation of insect industry. Korea Rural Economic Institute Research. Report No. 1105010499

Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., & Nout, M. R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. Food control, 26(2), 628-631.

Liu, S., Sun, J., Yu, L., Zhang, C., Bi, J., Zhu, F., et al. (2012). Extraction and characterization of chitin from the beetle *Holotrichia parallela Motschulsky*. *Molecules*, 17(4), 4604-4611.

Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A. J., & Salinas-Castro, A. (2019). Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(4), 1166-1191.

Mézes, M. (2018). Food safety aspect of insects: A review. Acta Alimentaria, 47(4), 513-522.

Milanović, V., Osimani, A., Pasquini, M., Aquilanti, L., Garofalo, C., Taccari, M., et al. (2016). Getting insight into the prevalence of antibiotic resistance genes in specimens of marketed edible insects. International Journal of Food Microbiology, 227, 22-28.

Mishyna, M., Martinez, J. J. I., Chen, J., & Benjamin, O. (2019). Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). Food Research International, 116, 697-706.

Nyangena, D. N., Mutungi, C., Imathiu, S., Kinyuru, J., Affognon, H., Ekesi, S., et al. (2020). Effects of traditional processing techniques on the nutritional and microbiological quality of four edible insect species used for food and feed in East Africa. Foods, 9(5), 574.

Osimani, A., Garofalo, C., Milanović, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., et al. (2017). Insight into the proximate composition and microbial diversity of edible insects marketed in the European Union. European Food

Research and Technology, 243, 1157–1171.

Osimani, A., Milanović, V., Garofalo, C., Cardinali, F., Roncolini, A., Sabbatini, R., et al. (2018). Revealing the microbiota of marketed edible insects through PCR–DGGE, metagenomic sequencing and real–time PCR. International Journal of Food Microbiology, 276, 54–62.

Purschke, B., Brüggen, H., Scheibelberger, R., & Jäger, H. (2018). Effect of pre–treatment and drying method on physico–chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). European Food Research and Technology, 244, 269–280.

Purschke, B., Stegmann, T., Schreiner, M., & Jäger, H. (2017). Pilot-scale supercritical CO2 extraction of edible insect oil from *Tenebrio molitor* L. larvae – Influence of extraction conditions on kinetics, defatting performance and compositional properties. European Journal of Lipid Science and Technology, 119(2), 1600134.

Ssepuuya, G., Mukisa, I. M., & Nakimbugwe, D. (2017). Nutritional composition, quality, and shelf stability of processed *Ruspolia nitidula* (edible grasshoppers). Food science & nutrition, 5(1), 103–112.

Ssepuuya, G., Wynants, E., Verreth, C., Crauwels, S., Lievens, B., Claes, J., et al. (2019). Microbial characterisation of the edible grasshopper *Ruspolia differens* in raw condition after wild–harvesting in Uganda. Food Microbiology, 77, 106–117.

Tzompa–Sosa, D. A., Yi, L., van Valenberg, H. J., van Boekel, M. A., & Lakemond, C. M. (2014). Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent–based extraction methods. Food Research International, 62, 1087–1094.

Van der Fels–Klerx, H. J., Camenzuli, L., Van Der Lee, M. K., & Oonincx, D. G. A. B. (2016). Uptake of cadmium, lead and arsenic by *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* from contaminated substrates. PLoS One, 11(11), e0166186.

Vandeweyer, D., Crauwels, S., Lievens, B., & Van Campenhout, L. (2017). Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllodes sigillatus*) from different rearing companies and different production batches. International Journal of Food Microbiology, 242, 13–18.

Vandeweyer, D., Lenaerts, S., Callens, A., & Van Campenhout, L. (2017). Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). Food Control, 71, 311–314.

Vandeweyer, D., Wynants, E., Crauwels, S., Verreth, C., Viaene, N., Claes, J., et al. (2018). Microbial dynamics during industrial rearing, processing, and storage of tropical house crickets (*Gryllodes sigillatus*) for human consumption. Applied and Environmental Microbiology, 84(12), e00255–18.

Wynants, E., Crauwels, S., Verreth, C., Gianotten, N., Lievens, B., Claes, J., & Van Campenhout, L. (2018). Microbial dynamics during production of lesser mealworms (*Alphitobius diaperinus*) for human consumption at industrial scale. Food Microbiology, 70, 181–191.

Yun, E. Y., Hwang, J. S., Goo, T. W., Yoon, Y. I., Chung, M. Y., & Yoo, M. R. (2013). Comparative analysis of nutritional and harmful components in the Korean and Chinese mealworms (*Tenebrio molitor*). Korean Society of Applied Entomology, 293–293.

Zhang, Z. S., Lu, X. G., Wang, Q. C., & Zheng, D. M. (2009). Mercury, cadmium and lead biogeochemistry in the soil – plant – insect system in Huludao City. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 83, 255–259.

농림축산식품부, 2022. 2021년 곤충산업 실태조사 결과 발표. https://www.mafra.go.kr/bbs/mafra/65/330865/artclView.do[Access data: 2024.06.10]

농촌진흥청, 2016. 창업을 위한 식용곤충 요리.

농촌진흥청, 2022. 곤충은 해충? 이젠 고마운 친구! 곤충의 모든 것. https://rda.go.kr/webzine/2022/11/sub1–7.html [Access data: 2024.06.10]

한국식품연구원, 2020. 식용곤충, 필수아미노산 지수가 향상된 단백질 추출 기술 개발. https://www.nst.re.kr > www > downloadBbsFile [Access data: 2024.06.10]