



Short scientific report

## 수벌 번데기의 식품 원료화를 위한 중금속 조사

최홍민, 한상미\*, 김효영, 우순옥, 김세건, 방경원, 문효정

국립농업과학원 농업생물부

## Investigation of Heavy Metals from Honeybee Drone Pupa (*Apis mellifera* L) as an Ingredient for Novel Foods

Hong-Min Choi, Sang-Mi Han\*, Hyo-Young Kim, Soon-Ok Woo, Se-Gun Kim, Kyeong-Won Bang and Hyo-Jung Moon

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science, Wanju 55365, Republic of Korea

**Abstract** Heavy metal investigation was conducted for establishment of safety guidelines for honeybee drone pupae as a new food material. The honeybee drone pupae were collected at apiaries from three areas (Gyeonggi Yangpyeong, Chungnam Cheongyang, and Gyeongnam Changnyeong) and were freeze-dried. Concentrations of heavy metals such as arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb), and mercury (Hg) were measured in honeybee drone pupae using a mercury analyzer or inductively coupled plasma optical emission spectrometer. Cadmium was not detected in Yangpyeong honeybee drone pupa, and only 0.001 mg/kg was detected in the other two regions. Lead and mercury were detected at 0.02 mg/kg and 0.003 mg / kg in all three regions, and arsenic was detected at 0.017 mg/kg in all three regions. Based on the Korean Food Standards Codex report, these levels of honeybee drone pupae were below the standard value of edible insects (arsenic 0.1 mg/kg, cadmium 0.05~0.3 mg/kg, and lead 0.1~0.3 mg/kg). Therefore, the levels presented here are presumed to be adequately safe to use as a food ingredient.

**Keywords** Honeybee drone pupae, Edible food, Heavy metals, Novel food

전 세계적으로 인구의 증가와 식 생활 수준이 높아짐에 따라 육류 소비가 크게 증가하고 있는 실정이다. 이로 인한 가축 개체 수의 증가가 환경오염과 식량난을 야기하고 있어, 기존의 인류 식량의 공급원 이외의 새로운 대안을 찾게 되었다(Alston *et al.*, 2009). 2013년 국제식량농업기구(FAO) 보고서에 의하면 2050년경 지금의 2배 정도 식량소요 예측에 따라 대체식량 개발이 시급하여, 그 대안으로 곤충이 가축에 비해 사육면적이 좁아 높은 토지이용 효율을 보이고, 재생산과 성장률이 높으며 단백질 함량이 높아 미래의 식량 안보 문제를 해결할 수 있다고 보고하

였다(Van Huis *et al.*, 2013). 일부 곤충의 영양학적 가치는 쇠고기와 비슷한 수준이며, 곤충은 사육하는 동안 소나 돼지 등의 가축보다 적은 양의 온실가스와 암모니아 가스를 방출하기 때문에 환경오염 문제의 우려가 없는 친환경적인 식품으로 보고되고 있다(Durst *et al.*, 2010; Oonincx *et al.*, 2010; Yates-Doerr *et al.*, 2015).

1996년 FAO에서는 이미 꿀벌의 유충과 번데기 그리고 성충의 영양적 가치를 보고하고 채집, 저장, 품질관리 그리고 식품, 의약품, 화장품 등으로의 이용에 대해서도 언급하였다(Krell, 1996). 이 보고서에 따르면 꿀벌의 수

벌 유충(15.4%)과 번데기(18.2%), 성충(2.8%)은 소고기(17.7%)나 콩(12.9%)과 비교했을 때 충분한 단백질을 함유할 뿐만 아니라 식품으로 활용하기에 안전하며 스프, 제과, 제빵 등 다양한 요리에 첨가하여 이용 가능하다고 하였다. 그러나 아직까지는 국내에서 꿀벌이 식품원료로 등록되어 있지 않아 상용화 되지 못한 실정이다.

현재 국내에서 식품의약품안전처의 식품공전에 등록되어 식용으로 유통 및 판매가 가능한 곤충은 총 7종이다. 기존에 식용 가능한 곤충으로 예전부터 오랜 기간 식용하여 식품공전에 등재되어 있는 누에(*Bombyx mori* L.), 메뚜기(*Oxya japonica* Tungberg), 백강잠(누에 유충이 백강병균 *Beauveria bassiana* Vuill.의 감염에 의한 백강병으로 경직사한 몸체)이 있고, 최근 농촌진흥청에서 과학적 입증 거쳐 갈색거저리 유충(*Tenebrio molitor* L.), 흰점박이꽃무지 유충(*Protaetia brevitarsis* L.), 장수풍뎅이 유충(*Allomyrina dischotoma* L.)과 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus* L.)를 새로운 식품원료로 등록하였다(Baek et al., 2017; MAFRA, 2014). 이에 본 연구팀에서도 오래전부터 민간과 양봉농가에서 식용으로 이용해 왔던 서양종 꿀벌(*Apis mellifera* L.)의 수벌을 식품 소재화하기 위하여 식품의약품안전처의 「새로운 식품원료 안전성 평가 가이드라인」에 따라 수벌 번데기 원료에 대한 영양적 가치와 안전성 등에 대한 과학적이고 체계적인 연구를 통해 보고한 바 있다(Kim et al., 2018a; Kim et al., 2018b). 그러나, 중금속과 같은 유해물질 오염에 대한 연구는 전무한 실정이다. 중금속은 자연적 또는 인위적인 방법으로 쉽게 분해되거나 제거되지 않으며 저농도 일지라도 인체에 축적될 경우 심각한 건강상의 위해를 끼칠 우려가 있다(Lee et al., 1996; Park et al., 2002). 또한 대기, 수질, 토양 등의 환경오염이 날로 심각해지면서 오염원의 분포도 광범위해지고 있다. 따라서 수벌 번데기와 같은 식용곤충은 대부분 오염된 물과 먹이원 또는 대기오염에 의해 일어난다. 이러한 환경오염에 의해 중금속이 함유된 식품 섭취 시

건강에 미치는 위해성에 대해 많은 관심이 모아지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 양봉농가에서 채취한 수벌 번데기의 식품 원료화를 위한 중금속 검사를 수행하여 수벌 번데기의 유해물질에 대한 안전성을 확보하고 향후 중금속 기준 규격을 설정하는데 기초자료로 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 수벌 번데기 채집 조건

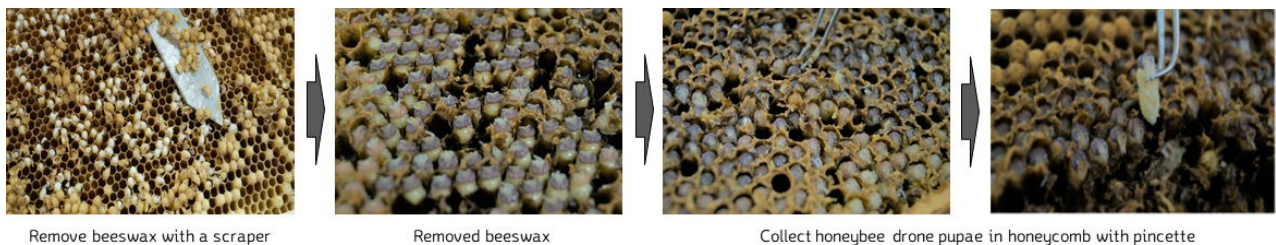
본 시험에 사용된 서양종꿀벌(*Apis mellifera* L.)의 수벌 번데기는 경기도 양평, 충남 청양 그리고 경남 창녕의 양봉농가에서 2018년과 2019년 4월에서 9월 중에 수행하였다(Table 1). 수벌 번데기는 4월 이후 꿀벌이 번식하는 시기에 수벌 번데기 전용 소비(벌집틀)를 벌통 안에 넣어 두었다. 이때 양봉농가에서는 벌꿀 채취를 위한 꿀벌 수를 늘려야하기 때문에 벌통에 1개의 수벌 번데기 전용 소비만을 넣어 두고, 6월 이후 벌꿀 채취가 끝난 시기엔 수벌 번데기 소비를 늘려 수벌 번데기 생산량을 늘렸다. 수벌 전용 소비를 넣고 각각 17~23일 이후에 봉개 된 소비를 꺼내 곧바로 냉동실에 옮겨 보관 후 실험실로 냉동 운반하여 실험에 사용하였다.

### 2. 수벌 번데기 수거 및 동결건조 분말

냉동 보관된 수벌 번데기 소비는 소량인 경우 멸균된

**Table 1.** Samples collected and tested in this study

Collected location	Sampling year	Number of sampling hives
Gyeonggi Yangpyeong	2018	3
Chungnam Cheongyang	2018	3
	2019	3
Gyeongnam Changnyeong	2018	3



**Fig. 1.** Collection process of honeybee drone pupae in drone pupa's comb.

칼로 베어낸 후 핀셋을 이용하여 수벌번데기를 꺼냈으며, 다량인 경우엔 라텍스장갑을 착용하고 손으로 소비를 부순 다음 체반을 이용하여 수벌 번데기와 밀납을 분리하였다. 수벌 번데기는 식품소재용 사용을 위한 전처리 방법에 따라 동결건조 후 체반을 이용하여 손으로 분쇄하여 분말화하였다(Choi *et al.*, 2019) (Fig. 2).

### 3. 수벌 번데기 중금속 분석

중금속 분석은 한국기능식품연구원(성남, 한국)에 의뢰하여 분석하였으며, 식품의약품안전처의 식품공전 일반시험법 식품 중 유해물질 시험법에 따라 수행하였다. 동결건조 수벌 번데기 5 g을 Microwave digestion system에 넣고 질산으로 처리하여 분해하고 Whatman NO.6 filter paper를 이용하여 여과하여 분석시료를 준비하였다. 분석시료는 유도결합플라즈마법(inductively coupled plasma, ICP)을 이용하여 측정하였고 원소별 측정 파장은 납(Pb) 208 amu, 카드뮴(Cd) 111 amu, 비소(As) 75 amu로 측정하였다. 수은(Hg) 분석은 황산-질산환류법으로 10 g의 동결건조 수벌 번데기들을 분해플라스크에 취하고, 물 10 mL 및 질산 20 mL를 넣어 혼합하여 잠시 방치한 다음 황산 20 mL를 천천히 넣었다. 환류냉각기를 연결하여 주의하면서 NO<sub>2</sub>의 발생이 끝날 때까지 가열하여 분해액이 담황색으로 투명하게 되고 NO<sub>2</sub>의 발생이 끝나면 식힌 다음 물 50 mL 및 10% 요소용액 10 mL를 넣어서 10분간 끓이고 식혀 과망간산칼륨 1 g을 넣고 10분간 때때로 흔들

어 쉬었다. 자홍색이 없어지면 다시 과망간산칼륨 1 g을 넣고 흔들어 섞어 자홍색이 남을 때까지 되풀이 하고 20분간 끓여 액의 자홍색이 없어지면 식힌 다음 과망간산칼륨 1 g을 넣고 다시 20분간 가열한 후 식혀 용액이 무색 투명하게 될 때까지 10% 과산화수소용액을 주의하여 적가하였다. 이후 식힌 다음 장치의 내부 및 연결부분을 황산(1→100) 20 mL로 씻고 플라스크에 합쳐 일정량으로 하여 시험용액으로 하여 수은분석기를 사용하여 측정하였다.

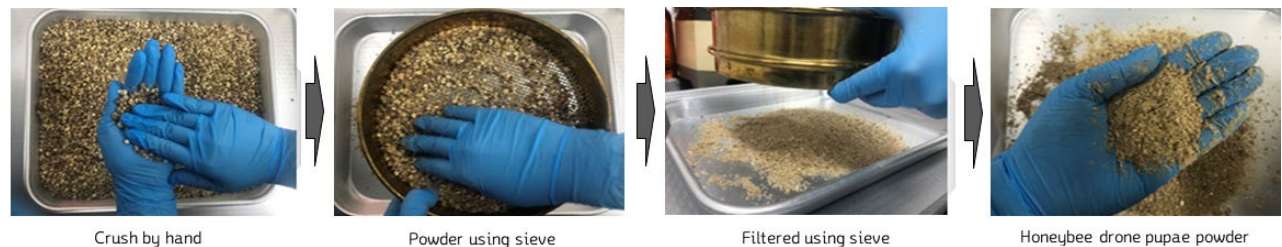
## 결과 및 고찰

양봉산물인 벌꿀, 로열젤리 등에 대한 중금속 잔류허용량은 아직 규정되어 있지 못하는 실정이며, 다만 식품공전 식품일반의 기준 및 규격에 식용곤충의 중금속 기준은 갈색거저리 유충이 납 0.1 mg/kg 이하, 카드뮴 0.05 mg/kg 이하, 비소 0.1 mg/kg 이하, 쌍별귀뚜라미와 장수풍뎅이 유충은 납 0.3 mg/kg 이하, 카드뮴 0.3 mg/kg 이하로 흰점박이꽃무지 유충은 납 0.3 mg/kg 이하, 카드뮴 0.05 mg/kg 이하, 비소 0.1 mg/kg 이하로 기준치가 설정되어 있다. 식품 등을 통해 인체에 들어오게 되면 몸 밖으로 빠져나가지 않아 체내 축적성이 높은 중금속 중 인체에 유해정도가 높아 정부에서 규제하고 있는 대표적인 유해 중금속으로 납, 카드뮴, 수은, 비소 등이 있다(Jung *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2009). 납은 근육 및 관절의 통증, 고혈

**Table 2.** Detection of heavy metals from the honeybee drone pupa (*Apis mellifera* L) as an ingredient for novel foods

Collected location	Heavy metals (mg/kg)			
	As	Cd	Hg	Pb
Gyeonggi Yangpyeong	0.017 ± 0.000	ND*	0.003 ± 0.000	0.02 ± 0.00
Chungnam Cheongyang	0.017 ± 0.000	0.001 ± 0.000	0.003 ± 0.000	0.02 ± 0.01
Gyeongnam Changnyeong	0.017 ± 0.000	0.001 ± 0.00	0.003 ± 0.000	0.02 ± 0.01

\*ND : No Detection



**Fig. 2.** Process of honeybee drone pupae powder.

압을 유발하여 생식능력을 감소시키며 소화기계, 중추신경계, 신장과 혈액에 장애를 유발한다. 카드뮴은 주로 신장, 폐 그리고 뼈에 유해하여 집중력 및 기억력 손실 후각 상실, 전립선암, 폐부종과 폐렴 등을 유발한다고 하였다. 수은은 신장, 간장 및 신경계 등에 선택적으로 독성을 나타내며 심할 경우에는 신경장애를 유발할 수 있다고 보고되어 있으며 비소는 대표적인 발암물질로 보고되어 있다. 실내에서 사육되는 식용곤충은 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」에 따라 중금속 등 유해물질 등에 오염되지 않도록 먹이원과 사육환경 등 안전 사육기준을 설정하여 관리하고 있다. 그러나 인위적으로 사육환경과 먹이원 제어가 쉽지 않은 꿀벌의 수벌 번데기는 식품원료 사용하는데 있어 중금속 함량 기준치 설정이 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 한시적 인정 식품원료로 등재하기 위하여 수벌 번데기의 중금속 함량 분석 결과 카드뮴의 경우 경기도 양평지역에서 채취한 수벌 번데기에서는 검출되지 않았고, 충남 청양과 경남 창녕의 경우 모두 0.001 mg/kg의 극미량이 검출되었다(Table 2). 수은은 경기 양평, 충남 청양, 경남 창녕 모두 평균 0.003 mg/kg의 극미량이 검출되었으며, 납과 비소의 경우 3지역 모두 평균 0.02 mg/kg, 0.017 mg/kg의 미량이 검출되었다. (Table 2). 수벌 번데기에서 검출된 중금속 양은 식용곤충의 기준치 이하임이 확인되었다.

식약처 식품공전 규격은 벌꿀의 기준으로 로열젤리와 프로폴리스에 대한 유해물질 검출 기준을 적용하고 있다 (KFDA, 2019). 벌꿀은 응애구제 약품인 살충제와 항생제 등 동물용의약품의 잔류허용기준은 설정되어 있으나 중금속에 대한 기준규격은 아직까지 설정되어 있지 않다. 따라서 수벌 번데기를 식품 원료로 사용하기 위해서는 소비자 우려를 해소하고 안전한 식품으로서 또는 의약품소재로서의 신뢰 확보를 위해서는 중금속에 대한 기준 규격 설정이 필요할 것으로 사료된다. 또한 안전한 수벌 번데기 생산을 위한 양봉농가 사육 기술 및 병해충 방제 등 안전 사육기술에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다.

본 연구를 통해 다양한 영양성분이 함유되어 있고, 특히 고단백 및 다량의 불포화지방산을 함유한 영양적 가치가 높은 수벌 번데기는 유해 물질인 중금속에 안전한 식품 소재가 될 것으로 기대한다.

## 적 요

본 연구는 양봉농가에서 대량 생산이 가능하고 영양이 풍부한 꿀벌 수벌 번데기를 새로운 식품원료로 사용하는데 있어 유해물질인 중금속에 대해 안전성 확보와 기준치 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 수벌 번데기는 2018년과 2019년 사이 국내 3지역(경기 양평, 충남 청양, 경남 창녕)의 양봉농가에서 채취하여 동결 건조한 분말을 시험에 사용하였다. 식품의약품안전처 식품공전 시험법에 따라 납, 비소, 카드뮴은 유도결합플라즈마분광분석기로 수은은 수은분석기를 사용하여 측정하였다. 카드뮴은 경기 양평지역에서 채취한 수벌 번데기에서는 검출되지 않았으며, 나머지 2지역에서도 0.001 mg/kg의 극미량만 검출되었다. 납과 수은은 3지역 모두 각각 0.02 mg/kg, 0.003 mg/kg으로 검출되었으며, 비소는 3지역 모두 0.017 mg/kg으로 검출되었다. 수벌 번데기는 유해 물질인 중금속이 검출되었으나, 식용곤충(납 0.1~0.3 mg/kg, 카드뮴 0.05~0.3 mg/kg, 비소 0.1 mg/kg)의 기준치 이하로 확인되어 식품원료로 사용하기에 안전한 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업기초기반연구(과제번호: PJ01314202)에 의하여 수행되었으므로 감사를 드립니다.

## 인용 문헌

- Alston, J. M., J. M. Beddow and P. G. Pardey. 2009. Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science* 325: 1209-1210.
- Baek, M. H., J. S. Hwang, M. A. Kim, S. H. Kim, T. W. Goo and E. Y. Yun. 2017. Comparative analysis of nutritional components of edible insects registered as novel foods. *J. Life Sci.* 27: 334-338.
- Choi, H. M., H. Y. Kim, S. O. Woo, S. G. Kim, K. W. Bang, H. J. Moon and S. M. Han. 2019. Drying Techniques and Nutritional Composition of Drone Pupae (*Apis mellifera* L.) as Edible Food. *J. Apiculture* 34(2): 161-167.
- Durst, P., D. V. Johnson, R. N. Leslie and K. Shono. 2010. Forest Insects as food: Humans bite back. RAP publication.

- Jung, J. H., L. H. Hwang, E. S. Yun, H. J. Kim and I. K. Han. 1999. A study on the contents of the heavy metals in meat and meat products. *Korean J. Vet. Serv.* 22: 1-7.
- KFDA. 2019. Korean Food Standards Codex. Korea Food and Drug Administration. Seoul, Korea.
- Kim, S. G., S. O. Woo, K. W. Bang, H. R. Jang and S. M. Han. 2018a. Chemical composition of drone pupa of *Apis mellifera* and its nutritional evaluation. *Korean J. Api.* 33(1): 17-23.
- Kim, S. G., S. O. Woo, H. R. Jang, H. M. Choi, H. J. Moon and S. M. Han. 2018b. Safety Investigation on Food-borne Pathogens and Mycotoxins in Honeybee Drone Pupae. *Journal of Food Hygiene and Safety* 33(5): 399-403.
- Kim, H. Y., J. I. Kim, J. C. Kim, J. E. Park, K. J. Lee, S. I. Kim, J. H. Oh and Y. M. Jang. 2009. Survey of heavy metal contents of circulating agricultural products in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41(3): 238-244.
- Krell, R. 1996. Value-added products from beekeeping. *Food & Agriculture Org.* 124: 12-28.
- Lee, T. J., K. C. Kim, I. C. Shin, K. S. Han, T. H. Shim, M. J. Ryu and J. K. Lee. 1996. Survey on the contents of trace heavy metals in agricultural products of Gangwon-do. *Rep. Inst. Health Environ.* 7: 75-87.
- MAFRA. 2014. Agriculture, food and rural affairs statistics yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea
- Oonincx, D. G., Van Itterbeeck J., Heetkamp M. J., Van den Brand, H., Van Loon, J. J. and Van Huis. A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One* 5(12): e14445.
- Park, J. S. and M. K. Lee. 2002. A study on contents of heavy and trace metal of the agricultural products around mines located in Chollanamdo. *Korean J. Food Nutr.* 15: 64-69.
- Van Huis, A., J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir and P. Vantomme. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* 171: 7-8.
- Yates-Doerr, E. 2015. The world in a box? Food security, edible insects, and “One World, One Health” collaboration. *Social Science & Medicine* 129: 106-112.