

## 다양한 건조방법으로 제조된 동애등에 유충 분말의 품질특성

현지용 · 남정현 · 천지연\*

제주대학교 식품공학과

### Quality Characteristics of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) Powder with Various Drying Method

Ji-Yong Hyun, Jung-Hyun Nam, and Ji-Yeon Chun\*

Department of Food Bioengineering, Jeju National University

#### Abstract

Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*, BSFL) is an environmental purification insect utilized as an animal feed source due to its high protein content. BSFL need to be dried to preserve quality, and the optimal drying method should be cost-effective. In this study, various drying methods (hot air (HD), freeze (FD), vacuum (VD), and combined-drying (CD)) were applied to BSFL, and then BSFL powders were characterized. Crude protein content was highest in HD and lowest in CD, and there was no significant difference in crude fat content ( $p>0.05$ ). In the measurement of the total amino acid content of BSFL, glutamic acid and aspartic acid were the highest regardless of the drying method. The total amino acid content was the highest in HD and the lowest in CD. Total polyphenol content was higher in VD and FD than in HD and CD. Also, hydrogen peroxide and DPPH radical scavenging showed similar results. In the antioxidant measurement results, VD and FD showed higher antioxidant capacity, but considering cost-effectiveness, HD was the most available method for drying BSFL.

**Keywords:** black soldier fly larvae, drying method, quality characteristics, antioxidant activity

## 서 론

현재 지구의 인구는 계속해서 증가하고 있으며 국제연합 식량농업기구(FAO)는 2050년에 지구의 인구가 약 90억 명까지 증가할 것으로 예상하며, 식생활의 큰 변화가 없으면 전 세계적으로 육류 소비량 또한 증가할 것으로 예상하였다(Lange & Nakamura, 2021). 2050년까지 동물성 제품의 소비가 60-70% 증가할 것으로 예상하며, 그에 따라 많은 양의 사료가 필요할 것이다(Nam et al., 2022). 사료의 수요량이 급증함에 따라 동물성 단백질의 부족이 대두되고 있으며 이러한 동물성 단백질 공급원으로는 어분 및 동물성 부산물 등이 이용되고 있다(Kim et al., 2014). 하지만 최근 세계적으로 어분의 공급은 일정하지 않고 원료의 가격이 지속적으로 상승하는 추세에 있으며 어분을 대체할 새로운 동물성 단백질원이 필요한 시점이고(Kim et al., 2019), 이를 해결하고자 대체 단백질원으로 빠른 기간 내

에 대량 생산이 가능하며 단백질 함량(약 23-66 g/100 g)이 풍부한 식용 및 사료용 곤충이 관심을 받고 있다(Song et al., 2018).

현재 식품으로 인정된 원료는 갈색거저리 유충, 누에 번데기, 벼메뚜기, 백강잠, 쌍별귀뚜라미, 장수풍뎅이 유충, 흰점박이꽃무지 유충으로 총 7종이며, 탈지 아메리카왕거저리 유충, 수벌 번데기, 풀무치가 한시적 인정 원료로 총 10종의 식용 곤충이 있다(Kim et al., 2022). 또한 배합사료 첨가 가능 단미사료 중 곤충 소재로는 거저리 유충, 건조 귀뚜라미, 건조 메뚜기, 동애등에 유충, 번데기, 장구벌레, 파리 유충 등이 인정되어 있다(MAFRA, 2022). 이 중 동애등에는 음식물 쓰레기와 축분의 생물학적 처리가 가능하며(Chung, 2019), 환경정화 곤충으로 알려져 있고 조단백질 및 미네랄 함량이 우수한 것으로 평가되고 있다(Park et al., 2021). 동애등에는 다양한 사료에서 대체제로 사용되고 있는데 어분을 대체한 연구로는 시베리아 철갑상어와 킬리피아에 동애등에를 급여한 연구(Rawski et al., 2020; Rana et al., 2015), 청어가루를 대체하여 태평양 흰다리 새우에 급여한 연구(Cummins et al., 2017), 동물성 단백질 대체의 경우 동애등에를 자돈 사료에 급여한 연구(Crosbie et al., 2021) 및 수컷 육계 사료에 급여한 연구(Dabbou et al., 2018) 등이 활발히 진행되고 있다. 이 외에도 동애등에

\*Corresponding author: Ji-Yeon Chun, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, 102 Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju-do 63243, Korea  
Tel: +82-64-754-3615; Fax: +82-64-755-3601  
E-mail: [chunjiyeon@jejunu.ac.kr](mailto:chunjiyeon@jejunu.ac.kr)  
Received March 23, 2023; revised May 12, 2023; accepted May 15, 2023

는 가축 사체 처리효율 연구(Kwon et al., 2017), 유기성 폐기물 처리효율 연구(Kim et al., 2017), 이유자돈 급여 연구(Choi et al., 2019), 물고기 사료 급여 연구(Park et al., 2013) 등에 활용되고 있다.

하지만 동애등에와 같은 곤충은 품질을 보존하기 위해 건조되어야 하며(Selaledi & Mabelebele, 2021), 「단미사료의 품목별 기준 및 규격」(MAFRA, 2022)에서 동애등에 유충의 수분함량을 7% 정도로 기준을 두고 있다. 곤충을 영양분과 품질의 손실 없이 장기간 보관하기 위해 적절한 건조 기술을 찾아야 하며(Kröncke et al., 2019), 이러한 건조 방법에는 천일건조 및 인공 건조법이 있으며 인공 건조 법에는 냉풍건조, 열풍건조, 동결건조, 진공건조, 원적외선, 마이크로파 방법 등이 존재한다(Koo et al., 2019).

하지만 동애등에 유충의 건조방법에 따른 연구는 상대적으로 미비하므로 열풍건조, 동결건조를 포함한 진공건조와 복합건조 방법을 이용해 동애등에를 건조하고 품질분석하여 최적의 건조법을 찾고, 이 결과를 동애등에의 활용도를 높이기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

동애등에 유충은 충청북도 청주시에 위치한 농업회사법인 (주)엔토모에서 구매하여 사용하였다. 본 실험에서 사용한 분석용 시약은 ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid diammonium salt, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), Folin & Ciocalteu's phenol reagent (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), Gallic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), Hydrogen peroxide solution (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), Trolox (6-hydroxyl-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) and horse radish peroxidase (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), HCl (Hydrochloric acid, Daejung Chemical Co., Siheung, Korea), Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (sodium carbonate, Daejung Chemical Co., Ltd. Seoul, Korea), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (Alfa Aesar Chem. Co., Ward Hill, MA) 제품을 사용하였으며, Phosphate-buffered saline (Welgene Co., Gyeongsan, Korea) 를 사용하였다.

### 동애등에 유충의 분말 제조

동애등에 유충 분말의 제조방법은 Fig. 1의 방법에 따라 제조하였다. 동애등에 유충 입고 후 -20°C에서 희생시킨 다음 상온에서 해동시켰다. 해동시킨 동애등에 유충을 2회 세척을 한 다음, 100°C에서 40초간 데친 후(1:4, w/v) 다양한 방법으로 건조하였다. 열풍건조는 산업용 열풍건조기 (YM-30, Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Korea)를

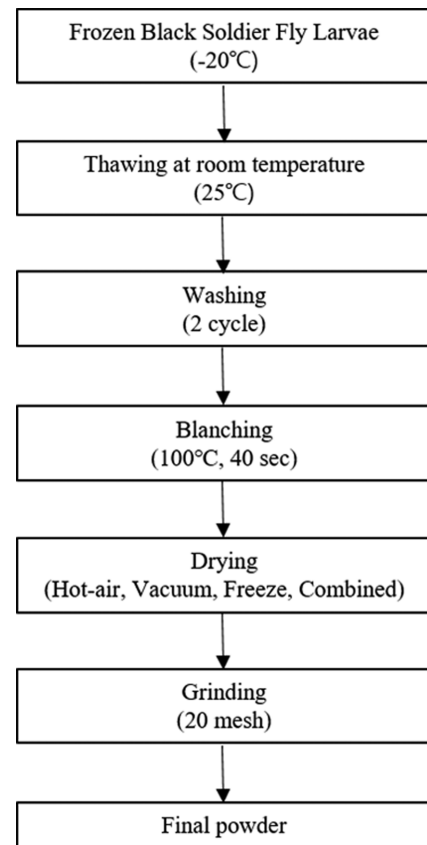


Fig. 1. Black soldier fly larvae powder manufacturing process.

사용하여 70°C의 온도에서 7시간 건조하였으며, 동결건조는 -70°C에서 예비냉동 된 시료를 동결건조기(LP 20, Ilshinebiobase, Dongducheon, Korea)를 사용하여 120시간 건조하였으며, 진공건조는 진공건조기를 사용하여 0.6 Torr에 조건에서 60°C의 온도로 8시간 건조하였으며, 복합건조는 컨베이어 벨트식 복합건조기(JEUS, Jeju, Korea)를 사용했으며 각구간의 온도는 85-105°C로 다양하게 설정되어 있으며 1시간 동안 통과하면서 건조하였다. 본 연구에서 사용한 복합건조기는 원적외선과 열풍건조를 혼합하여 건조하는 방식으로 건조기 내부에 난반사 필름을 부착하여 조사되는 원적외선의 난반사를 유도하여 여러 방향에서 빛을 대상에 조사할 수 있어 건조물이 전체적으로 균일하게 건조된다. 또한 광조사부의 위치 조절이 가능해 반사율을 조절하여 건조시간 단축 및 대량생산이 가능하다(Agricultural Corp. JEUS, 2019). 최종 건조물은 6±1%의 수분함량이 되도록 건조를 진행하였으며, 건조물은 분쇄기(SHMF-3500G, Hanil, Seoul, Korea)를 사용하여 20 mesh (약 850 μm)로 분쇄한 후 4°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

### 일반성분

건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말의 수분함량은 99°C 상압가열건조법, 조단백질 함량은 Kjeldahl 법, 조

지방 함량은 Soxhlet 법, 조회분 함량은 550°C의 furnace (C-FMD2, Changshin Science, Seoul, Korea)에서 직접회화법으로 분석하였다.

#### 수분활성도

건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말의 수분활성도는 수분활성도 측정기(Aqua Lab Pre water activity meter, METER Group, Pullman, WA, USA)을 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

#### 색도 측정

건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말의 색도는 색차계(YS3060, Threneh Technology Co. Ltd., Shenzhen, China)를 사용하여 명도( $L^*$ : lightness), 적색도( $a^*$ : redness), 그리고 황색도( $b^*$ : yellowness)를 3회 반복하여 평균값을 취하였다. 이때 백색 표준색은  $L^*$  값 90.93,  $a^*$  값 2.83,  $b^*$  값 12.78인 백색 표준판을 사용하였다.

#### DPPH 라디칼 소거능

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말의 시료를 증류수와 50 mg/mL의 농도로 제조하여 혼합하고 혼합물을 원심분리기(LaboGene 1248R, GYROZEN, Daegwon, Korea)에 넣어 10°C에서 3,134×g로 20분간 원심분리 후 상등액을 0.45 µm syringe filter (Hyundai Micro)로 여과하여 시료로 사용하였다. 이후 시료와 0.4 mM DPPH (Alfa Aesar, Ward Hill, MA, USA) 용액을 1:2 (v/v)의 비율로 혼합하여 상온의 암소에서 30분간 반응 후 microplate reader (Bioteck Instruments, Inc.)로 517 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능을 아래의 식으로 환산하여 나타내었다.

DPPH radical scavenging ability (%)

$$= \left( 1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{blank absorbance}} \right) \times 100$$

#### Hydrogen peroxide 소거능 측정

Hydrogen peroxide 소거활성은 Müller (1985)의 방법에 따라 건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말의 시료를 증류수와 50 mg/mL의 농도로 제조 혼합하고 혼합물을 원심분리기(LaboGene 1248R, GYROZEN, Daegwon, Korea)에 넣어 10°C에서 3,134×g로 20분간 원심분리 후 상등액을 0.45 µm syringe filter (Hyundai Micro, Anseong, Korea)로 여과하여 시료로 사용하였다. 그 후 96-well plate에 시료 20 µL, 100 µL phosphate-buffered saline (pH 7.4)와 20 µL 1 mM hydrogen peroxide를 가한 후 37°C incubator에서 5분간 반응시켰다. 이후 1.25 mM로 제조된 ABTS 용액

30 µL와 1 U/mL peroxidase 30 µL를 가하여 37°C에서 10분간 반응 후 microplate reader (Bioteck Instruments, Epoch™, Bio Tek Instruments, Inc, Winooski, USA)를 405 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. Hydrogen peroxide 소거 활성은 0-50 mM에서 Trolox로 작성한 표준곡선에 대입하여 µM TE/mg으로 나타내었다.

#### 총 페놀 함량 측정

건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말의 총 페놀 함량은 Folin & Denis (1912)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료를 증류수와 50 mg/mL의 농도로 제조 혼합하고 혼합물을 원심분리기(LaboGene 1248R, GYROZEN, Daegwon, Korea)에 넣어 10°C에서 3,134×g로 20분간 원심분리 후 상등액을 0.45 µm syringe filter로 여과하여 시료로 사용하였다. 그 후 96-well plate에 시료 10 µL, 90 µL의 증류수와 혼합 후 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 10 µL를 첨가하고 상온의 암소에서 3분간 반응시켰다. 그 후 2 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 70 µL을 혼합물에 첨가하고 상온의 암소에서 1시간 반응 후, microplate reader 사용하여 760 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid 용액으로 작성하였으며, 시료의 총 페놀 함량은 1 g 중의 mg gallic acid equivalents (mg GAE/g)으로 나타내었다.

#### 유리아미노산 조성 및 함량 측정

건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말의 아미노산 조성은 아미노산 분석기(L-8900, Hitachi, Ibaraki, Japan)를 사용하여 측정하였다. 시료 5 g에 6 N HCl 40 mL를 가하여 110°C에서 24시간 가수분해하였다. 그 후, 50°C에서 진공 회전 증발기를 이용하여 산을 제거하고 0.2 M sodium citrate buffer (pH 2.2)를 50 mL 가하였다. 시료를 0.45 µm syringe filter로 여과하고, 30 µL의 여액을 분석 시료로 사용하였다.

#### 휘발성 염기 질소 화합물 측정

휘발성 염기 질소 화합물(Volatile basic nitrogen, VBN)은 건조방법을 달리한 동애등에 유충 건조 분말 5 g을 250 mL graduated cylinder에 정확히 취하고 증류수를 200 mL를 가하여 30분 혼합 후 혼합물을 원심분리기(LaboGene 1248R, GYROZEN, Daegwon, Korea)에 넣어 10°C에서 3,134×g로 20분간 원심분리 후 상등액을 0.45 µm syringe filter로 여과하여 시료로 사용하였다. 시료액 50 mL을 분해 플라스크에 넣고 MgO 2 g, 액체 파라핀 0.5 g 및 증류수 50 mL를 가하고 Kjeldahl 법을 이용하여 증류 및 적정을 수행하고 질소량을 산출하여 아래의 식으로 계산하여 나타내었다.

$$\text{VBN (\%)} = \frac{(0.140067 \times A \times 5 \times F)}{W}$$

W: 검사시료 채취량(g)  
 F: 0.1 N HCl 역가  
 S: 회석배수  
 A: 0.1 N HCl 소모량(mL)

### 통계처리

실험은 최소 3회 이상의 반복실험을 실시하였으며 결과는 평균±표준편차로 표현하였다. 통계분석은 Minitab 18 (Minitab Inc., State College, PA, USA)에 의해 수행하였다. 각 시료의 유의성( $p<0.05$ ) 검정을 위하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 사후검정으로는 Tukey의 다중범위시험을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 및 수분활성도

건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 일반성분 및 수분활성도를 Table 1에 나타내었다. 수분함량은 모두 6±1%에 해당되었으며, 열풍건조 분말 및 진공건조 분말이 5.66-5.58%로 가장 낮은 결과값을 나타냈고, 동결건조 분말이 6.45%, 복합건조 분말이 7.09% 순으로 높은 수분함량을 가졌다. 조단백질 함량은 열풍건조 분말(43.77%)이 가장 높았으며 복합건조 분말(40.22%)에 비해 유의적으로 높았으며( $p<0.05$ ), 진공건조 분말(40.93%) 및 동결건조 분말(41.72%)과는 유의적 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 조지방 및

조회분 경우 모든 분말에서 유의적 차이가 없었다( $p>0.05$ ). Adebayo et al. (2020) 연구에서 다양한 유기 폐기물을 이용하여 동애등에 일반성분 함량 분석결과 조단백질 함량은 32.97-48.93%, 조지방 함량은 31.30-34.20%, 조회분 함량은 4.12-13.90%의 결과를 나타내 본 연구의 일반성분 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 수분활성도 측정결과 동결건조 분말은 0.140, 열풍건조 분말은 0.290, 진공건조 분말은 0.400, 복합건조 분말은 0.610 순으로 나타났으며 각 건조방법에 따라 유의적인 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 복합건조의 경우 유의적으로 가장 높은 수분활성도 및 수분함량을 나타냈는데 이는 건조속도가 지나치게 빨라서 표면이 건조되는 표면경화 현상이 나타나 시료 내부의 수분이 표면을 침투하지 못하고 내부에 남아있는 채 건조가 마쳤기 때문에 나타난 결과로 생각되며 이러한 현상은 다른 일반성분 함량 결과에도 영향을 미친 것으로 판단된다.

### 외관 및 색도

건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 색도와 외관의 변화를 Table 2와 Fig. 2에 나타내었다.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값은 동결건조 분말이 가장 높게 나타났으며( $p<0.05$ ), 가장 낮은 값을 나타낸 시료는 복합건조 분말이다( $p<0.05$ ). 누에의 전처리 방법을 달리하여 품질특성을 분석한 Hwang & Kim (2020)은 동결건조의 경우 색, 보존성, 복원성 등의 품질 지표가 우수하여 가장 밝은 외관을 나타냈다고 하였으며, 열풍건조의 경우 갈변 반응 등으로 색의 변화가 일어나 가

**Table 1. Proximate composition and water activity of black soldier fly larvae by different drying method**

Traits	HD-BSFL <sup>1)</sup>	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
Moisture (%)	5.66±0.25 <sup>c2)3)</sup>	5.58±0.43 <sup>c</sup>	6.45±0.38 <sup>b</sup>	7.09±0.38 <sup>a</sup>
Crude protein (%)	43.77±1.54 <sup>a</sup>	40.93±0.09 <sup>b</sup>	41.72±0.20 <sup>ab</sup>	40.22±0.06 <sup>b</sup>
Crude fat (%)	36.62±1.99 <sup>a</sup>	37.18±0.14 <sup>a</sup>	34.54±0.30 <sup>a</sup>	37.69±0.73 <sup>a</sup>
Crude ash (%)	13.81±0.36 <sup>a</sup>	12.72±0.28 <sup>a</sup>	13.55±0.50 <sup>a</sup>	12.46±0.14 <sup>a</sup>
Water activity (Aw)	0.290±0.01 <sup>c</sup>	0.400±0.01 <sup>b</sup>	0.140±0.20 <sup>d</sup>	0.610±0.01 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>HD-BSFL: Hot-air drying black soldier fly larvae

VD-BSFL: Vacuum drying black soldier fly larvae

FD-BSFL: Freeze drying black soldier fly larvae

CD-BSFL: Combined drying black soldier fly larvae

<sup>2)</sup>All values are mean±SD.

<sup>3)</sup>Values with different letters (a-d) in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

**Table 2. Color of black soldier fly larvae by different drying method**

Color	HD-BSFL <sup>1)</sup>	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
$L^*$	37.46±0.76 <sup>b2)3)</sup>	38.02±1.26 <sup>b</sup>	43.90±0.75 <sup>a</sup>	35.51±0.78 <sup>c</sup>
$a^*$	1.43±0.12 <sup>bc</sup>	1.45±0.10 <sup>b</sup>	1.70±0.24 <sup>a</sup>	1.24±0.13 <sup>c</sup>
$b^*$	4.54±0.57 <sup>b</sup>	5.15±0.87 <sup>b</sup>	15.19±0.38 <sup>a</sup>	3.34±0.43 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>HD-BSFL: Hot-air drying black soldier fly larvae

VD-BSFL: Vacuum drying black soldier fly larvae

FD-BSFL: Freeze drying black soldier fly larvae

CD-BSFL: Combined drying black soldier fly larvae

<sup>2)</sup>All values are mean±SD.

<sup>3)</sup>Values with different letters (a-c) in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).



Fig. 2. Appearance of dried black soldier fly larvae dried by different method. (HD-BSFL) Hot-air drying black soldier fly larvae, (VD-BSFL) Vacuum drying black soldier fly larvae, (FD-BSFL) Freeze drying black soldier fly larvae, (CD-BSFL) Combined drying black soldier fly larvae.

Table 3. Amino acid compositions (g/100 g) of black soldier fly larvae by different drying method

Amino acid (g/100 g)	HD-BSFL <sup>1)</sup>	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
Asp	3.84±0.18 <sup>2)3)</sup>	3.55±0.06 <sup>ab</sup>	3.62±0.05 <sup>ab</sup>	3.32±0.02 <sup>b</sup>
Thr	1.67±0.06 <sup>a</sup>	1.59±0.02 <sup>ab</sup>	1.60±0.02 <sup>ab</sup>	1.49±0.01 <sup>b</sup>
Ser	1.79±0.04 <sup>a</sup>	1.69±0.02 <sup>ab</sup>	1.76±0.02 <sup>a</sup>	1.60±0.04 <sup>b</sup>
Glu	4.45±0.40 <sup>a</sup>	3.99±0.03 <sup>a</sup>	4.16±0.04 <sup>a</sup>	3.90±0.06 <sup>a</sup>
Gly	2.17±0.01 <sup>ab</sup>	2.11±0.01 <sup>b</sup>	2.23±0.02 <sup>a</sup>	2.00±0.04 <sup>c</sup>
Ala	2.75±0.01 <sup>b</sup>	2.96±0.01 <sup>a</sup>	2.64±0.02 <sup>c</sup>	2.89±0.04 <sup>a</sup>
Val	2.20±0.13 <sup>a</sup>	2.13±0.08 <sup>a</sup>	2.15±0.01 <sup>a</sup>	2.01±0.01 <sup>a</sup>
Ile	1.71±0.04 <sup>a</sup>	1.64±0.04 <sup>ab</sup>	1.65±0.01 <sup>ab</sup>	1.56±0.02 <sup>b</sup>
Leu	2.81±0.03 <sup>a</sup>	2.69±0.06 <sup>a</sup>	2.73±0.01 <sup>a</sup>	2.53±0.01 <sup>b</sup>
Tyr	2.68±0.01 <sup>a</sup>	2.41±0.13 <sup>a</sup>	2.45±0.05 <sup>a</sup>	2.19±0.23 <sup>a</sup>
Phe	1.71±0.06 <sup>a</sup>	1.63±0.04 <sup>ab</sup>	1.62±0.02 <sup>ab</sup>	1.52±0.01 <sup>b</sup>
Lys	2.59±0.18 <sup>a</sup>	2.45±0.06 <sup>a</sup>	2.45±0.06 <sup>a</sup>	2.31±0.02 <sup>a</sup>
His	1.32±0.04 <sup>ab</sup>	1.24±0.01 <sup>bc</sup>	1.36±0.01 <sup>a</sup>	1.18±0.02 <sup>c</sup>
Arg	2.08±0.13 <sup>a</sup>	1.89±0.03 <sup>ab</sup>	1.95±0.04 <sup>ab</sup>	1.76±0.02 <sup>b</sup>
Cys	0.31±0.03 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>	0.26±0.02 <sup>a</sup>
Met	0.75±0.04 <sup>a</sup>	0.76±0.01 <sup>a</sup>	0.72±0.02 <sup>a</sup>	0.69±0.01 <sup>a</sup>
Pro	2.48±0.18 <sup>a</sup>	2.30±0.01 <sup>a</sup>	2.46±0.04 <sup>a</sup>	2.21±0.07 <sup>a</sup>
Total	37.28±1.45 <sup>a</sup>	35.28±0.28 <sup>ab</sup>	35.77±0.25 <sup>ab</sup>	33.37±0.57 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>HD-BSFL: Hot-air drying black soldier fly larvae

VD-BSFL: Vacuum drying black soldier fly larvae

FD-BSFL: Freeze drying black soldier fly larvae

CD-BSFL: Combined drying black soldier fly larvae

<sup>2)</sup>All values are mean±SD.

<sup>3)</sup>Values with different letters (a-c) in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

장 어두운 외관을 가졌다고 보고하였는데, 건조방법을 달리한 동태등에 유충 분말 또한 동결건조가 가장 밝은 외관을 얻을 이용하는 열풍건조, 진공건조, 복합건조의 경우 어두운 외관을 나타내었다. Purschke et al. (2018)은 다양한 건조 온도 및 건조 방법으로 갈색거저리 유충을 건조하였을 때 동결건조를 진행한 갈색거저리 유충이 가장 적은 색

차를 보였으며 동결건조 갈색거저리 유충이 가장 높은  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값을 가졌다고 보고하였다.

#### 구성 아미노산 분석

돼지의 정상적인 성장과 발달에는 단백질 및 이를 구성하는 아미노산의 정확한 공급이 필요하며, 이러한 아미노산의

종류는 약 20여개에 달하고, 이들 중 cysteine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan, tyrosine 및 valine의 11개는 동물이 체내에서 합성하지 못해 사료를 통해 공급해야 하는 필수아미노산이다(Moon et al., 2008; Wu, 2014; Liao et al., 2015; Choi et al., 2021). 건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 구성 아미노산 분석결과는 Table 3에 나타내었다. 건조방법에 따른 아미노산 함량 결과를 살펴보면, 복합건조 분말의 경우 전체 17종 아미노산 중 8종이 열풍건조보다 유의적으로 낮은 함량을 보였으며( $p<0.05$ ), 진공건조 및 동결건조 분말과는 대부분 유의적인 차이가 없다( $p>0.05$ ). 총 아미노산 함량의 경우 열풍건조 분말이 가장 높았으며, 복합건조에 비해 유의적으로 높았다( $p<0.05$ ). 모든 건조방법에서 glutamic acid의 함량이 가장 높았으며, aspartic acid 함량이 그 뒤를 이었다. 이러한 결과는 Liland et al. (2017)의 동애등에 유충 아미노산 함량 결과에서 aspartic acid와 glutamic acid가 풍부하다고 보고한 결과와 유사하였다. 사료를 통해 공급 해야 하는 필수아미노산 중에서는 leucine, lysine, tyrosine 및 valine도 100 g 당 2 g 이상의 함량을 보였다. 아미노산 분석을 통해 가축 사료의 대체 단백질 소재로 동애등에 분말이 활용 가능할 것으로 판단된다. Yoo et al. (2013)의 연구에서는 사료 및 식품에 사용 가능한 갈색거저리가 함유하고 있는 필수아미노산 중에서 tyrosine은 100 g 당 4 g 이상, lysine과 leucine은 100 g 당 3 g 이상, valine의 경우 100 g 당 2 g 이상의 함량으로 분석되어 본 연구의 동애등에 유충 분말보다 다소 높았으며 이는 갈색거저리의 조단백질 함량이 50% 이상이기 때문인 것으로 판단된다.

#### 총 페놀 함량 측정 및 휘발성 염기태 질소

건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 총 페놀 함량 및 휘발성 염기태 질소의 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 총 페놀 함량 측정 방법은 시료의 항산화능을 측정하는 방법은 아니지만, 시료에 포함되어 있는 폴리페놀 화합물의 양을 측정하면서 항산화능 예측이 가능하여 항산화 연구에 폭넓게 이용되고 있으며, 대체적으로 시료에 포함되어 있는 총 폴리페놀 함량이 증가하면 항산화 활성이 증가한다고 보고되어 있다(Kim & Park, 2011). 건조방법을

달리한 동애등에 유충 분말의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과 열풍건조 분말은 3.83 mg GAE/g, 진공건조 분말은 4.12 mg GAE/g, 동결건조 분말은 4.19 mg GAE/g, 복합건조 분말은 3.63 mg GAE/g의 결과값을 나타내었다. 진공건조와 동결건조 분말이 열풍건조와 복합건조 분말 보다 유의적으로 높은 결과값을 나타내었다( $p<0.05$ ). 이러한 결과는 Jeong & Youn (2016)의 건조방법을 달리하여 포도씨의 항산화 활성을 측정하였을 때, 높은 온도에서 건조하는 적외선 건조 포도씨가 비교적 낮은 온도에서 건조한 동결건조 포도씨 보다 폴리페놀 함량이 낮다는 결과와 유사하였다.

휘발성 염기태 질소 함량은 단백질의 변패 및 분해를 측정할 수 있는 지표로써 활용되고 있으며 곤충의 경우 단백질 함량이 높아 단백질의 변패에 따라 저장성이 크게 좌우되는 위험이 있다(Son et al., 2016). 건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 휘발성 염기태 질소 함량은 「단미사료의 품목별 기준 및 규격」(MAFRA, 2022)에 따라 동애등에 유충 또는 번데기를 가공 처리할 시 휘발성 염기태 질소 함량이 0.5% 미만으로 표기되어 있다. 이를 기준으로 건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 휘발성 염기태 질소 함량은 열풍건조 분말은 0.04%, 진공건조 분말은 0.06%, 동결건조 분말은 0.03%, 복합건조 분말은 0.07%의 결과값을 보였으며 복합건조가 가장 높은 휘발성 염기태 질소 함량을 동결건조가 가장 낮은 휘발성 염기태 질소를 나타냈다( $p<0.05$ ). Ha et al. (2002)은 생시료 보다 고온가열처리 시료의 휘발성 염기태 질소 함량이 증가하였다고 보고한 것과 같이 다른 건조방법보다 단시간동안 공정이 진행되지만 100°C 이상의 고온에서 건조한 복합건조 분말이 좀 더 높은 휘발성 염기태 질소 함량을 보인 것으로 판단된다. 건조방법에 따른 단백질 변패도는 0.03-0.07%로 네 가지 건조 방법 모두 기준치 이하의 휘발성 염기태 질소 함량을 나타냈다.

#### DPPH radical 및 Hydrogen peroxide 소거 활성

건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 항산화 활성 측정 결과는 Table 5에 나타내었다. DPPH radical 소거활성을 측정한 결과 열풍건조 분말은 46.51% 활성을, 진공건조 분말은 63.72% 활성을, 동결건조 분말은 65.18% 활성을, 복합건조 분말은 43.70%의 활성을 보였다. 동결건조

**Table 4. Total phenolic content and volatile basic nitrogen of black soldier fly larvae by different drying method**

Traits	HD-BSFL <sup>1)</sup>	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
Total phenolic acid content (mg GAE/g)	3.83±0.24 <sup>b2)3)</sup>	4.12±0.13 <sup>a</sup>	4.19±0.23 <sup>a</sup>	3.63±0.09 <sup>b</sup>
Volatile basic nitrogen (%)	0.04±0.01 <sup>bc</sup>	0.06±0.01 <sup>ab</sup>	0.03±0.01 <sup>c</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>HD-BSFL: Hot-air drying black soldier fly larvae

<sup>2)</sup>VD-BSFL: Vacuum drying black soldier fly larvae

<sup>3)</sup>FD-BSFL: Freeze drying black soldier fly larvae

<sup>4)</sup>CD-BSFL: Combined drying black soldier fly larvae

<sup>5)</sup>All values are mean±SD.

<sup>6)</sup>Values with different letters (a-c) in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

**Table 5. Antioxidant activity of black soldier fly larvae by different drying method**

Traits	HD-BSFL <sup>1)</sup>	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
DPPH radical scavenging ability (%)	46.51±0.82 <sup>b</sup>	63.72±1.14 <sup>d</sup>	65.18±1.23 <sup>d</sup>	43.70±0.38 <sup>a</sup>
Hydrogen peroxide scavenging capacity (μM TE/mg)	73.42±4.46 <sup>bc</sup>	82.76±9.38 <sup>ab</sup>	88.02±3.41 <sup>a</sup>	71.03±6.23 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>HD-BSFL: Hot-air drying black soldier fly larvae

VD-BSFL: Vacuum drying black soldier fly larvae

FD-BSFL: Freeze drying black soldier fly larvae

CD-BSFL: Combined drying black soldier fly larvae

<sup>2)</sup>All values are mean±SD.

<sup>3)</sup>Values with different letters (a-c) in the same row are significantly different ( $P<0.05$ ).

와 진공건조가 열풍건조와 복합건조에 비하여 유의적으로 높은 활성을 나타내었다( $p<0.05$ ). Hydrogen peroxide 소거 활성능은 열풍건조 분말은 73.42 μM TE/mg의 함량을, 진공건조 분말은 82.76 μM TE/mg의 함량을, 동결건조 분말은 88.02 μM TE/mg의 함량을, 복합건조 분말은 71.03 μM TE/mg의 함량을 나타내 동결건조 분말이 가장 높은 소거능을 나타냈으며, 복합건조 분말이 가장 낮은 소거능을 나타내었다( $p<0.05$ ). Baek et al. (2019)은 다양한 전처리 방법을 이용하여 갈색거저리 유충의 총 폴리페놀 함량, DPPH와 ABTS radical 소거능을 측정했을 때 동결건조로 처리한 실험구에서 가장 높은 폴리페놀 함량과 DPPH, ABTS radical 소거능을 보였다는 보고와 본 실험결과는 유사한 결과를 나타내었다. Yu et al. (2022)은 와송의 건조 온도를 달리하여 항산화능을 측정하였을 때, 건조 온도가 증가함에 따라 DPPH와 ABTS radical 소거능과 같은 항산화능이 증가하다가 100°C 이상에서 건조했을 때 감소한다고 보고하였다. 이러한 결과를 바탕으로 복합건조와 같이 100°C 이상의 비교적 고온에서 건조하여 소거 활성을 저하시켰을 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 동애등에 유충을 사용하여 열풍건조, 진공건조, 동결건조, 복합건조 방법에 따라 제조된 분말의 품질특성에 대한 영향을 분석하였다. 열풍건조 분말이 조단백질 함량이 가장 높았으며, 복합건조 분말이 가장 낮은 함량을 나타냈다. 조지방 함량은 건조 방법에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 수분활성도는 복합건조, 진공건조, 열풍건조, 동결건조 순으로 낮았으며 복합건조 분말의 경우 수분활성도가 0.6 이상으로 내삼투압성 효소에 의한 변질이 일어날 수 있을 정도의 수분함량을 나타내었다. 색도 측정 결과 동결건조 분말이 가장 높은  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  값을 가졌다. 총 아미노산 함량은 조단백질 함량에 결과와 비슷하게 열풍건조 분말이 가장 높았으며, 복합건조 분말이 가장 낮은 총 아미노산 함량을 보였다. 건조방법을 달리한 동애등에 유충 분말의 구성 아미노산 중에서는 Glutamic acid와 Aspartic acid의 함량이 많았으며, 체내에서 합성하지 못하

는 필수아미노산 중에서는 Leucine, Lysine, Tyrosine 및 Valine이 높은 함량을 나타냈다. 휘발성 염기태 질소 함량은 열풍, 진공, 동결, 복합 건조방법 모두 법적 허용량 이하의 함량을 보였다. 총 폴리페놀 함량은 진공건조와 동결건조 분말에서 높았으며, 열풍건조 혹은 복합건조 된 분말이 낮은 함량을 보였다. 이러한 결과는 Hydrogen peroxide 소거 활성과 DPPH radical 소거능 에서도 유사하게 관찰되었다. 다양한 건조방법으로 제조한 동애등에 유충 분말의 품질특성 변화를 관찰한 결과, 사료에서 필요한 조단백질, 총 아미노산 함량에서 가장 좋은 결과를 나타낸 건조법은 열풍건조법이었으며, 비록 항산화활성이 유의적으로 낮게 측정되었으나, 비용적인 측면을 고려했을 때 열풍건조법이 가장 적합하다고 생각한다.

## 감사의 글

이 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 축산현안대응산업화기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구(No. 321079-3)의 결과이며 이에 감사드립니다.

## References

- Adebayo HA, Kemabonta KA, Ogbogu SS, Elechi MC, Obe MT. 2021. Comparative assessment of developmental parameters, proximate analysis and mineral compositions of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on organic waste substrates. *Int. J. Insect Sci.* 41: 1953-1959.
- Agricultural Corp. JE:US. 2019. Drying apparatus. Korea Patent No.10196 74370000. 2019.
- Baek MH, Kim MA, Kwon YS, Hwang JS, Goo TW, Jun MR, Yun EY. 2019. Effects of processing methods on nutritional composition and antioxidant activity of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae. *Entomol. Res.* 49: 285-294.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 181: 1199-1200.
- Choi YH, Jeong YD, Kim DW, Kim JE, Cho ES, Sa SJ, Jung HJ, Jin HJ, Min JY. 2021. Effects of different dietary lysine levels on growth performance, nutrient digestibility, blood metabolites and economic efficiency in growing pigs. *J. Korea Acad. Ind. Coop. Soc.* 22: 366-373.



- Choi YH, Yoon SY, Jeon SM, Lee JY, Oh SM, Lee SH, Kim JS. 2019. Effects of different levels of *Hermetia illucens* on growth performance and nutrient digestibility in weaning pigs. *J. Korea Acad. Ind. Coop. Soc.* 20: 255-261.
- Chung TH. 2019. Effects of dietary *Hermetia illucens* powder on duck litter quality and livestock environment. *J. Environ. Sci. (China)*. 28: 713-717.
- Crosbie M, Zhu C, Karrow NA, Huber LA. 2021. The effects of partially replacing animal protein sources with full fat black soldier fly larvae meal (*Hermetia illucens*) in nursery diets on growth performance, gut morphology, and immune response of pigs. *Transl Anim Sci.* 5: 1-11.
- Cummins VC, Rawles SD, Thompson KR, Velasquez A, Kobayashi Y, Hager J, Webster CD. 2017. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 473: 337-344.
- Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, Meneguz M, Plachà I, Gasco L, Schiavone A. 2018. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 49: 10.1186. <https://doi.org/10.1186/s40140-018-0266-9>.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-243.
- Ha JH, Song DJ, Kim PH, Hew MS, Cho ML, Sim HD, Kim HS, Kim JS. 2002. Changes in food components of top shell, *Omphalius pferfferi caponteri* by thermal processing at high temperature. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 35: 166-172.
- Hwang SY, Kim GS. 2020. A study on quality characteristics of silkworm (*Bombyx mori L.*) by various pretreatment methods. *Culi Sci. & Hos Res.* 26: 149-161.
- Jeong DS, Youn KS. 2016. Comparison of the antioxidant and physiological activities of grape seed extracts prepared with different drying. *Korean J. Food Preserv.* 23: 1-6.
- Kim AN, Jeong MS, Jeong WY, Jeong YH, Kim SH. 2022. Quality characteristic and formulation optimization of yanggaeng prepared with defatted two-spotted cricket using response surface methodology. *Korean J. Food Cook. Sci.* 38: 1-11.
- Kim MJ, Park EJ. 2011. Feature analysis of different in vitro antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 1053-1062.
- Kim SG, Kim JE, Oh HK, Kang SJ, Koo HY, Kim HJ, Choi HC, Sun SS. 2014. Feed supplementation of yellow mealworms (*Tenebrio molitor L.*) improves blood characteristics and meat quality in boiler. *J. Agric. Sci. Technol.* 49: 9-18.
- Kim SH, Bae CH, Yun JH, Sim J, Han HS. 2019. Evaluation of black soldier fly meal as a dietary animal protein source replacing fish meal in Korean catfish *Silurus asotus*. *ICES J. Mar. Sci.* 31: 1495-1502.
- Kim TY, Kwon JH, Park GH, Kim JY. 2017. Study on organic waste treatment efficiency and larval growth according to input amount of the black soldier fly (*Hermetia illucens*). *J. Korea Soc. Waste Mang.* 34: 276-281.
- Koo HS, Lee JE, Jung HA. 2019. Storage and sensory characteristics according to drying methods of dried oriental melon. *Korean J. Food Preserv.* 26: 606-614.
- Kröncke N, Grebenteuch S, Keil C, Demtröder S, Kroh L, Thünemann AF, Benning R, Haase H. 2019. Effect of different drying methods on nutrient quality of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor L.*). *Insects*. 10: 84. <https://doi.org/10.3390/insects10040084>.
- Kwon JH, Park GH, Kim JY. 2017. A study on the treatment efficiency of carcass by black soldier fly (*Hermetia Illucens*). *J. Korea Soc. Waste Manag.* 34: 608-613.
- Lange KW, Nakamura Y. 2021. Edible insects as future food: Chances and challenges. *J Future Foods.* 1: 38-46.
- Liao SF, Wang T, Regmi N. 2015. Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond. *Springerplus.* 4: 1-12.
- Liland NS, Miancarosa I, Araujo P, Biemans D, Bruckner CG, Waagbo R, Torstensen BE, Lock EJ. 2017. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. *PLoS One* 12: e0183188.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs [MAFRA] [cited 2022 Jul 22]. Available from: <https://www.law.go.kr/LSW//adm-RulBylInfoPLinkR.do?admRulSeq=2100000213203&admRulNm=%EC%82%AC%EB%A3%8C%20%EB%93%B1%EC%9D%98%20%EA%B8%B0%EC%A4%80%20%EB%B0%8F%20%EA%B7%9C%EA%B2%A9&bylNo=0001&bylBrNo=00&bylCls=BE&bylClsCd=BE&joEfYd=&bylEfYd=>
- Moon HK, Lee SD, Jung HJ, Kim YH, Park JC, Ji SY, Kwon OS, Kim IC. 2008. Effects of dietary lysine and leucine levels on growth performance and meat quality parameters in finishing pigs. *J. Anim. Sci. & Technol.* 50: 687-694.
- Müller HS. 1985. Detection of hydrogen peroxidase produced by microorganism on ABTS-peroxidase medium. *Zbl. Bakt-Int. J. Med. M.* 259: 151-158.
- Nam JH, Kim DR, Hyun JY, Jin HJ, Choi YS, Cho JH, Lee BK, Chun JY. 2022. Current status and future prospects of the insect industry as an alternative protein source for animal feed. *Korean J. Food Sci. Technol.* 51: 395-402.
- Oh CH, Oh NS. 2020. Manufacturing characteristics of hot-air dried apple chips at different cube size. *Culi Sci. & Hos Res.* 26: 159-169.
- Park JY, Kwak KW, Choi JY, Lee SE, Kim YS, Koo BW, Kim ES, Park KH, Kim SY. 2021. Ethanol extract of *Hermetia illucens* larvae inhibits adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes. *Life Sci.* 31: 1094-1099.
- Park KH, Choi YC, Nam SH, Kim SH, Kim SY, Ma YJ, No SK. 2013. Nutritional value of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as a feed supplement for fish. *J. Seric. Entomol. Sci.* 51: 95-98.
- Purschke B, Brügggen 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.*). *Eur. Food Res. Technol.* 244: 269-280.
- Rana KS, Salam MA, Hashem S, Islam MA. 2015. Development of black soldier fly larvae production technique as an alternate fish feed. *Int. J. Fish. Aquac.* 5: 41-47.
- Rawski M, Mazurkiewicz J, Kierończyk B, Józefiak D. 2020. Black Soldier fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal and Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical Properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization. *Animals.* 10: 2119.



- Selaledi L, Mabelebele M. 2021. The influence of drying methods on the chemical composition and body color of yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*. 12: 333. <https://doi.org/10.3390/insects12040333>.
- Son YJ, Ahn W, Kim SH, Park HN, Choi SY, Lee DG, Kim AN, Hwang IK. 2016. Study on the oxidative and microbial stabilities of four edible insects during cold storage after sacrificing with blanching methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 849-859.
- Song MH, Lee HS, Park KH. 2018. Effects of dietary animal feed on the growth performance of edible insects. *Life Sci.* 28: 563-568.
- Wu GY. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5: 34.
- Yoo JM, Hwang JS, Goo TW, Yun EY. 2013. Comparative analysis of nutritional and harmful components in Korean and chinese mealworms (*Tenebrio molitor*). *J. Korean Soc. Food Nutr.* 42: 249-254.
- Yu MY, Kim MH, Han YS. 2022. Effects of drying temperature on antioxidant and antidiabetic activities of *Orostachys japonicus*. *Korean J. Food Cook Sci.* 38: 227-234.

### Author Information

**현지용:** 제주대학교 식품공학과 석사과정

**남정현:** 제주대학교 식품공학과 석사

**천지연:** 제주대학교 식품공학과 부교수