



국산 수벌번데기 함유 빵의 영양성분 및 관능평가

김선미, 김효영, 우순옥, 김세건, 최홍민, 문효정, 한상미*

국립농업과학원 농업생물부

Nutritional and Sensory Evaluation of Bread Incorporating Korean Drone Pupa

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

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

Abstract

This paper discussed the nutrients and sensory analysis of food enriched with selected edible insect species which are labelled as a novel food-drone pupa. Breads of two different compositions with the addition of freezing dried flour and fat extract were evaluated by electronic tongue and analysis of nine nutrients. Through nutritional analysis, it was observed that the addition of drone pupa freeze-dried powder to bread led to an increase in both protein and fat content, along with a decrease in carbohydrate content. Similarly, bread with drone pupa fat extract added also exhibited an increase in protein and fat content, while carbohydrate content decreased. It was observed that the bread with the freeze-dried flour of drone pupa showed a higher salty and sour taste bread with fat extract through electronic tongue analysis. On the other hand, bread added with fat extract showed a higher umami and sweetness. In addition, the salty and bitter taste was the least in bread with 5% of freeze-dried drone pupa flour, and the higher the content of fat extracts the higher the umami and sweet taste. When adding processed drone pupa products, it is considered appropriate to do so at a level of 5~10%. As a result of this study, it is supposed that drone pupa could be applied to baking in various processing forms and can be used as basic data for sensual characteristics.

Keywords

Freeze-dried drone pupa powder, Drone pupa fat extract, Sensory analysis, Nutrient analysis

서론

식용곤충들은 단백질 함량이 높아 미래의 대체 단백질 원으로 주목받고 있으며 이들에 대한 영양학적, 기능적 특성에 대한 여러 연구를 통해 지속적으로 식용 가능한 곤충수는 점차 증가하고 있다(Tanga and Elesi, 2024). 곤충은 단백질뿐 아니라 지방의 함량이 높으며 지질 고유 역할의 중요성이 강조됨에 따라 여러 식용 곤충이 함유하

고 있는 지방산에 대한 연구가 진행되고 있다(Cheseto *et al.*, 2020; Aguilar, 2021; Tzompa-Sosa *et al.*, 2021; Kolobe *et al.*, 2023). 지방, 단백질, 탄수화물은 생명체의 생존에 필수적인 3대 영양소로 알려져 있다. 생명체에서 이들의 역할로 먼저 단백질을 구성하는 아미노산은 특정 세포와 조직에서 당과 지방산의 산화를 조절하여 세포를 상처나 염증에서 보호하며 근육의 작동과 신경학적 기능을 위한 물질을 생산하며 물질대사에 필요한 효소 합성을 돕는

다. 또한 지방조직의 건강을 위해 염증 관여 사이토카인들의 생성을 억제하며 골격근 단백질 합성을 촉진하는 신호전달물질로 신호전달에 관여한다. 이처럼 다양한 역할을 수행하는 아미노산의 충분한 공급을 위해 건강한 단백질원을 찾는 연구가 필요하다. 그러나 단백질의 과잉섭취는 질병을 유발할 수 있어 WHO는 적정 섭취량을 제시하여 주의를 권고하고 있다(Wu, 2016; Hruby and Jacques, 2020). 지질은 물에 용해되지 않고 유기 용매에 용해되는 유기 화합물로 지방산의 에스터로 구성되어 있다. 지질의 주요 유형으로는 트리글리세라이드, 인지질, 스테로이드로 구성되며 동물의 에너지 저장소로, 체온을 유지하는 등 다양한 기능을 수행하며, 세포막의 주요 구성 요소로서 신호전달물질로 작용한다. 인간신체의 건강한 기능을 유지하기 위해, 혈중 지질 수준을 균형있게 유지하는 것이 중요하다. 혈중 지질 수치가 비정상적으로 높을 경우 당뇨병, 알코올 중독, 신장 질환, 갑상선 기능 저하, 간 질환, 스트레스 등이 있으며, 증가된 지질은 혈관 벽에 쉽게 부착되고 증가하는 지방층은 뇌졸중이나 심근경색과 같은 다양한 동맥경화 장애를 유발하는 원인으로 알려져 있다(Stenn and Karnik, 2020; Natesan and Kim, 2021). 이에 따라 많은 연구들은 건강한 지방산 섭취가 필요하다는 결과를 제시하고 있다(Glick and Fisher, 2013; Calder, 2015; Amin *et al.*, 2019; Roopashree *et al.*, 2021). 우리나라에서 새로운 식품원료로 허가된 수벌번데기는 지금까지 풍부한 영양성분과 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Kim *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019, 2020a; Kim *et al.*, 2020b; Kim *et al.*, 2023b). 특히 국산 수벌번데기 (*Apis mellifera* L.)가 함유하는 단백질에는 총 18개의 아미노산이 함유되어 있으며 이 중 9개가 필수 아미노산인 것으로 나타났으며 수벌번데기 지방추출물에는 21개의 지방산을 포함하고 있다(Kim *et al.*, 2018, 2023b).

세계 여러 나라에서 매일 소비되는 식품으로 가장 간편하고 기본적인 식품 중 하나로 빵을 들 수 있으며 다양한 자연 재료(허브나 허브 추출물, 곡물, 야채들)를 첨가하여 맛과 영양을 더 풍부하게 하기도 한다. 이에 좀 더 나아가 *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus* 등의 식용곤충분말을 원료로 첨가하여 빵을 제조하여 영양적으로 우수한 결과를 보고하여 식품으로서의 활용성을 보고하고 있다(Gantner *et al.*, 2022; Kowalski *et al.*, 2022; Mafu *et al.*, 2022; Amoah *et al.*, 2023). 또한 빵은 우리나라에서도 쉽게 접할 수 있는 식품

으로 성장기 어린이부터 바쁜 직장인, 학생, 남녀노소 모두가 이용하고 있다.

본 연구에서는 수벌번데기의 우수한 영양성분을 바탕으로 실제 손쉽게 접할 수 있는 식품인 빵에 수벌번데기 분말과 수벌번데기에서 추출한 지방을 혼입하여 그 맛과 영양을 평가함으로써 수벌번데기가 식품원료로서 영양적 우수함과 가공법에 따른 활용성을 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

수벌번데기는 전북 완주 양봉농가에서 구입하여 사용하였다. 수벌번데기의 운반 및 보관은 -20°C 냉동 상태를 유지하였으며 이를 사용하여 동결건조하여 수벌번데기분말로 제조하여 사용하였다(Kim *et al.*, 2019). 수벌번데기 지방추출물은 물을 용매로 하여 Kim *et al.* (2023b)에 따라 제조하였다. 이외 수벌번데기가 함유된 빵을 제조하는데 사용된 강력분, 버터, S100, 이스트, 소금, 설탕, 그리고 우유는 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 방법

1) 수벌번데기 함유 제빵법

수벌번데기 함유 빵의 제조는 수벌번데기의 동결건조분말을 첨가할 시 수벌번데기를 첨가하지 않는 빵을 대조군으로 하여 밀가루 함량에 5, 10, 20, 40%의 양을 수벌번데기 동결건조분말로 대체하여 제조하였다. 또한 수벌번데기 지방추출물은 일반 빵을 제조할 때 첨가하는 버터의 대체 재료로 사용하여 대조군의 버터 함량에 5, 10, 20, 40%의 양을 수벌번데기 지방추출물로 첨가하였다. 빵 재료 및 함량은 Table 1에 나타냈다. 반죽은 1차 발효를 30분 동안 23°C 에서 진행한 후 가스를 뺀 후 틀에 넣고 30분간 2차 발효를 하였다. 2차 발효를 끝낸 후 180°C 오븐에서 1시간 동안 구워 시료로 사용하였다.

2) 9대 영양소 분석

수벌번데기가 첨가된 빵의 9대 영양소 분석은 식품공전 식품성분시험법과 Kim *et al.* (2023a)에 따라 열량, 나트륨함량, 단백질 함량, 탄수화물 함량, 당류, 지방 함량, 포화지방 및 트랜스지방, 콜레스테롤을 측정하였다

3) 전자혀 분석

수벌번데기 동결건조분말과 지방추출물을 첨가하여 제조한 빵에 대한 관능평가를 전자혀 시스템(Astree, Alpha MOS, Toulouse, France)을 사용하여 분석하였다. 10 g의 시료에 90 mL의 HPLC용 증류수를 넣고 균질화한 후 시린지 필터(Merck Millipore, 0.45 μ m)로 여과하여 시료를 준비하였다. 이를 샘플러장치에 각 25 mL씩 넣고 측정하였다. 시료 분석 센서는 신맛(AHS), 단맛(PKS), 짠맛(CTS), 감칠맛(NMS), 쓴맛(ANS)의 5개를 사용하였고 맛은 0에서 10으로의 값으로 나타내었다.

결 과

1. 수벌번데기 동결건조가루를 이용한 제빵의 영양학적 분석

수벌번데기 동결건조분말은 기존 제빵에 사용하는 밀가루 양에 5, 10, 20, 40% 해당하는 양으로 대체하여 빵을 제조하였다(Table 1). 수벌번데기분말이 첨가되지 않은

Table 1. Formulation of baking ingredients with drone pupa powder integration

Materials (g)	0%	5%	10%	20%	40%
Wheat flour	210	199.5	189	168	126
DP powder	0	10.5	21	42	84
Butter	12	12	12	12	12
Sugar	11	11	11	11	11
Salt	3	3	3	3	3
Yeast	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
S100	4	4	4	4	4
Milk	158	158	158	158	158

빵을 대조군으로 하여 수벌번데기분말을 첨가하여 제조한 빵 시료를 대상으로 영양소 분석을 하였다. 영양성분 분석 결과 단백질 함량이 100 g당 10.44 g인 대조군 대비 수벌번데기분말이 첨가된 양에 따라 11.28, 11.99, 14.3, 18.5 g으로 증가하는 것으로 나타났다. 지방의 경우도 100 g당 4.67 g인 대조군 대비 수벌번데기분말이 첨가된 양에 따라 5.14, 5.65, 7.24, 9.93 g으로 증가하였다. 반면 탄수화물 함량은 100 g당 46.85 g인 대조군 대비 수벌번데기분말이 첨가된 양에 따라 45.64, 46.71, 41.28, 36.11 g으로 감소하였다(Table 2). 수벌번데기분말이 첨가된 빵 시료의 형태적 특성은 Fig. 1에서 보이는 것처럼 수벌번데기분말의 함량이 높아질수록 만들어진 빵의 색 변화가 보이며 20% 이상 첨가되었을 시 확연하게 짙게 나타났다.

2. 수벌번데기 지방추출물을 이용한 제빵의 영양학적 분석

수벌번데기 지방추출물은 기존 제빵에 유지로 사용했

Table 2. Nutrient analysis of bread with added freeze-dried drone pupa powder

Contents	C	5%	10%	20%	40%
	g/100g				
Sodium	0.021	0.022	0.024	0.025	0.030
Protein	10.44	11.28	11.99	14.34	18.56
Fat	4.67	5.14	5.65	7.24	9.93
Carbohydrate	46.85	45.64	46.71	41.28	36.11
Sugar	4.08	5.73	6.55	5.07	4.76
Cholesterol	0.0061	0.0075	0.0078	0.0081	0.0083
Saturated fat	3.66	4.02	3.44	5.29	6.76
Trans fat	0	0	0	0	0
Kcal	271.19	273.94	273.65	287.04	308.05

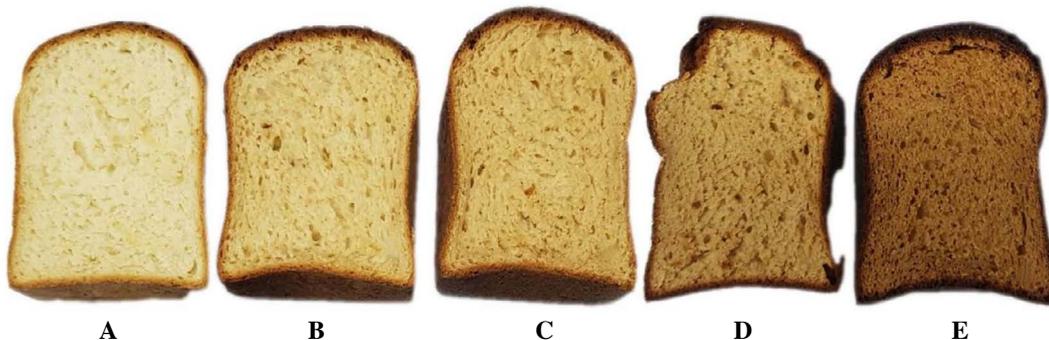


Fig. 1. Images of the cross-section of bread with added freeze-dried drone pupa powder: A: control, B: incorporated bread with 5% drone pupa powder, C: 10%, D: 20%, and E: 40% by flour weight.

던 버터의 양에 5, 10, 20, 40% 해당하는 양으로 대체하여 빵을 제조하였다(Table 3). 수벌번데기 지방추출물이 첨가되지 않은 빵을 대조군으로 수벌번데기 지방추출물을 첨가하여 제조한 빵 시료를 대상으로 영양소 분석을 하였다. 영양성분 분석 결과 단백질 함량이 100 g당 9.58 g인

Table 3. Formulation of baking ingredients with drone pupa oil extract integration

Materials (g)	Control	5%	10%	20%	40%
Wheat flour	210	210	210	210	210
DP oil	0	0.6	1.2	2.4	4.8
Butter	12	11.4	10.8	9.6	7.2
Sugar	11	11	11	11	11
Salt	3	3	3	3	3
Yeast	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
S100	4	4	4	4	4
Milk	158	158	158	158	158

Table 4. Nutrient analysis of bread with added drone pupa oil extract

Contents	C	5%	10%	20%	40%
	g/100 g				
Sodium	0.038	0.024	0.030	0.036	0.040
Protein	9.58	11.12	12.09	13.54	16.96
Fat	4.32	4.70	5.92	7.01	9.08
Carbohydrate	46.53	43.98	42.54	40.42	34.03
Sugar	3.49	3.22	4.26	5.61	6.53
Cholesterol	0.0063	0.0095	0.0111	0.0111	0.0120
Saturated fat	3.18	3.54	4.81	5.78	8.02
Trans fat	0	0	0	0	0
Kcal	263.32	262.7	271.8	278.93	285.68

대조군 대비 수벌번데기 지방추출물이 첨가된 양에 따라 11.12, 12.09, 13.54, 16.96 g으로 증가하는 것으로 나타났다. 지방의 경우도 100 g당 4.32 g인 대조군 대비 수벌번데기 지방추출물이 첨가된 양에 따라 4.70, 5.92, 7.01, 9.08 g으로 증가하였다. 반면 탄수화물 함량은 100 g당 46.53 g인 대조군 대비 수벌번데기 지방추출물이 첨가된 양에 따라 43.98, 42.54, 40.42, 34.03 g으로 감소하였다(Table 4). 수벌번데기 지방추출물이 첨가된 빵 시료는 수벌번데기 지방추출물의 함량이 높아질수록 대조군 대비 색이 짙게 나타나는 형태적 특징을 볼 수 있었지만 수벌번데기 동결건조분말을 첨가한 시료보다 옅은 색을 띠었다(Fig. 2).

3. 전자혀를 이용한 수벌번데기 가공물을 사용하여 제조한 빵의 맛분석

수벌번데기 가공물을 이용하여 제조한 빵에 대한 맛을 알아보기 위하여 전자혀를 통해 분석하였다. 전자혀는 신맛(AHS), 짠맛(CTS), 감칠맛(NMS), 단맛(PKS), 쓴맛(ANS), 총 5가지 맛으로 분석하여 준다. 수벌번데기 가공물을 첨가하여 제조한 빵 맛을 비교하였을 때 수벌번데기 지방추출물을 사용한 경우 단맛과 감칠맛이 동결건조분말을 사용한 경우보다 우세하였으며 수벌번데기 동결건조분말을 사용한 경우 쓴맛과 짠맛이 지방추출물을 사용한 경우보다 우세한 것으로 나타났다(Fig. 3).

고 찰

Omuse *et al.* (2024)에 따르면 세계적으로 128개국에

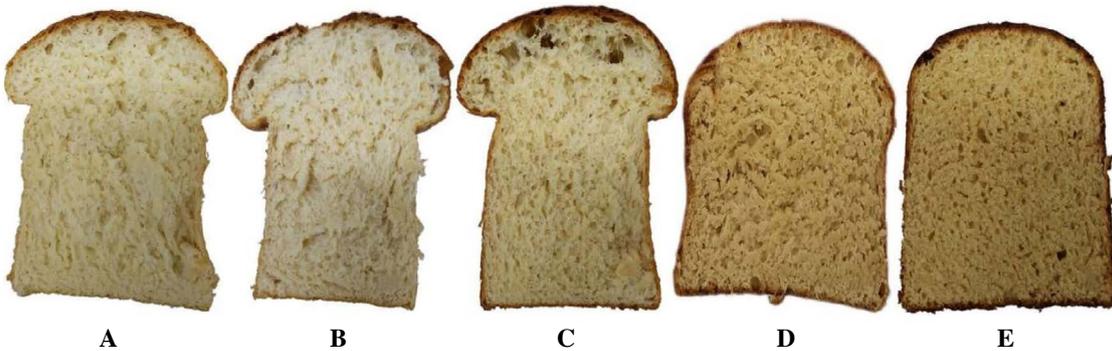


Fig. 2. Images of the cross-section of bread with added drone pupa oil extract: A: control, B: incorporated bread with 5% drone pupa oil extract, C: 10%, D: 20%, and E: 40% by butter weight.

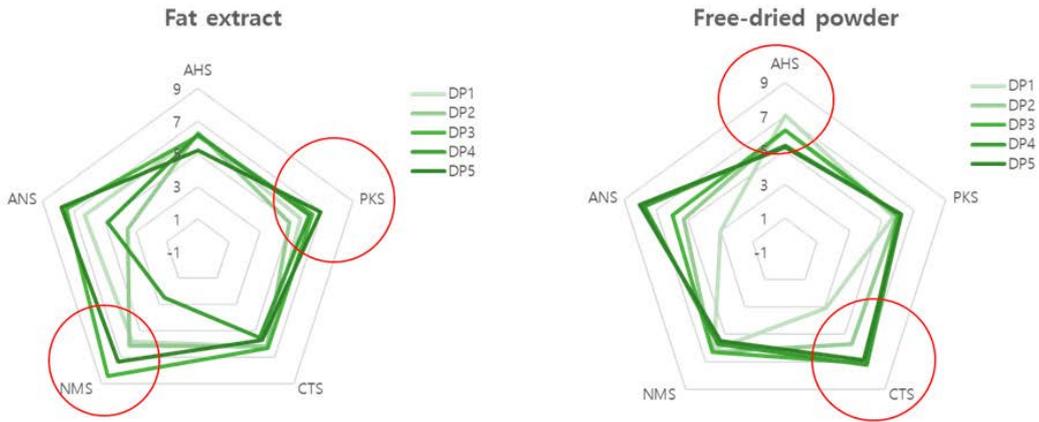


Fig. 3. Sensory analysis of bread with added drone pupa by using E-tongue. Left; the addition of drone pupa fat extract, Right; the addition of freeze-dried drone pupa powder. AHS: Sourness, PKS: Sweetness, CTS: Saltiness, NMS: Umami, ANS: Bitterness.

서 2205종의 식용곤충이 소비되며 미래에 지구식량 시스템에서 점점 더 중요한 부분을 차지할 것으로 보았다. 이에 따라 지속가능한 식용곤충 식품생산을 위한 적극적 노력이 필요하다. 그 노력에 일환으로 다양한 식용곤충들이 제빵뿐 아니라 제과류에 적용되는 연구들이 보고되고 있다(Yazici and Ozer, 2021). 수벌번데기 경우 Jensen *et al.* (2016)에 의해 수벌번데기 원물을 식품에 적용한 연구가 보고된 이후 많은 소비자들의 식용곤충에 대한 인식 개선과 보관 및 유통의 편의성을 도모할 수 있게 동결건조를 통해 수벌번데기를 분말화하였다. 이렇게 가공한 수벌번데기분말은 국내에서 고추장, 음료에 첨가되어 맛 성분과 영양성분, 이화학적 특성 분석을 통해 식품 원료로서 우수함과 활용 가능성을 확인한 바 있다(Kim *et al.*, 2022; Kim *et al.*, 2023a). 또한 수벌번데기에서 추출한 지방은 불포화지방산과 포화지방산으로 구분되는 다양한 지방산을 함유하는 것으로 나타났고 염증이 유도된 피부세포에 처리하였을 때 항염, 항균, 세포재생 등의 역할을 한다고 알려진 사이토카인들에서 발현 변화를 보였다(Kim *et al.*, 2023b). 이에 우리는 국내에서 생산된 수벌번데기를 가공하여 얻은 산물들이 빵제조 원료들을 대체할 수 있는지 그 가능성을 알아보았다. 빵은 우리나라를 포함하여 많은 나라들이 다양한 식품원료를 첨가하여 영양적으로 우수한 제품을 만들어 소비하고 있다. 최근 단백질 함량이 높은 식용 곤충을 첨가한 빵을 통해 그 맛과 영양적으로 우수함을 보이는 연구 결과를 보고하고 있다(Gantner *et al.*, 2022; Kowalski *et al.*, 2022; Mafu *et al.*, 2022; Amoah *et al.*, 2023). 우리나라에서도 빵은 남녀노소 주식 및 간식의

로 쉽게 접할수 있는 식품이 되었다. 수벌번데기 가공산물에 따른 맛과 영양성분을 비교하기에 적합한 음식으로 제조하여 그 결과를 알아보았다. 단백질과 지방 함량이 높은 수벌번데기를 분말의 형태로 첨가했을 때 첨가하지 않은 빵에 비해 영양적인 측면에서 단백질 함량, 지방 함량이 증가할 것과 탄수화물의 함량이 감소할 것으로 예측한 대로 결과를 얻을 수 있었다. 이때 수벌번데기분말이 함유된 빵의 맛은 어떻게 객관적인 평가를 알아보기 위해 수행한 전자혀 분석 결과 수벌번데기 분말 함량이 많아질수록 짠맛이 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 수벌번데기에서 검출된 아미노산 중 높은 글루탐산 함량에 기인하는 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2018). 수벌번데기 지방추출물을 첨가한 경우 지방 함량 수치만 높게 분석될 것을 예측했으나 단백질 함량이 증가하고 탄수화물 함량과 나트륨 함량이 감소하는 결과를 보였다. 전자혀를 이용한 지방추출물 첨가 빵의 맛분석 결과, 동결건조분말보다 감칠맛과 단맛이 우세하게 나타남을 볼 수 있었다. 음식의 맛과 향은 여러 가지 성분들이 복합적 상호작용에 의해 형성되는데 지방산도 그들 중 하나이다. 다양한 지방산은 감칠맛과 다양한 맛을 보존하는 역할이 있다고 알려져 있다. 또한 지방산에 열이 처리되는 과정에서 마이야드 반응(maillard reaction)을 일으켜 아미노산과 다양한 화합물을 생성하게 된다. 이렇게 생성된 화합물들이 고기, 빵, 커피 등 다양한 식품의 고유한 맛과 향을 형성한다. 반면 지방산의 산화반응이나 가수분해 반응은 음식의 신선도와 맛을 변화시키기도 한다. 수벌번데기를 사용한 빵은 수벌번데기 지방추출물에 존재하는 불포화 지

방산들이 maillard reaction을 통해 빵 속 공기의 분포를 고르게 함으로써 부드러운 질감에 영향을 주는 것으로 보이며 또한 지방추출물에 존재하는 휘발성 황화물이 열에 의하여 음식에 대한 풍미를 높여주는 것으로 생각된다(Lee *et al.*, 2011; McGorin, 2011; Toyosaki, 2018; Shahidi and Hossain, 2022). 이러한 결과를 통해 수벌번데기를 빵에 적용할 때는 수벌번데기분말보다는 지방추출물을 첨가하는 것이 맛과 영양적인 면에서 우수한 것으로 생각되며 기존 재료의 10% 이하로 첨가되는 것이 포화지방과 콜레스테롤 영양성분을 생각했을 때 적절할 것으로 판단된다. 또한 본 연구 결과를 통해 국산수벌번데기 가공법의 다변화를 통해 우리의 전통식품을 포함하는 다양한 식품에 적용 및 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술연구사업(과제번호: PJ01512902)에 의하여 수행되었습니다.

인용 문헌

- Aguilar, J. G. S. 2021. An overview of lipids from insects. *Bio-catal. Agric. Biotechnol.* 33: 101967. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101967>.
- Amin, K. A., A. M. Homeida, R. H. Mazoudy, K. S. Hashim and M. Garalnabi. 2019. Dietary Lipids in health and disease. *J. Lipids* 2019: 5729498. <https://doi.org/10.1155/2019/5729498>.
- Amoah, I., J. C. Cobbinah, J. A. Yeboah, F. A. Essiam, J. J. Lim, M. A. Tandoh and E. Rush. 2023. Edible insect powder for enrichment of bakery products - A review of nutritional, physical characteristics and acceptability of bakery products to consumers. *Future Foods* 8: 100251. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100251>.
- Calder, P. C. 2015. Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *JPEN J. Parenter Enteral. Nutr.* <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>.
- Cheseto, X., S. B. S. Baleba, C. M. Tanga, S. Kelemu and B. Torto. 2020. Chemistry and Sensory Characterization of a Bakery Product Prepared with Oils from African Edible Insects. *Food* 9: 800. <https://doi.org/10.3390/foods9060800>.
- Gantner, M., K. Król, A. Piotrowska, B. Sionek, A. Sadowska, K. Kulik and M. Wiącek. 2022. Adding Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) Powder to Wheat Bread: Effects on Physicochemical, Sensory and Microbiological Qualities of the End-Product. *Molecules* 27: 6155. <https://doi.org/10.3390/molecules27196155>.
- Glick, N. R. and M. H. Fisher. 2013. The role of essential fatty acids in human health. *J. Evid. Based Complementary Altern. Med.* 18(4): 268-289.
- Hruby, A. and P. F. Jacques. 2020. Protein intake and human health: implications of units of protein intake. *Adv. Nutr.* 12(1): 71-88.
- Jensen, A. B., J. Evans, A. Jonas-Levi, O. Benjamin, I. Martinez, B. Dahle, N. Roos, A. Lecocq and K. Foley. 2016. Standard methods for *Apis mellifera* brood as human food. *J. Apic. Res.* 56. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1226606>.
- Kim, H. Y., S. O. Woo, S. G. Kim, H. M. Choi, S. M. Kim, S. Y. Kim, S. H. Yeo, H. J. Moon and S. M. Han. 2022. Physicochemical and Sensory Properties of Gochujang Made Using Korean Acacia Honey and Drone Pupae. *J. Apic.* 37(1): 67-74.
- Kim, H. Y., S. O. Woo, S. G. Kim, H. M. Choi, H. J. Moon and S. M. Han. 2020a. Antioxidant and antihyperglycemic effects of honeybee drone pupae (*Apis mellifera* L.). *J. Apic.* 35(1): 33-39.
- Kim, H. Y., S. O. Woo, S. G. Kim, K. W. Bang, H. M. Choi, H. J. Moon and S. M. Han. 2019. Analysis of oxidative stability in drone pupae (*Apis mellifera* L.). *J. Apic.* 34(1): 63-66.
- Kim, H. Y., S. O. Woo, S. G. Kim, H. M. Choi, S. K. Kim, S. M. Kim, H. J. Lee and S. M. Han. 2023a. Nutritional Compositions and Quality Characteristics of Beverages with Added Drone Pupae Powder in Korea. *J. Apic.* 38(1): 69-76.
- Kim, J. E., D. I. Kim, H. Y. Koo, H. J. Kim, S. Y. Kim, Y. B. Lee, J. H. Moon and Y. S. Choi. 2020b. Evaluation of honeybee (*Apis mellifera* L.) drone pupae extracts on the improvement of hair loss. *J. Apic.* 35(3): 179-188.
- Kim, S. G., S. O. Woo, K. W. Bang, H. R. Jang and S. M. Han. 2018. Chemical composition of drone pupa of *Apis mellifera* and its nutritional evaluation. *J. Apic.* 33(1): 17-23.
- Kim, S. M., S. G. Kim, S. O. Woo, H. Y. Kim, H. M. Choi, S. K. Kim, H. J. Lee, H. J. Moon, Y. S. Lee, S. Ryu and S. M. Han. 2023b. Cytokine Profile in Human Skin Keratinocytes Exposed to Drone (*Apis mellifera* L.) Fat Extract Against Inflammation. *J. Apic.* 38(1): 59-67.
- Kolobe, S. D., T. G. Manyelo, E. Malematija, N. A. Sebola and M. Mabelebele. 2023. Fats and major fatty acids present in edible insects utilized as food and livestock feed. *Vet. Anim. Sci.* 22: 100312. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100312>.
- Kowalski, S., A. Mikulec, B. Mickowska, M. Skotnicka and A. Mazurek. 2022. Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical com-

- position on nutritional and technological aspects. *LWT*. 159: 113220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>.
- Lee, S. M., G. Y. Kwon, K. O. Kim and Y. S. Kim. 2011. Metabolomic approach for determination of key volatile compounds related to beef flavor in glutathione-maillard reaction products. *Anal. Chim. Acta* 703: 204-211.
- Natesan, V. and S. J. Kim. 2021. Lipid metabolism, disorders and therapeutic drug- review. *Biomol. Ther. (Seoul)*, 29(6): 596-604.
- Mafu, A., S. Ketnawa, S. Phongthai, R. Schönlechner and S. Rawdkuen. 2022. Whole Wheat Bread Enriched with Cricket Powder as an Alternative Protein. *Foods* 11: 2142. <https://doi.org/10.3390/foods11142142>.
- McGorin, R. J. 2011. The significance of volatile sulfur compounds in food flavors. Chater 1. American chemical society. Washington DC.
- Omuse, E. R., H. E. Z. Tonnang, A. A. Yusuf, H. Machezano, J. P. Egonyu, E. Kimathi, S. F. Mohamed, M. Kassie, S. Subramanian, J. Onditi, S. Mwangi, S. Ekesi and S. Niassy. 2024. The global atlas of edible insects: analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. *Scientific Reports* 14: 5045. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55603-7>.
- Roopashree, P. G., S. S. Shetty and N. S. Kumari. 2021. Effect of medium chain fatty acid in human health and disease. *J. Funct. Foods* 87: 104724. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104724>.
- Shahidi, F. and A. Hossain. 2022. Role of lipids in food flavor generation. *Molecules* 27: 5014. <https://doi.org/10.3390/molecules27155014>.
- Stenn, K. S. and P. Karnik. 2010. Lipids to the top of hair biology. *J. Invest Dermatol.* 130(5): 1205-1207.
- Tanga, C. M. and S. Ekesi. 2024. Dietary and therapeutic benefits of edible insects: a global perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 69: 303-331.
- Toyosaki, T. 2018. Effects of medium-chain triacylglycerols on maillard reaction in bread baking. *J. Sci. Food. Agric.* 98(8): 3169-3174.
- Tzompa-Sosa, D. A., K. Dewettinck, X. Gellynck, J. J. Schouteten. 2021. Replacing vegetable oil by insect oil in food products: Effect of deodorization on the sensory evaluation. *Food Res. Int.* 141: 110140. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110140>.
- Wu, G. 2016. Dietary protein intake and human health. *Food Funct.* 7: 1251-1265.
- Yazici, G. N. and M. S. Ozer. 2021. Using Edible Insects in the Production of Cookies, Biscuits, and Crackers: A Review. *Biol. Life Sci. Forum* 6: 80. <https://doi.org/10.3390/Foods2021-10974>.