

## 반응표면분석법을 이용한 밀웜 분말 첨가 건면의 제조조건 최적화

조유현<sup>1</sup> · 이지은<sup>2</sup> · 노정옥<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 식품영양학과 박사과정, <sup>2</sup>군장대학교 스마트농식품학과 교수, <sup>3</sup>전북대학교 식품영양학과 교수

### Optimization of Dried Noodles Prepared with Mealworm Powder Using Response Surface Methodology

Yu Hyeon Jo<sup>1</sup>, Ji Eun Lee<sup>2</sup> and Jeong Ok Rho<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Smart Agri-Food, Kunjang University College, Kunsan 54045, Republic of Korea

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Food Science and Human Nutrition, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

#### ABSTRACT

This study examined the optimal manufacturing conditions of dried noodles prepared with mealworm powder and wheat flour. The experiment was based on a central composite design (CCD) of response surface methodology (RSM), and sensory evaluations were fitted to various models. The experimental data on quality characteristics, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) antioxidant activity, cooking characteristics, textural characteristics, and sensory evaluations were fitted to various models. Among the responses, the quality characteristic (L-value ( $p<0.05$ ), a-value ( $p<0.01$ ), b-value ( $p<0.05$ )), DPPH ( $p<0.01$ ), cooking characteristics (weight ( $p<0.01$ ), water absorption ( $p<0.01$ ), volume ( $p<0.01$ ), turbidity ( $p<0.01$ )), textural characteristics (hardness ( $p<0.01$ )), sensory evaluation (appearance ( $p<0.001$ ), color ( $p<0.001$ ), flavor ( $p<0.01$ ), taste ( $p<0.05$ ), texture ( $p<0.05$ ), and overall acceptability ( $p<0.05$ )) showed significant correlations with mealworm powder and wheat flour. The optimal formulation, determined using numerical and graphical methods, was 35.49 g of mealworm powder and 306.57 g of wheat flour. This formulation can contribute to the development of dried noodles that could satisfy the health-oriented needs of consumers and support the food development industry using insect-sourced food.

**Key words:** dried noodles, wheat flour, mealworm powder, response surface methodology

#### 서 론

우리나라의 주식류 섭취 비율은 밥류, 기타류, 면과 만두류, 빵과 스낵류 순으로 곡류 중 특히 쌀을 이용한 음식을 기본으로 하였으나(Ahn EM 등 2011), 국민건강영양조사 2010~2014 자료를 이용한 시판 주식류의 섭취 현황 조사 결과에 따르면 빵류, 면류, 밥류, 만두류, 시리얼류 순으로 섭취량이 보고되어 주식류 소비의 변화가 있는 것으로 보고되었다(Han GS 2017). 또한, 2024 가공식품 세분시장 현황(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation 2024)의 면류 생산 현황에서는 면류 소매시장의 규모가 2023년 기준 3조 809억 원으로, 2021년 이후 지속적으로 성장하고 있다고 보고하여 한국인의 면류 섭취량은 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다.

면류는 생면류, 숙면류, 건면류, 유당면으로 분류하며, 건면은 생면 또는 숙면을 건조한 것으로 수분 15% 이하의 것

로 정의하고 있다(Ministry of Food and Drug Safety 2025a). 건면은 저장성이 우수하고, 튀기지 않아 웰빙 식품으로 주목 받고 있으며(Rhee SK 등 1999), 소비자의 건강에 대한 관심 증가로 기능성 부재료를 첨가하거나 단백질 함량을 높인 기능성 면과 대체면 등의 수요가 증가하는 것으로 나타났다(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation 2024). 현재 까지 수수가루(Ko JY 등 2013), 쌀기분말(Park BH 등 2016), 오징어 분말(Jang MS 등 2019), 홍게 몸통 분말(Lee J 등 2024) 등을 첨가한 건면 제품 개발이 진행되었다.

최근의 기후변화에 대한 대응과 지속 가능한 식량자원 확보의 차원으로 식용곤충에 대한 관심이 높아지고 있다. 곤충은 생존율과 생산성이 높아 수확량이 많고, 온실가스 배출량이 가축에 비해 적어 경제적, 환경적, 영양학적 가치가 매우 우수하다고 알려져 있다(Huis VA 등 2013; Thévenot A 등 2018). 그러나 곤충 식품은 외형에 대한 혐오감, 홍보 부족, 지속적인 공급의 어려움 등의 문제로 내재 가치에 비해 활성화가 미흡하므로 식용 곤충의 소비를 증진시키기 위한 방안

\* Corresponding author : Jeong Ok Rho, Tel: +82-63-270-3821, Fax: +82-63-270-3854, E-mail: jorho@jbnu.ac.kr

의 논의가 필요하다(Hwang DS 등 2022; Kim HH & Han JH 2023). 현재 국내에서 식품 원료로 인정된 곤충으로는 메뚜기(*Oxya japonica Thunberg*), 백강잠(*Bombyx mori L.*), 갈색거저리 유충(*Tenebrio molitor L.*) 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*), 흰점박이꽃무지 유충(*Protaetia brevitarsis*) 장수풍뎅이 유충(*Allomyrina dichotoma*) 등 총 10종이 있다 (Ministry of Food and Drug Safety 2025b).

곤충식품 중 밀웜은 갈색거저리(*Tenebrio molitor*)의 유충으로 알, 애벌레, 번데기, 성체의 과정을 거치는 1세대가 평균 3개월로 성장 속도가 빠르다. 따라서 단기간에 대량생산이 가능하며, 사육 조건이 까다롭지 않아 산업화가 용이한 곤충이다(Hwang SY & Choi SK 2015; Jeon AR & Chung HJ 2018). 밀웜은 단백질과 불포화지방산의 함량이 높고 인, 철, 비타민 B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>를 다량 함유하고 있으며, 껍질에는 동물성 식이섬유소인 키틴이 풍부하여 높은 영양적 가치를 가진 식품이다. 또한, 산화 방지 성분 및 활성 연구(Jin KN 등 2021), 혈소판 기능 및 혈전생성 억제 효과 연구(Kwon HW 등 2024), 대식세포 내 면역 증진 효과 연구(Kim HS 등 2023) 등을 통해 다양한 기능이 보고되었다. 밀웜을 첨가한 식품 연구로는 머핀(Hwang SY & Choi SK 2015), 들깨강정(Lee SM 등 2019), 가래떡(Nam HH & Sim KH 2021), 죽(Sung KH 2022), 설기떡(Jang M 등 2022), 식빵(Lee YJ 등 2023a), 두유(Yoon JK 등 2024), 청포묵(Shin KE 2024) 등이 있으나 밀웜을 이용한 건면 연구는 전무한 실정이다. 곤충 식품의 소비자 인식 개선과 활성화를 위해서는 영양적 이점과 기능성을 강조할 필요가 있다. 이러한 이점은 건강 식생활을 지향하는 소비층에게 소비를 유발할 수 있으며, 웰빙 식품으로 주목받는 건면에 적용하면 타 식품 군 대비 소비자 요구에 효과적으로 부합할 수 있을 것으로 판단된다.

이에 본 연구는 영양적으로 높은 가치를 가진 밀웜 분말을 이용하여 건면을 제조하고, 그 품질 특성을 평가하고 제조조건을 최적화하여 식용곤충을 활용한 건면을 개발하고자 한다. 이를 통하여 식용곤충에 대한 이미지 개선과 식용곤충 산업화의 활성화에 기여하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에서 사용한 밀웜 분말은 100% 국산으로 오엠오(OmO, Damyang, Korea)를 통해 온라인 쇼핑몰에서 구입하였으며, 중력분 밀가루(CJ CheilJedang Corp., Seoul, Korea)와 소금(Chungjungone, Seoul, Korea)은 전주의 대형마트에서 구입하여 실험 재료로 사용하였다.

### 2. 실험 계획

본 연구는 밀웜 분말 첨가 건면의 제조조건을 최적화하기 위해 반응표면분석법(response surface methodology; RSM)의 중심합성계획법(central composite design; CCD)에 따라 실험을 설계하였다. 독립변수는 건면의 품질에 영향을 줄 수 있는 요인을 기준으로 밀웜 분말(X<sub>1</sub>), 밀가루(X<sub>2</sub>)로 설정하였고, 범위는 Jeong HY 등(2018)의 방법을 참고하였고 예비실험 거처 물 170 g을 기준으로 밀웜 분말 20~40 g, 밀가루 280~320 g으로 결정하였다. 5단계(-α, -1, 0, +1, +α)로 부호화(code)하여 Table 1에 나타내었으며 α값은 1.414로 하였다.

설정된 범위는 꼭짓점(factorial point) 4개, 축점(axial point) 4개 및 중심점(central point) 3개로 총 11개의 실험점으로 설정하였으며 재료 배합은 Table 2와 같다. 독립변수에 따른 품질변화를 알아보기 위하여 이화학적 품질 특성[수분(Y<sub>1</sub>), 염도(Y<sub>2</sub>), 명도(Y<sub>3</sub>), 적색도(Y<sub>4</sub>), 황색도(Y<sub>5</sub>)], DPPH(Y<sub>6</sub>), 조리특

**Table 1. Coded independent variables used in RSM design for dried noodles prepared with mealworm powder and wheat flour**

Independent variable	Symbol	Coded-variables				
		-α	-1	0	+1	+α
Mealworm powder (g)	X <sub>1</sub>	15.86	20	30	40	44.14
Wheat flour (g)	X <sub>2</sub>	271.72	280	300	320	328.28

**Table 2. Formulas for the manufacture of dried noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour**

Sample No.	Variables <sup>1)</sup>		Water (g)	Salt (g)
	X <sub>1</sub> (g)	X <sub>2</sub> (g)		
1	20(-1)	280(-1)		
2	20(-1)	320(+1)		
3	40(+1)	280(-1)		
4	40(+1)	320(+)		
5	15.86(-α)	300(0)		
6	44.14(+α)	300(0)	170	5
7	30(0)	271.72(-α)		
8	30(0)	328.28(+α)		
9	30(0)	300(0)		
10	30(0)	300(0)		
11	30(0)	300(0)		

<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder, X<sub>2</sub>: Wheat flour.

성[중량( $Y_7$ ), 수분흡수율( $Y_8$ ), 부피( $Y_9$ ), 탁도( $Y_{10}$ )], 물성[경도( $Y_{11}$ ), 부착성( $Y_{12}$ ), 응집성( $Y_{13}$ ), 탄력성( $Y_{14}$ ), 검성( $Y_{15}$ ), 깨짐성( $Y_{16}$ )], 기호도 특성[외관( $Y_{17}$ ), 색( $Y_{18}$ ), 향미( $Y_{19}$ ), 맛( $Y_{20}$ ), 씹힘성( $Y_{21}$ ), 전반적 기호도( $Y_{22}$ )]을 종속변수로 설정하였다.

### 3. 밀웜 분말 첨가 건면 제조

건면의 제조는 Lee J 등(2024)의 방법을 참고하여 밀가루, 밀웜 분말을 40 mesh 체에 내리고 소금, 물과 반죽기(WM5500G, Wiswell, Joongsan Co., Seoul, Korea)에 2단계로 10분 반죽하였다. 반죽은 냉장고(FR-B502EH, Daewoo, Seoul, Korea)에서 3시간 숙성 후 제면기(BE-8500, Bethelcook, Hwasung, Korea)로 5 mm, 4 mm, 3 mm, 2 mm 순으로 면대를 만들어 두께 2 mm, 너비 5 mm, 길이 250 mm로 절단하여 상온에서 48시간 건조하였다.

### 4. 밀웜 분말의 일반성분 분석

밀웜 분말의 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접회화법으로, AOAC(1995)법에 따라 실시하였다. 탄수화물 함량은 100에서 수분, 조회분, 조단백질, 조지방을 뺀 함량을 퍼센트로 표시하였다. 실험은 3회 반복 측정하여 그 평균값을 구하였다.

### 5. 밀웜 분말 첨가 건면의 이화학적 품질 특성

#### 1) 수분 및 염도

수분은 AOAC(1995)법에 따라 분쇄한 시료 1 g을 수분측정기(WBA-110M, Daihan Scientific Co., Wonju, Korea)를 이용하여 105°C에서 측정하였다. 염도는 분쇄한 시료 5 g에 증류수 45 mL를 가하여 vortex(NFM-561SN, NUC Electronics Co., Ltd, Daegu, Korea)로 혼합한 뒤, 냉장고(FR-B502EH, Daewoo, Seoul, Korea)에서 24시간 동안 방치하여 상층액을 여과지(Whatman No.4)로 여과하여 염도계(PAL-03S, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 상온에서 측정하였다. 실험은 3회 반복하여 평균값을 구하였다.

#### 2) 색도

색도는 Spectrophotometer(CS-820N, CHNSpec Technology Co., Ltd, Hangzhou, China)를 이용하여 분쇄한 시료의 색을 측정 후 Hunter 체계의 명도(lightness), 적색도(redness), 황색도(yellowness)를 지시하는 L, a, b 값으로 나타냈다. 각각 6회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었고, 이때 표준 백판(standard plate)의 L, a, b 값은 각각 98.74, -0.30, 0.65였다.

### 6. 밀웜 분말 첨가 건면의 항산화 활성

밀웜 분말 첨가 건면 5 g에 94.5% 에탄올 45 mL를 가하여 vortex(NFM-3561SN, NUC Electronics Co., Ltd, Daegu, Korea)로 혼합한 뒤 24시간 동안 냉장고(FR-B502EH, Daewoo, Seoul, Korea)에서 방치하였다. 방치한 시료는 3,000 rpm에서 30분간 원심 분리하여 여과지(Whatman No.4)로 여과하여 사용하였다. DPPH 라디칼 소거 활성 측정은 Blois MS(1958)의 방법을 이용하여 건면 추출물 0.8 mL에 0.2 mM DPPH 용액 0.2 mL을 가한 뒤 30분간 암소에서 반응시킨 후 분광광도계(UV-2600i, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 3회 반복 측정하여 평균값으로 전자공여능을 산출하였다.

DPPH 라디칼소거능(%) =

$$\left( 1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{시료무첨가구의 흡광도}} \right) \times 100$$

### 7. 밀웜 분말 첨가 건면의 조리 특성

밀웜 분말 첨가 건면의 조리 특성 실험은 Lee J(2024)의 방법을 참고하였다. 건면 20 g을 500 mL의 끓는 물에 10분간 조리한 뒤 체에 받쳐 5분간 물기를 제거하여 사용하였다. 중량은 시료 20 g의 조리 후 무게를 측정하였다. 수분흡수율은 건면의 중량과 조리면의 중량을 식에 대입하여 측정하였고, 부피는 중량 측정 직후 150 mL의 증류수를 채운 250 mL 메스실린더에서 증가하는 부피를 측정하였다. 탁도는 분광광도계(UV-2600i, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용해 방냉한 건면 삶은 물을 파장 675 nm에서의 흡광도로 나타내었다. 실험은 3회 반복하여 평균값을 구하였다.

### 8. 밀웜 분말 첨가 건면의 물성

밀웜 분말 첨가 건면의 물성은 Oh ST 등(2024)의 방법을 참고하였다. 500 mL의 끓는 물에 건면을 10분간 삶아 체에 받쳐 5분간 물기를 제거한 뒤 물성측정기(CR-100 rheometer, Sun Scientific, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정항목은 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 깨짐성(brittleness)으로, 넓이 5 mm, 길이 100 mm의 조리면 시료를 5개 겹쳐 test type은 mastication, load cell은 2 kgf, adaptor type은 No. 5(diameter 5 mm), table speed는 60 mm/min, distance는 3 mm으로 각각 5회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

### 9. 기호도 평가 요원 선발 및 기호도 평가

기호도 평가의 평가요원은 평소 식품의 맛에 관심을 가지며, 기호도 평가에 대한 흥미와 경험이 있는 20세 이상 성인

을 평가요원으로 모집하였다. 본 밀웜 분말 첨가 건면의 기호도 평가는 전북대학교 생명윤리위원회의 승인을 받아 실시하였다(No. JBNU 2025-04-041-001).

기호도 평가는 평가요원에게 실험 목적, 평가 방법에 대하여 설명한 후 11개의 밀웜 분말 첨가 건면의 기호도 평가를 실시하였다. 평가 항목은 외관(appearance), 색(color), 향미(flavor), 맛(taste), 씹힘성(texture), 전반적 기호도(overall acceptability)의 6가지 항목으로 하였으며 Likert 9점 척도법(1점: 매우 싫음, 5점: 좋지도 싫지도 않음, 9점: 매우 좋음)을 사용하였다. 11개의 시료는 한 번에 제공하였고 각 시료의 평가 후 제공된 물로 입을 행구어 다음 시료의 평가에 주는 영향을 최소화하도록 하였다.

### 10. 밀웜 분말 첨가 건면의 최적화 분석

건면에 첨가되는 밀웜 분말과 밀가루의 최적 배합 비율은 Canonical 모형의 수치적 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 독립변수 각각의 최적값을 구하였고, 지점 예측(point prediction)을 통해 종속변수 각각의 예측값을 산정하였다. Canonical 모형의 수치적 최적화는 목표 범위(goal area)를 독립변수인 밀웜 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )를 실험 범위 내(in range)로 설정하였으며, 종속변수의 기호도 평가 항목 중 유의적인 항목의 점수를 최대(maximum)로 설정하여 신뢰 수준 95% 구간에서 최적점(solution)을 도출하였다. 제시된 최적점(solution) 중 가장 높은 적합도(desirability)를 나타내는 최적점을 선택하였으며, 모형적 최적화는 종속변수들의 결과가 존재할 때 그 결과에서 목적으로 하는 중요 범위를 설정한 후 그래프가 중첩되는 범위 안에서의 최적점을 산출하였다.

### 11. 통계분석

실험의 통계분석은 IBM SPSS Statistics 29.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 평균, 표준편차를 산출하였으며, 시료 간 차이 검증을 위해 일원배치 분산분석(analysis of variance; ANOVA)을 실시하였다. 사후 검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다. 자료 분석과 최적화는 Design Expert 11 Program(State-Easy Inc., Minneapolis, MN, USA)을 이용하였다. 독립변수와 종속변수의 관계는 분산분석과 회귀분석을 통해 1차 선형효과, 2차 곡선효과 및 인자 간 상호작용을 보았으며, 독립변수에 대한 종속변수의 반응표면 상태는 Perturbation plot과 Response surface plot으로 나타내었다. 분석 결과 모델의 적합성은 F-Test를 통해  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 밀웜 분말의 일반성분

본 실험에 사용된 밀웜 분말의 일반성분은 Table 3과 같다. 밀웜 분말의 수분은  $6.74 \pm 0.38\%$ , 조단백질  $72.96 \pm 0.03\%$ , 조지방  $9.56 \pm 0.06\%$ , 조회분  $4.49 \pm 0.00\%$ , 탄수화물  $6.25 \pm 0.38\%$ 로 조단백질 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. Lee YE 등(2024)의 연구에서 보고한 밀웜의 일반성분과는 차이가 있었다. 밀웜의 일반성분은 공정, 먹이에 영향을 받는다 고 하여(Son YJ 등 2019; Kröncke N & Benning R 2023) 본 실험에서 사용한 밀웜 분말 역시 제조 공정, 생육환경 등으로 인해 성분에 차이가 있었을 것으로 보인다.

### 2. 밀웜 분말 첨가 건면의 이화학적 품질 특성 및 향산화 활성

밀웜 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )의 첨가량을 달리하여 제조한 건면의 이화학적 품질 특성, 향산화 활성 분석 결과(Table 4), 반응표면 회귀분석 결과(Table 5), 반응표면의 상태를 나타내는 Perturbation plot과 Response surface plot(Fig. 1)은 다음과 같다.

#### 1) 수분 및 염도

밀웜 분말 첨가 건면의 수분( $Y_1$ ) 측정 결과,  $12.12 \sim 14.60\%$ 의 범위로 최솟값은 Sample 1( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 280 g), 최댓값은 Sample 6( $X_1$ : 44.14 g,  $X_2$ : 300 g)에서, 염도( $Y_2$ ) 측정 결과,  $0.60 \sim 0.73\%$ 의 범위로 최솟값은 Sample 1( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 280 g), Sample 7( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 271.72 g), Sample 10( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 300 g), 최댓값은 Sample 3( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 280 g)에서 나타났으며 각각 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.001$ ). 밀웜 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )의 첨가량이 수분과 염도에 미치는 영향에 대하여 회귀분석을 실시한 결과, 수분은 독립변수가 각각 작용하는 Linear model이, 염도는 독립변수가 상호 작용하는 Quadratic model 선정되었으며  $p$ -value는 0.4008,

Table 3. Proximate composition of mealworm powder

Components	Contents
Moisture (%)	$6.74 \pm 0.38^{1)}$
Crude protein (%)	$72.96 \pm 0.03$
Crude lipid (%)	$9.56 \pm 0.06$
Crude ash (%)	$4.49 \pm 0.00$
Carbohydrate (%)	$6.25 \pm 0.38$

<sup>1)</sup> Mean $\pm$ S.D.

**Table 4. Quality characteristics and DPPH of dried noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour at various conditions by RSM**

Sample No.	Variables <sup>1)</sup>		Responses					
	X <sub>1</sub> (g)	X <sub>2</sub> (g)	Moisture content (%)	Salinity (%)	Color			DPPH (%)
					L	a	b	
1	20	280	12.12±0.66 <sup>2)d3)</sup>	0.60±0.00 <sup>c</sup>	67.42±0.69 <sup>ab</sup>	1.58±0.05 <sup>def</sup>	8.35±0.26 <sup>d</sup>	25.63±11.04 <sup>d</sup>
2	20	320	12.29±0.66 <sup>d</sup>	0.70±0.00 <sup>ab</sup>	67.88±1.79 <sup>a</sup>	1.20±0.11 <sup>abc</sup>	11.03±0.90 <sup>a</sup>	22.92±13.12 <sup>d</sup>
3	40	280	12.69±0.12 <sup>cd</sup>	0.73±0.06 <sup>a</sup>	64.62±1.24 <sup>bcd</sup>	2.08±0.23 <sup>ab</sup>	10.23±0.20 <sup>ab</sup>	55.93±0.48 <sup>a</sup>
4	40	320	14.14±0.64 <sup>ab</sup>	0.67±0.06 <sup>ab</sup>	62.53±0.78 <sup>d</sup>	2.23±0.14 <sup>a</sup>	10.20±0.57 <sup>ab</sup>	41.48±3.94 <sup>bc</sup>
5	15.86	300	13.95±0.43 <sup>ab</sup>	0.70±0.00 <sup>ab</sup>	65.53±2.90 <sup>abcd</sup>	1.47±0.25 <sup>ef</sup>	10.57±1.29 <sup>a</sup>	22.73±1.62 <sup>d</sup>
6	44.14	300	14.60±0.11 <sup>ab</sup>	0.70±0.00 <sup>ab</sup>	64.06±0.22 <sup>cd</sup>	2.27±0.03 <sup>a</sup>	10.68±0.47 <sup>a</sup>	47.41±1.45 <sup>ab</sup>
7	30	271.72	14.16±0.49 <sup>ab</sup>	0.60±0.00 <sup>c</sup>	66.30±0.36 <sup>abc</sup>	1.46±0.16 <sup>f</sup>	8.02±0.76 <sup>d</sup>	34.03±6.85 <sup>cd</sup>
8	30	328.28	13.40±0.33 <sup>bc</sup>	0.63±0.06 <sup>bc</sup>	62.58±1.17 <sup>d</sup>	1.79±0.16 <sup>bcd</sup>	8.56±0.20 <sup>cd</sup>	30.56±2.75 <sup>d</sup>
9	30	300	13.39±0.36 <sup>bc</sup>	0.67±0.06 <sup>ab</sup>	64.42±1.75 <sup>cd</sup>	1.77±0.10 <sup>bcd</sup>	8.83±0.44 <sup>cd</sup>	29.61±0.77 <sup>d</sup>
10	30	300	12.65±0.49 <sup>cd</sup>	0.60±0.00 <sup>c</sup>	65.49±0.33 <sup>abcd</sup>	1.89±0.11 <sup>bcd</sup>	9.84±1.00 <sup>abc</sup>	29.92±3.46 <sup>d</sup>
11	30	300	12.83±0.45 <sup>cd</sup>	0.70±0.00 <sup>ab</sup>	63.61±2.75 <sup>cd</sup>	1.73±0.32 <sup>cd</sup>	9.01±1.06 <sup>bcd</sup>	26.52±1.31 <sup>d</sup>
<i>F</i> -value			9.634 <sup>****4)</sup>	5.750 <sup>***</sup>	3.932 <sup>**</sup>	8.120 <sup>***</sup>	6.012 <sup>***</sup>	9.781 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder X<sub>2</sub>: Wheat flour.

<sup>2)</sup> Mean±S.D.

<sup>3)</sup> a~f Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup> \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

**Table 5. Analysis of predicted model equation for quality characteristics and DPPH of dried noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour**

Responses	Model	R <sup>2</sup>	F-value	p-value	Lack of fit	Polynomial equation <sup>1)</sup>
Moisture content	Linear	0.2043	1.03	0.4008	5.90	$Y_1 = 13.29 + 0.4175X_1 + 0.0682X_2$
Salinity	Quadratic	0.6908	2.23	0.1992	0.2358	$Y_2 = 0.0656 + 0.0125X_1 + 0.0103X_2 - 0.0400X_1X_2 + 0.0261X_1^2 - 0.0165X_2^2$
L	Linear	0.6020	6.05 <sup>*</sup>	0.0251	2.02	$Y_3 = 64.95 - 1.28X_1 - 0.8614X_2$
a	Linear	0.7959	15.60 <sup>**</sup>	0.0017	5.17	$Y_4 = 1.77 + 0.3327X_1 + 0.0296X_2$
b	Quadratic	0.8537	5.84 <sup>*</sup>	0.0377	1.19	$Y_5 = 9.23 + 0.1507X_1 + 0.4268X_2 - 0.6775X_1X_2 + 0.8232X_1^2 - 0.3447X_2^2$
DPPH	Linear	0.8260	18.99 <sup>**2)</sup>	0.0009	8.98	$Y_6 = 33.34 + 10.47X_1 - 2.76X_2$

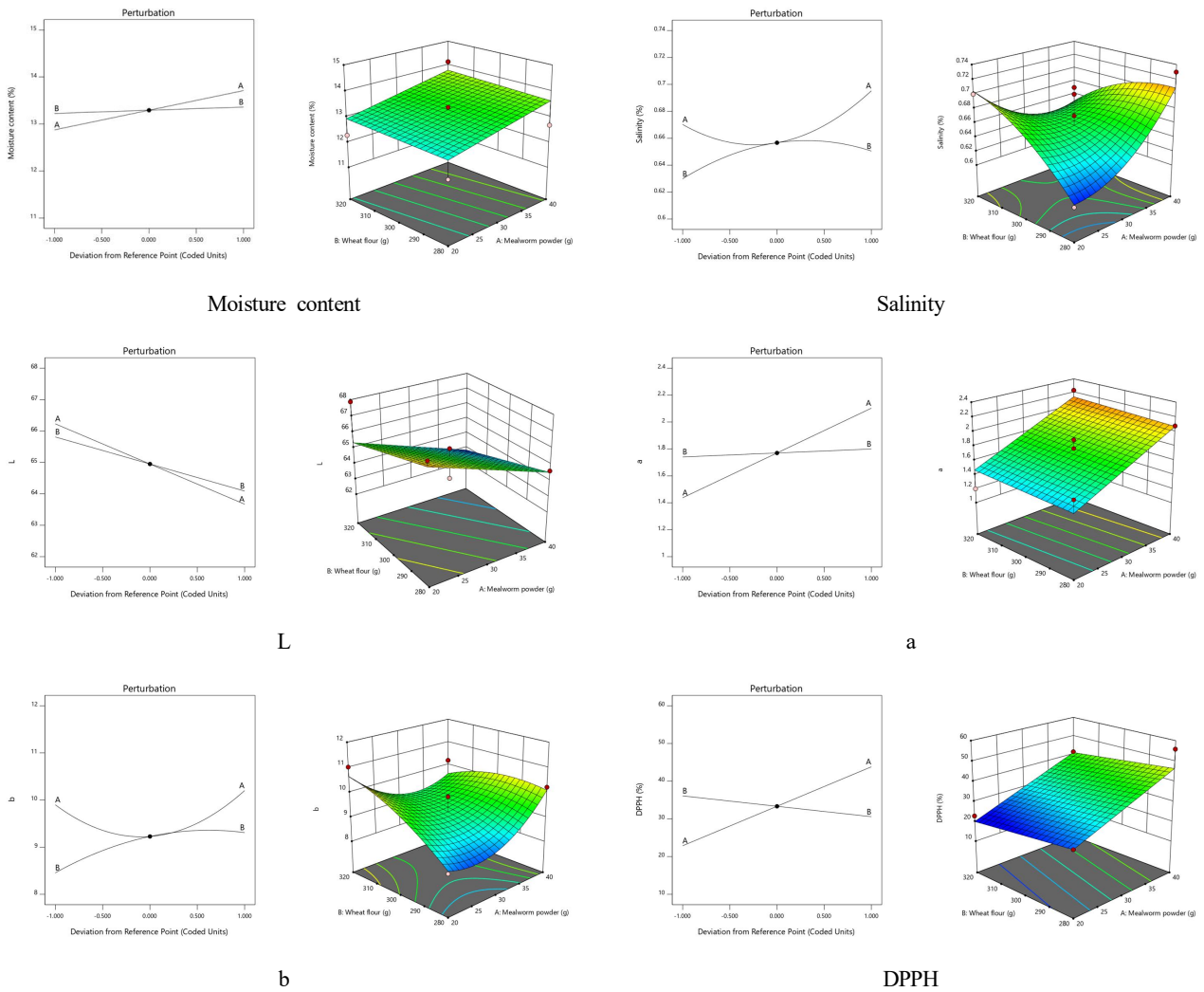
<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder, X<sub>2</sub>: Wheat flour.

<sup>2)</sup> \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ .

0.1992, R<sup>2</sup>값은 0.2043, 0.6908으로 나타났다.

반응표면 상태 결과, 수분과 염도에 미치는 영향은 밀가루 보다 밀웜 분말이 더 큰 것으로 나타났으며 밀웜 분말의 첨가

량이 증가할수록 수분이 증가하는 것으로 나타났고, 염도는 밀웜분말의 첨가량이 증가할수록 감소하다가 일정 수준 이상 부터 다시 증가하는 것으로 나타났다. Na SY & Sim KH



**Fig. 1.** Perturbation plot and response surface plot for quality characteristics and DPPH of dried noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder (A) and wheat flour (B).

(2018)의 아피오스 첨가 국수 연구에서도 부재료인 아피오스의 첨가량이 증가할수록 국수의 수분함량이 증가하는 결과를 보였는데, 이를 부재료의 식이섬유 함량에 의한 수분흡수력 및 결합력 때문으로 보았다. 면의 수분은 첨가되는 부재료의 특성에 영향을 받는 것으로 보인다. 본 연구에 사용한 밀웜 분말은 단백질 함량이 높은 식품으로 수분 보유력과 수분 결합력이 높아 첨가량이 증가할수록 건면의 수분이 증가했을 것으로 판단된다. 염도는 갈색겨저리 분말 첨가 양갱 연구(Lee HS 등 2021)에서는 갈색겨저리 분말 첨가량에 따른 염도 결과 유의한 차이 없었다고 보고 하여 본 연구 결과와 차이를 보였다. 밀웜 분말의 일반 성분은 제조 공정, 영양 성분 등에 따라 변화하여(Son YJ 등 2019; Kröncke N & Benning R 2023) 염분 함량에도 차이가 있었을 것으로 보인다.

2) 색도

밀웜 분말 첨가 건면의 색도 측정 결과 명도(L) ( $Y_3$ )는 62.53~67.88의 범위로 나타났고 최솟값은 Sample 4( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 320 g), Sample 2( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 320 g)에서 나타났으며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.01$ ). 적색도(a) ( $Y_4$ )는 1.20~2.27의 범위로, 최솟값은 Sample 2( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 320 g), 최댓값은 Sample 6( $X_1$ : 44.14 g,  $X_2$ : 300 g)에서 나타났으며( $p < 0.001$ ), 황색도(b) ( $Y_5$ )는 8.02~11.03의 범위로, 최솟값은 Sample 7( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 271.72 g), 최댓값은 Sample 2( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 320 g)에서 나타났으며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.001$ ). 밀웜 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )의 첨가량이 색도에 미치는 영향을 회귀분석한 결과, 명도와 적색도는 독립변수가 각각 작용하는 Linear model, 황색도는 독립변수가 상호작용 하는 Quadratic model이 선정되었다. 명도, 적색

도, 황색도의  $p$ -value는 각각 0.0251, 0.0017, 0.0377,  $R^2$ 값은 0.6020, 0.7959, 0.8537로 높은 신뢰도를 보이며 적합성이 인정되었다.

반응표면 상태 결과 명도, 적색도, 황색도에 미치는 영향은 밀웬 분말이 밀가루보다 더 컸으며, 밀웬 분말과 밀가루의 첨가량이 증가할수록 명도가 감소하는 것으로 나타났다. 적색도는 밀웬 분말의 첨가량이 증가할 때 증가하였고, 밀가루가 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다. 황색도는 밀웬 분말의 첨가량이 증가할수록 감소하였다가 일정 수준 이상에서 다시 증가하였으며, 밀가루의 첨가량이 증가할수록 황색도가 증가하다가 일정 수준 이상에서 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. Lee YJ 등(2023b)의 밀웬 분말을 첨가한 다쿠아즈 연구에서도 밀웬 분말의 첨가량이 증가할수록 명도가 낮아지며, 황색도는 일정 수준까지 높아지다가 다시 낮아지는 결과를 나타냈는데, 본 연구에서도 유사한 결과를 보였다. Seo HJ & Cho IH(2018)의 밀웬 분말 첨가 베이글 연구에서도 밀웬 분말을 첨가할수록 명도는 낮아지고 적색도는 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 색도는 첨가되는 재료에 따라 변화함으로 소비자의 기호도를 증진시키는 색도에 맞추어 부재료의 양을 조절한다면 소비자의 만족도를 보다 충족시킬 수 있을 것으로 보인다.

### 3) 항산화 활성

밀웬 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )의 첨가량을 달리하여 제조한 건면 11개의 DPPH( $Y_6$ ) 결과, 22.73~55.93%의 범위로 나타났다. 최솟값은 Sample 5( $X_1$ : 15.86 g,  $X_2$ : 300 g), 최댓값은 Sample 3( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 280 g)에서 나타났으며 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.001$ ). 밀웬 분말과 밀가루가 DPPH 라디칼 소거능에 미치는 영향을 회귀 분석한 결과, 독립변수가 각각 작용하는 Linear model로 나타났다.  $p$ -value는 0.0009로 유의적인 결과를 나타냈고  $R^2$ 값은 0.8260으로 높은 신뢰도를 보이며 적합성이 인정되었다.

반응표면 상태 결과 밀가루보다 밀웬 분말이 건면의 DPPH 라디칼 소거능에 미치는 영향력이 더 컸으며, 밀웬 분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였고, 밀가루의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 감소한 것으로 나타났다. 밀웬의 항산화 활성 기능은 Jin KN 등(2021)의 연구에서도 보고되었으며, Hwang SY & Choi SK(2015)의 밀웬 분말 첨가 머핀 연구에서도 밀웬 분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다고 보고하여 본 연구 결과와 동일한 결과였다. 해당 연구에서는 머핀 제조 과정인 가열 공정 이후에도 항산화 활성이 높게 유지된다고 보고하였는데, 건면을 가열하여 조리면 형태로 섭취할 때도 항산화 활성이 높게 유지될 것으로 여겨지며 밀웬 분말의 첨가는 건면의 항산화 기능성을 높일 수 있을 것으로 보인다.

### 3. 조리특성

밀웬 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )의 첨가량을 달리하여 제조한 건면 11개의 조리특성 분석 결과는 Table 6, 반응표면 회귀분석 결과는 Table 7에 나타냈으며, 반응표면의 상태를 나타내는 perturbation plot과 response surface plot은 Fig. 2와 같다.

밀웬 분말과 밀가루의 첨가량을 달리한 건면의 조리 특성 측정 결과, 중량( $Y_7$ )은 46.23~56.25 g의 범위로 최솟값은 Sample 4( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 320 g), 최댓값은 Sample 10( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 300 g), 수분흡수율( $Y_8$ )은 131.13~181.23%의 범위로 최솟값은 Sample 4( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 320 g), 최댓값은 Sample 10( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 300 g), 부피( $Y_9$ )는 158.00~160.67 mL의 범위로, 최솟값은 Sample 4( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 320 g), Sample 8( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 328.23 g), 최댓값은 Sample 10( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 300 g), 조리액의 탁도( $Y_{10}$ )는 1.38~2.59의 범위로, 최솟값은 Sample 2( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 320 g), 최댓값은 Sample 3( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 280 g)에서 나타났으며 시료 간 유의적인 차이가 있었다( $p < 0.001$ ). 밀웬 분말과 밀가루의 첨가량이 건면의 조리 특성

**Table 6. Cooking characteristics of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour at various conditions by RSM**

Sample No.	Variables <sup>1)</sup>			Responses		
	$X_1$ (g)	$X_2$ (g)	Weight (g)	Water absorption (%)	Volume (mL)	Turbidity
1	20	280	54.86±0.56 <sup>2)c3)</sup>	174.30±2.80 <sup>c</sup>	158.33±0.58 <sup>d</sup>	2.39±0.00 <sup>b</sup>
2	20	320	51.81±0.03 <sup>e</sup>	159.07±0.13 <sup>e</sup>	158.67±0.58 <sup>cd</sup>	1.38±0.01 <sup>g</sup>
3	40	280	54.47±0.21 <sup>c</sup>	172.37±1.05 <sup>c</sup>	159.00±1.00 <sup>cd</sup>	2.59±0.01 <sup>a</sup>
4	40	320	46.23±0.22 <sup>h</sup>	131.13±1.09 <sup>h</sup>	158.00±0.00 <sup>d</sup>	2.17±0.01 <sup>cd</sup>
5	15.86	300	52.46±0.20 <sup>d</sup>	162.30±1.00 <sup>d</sup>	158.33±0.58 <sup>d</sup>	1.99±0.00 <sup>e</sup>

Table 6. Continued

Sample No.	Variables		Responses			
	X <sub>1</sub> (g)	X <sub>2</sub> (g)	Weight (g)	Water absorption (%)	Volume (mL)	Turbidity
6	44.14	300	48.47±0.16 <sup>e</sup>	142.33±0.80 <sup>e</sup>	158.67±0.58 <sup>cd</sup>	2.07±0.01 <sup>de</sup>
7	30	271.72	54.66±0.18 <sup>c</sup>	173.30±0.88 <sup>c</sup>	159.33±0.58 <sup>bc</sup>	2.37±0.01 <sup>b</sup>
8	30	328.28	50.75±0.09 <sup>f</sup>	153.75±0.45 <sup>f</sup>	158.00±0.00 <sup>d</sup>	1.45±0.00 <sup>g</sup>
9	30	300	55.42±0.14 <sup>b</sup>	177.08±0.68 <sup>b</sup>	160.00±0.00 <sup>ab</sup>	1.79±0.01 <sup>f</sup>
10	30	300	56.25±0.14 <sup>b</sup>	181.23±0.68 <sup>a</sup>	160.67±0.58 <sup>a</sup>	2.25±0.23 <sup>c</sup>
11	30	300	55.56±0.15 <sup>a</sup>	177.78±0.75 <sup>b</sup>	160.00±0.00 <sup>ab</sup>	1.96±0.01 <sup>e</sup>
F-value			601.836 <sup>***4)</sup>	601.836 <sup>***</sup>	8.80 <sup>***</sup>	88.646 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder, X<sub>2</sub>: Wheat flour.

<sup>2)</sup> Mean±SD.

<sup>3)</sup> a-h Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup> \*\*\*  $p < 0.001$ .

Table 7. Analysis of predicted model equation for cooking characteristics of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour

Responses	Model	R <sup>2</sup>	F-value	p-value	Lack of fit	Polynomial equation <sup>1)</sup>
Weight	Quadratic	0.9550	21.20 <sup>**2)</sup>	0.0022	7.25	$Y_7 = 55.74 - 1.45X_1 - 2.10X_2 - 1.30X_1X_2 - 2.58X_1^2 - 1.45X_2^2$
Water absorption	Quadratic	0.9549	21.17 <sup>**</sup>	0.0022	7.26	$Y_8 = 178.70 - 7.26X_1 - 10.52X_2 - 6.50X_1X_2 - 12.87X_1^2 - 7.26X_2^2$
Volume	Quadratic	0.9341	14.18 <sup>**</sup>	0.0056	0.5095	$Y_9 = 160.22 + 0.0601X_1 - 0.3176X_2 - 0.3350X_1X_2 - 0.8824X_1^2 - 0.7999X_2^2$
Turbidity	Linear	0.7475	11.84 <sup>**</sup>	0.0041	0.7952	$Y_{10} = 2.04 + 0.1379X_1 - 0.3414X_2$

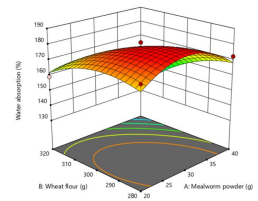
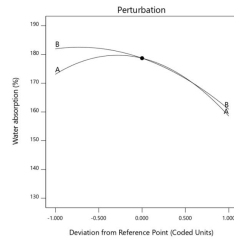
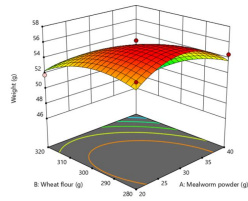
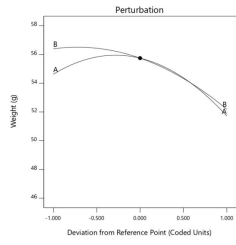
<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder, X<sub>2</sub>: Wheat flour.

<sup>2)</sup> \*\*  $p < 0.01$ .

에 미치는 영향을 회귀 분석한 결과 중량, 수분흡수율, 부피에서 독립변수가 상호작용하는 Quadratic model이 선정되었으며,  $p$ -value는 각각 0.0022, 0.0022, 0.0056으로 유의적인 결과를 나타내었고 R<sup>2</sup>값은 0.9500, 0.9549, 0.9341로 높은 신뢰도를 보이며 적합성이 인정되었다. 탁도는 독립변수가 각각 작용하는 Linear model이 선정되었으며,  $p$ -value 0.0041, R<sup>2</sup>값 0.7475로 높은 신뢰도를 보이며 적합성이 인정되었다.

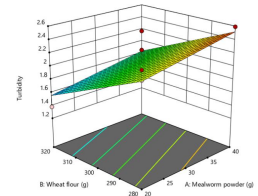
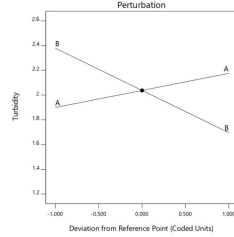
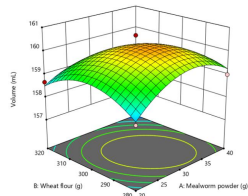
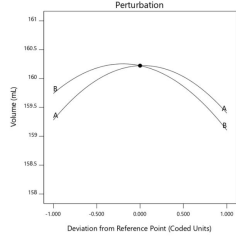
반응표면 상태 결과 중량, 수분흡수율, 부피, 조리액의 탁도에 미치는 영향은 밀가루가 밀웜 분말보다 더 큰 것으로 나타났다. 이때 밀가루의 첨가량이 증가할수록 중량, 수분흡수율이 감소하였으며 밀웜 분말의 첨가량이 증가할 때는 중량, 수분흡수율이 증가하다가 일정 수준 이상부터 감소하는 것으로 나타났다. 부피는 밀웜 분말과 밀가루의 첨가량이 증가할수록 증가하다가 일정 수준 이상에서 감소하는 형태로 나타났다. 조리액의 탁도는 밀가루의 첨가량이 감소할수록,

밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 조리액의 탁도는 고형분의 손실 정도를 판단하는 척도이다. Kim MH (2022)의 흰목이버섯 분말 첨가 국수 연구에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 탁도가 높아지는 결과를 보였는데 해당 연구에서는 부재료 첨가로 면의 결합력이 감소하였고, 열수에 의해 용출되는 가용성 성분이 증가하여 조리액의 탁도가 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 부재료인 밀웜 분말의 첨가가 건면의 결합력을 감소시켜 가용성 성분이 용출되었을 것으로 판단된다. 가용성 성분의 용출은 부재료의 첨가로 기대되는 식품의 영양적 이점을 저하시킬 것으로 생각되며 건면의 결합력을 일정 수준 유지할 수 있는 첨가량을 파악하면 기능성 건면의 품질을 향상시킬 수 있을 것이다.



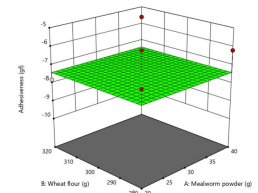
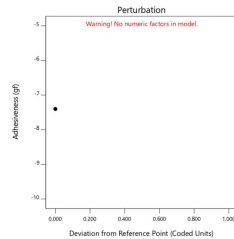
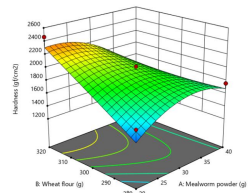
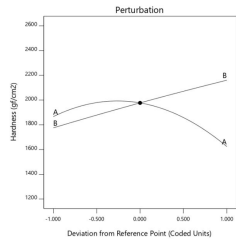
Weight

Water absorption



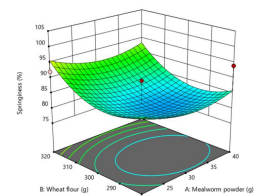
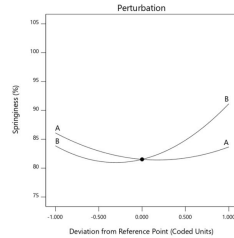
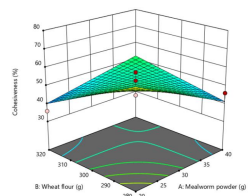
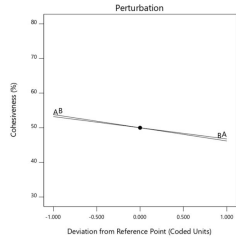
Volume

Turbidity



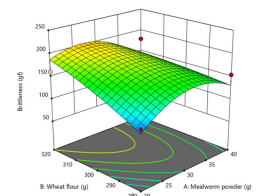
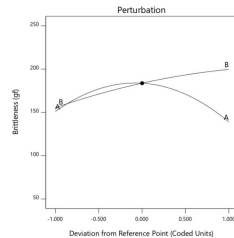
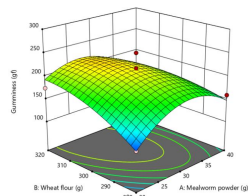
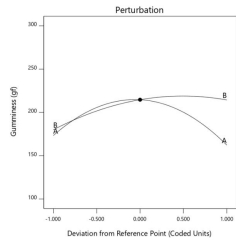
Hardness

Adhesiveness



Cohesiveness

Springiness



Gumminess

Brittleness

Fig. 2. Perturbation plot and response surface plot for cooking characteristics and textural characteristics of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder (A) and wheat flour (B).

#### 4. 물성

밀웜 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )의 첨가량을 달리하여 제조한 건면 11개의 조리면 상태의 물성 분석 결과는 Table 8, 반응표면 회귀분석 결과는 Table 9에 나타내었으며, 반응표면 상태를 나타내는 Perturbation plot과 Response surface plot은 Fig. 2와 같다. 밀웜 분말과 밀가루 첨가 조리면의 물성 측정 결과, 경도(hardness) ( $Y_{11}$ )는 1296.00~2465.20 gf/cm<sup>2</sup>의 범위로, 최솟값은 Sample 6( $X_1$ : 44.14 g,  $X_2$ : 300 g), 최댓값은 Sample 2( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 320 g)로 유의적인 차이를 보였다 ( $p<0.001$ ). 부착성(adhesiveness) ( $Y_{12}$ )은 -9.40~-5.60 gf의 범위로, 최솟값은 Sample 7( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 271.72 g), 최댓값은 Sample 4( $X_1$ : 40 g,  $X_2$ : 320 g)으로 나타났다. 응집성(cohesiveness) ( $Y_{13}$ )은 35.90~74.56%의 범위로 최솟값은 Sample 2( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 320 g), 최댓값은 Sample 1( $X_1$ : 20 g,  $X_2$ : 280 g)으로 유의적인 차이를 보였다( $p<0.001$ ). 탄력성(springness) ( $Y_{14}$ )은 76.58~102.86%의 범위로, 최솟값은 Sample 11( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 300 g), 최댓값은 Sample 8( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 328.28 g)으로 나타났다. 검성(gumminess) ( $Y_{15}$ )은 108.39~250.42 gf의 범위로, 최솟값은 Sample 6( $X_1$ : 44.14 g,  $X_2$ : 300 g), 최댓값은 Sample 9( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 300 g)이며

( $p<0.05$ ), 깨짐성(brittleness) ( $Y_{17}$ )은 88.74~232.02 gf의 범위로 최솟값은 Sample 6( $X_1$ : 44.14 g,  $X_2$ : 300 g), 최댓값은 Sample 9( $X_1$ : 30 g,  $X_2$ : 300 g)로 유의적인 차이를 보였다 ( $p<0.05$ ).

밀웜 분말과 밀가루가 물성에 미치는 영향에 대한 회귀분석 결과 경도는 독립변수가 상호작용 하는 Quadratic model이 선정되었으며,  $p$ -value 0.0255,  $R^2$  0.8762로 높은 신뢰도를 보였다. 부착성은 독립변수와 종속변수의 관계를 설명할 적합한 모델이 선정되지 않았다. 응집성에서는 독립변수가 상호작용 하는 2FI model이 선정되었으나  $p$ -value 값은 0.1291로 유의적인 결과를 나타내지 않았다. 탄력성, 검성, 깨짐성은 독립변수가 상호작용 하는 Quadratic model이 선정되었으나  $p$ -value 값이 각각 0.4641, 0.0660, 0.2173로 유의적이지 않은 결과를 나타냈다.

반응표면 상태 결과 경도, 검성, 깨짐성에 미치는 영향은 밀가루가 더 컸으며, 응집성, 탄력성에 미치는 영향은 밀웜 분말 더 큰 것으로 나타났다. 경도는 밀웜 분말의 첨가량이 증가할 때 증가하다가 일정 수준 이상부터는 감소하며, 밀가루의 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. Xie X 등(2022)의 밀웜 분말 첨가 비스킷 연구에서는 밀웜 분말의

**Table 8. Textural characteristics of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour at various conditions by RSM**

Sample No.	Variables <sup>1)</sup>		Responses					
	$X_1$ (g)	$X_2$ (g)	Hardness (gf/cm <sup>2</sup> )	Adhesiveness (gf)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (gf)	Brittleness (gf)
1	20	280	1,592.80±108.42 <sup>2)cd3)</sup>	-6.60±2.30	74.56±5.97 <sup>a</sup>	94.04±4.20	118.56±11.22 <sup>cd</sup>	111.58±12.65 <sup>c</sup>
2	20	320	2,465.20±196.03 <sup>a</sup>	-7.80±1.79	35.90±1.97 <sup>c</sup>	92.04±4.08	174.34±17.55 <sup>abcd</sup>	160.75±21.22 <sup>abc</sup>
3	40	280	1,761.00±67.39 <sup>bcd</sup>	-6.20±1.92	46.08±10.25 <sup>bc</sup>	94.00±21.33	159.09±37.38 <sup>abcd</sup>	154.55±70.41 <sup>abc</sup>
4	40	320	1,605.80±250.45 <sup>bcd</sup>	-5.60±3.05	44.30±8.72 <sup>bc</sup>	92.30±9.79	135.08±43.92 <sup>bcd</sup>	123.23±39.57 <sup>c</sup>
5	15.86	300	1,491.00±141.80 <sup>cd</sup>	-7.60±3.29	47.88±7.52 <sup>bc</sup>	89.56±6.92	140.39±28.11 <sup>bcd</sup>	126.55±30.64 <sup>bc</sup>
6	44.14	300	1,296.00±247.34 <sup>d</sup>	-6.40±1.52	43.86±4.29 <sup>bc</sup>	82.50±2.99	108.39±19.42 <sup>d</sup>	88.74±17.45 <sup>c</sup>
7	30	271.72	1,547.20±127.46 <sup>cd</sup>	-9.40±2.61	47.42±3.38 <sup>bc</sup>	79.68±17.83	145.60±19.35 <sup>bcd</sup>	116.57±33.13 <sup>c</sup>
8	30	328.28	2,129.40±307.33 <sup>ab</sup>	-9.20±1.79	54.46±10.34 <sup>b</sup>	102.86±20.51	220.65±21.09 <sup>ab</sup>	228.84±69.55 <sup>ab</sup>
9	30	300	2,021.40±691.92 <sup>abc</sup>	-8.80±3.49	57.60±19.15 <sup>b</sup>	89.14±14.41	250.42±148.98 <sup>a</sup>	232.02±156.03 <sup>a</sup>
10	30	300	1,960.60±539.07 <sup>abc</sup>	-7.60±2.88	53.00±12.65 <sup>b</sup>	78.86±4.32	217.48±91.72 <sup>abc</sup>	174.55±78.75 <sup>abc</sup>
11	30	300	1,949.00±638.56 <sup>abc</sup>	-6.20±1.79	44.86±20.07 <sup>bc</sup>	76.58±19.13	176.10±118.00 <sup>abcd</sup>	144.68±119.38 <sup>abc</sup>
F-value			4.231 <sup>****4)</sup>	1.174	4.142 <sup>***</sup>	1.796	2.260 <sup>*</sup>	2.098 <sup>*</sup>

<sup>1)</sup>  $X_1$ : Mealworm powder,  $X_2$ : Wheat flour.

<sup>2)</sup> Mean±S.D.

<sup>3)</sup> a~d Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup> \*  $p<0.05$ , \*\*\*  $p<0.001$ .

**Table 9. Analysis of predicted model equation for textural characteristics of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour**

Responses	Model	R <sup>2</sup>	F-value	p-value	Lack of fit	Polynomial equation <sup>1)</sup>
Hardness	Quadratic	0.8762	7.08 <sup>**2)</sup>	0.0255	30.54	$Y_{11}=1,976.95-120.88X_1+192.58X_2-256.90X_1X_2-231.69X_1^2-9.23X_2^2$
Adhesiveness	-	-	-	-	-	-
Cohesiveness	2FI	0.5329	2.33	0.1291	1.87	$Y_{13}=49.99-3.22X_1-3.81X_2+9.22X_1X_2$
Springiness	Quadratic	0.5212	1.09	0.4641	1.63	$Y_{14}=81.53-1.22X_1+3.64X_2+0.0750X_1X_2+3.36X_1^2+5.98X_2^2$
Gumminess	Quadratic	0.8134	4.36	0.0660	0.2546	$Y_{15}=214.67-5.50X_1+17.24X_2-19.95X_1X_2-46.90X_1^2-17.52X_2^2$
Brittleness	Quadratic	0.6775	2.10	0.2173	0.4958	$Y_{16}=183.75-6.00X_1+23.08X_2-20.12X_1X_2-38.72X_1^2-6.18X_2^2$

<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder, X<sub>2</sub>: Wheat flour.

<sup>2)</sup> \*\* p<0.01.

첨가량이 증가할수록 비스킷의 경도가 높아지다가 일정 수준 이상에서 감소하는 것을 밀웜 분말이 비스킷의 글루텐 형성을 방해하기 때문으로 보았다. 본 연구의 경도 결과 역시 다량의 밀웜 분말 첨가가 반죽의 글루텐 형성을 방해했기 때문으로 보인다. 레드 렌틸 분말 첨가 국수 연구(Bae DB 등 2016)에서는 부재료의 첨가량이 증가할수록 부착성이 증가하는 결과를 식이섬유 함량의 증가 때문이라고 보고하였는데, 본 연구에서 사용한 밀웜 분말은 탄수화물의 함량이 낮아 부착성에 영향을 주지 않은 것으로 판단된다. 응집성은 밀웜 분말과 밀가루의 첨가량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타나 백년초 첨가 국수(Chong HS & Park CS 2003) 연구에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 응집성이 감소하여 유사한 결과였는데, 이는 부재료의 첨가가 면의 글루텐 형성을 방해하였기 때문으로 보인다. 탄력성은 밀웜 분말과 밀가루의 첨가량이 증가할 때 감소하다가 일정 수준 이상에서 증가하는 것으로 나타났다. 검성은 밀웜 분말과 밀가루의 첨가량이 증가할수록 증가하였다가 일정 수준 이상부터 감소하는 것으로 나타났다. 깨짐성은 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하다가 일정 수준 이상부터는 감소하였고, 밀가루

의 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 토마토 분말 첨가 국수 연구(Kim DS 등 2015)에서는 토마토의 첨가 비율이 증가할수록 탄력성, 검성이 증가한다고 보고하여 선행 연구와 본 연구 결과에 차이가 있었다. 이러한 차이는 부재료의 특성에 따른 차이로 보인다.

### 5. 기호도 평가

밀웜 분말(X<sub>1</sub>)과 밀가루(X<sub>2</sub>)의 첨가량을 달리하여 제조한 건면 11개의 기호도 평가 결과는 Table 10, 반응표면 회귀분석 결과는 Table 11에 나타냈으며, 반응표면 상태를 나타내는 perturbation plot과 response surface plot은 Fig. 3과 같다. 밀웜 분말 첨가 건면의 기호도 평가 결과 외관(appearance) (Y<sub>17</sub>)은 6.23~7.45점의 범위로, 최솟값은 Sample 5(X<sub>1</sub>: 15.86 g, X<sub>2</sub>: 300 g), 최댓값은 Sample 4(X<sub>1</sub>: 40 g, X<sub>2</sub>: 320 g)에서 나타났으며(p<0.001), 색(color) (Y<sub>18</sub>)은 6.03~7.35점의 범위로 최솟값은 Sample 5(X<sub>1</sub>: 15.86 g, X<sub>2</sub>: 300 g), 최댓값은 Sample 3(X<sub>1</sub>: 40 g, X<sub>2</sub>: 280 g), Sample 6(X<sub>1</sub>: 44.14 g, X<sub>2</sub>: 300 g)에서 나타나 유의적인 차이를 보였다(p<0.001). 향미(flavor) (Y<sub>19</sub>)는 6.19~7.06점의 범위로, 최솟값은 Sample 1(X<sub>1</sub>: 20 g, X<sub>2</sub>:

**Table 10. Sensory evaluation of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour at various conditions by RSM**

Sample No.	Variables <sup>1)</sup>		Responses					
	X <sub>1</sub> (g)	X <sub>2</sub> (g)	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
1	20	280	6.55±1.43 <sup>2)bc3)</sup>	6.23±1.41 <sup>bc</sup>	6.19±1.68	6.10±1.42 <sup>c</sup>	7.26±1.15 <sup>a</sup>	6.61±1.20 <sup>bcd</sup>
2	20	320	6.29±1.44 <sup>c</sup>	6.13±1.59 <sup>bc</sup>	6.26±1.77	6.10±1.51 <sup>c</sup>	6.19±2.30 <sup>bc</sup>	6.35±1.31 <sup>d</sup>
3	40	280	7.32±1.45 <sup>a</sup>	7.35±1.36 <sup>a</sup>	6.74±1.46	6.77±1.18 <sup>abc</sup>	6.61±1.54 <sup>abc</sup>	6.68±1.11 <sup>bcd</sup>
4	40	320	7.45±1.29 <sup>a</sup>	7.32±1.49 <sup>a</sup>	6.94±1.24	7.19±1.28 <sup>a</sup>	7.06±1.15 <sup>ab</sup>	7.10±0.98 <sup>abc</sup>
5	15.86	300	6.23±1.54 <sup>c</sup>	6.03±1.49 <sup>c</sup>	6.32±1.87	6.32±1.66 <sup>bc</sup>	6.35±1.91 <sup>abc</sup>	6.58±1.48 <sup>bcd</sup>

Table 10. Continued

Sample No.	Variables		Responses					
	X <sub>1</sub> (g)	X <sub>2</sub> (g)	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
6	44.14	300	7.35±1.48 <sup>a</sup>	7.35±1.36 <sup>a</sup>	7.06±1.48	6.39±1.36 <sup>bc</sup>	6.10±2.33 <sup>c</sup>	6.52±1.36 <sup>cd</sup>
7	30	271.72	7.26±1.13 <sup>ab</sup>	6.81±1.28 <sup>ab</sup>	6.84±1.24	6.87±1.15 <sup>ab</sup>	6.68±1.54 <sup>abc</sup>	7.00±1.21 <sup>abcd</sup>
8	30	328.28	7.03±1.25 <sup>ab</sup>	7.06±1.24 <sup>a</sup>	6.45±1.46	7.06±1.15 <sup>ab</sup>	6.74±1.44 <sup>abc</sup>	7.16±1.21 <sup>abc</sup>
9	30	300	7.19±1.14 <sup>ab</sup>	7.06±1.12 <sup>a</sup>	6.87±1.28	7.26±1.32 <sup>a</sup>	7.23±1.54 <sup>a</sup>	7.26±1.03 <sup>ab</sup>
10	30	300	7.16±1.19 <sup>ab</sup>	7.10±1.12 <sup>a</sup>	6.90±1.33	7.29±1.37 <sup>a</sup>	7.29±1.49 <sup>a</sup>	7.39±1.09 <sup>a</sup>
11	30	300	7.06±1.32 <sup>ab</sup>	7.10±1.33 <sup>a</sup>	6.87±1.34	7.32±1.30 <sup>a</sup>	7.26±1.53 <sup>a</sup>	7.23±1.15 <sup>ab</sup>
F-value			3.247 <sup>***4)</sup>	4.268 <sup>***</sup>	1.354	4.015 <sup>***</sup>	2.246 <sup>*</sup>	2.722 <sup>**</sup>

<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder, X<sub>2</sub>: Wheat flour.

<sup>2)</sup> Mean±S.D.

<sup>3)</sup> a-d Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup> \* p<0.05. \*\* p<0.01. \*\*\* p<0.001.

Table 11. Analysis of predicted model equation for sensory evaluation of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder and wheat flour

Responses	Model	R <sup>2</sup>	F-value	p-value	Lack of fit	Polynomial equation <sup>1)</sup>
Appearance	Quadratic	0.9799	48.70 <sup>***2)</sup>	0.0003	2.03	Y <sub>17</sub> =7.14+0.4393X <sub>1</sub> -0.0569X <sub>2</sub> +0.0957X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> -0.1896X <sub>1</sub> <sup>2</sup> -0.0121X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
Color	Quadratic	0.9757	40.21 <sup>***</sup>	0.0005	37.36	Y <sub>18</sub> =7.09+0.5221X <sub>1</sub> +0.0279X <sub>2</sub> +0.0175X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> -0.2121X <sub>1</sub> <sup>2</sup> -0.0121X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
Flavor	Linear	0.6847	8.69 <sup>**</sup>	0.0099	167.96	Y <sub>19</sub> =8.68+0.2846X <sub>1</sub> -0.0352X <sub>2</sub>
Taste	Quadratic	0.8373	5.15 <sup>*</sup>	0.0482	139.40	Y <sub>20</sub> =7.29+0.2324X <sub>1</sub> +0.0861X <sub>2</sub> +0.1050X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> -0.4976X <sub>1</sub> <sup>2</sup> -0.1925X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
Texture	Quadratic	0.8523	5.77 <sup>*</sup>	0.0386	110.66	Y <sub>21</sub> =7.26-0.0167X <sub>1</sub> +0.0669X <sub>2</sub> +0.3800X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> -0.4394X <sub>1</sub> <sup>2</sup> -0.1968X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
Overall acceptability	Quadratic	0.8818	7.46 <sup>*</sup>	0.0229	6.29	Y <sub>22</sub> =7.29+0.0919X <sub>1</sub> +0.0483X <sub>2</sub> +0.1700X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> -0.4043X <sub>1</sub> <sup>2</sup> -0.1392X <sub>2</sub> <sup>2</sup>

<sup>1)</sup> X<sub>1</sub>: Mealworm powder, X<sub>2</sub>: Wheat flour.

<sup>2)</sup> \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001.

280 g), 최댓값은 Sample 6(X<sub>1</sub>: 44.14 g, X<sub>2</sub>: 300 g)으로 나타났다. 맛(taste) (Y<sub>20</sub>)은 6.10~7.32점의 범위로, 최솟값은 Sample 1 (X<sub>1</sub>: 20 g, X<sub>2</sub>: 280 g), Sample 2(X<sub>1</sub>: 20 g, X<sub>2</sub>: 320 g), 최댓값은 Sample 11(X<sub>1</sub>: 30 g, X<sub>2</sub>: 300 g)로 나타났으며(p<0.001), 씹힘성(texture) (Y<sub>21</sub>)은 6.10~7.29점의 범위로 최솟값은 Sample 6 (X<sub>1</sub>: 44.14 g, X<sub>2</sub>: 300 g), 최댓값은 Sample 10(X<sub>1</sub>: 30 g, X<sub>2</sub>: 300 g)에서 나타났고(p<0.05), 전반적 기호도(overall acceptability) (Y<sub>22</sub>)는 6.35~7.39점의 범위로 최솟값은 Sample 2(X<sub>1</sub>: 20 g, X<sub>2</sub>: 320 g), 최댓값은 Sample 10(X<sub>1</sub>: 30 g, X<sub>2</sub>: 300 g)에서 나타나 시료 간 유의적인 차이를 보였다(p<0.001). 밀웜 분말

과 밀가루가 기호도 평가 항목에 미치는 영향에 대해 회귀분석한 결과, 외관, 색, 맛, 씹힘성, 전반적 기호도 항목에서 독립변수가 교호 작용하는 Quadratic model이 선정되었으며 p-value 값은 각각 0.0003, 0.0005, 0.0482, 0.0386, 0.0229로 유의적인 결과를 보였다. R<sup>2</sup>값은 각각 0.9799, 0.9757, 0.8373, 0.8523, 0.8818로 높은 신뢰도를 보이며 모델의 적합성이 인정되었다. 항미는 독립변수가 각각 작용하는 Linear model이 선정되었고, p-value 0.0099, R<sup>2</sup>값은 0.6847로 적합성이 인정되었다.

반응표면 상태 결과 외관, 색, 향, 맛, 씹힘성, 전반적 기호

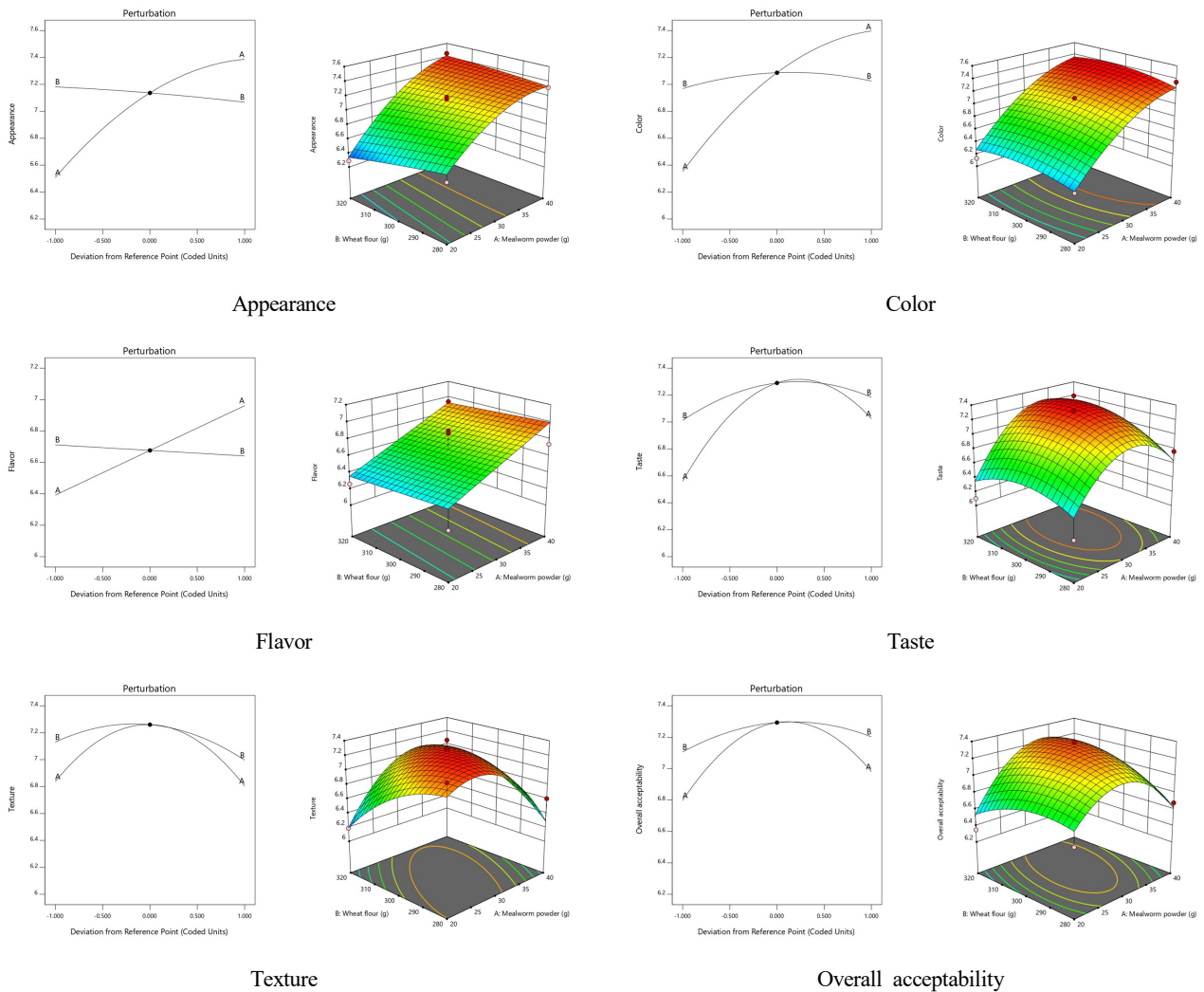


Fig. 3. Perturbation plot and response surface plot for sensory evaluation of cooked noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder (A) and wheat flour (B).

도에 미치는 영향은 밀가루보다 밀웜 분말이 더 큰 것으로 나타났다. 밀웜 분말을 첨가할수록 외관 기호도가 증가하다가 일정 수준 이상에서는 감소하는 것으로 나타났으며 밀가루의 첨가량이 증가할수록 외관 기호도가 감소하는 형태로 나타났다. 이는 Ko EJ & Sim KH(2024)의 연구에서 올롱미 역취를 첨가하였을 때 외관의 기호도가 증가하다가 일정 수준 이상에서 감소하는 결과와 유사한 결과였다. 색의 기호도는 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하다가 일정 수준 이상부터는 감소하는 것으로 나타났다. 밀가루의 첨가량이 증가할 때는 기호도가 증가하다가 일정 수준 이상에서는 감소하는 것으로 나타났다. Hwang HJ 등(2019)의 승검초 분말을 첨가한 생면의 색의 기호도 평가에서도 승검초 분말의 첨가량이 증가할수록 기호도가 증가하다가 일정 수준 이상에서는 감소한다고 보고하여 본 연구 결과와 동일한 결과였다.

향미 역시 밀웜 분말이 증가할수록 기호도가 증가하였고, 밀가루가 증가할 때는 기호도가 감소하는 것으로 나타났다. Kwak DY 등(2002)의 홍화씨 분말 첨가 국수 연구에서는 홍화씨 분말의 첨가량이 증가할수록 향미에 대한 기호도가 증가한다고 하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 나타냈다. 밀웜 분말의 첨가는 소비자의 국수에 대한 기호도를 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다. 맛, 씹힘성, 전반적 기호도에서는 밀웜 분말과 밀가루의 첨가량이 증가할수록 맛에 대한 기호도가 증가하다가 일정 수준 이상부터는 다시 감소하는 형태로 나타났다. Kim YK 등(2019)의 밀웜 분말을 첨가한 식빵 연구에서 밀웜 분말의 첨가량이 증가할 때 맛에 대한 기호도가 증가하여 동일한 결과였고, Park JH 등(2015)의 단호박 분말 첨가 국수 연구에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 씹힘성의 기호도가 증가하다가 일정 수준 이상부터 감소하

여 동일한 결과였다. 밀웜 분말과 밀가루의 첨가량이 건면의 기호도에 영향을 주는 것을 확인하였으며 밀웜 분말의 첨가량을 적절히 하여 건면을 제조하면 소비자의 기호도를 보다 충족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

6. 밀웜 분말 첨가 건면의 제조조건 최적화

밀웜 분말( $X_1$ )과 밀가루( $X_2$ )의 최적 배합 비율을 구하고자 Canonical 모형의 수치적 최적화와 모형적 최적화를 통해 그 첨가량을 선정하였다. 수치적 최적화의 목표 범위는 독립변수인 밀웜 분말( $X_1$ : 20~40 g)과 밀가루( $X_2$ : 280~320 g)는 실험 범위 내로, 종속변수 중 소비자의 기호도와 제품의 선택에 영향을 크게 미치는 기호도 평가에서 유의적으로 나타난 항목인 외관, 색, 향미, 맛, 씹힘성, 전반적 기호도의 점수를 최대로 설정하여(Table 12) 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다(Fig. 4). 이때 예측된 밀웜 분말과 밀가루의 최적 첨가량은 각 35.49 g과 306.54 g이었다. 모형적 최적화는 종속변수의 범위를 설정하여 그래프가 중첩되는 범위 안에서 최적점을 표현하였고, 최적점에서 예측되는 모든 종속변수의 결과값은 Fig. 5와 같다.

요약 및 결론

본 연구는 밀웜 분말을 이용하여 건면을 제조하고, 최적의 첨가량을 산출하고자 하였다. 반응표면분석법의 중심합성계획법에 따라 실험을 설계하였으며, 독립변수는 밀웜 분말( $X_1$ ), 밀가루( $X_2$ )로 설정하였고 종속변수는 이화학적 품질

Table 12. Optimum constraint values using two numerical methods in the object goal

Constrains name	Goal	Numerical optimization (g)	
Independent variables	$X_1^{1)}$	In range	35.49
	$X_2^{2)}$	In range	306.54
Responses	$Y_{17}^{3)}$	Maximize	7.32
	$Y_{18}^{4)}$	Maximize	7.31
	$Y_{19}^{5)}$	Maximize	6.82
	$Y_{20}^{6)}$	Maximize	7.29
	$Y_{21}^{7)}$	Maximize	7.14
	$Y_{22}^{8)}$	Maximize	7.25

1)  $X_1$ : Mealworm powder, 2)  $X_2$ : Wheat flour, 3)  $Y_{17}$ : appearance, 4)  $Y_{18}$ : Color, 5)  $Y_{19}$ : Flavor. 6)  $Y_{20}$ : Taste, 7)  $Y_{21}$ : Texture, 8)  $Y_{22}$ : Overall acceptability.

특성[수분( $Y_1$ ), 염도( $Y_2$ ), 명도( $Y_3$ ), 적색도( $Y_4$ ), 황색도( $Y_5$ ), 항산화능[DPPH( $Y_6$ )], 조리특성[중량( $Y_7$ ), 수분흡수율( $Y_8$ ), 부피( $Y_9$ ), 탁도( $Y_{10}$ )], 물성[경도( $Y_{11}$ ), 부착성( $Y_{12}$ ), 응집성( $Y_{13}$ ), 탄력성( $Y_{14}$ ), 검성( $Y_{15}$ ), 깨짐성( $Y_{16}$ )], 기호도 특성[외관( $Y_{17}$ ), 색( $Y_{18}$ ), 향미( $Y_{19}$ ), 맛( $Y_{20}$ ), 씹힘성( $Y_{21}$ ), 전반적 기호도( $Y_{22}$ )]으로 설정하였다. 최적 첨가량을 산출하기 위해 Canonical 모형의 수치적 최적화와 모형적 최적화를 통해 소비자의 제품 선택에 영향을 미치는 기호도 평가에서 유의적으로 나타난 항목의 점수를 최대로 설정하여 가장 높은 적합도를 나타

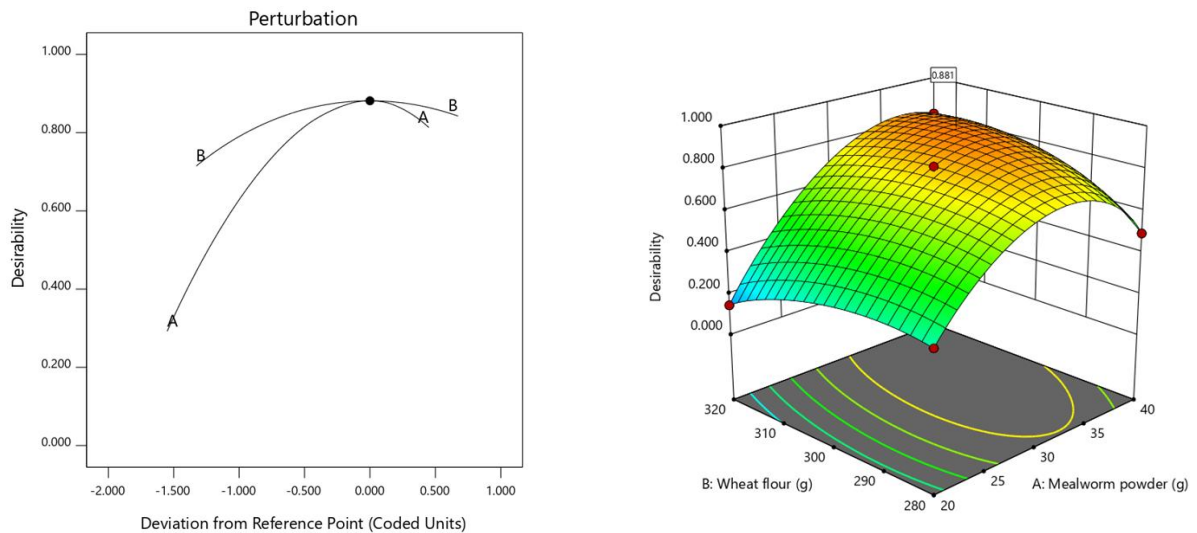
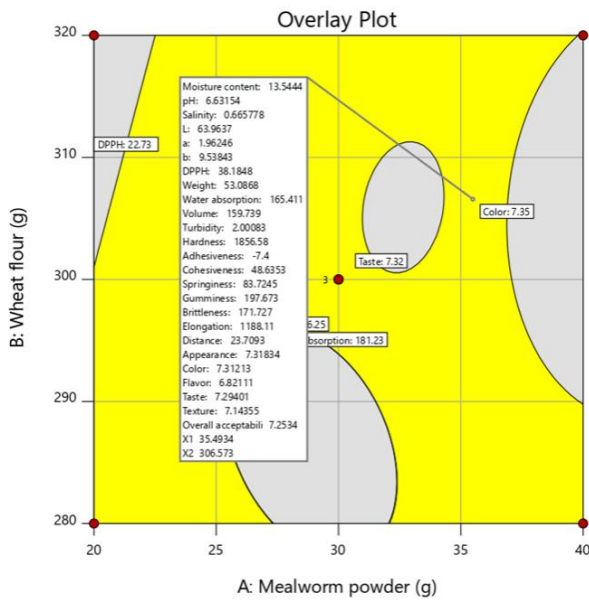


Fig. 4. Perturbation plot and response surface plot for the optimization mixture of dried noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder (A) and wheat flour (B).



**Fig. 5. Overlay plot for the optimization condition of dried noodles prepared with different mixture ratio of mealworm powder (A) and wheat flour (B).**

넌 최적점을 선택하였으며, 산출된 최적 첨가량은 밀웜 분말 35.49 g, 밀가루 306.54 g이었다. 최적의 첨가량으로 밀웜 건면 시 예측되는 이화학적 품질 특성은 수분 13.54%, 염도 0.67%, 명도 63.96, 적색도 1.96, 황색도 9.54, DPPH 38.18%, 조리특성의 값은 중량 53.09 g, 수분흡수율 165.41%, 부피 159.74 mL, 탁도 2.00, 물성은 경도 1,856.58 gf/cm<sup>2</sup>, 부착성 -7.40 gf, 응집성 48.64%, 탄력성 83.72%, 검성 197.67 gf, 깨짐성 171.73 gf로 나타났으며, 기호도는 9점 기준 외관 7.31점, 색 7.31점, 향미 6.82점, 맛 7.29점, 씹힘성 7.14점, 전반적 기호도 7.25점으로 나타났다. 본 연구 결과는 곤충 식품에 대한 부정적인 인식 개선과 식용 곤충을 이용한 식품 개발 활성화에 기여할 수 있을 것이며, 증가하는 소비자의 건강 지향적 요구를 충족하는 기능성 건면 제품 개발에 활용될 수 있을 것이다.

## REFERENCES

- Ahn EM, Kang MS, Gong JE, Choe JS, Park YH, Lee JY, Kim HR (2011) The changes of energy nutrient intake, frequently consumed dishes and staple food consumption: Based on the first to the fourth (1998~2008) Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES I~IV-2). *Korean J Community Living Sci* 22(4): 669-678.
- AOAC (1995) Official Method Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Bae DB, Kim KH, Yook HS (2016) Quality characteristics of noodles added with red lentil powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45(9): 1338-1343.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181(4617): 1199-1200.
- Chong HS, Park CS (2003) Quality of noodle added powder of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. *Food Sci Preserv* 10(2): 200-205.
- Han GS (2017) Consumption status of commercial staple food in Korean adults: data from 2010~2014 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Culi Sci & Hos Res* 23(8): 54-66.
- Huis VA, Itterbeek VJ, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P (2013) Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. Food and agriculture organization of the United nations (FAO), Rome, Italy.
- Hwang DS, Lim CH, Lee SH, Yun EY (2022) Activation plan for the edible insect industry by improving perception. *Food Sci Ind* 55(2): 128-139.
- Hwang HJ, Park HN, Lee SJ (2019) Quality characteristics and antioxidant activities of wet noodle added with seunggumcho (*Angelica gigas* N leaf) powder. *Korean J Food Sci Technol* 51(2): 120-126.
- Hwang SY, Choi SK (2015) Quality characteristics of muffins containing mealworm (*Tenebrio molitor*). *Culi Sci & Hos Res* 21(3): 104-115.
- Jang M, Lee JE, Yu HH, Rho JO (2022) Optimization of *Sulgidduck* prepared with mealworm powder, sugar and skim milk powder using the response surface methodology. *J East Asian Soc Diet Life* 32(1): 21-33.
- Jang MS, Park JI, Jeong YG, Shim KB (2019) Effect of squid hydrolysate and squid powder on the quality characteristics of dried noodles with squid. *Food Sci Preserv* 26(6): 620-630.
- Jeon AR, Chung HJ (2018) Quality characteristics of *Yanggaeng* made with different concentration of mealworm powder. *J Korean Soc Food Cult* 33(2): 169-175.
- Jeong HY, Sung KH, Park JH (2018) Quality characteristics and antioxidant activities of wet noodles added with *Rubus coreanus* Miquel powder. *FoodService Industry Journal* 14(2): 7-20.
- Jin KN, Jeong EJ, Kim YS (2021) Antioxidant components and antioxidant activities of mealworm (*Tenebrio molitor*

- larvae). J Food Hyg Saf 36(1): 86-92.
- Kim DS, Ahn JB, Choi WK, Han GP, Park ML, Kang BN, Kim DH, Choi SH (2015) Quality characteristics of noodles added with tomato powder. Culi Sci & Hos Res 21(1): 129-142.
- Kim HH, Han JH (2023) Consumers' purchase intentions and purchase increase factors for edible insect-added foods: Focused on Jeonnam·buk and Gyeongnam regions. Korean Journal of Food Marketing Economics 40(2): 87-108.
- Kim HS, Yoo BG, Hong JP, Byun EH (2023) Low-temperature extracts of *Tenebrio molitor* larvae modulate immune activity in macrophages through the MAPKs and NF- $\kappa$ B signaling pathways. Korean J Food Sci Technol 55(3): 213-219.
- Kim MH (2022) Quality characteristics of noodles with *Tremella fuciformis* Berk powder. Korean J Community Living Sci 33(2): 263-274.
- Kim YK, Kim IY, Jeong YH (2019) Quality characteristics of white pan bread added with *Tenebrio molitor* powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 48(2): 253-259.
- Ko EJ, Sim KH (2024) Quality characteristics and antioxidant activity of noodle supplemented with *Solidago virgurea* spp. gigantea powder. J East Asian Soc Diet Life 34(6): 527-536.
- Ko JY, Woo KS, Kim JI, Song SB, Lee JS, Kim HY, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS (2013) Effects of quality characteristics and antioxidant activities of dry noodles with added sorghum flour by characteristics of endosperm. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(8): 1227-1235.
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation (2024) Current Status of Subdivided Processed Food Market: Noodles. <https://www.atfis.or.kr> (accessed on 14. 11. 2025).
- Kröncke N, Benning R (2023) Influence of dietary protein content on the nutritional composition of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). Insects 14(3): 261.
- Kwak DY, Kim JH, Choi MS, Shin SR, Moon KD (2002) Effect of hot water extract powder from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed on quality of noodle. J Korean Soc Food Sci Nutr 31(3): 460-464.
- Kwon HW, Rhee MH, Shin JH (2024) Inhibitory effects of *Tenebrio molitor* extract on platelet function and thrombus formation through glycoprotein IIb/IIIa suppression. J Korean Soc Food Sci Nutr 53(1): 24-30.
- Lee HS, Kim WY, Yang JE, Park SH, Jhee OH, Ly SY (2021) Quality and characteristics of yanggaeng made with mealworm powder. Korean Journal of Human Ecology 30(1): 169-179.
- Lee J, Jung MJ, Park JY, Hong JS, Lee GY, Nam JW, Jun JY, Kim BM (2024) Quality characteristics of dried noodles prepared with red snow crab body shell powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 53(12): 1294-1303.
- Lee SM, Han JS, Kim AJ (2019) Quality evaluation of *perilla* seed Gangjung added with mealworm powder. Asian J Beauty Cosmetol 17(2): 187-197.
- Lee YE, Nam JK, Min YR, Jang HW (2024) A study of the nutritional composition of *Tenebrio molitor* larvae as a food source. Korean J Food Sci Technol 56(3): 285-283.
- Lee YJ, Ju YE, Cho EC, Park SJ, Kim DH, Hwang HJ, Yoon JA, Shin KO (2023a) Quality characteristics and nutritional functions of bread added with *Tenebrio molitor* linnaeus (mealworm) powder. J East Asian Soc Diet Life 33(4): 251-263.
- Lee YJ, Ju YE, Park SJ, Hwang HJ, Shin KO (2023b) Development of dacuise using *tenebrio molitor* Linne (mealworm) powder. J East Asian Soc Diet Life 33(2): 128-136.
- Ministry of Food and Drug Safety (2025a) Food Code. Chapter 5. Standards and Specifications for Each Food Product (Notification No. 2025-56) <https://various.foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 19. 12. 2025).
- Ministry of Food and Drug Safety (2025b) Food Code. [Annex 1] List of Raw Materials Converted from Temporary Standards and Specifications. (Notification No. 2025-56). <https://various.foodsafetykorea.go.kr> (accessed on 19. 12. 2025).
- Na SY, Sim KH (2018) Antioxidant activities and quality characteristics of noodle with added apios (*Apios americana* Medikus) cultivated in Korea. Korean J Food Nutr 31(6): 844-857.
- Nam HH, Sim KH (2021) Quality characteristics of *Garaedduk* enriched with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder. Korean J Food Nutr 34(3): 272-288.
- Oh ST, Kim HY, Lee GH (2024) Properties of wet noodles made with various sea salt concentration by using domestic wheat. J Korean Soc Food Sci Nutr 53(3): 281-287.
- Park BH, Koh KM, Cha MH, Kim OJ, Jeon ER (2016) Quality characteristics of dried noodle prepared with strawberry

- powder. J Korean Soc Food Cult 31(1): 88-95.
- Park JH, Choi JE, Lee JH (2015) Selected physicochemical and consumer preference characteristics of noodles incorporated with sweet pumpkin powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(2): 291-295.
- Rhee SK, Lee KB, Son JY (1999) Prediction of shelf-life and quality changes of dried noodle during storage period. J Korean Soc Food Sci Nutr 15(2): 127-132.
- Seo HJ, Cho IH (2018) Physico-chemical and affective properties of bagel made with mealworm (*Tenebrio molitor* L) powder. Korean J Food Cook Sci 34(6): 569-575.
- Shin KE (2024) Quality and characteristics of senoir-friendly *Cheongpomook* added mealworm. Culi Sci & Hos Res 30(7): 39-47.
- Son YJ, Lee JC, Hwang IK, Nho CW, Kim SH (2019) Physicochemical properties of mealworm (*Tenebrio molitor*) Powders manufactured by different industrial processes. LWT-Food Sci Technol 116: 108514.
- Sung KH (2022) Quality characteristics of porridge added with edible insect (*Tenebrio molitor*). FoodService Industry Journal 18(1): 69-80.
- Thévenot A, Rivera JL, Wilfart A, Maillard F, Hassouna M, Senga-Kiesse T, Le Féon S, Aubin J (2018) Mealworm meal for animal feed: Environmental assessment and sensitivity analysis to guide future prospects. J Clean Prod 170: 1260-1267.
- Xie X, Yuan Z, Fu K, An J, Deng L (2022) Effect of partial substitution of flour with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder on dough and biscuit properties. Foods 11(14): 2156.
- Yoon JK, Jin JW, Min YR, Jang HW (2024) Quality characteristics and antioxidant activities of soymilk prepared with *Tenebrio molitor* larvae powder. Korean J Food Sci Technol 56(5): 616-621.

---

Date Received Nov. 17, 2025  
Date Revised Dec. 19, 2025  
Date Accepted Dec. 26, 2025