

## 밀웜 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성 및 영양적 기능

이유진<sup>1</sup> · 주영은<sup>1</sup> · 조은채<sup>2</sup> · 박수진<sup>1</sup> · 김도희<sup>1</sup> · 황효정<sup>3</sup> · 윤진아<sup>4</sup> · 신경옥<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>삼육대학교 식품생명산업학과 석사과정, <sup>2</sup>삼육대학교 융합과학과 식품전공 박사과정,  
<sup>3</sup>삼육대학교 식품영양학과 교수, <sup>4</sup>강서대학교 식품영양학과 교수

### Quality Characteristics and Nutritional Functions of Bread Added with *Tenebrio molitor* Linnaeus (Mealworm) Powder

Yoo-Jin Lee<sup>1</sup>, Young-Eun Ju<sup>1</sup>, Eun-Chae Cho<sup>2</sup>, Su-Jin Park<sup>1</sup>, Do-Hui Kim<sup>1</sup>, Hyo-Jeong Hwang<sup>3</sup>,  
Jin A Yoon<sup>4</sup> and Kyung-Ok Shin<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Master Student, Dept. of Food Science and Biotechnology, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

<sup>2</sup>Doctoral Course, Dept. of Convergence Science, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

<sup>4</sup>Professor, Dept. of Food and Nutrition, Gangseo University, Seoul 07661, Republic of Korea

#### ABSTRACT

This study examined the nutritional and quality characteristics of bread manufactured using *Tenebrio molitor* Linnaeus powder. As the amount of mealworm powder increased, the moisture content decreased, and the ash, crude protein, and crude fat contents increased. The weight, specific volume, and cooking loss rate were higher in the control group, and dough yield, and the magnesium and zinc contents were higher in the group with 30% mealworm powder. In addition, the contents of essential and non-essential amino acids, total phenol content, total flavonoid content, and ABTS and DPPH radical scavenging activities were very high in the group with 30% mealworm powder. In the chromaticity of bread, the L and b values decreased, and the a value increased as the amount of mealworm powder increased. As a result of the sensory evaluation, color, odor, taste, and overall acceptability were the highest in the group containing 5% mealworm powder. Overall, bread with the best acceptability will be produced after adding 5% of mealworm powder.

Key words: *Tenebrio molitor* Linnaeus, bread, mineral, amino acid, antioxidant

#### 서 론

90년대 이후, 식생활의 변화는 육류의 섭취를 증가시켰으며, 국내 육류시장의 소비량을 조사한 결과, 2000년부터 2017년도까지 국내 연간 소비량은 닭고기 112.8%, 돼지고기 63.1%, 소고기 44.8% 순으로 증가하였다(Korea Meat Distribution Export Association 2017). 육류의 소비량 증가는 가축의 대량 생산량 증가로 이어지면서 동물의 이산화탄소 배출 및 분뇨의 다량 배출 등에 의한 환경오염, 비효율적인 사료 소비, 동물들과 인간 간의 새로운 감염병(광우병, 아프리카돼지열병, 조류독감 등) 발생, 비인간적인 사육 및 도축, 지나친 육류 섭취에 의한 만성퇴행성질환 발병 등의 많은 문제가 발생되고 있다(Teo MJ & Kim YP 2015).

이러한 문제를 해결하기 위해 단백질 급원으로 곤충에 대

한 관심도와 연구가 증가하고 있으며, 곤충으로 가공된 식품은 세계인구의 증가에 따른 식량부족 현상을 해결할 방안으로 각광받는 식량자원이다(Min KT 등 2016; Kim YK 등 2019). 곤충은 동물 사료용 먹이뿐만 아니라, 인류 역사상 중요한 식품으로서 아프리카, 아시아, 아메리카 등에서 오랫동안 식품으로 사용되어 왔다(Alves AV 2016). 선행연구(Barnes AI & Siva-Jothy MT 2000; Yoo JM 등 2013; Kim YJ & Park YG 2016; Kim YK 등 2019)에서는 곤충을 식용으로 사용 가능한 장점을 제한아미노산을 보충하기 위한 아미노산의 풍부, 동물을 사육하는 것보다 생산과정이 친환경적이고, 생육공간이 많이 요구되지 않으며, 생산기간이 짧고, 생물학적 폐기물 생성이 적다고 강조하고 있다. 또한 우리나라 식품공전에서는 밀웜(갈색거저리), 장수풍뎅이 유충, 흰점박이꽃무지 유충, 벼메뚜기, 누에번데기, 백강잠, 쌍별귀뚜라미 등을 식용곤충으로 제시하고 있다(Kim SH 등 2014). 최근 곤충 중 식량자원으로 활용도가 높은 밀웜은 딱정벌

\* Corresponding author : Kyung-Ok Shin, Tel: +82-2-3399-1657, Fax: +82-2-3399-1655, E-mail: skorose@syu.ac.kr

레목 거저리과에 속한 *Tenebrio molitor* Linnaeus의 유충이다 (Kim YM 2017b). 선행 연구(Yoo JM 등 2013; Kim YM 2017b)에서는 밀웜에 leucine, lysine, threonine, valine 등의 필수아미노산의 함량이 높으며, 감칠맛을 내는 glutamic acid의 함량도 높다고 보고되었다. 농림축산식품부에서는 밀웜을 식용으로 권장하는 의미로 밀웜에 고소애라는 이름을 제안하였으며(Jung CE 2013), 밀웜 유충 식품 재료 사용은 2012년에는 3%에서 2015년에는 6%로 매년 증가하고 있다 (Kim YJ 등 2015).

국내 밀웜 첨가 식빵 연구로는 열풍건조 갈색거저리 유충 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성(Kim YM 2017a), 동결건조 갈색거저리 분말 첨가 식빵 제조(Kim YM 2017b), 갈색거저리 유충 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성(Kim YK 2019) 등이 있으며, 그 외에 밀웜 분말 첨가 머핀의 품질 특성(Hwang SY & Choi SK 2015), 갈색거저리 유충 분말을 이용한 쿠키 제조 및 품질평가(Min KT 등 2016) 등이 진행되었다. 국외 밀웜 첨가 연구로는 단백질 강화를 위한 밀웜 분말을 첨가한 이용한 빵의 물성, 미생물 및 영양적 특성(Roncolini A 등 2019), 식빵에 귀뚜라미 및 밀웜 분말 첨가와 무기질 함량과의 관계(Cozmuta AM 등 2022), 밀웜 분말을 첨가한 식빵의 물리화학적, 감각 및 최종 제품의 미생물학적 특성(Gantner M 등 2022) 등이 있다.

빵은 문화 및 지역적 특색에 따라 종류와 형태가 매우 다양하며(Kim YK 등 2019), 식빵은 대표적인 빵의 기본 형태이다. 식빵은 재료가 단순하여 쉽게 만들 수 있으며, 채소류, 견과류 등을 첨가하여 기호도에 맞게 다양한 조리 방법으로 만들 수 있다. 또한 식빵은 첨가물의 특성을 비교하기 좋은 형태이며, 국내 빵 소비량의 15%를 차지한다고 보고되었다 (Choi SN 등 2014). 20세기 이후 건강에 대한 관심도가 증가하면서 건강에 도움이 되는 식품의 소비량이 급증하였으며, 이는 식빵 재료에 기능성을 가진 식재료를 첨가하여 제품을 개발하는 연구가 지속적으로 이루어지고 있다(Van Huis A 등 2013; Kim YK 등 2019).

따라서 본 연구에서는 최근 곤충 시장에서 각광을 받고 있고, 연구가 많이 진행되고 있는 밀웜을 활용하여 본 연구실에서 개발한 레시피를 이용하여 밀웜 첨가 식빵을 제조하여 영양학적인 품질 특성을 파악하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 밀웜 식빵 재료 배합

실험 재료는 강력분(CJ, Yangsan, Korea), 밀웜 분말(Green insect powder, Jeollanam-do, Korea), 우유(Samyang Corp., Seoul, Korea), 버터(Lotte Food, Cheonan, Korea), 설탕(CJ,

Incheon, Korea), 이스트(Littes, Gunpo, Korea), 소금(CJ, Sinan, Korea)을 사용하였다. 밀웜 분말을 첨가하여 제조한 식빵은 직접 반죽하여 제조하였으며, 밀웜 분말의 첨가량을 달리한 식빵의 배합표는 Table 1과 같다. 유지류인 버터를 제외한 모든 재료를 반죽기(KMC550, Kenwood, Warford, UK)에 넣고, 저속인 1단으로 재료를 혼합하였다. 클린업단계에서 버터를 넣어서 중속으로 혼합 속도를 변경하면서 최종단계까지 혼합한 후, 발효는 발효기(G-JH200, Goyang, Korea)에서 75분간 발효(건열 26℃, 습열 60℃) 하였다. 1차 발효가 끝난 후, 반죽을 200 g씩 분할하여 둥글리기를 하였고, 중간 발효는 10분이었다. 식빵 모양으로 성형한 반죽을 풀면 식빵전용 팬에 팬닝하고, 2차 발효를 35분간(건열 36℃, 습열 86℃) 하였다. 오븐(SPS43K, Smeg, Seoul, Korea)을 이용해 180℃에서 25분간 구워서 완성하였다. 완성한 식빵은 실온에서 1시간 동안 완전히 식힌 다음, -50℃~-40℃ 사이에서 동결 건조(FDTL-4504, Operon, Gimpo, Korea)하여 분말로 만든 후, -20℃ 냉동고에서 보관하면서 시료로 사용하였다(Fig. 1).

### 2. 일반성분 분석

일반성분은 Choi KS 등(2016)의 방법을 응용하여 분석하였다. 수분함량은 105℃ 상압 가열 건조법을 활용하여 건조기(FS-620, Toyo Seisakusho Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하였고, 조회분은 회화로(KL-160, Toyo Seisakusho Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 건식회화법, 조단백질 함량은 Kjeltec system(Kjeltec TM 2300, FOSS, Hoganas, Sweden)을 사용한 Kjeldahl법 및 조지방 함량은 Soxhlet(SOX606, LABTECH, Seoul, Korea) 추출법을 이용해 분석하였다.

Table 1. Formulas of the bread prepared by different ratio mealworm powder

Ingredients (g)	Mealworm powder (%)					
	0	5	10	15	20	30
Bread flour	54	51.3	48.6	45.9	43.2	37.8
Mealworm powder	0	2.7	5.4	8.1	10.8	16.2
Milk	36	36	36	36	36	36
Butter	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
Sugar	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Yeast	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Salt	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Total					100	

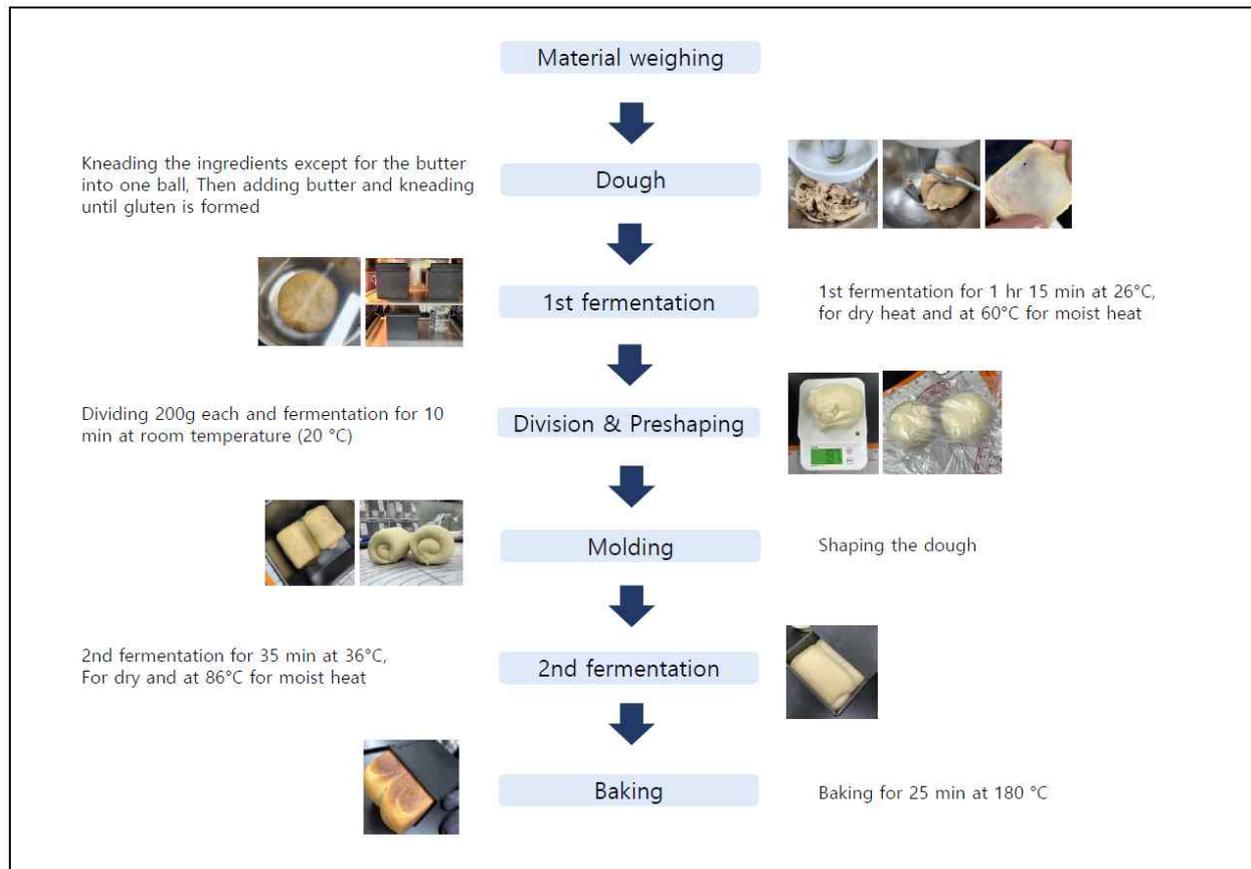


Fig. 1. The process of making bread with mealworms.

### 3. 무게, 비용적, 굽기 손실률, 반죽 수율, 반죽 발효팽창력 및 경도 측정

무게, 비용적, 굽기 손실률, 반죽 수율은 Jeon SH & Kim MR(2020)의 방법을 응용하여 분석하였다. 식빵의 무게는 실온에서 1시간 방랭한 후에 전자저울(KB-500, Kyungin, Seoul, Korea)을 사용하여 무게를 측정하였고, 비용적은 식빵 무게에 대한 식빵 부피의 비(mL/g)로 측정하여 표시하였다. 굽기 손실률은 반죽 무게와 식빵 무게의 차이로 굽는 동안에 손실된 무게의 비율을 구한 것으로 계산하였다. 반죽 수율은 2차 발효가 완료된 반죽의 무게와 식빵의 무게를 각각 측정하여 아래의 식으로부터 반죽 수율을 계산하였다.

$$\text{Dough yield (\%)} = \frac{\text{Dough weight before baking}}{\text{Bread weight after baking}} \times 100$$

반죽의 발효팽창력은 반죽이 끝난 각각의 반죽 50 g를 채취하여 실험조각이 용이하도록 덧가루를 바르고 500 mL 메스실린더에 넣은 후 온도 27°C, 상대습도 80%의 발효실에서 120분간 발효시키면서 10분 간격으로 반죽의 팽창부피를 측

정하였다(Kim YH 등 2020).

식빵의 경도(hardness) 분석은 Cha SH 등(2020)과 Kim JY 등(2021)의 방법을 활용하여 2 × 2 × 2 cm의 크기로 절단한 식빵을 texture analyser(TAXT plus/50 Stable Micro Systems, Bucheon, Korea)를 사용하여 측정하였다. 분석 조건은 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post test speed 2.0 mm/s이었으며, 원통 probe를 이용하여 측정하였고, 경도를 평가하였다.

### 4. 무기질 분석

칼슘, 구리, 마그네슘, 아연의 무기질 함량은 Kim HR 등(2007)과 Choi KS 등(2016)이 제시한 방법에 따라 분석하였다. 동결 건조시킨 분말 시료의 전처리는 건식분해법에 따라 분해 및 여과하여 증류수로 100 mL까지 정용한 시험용액으로 하였으며, 시료를 넣지 않은 공시험도 같은 방법으로 실시하였다. 전처리 된 시험용액은 유도결합 플라즈마 분광기(ICP-AES, Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrophotometer, Z 6100, Hitachi, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석 조건에 맞추어 분석하였다.

### 5. 아미노산 성분 분석

아미노산 성분 분석은 한국기초과학지원연구원(Daejeon, Korea)에 분석 의뢰하였다. 아미노산 분석을 위해 식빵을 일정량을 취한 후 PICO-Tag법에 의하여 phenyl isothiocyanate (PITC) labeling을 실시하였다. PITC labeling된 시료를 400  $\mu$ L의 buffer(1.4 mM NaHAc+0.1% Triethylamine+6% CH<sub>3</sub>CN; pH 6.1)에 녹인 후, 그 중 10  $\mu$ L를 취하고, RP-HPLC(Waters 510, Milford, MA, USA)에 주입하여 분석하였다. Waters Pico-tag column (3.9  $\times$  300 mm, 4.0  $\mu$ m)을 이용하여 용매 A와 용매 B를 1 mL/min 유속으로 사용하였다. 용매 A는 140 mM sodium acetate(6% acetonitrile)이고, 용매 B는 60:40(%) acetonitrile: water이었다. Waters 2487 UV detector(Youngseong Techpia, Incheon, Korea)를 이용하여 254 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다(Cha SH 등 2020; Kim JY 등 2021).

### 6. 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성 분석

총 페놀 함량 측정은 Shin KO & Eum YC(2021)의 방법을 활용하여 측정하였다. 25 mL 용량플라스크에 동결 건조시킨 분말 시료 1 mL를 취한 다음, 9 mL의 증류수를 추가하였다. 1 M의 Folin-ciocalteu's phenol reagent 1 mL를 넣고 상온에 5분 동안 방치한 후, 7% NaCO<sub>3</sub> 10 mL를 넣고 용량플라스크의 총량까지 증류수를 첨가하였다. 23°C에서 1시간 동안 방치한 다음, 암소에서 반응시켰으며, 750 nm에서 흡광도 측정은 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)를 이용하였다. 총 페놀 함량은 표준물질 gallic acid를 사용하여 함량은 mg gallic acid equivalent (mg GAE)/g로 표시하였다. 총 플라보노이드 함량 측정은 Shin KO & Eum YC(2021)의 방법을 응용하여 측정하였다. 동결 건조시킨 분말 시료 1 mL의 추출물에 4 mL의 증류수를 추가한 후, 5% NaNO<sub>2</sub> 0.3 mL를 혼합하여 상온에 5분 동안 방치하였다. 10% AlCl<sub>3</sub> 0.3 mL를 넣고 상온에서 6분 동안 방치한 후, 1 M의 NaOH 2 mL를 추가한 다음, 증류수 2.4 mL를 넣었다. 총 용액의 부피를 10 mL로 맞춘 다음, 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. Catechin을 표준물질로 표준곡선을 만들었으며, 총 플라보노이드 함량은 catechin의 표준곡선을 이용하여 mg catechin equivalent(mg CE)/g으로 환산하였다. 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) 라디칼 소거활성은 Re R 등(1999)의 방법을 응용하여 측정하였다. 동결 건조시킨 분말 시료를 에탄올로 용해시키고 100 mg/mL 농도로 만들었다. 7.4 mM ABTS(Sigma- Aldrich, Spruce, MO, USA) 수용액과 2.6 mM potassium persulfate(Samchun Pure Chemical,

Seoul, Korea) 수용액을 1:1로 혼합한 다음, 실온에서 24시간 암소에서 보관한 후, phosphate-buffered saline 용액과 1:72 비율로 혼합하였다. 혼합한 시료 추출물 0.05 mL과 ABTS 용액 0.95 mL를 혼합 후, 암소에서 10분 동안 방치하였고, 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 파장 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 표준물질로 Trolox를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 시료의 항산화력을  $\mu$ mol trolox equivalent antioxidant capacity( $\mu$ mol TEAC)/g dry weight로 나타내었다.

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거활성 측정 과정 중 DPPH stock solution은 24 mg DPPH를 methanol 100 mL에 용해시킨 후 -20°C에서 보관하면서 사용하였다. DPPH 용액은 515 nm에서 흡광도 값 1.1( $\pm$ 0.02)이 되도록 methanol로 희석하여 사용하였다. Radical inhibition(%)이 20~80%가 되도록 희석한 50  $\mu$ L 조제 시료와 2 mL DPPH 용액을 혼합하여 실온의 암소에서 30분간 반응시킨 후, methanol을 대조군(blank)으로 하여 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)를 이용해서 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Thaipong K 등 2006; Yang M & Shin KO 2022). DPPH 라디칼 소거활성은 표준물질인 Trolox의 표준곡선을 이용하여 환산한 후, 소거활성(TEAC)을  $\mu$ mol TEAC/g dry weight로 나타내었다.

### 7. 밀웜 식빵의 전체 면 관찰 및 색도 측정

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 전체 면은 디지털카메라(Ev-nxflza2pkr, Samsung, Suwon, Korea)로 촬영하여 특성을 관찰하였다. 색도 분석은 색차계(CR-400 Koica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 분석하였다. 먼저 기기에 표준백판(L=93.97, a=-0.63, b=3.85)을 사용하여 보정하였고, 절단된 시료를 원형 cell에 넣어 L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness) 값을 측정하였다.

### 8. 관능평가

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 관능검사는 식품영양학과 대학생 11명을 대상으로 실시하였다. Kim MH(2022)에서 제시한 방법에 의해 검사요원들에게 실험 목적과 평가 방법을 설명한 후, 관능평가에 응하도록 하였다. 시료는 제조 후, 30분 동안 방냉한 것을 이용하였고, 난수표를 이용하여 3자리 숫자로 표시하였다. 모든 시료는 동시에 제공하였다. 검사요원들을 대상으로 6개의 시료들에 대한 색(coler), 냄새(odor), 맛(taste) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)를 매우 좋다: 7점, 매우 싫다: 1점으로서 7점 기호도 척도를 이용하여 평가하였다.

## 9. 통계처리

밀웜 분말을 첨가한 식빵에 대한 영양적인 특성에 대한 실험 자료는 SPSS 23.0 program(IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 각 시료에 대한 Mean±S.D.로 나타내었다. 시료 간의 차이분석을 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의적 차이( $p<0.05$ )를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 일반성분

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 일반성분 분석결과는 Table 2와 같다. 수분 함량은 대조군에서 31.99%, 밀웜 분말 10%, 15% 및 20% 첨가군에서는 각각 33.72%, 32.75%, 33.52%로 조사되었으며, 밀웜 분말 30% 첨가군에서는 30.73%로 유의하게 낮아졌다( $p<0.05$ ). 조회분 함량은 대조군에 0.83%로 가장 낮은 수치를 보였으며, 밀웜 분말 5% $<$ 10% $<$ 15% $<$ 20% $<$ 30% 첨가군으로 갈수록 조회분 함량은 각각 1.04% $<$ 1.22% $<$ 1.38% $<$ 1.49% $<$ 1.62%로 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ). 조단백질 함량은 대조군이 11.75%, 밀웜 분말 5%, 10%, 15%, 20% 및 30% 첨가군이 각각 13.27% $<$ 14.52% $<$ 16.51% $<$ 19.29% $<$ 23.69%로 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ). 조지방 함량은 대조군과 밀웜 분말 5% 첨가군에서 각각 6.25%와 6.42%로 유의한 차이는 없었지만, 밀웜 분말의 함량 10%, 15%, 20% 및 30%로 증가할수록 각각 7.03% $<$ 7.48% $<$ 7.91% $<$ 9.15%로 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ). Kim YM(2017a)의 연구에서는 밀웜 분말을 첨가한 식빵에서 수분 30.93~32.64%, 조단백질 10.52~11.78%, 조지방 7.50~9.03%, 조회분 1.11~1.76%로 나타났으며, 식빵에 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 유의하게 높아졌다고 보고하였다. 쌍별귀뚜라미 분말의 수분 6.2%, 조단백질 65.02%, 조지방 18.25% 및 조회분 5.22%로 나타났으며(Baik WS 등 2022), 흰점박이꽃무지 유충의 조단백질 함량은 58%, 장수풍뎅이 유충의 조단백

질 함량은 39% 수준으로 보고되었다는데(Chung MY 등 2013; Baek MH 등 2017), 곤충을 활용하여 식품을 가공할 때 단백질 섭취 비율을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 홍삼정과 부산물을 첨가한 식빵 연구(Lee ES 2017)에서는 홍삼정과 부산물 첨가량이 0%, 10%, 20% 및 30% 첨가군에서 수분은 40.10%에서 38.30%, 조지방은 1.96%에서 2.65%, 조회분은 2.16%에서 1.79%, 조단백질은 14.30%에서 11.74%로 나타났으며, 홍삼정과 부산물의 첨가량이 증가할수록 조지방 함량이 증가하였다고 보고하였다. 또한 동충하초 분말을 첨가한 식빵의 경우 조지방은 4.23~4.74%, 조단백질은 7.38~8.95%로 유의하게 증가하였으며(Juonng HS 등 2008), Kim YM(2017b)에서도 식빵에 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 조회분, 조단백질, 조지방 함량은 증가한다고 보고하였는데, 이는 본 연구결과에 유사한 결과를 보였다.

### 2. 무게, 비용적, 굽기 손실률, 반죽 수율, 반죽 발효팽창력 및 경도

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 무게, 비용적, 굽기 손실률, 반죽 수율, 반죽 발효팽창력 및 경도 측정은 Table 3과 Fig. 2에 제시하였다. 식빵의 무게는 대조군에서 365.60 g으로 가장 낮은 수치를 보였으며, 밀웜 분말 5% 첨가군에서 375.40 g으로 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 비용적은 대조군에서 4.16 mL/g으로 가장 높았고, 밀웜 분말 30% 첨가군에서 2.30 mL/g으로 유의하게 낮은 수치를 보였다( $p<0.05$ ). 조리손실률은 대조군에서 8.55%이고, 밀웜 분말 5% 첨가군에서 5.93%의 수치를 보이다가 다시 상승하여 밀웜 분말 10% 첨가군(7.54%)부터 다시 낮아지는 경향을 보였다. 반죽 수율은 대조군에서 91.45%을 보였고, 밀웜 첨가군에서는 92.46~94.07% 정도의 수치를 보였다. 식빵의 무게는 차전자피 분말 15% 첨가군에서 471.62 g으로 가장 높았고, 식빵의 부피는 대조군이 2,087.11 mL에 비해 차전자피 분말 15% 첨가군에서 1,334.59 mL로 가장 높았으며, 특히 식빵의 부피는 반죽 및 굽는 과정에서 발생한 가스와 글루텐 그물망 구조에 갇혀 있

Table 2. General analysis of breads with mealworm powder

Composition (%)	Mealworm powder content (%)					
	0	5	10	15	20	30
Moisture	31.99±0.04 <sup>1)c2)</sup>	31.04±0.13 <sup>c</sup>	33.72±0.09 <sup>a</sup>	32.75±0.11 <sup>b</sup>	33.52±0.17 <sup>a</sup>	30.73±0.10 <sup>d</sup>
Crude ash	0.83±0.04 <sup>c</sup>	1.04±0.01 <sup>d</sup>	1.22±0.10 <sup>c</sup>	1.38±0.03 <sup>c</sup>	1.49±0.05 <sup>b</sup>	1.62±0.05 <sup>a</sup>
Crude protein	11.75±0.14 <sup>c</sup>	13.27±0.32 <sup>d</sup>	14.52±0.04 <sup>d</sup>	16.51±0.07 <sup>c</sup>	19.29±0.16 <sup>b</sup>	23.69±0.26 <sup>a</sup>
Crude fat	6.25±0.10 <sup>d</sup>	6.42±0.13 <sup>d</sup>	7.03±0.01 <sup>c</sup>	7.48±0.07 <sup>b</sup>	7.91±0.07 <sup>b</sup>	9.15±0.10 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

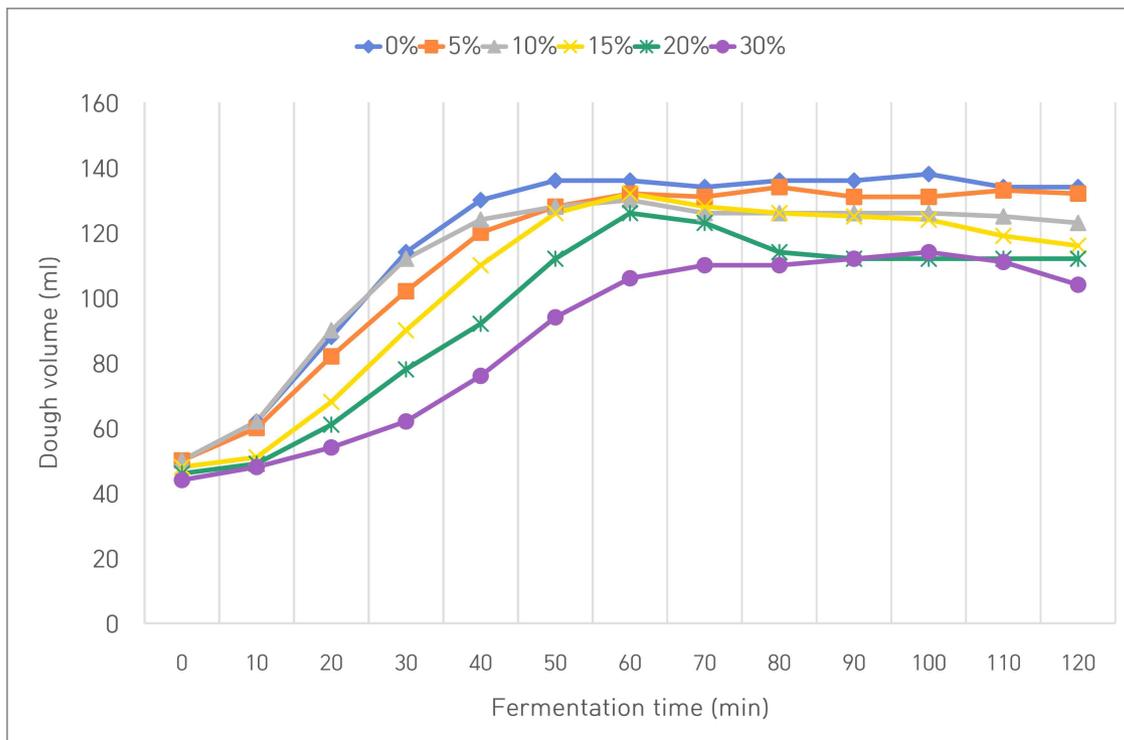
<sup>2)</sup> In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

**Table 3. Changes of weight, specific volume, baking loss rate, and dough yield of breads with mealworm powder**

Variables	Mealworm powder (%)					
	0	5	10	15	20	30
Weight (g)	365.60±0.46 <sup>1)b2)</sup>	375.40±1.15 <sup>a</sup>	369.20±1.23 <sup>b</sup>	371.90±2.17 <sup>a</sup>	373.70±2.42 <sup>a</sup>	373.50±2.62 <sup>a</sup>
Specific volume (mL/g)	4.16±0.00 <sup>a</sup>	3.61±0.02 <sup>b</sup>	3.93±0.01 <sup>b</sup>	3.48±0.03 <sup>c</sup>	2.82±0.01 <sup>d</sup>	2.30±0.02 <sup>d</sup>
Baking loss rate (%)	8.55±0.28 <sup>a</sup>	5.93±0.36 <sup>d</sup>	7.54±0.35 <sup>b</sup>	6.64±0.30 <sup>c</sup>	6.07±0.37 <sup>c</sup>	6.26±0.41 <sup>c</sup>
Dough yield (%)	91.45±0.28 <sup>d</sup>	94.07±0.36 <sup>a</sup>	92.46±0.35 <sup>c</sup>	93.92±0.30 <sup>b</sup>	93.92±0.37 <sup>b</sup>	93.74±0.41 <sup>b</sup>
Hardness	13.33±8.08 <sup>e</sup>	17.00±5.29 <sup>b</sup>	27.00±7.81 <sup>a</sup>	27.33±1.53 <sup>a</sup>	27.33±4.51 <sup>a</sup>	27.67±6.66 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>2)</sup> In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

**Fig. 2. Fermentation expansion of dough with mealworm powder.**

는 가스 보유력에 의해 영향을 받게 된다고 보고하였다(Jeon SH & Kim MR 2020). 또한 비용적은 대조군에서 4.51 mL/g로 가장 높은 값을 나타냈으며, 비용적은 첨가되는 부재료의 종류와 첨가되는 양에 따라 영향을 받으며, 비용적이 높을수록 발효 과정에 도움을 준다고 보고하였다(Jeon SH & Kim MR 2020). 식빵의 무게는 마테 분말 12% 첨가군에서 가장 높았으며, 부피와 비용적은 대조군에서 높았고, 조리손실률은 마테 분말 3% 첨가군에서 가장 높았다고 보고하였다(Lee MH 2018). 매생이 분말 첨가 식빵(An HL 등 2008), 쭉 분말 첨가 식빵(Jung IC 2006) 및 녹차 분말 첨가 식빵(Hwang SY

등 2001)에서도 식재료의 분말 함량이 증가할수록 비용적이 감소하였으며, 이는 식재료 첨가에 의한 글루텐 방해에 의한 것으로 보고하여 있으며, 본 연구와 같은 경향을 보였다.

본 연구에서 밀웜의 함량을 달리하여 반죽을 1차 발효 조건하에 120분간 발효시키면서 측정된 반죽의 부피 팽창력은 전반적으로 모든 시료에서 60분까지 발효에 의한 부피 팽창 정도가 급격히 증가하였고, 60분 이후에는 큰 변화는 없었다. 그러나 반죽의 발효 팽창력은 대조군(2.68배)에서 높았으며, 밀웜 분말 30% 첨가군에서 2.36배로 유의하게 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 이는 Lee ES 등(2017)과 Song SH & Shin GM

(2016)의 연구에서 각각 홍삼정 부산물과 홍삼분말을 첨가한 식빵 제조과정에서 나타난 반죽의 발효 팽창력 변화와 본 연구의 결과가 유사하였으며, 이는 강력분의 일부가 식재료인 밀웜 분말로 대체됨에 따라 글루텐 형성이 저하되어 가스 보유력이 낮아진 결과라고 사료된다.

본 연구의 경도 측정 결과, 대조군(13.33)에 비해 밀웜 분말 10% 첨가군(27.00)부터 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ). 이는 Lee MH(2018)의 연구와 같은 양상을 보였으며, 밀웜 분말의 첨가량에 따른 식빵의 부피가 작아짐에 따라 식빵의 기공이 작아지고 밀도가 높아지면서 경도에 영향을 준다고 판단된다.

### 3. 무기질 함량

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 무기질 함량은 Table 4에 제시하였다. 칼슘의 함량은 100 g 당 대조군과 밀웜 분말 5% 첨가군에서 각각 573.25 mg과 568.01 mg이었으며, 구리의 함량은 100 g 당 밀웜 분말 30% 첨가군에서 8.05 mg으로 가장 높은 수치를 보였다( $p < 0.05$ ). 마그네슘 함량은 100 g 당 밀웜 분말 30% 첨가군에서 616.18 mg으로 가장 높은 수치를 보였고, 대조군에서는 239.17 mg으로 가장 낮은 수치를 보였다( $p < 0.05$ ). 아연의 함량은 100 g 당 밀웜 분말 30% 첨가군에서 32.60 mg으로 가장 높은 수치를 보였으며, 대조군에서는 13.88 mg으로 가장 낮은 수치를 보였다( $p < 0.05$ ). 선행 연구(Park SY 2018)에서 야생당근 분말을 2% 첨가한 쿼리 식빵의 경우 나트륨은 395.19 mg, 칼륨은 110.11 mg, 인은 83.91 mg, 칼슘은 27.75 mg, 마그네슘은 25.89 mg이라고 보고하였다. 쌍별귀뚜라미 분말 추출물의 무기질 성분은 100 g 당 칼슘 110.8 mg, 칼륨 724.7 mg, 아연 22.1 mg이었으며, 쌍별귀뚜라미 분말 단백질 추출물에는 칼슘 2.5 mg, 칼륨 8.6 mg, 아연 23.5 mg이 함유되어 있다고 보고하였는데(Kim SH 등 2020), 본 연구에서 아연은 밀웜 분말 30% 첨가군에서 32.60 mg으로 쌍별귀뚜라미 분말 추출물과 쌍별귀뚜라미 분말 단백질 추출물에 비해 1.39~1.48배 높게 측정되었다. 특히 마

그네슘은 탄수화물, 단백질, 지방 및 핵산 대사에 필수적이며, 체내에서 칼슘과 길항작용을 한다(Chang SH 등 1988). 아연은 성장과 발달에 필수적인 영양소이며, 아연은 어류, 육류, 가공류 등의 동물성 식품의 섭취가 낮은 경우 미각의 손상, 성장 부진, 피부염, 인후염 및 간의 중량 감소 등의 증상이 나타날 수 있다(Lee SS & Oh SH 1995). 본 연구에서 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 마그네슘과 아연의 함량이 높아졌는데, 이는 밀웜을 첨가함으로써 식빵의 마그네슘과 아연 등 무기질 급원으로 충분히 활용이 가능하다고 판단된다.

### 4. 아미노산 함량

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 아미노산 함량은 Table 5에 제시하였다. 필수아미노산 중 대조군에서는 100 g 당 leucine이 0.76 g, 밀웜 분말 5%, 10%, 15%, 20% 및 30% 첨가군에서 각각 0.87, 0.94, 1.05, 1.15, 1.44 g으로 가장 높은 수치를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 valine, isoleucine, threonine, phenylalanine, methionine, lysine, arginine 및 histidine의 함량은 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ). 비필수아미노산 중 대조군에서는 100 g 당 glutamic acid가 3.71 g, 밀웜 분말 5%, 10%, 15%, 20% 및 30% 첨가군에서 각각 3.74, 3.71, 3.79, 3.83, 4.16 g으로 가장 높은 수치를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 aspartic acid, serine, proline, glycine, alanine 및 tyrosine의 함량은 유의하게 증가하였다( $p < 0.05$ ). 유충의 가수분해물의 연구(Chung MY 등 2013)에서도 glutamic acid의 함량이 본 연구에서와 같이 가장 높다고 보고하였으나, Kim YM(2017b)의 연구에서는 proline 함량이 높다고 보고하였다. 또한 쌍별귀뚜라미 연구(Kim SH 등 2020)에서 쌍별귀뚜라미 분말 추출물에는 분지아미노산(branched-chain amino acid)인 valine 171.86 g/kg, isoleucine 127.90 g/kg, leucine 253.83 g/kg, 분말 단백질 추출물에는 valine 11.47 g/kg, isoleucine 12.82 g/kg, leucine 27.53 g/kg으로 분말 추출물의 분지아미노산 함

Table 4. Mineral content of breads with mealworm powder

Composition (mg/100 g)	Mealworm powder (%)					
	0	5	10	15	20	30
Calcium	573.25±20.90 <sup>1)a2)</sup>	568.01±20.78 <sup>a</sup>	422.88±60.08 <sup>d</sup>	532.79±1.47 <sup>a</sup>	514.50±20.78 <sup>b</sup>	475.98±9.81 <sup>c</sup>
Copper	2.52±0.45 <sup>c</sup>	1.26±0.04 <sup>d</sup>	0.88±0.45 <sup>e</sup>	0.70±0.60 <sup>e</sup>	3.42±1.08 <sup>b</sup>	8.05±2.55 <sup>a</sup>
Magnesium	239.17±2.03 <sup>f</sup>	316.57±1.19 <sup>e</sup>	354.38±4.75 <sup>d</sup>	445.87±4.18 <sup>c</sup>	492.58±12.38 <sup>b</sup>	616.18±1.31 <sup>a</sup>
Zinc	13.88±0.16 <sup>f</sup>	16.20±1.65 <sup>e</sup>	18.38±3.30 <sup>d</sup>	20.91±0.23 <sup>c</sup>	23.88±1.07 <sup>b</sup>	32.60±1.16 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>2)</sup> In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 5. Amino acid composition of breads with mealworm powder

Variety (g/100 g)	Mealworm powder (%)						
	0	5	10	15	20	30	
Essential amino acid	Valine	0.44±0.01 <sup>1)d2)</sup>	0.53±0.01 <sup>d</sup>	0.62±0.01 <sup>c</sup>	0.68±0.01 <sup>c</sup>	0.82±0.01 <sup>b</sup>	1.08±0.01 <sup>a</sup>
	Leucine	0.76±0.01 <sup>f</sup>	0.87±0.01 <sup>e</sup>	0.94±0.01 <sup>d</sup>	1.05±0.01 <sup>c</sup>	1.15±0.01 <sup>b</sup>	1.44±0.01 <sup>a</sup>
	Isoleucine	0.39±0.01 <sup>e</sup>	0.46±0.01 <sup>d</sup>	0.51±0.01 <sup>c</sup>	0.51±0.01 <sup>c</sup>	0.62±0.01 <sup>b</sup>	0.84±0.01 <sup>a</sup>
	Threonine	0.31±0.01 <sup>e</sup>	0.36±0.01 <sup>d</sup>	0.42±0.01 <sup>c</sup>	0.51±0.01 <sup>b</sup>	0.56±0.01 <sup>b</sup>	0.70±0.01 <sup>a</sup>
	Phenylalanine	0.52±0.01 <sup>d</sup>	0.59±0.01 <sup>d</sup>	0.61±0.01 <sup>c</sup>	0.65±0.01 <sup>c</sup>	0.69±0.01 <sup>b</sup>	0.80±0.01 <sup>a</sup>
	Methionine	0.10±0.01 <sup>e</sup>	0.14±0.01 <sup>d</sup>	0.14±0.01 <sup>c</sup>	0.15±0.01 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	0.21±0.01 <sup>a</sup>
	Lysine	0.26±0.01 <sup>e</sup>	0.37±0.01 <sup>d</sup>	0.44±0.01 <sup>d</sup>	0.55±0.01 <sup>c</sup>	0.64±0.01 <sup>b</sup>	0.86±0.01 <sup>a</sup>
	Arginine	0.33±0.01 <sup>e</sup>	0.42±0.01 <sup>d</sup>	0.48±0.01 <sup>d</sup>	0.55±0.01 <sup>c</sup>	0.63±0.01 <sup>b</sup>	0.84±0.01 <sup>a</sup>
	Histidine	0.20±0.01 <sup>e</sup>	0.26±0.01 <sup>d</sup>	0.30±0.01 <sup>c</sup>	0.35±0.01 <sup>c</sup>	0.40±0.01 <sup>b</sup>	0.53±0.01 <sup>a</sup>
Non-essential amino acid	Aspartic acid	0.43±0.01 <sup>f</sup>	0.58±0.01 <sup>e</sup>	0.70±0.01 <sup>d</sup>	0.85±0.01 <sup>c</sup>	0.97±0.01 <sup>b</sup>	1.30±0.01 <sup>a</sup>
	Serine	0.52±0.01 <sup>d</sup>	0.57±0.01 <sup>d</sup>	0.63±0.01 <sup>c</sup>	0.73±0.01 <sup>b</sup>	0.77±0.01 <sup>b</sup>	0.88±0.01 <sup>a</sup>
	Glutamic acid	3.71±0.01 <sup>b</sup>	3.74±0.01 <sup>b</sup>	3.71±0.01 <sup>b</sup>	3.79±0.01 <sup>b</sup>	3.83±0.01 <sup>b</sup>	4.16±0.01 <sup>a</sup>
	Proline	1.40±0.01 <sup>c</sup>	1.41±0.01 <sup>c</sup>	1.47±0.01 <sup>c</sup>	1.52±0.01 <sup>b</sup>	1.60±0.01 <sup>b</sup>	1.78±0.01 <sup>a</sup>
	Glycine	0.35±0.01 <sup>f</sup>	0.43±0.01 <sup>e</sup>	0.50±0.01 <sup>d</sup>	0.59±0.01 <sup>c</sup>	0.67±0.01 <sup>b</sup>	0.88±0.01 <sup>a</sup>
	Alanine	0.31±0.01 <sup>f</sup>	0.44±0.01 <sup>e</sup>	0.55±0.01 <sup>d</sup>	0.69±0.01 <sup>c</sup>	0.81±0.01 <sup>b</sup>	1.11±0.01 <sup>a</sup>
	Tyrosine	0.27±0.01 <sup>e</sup>	0.34±0.01 <sup>d</sup>	0.41±0.01 <sup>c</sup>	0.50±0.01 <sup>c</sup>	0.56±0.01 <sup>b</sup>	0.68±0.01 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>2)</sup> In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

량이 높았다고 보고하였다. 본 연구에서도 필수아미노산 중 분지아미노산의 함량이 높았는데, 밀웜, 쌍별귀뚜라미 등의 곤충을 식품산업에 활용한다면, 신체의 노화로 인한 근 손실 방지 등에 도움이 될 것으로 사료된다. 당과 유리아미노산이 빵의 품질에 미치는 영향 연구(Rubenthaler G 등 1963; Kim YM 2017b)에서 glutamic acid, aspartic acid 등의 유리아미노산이 빵의 부풀기를 증가시키고, glycine, lysine 등 유리아미노산이 빵의 부풀기를 감소시켰다는 보고가 있다. 이와 같은 현상을 Kim YM(2017b)의 연구에서는 미량의 유리아미노산보다는 밀웜 분말에 다량 함유된 지방과 단백질의 함량이 빵의 부풀기에 영향을 미친다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 glutamic acid, aspartic acid의 함량도 증가했는데, 빵의 부풀기에 영향을 미치지 않았다.

##### 5. 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 총 페놀 및 총 플라보노이드

함량, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성은 Table 6에 제시하였다. 총 페놀 함량은 대조군에서 50.52 mg GAE/g, 밀웜 분말 15% 첨가군은 76.48 mg GAE/g, 밀웜 분말 30% 첨가군은 145.64 mg GAE/g으로 나타났다( $p<0.05$ ). 쌍별귀뚜라미 연구(Kim SH 등 2020)에서 총 페놀 함량은 분말 6.61 mg GAE/g, 분말 단백질 추출물 12.18 mg GAE/g으로 나타났으며, 이와 비교할 때 본 연구의 밀웜 분말을 첨가한 식빵의 총 페놀 함량이 높게 나타났다. 밀웜 분말은 항산화력을 높일 수 있는 성분으로 인체의 노화 및 다양한 종류의 암 예방의 기능성 소재로 사용 가능성을 제시하였다고 사료된다. 총 플라보노이드 함량은 밀웜 분말 15% 첨가군에서 84.58 mg CE/g으로 가장 높았으며, 대조군에서는 62.08 mg CE/g으로 유의하게 낮은 수치를 보였다( $p<0.05$ ). ABTS 소거활성은 대조군이 40.16  $\mu\text{mol TEAC/g}$ , 밀웜 분말 5% 첨가군이 51.89  $\mu\text{mol TEAC/g}$ , 밀웜 분말 30% 첨가군이 87.65  $\mu\text{mol TEAC/g}$ 으로 나타났다( $p<0.05$ ). DPPH 소거활성은 밀웜 분말 10% 첨가군이 6.97  $\mu\text{mol TEAC/g}$ , 밀웜 분말 30% 첨가군이 18.70  $\mu\text{mol TEAC/g}$ 으로 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ). 쌍별귀뚜라미

**Table 6. Total phenolic and total flavonoid contents, ABTS and DPPH radical scavenging activities of breads with mealworm powder**

Variables	Total phenolic content (mg GAE/g)	Total flavonoid content (mg CE/g)	ABTS radical cation scavenging activity ( $\mu\text{mol TEAC/g}$ )	DPPH radical scavenging activity ( $\mu\text{mol TEAC/g}$ )
0	50.52±0.01 <sup>1)2)</sup>	62.08±0.00 <sup>c</sup>	40.16±0.92 <sup>f</sup>	5.30±0.60 <sup>c</sup>
5	63.02±0.12 <sup>c</sup>	82.92±0.00 <sup>b</sup>	51.89±0.99 <sup>e</sup>	5.75±0.64 <sup>c</sup>
10	66.83±0.01 <sup>d</sup>	70.42±0.01 <sup>d</sup>	56.93±0.80 <sup>d</sup>	6.97±1.15 <sup>d</sup>
15	76.48±0.01 <sup>c</sup>	84.58±0.02 <sup>a</sup>	61.00±2.23 <sup>c</sup>	9.35±0.52 <sup>c</sup>
20	83.26±0.01 <sup>b</sup>	65.42±0.00 <sup>e</sup>	73.59±2.22 <sup>b</sup>	12.14±0.22 <sup>b</sup>
30	145.64±0.12 <sup>a</sup>	77.08±0.00 <sup>c</sup>	87.65±3.44 <sup>a</sup>	18.70±0.04 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>2)</sup> In a column, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

분말과 분말 단백질 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 68.25%, 80.37%로 나타났으며, 단백질 분말 추출물의 소거능이 더 높게 나타났다고 보고하였다(Kim SH 등 2020). 마테 분말을 첨가한 식빵 연구(Lee MH 2018)에서 마테 분말의 첨가량이 증가할수록 총 페놀 함량과 마테 분말 3%, 6%, 9% 및 12% 첨가군에서는 마테 분말 첨가량 증가에 따라 DPPH 값이 92.91~97.56  $\mu\text{mol TEAC/g}$ 으로 유의적으로 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 밀싹 분말과 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 DPPH 라디칼 소거능 및 총 폴리페놀 함량 측정 결과, 각각 25.59~59.94%, 16.43~24.14% 수준으로 나타났다고 보고하였다(Joo SY 등 2018). 겨우살이 분말의 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하였으며(Kim SH 등 2017), DPPH 라디칼 소거능은 커피 생두 분말을 첨가한 식빵은 대조군 29.75%, 3% 첨가군 72.78%, 6% 첨가군 76.16%, 9% 첨가군 78.06%, 12% 첨가군 80.80%로 커피 생두 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 본 연구의 결과와 같은 양상을 보였다. 청각 분말을 첨가한 식빵에서도 ABTS 소거활성은 대조군에서 2.17  $\mu\text{mol TEAC/g}$ , 청각 분말 5% 첨가군에서는 11.40  $\mu\text{mol TEAC/g}$ 으로 증가하였으며, DPPH 라디칼 소거능도 대조군이 4.10  $\mu\text{mol TEAC/g}$ 에서 청각 분말 5% 첨가군에서는 18.63  $\mu\text{mol TEAC/g}$ 으로 유의하게 증가하였다고 보고하였다(Lee DH 등 2021).

## 6. 밀웜 식빵의 전체 면 관찰 및 색도

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 전체 면 관찰과 색도 측정에 관한 사항은 Fig. 3과 Table 7에 제시하였다. 밀웜 분말을 첨가한 식빵의 색상은 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 갈색을 나타내었다. L값은 대조군에서 68.20이었으며, 밀웜 분말

5%, 10%, 15%, 20% 및 30% 첨가군에서 각각 60.93>57.57 >49.77>42.77>33.97 순으로 L값이 유의하게 낮아져 밀웜의 첨가량에 따라 색이 어두워지는 경향을 나타내었다( $p<0.05$ ). a값은 대조군에서 1.37였으며, 밀웜 분말 5%, 10%, 15%, 20% 및 30% 첨가군에서 각각 4.27<4.73<6.00<6.37<6.73 순으로 a값이 유의하게 높아져 색이 첨가량에 비례하였다( $p<0.05$ ). b값은 대조군에서 20.53이었으며, 밀웜 분말 5%, 10%, 15%, 20% 및 30% 첨가군에서 각각 20.10>19.70>19.73>18.87>14.97 순으로 b값이 유의하게 낮아졌다( $p<0.05$ ). 열풍 건조시킨 밀웜 분말 첨가 연구에서도 L값이 대조군에서 84.31, 밀웜 분말 7% 첨가군 64.72로 증가하였고, a값은 대조군에서 0.46, 밀웜 분말 7% 첨가군에서 3.35로 증가하였으며, b값은 대조군에서 21.71, 밀웜 분말 7% 첨가군에서 16.93으로 유의하게 감소하였다(Kim YM 2017a). 밀웜 분말을 첨가한 식빵의 L값은 대조군이 87.17, 밀웜 분말 6% 첨가군이 78.00으로 밀웜 분말을 첨가할수록 색상이 어두워져 대조군이 가장 높았고, a값은 대조군이 6.49, 밀웜 분말 6% 첨가군이 8.46으로서 L값이 감소하고, a값이 증가하는 경향을 보였다고 보고하였다(Kim YK 등 2019). 야생당근 분말 첨가량이 증가함에 따라 야생당근 분말의 영향으로 L값과 b값은 감소하였으나, a값은 유의적으로 증가하였으며(Park SY 등 2018), 클로렐라 첨가량을 달리한 식빵의 속살과 껍질의 색도 연구(Kim YH 등 2020)에서도 본 연구와 동일하게 L값과 b값은 감소하고, a값은 증가하였다고 보고하였다. 마테분말 첨가량에 따른 식빵의 색도는 첨가량이 증가할수록 a값과 b값은 증가하고, L값이 낮아져 식빵의 내부 및 외부색이 어두워지는 경향을 나타냈다고 보고하였다(Lee MH 2018). 누룽지 분말(Choi IJ 등 2017), 홍삼정과 부산물(Lee ES 등 2017), 갯잎착즙액(Oh ST 등 2017), 밀싹 분말(Joo SY 등 2018)을 첨가한 식빵의 색도는 L값은 감소하고, a값과 b값은



Fig. 3. Overall shape of breads with mealworm powder.

Table 7. Color values of breads with mealworm powder

Variables	Mealworm powder (%)					
	0	5	10	15	20	30
L	68.20±0.29 <sup>1)a2)</sup>	60.93±0.45 <sup>b</sup>	57.57±0.35 <sup>c</sup>	49.77±0.49 <sup>d</sup>	42.77±0.20 <sup>e</sup>	33.97±0.30 <sup>f</sup>
a	1.37±0.07 <sup>c</sup>	4.27±0.07 <sup>b</sup>	4.73±0.15 <sup>b</sup>	6.00±0.06 <sup>a</sup>	6.37±0.03 <sup>a</sup>	6.73±0.03 <sup>a</sup>
b	20.53±0.23 <sup>a</sup>	20.10±0.15 <sup>a</sup>	19.70±0.31 <sup>b</sup>	19.73±0.22 <sup>b</sup>	18.87±0.09 <sup>c</sup>	14.97±0.32 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>2)</sup> In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

증가하였다고 보고하였다. 선행 연구(Shin GM & Kim DY 2008)에서 빵의 색도는 첨가된 재료의 색소, 굽기 온도, 사용한 당의 종류와 사용량, pH 등의 영향을 받는다고 보고하였다. 밀웜을 첨가한 식빵도 이처럼 다양한 처리군의 변수의 영향을 받아 식빵의 L, a, b값에 영향을 준 것으로 사료된다.

## 7. 관능평가

밀웜 분말을 첨가한 식빵의 관능평가 결과는 Table 8에 제시하였다. 색, 냄새, 맛 및 전반적인 기호도는 밀웜 분말 5% 첨가군에서 각각 6.00, 6.00, 6.38 및 6.13점으로 가장 높게

평가되었다.

## 요 약

본 연구에서 밀웜 분말을 활용하여 식빵을 제조하여 영양학적인 품질 특성을 파악하고자 실시하였다. 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 수분 함량은 감소하고, 조회분, 조단백질, 조지방 함량은 증가하였다. 무게, 비용적, 조리손실률은 대조군에서 높았으며, 반죽 수율, 마그네슘과 아연 함량은 밀웜 분말 30% 첨가군에서 높았다. 또한 밀웜 분말 30% 첨가군에

Table 8. Sensory test of breads with mealworm powder

Measurement	Mealworm powder (%)					
	0	5	10	15	20	30
Color	5.88±0.48 <sup>1) b2)</sup>	6.00±0.19 <sup>a</sup>	5.13±0.40 <sup>b</sup>	4.88±0.44 <sup>c</sup>	3.88±0.58 <sup>d</sup>	2.88±0.67 <sup>e</sup>
Odor	5.88±0.40 <sup>b</sup>	6.00±0.27 <sup>a</sup>	5.38±0.32 <sup>b</sup>	4.75±0.25 <sup>c</sup>	3.88±0.35 <sup>d</sup>	3.25±0.49 <sup>d</sup>
Taste	5.88±0.40 <sup>b</sup>	6.38±0.18 <sup>a</sup>	5.25±0.37 <sup>b</sup>	4.13±0.40 <sup>c</sup>	3.25±0.45 <sup>d</sup>	2.63±0.50 <sup>e</sup>
Overall acceptability	6.13±0.35 <sup>a</sup>	6.13±0.23 <sup>a</sup>	5.38±0.18 <sup>b</sup>	4.38±0.26 <sup>c</sup>	3.63±0.32 <sup>d</sup>	2.38±0.32 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>2)</sup> In a row, means followed by same superscript are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

서 필수아미노산과 비필수아미노산의 함량 및 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, ABTS 및 DPPH 라디칼 소거활성이 가장 높았으며, 이는 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 식빵의 색도는 밀웜 분말 첨가량이 증가할수록 L값과 b값은 감소하고, a값은 증가하였다. 관능평가 결과 색, 냄새, 맛 및 전반적인 기호도는 밀웜 분말 5% 첨가군에서 가장 높은 점수를 받았다. 본 연구를 종합해 볼 때, 밀웜을 활용하여 식빵을 제조할 경우 밀웜 분말을 5% 첨가할 경우 가장 선호도가 좋은 식빵을 제조할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Alves AV, Sanjinez-Argandoña EJ, Linzmeier AM, Cardoso CA, Macedo ML (2016) Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour. *PLoS One* 11(3): e0151275.
- An HL, Lee KS, Park SJ (2008) Quality characteristics of white pan bread with mesangi (*Capsosiphon fulvecense*). *J East Asian Soc Diet Life* 18(4): 563-568.
- Baek MH, Hwang JS, Kim MA, Kim SH, Goo TW, Yun EY (2017) Comparative analysis of nutritional components of edible insects registered as novel foods. *Journal of Life Science* 27(3): 334-338.
- Baik WS, Jeong YJ, Park SS, Shin EC, Lee YS (2022) Textural and sensory characteristics of soy meat with the addition of *Gryllus bimaculatus* powder produced using a 3D food printer. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51(12): 1364-1369.
- Barnes AI, Siva-Jothy MT (2000) Density-dependent prophylaxis in the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (*Coleoptera: Tenebrionidae*): Cuticular melanization is an indicator of investment in immunity. *Proc Biol Sci* 267(1439): 177-182.
- Cha SH, Shin KO, Han KS (2020) A study on the physico-chemical properties of sausage analogue made with mixed bean protein concentrate. *Korean J Food Sci Technol* 52(6): 641-648.
- Chang SH, Cho SY, Park ML (1988) Effect of calcium and magnesium on the lipid and mineral composition of serum and tissues in cholesterol-fed rats. *J Korean Soc Food Nutr* 17(2): 176-183.
- Choi SN, Joo MK, Chung NY (2014) Quality characteristics of bread added with stevia leaf powder. *Korean J Food Cook Sci* 30(4): 419-427.
- Choi IJ, Kim DY, Chung CH (2017) Quality characteristics of pan bread with nurungji powder. *Culi Sci & Hos Res* 23(7): 159-166.
- Choi KS, Kim YH, Shin KO (2016) Effect of mulberry extract on the lipid profile and liver function in mice fed a high fat diet. *Korean J Food Nutr* 29(3): 411-419.
- Chung MY, Hwang JS, Goo TW, Yun EY (2013) Analysis of general composition and harmful material of *Protaetia brevitarsis*. *Journal of Life Science* 23(5): 664-668.
- Cozmuta AM, Nicula C, Peter A, Cozmuta LM, Nartea A, Kuhalskaya A, Pacetti D, Silvi S, Fiorini D, Pruteanu L (2022) Cricket and yellow mealworm powders promote higher bioaccessible fractions of mineral elements in functional bread. *J Funct Foods* 99(2022): 105310.
- Gantner M, Król K, Piotrowska A, Sionek B, Sadowska A, Kulik K, Wiacek M (2022) Adding mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder to wheat bread: Effects on physicochemical, sensory and microbiological qualities of the end-product. *Molecules* 27(19): 6155.
- Hwang SY, Choi SK (2015) Quality characteristics of muffins containing mealworm (*Tenebrio molitor*). *Culi Sci & Hos Res* 21(3): 104-115.

- Hwang SY, Choi OK, Lee HJ (2001) Influence of green tea powder on the physical properties of the bread flour and dough rheology of white pan bread. *Korean J Food Nutr* 14(1): 34-39.
- Jeon SH, Kim MR (2020) Quality characteristics of white bread added with psyllium husk powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49(8): 855-865.
- Joo SY, Park JD, Choi YS, Sung JM (2018) A study of the optimization of white pan bread added with wheat sprout powder. *Culi Sci & Hos Res* 24(3): 1-14.
- Jung CE (2013) Prospects of insect food commercialization; A mini review. *Korean Journal of Soil Zoology* 17(1-2): 5-8.
- Jung IC (2006) Rheological properties and sensory characteristics of white bread with added mugwort powder. *J East Asian Soc Diet Life* 16(3): 332-343.
- Juonng HS, Park DG, Shin GM (2008) Quality of white pan breads of Cordyceps powder. *J East Asian Soc Diet Life* 18(5): 781-788.
- Kim HR, Lee JH, Kim YS, Kim KM (2007) Chemical characteristics and enzyme activities of Icheon Ge-Geol radish, Ganwha turnip, and Korean radish. *Korean J Food Sci Technol* 39(3): 255-259.
- Kim JY, Hwang HJ, Shin KO (2021) Development of a alternative meat patty using leghemoglobin extracted from soybean root nodules. *J East Asian Soc Diet Life* 31(4): 258-267.
- Kim MH (2022) Quality characteristics of *Konjac* jelly supplemented with hardy kiwi (*Actinidia arguta*) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 32(3): 181-189.
- Kim SH, Kim KB, Noh JS, Yun EY, Choi SK (2014) Quality characteristics of pasta with addition of mealworm (*Tenebrio molitor*). *FoodService Industry Journal* 10(3): 55-64.
- Kim SH, Kim YK, Han JS (2020) Antioxidant activities and nutritional components of cricket (*Gryllus bimaculatus*) powder and protein extract. *Asian J Beauty Cosmetol* 18(2): 163-172.
- Kim SH, Yoo SJ, Yoo DG, Kim CE (2017) Quality characteristics and antioxidant activities of white bread added with mistletoe (*Viscum album* var.) powder. *Korean J Community Living Sci* 28(1): 81-91.
- Kim YH, Han MR, Yoon SJ (2020) Quality characteristics and textural properties of dough of white pan bread with added chlorella powder. *Korean J Food Nutr* 33(6): 681-691.
- Kim YJ, Han HS, Park YG (2015) The Plan Activation of Insect Industry. Korea Reral Economic Institue, Naju, Korea. pp 1-127.
- Kim YJ, Park YG (2016) Actual condition and upbringing policy direction of insect industry. *KREI Agri-Policy Focus* 122: 1-24.
- Kim YK, Kim IY, Jeong YJ (2019) Quality characteristics of white pan bread added with *Tenebrio molitor* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48(2): 253-259.
- Kim YM (2017a) Quality characteristics of white bread with hot air-dried *Tenebrio molitor Larvae* Linne powder. *Korean J Food Cook Sci* 33(5): 513-522.
- Kim YM (2017b) Quality characteristics of white bread with *Tenebrio molitor* Linne powder. *Korean J Food Nutr* 30(6): 1164-1175.
- Korea Meat Distribution Export Association (2017) Annual Domestic Consumption of Meat. <http://www.kmta.or.kr> (accessed on 27. 3. 2023).
- Lee DH, Jeon EB, Kim JY, Song MG, Kim YY, Park SY (2021) Quality characteristics and antioxidant effects of bread containing *Codium fragile* powder. *Korean J Fish Aquat Sci* 54(6): 890-895.
- Lee ES, You KM, Jeong YN, Jeon BS, Ko BS, Hong ST (2017) Quality characteristics of pan bread containing red ginseng jung kwa by-product. *Korean J Food Nutr* 30(5): 1096-1104.
- Lee MH (2018) Quality characteristics of white pan bread added mate (*Ilex paraguariensis*) leaf powder. *Culi Sci & Hos Res* 24(5): 145-155.
- Lee SS, Oh SH (1995) Intake/balance estimation of zinc in Korean high school girls. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24(4): 542-549.
- Min KT, Kang MS, Kim MJ, Lee SH, Han JS, Kim AJ (2016) Manufacture and quality evaluation of cookies prepared with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder. *Korean J Food Nutr* 29(1): 12-18.
- Oh ST, Kim KH, Kim WM, Lee GH (2017) Physicochemical and sensory properties of pan bread made with various amounts of squeezed perilla leaf juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46(7): 833-840.
- Park SY, Kim AJ, Han MR (2018) Quality characteristics of oat bread with wild carrot (*Daucus carota* L.) powder. *J Korean Soc Food Cult* 33(1): 55-61.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M,

- Rich-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9-10): 1231-1237.
- Roncolini A, Milanović V, Cardinali F, Osimani A, Garofalo C, Sabbatini R, Clementi F, Pasquini M, Mozzon M, Foligni R, Raffaelli N, Zamporlini F, Minazzato ID G, Trombetta MF, Buitenen AV, Campenhout LV, Aquilanti L (2019) Protein fortification with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder: Effect on textural, microbiological, nutritional and sensory features of bread. *PLoS One* 14(2): e0211747.
- Rubenthaler G, Pomeranz Y, Finney KF (1963) Effects of sugars and certain free amino acids on bread characteristics. *Cereal Chem* 40: 658-664.
- Shin GM, Kim DY (2008) Quality characteristics of white pan bread by *Angelica gigas* Nakai powder. *Korean J Food Preserv* 15(4): 497-504.
- Shin KO, Eum YC (2021) The antioxidant and antimicrobial activity of *Solanum nigrum* L. fruit powder by extraction solvent. *Korean J Food Nutr* 34(2): 137-145.
- Song SH, Shin GM (2016) Quality characteristics of white pan bread with red ginseng powder. *J Korean Soc Food Cult* 31(3): 220-225.
- Teo MJ, Kim YP (2015) Prediction of the carbon dioxide emission change resulting from the changes in bovine meat consumption behavior in Korea. *J Korean Soc Atmos Environ* 31(4): 356-367.
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH (2006) Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal* 19(6-7): 669-675.
- Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Hal loran 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. pp 13-16.
- Yang M, Shin KO (2022) Development and quality characteristics of tarts made with the addition of Kamut (*Triticum turanicum* Jakubz) powder. *J East Asian Soc Diet Life* 32(2): 113-124.
- 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 Sci Nutr* 42(2): 249-254.

---

Date Received	Apr. 28, 2023
Date Revised	Jun. 26, 2023
Date Accepted	Jul. 13, 2023