



잔대 잎 분말을 활용한 식빵의 물리화학적 품질특성

심도현¹ · 이경미² · 신정규^{2,3,*}

¹(주)선해수산, ²전주대학교 조리·식품산업학과, ³전주대학교 한식조리학과

Physicochemical properties of pan bread with different amounts of ladybell (*Adenophora triphylla* var. *japonica*) leaf powder

Do Hyun Shim¹, Gyeong Mi Lee² and Jung-Kue Shin^{2,3,*}

¹Sunhae Co., Iksan 54576, Korea

²Major of Food Processing, Department of Culinary & Food Industry, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

³Department of Korean Cuisine, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

Abstract

This study investigated the physicochemical properties, microstructure, and sensory characteristics of pan bread prepared with 0, 2, 4, 6, 8, and 10% of ladybell (*Adenophora triphylla* var. *japonica*) leaf powder (LLP). With increasing LLP content, the pH of the dough and bread increased significantly ($p < 0.05$), whereas the fermentation expansion rate, height, volume, specific volume, and baking loss rate decreased significantly. Bread weight did not differ significantly. Colorimetric analysis revealed that the lightness (L^*) and redness (a^*) decreased, whereas the yellowness (b^*) increased at higher LLP concentrations. Scanning electron microscopy showed that bread with a higher LLP content exhibited thicker pore walls, smaller pores, and a less developed gluten network than the control. Hardness, gumminess, and chewiness significantly increased in the texture profile analysis, whereas springiness and cohesiveness decreased with increasing LLP addition. In the sensory evaluation, the control had the highest overall acceptance, whereas among LLP-added breads, the 4% LLP treatment received the highest scores. Therefore, 4% LLP is considered a suitable candidate level for the formulation and processing conditions used in this study.

Keywords: Pan bread, Ladybell leaf powder, Physicochemical properties, Microstructure, Sensory evaluation

서론

인구 고령화는 전 세계적으로 중요한 사회경제적 과제로 관심이 집중되고 있으며, 한국 역시 예외는 아닌 상황이다. 우리나라는 2024년 65세 이상의 인구비율이 20%를 넘어 초고령사회에 진입하였으며, 2025년 기준으로 1,000만이 넘어서면서 전체 인구의 20.3%에 달한다(KOSTAT, 2025a). 이와 같은 급속한 인구 고령화는 단순한 수명을 넘어 건강 수명의 연장을 목표로 하는 식생활 관리의 중요성을 부각시키고 있으며(Son et al., 2019), 일상적으로 섭취하는 주식류에 기능

성 소재를 적용하려는 연구 수요를 증가시키고 있다. 이와 더불어 국민 생활수준 향상에 따른 식생활 다변화와 함께, 현대인의 스트레스 증가 및 운동 부족으로 인한 성인병과 비만 유병률 증가는 건강에 대한 관심을 증가시키고 있다. 이에 따라 건강 식품, 건강 기능성 식품 및 저칼로리 식품에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있다(Cho et al., 2025; Kim et al., 2026). 2024년 사망원인통계에 따르면 암(24.8%), 심장 질환(9.4%), 폐렴(8.4%)이 3대 사망원인으로 전체 사망의 42.6%를 차지하였으며, 뇌혈관 질환, 당뇨병, 고혈압성 질환 등 만성질환이 10대 사망원인에 포함되었다(KOSTAT, 2025b). 이러한 질병 구조의

Received: Jul 4, 2026 / Revised: Aug 2, 2026 / Accepted: Aug 16, 2026 / Published: Sep 11, 2026

Corresponding author: Jung-Kue Shin, Major of Food Processing, Department of Culinary & Food Industry, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea
E-mail: sorilove@jj.ac.kr

Copyright © 2026 Korean Society for Food Engineering.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

변화는 항산화 성분을 함유한 다양한 소재를 식품에 적용하려는 시도로 이어지고 있다(Cho et al., 2025; Kim et al., 2026)

잔대(*Adenophora triphylla* var. *japonica* Hara, Ladybell)는 초롱꽃과에 속하는 쌍떡잎식물 여러해살이풀로, 뿌리가 희고 굵으며 식물 전체에 잔털이 있는 것이 특징이다. 잎은 3~5개씩 돌려나며, 꽃줄기를 따라 크기와 모양이 다양하고 가장자리에는 톱니가 있다(Kim et al., 2022). 잔대는 환경 특성에 따른 종내 변이가 심하고 형태적·유전적 분류가 명확하지 않아 주로 자생종을 채취하여 이용해왔다(Lee et al., 2001). 또한 맛이 강하지 않아 도라지나 더덕처럼 나물, 장아찌로 식용하거나 약술을 담가 자양강장제로 사용하기도 하며, 순하고 담백하여 찜 채소로도 활용된다(Yook, 1989; Kim, 2009). 한국, 일본, 중국, 대만 등 동아시아를 중심으로 전 세계 약 70여 종이 분포한다(Lee et al., 2001). 전통적으로 잔대 뿌리는 사포닌 성분을 함유하여 진해, 거담, 강장, 소종 등의 효능을 지닌 약재로 널리 사용되어 왔다(Choi et al., 2008; Hori & Devkota, 2020). 최근 연구를 통해 잔대의 다양한 생리활성이 보고되고 있는데, 잔대 순의 아세트산에틸 분획물은 우수한 피부 미백 효과와 멜라닌 생합성 저해 효과를 나타내 화장품 소재로서의 가능성이 제시되었다(Yoo et al., 2017). 또한, 잔대 뿌리 추출물은 항산화, 항돌연변이, 항종양 효과(Ham et al., 2009)뿐만 아니라, 고지방식으로 유도된 비만 쥐에서 항산화 효과, 인슐린 저항성 및 염증 반응 개선 효과를 보였으며(Kim et al., 2020), 기도 과민성 개선 및 염증 관련 사이토카인 분비 억제 효과도 보고된 바 있다(Roh et al., 2008). 흥미롭게도 인삼을 비롯한 다수 약용식물 연구에서 뿌리보다 지상부(잎, 열매)에 유용성분이 더 많이 함유되어 있다는 결과들이 보고되었는데(Kim et al., 2011; Won et al., 2013), 잔대 역시 잎의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 뿌리보다 각각 약 7~12배 및 6~11배 높고(Kim et al., 2009), DPPH 라디칼 소거능과 ORAC 값을 나타내는 것으로 보고되었다(Ajayi et al., 2023; Yoon et al., 2023). 이에 따라 자생 채취에 의존해 온 종전의 이용 방식으로는 증가하는 수요를 충족하기 어려워 육묘 배지 및 종자 처리 등 재배 기술에 관한 연구가 이루어지고 있으며(Lee et al., 2019; Im et al., 2020), 식품의약품안전처 식품 원료 목록에도 잔대의 뿌리와 잎이 모두 식용 가능한 원료로 등재되어 있어 잎의 식품 소재화 기반은 이미 마련되어 있다(MFDS, 2025). 최근에는 백삼 추출물에 잔대 잎을 부가한 연구(Kim et al., 2022)와 건조 방법에 따른 잔대 잎의 영양성분·품질 및 항산화 특성을 비교한 연구(Cha et al., 2025)가 보고되는 등 잎을 소재화하기 위한 기초연구가 보고되고 있다. 그럼에도 불구하고 항비만(Choi et al., 2010; Lee et al., 2013), 항염 및 항천식(Jang et al., 2015), 항암(Chun et al., 2014; Park & Park, 2023), 항진균(Kim & Kim, 2021) 등 생리활성 연구에 비해 잔대 잎을 실제 가공식품에 적용한 연구는 여전히 매우 제한적이다.

한편, 소득 수준 향상과 식문화의 서구화·고급화로 인해 삶의 질과 건강 증진에 대한 관심이 높아지면서 생리활성 성분을 함유한 건강 기능성 식품 소비가 증가하고 있다(Park & Chung, 2020). 이러한 트렌드는 베이커리 산업에도 영향을 미쳐 기능성 소재를 활용한 제품 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 특히 식빵은 다른 빵류에 비해 당과 유지 함량이 낮고 맛이 담백하여 식사 대용으로 인기가 높으며(Jung et al., 2002), 다양한 기능성 부재료를 첨가하여도 비교적 일정한 품질을 유지할 수 있어 제품 개발에 용이하다(Bae et al., 2008). 그러나 주재료인 밀가루는 식이섬유 함량이 낮아(2~3%), 이를 보완하기 위해 섬유소, 식물 추출물, 허브 등을 첨가하여 기능성을 개선하려는 시도가 2010년대를 중심으로 이루어져 왔다(Poinot et al., 2010; Prokopov et al., 2018). 이후 식이섬유가 글루텐 단백질의 2차 구조와 이화화 결합에 영향을 주어 반죽의 레올로지 및 가스 보유력을 변화시킨다는 기전 연구가 보고되었으며(Zhou et al., 2021), 국내에서도 인삼 잎줄기 분말(Ko & Lee, 2022), 파뿌리 분말(Hwang et al., 2023), 매생이 분말(Lee et al., 2024) 등 다양한 부재료를 활용한 기능성 식빵 연구가 최근까지 지속적으로 보고되고 있다. 이와 같이 잔대에 대한 연구는 뿌리를 중심으로 진행되어 온 반면, 항산화 성분 함량과 활성이 뿌리보다 높은 것으로 보고된 잎(Ajayi et al., 2023; Yoon et al., 2023)은 산나물이나 찜채소로 소비되고 가공식품 소재로서의 활용은 매우 제한적이다. 본 연구에서는 밀가루의 일부를 잔대 잎 분말로 대체하여 식빵을 제조하고, 제빵 과정 중 반죽의 특성 변화, 식빵의 이화학적 품질 특성, 주사전자현미경을 이용한 내부 미세구조, 감각적 수용도를 분석함으로써, 잔대 잎 분말의 제빵 적성을 규명하고 감각평가를 통해 수용 가능한 첨가 수준을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 실험에서 사용한 재료는 강력분(Samyang Corp., Asan, Korea), 잔대(Daesukyi Co., Ltd., Paju, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Corp., Incheon, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Corp., Shinan, Korea), 생이스트(Jenico Foods Co., Ltd., Pyeongtaek, Korea), 탈지분유(Seoul dairy, Co-op., Ltd., Yangju, Korea), 제빵개량제(Puratos Korea Co., Ltd., Chungju, Korea), 쇼트닝(Ottogi Co., Ltd., Anyang, Korea)이며, 모든 재료는 온라인 몰에서 구입하여 사용하였다.

잔대 잎 분말 제조

본 실험에서 사용한 잔대 분말은 잔대를 세척 후 물기를 제거한 다음 초저온냉동고(deep freezer, -70℃)에 보관하였다. 보관된 잔대를 -40℃에 48시간 동안 동결건조한 후 건조된 잔대 잎을 분쇄기

(WHM4035M, Bear Electric Appliance Co., Ltd., Seoul, Korea)로 분쇄한 다음 표준망체(35 mesh)로 거른 후 냉동보관하여 사용하였다.

식빵 제조

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 재료 배합비는 한국산업인력공단에서 시행하는 제빵기능사의 식빵 배합비를 기준으로 예비 실험 후 레시피를 수정하여 설정하였다. 식빵의 반죽은 AACC method 10-10.03 (AACC, 2010)를 참고하여 직접 반죽법(straight dough method)으로 제조하였다. 배합비는 Table 1과 같으며 제조공정은 Fig. 1에 나타내었다. 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 버터컬믹서(SP-800A, Spar Food Machinery Mfg. Co., Ltd., Taichung, Taiwan)에 넣고 1단에서 2분간 혼합하였다. 이후 클린업 단계(clean up)에서 쇼트닝을 첨가하여 2단에서 4분간 혼합하여 반죽을 완성하였다. 최종 반죽의 온도는 수온 조절법을 이용해서 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 맞추었으며, 완성된 반죽은 스테인리스 스틸 용기에 담아 윗면을 랩으로 밀봉하였다. 반죽이 담긴 스테인리스 스틸 용기는 온도 27°C , 상대습도 80%로 설정된 발효기(SMP- 1010, Daehung Softmill Co., Ltd., Gwangju, Korea)에 넣어 45분 진행하였다. 210 g씩 둥글리기 한 다음, 비닐을 덮어 15분간 중간발효를 실시하였다. 중간 발효가 끝난 반죽은 one-loaf 형태로 성형하여 $155 \times 75 \times 65$ mm 크기의 식빵 팬에 넣은 후 온도 35°C , 상대습도 85%로 설정된 발효기에서 40분간 2차발효하였다. 2차 발효가 완료된 반죽은 윗불 180°C , 아랫불 190°C 로 예열된 오븐(DHO2-21, Daehung Softmill CO., Ltd., Gwangju, Korea)에 넣어 15분 구운 후 팬을 뒤집어 5분간 추가로 구웠다. 완성된 식빵은 실온에서 1시간 방랭한 후 밀폐용 폴리에틸렌(polyethylene) 백에 보관하며 당일 실험에 사용하였다.

Table 1. Preparation of pan bread with ladybell leaf powder (LLP)

Ingredients (g)	LLP (%)					
	Control	LLP 2 ²⁾	LLP 4	LLP 6	LLP 8	LLP 10
Strong flour	400	392	384	376	368	360
LLP ¹⁾	0	8	16	24	32	40
Water	252	252	252	252	252	252
Sugar	20	20	20	20	20	20
Salt	8	8	8	8	8	8
Compressed yeast	16	16	16	16	16	16
Non-fat dry milk	12	12	12	12	12	12
Dough conditioner	8	8	8	8	8	8
Shortening	16	16	16	16	16	16
Total (g)	732					

¹⁾LLP: ladybell leaf powder.

²⁾LLP n%: pan bread with n% LLP.

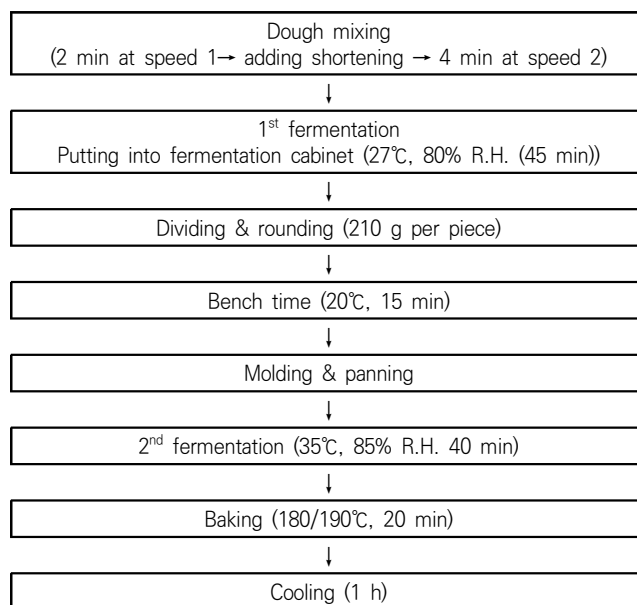


Fig. 1. Diagram of making pan bread with LLP.

반죽 및 식빵의 pH

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 반죽 및 식빵의 pH는 식빵 반죽 5 g, 제조된 식빵 5 g을 각각 증류수 45 mL에 넣어 stomacher lab blender (Bagmixer 400VW, Interscience fr., Saint Nom, France)를 이용하여 균질화한 후 측정하였다. 각 시료의 pH는 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

발효 팽창률

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 발효 팽창률(fermentation expansion rate)은 반죽의 부피 측정을 통해 발효 초기 부피에 대한 각 발효 시간에서의 팽창 정도를 백분율로 계산하여 나타내었으며, 그 계산식은 다음과 같다. 반죽의 부피는 클린업 단계에서 완성된 반죽을 20 g씩 분할하여 둥글리기한 후 100 mL 메스실린더에 넣고 윗면을 가볍게 눌러 평평하게 하였으며 이를 발효기(SMP-1010, Daehung Softmill Co., Ltd., Gwangju, Korea)에 넣은 후 0분부터 60분까지는 1차발효 조건인 온도 27°C , 상대습도 80%에서, 60분부터 90분까지는 2차발효 조건인 온도 35°C , 상대습도 85%에서 발효를 진행하면서 15분 간격으로 부피(mL)를 측정하였다.

$$\text{Fermentation expansion rate (\%)} = \frac{V_t - V_0}{V_0} \times 100$$

V_t = volume of dough after t min (mL)

V_0 = volume of dough at 0 min (mL)

높이, 무게, 부피, 비용적 및 굽기손실률

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 높이(height)는 식빵 윗면의 정중앙 지점에서 최고 높이를 버니어캘리퍼스(BD514-300, Bluetec, Shanghai, China)를 이용하여 측정하였으며, 식빵의 무게(weight)는 오븐에서 구워낸 후 실온에서 1시간 동안 방랭시킨 다음, 디지털 저울(MW II-3000N, CAS, Yangju, Korea)을 사용하여 측정하였다. 식빵의 부피(volume)은 AACC method 10-05.01 (2010)에 따른 종자치환법으로 측정하였다. 식빵을 담을 수 있는 크기와 편평한 모양의 용기의 빈 곳을 좁쌀로 가득 채운 후 윗면을 깎아 이 공간을 채우는데 사용된 좁쌀의 부피를 메스실린더로 측정한 값을 식빵의 부피로 하였다. 비용적(specific volume)은 식빵의 부피를 무게로 나눈 값(mL/g)으로 산출하였으며, 굽기손실률(baking loss, %)은 굽기 전 반죽의 무게(g)와 식빵의 무게(g)를 이용하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{Baking loss rate (\%)} = \frac{W_d - W_b}{W_d} \times 100$$

W_d : Weight of dough (g)

W_b : Weight of bread (g)

색도

제조한 식빵을 1 cm 두께로 슬라이스한 후 색차계(CM-5, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan)를 이용하여 식빵의 중앙 부분의 CIE L*(명도, Lightness), CIE a*(적색도, redness), CIE b*(황색도, yellowness)를 측정하였다. 표준 백색판(standard white plate)의 값은 $L^*=97.49$, $a^*=0.02$, $b^*=1.81$ 이다.

Texture profile analysis

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 조직감 측정을 위하여 식빵의 중앙 부분을 2 cm×2 cm 크기로 자른 다음 texture analyzer (TA-XT Express, Stable Micro Systems Co., Ltd., Godalming, UK)를 사용하여 각 시료당 3회 반복 측정 후 평균값으로 하였다. 측정 조건은 probe는 P/50, pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, trigger force 5 g, distance 10 mm이었다. 측정 항목은 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)이었다.

외관 및 전자현미경

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 전체적인 외관은 스마트폰(Galaxy S24+, Samsung Electronics Co., Ltd., Seoul, Korea)을 이용하여 촬

영하였다. 식빵의 내부 미세 구조를 관찰하기 위한 시료는 먼저 식빵의 중심부를 약 0.5 cm×0.5 cm×0.5 cm 크기로 절단한 다음, 이를 동결건조기를 사용하여 -60℃에서 48시간 동안 동결 건조시켰다. 건조된 시료는 이어서 표면을 금으로 코팅하였다. 코팅 처리된 시료의 미세 구조는 주사 전자 현미경(SEM, Scanning Electron Microscope, AIS200C, Seron Technologies Co., Ltd., Uiwang-si, Korea)을 사용하여 관찰하였다. 관찰 조건은 20.0 kV의 가속조건에서 배율 50배로 설정하였다.

감각평가

감각평가 패널은 전주대학교에 재학 중인 1~4학년 학생 32명(남 11명, 여 21명)을 대상으로, 밀, 유제품 등에 식품 알레르기가 없으며 평가 참여에 자발적으로 동의한 자를 대상으로 모집하였다. 본 연구는 시판 제품을 대상으로 한 대규모 소비자 조사가 아니라 신규 소재의 적용 가능성을 검토하기 위한 실험실 수준의 평가이며, 대학 재학생이 식빵 구매 및 소비의 대상 연령층 중 하나로서 신규 소재를 적용한 제품에 대한 수용도를 파악하기 위해 적합하다고 판단하였다. 평가에 앞서 안내를 통해 연구 목적, 평가 항목의 정의, 9점 척도의 사용 방법 및 주의사항을 설명하였으며, 강도평가 항목에 대해서는 대조군 시료를 기준 시료로 제시하여 척도의 기준점을 공유하도록 하였다. 시료는 당일 제조한 식빵의 crust 부분을 제거하고 3×3×3 cm로 절단하여, 용기의 색이나 무늬에 따른 오차가 발생하지 않도록 백색의 종이 트레이에 담아 제공하였다. 각 시료에 무작위 세 자리 난수 코드를 부여하고 시료와 함께 실온의 생수(Jeju Samdasoo, Gwangdong Pharmaceutical Co., Ltd., Seoul, Korea) 제공하여 각 시료의 평가 후에 입안을 행구도록 하였다. 평가 항목은 외관, 내부, 향, 조직감, 맛, 전체적인 기호도를 평가하였고, 외관, 내부, 향, 질감에 대한 항목은 강도 평가로 진행하였으며 맛과 전체적인 기호도는 기호도 평가로 진행하였다. 9점 척도법을 활용하여 1점으로 갈수록 싫다, 약하다, 9점으로 갈수록 좋다, 강하다는 평가를 나타내도록 하였다. 본 연구는 전주대학교 기관 생명윤리위원회(Jeonju University Institutional Review Board)의 승인을 받아 수행하였다 (IRB No.: jjIRB-2022-0604).

통계분석

모든 실험 결과는 3회 이상 반복 측정하여 분석을 하였으며 SPSS (package ver. 29.0 IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 대조군과 실험군 간의 비교를 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 통해 저장기간에 따른 품질 특성 및 변화율을 분석하였다. Duncan 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)을 통해 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검토하였다.

결과 및 고찰

반죽 및 식빵의 pH

잔대 잎 분말을 첨가한 반죽 및 식빵의 pH 측정 결과는 Table 2와 같다. 반죽 직후 pH는 대조군이 4.37 ± 0.03 로 가장 낮았으며, LLP (*Adenophora triphylla* var. *japonica* Hara Leaf Powder) 10이 4.80 ± 0.02 로 가장 높은 값을 나타내어 LLP 첨가량이 증가함에 따라 pH가 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 식빵 제조에 사용한 LLP의 pH가 6.39 ± 0.01 로 대조군보다 높아 이러한 결과를 나타낸 것으로 판단된다. 부재료 첨가에 따른 반죽 pH의 상승은 구찌봉잎(Kim & Ju, 2016), 연잎연근(Kim et al., 2014), 파뿌리 분말(Hwang et al., 2023)을 첨가한 식빵에서도 보고되었다. 다만 상승 정도는 첨가 소재 자체의 pH에 따라 달라지는데, 본 연구에서 사용한 LLP의 pH는 6.39로 대조군 반죽 4.37보다 높아 첨가량에 따라 상승이 나타난 것으로 판단된다. 반면 식빵의 pH는 대조군 5.39에서 LLP 10의 pH 5.48로 상승폭이 높지 않았는데, 이는 굽기 과정에서 유기산의 휘발 및 분해가 모든 처리군에서 공통으로 일어나 처리군 간 차이가 줄어들었기 때문으로 보인다. 식빵의 pH에서도 대조군이 5.39 ± 0.05 로 가장 낮은 값을 나타냈으며 LLP 10이 5.48 ± 0.01 로 가장 높은 값을 나타냈다. 반죽의 pH와 동일하게 LLP 첨가량이 증가할수록 식빵의 pH도 증가하는 경향을 알 수 있었으며, 대조군과 실험군 간의 유의적인 차이가 나타났으나($p < 0.05$), LLP 증가에 따른 pH의 증가는 반죽에 비해 적은 것으로 나타났다. 빵의 품질에 있어서 pH는 빵의 부피와 조직감에 영향을 주며 반죽의 가스 보유력을 결정하는 요인 중 하나이다(Lee et al., 2003). 본 실험에서는 LLP 첨가에 따라 반죽 및 식빵의 pH가 상승하고 이에 따라 단백질과 당의 반응이 용이해지면서 최종 제품의 색도 갈변화 경향이 증가하는 것으로 예측된다(Lim et al., 2021).

Table 2. pH, height, weight, and volume of pan bread with different amounts of ladybell leaf powder (LLP) addition

	pH		Height (cm)	Weight (g)	Volume (mL)
	Dough	Bread			
Control	4.37 ± 0.03^{1a}	5.39 ± 0.05^a	10.76 ± 0.49^{1d}	184.97 ± 1.42^{2b}	860.00 ± 7.21^f
LLP 2	4.50 ± 0.02^b	5.44 ± 0.01^b	9.40 ± 0.13^c	186.00 ± 0.53	720.67 ± 29.77^e
LLP 4	4.58 ± 0.00^c	5.46 ± 0.00^{bc}	8.59 ± 0.32^b	185.93 ± 2.57	670.00 ± 26.00^d
LLP 6	4.62 ± 0.00^c	5.46 ± 0.01^{bc}	8.03 ± 0.55^b	189.17 ± 0.64	635.00 ± 8.19^c
LLP 8	4.76 ± 0.06^d	5.47 ± 0.01^{bc}	7.40 ± 0.17^a	189.93 ± 0.40	595.25 ± 11.15^b
LLP 10	4.80 ± 0.02^d	5.48 ± 0.01^c	7.12 ± 0.10^a	186.57 ± 4.50	546.25 ± 13.15^a

¹⁾Mean $\pm$ SD.

^{a-f)}Means are significantly different within the same column at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

식빵 pH가 반죽 직후 pH보다 높게 나온 이유는 빵을 굽는 동안 오븐의 열에 의해 유기산들이 휘발 또는 분해되면서 산이 희석되어 pH가 낮아지지 않고 오히려 올라가는 경향을 보인다. 굽는 과정에서 효모의 활동이 멈추면서 산이 생성되지 않아 이러한 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

발효팽창률

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 발효팽창률의 결과는 Fig. 2에 나타났다. 1차발효 종료시점인 45분에는 대조군(118.33 ± 2.89)과 LLP 2(113.33 ± 2.89), LLP 4(103.33 ± 2.89)는 수치상으로 차이가 적은 것을 보였으나 2차 발효가 끝나는 시점인 90분에서는 대조군이 235.00 ± 5.00 , LLP 2가 213.33 ± 2.89 , LLP 4는 206.67 ± 2.89 로 대조군과 실험군 간의 유의적인 차는 있었다. 대조군과 실험군 모두 75분 이후로 발효속도가 줄어든 것을 보였으며 잔대 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 LLP 2 > LLP 4 > LLP 6 > LLP 8 > LLP 10 순으로 LLP 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 발효팽창률은 발효시간 동안 대조군과 LLP 10의 발효팽창률이 3배 이상 차이 나는 것을 알 수 있었다. 부재료 첨가에 따른 발효 팽창의 억제제는 프리케 분말(Woo, 2019) 및 매생이 분말(Lee et al., 2024)을 첨가한 식빵에서도 보고되었다. 본 연구에서는 첨가량이 동일하더라도 억제 정도에 차이가 나타났는데, 잎 분말 유래 분말은 불용성식이섬유의 비율이 높아 반죽 내 수분을 경쟁적으로 흡수하는 특성이 있어 팽창 억제 효과가 크게 나타나는 것으로 판

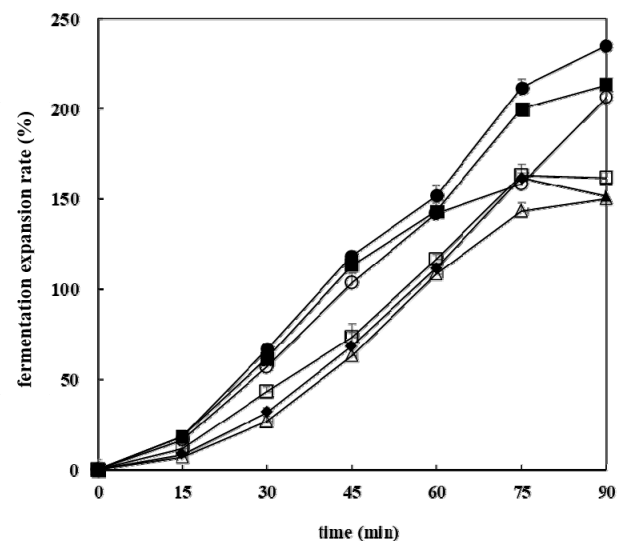


Fig. 2. Fermentation expansion during fermentation of dough with different amounts of ladybell leaf powder (LLP) addition (●: Control, ■: LLP 2, ○: LLP 4, □: LLP 6, ▲: LLP 8, △: LLP 10). Values are mean $\pm$ SD ($n=3$). Differences among treatments were analyzed by one way ANOVA followed by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$) and are described in the text.

단된다(Zhou et al., 2021). 발효팽창률은 반죽의 가스 보유력과 반죽의 글루텐 생성 능력에 의해서 좌우되어 발효팽창력이 높은 제품은 제빵 적성에서는 바람직한 현상임을 알 수 있다(Yang et al., 2010). 실험군의 pH가 5.55 부근에 있어 발효팽창률의 긍정적인 결과를 기대했으나 LLP 첨가군의 발효팽창률이 대조군 대비 낮은 것은 밀가루 대비 LLP의 글루텐 형성 단백질 함량이 낮고, LLP에 함유된 식이섬유가 수분과 경쟁적으로 결합하여 글루텐 망상구조의 발달을 제한하였을 가능성으로 설명할 수 있다(Zhou et al., 2021). 대조군 60 min 발효시점과 LLP 4의 75 min 발효시점을 살펴보면 비슷한 수준임을 확인할 수 있는데 LLP 첨가 식빵 반죽의 발효시간을 조정한다면 대조군과 비슷한 수준의 발효팽창률을 나타낼 것으로 예상된다. 따라서 기호도 평가에서 대조군 다음으로 기호도가 높았던 LLP 4의 발효시간을 조정하여 2차 발효시간을 15분간 더 진행한다면 발효가 끝난 반죽의 부피가 대조군과 비슷하여 최종제품에서 비슷한 부피와 성상을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

높이, 무게, 부피

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 높이, 무게, 부피의 결과는 Table 2와 같다. 높이는 대조군 10.76 ± 0.49 cm에서 LLP 10 7.12 ± 0.10 cm로 33.6% 감소하며 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아졌다. 부재료 첨가에 따른 높이 감소는 스테비아 잎 분말(Choi et al., 2014)을 첨가한 식빵의 연구, 썬부쟁이 분말(Kim et al., 2016)을 첨가한 식빵의 연구에서도 보고되었으나, 본 연구의 감소의 폭은 이들 연구보다 큰 편이었다. 이는 잎 조직 유래 분말이 종자나 새싹 분말에 비해 불용성 식이섬유 비율이 높고, 동결건조 후 분쇄한 입자가 다 공성 구조를 가져 수분 흡수 능력이 크기 때문으로 예상된다. 즉, 동일한 분말 첨가량 하더라도 부위와 건조-분쇄 조건에 따라 제빵 적성에 미치는 영향이 달라질 수 있는 것을 알 수 있다(Zhou et al., 2021; Cha et al., 2025).

무게는 $184.97 \sim 189.93$ g으로 LLP의 첨가량이 증가할수록 수치상으로는 증가하는 것으로 보였으나 처리군 간 유의적 차이가 나타나지 않았다. 이는 모든 처리군의 반죽을 210 g으로 동일하게 분할하여 성형하였고 굽기 조건 또한 동일하게 적용하였기 때문으로, 매생이 분말(Lee et al., 2024) 및 호로파 분말(Yeom et al., 2020)을 첨가한 식빵에서도 같은 이유로 무게에 유의차가 나타나지 않았다. 즉 부재료의 첨가는 식빵의 무게보다 부피에 더 많은 영향을 미치며, 그 결과가 비용적 감소로 나타난 것으로 판단된다.

부피는 대조군 860.00 ± 7.21 mL에서 LLP 10 546.25 ± 13.15 mL로 LLP 첨가량이 증가할수록 부피가 작아지는 경향을 보였다. 식이섬유 첨가가 반죽의 가스보유력을 낮추어 빵의 부피를 감소시킨다는 것은 여러 연구에서 보고되고 있다(Kim & Ju, 2016; Zhou et

al., 2021). 식이섬유는 글루텐 단백질과 물리적으로 경쟁하여 연속적인 망상구조의 형성을 방해하는 희석 효과와, 섬유 입자가 가스 기포의 막을 물리적으로 관통하여 기포의 합일과 소실을 촉진하는 효과가 함께 보고되고 있다(Zhou et al., 2021). 본 연구에서 관찰된 부피 감소와 SEM에서의 불균일한 기공 형태(Fig. 3)는 이러한 두 가지 기작이 동시에 작용하였을 가능성을 나타낸다.

비용적, 굽기손실률

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 비용적, 굽기손실률의 결과는 Table 3과 같다. 비용적은 대조군이 4.89 ± 0.02 mL/g, 실험군이 $3.13 \sim 4.08$ mL/g으로 LLP 첨가량이 증가할수록 값은 비례적으로 감소하였다. 반죽 과정 중에 형성된 글루텐은 제빵에서 응집성, 흡수율, 점도 및 탄력성 등에 영향을 주기 때문에 발효와 최종 식빵 부피에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 따라서 비용적 또한 영향을 받는 것을 알 수 있는데 발효 팽창률에서 LLP 실험군이 대조군에 비해 발효속도가 느려 나타낸 결과임을 알 수 있다. 발아 카무트 분말 식빵 연구(Yoon et al., 2020), 브로콜리 새싹 분말 식빵 연구(Lim et al., 2021), 썬분말 식빵 연구(Woo & Lee, 2021) 등 본 연구 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

굽기손실률은 대조군이 $11.92 \pm 0.68\%$ 으로 가장 높았으며, LLP 첨가량에 따라 LLP 2 > LLP 4 > LLP 6 > LLP 8 > LLP 10으로 굽기손실률이 감소하는 경향을 보였다. 굽기손실률은 빵을 굽는 과정 중에 부피의 증가, 단백질의 변성, 껍질의 형성, 전분의 호화, 갈변 등의 여러 가지 반응이 일어나게 되는데(Jung et al., 2002), 식빵의 최종 부피가 감소하고 색도가 증가하는 등 식빵의 품질특성에 영향을 준다. 썬분말(Woo & Lee, 2021), 브로콜리 새싹 식빵 연구(Lim et al., 2021)는 본 연구 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 굽기손실률은 반죽의 상태, 단백질의 양과 질, 발효 정도, 수분흡수, 부재료 첨가로 인해 반죽의 글루텐에 영향을 받아 반죽의 가스 생산력 및 보유력이 식빵의 부피 차이에 영향을 주는 것으로 보고되었다(Parkkonen et al., 1994). 본 연구에서 LLP 첨가량에 따라 비용적과 굽기손실률이 유의적으로 감소한 것($p < 0.05$)은 반죽의 가스 보유력 저하에 기인한 것으로 보인다. 굽기 손실률의 감소는 특히 LLP의 식이섬유가 보유한 높은 수분 결합능으로 인해 굽기 중 수증기 증발이 억제된 결과로 볼 수 있으며, 실제로 감각 평가의 강도 평가에서도 LLP 첨가군의 촉촉함이 대조군보다 유의적으로 강하게 평가된 결과와 일치한다.

외관 및 색도

잔대 잎 분말을 첨가하여 제조한 식빵의 외관과 미세구조는 Fig. 3에 나타냈다. 외관을 관찰한 결과 대조군이 부피가 가장 컸으며 첨가량이 증가할수록 감소하여 LLP 10이 가장 작다는 것을 알 수

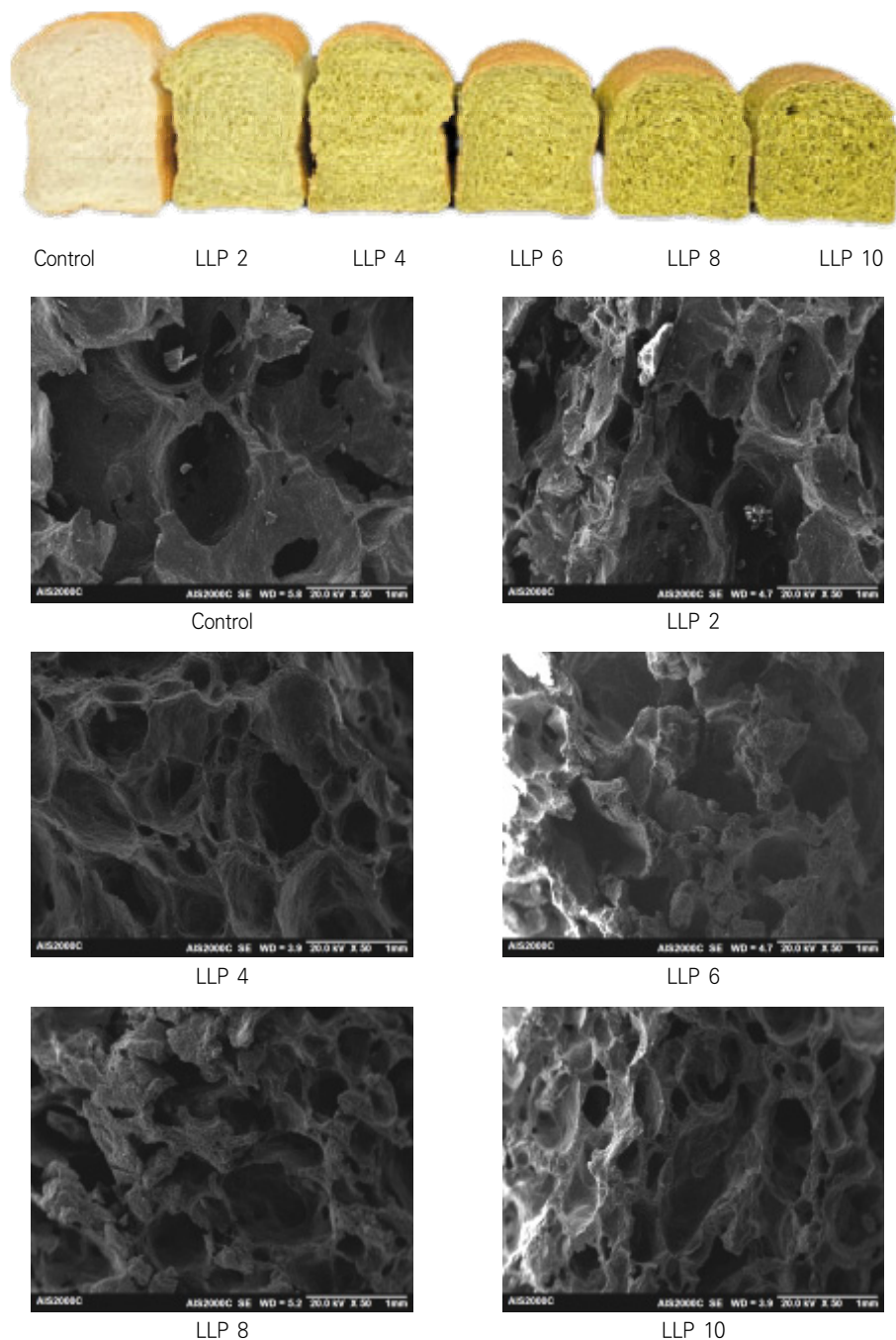


Fig. 3. Shape and scanning electron microscope (SEM) image of pan bread with different amounts of ladybell leaf powder (LLP) addition.

있었다. 높이 또한 부피와 같이 대조군이 가장 높고 LLP 첨가량에 따라 높이가 낮아졌다. 외관을 확인하였을 때 색상은 대조군이 가장 밝으며 LLP 10이 가장 짙은 녹색에 가까웠으며 이는 색도 측정 결과와 같았다.

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 색도 측정 결과는 Table 3과 같다. 식빵의 중앙 부분에서 명도를 나타내는 L^* (Lightness)값은 대조군

(76.39±0.39), LLP 2 (66.78±0.19), LLP 4 (57.41±0.20), LLP 6 (49.30±0.19), LLP 8 (48.84±0.19), LLP 10 (45.56±0.13)으로 LLP의 첨가량이 증가할수록 어두운 색도를 나타냈다. 이는 부재료로 사용된 LLP의 L^* 값이 55.51±0.02이기 때문에 LLP 자체 명도가 낮아 첨가량이 증가할수록 식빵의 명도도 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이는 글루텐 형성이 감소하고 가공이 잘 형성되지 못해 식빵의 팽창이 감소하고 빛의 반

Table 3. Specific volume, baking loss and color value of pan bread with different amounts of ladybell leaf powder (LLP) addition

	Specific volume (mL/g)	baking loss (%)	Color		
			L*	a*	b*
Control	4.89±0.02 ¹⁾ _e	11.92±0.68 ^a	76.39±0.39 ¹⁾ _f	-1.33±0.02 ^f	10.35±0.38 ^a
LLP 2	4.08±0.01 ^d	11.43±0.25 ^a	66.78±0.19 ^e	-2.38±0.04 ^e	18.57±1.45 ^b
LLP 4	3.60±0.05 ^c	11.46±1.22 ^a	57.41±0.20 ^d	-2.99±0.19 ^d	29.12±0.44 ^c
LLP 6	3.31±0.00 ^b	9.92±0.31 ^b	49.30±0.19 ^c	-3.32±0.11 ^c	33.31±0.07 ^d
LLP 8	3.28±0.01 ^b	9.55±0.19 ^b	48.84±0.19 ^b	-4.30±0.06 ^b	34.24±0.49 ^d
LLP 10	3.13±0.01 ^a	9.41±0.27 ^b	45.56±0.13 ^a	-4.73±0.10 ^a	33.98±0.91 ^d

¹⁾Mean±SD.^{a-d}Means are significantly different within the same column at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

사가 저해됨으로써 명도가 낮아졌다고 생각된다(Shin et al., 2019). 적색도를 나타내는 a^* (redness)값은 대조군(-1.33±0.02), LLP 2 (-2.38±0.04), LLP 4 (-2.99±0.19), LLP 6 (-3.32±0.11), LLP 8 (-4.30±0.06), LLP 10 (-4.73±0.10)으로 LLP 첨가량이 증가할수록 값이 낮아졌다. 이는 부재료로 사용된 LLP의 a^* 값이 -7.12±0.00으로 실험군의 a^* 값 감소에 영향을 준 것으로 판단된다. 황색도를 나타내는 b^* (yellowness)값은 대조군(10.35±0.38), LLP 2 (18.57±1.45), LLP 4 (29.12±0.44), LLP 6 (33.31±0.07), LLP 8 (34.24±0.49), LLP 10 (33.98±0.91)으로 LLP 첨가량에 따라 유의적으로 증가한다는 것을 알 수 있었다($p<0.05$). 이는 부재료로 사용된 LLP의 b^* 값이 19.20±0.08로 실험군의 b^* 값 증가에 영향을 준 것으로 판단되며, 이러한 경향은 녹색이 짙어지는 것을 나타내며 LLP가 부재료로 사용되면서 고유한 색상과 영양 성분으로 인해 영향을 받은 것으로 판단된다.

식빵의 미세구조를 SEM으로 관찰한 결과 대조군의 기공 벽이 얇고 잘 형성되어 기공이 크고 매끈한 모습을 보였으며 굽는 동안 온도가 증가하면서 발효 시 생산된 CO₂, 수증기, 휘발성 알코올, 증기 등을 보유하여 최종적으로 부피가 크고 부드러운 조직감을 만들었다. 반면, LLP 첨가량이 증가할수록 대조군에 비해 기공의 크기가 조밀한 모습으로 형성되었는데 이는 대조군 대비 약화된 글루텐 망상구조와 CO₂ 생산량의 부족으로 인해 부피 감소와 부드러움이 줄어들게 된 것으로 판단된다(Jeon, 2020). 실험군은 대조군에 비해 기공벽이 두껍고 크기가 작으며, 기공이 타원형으로 늘어진 형태로 보이는 것은 LLP에 함유된 식이섬유소와 섬유질에 의해 기공의 가스가 빠져나갔기 때문으로 생각된다. 또한, LLP에 함유된 섬유질이 글루텐 형성을 방해하면서 식빵 반죽을 둘러싼 starch-protein matrix 구조가 약해짐으로써 균일하지 않은 기공의 모습을 보이게 된 것으로 생각되며 이러한 영향으로 식빵의 부피가 줄어들고 crumb의 부드러운 식감이 감소한 것으로 판단된다. 차전자피 분말

첨가 식빵(Jeon, 2020)의 연구가 본 연구와 유사한 결과를 나타내어 첨가물의 존재가 글루텐 형성에 방해가 되고 기공의 발달이 잘 이루어지지 않는 현상을 보이는 것으로 확인된다.

조직감

잔대 잎 분말을 첨가하여 제조한 식빵의 조직감에 대한 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 경도(hardness)는 대조군이 41.55±0.08 g으로 가장 낮은 값을 나타냈으며, LLP 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하여 LLP 10이 106.60±4.70 g으로 가장 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). 이는 식빵의 부피 및 비용적 결과와 밀접한 관련이 있다. 식이섬유가 포함된 LLP의 첨가량이 증가함에 따라 밀가루의 주성분인 글루텐 망상 구조(gluten network)의 형성이 약화되어 가스 포집력이 떨어지고(Zhou et al., 2021), 동시에 LLP 자체의 불용성 식이섬유가 crumb 내에서 물리적 충전재로 작용하여 경도를 증가시키고, 부피 감소에 따른 crumb 밀도 증가라는 기하학적 요인이 함께 기여하였을 것으로 판단된다. 탄력성(springiness)은 대조군이 1.23±0.05로 가장 높은 값을 나타냈으며, LLP 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하여 LLP 10이 0.91±0.06으로 가장 낮은 값을 보였다($p<0.05$). 제빵류에서 탄력성은 기공의 크기 및 부피와 연관이 깊은데, 부재료 첨가로 인해 식빵의 팽창이 저해됨에 따라 외부 힘에 의해 원래 상태로 되돌아가려는 성질인 탄력성 또한 함께 감소한 것으로 보인다. 응집성(cohesiveness)은 대조군과 LLP 2가 각각 0.77±0.01, 0.77±0.07로 가장 높았으며, 전반적으로 LLP 첨가량이 증가할수록 수치가 감소하는 경향을 나타내어 LLP 8에서 0.65±0.03으로 가장 낮은 값을 보였다. 이는 밀가루 대비 결합력이 부족한 LLP가 첨가됨으로써 빵 내부 형태를 유지하려는 구조적 결합력이 약화되었기 때문으로 분석된다. 검성(gumminess)은 대조군이 31.95±0.34 g으로 가장 낮았으며, LLP 첨가량에 비례하여 유의적으로 증가하여 LLP 10이 64.44±4.20 g으로 가장 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). 검성은 반고체 상태의 식품을 삼

Table 4. Texture properties of pan bread with different amounts of ladybell leaf powder (LLP)

	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (g)	Chewiness (g)
Control	41.55±0.08 ¹⁾ _a	1.23±0.05 ^c	0.77±0.01 ^c	31.95±0.34 ^a	31.27±0.82 ^a
LLP 2	42.48±2.25 ^a	1.20±0.15 ^c	0.77±0.07 ^c	32.24±1.42 ^a	27.83±1.33 ^a
LLP 4	55.39±0.82 ^b	0.96±0.03 ^b	0.71±0.06 ^b	43.26±0.50 ^b	42.22±0.55 ^b
LLP 6	66.34±1.96 ^c	0.96±0.36 ^b	0.73±0.24 ^{bc}	50.67±1.33 ^c	49.04±2.88 ^c
LLP 8	86.3±9.58 ^d	0.92±0.11 ^a	0.65±0.03 ^a	53.94±4.47 ^c	52.80±2.86 ^d
LLP 10	106.60±4.70 ^e	0.91±0.06 ^a	0.66±0.56 ^a	64.44±4.20 ^d	63.04±2.11 ^e

¹⁾Mean±SD.^{a-e}Means are significantly different within the same column at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

킬 수 있는 상태로 만드는 데 필요한 성질로, 일반적으로 경도와 비슷한 추세를 보인다. 본 연구에서도 경도의 증가와 동일하게 씹힘성이 높아지는 경향을 확인하였다. 씹힘성(chewiness)은 고체 식품을 씹는 데 필요한 힘을 의미하는 것으로 LLP 2가 27.83 ± 1.33 g으로 다소 낮게 측정되었으나, 이후 LLP 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 상승하여 LLP 10이 63.04 ± 2.11 g으로 가장 높은 값을 기록하였다($p < 0.05$). 씹힘성은 경도와 응집성을 곱하여 산출되는 값으로, 첨가량 증가에 따른 응집성의 감소 폭보다 경도의 증가 폭이 상대적으로 매우 커서 전체적인 씹힘성 수치가 증가한 것으로 판단된다.

감각평가

잔대 잎 분말을 첨가한 식빵의 기호도 평가 결과는 Fig. 4와 Table 5, 그리고 강도평가는 Table 6과 같다. 기호도 평가 결과 식빵의 표면색(color-crust)은 대조군이 6.61 ± 1.14 로 가장 높았으며 LLP 10이 3.24 ± 1.17 로 가장 낮은 기호도를 나타내었다. 이는 강도평가에서 LLP 첨가량이 증가할수록 비례적으로 강하다는 결과가 나타난 것으로 보아 표면색이 어두워지며 기호도가 낮게 나온 것으로 판단된다. 풀내음(flavor-grassy)은 기호도 평가에서 대조군이 6.21 ± 1.75 로 가장 높았으며 LLP 10이 2.48 ± 1.01 로 가장 낮게 나타났다. 풀내음의 강도평가에서는 대조군이 1.18 ± 0.39 로 가장 약하다고 나왔으며 LLP 10이 7.48 ± 0.76 로 가장 강하다는 결과가 나타났다. 이러한 기

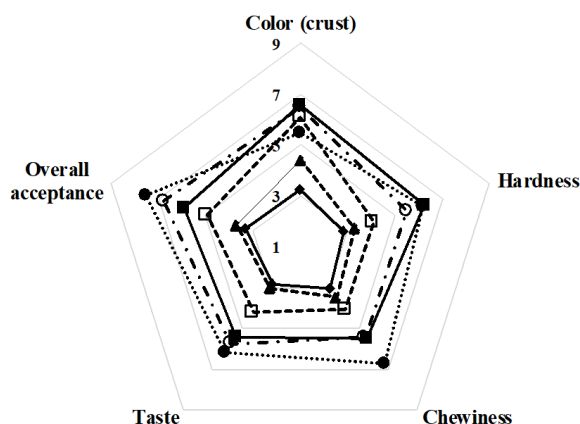


Fig. 4. Selected sensory acceptance attribute of pan bread with different amounts of ladybell leaf powder addition (LLP) (●: Control, ■: LLP 2, ○: LLP 4, □: LLP 6, ▲: LLP 8, ◆: LLP 10). Values are means of 32 panelists. Statistical significance among treatments is presented in Table 5.

호도 평가 결과에서는 잔대 특성의 풀 냄새가 강하게 느껴지면서 생소한 냄새로 받아들여져 부정적인 평가를 받은 것으로 판단된다. 경도(hardness)는 대조군이 6.15 ± 1.46 로 가장 높은 기호도를 나타냈으나 LLP 첨가량이 증가할수록 기호도는 낮게 나타났다. 이는 TPA와 강도평가에서 같은 결과를 나타냈다. 이는 실험군이 대조군에 비해 발효가 덜 진행됨으로써 부피가 감소하고 경도가 높아지면서 부정적인 평가를 받은 것으로 확인된다. 씹힘성(chewiness)과 탄력성

Table 5. Sensory evaluation of pan bread with different amounts of ladybell leaf powder (LLP) addition

	Powdered LLP (%)					
	Control	LLP 2	LLP 4	LLP 6	LLP 8	LLP 10
Color (crust)	$6.61 \pm 1.14^{1)c}$	6.58 ± 1.28^c	6.48 ± 1.33^c	6.09 ± 1.04^c	4.42 ± 1.09^b	3.24 ± 1.17^a
Flavor (grassy)	6.21 ± 1.75^d	6.06 ± 1.00^d	4.97 ± 1.19^c	4.79 ± 1.11^c	3.85 ± 1.05^b	2.48 ± 1.01^a
Hardness	6.15 ± 1.46^d	6.21 ± 1.08^d	5.52 ± 1.30^c	4.09 ± 1.01^b	3.30 ± 0.92^a	2.82 ± 0.85^a
Chewiness	6.73 ± 1.10^d	5.52 ± 1.18^c	5.45 ± 0.97^c	4.09 ± 1.04^b	3.48 ± 0.91^a	3.03 ± 0.98^a
Springiness	6.30 ± 1.24^d	5.21 ± 1.02^c	5.42 ± 1.23^c	4.18 ± 0.81^b	3.58 ± 1.06^a	3.39 ± 1.03^a
Moisture	6.97 ± 1.49^c	5.33 ± 1.22^b	5.18 ± 1.04^b	5.03 ± 1.02^b	4.30 ± 1.07^a	4.36 ± 0.90^a
Residual feeling	7.00 ± 1.17^e	5.88 ± 1.14^d	5.39 ± 1.32^d	4.67 ± 0.92^c	3.39 ± 1.12^b	2.70 ± 0.98^a
Taste	6.18 ± 1.61^d	5.42 ± 1.25^c	5.76 ± 1.73^{cd}	4.21 ± 1.14^b	3.03 ± 0.85^a	2.88 ± 0.99^a
Bitter taste	6.85 ± 1.48^d	6.33 ± 1.98^d	5.73 ± 1.18^c	4.09 ± 1.12^b	3.73 ± 1.23^b	2.58 ± 1.12^b
After taste	7.27 ± 1.40^d	5.06 ± 1.32^c	4.79 ± 1.02^c	4.55 ± 1.15^c	3.39 ± 1.06^b	2.76 ± 0.75^a
Overall acceptance	7.52 ± 1.28^e	5.91 ± 2.11^c	6.76 ± 1.12^d	4.94 ± 1.09^b	3.67 ± 1.16^a	3.30 ± 1.16^a

¹⁾Mean $\pm$ SD.

^{a-e)}Means are significantly different within the same row at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 6. Intensity sensory evaluation of pan bread with different amounts of ladybell leaf powder (LLP) addition

	Powdered LLP (%)					
	Control	LLP 2	LLP 4	LLP 6	LLP 8	LLP 10
Color (crust)	1.67±0.78 ^a	3.70±1.02 ^b	4.64±0.96 ^c	6.27±0.80 ^d	6.15±0.71 ^d	7.70±0.92 ^e
Flavor (grassy)	1.18±0.39 ^a	3.12±0.78 ^b	5.05±1.03 ^c	5.94±0.70 ^d	6.15±0.67 ^d	7.48±0.76 ^e
Hardness	3.52±0.91 ^a	3.12±0.89 ^a	4.64±0.82 ^b	5.88±0.82 ^c	5.73±0.88 ^c	7.18±0.73 ^d
Chewiness	2.88±0.96 ^a	3.64±0.93 ^b	4.73±1.10 ^c	5.45±0.97 ^d	5.58±1.03 ^d	7.42±1.03 ^e
Springiness	2.85±1.12 ^a	4.00±1.39 ^b	5.09±0.91 ^d	4.36±1.14 ^b	4.52±1.00 ^{bc}	4.94±1.06 ^c
Moisture	3.27±1.01 ^a	3.94±1.09 ^b	4.36±0.99 ^b	5.21±1.02 ^c	5.52±1.18 ^c	5.48±1.39 ^c
Residual feeling	1.52±0.62 ^a	4.36±1.39 ^b	5.79±0.96 ^b	5.88±0.96 ^c	5.88±0.93 ^c	7.09±0.88 ^c
Bitter taste	1.27±0.45 ^a	3.27±0.91 ^b	5.61±0.79 ^c	5.76±0.94 ^c	5.58±1.00 ^c	7.09±0.95 ^d
After taste	2.15±1.35 ^a	3.18±1.01 ^b	4.76±0.90 ^c	5.97±0.68 ^d	6.15±0.71 ^d	7.82±0.77 ^e

¹⁾Mean±SD.^{a-e}Means are significantly different within the same row at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

(springiness)은 기호도 평가에서 각각 대조군이 6.73±1.10, 6.30±1.24으로 가장 높게 나타났으며, 실험군은 LLP 2>LLP 4>LLP 6>LLP 8>LLP 10 순으로 기호도가 낮게 나타났으며 강도평가에서는 씹힘성과 탄력성에서 대조군이 2.88±0.96, 2.85±1.12로 가장 낮게 나타났다. 씹힘성에서는 LLP 10이 7.42±1.03으로 가장 높게 나타났고, 탄력성에서는 LLP 4가 5.42±1.22으로 높게 나타났다. 씹힘성은 TPA 결과와 유사한 값을 나타냈으나 탄력성은 상반된 결과를 나타내었다. 이는 LLP의 특성상 섬유질이 많기 때문에 경도와 씹힘성이 비슷한 항목으로 혼동하여 평가하는 데 영향을 받아 이와 같은 결과가 나타났다고 생각된다. 촉촉함(moisture)은 기호도 평가에서 대조군이 6.97±1.49로 높게 나타났으며 대조군 다음으로 LLP 2가 5.33±1.22로 나타나 대조군 다음으로 높은 기호도를 나타내었다. 강도평가에서는 대조군이 3.27±1.01로 약하다는 평가를 받았으며 LLP 첨가량에 따라 유의적으로 강하다는 평가를 받았다. 이는 실험군이 대조군에 비해 촉촉하였으나 부정적인 평가를 받아 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다. 잔여감(residual feeling)은 기호도 평가에서 대조군이 7.00±1.17으로 높게 나타났으며 LLP 첨가량이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다. 이는 강도평가에서 LLP 10이 7.09±0.88으로 가장 높게 나타내어 소비자들이 실험군을 평가하였을 때 LLP의 섬유질에 의한 잔여감으로 기호도가 낮아진 것으로 생각된다. 맛(taste)과 쓴맛(bitter taste)은 기호도 평가에서 대조군이 각각 6.18±1.61, 6.85±1.48으로 가장 높은 기호도를 나타냈으며 LLP 10이 각각 2.88±0.99, 2.58±1.12로 가장 낮은 기호도를 나타냈다. 강도평가에서 LLP를 첨가한 실험군이 쓴맛이 대조군에 비해 강하다고 평가가 되었는데, 이는 밀가루 대비 LLP가 부재료로 첨가에 의해 잔대 특유의 쓴맛이 부각되며 나타난 결과로 확인된다. 후미(after taste)는 기호도에서 대

조군이 7.27±1.40으로 높게 나타났으며 LLP 10이 2.76±0.75로 가장 낮게 나타내어 부정적인 평가를 받은 것을 알 수 있었다. 강도평가에서 실험군이 대조군에 비해 강하다고 평가되었는데, 잔대의 강한 향과 맛이 소비자에게 강하게 느껴진 것으로 확인된다. 전반적인 기호도(overall acceptance)는 대조군이 7.52±1.28으로 유의적으로 가장 높았으며($p<0.05$), LLP 첨가군은 모두 대조군보다는 낮은 기호도를 보였다. 이는 잔대 특유의 풀내음과 쓴맛이 패널에게 생소하게 인식된 결과로 판단된다. 다만 첨가군 중 LLP 4가 6.76±1.12로 유의적으로 가장 높았으며, LLP 6 이상에서는 5점 미만으로 급격히 낮아져 4%가 적절한 첨가량으로 판단된다. 따라서 본 연구의 배합 및 공정 조건에서 잔대 잎 분말의 적정 첨가 수준은 4%로 판단된다.

요약

본 연구는 잔대 잎 분말(Ladybell leaf powder, LLP)을 0, 2, 4, 6, 8, 10% 첨가한 식빵의 이화학적 품질 특성, 미세구조 및 감각평가를 분석하여 최적의 첨가량을 도출하고자 하였다. 반죽과 식빵의 pH는 LLP 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 발효 팽창률은 첨가량이 증가할수록 유의미하게 감소하는 경향을 보였다. 식빵의 높이, 부피, 비용적 및 굽기손실률은 LLP 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였으나, 무게는 대조군과 실험군 간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 식빵의 색도 측정 결과, LLP 첨가량이 증가함에 따라 명도(L*)와 적색도(a*)는 유의적으로 감소하였고, 반면 황색도(b*)는 유의적으로 증가하여 전체적으로 짙은 녹색을 띠는 외관을 나타냈다. 주사전자현미경(SEM)을 이용한 미세구조 관찰 결과, LLP 첨가량이 증가할수록 대조군에 비해 기공 벽이 두

깨워지고 기공이 조밀해지며 글루텐 망상구조가 약화되는 양상을 보였다. 조직감 분석 결과, LLP 첨가량이 증가할수록 식빵의 경도(hardness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)은 유의적으로 증가하였으나, 반대로 탄력성(springiness)과 응집성(cohesiveness)은 감소하였다. 감각평가 결과, 전반적인 기호도(overall acceptance)는 대조군이 7.52로 가장 높게 평가되었으나, LLP를 첨가한 실험군 중에서는 4% 첨가군(LLP 4)이 6.76으로 가장 우수한 기호도를 보였다. 식빵의 이화학적 품질 변화와 감각적 수용도를 종합적으로 고려할 때, 본 연구의 배합 및 공정 조건에서 잔대 잎 분말은 4% 수준까지 수용 가능한 것으로 판단된다.

ORCID

Do Hyun Shim <https://orcid.org/0009-0005-6076-1404>
 Gyeong Mi Lee <https://orcid.org/0000-0003-3077-2370>
 Jung-Kue Shin <https://orcid.org/0000-0002-7303-7483>

Conflict of interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

Not applicable.

Data availability

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authorship contribution statement

Conceptualization: Shim DH.
 Data curation: Shim DH, Lee GM, Shin JK.
 Formal analysis: Shim DH, Shin JK.
 Methodology: Shim DH, Lee GM, Shin JK.
 Software: Shim DH, Lee GM.
 Validation: Shim DH, Shin JK.
 Investigation: Shim DH.
 Writing - original draft: Shim DH, Shin JK.
 Writing - review & editing: Shim DH, Lee GM, Shin JK.

Ethics approval

The study was conducted with approval from the Jeonju

University Institutional Review Board (IRB No. jjiRB-2022-0604).

References

- AACC. 2010. Approved Methods of the AACC. 11th ed. Method 10-05.01, 10-10.03. American Association of Cereal Chemists International, St. Paul, MN. USA.
- Ajayi OE, Yoon SY, Moon S, Kim KH, Kim JH, Chung JW, Jang KI, Hyun TK. 2023. Variability in phytochemical contents and biological activities among *Adenophora triphylla* genotypes. Appl. Sci. 13: 11184.
- Bae JY, Park LY, Lee SH. 2008. Effect of *Salicornia herbacea* L. powder on the quality characteristics of bread. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1196-1201.
- Cha SH, Hyun TK, Kim SW, Kim KH, Jang KI. 2025. Comparison of nutritional composition, quality characteristics, and antioxidant activities of *Adenophora triphylla* leaves by different drying methods. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 54: 794-804.
- Cho HJ, Kyeong W, Jeong CE, Lee JE. 2025. Health functional foods and nutrient intake among Korean adults. J. Nutr. Health 58: 345-356.
- Choi HJ, Chung MJ, Ham SS. 2010. Antiobese and hypocholesterolaemic effects of an *Adenophora triphylla* extract in HepG2 cells and high fat diet-induced obese mice. Food Chem. 119: 437-444.
- Choi HJ, Kim SH, Oh HT, Chung MJ, Ham SS. 2008. Effects of *Adenophora triphylla* ethylacetate extract on mRNA levels of antioxidant enzymes in human HepG2 cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1238-1243.
- Choi SN, Joo MK, Chung NY. 2014. Quality characteristics of bread added with stevia leaf powder. Korean J. Food Cook. Sci. 30: 419-427.
- Chun J, Kang M, Kim YS. 2014. A triterpenoid saponin from *Adenophora triphylla* var. *japonica* suppresses the growth of human gastric cancer cells via regulation of apoptosis and autophagy. Tumor. Biol. 35: 12021-12030.
- Ham YA, Choi HJ, Kim SH, Chung MJ, Ham SS. 2009. Anti-mutagenic and antitumor effects of *Adenophora triphylla* extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 25-31.
- Hori K, Devkota HP. 2020. Phenolic compounds from the aerial parts of *Adenophora triphylla* (Thunb.) A. DC. var. *triphylla* and their free radical scavenging activity. Nepal J. Biotechnol. 8: 12-16.
- Hwang YK, Yoo YS, Park HR. 2023. Quality characteristics and

- antioxidant activity of pan bread added with Welsh onion root powder. Culi. Sci. Hos. Res. 29: 49-61.
- Im DH, Nam JH, Kim JH, Lee MJ, Rho IR. 2020. Effect of pelleting treatment on seed germination in *Adenophora triphylla*. Korean J. Med. Crop Sci. 28: 128-135.
- Jang HH, Kim MJ, Cho SY, Kim JB, Lee SH, Lee YM. 2015. Anti-inflammatory and anti-allergic effects of *Adenophora triphylla* var. *japonica* extract. J. East Asian Soc. Diet. Life 25: 813-821.
- Jeon SH. 2020. Effect of Psyllium husk powder on the storage of white bread and Jeulpyun. MS thesis, Chungnam National Uni., Daejeon, Korea.
- Jung DS, Lee BS, Eun JB. 2002. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 232-237.
- Kim D, Kim KY. 2021. *Adenophora triphylla* var. *japonica* inhibits *Candida* biofilm formation, increases susceptibility to antifungal agents and reduces infection. Int. J. Mol. Sci. 22: 12523.
- Kim EJ, Ju HW. 2016. Quality characteristics of white pan bread with *Cudrania tricuspidata* leaf powder. J. Food Cook. Sci. 22: 173-186.
- Kim G, Lee YE, Jang HW. 2026. Food science perspective on the alternative sweeteners for sustainable food development. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 55: 189-197.
- Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Kim HH, Lee KS. 2011. Yield and quality characteristics of ginseng's first byproducts. Korean J. Med. Crop Sci. 19: 313-318.
- Kim HL, Lee HJ, Choi BK, Park SB, Woo SM, Lee DR. 2020. Roots extract of *Adenophora triphylla* var. *japonica* inhibits adipogenesis in 3T3-L1 cells through the downregulation of IRS1. J. Physiol. Pathol. Korean Med. 34: 136-141.
- Kim IH, Ko YJ, Choi ID, Kim YG, Jeong CH, Ryu CH, Shim KH. 2014. Quality characteristics of domestic wheat white bread added with lotus leaf and *Adenophora* root powder. J. Agric. Life Sci. 48: 365-373.
- Kim JH, Hong JY, Shin SR, Yoon KY. 2009. Comparison of antioxidant activity in wild plant (*Adenophora triphylla*) leaves and roots as a potential source of functional foods. Int. J. Food Sci. Nutr. 60: 150-161.
- Kim SI, Jee MG, Park YC, Jang WS, Kwan AR, Kil KJ, Lee KS. 2022. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of white ginseng extract supplemented with *Adenophora triphylla* var. *japonica* Hara leaf. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 51: 1296-1303.
- Kim YJ, Jeong JS, Kim EH, Son BG, GO GB. 2016. Quality of white bread containing *Aster yomena* powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 45: 91-99.
- Ko SJ, Lee MH. 2022. Quality characteristics and functionality of pan bread added with ginseng leaf and stem powder. Culi. Sci. Hos. Res. 28: 12-22.
- KOSTAT. 2025a. 2025 Statistics on the aged. Available from: https://mods.go.kr/board.es?mid=a10301010000&bid=10820&tag=&act=view&list_no=438832&ref_bid=, Accessed Jul. 31, 2026.
- KOSTAT. 2025b. Preliminary results of birth and death statistics in 2024. Available from: https://mods.go.kr/board.es?mid=a20108100000&bid=11773&act=view&list_no=436027&tag=&nPage=1&ref_bid=. Accessed Jul. 31, 2026.
- Lee CS, Han JH, Yu YS. 2024. *Capsosiphon fulvescens* pan bread's quality changes about the shelf life and antioxidants effect during the preservation storing. Korean J. Food Cook. Sci. 30: 22-33.
- Lee HR, Kim HM, Jeong HW, Kim GG, Na CI, Oh MM, Hwang SJ. 2019. Growth characteristics of *Adenophora triphylla* var. *japonica* Hara seedlings as affected by growing medium. Plants. 8: 466.
- Lee KY, Lee MY, Kim SD. 2003. Effect of calcium acetate on the dough fermentation and quality characteristics of bread. J. East Asian Soc. Diet Life. 13: 608-614.
- Lee MY, Mo SY, Kim DW, Oh SE, Ko BS. 2001. Discrimination and genetic relationship of *Adenophora triphylla* (Thunb) A.DC. var. *japonica* Hara and *Codonopsis lanceolata* Trautv using RAPD analysis. Korean J. Med. Crop Sci. 9: 205-210.
- Lee SE, Lee EH, Lee TJ, Kim SW, Kim BH. 2013. Anti-obesity effect and action mechanism of *Adenophora triphylla* root ethanol extract in C57BL/6 obese mice fed a high-fat diet. Biosci. Biotechnol. Biochem. 77: 544-550.
- Lim KG, Han JH, Lee MH. 2021. Quality characteristics of bread added with broccoli sprout powder using geumgang wheat and micro organisms during storage. Culi. Sci. Hos. Res. 27: 12-22.
- MFDS. 2025. Food code. Ministry of Food and Drug Safety, Sejong, Korea.
- Park HJ, Park SH. 2023. Hexane fraction of *Adenophora triphylla* var. *japonica* root extract induces apoptosis of human lung cancer cells by inactivating Src/STAT3 pathway. Nat. Prod. Res. 37: 2924-2928.
- Park HR, Chung CH. 2020. Quality characteristics of sponge cake with added barley sprouts powder. Culi. Sci. Hos. Res. 26: 151-162.
- Parkkonen T, Härkönen H, Autio K. 1994. Effect of baking on the microstructure of rye cell walls and protein. Cereal Chem. 71: 58-63.

- Poinot P, Arvisenet G, Grua-Priol J, Fillonneau C, Le-Bail A, Prost C. 2010. Influence of inulin on bread: kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking. *Food Chem.* 119: 1474-1484.
- Prokopov T, Chonova V, Slavov A, Dessev T, Dimitrov N, Petkova N. 2018. Effects on the quality and health-enhancing properties of industrial onion waste powder on bread. *J. Food Sci. Technol.* 12: 5091-5097.
- Roh SS, Kim SH, Lee YC, Young BS. 2008. Effects of radix adenophora and cyclosporine A on an OVA-induced murine model of asthma by suppressing to T cells activity, eosinophilia, and bronchial hyperresponsiveness. *Mediators Inflamm.* 2008: 781425.
- Shin YJ, Jegal JM, Lee MH. 2019. Quality and antioxidant properties of white bread with *Gynura procumbens* powder. *J. Food Cook. Sci.* 25: 1-11.
- Son DH, Park WJ, Lee YJ. 2019. Recent advances in anti-aging medicine. *Korean J. Fam. Med.* 40: 289-296.
- Won JY, Yoo YC, Kang EJ, Yang H, Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee KS. 2013. Chemical components, DPPH radical scavenging activity and inhibitory effects on nitric oxide production in *Allium hookeri* cultivated under open field and greenhouse conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1351-1356.
- Woo SL. 2019. Quality characteristics and antioxidant of white pan bread add with freekeh powder. MS thesis, Hansung Uni., Seoul, Korea.
- Woo SL, Lee MH. 2021. Quality characteristics and antioxidant properties of white bread added with mugwort powder. *Culi. Sci. Hos. Res.* 27: 104-113.
- Yang SM, Shin JH, Kim SH, Sung NH. 2010. Quality characteristics of bread with added black garlic extract. *Korean J. Food Cook. Sci.* 26: 503-510.
- Yeom YJ, Han JH, Lee MH. 2020. Improving properties and antioxidant activity of organic wheat flour bread added fenugreek powder. *Korean J. Food Cook Sci.* 26: 88-97.
- Yoo SK, Park SK, Kang JY, Kim MJ, Park SH, Kwon BS, Lee CJ, Kang JE, Park JE, Park SB, Lee UK, Heo HJ. 2017. Skin whitening effect of ethyl acetate fraction of *Adenophora triphylla* var. *japonica* sprout. *Korean J. Plant Res.* 30: 352-363.
- Yook CS. 1989. Coloured medicinal plants of Korea. Academy Publishing Co., Inc., Seoul, Korea. pp. 510-515.
- Yoon JA, Han JW, Cho JH, Shin KO. 2020. Quality characteristics and antioxidant activity of white bread added with germinated Kamut (*Triticum turanicum* Jakubz) powder. *J. East Asian Soc. Diet Life.* 30: 345-354.
- Yoon SY, Kim KH, Hyun TK. 2023. Antioxidant and anticancer activities of *Adenophora triphylla* leaf and root extracts. *J. Plant Biotechnol.* 50: 137-141.
- Zhou Y, Dhital S, Zhao C, Ye F, Chen J, Zhao G. 2021. Dietary fiber-gluten protein interaction in wheat flour dough: analysis, consequences and proposed mechanisms. *Food Hydrocoll.* 111: 106203.