

템페를 첨가한 식빵의 품질 특성

어희정 · 김다솔 · 주나미*
숙명여자대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Loaf Bread Added with Tempeh

Hee Jeong Eo, Dah-Sol Kim, and Nami Joo*

Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract

Tempeh is a traditional Indonesian food that is fermented soybeans with *Rhizopus* spp. and contains high-quality protein. In this study, tempeh and yeast were set as independent variables following the central composite design to optimize the nutritional quality and sensory characteristics of high-protein loaf bread added with tempeh. The optimal mixing ratio was calculated through the response surface methodology. The optimal mixing ratio of tempeh-added loaf bread was 11.27 g of tempeh and 5.46 g of yeast. A comparative analysis of the quality characteristics between the tempeh-added loaf bread and the control group produced by the optimal recipe showed that tempeh-added loaf bread contained higher protein content, lower carbohydrates and fats, and lower calories. Among amino acids, essential amino acids such as aspartic acid, threonine, glycine, alanine, lysine, and histidine were significantly higher in tempeh-added loaf bread. Among fatty acids, butyric acid, capric acid, myristic acid, palmitic acid, palmitoleic acid, and heptadecanoic acid were significantly higher in tempeh-added loaf bread, while lauric acid, linoleic acid, and linolenic acid were significantly lower. This study confirmed the suitability of tempeh as an ingredient for protein-enhanced loaf bread and the potential possibility of it being utilized in bakeries.

Keywords: tempeh, loaf bread, amino acid, fatty acid, response surface methodology

서 론

웰빙(well-being)에 대한 관심이 높아지면서 식물체에 함유된 여러 가지 기능성 성분과 이의 특성을 연구하여 고부가가치 식품소재로써 활용하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 게다가 초고령화 사회로의 변화로 심혈관계 질환, 고혈압, 암 등의 질환 유병률이 증가하면서, 건강한 삶에 관한 관심 증가와 함께 기능성 식품에 대한 선호도가 급증하고 있다. 이와 더불어 식생활의 간편화, HMR 시장의 급성장, 건강 지향적 소비 증가 등 식문화 경향이 급속하게 바뀌고 있는데, 이러한 변화와 함께 제빵류의 소비량 또한 급증하고 있다(Lee, 2022). 이 같은 변화에 맞춰 소비자의 요구 사항을 충족하기 위해 제빵류 영양 개선의 일환으로 퀴노아, 병아리콩, 강황, 녹차, 시금치, 토마토 등 기능성 부재료의 사용이 점차 확대되고 있다. 실제로, 식물성 단백질 함량이 높은 고품질 제과·제빵 제품에 대한 소비자 및

산업계 기관의 수요가 높은 것으로 보고된 바가 있다(Hoehnel et al., 2019). 특히 단백질 함량이 높으면서도 소비자의 거부감이 적은 두류를 활용하여 영양학적으로 우수한 제품 개발 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 두류의 가공 용도별 적합 품종을 개발하려는 연구도 지속해서 이루어지고 있다(Kwon & Kim, 2019). 그리고 두류는 치매 예방을 위한 필수 아미노산과 필수 지방산(omega-3, -6, -9)이 풍부하여 고령자에게 권장되지만, 노화로 인해 상대적으로 저작 및 소화 능력이 저하되어 두류 섭취가 쉽지 않다는 점을 고려하여, 두류를 섭취하는 방식을 바꿔 고령자의 영양 불균형을 줄이는 연구도 진행되고 있다(Kim & Joo, 2021). 예를 들어, 발효를 통해 대두가 된장, 청국장, 간장, 낫토 템페(tempeh) 등 다양하게 이용될 수 있도록 세계적으로도 많은 연구가 이뤄지고 있다. 특히 템페는 대두를 단기간에 발효시킨 무염 발효 식품으로 한국의 청국장, 일본의 낫토(natto), 네팔의 키네마(kinema)와 유사한 형태이며(Lee et al., 2014), 이 같은 발효 식품은 쉽게 부패하지 않아 보존성도 우수하고, 발효에 참여하는 균주들의 효소 활성으로 인해 생리 활성 성분이 증가한 것으로도 알려져 있다(Song et al., 2021). 그 중, 특히 템페는 건강상의 이점, 적절한 질감 특성, 저렴한 가격, 지속 가능성 등의 이유로 적합한 식량원이 될 수 있을 것으로 보인다.

*Corresponding author: Nami Joo, Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Cheongpa-ro 47-gil 100, Yongsan-gu, Seoul 04310, Republic of Korea
Tel: +82-2-710-9471
E-mail: namij@sookmyung.ac.kr
Received April 28, 2023; revised May 10, 2023; accepted May 11, 2023

템페는 인도네시아의 토착 음식으로, 300년 이상 동안 단백질의 주요 공급원으로 소비됐다. 템페는 일반적으로 *Rhizopus spp.* 균으로 대두를 발효시켜 만들며, 우수한 양질의 단백질, 필수 지방산 및 아미노산, 생체 활성 화합물 등의 공급원으로 알려져 있다. 게다가, 발효 과정을 통해 항영양소 및 알레르겐(allergen) 함량을 감소시켰으며, 조직감 특성을 긍정적으로 변화시켰다고 보고된 바가 있다 (Ahn-an-Winarno et al., 2021). 따라서 본 연구에서는 단백질 강화 제빵류를 개발하기 위해 식빵에 템페를 첨가하여 이의 이화학적 및 관능적 품질 특성을 조사하여, 최적화된 고단백질 템페 발효빵 레시피 도출을 통해 고단백질 식품 산업에 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 계획

템페 첨가 고단백질 식빵을 개발하기 위해 Design Expert program (Version 11, Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA) 을 사용하여 반응표면분석법(response surface methodology; RSM)의 중심합성계획법(central composite design; CCD)에 따라 Table 1과 같이 실험을 설계하였다. 독립 변수는 예비 실험 결과를 바탕으로 템페 함량(X_1) 3.0-21.0 g, 효모 함량(X_2) 1.5-10.5 g으로 설정하였으며, 독립 변수에 따른 식빵의 이화학적 및 관능적 품질 변화를 알아보하고자 pH, 당도, 염도, 수분함량, 굽기 손실률, 색도(명도, 적색도, 황색도), 조직감(경도, 점착성, 탄력성, 씹힘성, 검성, 응집성, 탄성), 기호도(색, 풍미, 발효취, 이취, 조직감, 전반적 기호도)를 종속변수로 설정하였다.

식빵을 제조하기 위하여 먼저 템페(PaAp, Tae-an-gun, Chungnam, Korea)는 48 h 동결건조한 다음 분말화하여 사용하였다. 체 친 강력분과 효모, 설탕, 소금, 달걀, 우유, 물을 반죽기에 넣고 중고속에서 10 min 간 혼합하였다. 혼합한 반죽은 온도 $27\pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 75%인 발효기에서 1 h 동안 1차 발효하였고, 발효가 끝난 반죽은 둥글리기를 한 후 15 min 휴지하였다. 이를 다시 둥글리기로 성형하여

식빵 틀에 팬닝한 후 50 min 간 2차 발효(온도 $35\pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 85%) 하였다. 발효가 끝난 반죽은 175°C 로 예열한 오븐(SMEG, ALFA43K)에서 25 min 동안 구웠고, 이를 30 min 간 식혀 시료로 사용하였다.

이화학적 특성 분석

pH

시료 3 mg과 증류수 30 mL를 1분간 혼합한 후 여과지(Whatman Inc., Maidstone, Kent, UK)로 여과하여, pH 측정기(F-51BW, HORIBA Ltd., Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다.

당도 및 염도

시료 3 mg과 증류수 30 mL를 1 min 간 혼합한 후 여과지(Whatman Inc., Maidstone, Kent, England)로 여과하여, 당도계(PAL-1, ATAGO Co. Ltd., Tokyo, Japan) 및 염도계(PAL-03S, ATAGO Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

수분 함량

수분 함량은 상압가열건조법에 따라 수분 함량 측정기(MB45, Ohaus Ltd., NJ, USA)를 이용하여 측정하였다. 이때 직경 10 cm의 알루미늄 플레이트를 사용하였으며, 실험 조건은 시료 무게 3 g, temperature program fast, drying temperature 180°C , switch-off criterion A60으로 설정하였다.

굽기 손실률

굽기 전후의 시료 무게를 측정 후, 아래와 같이 계산하였다.

굽기 손실률(%)

$$= \frac{\text{굽기 전 시료의 무게(g)} - \text{구운 후 시료의 무게(g)}}{\text{굽기 전 시료의 무게(g)}} \times 100$$

색도

색차계(JP7200F, Juki Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(lightness; L), 적색도(redness; a), 황색도(yellowness; b)를 측정하였으며 이를 Hunter 색 체계의 L, a, b 값으로

Table 1. Experimental design for response surface analysis of loaf bread added with tempeh

Standard No.	Tempeh (X_1 , g)	Yeast (X_2 , g)	Flour (g)	Milk (mL)	Egg (g)	Butter (g)	Sugar (g)	Salt (g)	Water (mL)
1	3.0	1.5	300.5						
2	21.0	1.5	282.5						
3	3.0	10.5	291.5						
4	21.0	10.5	273.5						
5	3.0	6.0	296.0						
6	21.0	6.0	278.0	100.0	50.0	50.0	20.0	5.0	30.0
7	12.0	1.5	291.5						
8	12.0	10.5	282.5						
9	12.0	6.0	287.0						
10	12.0	6.0	287.0						

나타내었다. 이때 사용된 표준 백판의 L, a, b 값은 +105.52, -0.07, +4.70이었다.

조직감

시료를 정사각형 모양(3 cm × 3 cm × 3 cm)의 크기로 잘라, 직경 50 mm 직사각형 탐침기가 장착된 물성 측정기(TA-XT Express 20096, Stable microsystems Ltd., London, UK)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 two-cycle compression test, pre-test speed 1 mm/s, trigger force 5 g, test speed 2 mm/s, return speed 1 mm/s, test distance 7.5 mm, time 5 s로 설정하였으며 경도(hardness), 접착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness), 복원성(resilience)을 측정하였다.

관능적 특성 분석

훈련된 관능 평가 전문 패널 25명을 대상으로 수행하였다(SMWU-2203-HR-014). 10가지 시료는 모두 가로 2.5 cm × 세로 2.5 cm × 높이 2.5 cm 크기의 정육면체로 잘라, 각 시료에 난수표에서 무작위로 추출한 세 자리 숫자를 부여하여 해당 숫자가 적힌 같은 크기의 흰색 일회용 접시에 담아 제공하였다. 패널에게 미온의 물도 함께 제공하여, 하나의 시료를 평가한 후 입안을 헹군 뒤 다른 시료를 평가하도록 하였다. 이때 색(color), 풍미(overall flavor), 발효취(fermented flavor), 이취(off flavor), 조직감(texture), 전반적 기호도(overall taste)에 대하여 7점 척도(1 = 매우 싫음, 4 = 보통, 7 = 매우 좋음)를 이용하여 평가하도록 하였다.

제조조건 최적화

템페 식빵의 품질 특성 및 원재료 간의 상호작용과 경향을 알아보기 위해 Design Expert 8.0 프로그램의 ANOVA test 및 회귀분석을 이용하였다. Model의 적합성 여부는 F-test로 유의성을 검증하였고, 각 원재료가 식빵에 미치는 영향은 perturbation plot과 response surface 3D plot을 이용하여 분석하였다. Canonical 모형의 수치 최적화를 위한 템페 및 효모의 양은 예비실험을 통해 설정하였으며, 지점 예측(point prediction)을 통해 최적점을 선정하였다. Canonical model을 기준으로 하는 모델 계수에 각각의 반응 중 관능적 특성의 최고점의 목표 범위를 수치 최적화로 설정하였다. 수치 최적화를 통해 제시된 최적점(solution)으로 적합도(desirability)를 구하고, 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 확인하였다.

일반성분 조성

AOAC (2005) 방법에 따라 분석하였다. 수분 함량은 상압 가열 건조법, 조회분 함량은 직접 회화법, 조지방 함량은 soxhlet 추출법, 조단백질 함량은 micro-kjeldahl 법으로 측정하였다. 탄수화물은 100%에서 수분, 조회분, 조지방, 조단백질의 함유 비율을 뺀 값으로 계산하였다.

아미노산 조성

시료 1 g에 80% EtOH 20 mL를 가하여 30분간 초음파 처리한 후 원심분리하여 상등액을 취하였다. 상등액을 45°C에서 감압 농축하여 아미노산용 dilution buffer (pH 2.2) 5 mL에 용해한 후 membrane filter (0.45 µm, Sigma-Adrich, St. Louis, MO, USA)로 여과하여 아미노산 분석용 시료로 사용하였다. 시료 1 g과 6 N HCl 용액 10 mL를 스크류캡이 있는 유리 시험관에 담아 상층부를 질소로 치환시킨 후 110°C에서 24 h 동안 가수분해하였다. 가수분해액을 감압 농축하여 소량의 증류수를 가한 후 HCl을 휘산하였다. 농축된 잔사는 아미노산용 dilution buffer (pH 2.2) 10 mL에 용해한 후 여과하여, 아미노산 분석기(Sykam GmbH, Gewerbering, Eresing, Germany)를 사용하여 분석하였다. 시료를 Column (250 mm × 4.6 mm; Cation separation column LCA K06/NA, Sykam GmbH, Gewerbering, Eresing, Germany)에 주입 시, 이동상의 유속은 0.45 mL/min, ninhydrin은 0.4 mL/min으로 설정하였다. 아미노산 표준 혼합액(Sykam GmbH, Gewerbering, Eresing, Germany) 100 µg/mL를 동일 조건에서 분석하여 각 peak area를 기준으로 시료의 아미노산을 정량하였다.

지방산 조성

시료 0.1 g을 스크류캡이 있는 유리 시험관에 넣고 500 µL toluene에 용해한 후, 2,2-dimethoxypropane 100 µL와 0.5 N sodium methoxide 1 mL를 넣고 혼합하여 80°C 항온 수조기에서 20 min 간 담가두었다. 이를 5 min 간 실온에서 냉각시킨 후 BF₃ methanol 1 mL를 첨가하여 80°C 항온 수조기에서 20 min 간 다시 담가두었다가 실온에서 냉각하였다. 여기에 Hexane 400 µL와 포화식염수 400 µL를 첨가하여 3,000 rpm에서 5 min 간 원심분리하였다. 상층부 hexanetoluene 2 mL를 취하여 vial로 옮겨 담아 gas chromatography (GC) 분석용 시료로 사용하였다. 즉, fatty acid methyl ester (FAME)의 정량분석을 위해 GC (GC-2010, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하였으며, 불꽃 이온화 검출기 온도는 280°C로 설정하였다. Column 온도는 160°C에서 5 min 간 머문 후 220°C까지 1°C/min 온도를 상승시켜 40 min 간 머무르도록 하였다. 시료 주입기 온도는 250°C, 분할비는 1:50, 운반 기체는 N₂ 35 mL/min으로 설정하였다. FAME 추출물 1 µL를 capillary column (100.0 m × 0.25 mm I.D. × 0.20 µm; SP-2560, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)에 자동시료주입장치(AOC-20i, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 주입하였다. FAME 표준물질(37 mix FAME, Sigma-Adrich, St. Louis, MO, USA)을 이용하여 검량선을 작성하고 시료의 지방산을 정량하였다.

통계 분석

SPSS Statistic program (Version 23.0, IBM Co., Armonk,

NY, USA)을 이용하여 독립표본 t-검정하였으며, 유의수준 $p < 0.05$ 에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

이화학적 특성

2개의 독립 변수에 대해 2개의 반복점과 10개의 실험점을 포함하는 RSM에 따라 이화학적 특성(pH, 당도, 염도, 수분함량, 굽기 손실률, 색도)을 평가하였으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다.

pH

템페 첨가 식빵의 pH 값은 5.60-5.93의 범위를 나타내었으며, 템페 함량이 증가할수록 pH가 감소하다가 12 g 이상이 되면 증가하였고, 효모 함량이 증가할수록 pH가 약간 감소하였다. 청국장 가루 첨가 식빵에 대한 선행 연구에 의하면, 청국장 무첨가 대조군에서 pH가 가장 낮았으며, 청국장 0.5-1.5% 첨가군에서 pH가 5.69-5.74로 나타났는데, 이는 청국장에 함유된 단백질의 영향에 의한 것이라 보고된 바가 있다(Moon & Park, 2008). 본 실험 결과에서도 이와 유사한 경향을 보여, 이는 템페에 함유된 단백질이 식빵 제조과정 중에 pH의 변화에 영향을 끼친 것으로 사료된다.

당도 및 염도

템페 첨가 식빵의 당도는 11.0-13.0°Brix, 염도는 1.10-1.30%으로 나타났다. 선행 연구에 의하면, 국내에서 다소비 되는 밀가루, 이스트, 설탕으로 만든 식빵의 당도가 평균 10°Brix로 알려져 있는데(Lee, 2022) 본 연구에서 템페 첨가 식빵의 당도가 더 높은 것은 템페 분말의 당도가 8.2-10.4°Brix 정도로 높기 때문인 것으로 보인다(Omosebi & Otunola, 2013). 된장 첨가 식빵에 대한 선행 연구에 의하면, 염도가 11.5-17.5%로 템페 첨가 식빵보다 훨씬 높은 것으로 나타났는데(Oh et al., 2003), 이는 된장과는 달리

무염으로 제조되는 템페에 기인한 염분 양의 차이에 따른 것으로 생각된다(Watanabe et al., 2007).

수분 함량

템페 첨가 식빵의 수분 함량은 36.44-44.24% 범위를 나타내었으며, 템페 3 g과 효모 1.5 g이 첨가됐을 때 수분 함량이 가장 낮았고, 템페 12 g과 효모 10.5 g이 첨가됐을 때 수분 함량이 가장 높았다. 선행 연구에 의하면, 빵을 제조할 때 대두 분말을 첨가하면 대두에 포함된 불용성 식이섬유와 단백질이 수분과의 결합에 유리해질 수 있는 스펀지 형태를 만들어, 빵의 수분 함량을 높인다고 보고된 바가 있다(Nilufer-Erdil et al., 2012). Kim et al. (2021)의 연구에서는 병아리콩 분말 함량이 높아질수록 수분 함량이 높아지는 것으로 나타났는데, 본 연구에서도 콩이 원료인 템페 분말 함량이 높아질수록 수분 함량이 높아지는 유사한 경향을 보였다.

굽기 손실률

템페 첨가 식빵의 굽기 손실률은 1.61-9.71%로 나타났으며, 템페의 함량이 증가할수록 굽기 손실률이 감소하였다. 선행 연구에 의하면, 굽기 손실률은 제빵 제조 시 발효 과정으로 인해 생성된 휘발성 물질의 휘발과 가열에 의한 수분 증발에 유의한 영향을 받는다고 보고된 바가 있다(Jang et al., 2008). 실제로 You et al. (2021)의 연구에서 단백질 함량이 높은 밀 품종은 단백질 함량이 낮은 밀 품종보다 식빵 반죽 발효 시 팽창을 저해하여, 발효 과정 중 생성된 휘발성 물질의 휘발과 수분 증발이 적기 때문에 굽기 손실률이 낮았다고 하였다. 본 연구에서 템페도 단백질 함량이 밀가루보다 높아 식빵 반죽 발효 시 팽창이 덜 되어, 수분 증발이 적게 일어나 굽기 손실률이 낮게 나타난 것으로 사료된다.

색도

템페 첨가 식빵 내부의 명도(lightness; L)는 46.62-61.29, 적색도(redness; a)는 -3.98 - -0.59, 황색도(yellowness, b)는

Table 2. The physicochemical characteristics of loaf bread added with tempeh

Standard No.	Tempeh (X ₁ , g)	Yeast (X ₂ , g)	Response							
			pH	Sweetness (%)	Salinity (%)	Moisture (%)	Baking loss (%)	Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)
1	3.0	1.5	5.93±0.04 ^a	13.0±0.00	1.20±0.00	36.44±0.11 ^c	7.20±0.00	54.24±1.74 ^{cd}	-1.50±0.02 ^c	18.23±0.63 ^{de}
2	21.0	1.5	5.80±0.02 ^c	11.0±0.00	1.10±0.00	42.06±0.11 ^b	1.89±0.00	52.90±3.04 ^d	-1.33±0.03 ^{de}	17.94±0.95 ^c
3	3.0	10.5	5.60±0.01 ^c	12.0±0.00	1.40±0.00	37.27±1.94 ^c	9.71±0.00	58.87±0.74 ^{ab}	-0.59±0.02 ^b	20.37±0.30 ^b
4	21.0	10.5	5.72±0.03 ^d	14.0±0.00	1.30±0.00	42.44±0.32 ^b	8.54±0.00	53.21±0.06 ^d	-0.86±0.01 ^c	19.24±0.31 ^{cd}
5	3.0	6.0	5.85±0.02 ^b	11.0±0.00	1.20±0.00	41.63±0.38 ^b	4.57±0.00	56.85±0.53 ^{bc}	-1.41±0.02 ^e	14.95±0.15 ^g
6	21.0	6.0	5.88±0.02 ^b	12.0±0.00	1.10±0.00	42.39±0.36 ^b	1.61±0.00	61.29±0.60 ^f	-1.10±0.11 ^{cd}	19.86±0.05 ^{bc}
7	12.0	1.5	5.70±0.01 ^d	12.0±0.00	1.30±0.00	41.34±0.37 ^b	6.57±0.00	46.62±0.88 ^e	-0.90±0.05 ^c	16.13±0.28 ^f
8	12.0	10.5	5.62±0.01 ^e	12.0±0.00	1.30±0.00	44.24±0.30 ^b	5.13±0.00	46.19±1.53 ^d	-3.98±0.32 ^a	23.35±0.88 ^a
9	12.0	6.0	5.68±0.00 ^d	10.0±0.00	1.10±0.00	42.68±0.35 ^b	9.13±0.00	51.47±1.45 ^d	-1.32±0.01 ^{de}	15.70±0.22 ^{fg}
10	12.0	6.0	5.68±0.01 ^d	10.0±0.00	1.10±0.00	44.14±0.29 ^a	9.00±0.00	51.24±0.69 ^d	-0.97±0.02 ^c	18.33±0.12 ^{de}

The values for all three replicates were expressed as mean±standard deviations.

Different superscripts a-g in the same column mean that the results are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. The mechanical characteristics of loaf bread added with tempeh

Standard No.	Tempeh (X_1 , g)	Yeast (X_2 , g)	Response						
			Hardness (N)	Adhesiveness (N·s)	Springiness (%)	Chewiness (g)	Gumminess (g/cm ²)	Cohesiveness (%)	Resilience (%)
1	3.0	1.5	7.13±0.06 ^b	0.0020±0.0001 ^d	0.90±0.01 ^a	371.29±14.34 ^b	409.00±19.30 ^b	0.56±0.03 ^b	0.23±0.01 ^b
2	21.0	1.5	8.73±0.40 ^e	0.0020±0.0001 ^d	0.88±0.03 ^{ab}	448.00±19.64 ^a	497.05±21.02 ^a	0.54±0.02 ^b	0.22±0.01 ^b
3	3.0	10.5	6.85±0.29 ^b	0.0022±0.0001 ^d	0.70±0.03 ^d	205.66±8.24 ^c	297.20±11.54 ^d	0.45±0.02 ^e	0.13±0.01 ^c
4	21.0	10.5	6.82±0.33 ^b	0.0013±0.0001 ^e	0.64±0.02 ^e	319.91±15.45 ^c	383.01±18.39 ^c	0.55±0.01 ^b	0.20±0.01 ^c
5	3.0	6.0	5.27±0.26 ^d	0.0025±0.0001 ^c	0.89±0.01 ^a	282.45±13.14 ^d	297.66±14.06 ^d	0.61±0.01 ^a	0.27±0.01 ^a
6	21.0	6.0	3.07±0.14 ^f	0.0030±0.0001 ^b	0.68±0.03 ^e	100.92±4.70 ^g	142.95±7.12 ^f	0.45±0.02 ^{de}	0.13±0.01 ^c
7	12.0	1.5	5.17±0.08 ^d	0.0014±0.0001 ^e	0.73±0.04 ^{cd}	158.11±7.83 ^f	216.34±7.47 ^e	0.41±0.02 ^f	0.12±0.01 ^c
8	12.0	10.5	2.22±0.11 ^g	0.0014±0.0001 ^e	0.78±0.04 ^{cd}	84.26±4.20 ^g	109.34±4.35 ^g	0.48±0.01 ^{cd}	0.15±0.01 ^d
9	12.0	6.0	5.65±0.04 ^c	0.0036±0.0001 ^a	0.79±0.02 ^{cd}	198.07±6.40 ^e	286.42±12.32 ^d	0.50±0.02 ^e	0.15±0.01 ^d
10	12.0	6.0	4.03±0.10 ^e	0.0035±0.0001 ^a	0.80±0.04 ^{bc}	188.75±5.12 ^e	283.43±7.01 ^d	0.49±0.02 ^e	0.16±0.01 ^d

The values for all three replicates were expressed as mean±standard deviations.

Different superscripts a-g in the same column mean that the results are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

14.95-23.35로 나타났으며, 템페 함량이 증가할수록 L 값이 감소한 반면 효모 함량이 증가할수록 L 값이 증가하였다. 선행 연구에 의하면, 빵의 내부 색은 마이야르 반응(Maillard reaction)에 의한 영향보다, 원재료의 영향을 더 많이 받는다고 보고된 바가 있는데(Miñarro et al., 2012), Kim et al. (2021)의 연구에서도 식빵의 색도 변화는 빵에 첨가하는 원료의 색에 의하여 영향을 받게 되며, 식빵의 명도가 낮아지는 또 다른 원인은 빵 반죽의 기포 크기가 작고 마이야르 반응이 더 많이 일어나는 경우에 해당한다고 하였다. 또 다른 선행 연구에서도 식빵에 벵아리콩 분말 함량을 증가시킬수록 벵아리콩에 포함된 단백질 함량이 증가하게 되므로, 마이야르 반응이 더욱 활발해져 명도가 낮아졌다고 하였다. 본 연구에서도 이와 유사한 경향을 보였는데, 이는 템페에도 단백질이 다량 포함되어 있어 식빵을 굽는 동안 마이야르 반응이 활발히 일어나, 템페 첨가 식빵이 템페의 L 값 79.12보다 낮아진 것으로 판단된다.

a 값의 경우, 음(-)의 값으로 나타나 녹색 빛을 띠고 있음을 알 수 있으며, 템페를 첨가할수록 증가하다가 일정 수준에서 다시 감소하는 경향을 나타냈다. b 값의 경우, 템페 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 청국장 첨가 식빵에 대한 선행 연구에 의하면, 단백질 함량이 밀가루보다 청국장 가루에 더 많이 함유되어 있으므로, 식빵을 굽는 과정에서 환원당과 아미노산이 비효소적 갈변 현상에 의해 착색될 수 있다고 보고하였다(Moon & Park, 2008). 또한 대두를 기반으로 한 청국장 가루에는 고유 색소가 함유되어 있기 때문에 b 값과 a 값이 증가 된다는 선행 연구 결과와 비교했을 때, 템페 첨가 식빵의 경우에도 템페를 첨가함에 따라 식빵을 굽는 과정에서 환원당과 아미노산이 비효소적 갈변현상이 일어나 황색도가 증가하는 유사한 경향을 나타냈다. 반면, 적색도는 일정 수준까지 증가하는 것은 유사하나, 일정 수준에서 다시 감소하는 것은 선행 연구와는 상반되는 결과를 보였다.

조직감

템페 첨가 식빵의 조직감은 Table 3에 나타내었다. 템페 첨가 식빵의 경도는 2.22-8.73 N으로, 효모 첨가량이 증가할수록 부드러워지는 것으로 나타났다. 점착성은 0.0013-0.0036 N·s로, 템페와 이스트의 함량에 따른 차이는 적었다. 탄력성은 0.68-0.90%으로, 템페 함량이 증가할수록 약간 감소하였고, 템페 함량이 증가할수록 씹힘성이 감소하다가 일정 수준에서 다시 증가한 반면 효모 함량이 증가할수록 씹힘성이 감소하는 경향을 보였다. 겹침성은 109.34-497.05 g/cm²으로, 템페 함량이 증가할수록 감소하였고, 응집성은 0.41-0.61%로, 템페와 이스트의 함량에 따른 차이는 매우 적었다. 복원성은 0.12-0.27%로, 템페와 이스트의 함량이 증가할수록 복원성이 소폭 증가하다가 일정 수준에서 다시 감소하였다. 선행 연구에서도 본 연구 결과와 유사하게, 템페 첨가 모닝빵이 템페를 첨가하지 않은 모닝빵보다 경도 및 씹힘성이 낮았고 탄력성, 복원성, 응집성, 탄력성은 높은 것으로 나타났으며, 전반적으로 모닝빵의 식감이 템페를 첨가함으로써 더 부드러워졌다고 보고하였다(Huang et al., 2019). 또 다른 선행 연구에 의하면, 템페 첨가량이 밀가루의 10% 이상 첨가될 경우에는 식빵의 조직감에 대한 선호도가 낮아졌으며, 템페는 글루텐 생성을 하지 않으므로 반죽의 탄력성이 떨어지며, 식빵의 조직감은 발효 과정에서 CO₂의 영향을 받아 반죽의 다공성에 영향을 주는 요인이 된다고 보고하였다(Hernawan et al., 2021). 이러한 점을 고려했을 때, 본 연구에서도 템페 첨가량이 증가할수록 탄력성이 감소하고 효모 함량이 증가할수록 발효 과정에서 다공성이 증가하여 조직감이 좋아질 것으로 사료된다.

관능적 특성

템페 첨가 식빵의 관능적 특성은 Table 4에 나타내었다. 템페 첨가 식빵의 색(color)에 대한 기호도는 4.1-6.0, 향(overall flavor)에 대한 기호도는 3.4-6.2, 발효 향(fermented

Table 4. Sensory properties of loaf bread added with tempeh

Standard No.	Tempeh (X ₁ , g)	Yeast (X ₂ , g)	Response					
			Color	Overall flavor	Fermented flavor	Off flavor	Texture	Overall taste
1	3.0	1.5	4.9±0.7	4.8±0.6	5.1±1.1	4.2±1.2	4.7±0.8	4.7±0.8
2	21.0	1.5	4.4±1.0	4.0±1.1	4.3±1.1	3.5±1.0	3.5±1.1	3.4±0.9
3	3.0	10.5	4.2±0.9	3.7±1.1	4.0±1.0	3.2±1.5	3.9±1.4	3.2±1.4
4	21.0	10.5	4.1±1.1	3.4±1.1	4.3±1.2	3.4±0.7	3.8±1.0	3.3±0.9
5	3.0	6.0	4.7±0.6	4.2±1.0	4.3±1.1	3.8±1.5	4.3±0.9	3.9±0.9
6	21.0	6.0	4.2±1.4	4.0±0.9	4.0±1.0	4.1±1.1	4.3±0.9	4.1±0.7
7	12.0	1.5	4.5±1.0	4.6±0.7	4.0±1.3	4.3±0.9	4.7±0.8	4.5±0.7
8	12.0	10.5	5.0±0.6	4.6±0.8	4.5±0.9	4.1±1.0	4.7±0.8	4.5±0.9
9	12.0	6.0	6.0±0.6	6.2±0.4	5.6±1.6	6.1±0.5	6.1±0.3	6.3±0.5
10	12.0	6.0	5.9±0.7	6.2±0.4	5.6±1.6	6.1±0.5	6.2±0.4	6.2±0.4

The values for all three replicates were expressed as mean±standard deviations.

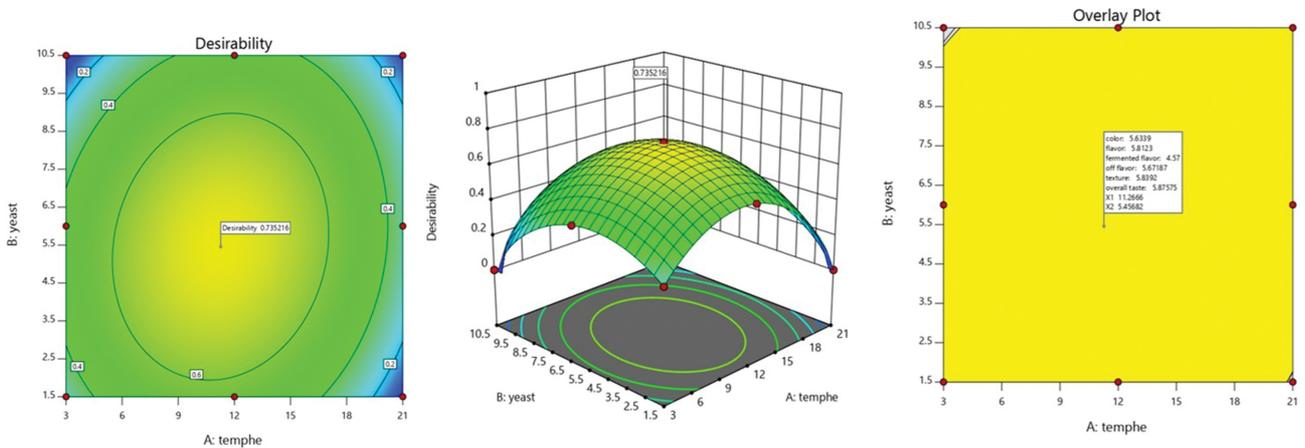


Fig. 1. Perturbation plot and response surface plot for the effect of tempeh (A) and yeast (B) on desirability of loaf bread added with tempeh.

flavor)에 대한 기호도는 4.0-5.6, 이취(off flavor)에 대한 기호도는 3.2-6.1, 조직감(texture)에 대한 기호도는 3.5-6.2, 전체적 기호도(overall taste)는 3.2-6.3의 범위를 나타내었다. 그 중 템페 12g과 효모 6g을 첨가했을 때 기호도가 가장 높았으며, 템페 함량이 증가할수록 기호도가 증가하다가 일정 시점 이후부터 다시 감소하는 경향을 보였다. 청국장 첨가 식빵 연구에서도(Moon & Park, 2008) 청국장 함량이 높아질수록 일정 수준까지 기호도가 증가하다가, 그 이후로는 색이 진해지면서 과한 발효취와 이취가 난다는 결과와 유사하게 나타났다.

제조조건 최적화

템페 첨가 식빵의 최적 레시피는 수치 최적화(numerical optimization)와 모형 최적화(graphical optimization)를 통해 가장 높은 적합도(desirability)를 나타낸 지점을 예측하여 도출하였으며, 그 결과 템페 11.27g 및 효모 5.46g이었다(Fig. 1). 즉, 템페 첨가 식빵의 최적 레시피는 템페 11.27g, 효모 5.46g, 강력분 288.27g, 우유 100.00 mL, 달걀 50.00g, 버터 50.00g, 설탕 20.00g, 소금 5.00g, 물 30.00 mL로

도출되었다.

일반성분 조성

최적 레시피로 제조한 템페 첨가 식빵(실험군)과 템페를 첨가하지 않은 식빵(대조군)의 일반성분 조성 비교 결과는 Table 5와 같다. 실험군의 열량은 317.70%로 대조군(326.18%)보다 유의미하게 낮았다. 기본적으로 열량은 1g 당 탄수화물 4 kcal, 단백질 4 kcal, 지방 9 kcal의 에너지를 가지고 있는데, 단백질 함량이 높은 템페 분말 첨가로 인해 탄수화물 및 지방 함량은 감소하고 단백질 함량이 증가했기 때문인 것으로 사료된다(Aini et al., 2018). 탄수화물 함량도 실험군이 45.31%로 대조군(47.38%)보다 낮았고, 단백질 함량은 실험군이 11.22%로 대조군(10.15%)보다 높았다. 선행 연구에서도 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타낸 바가 있는데, 템페 분말을 포함하는 식품 조성물 제조 시 템페 분말 첨가량이 증가되면 단백질 함량이 7.06g에서 7.93g으로 증가하였고, 열량은 241.55 kcal에서 240.79 kcal로 감소하였다(Aini et al., 2018). 그리고 템페는 단백질 32.51-42.85%, 지방 13.70-18.43%, 탄수화물 24.95-33.25%로

Table 5. The proximate composition of loaf bread

	Control	Loaf bread added with tempeh	t-value (p-value)
Calorie (kcal/100 g)	326.18±0.77	317.70±0.25	14.876*** (<0.001)
Crude carbohydrate (g/100 g)	47.38±0.16	45.31±0.20	10.704*** (<0.001)
Crude protein (g/100 g)	10.15±0.10	11.22±0.25	-5.570** (0.005)
Crude fat (g/100 g)	10.62±0.10	10.18±0.00	6.392** (0.005)
Moisture (g/100 g)	30.14±0.07	31.78±0.05	-26.072*** (<0.001)
Crude ash (g/100 g)	1.59±0.01	1.51±0.01	5.880** (0.004)

The values for all three replicates were expressed as mean±standard deviations (based on dry matter). There were significant differences at ** $p<0.01$ and *** $p<0.001$, respectively.

Table 6. Amino acid composition of loaf bread

Amino acid (mg/100 g)	Control	Loaf bread added with tempeh	t-value (p-value)
Aspartic acid	487.2±2.6	634.3±8.5	-23.538*** (<0.001)
Threonin	317.8±3.8	364.7±1.1	-16.880*** (<0.001)
Serine	518.8±10.5	583.6±0.5	-8.766* (0.013)
Glutamic acid	3178.5±6.0	3283.5±26.6	-4.308* (0.013)
Proline	751.5±2.2	673.2±31.9	3.464 (0.073)
Glycine	342.4±2.8	386.7±4.2	-12.393*** (<0.001)
Alanine	339.0±3.3	407.7±3.8	-19.283*** (<0.001)
Valine	416.3±5.5	487.3±17.9	-5.350** (0.006)
Methionine	147.1±9.1	144.9±12.8	0.204 (0.848)
Isoleucine	361.4±7.8	406.1±17.5	-3.309* (0.030)
Leucine	703.7±3.2	770.0±13.4	-6.808** (0.002)
tyrosine	260.7±4.1	269.2±13.6	-0.844 (0.446)
Phenylalanine	486.0±5.2	541.4±6.9	-9.070*** (<0.001)
Lysine	315.1±4.8	394.4±1.1	-22.697*** (<0.001)
Histidine	210.7±1.8	241.2±3.8	-10.307*** (<0.001)
Arginine	371.0±2.2	419.6±8.2	-8.122** (0.001)

The values for all three replicates were expressed as mean±standard deviations (based on dry matter). There were significant differences at * $p<0.05$, ** $p<0.01$ and *** $p<0.001$, respectively.

구성되어 있는 한편(Song et al., 2021), 밀가루에는 11.40-15.11%의 단백질이 포함되어 있으므로(Kang et al., 2010) 본 연구에서 식빵 제조 시 밀가루를 대체하여 템페를 첨가

함으로써 단백질 함량은 높고 탄수화물 함량은 낮게 나타난 것으로 사료된다. 회분 함량은 실험군이 1.51%로 대조군(1.59%)보다 유의적으로 낮았고, 수분 함량은 실험군이

31.78%로 대조군(30.14%)보다 유의하게 높았다. 한편, 지방 함량은 실험군 및 대조군 간에 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이처럼 템페는 고품질의 단백질 공급원으로써 다양한 식품에 활용할 수 있을 것이라 사료된다(Aaslyng &

Højer, 2021).

아미노산 조성

실험군과 대조군의 아미노산 조성 비교 결과는 Table 6과

Table 7. Fatty acid composition of loaf bread

Fatty acid (g/100 g)	Control	Loaf bread added with tempeh	t-value (p-value)
Butyric acid (C _{4:0})	0.19±0.01	0.37±0.03	-7.350** (0.002)
Caproic acid (C _{6:0})	0.16±0.09	0.14±0.01	0.249 (0.862)
Caprylic acid (C _{8:0})	0.06±0.00	0.07±0.00	-2.000 (0.184)
Capric acid (C _{10:0})	0.11±0.00	0.15±0.00	-13.000** (0.006)
Undecanoic acid (C _{11:0})	0.43±0.01	0.41±0.02	1.323 (0.256)
Lauric acid (C _{12:0})	0.24±0.00	0.20±0.00	13.000** (0.006)
Myristic acid (C _{14:0})	0.46±0.00	0.69±0.02	-13.229** (0.006)
Myristoleic acid (C _{14:1})	0.04±0.00	0.04±0.02	-0.277 (0.080)
Pentadecanoic acid (C _{15:0})	0.05±0.00	0.08±0.00	-8.000 (0.015)
Palmitic acid (C _{16:0})	2.18±0.02	2.42±0.05	-6.364** (0.003)
Palmitoleic acid (C _{16:1})	0.11±0.00	0.15±0.00	-13.000** (0.006)
Heptadecanoic acid (C _{17:0})	0.03±0.00	0.04±0.01	-2.828* (0.047)
Stearic acid (C _{18:0})	0.75±0.00	1.01±0.06	-6.247* (0.024)
Oleic acid (C _{18:1n9c})	1.99±0.04	2.14±0.10	-1.918 (0.127)
Linoleic acid (C _{18:2n6c})	2.28±0.03	1.01±0.08	21.079*** (< 0.001)
Arachidic acid (C _{20:0})	0.02±0.00	0.02±0.00	-1.000 (0.423)
γ-Linoleic acid (C _{18:3n6})	0.02±0.00	0.00±0.00	-1.000 (0.198)
cis-11-Eicosenoic acid (C _{20:1})	0.02±0.00	0.01±0.00	1.900 (0.198)
Linolenic acid (C _{18:3n3})	0.25±0.00	0.14±0.00	23.335*** (< 0.001)
Behenic acid (C _{22:0})	0.00±0.00	0.01±0.00	-1.333 (0.314)
Arachidonic acid (C _{20:4n6})	0.00±0.00	0.01±0.01	-1.000 (0.432)
cis-13,16-Docosadienoic acid (C _{22:2})	0.00±0.00	0.01±0.01	-1.000 (0.432)
Lignoceric acid (C _{24:0})	0.00±0.00	0.01±0.00	-2.000 (0.184)
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C _{20:5n3})	0.00±0.00	0.01±0.00	-2.000 (0.184)
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C _{22:6n3})	0.01±0.00	0.03±0.01	-2.500 (0.130)

The values for all three replicates were expressed as mean±standard deviations (based on dry matter). There were significant differences at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ and *** $p < 0.001$, respectively.

같다. 필수 아미노산 중 트레오닌(threonine), 발린(valine), 아이소류신(isoleucine), 류신(leucine), 라이신(lysine), 히스티딘(histidine), 아르지닌(arginine) 함량이 대조군 보다 실험군에서 높게 나타난 반면($p < 0.05$), 메티오닌(methionine) 및 페닐알라닌(phenylalanine) 함량은 유의미한 차이가 없었다. 비필수 아미노산 중에서는 아스파르트산(aspartic acid), 글라이신(glycine), 알라닌(alanine) 함량이 대조군 보다 실험군에서 높게 나타난 반면($p < 0.001$) 세린(serine), 글루탐산(glutamic acid), 프롤린(proline), 타이로신(tyrosine) 함량은 유의미한 차이가 없었다. 콩을 발효하여 제조한 템페 첨가 밀가루에서 발효하지 않는 일반 콩 첨가 밀가루보다 총 필수 아미노산의 함량이 높았고, 특히 히스티딘 및 아이소류신 함량이 높다는 선행 연구 결과는 본 연구의 템페 첨가 식빵에서 대조군에 비하여 히스티딘과 아이소류신의 함량이 높아진 결과와 유사하였다(Reyes-Bastidaset et al., 2010). 밀에는 라이신, 트레오닌 등과 같은 필수 아미노산이 부족하다고 알려져 있는데(Grasso et al., 2021), 템페를 첨가하면 이들 함량을 증가시킴으로써 밀을 원료로 제조한 제빵류에 부족한 필수 아미노산의 보충이 가능할 것으로 사료된다.

지방산 조성

실험군과 대조군의 지방산 조성 비교 결과는 Table 7과 같다. 실험군이 뷰티르산(butyric acid) 0.37 g/100 g, 카프르산(caprylic acid) 0.15 g/100 g, 미리스트산(myristic acid) 0.69 g/100 g, 팔미트산(palmitic acid) 2.42 g/100 g, 팔미톨레산(palmitoleic acid) 0.15 g/100 g, 헵타데칸산(heptadecanoic acid) 0.04 g/100 g으로 대조군보다 유의적으로 높은 반면($p < 0.05$), 라우르산(lauric acid) 0.20 g/100 g, 리놀레산(linoleic acid) 1.01 g/100 g, 리놀렌산(linolenic acid) 0.14 g/100 g으로 유의하게 낮았다($p < 0.01$). 선행 연구에서도 미리스트산, 팔미트산, 헵타데칸산의 함량이 밀가루보다 템페에서 더 높았고, 템페의 주원료인 대두에서 밀가루보다 올레산, 팔미톨레산, 미리스트산, 팔미트산, 헵타데칸산의 함량이 더 높은 것으로 나타나(<http://www.foodsafetykorea.go.kr>), 본 연구와 같이 밀가루를 템페로 대체함으로써 나타난 지방산 조성 변화와 유사한 결과를 보였다.

요 약

본 연구에서는 단백질 함량이 높은 발효 식품인 템페를 첨가한 식빵의 품질 특성을 근거로 한 제조조건 최적화를 위해 중심합성계획법에 따라 템페와 효모를 독립변수로 설정하여 실험을 계획하였으며, 반응표면분석법을 통해 템페 첨가 식빵의 품질 특성을 분석하여 최적의 관능적 특성을 보인 배합비를 산출하였다. 그 결과, 템페 첨가 식빵의 최적 레시피는 템페 11.27 g과 효모 5.46 g으로 도출되었다.

이후 도출된 최적 혼합비율로 제조한 템페 첨가 식빵과 템페를 첨가하지 않는 식빵에 대하여 일반성분, 아미노산, 지방산 조성을 분석하였으며, 그 결과 템페 첨가 식빵이 유의하게 단백질 및 수분 함량은 더 높으면서 탄수화물 및 지방 함량과 열량은 더 낮은 것으로 나타났다. 아미노산 중 아스파르트산, 트레오닌, 글리신, 알라닌, 리신, 히스티딘과 같은 필수 아미노산 함량은 템페 첨가 식빵에서 유의적으로 더 높았다. 지방산 중 뷰티르산, 카프르산, 미리스트산, 팔미트산, 팔미톨레산, 헵타데칸산 함량도 템페 첨가 식빵에서 유의적으로 더 높은 반면, 라우르산, 리놀레산, 리놀렌산 함량은 유의적으로 더 낮았다. 이러한 연구 결과를 통해 단백질 함량을 높이기 위한 식빵의 원료로 템페가 적합함을 확인하였고, 더 나아가 템페가 그 외 고품질의 제빵류 개발을 위한 소재로써 활용 가능성이 있을 것으로 사료된다.

References

- Aaslyng MD, Højer R. 2021. Introducing tempeh as a new plant-based protein food item on the danish market. *Foods* 10(11): 2865.
- Ahnan-Winarno AD, Cordeiro L, Winarno FG, Gibbons J, Xiao H. 2021. Tempeh: A semicentennial review on its health benefits, fermentation, safety, processing, sustainability, and affordability. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 20(2): 1717-1767.
- Aini N, Prihananto V, Wijonarko G, Sustriawan B, Dinayati M, Aprianti F. 2018. Formulation and characterization of emergency food based on instan corn flour supplemented by instan tempeh (or soybean) flour. *Int. Food Res. J.* 25(1).
- AOAC. Official method of analysis. 18th ed. Association of official analytical chemist, Washington, DC, USA. 2005.
- Foodsafetykorea MINISTRY OF FOOD AND DRUG SAFETY Food Nutrients Database [Online]. <https://www.foodsafetykorea.go.kr>. Accessed Mar. 01. 2023.
- Grasso S, Pintado T, Pérez-Jiménez J, Ruiz-Capillas C, Herrero AM. 2021. Characterisation of muffins with upcycled sunflower flour. *Foods* 10(2): 426.
- Hemawan AA, Afriliyanti P, Ningrumsari I. 2021. The Ratio Effect of Tempeh Flour and Wheat Flour on the Characteristic of Sweet Bread. In *First International Conference on Science, Technology, Engineering and Industrial Revolution*, pp. 186-189.
- Hoehnel A, Axel C, Bez J, Arendt EK, Zannini E. 2019. Comparative analysis of plant-based high-protein ingredients and their impact on quality of high-protein bread. *J. Cereal Sci.* 89: 102816.
- Huang L, Huang Z, Zhang Y, Zhou S, Hu W, Dong M. 2019. Impact of tempeh flour on the rheology of wheat flour dough and bread staling. *Food Sci. Technol.* 111: 694-702.
- Jang HR, Park JS, Shin S, Shin GM. 2008. Properties of white pan breads made with Korean and imported wheat flours. *Korean J. Food Preserv.* 15(6): 884-890.
- Kang CS, Park CS, Park JC, Kim HS, Cheong YK, Kim KH, Kim KJ, Park KH, Kim JG. 2010. Flour Characteristics and End-Use Quality of Korean Wheat Cultivars I. Flour Characteristics. *Korean J. Breed. Sci.* 42(1): 61-74.

- Kim DS, Joo NM. 2021. Feasibility of elder-friendly food applications of sacha inchi according to cooking method: Focusing on analysis of antioxidative activity and brain neuron cell viability. *Foods* 10(12): 2948.
- Kim WM, Yoon KH, Lee GH. 2021. Physicochemical Properties of Gluten Free Rice Pan Bread with Chickpea Flour Supplementation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 50(6): 604-611
- Kwon TE, Kim YH. 2019. Food technology trends with alternative proteins. *Food Ind. Nutr.* 24(2): 7-14.
- Lee GY, Kim SI, Jung MG, Seong JH, Lee YG, Kim HS, Chung HS, Lee BW, Kim DS. 2014. Characteristics of Chungkookjang that enhance the flavor and GABA content in a mixed culture of *Bacillus subtilis* MC31 and *Lactobacillus sakei* 383. *J. Life Sci.* 24(10): 1102-1109.
- Lee SH. 2022. Preparation and Characterization of White Bread with added *Cirsium setidens* Nakai Powder. *J. Agri. Life Envir. Sci.* 34(1): 61-72.
- Miñarro B, Albanell E, Aguilar N, Guamis B, Capellas M. 2012. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *J. Cereal Sci.* 56(2): 476-481.
- Moon SW, Park SH. 2008. Quality characteristics of white pan bread with Chungkookjang powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37(5): 633-639.
- Nilufer-Erdil D, Serventi L, Boyacioglu D, Vodovotz Y. 2012. Effect of soy milk powder addition on staling of soy bread. *Food Chem.* 131(4): 1132-1139.
- Oh HJ, Moon HK, Kim CS. 2003. Development of yeast leavened pan bread using commercial Doenjangs (Korean soybean pastes): 1. Physicochemical properties of Doenjang and physical properties of bread added with Doenjang. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(7): 1002-1010.
- Omosobi MO, Otunola ET. 2013. Preliminary studies on tempeh flour produced from three different *Rhizopus* species. *Int. J. Biotechnol. Food Sci.* 1(5): 90-96.
- Reyes-Bastidas M, Reyes-Fernández EZ, López-Cervantes J, Milán-Carrillo JGFLP, Loarca-Piña GF, Reyes-Moreno C. 2010. Physicochemical, nutritional and antioxidant properties of tempeh flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Sci. Technol. Int.* 16(5): 427-434.
- Song HN, Seo MJ, Kim HS, Choi HS, Park JY, Sim EY, Park HY. 2021. Physico-chemical properties of Korean soybean (*Glycine max* L.) and tempeh by *Rhizopus* sp. from soybean cultivars. *J. East Asian Soc. Diet Life* 31(5): 281-290.
- Watanabe N, Fujimoto K, Aoki H. 2007. Antioxidant activities of the water-soluble fraction in tempeh-like fermented soybean (GABA-tempeh). *Int. J. Food Sci. Nutr.* 58(8): 577-587.
- You TY, Jo YJ, Shin TH, Kwak JE, Lee YJ, Kang TS, Lee J, Jeong HS. 2021. Quality characteristics of bread made from domestic early maturity and high yield wheat cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 50(12): 1358-1364.

Author Information

- 어희정:** 숙명여자대학교 식품영양학과
김다솔: 숙명여자대학교 식품영양학과
주나미: 숙명여자대학교 식품영양학과