

# 쌀가루의 물리화학적 특성에 대한 가수분해 농축잠두단백과 병아리콩가루의 영향

박수원<sup>1</sup> · 양선혜<sup>1</sup> · 김현석<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>경기대학교 일반대학원 식품생물공학과, <sup>2</sup>경기대학교 바이오융합학부 식품생물공학전공

## Effect of Protease-Hydrolyzed Faba Bean Protein and Chickpea Flour on the Physicochemical Properties of Rice Flour

Su-Won Park<sup>1</sup>, Seon Hye Yang<sup>1</sup>, and Hyun-Seok Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Graduate School, Kyonggi University

<sup>2</sup>Major of Food Science and Biotechnology, Division of Bio-convergence, Kyonggi University

### Abstract

This study investigated the impact of hydrolyzed plant proteins on the physical, thermal, and rheological properties of rice flour (RF) for protein fortification for the elderly and general food systems. Faba bean protein concentrate and chickpea flour were first treated with polysaccharide hydrolyzed enzymes (control; CTFP and CTCF, respectively) and subsequently with protease hydrolyzed enzymes (hydrolyzed protein material; HZFP and HZCF, respectively). The addition of CTFP and HZFP enhanced the swelling power of RF, whereas the CTCF and HZCF exhibited the opposite trends. Adding all controls and hydrolyzed protein materials to RF increased the solubility and gelatinization temperature and decreased the gelatinization enthalpy. The HZFP addition successfully developed the pasting viscosity of RF, whereas the others did not. The RF-HZFP mixture had a higher peak viscosity than RF but lower trough, breakdown, final, and setback viscosities. These findings suggest that the controls and hydrolyzed protein materials studied here could be used as sources for protein fortification of foods, particularly for the elderly, with minimal changes in textural and rheological characteristics, thereby contributing to the development of nutritious and palatable food products.

**Key words:** rice flour, faba bean protein concentration, chickpea flour, protease hydrolysis, elderly food

### 서 론

최근 원활한 영양 섭취와 의료기술 및 공중보건의 발전에 따른 고령인구의 지속적 증가는 전 세계적인 사회문제가 되고 있다(Jang et al., 2021). 우리나라도 글로벌 고령인구 증가추세와 다르지 않으며, 특히 출산율 저하와 맞물려 더욱 빠르게 초고령사회(총인구의 20% 이상이 65세 이상 고령자)로 진입이 예측된다(Statistics Korea, 2022). 고령자는 저작/삼킴 및 소화 기능 저하가 현저하여 충분한 영양 섭취가 어려워 노인성 질환과 성인병에 취약하다(Boo et al., 2020; Jang et al., 2021). 이에 고령자를 위해 정부 차원의 다양한 정책을 수립 및 추진하며, 식품산업계도 다양한 고령친화식품을 개발 및 산업화하고 있다(Boo et al., 2020; Lee et al.,

2020; Jang et al., 2021).

고령친화식품은 고령자의 저작장애에 도움이 되는 연화식과 삼킴장애에 도움이 되는 연화식으로 구분된다. 연화식은 효소적 및 물리적 처리를 통해 식품의 질감을 부드럽게 만든 HMR (home meal replacement) 유형의 일반식품들이며, 연화식(연하보조제 포함)은 식품의 원활한 삼킴을 위해 점성을 조절한 유동식이 주를 이룬다(Lee, 2015; Lee et al., 2017; Park et al., 2019; Boo et al., 2020; Lee et al., 2020; Kim et al., 2022; Park, 2022; Park et al., 2022). 다양한 영양성분을 혼합하여 제조하는 후자보다 과처리(over-processing)한 일반식품인 전자는 고령친화식품 기준규격의 영양 기준(MFDS, 2020; Korean Standards & Certification, 2022)을 충족하기 어렵다. 시판 고령친화식품의 영양 특성에 대한 실태조사(Lee, 2015; Park et al., 2019; Boo et al., 2020; Lee et al., 2020; Jang et al., 2021) 결과에 따르면, 저작 및 삼킴 장애 고령자는 단백질과 지질의 섭취가 부족한 것으로 조사되었다(Park et al., 2019; Boo et al., 2020). 그래서 효소적 및 물리적 처리에 의한 분쇄육가공품 같은 연화식 중심으로 일반식 유형의 고령친화식품 시장이 형성되었으나(Park et al., 2019; Lee et al.,

\*Corresponding author: Hyun-Seok Kim, Major of Food Science and Biotechnology, Division of Bio-convergence, College of Convergence and Integrated Science, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea  
Tel.: +82-31-249-1319; Fax: +82-31-249-9604

E-mail: khstone@kyonggi.ac.kr

Received July 24, 2024; revised August 8, 2024; accepted August 13, 2024

2020), 이외의 일반식품군에 있어 단백질 영양 강화에 관한 연구는 미미하다.

최근 근력 강화 및 근감소증 예방에 관해 고령자를 포함하는 소비자들의 관심 증대로 단백질 보충제뿐만 아니라 고단백 식품 시장도 함께 성장하고 있다(Lee et al., 2020; Lee et al., 2021). 이에 식품업체는 일반식품에서조차 기존보다 단백질 함량이 증가한 제품을 개발하여 산업화하고 있다. 가공식품에서 단백질 함량 증대를 위해 동물단백질인 유단백질(유청단백 및 카제인) 및 가수분해 유단백질과 식물단백질인 대두단백질(분리대두단백 및 농축대두단백)이 활용되고 있다(Kim, 2018). 그러나 유단백질은 수급의 높은 변동성과 가격이 높아 현재 산업적 활용이 제한적이다(Kim, 2018). 대두단백질은 겔화제, 결착제, 증량제 및 단백질 강화제로 전통적으로 가공식품에 널리 사용되고 있지만, 강한 질감의 겔 형성과 이취로 인해 최근 고단백 식품의 단백질 함량 수준으로 적용하기 어려운 점이 있다(Kim, 2018). 대두단백질의 대안으로 쌀단백질, 잠두단백질, 완두단백질, 병아리콩단백질 등이 제시되고 있지만 식물성 대체육 이외의 일반식품에의 적용은 제한적이다(Kalman, 2014; Berrazaga et al., 2019; Lee et al., 2021).

그러므로 본 연구는 단백질영양이 풍부하다고 알려진 농축 잠두단백과 병아리콩가루를 단백질 가수분해 효소로 처리하여 가수분해 단백질 소재를 제조하고, 가공식품의 물성에 관한 영향을 조사하고자 하였다. 이를 위해 단백질영양이 부족한 쌀가루를 모델 식품소재로 하여 쌀가루 특성에 대한 가수분해 단백질 소재 첨가의 효과를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

농축잠두단백과 병아리콩가루는 (주)에이치엔아이(Seongnam, Korea)에서 구매하여 사용하였다. 쌀가루는 추청쌀을 파주시농협쌀조합공동사업법인(Paju, Korea)에서 구매하여 습식제분을 통해 제조하여 사용하였다(Kim et al., 2019). 제조한 쌀가루는 7.7% (d.b) 조단백질, 1.0% (d.b) 조지방, 0.7% (d.b) 조회분, 90.6% (d.b) 총 탄수화물, 89.6% (d.b) 총 전분과 1.1% (d.b) 비전분성 다당으로 구성되어 있었다. 상업용 thermostable  $\alpha$ -amylase (Spezyme Fred)와 cellulase cocktail (Viscamyl-Flow)은 IFF (International Flavors & Fragrances, Inc., Seoul, Korea)에서, Flavourzyme (exo-protease) 및 Protamex (endo-protease)는 Novozymes (Bagsvaerd, Denmark)에서 얻었다. 이외 본 연구에 사용한 시약 및 용매는 ACS 등급의 것을 사용하였다.

### 가수분해 단백질 소재 제조

식물단백 원료와 탈이온수(DIW)를 혼합하여 10% 고형분 함량의 현탁액을 제조하고 0.5 N NaOH를 가하여 pH 7로

조정된 후 이중자켓 반응조로 옮겨 100 rpm으로 회전하며 50°C까지 가온하였다. 현탁액 온도가 50°C에 도달하였을 때, 전처리로서 식물단백 원료 건조 중량의 각각 0.25%에 해당하는 thermostable  $\alpha$ -amylase와 cellulase를 가하여 1시간 동안 효소 반응하였다. 이후 초기 식물단백 원료 건조 중량의 각각 0.25%에 해당하는 exo-protease와 endo-protease를 가하여 4시간 동안 효소 반응하였다. 또한 전처리 효소반응 후 단백질가수분해효소의 첨가 없이 4시간 동안 회전하였고, 이를 단백질가수분해물의 대조군으로 하였다. 모든 효소반응은 50°C에서 수행하였으며, 효소반응 종결 후 끓는 물 수욕조에서 30분간 가열하여 효소반응을 중단시켰다. 모든 효소반응물은 동결건조하여 분쇄하고 60 mesh 표준체망(No. 60; Chunggye Co., Seoul, Korea)을 통과시켜 대조군과 가수분해 단백질 소재를 제조하였다. 제조한 가수분해 단백질 소재 회수율은 다음의 계산식에 따라 결정하였다.

가수분해 단백질 회수율(% , db)

$$= \frac{\text{효소반응 후 동결건조물의 건조중량(g)}}{\text{초기 식물단백 원료 건조중량(g)}} \times 100 \quad (1)$$

### 쌀가루와 가수분해 단백질 소재 혼합물 제조

쌀가루의 건조 중량 대비 10%와 20%의 가수분해 단백질 소재를 각각 쌀가루에 첨가하고 시약스푼을 이용하여 섞은 후 60 mesh 표준체를 5회 반복하여 통과시켜 쌀가루-가수분해 단백질 소재 혼합물을 제조하였다.

### 화학적 조성

식물단백 원료 및 가수분해 단백질 소재의 조단백질 함량은 Kjeldahl 질소 정량법(%N $\times$ 6.25)을(AOAC, 1990), 총 전분 함량은 total starch assay kit (Megazyme Int., Wicklow, Ireland)를(AACC, 2000), 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid (DNS) 정량법을 이용하여 분석하였다. 또한 냉수가용성 단백질 함량은 시료(1 g, db)를 DIW (40 mL)와 혼합하여 상온에서 30분간 교반하고 원심분리(2,500 $\times$ g, 20 min)하여 상층액을 정용플라스크로 옮기고 DIW를 가하여 100 mL로 정용하였다. 상층액 내 가용성 단백질은 Bradford 법을 이용하여 정량하였다.

### 팽윤력과 용해도

쌀가루, 가수분해 단백질 소재(대조군 및 가수분해물) 및 쌀가루-가수분해 단백질 소재 혼합물 각각을 0.5 g (d.b)씩 50 mL 원심분리관에 넣고 DIW 25 mL를 가하여 혼합하고 95°C의 항온수욕조에서 30분간 가열하였다. 가열하는 동안 최초 5분은 1분 간격으로, 이후에는 5분 간격으로 vortexing하였다. 이후 상온에서 20분간 방랭하고 원심분리(2,500 $\times$ g, 20 min)하여 상층액과 침전물로 분리하였다. 침전물은 무게를 측정하였고, 상층액은 100 mL 정용플라스크로 옮겨 DIW를 가

하여 정용하였다. 희석된 상층액을 교반하며 일정량(5 mL)을 취하여 105°C에서 건조하여 항량을 측정하고, 희석된 상층액의 가용성 고형물 농도를 결정하였다. 또한 희석된 상층액 내의 총당은 sulfuric acid-phenol 법을 이용하여 정량하였다. 팽윤력과 가용성 고형물 기준 및 총당 기준 용해도는 다음의 계산식에 따라 계산하였다.

팽윤력(g/g)

$$= \frac{\text{침전물의 무게 (g, w.b)}}{\text{시료의 초기 건조 중량 (g, d.b)} \times \left(1 - \frac{\text{가용성 고형물 기준 용해도 (\%)}}{100}\right)} \quad (2)$$

용해도(가용성 고형물 기준; %, d.b)

$$= \frac{\text{가용성 고형물의 농도 (g/mL)} \times 20}{\text{시료의 초기 건조 중량 (g, d.b)}} \times 100 \quad (3)$$

용해도(총당 기준; %, d.b)

$$= \frac{\text{상층액 내 총당 (g)} \times 0.9}{\text{시료의 초기 건조 중량 (g, d.b)}} \times 100 \quad (4)$$

시차주사열량계(differential scanning calorimetry, DSC)

쌀가루, 가수분해 단백질 소재(대조군 및 가수분해물) 및 쌀가루-가수분해 단백질 소재 혼합물의 호화특성은 DSC (DSC 4000; PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 준비된 시료 1 g (d.b)을 eppendorf 튜브(5 mL)에 넣고 DIW를 가하여 총 무게를 4 g으로 하였고, vortexing하여 혼합하고 상온에서 3시간 동안 방치하였다. 수화된 시료 20 mg을 스테인리스강 팬에 넣고 기계적으로 밀봉한 후 DSC를 이용하여 5°C/min의 가열속도로 25°C에서 100°C까지 가열하여 endothermic thermogram을 얻었다. 대조군은 빈 팬을 이용하였다. Endothermic thermogram으로부터 호화개시온도( $T_i$ ), 호화최고온도( $T_p$ ), 호화종결온도( $T_f$ )와 호화엔탈피( $\Delta H$ )를 결정하였다.

열 유변학적 특성

가수분해 단백질 소재(대조군 및 가수분해물)의 열 유변학적 특성은 plate geometry (지름 20 mm)가 장착된 dynamic rheometer (DHR1; TA Instruments, New Castle, DE, USA)를 이용하여 측정하였다. Peltier plate와 geometry 사이의 간격은 1 mm로 하였고, 시험 중 페이스트로부터의 수분 손실은 solvent trap module을 이용하여 제어하였다. 가수분해 단백질 소재(대조군 및 가수분해물)는 DIW와 혼합하여 총 고형분 함량 20%의 가수분해 단백질 현탁액을 제조하고 일정량을 Peltier plate에 올려 25°C에서 5분간 conditioning한 후 1 Hz와 1% strain (선형점탄성 영역 내에서 결정됨)에서 2°C/min의 가열속도로 25°C에서 95°C까지 온도를 상승하며 temperature sweep test하고, 95°C에서 5분간 time sweep test 후 2°C/min의 냉각속도로 95°C에서 25°C까지 temperature sweep test를 하

였다.

신속점도분석기

쌀가루, 가수분해 단백질 소재(대조군 및 가수분해물) 및 쌀가루-가수분해 단백질 소재 혼합물의 페이스팅 점도 특성은 신속점도분석기(Rapid Visco Analyzer, RVA; RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 준비된 시료 각각 2 g (d.b)을 알루미늄 시료 컵에 넣고 총 무게가 28 g이 되도록 DIW를 가하였다. 제조된 혼합물은 spatula를 이용하여 분산시키고 플라스틱 회전축을 이용하여 30초간 다시 분산시켜 신속점도분석기에서 미리 결정한 온도프로파일에 따라 점도 변화를 추적하였다. 플라스틱 회전축은 RVA를 조작하는 동안 160 rpm으로 일정하게 유지하였다. 온도프로파일은 50°C에서 2분간 유지하고 가열속도 12°C/min으로 95°C까지 가열한 후 95°C에서 2분 30초간 유지하고 냉각속도 12°C/min으로 50°C까지 냉각하여 50°C에서 2분간 유지하는 것이었다.

통계처리

가수분해 단백질 소재(대조군 및 단백질가수분해물)은 3회 반복하여 제조하였고, 물리화학적 및 유변학적 특성 분석은 처리군당 적어도 3회 반복하였다. 측정된 특성치는 일원분산분석(one-way ANOVA)을 수행하고 평균±표준편차로 나타내었다. Tukey's HSD multiple range test를 이용하여 95% 신뢰수준에서 처리군의 평균값 사이의 통계적 유의성을 검증하였다. 본 연구의 모든 통계적 분석과 계산에 Minitab 18 (Minitab Inc., State College, PA, USA)을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

가수분해 단백질 소재 제조

가수분해 단백질 소재가 쌀가루의 물리적 특성에 미치는 영향을 조사하는데 있어 식물성 단백질 원료(농축잠두단백과 병아리콩가루) 내 다당 성분(전분과 비전분성 다당)의 영향을 최소화하기 위해 식물성 단백질 원료는 다당분해효소(전분분해효소와 셀룰로스분해효소)를 이용하여 처리한 다음, 단백질분해효소를 처리하여 가수분해 단백 소재를 제조하였다. 다당분해효소를 처리한 식물성 단백질 원료를 가수분해 단백질 소재의 대조군으로 하였다. 대조군과 가수분해 단백질 소재의 회수율을 Table 1에 나타내었다. 농축잠두단백(CTFP)과 병아리콩가루(CTCF) 대조군의 회수율은 각각 100.1%와 99.0%이고, 이들 사이의 유의적 차이는 없었다. 또한 농축잠두단백(HZFP)과 병아리콩가루(HZCF)의 가수분해 단백질 소재의 회수율은 각각 105.4%와 104.9%이었고, 이들 사이의 유의적 차이는 없었다. 따라서 식물단백 원료 및 성분에 있어 손실 없이 대조군과 가수분해 단백질 소재는 적절히 제조된 것으로 판단된다.

**Table 1. Recovery, chemical composition, and soluble protein of control (CT) and protease-hydrolyzed (HZ) faba bean protein concentrate (FP) and chickpea flour (CF)**

Source	Recovery <sup>1</sup> (%, d.b)	Chemical composition			Soluble protein <sup>2</sup> (%, d.b)
		Crude protein (%, d.b)	Total starch (%, d.b)	Reducing end (%, d.b)	
CTFP	100.1±1.4 <sup>b</sup>	58.4±0.2 <sup>a</sup>	15.9±0.2 <sup>c</sup>	9.5±0.6 <sup>d</sup>	0.2±0.0 <sup>c</sup>
HZFP	105.4±0.9 <sup>a</sup>	57.7±0.3 <sup>a</sup>	16.0±0.2 <sup>c</sup>	14.7±0.0 <sup>c</sup>	0.5±0.0 <sup>b</sup>
CTCF	99.0±1.6 <sup>b</sup>	21.8±0.4 <sup>b</sup>	48.7±0.4 <sup>a</sup>	40.1±0.7 <sup>b</sup>	0.1±0.1 <sup>c</sup>
HZCF	104.9±0.5 <sup>a</sup>	20.1±0.0 <sup>c</sup>	46.6±0.3 <sup>b</sup>	53.1±1.5 <sup>a</sup>	1.3±0.2 <sup>a</sup>

Mean value of three replicate measurements; values sharing the lowercase letters within columns are not significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1</sup>Defined as the percentage ratio of the dry weight of the protease-hydrolyzed to the control source

<sup>2</sup>Cold water-soluble protein of the control and protease-hydrolyzed sources at 25°C

### 화학적 조성

대조군(CTFP 및 CTCF)과 가수분해 단백질 소재(HZFP 및 HZCF)의 화학적 성분은 Table 1에 제시하였다. CTFP와 HZFP의 조단백질 함량은 각각 58.4%와 57.7%로 유의적이지 않았다. CTCF와 HZCF의 조단백질 함량은 각각 21.8%와 20.1%로 CTCF가 유의적으로 미미하게 높았으나, 그 차이가 매우 미미한 수준이었다. 본 연구는 가수분해효소만을 이용하였기 때문에 질소를 정량하는 킬달법에 의해 결정되는 조단백질 함량에 있어 각 식물단백 원료의 대조군과 가수분해 단백질 소재 사이에 차이가 발생하지 않은 것으로 생각된다. 총 전분 함량에 있어, CTFP와 HZFP는 각각 15.9%와 16.0%로 유의적이지 않았다. CTCF와 HZCF는 각각 48.7%와 46.6%로 CTCF가 유의적으로 미미하게 높았으나 그 차이가 매우 미미한 수준이었다. 본 연구에서 채택한 총 전분 정량법은 thermostable  $\alpha$ -amylase와 amyloglucosidase에 의해 전분을 무수 포도당으로 전환하여 무수 포도당을 정량하고 이로부터 전분 함량을 결정하는 것이다. 따라서 가수분해효소 처리로 다당이 가수분해되었지만, 본 연구에서 사용한 총 전분 정량법(전분으로부터 가수분해된 무수포도당 정량) 때문에 식물단백 원료의 총 전분 함량과 유사하게 분석된 것 같다. 이러한 총 전분 함량은 본 연구의 식물단백 원료와 같은 원료를 이용한 연구(Park et al., 2024)에서 제시한 총 전분 함량보다 소폭 높거나 낮은 수준이었다. 환원당 함량은 다당 및 단백질의 가수분해효소에 의해 식물단백 원료 다당의 가수분해가 되었는지를 확인해준다. Park et al. (2024)에 따르면, 무처리 농축잠두단백과 병아리콩가루의 환원당 함량은 각각 5.3%와 5.1%이었다. 본 연구에서 다당분해효소로 전처리한 CTFP와 CTCF는 각각 9.5%와 40.1%의 환원당 함량을 나타내었다. 이는 다당분해효소에 따른 식물단백 원료 내 다당 성분이 가수분해 되었다는 것을 설명한다. HZFP와 HZCF의 환원당 함량은 각각 14.7%와 53.1%로 이들 각각의 대조군보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다. 이러한 결과는 본 연구에 사용한 단백질분해효소가 고도로 정제되지 않았으며 미생물 유래 효소제이기

때문에 다당분해효소가 소량 함유되어 있기 때문으로 생각된다(Kim et al., 2019; Kim et al., 2021a; Kim et al., 2021b). 한편 냉수가용성 단백질 함량은 CTFP와 HZFP가 각각 0.2%와 0.5%, CTCF와 HZCF가 각각 0.1%와 1.3%이었다. Park et al. (2024)가 보고한 무처리 농축잠두단백과 병아리콩가루의 냉수가용성 단백질 함량(각각 7.6% 및 0.5%)과 비교하면, 농축잠두단백 유래 소재들의 매우 낮은 수준이었으며 병아리콩가루 유래 소재들은 대체로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 농축잠두단백의 단백질은 열경화성 특성을 보유한 것으로 알려져 있다(Nivala et al., 2021; Park et al., 2024). 따라서 농축잠두단백 유래 소재에 있어 냉수가용성 단백질 함량의 급격한 저하는 본 연구에서 효소반응 후 효소의 실활을 위해 끓는 물에서 가열처리로 가수분해 단백질 분획들 사이에 겔화가 진행되었기 때문으로 생각된다.

### 팽윤력

쌀가루(RF), 대조군(CTFP 및 CTCF), 가수분해 단백질 소재(HZFP 및 HZCF)와 RF-식물단백 혼합물의 팽윤력을 Table 2에 제시하였다. RF의 팽윤력은 11.5 g/g으로 Park et al. (2024)가 보고한 것과 유사하였다. 식물단백 소재인 CTFP, HZFP, CTCF와 HZCF의 팽윤력은 각각 6.2 g/g, 4.7 g/g, 5.3 g/g과 3.9 g/g이었다. 식물단백 원료와 무관하게, 대조군이 가수분해 단백질 소재보다 높은 팽윤력을 나타내었다. 이는 단백질분해효소 처리로 단백질이 가수분해되며 단백질의 수분 흡수 및 보유할 수 있는 능력이 저하되었기 때문으로 생각된다. RF-식물단백 원료 혼합물의 팽윤력에 있어, 농축잠두단백 유래 소재(CTFP 및 HZFP) 첨가군은 12.1-14.2 g/g의 범위를, 병아리콩가루 유래 소재(CTCF 및 HZCF) 첨가군은 3.9-6.9 g/g의 범위를 나타내었다. RF 팽윤력에 관한 대조군과 가수분해 단백질 소재 첨가량에 따른 특정 경향은 관찰되지 않았다. 그렇지만 RF 팽윤력보다 농축잠두단백 유래 소재 첨가군은 미미하게 높은 수준을, 병아리콩가루 유래 소재 첨가군은 유의적으로 낮은 수준이었다. 전자의 경우, 농축잠두단백의 열경화 특성으로 가수분해 단백질 소재

**Table 2. Swelling power (SP) and solubility of rice flour (RF), protein sources (PR), and RF-PR mixtures**

Source		SP (g/g)	Solubility (% , d.b)	
Ingredient	Addition (dry RF basis)		Soluble fraction	Total carbohydrate
RF		11.5±1.2 <sup>b</sup>	10.4±0.9 <sup>i</sup>	9.2±1.0 <sup>c</sup>
PR				
CTFP <sup>1</sup>		6.2±0.0 <sup>cd</sup>	41.8±0.4 <sup>g</sup>	19.7±0.3 <sup>d</sup>
HZFP <sup>1</sup>		4.7±0.3 <sup>cd</sup>	54.8±3.4 <sup>f</sup>	14.6±1.5 <sup>dc</sup>
CTCF <sup>1</sup>		5.3±0.0 <sup>cd</sup>	67.3±1.2 <sup>e</sup>	53.5±3.0 <sup>c</sup>
HZCF <sup>1</sup>		3.9±0.0 <sup>c</sup>	72.7±0.0 <sup>cd</sup>	58.1±0.6 <sup>bc</sup>
RF-PR mixture				
CTFP <sup>1</sup>	10%	12.2±0.3 <sup>ab</sup>	68.2±0.3 <sup>dc</sup>	67.7±2.4 <sup>ab</sup>
	20%	12.1±0.8 <sup>ab</sup>	70.6±1.2 <sup>dc</sup>	67.7±1.5 <sup>ab</sup>
HZFP <sup>1</sup>	10%	13.0±0.1 <sup>ab</sup>	14.1±0.3 <sup>i</sup>	8.3±0.6 <sup>c</sup>
	20%	14.2±0.5 <sup>a</sup>	17.2±0.5 <sup>h</sup>	13.0±0.6 <sup>dc</sup>
CTCF <sup>1</sup>	10%	5.4±1.5 <sup>cd</sup>	79.2±0.4 <sup>ab</sup>	68.7±6.8 <sup>a</sup>
	20%	6.9±0.2 <sup>c</sup>	75.6±0.2 <sup>bc</sup>	67.2±2.5 <sup>ab</sup>
HZCF <sup>1</sup>	10%	6.3±0.1 <sup>c</sup>	79.8±0.1 <sup>ab</sup>	76.7±1.4 <sup>a</sup>
	20%	3.9±0.2 <sup>dc</sup>	81.0±1.5 <sup>a</sup>	77.5±3.6 <sup>a</sup>

Mean value of three replicate measurements; values sharing the lowercase letters within columns are not significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1</sup>CTFP and HZFP indicate the control and protease-hydrolyzed faba bean protein concentrates, respectively; CTCF and HZCF indicate the control and protease-hydrolyzed chickpea flours, respectively.

제조 과정에서 이미 겔을 형성하고 있을 것으로 생각되며, 이로 인해 RF-식물단백 원료 혼합물의 가열 후 페이스트 회수 시 단백질 겔들이 함께 침전하면서 침전물의 무게 증가에 기여하였기 때문에 팽윤력이 증가한 것으로 보인다. 후자의 경우, 병아리콩가루의 가수분해 단백질 및 다당 분획들과 RF의 쌀전분 사이에 물의 경쟁적 이용으로 인해 RF 과립의 수화와 팽윤이 충분하지 못한 결과인 것으로 생각된다(Bac et al., 2020). 이러한 현상은 농축잠두단백 유래 소재 첨가군에도 동일하게 작용하였을 것으로 생각되나 이미 형성된 단백질 겔의 침전의 영향이 더욱 크게 작용한 것으로 판단된다.

### 용해도

쌀가루(RF), 대조군(CTFP 및 CTCF), 가수분해 단백질 소재(HZFP 및 HZCF)와 RF-식물단백 혼합물의 용해도를 Table 2에 제시하였다. 용해도는 팽윤력 시험에서 회수한 상층액 내의 가용성 고형물과 총당 기준으로 나타내었다. RF의 가용성 고형물 및 총당 기준 용해도는 각각 10.4%와 9.2%이었고, 이는 RF의 용해도는 주로 쌀전분 가용화의 결과인 것이다. 고형물 기준 대조군과 가수분해 단백질 소재의 용해도는 농축잠두단백 유래 소재는 41.8-54.8% 범위에, 병아리콩가루 유래 소재는 67.3-72.7%의 범위에 있었다. 대체로 병아리콩가루 유래 소재의 용해도가 농축잠두단백 유래 소재보다 유의적으로 높은 수준이었다. 총당 기준 용해도를 고려하면, 농축잠두단백 유래 소재의 용해도는 단백질 겔 및 가수분해 단백질 분획이 책임지며, 병아리콩가루 유래 소재

의 경우는 가수분해 다당 분획의 가용화에 의한 결과인 것으로 판단된다. 한편 총당 기준 용해도를 고려하면 RF-식물단백 혼합물의 용해도는 쌀전분과 식물단백 소재의 가용성 다당 분획의 가용화에 주로 영향받은 것으로 보인다. RF-농축잠두단백 소재 혼합물에 있어, CTFP 첨가 혼합물이 HZFP 첨가 혼합물보다 유의적으로 높은 용해도를 나타내었다. 이는 단백질분해효소에 의해 단백질이 분해되며 내부의 소수성 아미노산이 외부로 노출되어 용해도가 감소한 것으로 판단되며, 그렇지만 RF보다 높은 용해도를 나타낸 것으로 보아 가수분해 단백질 분획들은 RF-HZFP 혼합물의 용해도에 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다. RF-병아리콩가루 소재 혼합물에 있어, 가용성 고형물의 용해도는 75.6-81.0%의 범위로 처리군들 사이에 유의적이지 않았다. 이것은 병아리콩가루가 전분과 비전분성 다당 같은 탄수화물계 고분자가 단백질보다 월등히 많고 다당분해효소 처리에 따라 가수분해 분획의 용해도 증가로 인한 결과이다. 또한 병아리콩 단백질의 높은 용해도 역시, RF-병아리콩가루 소재 혼합물의 높은 용해도에 일조한 것으로 보인다. Grasso et al. (2022)는 병아리콩 단백질은 pH 4 부근을 제외하고 pH 1-3 및 pH 7-10에서 매우 높은 용해도를 가지며, 병아리콩 단백질의 가수분해로 용해도는 더욱 향상한다고 보고하였다.

### 호화특성

쌀가루(RF), 대조군(CTFP 및 CTCF), 가수분해 단백질 소재(HZFP 및 HZCF)와 RF-식물단백 혼합물의 호화특성을 Table 3에 제시하였다. RF의 호화개시온도는 54.7°C, 호화최고온

**Table 3. Gelatinization property of rice flour (RF) and RF-protein source (PR) mixtures**

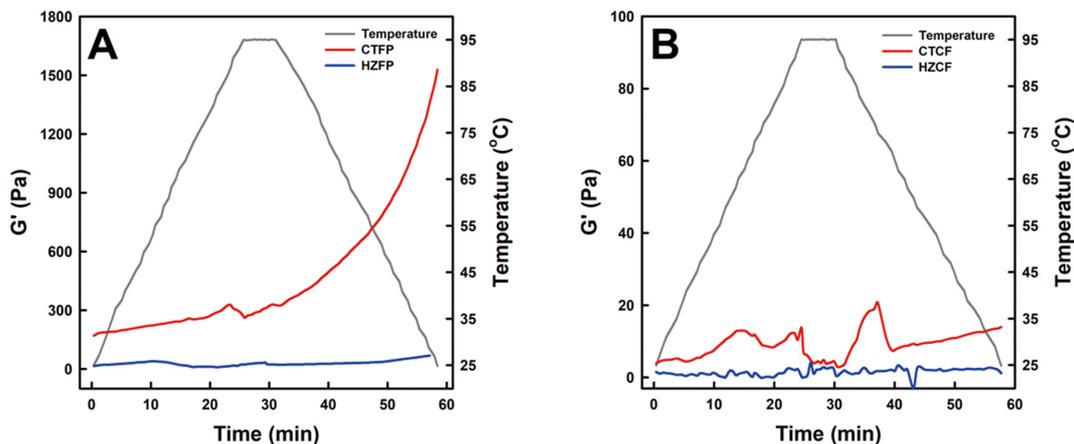
Ingredient	Source Addition (dry RF basis)	Gelatinization temperature (°C)			Gelatinization enthalpy (J/g)
		Onset	Peak	End	
RF		54.7±0.7 <sup>c</sup>	65.9±0.6 <sup>c</sup>	74.1±0.5 <sup>b</sup>	10.5±0.4 <sup>a</sup>
RF-PR mixture					
CTFP <sup>1</sup>	10%	58.6±0.2 <sup>ab</sup>	68.9±0.4 <sup>ab</sup>	77.2±0.9 <sup>a</sup>	7.2±0.7 <sup>b</sup>
	20%	59.1±0.5 <sup>ab</sup>	69.3±0.1 <sup>ab</sup>	77.0±0.0 <sup>a</sup>	7.2±0.6 <sup>b</sup>
HZFP <sup>1</sup>	10%	57.8±1.8 <sup>b</sup>	68.8±1.2 <sup>ab</sup>	76.2±1.4 <sup>a</sup>	8.6±0.7 <sup>b</sup>
	20%	57.8±1.0 <sup>b</sup>	68.9±0.4 <sup>ab</sup>	76.3±0.3 <sup>a</sup>	8.8±0.3 <sup>b</sup>
CTCF <sup>1</sup>	10%	58.9±0.4 <sup>ab</sup>	68.7±0.7 <sup>ab</sup>	76.6±0.5 <sup>a</sup>	7.1±0.6 <sup>b</sup>
	20%	59.9±1.4 <sup>ab</sup>	69.7±0.9 <sup>ab</sup>	77.3±0.9 <sup>a</sup>	6.9±0.6 <sup>b</sup>
HZCF <sup>1</sup>	10%	59.4±0.3 <sup>ab</sup>	69.1±0.3 <sup>ab</sup>	76.8±0.2 <sup>a</sup>	7.1±0.5 <sup>b</sup>
	20%	62.9±0.4 <sup>a</sup>	71.6±0.2 <sup>a</sup>	78.6±0.0 <sup>a</sup>	5.2±0.1 <sup>c</sup>

Mean value of three replicate measurements; values sharing the lowercase letters within columns are not significantly different at  $p < 0.05$ .  
<sup>1</sup>CTFP and HZFP indicate the control and protease-hydrolyzed faba bean protein concentrates, respectively; CTCF and HZCF indicate the control and protease-hydrolyzed chickpea flours, respectively.

도는 65.9°C와 호화종결온도 74.1°C는 이었다. RF-식물단백 혼합물의 호화개시온도는 57.8-62.9°C, 호화최고온도는 68.8-71.6°C와 호화종결온도는 76.2-78.6°C의 범위에 있었다. RF-식물단백 혼합물의 호화온도는 식물단백의 종류, 가수분해 여부 및 첨가량에 따른 특이한 경향과 유의성은 관찰되지 않았지만, RF보다는 유의적으로 높았다. 한편 호화엔탈피는 RF가 10.5 J/g이었고, RF-식물단백 혼합물은 5.2-8.8 J/g의 범위에 있었다. RF-식물단백 혼합물의 호화엔탈피는 RF보다 유의적으로 낮았으나, 식물단백 종류, 가수분해 여부 및 첨가량에 따른 통계적 유의성은 없었다. 이처럼 RF보다 RF-식물단백 혼합물의 높은 호화온도와 낮은 호화엔탈피는 RF에 식물단백 소재를 첨가하며 RF의 쌀전분보다 보수력이 큰 단백질과 비전분성 다당 함량이 증가하여, 쌀전분의 호화에 필요한 물의 이용을 제한하였기 때문이다(Bae et al., 2020).

온도에 따른 식물단백의 유변학적 특성

대조군(CTFP 및 CTCF) 및 가수분해 단백질(HZFP 및 HZCF)의 온도 변화에 따른 탄성계수(storage modulus, G')의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 농축잠두단백 유래 소재와 관련하여(Fig. 1A), CTFP의 G'은 25°C에서 95°C에 도달할 때까지 점진적으로 증가하였고, 95°C에 도달 직후 소폭 감소하다 95°C 유지 기간 중 다시 상승하기 시작하여 25°C로 냉각되며 급격히 증가하는 양상을 나타내었다(Park et al., 2024). 이러한 G' 값의 변화양상은 농축잠두단백 원료에서 전분과 비전분성 다당을 먼저 가수분해한 것을 고려하면 CTFP의 단백질 열 겔화 현상 때문으로 생각된다(Nivala et al., 2021). 특히 95°C 유지영역에서 G' 값의 일시적 감소 후 재증가는 연속적인 진동(oscillation)에 따라 형성된 단백질 겔의 일시적인 붕괴 후 재구조화되었기 때문으로 생각된다. CTFP와



**Fig. 1. Changes in storage modulus of control and protease-hydrolyzed plant protein sources. CTFP and HZFP indicate the control and protease-hydrolyzed faba bean protein concentrates, respectively; CTCF and HZCF indicate the control and protease-hydrolyzed chickpea flours, respectively.**

는 달리 HZFP의  $G'$  값은 미리 계획된 온도 프로파일에 따라 큰 변화를 보이지 않았고, 매우 낮은 수준을 보였다. 이는 농축잠두단백의 다당가수분해 처리 후 연속한 단백질가수분해 처리로 HZFP의 단백질 열 겔화 능력이 손실되었기 때문으로 생각된다. 한편 병아리콩가루 유래 소재와 관련하여(Fig. 1B), CTCF의  $G'$  값은 25°C에서 55°C까지 점진적으로 증가하다 이후부터는 온도에 변화에 따라  $G'$  값의 급격한 등락을 보여 병아리콩가루의 것과 다른 양상을 나타내었다(Park et al., 2024). 또한 CTCF의  $G'$  값은 온도 프로파일의 모든 지점에서 Park et al. (2024)가 보고한 병아리콩가루의 온도에 따른  $G'$  값보다 극히 낮은 수준이었다. CTCF에서 관찰된 양상은 병아리콩가루의 주성분인 전분의 가수분해와 효소 실활을 위한 열처리로 인해 병아리콩가루 단백질이 이미 안정한 겔을 형성하였기 때문에(Papalamprou et al., 2009), 온도 프로파일에 따른 지속적인 진동이 CTCF의  $G'$ 에 유의미한 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다. 반면 HZCF는 온도 프로파일에 따라  $G'$ 이 발달하지 못하였고, 이는 HZCF가 온도에 따라 어떠한 3차원 망상구조도 형성하

지 않는다는 것을 가리킨다. HZFP와 마찬가지로 HZCF로 다당 및 단백질 가수분해 처리로 병아리콩가루의  $G'$  발달을 주도하는 전분과 단백질의 분해로 인한 결과로 판단된다(Park et al., 2024). 게다가 가수분해 단백질과 부분적으로 손상된 단백질이 처리한 효소들의 실활을 위한 열처리로 이미 안정한 겔을 형성하고 있어 HZCF의 점탄 특성 측정을 위한 추가적인 열과 기계적 에너지 투입에도 유의미한 겔 구조가 형성되지 않는 것으로 생각된다(Papalamprou et al., 2009).

#### 페이스팅 점도 특성

쌀가루(RF)와 RF-식물단백 혼합물의 페이스팅 점도 프로파일과 점도 특성을 각각 Fig. 2와 Table 4에 제시하였다. RF의 페이스팅 점도 프로파일은 문헌상에서 보고된 것과 페이스팅 점도 특성값에 차이는 있지만, 양상은 유사하였다(Bae et al., 2020; Park et al., 2024). RF와 농축잠두단백 유래 소재 혼합물에 관해(Fig. 2A & B), CTCF는 첨가량과 관계없이 매우 낮은 최고점도를 보인 이후의 온도 프로파일에서 페이스팅 점도를 발달시키지 못하였고, 이는 CTCF가 RF의

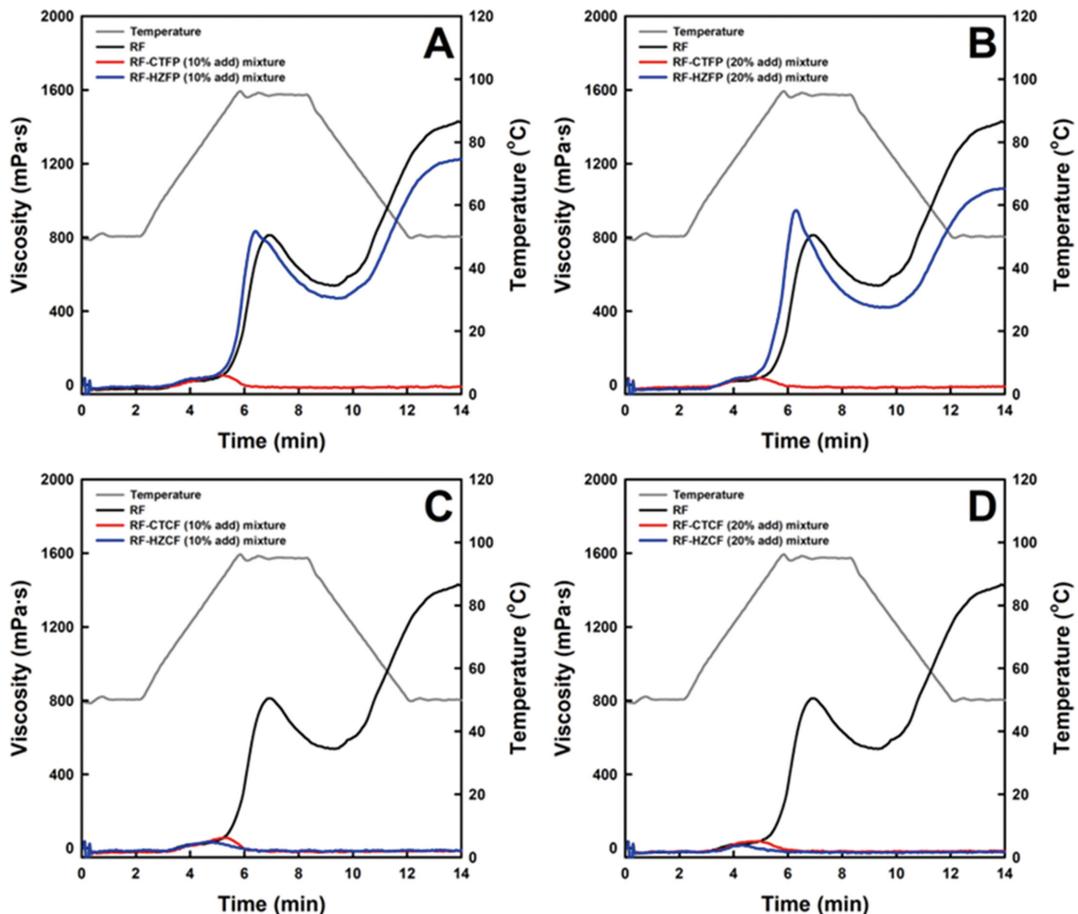


Fig. 2. Rapid viscosity profile of rice flour (RF) and RF-protein source (PR) mixtures. CTFP and HZFP indicate the control and protease-hydrolyzed faba bean protein concentrates, respectively; CTCF and HZCF indicate the control and protease-hydrolyzed chickpea flours, respectively.

**Table 4. Pasting viscosity parameters of rice flour (RF) and RF-protein source (PR) mixtures**

Source		Pasting viscosity (mPa.s)				
Ingredient	Addition (dry RF basis)	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
RF		812.0±1.4 <sup>b</sup>	537.5±2.1 <sup>a</sup>	247.5±3.5 <sup>c</sup>	1,424.0±14.1 <sup>a</sup>	886.5±16.3 <sup>a</sup>
RF-PR mixture						
CTFP <sup>1</sup>	10%	54.0±7.1 <sup>cdc</sup>	-	-	-	-
	20%	42.5±3.5 <sup>dc</sup>	-	-	-	-
HZFP <sup>1</sup>	10%	838.5±29.0 <sup>b</sup>	469.5±12.0 <sup>b</sup>	369.0±17.0 <sup>b</sup>	1,224.0±9.9 <sup>b</sup>	754.5±2.1 <sup>b</sup>
	20%	946.0±2.8 <sup>a</sup>	420.0±1.4 <sup>c</sup>	526.0±1.4 <sup>a</sup>	1,064.5±5.0 <sup>c</sup>	644.5±3.5 <sup>c</sup>
CTCF <sup>1</sup>	10%	56.5±0.7 <sup>cd</sup>	-	-	-	-
	20%	39.0±1.4 <sup>dc</sup>	-	-	-	-
HZCF <sup>1</sup>	10%	35.0±4.2 <sup>dc</sup>	-	-	-	-
	20%	15.5±6.4 <sup>c</sup>	-	-	-	-

Mean value of three replicate measurements; values sharing the lowercase letters within columns are not significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>1</sup>CTFP and HZFP indicate the control and protease-hydrolyzed faba bean protein concentrates, respectively; CTCF and HZCF indicate the control and protease-hydrolyzed chickpea flours, respectively.

팽윤과 호화에 따른 페이스트화를 억제하였다는 것을 가리킨다. 그러나 HZFP는 RF와 유사한 페이스팅 점도 프로파일을 보였고, HZFP 첨가량에 따라 페이스팅 점도 수준의 차이가 관찰되었으며 최고점도를 제외한 모든 특성값에서 RF보다 유의적으로 낮았다. 이처럼 CTFP와 HZFP가 다른 양상을 보인 것은 CTFP가 가열에 따른 겔의 형성 시(Fig. 1A) RF 과립을 둘러싸 RF의 페이스트화를 억제하였기 때문으로 생각된다(Park et al., 2024). 한편 RF와 병아리콩가루 유래 소재 혼합물에 관해(Fig. 2C & D), CTCF와 HZCF는 매우 낮은 최고점도를 형성한 이후의 온도 프로파일에서 페이스팅 점도를 발달시키지 못했다. 최고점도는 병아리콩가루 유래 소재 첨가량이 증가하며 낮아졌다. 이러한 현상은 아마도 CTCF와 HZCF의 다당 및 단백질의 가수분해 분획과 이미 형성된 단백질 겔 때문에 RF의 페이스트화에 물을 적절히 이용할 수 없었기 때문으로 추정된다(Bac et al., 2020). 게다가 가수분해 다당 및 단백질 분획이 RF 과립 표면에 흡착되면서 RF의 페이스트화가 억제되었을 수도 있을 것으로 보인다(Kim & Kim, 2021).

### 요 약

농축잠두단백과 병아리콩가루를 식물단백 원료로 하여 다당(전분 및 비전분성 다당) 가수분해효소(thermostable  $\alpha$ -amylase, cellulase cocktail) 처리하여 대조군 농축잠두단백과 병아리콩가루(각각 CTFP 및 CTCF)를 제조하고 계속해서 단백질분해효소(exo- 및 endo-type protease) 처리하여 가수분해 단백질 소재(각각 HZFP 및 HZCF)를 제조하였다. 제조한 대조군 및 가수분해 단백질 소재를 쌀가루에 첨가하여 쌀가루의 팽윤력, 용해도, 호화특성 및 페이스팅 점도를 조사하였다. 쌀가루의 팽윤력은 농축잠두단백 유래 소재 첨가

시 증가하였으나 병아리콩가루 유래 소재 첨가 시에는 감소하였다. 그러나 용해도는 모든 대조군과 가수분해 단백질 소재 첨가 시 쌀가루보다 유의적으로 상승하였다. 대조군과 가수분해 단백질 소재 첨가는 쌀가루보다 호화온도를 상승시켰고, 호화엔탈피는 감소시켰다. 쌀가루의 페이스팅 점도는 HZFP 첨가 시 최고점도를 소폭 상승시켰으나 전체적으로 낮은 페이스팅 점도를 나타내었다. 그러나 CTFP, CTCF 및 HZCF 첨가는 쌀가루의 페이스팅 점도 발달을 저해하였다. 전반적인 결과는 본 연구에서 제조한 대조군과 가수분해 단백질 소재들은 쌀가루의 물성에 영향을 미치지 않거나 저해하는 특성을 보이는 것으로 판단된다. 이러한 특성은 본 연구의 소재들을 고령친화식품과 일반식품에 단백질영양강화를 목적으로 적용하여도 원제품의 물성에 미치는 영향을 최소화할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 우수한 분산성과 용해성을 보유한 근력 및 근육 강화 보충제 개발에도 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

### 감사의 글

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업(과제번호 RS-2021-IP321032)의 지원을 받아 연구되었습니다. 또한 본 연구는 2024년 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었습니다.

### References

AACC. 2000. Approved Method of the AACC. 10<sup>th</sup> ed. Method 32-40.01. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.

- AOAC. 1990. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (No. 934.06), Arlington, VA, USA.
- Bae JE, Hong JS, Baik MY, Choi HD, Choi HW, Kim HS. 2020. Impact of starch granule-associated surface and channel proteins on physicochemical properties of corn and rice starch. *Carbohydr. Polym.* 250: 116908.
- Berrazaga I, Messon JL, Laleg K, Salles J, Guillet C, Patrac V, Giraudet C, Le Bacquer O, Boirie Y, Micard V, Husson F, Saurel R, Walrand S. 2019. Formulation, process conditions, and biological evaluation of dairy mixed gels containing fava bean and milk proteins: effect on protein retention in growing young rats. *J. Dairy Sci.* 102: 1066-1082.
- Boo KW, Kim BG, Lee SJ. 2020. Physicochemical and sensory characteristics of enzymatically treated and texture modified elderly foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 52: 495-502.
- Grasso N, Lynch NL, Arendt EK, O'Mahony JA. 2022. Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 21: 435-452.
- Jang MS, Oh JY, Kim PH, Park SY, Kim YY, Kang SI, Kim JS. 2021. General and nutritional characterizations of domestic commercial senior-friendly foods. *Korean J. Fish Aquat. Sci.* 54: 532-542.
- Kalman DS. 2014. Amino acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates. *Foods.* 3: 394-402.
- Kim YA. 2018. Soy protein: a high-quality, plant-based protein. *Food Sci. Ind.* 51: 270-277.
- Kim R, Kim HS. 2021. Development and characterization of potato amylopectin-substituted starch materials. *Food Sci. Biotechnol.* 30: 833-842.
- Kim YJ, Lee IY, Chun YG, Lee MH, Kim BK. 2022. A survey on the hardness and viscosity of senior-friendly foods available in the Japanese market. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 51: 367-374.
- Kim R, Oh J, Kim HS. 2019. Isolation and physicochemical properties of rice starch from rice flour using protease. *Food Eng. Prog.* 23: 193-199.
- Kim R, Oh J, Kim HS. 2021a. Production and characterization of rice starch from broken rice using alkaline steeping and enzymatic digestion methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 53: 731-738.
- Kim R, Oh J, Kim HS. 2021b. Production and characterization of rice starch from stale rice using improved enzymatic digestion method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 53: 749-755.
- Korean Standards & Certification. 2022. Seniors friendly foods (KS H 4897). Available from: [https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSH4897&tmprKsNo=KS\\_H\\_NEW\\_2017\\_1067&reformNo=02](https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503&ksNo=KSH4897&tmprKsNo=KS_H_NEW_2017_1067&reformNo=02). Accessed Sept. 27, 2023.
- Lee SJ. 2015. Recent sensory and consumer studies for the development of texture modified foods for elderly. *Food Sci. Ind.* 48: 13-19.
- Lee EJ, Lee JY, Hong GP. 2021. Current status and development strategies of domestic plant-based meat alternative food market. *Animal Food Science and Industry.* 10: 61-70.
- Lee SY, Lee JG, Lee YJ, Choi MJ. 2017. Application of injection and nanocoating technologies for developing tenderized silver foods. *Food Ind. Nutr.* 22: 15-23.
- Lee HS, Nam YJ, Kim YE, Kim JC, Shin Y, Lee Y, Heo W. 2020. Policies and industrial technology trends for senior-friendly foods. *Food Sci. Ind.* 53: 435-443.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2020. 3. Standards and specifications of foods labeled and sold as the infand, elderly, or alternative food-2. Foods labeled and sold for the elderly. Available from: <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC?searchNm=%EA%B3%A0%EB%A0%B9&itemCode=FC0A002001002A012>. Accessed Sept. 27, 2023.
- Nivala O, Nordlund E, Kruus K, Ercili-Cura D. 2021. The effect of heat and transglutaminase treatment on emulsifying and gelling properties of faba bean protein isolate. *LWT-Food Sci. Technol.* 139: 110517.
- Park DY. 2022. Development of gluten-free and senior-friendly processed meat products using whole grain flour. MS thesis, Kyonggi University, Suwon, Korea.
- Papalamprou EM, Doxastakis GI, Biliaderis CG, Kiosseoglou V. 2009. Influence of preparation methods on physicochemical and gelation properties of chickpea protein isolates. *Food Hydrocolloid.* 23: 337-343.
- Park SW, Lee J, Kim HS. 2024. Physicochemical property of protein-fortified rice flour using *Bacillus subtilis*-fermented faba bean protein concentrate and chickpea flour. *Food Eng. Prog.* 28: 41-52.
- Park SY, Lee SM, Park SH, Kang SI, Jang MS, Kim JS. 2022. Preparation and quality characteristics of Japanese Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) processed products with different physical properties as senior-friendly seafoods. *Korean J. Fish Aquat. Sci.* 55: 111-120.
- Park HJ, Um KH, Lee S. 2019. A hardness survey on crushed meat products in the Korean market for the development of meat foods for seniors. *Food Eng. Prog.* 23: 139-145.
- Statistics Korea. 2022. 2022 Statistics of the Elderly. Available from: [https://kostat.go.kr/board.es?mid=a10301010000&bid=10820&tag=&act=view&list\\_no=420896&ref\\_bid](https://kostat.go.kr/board.es?mid=a10301010000&bid=10820&tag=&act=view&list_no=420896&ref_bid). Accessed Sept. 25, 2023.

## Author Information

- 박수원:** 경기대학교 일반대학교 식품생물공학과, 석사  
**양선희:** 경기대학교 일반대학원 식품생물공학과, 석사과정  
**김현석:** 경기대학교 바이오융합학부 식품생물공학전공, 교수