Food Sci. Preserv., 31(6), 865-878 (2024)
pISSN: 3022-5477, eISSN: 3022-5485

Food Science and Preservation
https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865

Special Topic

Quality properties of defatted rice bran extract powder and vegan cookies

탈지미강 추출 분말과 비건 쿠키의 품질 특성

A-Young Lee[1,2†], Hyun-A An[2†], Seung-Bin Han[2], Eun-Ju Cho[2], Hye-Jeong Kim[1], Dong-Jin Moon[1], Jeung-Hee Lee[2*]

이아영[1,2‡] · 안현아[2‡] · 한승빈[2] · 조은주[2] · 김혜정[1] · 문동진[1] · 이정희[2]

[1]*Corporate R&D Center, The Bread Blue Corp, Seoul 08380, Korea*
[2]*Department of Food and Nutrition, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea*

[1]*(주)더브레드블루,* [2]*대구대학교 식품영양학과*

Abstract This study aimed to enhance the value of defatted rice bran, a byproduct of rice milling, as a sustainable food ingredient. Defatted rice bran extract powders were obtained by water, autoclave, alcalase, and autoclave/alcalase treatment, and their quality characteristics were investigated. The extract powders treated with alcalase and autoclave/alcalase showed higher contents of protein (19.34-22.86%), essential amino acids (6.22-7.44%), and branched-chain amino acids (2.67-3.18%). The autoclave/alcalase-treated extract powder exhibited the highest amino acid score (0.94), *in vitro* protein digestibility (90.67%), and protein digestibility-corrected amino acid score (0.86). The extract powder showed higher oil absorption capacity and water solubility index but lower water absorption capacity compared to wheat flour. Vegan cookies prepared with 7%, 13%, 20%, and 27% of autoclave/alcalase-treated powder had a lower spread ratio, loss rate, and leavening rate than control cookie, with a firmer texture, lower elasticity, and a darker red color. Sensory evaluation results showed that the vegan cookie with 20% extract powder received higher scores in appearance, aroma, taste, texture, and overall preference. Therefore, defatted rice bran extract powder can be applied in the food processing industry, particularly in vegan bakery products, as a source of high-quality protein.

Keywords defatted rice bran extract, autoclave, enzymatic hydrolysis, vegan cookie, protein quality

OPEN ACCESS

Citation: Lee AY, An HA, Han SB, Cho EJ, Kim HJ, Moon DJ, Lee JH. Quality properties of defatted rice bran extract powder and vegan cookies. Food Sci. Preserv., 31(6), 865-878 (2024)

Received: October 10, 2024
Revised: December 05, 2024
Accepted: December 10, 2024

†These authors contributed equally to this study.

***Corresponding author**
Jeung-Hee Lee
Tel: +82-53-853-6836
E-mail: jeunghlee@daegu.ac.kr

Copyright © 2024 The Korean Society of Food Preservation. 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.

1. 서론

경제 성장과 더불어 개인의 삶과 생활 수준이 향상됨에 따라, 건강에 관한 관심이 높아지면서 채식에 관한 관심도 증가하고 있다(Son과 Lee, 2023). 채식주의자(vegetarian)는 가금류, 생선, 달걀, 유제품, 꿀, 채소를 섭취하는 유무에 따라 7가지로 분류되며, 비건(vegan)은 과일과 채소만을 섭취하는 식습관을 의미한다(AT, 2021). 국내 채식 인구는 2022년 기준 150-200만 명으로 추정되며(KVU, 2022), 그중 MZ세대는 환경문제에 민감하고, 기후 변화 및 동물 윤리 확보 등을 위해 채식 식단을 추구하는 경향이 강하다. 이러한 흐름 속에서 비건 식품의 성장세는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다(Song과 Jung, 2022). 식품업계 또한 친환경적 경영의 필요성을 인식하고 있으며, ESG(environment, social, and governance) 경영 도입을 통해 사회적 책임을 실천하고 있다(Park 등, 2023).

국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 가공식품과 동물성 식품 위주의 식사가 암, 당뇨, 심혈관 질환 등 만성질환 발병의 주요 원인으로 보고하였고, 건강, 지속가능한 소비, 동물 및 환경보호 등의 이유로 식물성 단백질의 섭취를 희망하는 소비자들이 증가하고

있다(Banovic 등, 2018; Min 등, 2022; Siró 등, 2008). 전 세계 대체 단백질 시장은 빠른 성장세를 보이고 있으며, 연평균 8.2%의 성장률(CAGR)로 확대될 것으로 전망되며, 이 시장은 2030년까지 약 265억 2천만 달러 규모에 이를 것으로 예측된다(Grand View Research, 2024). 대체 단백질 시장은 초기에는 주로 대체육 제품 중심으로 형성되었으나, 최근에는 유제품, 아이스크림, 스낵류 등 다양한 분야로 확장되며 소비자 선택의 폭을 넓히고 있다. 이러한 확장은 대체 단백질의 응용 가능성을 넓히고, 지속 가능성과 건강을 중시하는 소비 트렌드와 맞물려 시장의 성장을 더욱 가속화할 것으로 보인다(AT, 2021).

쌀은 밀, 옥수수와 함께 세계 3대 작물로서 한국, 중국, 일본에서 주식으로 소비된다(Seon 등, 2016). 국내에서는 1인 가구 증가 및 서구화된 식습관에 의해 밀 소비량은 증가하는 반면, 쌀 소비량은 상대적으로 감소하는 추세이다(Kim 등, 2011). KOSIS(2023)의 양곡 소비량 조사에 따르면, 2023년 1인당 연간 쌀 소비량은 56.4 kg으로 전년 대비 0.3 kg 감소하였으며, 이는 2019년(60 kg) 이후로 매년 감소하는 추세를 보여준다. 미강(rice bran)은 현미에서 백미로 도정하는 과정에서 얻어지는 부산물로 과피, 종피, 호분층의 혼합물이다(Kang 등, 2012). 도정 기술의 발달로 인해 미강 생산량은 매년 증가되어 연간 약 40만 톤이 생산된다(Jeon 등, 2019). 이 중 20-30%는 미강유로 제조되지만, 대부분 동물 사료로 사용되거나 농업 폐기물로 처리되고 있다(Kang 등, 2012). 그러나, 미강은 단백질, 식이섬유, 무기질 등의 영양성분이 풍부하며, tocopherol, tocotrienol, γ-oryzanol, phytosterol 및 policosanol 등의 다양한 생리활성 성분을 함유하고, 특히 다량의 식이섬유로 인해 소화율이 낮은 것이 특징이다(Ham 등, 2016). 또한, 백미와 현미의 단백질 함량이 각각 6.81-7.33%와 7.1-8.3%임에 비해(RDA, 2021), 미강의 단백질 함량은 12-16%이다(Gu 등, 2018). 탈지미강은 미강유 제조 후의 부산물로서 당, 지방, 단백질, 식이섬유가 주요성분이고, 주로 동물 사료로 이용된다(Kim 등, 2011). 미강은 환경적으로 지속 가능한 식품 원료로서의 잠재력이 크다. 미강을 식품가공산업에 적용한다면 식량 자원 활용도를 높이면서 쌀 가공 후의 폐기물을 줄이는 효과가 있다. 또한, 미강은 식물성 단백질과 생리활성 기능성 성분의 공급원으로서의 가치를 가지고 있다. 최근 미강을 활용한 지속 가능한 식품 개발 연구로서 미강을 첨가한 절편(Jeon 등, 2019)과 머핀(Jang 등, 2012), 미강 단백질을 첨가한 브라우니(Baek 등, 2023), 미강 분말 첨가 식빵(Lee, 2019) 등이 진행되고 있다.

국내 베이커리 시장은 2012년 1인당 빵 소비량이 18.2 g/day에서 2020년 19.4 g/day로 증가하며 매년 지속적으로 성장하고 있다(Kim, 2020). 소비자들은 건강을 우선시하여 제품의 첨가재료들을 꼼꼼히 살피고, 친환경 및 동물 윤리 등의 사회적 이슈를 고려하여 비건 베이커리 제품에 대한 선호도가 증가하고 있다. 또한, 기존 비건 베이커리 제품보다 기능성과 기호적 품질이 개선된 다양한 제품에 대한 수요가 증가하고 있으며, 이러한 비건 소비자들의 다양한 요구를 충족시키기 위한 제품 개발이 필요하다.

본 연구에서는 지속 가능한 식품 원료로서 미강의 이용 가치를 높이고, 비건 식품 산업으로의 적용 가능성을 알아보기 위해 고온고압 및 단백질 분해효소를 이용하여 탈지미강 추출 분말을 제조하고, 이화학적 특성을 조사하였다. 이후 비건 베이커리 제품으로서의 적용 가능성을 조사하기 위해 추출 분말을 첨가한 쿠키를 제조하여 제과 적성과 품질 특성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

탈지미강 분말은 현미유 부산물로, ㈜세림(Serim-Hyunmi Co. Ltd, Jeongeup, Korea)에서 구매하였다. 효소(alcalase) 는 Novozymes(Bagsvard, Denmark)에서 구입하였다. 쿠키 제조를 위한 중력분(CJ Co., Ltd., Seoul, Korea), vegan fat(Natuli Foods, Vejen, Denmark), 아몬드 가루(G&M food system, Yangsan, Korea), 옥수수 전분(Ottogi, Seoul, Korea), 베이킹소다(Yucheong food, Daegu, Korea), 두유(Maeil, Seoul, Korea), 물엿(Samyang, Seoul, Korea)과 흑설탕(CJ Co., Ltd.)은 시중에서 구입하였다.

2.2. 탈지미강 추출 분말(defatted rice bran extract powder)

2.2.1. 탈지미강 추출 분말 제조

탈지미강의 단백질을 포함한 영양성분의 효율적 추출 및 수율을 증진시키기 위해 4가지 추출공정(대조군, 고온고압, 효소, 고온고압 후 효소)으로 분말을 제조하였다. 이중 대조군(control)으로 물 추출 분말을 C, 고온고압(autoclave) 처리 분말을 A, 효소처리(enzyme; alcalase) 추출 분말을 E, 고온고압 후 효소처리 분말을 AE로 명명하였다.

탈지미강 추출물 C는 탈지미강 분말과 증류수를 1:20(w/v) 비율로 혼합하여 shaking water bath(BS-11, Jeio Tech, Seoul, Korea)에서 50℃, 130 rpm으로 2시간 교반하였다. 탈지미강 추출물 A는 탈지미강 분말과 증류수를 1:10(w/v) 비율로 혼합하여 고압멸균기(MaXterile 100, Daihan Scientific, Wonju, Korea)를 이용하여 121℃에서 10분 동안 15 psi 조건으로 고온고압 처리하고, shaking water bath(BS-11, Jeio Tech)에서 50℃, 130 rpm으로 2시간 교반하였다. 탈지미강 추출물 E는 탈지미강 분말 10 g에 증류수 200 mL를 넣고 pH 7.0으로 조정한 후 상업용 단백질 분해 효소인 alcalase를 기질 대비 1% (w/v) 첨가하고, shaking water bath에서 50℃, 130 rpm으로 2시간 반응시켰다. 이후 반응물을 90℃에서 10분간 처리하여 효소 반응을 정지시켰다. 탈지미강 추출물 AE는 탈지미강 분말과 증류수를

https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865

1:10(w/v) 혼합하고 10분간 고온고압 처리하여 pH 7.0으로 조정한 후 alcalase(1%, w/v)를 첨가하여 50℃, 130 rpm, 2시간 반응 후 90℃에서 10분간으로 효소를 불활성 시켰다. 각 탈지미강 추출물을 10℃에서 10분간 원심분리(2,683 ×*g*, Supra R22, Hanil, Seoul, Korea)하여 상등액을 얻은 후 -82℃의 초저온 냉동고(MDF-415, Sanyo Co. Ltd., Osaka, Japan) 에서 6시간 이상 급속동결 시키고, 동결건조(-75℃, 5mTorr, FD8508, ilShinBioBase Co., Ltd., Dongducheon, Korea)하여 분말 시료를 얻었다. 수율(yield)은 추출에 사용된 시료 중량에 대한 동결건조물의 중량비를 아래의 식 (1)을 이용하여 나타내었다.

$$\text{Yield}(\%) = \frac{\text{추출물 건조 중량(g)}}{\text{원 시료 건조 중량(g)}} \times 100 \quad (1)$$

2.2.2. 탈지미강 추출 분말의 일반성분 및 아미노산 분석

탈지미강 추출 분말의 조단백질 함량은 AOAC(1977) 방법에 따라 Kjeldahl법으로, 탄수화물, 조지방, 조회분, 열량 함량은 MAFRA(2021)의 feed standard analysis method로, 수분 함량은 상압가열건조법(AOAC, 1990)으로 측정하였다. 아미노산 조성은 AOAC(2005) 방법을 변형한 이온 크로마토그래피법을 이용한 ninhydrin post column 반응법으로 분석하였다.

2.2.3. 탈지미강 추출 분말의 수분흡수력과 유지흡수력 측정

수분흡수력(water absorption capacity, WAC)은 시료 1 g에 증류수 30 mL를 넣고, 실온에서 10분간 방치한 후, shaking water bath(LSB-045S, Daihan Labtech Co., Ltd., Namyangju, Korea)에서 150 rpm으로 30분간 혼합하였다. 혼합물을 원심분리(3,134 ×*g*, 20 min)한 후 상층액을 제거하여 실온에서 10분 방치하고, 침전물의 중량을 측정하여 아래의 식 (2), (3)을 이용하여 나타냈다. 유지흡수력(oil absorption capacity, OAC)는 카놀라유 10 mL를 넣어 수분흡수력과 동일한 방법으로 분석하였다.

$$\text{수분흡수력(WAC, \%)} = \frac{\text{수분 흡수 후 시료무게(g)}}{\text{원 시료무게 (g)}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{유지흡수력(OAC, \%)} = \frac{\text{유지 흡수 후 시료무게(g)}}{\text{원 시료무게(g)}} \times 100 \quad (3)$$

2.2.4. 탈지미강 추출 분말의 pH와 수분용해지수 측정

시료 1 g에 증류수 30 mL를 첨가하여 25℃에서 30분간 혼합하고, 원심분리(3,134 ×*g*, 20 min)하여 상등액을 취하였다. 이후 pH meter(S220-K, Mettler Toledo, Columbus, OH, USA)를 이용하여 상등액의 pH를 측정하였다. 수분용해지수(water soluble index, WSI)는 상등액을 열풍건조기(105℃, LDO-150F, Daihan Labtech Co., Ltd.)에서 24시간 건조시킨 후 고형물 무게를 측정하여 아래의 식 (4)를 이용하여 나타내었다.

$$\text{수분용해지수(WSI, \%)} = \frac{\text{상등액 고형분 무게(g)}}{\text{원 시료무게(g)}} \times 100 \quad (4)$$

2.2.5. 탈지미강 추출 분말의 겉보기 밀도(bulk density) 측정

메스실린더(50 mL)에 시료를 채우고, 가볍게 두드리며 부피 변화가 없을 때까지 채운 후 무게를 측정하였으며, 아래의 식 (5)를 이용하여 겉보기 밀도를 측정하였다.

$$\text{겉보기 밀도(g/mL)} = \frac{\text{시료의 무게(g)}}{\text{시료의 부피(mL)}} \quad (5)$$

2.2.6. 탈지미강 추출 분말의 *in vitro* 단백질 소화율

탈지미강 추출 분말의 단백질 소화율은 protein digestibility assay kit(Megazyme Ltd. Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석하였다. 본 분석에 사용된 모든 시약은 제조사에서 제공된 것을 사용하였다. 시료(500 mg)에 0.06 N HCl(19 mL)을 넣고, shaking incubator에서 37℃, 250 rpm, 30분 반응시킨 후 pepsin solution (1 mL)을 첨가하고, 37℃, 250 rpm, 60분간 반응하였다. 1.0 M tris buffer(2 mL)를 첨가하여 pH 7.4로 조정하고, trypsin/chymotrypsin solution(200 μL)를 첨가하여 37℃, 250 rpm, 4시간 반응시킨 후 95℃에서 10분간 반응하여 효소를 불활성화하였다. 실온에서 20분간 방냉한 후 반응용액 4 mL와 40% TCA solution(1 mL)를 혼합하여 4℃에서 16시간 반응시킨 후 1.75 mL을 원심분리(12,225 ×*g*, 10 min)하였다. 상등액을 sodium acetate buffer(50 mM, pH 5.5)로 20배 희석하고, ninhydrin reagent solution(0.5 mL)을 첨가하여 90℃, 220 rpm, 20분간 반응시킨 후 실온에서 10분 방치하였다. Reagent alcohol(50%, 1.5 mL)과 혼합하여 분광광도계(Multiskan Go, Thermo Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이후 assay kit에 제공된 L-glycine을 표준물질로 하여 standard curve를 얻은 후, primary amine 농도를 구하였다. 시료의 아미노산 중 proline, lysine, histidine, arginine 농도에 각각 2, 0.5, 0.2, 0.2를 곱하여 보정된 primary amine 농도를 구한 후 *in vitro* 단백질 소화율을 계산하였다.

2.3. 비건 쿠키 제조

탈지미강 추출 분말(AE)을 밀가루 중력분에 대해 0%, 7%,

13%, 20%, 27% 대체하여 Table 1의 배합비에 따라 비건 쿠키(AE0, AE7, AE13, AE20, AE27)를 제조하였다. 두유를 70℃까지 데워 물엿과 섞은 후 식혔다. 실온에서 부드러워진 vegan fat에 흑설탕을 추가하면서 휘퍼스탠드 믹서(Kitchen Aid, St. Joseph, MI, USA)로 크림 상태가 되도록 만든 후 두유와 물엿을 조금씩 넣으면서 크림이 분리되지 않도록 하였다. 중력분, 전분, 아몬드 가루와 베이킹소다는 체에 내린 후 크림화된 반죽에 넣어 혼합하였다. 반죽 50 g을 지름 5 cm, 높이 2 cm의 원모양으로 성형하고, 밀봉하여 냉동실에서 30분 동안 휴지시켰다. 오븐(DHO2-23, Softmill, Gwangju, Korea)은 윗불 170℃과 아랫불 150℃에서 20분 동안 구운 후 실온에서 1시간 방랭한 후 밀봉하여 24시간 실온 보관하고, 비건 쿠키의 물리적 및 관능적 특성을 평가하였다.

2.3.1. 비건 쿠키의 색도와 텍스쳐 측정

비건 쿠키의 색도는 색차계(Chroma meter, CR-400, Konica Minolta Sensing Americas Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 쿠키의 윗부분을 측정하였다. 표준백판(L값 92.17, a값 -0.30, b값 4.84)으로 보정한 후 Hunter L(lightness), a(+redness/-greenness)와 b(+yellowness/-blueness) 값을 10회 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 쿠키의 전체적인 색도 차이(ΔE, 색차지수)는 $\sqrt{\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2}$의 식으로 구하였다. 탈지미강 추출 분말 가루(AE)와 밀가루는 pertri dish에 담아 색도를 측정하였다.

쿠키의 텍스쳐는 5 mm cylinder가 장착된 texture analyzer (TA.XT PlusC, Stable Micro Systems Ltd, Haslemere, UK)를 이용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness)을 측정하였다. Texture analyzer의 pre-test speed는 2.0 mm/s, test speed는 0.5 mm/s, post-test speed는 10.0 mm/s, trigger force는 20 g, 시료와 probe의 거리는 4 mm 조건으로 설정하였다.

2.3.2. 비건 쿠키의 퍼짐성지수, 손실률 및 팽창률 측정

비건 쿠키의 손실률(loss rate, %)과 팽창률(leavening rate, %)은 굽기 전후의 중량을 각각 측정하여 아래의 식으로 계산하였다. 퍼짐성 지수(spread ratio)는 쿠키 직경에 대한 높이의 비로 나타내었다(AACC, 2000). 쿠키 6개를 가로로 정렬하여 길이를 측정한 후 각 쿠키를 90도 회전시킨 후 동일한 방법으로 총 길이를 측정하고 6으로 나누어 쿠키 1개의 평균 직경을 구하였다. 쿠키의 평균 높이는 쿠키 6개를 수직으로 쌓아 높이를 측정하고, 다시 쌓은 순서를 변경하여 높이를 측정한 후 6으로 나누어 평균 높이를 측정하고, 아래의 식 (6)-(8)에 의하여 퍼짐성 지수를 구하였다.

$$\text{퍼짐성 지수(\%)} = \frac{\text{쿠키 6개의 평균 직경(mm)}}{\text{쿠키 6개의 평균 높이(mm)}} \quad (6)$$

$$\text{손실률(\%)} = \frac{\text{굽기 전후 1개의 중량차(g)}}{\text{굽기 전 반죽 1개의 중량(g)}} \times 100 \quad (7)$$

Table 1. Baking formula for vegan cookies added defatted rice bran extract powder

Ingredients (g)	Vegan cookies				
	Control (AE0)	Defatted rice bran extract powder (AE)[1)]			
		7% (AE7)	13% (AE13)	20% (AE20)	27% (AE27)
Wheat flour	138.0	128.9	119.7	110.6	101.4
Corn starch	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Almond powder	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Defatted rice bran extract powder (AE)	0.0	9.2	18.3	27.5	36.6
Baking soda	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Dark brown sugar	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Starch syrup	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Vegan fat	113.0	113.0	113.0	113.0	113.0
Soy milk	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
Total	401.5	401.5	401.5	401.5	401.5

[1)]Extracted powders of defatted rice bran by auto-clave and enzymatic hydrolysis (AE).

https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865

$$\text{팽창률}(\%) = \frac{\text{첨가군 쿠키의 굽기 전후의 중량차(g)}}{\text{대조군 쿠키의 굽기 전후의 중량차(g)}} \times 100 \quad (8)$$

2.3.3. 비건 쿠키의 관능검사(sensory evaluation)

탈지미강 추출 분말(AE) 첨가 비건 쿠키의 관능평가는 학부 및 대학원생 30명을 훈련시켜 실시하였다. 쿠키의 기호도 평가 항목은 외관(appearance), 색상(color), 향(aroma), 맛(taste), 조직감(texture)과 전체적인 기호도(overall preference)로, 7점 평점법을 사용하여 1점은 대단히 싫음, 7점은 대단히 좋음으로 하였다. 본 관능검사는 대구대학교 생명윤리위원회 승인받아 진행되었다(IRB 승인번호: 1040621-202301-HR-017).

2.4. 통계처리

실험 결과는 SAS 9.4(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하고, 각 시료 간의 유의적인 차이는 Duncan's multiple range test 또는 Student t-test를 이용하여 α=0.05의 유의수준에서 검증하였다($p<0.05$).

3. 결과 및 고찰

3.1. 탈지미강 추출 분말의 일반성분

탈지미강 추출 분말은 탄수화물(57.64-66.07 g/100 g), 당(10.56-27.02 g/100 g), 조단백 (10.60-22.86 g/100 g), 무기질(10.34-14.10 g/100 g), 조지방(1.59-2.20 g/100 g), 수분 (6.59-8.09 g/100 g)을 함유하였다(Table 2). 탈지미강의 구성성분은 탄수화물(54.80%), 단백질(16.20%), 수분(12.50%), 지방(5.80%)으로 보고되며(Jeon과 Jung, 2011), 본 연구에서는 탈지미강 분말을 autoclave 또는 단백질 분해 효소인 alcalase으로 처리한 후 물로 추출하고 동결건조과정을 통해 추출 분말 C, A, E와 AE를 제조하였으므로, 탈지미강보다는 당을 포함한 탄수화물 함량은 높지만, 조지방과 수분함량은 낮았다(Table 2). 이들 추출 분말의 조단백질 함량은 처리 방법에 따라 유의적인 차이가 있으며, alcalase 처리 분말 E(22.86 g/100 g)가 가장 높고, 다음으로 autoclave/alcalase 처리 분말 AE(19.34 g/100 g)가 높고, autoclave 처리 분말 A(10.60 g/100 g)는 가장 낮았다($p<0.05$). 식물의 세포벽은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 펙틴, 리그닌과, 당단백질로 구성되고, 이 성분들은 공유결합, 수소결합 또는 이온결합 등으로 강하게 결합되어 있다. Endoprotease인 alcalase는 단백질의 중간 부분을 무작위 분해하는 효소로서, 탈지미강의 세포벽 당단백질을 가수분해하므로, alcalase처리 후 물 추출과정에서 수용성 단백질의 추출량이 증가되어 최종 건조 분말인 AE에서의 단백질 함량이 무처리 물 추출 분말 C보다 높았다(Lee 등, 2014a). 고온 열처리는 식물 세포벽의 불용성 식이섬유를 수용화시키고, 이 과정에서의 구조적 변화에 의해 수용성 식이섬유가 증가함에 따라, 그 후의 물 추출공정에서 쉽게 용해되지만, 고압처리는 단백질의 변성과 응집 등을 초래하여 단백질의 용해도를 감소시키고, 세포막 분해를 유도하여 세포 내의 성분이 세포 밖으로 용출됨으로 autoclave 처리 분말 A는

Table 2. Proximate composition of defatted rice bran extract powders (freeze-dried)

Composition	Defatted rice bran extract powders			
	C[1)]	A	E	AE
Water (g/100 g)	8.09±0.03[2)a3)]	7.37±0.22[b]	6.73±0.02[c]	6.59±0.06[c]
Carbohydrate (g/100 g)	62.70±0.41[b]	66.07±0.04[a]	57.64±0.20[c]	61.99±0.38[b]
Sugar (g/100 g)	27.02±1.32[a]	17.57±1.09[b]	14.48±1.17[c]	10.56±0.58[d]
Crude protein (g/100 g)	13.52±0.33[c]	10.60±0.13[d]	22.86±0.19[a]	19.34±0.30[b]
Crude fat (g/100 g)	1.59±0.04[c]	2.20±0.03[a]	1.74±0.01[b]	1.75±0.04[b]
Saturated fat (g/100 g)	0.40±0.01[b]	0.55±0.04[a]	0.42±0.01[b]	0.41±0.01[b]
Ash (g/100 g)	14.10±0.07[a]	13.94±0.08[a]	11.04±0.00[b]	10.34±0.06[c]
Sodium (mg/100 g)	146.39±1.03[d]	311.24±13.75[b]	492.38±14.52[a]	227.45±7.54[c]
Calcium (mg/100 g)	27.38±0.74[a]	11.63±0.52[d]	13.30±0.19[c]	23.11±0.08[b]
Calorie (Kcal/100 g)	319.19±0.04[d]	326.46±0.11[c]	337.70±0.08[b]	341.01±0.63[a]

[1)]Extracted powders of defatted rice bran with water (C), by auto-clave (A), by enzymatic hydrolysis (E), and by auto-clave and enzymatic hydrolysis (AE).
[2)]Values are mean±SD (n=3).
[3)a-d]Means with different letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

무처리 분말 C보다 추출된 단백질 함량은 낮지만, 수율이 높았다(Kim 등, 2013; Tomotake 등, 2012). 본 연구에서는 고온고압처리(autoclave)보다 alcalase 처리 시 수용성 단백질이 증가하였고, 그 후 물 추출물의 건조과정에서 단백질의 함량이 증가함으로, autoclave 처리, alcalase 처리, autoclave/alcalase 처리 분말인 A, E와 AE의 수율(yield)은 물 추출 분말 C보다, 각각 1.7배, 1.4배와 2.1배 증가하였다. 따라서 alcalase와 autoclave/ alcalase 처리 추출 분말 E와 AE는 지방과 당 함량은 낮고, 단백질 함량은 높아 비건 제품뿐 아니라 건강지향적 제품 개발을 위한 우수한 핵심 식품소재로서 사용이 가능할 것으로 생각한다.

3.2. 탈지미강 추출 분말의 아미노산 조성

단백질은 약 20 여종의 아미노산으로 구성되며, 물과 작용하는 능력에 따라 극성-중성, 비극성-중성 및 산성-염기성 아미노산으로 분류할 수 있고, 체내 합성 가능 여부에 따라 필수아미노산과 비필수아미노산으로 분류된다(Lee 등, 2014b). 탈지미강 추출 분말의 필수아미노산(9종)과 비필수아미노산(9종)을 분석하여 Table 3에 나타내었다. 총아미노산 함량은 분말 E (20.56%), AE(17.37%), C(9.43%), A(8.34%) 순으로 유의적으로 높았다($p<0.05$). 필수아미노산 함량은 추출 분말 E(7.44%), AE(6.22%), C(2.69%), A(2.49%) 순으로 유의적으로 높고 ($p<0.05$), branched chain amino acid(BCAA)인 valine, leucine, isoleucine의 함량은 추출 분말 E(3.18%), AE(2.67%), C(0.93%), A(0.88%) 순으로 높았다. 필수아미노산은 체내에서 충분한 양이 합성되지 않으므로 식품을 통해 공급되어야 하며, 단백질을 구성하는 필수아미노산의 종류와 함량은 식품 단백질의 품질을 평가하는 척도가 된다. BCAA(분지사슬 아미노산)는 근육세포 대사를 촉진하여 근육 합성 및 손상 방지 효과가 있고 (Lundholm 등, 1987; Shimomura 등, 2004), 주로 체중 감량과 근육량 증가를 목표로 둔 운동선수들과 근육 약화로 인한 회복기 환자들이 많이 섭취한다(Jo 등, 2021). 근육 약화는 노년기의 근감소증으로 이어질 수 있으며, 이는 신체 기능 저하로 인해 낙상 등을 유발할 수 있다(Yamada 등, 2013). 모든 탈지미강 추출 분말에서 감칠맛의 주요성분인 glutamic acid와 aspartic acid의 함량은 각각 1.62-3.19%와 1.01-2.15%로 가장 높고, tryptophan 함량은 0.10-0.22%로 가장 낮았다. Wang 등 (1999)은 미강 단백질 분리물에서 glutamic acid와 aspartic acid가 가장 높고, tryptophan이 가장 낮다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

3.3. 탈지미강 추출 분말의 단백질 품질 평가

단백질은 인체 내 근육, 조직, 세포의 구성성분으로서, 적절한 신체 기능을 수행하기 위해 필수적으로 섭취되어야 한다 (Kim, 2018). 식품에 함유된 단백질은 아미노산의 조성과 소화율이 다르며, 우수한 품질의 단백질은 체내에서 쉽게 소화되고 필수아미노산을 고루 함유하여야 한다(Boutrif, 1991). 본 연구에서는 탈지미강 추출 분말의 단백질 품질 평가를 위해 아미노산 스코어(amino acid score), 제1제한 아미노산(first limiting amino acid), 단백질 소화율(*in vitro* protein digestibility), 단백질 소화율 보정 아미노산 스코어(protein digestibility corrected amino acid score, PDCAAS)를 분석하였다(Table 4).

탈지미강 추출 분말의 단백질 소화율은 AE(90.67%), E (90.23%), A(83.73%), C(83.40%)의 순으로, 추출 시 효소 처리된 AE와 E의 소화율이 대조군인 물 추출 분말 C와 auto-clave 처리 분말 A보다 유의적으로 높았다($p<0.05$). 탈지미강 추출 분말 4종의 *in vitro* 단백질 소화율은 83-90%로, Phongthai 등 (2016)이 보고한 탈지미강의 단백질 소화율(66.56%)보다 높았다. 단백질 소화 효소인 trypsin은 염기성 아미노산(arginine, lysine 등)의 카르복실기(-COOH) 부근의 peptide 결합을 분해하는 반면, pepsin과 chymotrypsin은 소수성 아미노산과 방향족 아미노산을 우선적으로 분해한다(Bhutia와 Ganapathy, 2018; Phongthai 등, 2016). 식품 구성 단백질의 제1제한 아미노산은 WHO/FAO 기준 조성 대비 가장 부족한 필수아미노산이다. 추출 분말 C, A, E의 제1제한 아미노산은 각각 L-leucine, L-isoleucine, L-valine 이고, 이들 아미노산이 부족할 경우 근육합성이 저하될 가능성이 있다. 또한, 분말 AE의 제1제한 아미노산은 L-tryptophan인데, L-tryptophan의 결핍은 신경전달물질인 세로토닌 합성을 저해하여 우울감, 스트레스 등의 심리적 문제를 초래할 수 있다(Jo, 2013). 아미노산 스코어는 9종의 필수아미노산이 적절한 비율로 함유되어 있는지를 평가하는 지표로서 제1제한 아미노산의 비율로 계산되며, 추출 분말 AE가 0.94로 유의적으로 가장 높고, 추출 분말 C는 0.64로 유의적으로 가장 낮아($p<0.05$), 추출 분말 AE가 제1제한 아미노산의 함량이 다른 3종의 분말보다 높은 비율로 함유되어 있음을 의미한다.

탈지미강 추출 분말의 PDCAAS는 AE(0.86), E(0.78), A(0.59), C(0.54)의 순으로, 분말 AE가 가장 높은 값을, 분말 C가 가장 낮은 값을 가진다($p<0.05$). PDCAAS는 FAO와 WHO가 식품에 함유된 단백질의 영양학적 품질 평가를 권장하는 방법으로 (FAO, 1991). 아미노산 스코어를 기반으로 단백질 소화율을 고려하여 계산된다. 이는 식품 단백질의 아미노산 스코어가 높아도 인체 내 소화율이 낮으면 단백질 품질 또한 낮아질 수 있음을 반영하므로, PDCAAS를 이용한 단백질 품질 평가는 중요한 의미를 가진다. PDCAAS는 값이 1.00에 가까울수록 고품질의 단백질로 분류되며, 본 연구의 탈지미강 추출 분말의 PDCAAS는 동물성 단백질인 카제인(1.0), 계란 흰자(1.0), 연어(1.0), 고등어(1.0), 참치(0.97), 소고기(0.92), 분리대두 단백질(0.92)에 비해 낮았으나, 쌀(0.53), 렌틸콩(0.52), 통밀(0.40), 밀 글루텐(0.25)의 식물성 단백질에 비해 우수한 품질을 보였다. 특히 분말 AE의 PDCAAS는 0.86으로, 소고기 단백질과

https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865

Table 3. Amino acid composition of defatted rice bran extract powders (freeze-dried)

Amino acid (%)	Defatted rice bran extract powders			
	C[1)]	A	E	AE
Essential amino acids (EAAs)[2)]				
Histidine	0.33±0.00[3)c4)]	0.29±0.00[d]	0.63±0.01[a]	0.51±0.01[b]
Isoluecine	0.18±0.00[c]	0.16±0.00[c]	0.68±0.02[a]	0.56±0.01[b]
Leucine	0.40±0.00[c]	0.39±0.00[c]	1.40±0.02[a]	1.19±0.01[b]
Lysine	0.52±0.00[c]	0.49±0.00[c]	1.23±0.02[a]	0.99±0.01[b]
Methionine	0.17±0.00[c]	0.16±0.00[c]	0.46±0.01[a]	0.39±0.01[b]
Phenylalanine	0.24±0.00[c]	0.22±0.01[d]	0.84±0.01[a]	0.76±0.01[b]
Threonine	0.37±0.00[c]	0.35±0.00[d]	0.90±0.00[a]	0.74±0.00[b]
Tryptophan	0.13±0.01[c]	0.10±0.00[d]	0.22±0.01[a]	0.18±0.00[b]
Valine	0.35±0.00[c]	0.33±0.00[c]	1.10±0.02[a]	0.92±0.00[b]
BCAA[5)] (%)	0.93±0.00[c]	0.88±0.00[c]	3.18±0.09[a]	2.67±0.02[b]
Total EAAs (%)	2.69±0.01[c]	2.49±0.01[d]	7.44±0.14[a]	6.22±0.04[b]
Non essential amino acids (Non-EAAs)[6)]				
Alanine	0.70±0.00[c]	0.65±0.01[d]	1.59±0.02[a]	1.32±0.01[b]
Arginine	0.98±0.01[c]	0.80±0.01[d]	1.77±0.04[a]	1.49±0.01[b]
Aspartic acid	1.18±0.01[c]	1.01±0.01[d]	2.15±0.01[a]	1.85±0.01[b]
Cystine	0.32±0.00[c]	0.30±0.00[c]	0.55±0.02[a]	0.46±0.02[b]
Glycine	0.68±0.00[c]	0.62±0.01[d]	1.30±0.01[a]	1.09±0.01[b]
Glutamic acid	1.89±0.01[c]	1.62±0.01[d]	3.19±0.01[a]	2.73±0.00[b]
Proline	0.37±0.03[c]	0.31±0.01[d]	0.93±0.01[a]	0.82±0.00[b]
Tyrosine	0.20±0.01[c]	0.18±0.00[c]	0.62±0.05[a]	0.50±0.01[b]
Serine	0.43±0.01[c]	0.39±0.01[d]	1.04±0.01[a]	0.91±0.01[b]
Total Non-EAAs (%)	6.75±0.02[c]	5.86±0.05[d]	13.12±0.18[a]	11.15±0.05[b]
Total amino acids (%)	9.43±0.03[c]	8.34±0.06[d]	20.56±0.33[a]	17.37±0.09[b]

[1)]Extracted powders of defatted rice bran with water (C), by auto-clave (A), by enzymatic hydrolysis (E), and by auto-clave and enzymatic hydrolysis (AE).
[2)]EAAs, Essential amino acids.
[3)]Values are mean±SD (n=3).
[4)a-d]Means with different letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.
[5)]BCAA, branched-chain amino acids, refers to a group of three essential amino acids: leucine, isoleucine, and valine.
[6)]Non-EAAs, non essential amino acids.

유사한 수준의 단백질 품질을 나타내었다(FAO, 1991; Zhong 등, 2023).

3.4. 탈지미강 추출 분말의 pH, 수율, 겉보기 밀도

탈지미강 추출 분말의 수율은 AE(52.05%)가 가장 높고, A(41.66%), E(33.99%), C(24.64%)의 순으로, 단백질 분해효소와 autoclave 병행 처리된 추출 분말의 수율이 가장 높았다(Table 5). Autoclave 추출은 고열 처리 과정에서 불용성 세포벽의 구조를 변화하여 수용화시키고(Hwang 등, 1994), 고압 처리 과정에서 단백질의 변성 또는 세포벽의 비가역적 분해로 인해 막 투과성이 증가하여 수율이 높아진다(Kang과 Lee, 2013). Kwon과 Youn(2017)은 톳 추출물 제조 시 고온 고압 추출물이 열수 추출물보다 수율이 높고, Kim 등(2019)은 단백질 분해효소가 탄수화물과 단백질 수율을 증가시킨다고 보고하여, 본 연

Table 4. Protein quality of defatted rice bran extract powders (freeze-dried)

	Defatted rice bran extract powders			
	C[1)]	A	E	AE
Amino acid score	0.64±0.00[2)d3)]	0.70±0.00[c]	0.86±0.01[b]	0.94±0.00[a]
First limiting amino acid	L-leucine	L-isoleucine	L-valine	L-tryptophan
In vitro protein digestibility (%)	83.40±0.10[b]	83.73±0.31[b]	90.23±0.21[a]	90.67±0.32[a]
PDCAAS[4)]	0.54±0.01[d]	0.59±0.00[c]	0.78±0.01[b]	0.86±0.01[a]

[1)]Extracted powders of defatted rice bran with water (C), by auto-clave (A), by enzymatic hydrolysis (E), and by auto-clave and enzymatic hydrolysis (AE).
[2)]Values are mean±SD (n=3).
[3)a-d]Means in the same row with different letters are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.
[4)]PDCAAS, protein digestibility corrected amino acid score.

Table 5. Water soluble index, and water and oil absorption capacities, and bulk density of deffated rice bran extract powder (freeze-dried)

Powders		pH	Yield (%)	Water solubility index (%)	Water absorption capacity (%)	Oil absorption capacity (%)	Bulk density (g/mL)	Water content (%)
Defatted rice bran extract powders	C[1)]	7.05±0.01[2)a3)]	24.64	87.75±1.40[b]	82.19±0.74[b]	309.67±15.95[bc]	0.35±0.00[c]	8.09±0.03[b]
	A	7.02±0.01[b]	41.66	88.63±0.33[b]	76.61±1.62[c]	257.33±7.02[c]	0.43±0.00[b]	7.37±0.22[c]
	E	6.98±0.01[c]	33.99	85.25±1.56[c]	60.38±0.89[d]	353.67±61.27[b]	0.23±0.00[d]	6.73±0.02[d]
	AE	6.97±0.02[c]	52.05	95.33±0.58[a]	47.26±1.41[e]	419.67±17.10[a]	0.07±0.00[e]	6.59±0.06[d]
Wheat flour		5.89±0.01[d]	-[4)]	4.25±0.41[d]	184.32±1.02[a]	181.53±5.60[d]	0.77±0.01[a]	10.75±0.01[a]

[1)]Extracted powders of defatted rice bran with water (C), by auto-clave (A), by enzymatic hydrolysis (E), and by auto-clave and enzymatic hydrolysis (AE).
[2)]Values are mean±SD (n=3).
[3)a-c]Means with different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.
[4)]-, not available.

구의 autoclave와 단백질 분해효소를 병행 처리한 분말 AE에서 높은 수율을 보인 결과와 유사하였다. 겉보기 밀도는 빈 공간을 포함한 분말 입자들의 밀도를 의미한다. 탈지미강 추출 분말의 겉보기 밀도(bulk density)는 0.07-0.43 g/mL로, 추출 분말 AE는 유의적으로 가장 낮은 밀도를 가진다. 이는 단위 부피당 질량이 가장 적음을 의미하고, 특히 겉보기 밀도 0.43 g/mL의 분말 A보다는 입자가 작고 가볍다고 할 수 있다(Akubor, 2013, Foh 등, 2012). 탈지미강 추출 분말의 겉보기 밀도는 밀가루 중력분(0.77 g/mL)보다 유의적으로 낮았다(p<0.05). Chen 등(2015)은 붉은 쌀의 입자 크기가 감소함에 따라 겉보기 밀도가 증가한다고 보고하였다.

3.5. 탈지미강 추출 분말의 수분용해지수, 수분흡수력 및 유지흡수력

수분용해지수는 시료에서 용출되는 수용성 고형분의 함량에 의해 영향 받는다(Kwak 등, 2017). 추출 분말 A와 AE의 수분용해지수는 각각 88.63%와 95.33%로 대조군 분말 C(87.75%)보다 유의적으로 높고, 그중 분말 AE가 가장 높았다(p<0.05). 추출 분말 A와 AE는 autoclave의 고온고압 처리 후 세포막 분해로 인해 수용성 고형분의 함량이 증가하고, 특히 AE는 고온고압 처리 후 alcalase 효소 처리가 병행되어 단백질이 더 작은 단위로 분해되어 수용성 단백질의 함량이 증가됨으로써 수용성 용해도가 증가하여 수분용해지수가 분말 A보다 증가되었다고 생각된다. 또한, 추출 분말 4종의 수분용해지수는 밀가루 중력분(4.25%)과 비교하여 유의적으로 높았다(p<0.05; Table 5).

수분(또는 유지) 흡수력은 시료에 물(또는 유지)이 물리적 결합을 통해 보유되는 능력을 평가하는 지표로서 입안에서 식품의 질감, 풍미 등에 영향을 미친다(Razzaq 등, 2020; Shafi 등, 2016). 탈지미강 추출 분말의 수분흡수력은 47.26-82.19%로 분말 C가 가장 높고, 분말 AE가 가장 낮아(p<0.05), 추출 분말 C가 물과의 결합 능력이 가장 높게 나타났다. 추출 분말의 수분용해지수가 높으면 물에 대한 용해도가 증가하고, 물과 결합하는 능력이 저하되어, 수분흡수력이 감소되는 경향을 보였다.

https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865

수분흡수력은 친수성 성질을 지니는 단백질과 탄수화물의 분자 크기, 모양, 구조적 특성 등 다양한 매개변수의 영향을 받는다(Cha 등, 2020; Sharif 등, 2018). 이는 탈지미강 추출 분말의 수분용해지수가 증가함에 따라 수분을 흡수하고 팽윤하는 정도는 감소한 것으로 생각되며(Kim 등, 2012), Kim 등(2012)은 수수가루의 수분용해지수가 증가하고, 수분흡수지수는 감소하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 탈지미강 추출 분말의 유지흡수력은 257.33-419.67%로 추출 분말 AE(419.67%)가 가장 높고, 추출 분말 A(257.33%)가 가장 낮았다($p<0.05$). 반면, 밀가루 중력분의 유지흡수력(181.53%)은 탈지미강 추출 분말보다 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 분말의 유지흡수력은 겉보기 밀도와 구성 단백질의 영향을 받는다. 분말의 겉보기 밀도는 유지흡수력과 음의 상관관계를 가지며, 추출 분말 중 겉보기 밀도가 가장 작은 분말 AE가 가장 높은 유지흡수력을 나타내었다(Wang과 Kinseela, 1976). 또한, 단백질 중 비극성 아미노산의 side chain은 유지의 탄화수소 사슬과 소수성 상호작용을 형성하여 유지흡수력이 증가하는데, 본 연구에서는 유지흡수력이 높은 분말 E와 AE가 분말 C와 A보다 소수성 아미노산인 alanine, valine, isoluecine, leucine, methione, phenylaniem tyrisine, tryptophan의 함량이 높다(Table 3; Shafi 등, 2016). Cha 등(2020)은 겉보기 밀도와 수분흡수력이 낮은 농축대두단백이 유지흡수력이 높게 나왔다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

3.6. 비건 쿠키의 손실률, 팽창률 및 퍼짐성지수

탈지미강 추출 분말 4종 중 수율이 가장 높고, 단백질 소화율, 단백질 함량, BCAA 및 필수아미노산 함량이 우수한 추출 분말 AE를 사용하여 비건 쿠키(AE0, AE7, AE13, AE20, AE27)를 제조하고 그 품질을 평가하였다(Table 6). 추출 분말 AE의 첨가량이 증가할수록 비건 쿠키의 퍼짐성 지수는 유의적으로 감소하였고($p<0.05$), 팽창률과 손실률도 감소하는 경향을 보이다가 추출 분말 27% 첨가군에서 다시 증가하였으나, 시료 간의 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 쿠키의 손실률은 오븐에서 쿠키가 구워지는 동안 수분 증발량에 영향을 받으며, 팽창률과 퍼짐성 지수는 유지의 종류와 첨가량, 반죽의 수분함량에 의해 영향을 받는다. 본 연구에서 사용된 밀가루와 추출 분말의 수분함량은 각각 10.75%와 6.59%로, 밀가루는 추출 분말보다 더 많은 수분을 함유하고 있다(Table 5). 비건 쿠키는 밀가루 중량 대비 7-27%의 추출 분말 AE로 대체하여 제조되었으므로, 추출 분말의 첨가량이 많을수록 반죽 내 수분함량은 감소하고, 오

Table 6. Quality characteristics of vegan cookies added defatted rice bran extract powder (AE)

Quality characteristics	Vegan cookies[1)]				
	Control (AE0)	Defatted rice bran extract powder (AE)[2)]			
		AE7 (7%)	AE13 (13%)	AE20 (20%)	AE27 (27%)
Spread ratio (%)	3.31±0.00[3)b4)]	3.56±0.00[a]	3.29±0.10[b]	3.16±0.02[b]	2.90±0.09[c]
Loss rate (%)	12.42±0.40	12.31±0.72	12.19±0.76	11.79±0.58	11.94±0.29[NS5)]
Leavening rate (%)	100.00±0.00	99.25±7.77	98.18±6.20	94.93±4.79	96.15±3.65[NS]
Hunter's Color					
L value	53.25±1.77[a]	49.49±1.79[b]	44.86±0.92[c]	43.97±2.19[c]	40.46±1.56[d]
a value	10.78±0.33[d]	11.86±0.16[c]	13.72±0.25[b]	13.99±0.15[ab]	14.25±0.32[a]
b value	33.32±0.71[a]	33.20±0.45[a]	30.62±0.38[b]	31.09±1.54[b]	28.23±1.36[c]
Color index (ΔE)	-[6)]	3.98±1.69[c]	9.31±0.81[b]	10.13±2.38[b]	14.06±1.79[a]
Texture					
Hardness (g)	1,213.47±91.56	1,499.28±276.03	1,549.88±674.88	1,442.07±272.22	1,724.33±98.52[NS]
Cohesiveness (g)	0.041±0.002[ab]	0.044±0.003[a]	0.040±0.002[abc]	0.036±0.003[c]	0.038±0.003[bc]
Springiness (%)	21.75±1.12[a]	20.17±0.81[a]	14.25±2.19[b]	14.43±2.73[b]	13.20±2.66[b]

[1)]Vegan cookies were prepared by substituting 7%, 13%, 20%, and 27% of the wheat flour with defatted rice bran extract powder (AE) according to the formulation shown in Table 1.
[2)]Extracted powders of defatted rice bran by auto-clave followed by enzymatic hydrolysis (AE).
[3)]Values are mean±SD (n=3).
[4)a-d]Means with different letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.
[5)]NS, not significant.
[6)]-, not available.

븐에서 구워지는 동안 손실되는 수분이 적어져 쿠키의 손실률과 팽창률은 추출 분말의 첨가량과 비례하여 낮아지는 결과를 보였다. 탈지미강은 다량의 식이섬유(cellulose, hemicellulose, lignin, pectin 등)를 함유하고 있으며(Lee와 Shin, 2006), 탈지미강 추출 분말에서도 높은 식이섬유 함량으로 인해 반죽 과정에서 결합수가 증가하고, 팽창에 필요한 수분이 줄어들어 퍼짐성 지수가 감소한 것으로 생각된다(Choi, 2021; Kwon 등, 2021).

3.7. 비건 쿠키의 색도

추출 분말 AE와 밀가루의 L값은 각각 79.62±0.01와 92.02±0.01, a값은 1.40±0.04와 -0.41±0.02, b값은 15.32±0.02와 8.66±0.01로 추출 분말이 밀가루보다 어둡고, 더 진한 적색과 연한 황색을 띠었다(data not shown). 비건 쿠키의 L값은 대조군인 추출 분말 무첨가 쿠키(AE0)가 가장 높았으며, 추출 분말 AE 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$)(Table 6). a값(적색도)은 무첨가군에서 가장 낮았고, 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으며($p<0.05$), b값(황색도)은 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 따라서, 추출 분말 AE의 첨가량이 많을수록 비건 쿠키는 더 어두워지고, 진한 적색과 연한 황색을 띠었으며, 이는 Fig. 1의 비건 쿠키 사진과 유사한 결과를 보였다. Jang 등(2010)의 연구에서도 파운드케이크에 미강 분말 첨가량을 증가할수록 L값과 b값이 감소하고 a값이 증가하는 경향을 보여 본 연구 결과와 유사하였다. 쿠키 제조 시 발생하는 갈변은 높은 온도의 오븐에서 구워지는 동안 당의 카라멜화 반응과 환원당과 아미노화합물에 의한 마일러드반응에 의해 일어나며, 재료에 단백질 함량이 많을수록 갈변은 증가되어 최종 제품의 갈색 강도가 높아진다(Baek 등, 2021). 본 연구에 사용된 추출 분말 AE는 19.34%의 단백질을 함유하고 있어(Table 2), 약 10%의 단백질을 함유한 밀가루 중력분(Hwang과 Kang, 2013)보다 단백질 함량이 높다. 색차지수값(ΔE)은 대조군 비건 쿠키 대비 추출 분말 AE의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 색차지수 값에 따라 근소한 차이(0.5-1.5), 현저한 차이(3.0-6.0), 극히 현저한 차이(6.0-12.0), 다른 계통의 색(12 이상) 등으로 분류되는데(김 등, 2006), 분말 AE 7%를 첨가한 비건 쿠키는 대조군 쿠키의 색과 현저한 차이가 있고, 13%와 20%를 첨가한 쿠키는 대조군과 극히 현저한 차이가 있으며, 27% 첨가한 쿠키는 대조군과 다른 계통의 색상으로 인식되었다.

3.8. 비건 쿠키의 텍스쳐

비건 쿠키의 경도, 응집성과 탄력성 결과는 Table 6과 같다. 쿠키의 경도는 대조군이 가장 낮고, 추출 분말 AE의 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 이는 쿠키의 퍼짐성과 관계가 있는데, 분말 AE는 밀가루에 비해 겉보기 밀도와 수분함량이 낮고 단백질 함량이 높아, 제조된 비건 쿠키의 퍼짐성은 AE 첨가량이 증가할수록 감소하였고, 이로 인해 쿠키의 경도는 증가되어 더 단단해지는 경향을 보였다(Hwang과 Kang, 2013). 쿠키의 경도는 반죽의 밀도가 높고, 부재료의 수분함량이 적고, 첨가량이 많을수록 상승하며(Joo과

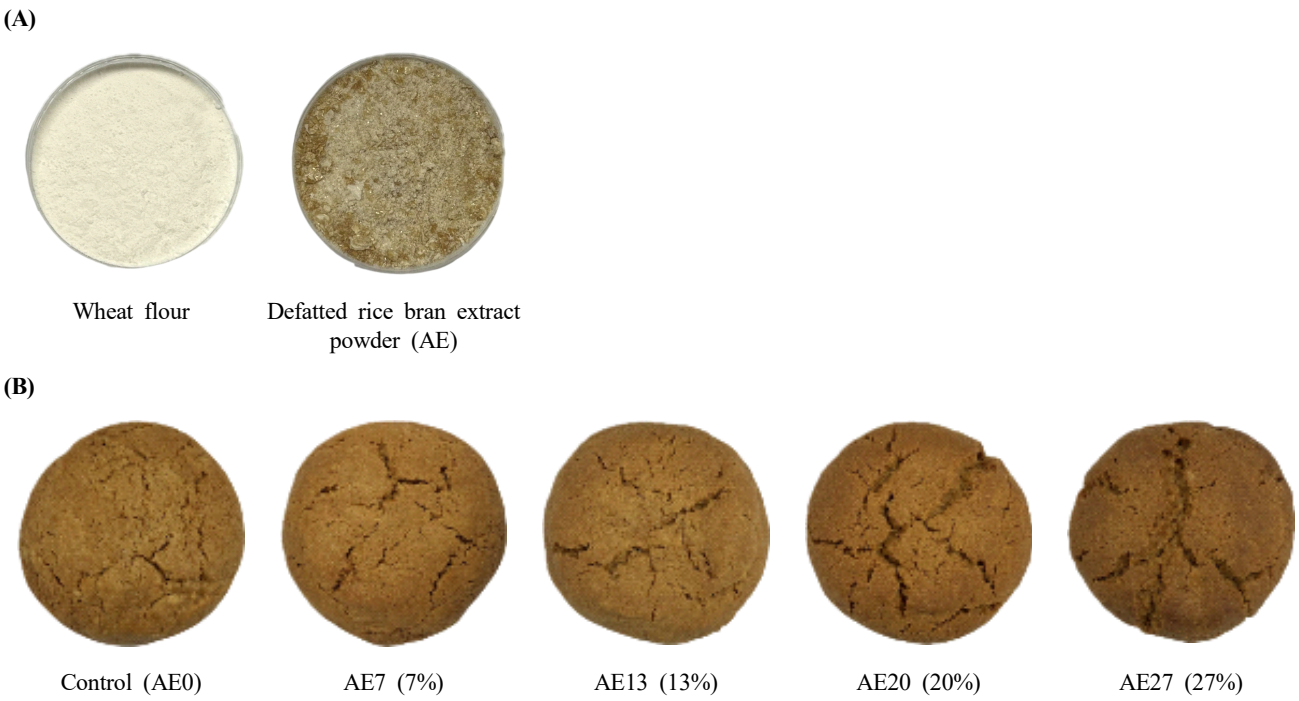


Fig. 1. Powders (A) and vegan cookies (B) added with different content of defatted rice bran extract powders (AE).

https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865

Choi, 2016), 단백질 함량이 높은 부재료를 첨가할수록 경도가 증가한다고 보고된다(Hwang과 Kang, 2013; Seo 등, 2020). 쿠키의 탄력성과 응집성은 대조군이 가장 높고, 추출 분말(AE) 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향이지만 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 베이커리 제품의 경우 반죽 시 생성된 글루텐에 의해 응집성과 탄력성이 부여되는데, 쌀겨와 같은 부재료 첨가는 글루텐의 희석 효과로 경도가 증가하고 글루텐 형성이 약해져 응집성 및 탄력성이 감소하게 된다(Park 등, 2008). Shin 등(2018)은 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 밀가루 반죽에는 상대적으로 글루텐 형성이 감소한다고 보고하였고, Moon 등(2022)은 스콘 제조 시 서리태 분말이 많이 첨가되면, 대조군에 비해 글루텐 감소로 인해 응집성이 유의적으로 감소하였다고 보고하였다.

3.9. 비건 쿠키의 관능적 특성

추출 분말 AE 첨가한 비건 쿠키는 외관과 색상에 대한 기호도에서 대조군보다 유의적으로 높은 평가를 받았으며($p<0.05$), 특히 외관에서는 20% 첨가 쿠키가, 색상에서는 13% 첨가 쿠키가 가장 높은 기호도 점수를 받았다(Table 7). Fig. 1의 쿠키 사진에서 확인할 수 있듯이, 분말 AE 첨가 비건 쿠키가 대조군 쿠키에 비해 외관의 표면 갈라짐이 많고 적색도가 높아 시각적으로 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다. 관능적 특성 중 냄새, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에서는 AE 첨가 쿠키들과 대조군 간 유의적 차이는 나타나지 않았으나($p>0.05$), 냄새는 7% 첨가 쿠키에서, 맛과 조직감은 20% 첨가 쿠키에서 가장 높은 점수를 받아, 전체적인 기호도는 20% 첨가 쿠키가 가장 우수하였다. 특히, 냄새에 대한 기호도가 낮게 평가된 이유는 관능검사 요원들이 탈지미강 자체의 특유의 향에 익숙하지 않은 이유로 분말 AE 첨가량이 많은 쿠키가 낮은 점수를 받았다고 생각된다. 또한, 조직감 평가에서는 7%, 20%, 27% 첨가 쿠키가 대조군보다 높은 기호도 점수를 받았는데, 이는 추출 분말의 첨가량이 증가할수록 쿠키의 경도가 증가하여 더욱 바삭한 식감을 제공함으로 조직감의 기호도가 높게 평가된 것으로 생각된다. 관능검사 결과 추출 분말 AE 20%를 첨가한 비건 쿠키는 외관, 맛, 조직감과 전체적인 기호도 측면에서 우수한 평가를 받았으며, 탈지미강 추출 분말 AE의 첨가하여 제조된 비건 쿠키는 관능적 특성과 영양학적 우수성 간의 균형이 잘 이루어진 것으로 평가된다.

4. 요약

탈지미강을 autoclave, alcalase, autoclave/alcalase 처리 후 물 추출하고 동결건조하여 분말로 제조한 후 물리적 및 화학적 특성을 평가하고, 밀가루 중력분 대비 추출 분말 AE를 비건 쿠키 제조에 적용하여 품질 특성을 분석하였다. 추출 분말의 단백질 함량은 10.60-22.86%이고, 이중 alcalase와 autoclave/alcalase 처리 추출 분말은 단백질(19.34-22.86%), 필수아미노산(6.22-7.44%), BCAA(2.67-3.18%) 함량이 높고, autoclave/alcalase 처리 추출 분말이 아미노산 스코어(0.94), 단백질 소화율(90.67%), PDCAA(0.86)가 가장 우수하였다. 유지흡수력과 수분용해지수는 탈지미강 추출 분말 AE가 가장 높고, 추출 분말이 밀가루보다 유의적으로 높았다($p<0.05$). 반면, 수분흡수력은 탈지미강 추출 분말 AE가 가장 낮았고, 추출 분말이 밀가루보다 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 수율이 가장 높고, 단백질, 필수아미노산, 단백질 소화율, BCAA가 우수한 분말 AE를 7, 13, 20, 27% 첨가하여 비건 쿠키를 제조한 결과 대조군에 비해 퍼짐성

Table 7. Sensory evaluation of vegan cookies added defatted rice bran extract powder (AE)

Sensory characteristics[1)]	Vegan cookies				
	Control (AE0)	Defatted rice bran extract powder (AE)[2)]			
		AE7 (7%)	AE13 (13%)	AE20 (20%)	AE27 (27%)
Appearance	4.10±1.56[3)c4)]	4.40±1.19^{bc}	5.40±1.40^{a}	5.47±1.25^{a}	5.00±1.44^{ab}
Color	3.77±1.57^{c}	4.43±1.14^{bc}	5.27±1.39^{a}	4.93±1.34^{ab}	5.17±1.18^{a}
Aroma	4.77±1.19	5.03±1.10	4.53±1.04	4.70±1.66	4.50±1.07[NS5)]
Taste	5.13±1.46	5.10±1.30	4.70±1.32	5.20±1.35	4.53±1.36[NS]
Texture	5.13±1.01	5.40±1.25	4.93±0.74	5.43±1.19	5.20±1.10[NS]
Overall preference	5.23±1.22	5.10±1.16	4.90±0.96	5.13±1.28	4.83±1.12[NS]

[1)]Sensory characteristics are expressed as the 7-point scale (n=30, 1=dislike extremely, 7=like extremely).
[2)]Extracted powders of defatted rice bran by auto-clave and enzymatic hydrolysis (AE).
[3)]Values are mean±SD (n=3).
[4)a-c]Means with different letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
[5)]NS, not significant.

지수, 손실율, 팽창률이 낮고, 조직감은 단단하고 탄력성은 낮았으며, 색상은 어둡고 진한 적색을 띠었다. 관능검사 결과 20% 첨가 비건 쿠키가 외관, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도에서 좋은 평가를 받았다. 본 연구는 탈지미강 추출 분말의 물리화학적 특성 결과에 기반하여 비건 베이커리 제품의 주요 재료의 활용 가능성을 제시하였으며, 고품질의 protein이 함유된 비건 식품 가공산업에 적용 가능성을 확인하였다.

Funding

None.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Moon DJ, Lee JH. Methodology: Lee AY, An HA, Han SB, Cho EJ, Kim HJ. Formal analysis: Lee AY, An HA, Han SB, Cho EJ, Kim HJ. Validation: Lee AY, Lee JH. Writing - original draft: Lee AY, An HA, Lee JH. Writing - review & editing: Lee AY, An HA, Lee JH.

Ethics approval

This research was approved by IRB from Daegu University Institutional Review Board (approval no. 1040621-202301-HR-017).

ORCID

A-Young Lee (First author)
https://orcid.org/0000-0002-0709-2185
Hyun-A An (First author)
https://orcid.org/0009-0001-3257-9817
Seung-Bin Han
https://orcid.org/0009-0008-6173-1188
Eun-Ju Cho
https://orcid.org/0009-0005-9952-2144
Hye-Jeong Kim
https://orcid.org/0000-0001-8227-095X
Dong-Jin Moon
https://orcid.org/0009-0003-9096-5171
Jeung-Hee Lee (Corresponding author)
https://orcid.org/0000-0002-4224-771X

References

AACC. Approved Methods of AACC. 10th ed, American Association of Cereal Chemists, St Paul, USA, p 1-5 (2000)

Akubor PI. Effect of ascorbic acid and citric acid treatments on the functional and sensory properties of yam flour. Int J Agric Pol Res, 1, 103-108 (2013)

AOAC. Official Method 976.05 Protein (Crude) in Animal Feed and Pet Food. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA (1977)

AOAC. Official Methods of Analysis. 18th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA (2005)

AT Food Information Statistics System. Processed Food Segmentation Market Status-Vegan Food. Naju, Korea, p 35-101 (2021)

Baek CW, Lee AY, Lee JH. Quality evaluation of pan bread supplemented with immature chalssalbori powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 50, 1108-1116 (2021)

Baek MH, Lee KA, Mun SH. Characteristics of brownies prepared using rice bran protein. Korean J Food Cook Sci, 39, 34-40 (2023)

Banovic M, Arvola A, Pennanen K, Duta DE, Brückner-GuhamnM, Lähteenmäki L, Grunert KG. Foods with increased protein content: A qualitative study on European consumer preferences and perceptions. Appetite, 125, 233-243 (2018)

Bhutia YD, Ganapathy V. Protein digestion and absorption. In: Physiology of the Gastrointestinal Tract. Academic Press, New York, USA, 1063-1086 (2018)

Boutrif E. Recent developments in protein quality evaluation. J Food Nutr Agr, 1, 36-40 (1991)

Cha SH, Shin KO, Han KS. Studies on the characteristics of concentrated soy protein. Korean J Food Sci Technol, 52, 459-466 (2020)

Chen QM, Fu MR, Yue FL, Cheng YY. Effect of superfine grinding on physicochemical properties, antioxidant activity and phenolic content of red rice (*Oryza sativa* L.). Food Nutr Sci, 6, 1277-1284 (2015)

Choi JH. Antioxidant activity and quality characteristics of cookies prepared with citrus peels powder. Culi Sci Hos Res, 27, 77-86 (2021)

FAO. Protein Quality Evaluation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italy, p 39-42 (1991)

Foh MBK, Wenshui X, Amadou I, Jiang Q. Influence of pH shift on functional properties of protein isolated of tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscles and of soy protein isolate. Food Bioprocess Technol, 5, 2192-2200 (2012)

Grand View Research. Alternative Protein Market Size &

https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865

Trends. San Francisco, US, p 1-100 (2024)
Gu YR, Kim JH, Cho JH, Seo WD, Hong JH, Youn KS. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of rice bran. Korean J Food Preserv, 25, 668-675 (2018)
Ham H, Woo KS, Lee YY, Park JY, Lee B, Choi YH, Kim IH, Lee, JS. Comparison of antioxidant activities of rice bran extracts by different extraction methods. J Korean Soc Food Sci Nutr, 45, 1691-1695 (2016)
Hwang JK, Kim CT, Hong SI, Kin CJ. Solubilization of plant cell walls by extrusion. J Korean Soc Food Nutr, 23, 358-370 (1994)
Hwang SY, Kang KO. Quality characteristics of choco-chip cookies with different quantities of baking sodas and flour types. J East Asian Soc Dietary Life, 23, 357-364 (2013)
Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. The quality characteristics of pound cake prepared with rice bran powder. Korean J. Food Perserv, 17, 250-255 (2010)
Jeon ER, Jung LH. Quality properties of kochujang added defatted rice bran powder during storage. Korean J Food Cookery Sci, 27, 89-98 (2011)
Jeon SH, Jung MJ, Chung KH, Yoon JA, An JH. Quality characteristics and biological activities of Jeolpyeon added with rice bran. J Korean Soc Food Sci Nutr, 48, 630-639 (2019)
Jo CH. The truth about animal fats. KAPE Magazine, 4-6 (2013)
Jo SW, Yim EJ, Kim YS, Lo CS, Shin DH. Comparison of the chemical and amino acid compositions of breast meat of broiler and laying hens. Korean J Food Preserv, 28, 297-302 (2021)
Joo SY, Choi HY. Antioxidant activity and quality characteristics of black rice bran cookies. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 182-191 (2012)
Kang HJ, Park JD, Lee HY, Kum JS. Quality characteristics of muffin added with rice bran. Korean J Food Preserv, 19, 681-687 (2012)
Kang KM, Lee SH. Effects of extraction methods on the antioxidative activity of *Artemisia* sp. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 1249-1254 (2013)
Kim CW, Kim HS, Kim BY, Baik MY. Proteolysis of defatted rice bran using commercial proteases and characterization of its hydrolysates. Food Eng Pro, 15, 41-47 (2011)
Kim CW, Park JW, Choi HJ, Han BK, Yoo SS, Kim BY, Baik MY, Kim YR. Hydrolysis of rice syrup meal using various commercial proteases. J Life Sci, 21, 309-315 (2011)
Kim HY, Kim MR, Koh BK. Food Quallity Assessment. Hyoilbooks, Seoul, Korea, p 29 (2006)
Kim HY, Seo HI, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Song SB, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Jeong HS, Woo KS. Physicochemical characteristics of the sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder following low temperature-microparticulation. Korean J Food Nutr, 25, 656-663 (2012)
Kim IS, Jin SK, Kim CW, Song YM, Cho KK, Chung KH. Effects of pig breeds on proximate, physicochemical, cholesterol, amino acid fatty acid and sensory properties of loins. J Anim Sci Technol, 50, 121-132 (2008)
Kim JW, Kim JK, Song IS, Kwon ES, Youn KS. Comparsion of antioxidant and physiological properties of jerusalem artichoke leaves with different extraction processes. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 68-75 (2013)
Kim TH. Domestic Bakery Market Trends and Changes in Consumer Trends. Seoul, Korea, p 2 (2020)
Kim YA. Soy protein: A high-quality, plant-based protein. Food Sci Ind, 51, 270-277 (2018)
Korean Vegan Union. 2.5 million vegetarians. Available from: www.vege.or.kr. Accessed Nov. 18, 2024.
KOSIS. Results of the Grain Consumption Survey in 2023. Korean Statistical Information Service, Daejeon, Korea, p 5 (2023)
Kwak HS, Kim MJ, Kim OW, Kim SS. Quality characteristics of domestic strong wheat flour. J Korean Soc Food Sci Nutr, 46, 616-621 (2017)
Kwon GH, Kim MH, Han YS. Characteristics of cookie quality containing black ginger powder. Culi Sci Hos Res, 27, 97-105 (2021)
Kwon HN, Choi CB. Comparison of free amino acids, anserine, and carnosine contents of beef according to the country of origin and marbling score. J Korean Soc Food Sci Nutr, 47, 357-362 (2018)
Kwon YR, Youn KS. Antioxidant and physiological activities of *Hijikia fusiforme* by extraction methods. Korean J Food Preserv, 24, 631-637 (2017)
Lee HJ, Jeong HS, Park CG, Lee JH, Park CB, Kim JT, Choi AJ. A study on isolation of polysaccharides from angelica gigas nakai by enzyme treatments. Food Eng Prog, 18, 406- 412 (2014a)
Lee HJ, Moon TH, Noh BS, Chang PS, Baek HH, Lee KK, Kim SJ, Yoo SH, Lee GW. Food Chemistry. Soohaksa, Paju, Korea, p 190-193 (2014b)
Lee HJ, Shin MS. Quality characteristics of french bread with various dietary fibers. Korean J Food Cookery Sci, 22, 477-487 (2006)
Lee SH. Quality characteristics of bread with rice bran powder. Culi Sci Hos Res, 25, 63-71 (2019)
Lundholm K, Bennegárd K, Zachrisson H, Lundgren F, Edén E, Möller-Loswick AC. Transport kinetics of amino acids across the resting human leg. J Clin Invest, 80, 763-771 (1987)
MAFRA. Feed Standard Analysis Method. In: Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Sejong, Korea, p 8-13 (2021)

Millward DJ, Layman DK, Tomé D, Schaafsma G. Protein quality assessment: impact of expanding understanding of protein and amino acid needs for optimal health. Am J Clin Nutr, 87, 1576-1581 (2008)

Min U, Ha Y, Kim J, Jang HW. Quality characteristics and antioxidant activity of vegan lentil (*Lens culinaris*) cookies with different types and content of vegetable oil. Korean J Food Sci Technol, 54, 320-326 (2022)

Moon TH, Lim SB, Han JA. Development and quality characteristics of scones with roasted black bean (seoritae) powder. Korean J Food Sci Technol, 50, 629-637 (2022)

Park HS, Choi KM, Han GD. Changes of breadmaking characteristics with the addition of rice bran, fermented rice bran and rice bran oil. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 640-646 (2008)

Park SN, Sim HW, Yu SB, Han HJ, Jung SH. Alternative meat as future food, seeking a sustainable future. J Korean Soc Environ Eng, 45, 491-505 (2023)

Phongthai S, Lim ST, Rawdkuen S. Optimization of microwave-assisted extraction of rice bran protein and its hydrolysates properties. J Cereal Sci, 70, 146-154 (2016)

Quality characteristics of muffin added with rice bran powder. J East Asian Soc Dietary Life, 22, 543-549 (2012)

Razzaq ZU, Khan MKI, Maan AA, Rahman SU. Characterization of single cell protein from Saccharomyces cerevisiae for nutritional, functional and antioxidant properties. J Food Meas Charact, 14, 2520-2528 (2020)

RDA. 10th Revision Korean Food Composition Table. Jeonju, Korea, p 34-38 (2021)

Seo JH, Hong CY, Kim MY, Lee YJ, Lee YR, Chun AR, Lee JS, Jeong HS. Physicochemical properties of rice cookies at various mixing ratios of rice and wheat flour. J Korean Soc Food Sci Nutr, 49, 1246-1251 (2020)

Shafi S, Wani IA, Gani A, Sharma P, Wani HM, Masoodi, FA, Khan AA, Hamdani AM. Effect of water and ether extraction on functional and antioxidant properties of Indian horse chestnut (*Aesculus indica* Colebr) flour. J Food Meas Charact, 10, 387-395 (2016)

Sharif HR, Williams PA, Sharif MK, Abbas S, Majeed H, Masamba KG, Safdar W, Zhong F. Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants: A review. Food Hydrocolloids, 76, 2-16 (2018)

Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA. Exercise promotes BCAA catabolism: Effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. J Nutr, 134, 1583-1587 (2004)

Shin HK, Lee JH, Chung KC, Lee SK. Rheological properties of flour dough containing roasted rice bran. Korean J Food Sci Technol, 50, 587-593 (2018)

Siró L, Kápolna E, Kápolna B, Lugasi A. Functional food product development, marketing and consumer acceptance: A review. Appetite, 51, 456-467 (2008)

Song EH, Jung BM. Investigation of millennials perception of vegan trends and future needs. Korean J Community Nutr, 27, 373-386 (2022)

Tomotake H, Yamazaki R, Yamato M. An autoclave treatment reduces the solubility and antigenicity of an allergenic protein found in buckwheat flour. J Food Prot, 75, 1172-1176 (2012)

Wang M, Hettiarachchy NS, Qi M, Burks W, Siebenmorgen T. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. J Agric Food Chem, 47, 411-416 (1999)

Yamada M, Nishiguchi S, Fukutani N, Tanigawa T, Yukutake T, Kayama H, Aoyama T, Arai H. Prevalence of sarcopenia in community-dwelling Japanese older adults. J Am Med Dir Assoc, 14, 911-915 (2013)

Zhong C, Feng Y, Xu Y. Production of fish analogues from plant proteins: Potential strategies, challenges, and outlook. Foods, 12, 614 (2023)

https://doi.org/10.11002/fsp.2024.31.6.865