

## 비지를 첨가한 영양바의 품질 특성

장진우<sup>1</sup> · 김수경<sup>2</sup> · 위우주<sup>2</sup> · 최일숙<sup>3,4†</sup>

<sup>1</sup>원광대학교 식품영양학과 학사과정, <sup>2</sup>원광대학교 식품영양학과 석사과정,

<sup>3</sup>원광대학교 식품영양학과 교수, <sup>4</sup>원광대학교 생활자원개발연구소 소장

### Quality Characteristics of a Nutrition Bar Fortified with Okara

Jin-Woo Jang<sup>1</sup>, Su-Kyeong Kim<sup>2</sup>, Woo-Ju Wee<sup>2</sup> and Il-Sook Choi<sup>3,4†</sup>

<sup>1</sup>Undergraduate Student, Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan 54538, Republic of Korea

<sup>2</sup>Master Student, Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan 54538, Republic of Korea

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan 54538, Republic of Korea

<sup>4</sup>Director, Institute for Better Living, Wonkwang University, Iksan 54538, Republic of Korea

#### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the use of okara, a soybean by-product, as a food ingredient by formulating nutrition bars fortified with okara and to analyze their physicochemical characteristics, antioxidant components, and antioxidant activities. The moisture content of okara-added nutrition bars (ONBs) ranged from 36.06 to 38.59%. The ash content ranged from 1.40 to 2.01%, showing a significant upward trend with increase in amount of okara ( $p < 0.05$ ). The pH values of the ONBs ranged from 6.87 to 7.11, showing a significant decrease with increase in okara content, whereas titratable acidity showed the opposite trend ( $p < 0.05$ ). Total content of soluble solids ranged from 3.2 to 3.7 °Brix, and a significant increase was observed in the ONBs with added okara compared to the ONBs without added okara. The lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ), and yellowness ( $b^*$ ) of the color values of the nutrition bar samples did not show any significant changes with the addition of okara. No significant differences were observed in the color parameters. The browning intensity increased significantly with increasing okara content ( $p < 0.05$ ). The total polyphenol and total flavonoid contents of the nutrition bar increased significantly in a concentration-dependent manner with the addition of okara ( $p < 0.05$ ). The antioxidant activity assays demonstrated that 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activities, ferric reducing antioxidant power (FRAP), and reducing power all increased significantly with increase in okara content ( $p < 0.05$ ). Further studies are required to evaluate consumer acceptability, determine the optimal concentration of nutrition bars, and assess consumer purchase intention for the developed products.

**Key words:** okara, nutrition bar, by-product, physicochemical characteristics, antioxidant activity

#### 서 론

비지(Okara)는 콩을 가공하는 과정에서 발생하는 부산물로 콩을 마쇄하고 가열한 뒤 압착·응고하여 만드는 두부와 압착 공정에서 여과된 액체인 두유 등의 2차 가공품을 생산하는 과정에서 발생하는 부산물이다(Woo EY 등 2001; Lee SH 2015). 국내 두부 및 가공 두부 생산량은 2019년 385,135톤에서 2024년 442,365톤으로 증가하는 추세이다(Ministry of Food and Drug Safety 2020, 2025). 따라서 두부 및 가공 두부 생산량이 증가할수록 생산 과정에서 발생하는 비지 생산량도 증가할 것이라 예상된다. 하지만 비지는 불포화지방산으로 인하여 불쾌한 풍미를 유발하며 약 80%의 높은 수분

함량으로 인해 곰팡이와 같은 미생물의 영향으로 저장성이 떨어지는 문제점을 가지고 있다(Jackson CJC 등 2002; Rani PR 등 2013; Tao A 등 2022). 그럼에도 불구하고 Lee DPS 등(2020)의 비스킷에 비지를 첨가한 연구에서는 비지는 섭취하거나 활용하는데 있어 잠재적으로 유익하다고 보고하였고 Vishwanathan KH 등(2011)의 비지 및 대두 단백질 농축물 생산 연구에서 비지는 그동안 자원으로써 충분히 이용되지 않았으며, 부가가치를 높이는 적극적인 활용이 중요하다고 보고하였다. Guimarães RM 등(2020)의 연구에 의하면 비지는 단백질 28%, 지방 9%, 회분 3.7%, 불용성 식이섬유 46%, 수용성 식이섬유 14%로 상당량의 단백질과 식이섬유가 함유되어 있다. 특히 비지에는 식이섬유와 이소플라본이 함유되어 있는데 식이섬유는 위장관 질환, 심혈관 질환, 제2형 당뇨병 및 비만의 발생 위험을 낮추는 데 도움을 주고, 이소플라

† Corresponding author : Il-Sook Choi, Tel: +82-63-850-6657, E-mail: choiis@wku.ac.kr

본은 항암 효과, 골다공증 위험 감소뿐 아니라 항당뇨 및 항염 효과 등 다양한 건강상의 이점을 제공한다(Taku K 등 2011; Mobley AR 등 2014; Abernathy LM 등 2015; Hsiao YH 등 2020). 현재 비지를 활용한 선행연구로는 비지 분말 첨가 Halal 소시지(Moon TH 등 2022), 비지 가루 첨가 식빵(Shin DH & Lee YW 등 2002), 비지 분말 첨가 설기떡(Lee GJ & Lim SM 2006), 콩비지 첨가 돈육 패티(Joo SY 등 2019), 비지 첨가 국수(Choi HM 등 2018), 비지가루 첨가 쿠키(Lee YJ & Yoon HH 등 2024) 등이 있다.

최근 생활양식과 핵가족 및 1인가구의 증가로 인한 급격한 식생활의 변화가 나타나고 있다(Mestdag I 2005). Piernas C & Popkin BM 등(2010)의 의하면 1970년대 후반부터 하루 간식 섭취횟수가 증가하는 것으로 관찰되었다. 국내 스낵류 시장은 2018년 1조 3,160억 원에서 2022년 1조 4,460억 원으로 성장했으며, 연 평균 2.4% 성장하는 추세를 보였다(식품의약품안전처 2019, 2023). 스낵류 시장에서는 간편식으로 영양관리와 식사 대용에 활용되는 영양바가 주목받고 있으며, 영양바는 곡물, 견과류, 건조 과일 등에 결합제를 더해 작은 바 형태로 가공한 간편 스낵이다(Kim GN 등 2018; Lim JY & Jin SY 등 2021; Hyeon SJ & Jin SY 2023). 특히 영양바는 건강 관리와 영양 보충을 위해 소비되고 있으며 바쁜 현대생활 속에 간편화된 식사로 주목받고 있다(KATI 2024). 하지만 영양바의 주요 원료로 사용되는 밀가루에는 글루텐이 함유되어 있으며, 이는 쉐리악병이나 밀 알레르기를 유발하는 원인이 될 수 있다(Biesiekierski JR 2017). 따라서 글루텐이 없는 쌀가루를 밀가루 대체로 사용하고 있으며, 특히 쌀가루는 소화율이 높고 영양가가 풍부하여 식품의 원료로 널리 사용된다(Koh LW 등 2009; Mohidem NA 등 2022). 쌀가루를 이용한 영양바의 선행 연구는 감귤 농축액 첨가 영양바(Park SJ 등 2014), 아로니아 부산물 분말 첨가 쌀 영양바(Ryu HS 등 2015), 빵잎분말 첨가 쌀 영양바(Lee JA 2019), 동결건조 낫토 첨가 영양바(Kim KH 등 2020), 들의잎 분말 첨가 비건 영양바(Hyeon SJ & Jin SY 2023) 등이 있다.

다양한 견과류, 건조 과일, 곡물 등을 함유한 영양바에 식이섬유소와 단백질 및 이소플라본을 함유한 비지를 활용하여 비지 첨가 영양바의 제조조건 및 품질 특성에 대한 연구는 환경 및 경제적 가치를 가진 푸드 업사이클링의 차원에서 중요하다. 이에 본 연구에서는 버려지는 비지를 활용하여 영양바의 기능성을 높이고, 비지 첨가 비율을 달리한 영양바의 이화학적 특성, 항산화 성분 및 항산화 활성 분석을 통해 품질 평가를 진행하였다. 또한 연구에서 나타난 실험 결과를 기초로 하여 식품 소재로서의 비지의 고부가가치 활용 가능성을 과학적으로 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에서 사용된 비지는 2025년 전라북도 익산시 남중동에 위치한 참좋은식품에서 받은 비지를 사용하였다. 영양바 제조에 사용된 쌀가루(Gomgom, Icheon, Korea), 쌀튀밥(Boonong Food, Paju, Korea), 호박씨(Sewoom Co., Ltd, Gyeonggi-do, Korea), 아몬드(Kumho Co., Ltd, Yeonggwang, Korea), 건포도(CheongJung Food, Jeju, Korea), 탈지분유(Seoul Milk, Seoul, Korea), 울리고당(Baek Seol, Incheon, Korea), 초코시럽(Sweet Well, Gyeonggi-do, Korea), 우유(Seoul Milk, Gyeonggi-do, Korea)는 대형마트에서 구매하여 사용하였다.

### 2. 비지 분말 제조

업체로부터 제공받은 비지는 dry oven(OF-22GW, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 24 hr, 60℃의 조건에서 열풍건조 하였으며, 건조된 시료는 분쇄기(PULVERISETTE 11, Fritsch.de, Idar-Oberstein, Germany)를 이용해 분쇄한 후 표준망체 500 mesh (No. 35)에 통과한 분말을 사용하였다.

### 3. 영양바 제조

비지 첨가 영양바(ONB)는 Table 1의 배합 비율에 따라 제조하였다. 건조 비지, 탈지분유 및 우유를 200 rpm으로 5분 30초간 혼합한 후, 전자레인지(KOC-882KSB, Daewoo, Seoul, Korea)에서 30초간 호화 처리하였다. 이어서 1분간 실온에서 냉각시킨 뒤 울리고당과 초코시럽을 첨가하여 1분간 혼합하였으며, 이후 아몬드, 호박씨 및 건포도를 추가하여 1분간 혼합하였다. 마지막으로 쌀튀밥을 첨가하여 1분간 혼합한 후, 영양바를 약 25 g씩 취하여 2 × 7 × 1.5 cm 크기로 성형하였다. 성형된 시료는 200℃로 예열된 오븐에서 5분간 열처리하여 형태를 고정하였으며, 실온에서 5분간 냉각 후 실험용 시료로 사용하였다.

### 4. 상등액 제조

분석에 사용된 용액은 시료에 증류수를 첨가한 다음, 4,000 rpm, 15 min, 4℃의 조건으로 원심분리(Combi 524R, Hanil, Daejeon, Korea)를 실시하였고, 그 후 16,000 rpm, 10 min, 4℃의 조건으로 원심분리(Smart R17 Plus, Hanil, Gimpo, Korea)를 수행하여 준비하였다.

### 5. 수분, 회분, pH 및 적정 산도 분석

비지를 첨가한 영양바(ONB)의 수분 및 회분 함량은 AOAC 표준 분석법(AOAC 2000)에 근거하여 분석하였다.

Table 1. Formulations of nutrition bar added with okara

Ingredient (g)	ONB <sup>1)</sup> 0.00	ONB3.25	ONB6.50	ONB9.75	ONB13.00
Dried okara	0	3.25	6.50	9.75	13
Rice flour	13	9.75	6.50	3.25	0
Fried rice	6	6	6	6	6
Pumpkin seed	6	6	6	6	6
Amonds	6	6	6	6	6
Raisin	6	6	6	6	6
Skim milk powder	10	10	10	10	10
Oligosaccharide	10	10	10	10	10
Chocolate syrup	3	3	3	3	3
Milk	40	40	40	40	40
Total	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup> ONB: Okara nutrition bar.

수분 함량은 상압 가열 건조법을 적용하여 105℃ 조건에서 dry oven(OF-22GW, Jeio Tech, Daejeon, Korea)을 이용해 측정하였으며, 회분 함량은 550℃에서 직접회화법을 통해 회화로(J-FM2, JISICO Co., Seoul, Korea)를 사용하여 분석하였다. pH 측정은 시료 상등액 3 mL를 취해 pH 미터(S220-K, Mettler Toledo International, Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 수행하였다. 적정 산도는 상등액 5 mL에 증류수 45 mL를 혼합하여 10배 희석한 후, 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.35에 도달할 때까지 적정하여 결정하였다. 적정 산도(%)는 제시된 계산식에 따라 산출하였으며, 유기산 계수는 말산(malic acid) 기준값인 0.0067을 적용하여 계산하였다.

$$\text{Titrateable acidity}(\%) = (V \times A \times D \times F) / S \times 100$$

V = 소비된 0.1N NaOH의 양(mL)

A = 유기산 계수

D = 시료의 희석 배수

F = 표준용액의 factor

S = 시료의 양(mL)

## 6. 총 가용성 고형분 및 환원당 함량 분석

가용성 고형분 함량은 시료 상등액 200 µL를 취하여 전자당도계(SCM-1000, HM Digital Inc., Seoul, Korea)를 이용해 측정하였으며, 결과는 °Brix로 표시하였다. 환원당 함량 분석을 위해 시료 상등액을 4℃에서 4,000 rpm 조건으로 5분간 원심분리기(Combi 514R, Hanil Science Co., Ltd, Daejeon, Korea)를 사용하여 처리한 후, 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS) 방법에

따라 정량하였다. 최종 반응액의 흡광도는 UV 분광광도계(UV-1800, Shimadzu Corp., Tokyo, Japan)를 이용하여 540 nm 파장에서 측정하였으며, 측정값은 표준 물질인 glucose를 사용해 작성한 표준 곡선을 기준으로 환원당 함량을 산출하였다.

## 7. 갈색도 및 색도 분석

갈색도는 시료 상등액 1 mL를 대상으로 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 사용하여 420 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 색도 분석을 위해 시료 2 g을 petri dish(35 × 10 mm)에 균일하게 펼친 후, 색차계(CR-10 Plus, Konica Minolta Holdings, Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L\*), 적색도(a\*), 황색도(b\*) 값을 측정하였다. 색차계는 측정에 앞서 백색판(L\*=93.1, a\*=-1.2, b\*=-4.5)을 사용하여 보정한 후 실험에 적용하였다.

## 8. 총 폴리페놀 함량 분석

비지를 첨가한 영양바(ONB)의 총 폴리페놀 함량은 Dewanto V 등 (2002)이 제시한 실험방법을 참고하여 일부 수정한 방법으로 평가하였다. 시료 상등액에 Folin-Ciocalteu 시약 50 µL를 첨가한 후 3분간 반응을 유도하였으며, 이어서 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL를 가하여 차광 조건에서 30분간 반응시켰다. 반응 종료 후 최종 반응액의 흡광도는 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 표준 물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich, Co., USA)를 사용하여 작성한 표준 곡선을 기준으로 총 폴리페놀 함량으로 산출하였다.

### 9. 총 플라보노이드 함량 분석

비지를 첨가한 영양바(ONB)의 총 플라보노이드 함량은 Shen Y 등(2009)이 보고한 실험 방법을 참고하여 일부 수정한 방법으로 정량하였다. 시료의 상등액에 5% NaNO<sub>2</sub> 용액 75 µL를 첨가한 후 5분간 반응을 유도하였으며, 이어서 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 150 µL를 가하여 6분간 추가 반응을 진행하였다. 이후 1 M NaOH 500 µL를 첨가한 뒤 차광 조건에서 11분 동안 반응시켰다. 반응 종료 후 최종 반응액의 흡광도는 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 사용하여 415 nm 파장에서 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 표준 물질인 rutin(Sigma-Aldrich, Co., USA)을 이용해 작성한 표준 곡선을 기준으로 총 플라보노이드 함량으로 산출하였다.

### 10. DPPH Radical 소거능

DPPH radical 소거 활성은 Blois MS(1958)가 제시한 실험 방법을 일부 수정하여 평가하였다. DPPH 용액은 methyl alcohol을 용매로 사용하여 최종 농도 0.1 mM이 되도록 조제하였다. 조제된 DPPH 용액은 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 517 nm 파장에서 흡광도 값이 1.0이 되도록 methyl alcohol로 조정하였다. 이후 시료의 상등액 100 µL에 DPPH 용액 1 mL를 혼합하고, 암실에서 30분간 반응을 진행하였다. 반응 종료 후 최종 반응액의 흡광도는 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 동일 파장(517 nm)에서 흡광도를 측정하였으며, DPPH radical 소거능은 blank의 흡광도를 기준으로 계산식에 따라 백분율(%)로 산출하였다.

DPPH radical scavenging activity (%) =

$$\frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \times 100$$

### 11. ABTS Radical 소거능

ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical 소거능은 Re R 등(1999)이 보고한 방법을 일부 수정하여 평가하였다. ABTS 양이온 라디칼(ABTS<sup>•+</sup>)은 7 mM ABTS 용액과 2.4 mM potassium persulfate 용액을 동일한 비율로 혼합한 후, 암실에서 12시간 동안 반응시켜 생성하였다. 생성된 ABTS<sup>•+</sup> 용액은 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 흡광도 값이 0.7이 되도록 PBS 용액으로 조정하였다. 조제된 ABTS<sup>•+</sup> 용액 1 mL에 시료 상등액 100 µL를 첨가하여 혼합한 뒤, 암실에서 30분간 반응을 진행하였다. 반응 종료 후 최종 반응액의 흡광도는 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 735 nm 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 측정값은 표준 물질인

Trolox(Sigma-Aldrich, Co., USA)를 이용해 작성한 표준 곡선에 따라 ABTS radical 소거능으로 산출하였다.

### 12. Ferric Reducing Antioxidant Power

FRAP(ferric reducing antioxidant power) 분석을 통한 항산화력 평가는 Benzie IF & Strain JJ(1996)가 제안한 실험 방법을 참고하여 실시하였다. FRAP 반응 용액은 0.2 M sodium acetate buffer(pH6.6), 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ), 20 mM ferric chloride hexahydrate, 그리고 증류수를 10:1:1:1의 비율로 혼합하여 조제하였다. 제조된 FRAP working solution은 사용 전 37°C로 유지된 water bath (WCB-22, Daihan Scientific Co., Ltd, Wonju, Korea)에서 30분간 예비 반응시킨 후 실험에 적용하였다. 시료의 상등액에 FRAP working solution 1 mL를 첨가하여 혼합한 뒤, 암조건에서 30분간 반응을 유도하였다. 최종 반응액의 흡광도는 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 595 nm 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 얻어진 값은 표준 물질인 Trolox(Sigma-Aldrich, Co., USA)를 기반으로 작성한 표준 곡선을 통해 항산화력으로 산출하였다.

### 13. Reducing Power

환원력(reducing power) 분석은 Oyaizu M(1986)의 실험을 참고하여 수행하였다. 0.2 M sodium phosphate buffer는 pH 미터기(S220-K, Mettler Toledo International, Inc., Seoul, Korea)를 사용하여 pH 6.6으로 조절하였다. 시료의 상등액 100 µL에 동일 농도의 sodium phosphate buffer와 1% potassium ferricyanide를 각각 300 µL씩 혼합한 후, 50°C로 설정된 water bath(WCB-22, Daihan Scientific Co., Ltd, Wonju, Korea)에서 20분간 반응을 진행하였다. 반응 후 10% trichloroacetic acid (TCA) 300 µL와 0.1% ferric chloride 100 µL를 순차적으로 첨가하여 충분히 혼합하였다. 최종 반응액의 흡광도는 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 700 nm 파장에서 측정하였으며, 분석 결과는 표준 물질인 Trolox (Sigma-Aldrich, Co., USA)를 이용한 표준 곡선으로부터 산출하였다.

### 14. 통계처리

본 연구에서는 총 4회 반복하여 측정을 진행하였으며, 측정된 결과는 XLSTAT(Lumivero, Co., USA)를 활용하여 평균±표준편차로 나타내었다. 시료 간 차이는 유의수준  $p < 0.05$ 에서 ANOVA(analysis of variance)를 적용하여 분석하였으며, 평균값 간 유의적인 차이를 확인하기 위해 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수분 함량, 조회분 함량, pH 및 적정 산도

비지 첨가 영양바(ONB)의 비지 농도별 수분 함량, 조회분, pH 및 적정 산도의 결과는 Table 2와 같다. ONB의 수분 함량은 36.07~38.59% 범위이었으며, 특히 ONB0.00가 38.59%로 가장 높게 나타났다. ONB의 조회분 함량은 1.40~2.01% 범위이었으며, 비지 첨가량이 증가할수록 회분함량이 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). Gou SX 등(2024)의 연구결과에 따르면 비지와 잭푸르트 씨앗 가루를 혼합하여 만든 비스킷에서 비지 가루를 첨가할수록 수분함량이 유의적으로 감소되었으며 회분함량은 유의적으로 증가하였다. 이는 본 연구에서 비지 무첨가군(ONB0.00)에 비하여 비지를 첨가함에 따라 수분과 회분의 유의적 변화와 유사한 결과이다. Zinia SA 등(2019)의 연구에 따르면 비지 가루를 첨가할수록 회분함량이 증가한다고 보고하였으며, 특히 밀가루를 50% 비지로 대체하였을 때 회분함량이 가장 높았다고 보고하였다. Caponio GR 등(2025)의 연구에 따르면 귀리 비지를 첨가한 식물성 아이스크림에서는 귀리비지의 첨가율이 높아질수록 회분 함량이 증가하였으며, 이는 귀리 비지가 미네랄을 풍부하게 함유하고 있기 때문이라고 보고하였다. ONB의 pH는 pH 6.87~7.11 범위이었으며 비지 첨가량이 증가할수록 pH는 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). Lee YJ & Yoon HH(2024)의 비지가루를 첨가한 쌀쿠키 연구에 따르면 비지가루 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아지는 경향이 나타나 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 또한, 비지가 첨가될수록 영양바의 적정 산도는 유의적으로 증가하였으며, 적정산도 범위는 0.03~0.06%이었다( $p<0.05$ ). Mansor A 등(2022)의 연구에 따르면

비지를 첨가한 요거트가 비지를 첨가하지 않은 요거트 보다 pH가 더 낮았으며 이에 따라 적정 산도는 더 높았다고 보고하였다.

### 2. 총 가용성 고형분 및 환원당 함량

비지를 첨가한 영양바의(ONB)의 총 가용성 고형분(°Brix) 함량과 환원당 함량의 결과는 Table 3와 같다. ONB의 총 가용성 고형분 함량은 3.2~3.7 °Brix 범위이었으며, 무첨가군인 ONB0.00(3.2 °Brix)에 비하여 비지를 첨가한 영양바군에서의 총가용성 고형분의 함량(3.6~3.7 °Brix)은 유의적 차이를 나타냈다. 비지를 첨가한 영양바의 환원당 함량은 2.01~2.22 mg/mL 범위이었으며 무첨가군인 ONB0.00에 비하여 비지를 첨가한 영양바군에서의 환원당의 함량(2.06~2.22 mg/mL)도 높은 경향을 나타냈다. Lim JY & Jin SY(2021)의 연구에서도 비지의 첨가가 증가함에 총당함량의 증가가 나타나 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다.

### 3. 색도 및 갈색도

비지를 첨가한 영양바의(ONB)의 색도와 갈색도 결과는 Table 4와 같다. ONB의 색도는 L\*(명도) 45.60~46.50, a(적색도) 4.98~5.53, b(황색도) 10.25~11.30으로 나타났으며, 명도와 황색도는 유의적 차이가 없었으나 적색도에서는 무첨가군인 ONB0.00에 비해 ONB3.25에서 유의적 증가가 나타났다. ONB의 갈색도는 0.37~1.13 범위이었으며 비지 첨가량이 증가할수록 갈색도는 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). Ibadullah WZW 등(2024)의 연구에 따르면 비지강화 밀빵에서 비지를 첨가할수록 갈색도가 유의적으로 증가했다고 보고하였으며, Guerra-Hernandez E 등(1999)의 연구에 따르면

Table 2. Moisture contents, ash, pH, and titratable acidity of ONB

	ONB0.00	ONB3.25	ONB6.50	ONB9.75	ONB13.00
Moisture (%)	38.59±0.27 <sup>a1)</sup>	37.48±0.24 <sup>b</sup>	36.07±0.50 <sup>c</sup>	36.05±0.28 <sup>c</sup>	37.17±0.34 <sup>b</sup>
Ash (%)	1.40±0.06 <sup>d</sup>	1.57±0.03 <sup>c</sup>	1.76±0.02 <sup>b</sup>	1.76±0.03 <sup>b</sup>	2.01±0.13 <sup>a</sup>
pH	7.11±0.01 <sup>a</sup>	6.97±0.01 <sup>a</sup>	6.96±0.04 <sup>b</sup>	6.87±0.01 <sup>b</sup>	6.87±0.02 <sup>c</sup>
Titratable acidity (%)	0.03±0.00 <sup>c</sup>	0.03±0.01 <sup>c</sup>	0.03±0.00 <sup>c</sup>	0.04±0.01 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>

1) a~d Means with different superscripts are significantly different at the  $p<0.05$ .

Table 3. Total soluble solids (°Brix) and reducing sugar of ONB

	ONB0.00	ONB3.25	ONB6.50	ONB9.75	ONB13.00
°Brix	3.2±0.05 <sup>d1)</sup>	3.7±0.06 <sup>ab</sup>	3.6±0.06 <sup>c</sup>	3.7±0.05 <sup>a</sup>	3.6±0.00 <sup>bc</sup>
Reducing sugar (mg/mL)	2.01±0.05 <sup>c</sup>	2.22±0.01 <sup>a</sup>	2.06±0.11 <sup>bc</sup>	2.17±0.01 <sup>ab</sup>	2.17±0.14 <sup>abc</sup>

1) a~d Means with different superscripts are significantly different at the  $p<0.05$ .

**Table 4. Color and browning intensity of ONB**

	ONB0.00	ONB3.25	ONB6.50	ONB9.75	ONB13.00	
Color	L*	45.60±0.56 <sup>a1)</sup>	46.08±0.66 <sup>a</sup>	46.28±2.43 <sup>a</sup>	45.85±0.38 <sup>a</sup>	46.50±0.59 <sup>a</sup>
	a*	4.98±0.10 <sup>b</sup>	5.53±0.26 <sup>a</sup>	4.98±0.59 <sup>b</sup>	5.00±0.33 <sup>ab</sup>	5.13±0.35 <sup>ab</sup>
	b*	10.48±0.17 <sup>a</sup>	11.30±0.57 <sup>a</sup>	10.48±1.13 <sup>a</sup>	10.75±0.74 <sup>a</sup>	10.25±0.70 <sup>a</sup>
Browning intensity	0.37±0.01 <sup>c</sup>	0.49±0.00 <sup>d</sup>	0.58±0.01 <sup>c</sup>	0.95±0.01 <sup>b</sup>	1.13±0.00 <sup>a</sup>	

1) a~c Means with different superscripts are significantly different at the  $p<0.05$ .

콩을 첨가하면 Maillard reaction이 더 크게 일어난다고 보고 하였다. Guimarães RM 등(2020)의 연구에서 비지는 단백질 28%, 지방 9%, 회분 3.7%, 불용성 식이섬유 46%, 수용성 식이섬유 14%로 상당량의 단백질과 식이섬유가 함유되어 있다고 보고하였으며, 비지에 함유된 단백질 성분과 전분이나 식이섬유가 열작용에 의하여 비효소적 갈변화에 영향을 주었을 것으로 판단된다. 즉, Maillard reaction 생성물의 함량과 갈변 사이에는 높은 상관관계가 지속적으로 보고되어 왔고, 이는 비지와 같은 단백질 및 탄수화물을 함유한 소재를 첨가한 경우 가열 공정 중 Maillard reaction이 촉진되어 갈색도가 증가 될 수 있음을 뒷받침한다.

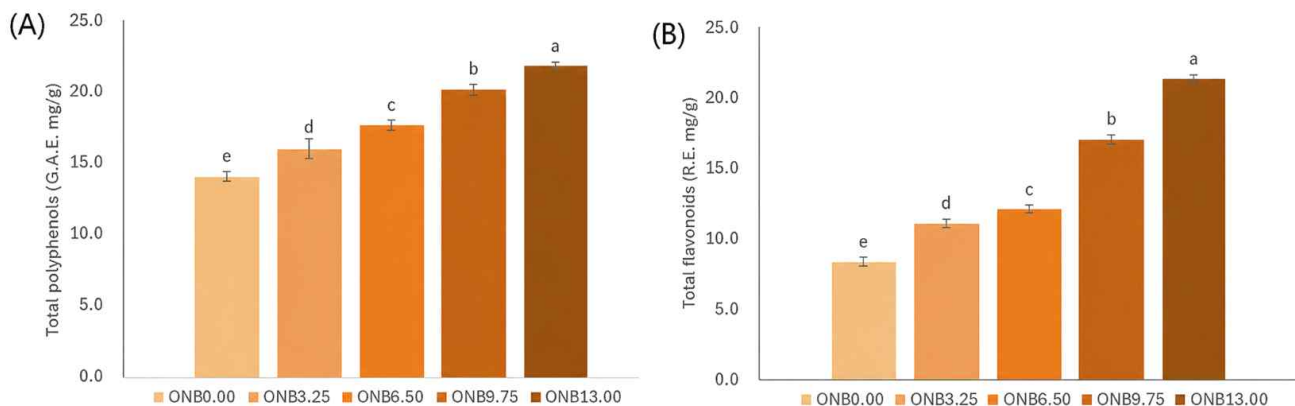
#### 4. 항산화 성분 분석

비지를 첨가한 영양바(ONB)의 항산화 성분 결과는 Fig. 1과 같다. 총 폴리페놀 함량은 13.68~22.13 G.A.E. mg/g 범위였고, 비지를 첨가할수록 총 폴리페놀 함량은 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 비지를 첨가한 영양바(ONB)의 항산화 성분인 총 플라보노이드 함량도 비지가 첨가될수록 총 폴리페놀 함량과 유사하게 유의적 증가 경향을 보였다. Pan CW 등(2018)의 비지를 첨가한 국수 연구에서 비지 첨가량이 증가

할수록 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 증가한다고 보고하였으며, Vital ACP 등(2018)의 연구에서는 비지가 들어간 우유가 비지가 없는 우유보다 폴리페놀 함량이 유의적으로 높았고 소화가 끝난 후에도 폴리페놀은 높은 생체 이용률을 유지하는 것으로 보고되어 있다. 대두에는 클로로겐산, 카페인산, 페룰산, p-쿠마르산, 시린산, 바닐산과 같은 페놀 화합물이 함유되어 있으며 페놀 화합물은 산화 스트레스 동안 반응성 산소종(ROS)에 의한 유해 생성물의 생성을 방지하는 항산화제로 작용한다는 보고가 있다(Kim JA 등 2006; Ramanathan L & Das NP 1992).

#### 5. 항산화 활성 분석

비지를 첨가한 영양바(ONB)의 항산화 활성 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 시료의 항산화 특성은 서로 다른 기전에 기반한 네 가지 분석법을 이용하여 평가하였다. DPPH radical 소거능 측정법은 항산화 성분의 전자공여능을 확인하기 위해 사용하였으며, ABTS radical 소거능 측정법은 양이온 radical과 항산화 물질 간의 반응성을 평가하는 데 활용하였다(Miller NJ 등 1993; Moreno MI 등 2000). FRAP 측정법은 TPTZ 복합체를 이용하여  $Fe^{3+}$ 가  $Fe^{2+}$ 로 환원되는 정도를 통



**Fig. 1. (A) Total polyphenols and (B) total flavonoids content of ONB.** a~c Means with different superscripts are significantly different at the  $p<0.05$ .

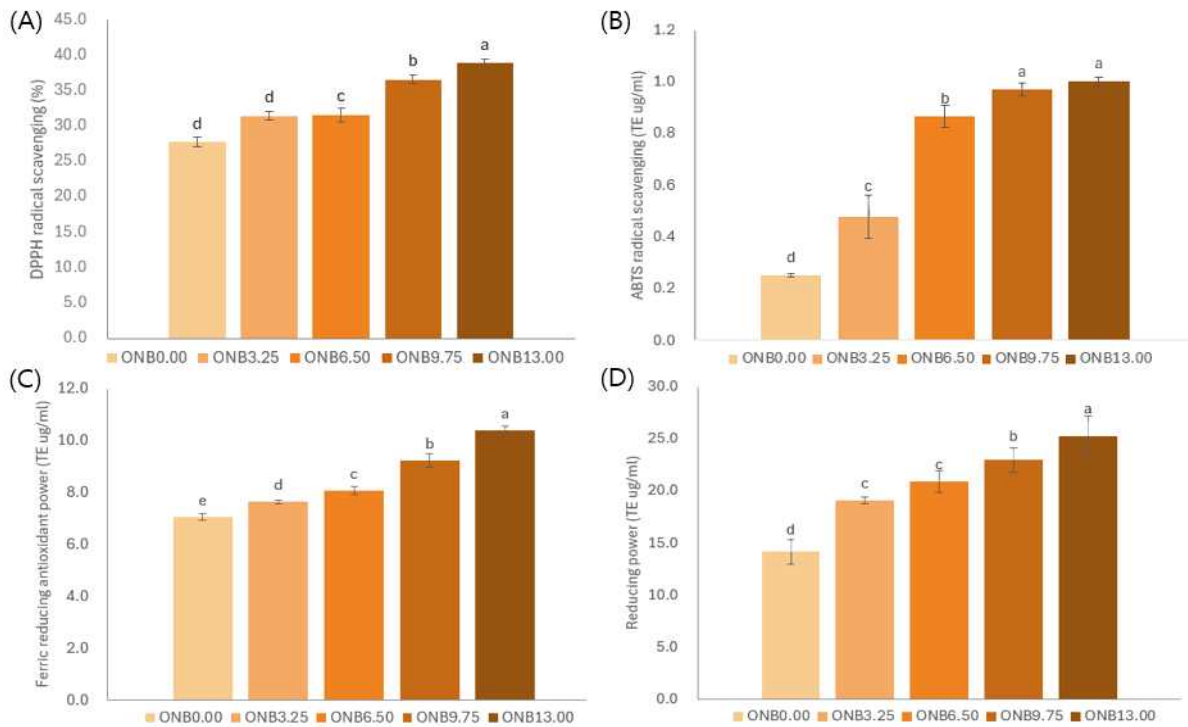


Fig. 2. Antioxidant activities of ONB. <sup>a-c</sup> Means with different superscripts are significantly different at the  $p < 0.05$ .

해 시료의 환원력을 확인하였고, potassium ferricyanide가 ferrocyanide로 전환되는 반응을 기반으로 한 환원력 측정법을 통해 항산화력을 종합적으로 분석하였다(Prior RL 등 2005). 항산화 활성분석(DPPH, ABTS<sup>•+</sup>, FRAP, 환원력) 결과에서도 비지 첨가량이 증가할수록 항산화 활성이 농도의 존적으로 유의적 증가를 나타냈다( $p < 0.05$ ). DPPH와 ABTS<sup>•+</sup>는 각각 27.01~39.63%의 범위와 0.25~1.01TE ug/ml의 범위를 나타냈으며, 비지 첨가량이 증가할수록 항산화력이 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). FRAP와 환원력 또한 6.86~10.59TE ug/ml의 범위와 12.55~28.06TE ug/ml의 범위이었으며, 비지 첨가량이 증가할수록 유의적 증가를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 이 결과는 Fig. 1의 항산화 성분 함량과 유사한 경향을 보였으며, 이는 비지첨가 농도의 증가가 항산화 성분과 항산화 활성에 영향이 준 것으로 판단된다. Moon TH 등 (2022)은 비지 분말 첨가 Halal 계육 소시지에서 비지 분말을 첨가할수록 DPPH, ABTS 모두 증가한다고 보고하였으며, Adebowale OJ 등(2025)은 비지 분말과 밀가루로 만든 비스킷에서 비지 분말을 첨가할수록 폴리페놀 함량이 증가했으며 이에 따라 항산화 활성(DPPH, ABTS, FRAP) 분석 결과가 비슷한 경향을 보인다고 보고하였다. 비지와 비만 관련 동물실험에서도 비지를 섭취한 군에서 간의 지방산 합성 효소 유전자의 발현의 억제 및 렘틴과 TNF- $\alpha$  유전자 발현의 억제를 통한 비만 예방효과를 나타냈다(Matsumoto K 등

2007). 이러한 결과는 비지가 대두 가공 부산물임에도 불구하고 폴리페놀과 이소플라본을 포함한 항산화 성분을 상당량 함유하고 있기 때문으로 판단된다. Santos VAQ 등(2018)은 대두 부산물 비지(okara)가 총 폴리페놀 함량이 높고, 이소플라본이 폴리페놀 성분의 주요 부분을 차지하며, 이들이 비지의 항산화 활성에 핵심적으로 기여한다고 보고하였다. 특히 이소플라본은 비지에 존재하는 주요 폴리페놀 계열 화합물로서 비지 첨가에 따른 폴리페놀 함량 증가와 직접적으로 연관된 결과로 판단된다. 비지분말을 첨가한 소시지(Moon TH 등 2022), 비지가루 첨가 식빵(Shin DH & Lee YW 등 2002), 및 비지가루 첨가한 쿠키(Lee YJ & Yoon HH 등 2024) 등의 연구에서 비지가루 무첨가군에 비하여 첨가군에서 소비자 기호도의 값이 증가함이 나타났다. 따라서 본 연구에서 진행한 비지첨가 농도에 따른 영양바의 이화학적 특성과 항산화 활성에 대하여 연구결과를 바탕으로, 향후 연구에서는 소비자의 연령층에 따른 소비자 기호도 조사 및 구매 의사 등의 연구를 진행하여 소비자에게 적합한 최적 조건에 관한 연구의 진행이 필요하리라 판단된다.

## 결론

본 연구에서는 비지(Okara)의 품질평가를 위해 비지 첨가 비율을 달리한 영양바의 이화학적 특성, 항산화 성분 및 항

산화 활성 분석을 진행하였다. 비지를 첨가한 영양바(ONB)의 수분 함량은 36.06~38.59% 범위이었으며 특히 ONB0.00가 38.59%로 가장 높게 나타났다. ONB의 조회분 함량은 1.40~2.01% 범위이었으며, 비지 첨가량이 증가할수록 조회분 함량이 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). ONB의 pH는 pH 6.87~7.11 범위이었으며 비지 첨가량이 증가할수록 pH는 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 이에 따라 적정 산도는 유의적으로 증가하였으며, 적정산도 범위는 0.03~0.06%이었다( $p<0.05$ ). ONB의 총 가용성 고형분 함량은 3.2~3.7 °Brix 범위로 나타났으며 무첨가군인 ONB0.00에 비하여 첨가군의 영양바에서 유의적 증가가 나타났다. 환원당 함량도 총 가용성 고형분 함량과 같은 경향을 보였다. ONB의 색도는 L\*(명도) 45.60~46.50, a(적색도) 4.98~5.53, b(황색도) 10.25~11.30의 범위로 나타났으며 적색도에서만 유의적인 차이가 나타났다. 갈색도는 0.37~1.13 범위였으며, 비지 첨가량이 증가할수록 갈색도는 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 항산화 성분의 총 폴리페놀 함량은 13.68~22.13 G.A.E. mg/g 범위였고, 비지를 첨가할수록 총 폴리페놀 함량은 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 총 플라보노이드 함량도 총 폴리페놀 함량과 유사한 경향을 보였다. 항산화 활성인 DPPH와 ABTS<sup>•+</sup> 라디칼 소거능과 FRAP 및 환원력의 결과에서도 항산화 성분인 총폴리페놀 함량과 유사하게 비지를 첨가함에 따라 유의적 증가의 경향을 나타냈다( $p<0.05$ ). 본 연구결과로 비지를 첨가한 영양바 제조 시 기능성을 높일 수 있을 것이라 생각되며, 비지를 활용한 영양바 제품 개발에 기초자료를 제공하고 식품 소재로서의 비지의 고부가가치 활용 가능성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- Abernathy LM, Fountain MD, Rothstein SE, David JM, Yunker CK, Rakowski J, Lonardo F, Joiner MC, Hillman GG (2015) Soy isoflavones promote radioprotection of normal lung tissue by inhibition of radiation-induced activation of macrophages and neutrophils. *J Thorac Oncol* 10(12): 1703-1712.
- Adebowale OJ, Adeyanju AA, Mokhele T, Bamidele OP (2025) Chemical composition of composite flour from okara powder and whole wheat flour and the sensory evaluation of the biscuits made from the composite flour. *Food Sci Nutr* 13(6): e70450.
- AOAC (2000) Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Benzie IF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239(1): 70-76.
- Biesiekierski JR (2017) What is gluten? *J Gastroenterol Hepatol Suppl* 1: 78-81.
- Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Caponio GR, De Angelis D, Mansueto L, Vacca M, Silletti R, De Angelis M, Difonzo G (2025) Nutritional, rheological, and sensory effect of oat okara enrichment in plant-based ice cream. *LWT-Food Sci Technol* 233: 118490.
- Choi HM, Jang HS, Lee HN, Choi UK (2018) Changes in the characteristics of noodle by the addition of biji powder. *Korean J Food Nutr* 31(6): 919-925.
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50(10): 3010-3014.
- Goh SX, Mamat H, Aziz AHA (2024) Valorization of agriculture by-product: Development of gluten-free biscuit made from blends of okara and jackfruit seed flour. *Waste Manag Bull* 2(2): 59-65.
- Guerra-Hernandez E, Corzo N, Garcia-Villanova B (1999) Maillard reaction evaluation by furosine determination during infant cereal processing. *J Cereal Sci* 29(2): 171-176.
- Guimarães RM, Ida EI, Falcão HG, de Rezende TAM, de Santana Silva J, Alves CCF, Pereira da Silva MA, Egea MB (2020) Evaluating technological quality of okara flours obtained by different drying processes. *LWT-Food Sci Technol* 123: 109062.
- Hsiao YH, Ho CT, Pan MH (2020) Bioavailability and health benefits of major isoflavone aglycones and their metabolites. *J Funct Foods* 74: 104164.
- Hyeon SJ, Jin SY (2023) Quality characteristics of vegan nutritional bars with gynostemma pentaphyllum powder. *Culi Sci & Hos Res* 29(10): 63-72.
- Ibadullah WZW, Mokhtar F, Abedin NHZ, Ab Rashid NKM, Ibrahim NH, Mustapha NA (2024) Okara-fortified wheat bread: Effect on nutritional, physicochemical and sensory properties. *J Biochem Microbiol Biotechnol* 12(SP1): 110-113.
- Jackson CJC, Dini JP, Lavandier C, Rupasinghe HPV, Faulkner H, Poysa V, Buzzell D, DeGrandis S (2002)

- Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. *Process Biochem* 37(10): 1117-1123.
- Joo SY, Seo DW, Choi HY (2019) Quality characteristics of pork patties added with soybean-curd residues. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48(2): 260-267.
- Kati (2024) [Europe] France's Snack Bar Market. <https://www.kati.net> (accessed on 19. 3. 2026).
- Kim GN, Oh JE, Cho MS (2018) An exploratory research for development of Korean protein bar: Analysis on labeling of commercial protein bars in Korea and USA. *Jour of KoCon a* 18(3): 648-657.
- Kim JA, Jung WS, Chun SC, Yu CY, Ma KH, Gwag JG, Chung IM (2006) A correlation between the level of phenolic compounds and the antioxidant capacity in cooked-with-rice and vegetable soybean (*Glycine max* L.) varieties. *Eur Food Res Technol* 224: 259-270.
- Kim KH, Kim YR, Kim SA, Han TI, Park RD, Hong GD, Hwang SD, Yong JS, Kim JS (2020) Quality characteristics of nutritional bar supplemented with freeze-dried natto. *J Korean Soc Food Cult* 35(4): 382-386.
- Koh LW, Kasapis S, Lim KM, Foo CW (2009) Structural enhancement leading to retardation of *in vitro* digestion of rice dough in the presence of alginate. *Food Hydrocoll* 23(6): 1458-1464.
- Lee DPS, Gan AX, Kim JE (2020) Incorporation of biovalorised okara in biscuits: Improvements of nutritional, antioxidant, physical, and sensory properties. *LWT-Food Sci Technol* 134: 109902.
- Lee GJ, Lim SM (2006) Quality characteristics of sulgidduk with added soybean curd residue powder. *Korean J Food Cook Sci* 22(5): 583-590.
- Lee JA (2019) Quality characteristics of rice cereal bars containing different levels of mulberry leaf (*Morus alba* Linne) powder. *Culi Sci & Hos Res* 25(8): 119-126.
- Lee SH (2015) Antioxidant capacity and nutritive components from biji sub-micron suspension by ultra-high pressure homogenization process. *Food Sci Preserv* 22(5): 714-720.
- Lee YJ, Yoon HH (2024) Quality characteristics of rice cookie with soybean curd residue powder. *Korean J Food Cook Sci* 40(6): 422-430.
- Lim JY, Jin SY (2021) Quality characteristics of vegan nutritional bars with fermented soybean curd residue powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50(8): 849-857.
- Mansor A, Mahadi SK, Othaman MA (2022) Okara yoghurt: A high value-added fermented product from soybean curd residue. *Food Res* 6(suppl 2): 97-106.
- Matsumoto K, Watanabe Y, Yokoyama SI (2007) Okara, soybean residue, prevents obesity in a diet-induced murine obesity model. *Biosci Biotechnol Biochem* 71(3): 720-727.
- Mestdag I (2005) Disappearance of the traditional meal: Temporal, social and spatial deconstruction. *Appetite* 45(1): 62-74.
- Miller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ, Gopinathan V, Milner A (1993) A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin Sci (Lond)* 84(4): 407-412.
- Ministry of Food and Drug Safety (2020) Statistics on the Production Performance of Food, etc in 2019. <https://www.mfds.go.kr> (accessed on 19. 3. 2026).
- Ministry of Food and Drug Safety (2025) Statistics on the Production Performance of Food, etc in 2024. <https://www.mfds.go.kr> (accessed on 19. 3. 2026).
- Mobley AR, Jones JM, Rodriguez J, Slavin J, Zelman KM (2014) Identifying practical solutions to meet America's fiber needs: Proceedings from the food & fiber summit. *Nutrients* 6(7): 2540-2551.
- Mohidem NA, Hashim N, Shamsudin R, Che Man H (2022) Rice for food security: Revisiting its production, diversity, rice milling process and nutrient content. *Agriculture* 12(6): 741.
- Moon TH, Park SM, Yim SG, You YL, Han JA (2022) Quality characteristics of halal chicken sausages prepared with biji powder. *Korean J Food Sci Technol* 54(3): 334-342.
- Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA (2000) Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71(1-2): 109-114.
- Oyaizu M (1986) Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr Diet* 44(6): 307-315.
- Pan WC, Liu YM, Shiao SY (2018) Effect of okara and vital gluten on physico-chemical properties of noodle. *Czech J Food Sci* 36(4): 301-306.
- Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA, Lee HY (2014) Quality evaluation of the nutritional cereal bar with citrus fruit

- extract. *Culi Sci & Hos Res* 20(6): 245-253.
- Piernas C, Popkin BM (2010) Snacking increased among US adults between 1977 and 2006. *J Nutr* 140(2): 325-332.
- Prior RL, Wu X, Schaich K (2005) Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *J Agric Food Chem* 53(10): 4290-4302.
- Ramanathan L, Das NP (1992) Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *J Agric Food Chem* 40(1): 17-21.
- Rani PR, Chelladurai V, Jayas DS, White NDG, Kavitha-Abirami CV (2013) Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. *J Stored Prod Res* 52: 78-85.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9-10): 1231-1237.
- Ryu HS, Choi HY, Joo SY (2015) Quality characteristics of rice nutritional bar added with aronia byproducts powder. *Korean J Food Nutr* 28(6): 947-955.
- Santos VAQ, Nascimento CG, Schmidt CA, Mantovani D, Dekker RF, da Cunha MAA (2018) Solid-state fermentation of soybean okara: Isoflavones biotransformation, antioxidant activity and enhancement of nutritional quality. *LWT-Food Sci Technol* 92: 509-515.
- Shen Y, Jin L, Xiao P, Lu Y, Bao J (2009) Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *J Cereal Sci* 49(1): 106-111.
- Shin DH, Lee YW (2002) Quality attributes of bread with soybean milk residue-wheat flour. *Korean J Food Nutr* 15(4): 314-320.
- Taku K, Melby MK, Nishi N, Omori T, Kurzer MS (2011) Soy isoflavones for osteoporosis: An evidence-based approach. *Maturitas* 70(4): 333-338.
- Tao A, Zhang H, Duan J, Xiao Y, Liu Y, Li J, Huang J, Zhong T, Yu X (2022) Mechanism and application of fermentation to remove beany flavor from plant-based meat analogs: A mini review. *Front Microbiol* 13: 1070773.
- Vishwanathan KH, Govindaraju K, Singh V, Subramanian R (2011) Production of okara and soy protein concentrates using membrane technology. *J Food Sci* 76(1): E158-E164.
- Vital ACP, Croge C, Silva DFD, Araújo PJ, Gallina MZ, Matumoto-Pintro PT (2018). Okara residue as source of antioxidants against lipid oxidation in milk enriched with omega-3 and bioavailability of bioactive compounds after in vitro gastrointestinal digestion. *J Food Sci Technol* 55(4): 1518-1524.
- Woo EY, Kim MJ, Shin WS, Lee KA, Kim KS (2001) Production of protein hydrolyzate, that can be used as food additives, from okara. *Korean J Food Sci Technol* 33(6): 769-773.
- Zinia SA, Rahim A, Jony AL, Begum AA, Mazumder MAR (2019) The roles of okara powder on the processing and nutrient content of roti and paratha. *SSRG Int J Agric Env Sci* 6(2): 18-23.

---

Date Received Feb. 03, 2026  
 Date Revised Apr. 23, 2026  
 Date Accepted Apr. 24, 2026