



## 콩의 종류와 건조 방법에 따른 비지 분말의 이화학적 특성

김은지 · 정희남\*

순천대학교 생명산업과학대학 조리과학과

### Physicochemical Properties of Soybean Curd Residue Powder by Different Soybean and Drying Methods

Eun Ji Kim, Hee Nam Jung\*

Department of Food and Cooking Science Suncheon University

#### Abstract

This study compared the physicochemical properties of soybean curd residue and black soybean curd residue produced by hot air-drying and freeze-drying. Regardless of drying method, the crude protein, crude ash, crude fiber contents, pH, L, a, b color values and water soluble index were higher in soybean curd residue, whereas total polyphenol contents and antioxidant activity were higher in black soybean curd residue. Significant differences in water absorption index, oil absorption capacity and emulsion activity were observed between soybean curd residue and black soybean curd residue in freeze-drying. On the other hand, the emulsion stability was not significant difference in both hot-air drying and freeze-drying. The crude protein and crude fiber contents of soybean curd residue were not significant difference between hot-air drying and freeze-drying. Freeze-drying resulted in higher crude ash contents, pH, water absorption index, water soluble index, oil absorption capacity, emulsion activity and emulsion stability than hot-air drying. Hot-air drying have caused significantly higher water contents, water activity, total polyphenol contents and antioxidant activity in soybean curd residue than freeze-drying. In conclusion, soybean type and drying methods affect the physicochemical and quality characteristics of soybean curd residue, which could be important factors in the manufacture of processed foods.

**Key Words :** Different soybean, drying methods, soybean curd residue powder, physicochemical properties, antioxidant activity

### 1. 서 론

콩(*Glycine max*)은 콩과에 속하는 식용작물로서 아시아, 아프리카 및 오스트레일리아 등지에서 널리 재배되고 있다(Song et al. 2020). 우리나라에서는 오크 중 하나로 식량자원뿐만 아니라 식물성 단백질과 지방의 공급원으로 간장, 된장, 청국장, 두부, 콩나물, 콩기름, 콩가루 등 다양한 형태로 이용되고 있다(Lee et al. 2013). 최근 코로나 19로 인해 간장, 된장, 두부 및 두유와 같은 가공식품들의 가정 내의 소비가 증가함에 따라 콩을 활용한 주요 가공식품의 매출은 2020년 상반기에 전년 대비 약 10.9% 증가하였다(Kim et al. 2021). 콩은 양질의 단백질, 지질, 식이섬유 및 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있어 가공식품뿐만 아니라 건강식품으로도 이용되고 있으며, 이에 따라 생산량도 점차 증가하는 추세이다(Ryu et al. 2007).

비지는 두부나 두유를 만들기 위해 콩을 갈아 콩물을 짜고 난 뒤 남은 찌꺼기로, 콩가공식품의 생산량이 증가함에 따라 매년 많은 양이 발생하고 있다. 비지는 콩에 들어있는 가용성 단백질의 대부분이 제거되지만, 섬유질을 비롯한 주요 영양성분들이 다량 남아 있다(Oh & Han 2004). 가공식품의 종류나 가공 방법에 따라 차이는 있지만, 비지에는 건물량 기준으로 단백질 25-50%, 지방 12-20%, 탄수화물 50-60% 및 조섬유가 10-14% 정도 함유되어 있어 영양학적인 가치뿐만 아니라, 식품소재로서 활용가치가 높다(Shin & Lee 2002). 비지의 단백질은 함황아미노산과 lysine의 함량이 높아 대두, 두부 및 두유에 비해 단백질 효율(PER)이 높은 양질의 단백질로 평가되고 있다(Hackler et al. 1967). Jackson et al. (2002)은 콩에 함유된 이소플라본의 약 1/3이 비지로 추출되어 비지가 우수한 단백질 공급원으로 이용될 수 있다고 하였고, Yoon(2015)은 콩비지에 함유된 폴리페놀이 항산

\*Corresponding author: Hee Nam Jung, Department of Food and Cooking Science, Suncheon University, 255 Jungangro, Suncheon, Korea  
Tel: +82-61-7503690 Fax: +82-61-7503690 E-mail: hnjung@scnu.ac.kr

화 능력뿐만 아니라 항염증 작용 등 다양한 생리학적 효과를 줄 수 있다고 하였다. 특히 검은콩 비지에는 안토시아닌 성분이 함유되어 있어 항산화 작용에 의한 노화억제 및 항암능력이 뛰어난 것으로 보고되고 있다(Wang et al. 1997). 지금까지 비지를 활용한 소시지(Moon et al. 2022), 국수(Choi et al. 2018), 식빵(Shin & Lee 2002), 비스킷(Lee et al. 2020), 증편(Jang 2016) 등의 연구가 보고되었으나, 대부분 대두 비지를 활용한 연구들이며 상품화되지 못하고 있는 실정이다.

비지는 약 80% 이상의 높은 수분함량으로 인해 미생물이 잘 번식하고 부패되기 쉬운 식품의 소재로 활용하기 어렵다. 이러한 이유로 일부 동물의 사료로 이용될 뿐 대부분 처리되지 않고 폐기되는 경우가 많으며, 이는 환경 문제를 야기할 뿐만 아니라 적극적인 자원 활용의 기회를 놓치는 결과로 이어질 수 있다(Seo 2014). 비지의 저장성과 활용도를 높이기 위하여 일반적으로 건조 방법을 이용하는데, 완전건조까지 장시간이 소요되는 건조법은 건조과정 중 비지의 부패를 유발하여 식품으로서의 가치를 상실할 우려가 있다. 국내에서도 식품소재로의 비지의 활용을 위하여 생비지의 건조분말화 연구(Kim et al. 1996; Kim 2009) 등이 진행되었으나, 열풍건조에 한정적이다.

건조법은 식품의 저장성을 높이기 위해 자연적 또는 인공적으로 건조함으로써 수분활성을 줄여 미생물이나 효소 작용에 의한 부패를 억제하는 방법으로 예로부터 가장 널리 사용되었고, 열풍건조, 고온건조, 냉풍건조 및 동결건조 등으로 다양하다(Hong & Lee 2004). 이 중 열풍건조법은 경제적으로 효율성이 뛰어나 과일, 채소 및 분말 물질의 제조 등 광범위한 분야에서 적용되고 있으나, 높은 온도에서 건조시킬 경우 영양손실, 화학적 변화 및 품질 저하를 일으킬 수 있다(Kim 2008). 동결건조법은 열에 민감한 물질의 손상을 최소화하여 식품의 질감, 풍미 및 영양성분을 유지시킬 수 있는 건조법이다(Choi 2017). 비지가 식품소재로 활용되기 위해서는 효율적인 건조 방법에 대한 연구가 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 식품소재로의 비지의 다양한 활용을 위하여 대두 비지와 검은콩 비지의 열풍건조 및 동결건조에 따른 이화학적 특성을 분석하여 가공식품 개발의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 실험재료 및 시약

본 실험에서 사용된 비지는 연서네두부집(Changwon, Korea)에서 생산된 것을 구입하여 사용하였으며, 열풍건조는 열풍건조기(OF-W155, Daihan Scientific Co., Wonju, Korea)를 이용하여 50°C에서 6시간 동안 건조하였고, 동결건조는 동결건조기(PVTF100R, Ilshinbiobase Co., Dongducheon, Korea)를 이용하여 -70°C에서 48시간 동안 건조하였다. 건

조된 비지는 편밀분쇄기(KMS-300, Koreamedi Co., Daegu, Korea)로 분쇄한 후 -20°C에서 냉동보관하며 시료로 사용하였다. 분석에 사용된 시약인 Folin-ciocalteu's reagent, sodium carbonate, ascorbic acid, sulfuric acid는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)로부터, sodium hydroxide, ethyl ether는 Daejung Chemicals & Metals Co.(Sihueng, Korea)에서 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)와 gallic acid는 각각 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, USA)와 Yakuri pure chemicals Co.(Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다.

### 2. 일반성분 및 수분활성도

비지 분말의 일반성분은 AOAC법(AOAC 1984)에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법, 조단백은 Kjeldahl법, 조섬유는 Henneberg-Stohmann 개량법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 직접회화법으로 각각 측정하였다. 수분활성도(Water activity, Aw)는 시료 12 g을 28±1°C 조건에서 수분활성도 측정기(HP23-AW-A, Rotronic AG, Bassersdorf, Switzerland)를 이용하였고, probe의 표준화를 위해 10, 35, 50, 80% RH의 교정시료를 사용하였다.

### 3. pH

비지 분말의 pH 측정은 시료 5 g에 증류수 45 mL를 가하여 균질화한 다음 실온에서 30분간 방치한 후 pH meter (F-72G, Horiba Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였다.

### 4. 색도

비지 분말의 색도 측정은 색차계(JC 801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 L (명도), a (적색도), b (황색도), ΔE값을 측정하였다. 이때 사용된 표준백판은 L: 91.70, a: 0.58, b: 2.46이었으며, ΔE값의 계산식은 다음과 같다.

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

### 5. 수분흡수지수 및 수분용해지수

비지 분말의 수분흡수지수(Water Absorption Index, WAI)는 비지 분말 3 g과 증류수 30 mL를 원심분리관에 넣고 30분간 진탕 교반한 후, 원심분리기(MF 600R, Hanil Electric Co., Incheon, Korea)를 이용하여 3,000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 상등액을 따라낸 다음, 침전물의 중량을 측정하여 시료 g당 흡수된 수분함량을 조사하였다.

$$WAI (g/g) = \frac{\text{원심분리 후 침전물의 무게}(g)}{\text{시료무게}(g)}$$

수분용해지수(Water Solubility Index, WSI)는 수분흡수지수 측정 시 회수한 상등액을 증발접시에 옮긴 후, 105°C의 dry oven (HB-502L, Hanbaek Co., Bucheon, Korea)에서

건조시켜 얻어진 고품분의 무게를 시료에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{WSI (\%)} = \frac{\text{건조 후 고품분의 무게(g)}}{\text{시료무게(g)}} \times 100$$

#### 6. 유지흡수력

비지 분말의 유지흡수력(Oil Absorption Capacity, OAC)은 Adepeju et al. (2011)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 g과 대두유(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea) 10 mL를 원심분리용 시험관에 넣어 혼합하고, 30분간 실온에서 방치한 후 4,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 oil을 제거한 무게를 측정한 다음 유지흡수력을 산출하였다.

$$\text{OAC (g/g)} = \frac{\text{유지 흡수 후 시료의 무게(g)}}{\text{시료무게(g)}} \times 100$$

#### 7. 유화활성 및 유화안정성

비지 분말의 유화활성(Emulsion Activity, EA) 및 유화안정성(Emulsion Stability, ES)은 Kim & Park (1995)의 방법에 의하여 측정하였다. 시료 0.5 g을 5 mL의 증류수에 분산시킨 후, 대두유(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea) 5 mL를 다시 첨가하고 분산시켜 균일 혼합하였다. 형성된 혼합액을 이용하여 유화활성은 1,600 rpm에서 5분간 원심분리하여 측정하였고, 유화안정성은 항온수조에서 80°C로 30분간 가열한 다음 15°C로 냉각한 후 1,600 rpm에서 5분간 원심분리하여 측정하였다. 측정 후 Cha et al. (2020)의 식에 의하여 유화활성과 유화안정성을 각각 구하였다.

$$\text{유화활성(\%)} = \frac{\text{유화된 층의 부피(mL)}}{\text{시험관내 총 내용물의 부피(mL)}} \times 100$$

$$\text{유화안정성(\%)} = \frac{\text{가열 후의 유화된 층의 부피(mL)}}{\text{시험관내 총 내용물의 부피(mL)}} \times 100$$

#### 8. 총 폴리페놀 함량

비지 분말의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis (1912) 방법에 의하여 측정하였다. 시료 5 g을 70% ethanol로 2시간 동안 환류추출한 후 추출액을 여과하였고, 여과된 추출물을 70% ethanol을 이용하여 100 mL로 정용한 후 사용하였다. 추출여과액 0.5 mL에 Folin-Denis reagent 5 mL와 10% sodium carbonate 용액 5 mL를 첨가하고 증류수를 사용하여 100 mL로 정용하였다. 이 혼합액을 상온에서 1시간 동안 반응시킨 후 분광광도계(Optizen pop, Macasys Co., Daejeon, Korea)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준곡선은 1% gallic acid를 이용하여 작성하였다.

#### 9. DPPH 라디칼 소거활성

비지 분말의 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디

칼 소거활성은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 비지 분말 추출물 2 mL에 0.2 mM DPPH 용액 4 mL를 넣고 혼합하여 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 시료용액의 첨가구와 대조구 사이의 흡광도 감소율 차이를 백분율(%)로 나타내었으며, ascorbic acid를 양성대조구로 사용하였다.

DPPH 라디칼 소거활성(%)

$$= \frac{\text{대조구의 흡광도} - \text{시료의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

#### 10. 통계처리

본 연구의 실험결과는 SPSS version 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였으며, 평균값과 표준편차를 계산하였다. 시료 간의 유의적인 차이를 검증하기 위하여 *t*-test와 one-way ANOVA, 사후검증(Duncan's multiple range test,  $p < 0.05$ )을 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 일반성분 및 수분활성도

비지 분말의 일반성분과 수분활성도를 분석한 결과는 <Table 1>과 같다. 수분함량 측정 결과, 동결건조에서 대두 비지의 수분함량이 검은콩 비지에 비해 높았고, 대두 비지와 검은콩 비지 모두 동결건조에 비해 열풍건조에서 수분함량이 유의적으로 높았다. 조단백 및 조섬유 함량은 열풍건조와 동결건조 모두 대두 비지에서 높았고, 검은콩 비지에서만 열풍건조에 비해 동결건조에서 유의적으로 높게 나타났다. 조지방 함량은 열풍건조와 동결건조 모두 검은콩 비지에서 높았으며, 대두 비지는 열풍건조에서, 검은콩 비지는 동결건조에서 유의적으로 높았다. 조회분 함량은 검은콩 비지에 비해 대두 비지에서 높게 나타났으며, 대두 비지와 검은콩 비지 모두 동결건조에서 높았다. Rahman et al. (2021)은 비지의 건물량 기준으로, 조단백 20.9-39.1%, 조섬유 12.2-61.3%, 조지방 4.9-21.5% 및 회분 3.4-5.3%이 함유되어 있다고 보고하였으며, Chang et al. (1990)에서 콩의 일반성분 함량은 품종 간에 차이와 재배 및 여러 환경요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져, 비지의 일반성분 또한 콩의 종류와 비지의 회수 방법에 따라 차이가 나타나는 것으로 사료된다.

수분활성도는 0.06-0.24의 범위였고, 동결건조에서 유의적으로 낮았다. Seong et al. (2017)은 수분함량이 높을수록 수분활성도도 높은 결과를 나타낸다고 보고하였는데 본 연구의 결과도 유사하였다. Jin et al. (2011)은 대부분의 세균이 증식할 수 있는 최저 수분활성도가 0.91이며, 효모는 0.87, 곰팡이는 0.80이라고 하였으며, Kim et al. (2017a)은 건조분말 식품의 수분활성도가 높아짐에 따라 미생물 품질에 유의적인 영향을 줄 수 있다고 보고하였다. 식품의 수분함량과

**<Table 1>** Proximate compositions, Water activity and pH of soybean curd residue powder by different soybean and drying methods

Properties	Soybean type	Drying method		t-value
		Hot-air dried	Freeze-dried	
Moisture (%)	SCR <sup>2)</sup>	5.83±0.03 <sup>3)</sup>	2.69±0.03	178.918**** <sup>4)</sup>
	BSCR	5.83±0.04	2.57±0.05	115.471***
	t-value	-0.090	4.988**	
Crude protein (%)	SCR	31.23±0.30	31.35±0.09	-0.677
	BSCR	29.66±0.19	30.70±0.26	-5.686**
	t-value	7.670**	4.140*	
Crude fat (%)	SCR	14.95±0.05	14.85±0.07	2.835*
	BSCR	15.09±0.04	15.96±0.07	-24.169***
	t-value	-5.203**	-25.793***	
Crude ash (%)	SCR	4.15±0.02	4.24±0.01	-11.877***
	BSCR	4.03±0.00	4.22±0.00	-96.000***
	t-value	16.688***	4.811**	
Crude fiber (%)	SCR	12.30±0.19	12.18±0.20	0.760
	BSCR	10.62±0.02	11.03±0.15	-4.600*
	t-value	15.197**	7.811**	
Aw <sup>1)</sup>	SCR	0.24±0.00	0.06±0.00	123.109***
	BSCR	0.22±0.00	0.06±0.00	102.980***
	t-value	7.487***	-7.659***	
pH	SCR	6.42±0.02	6.54±0.00	-13.873***
	BSCR	6.39±0.00	6.47±0.00	-45.178***
	t-value	2.500*	55.783***	

<sup>1)</sup>Aw: Water activity.

<sup>2)</sup>SCR: Soybean curd residue, BSCR: Black soybean curd residue.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD.

<sup>4)</sup>\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001 by t-test.

수분활성도는 일반적으로 식품의 품질과 저장안정성의 척도로 사용되며, 본 연구의 수분활성도 결과는 모두 미생물 성장 범위보다 낮게 나타나 안정적인 저장이 가능할 것으로 생각된다.

## 2. pH

비지 분말의 pH를 측정된 결과는 <Table 1>과 같다. 열풍 건조와 동결건조 모두 대두 비지에서 유의적으로 높았으며, 대두 비지와 검은콩 비지 모두 동결건조에서 유의적으로 높게 나타났다. 일반적으로 온도가 증가하면 분자 진동이 증가하여 더 많은 물이 이온화되고(Kim & Chung 1996), 그 결과 pH가 감소하게 되는데 본 연구에서도 동결건조에 비해 열풍건조의 pH가 낮게 나타났다.

## 3. 색도

비지 분말의 색도를 측정된 결과는 <Table 2>와 같다. L, a 및 b값은 열풍건조와 동결건조 모두 대두 비지에서 높았고, L값은 검은콩 비지에서만 동결건조에 비해 열풍건조가 유의

적으로 높았다. a값은 대두 비지와 검은콩 비지 모두 동결건조에서 유의적으로 높은 값을 보였으며, b값의 경우, 대두 비지는 동결건조에서, 검은콩 비지는 열풍건조에서 높게 나타났다. ΔE는 열풍건조와 동결건조 모두 검은콩 비지에서 높았고, 대두 비지와 검은콩 비지 모두 동결건조에서 유의적으로 높았다. Moon et al. (2022)은 대두 비지 분말의 첨가량이 증가할 경우 카로티노이드 색소의 영향으로 황색도가 증가하는 경향을 보였다고 하였는데, 본 연구에서도 대두 비지의 b값이 검은콩 비지에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다. 또한 검은콩 비지의 a값이 대두 비지에 비해 낮은 결과를 보였는데, 이는 검은콩에 함유된 플라보노이드 색소의 영향인 것으로 보이며, Song et al. (2020)에서도 검은콩 분말의 첨가 비율이 증가할수록 a값이 감소하였다고 보고하였다.

## 4. 수분흡수지수 및 수분용해지수

비지 분말의 수분흡수지수 및 수분용해지수를 분석한 결과는 <Table 3>과 같다. 수분흡수지수는 동결건조에서만 유의한 차이가 있었고, 대두 비지와 검은콩 비지 모두 동결건

<Table 2> Color value of soybean curd residue powder by different soybean and drying methods

Properties	Soybean type	Drying method		t-value
		Hot-air dried	Freeze-dried	
L	SCR <sup>1)</sup>	92.23±0.11 <sup>2)</sup>	92.30±0.13	-0.982
	BSCR	75.95±0.18	72.65±0.16	31.466*** <sup>3)</sup>
	t-value	176.997***	216.139***	
a	SCR	0.95±0.06	1.42±0.10	-8.703***
	BSCR	-0.14±0.04	0.73±0.02	-44.322***
	t-value	33.262***	14.576***	
b	SCR	10.82±0.32	13.02±0.03	-15.122***
	BSCR	6.49±0.10	3.47±0.11	46.452***
	t-value	28.735***	191.263***	
ΔE	SCR	8.39±0.32	10.61±0.04	-15.196***
	BSCR	16.26±0.18	19.08±0.15	-26.425***
	t-value	-47.439***	-118.604***	

<sup>1)</sup>SCR: Soybean curd residue, BSCR: Black soybean curd residue.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD.

<sup>3)</sup>\*\*\*p<0.001 by t-test.

<Table 3> WAI, WSI and OAC of soybean curd residue powder by different soybean and drying methods

Properties	Soybean type	Drying method		t-value
		Hot-air dried	Freeze-dried	
WAI <sup>1)</sup> (g/g)	SCR <sup>2)</sup>	2.18±0.09 <sup>3)</sup>	2.31±0.04	-2.731** <sup>4)</sup>
	BSCR	2.20±0.01	2.42±0.06	-8.147**
	t-value	-0.328	-3.434**	
WSI (%)	SCR	26.52±0.21	30.78±0.33	-24.358***
	BSCR	25.51±0.28	26.50±0.22	-6.174***
	t-value	6.463***	24.021***	
OAC (g/g)	SCR	1.27±0.02	1.55±0.02	-23.500***
	BSCR	1.29±0.02	1.51±0.01	-25.268***
	t-value	-1.616	3.800**	

<sup>1)</sup>WAI: Water absorption index, WSI: Water soluble index, OAC: Oil absorption capacity.

<sup>2)</sup>SCR: Soybean curd residue, BSCR: Black soybean curd residue.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD.

<sup>4)</sup>\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001 by t-test.

조에서 유의적으로 높았다. 수분용해지수는 열풍건조에 비해 동결건조에서 유의적으로 높았고, 검은콩 비지에 비해 대두 비지에서 유의적으로 높게 나타났다. Ostermann-Porcel et al. (2017)도 비지의 동결건조 시 얼음결정체들이 승화되면서 만들어진 다공성 구조로 인해 건조물의 수분흡수 및 용해가 용이해진다고 하였다. 또한 Lee et al. (2001)는 단백질 함량이 높을수록 용출되어 나오는 물질의 함량이 높아져 수분용해지수가 유의적으로 높게 나타난다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

5. 유지흡수력

비지 분말의 유지흡수력을 분석한 결과는 <Table 3>과 같

다. 유지흡수력 측정 결과, 동결건조에서 대두 비지의 유지흡수력이 높았고, 대두 비지와 검은콩 비지 모두 동결건조에서 유의적으로 높게 나타났다. Kim et al. (2017b)은 가열처리에 의해 대두의 유지흡착력이 유의적으로 감소한다고 보고하였고, 본 연구에서도 열풍건조에서 비지의 유지흡수력이 낮은 경향을 보였다. 유지흡수력은 동결건조에 의한 건조물의 구조적 특성 외에도 농축단백 내의 소수성, 비공유결합과 같은 지질과 단백질의 상호작용에도 영향을 받는 것으로 보고되었다(Cha et al. 2020). 유지흡수력은 육류가공품, 소시지, 팬케이크, 도넛 및 수프와 같은 가공식품의 식감 향상에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Ihekoronye 1986; Okezie & Bello 1988).

<Table 4> EA and ES of soybean curd residue powder by different soybean and drying methods

Properties	Soybean type	Drying method		t-value
		Hot-air dried	Freeze-dried	
EA <sup>1)</sup> (%)	SCR <sup>2)</sup>	60.17±0.38 <sup>3)</sup>	62.93±0.35	-11.961*** <sup>4)</sup>
	BSCR	59.97±0.68	65.31±0.59	-13.271***
	t-value	0.590	-7.779***	
ES (%)	SCR	59.64±0.70	60.74±0.27	-3.267*
	BSCR	58.90±0.95	60.52±0.44	-3.444**
	t-value	1.386	0.945	

<sup>1)</sup>EA: Emulsion activity, ES: Emulsion stability.

<sup>2)</sup>SCR: Soybean curd residue, BSCR: Black soybean curd residue.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD.

<sup>4)</sup>\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001 by t-test.

<Table 5> Total polyphenol content of soybean curd residue powder by different soybean and drying methods

(GAE<sup>1)</sup> mg/g dw)

Soybean type	Drying method		t-value
	Hot-air dried	Freeze-dried	
SCR <sup>2)</sup>	74.09±5.36 <sup>3)</sup>	41.33±6.07	9.048*** <sup>4)</sup>
BSCR	103.30±6.81	76.29±9.57	5.141**
t-value	-7.536***	-6.898***	

<sup>1)</sup>GAE: Total polyphenol content was expressed as mg gallic acid equivalent/g dry weight.

<sup>2)</sup>SCR: Soybean curd residue, BSCR: Black soybean curd residue.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD.

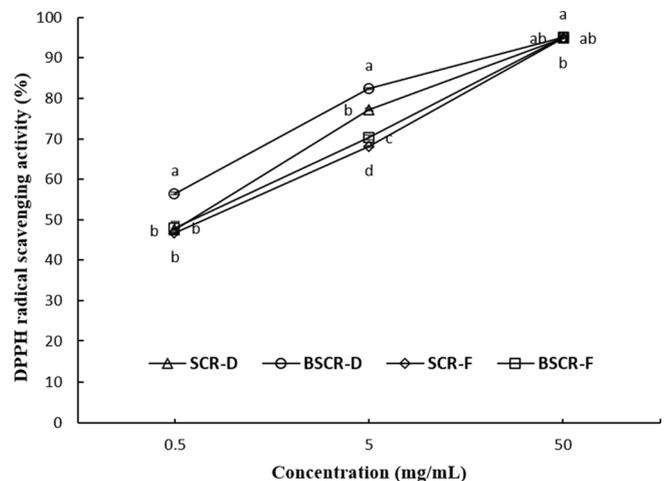
<sup>4)</sup>\*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001 by t-test.

6. 유화활성 및 유화안정성

비지 분말의 유화활성 및 유화안정성을 분석한 결과는 <Table 4>와 같다. 유화활성은 동결건조 시료 중 검은콩 비지에서 최대 활성을 보였고, 유화활성 및 유화안정성 모두 동결건조에서 유의적으로 높은 값을 보였다. pH는 수용성 단백질의 전하와 구조를 변화시켜 유화특성에 큰 영향을 미칠 수 있는데(Wu et al. 2009), 본 연구에서도 pH가 상대적으로 높은 동결건조에서 유화활성 및 유화안정성이 높게 나타났다. Zhang et al. (2019)도 유화특성이 pH의 영향을 받으며, 알칼리성이 산성보다 유화특성을 더 향상시킨다고 보고하였다. 또한 유화활성 및 유화안정성은 pH 외에도 단백질의 조성, 구조, 용해도, 소수성의 차이, 전하, 이온농도 및 온도에 영향을 받는 것으로 보고되었다(Smith 2010). 유화활성 및 유화안정성은 소스나 드레싱의 분리를 방지하고 제품의 점도를 증가시켜 최종적으로 제품의 품질을 결정하는 중요한 요인이 된다(Chung 2008).

7. 총 폴리페놀 함량

비지 분말의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 <Table



<Figure 1> DPPH radical scavenging activity of soybean curd residue powder by different soybean and drying methods. SCR; Soybean curd residue, BSCR; Black soybean curd residue, D; Hot-air dried, F; Freeze-dried. Different superscript are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

5>와 같다. 총 폴리페놀 함량 측정 결과, 건조 조건에서는 열풍건조의 총 폴리페놀 함량이 높게 나타났으며, 비지 종류에서는 검은콩 비지의 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 높았다. 식품을 고온에서 열처리할 경우, 세포벽이 파괴되어 유효성분의 분리가 용이해지고, 추출액의 페놀 및 플라보노이드 용출량이 증가하게 된다(Peleg et al. 1991). Guimaraes et al. (2020)도 총 폴리페놀 함량이 동결건조보다 열풍건조 시료에서 높다고 보고하여, 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

8. DPPH 라디칼 소거활성

비지 분말의 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과는 <Figure 1>과 같다. DPPH 라디칼 소거활성은 0.5, 5 및 50 mg/mL 농도에서 측정하였을 때, 모든 시료가 농도 의존적으로 유의적으로 증가하였으며, 모든 농도에서 열풍건조 검은

콩 비지가 다른 시료에 비해 유의적으로 높은 DPPH 라디칼 소거활성이 나타났다. 건조 조건별 대두 비지 및 검은콩 비지의 DPPH 라디칼 소거활성은 동결건조보다 열풍건조에서 모두 높게 나타났다. 검은콩 비지의 DPPH 라디칼 소거활성이 상대적으로 높게 나타난 이유는 검은콩 껍질의 안토시아닌 함량이 영향을 미친 것으로 판단되며(Sofiya et al. 2022), Sim et al. (2020)은 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거활성이 모두 동결건조에 비해 열풍건조에서 높았다고 보고하여, 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다. 한편, Jegal (2022)은 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거활성이 서로 반대되는 결과를 보고하였으며, 이에 Nabasree & Bratati (2007)는 항산화 실험 방법에 따라 항산화 효과가 상이하며, 총 폴리페놀 함량과 항산화 특성과는 상관성을 찾기 어렵다고 보고하였다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 비지의 활용을 위하여 대두 비지와 검은콩 비지의 열풍건조 및 동결건조에 따른 이화학적 특성을 비교 분석하였다. 열풍건조와 동결건조에서 모두 조단백, 조회분, 조섬유 함량, pH, L, a, b값 및 수분용해지수는 대두 비지에서 높았고, 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성은 검은콩 비지에서 높았다. 수분흡수지수, 유지흡수력 및 유흡활성은 동결건조에서 대두 비지와 검은콩 비지 간의 유의한 차이가 있었으나, 유흡안정성은 열풍건조와 동결건조 모두 비지 종류 간의 유의적인 차이가 없었다. 대두 비지의 조단백 및 조섬유 함량은 열풍건조와 동결건조 간의 유의한 차이가 없었다. 조회분 함량, pH, 수분흡수지수, 수분용해지수, 유지흡수력, 유흡활성 및 유흡안정성은 열풍건조에 비해 동결건조에서 높았고, 수분함량, 수분활성도, 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성은 열풍건조에서 유의적으로 높았다. 비지의 종류 및 건조 조건은 비지의 이화학적 및 품질특성에 영향을 미치는 것으로 확인되었고, 비지 분말의 색도, 유흡특성 및 항산화특성은 가공식품의 품질 향상에 영향을 줄 수 있으며, 특히 항산화 활성이 뛰어난 열풍건조 검은콩 비지의 식품 활용을 기대해 볼 수 있다. 이에 본 연구의 결과는 비지를 이용한 가공식품 개발의 기초자료로 활용될 수 있으며, 더 나아가 비지의 다양한 활용 및 폐기량 감소에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

#### 저자정보

김은지(순천대학교 조리과학과, 석사과정 대학원생, 0009-0000-7302-305X)

정희남(순천대학교 조리과학과, 조교수, 0000-0003-4236-5641)

#### 감사의 글

This work was supported by a Research promotion program of SCNU.

#### Conflict of Interest

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

#### References

- Adepeju AB, Gbadamosi SO, Adeniran AH, Omobuwajo TO. 2011. Functional and pasting characteristics of breadfruit (*Artocarpus altilis*) flours. *African J. Food Sci.*, 5(9):529-535
- AOAC. 1984. Official methods of analysis, 14th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. USA, pp 31-47
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.*, 181:1199-1200
- Cha SH, Shin KO, Han KS. 2020. Studies on the characteristics of concentrated soy protein. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 52(5):459-466
- Chang CI, Lee JK, Ku KH, Kim WJ. 1990. Comparison of soybean varieties for yield, chemical and sensory properties of soybean curds. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22(4):439-444
- Choi HM, Jang HS, Lee NH, Choi UK. 2018. Changes in the characteristics of noodle by the addition of biji powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31(6):919-925
- Choi UC. 2017. Comparison of physicochemical quality of bagles according to addition of burdock powder with different drying methods. Master's degree thesis, Sejong University, Korea, pp 1-3
- Chung SY. 2008. Study on research and development of *Ssanghwa*-mustard sauce and low calori mayonnaise (as emulsifying stability and organoleptic characteristic). Master's degree thesis, Yonsei University, Korea, pp 24-29
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.*, 12(2):239-243
- Guimaraes RM, Ida EI, Falcao HG, Rezende TAM, Silva JDS, Alves CCF, Silva MAPD, Egea MB. 2020. Evaluating technological quality of okara flours obtained by different drying processes. *LWT-Food Sci. Technol.*, 123(2):109062
- Hackler LR, Stillings BR, Polimeni RJ. 1967. Correlation of amino acid indexes with nutritional quality of several soybean fractions. *Cereal Chem.*, 44:638-644

- Hong JH, Lee WY. 2004. Quality characteristics of osmotic dehydrated sweet pumpkin by different drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 33(9):1573-1579
- Ihekoronye AI. 1986. Functional properties of meal products of the nigerian 'red skin' groundnut (*arachis hypogaea* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 37(10):1035-1041
- Jackson CJ, 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
- Jang SH. 2016. Okara improves the fermentation and quality of Jeungpyun. Master's degree thesis, Korea University, Korea, pp 12-32
- Jegal JM. 2022. Comparison of characteristics of chinese artichoke (*Stachys sieboldii* Miq.) according to drying methods and its application to pumpkin sweet potato *yanggaeng*. Doctoral degree thesis, Sejong University, Korea, pp 47-50
- Jin SK, Shin D, Hur IC. 2011. Effects of moisture on quality characteristics of dry-cured ham during storage. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, 31(5):756-762
- Kim DS, Seol MH, Kim HD. 1996. Changes in quality of soybean curd residue as affected by different drying methods. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 25(3):453-459
- Kim EJ, Park JR. 1995. The effect of protein extraction pH on the functional properties of sesame protein concentrates. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24(4):613-618
- Kim HY. 2008. Drying kinetics and isotherm characteristics of water dropwort and their functional properties. Master's degree thesis, Daegu University, Korea, pp 1-2
- Kim JI, Ji SW, Lee JA. 2021. Bean and potato supply and demand trends and forecast. KREI, Korea, pp 209-305
- Kim JY, Bae YM, Hyun JE, Kim EM, Kim JC, Lee SY. 2017a. Microbiological quality of dried and powdered foods stored at various relative humidities. *J. East Asian Soc. Diet. Life*, 27(5):576-582
- Kim MH. 2009. Drying characteristics of bean-curd Refuse. Master's degree thesis, Konkuk University, Korea, pp 14-31
- Kim SH, Jung ES, Kim SY, Park SY, Cho YS. 2017b. Effect of heat treatment on physicochemical properties of soybean. *Korean J. Food Preserv.*, 24(6):820-826
- Kim WJ, Chung NY. 1996. Effect of temperature and pH on thermal stability of aspartame. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28(2):311-315
- Lee DPS, Gan AX, Kim JE. 2020. Incorporation of biovalorised okara in biscuits: Improvements of nutritional, antioxidant, physical, and sensory properties. *Food Sci. Technol.*, 134(1):109902
- Lee S, Lee YB, Kim HS. 2013. Analysis of the general and functional components of various soybeans. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 42(8):1255-1262
- Lee YT, Kim SS, Chae EM. 2001. Physicochemical properties of selected cereals and legumes for the production of extruded multi-grain. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 44(1):30-34
- 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
- Nabasree D, Bratati D. 2007. Antioxidant activity of some leafy vegetables of India: A comparative study. *Food Chem.*, 101(2):471-474
- Oh OH, Han JS. 2004. A survey on perception and usage of bizi (soybean curd residue). *Hem. Ecol. Res.*, 42(3):17-26
- Okezie OB, Bello AB. 1988. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *J. Food Sci.*, 53(2):450-454
- Ostermann-Porcel MV, Rinaldoni AN, Rodriguez-Furlán LT, Campderros ME. 2017. Quality assessment of dried okara as a source of production of gluten-free flour. *J. Sci. Food Agric.*, 97(9):2934-2941
- Peleg H, Naim M, Rouseff RL, Zehavi U. 1991. Distribution of bound and free phenolic acids in oranges (*Citrus sinensis*) and grapefruit (*Citrus paradisi*). *J. Sci. Food Agric.*, 57(3):417-426
- Rahman MM, Mat K, Ishigaki G, Akashi R. 2021. A review of okara (soybean curd residue) utilization as animal feed: Nutritive value and animal performance aspects. *Anim. Sci. J.*, 92(1):e13594
- Ryu MJ, Kim HI, Lee SP. 2007. Quality characteristics of cookies fortified with soymilk cake fermented by *Bacillus subtilis* GT-D. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 36(8): 1070-1076
- Seo TS. 2014. Effect of soybean-curd residues extracts on physicochemical quality properties of pork sausage. Master's degree thesis, Kangwon University, Korea, pp 1-3
- Seong JH, Park HS, Chung HS, Kim DS, Kim HS, Lee YG. 2017. Effects of young persimmon fruit powder on rice cookie quality. *Korean J. Food Preserv.*, 24(8):1060-1066
- Shin DH, Lee YW. 2002. Quality attributes of bread with soybean milk residue-wheat flour. *Korean J. Food Nutr.*, 15(4):314-320
- Sim WS, Kim HJ, Ku SB, Chae SH, Choi YW, Men X, Park SM, Lee OH. 2020. Analysis of nutritional components and physiological activity of butternut squash (*Cucurbita moschata*) by drying methods. *Korean J. Food Nutr.*, 33(1):91-97
- Smith DM. 2010. Food analysis. Springer, New York, pp 261-281
- Sofiya J, Smita R, Khashti D, Vasudha A, Anita P, Veena P. 2022. Comparative nutritional and antimicrobial analysis of Himalayan black and yellow soybean and their okara. *J. Sci. Food Agric.*, 102(12):5358-5367
- Song YE, Han HA, Lee SY, Shin SH, Choi SR, Song EJ, Kwon SJ. 2020. Quality characteristics of black soybean sediments according to different addition ratio of black

- soybean. *Korean J. Food Nutr.*, 33(3):299-308
- Wang H, Cao G, Prior RL. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.*, 45(2):304-309
- Wu H, Wang Q, Ma T, Ren J. 2009. Comparative studies on the functional properties of various protein concentrate preparations of peanut protein. *Food Res. Int.*, 42(3):343-348
- Yoon JM. 2015. Development of process technology for the nutrient fortification and health promoting of biji. Master's degree thesis, Andong University, Korea, pp 1-3
- Zhang Y, Zhou X, Zhong J, Tan L, Liu C. 2019. Effect of pH on emulsification performance of a new functional protein from jackfruit seeds. *Food Hydrocoll.*, 93:325-334
- 
- Received September 15, 2023; revised October 23, 2023; accepted October 23, 2023