pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 5, pp. 339~346 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.5.339

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

기능성 원료를 첨가하여 기능성 표시제도를 적용한 검은콩 선식 제품의 품질 특성 및 항산화활성

이강표[1] · 인예원[1] · 임준석[2] · 조근희[2] · 이옥환[2]* · 이부용[3]*
[1]㈜엄마사랑
[2]강원대학교 바이오산업공학부 식품생명공학전공
[3]차의과대학교 식품생명공학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Black Soybean *Sunsik* Product with Functional Food Ingredients and Functional Labeling System

Kang-Pyo Lee[1], Ye-Won In[1], June seok Lim[2], Geun hee Cho[2], Ok-Hwan Lee[2]*, Boo-Yong Lee[3]*
[1]*Motherlove Co., Ltd. Seoul 06533, Korea*
[2]*Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon, Korea*
[3]*Department of Food Science and Biotechnology, Cha univercity, Seong-Nam, Korea*

(Received September 19, 2022/Revised October 04, 2022/Accepted October 04, 2022)

ABSTRACT - This study was performed to investigate the quality characteristics and antioxidant activity of black soybean *Sunsik* product with functional food ingredients and functional labeling system. We prepared black soybean *Sunsik* (BS) containing black beans, cereals, and vegetables. Black soybean *Sunsik* with nondigestible maltodextrin and calcium lactate (BSN) was prepared by adding non-digestible maltodextrin and calcium lactate to the base recipe to apply a functional labeling system. The particle size in BS was 118.00 μm, whereas BSN was 127.00 μm. The respective L, a, and b color values of BS were 73.25, 2.36, and 14.21. The respective L, a, and b values of BSN were 73.21, 2.36, and 14.31. The respective water retention capacities of BS and BSN were 241.67% and 216.33%. No significant difference was observed between BS and BSN in the three physicochemical properties described above. However, the pH of BSN was 5.45, which was significantly lower than that of BS. The total respective phenolic contents of BS and BSN were 1.75 mg GAE/g and 1.61 mg GAE/g, and total respective flavonoid contents of BS and BSN were 6.36 mg RE/g and 5.95 mg RE/g. The antioxidant capacities of BS and BSN were compared via assays of DPPH and ABTS radical scavenging activities, FRAP, and reducing power. The antioxidant activities of BS and BSN increased in a dose-dependant manner. No significant difference between BS and BSN was observed in any measure of antioxidant capacity. These results suggested that the addition of functional food ingredients (non-digestible maltodextrin and calcium lactate) did not affect the quality characteristics and antioxidant activity of black soybean *Sunsik*.

Key words: *Sunsik*, Non-digestible maltodextrin, Black soybean, Antioxidant activity, Quality characteristics

*Co-Correspondence to: Dr. Boo-Yong Lee, Dept. of Food Science and Biotechnology, CHA University, Pocheon 1160, Korea
Tel: +82-31-725-8371, Fax: +82-31-725-8350
E-mail: bylee@cha.ac.kr
*Correspondence to: Dr. Ok-Hwan Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
Tel: +82-33-250-6454, Fax: +82-33-259-5561
E-mail: loh99@kangwon.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

최근 1인 가구 및 맞벌이 가구가 증가하면서 가정식 대용품(HMR, Home Meal Replacement)이나 간편 대용식(CMR, Convenient Meal Replacement)에 대한 소비가 증가하고 있다[1]. HMR은 별도의 조리과정 없이 그대로 섭취하거나 조리과정이 단순화된 편의성을 갖춘 식품으로 일반적으로 완전 또는 반조리 형태로 소비자들에게 제공되기 때문에 조리 시간이 단축된다는 장점이 있으며[2], CMR은 물이나 우유에 타 마실 수 있는 분말 형태로 제공되는 제품으로 조리와 섭취 시간이 단축된다는 장점이 있어 바쁜 현대인들에게 아침 식사 대용으로 주목받고 있다[3]. 국내 CMR 시장은 1인 가구의 증가로 급성장하여 2019년 기준 연간 8,000억 원대 규모로 추정되며[4], 2030년 국내 1인 가구 비율이 전체 인구의 35%에 달할 것으로 예상됨에 따라[5], CMR 시장은 지속적으로 성장할 전망이다. CMR 제품의 종류는 액상 및 분말 곡물, 죽, 시리얼 바(cereal bar) 등 점차 그 범위를 넓혀 가고 있다. 곡물 기반 음료는 바쁜 현대인의 필수 영양소 섭취량을 효율적으로 충족해주기 때문에 전 세계적으로 소비되는 대표적인 CMR 제품이다. 최근 다양한 곡물 기반 음료의 물리화학적 특성과 생리활성에 대해 연구가 진행되었는데, Bembem 등[6]에 따르면 곡물 기반의 즉석 음료는 영양학적 이점 외에도 높은 페놀 및 라디칼 소거 활성을 가지고 있고, Fernandes 등[7]에 따르면 보리, 귀리, 메밀, 붉은 쌀로 만든 잡곡 음료는 항산화 활성과 프리바이오틱 활성으로 소비자들에게 건강상의 이점을 제공한다고 보고되었다.

우리나라에서는 예로부터 선식을 곡물 기반의 즉석 음료로 소비해왔다. 선식은 날 것 또는 순간고온건조방법 사용해 고온열풍으로 가공 처리된 농수산물을 원료로 한다[8,9]. 최근에는 건강식품에 대한 관심도가 증가함에 따라 선식에 각종 건채소, 견과류, 과일, 기능성 원료 등의 재료를 첨가하여 생리활성 향상과 영양성분 함량을 높인 제품들이 출시되고 있다. Park[10]에 따르면 식용 곤충을 첨가한 선식이 대조군 선식보다 항산화 능력과 소비자 선호도가 더 높았고, Koh 등[11]에서는 발효 선식이 비 발효 선식보다 가용성 고형분 함량, 산화안정성, 아미노산이 높아 용해도 및 영양성분 함량이 증가하였다고 보고되었다. 이렇듯 여러 연구에서 첨가된 재료에 따른 선식의 품질 향상과 영양소 함량의 증가가 보고되었지만 난소화성 말토덱스트린을 첨가한 선식의 품질이나 영양소 함량 변화에 대한 연구는 미비하다.

선식의 가장 흔한 재료로는 볶은 현미, 보리, 율무, 귀리, 콩 등이다[12]. 그 중 콩은 이소플라본, 레시틴, 사포닌 등의 생리활성 물질들이 다양하게 함유되어 있어 항암, 항균 효과는 물론 심혈관 질환을 예방하는 것으로 알려져 있다[13]. 콩은 일반적으로 종자피, 떡잎, 배아로 나눌 수 있으며, 종자피에는 고농도의 페놀 화합물이 함유되어 있고 종자피의 색깔에 따라 콩의 종류가 나뉜다[14]. 종자피가 검은색인 검은콩은 anthocyanin이 종자피에 다량 함유되어 있어 강한 항산화 효과가 있는 것으로 보고되었다[15,16].

난소화성 말토덱스트린은 옥수수 전분을 가수분해하여 얻은 수용성 식이섬유이며, 혈당상승 억제, 혈중 중성지방 개선 등의 기능을 인정받은 기능성원료 중에 하나이다[17]. 난소화성 말토덱스트린의 혈당 상승 억제 효과에 대한 연구에 따르면, 난소화성 말토덱스트린은 당류 소화효소군에 내성을 가졌으며, 설탕을 먹인 쥐에서 소화에 의해 생성된 포도당의 흡수를 억제하고 혈당 상승을 유의하게 억제하는 것으로 보고되었다[18,19]. 또한, 성인에게 난소화성 말토덱스트린을 섭취하게 함으로써 혈당과 인슐린 분비가 감소한다는 연구 결과가 보고되었다[20]. 하지만 Lee 등[21]의 연구에서는 식이섬유의 첨가로 인해 제품 품질 특성이 변하는 것이 보고되었으며, 이와 같은 문제로 인해 식이섬유를 첨가한 식품은 품질 특성과 항산화 활성 변화에 대한 연구가 필요하다. 난소화성 말토덱스트린을 첨가한 식품에 관한 연구로 저지방 머핀, 케이크, 기능성 글루텐 프리면의 품질 특성이 보고되었으나, 난소화성 말토덱스트린을 첨가한 선식 제품의 품질 특성과 항산화 활성에 관한 연구는 전무한 실정이다[22-24]. 따라서 본 연구에서는 난소화성 말토덱스트린과 젖산칼슘 등의 기능성 원료를 첨가하여 기능성 표시제도를 적용한 검은콩 선식 제품의 품질 특성 및 항산화활성을 비교 분석하였다.

Materials and Methods

실험재료 및 시약

본 연구에서 사용된 검은콩 선식(BS, black soybean *Sunsik*)은 검은콩, 백태, 현미, 보리, 쌀보리, 검정쌀, 통밀, 옥수수 등의 원료로 제조한 제품으로 ㈜엄마사랑(Seoul, Korea)으로부터 제공받았다. 기능성 표시제도가 적용된 검은콩 선식(BSN, black soybean *Sunsik* with nondigestible maltodextrin and calcium lactate) 제품의 경우, 검은콩 선식(BS)에 난소화성 말토덱스트린(non-digestible maltodextrin)과 젖산칼슘을 각각 4.8% 및 2%을 혼합하여 제조하여 시료로 사용하였다. 이들 시료의 품질특성의 경우, BS 및 BSN 시료를 사용하여 측정하였으며, 항산화활성의 경우에는 각각의 시료 2.5 g을 dimethyl sulfoxide (DMSO) 50 mL를 용해하고 30분간 sonication처리 후, 원심분리기(416, GYROZEN Co., Gimpo-si, Korea)를 이용하여 1518×g로 원심분리하여 항산화 실험에 사용하였다. 본 연구에 사용된 ascrobic acid, gallic acid, 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical (DPPH), Folin-Ciocalteu's phenol reagent, sodium phosphate monobasic, sodium phosphate dibasic, trichloroacetic acid, 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS), potassium persulfate, potassium acetate, rutin, sodium acetate, 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ), ferric acid, DMSO는

Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였고, aluminum nitrate, sodium carbonate는 삼전화학(주) (Seoul, Korea)로부터 구입하여 사용하였으며, acetic acid는 J.T Baker (Philipsburg, NJ, USA)에서 구매해 사용하였다.

품질특성 분석

BS와 BSN의 입도 분포는 선식 200 mg을 취해 20 mL의 ethyl alcohol 99.9% (Junsei Co., Tokyo, Japan)에 분산시킨 후, particle size analyzer (Model Mastersizer 3000, Malvern Panalytical Ltd, Malvern, UK)를 이용하여 측정하였고, 색도는 BS와 BSN을 100 Φ plate에 평평하게 담아 색도계(CR-400/410, Konica Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L)와 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b)값을 3회 반복 측정하였다. 이때 사용한 표준백관의 L, a, b 값은 각각 90.84, 0.05, 1.74이었다. BS와 BSN의 수분 결합력은 Medealf 등[25]의 방법을 인용하여 측정하였다. 선식 1 g에 증류수 40 mL를 가하여 실온에서 1시간 동안 교반한 후, 원심분리기를 사용하여 966×g로 30분간 원심분리하여 분리된 상등액을 제거한 뒤 침전된 시료의 무게를 측정하였다. 위 방법을 3회 반복 수행하여 측정하였으며, 수분 결합력(%)은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{수분 결합력 (\%)} = \frac{\text{침전된 시료의 무게}}{\text{시료의 무게}} \times 100$$

BS와 BSN의 pH는 선식 5 g에 증류수 500 mL를 가한 후, vortex (Vortex Genie 2, Scientific Industries, Inc., Bohemia, NY, USA)로 균질화하고 여과지를 이용하여 여과한 액을 pH meter (Cyberscan pH 510, Eutech Instruments Co., Breda, Netherlands)로 3회 반복 측정하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석

총 페놀 함량 측정은 Duval 등[26]의 방법을 참고하여 측정하였다. BS와 BSN을 농도별로 희석한 용액 1 mL, 2% sodium carbonate 용액 1 mL 및 10% Folin-Ciocalteu's reagent 1 mL을 혼합하여 1시간 동안 암소에서 반응시킨 후, microplate reader (Spectramax i3, Molecular Devices Co., Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정한 후 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 함량을 계산하였다. 총 플라보노이드 함량은 Moreno 등[27]의 방법을 이용해 측정하였다. BS와 BSN을 농도별로 희석한 용액 0.5 mL에 aluminum nitrate, potassium acetate를 0.1 mL, 증류수 2.8 mL를 첨가하고 상온에서 30분간 반응시켰다. 이후, 반응물은 원심분리기를 이용하여 1518×g로 1분간 원심분리하고 상등액을 취해 microplate reader를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정한 후, rutin을 이용하여 작성한 표준 곡선으로 총 플라보노이드 함량을 측정하였다.

항산화 활성

DPPH 라디칼 소거능은 Blois[28]의 방법을 변형하여 측정하였다. BS와 BSN을 농도별로 희석한 시료 0.2 mL에 0.0004 M DPPH 시약 0.8 mL를 첨가한 후 25°C 암소에서 10분간 반응시켰다. 이후, 반응물은 원심분리기(Kinetic energy 26 joules, Labnet Inc, Edison, NJ, USA)를 이용하여 2000×g로 1분간 원심분리하였고 상등액을 취해 microplate reader를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 다음 계산식에 의하여 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다. 대조군으로는 ascorbic acid (ASA)를 사용하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{A_{Experiment}}{A_{control}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등[29]의 방법을 참고하였다. 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate 용액을 암소에서 16시간 반응시켜 라디칼을 발생시켰으며 734 nm에서 흡광도 값이 0.70±0.02가 되도록 희석하였다. BS와 BSN을 농도별로 희석한 용액 10 μL에 ABTS 용액 1 mL을 첨가하여 상온에서 6분 반응시켰다. 그 후, 원심분리기를 사용하여 2000×g로 1분간 원심분리하여 상등액을 취해 734 nm에서 microplate reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 다음 계산식에 의하여 ABTS 라디칼 소거능을 나타내었으며, 양성대조군으로 ASA를 사용하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{A_{Experiment}}{A_{control}}\right) \times 100$$

FRAP 활성 측정은 Benzie 등[30]의 방법을 참고하였다. sodium acetate 와 acetic acid를 혼합해 pH 3.6의 sodium acetate buffer를 만들고, 40 mM HCl과 TPTZ를 혼합하여 10 mM TPTZ solution을 만들었다. 실험을 위한 반응 용액은 sodium acetate buffer (pH 3.6), 10 mM TPTZ 및 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$를 10 : 1 : 1의 비율로 혼합하여 사용하였다. 반응용액 1.5 mL와 BS 및 BSN을 농도별로 희석한 용액 50 μL, 증류수 150 μL를 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시켰다. 이 후 반응물은 원심분리기를 이용하여 2000×g로 1분간 원심분리하였고 상등액을 취해 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Reducing power는 Yen 등[31]의 방법을 변형하여 측정하였다. BS와 BSN을 농도별로 희석한 용액 0.5 mL, 0.2 M sodium phosphate buffer 0.5 mL와 1% potassium ferricyanide 0.5 mL를 혼합하여 50°C에서 20분간 반응시킨 후 혼합액에 trichloroacetic acid 0.5 mL를 첨가하고 원심분리기(Hanil

Science Industrial Co. Ltd., MICTRO, Daejeon, Korea)를 이용하여 1790×g로 10분간 원심분리하였다. 혼합물의 상층액 2.5 mL와 3차 증류수 2.5 mL 그리고 0.1% Iron(III) chloride 0.5 mL을 혼합하고 microplate reader를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 수행하여 평균값과 표준편차를 계산하였고 결과값의 통계처리는 통계 소프트웨어 SPSS statistics ver 26.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였다. 유의성 분석은 ANOVA 검정을 실시하여 Duncan의 다중 범위 검정법(Duncan's multiple range test)으로, 유의성은 $P<0.05$ 수준에서 검정하였다.

Results and Discussion

품질특성 분석

BS와 BSN의 입도는 Table 1과 같다. BS와 BSN의 평균입자 크기는 각각 118.00±12.09 μm, 127.00±14.73 μm로 두 시료간의 유의미한 차이는 없었다. BS와 BSN의 색도를 측정한 결과는 Table 2와 같이, BSN의 경우 난소화성 말토덱스트린과 젖산칼슘을 첨가하였음에도 BN의 색도와 비교하여 L, a, b값 모두 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 BS의 원료인 검은콩과 곡류의 색깔이 옅은 황색을 띄고 있기 때문에 난소화성 말토덱스트린을 첨가하여도 선식제품의 색 변화에 미치는 영향을 그리 크지 않은 것으로 나타났다.

한편, BS와 BSN의 수분 결합력을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 수분 결합력은 시료에 함유된 성분과 수분과의 친화성을 나타내어 주는 것으로 결합된 물은 시료 입자에 의해 흡수되거나 시료의 표면에 흡착되며, 전분 내의 비결정형 부분이 많을수록 수분 결합력이 높아진다고 알려져 있다[32,33]. 난소화성 말토덱스트린은 많은 양의 수용성 식이섬유를 가지고 있고 높은 수분 결합력은 수용성 식이섬유의 대표적인 특성으로 알려져 있다[34]. 식이 섬유의 여러 선행 연구를 보면 식이 섬유의 함량이 증가할수록 수분 결합력이 증가한다고 보고된 바 있다[21,35]. 하지만, 본 연구에서는 BS와 BSN에서의 수분 결합력은 유의성을 나타내지 않았으며 그 이유는 BSN에 첨가된 난소화성 말토덱스트린에 비해 BN 및 BSN에 제조에 사용된 원료에 함유된 식이섬유에 의한 수분결합력이 더 크게 나타나 유의미한 차이를 보이지 않은 것으로 사료된다. BS와 BSN의 pH를 분석한 결과는 Table 2와 같이 BSN의 pH가 BS보다 낮은 값을 보였는데, 이는 난소화성 말토덱스트린 첨가에 의한 것으로 사료되며 파운드케이크 제조시 난소화성 말토덱스트린의 첨가가 pH가 감소에 영향을 미친다는 연구와 유사한 경향을 보였다[36].

총 페놀 및 플라보노이드 함량 분석

페놀성 화합물은 식물체에 특수한 색상을 부여하고 산화-환원 반응의 기질 역할을 하는 2차 대사 산물 중 하나이고 한 분자 내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl를 포함하기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 쉽게 결합하여 항산화, 항암 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있다[37,38]. BS와 BSN의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량 분석 결과는 Table 3과 같이 총 폴리페놀 함량은 BS

Table 1. Particle size of black soybean *Sunsik* (BS) and black soybean *Sunsik* with nondigestible maltodextrin and calcium lactate (BSN)

Sample	Percent of particle size (μm)			
	Dv (10)[1)]	Dv (50)	Dv (90)	Mean diameter
BS	10.53±1.04[2)]	84.70±13.79	278.33±38.96	118.00±12.09
BSN	10.70±0.73	95.60±15.29	298.33±25.04	127.00±14.73

[1)]Dv(x) : The maximum particle diameter below which x% of the sample volume.
[2)]Mean±SD.
*$P<0.05$.

Table 2. Physicochemical properties of black soybean *Sunsik* (BS) and black soybean *Sunsik* with nondigestible maltodextrin and calcium lactate (BSN)

Sample	Color values			pH	Water holding capacity (%)
	L[1)]	a[2)]	b[3)]		
BS	73.25±0.31	2.36±0.07	14.21±0.15	6.00±0.04***	241.67±30.66
BSN	73.21±0.40	2.36±0.08	14.13±0.14	5.45±0.03	216.33±13.01

[1)]Lightness.
[2)]Redness.
[3)]Yellowness.
* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

및 BSN에서 각각 1.75±0.26 mg GAE/g 및 1.61±0.19 mg GAE/g로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총 플라보노이드 함량 또한 BS 및 BSN에서 각각 6.36±0.34 mg RE/g 및 5.95±0.54 mg RE/g로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Table 3. Total polyphenol and flavonoid contents of black soybean *Sunsik* (BS) and black soybean *Sunsik* with nondigestible maltodextrin and calcium lactate (BSN)

Sample	Total phenolic content (mg GAE[1)]/g)	Total flavonoid content (mg RE[2)]/g)
BS	1.75±0.26	6.36±0.34
BSN	1.61±0.19	5.95±0.54

[1)]Galic acid equivalent content.
[2)]Rutin equivalent content.
* $P<0.05$.

말토덱스트린의 함량이 증가함에 따라 총 고형분이 증가하고 제품의 항산화활성 등의 효능이 감소될 것으로 예상하였으나, 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량의 통계적 유의성이 나타나지 않았으므로 BSN에 첨가된 난소화성 말토덱스트린에 의한 항산화 활성에 미치는 영향은 미미한 수준으로 사료된다[39].

항산화 활성

DPPH에 의한 항산화 활성은 화합물이 DPPH 라디칼에 전자를 공여함으로써 자유기를 소거하는 활성을 색 변화를 통해 측정한다[40]. BS와 BSN의 DPPH 라디칼의 소거능을 측정한 결과는 Fig. 1A와 같다. 두 선식 모두 농도 의존적으로 라디칼 소거능이 증가하는 경향을 보였으며, BS와 BSN 사이에 DPPH 라디칼 소거능은 유의미한 차이

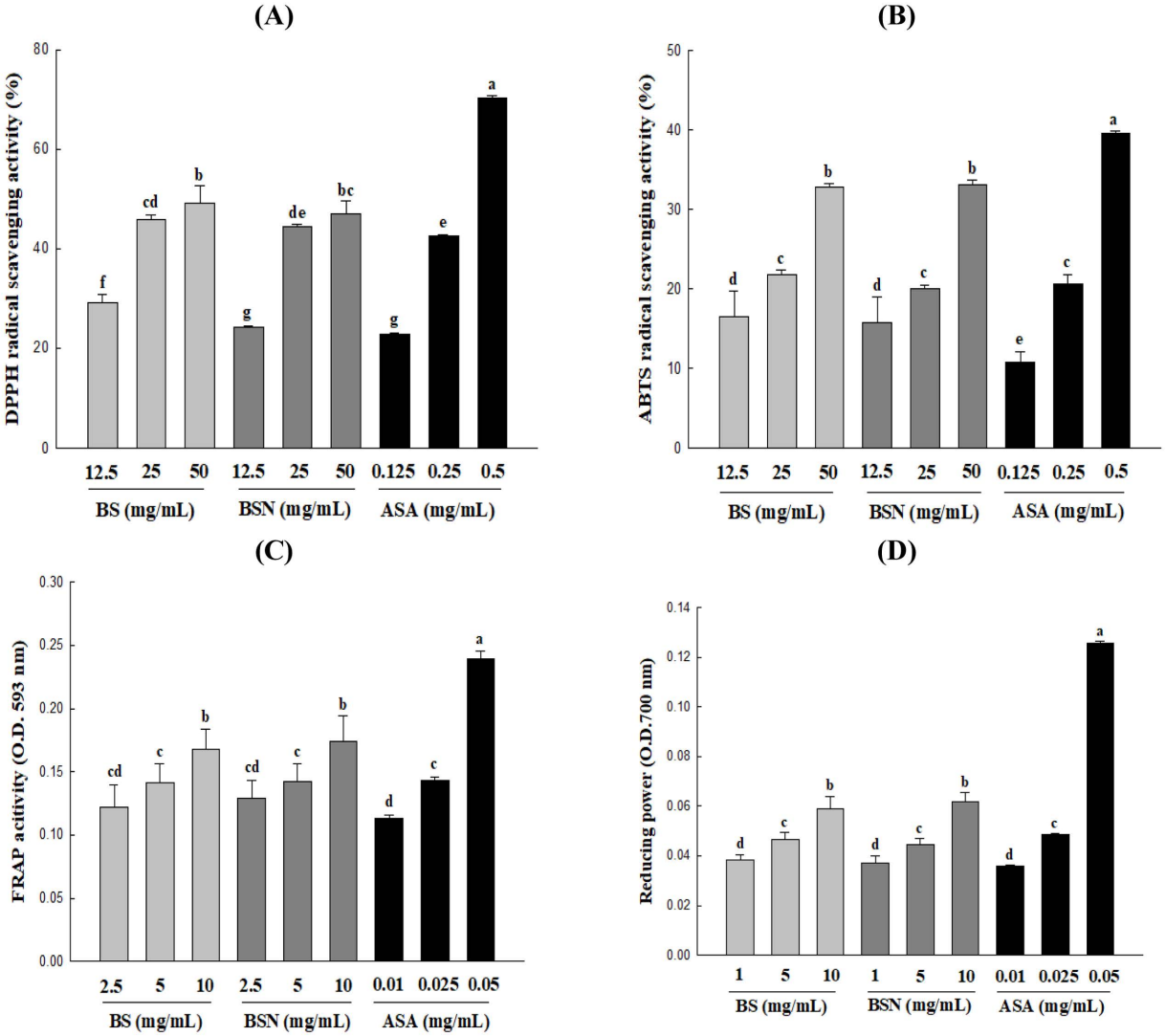

Fig. 1. Antioxidant activity of black soybean *Sunsik* (BS), black soybean *Sunsik* with non-digestible maltodextrin and calcium lactate (BSN) and ascorbic acid (ASA). (A); 2,2-diphenyl-1-pic-rhlhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, (B); 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity, (C); FRAP activity, (D); reducing power. Each value is expressed as the mean±SD of triple determination. The other letters on the bar indicate a significant difference of $P<0.05$ in the Duncan multi-range test.

를 보이지는 않았다.

ABTS 라디칼 소거능은 산화성물질을 만나 청록색이 탈색되는 것으로 흡광도를 측정하여 추출물의 라디칼 소거능을 측정할 수 있다[41]. BS와 BSN의 ABTS 라디칼 소거능은 Fig. 1B와 같다. 두 선식 모두 DPPH 실험과 마찬가지로 농도 의존적으로 라디칼 소거능이 증가하였으며, 두 선식 사이에 ABTS 라디칼 소거능 또한 유의미한 차이를 보이지 않았다.

FRAP은 낮은 pH에서 항산화 작용으로 인해 Fe^{3+}-TPTZ가 Fe^{2+}-TPTZ으로 환원된다는 원리를 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법[30]으로, Ferric tripyridyltriazine (Fe^{3+}-TPTZ)복합체에 반응하는 항산화 물질의 양에 의한 색의 변화를 흡광도 측정을 통하여 계측하였다. 본 실험에 따른 결과는 Fig. 1C와 같다. 두 선식 모두 농도 의존적으로 환원력이 높아져 항산화 활성이 증가했으며, 두 선식 사이에 유의미한 차이를 보이지 않았다.

Reducing power은 항산화 능력과 관련된 중요한 요소이며, Vitamin C 등 항산화제의 환원 물질이 ferric-ferricyanide (Fe^{3+})을 ferrous (Fe^{2+})형태로 환원함으로써 시료의 환원력을 흡광도 값으로 나타낸다[42]. 두 선식을 이용하여 reducing power 시험법에 의한 항산화 활성을 측정한 결과, 두 선식의 항산화 활성은 FRAP 실험과 같이 농도 의존적으로 환원력을 증가시키며, 항산화 활성이 증가하였고, 유의미한 차이를 보이지 않았다(Fig. 1D). 이상의 결과로 볼 때, 항산화 활성의 경우에도 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 결과에서와 같이 난소화성 말토덱스트린과 젖산칼슘과 같은 기능성 원료 첨가에 따른 선식 제품의 항산화 활성에는 크게 변화되지 않아, 선식 제품이 가지고 있는 고유 기능성에 기능성 원료를 통한 기능성 표시제도의 도입이 가능한 제품 개발이 가능할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사의 지원(121013-3)을 받아 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구에서는 기능성 원료를 첨가하여 기능성 표시제도를 적용한 검은콩 선식 제품의 품질 특성 및 항산화활성을 비교하였다. 입도 분포의 경우, BS와 BSN에서 각각 118.00±12.09 μm 127.00±14.73 μm 로 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 색도 또한 L, a, b에서 모두 유의미한 차이를 보이지 않았다. 수분 결합력에서는 BS 및 BSN에서 각각 241.67±30.66% 및 216.33±13.01%를 나타내었고 pH는 BSN에서 5.45±0.03로 BS(6.00±0.04)에 비해 낮은 수치를 보였다. 총 페놀함량은 BS 및 BSN에서 각각 1.75±0.26 mg GAE/g 및 1.61±0.19 mg GAE/g로 나타났고, 총 플라보노이드 함량 역시 BS가 6.36±0.3419 mg RE/g로 BSN 5.95±0.54 mg RE/g와 비교해 볼 때 유의미한 차이를 보이지 않았다. 항산화 활성의 경우, 모든 항산화 측정 시험법에서 BS 및 BSN 모두 농도의존적으로 항산화 활성을 증가하는 경향을 보였으며 두 시료간의 항산화 활성의 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이상 결과들을 종합해볼 때, 검은콩 선식에 기능성원료 첨가에 따른 선식 제품의 품질특성에는 큰 변화가 관찰되지 않았으며 항산화활성 등의 고유 기능성도 유지되는 것으로 나타났다. 따라서, 기능성 원료를 첨가하여 제조한 검은콩 선식 제품의 경우 기능성 표시제도를 통해 소비자 니즈에 부합하며 기능성이 향상된 제품화가 가능할 것으로 사료되며, 향후 감각화학적 측면에서 기능성원료에 의한 관능적 특성의 변화 등의 연구가 추가되면 선식제품의 고부가가치화에 기여하는 바가 클 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Kang-Pyo Lee https://orcid.org/0000-0002-7152-9089
Ye-Won In https://orcid.org/0000-0002-0579-4044
June seok Lim https://orcid.org/0000-0002-3137-5767
Geun hee Cho https://orcid.org/0000-0001-6232-1342
Ok-Hwan Lee https://orcid.org/0000-0001-6855-3136
Boo-Yong Lee https://orcid.org/0000-0002-7348-1859

References

1. Choi, E.J., Byung, H.K., A comparison of the fat, sugar, and sodium contents in ready-to-heat type home meal replacements and restaurant foods in Korea. *J. Food Compos. Anal.*, **92**, 103524 (2020).
2. Kim, Y.J., Byun, M.H., Why home meal replacement has been developed?. *The Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **22**, 8-12 (2017).
3. Han, J.H., Soybeans and home meal replacement. *Korea soybean Digest.*, **344**, 2-4 (2019).
4. Kim, N.H., (2022. September 2). Health powder safety survey [pdf file]. Retrieved from https://www.kca.go.kr/odr/cm/in/osCmKcaReptDetW.do
5. Kim, H.G., What are the policy responses to increasing one-person households across the globe?. *Global social security review.*, **11**, 5-15 (2019).
6. Bembem, K., Agrahar-Murugkar, D., Development of millet based ready-to-drink beverage for geriatric population. *J.*

Food Sci. Technol., **57**, 3278–3283 (2020).
7. Fernandes, C.G., Sonawane, S.K., Arya, S.S., Optimization, and modeling of novel multigrain beverage: effect of food additives on physicochemical and functional properties. *J. Food Process. Preserv.*, **43**, 14151 (2019).
8. Jung, J.H., Lee, S.Y., Microbial growth in dry grain food (*Sunsik*) beverages prepared with water, milk, soymilk, or honey-water. *J. Food Sci.*, **75**, 239-242 (2010).
9. Kim, J. H., Yang, J.Y., Microbial and physicochemical characteristics on raw cereal for *Sunsik* by hot-air drying methods. *J. Food Hyg. Saf.*, **27**, 415-419 (2012).
10. Park, K.H., Quality, and characteristics of manufacturing *Sunsik* with edible insect (mealworm). *Culin. Sci. Hosp. Res.*, **24**, 13–23 (2018).
11. Koh, E.M., Jang, K.H., Surh, J.H., Improvement of physicochemical properties of cereal based ready-to-eat *Sunsik* using fermentation with *Bionuruk* and *Bifidobacterium longum*. *Food Sci. Biotechnol.*, **23**, 1977-1985 (2014).
12. Lee, E.J., Kim, S.G., Yoo, S.R., Oh, S.S., Hwang, I.G., Kwon, G.S., Park, J.H., Microbial contamination by *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, and *Enterobacter sakazakii* in *Sunsik*. *Food Sci. Biotechnol.*, **16**, 948–953 (2007).
13. Liu, K.S., 1997. Chemistry, and nutritional value of soybean components. In: soybeans. Chapman & Hall, New York, NY, USA, pp. 25-113.
14. Dueñas, M., Hernández, T., Estrella, I., Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. *Food Chem.*, **98**, 95-103 (2006).
15. Furuta, S., Takahashi, M., Takahata, Y., Nishiba, Y., Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Suda, I., Radical-scavenging activities of soybean cultivars with black seed coats. *Food Sci. Technol.*, **9**, 73-75 (2003).
16. Kim, S.H., Kwon, T.W., Lee, Y.S., Choung, M.G., Moon, G.S., A major antioxidative components and comparison of antioxidative activities in black soybean. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **37**, 73-77 (2005).
17. Livesey, G., Tagami, H., Interventions to lower the glycemic response to carbohydrate foods with a low-viscosity fiber (resistant maltodextrin): meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.*, **89**, 114-125 (2009).
18. Ohkuma, K., Matuda, I., Katta, Y., Hanno, Y., Pyrolysis of starch and its digestibility by enzymes-characterization of indigestible dextrin. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **37**, 107-114 (1990).
19. Yamada, Y., Hosoya, S., Nishimura, S., Tanaka, T., Kajimoto, Y., Nishimura, A., Kajimoto, O., Effect of bread containing resistant starch on postprandial blood glucose levels in humans. *Biosci.. Biotechnol. Biochem.*, **69**, 559-566 (2005).
20. Fujiwara, K., Matsuoka, A., Improvement of glucose tolerance by low-viscosity, water-soluble dietary fiber, indigestible dextrin. *Jpn. J. Nutr. Diet.*, **53**, 361-368 (1995).
21. Lee, H.I., Lee, H.G., Bae, I.Y., Impact of dietary fibers from various source in wheat flour gel model: Aspect of suitability of processing and in vitro starch digestibility. *Food Eng. Prog.*, **17**, 297-304 (2013).
22. Jung, J.Y., Kim, S.A., Chung, H.J., Quality characteristics of low-fat muffin containing corn bran fiber. *The Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **34**, 694-699 (2005).
23. Kim, Y.A., The effect of nondigestible maltodextrin on the quality of cake. *Journal of The Keonyang University.*, **13**, 9-22 (2004).
24. Nam, S.W., Kim, E., Kim, M.R., Physicochemical quality of functional gluten-free noodles added with nondigestible maltodextrin. *J. East Asian Soc. Dietary Life.*, **25**, 681-690 (2015).
25. Medealf, DG., Gilles, KA., Wheat starches, I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558-568 (1965).
26. Duval, B., Shetty, K., The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J. Food Biochem.*, **25**, 361-377 (2007).
27. Moreno, M.I., Isla, M.I., Sampietro, A.R., Vattuone, M.A., Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.*, **71**, 109-114 (2000).
28. Blois, M.S., Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.*, **181**, 1199-1200 (1958).
29. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-evans, C., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, **26**, 1231-1237 (1999).
30. Benzie, I.F.F., Strain, J.J., The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.*, **239**, 70-76 (1996).
31. Yen, G.C., Duh, P.D., Antioxidative properties of methanolic extracts from peanut hulls. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **70**, 383-386 (1993).
32. Lee, S.M., Baik, M.Y., Kim, H.S., Effect of high-pressure homogenization on Biji paste and optimization of bread fortified with dietary fiber. *Food Eng. Prog.*, **18**, 95-101 (2014).
33. Lee, S.K., Shin, M.S., Characteristics of defatted and lipid reintroduced sweet potato starches. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 341-348 (1991).
34. Kye, S.K., Water binding capacity of vegetable fiber. *Korean J. Food & Nutr.*, **9**, 231-235 (1996).
35. Jeon, E.R., Effects of dietary fibers from cooked rice kernel for sikhe on the rice starch properties. Ph.D Dissertation, Chonnam National University, Gwangju, Korea (1998).
36. Kim, Y.S., Cho, M.S., Development and optimization of a pear pound cake with resistant starch and digestion resistant maltodextrin. *The Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **49**, 80-89 (2020).
37. Hallivell, B., Aeschbach, R., Löliger, J., Aruoma, O.I., The characterization of antioxidant. *Food Chem. Toxicol.*, **33**, 601-617 (1995).
38. Kim, H.J., Jun, B.S., Kim, S.K., Cha, J.Y., Cho, Y.S., Polyphenolic compound content and antioxidative activities by

extracts from seed, sprout and flower of safflower (*Carthamus tinctorius L*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 1127-1132 (2000).
39. Chong, S.Y., Wong, C.W., Effect of spray dryer inlet temperature and maltodextrin concentration on colour profile and total phenolic content of Sapodilla (*Manilkara zapota*) powder. *Int. Food Res. J.*, **24**, 2543-2548 (2017).
40. Kang, S.A., Han, J.A., Choue, R.W., DPPH radical scavenger activity and antioxidant effects of Cham-Dang-Gui (*Angelica gigas*). *The Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **33**, 1112-1118 (2004).
41. Robin, V.B., Guido, R.H., Henk, V.B., Aalt, B., Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem.*, **66**, 511-517 (1999).
42. Oyaizu, M., Studies on products of the browning reaction. Antioxidative activities of browning reaction products prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.*, **44**, 307-315 (1988).