

Research Article

서리태로 제조한 템페의 항산화활성

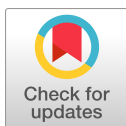
최진희*

대진대학교 식품영양학과

Antioxidant Activities of Tempeh prepared with Black Soybeans

Jin-Hee Choi*

Dept. Food Science and Nutrition, Daejin University, 11159, Republic of Korea



Received: Nov. 26, 2024

Revised: Dec. 17, 2024

Accepted: Dec. 19, 2024

*Corresponding author :

Jin-Hee Choi
Department of Food Science and
Nutrition, Daejin University,
Pocheon-si 11159,
Republic of Korea
Tel: +82-31-539-1866
E-mail: prochoi@daejin.ac.kr

ORCID

Jin-Hee Choi
<https://orcid.org/0000-0001-9337-9272>

Abstract

This study aimed to evaluate the potential of black soybeans (Seoritae) as a probiotic food ingredient through the preparation of tempeh. Seoritae, a black soybean variety, is known for its high content of anthocyanins and glycitein compared to white soybeans, and these compounds are widely reported to exhibit potent antioxidant properties. Tempeh was prepared using white soybeans as the control group (CON), while varying proportions of Seoritae and white soybeans were used to produce additional tempeh samples. The total polyphenol and flavonoid contents, antioxidant activity, pH, and color properties of the tempeh were analyzed. The results showed that the total polyphenol and flavonoid contents significantly increased with higher proportions of Seoritae. Furthermore, DPPH and ABTS⁺ radical scavenging activities, along with reducing power, demonstrated a proportional increase. The lightness (L* value) decreased as the Seoritae content increased, while the pH remained unaffected. This study provides foundational data for the development of probiotic food ingredients by assessing the antioxidant activity and quality characteristics of tempeh made with Seoritae as a fermented food.

Keywords

black soybean, tempeh, fermented foods, probiotic foods, antioxidant activities

서론

템페(tempeh)는 콩에 *Rhizopus oligosporus*를 접종하여 발효시키는 인도네시아의 전통식품으로, 발효 과정에서 하얀색의 균사가 생겨 점착성이 생기며 형태를 유지하게 한다(Lee *et al.*, 2014). 템페는 올리고당과 아미노산, 식이섬유, 비타민 B₁₂ 등이 원료인 대두보다 풍부하고, 동물성 단백질 급원과 비교하여 포화지방 및 콜레스테롤의 함량은 낮고, 필수지방산과 필수 아미노산이 풍부하여 영양밀도가 높다(Song *et al.*, 2021). 발효과정에서 생기는 점착성 물질과 항균물질로 인하여 보존성이 높기에 효율

적인 단백질 공급원으로 인도네시아에서 이용되어 왔으며, CH_4 와 CO_2 와 같은 온실가스를 배출하는 동물성 식품의 대체 단백질 원료로 최근 주목받고 있다(Jeong and Jo, 2018; Kim, 2018; You *et al.*, 2020). 템페는 발효 중에 비타민 B_2 , B_3 , B_6 및 B_{12} 등의 함량은 증가, 탄수화물은 stachyose와 raffinose로 단백질은 유리 아미노산으로 분해되어 본래의 콩보다 체내 흡수가 더 쉬워져 소화성과 최종 단백질 이용성이 증가하게 된다(Bavia *et al.*, 2012). 또한 프리바이오틱스 및 이소플라본, 폴리페놀 화합물 등 다양한 기능성 화합물이 다량 함유되어 있어 항산화 기능이 우수하다고 알려져 있다(Winarno *et al.*, 2021). 선행 연구로는 템페의 질감과 프로필에 대한 연구(Erkan *et al.*, 2020), 템페의 건강상의 이점과 발효, 안정성 등에 관한 연구(Winarno *et al.*, 2021), Song 등 (2021)의 국산 대두로 만든 템페의 품질 특성 및 대두 품종별 아미노산 조성에 대한 연구 등이 있으나 일반적으로 흰콩으로 알려진 대두로 제조한 템페 연구들만 보고되어 있다.

서리태는 종피는 검은색이고 속은 녹색인 검은콩의 일종으로 서리를 맞은 후 수확한다고 하여 이름이 붙여졌다. 서리태는 흰콩인 대두와 비교하여 안토시아닌을 다량 함유하여 항산화 활성이 높고 혈액 순환에 도움을 주며 신장 기능을 강화하는 효과가 있으며, isoflavone 일종인 glycitein이라는 항암물질이 풍부하다(Kim *et al.*, 2020). Kim(2002)의 연구에서 검은콩 종피에는 안토시아닌 물질로 cyandin-3-glucoside, petunidin-3-glucoside, delphinidin-3-glucoside를 검출하였다.

따라서 본 연구에서는 우수한 기능성을 가진 서리태를 원료로 하여 콩발효식품인 템페를 제조하고, 이를 통해 항산화 활성 및 생리활성 물질을 평가하고자 한다. 특히 서리태 고유의 높은 항산화활성과 풍부한 생리활성 물질이 흰콩인 대두와 비교하여 템페 발효 과정을 통해 더욱 증진되는지를 확인하고, 이를 통하여 서리태를 활용한 템페의 프로바이오틱 식품소재 가능성을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료와 템페의 제조

실험에 사용된 대두와 서리태는 2024년 10월에 경기도 포천시의

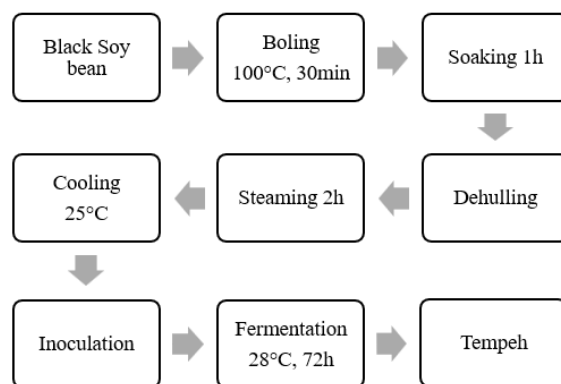


Fig. 1. Flow sheet for manufacturing tempeh

마트에서 구입하였으며, 템페종균은 *Rhizopus oligosporus* (KCTC No. 6969)를 생물자원센터에서 분양 받았다. 템페는 Fig. 1과 같은 방법으로 제조하였으며, 배합비는 Song 등(2021)의 선행연구를 참조하여 대두함량의 0%, 25%, 50%, 75%를 서리태로 대체하여 제조하였다(Table 1). 대두와 서리태를 수세한 후 100°C 에서 30분간 가열하고 실온에서 1시간 수침한 후 껍질을 제거하였다. 그 이후 2시간 증자한 후 실온까지 냉각시키고 템페 종균을 접종하여 대두와 혼합한 후 $15\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 로 모양을 만들어 압착하여 28°C 의 incubator (JSGI-Series heated incubator, JSR, Kongju, Korea)에서 72시간 발효시켰다. 완성된 템페는 중량의 9배수 70% 에탄올과 함께 분쇄한 후 실온에서 24시간 동안 시료액을 추출하여 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

시료희석액 $150\text{ }\mu\text{L}$ 에 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent $150\text{ }\mu\text{L}$ 와 $2,400\text{ }\mu\text{L}$ 증류수를 가한 후, 암소에서 3분 동안 반응한 뒤 1 N sodium carbonate $300\text{ }\mu\text{L}$ 를 첨가하여 암소에서 2시간 동안 방치하였다. 흡광도는 725 nm (DU-800, beckman coulter Inc., Seoul, Korea)로 측정하였고, 표준물질로는 gallic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 계산한 후 g당 mg gallic acid equivalent (mg GAE/g)로 표시하였다.

Table 1. Formulas of tempeh prepared with black soybeans

Ingredients	CON	25%	50%	75%
Soy bean (g)	100	75	50	25
Black soy bean (g)	0	25	50	75
<i>Rhizopus oligosporus</i> (g)	0.5	0.5	0.5	0.5
Total(g)	100.5	100.5	100.5	100.5

총 플라보노이드 함량 측정

시료액 1 mL에 90% diethyleneglycol 10 mL와 1 mL의 1 N NaOH를 가하여 혼합하였다. 시료액은 37℃ water bath에서 1시간 방치하고 분광광도계로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 quercetin (SigmaChemical Co.)을 농도별로 반응시킨 값으로 나타냈으며, 총 플라보노이드 함량을 시료 1 g 중 mg quercetin equivalents(mg QE/ g)로 표시하였다.

DPPH 라디칼 소거활성 측정

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼에 대한 소거활성은 시료 희석액 4mL에 1 mL DPPH 용액(1.5×10^{-4} M)를 가하고 30분간 암소에 반응시켰다. 흡광도는 517 nm로 측정하였으며, 소거 활성은 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = (1 - (\text{O.D. of sample} / \text{O.D. of control})) \times 100$$

ABTS⁺라디칼소거활성 측정

ABTS⁺라디칼에 대한 소거활성은 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 증류수로 용해한 ABTS⁺ 7.0 mM에 2.45 mM 농도로 증류수에 용해한 potassium persulfate를 가하여 암실에서 24시간 방치하여 ABTS⁺ solution은 734 nm에서 흡광도가 0.70 ± 0.02 가 되도록 에탄올로 희석해 사용하였다. 소거활성은 100 μ L의 시료액에 ABTS⁺용액 900 μ m을 가한 후 1분 간격으로 6회 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 흡광도 값을 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{ABTS}^+ \text{ radical scavenging (\%)} = (1 - (\text{O.D. of sample} / \text{O.D. of control})) \times 100$$

환원력

시료액 2.5 mL에 2.5 mL 1% potassium ferricyanide 와 2.5 mL 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6)를 혼합한 것을 50℃의 water bath에서 20분 동안 반응시켰다. 반응시킨 시료에 2.5 mL 10% trichloroacetic acid 를 첨가하여 1,935 \times g에서 10분 동안 원심분리(Sorvall legend RT, Thermo Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 한 후 증류수 2.5 mL와 상등액 2.5 mL를 혼합한 다음 1 mL 0.1% ferric chloride 를 첨가하였다. 분광광도계를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정된 값을 환원력으로 나타내었다.

pH

템페 10 g에 90 mL의 증류수를 넣고 희석한 10% 용액을 pH meter(A211 Bench top, Orion Star, MA, USA)를 사용하여 측

정하였다. pH는 5회 반복 측정하였으며 평균과 표준편차로 값을 제시하였다.

색도

색도는 시료를 투명한 용기에 담아 색차계(Choma meter CR-400, KONICA MINOLTA, Japan)를 사용하여 20회 반복 측정하였고, L값(명도, lightness), a값(적색도, +redness/-greeness), b값(황색도, +yellowness/-blueness)의 평균값을 구하였다. 이때 사용된 표준 백판 값은 L=93.54, a=-0.05, b=3.48을 나타냈다.

통계처리

실험 결과값은 SPSS(statistics package for the social science, Ver. 27.0 for Window) program을 사용하여 통계처리 하였다. 실험은 pH와 색도를 제외하고 3회 반복 실험하여 평균과 표준편차로 값을 제시하였고, 각 실험군 간의 통계적 유의성 검정에 따른 통계분석은 one-way ANOVA를 사용하였다. $p < 0.05$ 수준에서 Tukey range test를 실시하여 각 시료 간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

흰콩으로만 제조한 CON과 흰콩과 서리태의 비율을 달리한 실험군의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량 측정 결과는 Fig. 2에 제시하였으며, 본 실험에 사용한 대두와 서리태의 총 폴리페놀 함량은 각각 155.32 mg GAE/g, 180.15 mg GAE/g으로 측정되었다(Table 2). 템페의 총 폴리페놀은 CON이 200.45 mg GAE/g으로 가장 낮았으며 25%, 50%, 75% 실험군이 각각 214.93, 232.32, 250.84 mg GAE/g으로 서리태 첨가량에 따라 증가하였다($p < 0.05$). 본 실험에서 사용한 대두와 서리태의 총 플라보노이드 함량은 각각 40.65 mg QE/g, 61.68 mg QE/g으로 측정되었으며(Table 2), 템페의 총 플라보노이드 함량은 CON, 25%, 50%, 75% 실험군 각각 52.54, 64.51, 80.55, 100.86 mg QE/g으로 서리태 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다(Fig. 2). 식물체에 널리 분포되어 있는 폴리페놀은 페놀 수산기를 가진 화합물과 총칭으로 향산화 활성, 항균작용, 항암 등 다양한 기능성을 나타내며, 폴리페놀류에 속하는 플라보노이드는 플라본, 이소플라본, 안토시아닌과 같은 생리활성 물질을 말한다(Choi, 2021). 대두와 서리태는 이소플라본, 사포닌과 같은 폴리페놀 성분을 다량 함유하고 있는데, 발효과정을 거치면 일반적으로 원료콩보다 그 함량이 높아지고

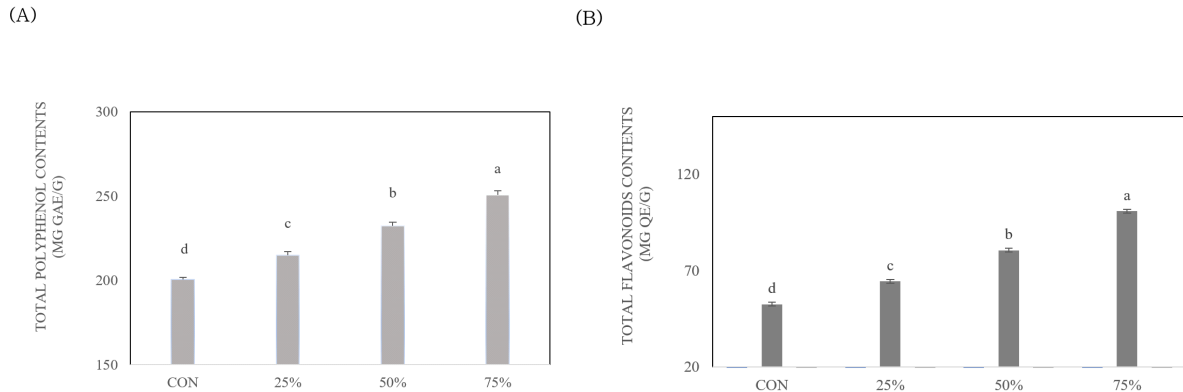


Fig. 2. Total polyphenol contents(A) and total flavonoids contents (B) of tempeh prepared with black soybeans. ^{a-d}Means sharing the same letters within a line are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's HSD test

Table 2. Total polyphenol and flavonoids contents of Soybeans

	Total polyphenol contents (mg GAE/g)	Total flavonoid contents (mg QE/g)
Soy bean	155.32±3.65	40.65±0.98
Black soy bean	180.15±2.56	61.28±1.53

항산화 활성이 증가하는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2016). 또한 서리태는 일반 대두와는 다르게 안토시아닌과 같은 플라보노이드계 색소를 가지고 있어 서리태 첨가량에 따라 템페의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가한 것으로 생각된다. Joo와 Park(2010)의 연구에서 검은콩 서리태 청국장지의 총 폴리페놀함량이 403.58mg GAE/g이었으며, Shin 등(2020)은 품종별 검은콩 발효물 항산화 연구에서 검은콩(청자 3호) 발효물의 총 폴리페놀 함량이 473.71mg GAE/g으로 본 연구의 템페보다 상대적으로 높은 함량을 나타냈다. 한편 Kim *et al.*(2017)은 쥐눈이콩 발효물의 총 플라보노이드가 32.7 mg/g으로 본 연구의 템페보다 상대적으로 낮은 함량을 나타냈다. 이러한 차이는 미생물 균주의 특성과 대두 품종, 온도 등 발효조건에 따른 효소활성에 따른 차이로 사료된다. 이소플라본은 일반적으로 glycoside 형태의 이소플라본 이성질체와 비배당체로 존재하는데 대두의 수침 및 가열 등에 의해 용출된 β -glycosidase의 작용에 의해 비배당체로 전환되는 것으로 알려져 있다 (Shin *et al.*, 2020). 따라서 본 연구에서도 효소의 작용에 따라 원료콩과 템페의 생리활성 물질 함량이 다르게 측정된 것으로 생각된다.

DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거활성

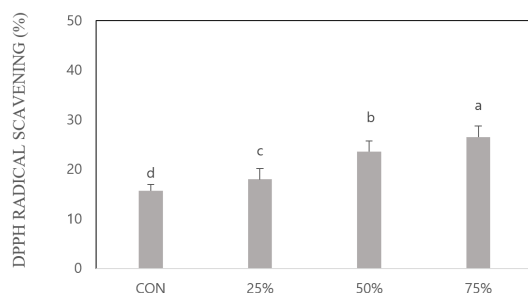
서리태의 비율을 달리한 템페의 DPPH 및 ABTS⁺라디칼 소거활성은 Fig. 3에 나타났다. DPPH 라디칼 소거활성은 CON, 25%,

50%, 75% 실험군이 각각 15.68%, 17.96%, 23.54%, 26.53%로 서리태 첨가량에 따라 소거활성이 증가하였다($p < 0.05$). ABTS⁺라디칼 소거활성 역시 CON이 40.68%로 가장 낮았으며, 75% 실험군이 60.54%로 가장 높은 소거활성을 나타냈다($p < 0.05$). Kim(2002) 연구에서 검은콩 종피에는 안토시아닌 물질로 cyanidin-3-glucoside, petunidin-3-glucoside, delphinidin-3-glucoside를 검출했다고 보고했다. 대두와 서리태가 가지고 있는 플라본, 이소플라본, 사포닌과 같은 항산화활성 물질의 영향으로 생각되며, 서리태 첨가량에 따라 안토시아닌 함량이 높아져 라디칼 소거활성을 향상시킨 것으로 판단된다. 본 연구에서 DPPH 라디칼 소거활성보다 ABTS⁺라디칼 소거활성이 더 높게 측정되었는데, Jeon 등(2011)은 서리태 에탄올 추출물의 100~500 ppm 농도에서 DPPH 라디칼 소거활성이 16.30~63.75%, ABTS⁺라디칼 소거활성이 23.40~87.68%라고 보고하였다. 이는 서리태의 에탄올 추출물이 유리 라디칼과 반응하기 적합한 구조인 hydroxyl기를 가진 화합물이 존재로 나타난 결과라고 설명하였다. Gil 등(2016)은 미생물 접종 균주와 상관없이 청국장에서 유기산 중 젖산이 가장 높은 함량을 나타냈으며, Youn 등(2002)은 청국장 콩에서 acetic acid가 가장 많이 검출되었는데, 템페의 발효과정에서 유기산 함량이 높아지며 원료콩보다 높은 항산화 활성을 나타낸 것으로 생각된다.

템페의 환원력

서리태 비율을 달리한 템페의 환원력 측정결과는 흡광도 범위가

(C)



(D)

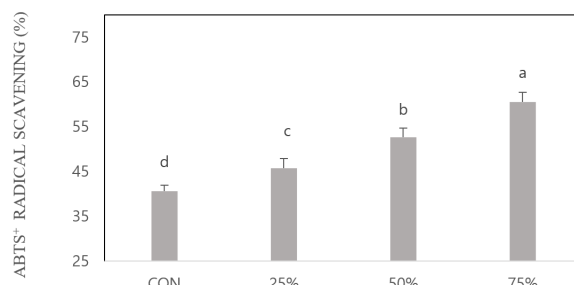


Fig. 3. DPPH radical scavenging (C) and ABTS⁺ radical scavenging (D) of tempeh prepared with black soybeans. ^{a-d}Means sharing the same letters within a line are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's HSD test.

0.536~0.577로 나타났으며(Table 3), 서리태 첨가량이 증가함에 따라 템페의 환원력도 증가하였다. 이는 일반적인 흰콩인 대두보다 서리태가 안토시아닌과 같은 생리활성 물질을 다량 함유하고 있기 때문으로 사료되며, 앞선 DPPH 라디칼 및 ABTS⁺ 라디칼 소거활성과 유사한 항산화 활성을 보였다.

pH

서리태의 비율을 달리한 템페의 pH는 Table 4에 나타났다. CON, 25%, 50%, 75% 실험군의 pH는 각각 6.29, 6.32, 6.31, 6.36으로 중성에 가까운 약산성 범위로 측정되었지만 유의적인 차이는 없었다. Son 등(2000)은 발효과정에서 대두의 단백질이 아미노산이 분해되어 탈아미노화로 인하여 pH는 높아지고 산도는 낮아져 원료 콩의 pH보다는 알칼리화 된다고 하였다. 또한 Song 등(2021)은 대두품종에 따른 템페의 pH 차이가 유의적이지 않았다고 보고하였

다. 따라서 본 연구에서 서리태가 템페의 pH에는 유의적인 영향을 미치지 못한 것으로 생각된다.

색도

서리태의 비율을 달리한 템페의 색도는 Table 4에 나타났다. 명도를 나타내는 L*값은 85.60~91.45, a*는 -2.68~0.18 범위로 서리태 첨가량에 따라 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 반면 b*값은 13.44~14.01 범위를 나타냈지만 실험군간의 유의적인 차이는 없었다. 서리태 함량에 따라 명도가 감소하였는데, 이는 서리태 본연의 색도가 영향을 미친 것으로 사료된다. 서리태분말을 첨가한 마카롱 연구(Kim *et al.*, 2020)에서도 서리태분말 첨가량에 따라 L값은 감소하고 a값은 감소하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. Kim 등(2011)은 대두를 발효시킬 때 대두의 아미노산과 당에 의해 멜라노이딘이 생성되어 색에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 그

Table 3. Reducing power of tempeh prepared with black soybeans

Sample	CON	25%	50%	75%
Reducing power (optical density)	0.536±0.045 ^b	0.556±0.051 ^{ab}	0.566±0.071 ^{ab}	0.577±0.089 ^a

^{a-b}Means sharing the same letters within a line are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's HSD test.

Table 4. pH and color values of tempeh prepared with black soybeans

Sample	CON	25%	50%	75%
pH	6.29±0.01 ^{NS}	6.32±0.02 ^{NS}	6.31±0.02 ^{NS}	6.36±0.01 ^{NS}
Color	L*	89.35±0.15 ^{bc}	87.37±0.23 ^{ab}	85.60±0.17 ^a
	a*	0.15±0.01 ^b	-1.96±0.01 ^{ab}	-2.68±0.01 ^a
	b*	13.53±0.35 ^{NS}	14.01±0.55 ^{NS}	13.44±0.21 ^{NS}

^{a-c}Means sharing the same letters within a line are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's HSD test. ^{NS}Not significant.

러나 템페는 외관과 색도의 상관성에 대하여 명확히 밝혀지지 않아 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

요 약

본 연구는 생리활성이 뛰어난 서리태를 이용하여 템페를 제조함으로써 서리태의 프로바이오틱스 소재의 가능성을 연구하고자 하였다. 흰콩의 종류 중 하나인 일반 대두로 제조한 템페를 CON로 설정하고, 대두와 서리태의 비율(서리태 25%, 50%, 100%)을 달리하여 실험군 템페를 제조한 후 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, 항산화 활성, pH, 색도 등의 특성을 분석하였다. 연구 결과, 서리태 첨가량이 증가함에 따라 템페의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 유의적으로 증가하였으며, DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거활성, 환원력 또한 비례적으로 증가하는 경향을 보였다. 색도(명도 감소)는 서리태의 첨가에 영향을 받았으나, pH 변화는 유의하지 않았다. 한편, 본 연구는 사용된 미생물 균주와 발효 조건이 폴리페놀 및 플라보노이드 함량에 미치는 영향을 구체적으로 분석하지 못하였으며, 서리태 첨가량에 따른 색도 변화와 항산화 활성 간의 연관성을 명확히 규명하지 못한 한계가 있다.

따라서, 향후 연구에서는 미생물 균주와 발효 조건의 영향을 심층적으로 분석하고, 서리태 첨가량이 템페의 외관 및 관능적 특성에 미치는 영향을 평가하여 상업적 활용 가능성을 검토할 필요가 있다. 그러나, 본 연구는 서리태를 이용하여 템페를 제조하고, 이를 발효식품으로 개발하기 위한 항산화 활성 및 품질 특성을 분석함으로써, 프로바이오틱스 식품 소재 개발을 위한 기초자료를 제공했다는 점에서 의의가 있다.

References

1. Bavia ACF, Silva CE, Ferreira MP, Leite RS, Mandarino JMG, and Carrão-Panizzi MC (2012) Chemical composition of tempeh from soybean cultivars specially developed for human consumption. *Food Sci. and Tec.*, **32**, 613-620.
2. Choi JH (2021) Antioxidant activity and quality characteristics of cookies prepared with citrus peels powder. *Culi Sci. & Hos Res.*, **27**, 77-86.
3. Erkan SB, Gurler HN, Bilgin DG, Germec M, and Turhan I (2020) Production and characterization of tempehs from different sources of legume by *Rhizopus oligosporus*. *LWT*, **119**, 108880.
4. Gil NY, Song J, Eom JS, Park SY, and Choi HS (2016) Changes of physicochemical properties of Cheonggukjang prepared with various soybean cultivars and *Bacillus subtilis* HJ18-9. *Korean J. Food Preserv.*, **23**, 811-818.
5. Jeon YH, Won JH, Kwon JE and Kim MR (2011) Antioxidant activity and cytotoxic effect of an ethanol extract from Seoritae. *Korean J. Food Cook. Sci.*, **27**, 1-10.
6. Jeong JY and Jo C (2018) The application of meat alternatives and ingredients for meat and processed meat industry. *Korean Soc. Food Sci. Ani. Res.*, **7**, 2-11.
7. Joo EY, and Park CS (2010) Antioxidative and fibrinolytic activity of extracts from soybean and Chungkukjang (fermented soybeans) prepared from a black soybean cultivar. *Korean J. Food Preserv.*, **17**, 874-880.
8. Kim DH, Kim SJ, Baek SY, Park YM and Kim MR (2020) Quality characteristics and antioxidant activities of macaron added with *Glycine max* Merr. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutrition*, **49**, 1236-1245.
9. Kim H, Shin JY, Lee AR, Hwang JH and Yu KW (2017) Physiological activity of the fermented small black soybean (*Rhynchosia volubilis*) with a solid-state culture of the bearded tooth mushroom (*Hericium erinaceum*) mycelia. *Korean J. Food Nutr.*, **30**, 1348-1358.
10. Kim SH (2002) Components responsible for antioxidative activity in black soybean. Master's thesis. Inje University, Gimhae, Korea.
11. Kim YA (2018) Soy protein: a high-quality, plant-based protein. *Food Sci. Ind.*, **51**, 270-277.
12. Kim YS, Kim MC, Kwon SW, Kim SJ, Park IC, Ka JO, and Weon HY (2011) Analyses of bacterial communities in meju, a Korean traditional fermented soybean bricks, by cultivation-based and pyrosequencing methods. *J. Microbiol.*, **49**, 340-348.
13. Lee GY, Kim SI., Jung MG, Seong, J H, Lee YG, Kim HS, Chung HS, Lee BW, and Kim DS (2014) Characteristics of Chungkookjang that enhance the flavor and GABA content in a mixed culture of

- Bacillus subtilis* MC31 and *Lactobacillus sakei* 383. *J. Life Sci.*, **24**, 1102-1109.
14. Lee M, Sorn SR, Park Y, and Park HK (2016) Anthocyanin-rich black soybean testa improved visceral fat and plasma lipid profiles in overweight/obese Korean adults: a randomized controlled trial. *J. Med. Food*, **19**, 995-1003.
 15. Shin DS, Park HY, Park JY, Sim EY, Kim HS, Jeong KH, and Choi HS (2019). Properties of antioxidant activities and volatile flavor compounds of fermented black soybean products by soybean cultivar. *Food Eng. Prog.*, **24**, 358-365.
 16. Shon MY, Lee SW, and Nam SH (2007). Antioxidant and anticancer activities of *Glycine semen germinatum* fermented with germinated black soybean and some bacteria. *Food Sci. Preserv.*, **14**, 538-544.
 17. Shon MY, Seo KI, Park SK, Cho YS, and Sung NJ (2001). Some biological activities and isoflavone content of Chungkookjang prepared with black beans and *Bacillus* strains. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **30**, 662-667.
 18. Son DH, Kwon OJ, Ji WD, Choi UK, Kwon OJ, Lee EJ, Cho YJ, and Cha WS (2000). The quality changes of Chungkookjang prepared by *Bacillus* sp. CS-17 during fermentation time. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, **43**, 1-6.
 19. Song HN, Seo MJ, Kim HS, Choi HS, Park JY, Sim EY, and Park HY (2021). Physico-chemical properties of Korean soybean (*Glycine max* L.) and tempeh by *Rhizopus* sp. from soybean cultivars. *J. East Asian Soc. Diet. Life*, **31**, 281-290.
 20. Winarno A, Cordeiro L, Winarno FG, Gibbons J, and Xiao H (2021). Tempeh: A semicentennial review on its health benefits, fermentation, safety, processing, sustainability, and affordability. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, **20**, 1717-1767.
 21. You GY, Yong HI, Yu MH, and Jeon KH (2020). Development of meat analogues using vegetable protein: A review. *Korean J. Food Sci. Tech.*, **52**, 167-171.
 22. Youn KC, Kim DH, Kim JO, Park BJ, Yook HS, Cho JM, and Byun MW (2002). Quality characteristics of the Cheonggukjang fermented by the mixed culture of *Bacillus natto* and *Bacillus licheniformis*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **31**, 201-210.