



Special Issue

Physicochemical properties, bioactive ingredients, and antioxidant activity of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain

맥주박 첨가 청국장의 이화학적 특성, 기능성 성분 및 항산화 활성

Si Hyung Lee, Kyung Young Yoon*

이시형 · 윤경영*

Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

영남대학교 식품영양학과

Abstract Brewer's spent grain (BSG), a major by-product of the brewing industry, is often discarded despite its high nutritional and functional components. This study aimed to utilize BSG as a food material by incorporating it into *cheonggukjang*. The physicochemical properties, bioactive components, and antioxidant activity of *cheonggukjang* were measured with varying BSG addition ratios. There were no significant differences in crude fat, crude protein, and carbohydrate contents based on BSG addition. Crude saponin and taurine contents increased with BSG, with *cheonggukjang* (15% BSGC) containing 15% BSG showing the highest levels at 232.52 µg/g diosgenin equivalent (DE)/g DW and 213.95 µg/g DW, respectively. Eighteen types of free amino acids were detected, and total and essential amino acid contents were highest in 15% BSGC at 17.80 mg/g DW and 12.50 mg/g DW, respectively. The addition of BSG to *cheonggukjang* increased the contents of reducing sugar and glutamic acid, which impart sweetness and umami, respectively. The total polyphenol content also increased with higher BSG, and IC₅₀ values for DPPH and ABTS scavenging activities decreased, indicating enhanced antioxidant activity. As a result, it is anticipated that *cheonggukjang*, with improved palatability and biological activities, could be manufactured by adding BSG.

Keywords Brewer's spent grain, *cheonggukjang*, antioxidant activity, free amino acid, crude saponin



OPEN ACCESS

Citation: Lee SH, Yoon KY. Physicochemical properties, bioactive ingredients, and antioxidant activity of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain. Food Sci. Preserv., 31(5), 683-692 (2024)

Received: August 12, 2024

Revised: October 15, 2024

Accepted: October 21, 2024

***Corresponding author**

Kyung Young Yoon
Tel: +82-53-810-2874
E-mail: yoonky2441@ynu.ac.kr

Copyright © 2024 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

청국장은 삶은 콩에 고초균(*Bacillus subtilis*)을 접종하여 발효시킨 대표적인 전통 발효식품으로 일반적인 장류는 소금을 사용하여 수개월 발효시키는 데 반해, 청국장은 소금을 사용하지 않고 37-50°C에서 2-3일간 짧게 발효시킨다(Lee 등, 2009). 청국장은 발효과정 중 미생물이 생산하는 효소의 작용으로 콩 단백질이 다양한 peptide와 amino acid로 분해되어 체내 흡수율이 높아지고 동시에 구수한 맛과 감칠맛을 낸다(Shin, 2010). 청국장은 발효과정 중 고초균에 의해 끈끈한 점액이 생기는 것이 특징이며, 끈끈한 성분의 주성분은 poly-γ-glutamic acid과 isoflavone이 변화되어 생성되는 aglycone으로, poly-γ-glutamic acid는 칼슘의 흡수를 돕고 aglycone은 항산화 및 항균작용을 가진다(Iwai 등, 2002; Marco 등, 2017). 또한 청국장은 phytic acid, saponins, phenolic acid, 식이섬유 및 올리고당 등의 각종 생리 활성 물질을 다량 함유하고 있다(Jung 등, 2022; Kim 등, 2021a). 이러한 기능성 성분에 기인하여 청국장은 항염증, 항알레르기, 혈전용해성, 항산화 효과, 당뇨 개선 등의 생리활성 기능을 가지며, 장운동 증진 및 장 건강에 도움을 주는 다량의 미생물을 함유하고 있어 기능성 식품으로 주목받고 있다(Mun 등, 2018). 또한 기존의 청국장의 기능성은 물론 다양한

식품소재를 첨가하여 생리기능성과 품질이 향상된 청국장 제조를 위한 연구가 진행되고 있다. 특히 퀴노아(Lee 등, 2018), 녹차분말(Park 등, 2008), 홍삼(Kim 등, 2009a), 배추(Kim 등, 2012) 및 참깨 탈지박(Kim 등, 2009b) 등을 첨가하여 제조된 청국장은 전통적인 청국장에 비해 기호성과 관련된 성분의 함량이 증가되고, 항산화 활성을 비롯하여 우수한 생리기능성을 가지는 것으로 보고되었다.

맥주는 많은 국가에서 대량으로 소비되는 세계적으로 인기 있는 음료로, 발아된 보리에 함유된 효소에 의해 전분이 당으로 분해되고 이것이 효모에 의해 발효되면서 알코올과 이산화탄소로 전환된다(Jung과 Chung, 2017). 맥주를 생산하는 과정에서 물에 녹지 않는 유기성 고체 분획물인 맥주박(Brewer's spent grain)이 생산되는데, 이는 주로 곡물의 껍질, 과피 및 배유 조각으로 구성되어 있다. 맥주박의 생산량은 원료 곡물의 30% 정도를 차지하며, 맥주 생산과정에서 생성되는 전체 부산물 중 85%로 매우 높은 비중을 차지하고 있어 맥주의 인기만큼 그 생성되는 폐기물의 양도 막대하다(Ravindran 등, 2018). 맥주박은 folic acid, niacin, biotin, thiamine, riboflavin과 같은 비타민, 미네랄, 아미노산 및 페놀성 화합물을 포함하고 있을 뿐만 아니라 다량의 식이섬유를 포함하고 있어 식품으로써 활용성이 매우 높다(Mitri 등, 2022). 그러나 수거 및 처리 시설 비용 등으로 인한 경제적인 문제로 대부분 매립 폐기 및 소각되고 있으며 이로 인해 발생하는 온실가스, 악취, 오수 등이 환경적인 문제가 되고 있다. 따라서 맥주박을 폐기물로 버리는 대신 다양한 식품 재료로 활용하기 위한 연구가 진행되고 있다(Ikram 등, 2017). Czubaszek 등(2022)은 맥주박을 첨가함으로써 기능이 우수한 빵을 제조하여 밀가루 대체제로서의 활용 가능성을 제시하였으며, Nocente 등(2019)은 듀럼밀에 맥주박을 첨가하여 식이섬유 및 저항성 전분의 함량이 높고 총 항산화 능력이 우수한 듀럼밀 파스타를 제조하였다. 또한, 맥주박에서 추출된 식이섬유를 프리에멀전과 혼합하여 저지방용 소시지를 제조한 결과, 맥주박이 소시지의 응집력에 영향을 미치지 않으면서 동시에 경도, 검성, 씹힘성을 개선한다고 보고되었다(Choi 등, 2014). 하지만 연구의 대부분이 맥주의 식이섬유의 기능성 및 식품학적 특성에 초점을 두고 있어, 맥주박의 다양한 영양 및 기능성 성분을 모두 활용할 수 있는 연구가 필요하다(MinAlexander 등, 2023).

따라서 본 연구에서는 영양성분과 기능성분이 많이 함유되어 있어 기능성 식품소재로의 활용가능성이 매우 높음에도 불구하고 폐기되고 있는 맥주박을 식품 소재로 활용하고자 하였다. 또한, 맥주박을 첨가하여 청국장을 제조함으로써 품질과 기능이 향상된 청국장을 제조하고자 하였다. 이를 위해 먼저 맥주박의 첨가량을 달리하여 청국장을 제조하고, 첨가 비율에 따른 맥주박 청국장의 이화학적 특성, 품질 특성 및 기능성을 측정하였다. 본 연구를 통해 맥주박의 기능성 식품 소재로의 활용

가능성을 검토함은 물론 품질 및 기능이 향상된 청국장 개발을 위한 기초 자료로 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험 재료

대두는 2023년 영주에서 수확된 것을 구매하여 사용하였다. 대두는 정선 및 수세하여 콩 중량의 3배의 물에 24시간 침지하였으며, 불린 대두를 멸균기에서 121°C에서 40분간 증자한 후, 40°C로 냉각하여 청국장 제조용 대두로 사용하였다. 발효 균주는 *Bacillus subtilis*(KCTC 1012)로 생물자원센터(Korean Collections for Type Cultures, KCTC, Jeongseup, Korea)에서 분양 받아 사용하였다. 분양 받은 균주는 Tryptic Soy Broth 배지(Difco, Becton, Dickinson and Company, USA)를 사용하여 배양 후 24시간 단위로 배양하여 활성화 시켰으며, 4회째 배양된 배양액을 청국장 제조에 사용하였다. 맥주박 분말은 리하베스트사(RE:harvest Co., Ltd, Seoul, Korea)로부터 공급받아 사용하였다. 맥주박 분말에 1:3(w/w)의 비율로 물을 첨가하여 섞은 후 고압 멸균기에서 121°C에서 40분간 증자한 후 40°C로 냉각하여 청국장 제조용 맥주박으로 사용하였다.

2.2. 청국장 제조

맥주박 청국장 제조를 위해 증자된 대두에 증자하여 식힌 맥주박을 대두 중량 대비 0, 5, 10, 15%(w/w)로 첨가하여 잘 혼합하였다. 여기에 배양된 종균을 원재료 대비 5%(v/w) 접종하고 40°C의 항온기(Incubator, J-100S, Jisico, Seoul, Korea)에서 48시간 동안 발효하여 Fig. 1과 같이 청국장을 제조하였다. 제조된 맥주박 청국장을 동결건조(Freeze Dryer, IlshinBioBase, Seoul, Korea)하고, Food Mixer (SHMF-3080SS, Hanil Electric Co., Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 마쇄한 후 30 mesh(Chung Gye Indus., MFG Co., Seoul, Korea)로 체질하였다. 맥주박 청국장 분말은 -30°C deep freezer(MDF, Sanyo, Tokyo, Japan)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2.3. 일반성분 분석

수분 함량은 수분자동측정기(FD-720, Kett, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 조회분 함량은 550°C의 회화로(F48000, Thermolyne™/Barnstead, Dubuque, IA, USA)를 이용하여 직접회화법으로 측정하였다. 조단백은 식품공전의 일반성분시험법의 Kjeldahl법에 따라 microkjeldahl 장치(BUCHI Distillation unit K-350, Flawil, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. 조지방 함량은 조지방 자동추출기(Soxtec 2050, Foss, Hoganas, Sweden)를 이용하여 시료 중의 지방을 diethyl ether로 추출하여 측정하였다. 탄수화물 함량(%)은 시료 전체 함량

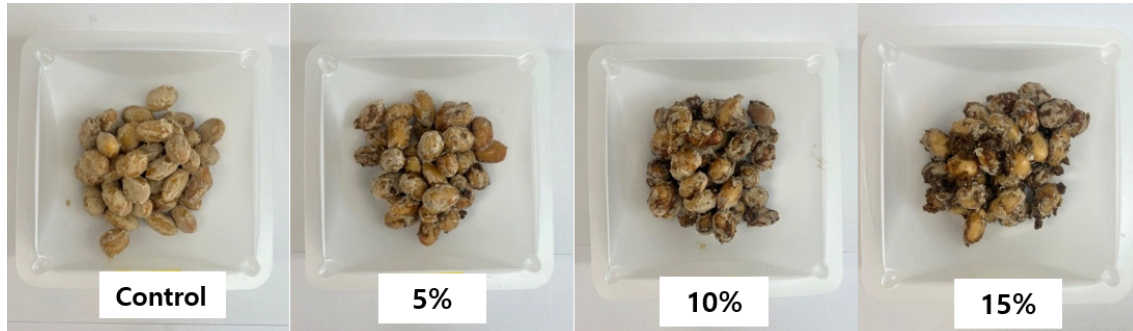


Fig. 1. Cheonggukjang added with brewer's spent grain.

인 100%에서 수분, 조지방, 조회분, 조단백 함량을 뺀 값으로 하였다.

2.4. pH 및 색도 측정

pH 측정은 시료 1 g을 conical tube에 넣고 증류수 20 mL를 넣어 볼텍싱 한 후 원심 분리하여 얻은 상층액을 pH meter (Orion 3 star Benchtop, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 시료의 색도는 색차계(CM-3600D, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter값(L=명도, a=적색도, b=황색도)으로 표시하였다. 이때 사용된 표준 백색판의 L, a 및 b값은 각각 93.20, 0.46, -1.13이었으며, 15회 반복하여 평균과 표준편차로 나타냈다.

2.5. 환원당 및 조사포닌 함량 분석

환원당 함량은 Miller(1959)의 dinitrosalicylic acid(DNS) 방법에 따라 정량하였으며, 시료는 pH와 같은 방법으로 처리하여 사용하였다. 시험관에 시료 1 mL와 DNS 시약 1 mL를 넣은 후 100°C에서 10분간 반응 후 냉각하고 550 nm에서 흡광도(spectrophotometer, U-2900, Hitachi, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 이때 환원당 함량은 glucose(Sigma-Aldrich Co. Ltd., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 작성한 검량선으로부터 환산하여 구하였다.

조사포닌 함량은 Hiai 등(1976)의 방법으로 측정하였다. 250 mL 삼각플라스크에 시료 10 g을 넣은 후 증류수 100 mL를 가한 다음 100°C의 항온수조(MaXturdy, DAIHAN Scientific Co., Wonju, Korea)에서 3시간 동안 추출하였다. 추출된 시료액 100 μ L에 8% vanillin 100 μ L를 가하여 혼합한 후 냉수에서 15분간 방치한 다음, 72% H₂SO₄ 1 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 혼합액을 60°C에서 20분간 반응시킨 후 실온으로 냉각한 다음 microplate reader(Epoch, BioTek instrument Inc., Winooski, VT, USA)를 이용하여 544 nm에서 흡광도를 측정하였다. 조사포닌 함량은 diosgenin을 사용하여 얻은 표준곡선을 이용하여

계산하였으며, μ g diosgenin equivalents(DE)/g dry weight로 나타내었다.

2.6. 유리아미노산 분석

유리 아미노산 분석용 시료는 pH와 같은 방법으로 추출된 시료에 0.2 N HCl을 가하여 혼합한 후 0.45 μ L syringe filter로 여과하여 사용하였으며, High Speed Amino Acid Analyzer (LA8080 Amino SAYA, Hitachi High-Tech, Tokyo, Japan)로 아미노산을 정량하였다. 아미노산은 ninhydrin 반응으로 발색시켜 570 nm와 440 nm에서 분석하였으며, column은 이온교환수지 column(4.6 mm ID×60 mm)을 사용하였고, 시료 주입량은 20 μ L이었다.

2.7. 항산화 분석용 추출물 제조

시료 5 g에 80% 에탄올 200 mL를 넣어 잘 섞은 다음, 60°C의 shaking water bath(BS-11, JeioTech, Seoul, Korea)에서 150 rpm으로 3시간 동안 추출하였다. 추출액을 11,376 \times g (Supra R22, Hanil, Gimpo, Korea)에서 원심분리한 후 여과지로 여과하여 얻은 상층액을 감압 농축(N-1300, Eyla, Tokyo, Japan)하였다. 농축된 추출물은 동결건조(Freeze Dryer, IlshinBioBase)하여 일정 농도로 제조하여 실험에 사용하였다.

2.8. 총폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석

총폴리페놀 함량은 Folin과 Denis(1912)의 방법을 변형하여 측정하였다. 항산화용 추출물에 Folin-ciocalteu's phenol reagent를 첨가하여 혼합한 뒤 Na₂CO₃ 첨가한 증류수를 혼합하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총폴리페놀 함량은 gallic acid (Sigma-Aldrich Co.)로 작성한 표준 곡선으로부터 함량을 구하였으며, mg gallic acid equivalents(GAE)/g dry weight로 나타내었다.

총플라보노이드 함량은 Oh와 Yoon(2017)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 10% aluminum nitrate와 1 M

potassium acetate를 각각 0.1 mL, 80% ethanol 4.3 mL를 가하여 혼합한 뒤 실온에서 40분간 반응시켰다. 이후 415 nm에서 흡광도를 측정 한 후, 총플라보노이드 함량은 quercetin (Sigma-Aldrich Co.)을 이용하여 작성한 표준 곡선으로부터 환산하여 구하였으며, mg quercetin equivalents(QE)/g dry weight로 나타내었다.

2.9. 항산화 활성 측정

2.9.1. DPPH 라디칼 소거능

추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Kim과 Yoon(2020)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 안정 상태의 유리 라디칼인 DPPH를 이용하여 시료가 DPPH 라디칼을 소거하는 정도를 측정하였다. 추출물 200 µL와 0.2 mM DPPH 용액 100 µL를 96-well plate에 취하고 37°C 암실에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader(Epoch, BioTek instrument Inc.)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식에 따라 계산하였으며, 라디칼을 50% 저해하는 농도인 IC₅₀값으로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A - B}{C}\right) \times 100$$

A: Absorbance at 517 nm determined with test sample

B: Absorbance at 517 nm determined with dH₂O instead of DPPH

C: Absorbance at 517 nm determined with dH₂O instead of test sample

2.9.2. ABTS 라디칼 소거능

2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma-Aldrich Co.) 라디칼 소거능은 Kim과 Yoon(2020)의 방법을 이용하여 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 증류수에 용해하여 12-14시간 동안 냉장소에 보관하여 ABTS cation radical(ABTS⁺)을 형성시킨 후 734 nm에서

0.700±0.002의 흡광도가 되도록 80% ethanol로 희석하여 사용하였다. 96-well plate에 농도별로 희석한 시료 15 µL와 희석시킨 ABTS⁺ 용액 300 µL를 첨가하고, 6분간 반응시킨 후 microplate reader(Epoch, BioTek, Instrument Inc.)로 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 아래의 식을 이용하여 계산하였으며, 라디칼을 50% 저해하는 농도인 IC₅₀값으로 나타내었다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{A - B}{C}\right) \times 100$$

A: Absorbance at 517 nm determined with test sample

B: Absorbance at 517 nm determined with dH₂O instead of ABTS

C: Absorbance at 517 nm determined with dH₂O instead of test sample

2.10. 통계처리

색도를 제외한 모든 실험의 결과는 3회 반복으로 수행된 평균값과 표준편차로 나타냈으며, SPSS(ver. 27, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 p<0.05 수준에서 일원배치 분산분석법을 실시하였다. 실험의 평균치 간의 유의적 차이는 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반성분

맥주박을 첨가하여 제조한 청국장 일반 성분을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 수분함량은 0% 청국장이 5.77%로 유의적으로 가장 높았으며, 10% 청국장은 5.27%, 5% 청국장은 5.17%, 15% 청국장은 5.07% 순이었으나 맥주박을 첨가한 청국장 간의 유의적인 차이는 없었다. 조회분의 함량은 10% 청국장이 6.83%로 가장 높았으며, 5% 청국장은 6.77%, 15% 청국장은 6.62%였으며, 0% 청국장은 6.25%로 가장 낮았다. 조지방

Table 1. Proximate composition (%) of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain

Addition ratio of BSG (%)	Water	Carbohydrate ¹⁾	Crude fat	Crude protein	Crude ash
0	5.77±0.12 ^{2)a3)}	27.83±0.84 ^{NS}	19.32±1.25 ^{NS4)}	40.83±2.29 ^{NS}	6.25±0.05 ^b
5	5.17±0.06 ^b	28.42±1.14	19.23±0.76	40.41±0.91	6.77±0.13 ^a
10	5.27±0.06 ^b	27.85±3.43	20.56±2.89	39.49±0.99	6.83±0.38 ^a
15	5.07±0.15 ^b	28.26±1.57	21.20±1.02	38.85±0.65	6.62±0.08 ^{ab}

¹⁾Carbohydrate = 100 - (water + crude ash + crude protein + crude fat).

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Values with different superscript letter in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾NS, not significant.

의 함량은 19.23-21.20%로 각 시료별로 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 15% 청국장이 21.20%로 다른 시료에 비하여 높았다. 조단백질 함량은 38.85-40.83%로 0% 청국장이 40.83% 가장 높았으며 맥주박의 첨가량이 증가할수록 단백질의 함량은 낮았다. 대두에는 약 37%의 단백질이 함유되어 있으며(da Silva 등, 2011), 맥주박의 단백질 함량은 약 30%(Nyhan 등 2023), 맥주박 첨가에 따른 단백질 함량의 감소는 대두박과 맥주박의 단백질 함량 차이에 기인한 것으로 판단되나, 첨가량에 따른 유의적인 차이는 없었다. Park 등(2010)은 생약초 청국장 제조 시 부재료의 첨가량이 증가할수록 단백질 함량이 감소하였다고 보고하여 본 연구와 유사하였다.

탄수화물의 함량은 맥주박 첨가에 의해 약간 증가하였으나 첨가량에 따른 유의적인 차이는 없었는데, 탄수화물의 함량 증가는 맥주박에 함유된 헤미셀룰로오스와 셀룰로오스 등과 같은 비전분성 다당류의 높은 함량에 기인한 것으로 판단된다(Ikram 등, 2017). 이상의 결과에서 맥주박의 첨가에 따른 단백질, 지방 및 탄수화물의 유의적인 차이가 없어 맥주박을 첨가하더라도 청국장의 영양성은 유지될 수 있을 것으로 판단된다.

3.2. pH 및 색도

맥주박의 첨가 비율에 따른 청국장의 pH와 색도는 Table 2와 같다. pH는 7.41-7.48로 시료 간의 유의적인 차이는 없었다. 퀴노아, 울무, 렌틸콩을 첨가한 청국장은 대조군에 비하여 pH가 낮았으며 호두 또는 헤이즐넛을 넣은 청국장은 대조군과 유의적 차이가 없었고, 감초, 미역을 첨가한 청국장의 pH는 대조군에 비하여 증가하는 경향을 보여 첨가물의 종류에 따라 청국장의 pH는 다양함을 알 수 있었다(Yang 등, 2023).

청국장의 색도를 측정된 결과, L값은 5% 청국장이 56.37로 가장 높았으며, 10%(55.14) > 15%(54.89) > 0%(48.31)로 나타났다. 청국장의 a값은 15%가 3.37로 가장 높게 측정되었으며, 10%(3.08) > 5%(3.03) > 0%(2.92)로 맥주박 첨가율이 낮을수록 a값이 유의적으로 낮아졌다. 황색도를 나타내는 b값은 L

값과 마찬가지로 5%(18.25)에서 가장 높았으며, 15%(18.02) > 10%(17.43) > 0%(17.21)로 0% 청국장의 값이 가장 낮았으나 10%와 유의적인 차이는 없었다. 팥콩 분말을 첨가하여 제조된 청국장의 경우 첨가물의 양이 증가할수록 a값이 증가하여 맥주박을 첨가한 청국장과 유사한 결과를 보였다. Kim 등(1998)은 한국 전통 청국장 색도의 평균 값은 L값이 49.07, a값이 6.65, b값이 19.19라고 보고하였다. 전통 청국장의 평균 색도와 맥주박을 첨가한 청국장과 색도를 비교하면 a값이 두 배 이상 차이를 보이는데, 이는 맥주박의 짙은 갈색이 청국장의 색에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다(Naibaho와 Korzeniowska, 2021).

3.3. 환원당 및 조사포닌 함량

맥주박의 첨가 비율에 따른 청국장의 환원당 및 조사포닌의 함량은 Table 3과 같다. 환원당 함량은 0% 청국장이 48.21 mg/g DW으로 유의적으로 가장 낮았으며, 맥주박의 함량이 많을수록 환원당의 함량은 유의적으로 증가하였다. 이러한 결과는 Hong 등(2008)이 홍삼과 복분자를 첨가한 청국장의 환원당 함량을 측정된 결과와 유사하였다. 맥주박 첨가에 따른 환원당의 함량 증가는 맥주박에 함유된 환원당의 유입과 청국장 제조

Table 3. Contents of reducing sugar and crude saponin of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain

Addition ratio of BSG (%)	Reducing sugar (mg/g DW ¹⁾)	Crude saponin (μ g DE ² /g DW)
0	48.21 \pm 0.63 ^{3)(d4)}	218.89 \pm 2.58 ^c
5	61.10 \pm 1.17 ^c	226.24 \pm 0.93 ^b
10	68.93 \pm 0.44 ^b	228.32 \pm 0.60 ^b
15	75.16 \pm 0.67 ^a	232.52 \pm 1.13 ^a

¹⁾DW, dry weight.

²⁾DE, diosgenin equivalents.

³⁾Values are mean \pm SD (n=3).

⁴⁾Values with different superscript letters (a-d) in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 2. pH and Hunter color of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain

Addition ratio of BSG (%)	pH	Hunter color ¹⁾		
		L	a	b
0	7.48 \pm 0.01 ^{2)NS3)}	48.31 \pm 2.50 ^{c4)}	2.92 \pm 0.03 ^d	17.21 \pm 0.88 ^b
5	7.41 \pm 0.01	56.37 \pm 0.17 ^a	3.03 \pm 0.03 ^c	18.25 \pm 0.07 ^a
10	7.45 \pm 0.00	55.14 \pm 0.16 ^b	3.08 \pm 0.04 ^b	17.43 \pm 0.06 ^b
15	7.42 \pm 0.00	54.89 \pm 0.15 ^b	3.37 \pm 0.06 ^a	18.02 \pm 0.06 ^a

¹⁾Color was recorded as L, lightness; a, redness; b, yellowness.

²⁾Values are mean \pm SD (pH, n=3; Hunter color, n=15).

³⁾NS, not significant.

⁴⁾Values with different superscript letters (a-d) in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

시 α -amylase, β -glucosidase 및 cellulase와 같은 다양한 종류의 탄수화물 분해효소가 활성화되어 맥주박의 비전분성 다당류를 단당류 또는 이당류로 분해했기 때문에 판단된다(Lee 등, 2013; Zeng 등, 2021). 환원당은 *B. subtilis*가 당화 amylase를 생성하여 콩의 전분질을 당으로 전환시키며 생성되는 물질로 단맛의 중요한 요소로 작용한다. 따라서 맥주박을 첨가하여 청국장을 제조함으로써 청국장의 기호성을 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다.

맥주박을 첨가한 청국장의 조사포닌 함량은 맥주박 첨가량이 많을수록 증가하였다. 즉, 15% 청국장은 232.52 $\mu\text{g DE/g DW}$ 로 가장 높았으며, 10% 청국장이 228.32 $\mu\text{g DE/g DW}$, 5% 청국장이 226.24 $\mu\text{g DE/g DW}$, 0% 청국장이 218.89 $\mu\text{g DE/g DW}$ 로 나타났다. 콩 사포닌은 트리테르페노이드 사포닌의 일종으로 사포닌의 함량은 5% 미만으로 품종에 따라서 차이가 있으며(Han, 2011), 발효과정 중 미생물의 작용에 의해 그 함량이 감소된다고 보고되었다(Anderson과 Wolf, 1995). MinAlexander 등(2023)은 식품가공부산물의 사포닌 함량을 측정한 결과, 맥주박 가루의 총사포닌 함량은 32.9 mg/g으로 밀가루 1.16 mg/g에 비해 매우 높았으며, 또한 홍삼박 가루의 약 61%에 해당하는 양으로 맥주박이 사포닌 소재로의 활용가능성을 제시하였다. 또한 Oh 등(2017)은 사포닌이 맥주박의 주요 기능성 성분이며, 펄스터 맥주 제조과정에서 생산된 맥주박의 열수 추출물에서 높은 함량의 사포닌이 함유되어 있다고 보고하였다. 따라서 맥주박 첨가 청국장의 높은 사포닌 함량은 맥주박의 사포닌 함량에 기인한 것으로 생각되며, 맥주박을 첨가함으로써 청국장의 사포닌 함량 증가를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

3.4. 유리아미노산

청국장의 유리 아미노산 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같았으며 총 18종의 아미노산이 검출되었다. 총 아미노산의 함량은 15% 청국장이 17,795.42 $\mu\text{g/g DW}$ 로 가장 높았으며 0% 청국장의 경우 12,282.46 $\mu\text{g/g DW}$ 로 가장 낮았다. 필수아미노산의 경우 15% 청국장이 가장 높았으며 5% 청국장이 가장 낮은 함량을 보였다. 각 시료별로 유리 아미노산을 살펴보면, 15% 청국장에서는 phenylalanine이 3,037.67 $\mu\text{g/g DW}$ 로 가장 높았으며, 그 다음으로 glutamic acid, tyrosine 순으로 높았다. 또한 0%와 5% 청국장에서는 glutamic acid가 각각 2,320.10 $\mu\text{g/g DW}$ 와 3,053.52 $\mu\text{g/g DW}$ 로 가장 많이 함유되었으며, 다음으로 phenylalanine, tyrosine 순으로 높은 함량을 보였다. 10% 청국장은 glutamic acid가 3,003.26 $\mu\text{g/g DW}$ 로 가장 높았고, tyrosine, phenylalanine 순으로 함량이 높았다. 이상의 결과에서 모든 청국장에서 공통적으로 glutamic acid, phenylalanine, tyrosine의 함량이 높았으며, 이는 Kim 등(2009a)이 보고한 홍삼 청국장의 유리아미노산 함량과 동일한 경향을 보였다. Nyhan 등

(2023)은 맥주박의 필수아미노산은 총 단백질 함량의 최대 38%를 차지하며, glutamic acid, proline, leucine 등이 풍부하다고 보고하였다. Connolly 등(2013)은 맥주박에서 glutamine, proline, leucine이 7.19-24.73 g/100 g으로 풍부하게 함유되어 있다고 보고하였다. 또한, Zeng 등(2021)은 *Bacillus velezensis*를 이용하여 맥주박을 발효한 결과, 미생물에 분비된 protease가 활성화되어 가용성 단백질의 함량이 높아졌다고 보고하였다. 따라서 맥주박의 첨가량이 증가할수록 총 유리 아미노산 및 필수아미노산의 함량이 증가한 것은 맥주박에 함유된 유리 아미노산의 유입뿐만 아니라(Arauzo 등, 2019), 맥주박 단백질이 발효과정 중 protease에 의해 아미노산으로 분해되었기 때문으로 판단된다. 또한 맥주박 청국장에 많이 함유된 glutamic acid는 체내에서 뇌 발달, 지방산 대사, 삼투압 조절 특성, 근육에 에너지 공급, 중추신경계 조절과 관련된 필수 영양소이며, 유리 상태에서는 감칠맛을 가져 식품의 기호성에 관여하는 중요한 아미노산으로(Lengkidworraphiphat 등, 2021), 맥주박의 첨가가 청국장의 기호성과 기능성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

아미노산 중 단백질 합성에는 관여하지 않지만 γ -aminobutyric acid(GABA), taurine, ornithine, arginine 등과 같은 기능성 아미노산은 체내에서 항산화, 노화억제, 항암, 지질 배출, 간 보호 효과, 삼투압 조절, 동맥경화 억제 등 다양한 역할을 하고 있다. 따라서 이러한 기능성 아미노산 중 GABA와 taurine의 함량을 분석하였다. GABA 함량은 15% 청국장은 610.45 $\mu\text{g/g DW}$ 로 유의적으로 가장 높았으며, 10% 청국장이 555.38 $\mu\text{g/g DW}$ 로 두번째로 높았다. GABA는 자연계에 널리 분포하는 비 단백질 구성의 수용성 아미노산으로 척추에 존재하는 신경전달물질로 뇌기능과 관련된 생리활성으로 잘 알려져 있다(Kim 등, 2021b). Moon 등(2010)은 맥주박의 주성분인 보리의 경우 발아 과정 중 GABA 함량이 높아지고, Waters 등(2012)은 맥아로 조제한 맥주박에 높은 함량의 GABA가 함유되었다고 보고하여, 맥주박의 높은 GABA 함량이 청국장의 GABA 함량에 영향을 준 것으로 보인다. 타우린의 함량은 15% 청국장이 213.98 $\mu\text{g/g DW}$, 10% 청국장이 183.73 $\mu\text{g/g DW}$, 5% 청국장이 170.75 $\mu\text{g/g DW}$, 0% 청국장이 86.23 $\mu\text{g/g DW}$ 로 맥주박의 첨가량에 의존적으로 증가하였다. 타우린은 무색, 무취의 유리 아미노산으로 뇌, 망막, 근육조직 및 신체 전체의 장기에서 가장 풍부한 아미노산 중 하나이며, 삼투압 조절, 칼슘의 유입과 유출, 당대사 조절, 세포증식, 중추신경계 및 심혈관계 질환 예방 등의 역할을 한다(Terriente-Palacios와 Castellari, 2022). 이상의 결과에서 맥주박을 첨가함으로써 필수아미노산을 비롯하여 다양한 기능성 아미노산의 함량이 풍부한 기능성 청국장을 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

3.5. 총플라보노이드 및 폴리페놀 함량

맥주박을 첨가한 청국장의 총플라보노이드 및 폴리페놀 함

Table 4. Free amino acid content of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain ($\mu\text{g/g DW}^{1)}$)

Amino acid	Addition ratio of BSG (%)			
	0	5	10	15
Essential amino acid (EAA)				
Histidine	597.67 \pm 0.18 ^{2)(c3)}	516.09 \pm 0.16 ^d	603.47 \pm 0.84 ^b	775.55 \pm 0.95 ^a
Isoleucine	477.74 \pm 0.79 ^d	621.36 \pm 0.54 ^c	659.64 \pm 0.20 ^b	830.74 \pm 0.45 ^a
Leucine	1,063.66 \pm 0.68 ^c	1,036.73 \pm 1.53 ^d	1,136.07 \pm 0.83 ^b	1,518.58 \pm 0.59 ^a
Lysine	375.47 \pm 0.87 ^c	338.33 \pm 1.38 ^d	409.25 \pm 0.90 ^b	531.10 \pm 0.89 ^a
Methionine	672.63 \pm 0.59 ^c	591.50 \pm 0.94 ^d	742.83 \pm 0.35 ^b	950.13 \pm 1.14 ^a
Cystine	1,042.23 \pm 0.87 ^c	936.85 \pm 0.76 ^d	1,160.10 \pm 0.66 ^b	1,231.61 \pm 0.54 ^a
Phenylalanine	2,041.65 \pm 1.44 ^c	1,737.20 \pm 0.97 ^d	2,304.30 \pm 1.56 ^b	3,037.67 \pm 0.62 ^a
Tyrosine	1,410.47 \pm 1.84 ^c	1,389.06 \pm 1.06 ^d	1,778.67 \pm 0.76 ^b	2,247.17 \pm 0.95 ^a
Threonine	306.20 \pm 0.52 ^c	310.81 \pm 0.97 ^c	325.32 \pm 0.61 ^b	421.34 \pm 1.02 ^a
Valine	612.69 \pm 1.43 ^d	706.12 \pm 1.89 ^c	727.28 \pm 1.17 ^b	956.31 \pm 1.14 ^a
Non-essential amino acid				
Alanine	40.67 \pm 0.58 ^c	123.80 \pm 0.86 ^b	140.65 \pm 0.57 ^a	140.71 \pm 1.92 ^a
Arginine	323.46 \pm 1.48 ^d	568.54 \pm 0.52 ^c	576.08 \pm 0.20 ^b	705.39 \pm 1.32 ^a
Aspartic acid	57.48 \pm 0.44 ^c	- ⁴⁾	67.71 \pm 0.25 ^b	76.42 \pm 0.49 ^a
Glutamic acid	2,320.10 \pm 0.72 ^d	3,053.52 \pm 0.57 ^a	3,003.26 \pm 1.53 ^b	2,924.76 \pm 0.66 ^c
Glycine	25.45 \pm 0.62 ^c	56.96 \pm 0.82 ^d	89.58 \pm 0.34 ^a	86.70 \pm 1.04 ^b
Serine	353.96 \pm 0.87 ^c	348.78 \pm 0.59 ^d	423.59 \pm 0.49 ^b	536.79 \pm 1.07 ^a
Taurine	86.23 \pm 0.16 ^d	170.75 \pm 0.59 ^c	183.73 \pm 1.10 ^b	213.98 \pm 0.84 ^a
γ -Aminobutyric acid	474.70 \pm 0.61 ^c	389.26 \pm 1.01 ^d	555.38 \pm 0.64 ^b	610.45 \pm 0.80 ^a
Total EAA	8,600.40 \pm 1.45 ^c	8,184.06 \pm 1.93 ^d	9,846.94 \pm 1.99 ^b	12,500.20 \pm 1.87 ^a
Total amino acid	12,282.45 \pm 1.81 ^d	12,895.67 \pm 1.85 ^c	14,886.93 \pm 1.10 ^b	17,795.42 \pm 1.46 ^a

¹⁾DW, dry weight.

²⁾Values are mean \pm SD (n=3).

³⁾Values with different superscript letters (^{a-d}) in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾not detected.

량은 Table 5와 같다. 폴리페놀은 식물계에 넓게 분포되어 있는 대사 산물 중 하나로서 하나 이상의 하이드록실기와 방향족 고리를 가지고 있으며 항산화 등과 같은 생리활성 기능을 가지고 있다. 총폴리페놀 함량은 10% 청국장에서 17.60 mg QE/g으로 가장 높았고, 0% 및 15% 청국장에서 17.04 mg QE/g으로 가장 낮았으나 시료들 사이에는 유의적인 차이는 없었다. 일반적으로 대두의 발효과정 중 배당체 형태의 플라보노이드는 미생물이 분비하는 탄수화물 분해효소에 의해 분해되어 aglycone이 생성되며, 또한 발효 전 열처리 하였을 때 더 높은 함량의 aglycone이 생성된다고 보고되었다(Silva 등, 2011). 따라서 대두의 증자 과정 및 청국장의 발효과정을 통해 aglycone이 생성

되었을 것으로 생각되며, 또한 이들 성분이 맥주박 청국장의 기능성에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

총폴리페놀 함량은 15% 청국장이 35.48 mg GAE/g으로 가장 높게 나타났고 10% 청국장이 33.39 mg GAE/g, 5% 청국장이 31.60 mg GAE/g, 0% 청국장이 28.97 mg GAE/g이었다. 맥주박의 첨가량이 많을수록 총폴리페놀 함량이 증가 하였는데, 이는 참깨 탈지박을 첨가하여 제조한 청국장이 대조군과 비교하여 폴리페놀 함량이 높았던 결과(Kim 등, 2009b)와 일치하였다. Imperial red ale과 Belgian strong ale을 제조한 후 얻은 두 종류의 맥주박의 폴리페놀 함량을 측정 한 결과, 평균 10 mg GAE/g 폴리페놀이 함유되어 있고(Bravi 등, 2021), 양조

Table 5. Total flavonoid and polyphenol contents of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain

Addition ratio of BSG (%)	Total flavonoid (mg QE ^{1)/g}	Total polyphenol (mg GAE ^{2)/g}
0	17.04±0.44 ^{3)NS4)}	28.97±0.59 ^{d5)}
5	17.53±0.21	31.60±0.62 ^c
10	17.60±0.12	33.39±0.91 ^b
15	17.04±0.33	35.48±0.82 ^a

¹⁾QE, quercetin equivalent.²⁾GAE, gallic acid equivalent.³⁾Values are mean±SD (n=3).⁴⁾NS, not significant.⁵⁾Values with different superscript letters (^{a-d}) in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

곡물 폐기물의 껍질과 세포벽에는 폴리페놀 중 특히 ferulic acid와 p-coumaric acids가 많이 함유되어 있다고 보고되었다 (Stefanello 등, 2018). 따라서 맥주박의 높은 폴리페놀 함량이 청국장용 폴리페놀 함량 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다.

3.6. 항산화 활성

맥주박을 첨가한 청국장의 항산화 활성을 측정하기 위해 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능을 측정하였고, 각각 50%의 저해 활성을 보이는 농도인 IC₅₀을 구하여 Table 6에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀값은 15% 청국장이 307.21 µg/mL로 가장 낮았으며, 10% 청국장(385.70 µg/mL), 5% 청국장(409.56 µg/mL), 0% 청국장(440.67 µg/mL) 순으로 낮은 IC₅₀값을 보였다. ABTS 라디칼 소거능에서도 15% (559.82 µg/mL) > 10%(629.00 µg/mL) > 5%(680.06 µg/mL) > 0% (755.74 µg/mL)로 나타나 DPPH와 동일한 결과를 나타냈다. 맥주박 원료인 보리에는 ferulic acid, caffeic acids, syringic acid, p-coumaric acid를 비롯한 다양한 페놀 화합물이 함유되어 있으

Table 6. Antioxidant activity of *cheonggukjang* added with brewer's spent grain

Addition ratio of BSG (%)	IC ₅₀ value (µg/mL)	
	DPPH radical scavenging activity	ABTS radical scavenging activity
0	440.67±14.59 ^{1)C2)}	755.74±4.79 ^d
5	409.56±7.03 ^b	680.06±6.57 ^c
10	385.70±17.07 ^b	629.00±4.08 ^b
15	307.21±11.08 ^a	559.82±2.44 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=3).²⁾Values with different superscript letters (^{a-d}) in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

며, 이러한 성분들의 많은 양이 맥주박에 잔류된다(McCarthy 등, 2013). Carvalho 등(2016)은 맥주의 재료인 보리는 맥아로 제조되거나 로스팅에 의해 항산화 활성이 증가한다고 보고하였다. 또한, Verni 등(2020)은 맥주박의 세포벽에 결합되어 있던 ferulic acid를 비롯한 phenolic acid가 발효 중 활성화된 효소에 의해 유리되어 그 함량이 크게 증가되었고, 이를 통해 맥주박이 항산화 잠재력이 매우 높은 소재임을 확인하였다. 이상의 결과에서 맥주박 함유량이 높은 청국장이 유의적으로 낮은 IC₅₀값을 나타내어 높은 항산화 활성을 가짐으로써, 맥주박의 첨가가 청국장의 항산화 활성을 높일 수 있음을 확인하였다.

4. 요약

본 연구는 식품 가공부산물인 맥주박의 첨가량을 달리하여 청국장을 제조하고 맥주박 청국장의 일반 성분, 색도, pH, 기능성 성분 및 항산화 활성을 측정하였다. 맥주박 첨가에 따른 청국장의 조지방, 조단백, 탄수화물 함량에는 유의적인 차이는 없었다. 색도는 명도(L값)는 5% 청국장이 높았고, 적색도(a값)는 15% 청국장이, 황색도(b값)는 5% 청국장과 15% 청국장이 높았다. 또한, 환원당과 조사포닌은 맥주박 첨가량이 많을수록 함량이 증가되어, 맥주박 첨가에 의해 단맛이 증가될 수 있을 것으로 확인되었다. 필수아미노산 및 총 아미노산의 함량은 맥주박을 첨가함으로써 증가하였고, 모든 청국장에서 glutamic acid, phenylalanine, tyrosine의 함량이 높았는데, 특히 감칠맛에 관여하는 glutamic acid의 함량이 높았다. 총폴리페놀은 맥주박의 첨가량에 의존적으로 증가하는 것으로 확인되었다. 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능의 IC₅₀값 모두 맥주박의 첨가량에 따라 감소하였다. 이상의 결과에서 맥주박을 첨가함으로써 기호성과 기능성이 향상된 청국장을 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

Funding

None.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Yoon KY. Formal analysis: Lee SH. Validation: Yoon KY. Writing - original draft: Lee SH.

Writing - review & editing: Yoon KY.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Si Hyung Lee (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-8328-2407>

Kyung Young Yoon (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0003-0626-5563>

References

- Anderson RL, Wolf WJ. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. *J Nutr*, 125, 581-588 (1995)
- Arauzo PJ, Du L, Olszewski MP, Zavala MFM, Alhndi MJ, Kruse A. Effect of protein during hydrothermal carbonization of brewer's spent grain. *Bioresour Technol*, 293, 122117 (2019)
- Bravi E, Francesco GD, Sileoni V, Perretti G, Galgano F, Marconi O. Brewing by-product upcycling potential: Nutritionally valuable compounds and antioxidant activity evaluation. *Antioxidants*, 10, 165 (2021)
- Carvalho DO, Gonçalves LM, Guido LF. Overall antioxidant properties of malt and how they are influenced by the individual constituents of barley and the malting process. *Compre Rev Food Sci Food Saf*, 15, 927-943 (2016)
- Choi MS, Choi YS, Kim HW, Hwang KE, Song DH, Lee SY, Kim CJ. Effects of replacing pork back fat with brewer's spent grain dietary fiber on quality characteristics of reduced-fat chicken sausages. *Korean J Food Sci An*, 34, 158-165 (2014)
- Connolly A, Piggott CO, FitzGerald RJ. Characterisation of protein-rich isolates and antioxidative phenolic extracts from pale and black brewers' spent grain. *Int J Food Sci Technol*, 48, 1670-1681 (2013)
- Czubaszek A, Wojciechowicz-Budzisz A, Szychaj R, Kawa-Rygielska J. Effect of added brewer's spent grain on the baking value of flour and the quality of wheat bread. *Molecules*, 27, 1624 (2022)
- da Silva LH, Celeghini RMS, Chang YK. Effect of the fermentation of whole soybean flour on the conversion of isoflavones from glycosides to aglycones. *Food Chem*, 128, 640-644 (2011)
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*, 12, 239-243 (1912)
- Han SJ. HPLC/MS/MS method for determination of soyasaponins in the soybean varieties. *Korean J Crop Sci*, 56, 244-249 (2011)
- Hiai S, Oura H, Nakajima T. Color reaction of some saponin and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Med*, 29, 116-122 (1976)
- Hong JY, Kim EJ, Shin SR, Kim TW, Lee IJ, Yoon KY. Physicochemical properties of Cheonggukjang containing Korean red ginseng and *Rubus coreanum*. *Korean J Food Preserv*, 15, 872-877 (2008)
- Ikram S, Huang LY, Zhang H, Wang J, Yin M. Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain. *J Food Sci*, 82, 2232-2242 (2017)
- Iwai K, Nakaya N, Kawasaki Y, Matsue H. Antioxidative functions of natto, a Kind of fermented soybeans: Effect on LDL oxidation and lipid metabolism in cholesterol-fed rats. *J Agric Food Chem*, 50, 3597-3601 (2002)
- Jung ES, Kim HR, Jang KA, Seo MK, Chu HN. Evaluation of the antioxidant, anti-inflammatory, and anti-obesity properties and estrogen-like activity of Cheonggukjang according to the fermentation period of four soybean species. *J Korean Soc Food Cult*, 37, 519-528 (2022)
- Jung SJ, Chung CH. Production and properties of ale beer with Nuruk, a Korean fermentation starter. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 132-140 (2017)
- Kim EJ, Hong JY, Shin SR, Moon YS, Yoon KY. Analysis of the taste components and antioxidant properties of Cheonggukjang containing Korean red ginseng. *Food Sci Biotechnol*, 18, 53-59 (2009a)
- Kim EJ, Shin HJ, Lee JH. Developments of GABA process for the mass production. *KSBB J*, 36, 254-259 (2021b)
- Kim IS, Hwang CW, Yang WS, Kim CH. Current perspectives on the physiological activities of fermented soybean-derived Cheonggukjang. *Int J Mol Sci*, 22, 5746 (2021a)
- Kim JH, Park LY, Lee SH. Fermentation and quality characteristics of *Cheonggukjang* with Chinese cabbage. *Korean J Food Preserv*, 19, 659-664 (2012)
- Kim JM, Yoon KY. Determination of protein extraction and trypsin hydrolysis conditions for producing hydrolysates with antioxidant activity from perilla seed meal. *Korean J Food Preserv*, 27, 791-799 (2020)
- Kim JS, Yoo SM, Choe JS, Park HJ, Hong SP, Chang CM. Physicochemical properties of traditional Chonggugjang produced in different regions. *Appl Biol Chem*, 41, 377-383 (1998)
- Kim TS, Choi MK, Kim JS, Han JW, Kang MH. Screening of lignan compounds and antioxidant activity of Chungkukjang fermented with defatted sesame flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 1580-1586 (2009b)
- Lee JJ, Kim AR, Chang HC, Lee MY. Antioxidative effects of chungkukjang preparation by adding solar salt. *Korean J Food Preserv*, 16, 283-245 (2009)
- Lee JS, Lee MH, Kim JM. Changes in quality characteristics

- of Cheonggukjang added with Quinoa during fermentation period. *Korean J Food Nutr*, 31, 24-32 (2018)
- Lee NR, Lee SM, Go TH, Jeong SY, Hong CO, Kim KK, Park HC, Lee SM, Kim YG, Son HJ. Fermentation characteristics of Chungkookjang prepared using different soybean. *J Environ Sci Int*, 22, 723-732 (2013)
- Lengkidworraphiphat P, Wongpoomchai R, Bunmee T, Chariyakornkul A, Chaiwang N, Jaturasitha S. Taste-active and nutritional components of Thai native chicken meat: A perspective of consumer satisfaction. *Food Sci Anim Resour*, 41, 237-246 (2021)
- Marco ML, Heeney D, Binda S, Cifelli CJ, Cotter PD, Foligné B, Gänzle M, Kort R, Pasin G, Pihlanto A, Smid EJ, Hukins R. Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Curr Opin Biotechnol*, 44, 94-102 (2017)
- McCarthy AL, O'Callaghan YC, Piggott CO, FitzGerald RJ, O'Brien NM. Brewers' spent grain; bioactivity of phenolic component, its role in animal nutrition and potential for incorporation in functional foods: A review. *Proc Nutr Soc*, 72, 117-125 (2013)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31, 426-428 (1959)
- MinAlexander MJ, Nam KB, Lim SH, Son ES. Exploration of nutritional components, functional components and antioxidant activities of brewer's spent grain powder, red ginseng by-products and rice bran powder. *J Korea Acad Ind Coop Soc*, 24, 208-219 (2023)
- Mitri S, Salameh SJ, Khelfa A, Leonard E, Maroun RG, Louka N, Koubaa M. Valorization of brewers' spent grains: Pretreatments and fermentation, a review. *Fermentation*, 8, 50 (2022)
- Moon SH, Lee KB, Han MK. Comparison of GABA and vitamin contents of germinated brown rice soaked in different soaking solution. *Korean J Food Nutr*, 23, 511-515 (2010)
- Mun EG, Kim B, Kim EY, Lee HJ, Kim Y, Park Y, Cha YS. Research trend in traditional fermented foods focused on health functional evaluation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 47, 373-386 (2018)
- Naibaho J, Korzeniowska M. Brewers' spent grain in food systems: Processing and final products quality as a function of fiber modification treatment. *J Food Sci*, 86, 1532-1551 (2021)
- Nocente F, Taddei F, Galassi E, Gazza L. Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential. *LWT-Food Sci Technol*, 114, 108421 (2019)
- Nyhan L, Sahin AW, Schmitz HH, Siegel JB, Arendt EK. Brewers' spent grain: An unprecedented opportunity to develop sustainable plant-based nutrition ingredients addressing global malnutrition challenges. *J Agric Food Chem*, 71, 10543-10564 (2023)
- Oh MH, Yoon KY. Biological activity of crude polyphenol fractions of *Cedrela sinensis* isolated using different extraction methods. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 438-443 (2017)
- Oh SH, Jeong BG, Chun J. Nutritional and functional properties of water extracts from *Achyranthes japonica* Nakai-rice pilsner byproducts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 46, 185-195 (2017)
- Park HY, Cho EJ. Radical scavenging effects and physicochemical properties of Seolitae Chungkukjang added with green tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 401-404 (2008)
- Park JS, Cho SH, Na HS. Properties of Cheonggukjang prepared with admixed medicinal herb powder. *Korean J Food Preserv*, 17, 343-350 (2010)
- Ravindran R, Jaiswal S, Abu-Ghannam N, Jaiswal AK. A comparative analysis of pretreatment strategies on the properties and hydrolysis of brewers' spent grain. *Bioresour Technol*, 248, 272-279 (2018)
- Shin DH. Globalization trends and prospect of Korean traditional fermented foods. *Food Sci Ind*, 43, 69-82 (2010)
- Stefanello FS, Dos Santos CO, Bochi VC, Fruet APB, Soquetta MB, Dörr, AC Nörnberg JL. Analysis of polyphenols in brewer's spent grain and its comparison with corn silage and cereal brans commonly used for animal nutrition. *Food Chem*, 239, 385-401 (2018)
- Terriente-Palacios C, Castellari M. Levels of taurine, hypotaurine and homotaurine, and amino acids profiles in selected commercial seaweeds, microalgae, and algae-enriched food products. *Food Chem*, 368, 130770 (2022)
- Verni M, Pontonio E, Krona A, Jacob S, Pinto D, Rinaldi F, Verardo V, Diaz-de-Cerio E, Coda R, Rizzello CG. Bioprocessing of brewers' spent grain enhances its antioxidant activity: Characterization of phenolic compounds and bioactive peptides. *Front Microbiol*, 11, 1831 (2020)
- Waters DM, Jacob F, Titze J, Arendt EK, Zannini E. Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment. *Eur Food Res Technol*, 235, 767-778 (2012)
- Yang JA, Kim JY, Shin EC, Lee Y, Park SS. Trends in quality characteristics changes of traditional soybean fermented foods by supplementary ingredients addition. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 52, 113-137 (2023)
- Zeng J, Huang W, Tian X, Hu X, Wu Z. Brewer's spent grain fermentation improves its soluble sugar and protein as well as enzymatic activities using *Bacillus velezensis*. *Process Biochem*, 111, 12-20 (2021)