

효소와 유산균 전처리 밀싹분말의 이화학적 성분 및 항산화 활성

주웨이위 · 박영민 · 오종철* · 유현희**

군산대학교 식품영양학과 박사과정생, *군산대학교 수학과 교수, **군산대학교 식품영양학전공 교수

Physicochemical Components and Antioxidative Activity of Wheat Sprout Powder Prepared by the Enzyme and the Lactic Acid Bacteria

RuiYu Zhu, Young-Min Park, Jong Chul Oh* and †Hyeon-Hee Yu**

Doctor's Student, Dept. of Food and Nutrition, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

*Professor, Dept. of Mathematics, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

**Professor, Major of Food and Nutrition, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the physicochemical components and antioxidant activities of wheat sprout powder prepared by the enzymatic hydrolysis and lactic acid bacteria treatment. The four kinds of pre-treatment were: no treatment (WP), treated with enzyme (WPE), treated with lactic acid bacteria (WPL), and treated with enzyme and lactic acid bacteria (WPEL) were applied to the wheat sprout powder. The WPEL had higher total free amino acid and essential amino acid content than the other samples. As for the volatile aroma of the wheat sprout powder, 29 types of compounds were identified in the WP and WPL, 28 types in the WPE, and 27 types in the WPEL, respectively. The total polyphenols and flavonoids contents, in the wheat sprout powder was enhanced with the enzyme and the lactic acid bacteria pre-treatment. The WPEL had highest DPPH radical scavenging activities. The overall acceptability was the highest at 6.24 points in the WPEL. Based on these observations, it was confirmed that the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment could improve the antioxidant activities and active component of the wheat sprout powder.

Key words: wheat sprout, enzyme, lactic acid bacteria, physicochemical components, antioxidative activity

서 론

밀(*Triticum aestivum* Lamarck)은 외떡잎 식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 '소맥(小麥)'이라고도 하며 옥수수, 쌀과 더불어 세계 3대 작물로서 다양한 가공식품의 원재료로 사용한다(Lee JS 2016). 밀이 발아하는 과정에서 마디 부위가 생성되기 전의 어린 새싹을 밀싹이라고 한다. 밀싹은 영양성분 뿐만 아니라 생리기능도 높는데, Kim HJ(2016)의 연구에 의하면 품종마다 약간의 차이는 있지만 밀싹이 밀종자보다 조단백질은 1~2% 정도, 조지방은 1% 정도, 페놀화합물은 4~10배 이상 많으며, ABTS radical 소거능은 3배 이상, 아질산염 소거능은 2배 이상 높아졌을 뿐 아니라 lipase 저해활성, α -

glucosidase 저해활성, 항균활성도 더 높았다고 보고하였다. 밀싹은 간조직의 지질 축적 억제(Nepali S 2017), 궤양성 대장염 치료(Ben-Arye 등 2009), 혈당 강하(Lee 등 2009), 항산화 및 항염증 효과(You & Pyo 2015), MMP-1의 유전자 발현 억제 및 미백 개선(You & Moon 2016), 인체 모유두세포와 섬유아세포의 증식과 모발 성장 증진(Park SA 2017), 주름 개선(Kang SH 2019) 등의 효과가 있는 것으로 보고되었다. 이러한 기능성 소재 밀싹을 식품에 활용하고자 국내에서는 밀싹을 첨가한 머핀(Park LY 2015), 쿠키(An SH 2015), 스펀지 케이크(Lee BK 2015), 생면(Lee JS 2016), 설기떡(An SL 2018), 식빵(Joo 등 2018) 등 관련 연구가 증가하고 있다.

효소처리는 동물, 식물, 미생물에서 기원한 효소를 농축,

† Corresponding author: Hyeon-Hee Yu, Professor, Major of Food and Nutrition, Kunsan National University, Kunsan 54150, Korea. Tel: +82-63-469-4636, Fax: +82-63-466-2085, E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

추출, 정제 발효 등을 통하여 특정 부분만 가수분해하여 구조를 전환시켜 특이성분을 생산하고, 유효성분의 추출 수율을 높이는 방법이다(Yang 등 2006). 식물을 식품 제조 공정에 활용하려면 이들의 주요 성분인 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스와 같은 고분자 화합물 등을 저분자로 전환하기 위한 가수분해 과정이 필요하다. 물리적, 화학적 방법을 통한 가수분해 과정은 분해 생성물 및 부산물이 많아 환경오염의 우려가 있으며, 에너지 소모 및 시설비가 크다는 단점이 있다. 이에 비해 효소 분해는 효소가 특정 기질에만 작용하여 부산물이 적어 환경오염이 적고, 반응되지 않은 물질은 다른 용도로 사용할 수 있으며, 시설비가 적게 드는 등의 장점이 있다(Park 등 1998; Kim JH 2009; Park SY 2012; Im 등 2016). 또한 효소처리를 한 원재료의 항산화(Kim 등 2008), 면역증진(Park 등 2015), 콜레스테롤 저하(Chai 등 2003) 등 생리활성이 증진되었다. 본 연구에 사용한 상업적 효소인 Celluclast 1.5L은 *Trichoderma* sp.에서 유래된 셀룰레이즈(cellulase; EC 3.2.1.4)로서 글리코시드 결합을 가수분해하여 셀룰로오스로부터 포도당과 셀로비오스를 생성하는 식물 세포벽 분해효소(Tsai & Meyer 2014)로 밀싹의 불용성 셀룰로오스를 분해하여 저분자 당과 수용성 식이섬유 함량을 높이는 역할을 할 것으로 보인다.

유산균은 장류, 김치, 발효 소시지, 의약품과 가축의 사료 첨가제 등에 이르기까지 오랜 역사를 두고 인류 생활에 광범위하게 활용되고 있으며(Kang & Kim 2009), 사람이나 동물의 장내에 서식하기도 하고 채소나 과일에 많이 존재하는 미생물로 탄수화물을 혐기적으로 이용하여 유기산을 생성하는 균이다(Park SS 2013). 최근에는 유산균을 이용한 발효식품으로 요구르트와 같은 동물성 발효식품 뿐만 아니라 식물을 발효시킨 식물성 발효식품까지 관심이 높아지고 있다(Chae 등 2011). 유산균 발효를 통해 얻어진 발효 산물들은 ACE 저해(Lee 등 2014), 콜레스테롤 저하(Jung 등 2000; Cha 등 2004), 항산화(Kim 등 2016; Jeong 등 2019), 항균(Choi 등 2015), 항노화(Jeon 등 2011) 등 다양한 생리활성을 보여 기능성 식품소재 개발 및 활용의 기초자료로 이용되고 있다. 또한 유산균처리는 관능적 특성 향상에도 도움을 주는 것으로 나타났는데 자작나무수액(Kim 등 2009a)과 녹차(Kim H 2009)는 맛과 향이 증진되었으며, 천마(Song 등 2016)는 불쾌취가 감소되는 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 *Streptococcus thermophilus*와 *Lactobacilli bulgaricus* 2종의 유산균을 복합으로 사용하였는데, 그 중에 *S. thermophilus*는 고온성 유산균 starter로 요구르트나 치즈의 품질향상을 위해 사용하고 있다. Gim 등(2018)은 *S. thermophilus*로 발효한 갈색겨저리 동충하초가 다른 6종의 유산균 발효물보다 DPPH 라디칼 소거능 활성, ABTS 자유 라디칼 소거 활성, SOD 활성이 증가하였다고 보

고하였으며, Hwang 등(2018)은 *S. thermophilus*를 이용한 오미자 유산균 발효물이 항산화, 항염증, 항고혈압, 항콜레스테롤 활성을 가진다고 보고하였다. 또한, *L. bulgaricus*는 치즈나 발효 버터 제조시의 스타터로 사용한다(Lim 등 1996). Jeon 등(2011)은 *L. bulgaricus*로 발효한 인삼열매의 항산화 및 항노화 효과에 대해 보고하였다. *S. thermophilus*과 *L. bulgaricus*를 접종 시 단일 균주보다 혼합 균주 사용 시 *S. thermophilus*가 먼저 증식하여 *L. bulgaricus*의 생육을 촉진 시키는 시너지 효과가 있다(Park 등 1980; Cooke 등 1987). 이로 인해 단일균주보다 혼합균주 사용시 Lee C(2013)은 땅콩유의 콩비린내인 n-hexanal 감소 효과가 더 있으며, Kang & Kim(2010)은 메밀싹의 기능성 성분인 rutin, quercetin, 페놀화합물이 많으며, Lee 등(1988)은 단독보다 혼합 균주를 사용한 호상요구르트가 유산균 성장이 증진되어 기호성이 높았다고 하였다.

이에 세포벽 분해효소로 먼저 전처리한 후 *S. thermophilus*과 *L. bulgaricus* 복합 균주를 접종하면, 효소에 의해 생성된 저분자 당에 의해 두 유산균의 성장이 촉진되어 항산화 효과도 더 좋아지고 영양성분을 비롯한 이화학적 성분도 높아질 것으로 기대되었다. 따라서 본 연구에서는 효소와 복합 유산균으로 전처리한 밀싹분말의 이화학적 성분 및 항산화 활성을 분석하여 밀싹의 식품소재 활용성 증대를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 밀싹 재배 과정

본 실험에 사용한 밀싹 제조를 위해 밀(금강밀)은 군산원예협동조합(Kunsan, Korea)에서 제공 받았다. 5~6시간 정도 물에 불린 밀을 배양토를 뿌린 모판에 골고루 뿌린 다음, 분무기로 수분을 주어 마르지 않게 하여 14일 동안 키워 지상부(평균 길이 14 cm)만 잘라 세척한 후 물기를 제거하여 사용하였다. 2019년 9~11월에 재배하여 수확한 밀싹을 -20℃ 냉동고(F-A201GDW, LG Electronics, Seoul, Korea)에 저장하면서 사용하였다.

2. 효소와 유산균 전처리 과정

효소와 유산균 전처리 과정은 선행논문과 예비실험을 통해 효소와 유산균처리시 불쾌취에 대한 감소효과가 큰 조건으로 설정하였다(Lee 등 1988; Kang & Kim 2010; Chae 등 2011; Lee C 2013; Tsai & Meyer 2014; Cho 등 2018; Gim 등 2018; Lee 등 2019). 밀싹을 60℃에서 30분간 살균하고 미처리균은 밀싹과 멸균 식염수를 밀싹 무게 대비 3배로 혼합하였다. 효소는 Celluclast 1.5L(Novozymes A/S, Bagsvaerd, Denmark)를 사용하였다. 효소 단독처리 밀싹균은 밀싹과 멸균 식염수

를 밀싹 무게 대비 3배로 혼합한 후 효소를 밀싹농도의 0.1%로 첨가하여 55°C shaking incubator(SI-100R, Han Yang Scientific Equipment Co., Ltd, Seoul, Korea)에서 20분 동안 처리하였다. 유산균은 *S. thermophilus*와 *L. bulgaricus* 2종의 균주를 사용하였고, 배양을 위해 MRS broth/agar(MRSB/MRSA, Difco, Becton Dickson Co., Sparks, MD, USA)를 사용하였다. 유산균 단독처리균은 밀싹을 60°C에서 30분간 살균하고 *S. thermophilus*과 *L. bulgaricus* 혼합균(1:1)을 5%(1.49×10^9 CFU/g)가 되게 접종한 후 shaking incubator에서 37°C, 100 rpm으로 6시간 처리하였다.

효소와 유산균 혼합처리 밀싹의 제조는 효소 단독처리에 서 효과가 좋았던 20분을 celluclast로 처리한 후 *S. thermophilus*과 *L. bulgaricus*을 1:1로 5%가 되게 접종한 후, shaking incubator에 37°C, 100 rpm으로 2시간 처리하였다. 효소와 유산균으로 전처리한 밀싹을 -20°C에서 냉동한 후 동결건조기(FDB-5502, Operon, Gimpo, Korea)를 이용하여 48시간 동결 건조한 후 믹서기(HMF-3260S, Hanil Electronic, Seoul, Korea)로 5분간 마쇄하여 체눈크기가 180 µm인 표준체(No. 80, Chung Gye Sang Gong Sa, Seoul, Korea)로 거른 후 분말로 사용하였다.

3. 밀싹분말의 일반성분, 무기질, 유리아미노산 분석 방법

밀싹분말의 수분, 조단백질, 조지방, 조회분은 AOAC (1996)방법에 준하여 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 Micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550°C 건식회화법을 적용하여 분석하였다.

무기질 분석을 위해 시료 5 g을 550°C에서 건식회화, 방냉한 후 증류수로 적시고 HCl:H₂O(1:1)용액 10 mL를 가하여 용해시킨 다음 Water bath(SH-GWB11, Samheung Instrument, Seoul, Korea)상에서 증발건조하고 HCl:H₂O(1:3)용액 10 mL를 가하여 여과한 후 증류수 100 mL로 정용하여 분석하였다. 전처리 과정을 거친 실험용액의 무기질 함량은 유도결합플라즈마 발광분석법(ICP-OES)으로 ICP Atomic Emission Spectrometer(ICP-IRIS, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 분석 조건은 approximate RF power가 1,350 W, peristaltic pump rate는 45 rpm으로 하였고, 가스는 초고 Ar(99.999%)를 사용하였으며, nebulizer pressure와 coolant gas flow는 각각 200 kpa 및 12 L/min로 하였다. Observation height는 각각 30 psi 및 15 mm로 하였다. 이 때 측정된 무기질의 파장은 나트륨 589.592 nm, 마그네슘 285.213 nm, 칼슘 396.847 nm, 철 238.204 nm이었다.

유리아미노산 분석을 위해 시료 1 g씩 취하여 80% 에탄올 10 mL를 가한 다음 20분간 초음파추출기(VC 750, Sonics & Materials, Ins., Newtown, CT, UAS)를 이용하여 40 kHz로 처

리한 후 3,000 rpm로 4°C에서 10분간 원심 분리하였다. 위의 과정을 2회 반복하고 상등액만을 모아 여과지로 여과한 후, 유리아미노산용 sample dilution buffer(pH 2.2) 1.0 mL에 용해시킨 후 0.45 µm nylon syringe filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 2회 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. 전처리 과정을 거친 실험용액의 유리아미노산 함량은 아미노산자동분석기(Hitachi AAA L-8900, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)로 분석하였다. 아미노산 표준물질은 amino acid standard Type B(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan)와 amino acid standard Type AN-2(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan)를 각각 5 µL를 취하여 0.02N HCl을 가하여 100 µL로 만들어 사용하였으며, 분석조건은 ion exchange column(4.6-60 mm, packed with Hitachi custom ion exchange resin, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)으로, 이동상은 ninhydrin buffer set(Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation, Ltd., Osaka, Japan)와 buffer set for biological fluid PF-SET(Kanto Chemical Corporation, Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하였고, column flow 1.0 mL/min, injection volume 20 µL, wavelength 570 nm 및 440 nm, N₂ gas automatic purge로 분석하였다.

4. 밀싹분말의 휘발성 향기성분 분석

밀싹분말의 휘발성 향기성분의 분석을 위해 시료 1 g을 Turbo matrix headspace sampler(TurboMatrix HS 40, Perkin Elmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 150°C의 headspace oven에서 30분간 가열한 후, headspace에 포집된 향기성분을 Clarus600 GC/MS(PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 오븐 온도는 50°C에서 4분간 유지한 후, 분당 7°C의 속도로 250°C까지 승온 후 4분간 유지하였다. Inlet 온도는 280°C로 하였으며, split ratio는 5:1로 조정하고, 운반기체는 He를 이용하여 분당 1 mL의 유속으로 분석하였다. GC/MS 분석으로 얻은 mass spectrum을 GC/MS의 소프트웨어로 내장된 WILEY Library(Registry of mass spectral data, 6th edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA)와 NIST Library(Mass spectral search program, version 4.5, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)를 함께 이용하였다. 또한 이미 보고된 연구결과들과 비교 분석하여 휘발성 향기성분을 동정하였다(Furia & Bellanca 1975; Kim & Choi 2011; Lee SA 2016).

5. 밀싹분말의 색도 측정

색도는 색차계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Inc., Osaka, Japan)로 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였으며, 이때 사용한 표준 백색판(Standard Plate)의

L, a, b값은 각각 93.31, 1.75, 0.68이었다.

6. 밀싹분말의 항산화 활성 측정

밀싹분말 200 mg을 취하여 50% methanol 용액 2 mL를 첨가 후 1시간 동안 초음파추출기를 이용하여 40 kHz로 추출하였으며, 원심분리(288×g) 후 상등액은 여과(Avantec No. 2, Tokyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)하여 항산화 활성 실험의 시료로 사용하였다(Jeon 등 2015).

총 폴리페놀 함량 측정을 위해 Folin-Denis법(Peterson 등 2001)을 응용하여 시료 100 µL을 취하여 Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 50 µL를 혼합하고 증류수 500 µL를 첨가한 후 vortex 하였으며, 상온에서 5분 동안 반응하고 5% Na₂CO₃ 600 µL 첨가 후 37°C에서 30분 동안 반응하였으며, 원심분리 후 상등액을 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies, Inc., Chantilly, VA, USA)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 사용하여 0~500 µg/mL 농도별 검량곡선을 작성한 후에 µg gallic acid equivalent(µg GAE/g)로 나타내었다(Jeon 등 2015).

총 플라보노이드 함량 측정을 위해 시료 300 µL을 취하여 7% AlCl₃ · 6H₂O(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 300 µL를 혼합하고 상온에서 5분 동안 반응하였다. 원심분리 후 상등액을 분광광도계를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 quercetin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 사용하여 0~50 µg/mL 농도별 검량곡선을 작성한 후에 µg quercetin equivalent(µg QUE/g)로 나타내었다(Jeon 등 2015).

DPPH 라디칼 소거능 측정을 위해 시료 20 µL를 취하여 0.5 mM DPPH(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) solution 80 µL를 순서대로 넣고 30분 상온방치 후 분광광도계를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Jeon 등 2015).

DPPH radical scavenging activity (%) =

$$[1 - (\text{Sample OD}/\text{Control OD})] \times 100$$

7. 밀싹분말의 관능검사

군산대학교 생명윤리위원회의 승인하에서 진행하였으며(승인번호: 1040117-202001-HR-002-01), 대학생 및 대학원생 20명을 대상으로 실시하였다. 평일 오후 3시부터 진행하였으며 평가 1시간 전부터 물 이외의 음료나 음식물 섭취, 구강세척제 등의 사용을 금하도록 하였으며, 향이 진한 화장품이나 향수의 사용도 금하였다. 실험목적과 실험방법에 대해 교

육을 한 뒤 세 자리의 난수표로 라벨을 한 일회용 흰 접시에 2 g 정도의 밀싹분말을 제공하였다. 밀싹분말의 색(color), 맛(taste), 향미(aroma), 불쾌취(off-flavor), 전반적 기호도(overall acceptability)를 조사하였으며 평가 방법은 7점 척도(1=매우 싫음, 4=보통, 7=매우 좋음)를 이용하였다.

8. 통계방법

모든 실험결과는 SPSS program(IBM SPSS Statistics 20.0, IBM SPSS Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 일원 배치 분산 분석(one-way ANOVA)을 실시한 다음 Duncan's multiple range test로 사후 검정을 실시하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 밀싹분말의 일반성분

전처리 방법을 달리한 밀싹분말 4군 동결건조 밀싹분말(WP), 효소 단독처리 밀싹분말(WPE), 유산균 단독처리 밀싹분말(WPL), 효소와 유산균 혼합처리 밀싹분말(WPEL)의 일반성분 측정결과는 Table 1과 같다. 수분 함량은 WP군 7.86%, WPE군 7.66%, WPL군 7.84%, WPEL군 7.76%로, 조지방 함량은 WP군 5.60%, WPE군 5.71%, WPL군 5.73%, WPEL군 5.62%로 유의적인 차이가 없었다. 그러나 조단백질 함량은 WPEL군 22.50%가 가장 높았고, WP군 21.91%, WPE군 21.62%, WPL군 21.62% 순으로 감소하였다($p < 0.001$). 이는 효소 또는 유산균처리시 조직과 세포벽의 변형으로 인해 기준 물질의 용출량이 증가하고 새로운 물질이 용출된다는 다른 연구(Jeon 등 2011; Jang 등 2014; Sung 등 2014)와 마찬가지로 효소와 유산균 혼합처리가 단독처리보다 밀싹 조직과 결합되어 있던 단백질 분리가 용이해져서 나온 결과로 보인다.

조회분 함량은 WP군이 11.52%로 가장 높았고, WPE군 9.84%, WPL군 7.48%, WPEL군 7.29% 순으로 유의적으로 감소하였는데($p < 0.001$), 이는 효소와 유산균 처리 시 미처리보다 회분이 더 감소되었음을 의미하며 이는 세포벽에 결합된 무기물이 손실되어 나온 결과라 생각된다.

조섬유 함량은 WP군이 32.89%로 가장 높았고, WPL군 31.22%, WPE군 31.21%, WPEL군 30.68%로 유의적으로 감소하여 WPEL군이 가장 낮았다($p < 0.001$). Lee 등(2017)은 효소처리 후 호박분해물의 총 식이섬유 함량이 감소하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 효소처리 후 총 식이섬유 함량 감소로 조섬유 함량이 감소한 것으로 보이며, 효소뿐만 아니라 유산균 처리로도 조섬유 함량이 감소하였으며 이는 혼합처리시 더욱 감소하였다. Lee JS(2016)는 경남 밀양 밀을 수경으로 재배한 동결건조 밀싹분말의 일반성분 분석결과에서

Table 1. The proximate composition of the wheat sprout powder with the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment
(Unit: %)

	WP ¹⁾	WPE	WPL	WPEL	F-value
Moisture	7.86±0.05 ²⁾	7.66±0.11	7.84±0.12	7.76±0.25	0.325
Crude lipid	5.60±0.30	5.71±0.14	5.73±0.25	5.62±0.20	0.246
Crude protein	21.91±0.001 ^{ab}	21.62±0.51 ^b	21.62±0.51 ^b	22.50±0.51 ^a	129.155 ^{***}
Crude ash	11.52±0.51 ^a	9.84±0.24 ^b	7.48±0.23 ^c	7.29±0.07 ^c	2.687 ^{***}
Crude fiber	32.89±0.04 ^a	31.21±0.03 ^b	31.22±0.02 ^b	30.68±0.03 ^c	2,801.500 ^{***}

¹⁾ WP: Wheat sprout powder without pre-treatment, WPE: Wheat sprout powder by enzyme pre-treatment, WPL: Wheat sprout powder by lactic acid bacteria pre-treatment, WPEL: Wheat sprout powder by enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment.

²⁾ Mean±S.D.

^{a-c}Value with different superscripts within the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.
^{***} $p<0.001$.

수분 9.16%, 조지방 3.42%, 조단백질 30.97%, 조회분 2.21%, 조섬유 31.70%로 보고하였는데, 본 실험의 밀싹분말이 조지방과 조회분은 높고, 수분과 조단백질은 낮고, 조섬유는 비슷한 결과를 보였다. 이는 밀싹 재배에 사용한 밀의 종류, 재배 방법에 차이가 있어 일반성분 비율이 다른 것으로 생각된다.

2. 밀싹분말의 무기질 함량

전처리 방법을 달리한 밀싹분말의 5개 무기질 Na, Mg, Ca, Fe, K 함량은 Table 2와 같다. 모든 군에서 Mg이 가장 많았고 Fe, K, Na, Ca 순으로 적게 함유되어 있었다. WPE군은 미처리 WP군에 비해 Fe, K이 증가하였으며, WPL군과 WPEL군은 WP군에 비해 Na, Ca, Fe, K이 유의적으로 증가하였다 ($p<0.001$). Mg은 WP군이 가장 높았고 WPE군, WPEL군, WPL군 순으로 낮아졌다($p<0.001$). WPEL군은 Mg을 제외하고 4개의 무기질 함량이 다른 군보다 높게 나타났는데 이는 효소와 유산균 혼합처리가 단독처리보다 이들 무기질의 용출이 용이해져 나온 결과로 보인다. 식물 속 무기질은 세포벽의 비소화성 식이섬유, 다당류 등과 결합하고 있어 체내이용도

가 매우 낮는데(Torre 등 1991), 효소처리와 유산균 발효와 같은 가공공정을 거치면 무기질이 용출되어 함량이 높아질 뿐 아니라, 체내이용도도 높아진다고 보고되어 있다(Lopez 등 1983; Jang KJ 2019). Gim 등(2018)은 갈색겨저리 동충하초에서 유산균 발효 전보다 발효 후 K, Ca 함량이 증가하였으며, Kim 등(2009b)은 백련잎차에서 유산균 발효 후 K, Mg와 Ca는 증가하였다고 하였다. 그러나 이와는 다르게 Jung ES(2012)는 톳 추출액에서 효소처리 후 K, Na, Ca, Mg, Fe의 함량이 모두 감소하였다고 보고하였고, Jang KJ(2019)는 콩잎에서 유산균 발효 후 K와 Na는 증가, Mg, Ca와 Fe는 감소하였는데 총 무기질 함량은 증가하였다고 보고하였다. 이로부터 Table 1의 조회분 양이 감소한 것까지 고려하면 효소나 유산균처리에 따라 무기질 전체 함량의 변화와 함께 무기질 종류마다 소실 정도가 다를 수 있다.

3. 밀싹분말의 유리아미노산 함량

밀싹의 유리아미노산 측정된 결과는 Table 3과 같다. 주요 아미노산으로 WP군은 asparagine, valine, alanine, glutamic acid,

Table 2. The mineral content of the wheat sprout powder with the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment
(Unit : ppm)

	WP ¹⁾	WPE	WPL	WPEL	F-value
Na	0.02±0.01 ^{2)c}	0.02±0.01 ^c	0.26±0.01 ^b	0.42±0.01 ^a	1,728.333 ^{***}
Mg	52.00±0.34 ^a	44.23±0.07 ^b	37.07±0.03 ^d	42.36±0.02 ^c	3,862.801 ^{***}
Ca	0.01±0.01 ^c	0.02±0.01 ^c	0.04±0.01 ^b	0.05±0.01 ^a	27.000 ^{***}
Fe	3.17±0.02 ^d	3.38±0.02 ^c	3.70±0.02 ^b	3.82±0.02 ^a	949.912 ^{***}
K	0.13±0.01 ^d	0.62±0.01 ^c	0.76±0.02 ^b	0.95±0.01 ^a	2,771.063 ^{***}

¹⁾ Samples are the same as those in Table 1.

²⁾ Mean±S.D.

^{a-d}Value with different superscripts within the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.
^{***} $p<0.001$.

Table 3. The free amino acid content of the wheat sprout powder with the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment
(Unit : mg/g)

		WP ¹⁾	WPE	WPL	WPEL	F-value
Essential amino acid	Threonin	0.82±0.06 ^{2)d}	0.84±0.02 ^c	0.91±0.01 ^b	1.08±0.01 ^a	3,140.922 ^{***}
	Valine	2.63±0.01 ^c	2.62±0.01 ^c	2.95±0.03 ^b	3.15±0.05 ^a	361.045 ^{***}
	Leucine	1.48±0.01 ^d	1.96±0.07 ^c	2.15±0.02 ^b	2.57±0.01 ^a	10,064.448 ^{***}
	Lysine	0.31±0.01 ^d	0.53±0.01 ^c	0.69±0.02 ^b	0.88±0.02 ^a	54,105.570 ^{***}
	Arginine	0.54±0.01 ^d	0.62±0.01 ^c	0.70±0.01 ^b	0.85±0.05 ^a	29,955.383 ^{***}
	Phenylalanine	0.97±0.01 ^d	0.89±0.01 ^c	1.48±0.05 ^b	1.62±0.001 ^a	341,701.048 ^{***}
	Total	6.75±0.01 ^c	7.45±0.01 ^c	8.88±0.007 ^b	10.14±0.06 ^a	8,101.034 ^{***}
Non-essential amino acid	Glutamic acid	1.56±0.01 ^d	1.64±0.07 ^c	1.68±0.00 ^b	1.97±0.01 ^a	7,304.923 ^{***}
	Glycine	0.64±0.06 ^d	0.99±0.001 ^c	1.14±0.01 ^b	1.47±0.03 ^a	1,786.275 ^{***}
	Alanine	1.91±0.01 ^c	1.57±0.04 ^d	2.11±0.02 ^b	2.29±0.05 ^a	156,715.954 ^{***}
	Tyrosine	0.24±0.01 ^d	0.29±0.16 ^c	0.51±0.02 ^b	2.34±0.12 ^a	1,251,507.954 ^{***}
	Asparagine	4.06±0.15 ^a	2.09±0.13 ^c	2.33±0.02 ^b	1.83±0.11 ^d	6,000,733.486 ^{***}
	Serine	1.10±0.04 ^b	0.97±0.15 ^c	0.91±0.02 ^d	1.15±0.09 ^a	17,965.280 ^{***}
	Proline	1.24±0.11 ^a	0.71±0.02 ^d	1.14±0.15 ^b	0.75±0.26 ^c	59,595.902 ^{***}
Total	10.76±0.009 ^b	8.31±0.008 ^d	9.78±0.01 ^c	11.81±0.02 ^a	33,400.567 ^{***}	
Total amino acid		17.51±0.21 ^c	15.72±0.25 ^d	18.70±0.35 ^b	21.95±0.36 ^a	25,511.494 ^{***}

¹⁾ Samples are the same as those in Table 1.

²⁾ Mean±S.D.

^{a-d}Value with different superscripts within the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.
^{***} $p < 0.001$.

leucine, WPE군과 WPL군은 valine, asparagine, leucine, alanine, glutamic acid, WPEL군은 valine, leucine, tyrosine, alanine, glutamic acid의 순으로 나타났으며, 필수 아미노산이 6종, 비필수 아미노산이 7종, 총 13종 아미노산이 검출되었다. 필수 아미노산 함량은 WPEL군이 10.14 mg/g으로 가장 높았는데 WPL군 8.88 mg/g, WPE군 7.45 mg/g, WP군 6.75 mg/g의 순으로 낮아졌고($p < 0.001$), 비필수 아미노산 함량은 WPEL군이 11.81 mg/g으로 가장 높았고 WP군 10.76 mg/g, WPL군 9.78 mg/g, WPE군 8.31 mg/g의 순으로 낮았다($p < 0.001$). 미처리군에 비해 효소나 유산균 단독 또는 혼합처리 후에 유의적으로 증가한 필수 아미노산으로는 threonin, leucine, lysine, arginine, phenylalanine이었고, 비필수 아미노산으로는 glutamic acid, glycine, tyrosine으로 대부분의 유리아미노산이 증가하였으며, asparagine, proline만 예외적으로 감소하였다.

총 유리아미노산의 함량은 WPEL군이 21.95 mg/g으로 가장 높았고, WPL군 18.70 mg/g, WP군 17.51 mg/g, WPE군 15.72 mg/g의 순으로 낮아져($p < 0.001$), 효소나 유산균처리 후 아미노산의 함량 및 구성 비율 차이를 나타내었다. WPEL군의 총 유리아미노산 함량과 필수 아미노산 함량이 높은 것은 Table 1에서 조단백질 함량이 높게 나온 것과 같은 결과로

보인다. 효소나 유산균처리 후 유리아미노산 함량이 증가한 결과는 효소 및 유산균처리로 인한 세포벽의 구조 변화와 관련되어 있다고 보고하였다(Park & Jeong 2006; Sung 등 2014). 본 연구에서도 효소에 의한 세포벽의 구조적 변화가 유산균 처리 동안 더욱 증가되어 세포내 아미노산의 추출 효율을 증가시켜, 효소와 유산균 혼합 전처리시 유리아미노산 함량이 증가한 것으로 보인다. 효소처리 후 콩나물 추물에서 총 유리아미노산 함량이 증가하였고(Sung 등 2014), 표고버섯은 총 유리아미노산 함량 뿐만 아니라 필수 아미노산의 함량이 2배 정도 증가하였다(Park & Jeong 2006). 또한 유산균 발효 후 갈색저처리 동충하초(Gim 등 2018)와 두부(Kang & Lee 2013), 콩잎(Jang KJ 2019)에서도 발효 기간이 증가함에 따라 아미노산 함량이 증가하였다고 하여 본 실험결과와 유사하였다.

그러나 WPE군과 WPL군은 Table 1에서 조단백질 함량이 WP군보다 낮게 나왔으며, WPE군은 비필수 아미노산 함량과 총 아미노산 함량, WPL군은 비필수 아미노산 함량이 미처리 WP군 보다 각각 낮았는데, 이는 효소나 유산균 단독 처리시 세포벽의 구조적 변화 효과가 미비하여 유리아미노산 종류마다 용출되는 함량이 차이가 있어 조단백질 함량, 총

유리아미노산 함량, 비필수 아미노산 함량이 줄어든 것으로 생각된다. Park & Jeong(2006)은 표고버섯에 protease, cellulase, pectinase 각각의 효소를 단독보다는 혼합으로 처리한 것이 조단백질 함량이 높게 나타났으나, cellulase 0.05% 단독처리군은 미처리군보다 오히려 낮게 나타났다고 보고하여 효소의 전처리 조건에 따라 조단백 함량과 유리아미노산 함량이 변화할 수 있음을 알 수 있다.

특히 일부 아미노산은 향산화 활성이 있는데 Jin HJ(2016)는 분지아미노산인 leucine, valine, isoleucine 등의 ferric thiocyanate method에 의한 지질과산화 억제능을 측정한 결과 valine이 매우 높은 향산화 효과가 있음을 보고하였고, Back SY(2015)은 분지아미노산 혼합 식이를 섭취한 흰쥐의 비장에서 산화적 스트레스로 인한 DNA손상 보호효과가 있음을 보고하였다. 이에 본 연구에서 leucine은 효소나 유산균 단독처리군과 혼합처리군이 미처리군보다 모두 높았고 valine은 유산균 단독처리군과 혼합처리군이 미처리군보다 높았으며, 혼합처리군인 WPEL군은 다른 아미노산보다 valine 함량이 매우 높아 이로 인해 향산화 활성을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

4. 밀싹분말의 휘발성 향기성분 분석

밀싹분말의 휘발성 성분을 GC/MS로 분석하여 동정된 화합물의 결과는 Table 4와 같다. WP군과 WPL군은 총 29종, WPE군은 28종, WPEL군은 27종의 화합물을 동정하였다. WP군은 2-methyl propanal이 1순위로 가장 많고 2순위는 2-methyl butanal이었으나, WPE군과 WPL군은 1순위는 2-methyl propanal, 2순위는 isovaleraldehyde, WPEL군은 1순위가 isovaleraldehyde, 2순위가 2-methyl butanal로 효소와 유산균 처리를 통해 밀싹분말의 휘발성 향기 성분을 구성하는 비율의 변화가 있었다.

불쾌취에 관련된 향기성분을 보면 WP군, WPE군, WPL군에 가장 많이 함유된 2-methyl propanal은 풋풋하나 다소 자극적인 풀 냄새를 띠는 화합물(Lee SA 2016)로 WPEL군에서는 함량이 유의적으로 낮았다($p<0.001$). 풀 냄새를 내는 대표적 향인 hexanal(Lee SA 2016)은 WP군이 가장 많고 WPE군, WPL군 WPEL군의 순으로 감소하였는데 유의적 차이는 없었다. 이 성분은 볶임차에서도 동정되었고(Kim & Choi 2011), 튀음차보다는 덜 튀은 말차에서 현저히 더 많았다고 보고되었는데(Lee SA 2016), 본 연구에서도 효소나 유산균 처리를 하지 않은 밀싹분말에서 더 많았다. 이취를 나타내는 지방산 분해물인 1-penten-3-ol(Lee SA 2016)도 WP군과 WPE군에 비해 WPL군과 WPEL군이 유의적으로 낮았다($p<0.001$). 양배추, 무와 같은 채소의 대표적인 불쾌한 냄새인 dimethyl sulfide(Furia & Bellanca 1975)는 WP군에 가장 많고 WPE군,

WPL군, WPEL군의 순으로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). Isovaleraldehyde는 WPEL군이 가장 많고 WPL군, WPE군, WP군 순으로 유의적으로 감소하였는데($p<0.001$), 이는 청국장 발효 시 나쁜 냄새의 주범이면서, 공기의 악취 정도를 나타내는 지표 물질이기도 하다(Ahn 등 2013). 따라서 과잉 발효 혹은 부패가 되어 isovaleraldehyde 생성이 적정선을 넘지 않도록 조건을 설정하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

이에 비해 좋은 향기성분으로 2-ethyl furan은 부드러운 콩 냄새가 특징으로 WPEL군과 WPL군이 WPE군, WP군 보다 유의적으로 많았다($p<0.001$). 과일향이 특징인 ethyl acetate은 WPEL군이 가장 많고 WPL군, WPE군, WP군 순으로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 달콤한 향을 띠는 furfural(Lee SA 2016)은 당을 가열할 때 생기는 기본적인 향으로 WPEL군이 가장 많았으며, WP군이 다른 군에 비해 유의적으로 낮았는데($p<0.001$), 이 성분은 말차의 향기 성분으로 고급 말차에서만 동정되었는데(Lee SA 2016) 본 연구에서는 효소와 유산균으로 혼합처리한 밀싹분말에서 가장 많았다. 달콤한 초콜릿 향을 띠는 2-methyl butanal은 WPEL군이 가장 많고 WPL군, WPE군, WP군 순으로 유의적으로 감소하였으며($p<0.001$), 이 성분은 부분 발효차에서 비교적 많이 함유되어 있는 화합물로(Lee SA 2016) 본 연구에서도 미처리 밀싹분말에 비해 효소나 유산균 처리를 단독 또는 혼합처리군에서 높게 나왔다. 이상의 결과 효소와 유산균처리 후 밀싹분말의 자극적인 풀 냄새는 감소하고 좋은 향기는 증가하여 관능검사에 좋은 영향을 줄 것으로 보인다.

5. 밀싹분말의 색도

전처리 방법을 달리한 밀싹분말의 색도를 측정한 결과는 Table 5와 같다. L값은 WP군 50.64로 가장 높았고 WPE군 46.07, WPEL군 45.95, WPL군 43.69의 순으로 낮아져($p<0.001$), 효소나 유산균처리군이 미처리군보다 더 어두웠다. a값은 WPL군 -7.31이 가장 높고 WPEL군 -7.57, WPE군 -8.17, WP군 -8.96 순으로 유의적으로 낮았는데($p<0.001$) 이는 효소나 유산균 처리로 인해 미처리군보다 밀싹의 녹색이 연해졌음을 나타낸다. b값은 WPEL군 47.21로 가장 높았고 WPL군 40.05, WP군 37.91, WPE군 37.61의 순으로 낮아져($p<0.001$) 효소나 유산균 단독처리군보다 혼합처리군의 황색이 진했다.

미처리군보다 효소나 유산균처리 밀싹분말은 L값과 a값은 작아지고, b값은 더 커졌는데 이는 밀싹분말에 가장 많이 들어 있는 색소 성분인 클로로필(Ryu 등 2014)의 영향으로 생각된다. 클로로필은 약산이나 60℃ 이상의 열로 처리하면 올리브그린색인 페오피틴(pheophytin)이 형성되고, 계속해서 산으로 처리하면 갈색인 페오포바이드(pheophorbide)가 된다

Table 4. The compositions in volatile aroma of the wheat sprout powder with the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment (Unit : area %)

	Rt (min)	WP ¹⁾	WPE	WPL	WPEL	F-value
Dimethyl sulfide	4.74	11.49±0.07 ^a	5.39±0.06 ^b	2.23±0.02 ^c	1.35±0.02 ^d	24,763.620 ^{***}
2-Methyl propanal	5.00	33.05±0.56 ^a	33.06±2.11 ^a	31.72±0.73 ^a	24.30±0.02 ^b	40.010 ^{***}
Ethyl acetate	5.26	0.37±0.01 ^d	0.85±0.01 ^b	0.63±0.01 ^c	1.27±0.02 ^a	2,559.716 ^{***}
Ethyl methyl ketone	5.38	1.10±0.06 ^c	2.22±0.02 ^a	1.65±0.01 ^b	-	755.931 ^{***}
2-Methyl furan	5.46	0.13±0.02 ^c	-	0.31±0.05 ^b	2.73±0.03 ^a	5,853.854 ^{***}
Isovaleraldehyde	6.18	9.53±0.01 ^d	26.48±0.06 ^c	29.57±0.78 ^b	36.72±0.02 ^a	2,585.673 ^{***}
2-Methyl butanal	6.34	18.09±0.02 ^d	20.20±0.08 ^c	21.62±0.04 ^b	24.65±0.12 ^a	4,033.605 ^{***}
1-Penten-3-ol	6.64	0.45±0.03 ^a	0.43±0.01 ^a	0.33±0.01 ^b	0.25±0.01 ^c	94.408 ^{***}
2,3-Pentanedione	6.86	0.14±0.02 ^c	0.33±0.01 ^b	0.31±0.01 ^b	0.42±0.02 ^a	148.528 ^{***}
Pentanal	6.94	0.06±0.01 ^c	0.18±0.01 ^b	0.23±0.02 ^a	0.23±0.01 ^a	125.887 ^{***}
2-Ethyl furan	7.03	0.21±0.01 ^c	0.71±0.01 ^b	1.08±0.02 ^a	1.08±0.00 ^a	3,759.476 ^{***}
Pyrazine	7.82	0.06±0.001 ^a	0.03±0.001 ^c	0.04±0.01 ^b	0.03±0.00 ^c	29.008 ^{***}
3-Penten-2-one	7.91	0.08±0.01 ^b	0.05±0.001 ^c	0.13±0.001 ^a	0.13±0.03 ^a	21.957 ^{***}
Disulfide, dimethyl	8.10	0.12±0.01 ^d	0.41±0.01 ^c	0.83±0.001 ^b	0.91±0.02 ^a	3,628.416 ^{***}
Pyrrole	8.27	0.21±0.01 ^a	0.08±0.001 ^b	0.05±0.001 ^c	-	1,494.072 ^{***}
Ether, benzyl propyl	8.62	0.39±0.001 ^b	0.36±0.27 ^b	0.59±0.01 ^{ab}	0.82±0.00 ^a	7.677 ^{***}
2-Methoxyethanol	9.18	0.06±0.001	0.00±0.001	0.29±0.38	0.06±0.001	0.850
Hexanal	9.38	0.21±0.02	0.12±0.001	0.19±0.25	0.03±0.001	1.281
2-Methyl pyrazine	10.09	1.22±0.01 ^b	0.78±0.00 ^d	0.99±0.01 ^c	1.24±0.01 ^a	3,355.299 ^{***}
Furfural	10.35	0.84±0.58 ^b	0.65±0.01 ^b	0.86±0.04 ^b	3.07±0.01 ^a	46.775 ^{***}
3-Furanmethanol	10.91	0.26±0.01 ^b	0.60±0.01 ^a	0.61±0.02 ^a	0.04±0.001 ^c	2,253.126 ^{***}
2,5-Dimethyl pyrazine	12.47	0.66±0.03 ^a	0.43±0.01 ^c	0.57±0.01 ^b	0.03±0.001 ^d	1,068.398 ^{***}
2-Ethyl pyrazine	12.60	0.32±0.24	0.34±0.01	0.36±0.001	0.52±0.02	1.842
2,3-Dimethyl pyrazine	12.72	0.15±0.01 ^a	0.07±0.00 ^b	0.01±0.001 ^c	0.07±0.01 ^b	341.208 ^{***}
Benzaldehyde	13.88	0.16±0.01 ^b	0.39±0.01 ^a	0.02±0.001 ^d	0.04±0.001 ^c	3,417.614 ^{***}
1-Octen-3-ol	14.16	0.09±0.01 ^c	0.02±0.001 ^a	0.05±0.01 ^b	0.11±0.01 ^d	124.493 ^{***}
2-Ethyl-6-methyl pyrazine	14.76	0.23±0.001 ^c	0.18±0.01 ^d	0.36±0.01 ^b	0.49±0.01 ^a	1,267.613 ^{***}
3-Ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	16.75	0.12±0.01 ^a	0.05±0.001 ^c	0.07±0.001 ^b	0.05±0.01 ^c	157.226 ^{***}
4-Hydroxy-2-methylaceto phenone	21.92	0.09±0.001 ^b	0.09±0.001 ^b	0.13±0.01 ^a	0.09±0.01 ^b	64.294 ^{***}

¹⁾ Samples are the same as those in Table 1.

²⁾ Mean±S.D.

^{a-d} Value with different superscripts within the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.
^{***} $p < 0.001$.

(No 등 2016). Kim 등(2013)은 포도추출액에 효소처리 후 유기산 함량이 증가하였으며, Ryu & Kwon(2013)은 뽕잎에 유산발효 후 유기산 함량이 증가하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 밀싹분말에 효소와 유산균처리로 유기산이 증가하여 클로로필이 페오피틴과 페오포바이드가 되어 색도에 영향을 준 것으로 생각된다. 황기 추출액은 효소처리 후 명도는 증가하고 적색도와 황색도는 감소하였고(Kwon 등 2010),

참외주스는 효소처리 후 적색도는 감소하고 황색도는 증가하였다(Jang 등 2014)고 보고하였다. 갈색겨저리 동충하초 열수 추출물(Gim 등 2018)의 유산균 발효 전후 색도를 보면 L 값은 발효 전 15.79이었는데 발효 후 -15.75로 감소, a값은 발효 전 66.72이었는데 발효 후 149.92로 증가, b값은 발효 전 54.45에서 발효 후 0.01로 감소하여 효소와 유산균 처리시 색도에 서로 다른 영향을 주었다. 이는 효소와 유산균 전처

Table 5. The color characteristics of the wheat sprout powder with the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment

	WP ¹⁾	WPE	WPL	WPEL	F-value
L	50.64±0.02 ^{2)a}	46.07±0.71 ^b	43.69±0.01 ^c	45.95±0.01 ^b	201.834 ^{***}
a	-8.96±0.01 ^d	-7.57±0.18 ^b	-7.31±0.06 ^a	-8.17±0.03 ^c	174.001 ^{***}
b	37.61±2.03 ^c	37.91±0.06 ^c	47.21±0.17 ^a	40.05±0.11 ^b	57.770 ^{***}

¹⁾ Samples are the same as those in Table 1.

²⁾ Mean±S.D.

^{a-c}Value with different superscripts within the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.
^{***} $p<0.001$.

리 과정 중에 생성된 부산물과 식물마다 함유된 원료 및 색소 성분 등의 차이에 따라 나타난 결과로 보인다.

6. 밀싹분말의 항산화 활성

밀싹분말의 항산화 활성 결과는 Table 6과 같다. 총 폴리페놀 함량은 WPEL군이 493.09 µg GAE/g로 가장 높게 나타났고, WPL군 467.34 µg GAE/g, WPE군 444.34 µg GAE/g, WP군 432.00 µg GAE/g 순으로 감소하였으며($p<0.001$), WP군에 비해 WPEL군은 14% 증가하였다. 효소와 유산균으로 발효한 흑마늘(Chae 등 2011)의 총 폴리페놀 함량이 효소처리 후 유산균 발효군이 가장 높고, 효소 단독처리군, 미처리군 순으로 감소하였다고 하여 본 연구와 유사하였다. Bonfili 등(2009)은 밀싹의 폴리페놀 분획에 catechin, epicatechin, epigallocatechin gallate가 높은 함량으로 들어 있으며, 이로 인해 HeLa 세포에 유의적인 영향을 주어 항암치료 보조제 역할을 할 수 있다고 보고하였다. Calzuola 등(2006)은 밀싹의 항산화 활성은 폴리페놀 성분 때문이라고 하였으며, Kulkarni 등(2006)도 밀싹에서 높은 항산화 활성이 있음을 보고하였다. 유산균 발효 후 꾸지뽕 열매(Seo 등 2013), 더덕 추출물(Park 등 2009), 콩잎(Jang KJ 2019), 두부(Kang & Lee 2013)도 총 폴리페놀 함량이 증가하였다고 하여 본 실험결과와 같았다. 또한, 효소처리 후 노니(Kim 등 2020), 사과 껍질(Park & Kim 2009), 감태 줄기(Lee 등 2006)의 폴리페놀이 높아진 연구 결과와 같은 결

과를 보였다. 셀룰로오스를 가수분해하는 효소가 세포벽을 분해하여 불용성의 폴리페놀을 유리형태로 추출하는데 효과적인 역할을 하기 때문에 폴리페놀 함량이 높게 나타난 결과(Cho 등 2018)로 보인다.

밀싹분말의 총 플라보노이드 함량은 WPE군의 3.63 µg QUE/g로 가장 높았고, WPEL군 3.59 µg QUE/g, WPL군 3.50 µg QUE/g, WP군 3.09 µg QUE/g의 순으로 유의적으로 감소하였고($p<0.001$) WP군에 비해 WPEL군은 16% 증가하였다. 이러한 총 플라보노이드 함량 차이는 Table 5의 b값(황색도)과 L값(명도) 변화에도 영향을 준 것으로 보인다. Lee 등(2019)은 밀배아의 총 플라보노이드 함량이 celluclast 효소처리 후 약 3.0배 증가하였다. 또한, 유산균 발효 후 꽃송이버섯 혼합물(Lee 등 2016), 블루베리(Lee & Hong 2015), 오디(Lee & Hong 2016), 꾸지뽕 열매(Seo 등 2013), 홍화 추출물(Lim 등 2019)의 총 플라보노이드 함량도 증가하였다고 하여 본 실험결과와 같은 결과를 보였다. 이러한 연구 결과로 미루어 볼 때, 총 폴리페놀 함량 변화와 마찬가지로 효소와 유산균 전처리에 의한 세포벽의 구조적 변화로 인해 밀싹 세포벽내 총 플라보노이드 추출 효율을 증가시켜 함량이 증가한 것으로 판단된다.

DPPH 라디칼 소거능은 WPEL군이 59.27%로 가장 높았고, WPL군 47.45%, WPE군 44.10%, WP군 35.49%의 순으로 유의적으로 감소하였으며($p<0.001$), WP군에 비해 WPEL군은 67%

Table 6. The total polyphenols, flavonoids contents and the DPPH radical scavenging activities of the wheat sprout powder with the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment

	WP ¹⁾	WPE	WPL	WPEL	F-value
Total polyphenols (µg GAE/g)	444.34±30.20 ^{2)b}	432.00±48.83 ^b	467.34±46.65 ^{ab}	493.09±48.83 ^a	5.265 [*]
Total flavonoids (µg QUE/g)	3.09±0.02 ^d	3.63±0.01 ^a	3.50±0.001 ^c	3.59±0.03 ^b	2648.942 ^{***}
DPPH radical scavenging activities (%)	35.49±1.84 ^d	44.10±2.29 ^c	47.45±2.98 ^b	59.27±4.11 ^a	166.116 ^{***}

¹⁾ Samples are the same as those in Table 1.

²⁾ Mean±S.D.

^{a-d}Value with different superscripts within the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.
^{*} $p<0.05$, ^{***} $p<0.001$.

증가하였다. 꽃송이버섯 혼합물(Lee 등 2016), 부추액 당침액 발효물(Lee 등 2014), 더덕(Park 등 2009), 홍화 추출물(Lim 등 2019), 오디(Lee & Hong 2016), 블루베리(Lee & Hong 2015), 콩잎(Jang KJ 2019)도 DPPH 라디칼 소거능이 유산균 발효 후 증가하였다고 보고하여 본 실험결과와 같은 결과를 보였다. 특히 많은 선행연구에서 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량이 증가할수록 항산화 활성이 증가한다고 보고되었는데 (Park 등 2009; Chae 등 2011; Kim 등 2012; Lee 등 2014; Lee 등 2016; Park 등 2018; Jang KJ 2019), 효소나 유산균 단독 또는 혼합처리 후 밀짚에서 증가된 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능을 통해 밀짚의 항산화 활성이 높아진 것으로 판단된다. 따라서 항산화 활성에 관여하는 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량 증가와 DPPH 라디칼 소거능 증가를 위해 밀짚을 효소와 유산균으로 혼합처리 하는 것이 단독처리 하는 것보다 항산화 활성을 증가시키는 유용한 전처리 방법으로 보인다.

7. 밀싹분말의 관능평가

효소와 유산균 전처리 방법에 따른 밀싹분말의 관능평가 결과는 Table 7과 같다. 색의 기호도는 효소와 유산균 전처리 방법에 따른 유의적인 차이가 없었는데, Table 5의 결과에서 기계적 색도의 차이가 있었으나 이는 관능평가에는 영향을 주지 않은 것으로 보인다. 맛에 대한 기호도는 미처리군과 WPE군은 유의적 차이가 없었으나 WPL군과 WPEL군은 유의적으로 높았다($p<0.001$). 향미와 불쾌취에 대한 기호도는 WPEL군이 가장 높았고 WPL군, WPE군, WP군 순으로 유의적으로 감소하여($p<0.001$), 효소와 유산균처리군이 미처리군보다 향미와 불쾌취에 대한 기호도가 상승하였다. 이는 Table 4의 휘발성 향기성분 분석에서 불쾌취에 관련된 향기 성분은 효소와 유산균 전처리에 의해 감소하였으며 좋은 향기 성분은 증가한 것과 같은 결과로 보인다. 전체적인 기호도

는 WPEL군이 6.24점으로 가장 높았으며, WPL군 5.45점, WPE군 4.17점, WP군 3.21점 순으로 유의적으로 감소하였다 ($p<0.001$). Kwon 등(2010)은 효소처리 후 황기 열수추출액의 기호도가 증가하였다고 하였으며, Lee 등(2015)은 효소처리 한 고추추출액이 미처리군과 색에 대한 기호도는 차이가 없었으나 향, 맛, 종합적 기호도는 우수하였다고 하였다. 또한 유산균처리 후 Kim 등(2009a)은 자작나무수액에서 맛과 향이 증진되었으며, Song 등(2016)은 천마의 불쾌취가 감소하였다고 한다. Kim H(2009)는 효소처리 후 유산균으로 발효한 녹차가 맛과 향미가 더 좋아졌다고 하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 밀싹분말의 효소와 유산균 단독 또는 혼합처리군 모두 미처리군보다 관능평가 결과가 좋아 효소와 유산균 전처리는 밀짚의 기호도를 향상시키는 것으로 보이며, 단독보다는 혼합처리가 더욱 효과적인 것으로 나타났다.

요약 및 결론

본 연구는 전처리방법이 다른 밀싹분말의 이화학적 성분과 항산화 활성 등을 알아보기 위해 밀짚을 효소 단독처리(WPE군), 유산균 단독처리(WPL군), 효소와 유산균 혼합처리(WPEL군)한 후 분말로 제조하여 평가하였다. 밀싹분말의 수분 함량은 7.76~7.86%, 조지방 함량은 5.60~5.73%로 전처리 방법에 따라 유의적인 차이가 없었다. 조단백질 함량은 21.91~22.50%, 조회분 함량은 7.29~11.52%, 조섬유 함량은 30.68~32.89%로 조단백 함량은 WPEL군이 가장 높았고, 조회분과 조섬유 함량은 WPEL군이 가장 낮았다($p<0.001$). 무기질 함량은 미처리 WP군에 비해 WPE군은 Fe, K, WPL군과 WPEL군은 Na, Ca, Fe, K이 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 유리 아미노산 분석결과 13종이 검출되었는데 총 유리아미노산 함량은 WPEL군이 가장 높았고 WPL군, WP군, WPE군 순으로

Table 7. The sensory properties of the wheat sprout powder with the enzyme and lactic acid bacteria pre-treatment

	WP ¹⁾	WPE	WPL	WPEL	F-value
Color	5.61±0.03 ²⁾³⁾	5.63±0.03	5.62±0.02	5.64±0.01	0.370
Taste	4.20±0.26 ^c	4.36±0.07 ^c	4.25±0.15 ^b	5.86±0.11 ^a	66.040 ^{***}
Aroma	3.26±0.02 ^d	4.28±0.02 ^c	5.48±0.19 ^b	6.42±0.21 ^a	291.829 ^{***}
Off-flavor	1.29±0.06 ^d	3.40±0.17 ^c	5.16±0.04 ^b	6.21±0.06 ^a	1,412.477 ^{***}
Overall acceptability	3.21±0.05 ^d	4.17±0.02 ^c	5.45±0.16 ^b	6.24±0.12 ^a	494.644 ^{***}

¹⁾ Samples are the same as those in Table 1.

²⁾ Mean±S.D.

³⁾ 7 point hedonic scale (1: extremely dislike, 7: extremely like).

^{a-d}Value with different superscripts within the same row are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

^{***} $p<0.001$.

로 유의적으로 감소하였으며($p<0.001$), 필수아미노산 함량은 WPEL군이 가장 높았고 WPL군, WPE군, WP군 순으로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 효소와 유산균 전처리군은 미처리군에 비해 불쾌취에 관련 있는 2-methyl propanal, hexanal, 1-penten-3-ol, dimethyl sulfide는 감소하였고, 좋은 향미와 관련 있는 2-ethyl furan, ethenyl acetate, 2-methyl butanal은 증가하여($p<0.001$) 밀싹분말의 휘발성 향기 성분을 구성하는 비율이 변화하였다. 효소와 유산균 전처리군이 L값과 a값은 감소하였으며, b값은 증가하였다($p<0.001$). 총 폴리페놀은 효소와 유산균 혼합처리군이 미처리군보다 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 총 플라보노이드 함량은 효소와 유산균 단독 또는 혼합처리군이 미처리군보다 높았다($p<0.001$). 또한 DPPH 라디칼 소거능은 WPEL군이 가장 높았고 WPL군, WPE군, WP군 순으로 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 관능검사 결과에서 색은 유의적 차이가 없었으나 맛, 향미, 불쾌취에서 WPEL군이 WPL군, WPE군, WP군에 비해 높은 기호도를 나타내었으며($p<0.001$) 특히, 전체적인 기호도가 WPEL군이 6.24점으로 다른 군에 비해 가장 높았다($p<0.001$). 본 연구에서 밀싹을 효소와 유산균으로 전처리한 군이 미처리군보다 항산화 활성과 이에 관련된 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 성분이 증가하였으며 일부 무기질과 총 유리아미노산 함량, 필수 아미노산 함량도 증가하였다. 또한 휘발성 향기 성분도 변화하여 관능검사에서 좋은 결과를 보였는데 단독처리보다 혼합처리가 더 효과적이었다. 따라서 효소와 유산균으로 혼합처리하여 얻은 밀싹분말은 항산화능을 갖는 기능성 소재로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 중소기업기술개발 지원사업으로 수행되어(과제번호 S2743948) 이에 감사드립니다.

References

- Ahn J, Kim KH, Kim YH, Kim BW. 2013. Comparison of different collection methods for the environmental samples when cooking the old Korean style soy-bean soup (Cheonggukjang). *J Korean Soc Odor Res Eng* 12:157-167
- An SH. 2015. Quality characteristics of cookies made with added wheat sprout powder. *Korean J Food Cookery Sci* 31:687-695
- An SL. 2018. Quality characteristics of Sulgidduk added wheat sprouts powder. Ph.D. Thesis, Kongju National Univ. Kongju, Korea
- AOAC. 1996. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. pp.210-219. Association of Official Analytical Chemist
- Back SY. 2015. Effect of branched chain amino acid supplementation on antioxidant defense system and inflammatory response in the acute inflammatory responses induced by lipopolysaccharide in SD rats. Master's Thesis, Kyungnam Univ. Changwon. Korea
- Ben-Arye E, Goldin E, Wengrower D, Stamper A, Kohn R, Berry E. 2009. Wheat grass juice in the treatment of active distal ulcerative colitis: A randomized double-blind placebo-controlled trial. *Scand J Gastroenterol* 37:444-449
- Bonfili L, Amici M, Cecarini V, Cuccioloni M, Tacconi R, Angeletti M, Fioretti E, Keller JN, Eleuteri AM. 2009. Wheat sprout extract-induced apoptosis in human cancer cells by proteasomes modulation. *Biochimie* 91:1131-1144
- Calzuola I, Luigi Gianfranceschi G, Marsili V. 2006. Comparative activity of antioxidants from wheat sprouts, *Morinda citrifolia*, fermented papaya and white tea. *Int J Food Sci Nutr* 57:168-177
- Cha JY, Jeon BS, Park JW, Kim BK, Jeong CY, Ryu JS, Choi CK, Cho YS. 2004. Hypocholesterolemic effect of yogurt supplemented *Salicornia herbacea* extract in cholesterol-fed rats. *J Life Sci* 14:747-751
- Chae HJ, Park DI, Lee SC, Oh CH, Oh NS, Kim DC, Won SI, In MJ. 2011. Improvement of antioxidative activity by enzyme treatment and lactic acid bacteria cultivation in black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:660-664
- Chai YM, Lim BK, Lee JY, Kim YH, Rhee SJ. 2003. Preparation of soluble dietary fiber from oak wood (*Quercus mongolica*) and its physiological function in rat fed high cholesterol diets. *Korean J Nutr* 36:9-17
- Cho DH, Lee SK, Park J, Park HY, Choi I, Han SI, Chung HJ, Jeong D, Oh SK. 2018. Effect of cell wall degrading enzyme treatment on the phenolic content and antioxidant activity of brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47: 605-611
- Choi MK, Chang MS, Eom SH, Min KS, Kang MH. 2015. Physicochemical composition of buckwheat microgreens grown under different light conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:709-715
- Cooke RD, Twiddy DR, Alan Reilly PJ. 1987. Lactic-acid fermentation as a low-cost means of food preservation in

- tropical countries. *FEMS Microbiol Rev* 46:369-379
- Furia TE, Bellanca N. 1975. Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients. 2nd ed. p.406. The Chemical Rubber
- Gim DW, Park JK, Kim HJ, Cho IK, Cho JY, Kim YD, Huh CK. 2018. Physicochemical properties and antioxidant activities of *Streptococcus thermophilus* KCCM 3782 strain fermented *Cordyceps militaris* grown on *Tenebrio molitor*. *Korean J Food Preserv* 25:136-144
- Hwang KA, Hwang YJ, Hwang HJ, Hwang IG, Kim YJ. 2018. Evaluation of biological activities of fermented *Schisandra chinensis* extracts by *Streptococcus thermophilus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:1338-1343
- Im HJ, Park BY, Yoon KY. 2016. Production of soluble dietary fiber of buckwheat hulls by enzymatic depolymerization and its characteristics. *Korean J Food Sci Technol* 48:97-103
- Jang KJ. 2019. Change of the fermentative properties, active compounds, and biological activities of isoflavone enriched soybean (*Glycine max* L.) leaves using the cocktail lactic acid bacteria. Master's Thesis, Gyeongnam National University Science and Technology. Jinju. Korea
- Jang SJ, Jo YJ, Seo JH, Kim OM, Jeong YJ. 2014. Enzyme treatment for clarification of spoiled oriental melon juice. *Korean J Food Preserv* 21:506-511
- Jeon JM, Choi SK, Kim YJ, Jang SJ, Cheon JW, Lee HS. 2011. Antioxidant and antiaging effect of ginseng berry extract fermented by lactic acid bacteria. *J Soc Cosmet Sci Korea* 37:75-81
- Jeon KM, Park KH, Pyo AJ. 2015. A research on cell proliferation effect and antioxidant activity of extracts based on different extraction methods of *Salvia miltiorrhiza* Bunge and *Scutellaria baicalensis*. *Asian J Beauty Cosmetol* 13: 495-502
- Jeong KO, Seol CH, Moon KH, Kim DG, Im SY, Lee JH. 2019. Physicochemical properties and antioxidant activity of *Arctium lappa* L. fermented with lactic acid bacteria. *J Chitin Chitosan* 24:8-15
- Jin HJ. 2016. Antioxidative, anticancer, and anti-inflammatory effects of branched-chain amino acids. Master's Thesis, Konkuk Univ. Seoul. Korea
- Joo SY, Park JD, Choi YS, Sung JM. 2018. A study of the optimization of white pan bread added with wheat sprout powder. *Culin Sci Hosp Res* 24:1-14
- Jung ES. 2012. Quality characteristics of white bread added with hizikia hydrolysate and effect of its lipid metabolism in rats. Ph.D. Thesis, Chonnam National Univ. Gwangju. Korea
- Jung HK, Kim ER, Yae HS, Choi SJ, Jung JY, Juhn SL. 2000. Cholesterol-lowering effect of lactic acid bacteria and fermented milks as probiotic functional foods. *Food Ind Nutr* 5:29-35
- Kang H, Kim CJ. 2010. Effect of single or mixed culture of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on fermentation characteristics of buckwheat sprout-added yoghurt. *Korean J Food Cult* 25:76-81
- Kang HN, Kim CJ. 2009. *Lactobacillus bulgaricus* fermentation characteristics of yogurt with added buckwheat sprout. *J Korean Soc Food Cult* 24:90-95
- Kang KM, Lee SH. 2013. Changes of antioxidant activity and the isoflavone and free amino acid content of fermented tofu with Kimchi ingredients and lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:96-101
- Kang SH. 2019. Effects of enzyme-treated *Triticum aestivum* sprout extracts on the activity of whitening and anti-wrinkle. Ph.D. Thesis, Wonkwang Univ. Iksan. Korea
- Kim DH, Yeon SJ, Jang KI. 2016. Quality characteristics and antioxidant activity of espresso coffee prepared with green bean fermented by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1799-1807
- Kim EJ, Choi JY, Yu M, Kim MY, Lee S, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 44:337-342
- Kim H. 2009. The manufacturing of fermented tea by the treatment of enzyme and *Lactobacillus*. Master's Thesis, Korea Polytechnic Univ. Siheung. Korea
- Kim HJ. 2016. Antioxidant and physiological activities of Korean wheat sprouts. Master's Thesis, Kwangju Womem's Univ. Kwangju. Korea
- Kim HS, Lee IS, Lee YJ, Lee EJ, Choi MO. 2008. Antioxidative nutrients and nitrite scavenging ability of various vegetable seed sprouts. *J Hum Ecol* 12:107-117
- Kim JH. 2009. Bio- ethanol production of enzymatic hydrolyzed food wastes. Master's Thesis, Seoul National Univ. Seoul. Korea
- Kim JH, Lee WJ, Cho YW, Kim KY. 2009a. Storage-life and palatability extension of *Betula platyphylla* sap using lactic acid bacteria fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:787-794
- Kim JM, Jeon YH, Jeong YJ, Yoon KY. 2020. Comparison of

- bioactive composition, antioxidant activity, and nitric oxide inhibition effect of enzyme-treated and commercial noni juice. *Korean J Food Sci Technol* 52:75-80
- Kim JS, Wang SB, Kang SK, Cho YS, Park SK. 2009b. Quality properties of white lotus leaf fermented by mycelial *Paecilomyces japonica*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 594-600
- Kim MH, Kwak HJ, Yoo BH, Kim DJ, Youn SJ. 2013. Quality characteristics and antioxidant effects of grape juice obtained with different extraction methods. *Korean J Food Preserv* 20:784-790
- Kim MK, Choi SH. 2011. Volatile flavor components of commercial mulberry leaf tea. *J Korean Tea Soc* 17:89-94
- Kulkarni SD, Tilak JC, Acharya R, Rajurkar NS, Devasagayam TPA, Reddy AVR. 2006. Evaluation of the antioxidant activity of wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) as a function of growth under different conditions. *Phytother Res* 20: 218-227
- Kwon SC, Choi GH, Hwang JH, Lee KH. 2010. Physicochemical property and antioxidative activity of hot-water extracts from enzyme hydrolysate of *Astragalus membranaceus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:406-413
- Lee BK. 2015. Quality characteristics of sponge cake with added powdered wheat and barley sprout. Master's Thesis, Seoul National Univ. Seoul. Korea
- Lee C. 2013. Effect of lactic-fermentation on the n-hexanal content of peanut milk. *Korean J Food Nutr* 26:146-149
- Lee DH, Hong JH. 2015. Physicochemical properties and storage stability of blueberry fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Food Preserv* 22:796-803
- Lee DH, Hong JH. 2016. Physicochemical properties and antioxidant activities of fermented mulberry by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:202-208
- Lee DH, Jang JH, Hong JH. 2017. Spray-dried powder preparation of pumpkin sweet potato hydrolysates and its physicochemical properties. *Korean J Food Preserv* 24: 246-253
- Lee JB, Bae JS, Son IK, Jeon CP, Lee EH, Joo WH, Kwom GS. 2014. Antioxidant and ACE inhibiting activities of sugared-buchu (*Allium ampeloprasum* L. var. *porum* J. Gay) fermented with lactic acid bacteria. *J Life Sci* 24:671-676
- Lee JJ, Son HY, Choi YM, Cho JH, Min JK, Oh HK. 2016. Physicochemical components and antioxidant activity of *Sparassis crispa* mixture fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Food Preserv* 23:361-368
- Lee JK, Jang D, Kan D, Lee J, Kum H, Choi Y, Kang H, Choi YS, Kim DO. 2019. Changes in chemical characteristics of cellulase-treated wheatgerm extract. *Korean J Food Sci Technol* 51:97-102
- Lee JS. 2016. Antioxidant activity and quality characteristics of noodles with wheatgrass. Ph.D. Thesis, Sejong Univ. Seoul. Korea
- Lee JY, Choi GH, Lee KH. 2015. Physicochemical and sensory properties of red pepper extract treated with enzyme complex. *Korean J Food Nutr* 28:628-634
- Lee SA. 2016. Sensory characteristics and volatile flavor compounds in powder green teas. Master's Thesis, Dong Eui Univ. Busan. Korea
- Lee SH, Kim KN, Cha SH, Ahn GN, Jeon YJ. 2006. Comparison of antioxidant activities of enzymatic and methanolic extracts from *Ecklonia cava* stem and leave. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:1139-1145
- Lee SH, Koo YJ, Shin DH. 1988. Physicochemical and bacteriological properties of yogurt made by single or mixed cultures of *L. bulgaricus* and *S. thermophilus*. *Korean J Food Sci Technol* 20:140-147
- Lee SH, Lee YM, Le HS, Kim DK. 2009. Anti-oxidative and anti-hyperglycemia effects of *Triticum aestivum* wheat sprout water extracts on the streptozotocin-induced diabetic mice. *Korean J Pharmacogn* 40:408-414
- Lim MJ, Gu YR, Hong JH. 2019. Physicochemical properties and antioxidant activities of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) extracts according to fermentation of lactic acid bacteria. *J Chitin Chitosan* 24:24-32
- Lim SD, Kim HS, Kim KS, Choi IW, Jin YS, Kim HU. 1996. A study on biochemical and physiological characteristics of *Lactobacillus pentosus* LSDM isolated from Kimchi. *Korean J Dairy Sci* 18:41-52
- Lopez Y, Gordon DT, Fields ML. 1983. Release of phosphorus from phytate by natural lactic acid fermentation. *J Food Sci* 48:953-954
- Nepali S. 2017. Hepatoprotective effect of polysaccharide isolated from *Triticum aestivum* sprouts. Ph.D. Thesis, Jeonbuk National Univ. Jeonju. Korea
- No J, Yoon H, Park S, Yoo SJ, Shin M. 2016. Color stability of chlorophyll in young barley leaf. *J East Asian Soc Diet Life* 26:314-324
- Park CY, Kim C, Ryu YW. 1998. The enzymatic hydrolysis of

- cellulose in supercritical carbon dioxide fluid. *Korean J Biotechnol Bioeng* 13:687-692
- Park HR, Suh HJ, Yu KW, Kim TY, Shin KS. 2015. Chemical properties and immuno-stimulating activities of crude polysaccharides from enzyme digests of tea leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:664-672
- Park LY. 2015. Quality characteristics of muffins containing wheat sprout powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:784-789
- Park MK, Kim CH. 2009. Extraction of polyphenols from apple peel using cellulase and pectinate and estimation of antioxidant activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:535-540
- Park NY, Jeong YJ. 2006. Quality properties of oak mushroom (*Lentinus edodes*) based on extraction conditions and enzyme treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:1273-1279
- Park SA. 2017. Effect of wheat sprout extract on proliferation and hair growth-related signal pathway in human hair dermal papilla cell and fibroblast. Ph.D. Thesis, Wonkwang Univ. Iksan. Korea
- Park SJ, Song SW, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou J, Ahn JH, Yoon WB, Lee HY. 2009. Biological activities in the extract of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:983-988
- Park SS. 2013. Biochemical characterizaion and biological activity of *Schizandra chinensis* (turcz.) baill fermented by lactobacillus fermentum MieV L1106. Master's Thesis, Dong-A Univ. Busan. Korea
- Park SY, Yun YH, Kim HU. 1980. Studies on the effects of several spices on the growth of *Lactobacillus casei* YIT 9018. *Korean J Anim Sci* 22:301-308
- Park SY. 2012. Production of water-soluble fiber from Chinese cabbage by enzymatic hydrolysis. Master's Thesis, Yeungnam Univ. Gyeongsan. Korea
- Park YE, Kim BH, Yoon YC, Kim JK, Lee JH, Kwon GS, Hwang HS, Lee JB. 2018. Total polyphenol contents, flavonoid contents, and antioxidant activity of roasted-flaxseed extracts based on lactic-acid bacteria fermentation. *J Life Sci* 28:547-554
- Peterson DM, Emmons CL, Hibbs AH. 2001. Phenolic antioxidants and antioxidant activity in pearling fractions of oat groats. *J Cereal Sci* 33:97-103
- Ryu EM, Choi HS, Shin HJ. 2014. Effect of coffee grounds' residue on the growth and chlorophyll content of Korean wheat sprout. *Korean Soc Biotechnol Bioeng J* 29:106-111
- Ryu IH, Kwon TO. 2013. Functional quality characteristics of extracts by sugar-leaching and lactic acid fermentation of mulberry leaves (*Morus alba* L.). *J Seric Entomol Sci* 51:164-172
- Seo MJ, Kang BW, Park JU, Kim MJ, Lee HH, Kim NH, Kim KH, Rhu EJ, Jeong YK. 2013. Effect of fermented *Cudrania tricuspidata* fruit extracts on the generation of the cytokines in mouse spleen cells. *J Life Sci* 23:682-688
- Song YE, Choi SR, Song EJ, Seo SY, Lee IS, Han HA, Lee KK, Song YJ, Kim YH, Kim MK, Park SY. 2016. Quality characteristics of fermentation *Gastrodia elata* blume by saccharifying methods. *Korean J Food Nutr* 29:698-705
- Sung HM, Kim SJ, Kim KM, Yun SK, Jung HJ, Kim TY, Wee JH. 2014. Antioxidant activity of soy-sprout extracts prepared by enzyme and ultra high pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1228-1235
- Torre M, Rodriguez AR, Saura Calixto F. 1991. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Crit Rev in Food Sci Nutr* 30:1-22
- Tsai C-T, Meyer AS. 2014. Enzymatic cellulose hydrolysis: Enzyme reusability and visualization of β -glucosidase immobilized in calcium alginate. *Molecules* 19:19390-19406
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee J, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38:521-525
- You SH, Moon JS. 2016. Study on the whitening effect and deterrent effect on gene expression of MMP-1 in wheat sprout extracts. *J Korean Oil Chem Soc* 33:13-22
- You SH, Pyo YH. 2015. Antioxidant and anti-inflammatory activities of ethanol extracts from wheat sprout. *J Invest Cosmetol* 11:231-238

Received 09 July, 2020

Revised 15 September, 2020

Accepted 22 September, 2020