

유산균 발효에 의한 버섯 추출물의 항산화 활성

양희선¹ · 최유진¹ · 오현희¹ · 문준성¹ · 정후길¹ · 김경제² · 최봉석² · 이중원² · 허창기^{1†}

¹(재)임실치즈과학연구소

²(재)장흥군버섯산업연구원

Antioxidative Activity of Mushroom Water Extracts Fermented by Lactic Acid Bacteria

Hee Sun Yang¹, Yu Jin Choi¹, Hyun Hee Oh¹, Joon Seong Moon¹, Hoo Kil Jung¹, Kyung Je Kim²,
Bong Suk Choi², Jung Won Lee², and Chang Ki Huh^{1†}

¹Imsil Research Institute of Cheese Science, Jeonbuk 566-881, Korea

²Janghung Research Institute for Mushroom Industry, Jeonnam 529-812, Korea

ABSTRACT This study was focused on the development of fermented mushroom water extracts with antioxidative activities. Mushroom water extracts were fermented with *Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Leuconostoc lactis*, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus sakei* subsp. LI033 was isolated from kimchi. Fermented mushroom water extracts increased DPPH and ABTS radical scavenging activities in a dose-dependent manner. However, radical scavenging activity of fermented *Phellinus linteus* and *Ganoderma lucidum* water extracts was decreased compared to non-fermented mushroom water extracts. Antioxidative activity of fermented mushroom water extracts was also confirmed by xanthin oxidase (XO) inhibition and superoxide dismutase (SOD) activities at the same concentration. As the fermentation progressed, fermented mushroom water extracts increased XO inhibition activity and SOD activity. In conclusion, fermented mushroom water extracts were tentatively identified to enhance enzyme activity.

Key words: fermentation, mushroom, lactic acid bacteria, antioxidative activity

서 론

모든 생물체는 산소를 이용하여 생명유지에 필요한 에너지를 발생하는 과정에서 활성산소들의 공격에 대한 근본적인 자기방어를 가지고 있다(1,2). 그러나 방어기구에 의해 해리되지 못한 활성산소들은 노화, 암 등의 다양한 질환을 일으키는 원인으로 알려져 있다(3-5). 이러한 활성산소를 억제하기 위한 항산화제인 *tert*-butylhydroquinone(TBHQ), butylated hydroxytoluene(BHT), butylated hydroxy-anisole(BHA) 등과 같은 합성 항산화제가 강력한 항산화 활성을 지니고 있긴 하지만 여러 가지 부작용 때문에 합성 항산화제의 사용을 기피하는 추세이며, 이에 따라 많은 연구자들은 안전성과 각종 질병의 예방 및 치료가 동시에 가능한 천연 항산화제 개발에 초점을 두고 다양한 연구들이 이루어지고 있다(6-10).

최근 천연 항산화제로 주목받고 있는 버섯은 고등균류로 써 담자균강(Basidiomycota)과 일부의 자낭균강(Ascomycota)에 속하는 종으로, 풍미가 뛰어나고 탄수화물, 단백

질, 지질, 무기질 및 비타민 등의 각종 영양소를 다양하게 함유하고 있을 뿐만 아니라 생리활성 물질을 생산함으로써 예로부터 식용 혹은 약용 등의 목적으로 사용하여 왔다(11,12). 특히 버섯의 다당체는 항암작용, 면역증강작용, 항산화 효과, 혈중 콜레스테롤 저하 효과 등의 다양한 약리 효과가 밝혀지면서 건강기능식품의 소재로 많이 이용되고 있다(13-16).

한편 발효법은 역사상 가장 오래된 기술로써 식품, 약품, 화장품 등 다양한 분야에서 활용되고 있는데 그중 인류 역사와 함께 해온 식품 발효는 현재까지 전 세계적으로 가장 널리 이용되고 있는 기술이다(17). 최근에는 발효식품의 생리 활성 작용이 알려지면서 세계적으로 건강기능성 장수식품으로 인식되고 있으며, 특히 프로바이오틱스로서 유산균의 건강기능성이 밝혀지면서 이에 대한 관심이 높아지고 있다(18-20). 유산균은 발효식품에 특유의 풍미와 우수한 보존성을 부여할 뿐만 아니라 유당불내증의 완화작용, 정장작용, 병원성 세균의 생육억제 작용, 콜레스테롤 저하작용, 항암작용 등 다양한 질병을 예방하고 치료할 수 있다고 알려져 있다(21-25). 또한 건강한 사람의 장내에 존재하면서 인체의 특이 및 비특이적 면역체계의 증강에 기여한다고 알려져 있으며, 최근에는 유산균 발효에 의한 천연물의 면역증진 효과

Received 10 September 2013; Accepted 28 October 2013

*Corresponding author.

E-mail: moonerhuh@hanmail.net, Phone: +82-63-644-2181

에 관한 연구가 많이 보고되고 있다(26,27).

하지만 아직까지 발효기술을 이용한 버섯의 항산화 활성에 대한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 식용 및 약용으로 널리 이용되는 상황, 영지 및 표고의 자실체를 열수 추출하고 표준 유산균으로 1차 발효 후 임실 지역의 김치에서 분리한 유산균으로 2차 발효하여 단계적 발효에 의한 항산화 활성을 평가하여 생리 기능성 바이오 소재 개발을 위한 기초자료로 제공 및 응용하고자 한다.

재료 및 방법

버섯 추출물의 제조

실험에 사용한 3종의 버섯(상황, 영지, 표고)은 (재)장흥버섯산업연구원에서 제공받은 것으로 각각 열수 추출하고 소분하여 냉동상태로 보관한 것을 시료로 사용하였다. 상황 추출물을 PW, 영지 추출물을 GW, 표고 추출물을 LW로 명명하였다.

발효 균주

버섯 추출물의 발효를 위하여 사용된 유산균은 한국미생물보전센터(KCCM, Seoul, Korea)로부터 항산화 효과가 있다고 보고된 표준 유산균 5종(*Bifidobacterium bifidum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc lactis*, *Streptococcus thermophilus*)과 김치로부터 분리한 유산균 1종(*Lactobacillus sakei* subsp. LI033)으로 MRS 액체배지(Difco Laboratories Inc., St. Detroit, MI, USA)에서 계대배양 하며 실험에 사용하였다.

버섯 발효물의 제조

버섯 열수 추출물은 보당 및 희석하여 세포노화 억제 활성을 가진 표준균주 5종을 2% 접종하여 37°C에서 72시간 동안 정치배양한 후 1차 발효물을 멸균하였다. 각각의 1차 버섯 발효물은 DPPH 라디칼 소거 활성을 평가하여 3종의 표준 유산균(*B. bifidum*, *L. plantarum*, *Leu. lactis*)을 최종 선발하고 1차 발효물에 김치유래 선발 유산균 1종을 2% 접종하여 37°C에서 24시간 동안 정치배양한 후 2차 발효물을 멸균하였다. 각각의 발효물은 동결건조 하여 냉동보관 하면서 실험에 사용하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성

버섯 추출물과 1차, 2차 발효물을 농도별(0~10 mg/mL)로 희석하여 96 well plate에 50 μL씩 분주하고 에탄올에 녹인 100 μM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액을 150 μL 첨가하였다. 실온에서 차광상태로 30분간 반응시킨 후 ELISA reader(Dynex, Chantilly, VA, USA)를 이용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로 50 μM L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였으며, 각 시료에 대한

DPPH 라디칼 소거 활성은 시료를 첨가하지 않은 대조군의 흡광도와 비교하여 그래프로 나타냈다.

ABTS 라디칼 소거 활성

7 mM ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))(Sigma-Aldrich Co.)와 2.4 mM potassium persulfated(Sigma-Aldrich Co.) 용액을 혼합하여 16시간 동안 차광상태에서 ABTS⁺를 형성시킨 후 ELISA reader(Dynex)로 630 nm에서 흡광도를 측정하여 값이 0.7±0.02가 되도록 희석하였다. 버섯 추출물과 1차, 2차 발효물을 농도별(0~10 mg/mL)로 희석하여 96 well plate에 100 μL씩 분주하고 희석된 ABTS⁺ 용액을 동량으로 가하여 630 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로 50 μM L-ascorbic acid를 사용하였으며, 각 시료에 대한 ABTS 라디칼 소거 활성은 시료를 첨가하지 않은 대조군의 흡광도와 비교하여 그래프로 나타냈다.

Xanthin oxidase(XO) 저해 활성

버섯 추출물과 1차, 2차 발효물을 0~10 mg/mL의 농도로 희석하여 xanthin oxidase activity assay kit(Biovision, Mountain View, CA, USA)를 이용하여 XO의 억제 활성 정도를 측정하였다. XO의 활성은 H₂O₂의 희석농도로 환산하였으며, 0.1 mM까지 2배씩 희석하여 얻은 표준곡선과 비교하여 계산하였다.

SOD 활성

버섯 추출물과 1차, 2차 발효물을 0~10 mg/mL의 농도로 희석하여 EpiQuik superoxide dismutase activity/inhibition assay kit(Epigentek, Brooklyn, NY, USA)를 이용하여 superoxide dismutase(SOD)의 활성 정도를 측정하였다. SOD의 농도는 10 U/μL까지 2배씩 희석하여 얻은 표준곡선과 비교하여 계산하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였고 결과는 평균±SD (standard deviation)로 나타냈고, Duncan's multiple range test를 이용하여 *P*<0.05에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

버섯 발효물이 DPPH 라디칼 소거 활성에 미치는 영향

선발된 표준 유산균 5종을 이용한 1차 발효물의 DPPH 라디칼 소거 활성을 확인한 결과, *B. bifidum*, *L. plantarum* 그리고 *Leu. lactis*의 활성이 크게 나타나 버섯 발효를 위한 유산균으로 최종 선발하였다(Fig. 1). 버섯 추출물 중 상황 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성이 10 mg/mL의 농도에서 74% 이상으로 영지와 표고에 비하여 높게 나타났다. 또한 표준 유산균으로 1차 발효 시 *B. bifidum*에 의한 발효물의

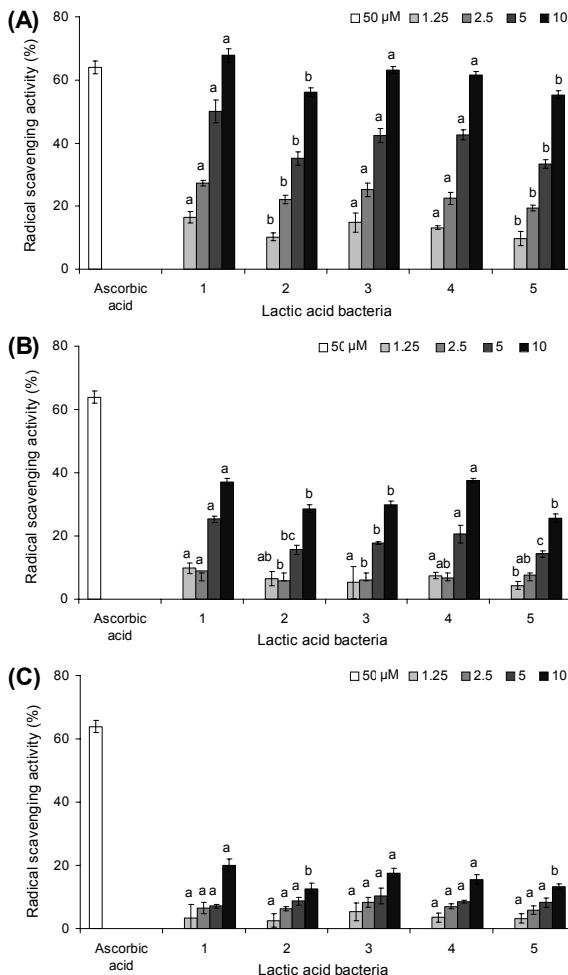


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of mushroom extracts fermented by lactic acid bacteria. Each bar represents the mean \pm SD of triplicated measurement. Different letters (a-c) in the same concentration level are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. 1: *B. bifidum*, 2: *L. acidophilus*, 3: *L. plantarum*, 4: *Leu. lactis*, 5: *S. thermophilus*. A: *Phellinus linteus*, B: *Ganoderma lucidum*, C: *Lentinus edodes*.

DPPH 라디칼 소거 활성이 크게 나타났으며 이는 김치 분리 유산균인 *L. sakei* subsp. LI033에 의한 2차 발효에서도 유사한 결과를 보였다. 표고 추출물은 10 mg/mL의 농도에서 9%였으나 1차 발효 후 20%, 2차 발효 후 16%로 발효를 통하여 DPPH 라디칼 소거 활성이 증가함을 확인하였다. 그러나 발효 과정을 거치면서 상황과 영지의 DPPH 라디칼 소거 활성은 감소하였으며 상황의 활성 감소 폭이 가장 커다 (Fig. 2).

버섯 발효물이 ABTS 라디칼 소거 활성에 미치는 영향

각 시료의 ABTS 라디칼 소거 활성을 확인한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 버섯 추출물 중 상황 추출물의 ABTS 라디칼 소거 활성이 10 mg/mL의 농도에서 53% 이상으로 영지와 표고에 비하여 높게 나타났으나 유산균별 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 표고는 1차, 2차 발효 후 ABTS 라디칼

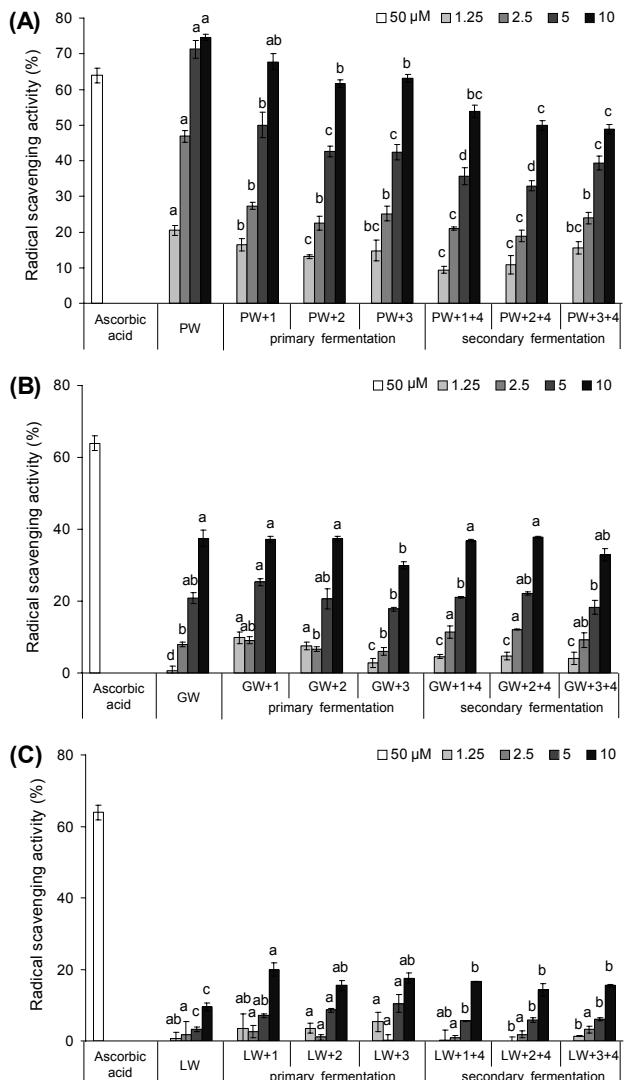


Fig. 2. Effects of phased fermentation by lactic acid bacteria on DPPH radical scavenging activity of mushroom extracts. Each bar represents the mean \pm SD of triplicated measurement. Different letters (a-c) in the same concentration level are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. 1: *B. bifidum*, 2: *L. plantarum*, 3: *Leu. lactis*, 4: *L. sakei* subsp. LI033. A: *Phellinus linteus*, B: *Ganoderma lucidum*, C: *Lentinus edodes*.

소거 활성에 큰 변화가 없었으나 상황과 영지의 ABTS 라디칼 소거 활성은 감소하여 DPPH 라디칼 소거 활성 결과와 유사하였다.

버섯 발효물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성을 평가한 결과, 발효 과정 중 폴리페놀 화합물과 비타민 C, E 등 천연 항산화 물질들의 산화로 활성이 저하된 것으로 판단되며(28,29), 보다 정확한 결과를 얻기 위한 성분분석 등의 차후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

버섯 발효물이 XO 효소 활성에 미치는 영향

버섯 추출물과 1차, 2차 발효물의 XO 효소 활성을 확인한

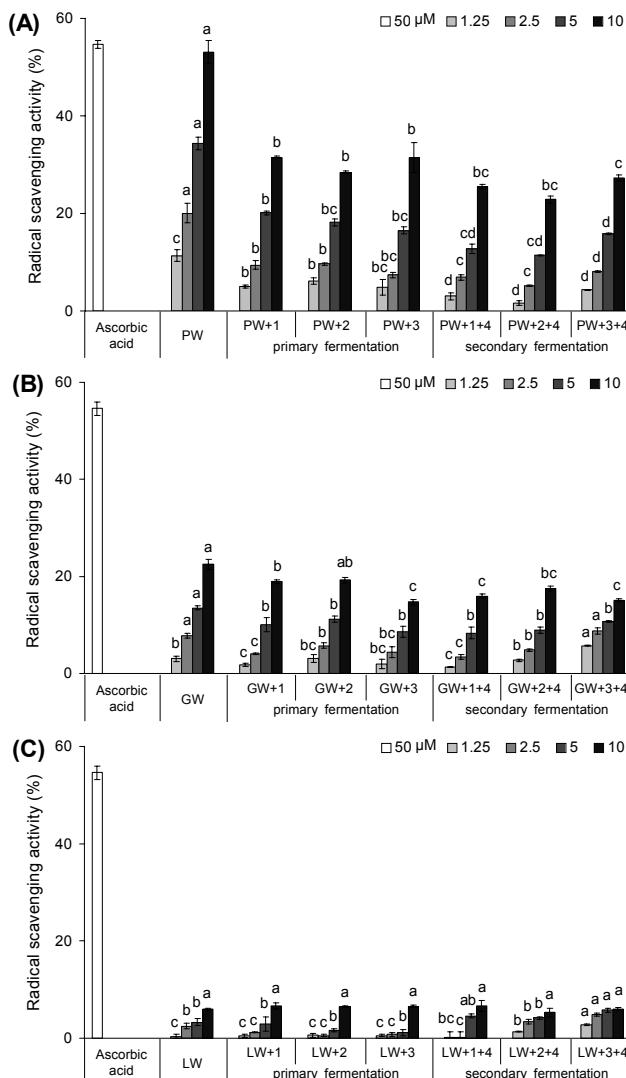


Fig. 3. Effects of phased fermentation by lactic acid bacteria on ABTS radical scavenging activity of mushroom extracts. Each bar represents the mean±SD of triplicated measurement. Different letters (a-d) in the same concentration level are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. 1: *B. bifidum*, 2: *L. plantarum*, 3: *Leu. lactis*, 4: *L. sakei* subsp. LI033. A: *Phellinus linteus*, B: *Ganoderma lucidum*, C: *Lentinus edodes*.

결과는 Fig. 4에 나타내었다. 버섯 추출물과 비교하여 유산균을 이용한 발효물은 XO 효소 활성을 농도 의존적으로 감소시켰다. 버섯 추출물보다 1차 발효물에서, 1차 발효물에서 보다 김치로부터 분리한 *L. sakei* subsp. LI033을 이용하여 2차 발효시킨 발효물에서 XO 효소 활성이 더욱 감소하였으며, 단계적 발효에 의한 활성의 변화는 영지 발효물에서 더욱 뚜렷하게 확인할 수 있었다. 5 mg/mL 이상의 농도에서 영지 추출물과 비교하여 1차 발효물은 90% 이상의 저해 활성을 나타내었으며 2차 발효에 의해 그 활성은 더욱 증가되었다.

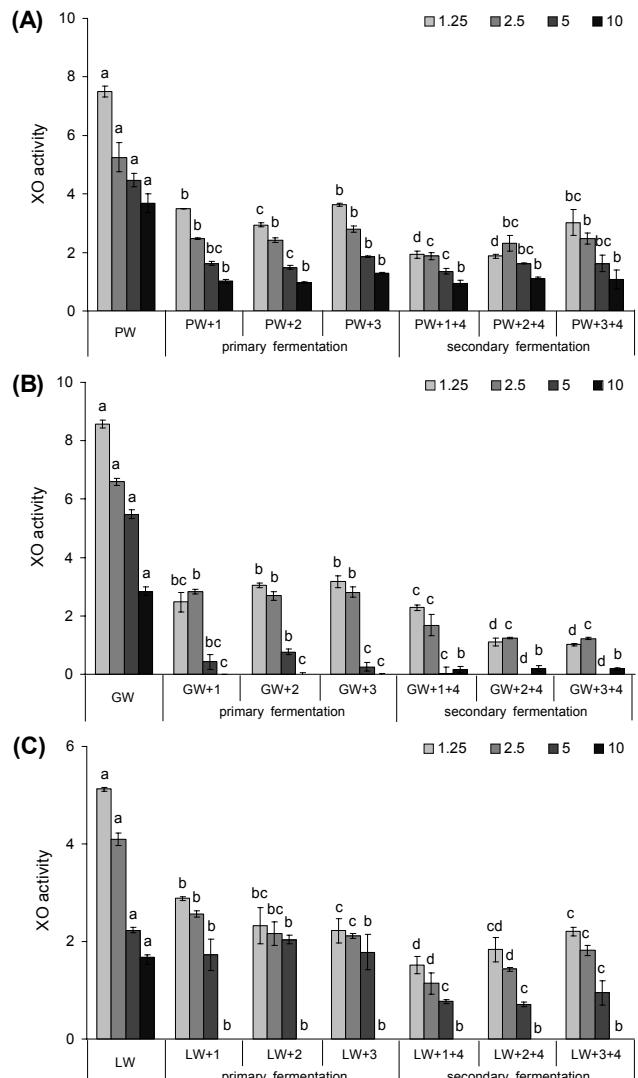


Fig. 4. Effects of phased fermentation by lactic acid bacteria on xanthin oxidase activity of mushroom extracts. Each bar represents the mean±SD of triplicated measurement. Different letters (a-d) in the same concentration level are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. 1: *B. bifidum*, 2: *L. plantarum*, 3: *Leu. lactis*, 4: *L. sakei* subsp. LI033. A: *Phellinus linteus*, B: *Ganoderma lucidum*, C: *Lentinus edodes*.

버섯 발효물이 SOD 효소 활성에 미치는 영향

SOD 효소 활성과의 관련성을 평가한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 버섯 추출물과 비교하여 유산균을 이용한 발효물의 SOD 효소 활성이 농도 의존적으로 증가됨을 확인하였다. 버섯 추출물보다 1차 발효물에서, 1차 발효물에서보다 2차 발효물에서 SOD 효소 활성이 더욱 증가하였다. 단순 추출물보다 발효에 의한 효소의 활성 변화가 가장 큰 것은 표고였으며, 단계적 발효에 의한 활성의 변화는 상황 발효물에서 더욱 뚜렷하게 확인할 수 있었다. 특히 버섯 발효물의 SOD 효소 활성 평가 시 3종의 유산균 중 *B. bifidum*과 김치에서 분리한 *L. sakei* subsp. LI033이 단계적으로 발효에 이용되었을 때 SOD 효소 활성이 증가하였다.

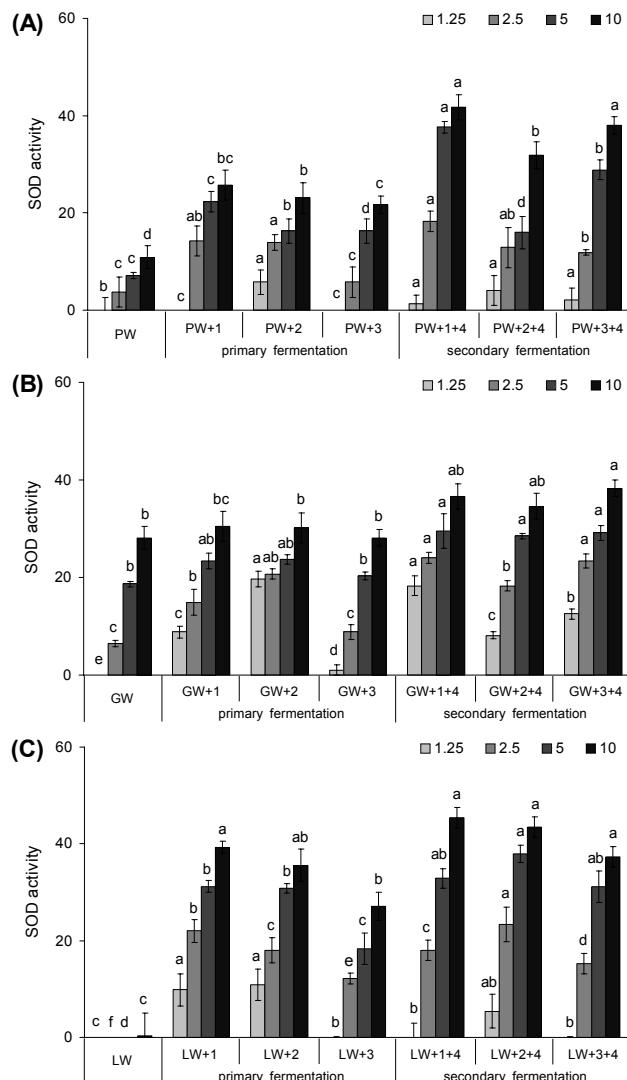


Fig. 5. Effects of phased fermentation by lactic acid bacteria on superoxide dismutase activity of mushroom extracts. Each bar represents the mean \pm SD of triplicated measurement. Different letters (a-f) in the same concentration level are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test. 1: *B. bifidum*, 2: *L. plantarum*, 3: *Leu. lactis*, 4: *L. sakei* subsp. LI033. A: *Phellinus linteus*, B: *Ganoderma lucidum*, C: *Lentinus edodes*.

폴리페놀 화합물과 비타민류 등 천연 항산화제의 산화에도 불구하고 발효 과정을 통하여 새롭게 생성되는 유효 성분과 더불어 유산균이 생성하는 2차 대사산물이 항산화 관련 효소에 긍정적으로 작용한 것으로 판단된다(30-32). 즉 XO 효소 활성을 저해하고 SOD 효소 활성 증가를 유도함을 확인하였다.

상기의 결과를 종합할 때 버섯 발효물이 발효 생성물과 유산균 대사산물이 효소의 활성을 저해 혹은 활성화시켜 항산화에 기여하는 것으로 여겨지며, 보다 정확한 결과를 얻기 위한 차후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요약

본 연구에서는 유산균을 이용하여 3종의 버섯(상황, 영지, 표고)을 단계적으로 발효하여 항산화 활성을 비교하였다. 항산화 활성이 밝혀진 표준 유산균 5종을 선발하여 버섯 열수 추출물의 1차 발효에, 임실 지역 김치로부터 분리한 유산균 1종을 최종 선발하여 2차 발효에 이용하였다. 버섯 추출물과 1차, 2차 발효물의 항산화 활성 평가를 위해 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 정도를 비교하였다. 버섯 추출물 및 발효물은 농도 의존적으로 라디칼을 소거하였지만 유산균 발효를 통하여 상황과 영지의 경우 라디칼 소거 활성이 감소하였다. 이는 발효 과정 중 폴리페놀 화합물과 비타민 C, E 등 천연 항산화 물질들의 산화에 기인한 결과라고 사료되었다. 그러나 발효 중 생산되는 대사산물 및 유효성분은 XO 효소의 활성을 저해시키고 SOD 효소의 활성을 증가시켰으며, 1차 발효보다 2차 발효에서 활성이 증가되었다. 특히 5 mg/mL 이상의 농도에서 영지 1차 발효물은 90% 이상 XO 효소의 활성을 저해하였으며, 상황 1차 발효물은 3배 이상의 SOD 효소 활성을 증가시켰다. 이는 유산균에 의한 버섯 발효물이 효소의 활성을 저해 혹은 활성화시켜 항산화에 기여하는 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 지역특화기술융복합연구지원사업(과제번호: R0005042)의 지원을 받아 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Lee YM, Kang DG, Kim MG, Choi DH, Lee HS. 2004. Isolation of antioxidants from the seeds of *Xanthium strumarium*. *Korean J Ori Physiol Pathol* 18: 792-796.
- Moon YG, Choi GS, Lee LJ, Kim KY, Heo MS. 2007. Lactic acid bacterias growth, antioxidant activities and anti-microbial activity on fish pathogenic bacteria by native plant extracts, Jeju island. *Korean J Microbiol Biotechnol* 35: 210-219.
- Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM. 1993. Oxidants anti-oxidants and the degenerative disease of aging. *P Natl Acad Sci USA* 90: 7915-7922.
- Rhyu DY, Kim MS, Min OJ, Kim DW. 2008. Antioxidative effects of *Phellinus linteus* extract. *Korean J Plant Res* 21: 91-95.
- Xu XM, Jun JY, Jeong IH. 2007. A study on the antioxidant activity of Hae-Songi mushroom (*Hypsizigus marmoreus*) hot water extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1351-1357.
- Hwang JG, Yun JK, Han KH, Do EJ, Lee JS, Lee EJ, Kim JB, Kim MR. 2011. Anti-oxidation and anti-aging effect of mixed extract from Korean medicinal herbs. *Kor J Herbolgy* 26: 111-117.
- Kim HH, Kwon JH, Park KH, Kim MH, Oh MH, Choe KI, Park SH, Jin HY, Kim SS, Lee MW. 2012. Screening

- of antioxidative activities and antiinflammatory activities in local native plants. *Kor J Pharmacogn* 43: 85-93.
8. Kang HW. 2012. Antioxidant and anti-inflammatory effect of extracts from *Flammulina velutipes* (Curtis) singer. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1072-1078.
 9. Kim JO, Jung MJ, Choi HJ, Lee JT, Lim AK, Hong JH, Kim DI. 2008. Antioxidative and biological activity of hot water and ethanol extracts from *Phellinus linteus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 684-690.
 10. Mau JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several speciality mushroom. *Food Res Int* 35: 519-526.
 11. Jun DH, Kim HY, Han SI, Kim YH, Kim SG, Lee JT. 2013. Studies on antioxidant effect of mushroom complex. *J Life Sci* 23: 377-382.
 12. Kim HJ, Bae JT, Lee JW, Hwangbo MH. 2005. Antioxidant activity and inhibitive effects on human leukemia cells of edible mushrooms extract. *Korean J Food Preserv* 12: 80-85.
 13. Ham SS, Oh SW, Kim YK, Shin KS, Chang HY, Chung GH. 2003. Antioxidant and genotoxic inhibition activity of ethanol extract from the *Inonotus obliquus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1071-1075.
 14. Lee SH, Park HJ, Young CS, Jin JH. 2004. Supplementary effect of *Lentinus edodes* on serum and hepatic lipid levels in spontaneously hypertensive rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 509-514.
 15. Park HJ, Heo Y, Kim JB. 2011. Immunomodulating effect of edible mushroom in mice. *J Life Sci* 21: 515-520.
 16. Park MH, Oh KY, Lee BW. 1998. Anti-cancer activity of *Lentinus edodes* and *Pleurotus astreatus*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 702-708.
 17. Park KY. 2012. Increased health functionality of fermented foods. *Food Industry and Nutrition* 17: 1-8.
 18. Ann YG. 2011. Probiotic lactic acid bacteria. *Korean J Food & Nutr* 24: 817-832.
 19. Bang JH, Shin HJ, Choi HJ, Kim DW, Ahn CS, Jeong YK, Joo WH. 2012. Probiotic potential of lactobacillus isolates. *J Life Sci* 22: 251-258.
 20. Kim GE. 2011. Characteristics & applications of lactobacillus sp. from kimchi. *KSBB J* 26: 374-380.
 21. 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 Scientists Korea* 37: 75-81.
 22. Jung HK, Kim EY, Yae HS, Choi SJ, Jung JY, Juhn SL. 2000. Cholesterol-lowering effect of lactic acid bacteria and fermented milks as probiotic functional foods. *Food Industry and Nutrition* 5: 29-35.
 23. Yeo MH, Kim DM, Kim YH, Kim JH, Baek H, Chung MJ. 2008. Antitumor activity of CBT-AK5 purified from *Lactobacillus casei* against sarcoma-180 infected ICR mice. *Korean J Dairy Sci Technol* 26: 23-30.
 24. Kim SJ. 2005. Physicochemical characteristics of yogurt prepared with lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Korean J Food Culture* 20: 337-340.
 25. Lee Y, Chang HC. 2008. Isolation and characterization of kimchi lactic acid bacteria showing anti-*Helicobacter pylori* activity. *Korean J Microbiol Biotechnol* 36: 106-114.
 26. Kim SY, Shin KS, Lee H. 2004. Immunopotentiating activities of cellular components of *Lactobacillus brevis* FSB-1. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1552-1559.
 27. Park SH, Kim YA, Lee DK, Lee SJ, Chung MJ, Kang BY, Kim KJ, Ha NJ. 2007. Antibacterial activity and macrophage activation of lactic acid bacteria. *J Environ Toxicol* 22: 287-297.
 28. Kim KH, Yun YS, Chun SY, Yook HS. 2012. Antioxidant and antibacterial activities of grape pomace fermented by various microorganisms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1049-1056.
 29. Kim YS, Chio GH, Lee KH. 2011. Change of antioxidative components and activity of fermented tea during fermentation period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1073-1078.
 30. Auh MS, Kim YS, Ahn SJ, Ahu JB, Kim KY. 2012. Comparison of property changes of black jujube and *Zizyphus jujube* extracts during lactic acid fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1346-1355.
 31. Lee YK, Kim MK, Lee YC, Rho JH, Ma JY, Cho CW. 2011. Characteristic changes of *Galgeuntang* fermented with lactic acid bacteria. *Korean J Food Sci Technol* 43: 655-658.
 32. Yang MC, Jeong SW, Ma JY. 2011. Analysis of constituents in *sipjundaebo-tang* fermented by lactic acid bacteria. *Korean J Microbiol Biotechnol* 39: 350-356.