Journal of Mushrooms 한국버섯학회지

Note

표고(*Lentinula edodes*) 품종별 목질계 섬유소 분해효소 특성 비교

정상욱[1] · 장은경[1] · 최슬기[1] · 서경순[1] · 정희경[1] · 이원호[2] · 반승언[1]*

[1]장흥군버섯산업연구원
[2]산림버섯연구센터

Comparison of Lignocellulose degradation properties of *Lentinula edodes* varieties

Sang-Wook Jeong[1], Eun-Kyoung Jang[1], Seul-Ki Choi[1], Kyoung-Sun Seo[1], Hee-Gyeong Jeong[1], Won-Ho Lee[2], and Seung-Eon Ban[1]*

[1]*Jangheung Research Institute for Mushroom Industry, Jeonnan, Jangheung 59338, Korea*
[2]*Forest Mushroom Research Center, Gyeonggi, Yeoju 12653, Korea*

ABSTRACT: In this study, five different *Lentinula edodes* cultivar (Chamaram, Sanbaekhyang, Sanjo 713ho, Sanjo 715ho, Sanjo 718ho) were evaluated for their ability to decolorize Remazol Brilliant Blue R (RBBR) in MEB medium, respectively. Chamaram and Sanjo 713ho decolorized RBBR rapidly in MEB medium within 3 and 5 days. The activities of manganese peroxidase (MnP) and laccase were determined on the MEB medium with and without lignin. Sanjo 713ho resulted the highest ligninolytic enzyme activities on incubation day 1, indicating of 1,213 U/mg of MnP activity and 1,421 U/mg of laccase activity.

KEYWORDS: Laccase, *Lentinula edodes*, Lignin, Manganese peroxidase(MnP), Remazol Brilliant Blue R(RBBR)

표고(*Lentinula edodes*)는 우리나라를 포함한 동북아시아 전역에서 오랫동안 식용으로 애용되고 있는 대중적인 버섯으로 맛과 향이 독특하다(Mizuno, 1995). 또한 느타리(*Pleurotus ostratus*), 큰느타리(*Pleurotus eryngii*), 팽이(*Flammulina velvtipes*)와 함께 국내 버섯 생산량의 90% 이상을 차지하며, 연간 생산량은 약 18,467톤으로 생산액이 약 1,946억 원에 달하는 중요한 단기소득 임산물이다(Choi *et al*., 2021).

J. Mushrooms 2022 March, 20(1):29-33
http://dx.doi.org/10.14480/JM.2022.20.1.29
Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
© The Korean Society of Mushroom Science

Sang-Wook Jeong(Researcher), Eun-Kyoung Jang(Senior researcher), Seul-Ki Choi(Researcher), Kyoung-Sun Seo(Senior researcher), Hee-Gyeong Jeong(Researcher), Won-Ho Lee(Senior researcher), and Seung-Eon Ban(Senior researcher)
*Corresponding author
E-mail : mushroom@jmi.re.kr
Tel : +82-61-862-8840, Fax : +82-61-862-8847

Received November 30, 2021
Revised December 10, 2021
Accepted March 23, 2022

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

표고는 원목재배와 톱밥재배에 의해 생산되며 이중 톱밥재배는 활엽수 자원을 거의 100% 이용 할 수 있으며, 재배과정을 기계화 할 수 있고, 생산기간도 원목재배에 비해 빠르다는 장점을 갖지고 있다(Lee *et al*., 2000). 톱밥재배에 사용되는 콘코브, 톱밥, 면실박 등의 배지성분은 목질섬유소로 구성되어 균사체는 영양 흡수를 위해 xylanase, cellulase, lignin 분해효소 등의 목질분해효소를 이용한다. 특히 표고는 이러한 목질분해효소를 다량 분비하여 고분자량의 목질섬유소를 저분자량의 당으로 분해하여 생장에 필요한 에너지원으로 이용한다(Baldrian, 2011; Scarse, 1995).

리그닌 분해 효소군에는 laccase (Lac; EC 1.10.3.2), lignin peroxidase (LiP; EC 1.11.1.14), manganese dependent peroxidase (MnP; EC 1.11.1.13) 등이 있으며, 이중 laccase는 백색부후균 외에도 여러 균에서 다양한 목적으로 생성한다(Schmidt, 2006). 표고는 목재나 톱밥의 목질섬유소를 생장하는데 영양원으로 이용하여 생장하며 목질섬유소

Table 1. List of test strain of *Lentinula edodes*

Breeding Institution	Test variety
National Institute of Forest Science	Chamaram, Sanbaekhyang
Forest Mushroom Research Center	Sanjo 713ho, Sanjo 715ho, Sanjo 718ho

는 약 20~30%가 리그닌으로 구성되어 있다(Pandey and Pitman, 2003; Park *et al*., 2015). 리그닌은 자연계에서 분해가 매우 느리게 진행되는 페놀계 화합물로 표고는 다른 버섯류보다 리그닌 분해효소를 다량 함유하고 있어 목재 내 리그닌을 완벽하게 분해하는 것으로 알려져 있다(Eriksson *et al*., 1990; Glenn and Gold, 1983).

버섯의 육종은 재배시험을 거쳐 순화시키는 도입육종법, 우수한 형질의 자실체를 선발하는 선발육종법, 교배에 의한 교잡육종법, 조직배양 및 원형질체 융합 등을 이용한 생물 공학적 육종법, 방사선 및 약품처리를 통하여 변이체를 만드는 돌연변이육종법 등 다양한 기술을 통하여 품종을 개발한다(Kitamoto, 2006). 육종 모본으로 이용하는 균주의 재배특성 등을 파악하여 진행하는 교잡에 의한 신품종 개발이 주로 육종에 이용된다. 생장이 우수한 균주를 육종 모본으로 선발하는 과정에서 목질분해효소능이 우수한 균주는 확인되지 않고 선발균주에서 제외되는 경우가 발생한다. 다양한 균주 선발과정을 통해 우수한 균주의 선발이 필요할 것이다.

리그닌 분해능의 검증과정을 통해 균주의 생화학적 특성인 리그닌 분해능 조사로 우수한 균주의 조기선발 및 표고 신품종 개발에 활용 할 수 있다. 또한 균주에 따라 리그닌 분해능이 다르기 때문에 다양한 버섯류에서의 추가적인 효소시스템 연구가 필요하다. 이를 통해 신품종 육종과정 중 리그닌 분해능이 우수한 교배균주의 선발로 육종 모본의 선택에 있어 다양한 조합이 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서는 국내에 톱밥재배용으로 출원된 표고 5개 품종(참아람, 산백향, 산조 713호, 산조 715호, 산조 718호)을 대상으로 RBBR 탈색능과 리그닌 분해효소의 활성을 측정하여 균주간 목질계 섬유소 분해효소의 특성을 비교 분석하였다(Table 1).

RBBR (Remazol Brilliant Blue R)을 이용한 공시균주의 탈색능 측정을 위해 RBBR과 리그닌을 첨가한 MEB (Malt extract broth) 배지에 접종하여 배양기간에 따라 UV 분광광도계(Biotek Instruments, USA)를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하여 균주간 차이를 비교 분석하였다. RBBR 탈색능 측정결과 배양 1일째에는 산백향 0.382±0.010, 산조 718호 0.382±0.016, 참아람 0.387±0.010, 산조 713호 0.394±0.014, 산조 715호 0.395±0.014 순으로 흡광도가 낮게 나타났다(Fig. 1). 배양 마지막 9일째에는 참아람 0.290±0.008, 산백향 0.292±0.013, 산조 718호 0.294±0.013, 산조 713호 0.297±0.008, 산조 715호 0.385±0.011 순으로 낮게 나타났다. 특히 참아람과 산조 713호가 각각 배양 3일과 5일째부터 다른 균주에 비해 급격한 리그닌 분해능을 보였으며, 산조 715호의 경우 리그

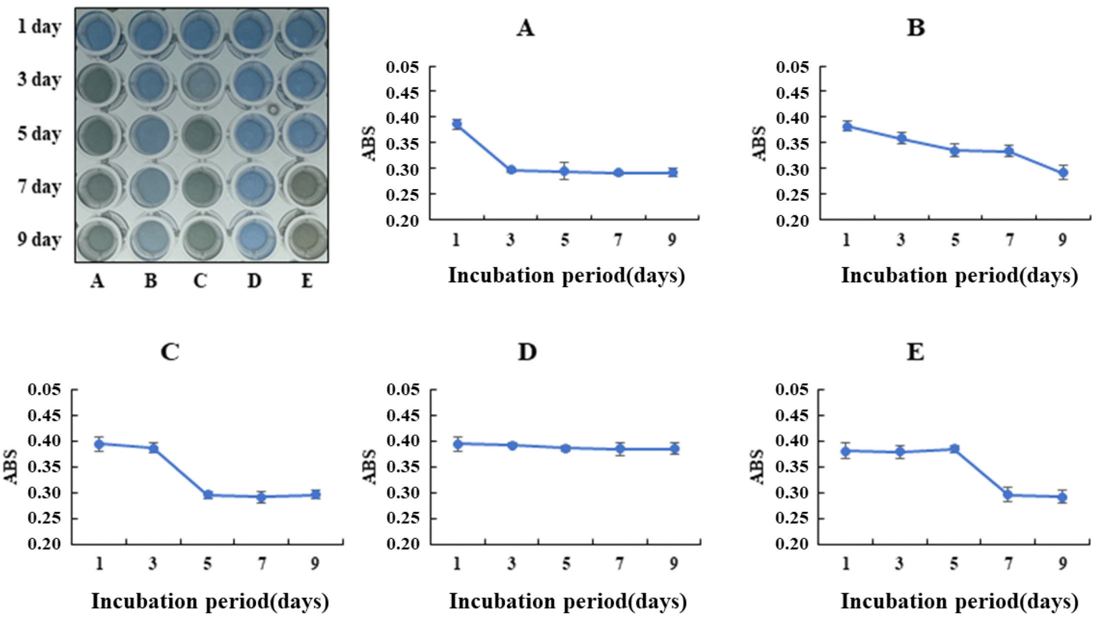

Fig. 1. RBBR decolorization by *Lentinula edodes* in MEB medium.
A: Chamaram, B: Sanbaekhyang, C: Sanjo 713ho, D: Sanjo 715ho, E: Sanjo 718ho

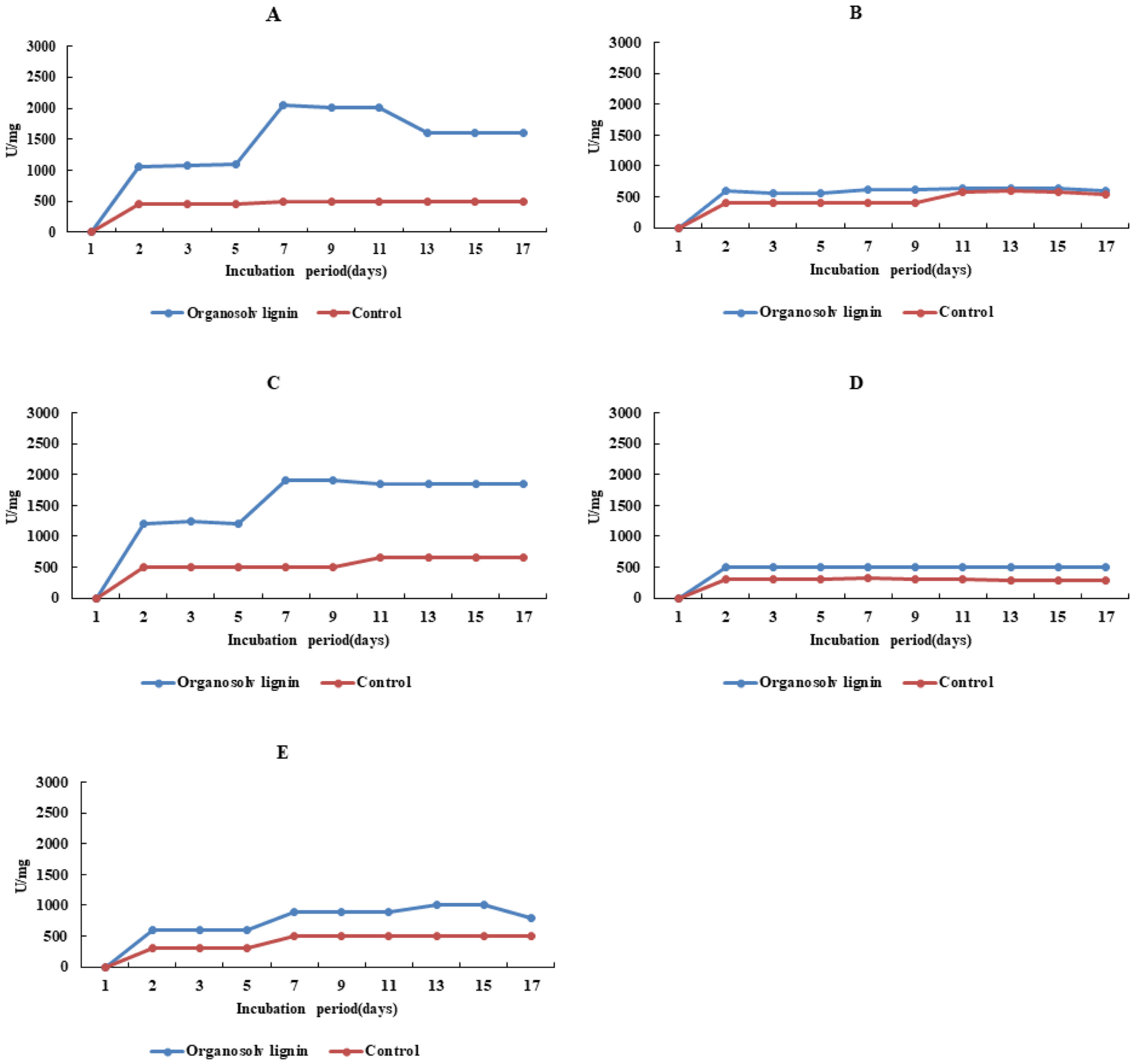

Fig. 2. Extracellular enzymes MnP activities of *Lentinula edodes* in culture medium.
A: Chamaram, B: Sanbaekhyang, C: Sanjo 713ho, D: Sanjo 715ho, E: Sanjo 718ho

닌 분해능이 저조하였다. 참아람과 산조 713호는 배양기간에 따라 다른 균주보다 다량의 리그닌 분해효소를 분비하는 것으로 판단된다. 백색부후균에 따라 다른 효소시스템을 사용하며, 생육환경에 따라서도 기질 분해능이 다르기 때문에 리그닌 분해능에 차이가 있는 것으로 보인다 (Hong *et al.*, 2013).

목질섬유소를 분해하는 주요 효소인 MnP와 laccase의 활성을 측정하여 표고 품종간의 목질섬유소 분해능을 비교하였다. MnP의 활성측정은 배양 2일째에 리그닌을 첨가한 산조 713호에서 1,213 U/mg으로 가장 높게 나타났으며, 참아람 1,091 U/mg, 산조 718호 650 U/mg, 산백향 612 U/mg, 산조 715호 481 U/mg 순으로 나타났다. 배양 17일째에는 산조 713호에서 1,748 U/mg으로 가장 높게 나타났으며, 참아람 1,641 U/mg, 산조 718호 850 U/mg, 산백향 640 U/mg, 산조 715호 484 U/mg 순으로 나타났다. 배양일수가 경과될수록 효소활성이 증가하였으며, 특히 참아람은 배양 7일째 가장 높은 효소활성(1,921 U/mg)을 나타났다(Fig. 2).

Laccase의 활성측정은 배양 2일째에 리그닌을 첨가한 산조 713호가 1,421 U/mg으로 가장 높게 나타났으며, 참아람 1,126 U/mg, 산조 718호 987 U/mg, 산백향 562 U/mg, 산조 715호 381 U/mg 순으로 나타났다. 배양 마지막 17일째에는 참아람이 1,875 U/mg으로 가장 높게 나타났으며, 산조 713호 1,612 U/mg, 산조 718호 819 U/mg, 산백향 621 U/mg, 산조 715호 391 U/mg 순으로 나타났다. 배양일수가 경과될수록 효소활성이 증가하다가 배양 13일째부터 참아람, 산조 713호, 산조 718호는 감소하였다. 특히 산조 713호의 경우 배양 7일째에 가장 높은 효소활

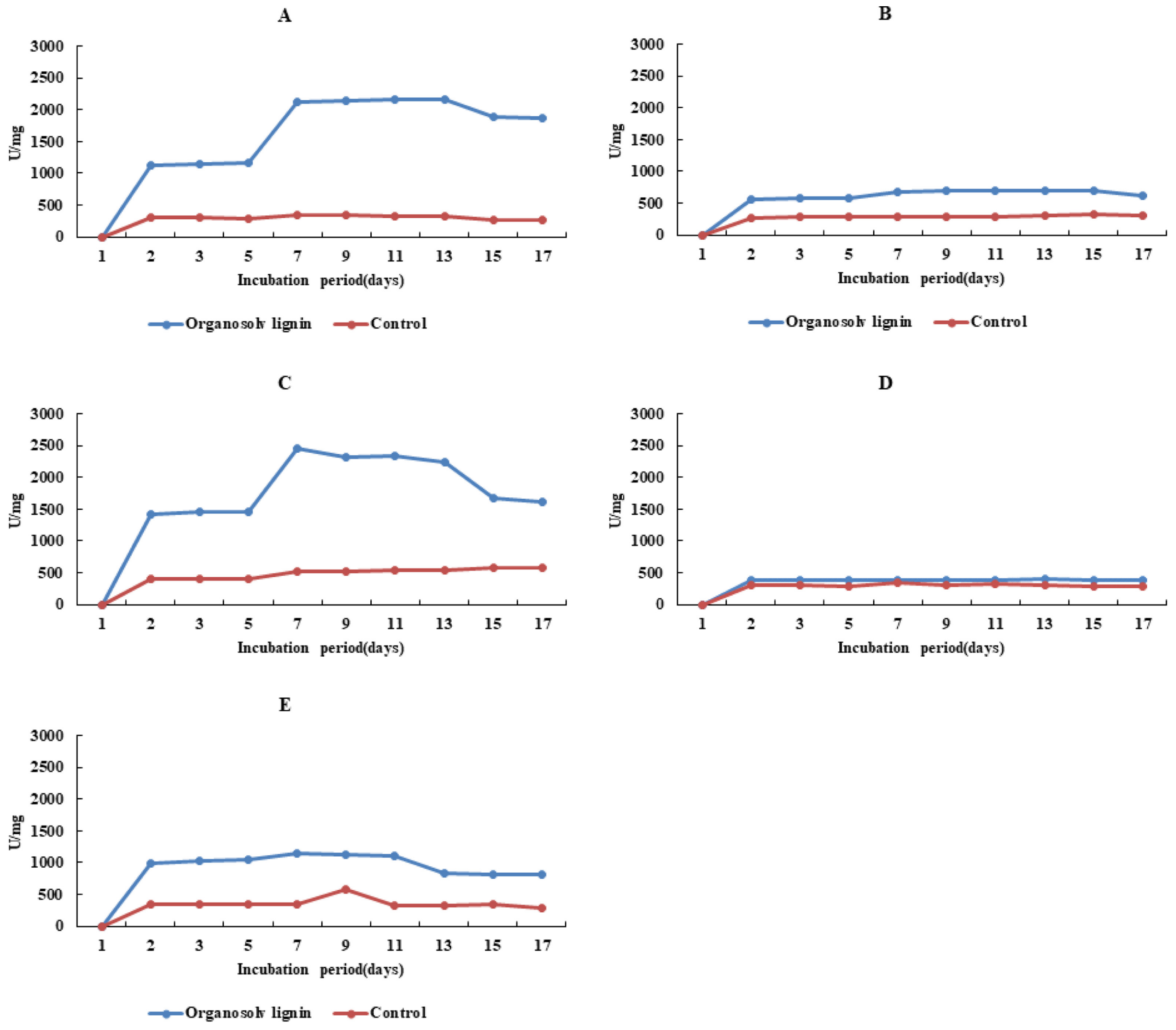

Fig. 3. Extracellular enzymes Laccase activities of *Lentinula edodes* in culture medium.
A: Chamaram, B: Sanbaekhyang, C: Sanjo 713ho, D: Sanjo 715ho, E: Sanjo 718ho

성(2,452 U/mg)을 나타냈다(Fig. 3).

적 요

본 연구에서는 톱밥재배용 표고(*Lentinula edodes*) 품종에 대한 목질계 섬유소의 분해특성을 분석하였다. 국산 표고 품종 참아람, 산백향, 산조 713호, 산조 715호, 산조 718호를 대상으로 RBBR (Remazol Brilliant Blue R) 탈색능, 목질계 섬유소 분해 효소인 MnP와 laccase의 활성을 비교 분석하였다. 5개 품종의 탈색능과 효소활성은 품종별로 다른 양상을 보였다. 리그닌의 첨가에 따른 RBBR 탈색능을 조사한 결과, 참아람과 산조 713호가 각각 배양 3일과 5일째부터 우수한 분해능을 보였다. 섬유소 분해 효소인 MnP와 laccase의 활성은 산조 713호가 배양 2일째 MnP 활성이 1,213 U/mg, laccase 활성이 1,421 U/mg, 다음으로 참아람이 배양 7일째 MnP 활성이 1,921 U/mg, laccase 활성이 2,123 U/mg으로 최고 활성을 나타냈다. 이러한 결과는 표고 육종에 있어 리그닌 분해능이 우수한 균주의 선발이 가능함에 따라 교배균주의 육종 모본 활용에 효율적일 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 Golden Seed 프로젝트 사업의 지원을 받아 연구되었음(213007-05-5-WTH31).

REFERENCES

Baldrian J, Savoie, M Foulongne-oriol, M Largeteau, M Barroso G. 2011. Production of lignocellulolytic enzymes by mushrooms. In Proceedings of the 7th International

Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. 1: 334-338.

Choi BA. 2021. Statistical yearbook of forestry. *Korea Forest Service*.

Eriksson KE. 1990. Biotechnology in the pulp and paper industry. *Wood Science and Technology*. 24: 79-101.

Glenn JK, Gold MH. 1983. Decolorization of several polymeric dyes by the lignin-degrading basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Applied and Environmental Microbiology*. 45: 1741-1747.

Hong CY, Kim HY, Jang SK, Choi IG. 2013. Screening of Outstanding White Rot Fungi for Biodegradation of Organosolv Lignin by Decolorization of Remazol Brilliant Blue R and Ligninolytic Enzymes Systems. *Wood Sci. & Tech*. 41: 19-32.

Kitamoto Y. 2006. Current progress in breeding of edible and pharmaceutical mushrooms. *Mokuzai Gakkaishi*. 52: 1-7.

Kim SY, Choi JY, Choi HT. 2017. Decolorization of dyes by a purified laccase from *Coprinus comatus*. *Microbiology*. 53: 79-82.

Krčmář P, Kubátová A, Votruba J, Erbanová P, Novotný Č, Šašek V. 1999. Degradation of polychlorinated biphenyls by extracellular enzymes of *Phanerochaete chrysosporium* produced in a perforated plate bioreactor. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 15: 269-276.

Lee TS, Yoon KH, Bak WC, Kim JS, Lee JY. 2000. New cultivation technology of oak mushroom. *Korea Forest Research Institute pp*. 174-175.

Machado KM, Matheus DR, Bononi VL. 2005. Ligninolytic enzymes production and Remazol Brilliant Blue R decolorization by tropical Brazilian basidiomycetes fungi. *Brazilian Journal of Microbiology*. 36: 246-252.

Mizuno, T. 1995. Shiitake, *Lentinula edodes*: functional propertiesfor medicinal and food purpose. *Food Rev. Int*. 11: 7-21.

Pandey KK, Pitman A. 2003. FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *International biodeterioration & biodegradation*. 52: 151-160.

Park IC, Seok SJ, Kim JS, Yoo JH, Ahn JH. 2015. Analysis of Mycological Characteristics and Lignocellulose Degradation of *Gyrodontium sacchari*. *Mycology*. 43: 239-246.

Scarse R. 1995. Cultivating mushrooms—the potential. *Mycologist*. 9: 18-19.

Schmidt, O. 2006. Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use. *Springer Science & Business Media*.