폐 한방슬러지를 이용한 팽이버섯의 배지개발

서권일¹ · 김철호 · 서동철² · 이성태³ · 박경욱⁴ · 이창윤⁵ · 이상원*

경남과학기술대학교 제약공학과, ¹순천대학교 식품영양학과, ²순천대학교 생물환경학과, ³순천대학교 생물학과, ⁴에스엔제이바이오(주), ⁵그린합명회사 그린피스 버섯연구소

Medium development of *Flammulina velutipes* by using herb medicine refuse

Kwon-Il Seo¹, Chul-Ho Kim, Dong-Cheol Seo², Sung-Tae Yee³, Kyung-Wuk Park⁴, Chang-Yun Lee⁵ and Sang-Won Lee*

Dept. of Pharmaceutical Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

¹Dept. of Food and Nutrition, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea

²Dept. of Bio-Environmental Sciences, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea

³Dept. of Biology, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea

⁴S&J Bio Co., Ltd, 303 Business Incubator, Suncheon National University, Suncheon, 540-742, Korea

⁵Greenpeace Mushroom Institute of Green Co., Ltd, Cheongdo, Gyeong, 714-853, Korea

ABSTRACT: pH of oriental medicine sludge was 5.3, which was similar to 5.2 of the main ingredient, corncob. Its sugar content, however, was 4.8 mg/g, which was 2.5 times higher than corncob's 1.9 mg/g. According to the addition content analysis of oriental medicine sludge by using blood agar plate, the experimental group showed much more robust growth than the control group. 10% of oriental medicine sludge was added to corncob and pine tree sawdust for test-tube culture. Then they were cultivated at 25°C for 6 days after inoculating *Flammulina velutipes* liquid spawn. The control group and experimental group showed 2.2~3.4 and 5.8~6.4 cm hypae growths respectively. At the field test for 10% herbal medicine refuse, mushroom yield dropped by 5% compared to the control group. However, it had distinctively lower number of deformity and the 2nd grade products. An economic analysis was conducted based on the cultivation facility that produces 160,000 mushrooms per day. The analysis demonstrated that the facility can save 50,000,000 won in the starting year and 130,000,000 won in the following years from the unit cost of production excluding labour and operation cost.

KEYWORDS: Corncob, *Flammulina velutipes*, Oriental medicine sludge, Medium development.

서 론

생태계 내에서 무기물을 분해하여 물질순환에 중요한

역할을 하는 버섯 중에서 팽이버섯(*Flammulina velutipes*)은 주름버섯목(Agaricales) 송이과(Tricholomataceae)에 속하는 식용버섯으로 우리나라를 비롯하여 자연계에 널리 분포되어 있는 담자균의 일종이다(Chang, 1976; Chai, 2001). 야생에서는 팽나무, 뽕나무, 사시나무 및 버드나무 등의 활엽수 뿌리나 줄기를 분해하여 cellulose, lignin 및 monosaccharide 등과 같은 당류를 이용하여 생장하고 있으며(Koenigs, 1971; Choi *et al*, 1998), 인공재배는 1899년 일본에서 감나무 원목을 이용한 인공 버섯재배가 시작된 이래 포자 접종방법 개선 및 톱밥 등을 이용한 상자 재배방법 등을 거쳐 1960년 이후부터 온도, 습도 및 광 등을 조절하여 실내에서 polypropylene 병으로 재배하기 시작하였다(Ishikawa, 1968). 그리고 1990년 중반 이후부터 버섯의 재배는 자동화 설비를 갖추어 기업화됨에 따라 그 생산량은 급격하게 증가하게 되었다(Chang, 1976; Joo

J. Mushrooms 2014 March, 12(1):17-23
http://dx.doi.org/10.14480/JM.2014.12.1.17
Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
© The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
E-mail : swlee@gntech.ac.kr
Tel : +82-55-751-3394, Fax : +82-55-751-3399

Received March 5, 2014
Revised March 31, 2014
Accepted April 2, 2014

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.

et al., 1996).

버섯에 관한 연구로는 식용버섯 및 약용버섯 추출물에 대한 항암활성 및 생리활성 규명 등의 연구도 활발히 이루어지고 있지만(Kim *et al.*, 1980; Yoshioka *et al.*, 1985; Han *et al.*, 2003), 버섯의 인공재배가 더욱더 확대되면서 버섯재배 과정 중 발생하는 질병방제에 관한 연구뿐만 아니라(Lee *et al.*, 1999; Gal and Lee, 2002; Park *et al.*, 2009) 고품질의 버섯 및 다수화 품종육종, 배지에 각종 영양원 첨가효과 및 재배과정 중 일어나는 배지의 화학적 성분변화를 조사하여 배지재료의 개선 등에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다(Chang, 1976; Cheong *et al.*, 1995; Joo *et al.*, 1996). 이러한 연구결과를 바탕으로 식용 및 약용버섯의 생산량이 급격하게 증가함에 따라 버섯생산을 위한 배지재료의 사용량도 증가하고 있는 추세이다. 이와 같은 버섯재배 시의 배지성분으로는 콘코프(corn cob), 비트펄프(beet pulp), 면실피(cottonseed), 미강(rice bran), 밀기울(wheat bran), 건비지(soybean curd residue) 및 패화석(oyster shell powder) 등이 사용되고 있는데(Cheong *et al.*, 2012) 이들 배지성분의 주재료인 톱밥 및 콘코프 등은 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이므로 원자재 가격의 지속적인 상승은 버섯업계에 생산비 부담을 가중시켜 농가소득 감소뿐만 아니라 외화유출을 가중시키고 있는 실정이다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 버섯의 생산비를 절감할 목적으로 한의원 등에서 다량 배출되는 폐 한방슬러지를 팽이버섯 재배를 위한 배지의 첨가제로 사용하기 위한 기초적 연구를 행한 다음 직접 폐 한방슬러지를 첨가한 버섯배지를 개발하여 팽이버섯 재배에 응용한 연구결과를 보고하고자 한다.

실험 재료 및 방법

공시균주 및 시험재료

팽이버섯 균주는 경북 청도군 소재의 (주)그린피스 팽이버섯 재배농장의 실험실에 보관 중인 *Flammulina velutipes* Fv1-5를 분양받아 PDA(potato dextrose agar)평판배지에 배양하여 4°C 냉장 보존하여 두면서 사용하였다. 폐 한방슬러지는 시내의 한의원 등에서 한약을 추출한 후 폐기처리 되는 찌꺼기를 무작위로 수거한 후 자연 건조시켜 5°C의 저온창고에 보관해 두면서 실험에 사용할 때 80 mesh로 분쇄하는 전처리 과정을 거쳐 사용하였으며, 그 외의 실험재료 일체는 (주)그린피스에서 제공 받아 사용하였다.

폐 한방슬러지 및 배지의 일반성분

폐 한방슬러지의 일반성분 분석은 AOAC법(Washington D.C., USA, 1990)으로 3회 반복 실험하여 통계처리 하였다. 조회분은 550°C 직접회화법, 조지방은 soxhlet 지방추출법, 조단백은 micro-Kjeldahl법으로 측정하였다. 조섬유

는 시료를 acid detergent 용액으로 60분간 끓인 후 이 용액에 용해되지 않는 성분인 acid detergent fiber(ADF)를 측정하였다.

폐 한방슬러지 첨가농도

폐 한방슬러지 첨가농도가 팽이버섯 균사성장에 미치는 영향을 검토할 때 팽이버섯 재배 농가에서 제공 받은 콘코프 및 밀기울 등의 배지성분은 5°C로 보관해 두면서 80 mesh로 분쇄하여 사용하였다. 먼저 평판배지 상에서의 검토는 기질로 첨가하는 콘코프 함유량을 5, 10 및 15%(w/w)줄이고 폐 한방슬러지를 같은 비율로 첨가하여 121°C, 30분 멸균한 다음 petri dish에 분주 · 응고시켜 평판배지를 제조하였다. 제조한 평판배지 중앙에 블록형태의 팽이버섯 종균을 접종한 다음 25°C의 항온기에 배양하면서 성장하는 팽이버섯 균사의 지름을 측정하였다. 대조구로는 PDA평판배지와 폐 한방슬러지를 첨가하지 않고 콘코프 49%(w/w), 미강 39%(w/w), 밀기울 7%(w/w) 및 패화석 5%(w/w)로 구성된 시험구를 사용하였다. 그리고 시험관을 사용한 팽이버섯 균사성장의 검토는 분쇄하지 않은 기존의 팽이버섯 배지성분에서 콘코프의 첨가량을 10% 줄이고, 폐 한방슬러지를 10% 첨가하여 잘 혼합한 다음 100 ml 부피의 시험관에 충전시켜 121°C, 30분 멸균시킨 후, 미리 배양하여 준비해둔 액체종균 5 ml를 배지 상층부에 균일하게 접종하여 25°C의 항온기에서 9 일 동안 배양하면서 팽이버섯 균사의 성장 길이를 관찰하였다(Jeong *et al.*, 2012). 그리고 폐 한방슬러지의 이용성 확대를 위한 기초실험으로 팽이버섯 이외에 표고 및 녹각 버섯의 배양도 동일조건에서 행하였다. 대조구로는 버섯 재배 농가에서 사용하는 팽이버섯배지를 그대로 사용하였다.

배지성분의 환원당 및 pH 측정

80 mesh로 분쇄한 시료 10 g를 멸균 증류수 90 mL에 혼합한 후 90분 동안 실온에서 강하게 진탕시킨 다음 12,000×g, 15분 동안 원심분리하여 얻은 상등액을 시료로 사용하여 환원당은 DNS법(Miller, 1960)으로, pH는 pH meter를 사용하여 측정하였다(Jeong *et al.*, 2012).

폐 한방슬러지 배지의 현장적용시험

폐 한방슬러지가 첨가된 배지의 현장 재배시험은 (주)그린피스의 팽이버섯 재배동에서 직접 수행하였다. 팽이버섯의 재배는 1,100 mL 버섯 재배용 병을 사용하였고, 대조구의 성분은 콘코프 49%(w/w), 미강 39%(w/w), 밀기울 7%(w/w) 및 패화석 5%(w/w)를 잘 혼합하여 함유율은 66.7%, pH 6.68로 조정하여 사용하였다. 시험구인 폐 한방슬러지 첨가배지는 대조구 배지성분에서 콘코프의 첨가량을 10%(w/w) 줄인 대신 폐 한방슬러지를 10%(w/w) 첨가하여 사용하였다. 그 외의 배양조건 등은 (주)그린피

Table 1. Composition of media ingredients

Composition(%)	Oriental medicine sludge	Corncob	Rice bran	Wheat bran	Oyster shell powder
Moisture	9.7±0.5	9.8±0.3	9.3±0.4	9.8±0.5	6.7±0.2
Crude fat	5.1±1.1	0.3±0.2	19.7±0.5	3.6±0.6	0.2±0.2
Crude protein	8.8±0.8	3.6±0.3	5.3±0.4	8.6±0.6	1.2±0.3
Crude ash	4.6±0.5	4.7±0.4	7.9±0.7	4.9±0.8	93.1±1.2
Crude fiber	32.2±1.1	40.8±1.3	9.8±0.9	12.4±1.1	0.4±0.6

Fig. 1. Materials of medium for cultivation of *Flammulina velutipes* and pH of oriental medicine sludge. A: Oriental medicine sludge, B: Corncob, C: Rice bran, D: Wheat bran, E: Oyster shell powder **Fig. 2.** Materials for cultivation of *Flammulina velutipes* and content of reducing sugar in oriental medicine sludge. A: Oriental medicine sludge, B: Corncob, C: Rice bran, D: Wheat bran, E: Oyster shell powder.

스의 팽이버섯 재배 시와 동일하게 행하여 버섯의 수확량, 생육부진 상태 및 곰팡이와 세균에 의한 질병발생상태 등을 관찰하였다.

결과 및 고찰

폐 한방슬러지의 이화학적 분석

폐 한방슬러지 및 팽이버섯 배지로 사용하고 있는 콘코프 등의 일반성분을 측정하여 Table 1에 나타내었다. 수분함량은 사용한 모든 배지성분에서 10% 미만으로 비슷하게 나타났으나, 조지방함량은 미강이 19.7%로 가장 높았고 그 다음은 폐 한방슬러지 및 밀기울이 각각 5.1% 및 3.6%를 나타내었다. 조단백질함량은 폐 한방슬러지, 밀기울, 미강 및 콘코프에서 각각 8.8%, 8.6%, 5.3% 및 3.6%를 나타내었다. 조회분함량은 폐화석에서 약 93.1%로 가장 높게 나타났고 그 다음은 미강에서 7.9%를 나타내었으며 그 외의 폐 한방슬러지, 콘코프 및 밀기울에서는 4.6~4.9%로 비슷한 함량을 나타내었다. 조섬유함량은 콘코프와 폐 한방슬러지에서는 약 32%~41%를 나타내었으나 밀기울 및 미강에서는 12.4~9.8%를 나타내었다. 이상의 결과로 폐 한방슬러지는 팽이버섯 배지를 제조할 때 주성분으로 사용하는 콘코프보다 조지방 및 조단백질 등의 함량이 높고 보조 첨가제로 사용하는 미강 및 밀기울 등과도 거의 성분차이를 나타내지 않기 때문에 팽이버섯 배지의 보조 첨가제로

사용 가능성이 있는 것으로 판단된다.

pH

폐 한방슬러지 및 콘코프 등의 pH를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 팽이버섯 재배에서 주재료로 사용하고 있는 콘코프의 pH가 5.2로 측정되었으며, 폐 한방슬러지의 pH는 5.3으로 비슷한 pH를 나타내었다. 미강과 밀기울의 pH는 각각 pH 5.9와 6.2를 나타내었다. 그러나 폐화석의 pH는 7.5정도를 나타내었다. Han 등 (2003)은 곡물액체 배지에서 팽이버섯 균사체를 배양하기 위하여 배지의 pH를 검토한 결과 pH가 4.5~6.5범위에서 버섯의 균사생육은 거의 대등하게 이루어 졌으나 최적생육 pH는 pH 5.0~6.0인 것으로 보고하였다. Cheong 등 (1995)은 팽이버섯을 재배할 때 미송톱밥의 pH가 5.1인데 비하여 미강은 pH 6.3, 계란껍질은 pH 6.8로 너무 높아 이들을 단독으로 사용하는 것보다 적당한 비율로 혼합하여 사용할 것을 권장하였다. 이상의 결과로 폐 한방슬러지의 pH는 주재료인 콘코프 pH와 거의 대등하기 때문에 팽이버섯을 재배할 때 배지재료로 사용하여도 배지의 pH 측면에서는 거의 어려움이 없는 것으로 사료된다.

환원당

팽이버섯 배지재료로 사용한 폐 한방슬러지 및 콘코프 등의 환원당 함량을 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 폐 한

Fig. 3. Effects on mycelium growth of *Flammulina velutipes* owing to addition concentration of oriental medicine sludge on plate medium.

방슬러지의 환원당 함량은 4.8 mg/g으로 미강의 5.9 mg/g 보다는 약간 낮지만 주재료로 사용하는 콘코프의 1.9 mg/g 보다 2.5배 이상 높은 것으로 나타났다. 그 외에 밀기울에서는 2.4 mg/g, 폐화석에서는 0.57 mg/g이 검출되어 폐 한방슬러지가 각각 2~8배 높은 환원당 함량을 나타내었다. 이상의 결과로 폐 한방슬러지는 버섯을 재배할 때 기질의 보조제로 첨가할 경우 버섯의 생육에 필요한 탄소원으로 작용할 것으로 사료되었다.

평판배지에서 폐 한방슬러지 첨가농도

평판배지 상에서 폐 한방슬러지 첨가농도가 팽이버섯의 군사성장에 미치는 영향을 검토하여 Fig. 3에 나타내었다. 대조구는 PDA 평판배지와 팽이버섯 농가에서 사용하는 배지에 폐 한방슬러지를 첨가하지 않은 시험구 모두를 사용하였다. PDA 배지에서 보다 팽이버섯 농가에서 사용하는 배지성분을 분쇄하여 제조한 평판배지에서 팽이버섯의 군사성장이 약간 우수한 것으로 나타났다. 그리고 팽이버섯 농가에서 사용하는 배지에 폐 한방슬러지를 0, 5, 10 및 15% 농도범위로 첨가시킨 평판배지에서는 배양일 수가 경과됨에 따라 팽이버섯 군사성장의 차이는 뚜렷하게 나타났다. 배양 5일째까지는 모든 시험구에서 거의 비슷한 군사성장을 나타내었지만 9일째에 PDA 평판배지에서는 약 5.6 cm, 폐 한방슬러지를 0, 5, 10 및 15%(w/w) 첨가한 시험구에서는 각각 6.1, 6.3, 6.5 및 6.2 cm의 군사성장을 나타내어 폐 한방슬러지를 10%(w/w) 첨가한 시험구에서 군사성장이 가장 우수하고 조밀한 것으로 관찰되었다. 15% 첨가구에서는 배양시간이 길어질수록 군사가 배지표면에 퍼져 나가지 못하고 서로 뭉쳐서 성장하는 것으로 나타났다. 느타리버섯의 생산단가를 절약하기 위하여 한방재료인 지리오갈피, 야생 숙 및 홍화대 등의 첨가 농도를 평판배지 상에서 검토한 결과 9%의 분말을 첨가

Fig. 4. Mycelial growth of *Flammulina velutipes*, *Ganoderma lucidum*, and *Lentinus edodes* in media supplemented with 10% oriental medicine sludge. A; media supplemented with corn cop, B; media supplemented with sawdust. a; control of *Flammulina velutipes*, b; *Flammulina velutipes*, c; *Ganoderma lucidum*, d; *Lentinus edodes*. The media consist of 49% (w/w) corn cop or sawdust, 39% (w/w) rice bran, 7% (w/w) wheat bran, and 5% (w/w) fossil shells.

한 시험구에서 느타리버섯의 군사성장이 매우 빠르고 조밀한 것으로 보고하였다(Jeong *et al*, 2012). 톱밥배지에 계란껍질을 5~15%첨가함으로써 버섯배지의 물성을 개선하였다고 보고하였다(Cheong *et al*, 1995). 또한 Choi 등 (1998)은 홍화를 첨가한 배지에서 팽이버섯의 군사생육을 검토한 결과 대조구에 비하여 군사성장 길이를 8 mm 촉진시켰으며 배양완성일은 1일 단축, 배양완성률은 3.1% 증가시켰다고 보고하였다. 이상의 결과로 폐 한방슬러지의 첨가 농도는 10%가 적당한 것으로 판단되었으며 폐 한방슬러지를 이용한 팽이버섯 배지 개발 가능성은 충분히 있는 것으로 사료되었다.

폐 한방슬러지 10% 첨가배지에서 군사성장

팽이버섯의 재배는 최근 콘코프 함유배지를 많이 사용하고 있으나 톱밥배지를 사용하는 농가도 있기 때문에 두 종류의 배지에 대하여 검토를 행하였다. 실제 버섯재배농가에서 사용하는 콘코프 및 미송톱밥배지에 폐 한방슬러지를 10% 첨가하여 제조한 배지를 시험관에 충전시킨 다음 팽이버섯 종균을 접종하여 배양한 결과의 사진을 Fig. 4에 나타내었다. 대조구는 폐 한방슬러지를 첨가하지 않은 배지를 사용하였다(Fig. 4의 A, B-a). 콘코프(Fig. 4의 A) 및 톱밥배지(Fig. 4의 B) 모두 배양 6 일째에 대조구에서는 2.2~3.4 cm 정도 군사가 성장하였지만 폐 한방슬러지를 첨가한 시험구에서는 군사성장이 아주 왕성하여 5.8~6.4 cm 정도 군사가 성장하였으며, 군사의 밀도도 아주 조밀하게 성장함을 확인할 수 있었다(Fig. 4의 A, B-b). 그리고 팽이버섯뿐만 아니고 표고버섯 및 녹각버섯(영지

Fig. 5. Production process of *Flammulina velutipes* by using 10% oriental medicine sludge. A; 25 day post mycelial growth, B; 16 day post mushroom cultivation, C; 28 day post mushroom cultivation. a; Control, b; Sample.

버섯 일종)을 접종한 시험구에서도 균사성장이 왕성하게 일어났다. Jeong 등(2012)은 여러 종류의 한방재료가 느타리버섯의 균사성장에 미치는 영향을 검토한 결과 배양 일수가 길어질수록 대조구와 시험구의 균사성장 차이는 더욱더 현저한 것으로 보고하였다. Lee 등(1997)은 느타리버섯 재배에서 톱밥과 미강을 8:2로 혼합한 배지보다 톱밥, 미강 및 마늘껍질을 5:2:3으로 혼합한 배지에서 버섯균사 성장이 양호하였다고 보고하면서 농산폐자원을 이용하여 느타리버섯 생산단가의 저렴화가 가능한 것으로 보고하였다. 이상의 결과로 폐 한방슬러지를 이용한 버섯의 배지개발은 팽이버섯과 같이 자동화 시스템을 갖춘 병재배뿐만 아니라 표고버섯 및 영지버섯과 같은 봉지재배에서도 이용 가능한 것으로 판단되어 이에 관한 연구도 필요한 것으로 사료된다.

현장실험

폐 한방슬러지를 이용한 현장실험은 경북 청도군 화양읍 소재의 그린피스 팽이버섯 재배농장의 도움으로 실시하였으며, 그 실험의 과정과 결과를 각각 Fig. 5와 Table 2에 나타내었다. 팽이버섯의 생산은 1,100 mL의 버섯재배용 병을 사용하여 폐 한방슬러지를 10% 첨가하여 행하였다. Fig. 5에서 보는바와 같이 폐 한방슬러지를 첨가한 시험구에서 팽이버섯의 균사배양(Fig. 5-A) 및 자실체의 형성(Fig. 5-B, C)은 대조구와 비교하여 전혀 차이를 나타내지 않고 왕성하게 생육함을 관찰할 수 있었다. 그리고 팽이버섯의 평균수확량, 기형버섯 발생량, 2등품 버섯, 생육부진 및 버섯질병 발생을 등을 관찰하여 Table 2에 나타내었다. 대조구 및 시험구에서의 흰곰팡이 및 세균성 갈색무늬병 등의 발생은 전혀 관찰할 수 없었다. 시험구 A, B 및 C에서의 병당 팽이버섯의 수확량은 대조구보다 약

Table 2. Harvest and growth condition of *Flammulina velutipes* on medium supplemented with oriental medicine sludge

Item	Control	Samples		
		A	B	C
Mushroom harvest (g/bottle)	286±5	279±4	264±8	270±6
Incidence of malformed mushroom(%)	88±3	66±2	3±1	6±1
2 rating mushroom(%)	63±4	3±0.6	0±0.2	3±0.3
Growth retardation(%)	0±0.1	3±0.4	0±0.1	47±2
Incidence of white mold(%)	0	0	0	0
Incidence of bacterial infections(%)	0	0	0	0

* A, B and C are samples which were cultured under the same condition.

Table 3. Cost savings owing to 10% oriental medicine sludge instead of corncob

Item	Economic analysis	Comparison
Size of plant (bottle/day)	160,000 bottle	Automation
Corn cop price (won/kg)	320 won	
Amount of using corn cop(kg/day)	160,000 bottle×102 g / bottle=16,320 kg	1,100 mL/bottle
Corn cop savings (kg/day)	16,320 kg×10%=1,632 kg	
Saving unit price(won/year)	522,240 won×360 day =188,006,400 won	

5%정도 떨어졌지만 기형버섯 발생율과 2등품버섯의 생산량은 폐 한방슬러지를 첨가한 시험구에서 월등하게 적었다. Jeong 등(2012)은 폐 한방슬러지로 느타리버섯 균사재배를 행한 결과 버섯 종균의 활착이 우수하여 균사생장이 2~3일정도 빠르고, 버섯의 수확량이 10~15%정도 증수되었으며, 생산된 버섯의 품질은 시험구에서 대 및 갖 등의 굵기와 크기가 균일한 것으로 보고하였다. Cheong 등(1995)은 톱밥배지 제조 시에 계란껍질을 15% 첨가함에 따라 배지의 물성이 개선되고 배지 중의 인과 칼슘함량이 높아 생산된 버섯의 품질이 향상되었으며 버섯자실체의 수량이 23% 증수되었다고 보고하였다. 이상의 결과로 폐 한방슬러지를 이용한 팽이버섯의 생산가능성은 충분한 것으로 사료되며 향후 버섯의 생산단가 절감에 기여할 것으로 판단된다.

경제성 분석

팽이버섯을 재배하는 농가에서는 대부분 버섯의 배지성분으로 콘코프 및 미강 등 5~7종류의 배지성분을 혼합하여 사용하고 있다. 그 중에서 배지의 주원료는 톱밥을 많

Table 4. Required cost for using medium supplemented with the oriental medicine sludge

Item	Cost basis for calculation (won/1 equipment)	Amount (won)	Comparison
Installation cost of a dryer	30,000,000	30,000,000	Capital expenditure
Installation cost of shredder	30,000,000	30,000,000	"
Truck (1.4 ton)	20,000,000	20,000,000	"
Personnel expenses	1,800,000 won/month ×12 month×2 man	43,200,000	Personnel expenses
Maintenance costs	123,200,000 won×10%	12,320,000	Maintenance costs
Total		135,520,000	

이 사용하였으나 최근에는 콘코프로 전환하고 있는 실정
이기 때문에 콘코프를 중심으로 경제성 분석을 하여
Table 3과 4에 나타내었다. 먼저 생산단가 절약금액을 산
출하면 그린피스 농장의 경우 1일 팡이버섯 생산량이 16
만병에 이르고 콘코프의 구입비는 320원/kg이며, 병당 콘
코프의 사용량은 102 g정도이다. 이를 근거로 콘코프 대
신에 폐 한방슬러지를 10% 사용할 경우 1일 콘코프의 절
약량은 1,632 kg이며 이를 금액으로 환산하면 연간 약 1
억9천만원 정도 절약된다(Table 3). 그러나 폐 한방슬러지
는 입자의 크기가 불규칙하고 단단하여 입병 및 타공 시
기계의 고장을 유발하였다. 이 문제를 해결하기 위해서
수분이 함유된 폐 한방슬러지의 건조 및 분쇄 과정이 필
요한 것으로 생각된다. 이를 위한 초기 기기설치비를 비
롯한 자본적 경비, 인건비 및 소요경비를 계산하면 약 1
억4천만원/년 정도 소요되는 것으로 나타났다(Table 4).
이상의 계산 근거에 의하면 당해 년에는 약 5천만원의 버
섯생산 단가절약이 예상되고 그 다음해부터는 인건비와
운영비를 제외한 약 1억3천만원의 단가 절약이 예상된다.
Jeong 등(2012)은 느타리버섯의 재배에서 배지 주성분으
로 사용하는 폐면을 10% 절약하고 다른 농산 폐자원을
이용할 경우 40평 재배사 1동을 기준으로 900,000원 정
도의 소득증대가 있는 것으로 보고하였다. 한방의료기관
은 대부분 도시를 중심으로 분포되어 있어 군 단위의 농
촌지역에서 배출되는 폐 한방슬러지의 절대량이 부족하기
때문에 대형의 버섯재배농장보다 자동화 시스템을 갖추지
않은 소규모의 버섯재배 농장에 적용하는 것이 적당한 것
으로 생각된다. 또한 느타리버섯과 같은 균상재배를 행하
는 버섯이나 봉지재배를 행하는 표고, 상황 및 영지버섯
등의 재배에 응용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

적 요

폐 한방슬러지의 pH는 5.3으로 주재료인 콘코프의 pH
5.2와 비슷하였으나, 환원당 함량은 4.8 mg/g으로 콘코프
의 1.9 mg/g 보다 2.5배 높게 나타났다. 평판배지를 사용
하여 폐 한방슬러지의 첨가농도를 검토한 결과 폐 한방슬

러지를 첨가하지 않은 대조구보다 5, 15 및 10%(w/w) 첨
가 순으로 팡이버섯 균사 성장이 왕성하였다. 콘코프 및
미송톱밥배지에 폐 한방슬러지를 각각 10% 첨가하여 제
조한 배지를 시험관에 충전시킨 다음 팡이버섯 액체종균
을 접종하여 25°C에서 6일 동안 배양한 결과 대조구에서
는 약 2.2~3.4 cm, 시험구에서는 약 5.8~6.4 cm의 균사성
장이 이루어졌다. 그리고 팡이버섯뿐만 아니라 표고버섯
및 녹각버섯(영지버섯 일종)을 접종한 시험구에서도 동일
한 결과를 얻었다. 폐 한방슬러지를 10% 첨가한 배지로
현장실험을 행한 결과 팡이버섯의 수확량은 대조구보다
약 5%정도 떨어졌지만 기형버섯 발생율과 2등품 버섯의
생산량은 시험구에서 월등하게 적었다. 팡이버섯의 생산
량이 16만병/1일 행하는 재배사를 기준으로 경제성 분석
을 행한 결과 당해 년에는 약 5천만원이 절약되고 그 다
음해부터는 인건비와 운영비를 제외한 약 1억3천만원의
생산단가 절약이 예상되었다.

감사의 말씀

본 연구는 2011년도 농림수산식품평가원의 연구비지원
과 2012년 경남과학기술대학교 기성회 연구비 지원으로
수행된 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AOAC. 1990. Official methods of analysis(15th Ed.). Association of official analytical chemists, Washington D.C., USA.
- Chai JK. 2001. Re-cultivation of *Flammulina velutipes* from media used for cultivation of *Flammulina velutipes*. *Mushroom*. 5: 113-124.
- Chang HG. 1976. Influence of nutritional supplementation to the substrate on vegetative and reproductive growth of winter mushroom, *Flammulina velutipes* (Curt. ex Fr.) sing. and chemical changes of the substrates produced during growth of the fungus. *Kor J Mycol*. 14:31-44.
- Cheong JC, Lee CJ, Shin PG, Suh JS. 2012. Recycling post-harvest medium from bottle cultivation for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *J Mushroom Sci Prod*. 10:167-173.

- Cheong JC, Kim GP, Kim HK, Kim YH, Cha DY, Chung BK. 1995. Effect of addition of eggshell to sawdust substrate on the growth and development of winter mushroom, *Flammulina velutipes*. *Kor J Mycol.* 23:226-231.
- Choi IY, Kim KT, Choi JS, Na CS, Lee ST. 1998. Effect of addition of *Cathamus tinctorius*, *Coptis japonica* and *Asarum sieboldii* to sawdust substrate on the growth and development of winter mushroom, *Flammulina velutipes*. *Kor J Plant Res.* 11: 131-135.
- Gal SW, Lee SW. 2002. Development of optimal culture media for the stable production of mushroom. *J Kor Soc Agric Chem Biotechnol.* 45:71-76.
- Han SY, Shon MY, Lee SW. 2003. Physiological activities of mycelial *Flammulina velutipes* cultured in liquid grain media. *Food Industry Nutrition.* 8:50-56.
- Ishikawa H. 1968. On the degradation of wood by wood-rot fungi. *Rep Tottori Mycol Inst Jap.* 6:111-118.
- Jeong JG, Lee CY, Lee SW. 2012. Medium development of *Pleurotus ostreatus* by using korean herb medicine materials. *J Life Science.* 22:650-656.
- Joo WS, Yun YS, Rew YH, Park SD, Choi BS. 1996. Effect of addition of apple pomace to sawdust substrate on the growth and development of *Flammulina velutipes*. *Kor J Mycol.* 24: 223-227.
- Kim BK, Chung KS, Yang MS. 1980. Studies on the antinoplastic components of korean basidiomycetes. *Kor J Mycol.* 8:107-112.
- Koenigs JW. 1971. Production of extracellular hydrogen peroxide and peroxidase by wood-rotting fungi. *Phytopath.* 62:100-110.
- Lee HU, Kim TS, Park HC, Song KW, Shin WK, Moon BJ. 1999. Screening of chemical on bacterial brown blotch caused by *Pseudomonas tolaasii* on *Flammulina velutipes*. *Kor J Mycol.* 27:164-169.
- Lee SS, Kim SK, Lee TS, Lee MW. 1997. Cultivation of oyster mushroom using the garlic peel as an agricultural by-product. *Kor J Mycology.* 25:268-275.
- Miller GL. 1960. Measurement of carboxymethyl cellulase activity. *Anal. Biochem.* 2:127-132.
- Park KD, Lee YS. 2009. Inhibition effects of nano-silver liquid against bacterial brown rot pathogen *Pseudomonas tolaasii* of *Flammulina velutipes*. *J Agric Life Sciences.* 20:61-68.
- Yoshioka Y, Tabeta RH, Saito N, Fukuoka F. 1985. Antitumor polysaccharides from *P. ostrestus*(Fr.) Quel.: Isolation and structure of α -glucan. *Carbohydrate Research.* 140:92-100.