

## 느타리 톱밥종균 배지조성에 따른 생산성 비교

최종인\* · 최준영 · 김정한 · 구 옥 · 김연진 · 하태문 · 정구현

경기도농업기술원 버섯연구소

## Comparison in the productivity of *Pleurotus ostreatus* sawdust spawn based on the medium composition

Jong-In Choi\*, Jun-Yeong Choi, Jeong-Han Kim, Ok Gu, Yeon-Jin Kim, Tai-Moon Ha, and Gu-Hyun Jung

Mushroom Research Institute, Gyeonggido Agricultural Research & Extension Services, Gwangju 12805, Korea

**ABSTRACT:** This study was performed to find a medium material that can replace Douglas fir sawdust and rice bran in spawn media for growing spawn directly in the oyster mushroom farm. The pH range, total nitrogen source, and total carbon source of the mixed spawn medium were 5.3~5.9, 0.65~1.11%, and 47.0~49.1%, respectively. The C/N ratio was high in the mixed medium of poplar sawdust, with a low total nitrogen content. The protein content was high in the medium containing fermented Douglas fir sawdust. The mycelium growth rate was higher in the medium containing wheat bran than that in the medium containing rice bran. The highest yield per bottle was observed with poplar sawdust, oak sawdust, and rice bran mixed at a ratio of 40:40:20 (v/v/v); however, there was no significant difference observed in terms of productivity with the other treatments. Thus, when growing sawdust spawns in farms, it is efficient to use poplar sawdust, oak sawdust, and wheat bran, which are also easily available, instead of Douglas fir sawdust and rice bran.

**KEYWORDS:** *Pleurotus ostreatus*, Poplar sawdust, Rice bran, Sawdust spawn, Wheat bran

### 서 론

버섯 재배에서 종균, 배지, 배양 및 생육 환경 등 중요한 요소들이 관여하며 우량 종균을 선택하는 것이 버섯 재배 성공을 이끌 수 있는 필수적인 요인이다. 버섯 종균은 톱밥종균, 톱밥성형종균, 곡립종균, 액체종균 등이 개

발되어 있고, 농가에서 종균을 제조하거나 종균업체에서 구입하여 사용하고 있다(Lee *et al.*, 2018). 팽이 및 큰느타리(새송이) 재배농가에서는 대형화, 기업화가 이루어지면서 대부분 액체종균을 이용하여 버섯을 생산하고 있다(Shim *et al.*, 2014). 하지만, 느타리재배 농가는 대부분 2만병 이하의 소규모 농가로써 종균시설을 설치하여 자가로 액체종균을 생산하기에는 전문 인력 및 근무관리에 대한 경제적인 부담이 크다. 그래서 느타리 재배농가는 액체 종균을 생산하기보다 톱밥 종균을 종균업체에서 구입하여 사용하고 있다. 일반적으로 톱밥종균은 미송톱밥과 미강을 80:20의 비율로 혼합하여 제조되고 있다(Yoo *et al.*, 2006). 미송톱밥은 수지성분, 폐놀화합물 등이 다량 함유되어 균사생장 및 자실체 생육을 저해하므로 3~6개월 동안 야외 퇴적하여 제거해야 하는데, 이를 위해 톱밥 야적 공간과 시간이 필요하다(Cheong *et al.*, 2010; Jang *et al.*, 2010). 톱밥종균 영양원으로는 미강이 주로 사용된다. 미강은 쌀 도정 과정에서 발생하는 부산물로 영양성과 기능성이 우수하여 버섯의 영양원으로 활용되고 있다. 국내 미강 생산량은 40만톤으로 용도가 다양해지면서 가축사료, 현미유 생산, 비료, 기능성식품 등 다른 산업분야에 활용하는 양이 점점 증가되고 있다(농림축산식품부,

J. Mushrooms 2021 March, 19(1):9-13  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2021.19.1.9>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

Jong In Choi(Researcher), Jun-Yeong Choi(Researcher), Jeong-Han Kim(Researcher), Ok Gu(Research assistant), Jeong-Han Kim(Researcher), Yeon-Jin Kim(Researcher), Tai-Moon Ha(Researcher), Gu-Hyun Jung(Researcher)

\*Corresponding author  
 E-mail : cji190@gg.go.kr  
 Tel : +82-31-229-6127

Received March 3, 2021  
 Revised March 15, 2021  
 Accepted March 25, 2021

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.

2018, Kim *et al.*, 2019). 하지만, 미강은 지방함량이 높아 장기간 저장하거나 고온다습한 환경에서 공기중의 산소와 결합하여 화학적, 물리적 변화로 산패가 쉽게 이루어진다 (Oh *et al.*, 2017). Lee 등(2015)은 팽이버섯 재배에서 미강 대체용으로 보리가루의 적정 첨가 비율을 보고하였고, Lee 등(경남농업기술원 시험연구보고서, 1994)은 종균배지의 영양원으로 건비지 사용시 버섯의 초발이 소요일수가 짧아지고 수량이 증가된다고 하였다. Jhune 등(2000)은 느타리 종균의 미강함량이 재배에 미치는 영향을 조사하여 종균배지의 미강 조성비를 제시하였다. 이와 같이, 종균의 배지재료인 미송톱밥과 미강을 대체할 수 있는 재료를 필요로 하며, 이를 위한 과학적 근거를 제시하기 위해, 본 연구에서는 현재 생산용 배지로 사용하고 있는 톱밥 3종, 영양원 2종을 혼합비별로 종균을 제조하여 버섯 생산성을 비교하여 다양한 느타리 톱밥종균 배지재료를 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험품종

본 연구에 사용된 시험균주는 국내에 많이 보급되어 있는 ‘흑타리’, ‘곤지7호’, ‘수한1호’ 그리고 ‘춘추2호’ 품종을 이용하였다. 각각의 균주는 PDA배지에 접종하여 25°C에서 7일간 배양하여 사용하였다.

### 톱밥종균 배지제조 및 배양

종균배지의 주재료는 발효 미송톱밥, 미루나무톱밥, 참나무톱밥, 영양원은 미강과 밀기울을 사용하였다. 종균배지조합은 T1 (미송+미강; 80:20, v/v), T2 (미루나무+미강; 80:20, v/v), T3 (미송+미루나무+미강; 40:40:20, v/v), T4 (미루나무+참나무+미강; 40:40:20, v/v), T5 (미송+밀기울; 80:20, v/v), T6 (미루나무+밀기울; 80:20, v/v), T7 (미송+미루나무+밀기울; 40:40:20, v/v), T8 (미루나무+참나무+밀기울; 40:40:20, v/v)의 8개 처리구로 수행하였다 (Table 1). 각 혼합된 배지는 수분함량을 60~65%로 조절하여 2시간 동안 혼합한 후 입병하였다. 배양병(1,100 mL, 병입구직경 75 mm, Polypropylene)에 700 g 내외로 담고 121°C, 1.2기압에서 90분간 고압증기멸균을 하였다. 살균된 배지를 20°C까지 하온시키고 PDA(Potato Dextrose Agar) 배지에서 배양한 균사체를 접종하고 20일간 배양하였다. 종균의 배양환경은 온도 20±1°C, 습도 65±5%, CO<sub>2</sub> 농도 3,000±500ppm 로 조절하였다. 배양이 완료된 종균배지는 4°C 저장고에 저장하면서 필요시 사용하였다.

### 균사생장속도

각각의 배지는 종균배지 처리와 동일한 부피비로 혼합하여 (Table 1) 수분함량이 65%가 되게 조절하여 제조하였다. 혼합된 배지는 직경 19 mm × 200 mm 시험관에 배

**Table 1.** Mixed ratio of sawdust spawn substrate

Treatment <sup>1</sup>	Mixed ratio(% , v/v)				
	DFSF <sup>2</sup>	PS	OS	RB	WB
T1(Control)	80			20	
T2		80		20	
T3	40	40		20	
T4		40	40	20	
T5	80				20
T6		80			20
T7	40	40			20
T8		40	40		20

<sup>1</sup> T1: Douglas fir sawdust+Rice bran(80:20, v/v); T2: Poplar sawdust+Rice bran(80:20, v/v); T3: Douglas fir sawdust+Poplar sawdust+Rice bran(40:20:20, v/v); T4: Poplar sawdust+Oak sawdust+Rice bran(40:20:20, v/v); T5: Douglas fir sawdust+Wheat bran(80:20, v/v); T6: Poplar sawdust+Wheat bran(80:20, v/v); T7: Douglas fir sawdust+Poplar sawdust+Wheat bran(40:20:20, v/v); T8: Poplar sawdust+Oak sawdust+Wheat bran(40:20:20, v/v).

<sup>2</sup> DFSF: Douglas fir sawdust fermented; PS: Poplar sawdust; OS: Oak sawdust RB: Rice bran(Japonica in Korea), WB: Wheat bran.

지 중량과 충전높이를 동일하게 하여 3반복씩 충전하였다. 충전된 배지는 121°C에서 20분간 살균 후 냉각하여 미리 준비해 둔 4종의 종균을 접종하였다. 배양온도 25°C로 조절된 인큐베이터에서 약 20일 동안 2일 간격으로 균사생장속도를 측정하였다.

### 생육배지 제조 및 생육환경

생육배지는 미루나무톱밥+비트펄프+면실박을 50:30:20 (v/v) 비율로 혼합하고, 수분함량은 65~68%로 조절하여 2시간 동안 혼합한 후 입병하였다. 혼합된 배지는 배양병(1,100 mL, 병입구직경 75 mm, Polypropylene)에 700 g 내외로 담고 121°C, 1.2기압에서 90분간 고압증기멸균을 하였다. 살균된 배지를 20°C까지 하온하였다. 생육배지에 8 처리 종균을 각각 접종하여 배양실에서 28~30일간 배양하였다. 배양환경은 온도 20±1°C, 습도 65±5%, CO<sub>2</sub> 농도 3,000±500ppm 로 관리하였다. 배양 완료 후 균류기한 후 역상으로 입상하였으며 발이 후 뒤집기를 하였다. 발이시까지는 20±2°C, CO<sub>2</sub> 농도는 3,000±200ppm, 상대습도는 가습기를 사용하여 98~100%로 조절하였다. 빛은 입상 후부터 수확 시까지 300~500lx로 하였다. 뒤집기 후에는 자실체가 정상생육이 되도록 온도, 습도, 환기를 조절하였다. 생육특성조사는 신품종 심사를 위한 특성조사요령에 준하여 조사하였다(국립종자원, 2006).

### 배지분석

pH는 온도 80°C에서 48시간 건조한 시료 5 g과 증류수 95 mL를 혼합하여 1시간 동안 정치한 후 pH meter(Meter

**Table 2.** Chemical properties of spawn substrate materials for oyster mushroom

Media materials	pH (1:20,w/ v)	Total nitrogen (%)	Total carbon (%)	C/N ratio	Crude fat(%)
Fermented Douglas fir sawdust	4.9	0.26	50.2	196.7	0.7
Poplar sawdust	6.1	0.21	49.0	236.3	0.6
Oak sawdust	5.5	0.23	49.1	217.0	0.3
Rice bran	6.6	2.45	48.1	19.9	18.6
Wheat bran	6.5	2.67	45.2	16.9	4.2

Lab Ion 450)로 측정하였다. 이화학적 분석을 위하여 건조된 시료를 분쇄하여 분석에 이용하였다. 건조 분말시료 150 mg을 채취하여 연소장치(Vario Max Cube, Elementar GmbH, Frankfurt and Germany)을 이용하여 총탄소함량, 총질소함량, 단백질을 분석하였다. 또한 조지방 함량은 건조 시료 2.5 g 분말을 채취하여 자동분석기(Behr Extraction Apparatus E6; Behr Labor-Technik, Duesseldorf, DE)를 이용하여 Soxhlet법으로 분석하였다.

**통계분석**

통계처리는 SAS Enterprise Guide 4.3를 이용하여 분산 분석을 수행하였고, 유의성 비교는 Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**배지종류별 이화학적 분석**

느타리 종균 배지 재료 분석결과는 Table 2와 같다. 톱밥은 pH 4.9~6.1, 총질소함량 0.21~0.26%, 총탄소함량 49.0~50.2%, 조지방 0.3%~0.7% 범위를 나타내었다. C/N

율은 발효된 미송톱밥 196.7, 미루나무톱밥 236.3, 참나무톱밥 217.0로 미루나무톱밥이 높았다. 영양원인 미강은 pH 6.6, 총질소함량 2.45%, 총탄소함량 48.1%를 나타냈고, 밀기울은 pH 6.5, 총질소함량 2.67%, 총탄소함량 45.2%를 나타내어 미강과 유사하였다. 조지방 함량은 미강 18.6%, 밀기울 4.2%로 미강의 조지방 함량이 밀기울보다 4.4배 높게 나타났다. 미송은 발효정도에 따라 본 실험결과는 Jhune 등(2012)과 Kim 등(2013)의 성분분석 결과와 유사하였다.

**톱밥종균 배지의 이화학적 분석**

느타리 종균배지의 배지조성별 분석결과는 Table 3과 같다. pH는 5.3~5.9, 총질소함량은 0.62~1.11%, 총탄소함량은 47.0~49.1%를 나타내었다. 총질소함량은 미강이 혼합된 T1~T4 배지에서 0.62~1.02%를 나타내었고, 밀기울이 혼합된 T5~T8배지에서 0.80~1.11%로 다소 높은 것은 밀기울의 총질소함량은 2.67%로 미강 2.45%보다 높은 것에 기인한 것으로 판단되며, 밀기울을 사용한 배지가 미강을 사용한 배지보다 높다는 Lee (2018) 등의 결과와 유사하였다. C/N율은 미루나무톱밥과 참나무톱밥이 혼합된 T4, T8 배지에서 각각 79.2, 60.0로 높게 나타났으며, 미송톱밥이 혼합된 T1, T5 배지에서 각각 48.4, 43.3으로 낮게 나타났다. 단백질 함량은 T5, T7, T1, T3 순으로 각각 6.93, 6.70, 6.34, 5.88로 미송톱밥이 포함된 배지에서 높게 나타났다. 조지방 함량은 미강이 혼합된 T1~T4 배지에서 3.13~6.16%의 함량을 나타냈으며, 밀기울이 혼합된 T5~T8 배지에서 0.96~1.46%의 함량을 나타내었다. 미강의 조지방 함량이 밀기울에 비해 4.4배 높아 미강이 포함된 배지에서 조지방 함량이 높게 나타났다.

**균사생장속도**

혼합종균배지에서 ‘곤지7호’, ‘흑타리’, ‘수한1호’, ‘춘추

**Table 3.** Chemical properties of mixed substrates for spawn media

Treatment	pH(1:20, w/v)	Total nitrogen (%)	Total carbon(%)	C/N ratio	Protein (%)	Crude fat(%)
T1(control)	5.7	1.02	49.1	48.4 <sup>cdj</sup>	6.34 <sup>ab</sup>	6.16 <sup>a</sup>
T2	5.9	0.65	48.6	74.7 <sup>a</sup>	4.07 <sup>d</sup>	3.82 <sup>c</sup>
T3	5.3	0.94	49.1	52.4 <sup>c</sup>	5.88 <sup>b</sup>	5.51 <sup>b</sup>
T4	5.5	0.62	48.9	79.2 <sup>a</sup>	3.86 <sup>d</sup>	3.13 <sup>d</sup>
T5	5.6	1.11	47.7	43.3 <sup>e</sup>	6.93 <sup>a</sup>	1.07 <sup>ef</sup>
T6	5.9	0.83	47.4	57.6 <sup>b</sup>	5.16 <sup>c</sup>	1.46 <sup>c</sup>
T7	5.8	1.07	47.0	44.1 <sup>de</sup>	6.70 <sup>a</sup>	0.96 <sup>f</sup>
T8	5.7	0.80	47.8	60.0 <sup>b</sup>	4.98 <sup>c</sup>	0.97 <sup>f</sup>
Ave	5.6±0.2	0.88±0.2	48.2±13	57.5±13	5.49±1.6	2.89±2.1
Max	5.9	1.11	49.1	79.2	6.93	6.16
Min	5.3	0.62	47.0	43.3	3.86	0.96

<sup>j</sup> Different letters in the same column indicate significant differences among groups at  $P < 0.05$  as determined by Duncan's multiple range tests.

**Table 4.** Mycelial growth rate of four *P. ostreatus* cultivars on different substrate

Treatment	Growth rate of mycelium(mm/10 days)			
	Gonji-7ho	Heuktari	Suhan-1ho	Chunchu-2ho
T1(control)	52 <sup>bcj</sup>	44 <sup>d</sup>	47 <sup>d</sup>	56 <sup>ns</sup>
T2	48 <sup>c</sup>	54 <sup>ab</sup>	58 <sup>c</sup>	51
T3	47 <sup>c</sup>	46 <sup>cd</sup>	54 <sup>c</sup>	53
T4	50 <sup>c</sup>	44 <sup>d</sup>	59 <sup>c</sup>	56
T5	64 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	61 <sup>bc</sup>	57
T6	59 <sup>ab</sup>	51 <sup>bcd</sup>	67 <sup>ab</sup>	59
T7	60 <sup>a</sup>	53 <sup>ab</sup>	61 <sup>bc</sup>	58
T8	58 <sup>ab</sup>	52 <sup>bc</sup>	71 <sup>a</sup>	59
Ave	54±6.2	50±5.5	59±7.3	56±2.8
Max	64	60	71	59
Min	47	44	47	51

<sup>j</sup> Different letters in the same column indicate significant differences among groups at  $P<0.05$  as determined by Duncan's multiple range tests.

2호'의 균사생장속도는 컬럼 테스트로 조사하였다(Table 4).

‘곤지7호’의 균사생장속도는 미강이 포함된 T1~T4 배지에서 47~52 mm를 나타내었으며, 밀기울이 포함된 T4~T8 배지에서 58 mm 이상을 나타내었다. ‘흑타리’는 T5, T7 배지에서 각각 60 mm, 53 mm를 나타내었으며, T1과 T4 배지에서 44 mm를 나타내었다. ‘수한1호’는 T6, T8 배지에서 각각 67mm, 71 mm를 나타내었으며, T1 배지에서 47 mm를 나타내었다. ‘춘추2호’는 T6, T8 배지에서 59 mm를 나타내었으며 T2 배지에서 51 mm를 나타내었다. 이와 같이 느타리 품종은 미강보다 밀기울이 혼합된 배지에서 균사생장이 빠른 편이었다. 또한, ‘춘추2호’를 제외한 ‘곤지7호’, ‘흑타리’, ‘수한1호’는 배지종류에 따라 처리간 유의차를 보였다.

**수량성 검증**

8처리로 혼합한 배지에 배양한 종균을 생육배지에 접종하여 생산성 검정을 실시하였다(Table 5). 대조구인 T1(미송톱밥+미강) 배지의 품종별 병당수량은 ‘곤지7호’, ‘흑타리’, ‘수한1호’, ‘춘추2호’에서 각각 203.4 g, 160.8 g, 148.5 g, 168.9 g를 나타내었다. T4(미루나무톱밥+참나무톱밥+미강)에서는 품종별로 각각 205.2 g, 178.7 g, 154.1, 176.8 g 으로 가장 높은 생산성을 나타내었다. 4품종의 전체적인 평균 수량은 ‘곤지7호’ 199.4 g/병, ‘흑타리’ 168.4g/병, ‘수한1호’ 152.4 g/병, ‘춘추2호’ 171.0 g/병이었다. ‘수한1호’는 T1과 T7 배지에서 각각 148.5 g, 149.2 g으로 낮았으며 통계적으로 유의하였다. 하지만, ‘수한1호’를 제외한 나머지 품종들은 수량에 있어 처리간 통계적 유의차가 없었다. 이 등(충북농업기술원 시험연구보고서, 1995)은 느타리

**Table 5.** Influence of the media compositions on the yield of four *P. ostreatus* cultivars (g/bottle)

Treatment	Fresh weight (g/700 g, bottle)			
	Gonji-7ho	Heuktari	Suhan-1ho	Chunchu-2ho
T1(control)	203 <sup>nsj</sup>	161 <sup>ns</sup>	148 <sup>br</sup>	169 <sup>ns</sup>
T2	195	166	154 <sup>a</sup>	168
T3	191	172	153 <sup>a</sup>	171
T4	205	179	154 <sup>a</sup>	177
T5	204	167	154 <sup>a</sup>	165
T6	191	172	155 <sup>a</sup>	174
T7	202	164	149 <sup>b</sup>	174
T8	204	166	152 <sup>a</sup>	171
Ave	199±6.0	168±5.6	152±2.5	171±3.8
Max	205	179	155	177
Min	191	161	148	165

<sup>j</sup> not significant.

<sup>2</sup> Different letters in the same column indicate significant differences among groups at  $P<0.05$  as determined by Duncan's multiple range tests.

종균제조에 사용한 톱밥 종류와 배지 입병량의 차이가 균사생장량, 균사배양일수, 수량에 유의성이 없었다는 연구 결과와 같이, T4 배지가 생산성은 다소 높았으나 톱밥종류 배지 처리간에는 유의성이 없었다. 결과적으로 종균배지는 미송톱밥 대신에 미루나무톱밥, 참나무톱밥을 이용할 수 있으며, 미강 공급이 원활하지 못하는 시기에는 밀기울을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

**적 요**

느타리 종균배지재료인 미송톱밥과 미강을 대체할 수 있는 재료를 선별하기 위하여 실시하였다. 톱밥의 pH는 4.9~6.1, 총질소함량은 0.21~0.26%, 총탄소함량은 49.0~50.2%를 나타내며 조지방은 0.3~0.7%를 함유하고 있다. 종균 혼합배지의 pH는 5.3~5.9, 총질소함량은 0.65~1.11%, 총탄소함량은 47.0~49.1%를 나타내었다. C/N율은 총질소 함량이 낮은 미루나무톱밥 혼합배지에서 높게 나타났으며, 단백질 함량은 미송톱밥이 함유되어 있는 배지에서 높게 나타났다. 느타리 균사생장은 미강보다 밀기울이 포함되어 있는 배지에서 균사생장 속도가 빨랐다. 수량은 ‘곤지7호’, ‘춘추2호’, ‘흑타리’, ‘수한1호’ 순으로 높았으며, T4(미루나무톱밥:참나무톱밥:미강) 배지에서 가장 높은 생산성을 나타내었으나 처리간 유의성이 없었다.

느타리 농가에서는 자가종균 제조 시 주변에서 손쉽게 구할 수 있는 미루나무톱밥, 참나무톱밥을 단용 및 혼용으로 이용할 수 있으며, 보관중에 품질유지가 어려운 미강 대신에 밀기울을 사용하여 종균을 제조할 수 있을 것

으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 Golden Seed project사업(원예종자사업단, 과제번호 : 213007-05-5-SBI20)에 의해 이루어진 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

### REFERENCES

- Cheong JC, Jhune CS, Lee CJ, Oh JA. 2010. Physico-chemical characteristics and utilization of raw materials for mushroom substrates. *Kor J Mycol.* 38: 136-141.
- Cheong JC, Lee CJ, Suh JS, Moon YH. 2012. Comparison of physico-chemical and nutritional characteristics of pre-inoculation and post-harvest *Flammulina velutipes* media. *J Mushroom*, 10: 174-178.
- Jang MJ, Lee YH, Ju YC. 2010. Selection of an substitute sawdust material in *Pleurotus ostreatus* by bottle cultivation. *Kor J Mycol.* 38: 142-145.
- Jhune CS, Kim GP, Shin CW. 2000. Effect of rice bran added at spawn-making on the cultivation of oyster mushroom, *Pleurotus* spp. *Kor J Mycol.* 28: 1-5.
- Kim JM, Gu YR, Park BY, Hong JH, Youn KS. 2019. Variation in the quality characteristics of different rice bran cultivar extracts upon hexane or supercritical fluid extraction. *Korean J Food Preserv.* 26: 673-680.
- Kim SY, Jeong MH, Kim MK, Im CH, Kim KH, Kim TS, Kim DS, Cheong JC, Hong KS, Ryu JS. 2013. Composition analysis of row material constituting the medium of mushroom cultivation. *J Mushroom*, 11: 208-213.
- Lee CJ, Moon JW, Yoo YM, Han JY, Cheong JC, Kong WS, Lee BE. 2015. Optimal additive ratio of barley flour for substitution of rice bran at cultivation of winter mushroom. *J Mushroom.* 13: 266-269.
- Lee KW, Jeon JO, Kim MJ, Kim IJ, Jang MJ, Park HS. 2018. Effects of difference in medium composition on the growth of *Lentinula edodes*. *J Mushroom.* 16: 267-271.
- Lee OH, Park SJ, Nam SH. 2018. Development of functional food materials using agricultural by-products (rice bran, soybean cake, seeds cake). Ministry of Agriculture, *Food and Rural Affairs.* pp.8-21
- Lee SJ, Kim HH, Kim SH, Kim IS, Sung NJ. 2018. Culture conditions of liquid spawn and the growth characteristics of *Pleurotus ostreatus*. *J. Mushroom.* 16: 162-170.
- Oh TS, Lee YH, Kim CH, Cho YK, Jang MJ. 2017. Comparative study of the growth characteristics of *Pleurotus eryngii* by using alternative substrates to rice bran. *J Mushrooms.* 15: 57-60.
- Shim KK, Yoo YJ, Koo CD, Kim MK. 2014. Changes of nutrients in media and mycelia on liquid spawn culture of *Lentinula edodes*. *Kor J Mycol.* 42: 144-149.
- Yoo YB, Kong WS, Jang KY, Oh SJ, Cheong JC, Jhune CS. 2006. Trends of commercial strain development and spawn industry in mushrooms. *J Mushroom*, 32: 1-32.