

# 느티만가닥버섯 ‘햇살’ 품종 봉지재배 적합배지 조성 연구

김민근<sup>1\*</sup> · 심순애<sup>1</sup> · 김아영<sup>1</sup> · 권진혁<sup>1</sup> · 장영호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경상남도농업기술원 환경농업연구과

<sup>2</sup>경상남도농업기술원 작물연구과

## Suitable substrate formulation for bag cultivation of the cultivar ‘Haesal’ in *Hypsizygus marmoreus*

Min-Keun Kim<sup>1\*</sup>, Soon-Ae Sim<sup>1</sup>, Ah-Young Kim<sup>1</sup>, Jin-Hyeuk Kwon<sup>1</sup>, and Young-Ho Chang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Environmental Agriculture Research Division, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Service, Jinju 52733, Korea

<sup>2</sup>Crop Research Division, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Service, Jinju 52733, Korea

**ABSTRACT:** This study was conducted to investigate a suitable substrate formulation for bag cultivation of *Hypsizygus marmoreus*. To determine the optimum media composition for *H. marmoreus*, chemical properties of various media and culture properties were investigated. The fastest primordia formation (9.0 days), the shortest fruiting body harvest period (18.0 days), and the highest yield (144.7 g/bag) were realized with the T6 formulation (55:15:20:5:5 mixing ratio of poplar sawdust, wheat bran, rice bran, dried soybean powder, and palm kernel, respectively). The chemical properties of the T6 formulation were pH, 6.0; total carbon, 19.0%; total nitrogen, 0.83%; C/N ratio, 22.8; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0.61%; K<sub>2</sub>O, 0.46%; and MgO, 0.29%. This is the first attempt using plastic bags for cultivation and will help expand the production of *H. marmoreus*.

**KEYWORDS:** Bag cultivation, *Hypsizygus marmoreus*, Palm kernel

## 서 론

느티만가닥버섯(*Hypsizygus marmoreus* (Peck) H. E. Bigel.)은 Beech mushroom으로도 알려져 있으며 일본에서는 부나시메지(Bunashimeji)로 불리는 대표적인 식용버섯이다. 국내 느티만가닥버섯 재배는 1980년 후반 처음

시작되었으며 안정적인 생산과 판매는 2000년대 초반부터 본격화되었다. 2018년 기준 국내 농산물도매시장을 통하여 거래된 느티만가닥버섯은 약 2,121톤 수준에 이르며 거래량은 매년 증가되고 있다. 일본의 느티만가닥버섯 생산량은 2019년 기준 118,597톤으로 전체 버섯생산량의 26.1%를 차지하며 129,104톤의 팽이버섯 다음으로 많이 생산되어 소비되는 버섯이다(Ministry of Agriculture, 2020). 느티만가닥버섯은 영양학적으로 조미성분에 해당하는 글루탐산 함량이 높고(Kim *et al.*, 2002), 주요 기능성분으로 Hypsin에 의한 항진균 활성 및 항종양 효과(Lam and Ng, 2001), Collagen binding protein HM23(Thuchida *et al.*, 1995), hypsiziprenol A9(Chang *et al.*, 2004), 버섯다당류(Ikekawa *et al.*, 1992)에 의한 항암효과 등이 보고되었다. 느티만가닥버섯의 형태적 특징으로 갓 표면은 거북이 등처럼 갈라져 있으며 대는 약간의 탄력성을 지니고 있다. 느티만가닥버섯에 대한 재배적 조건으로 균사배양 온도는 25°C내외, pH 조건은 5.0-6.0내외가 적합하고 원기발생을 위한 적합온도는 15-17°C내외, 자실체 생육적온은 15°C내외가 적당하며 균사배양이 완료된 이후에는 후숙과정이 필요하다고 보고하였다(山中, 1992). 버섯재배를 위한 배지로 톱밥 외에 밀기울, 미강

J. Mushrooms 2021 September, 19(3):160-165  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2021.19.3.160>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

Min-Keun Kim(Director), Soon-Ae Sim(Researcher), Ah-Young Kim(Researcher), Jin-Hyeuk Kwon(Supervisor), Young-Ho Chang(General manager)

\*Corresponding author

E-mail : goguma99@korea.kr

Tel : +82-55-254-1354, Fax : +82-55-254-1319

Received August 23, 2021

Revised September 12, 2021

Accepted September 24, 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.

등 농산부산물물을 많이 이용되고 있으나 이들에 대한 혼합 비율이나 첨가제 종류에 따라 수량 차이가 나는 것으로 알려져 있다(Chang, 1993a). 버섯균사의 생장이나 자실체 생육에 필요한 영양성분은 탄소원, 질소원, 무기성분 및 비타민류 등이 있으며 그중 가장 중요한 것은 탄소원과 질소원이 해당된다(Chang *et al.*, 1993b). 질소원은 버섯의 품질, 저장성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있고(Kim *et al.*, 2013) 혼합배지를 구성하는 원료 중 가장 비용이 많이 소요되는 성분이다. 국내에서의 느티만가다버섯 재배는 고온 고압에서 살균 가능한 병을 이용한 병재배 방법을 이용하여 경북지역을 중심으로 많이 재배되고 있다. 그러나 배양기간을 포함한 재배기간이 100일 이상 소요되어 큰느타리버섯, 느타리버섯, 팽이버섯 등을 재배하는 농가들이 생산하기에는 어려움이 있다. 재배기간이 길게 소요되는 문제를 해결하고자 병을 이용하여 배양기간을 포함한 전체 재배기간이 60일 정도에서 가능한 ‘햇살’이라는 갈색 품종이 육성되어 품종등록이 완료되었다(Korea Seed and Variety Service, 2017). 재배기간이 단축된 느티만가다버섯 품종의 개발은 기존 병버섯 재배농가들에 대해 쉽게 재배할 수 있는 기회를 제공하였다. 그러나 신규로 버섯재배를 시도해 보고자 하는 농업인에게는 많은 자본을 투입하여 병재배 시설을 갖추어야 하는 어려움이 있다. 본 시험에서는 최소한의 자본을 이용하여 느티만가다버섯을 생산할 수 있는 재배 기반을 구축하고 버섯균사가 배양된 배지를 수출할 수 있는 기회를 제공하기 위하여 고온 고압에서 살균 가능한 비닐봉지를 이용하여 안정적으로 재배할 수 있는 느티만가다버섯 봉지재배 적합배지 조성을 선발하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시험균주 및 배양

본 시험에 사용된 균주는 경남농업기술원에서 육성한 ‘햇살’(Korea seed and Variety service, 2017) 품종을 이용하였다. 균주는 Rape 등(1972)에 의해 사용된 MCM배지(Mushroom Complete Medium; Dextrose 20 g,

MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.46 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1.0 g, Yeast extract 2.0 g, Peptone 2.0 g, Agar 18 g/L)를 이용하여 25°C에서 배양하였다.

### 배지제조 및 성분분석

느티만가다버섯 봉지재배에 적합한 배지 재료로서 포플러(미루나무)툽밥, 밀기울, 미강, 건비지, 면실박, 팜커널 등을 이용하였으며 재료별 배지조성은 Table 1과 같다. 배지조성들 중 ‘햇살’품종(Korea seed and Variety service, 2017)을 이용한 병재배에서 안정적인 생산이 가능한 T1배지를 대조배지로 사용하였다. 버섯균사 적응성 조사를 위한 고체배지 제조는 각각의 배지재료 10 g씩 정량하여 250 ml 듀란병에 넣고 증류수를 이용하여 100 ml이 되도록 채워 주었다. 다음으로 배지내용물을 추출하기 위해 고압살균기를 이용하여 100°C에서 30분 동안 반응하였다. 추출된 배지는 스테인레스 망(φ1 mm)을 이용하여 상등액만을 거른 뒤 증류수를 이용한 100 ml로 정량하였다. 고체배지 제조를 위하여 추출된 상등액을 대상으로 한천 1.8%를 넣고 고압살균기를 이용하여 121°C에서 15분간 살균한 뒤 분주하여 버섯균사 배양시험에 사용하였다. 혼합된 배지는 수분함량을 65%내외로 조절한 뒤 내열성 비닐봉지(φ90 mm)에 700 g씩 충전하고 배지의 중앙에 직경 30 mm의 구멍을 뚫은 후 솜이 부착된 마개를 닫고 121°C에서 100분간 고압살균 하였다. 배지재료와 배지에 충전된 혼합배지에 대한 이화학적 분석은 AOAC법에 준하여 일반성분을 대상으로 분석하였다. 전탄소 함량은 Tyurin 법, 전질소는 Kjeldahl법, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 비색법, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO는 원자흡광분석법으로 분석하였다.

### 균배양 및 자실체 생육조사

121°C(1.2 kg/cm<sup>2</sup>)에서 100분 동안 고압 살균된 배지는 냉각실에서 25°C이하로 식힌 뒤 MCM 액체배지에서 미리 배양된 종균 15 ml을 배지상면에 접종하였다. 종균접종 배지는 배양실로 옮겨 온도 23±1°C, 습도 65%의 조건을 유지하면서 50 일간 배양하였다. 배양이 완료된 배지는 봉지에 충전된 배지 높이만큼 비닐을 남기고 나머지

**Table 1.** The substrate formulation supplemented with various combination for bag cultivation in *H. marmoreus*

Treatment	The amount of added substrate (v/v)					
	Poplar sawdust	Wheat bran	Rice bran	Dried soybean powder	Cottonseed meal	Palm kernel
T1	56.2	22.2	18.5	3.1	-	-
T2	60.0	15.0	20.0	5.0	-	-
T3	57.0	15.0	20.0	8.0	-	-
T4	55.0	15.0	20.0	5.0	5.0	-
T5	60.0	15.0	10.0	5.0	10.0	-
T6	55.0	15.0	20.0	5.0	-	5.0
T7	60.0	15.0	10.0	5.0	-	10.0

**Table 2.** Chemical properties of substrate for bag cultivation in *H. marmoreus*

Raw materials of substrate	Moisture content (%)	pH (1:5)	Contents (%)					
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	T-N	T-C
Poplar sawdust	12.3	5.0	0.28	0.11	0.13	0.03	0.11	43.4
Wheat bran	12.3	6.6	2.05	1.20	1.38	0.66	2.52	40.8
Rice bran	10.5	7.0	3.80	1.63	0.29	1.27	2.33	44.1
Dried soybean powder	8.0	6.5	1.29	1.42	0.47	0.31	5.67	47.8
Cottonseed meal	10.9	6.4	1.87	1.53	0.35	0.82	6.70	40.3
Palm kernel	8.4	5.9	1.59	0.80	0.90	0.54	2.68	42.6

부분은 칼을 이용하여 제거 한 뒤 균균기과정을 통해 접종된 종균을 제거하였다. 버섯발생을 위한 전처리가 완료된 배지는 생육실로 옮겨 온도 15±1°C, 습도 98%, 이산화탄소농도 1,000 ppm내외, 광 300-500 Lux 조건에서 4-5 일정도 균사재생을 유도하였다. 균사재생이 완료되면 온도, 이산화탄소 농도 및 광조건을 이전조건과 동일하게 유지하면서 습도 조건을 94-95%수준으로 낮추어 재생된 버섯균사가 몽칠수 있도록 환경을 제공하여 원기형성 및 발이를 유도하였다. 발이가 시작되면 습도조건을 96-98%로 하여 자실체의 생장을 유도하였다. 균균기 뒤 원기형성 이후 어린 것이 형성된 기간을 발이 소요일수로 하였으며, 균균기 이후 자실체 수확이 될 때까지의 기간을 생육소요일수로 나타내었다. 한편, 자실체 특성으로 발이개체수를 기준으로 원기형성 이후 발이 수준을 발이도로 나타내었다. 버섯의 발이도는 배지 상면에서 형성된 면적에 기준으로 1/4수준을 1, 2/4수준을 2, 3/4 수준을 3, 4/4수준을 4로 표시하였다. 자실체 수량 및 특성은 국립종자원 만가닥버섯 특성조사요령(Korea Seed and Variety Service, 2009)에 준하여 조사하였다.

### 통계분석

버섯의 생육결과에 대한 특성분석은 SAS 프로그램 9.1.3 버전(SAS Institute, Cary, NC)을 사용하였다. 배지 조성간의 생육특성 분석은 3반복 시험결과를 이용하였으며 유의수준 5 % 수준( $p < 0.05$ )에서 Duncan's multiple range test (DMRT)를 통해 비교 검토하였다.

## 결과 및 고찰

### 배지재료별 이화학적 특성 분석 및 균사생장 특성

느티만가닥버섯 봉지재배를 위한 배지조성 시험에 사용한 톱밥과 배지 재료들에 대하여 이화학적 특성을 분석하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 배지의 수분함량은 8.0-12.3 % 수준으로 포플러 톱밥을 포함한 모든 배지 재료에서 낮은 상태를 유지하였다. pH의 경우 포플러 톱밥이 5.0으로 가장 낮았고 미강이 7.0으로 가장 높은 수준을 보여 주었다. 첨가제로 사용된 배지 재료들의 pH 분석 결과 팜커널이 5.9로 가장 낮은 수준을 보여 주었다. 시험에 이용된 첨가배지 재료들의 pH 수준은 5.9-7.0 수준으로 느티만가닥버섯의 생육 적합 pH 조건 5.0-6.0 수준보다 조금 높은 경향을 보여 주었으나 분시험에서 사용된 ‘햇살’(Korea Seed and Variety Service, 2017) 품종의 생육 적합 pH 6.0-7.0범위에는 벗어나지 않는 수준이었다. 총 질소 함량은 면실박이 6.7%로 가장 높았으며 다음으로 건비지, 팜커널, 미강, 밀기울 순이었다. 배지 재료들을 혼합하기 전에 느티만가닥버섯의 적응성을 확인하기 위하여 열수추출 배지를 이용하여 균사생장 특성을 조사하였다(Table 3). 버섯의 균사생장은 밀기울과 팜커널에서 추출된 배지에서 50.3 mm(/7 days)로 가장 잘 자랐으며 다음으로 면실박, 미강, 건비지, 포플러 순이었다(Fig. 1). 균사밀도의 경우 포플러를 제외한 나머지 배지들에서 모두 우수하였으며 버섯균사에 대한 저해특성은 확인되지 않았다. 열수추출 배지를 이용한 버섯균사 배양은 버섯배지 재료들을 혼합하기 전 배지에 대한 버섯균사의 적응성과 저해기능 여부를 확인하는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단되었다.

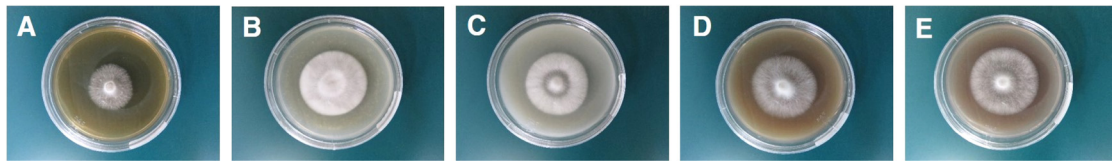
### 혼합배지에 대한 이화학적 특성분석 및 균사생장 특성

느티만가닥버섯 봉지재배를 위해 혼합된 배지들의 이화학적 특성 조사 결과는 Table 4와 같다. 모든 혼합배지의

**Table 3.** Mycelial growth and density of hot water extraction media in *H. marmoreus*

Division	Poplar sawdust	Wheat bran	Rice bran	Dried soybean powder	Cottonseed meal	Palm kernel
Mycelial growth (mm/ 7days)	34.5	50.3	46.8	45.3	49.3	50.3
Mycelial density <sup>a</sup>	++	+++	+++	+++	+++	+++

<sup>a</sup> Density: +, low; ++, medium; +++, high



**Fig. 1.** Comparison of mycelial growth of *H. marmoreus* on hot water extract media. A, Poplar sawdust; B, Wheat bran; C, Rice bran; D, Dried soybean powder; E, Cottonseed meal; F, Palm kernel.

**Table 4.** Chemical properties of substrate formulation for bag cultivation in *H. marmoreus*

Treatment	Moisture content (%)	pH (1:5)	Contents (%)						C/N ratio
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	T-N	T-C	
T1	60.4	5.9	0.44	0.31	0.15	0.20	0.44	18.8	43.0
T2	57.8	6.0	0.78	0.51	0.14	0.34	0.58	18.7	32.1
T3	57.7	6.0	0.83	0.58	0.45	0.35	0.91	21.9	24.3
T4	56.4	6.0	0.68	0.53	0.13	0.31	1.12	20.9	18.6
T5	64.6	5.9	0.28	0.35	0.16	0.18	0.90	19.2	21.3
T6	60.8	6.0	0.61	0.46	0.16	0.29	0.83	19.0	22.8
T7	64.6	5.9	0.28	0.31	0.19	0.16	0.57	17.6	30.8

pH는 5.9–6.0 수준으로 느티만가닥버섯이 생육하기에 적합한 수준이었다. 총질소 함량은 대조구인 T1이 0.44%로 가장 낮았으며 포플러, 밀기울, 미강, 건비지, 면실박 (55:15:20:5:5, v/v)을 혼합한 T4에서 1.12%로 가장 높은 수준을 보여주었다. 느티만가닥버섯 적합배지 선발을 위하여 혼합된 배지들의 질소함량 수준은 질소원이 조정된 수확 후 배지를 이용하여 선발된 느티만가닥버섯 적합배지 총질소 함량 수준 1.78%(Baek *et al.*, 2018)나 미강 대체 배지를 이용한 큰느티만가닥버섯 적합배지 총질소 함량인 1.41%(Oh *et al.*, 2017)에 비해 낮은 수준을 보여 주었다. 혼합 배지에 대한 느티만가닥버섯 균사배양 완료일수를 조사한 결과 대조배지로 사용된 T1배지의 경우 36.3일이 소요되었다. T3, T5, T7 배지의 경우 균사배양이 28.7일로 대조 배지에 비해 7.6일 정도 빠른 균사생장을 보여 주었으나

T4, T6 배지의 경우 각각 38.7일, 38.0일로 대조배지에 비해 2.4일 정도 많이 소요되었다.

**혼합배지의 재배특성**

혼합배지 조합별 재배특성 조사 결과는 Table 5와 같다. 온도 23±1°C, 습도 65% 조건의 배양실에서 50일 동안 배양된 배지를 대상으로 자실체 발생을 유도한 결과 T2, T7 배지의 경우 원기형성 이후 발이까지는 진행되었으나 자실체로 성장은 이루어지지 못하였으며 T5배지의 경우 균류기 이후 균사재생과 원기형성이 전혀 이루어지지 않는 특성을 보여주었다. 버섯 발생이 이루어진 T1, T3, T4, T6 배지를 기준으로 살펴보면 원기형성 이후 발이 소요일수는 9.0-9.3일로 조합 배지들 간에 통계적으로 유의한 차이

**Table 5.** Morphological characteristics of fruit body and yield for substrate formulation in bag cultivation

Treatment	Primordia formation period (days)	Fruitbody harvest period (days)	Primordia formation level (0-4)	Stipe length (mm)	Yield (g)
T1	9.3±0.5 <sup>a</sup>	19.0±0.2	2.6±0.6	42.2±2.2	112.5±11.1b
T2	-	-	-	-	-
T3	9.0±0.2	20.0±0.3	1.0±0.1	32.1±1.2	38.1±9.3c
T4	9.2±0.8	18.5±0.5	2.1±0.7	36.6±4.0	112.0±9.4b
T5	-	-	-	-	-
T6	9.0±0.8	18.0±0.3	3.4±0.2	42.8±3.9	144.7±9.1a
T7	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> Values are mean ± S.D. Means that do not have at least one letter in common in each of the strains are significantly different(p<0.05, DMRT).

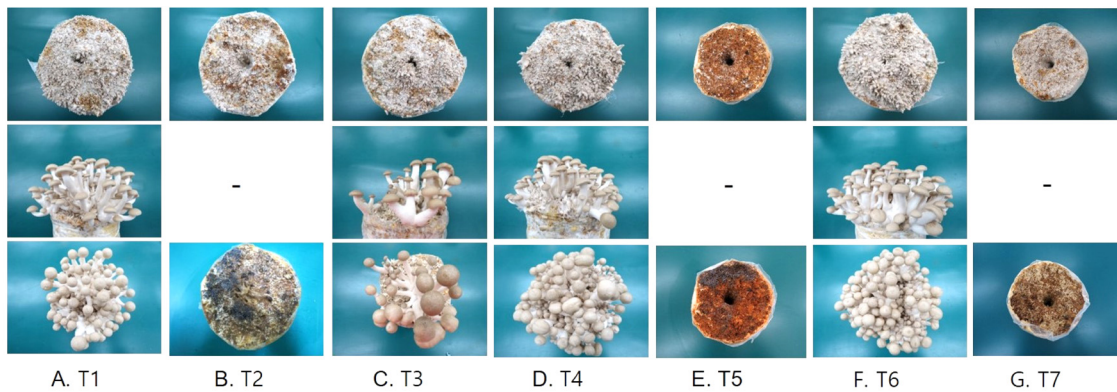


Fig. 2. The morphological appearance of fruit body in bag cultivation of *H. marmoreus* on mixed-substrates

는 보이지 않았다. 수확소요일수의 경우 T6배지에서 18.0일로 가장 빨리 수확이 가능하였고 T3배지의 경우 20.0일로 가장 늦게 수확되었다. 배지별 원기형성 수준의 경우 T6배지에서 가장 우수하였다. 수량의 경우 T6배지에서 144.7 g으로 가장 높았으며 다음 순으로 T1과 T4에서 각각 112.5 g, 112.0 g수준을 보여 주었다. T3배지의 경우 버섯 발생은 가능하였으나 배지의 전면 발생이 이루어지지 못하여 수량이 감소 되는 특성을 보여 주었다. T5배지의 경우 T4배지에 비해 면실박을 2배로 첨가하였으며, T7배지의 경우 T6배지에 비해 팜커널을 2배로 첨가한 배지로 T5, T7배지 모두 T1 배지에 비해 균사배양은 빨리 이루어졌으나 버섯 발생이 이루어지지 않는 재배특성을 보여 주었다. 느티만가닥버섯 재배에서 높은 수량을 보이는 T6배지의 경우 전질소 함량이 0.83%로 느타리버섯과 큰느타리버섯 재배에 적합한 배지조합의 질소함량보다 낮은 수준이 확인됨에 따라 느티만가닥버섯의 질소 요구도는 상대적으로 낮은 것으로 판단되었다. 배지조합에 따른 느티만가닥버섯 봉지재배 자실체 모습은 Fig. 2와 같았다.

## 적 요

느티만가닥버섯 ‘햇살’ 품종에 대한 봉지재배 안정생산 재배기술을 개발하기 위하여 포플러(미루나무) 톱밥을 주 배지로 하고 밀기울, 미강, 건비지, 면실박, 팜커널등 5종의 영양원배지 재료를 혼합하여 배지를 조성하여 재배시험을 수행하였다. 배지혼합 전 재료들에 대한 열수추출 배지들에 대한 버섯균사 생장은 팜커널에서 가장 우수하였으며 균사밀도의 경우 포플러배지를 제외하고 모두 우수하였다. 조성배지들에 대한 버섯발생 안정성, 재배기간, 수량성을 기준으로 조사한 결과 포플러톱밥, 밀기울, 미강, 건비지, 팜커널이 55:15:20:5:65(v/v) 수준으로 조합된 T6 배지에서 생육기간이 단축되고 수량이 높아 봉지재배에 적합한 배지로 선발하였다. 선발배지에 대한 균사배양 완료기간은 38.0일로 대조로 이용된 T1배지에 비하여 1.7일

더 소요되었다. 그러나 균긋기 이후 수확시까지 소요되는 기간은 18.0일로 대조배지(T1)를 이용한 재배기간보다 1.0일 단축됨에 따라 총 재배기간은 68.0일이 소요되었다. 선발배지에 대한 수량은 144.7 g으로 대조배지(T1) 수량 112.5 g보다 약 28.6%가 증가되었다. 이상의 연구결과를 통해 느티만가닥버섯 ‘햇살’ 품종의 봉지재배 적합배지로 포플러톱밥, 밀기울, 미강, 건비지, 팜커널이 55:15:20:5:5 (v/v) 비율로 혼합된 배지조성을 선발하였다. 선발배지에 대한 이화학적 특성으로 수분함량은 60.8%, pH 6.0, 전질소 함량은 0.83% 수준이었다.

## 감사의 말씀

본 논문은 농촌진흥청 공동연구과제(과제번호: PJ013411022021)의 연구비 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- 山中 勝次 1992. きのこ年鑑, 農村文化史
- Baek IS, Kim JH, Lee YS, Shin BE, Lee YH, Lee YS. 2018. Yield characteristics of *Pleurotus ostreatus* according to the use of spent mushroom substrate with high nitrogen content. *J Mushroom* 16: 257-262.
- Chang ST. 1993a. Biology and cultivation technology of *Volvariella volvca*. The Chinese University Press. Hong Kong.
- Chang ST, Buswell JA, Miles PG. (Eds.). 1993b. Genetics and breeding of edible mushrooms. pp. 41-44. CRC Press.
- Chang JS, Son JK, Gao L, Oh EJ. 2004. Inhibition of cell cycle progression on HepG2 cells by hypsiziprenol A9, isolated from *Hypsizygus marmoreus*. *Cancer Lett* 212: 7-14.
- Ikekawa T, Saitoh H, Feng W, Zhang H, Li L, Matsuzawa T. 1992. Antitumor activity of *Hypsizygus marmoreus*. I. Antitumoractivity of extracts and polysaccharides. *Chem Pharm Bull* 40: 1954-7.
- Kim HS, Ha HC, Kim TS. 2002. Research and prospects in new functional mushroom *Tremella fuciformis*, *Grifora frondosa*

- and *Hypsizygus marmoreus*. *Kor J Food Sci Ind* 36: 42-46.
- Korea Seed and Variety Service. 2009. Tip to investigate the characteristics of each crop for the variety examination (*Hypsizygus marmoreus*). p. 3-7
- Kim SY, Jeong MH, Kin MK, Im CH, Kim KH, Kim TS, Kim DS, Cheong JC, Hong KS, Ryu JS. 2013. Composition analysis of raw material constituting the medium for mushroom cultivation. *J Mushroom* 11: 208-213.
- Korea Seed and Variety Service. 2017. Communication of variety protection. 222: 158
- Lam SK, Ng TB. 2001. Hypsin, a novel thermostable ribosome-inactivating protein with antifungal and antiproliferative activities from fruiting bodies of the edible mushroom *Hypsizygus marmoreus*. *Biochem Biophys Res Comm* 285: 1071-1075.
- Ministry of Agriculture. 2020. Forestry and Fisheries Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Statistics. [Internet]. HYPERLINK "<https://www.maff.go.jp>"<https://www.maff.go.jp>.
- 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 Mushroom* 15: 57-60.
- Rape CA, Raper JR, Miller RE. 1972. Genetic analysis of the life cycle of *Agaricus bisporus*. *Mycologia* 64: 1088-1117.
- Thuchida K, Aopyagi Y, Odani S, Mita T, Isemura M. 1995. Isolation of a novel collagen-binding protein from the mushroom, *Hypsizygus marmoreus*, which inhibits the Lewis lung carcinoma cell adhesion to type IV collagen. *J Biol Chem* 270: 1481-1484.