JKSCI

한국컴퓨터정보학회논문지
Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 26 No. 11, pp. 183-189, November 2021
https://doi.org/10.9708/jksci.2021.26.11.183

A Study on the Development of "Korean-style Button Mushroom Cultivation Compost Post-Fermentation System"

Si-Young Rho*, Kang-Su Kwak*, Hyun-Dong Lee*, Byeong Kee Yu*

*Researcher, Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju, Korea
*Researcher, Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju, Korea
*Researcher, Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju, Korea
*Researcher, Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences, Jeonju, Korea

[Abstract]

In this study, we developed a "Korean-style button mushroom cultivation Compost post-fermentation system." The purpose is to increase farm income by reducing the labor force of button mushrooms farmers and shortening the production cycle. The "Korean-style button mushroom cultivation Compost post-fermentation system" was designed to reflect the reality of domestic button mushroom farmers. By reducing the temperature difference of the fermentation Compost in the fermentation system, the company produces a button mushroom Compost that ensures uniform quality. As a result of the performance experiment, the working time of the Compost post-fermentation system was shortened by 40 hours. The number of aerobic bacteria and actinomyces that help the button mushrooms Compost increased. Filamentous bacteria that deteriorate the quality of mushrooms have been sterilized.

▸ **Key words**: button mushrooms, Compost button mushrooms, The compost post-fermentation system, Cultivating button mushrooms, Korean-style button mushroom cultivation Compost

[요 약]

이 연구는 한국형 양송이버섯 재배 배지 후발효 시스템의 개발을 통해 양송이버섯 농가의 노동력 절감, 생산 사이클 단축을 통한 농가 소득 증가를 목적으로 두고 있다. 한국형 양송이버섯 재배 배지 후발효 시스템은 국내 양송이버섯 농가의 현실을 반영하여 설계되었으며, 후발효 시스템 내의 발효 배지의 온도 차를 줄여 균일한 품질을 보장하는 양송이버섯 재배 배지를 생산할 수 있다. 또한, 성능 실험 결과 배지 후발효 시스템이 40시간의 작업 시간이 단축되었으며, 양송이버섯 배지에 도움이 되는 호기성 세균 및 방선균은 증가함을 알 수 있었으며, 양송이버섯 품질을 저하시키는 사상균은 살균됨을 확인하였다.

▸ **주제어**: 양송이버섯, 양송이 배지, 배지 후발효 시스템, 양송이 재배, 한국형 양송이버섯 재배 배지

• First Author: Si-Young Rho, Corresponding Author: Byeong Kee Yu
*Si-Young Rho (addio2423@korea.kr), Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences
*Kang-Su Kwak (kskwak@korea.kr), Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences
*Hyun-Dong Lee (z951246@korea.kr), Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences
*Byeong Kee Yu (ybk@korea.kr), Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences
• Received: 2021. 09. 17, Revised: 2021. 11. 11, Accepted: 2021. 11. 11.

Copyright © 2021 The Korea Society of Computer and Information
http://www.ksci.re.kr pISSN:1598-849X | eISSN:2383-9945

I. Introduction

양송이버섯은 담자균류 주름버섯목에 속하며, 맛과 향기가 뛰어나서 전 세계적으로 널리 소비되는 버섯으로 국내에는 2019년 국내 농산 버섯 총생산량의 14.3%를 차지하는 식용버섯이다. 양송이버섯은 죽은 식물 잔해나 생물체가 분해되어 만들어진 유기물로부터 영양분을 흡수하여 균사가 생장하고, 자실체를 형성하는 사물기생균의 일종으로 최초 인공재배는 프랑스에서 마분을 이용하여 재배를 시작하였다. 국내에서는 1960년대에 도입이 되어 농촌진흥청에서 볏짚을 이용한 재배로 시작하여 1980년까지는 농가의 고소득 작목이었으나, 현재는 관행적인 배지 생산에 따른 재배 실패가 빈번하게 발생하여 재배 농가 수요감소 및 안정적인 소득을 저해하는 요인이 되고 있다[1]. 국내의 양송이버섯은 70년대 수출품목으로 지정받아 재배면적이 향상 되었다가, 중국산 양송이버섯의 덤핑 수출로 인하여 재배면적이 점차 감소하게 되었다. 그 이후, 2000년에는 육류 소비가 증가함에 따라 양송이버섯의 국내 소비가 증가하여 재배면적도 증가하였다가 다시 감소하는 등 소비패턴의 변화에 따라 재배면적과 생산량의 변동이 심하게 나타났다[2, 3].

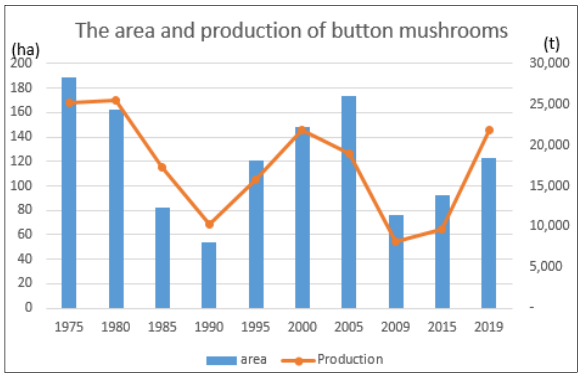

Fig. 1. The area and production of button mushrooms.

양송이버섯의 재배는 야외발효, 후발효, 배지입상, 종균접종, 균사배양, 복토, 균긁기, 하온 및 수확 등의 과정을 거쳐 생산하게 된다. 양송이버섯의 안정적인 생산을 위해서는 양송이버섯 배지의 생산 안정화가 무엇보다 중요하다. 우리나라의 경우, 야외발효는 '80년대까지는 주로 인력으로 교반하다가 '90년대 들어와서 굴삭기를 사용하여 교반하여 발효하고 있으며, 후발효는 재배사에서 하고 있다. 그러나 네덜란드와 같은 양송이버섯 재배선진국에서는 터널과 벙커 시스템을 사용하여 야외발효과정, 후발효 및 저온살균과정, 균사 배양이 완료된 배지로 구분하여 기계화 자동화되어 있으며, 단위면적당 생산효율도 80~100kg/3.3㎡으로 국내 관행 17.0~40.4kg/3.3㎡보다 월등히 높다[4].

그러나, 유럽의 대규모 버섯 배지 발효 시설과 기계시스템은 50평 전후 재배사로 일반적인 국내 버섯 재배사에 사용하기에는 우리나라 실정에는 너무 크다는 문제점이 발생한다. 또한, 한 번에 생산된 배지에서 생산된 양송이버섯이 출하시에 홍수출하로 안정된 가격확보가 어려워지는 문제를 초래할 수 있다. 따라서 국내 버섯 농가 현실에 맞는 규모의 양송이버섯 후발효 배지 생산 시스템의 개발 필요성이 증대되었다[5, 6].

II. Related Works

1. The production process of composting button mushrooms in Korea

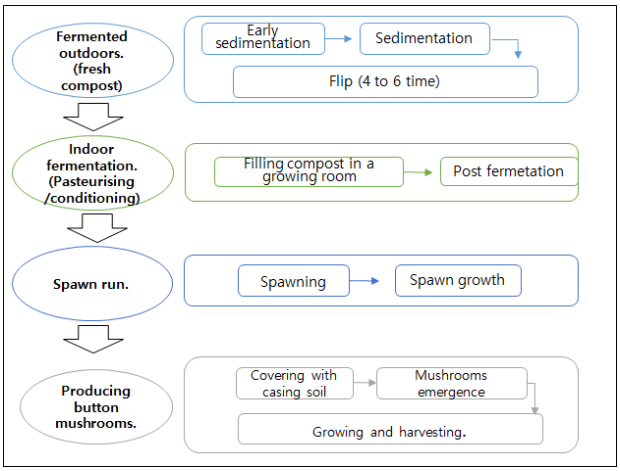

Fig. 2. Domestic button mushroom Production Process.

양송이버섯 재배용 퇴비 배지는 짚과 계분 등을 첨가하여 야외발효와 실내 후발효를 거쳐 양송이버섯 균이 생장하기 알맞도록 조제한다. 야외발효는 수분조절을 위하여 짚에 물을 뿌리거나 물에 담갔다가 건지는 가퇴적을 시작으로 가퇴적된 짚에 수분과 각종 영양소를 첨가하는 본퇴적을 실시한 후 뒤집기를 한다. 뒤집기는 호기성 발효균에 산소를 공급해주고, 발효열을 방출시킴과 동시에 수분을 조절하여 발효를 균일하게 하는 것으로 발효 중 내부 온도를 65~80℃, 수분함량 72~75%로 유지하여 2~3일 간격으로 4~6회 걸쳐 실시한다. 야외 발효가 끝나면 퇴비를 균상에 채워 넣는 입상작업 후 재배사 내에 건열 또는 습열을 가열하여 후발효를 진행한다. 종균 접종은 종균을 층별 접종하고 배지에 균사 생장이 충분히 이루어지면 살균한 흙을 덮어 버섯 발생을 유도하여 양송이버섯을 재배하게 된다[7, 8].

2. Development of self-propelled windrow turner for button mushroom compost

농촌진흥청은 2018년에 국내 양송이버섯 농가의 노동력 절감 및 배지 품질 향상을 위해서 야외 발효 배지의 교반기를 개발하였다. 초창기 버섯 농가의 퇴비제조는 일반적으로 볏짚을 절단하여 침수시키고 인력으로 뒤집기를 하다가 '90년대 후반부터는 굴삭기를 이용하여 퇴비를 제조하기 시작하면서 국내 양송이버섯 배지 제조는 굴삭기에 의해 제조되는 것이 주류를 이루고 있었는데, 뒤집기가 고르지 못하고 수분함량이 고르지 못하여 품질이 저하되는 문제가 발생하였다[9, 10, 11].

Fig. 3. Media turning of excavator agitator.

Fig. 4. Media turning of self-propelled turner.

농촌진흥청은 이런 문제점을 개선하기 위하여 자주식 퇴비교반기를 개발하였다. 국내 양송이버섯 재배농가에서는 마분과 밀짚으로 퇴비를 제조하는 외국과 달리 볏짚을 이용하여 배지를 생산하고 있기 때문에 외국의 장비를 쉽게 이용하기 어려워 국내 양송이버섯 재배농가 상황에 맞는 배지 교반기의 개발 필요성이 증대되었다. 이에 대비하여 자주식 퇴비 교반기와 관행적인 굴삭기 작업과의 비교 조사한 결과, 첫째, 교반작업 성능은 81m^3/hr로 2.8배 높았으며, 둘째, 재배사 한 동(균상면적 165m^2)당 1회 배지 교반시간이 46분으로 관행보다 노동력을 66% 절감할 수 있는 것으로 분석되었다. 셋째, 야외발효 말기 배지더미의 온도분포 조사 결과 배지더미 중앙 아래부분의 온도가 관행보다 5℃ 이상 높아 호기발효에 유리한 것으로 나타났으며, 부숙도를 추정할 수 있는 회분함량을 조사한 결과, 30.9±1.1%로 나타나 28.4±1.6%의 관행보다 부숙정도도 높게 나타났다. 따라서, 양송이버섯의 농가재배 결과 수확량이 시작기의 경우 관행 대조구 대비 22.9% 증수되는 것으로 나타났다.

III. The composition of the Compost post-fermentation system

1. Requirements for composting button mushrooms

양송이버섯 퇴비 배지의 구비 요건으로는 양송이버섯균과 양송이버섯 균에 유익한 미생물만 잘 자라고 다른 미생물들은 없어야 하며, 양송이버섯 균의 생장 및 자실체 형성에 알맞은 영양분을 많이 함유해야 한다. 또한, 양송이버섯 균의 생장을 저해하는 병원균, 잡균 및 해충이 없어야 한다. 그런데, 짚은 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스가 많이 함유되어 있어 버섯이 생육하기 어렵기 때문에 고온의 호기성균으로 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스를 이용하기 쉬운 물질로 만드는 발효하는 과정이 야외발효와 후발효 공정이다. 전통적인 관행 방법으로는 이러한 양송이버섯 배지를 생산하기 위해서 야외발효가 끝난 퇴비를 재배사에 입상하여 56~60℃를 6시간 이상 유지할 수 있도록 출입문과 환기구를 밀폐하고 재배사를 인위적으로 가온한다. 실내 가온과 함께 퇴비의 자체 발열에 의하여 온도를 유지하게 된다. 이것은 퇴비로부터 오염되는 각종 병·해충과 재배사에 남아 있는 병·해충을 제거하기 위한 것으로서 이때 퇴비 온도와 실내 온도를 60℃로 올려야 한다[12]. 만약, 퇴비 온도가 60℃ 이상에서 오래 유지되면 퇴비 내의 고온 호기성 미생물이 사멸되고 초고온성 미생물이 자라게 된다. 저온살균이 끝나면 퇴비의 온도를 낮추면서 50~55℃에서 2~3일, 48~50℃에서 1~2일간 발효시키고, 45℃ 내외일 때 퇴비 상태를 보아 발효를 종료시킨다. 후발효를 하는 동안 퇴비 온도가 60℃에서 55℃, 50℃ 및 45℃로 차츰 낮아짐에 따라 퇴비 내의 미생물은 고온성 세균→고온성 방선균→중고온성 사상균으로 전환되면서 영양분이 축적되고 암모니아 함량이 감소하게 된다[1].

그런데, 후발효 기간이 길어지면 버섯이 이용해야 할 질소가 암모니아로 휘발되어 배지의 유용한 성분이 너무 분

해되어 버섯이 이용할 영양분이 줄어들게 될 수 있다. 후발효 시스템에서는 56~60℃에서 약 8시간 저온살균 후 온도를 46~49℃로 낮추어 필요 이상의 영양분 손실을 막고, 공기가 배지 내부를 통하여 흐르게 함으로써 균일한 품질의 배지를 생산할 수 있다.

2. Composition of Compost Post-Fermentation System

한국형 양송이버섯 배지 후발효 시스템은 국내 양송이버섯 재배농가의 출하량을 고려하여 1회 발효 시 15t을 생산하면 양송이버섯 한 동을 충전할 수 있다. 본 시험장치에서는 그 절반 정도인 7.5톤을 생산할 수 있도록 구성하였으며 규격은 표2와 같다. 배지 후발효 시스템 구성은 그림 5와 같이 외부 공기를 흡입하는 흡기부와 배지를 발효하는 후발효시스템 내부, 공기를 배기하는 배기부, 공기가 순환되는 공기 순환 통로로 구성되어 있다[13].

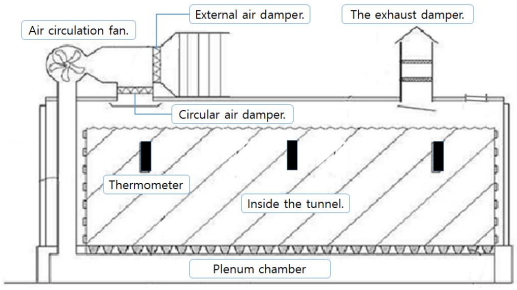

Fig. 5. compost post-fermentation system configuration diagram.

한국형 양송이버섯 배지 후발효 시스템의 작동 구조는 표 1과 같이 6단계로 진행된다. 첫째, 시스템 내 배지 발효를 위한 온도 조절 초기화 단계가 있다. 배지 내에 3개의 온도 센서의 온도편차가 3℃ 이내일 때까지 진행되며, 배지 온도를 44~46℃까지 평준화 해준다. 이때, 공기순화 팬은 최대로 운영되며 외부공기 및 순환공기 댐퍼를 이용하여 온도를 조절한다. 둘째, 온도 평준화를 이룬 배지를 56℃ 이상으로 가온하기 위하여 외부공기 댐퍼를 5%, 산소를 10% 이상 유지하고 공기 순환 팬 속도를 줄여준다.

Table 1. Korea-style button mushroom compost post-fermentation system operation sequence.

Step	Name	Intermediate process	Target temperature (℃)	Duration (h)	Determination of the end	NH3
1	Temperature leveling	- Air circulation fan to the maximum - Adjust the temperature with external air and circulating air dampers	44~46	Within 12h	The temperature difference between the three thermometers in compost is within 3℃.	
2	raise the temperature	- Keep the outer air damper within 5% and oxygen above 10% - Reduce the speed of the air circulation fan - Maintaining a temperature rise of 1.2~1.5℃/h	56 higher	Within 12h	Composting and internal temperature above 56℃.	
3	Low-temperature sterilization	- Maintaining 56~60℃ and above 10% oxygen - When oxygen is low, open the external air damper and operate the air circulation fan - When it's above 60℃, open the external air damper and operate the air circulation fan - When the temperature is below 56℃, the external air damper is less than 5%, and the speed of the air circulation fan is reduced	56~60	8	After 8 hours.	250 ~ 600 ppm
4	reduce the temperature	Lower temperature at 2~3℃/h	44	4~8	Composting temperature is 44℃	
5	Conditioning	- Maintain 46-49℃ - More than 10% oxygen	44~46	Within 50h	- Ammonia concentration is within 5ppm.	5 ppm
6	reduce the temperature		25		Composting temperature is 25℃	

Table 2. Standard for testing apparatus of "Korean-style button mushroom cultivation compost post-fermentation system".

standard	2,700×3,400×6,200
Internal standard	2,300×2,500×5,300
Insulation	100mm urethane
Plenum chamber	Installation at the bottom of the fermentation system
The fan capacity	Air volume 3,780CMH, static pressure 380mmAq 3.7kw
Diameter of the circulating tube	Ø 200mm
Damper type	Circular air damper, External air damper
Remote monitoring	Monitoring and controlling on the Internet

셋째, 가온된 배지를 56~60℃로 약 8시간 유지하여 저온살균(pasteurization)을 실시한다. 퇴비 온도가 60℃ 이상에서 오래 유지되면 퇴비 내의 고온 호기성 미생물이 사멸하므로 퇴비 온도가 60℃ 이상일 때 외부공기 댐퍼를 열고 공기 순환 팬을 가동하여 퇴비 온도를 관리하여야 한다. 이때, NH_3 농도는 250~600ppm까지 증가할 수 있다. 넷째, 저온 살균된 배지를 컨디셔닝하기 위하여 44~46℃까지 하온한 후, 다섯째, 컨디셔닝을 위해 배지를 44~46℃로 50시간 이상 유지하고 암모니아를 5ppm까지 줄인다. 컨디셔닝을 진행하는 이유는 온도가 차츰 낮아짐에 따라 퇴비 내의 미생물은 고온성 세균에서 고온성 방사상균, 중고온성 방선균으로 전환되면서 영양분이 축적되고 암모니아함량이 감소하게 된다. 마지막으로 종균접종을 위하여 배지 온도를 25℃까지 하온을 한다.

위에서 언급한 것과 같이, 6단계의 공정에 따라 자동으로 작동하게 프로그램되어 있으며, 온도센서와 산소센서에 따라 송풍팬의 속도와 댐퍼의 각도가 각각 자동으로 조절되도록 프로그램되어 있다. 그런데, 배지의 특성 등의 이유로 정상 작동이 안 될 경우에 대비하여 수동모드로 팬의 속도와 댐퍼들의 각도를 조절할 수도 있게 하였다.

3. Control and monitor the Compost post-fermentation system

한국형 양송이버섯 배지 후발효 시스템에는 유선 인터넷이 연결되어 있어 원격으로 시스템의 제어가 가능하며, 온도 및 제어정보에 대한 모니터링을 그림 6, 7과 같이 웹과 앱을 통하여 확인 할 수 있다.

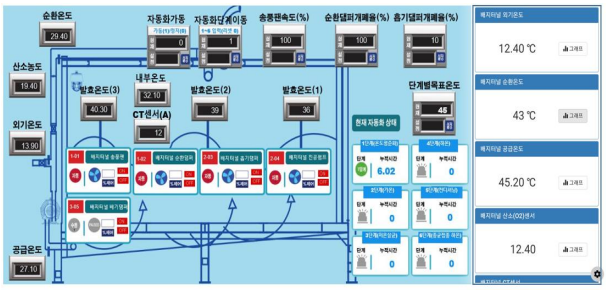

Fig. 6. Web and app of composting and fermentation system.

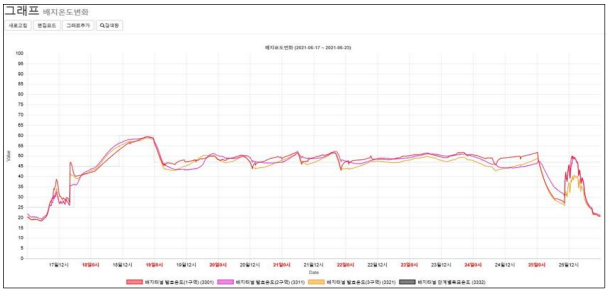

Fig. 7. Web and app of composting and fermentation system.

IV. Performance test of Compost post-fermentation system

1. The temperature comparison between Compost Post-Fermentation System and conventional post-fertilization composting

한국형 양송이버섯 재배 배지 후발효 시스템의 성능을 확인하기 위해 관행 배지를 사용한 재배와 비교 실험을 수행하였다. 배지 후발효 시스템은 온도평준화, 가온, 저온살균, 컨디셔닝, 종균접종을 위한 하온 등 6단계의 공정으로 진행이 되었으며, 일반 관행 재배는 퇴비의 입상 후에 재배사에 습식 보일러를 통한 가열로 온도와 습도를 높이는 관행적인 방법으로 진행하였다. 실험 결과, 배지 후발효 시스템은 그림 6과 같이 설정된 온도 조절이 가능하여 계획적인 배지 생산이 가능하였으나, 관행적인 방법은 그림 7과 같이 자연적인 하온으로 온도를 조절하기 어렵고 외부 환경 변화에 민감하게 반응한다. 또한, 배지 후발효 시스템은 약 190시간에 모든 과정을 완료할 수 있었으나, 관행적인 방법을 사용한 일반 양송이버섯 재배농가의 경우, 약 230시간이 소요되어 배지 후발효 시스템이 약 40시간의 작업 시간 단축이 가능함을 알 수 있었다[14].

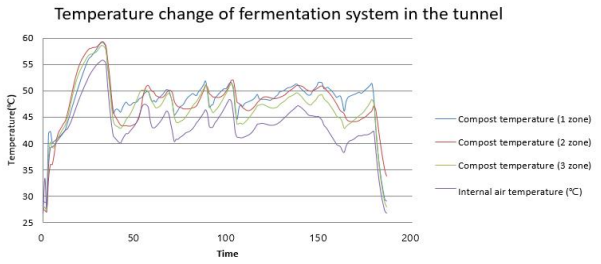

Fig. 8. Temperature change in compost post-fermentation system

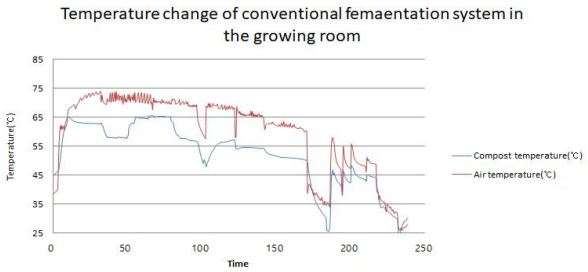

Fig. 9. Temperature change in conventional post-fermentation system in the growing room.

2. Bacteria comparison between Compost Post-Fermentation System and conventional post-fungal composting

세균 분석 결과, 표 3과 같이 한국형 양송이버섯 재배 배지 후발효 시스템은 양송이버섯 생육에 영양분으로 쓰이는 유용한 호기성균이 재배사 후발효에 비해 7×10^{7}cfu/g, 고온성균이 5.6×10^{6}cfu/g 많은 것을 확인할 수 있었으며, cellulose, lignin, chitin 등을 분해하는 데 중요한 역할을 하고있는 고온성 방선균은 17.3×10^{6}cfu/g으로 높게 나타나 한국형 양송이버섯 재배 배지 후발효 시스템에서 생산된 배지가 재배사 후발효로 생산된 배지에 비해 품질이 월등히 높은 것으로 나타났다. 또한, 관행 재배사 후발효는 양송이버섯의 주요 병해를 발생하는 곰팡이균이 49×10^{3}cfu/g, 푸른곰팡이균은 0.3×10^{3}cfu/g 발견되었으나, 한국형 양송이 재배 배지 후발효 시스템에서는 전혀 발견되지 않았다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는, 재배사내 배지의 불균일한 온도로 인하여 저온살균 과정이 미숙하게 처리되었으며, 배지 후발효 시스템에서는 공기가 배지 사이를 통과하는 구조로 설계되었지만, 재배사 후발효에서는 배지 가장자리부터 스며드는 방식으로 중심부에는 완전한 살균이 이루어지지 못하여 발생하는 현상으로 판단 된다[15].

Table 3. Bacteria test result.

Bacteria			conventional	System
Germ	Aerobic	(107cfu/g)	1.1	**8.1**
	Thermophilic	(106cfu/g)	2.7	**8.3**
	Fluorescent	(103cfu/g)	ND	**3**
Actinomyces	Mesophile	(105cfu/g)	ND	ND
	Thermophilic	(106cfu/g)	4.7	**22**
Mold	fungus	(103cfu/g)	49	**ND**
	green mold	(103cfu/g)	0.3	**ND**

V. Conclusions

한국형 양송이버섯 재배 배지 후발효 시스템은 관행적인 재배 배지 생산에 비해 재배 배지의 생산 시간이 약 40시간 정도 작업 공정의 시간을 단축할 수 있었으며, 양송이버섯 생육에 도움을 주는 호기성 및 방선균 등을 배양하고, 양송이버섯 품질을 저하시키는 사상균은 살균하여 양송이버섯의 품질 및 생산량을 증가시킬 수 있었다. 하지만 한국형 양송이버섯 재배 배지 후발효 시스템의 정교한 온도 제어가 어렵고, 배지 후발효 시스템의 크기를 변경하였을 때 관련 후속 연구를 수행할 필요가 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Rural Development Administration Research Project(Development of small tunnel system for fermentation of button mushroom culture medium, PJ014361012021).

REFERENCES

[1] RDA, “Agricultural Technology Guide 9. - Edible mushrooms”, Human Culture Arirang, pp.125-150, 2020.

[2] Csjhune, “Field research of cultivation technique for stable production of common mushroom”, Journal of Mushroom Science and Production, Vol. 8, No. 3, pp. 122-130, September 2010. DOI: https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10104255&language=ko_KR

[3] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, https://lib.mafra.go.kr/Search/Detail/48112?key=%EC%A3%BC%EC%9A%94%ED%86%B5%EA%B3%84

[4] Mgchang, “The causes of production decrease in button mushroom of Gyeongbuk province”, Journal of Mushrooms, Vol. 13, No. 3, pp. 157-162, September, 2015. DOI : http://dx.doi.org/10.14480/JM.2015.13.3.157

[5] Ybyoo, “Development trend of the mushroom industry”, Journal of Mushrooms, Vol. 14, No. 4, pp. 142-154, December, 2016. DOI : http://dx.doi.org/10.14480/JM.2016.14.4.142

[6] Csjgune, “Field research of cultivation technique for stable production of common mushroom“, Journal of Mushroom Science and Production, Vol. 8, No. 3, pp. 122-130, September, 2010. DOI : https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10104255

[7] RDA, http://m.rda.go.kr/mobile/img/video/pdf/video_8.pdf

[8] Ygkim, “Study on new casing materials of Agaricus bisporus”, Journal of Mushrooms, Vol. 16, No. 3, pp. 147-154, September, 2018. DOI : http://dx.doi.org/10.14480/JM.2018.16.3.147

[9] Cjlee, “Medium characteristics during the outdoor-composting stage of medium preparation with a prototype medium turner in button mushroom cultivation“, Journal of Mushrooms, Vol. 16, No. 1, pp. 45-50, March, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.14480/JM.2018.16.1.45

[10] Hjpark, “Development of self-propelled windrow turner for button mushroom compost”, Journal of Mushrooms, Vol. 16, No. 4, pp. 250-256, December, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.14480/JM.2018.16.4.250

[11] Bkyu, “A Study on the properties of mushroom compost produced by different methods for the development of a self-propelled compost turner“, Journal of Mushrooms, Vol. 15, No. 3, pp. 150-154, September, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.14480/JM.2017.15.3.150

[12] Hkkim, “Study of the composting method using wheat straw on Agaricus bisporus cultivation”, Journal of Mushroom Science and Production, Vol. 8, No. 1, pp. 33-36, March, 2010. DOI : https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE10104613

[13] Syrho, “Development of the Insect Smart Farm System for Controlling the Environment of Protaetia brevitarsis seulensis”, Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 24, No. 12, pp. 135-141, December, 2019. DOI: https://doi.org/10.9708/jksci.2019.24.12.135

[14] Syrho, “Performance Evaluation of Smart Breeding Device for Edible Insect Based on Information and Communications Technology”, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 15, No. 6, pp. 1135-1142, December, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.34163/jkits.2020.15.6.020

[15] Jykim, “Investigation of Heavy Metals, Residual Pesticides and Nutrient Component from Agricultural By-products Imported as Medium Substrates for Mushroom Cultivation”, Korean Journal of Environmental Agriculture, Vol. 36, No. 3, pp. 217-221, September, 2017. DOI : https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.3.24

Authors

Si-Young Rho received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer and Information Engineering from Kunsan University, Korea, in 2007, 2010 and 2016, respectively Dr. Rho joined National Instiute of Agricultural Sciences, Korea, in 2016. He is currently Post Doc. in the Department of Agricultural Engineering, RDA. He is interested in smart Farm, ICT Standardization, and Forensic.

Kang-Su Kwak received the M.S. and Ph.D. degrees in Crop Science from Nagoya University, Japan, in 1993 and 1996, respectively. Dr. Kwak joined Rural Development Administration, Korea, in 1999. He is currently a senior researcher in the Department of Agricultural Engineering, RDA. He is interested in development of the smart farm of open field crop plants.

Hyun-Dong Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. School of Food Engineering from Kyungpook University, Korea, in 1993, 1995 and 2000, respectively Dr. Lee joined Rural Development Administration, Korea, in 2000. He is currently a Senior Researcher in the Department of Agricultural Engineering, RDA. He is interested in smart Farm, ICT Convergence, and ICT Standardization.

Byeong Kee Yu received the B.S. in Agricultual machinery from Seoul National University, M.S. in Agricultural machinery from Seonggyunkwan Universtiy, Korea, in 1992, 1999. respectively. Yu joined Rural Development Administration, Korea, in 1992. He is currently a Researcher in the Department of Agricultural Engineering, RDA. He is interested in Mushroom Smart Farm,