최 종
연구보고서

병버섯 폐배지를 이용한 팽이 및 표고버섯 생산기술 개발

Reutilization of enokitake cultural waste as cultivating substrates for production of enokitake, *Flammulina velutipes* and shiitake, *Lentinus edodes*.

전 남 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "병버섯 폐배지를 이용한 팽이 및 표고버섯 생산기술 개발" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 11. .

주관연구기관명 : 전남대학교

총괄연구책임자 : 채 정 기

세부연구책임자 : 김 윤 수

연 구 원 : 이 성 진 외 6인

요 약 문

Ⅰ. 제 목 : 병버섯 폐배지를 이용한 팽이 및 표고버섯 생산기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

버섯재배는 볏짚, 폐면, 임목간벌재 등의 농림 부산물을 고부가가치 농산물로 생전환시키는 기술로 미생물 공학 기술을 농림 현장에 산업적으로 적용시킨 한 예로 환경친화적·자원재활용적 생산업이다. 일반적으로 팽이버섯 재배용 기질로 사용되고 있는 재료는 제재소에서 발생하는 삼나무, 미송 그리고 소나무류 등의 침엽수류 톱밥이다. 이러한 침엽수류 톱밥에 미강을 혼합한 기질에서 생산되는 팽이버섯은 그 재배기간이 짧아 톱밥 성분인 목질섬유소의 소모율이 매우 적은 것으로 추정된다. 현재 국내의 팽이버섯 산업은 완전히 정착된 실정이며 버섯 생산 후 발생하는 폐배지는 극히 일부만이 퇴비 생산용으로 재활용되고 있을 뿐 그 이용도가 매우 낮다.

이에 본 연구팀은 팽이버섯 폐배지를 재활용하여 다양한 식·약용버섯 재배용 재배기질로의 가능성을 타진하고 있다. 이의 일환으로 본 연구에서는 팽이버섯 폐배지를 이용하여 팽이버섯 및 표고버섯을 생산하는 기술을 개발하고자 본 연구를 수행하였으며 그 결과를 보고하는 바이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

팽이버섯 생산 후 발생한 폐배지의 이화학적 특성을 규명하였고 버섯재배용 재배기질로서의 가능성을 타진하였다. 이 폐배지를 재배기질로 이용하여 팽이버섯 및 표고버섯의 생장특성을 파악하여 적정 재배기질의 범위를 선정하였다. 이렇게 선정된 재배기질을 이용하여 팽이 및 표고버섯의 자실체 생산 특성을 규명하여 공시 폐배지의 재활용 시스템 및 방안을 제시하였다.

1. 폐배지의 부후특성

팽이버섯 1주기 생산과정에 있어서 수확 전후에 따른 기질의 분해 특성 및 형태를 조사하여 버섯재배용 기질로의 재활용 가능성을 타진한다.

가. 폐배지의 이화학적 특징
나. 폐배지의 현미경적 특징

2. 폐배지를 이용한 표고버섯 재배기술

폐배지에서 표고버섯 균의 생장 및 수확 특성을 파악하여 폐배지에서 표고버섯 생산기술을 개발한다.

가. 폐배지에서 표고버섯 균의 생장특성
나. 폐배지에서 표고버섯의 수확특성

3. 폐배지를 이용한 팽이버섯 재배기술

폐배지에서 팽이버섯 균의 생장 및 수확특성을 파악하여 폐배지에서 팽

이버섯 생산기술을 개발한다.

가. 폐배지에서 팽이버섯 균의 생장특성
나. 폐배지에서 팽비버섯의 수확특성
다. 팽이버섯 2주기 생산의 가능성

IV. 연구 결과

1. 폐배지의 부후특성

가. 폐배지의 이화학적 특징

팽이버섯 1주기 수확 후 폐배지의 중량감소율은 약 18% 정도였으며 pH 5.8 정도로 변화폭이 매우 미소하였다. 배지성분의 분해는 고분자 물질인 리그닌이나 셀룰로오스는 거의 분해하지 않았으며 주로 미강성분을 분해한 것으로 사료되었다.

나. 폐배지의 현미경적 특징

팽이버섯 재배용으로 사용된 톱밥의 수종은 대부분 경송류로 나타났다. 1주기 수확 후 페배지 톱밥에는 팽이버섯 균에 노출된 부분과 방사조에서 균사의 밀도가 높게 나타났다. 팽이버섯균의 공격을 받은 세포벽은 박벽화 현상과 침식현상을 보였으나 극히 국부적으로만 관찰되었다. 종합적으로 볼 때, 팽이버섯 폐배지는 버섯재배용 기질로 재활용 하기에 충분한 세포벽 물질을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

2. 폐배지를 이용한 표고버섯 재배기술

가. 폐배지에서 표고버섯 생장특성

폐배지에서 미강 첨가에 따른 표고버섯균의 생장특성은 미강 20% 이상 처리시 월등한 생장도를 보이는 것으로나타났으며, 30-40% 처리시 20% 처리구와 큰 유이차를 나타내지 않았다. 재배기질에 따른 표고버섯균의 특성은 졸참나무, 발효미송, 폐배지, 발효폐배지 모든 배지에서 미강 10-40% 처리구 간에 큰 유이차는 없었으며 폐배지나 발효미송에 미강을 20% 이상 처리할 경우 참나무류 톱밥에서의 표고버섯 균의 생장도에 큰 유이차가 없었다. 폐배지의 용적중에 따른 표고버섯 생장특성은 일반적으로 용적이 증가함에 따라 균사생장도는 감소하는 것으로 나타났으며 적정 용적중은 0.17-0.23(g/cc)의 범위에 해당했다. 폐배지에 왕겨를 처리할 겨우 생장촉진 효과는 보이지 않았으며 오히려 저해하려는 경향을 보였다. 폐배지에 $Ca(OH)_2$를 처리할 경우 0.1%처리구에서는 균사생장 촉진효과를 보이나 그 이상 처리시 오히려 억제하는 것으로 나타났다.

나. 폐배지에서 표고버섯 수확특성

폐배지에 미강을 20 30% 정도 처리시 수확량에 있어 배양기간은 약 20일, 갈변화 기간은 약 10일 정도 단축되었으며 수확량에 있어서 40% 처리구에 비해 큰 차이를 보이지 않았다. 폐배지에 참나무류 톱밥을 비율별로 혼합하여 자실체를 생산한 결과 졸참나무 첨가량이 증가할수록 최대수확을 내는 소요배양기간은 단축되는 것으로 나타났으며 참나무류 톱밥을 최소 40% 이상 처리해야하는 것으로 나타났다. 재배기질별 표고버섯의 자실체 수량은 폐배지에 비해 참나무류 톱밥 혼합비가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다. 배양기간이 폐배지에서 표고버섯의 자실체 형성에 미치는 영향은 일반적으로 배양기간이 길어질수록 총 자실체

수량은 증가하는 것으로 나타났다. 하지만, 110일 이상 배양시 오히려 수량감소 현상이 보였다. 90일 이하의 배양 처리를 받은 배지는 1주기 수확량에 비해 2주기 수확량이 높았지만 95일 이상 배양 처리를 받은 배지는 1주기 수확량이 2,3주기 수확량 보다 월등히 높았다. 배양기간이 폐배지에서 표고버섯의 자실체 중량과 개수에 미치는 영향은 배양기간이 증가함에 따라 자실체의 발생개수가 증가한다는 것이 명백하게 나타났으며 자실체의 개체중은 100 110일 사이에 가장 높았으며 그 전후로는 큰 차를 보이지 않았다. 이러한 결과는 배양기간이 길어질수록 자실체의 발생개수는 많아지나 자실체의 품질이 저하됨을 나타낸다. 폐배지에 참나무류 톱밥 혼합이 표고버섯 자실체의 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 일반적으로 폐배지에 참나무류 톱밥 혼합비가 증가할수록 자실체 갓의 직경과 두께가 감소하는 것으로 나타났다.

3. 폐배지를 이용한 팽이버섯 재배기술

가. 폐배지에서 팽이버섯 생장특성

폐배지에서 미강 첨가에 따른 팽이버섯균의 생장특성은 미강 10% 처리시 20 40% 처리구에 비해 큰 유의차를 나타내지 않았다. 재배기질별 팽이버섯균의 생장특성은 미강 10% 이상 처리구에서 큰 유의차를 나타내지 않았으나 미강 20% 처리시 모든 재배기질에서 생육이 상당히 우수한 것으로 나타났다. 폐배지에서 팽이버섯균의 생장이 양호한 배지의 용적중은 M50 균주의 경우 0.21 (g/cc)였으며 TK 균주의 경우 0.17 0.23 (g/cc)로 나타났다. 폐배지에 왕겨를 처리할 경우 모든 균주에서 생육이 저해되는 것으로 나타났다. 폐배지에 Ca(OH)2 0.1% 처리구에서 팽이버섯 균의 생장이 약간 촉진되는 것으로 나타났다.

나. 폐배지를 이용한 팽이버섯 생산기술

폐배지에 미강을 10% 이상 처리시 팽이버섯의 초발이 소요일수가 단축되었으며 미강을 20% 이상 처리시 수량이 증수되는 것으로 나타났다. 폐배지와 발효미송에서 팽이버섯 자실체의 형성특성을 조사한 결과 발효미송에 비해 폐배지에서의 초발이 소요일수 및 자실체 수량이 높은 것으로 나타났으나 큰 차이를 보이지는 않았다.

다. 팽이버섯 2주기 생산의 가능성

다양한 영양원 처리와 액체 및 톱밥종균의 재접종에 의한 2주기 생산의 가능성을 제시하였지만 현재로는 경제성이 맞지 않는 수준이다. 이에 본 연구팀은 “2주기 생산용 초다수성 재배용기의 개발”에 관한 연구를 수행중이다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용 방안 및 건의

1. 팽이버섯 균의 부후특성

가. 본 연구의 결과는 팽이버섯 균의 재배기질의 분해에 있어서 선호도 및 분해 기작에 관한 기초적 연구결과를 제시한 바, 이러한 결과는 “버섯 균과 재배기질의 특이성”이라는 논점에서 앞으로의 지속적 연구가 필요하다고 하겠다.

나. 본 연구의 결과는 팽이버섯 생산에 있어 목질섬유소 보다는 미강성분의 의존도가 높은 것으로 추정된 바, 이러한 결과는 “버섯재배에 있어 미강 및 목질섬유소의 역할”이라는 논점에서 앞으로의 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다.

2. 표고버섯 톱밥재배

본 연구의 결과는 폐배지에서 표고버섯 생산의 가능성을 충분히 시사하였으며 농가실증재배에 의해 재배방법에 따른 표고버섯의 자실체 형성 및 품질 특성이 제시되었다. 이러한 결과에 대한 활용방안은 다음과 같다.

가. 개발된 기술의 농가 교육

- 버섯 재배 기술에 관련된 교재 및 월간지에 기술내용 수록

나. 개발된 기술의 현장 교육

- 본 대학 최고농업경영자 과정 등의 실습과정을 통한 기술교육

다. 개발된 기술의 응용

- 다양한 봉지 재배용 기질로의 활용 가능성 타진
- 영지버섯, 느타리버섯, 잎새버섯, 노루궁뎅이버섯 등

3. 팽이버섯 톱밥재배

본 연구의 결과는 폐배지에서 팽이버섯 생산의 가능성을 충분히 시사하였으며 농가실증재배에 의해 재배방법에 따른 팽이버섯의 자실체 형성 및 품질 특성이 제시되었다. 이러한 결과에 대한 활용방안은 다음과 같다.

가. 개발된 기술의 농가 교육 및 기술 현장 보급

- 버섯 재배 기술에 관련된 교재 및 월간지에 기술내용 수록
- 팽이버섯 재배용 기질로 재활용 유도

나. 개발된 기술의 현장 교육

- 본 대학 최고농업경영자 과정 등의 실습과정을 통한 기술교육

다. 개발된 기술의 응용

- 다양한 병재배용 기질로의 활용 가능성 타진
- 새송이버섯, 애느타리버섯, 맛버섯 등

4. 팽이버섯 2주기

팽이버섯 2주기 생산 가능성에 관한 연구 결과는 일부 제시된 바 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

가. 액체 및 톱밥종균의 재접종에 의한 2주기 생산

- 본 연구팀에 의해 지속적으로 수행중.
- 종균의 배지조성 및 처리방법에 따른 팽이버섯 2주기 생산의 가능성

나. 초다수성 병버섯 재배용기 개발에 의한 2주기 생산

- 본 연구팀은 현재 농림부 특정과제에 의한 연구인 "초다수성 병버섯 재배용기 및 생산시스템 개발"의 일환으로 개발·수행중이며 이에 대한 지속적인 연구의 필요성을 제시하는 바이다.

SUMMARY

Ⅰ. Title of Research

Reutilization of enokitake cultural waste as cultivating substrates for production of shiitake, *Lentinus edodes* and enokitake, *Flammulina velutipes*

Ⅱ. The Objective and Importance of Research

Mushroom production is one of the few large-scale commercial applications of microbial technology for bioconversion of agricultural and forestry waste materials to valuable foods.

Softwood sawdust (*Cryptomeria japonica*, *Pseudotsuga menziesii* and *Pinus* spp. are widely used for commercial cultivation) has been largely used as a substrate for *F. velutipes*. There is so much cultural waste of enokitake in Korea as enokitake bottle culture has been fully commerciallized. The cultural waste produced by the mushroom farms are mostly discarded but are partly recycled for making compost.

F. velutipes colonizes the substrate so fast and fruits. These grwoth characteristics imply there are much lignocellulosic materials not degraded by this fungi, especially supplemented with rice bran. If so, the cultural waste could be useful for cultivation of several edible and medicinal mushrooms. If the cultural waste can be recycled and reutilized for cultivating many other mushrooms, the effective use of wood resources will be made and lower cost mushrooms will be available.

The purpose of this research is to recycle and reutilize the enokitake cultural waste as cultivating substrates for shiitake and enokitake production.

Ⅲ. The Contents and Category of Research

1. Degradation characteristics of softwood sawdusts cultivated with enokitake.

   A. Physiochemical characteristics of enokitake cultural waste

   B. Microscopical characteristics of enokitake cultural waste

2. Reutilization of enokitake cultural waste as shiitake cultivation substrate.

   A. Mycelial growth characteristics of *L. edodes* on enokitake cultural waste

B. Fruiting characteristics of *L. edodes* on enokitake cultural waste.

3. Recycling of enokitake cultural waste and the potentiality of 2nd flush for enokitake production.

A. Mycelial growth characteristics of *F. velutipes* on enokitake cultural waste

B. Fruiting characteristics of *F. velutipes* on enokitake cultural waste

C. Potentiality of 2nd flush of enokitake

IV. Results of Research

1. Degradation characteristics of softwood sawdusts cultivated with enokitake.

A. Physiochemical characteristics of enokitake cultural waste showed that the cultural waste were a little degraded and suggested the probability that most component lost and consumed by *F. velutipes* after harvesting could be rice bran.

B. Most of wood speices (mill-waste) were in *Pinus* spp., used for enokitake production.

C. Distribution of enokitake hyphae was restricted to ray parenchymas and tracheids exposed to fungi and degree of cell wall degradation was slight.

D. The thinning of secondary cell wall in some tracheids was shown by light microscopy.

E. The loss of birefringence was observed only in a few latewood tracheids under polarized microscopy.

F. All the middle lamella remained intact.

The results in present sections showed clearly that the cultural waste held enough cell wall materials for other mushroom cultivation.

2. Reutilization of enokitake cultural waste as shiitake cultivation substrate.

Mycelia of *L. edodes* grew and fruited well on waste supplemented by fresh rice bran and Quercus sawdust although didn't on waste only. Mycelial growths on waste were accelerated when supplemented by rice bran to the percent of 40 (w/w) but decreased or suppressed at above ratios (30 and 40%,w/w). Supplementations of oak sawdust at above 40% (w/w) of the waste and rice bran at 20 %(w/w) of the sawdust allowed such a good mycelial growth as to be selected as a pertinent mixing ratio for fruiting.

Oak sawdust was supplemented and the effect on the quality of fruit-bodies was determined. The diameter and thickness was examined as indexes for fruit-body quality because commercial value of shiitake depends largely on the shape of fruitbody (thickness and diameter of pileus). The diameter and thickness of pileus tend to decrease and the quality was lowered, may be owing to the increase of fruiting numbers.

The effects of rice bran supplementation and incubation time on the yield and quality of fruit-bodies on enokitake cultural waste based culture was investigated on a commercial scale. The total yield of fruiting bodies increased as the incubation time increased from 70 to 110 days although decreased above. However, there were outbreaks of the first flush when incubated from 90 to 120 days, which showed a significant difference (P=0.05) for 70-day-old culture. Numerous fruiting bodies were produced with longer incubation time, especially in the first flush, but prolonged incubation tended to cause the fruiting bodies miniaturized and smaller.

3. Recycling of enokitake cultural waste and the potentiality of 2nd flush for enokitake production.

The recycling method of enokitake cultural waste and the potentiality of second flush for enokitake were determined, because this fungus is not as prolific as the more commonly cultivated white rot fungi in the conversion of sawdust components to mycelial mass.

The mycelial growth of F. velutipes on several substrates, variously treated with rice bran was most promoted at ratios of 10 20% (w/w) on all substrates, but suppressed at above ratios, although some difference was there. The mycelial densities generally increased correlated to the supplementation contents of rice bran. It could be concluded that F. velutipes preferred mild acidic to acidic conditions for mycelial growth, considering that the mycelial growth rate was highest on waste of pH 6.01, treated with 0.1% Ca(OH)2 and on Populus mixed waste of pH 6.02, non treated. The ranges of substrate bulk densities, which was pertinent for mycelial linear growth were from B.D. 0.17 to 0.23 (g/cc) on waste and Populus mixed waste all. The pertinent contents of rice bran supplementation in bottle cultivation was from 20 to 30% on waste and 20% on Populus mixed waste, considering the required duration for pinheading and fruiting yields. Standard bulk density for filling and utilizing the waste and Populus mixed waste for commercial F. velutipes cultivation were B.D. 0.19 0.23 and 0.23 0.25 (g/cc), which could be conversed to 510 540g/900ml and 520 570g/900ml, respectively. The second flush of F. velutipes was tried and the re-inoculation by sawdust and liquid spawn showed somewhat good results, indicating the potentiality of second crop and suggesting further research for it.

CONTENTS

목　　　　　차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

병버섯 재배의 선두주자인 팽이버섯 (*Flammulina velutipes*)은 담자균류의 주름버섯목 (Agaricales) 송이과 (Tricholomataceae)에 속하는 균으로 야생에서 팽나무, 뽕나무, 사시나무, 버드나무 등의 활엽수의 줄기나 뿌리를 분해하는 백색부후균의 하나이다.

팽이버섯은 오래전부터 인공재배에 의해 재배되고 있는데 이미 A.D. 800년경부터 인공재배가 실시된 것으로 알려지고 있다 (Chang, 1993). 톱밥배지를 사용한 인공재배는1928년에 Morimoto (森本)에 의해 시도되었으며 (Tonomura, 1978) 톱밥배지는 활엽수재의 톱밥에 미강을 혼합한 배지에 종균을 접종하여 재배하는 병재배법이 주류를 이루었다 (Shiio 등, 1974). 우리나라의 경우 1992년 농업기술연구소에서 팽이버섯 자동화 병재배 시설을 보급하면서 팽이버섯의 재배가 급격히 증가하고 있다 (이 등, 1998).

그러나 국내산 유용 활엽수 자원의 고갈에 따라 톱밥배지용으로 사용되어왔던 활엽수재의 톱밥 역시 공급에 한계를 나타내어 활엽수재를 대신한 침엽수재의 톱밥이 버섯재배용 배지로 사용되고 있다 (Ohga 등, 1993; 이 등, 1998). 문제는 침엽수재 톱밥을 기질로 할 경우 버섯의 종류에 따라 침엽수재의 페놀성 화합물과 수지에 의해 버섯의 생장이 억제된다는 점이다. Nakajima 등 (1980)과 Kawachi 등 (1991)은 액체배지에 삼나무 추출물인 페놀성화합물 (ferruginol, thymol, o-isoprophylphenol 등)을 첨가한 후 균을 배양한 결과 팽이버섯과 느타리버섯의 균사 생장에 크게

영향을 미치지 않으나 표고버섯의 균사 생장이 억제됨을 보고하였다. 이 같은 문제점을 해결하고자 Ohga 등 (1993)은 침엽수재인 삼나무 톱밥을 야외에서 발효 처리한 다음 옥수수 속대 가루을 첨가해 배지내 통기성을 증대시켜 표고버섯 재배의 배지로 재활용 할 수 있음을 발표하였다. 채 등 (1999)과 이 (2000)는 침엽수재 톱밥을 사용한 팽이버섯 폐배지를 버섯재배용으로 재활용한 결과 표고재배용 배지로 사용 할 수 있음을 보고하였으나, 이 침엽수재 톱밥이 어떠한 수종인지에 대해서는 밝히지 않았다.

버섯 소비의 세계적 증가 및 생산량의 급증, 재배기질로 특정 수종의 선호에 따른 환경문제 등을 해결하기 위해 재배용 대체기질에 관한 연구는 다양하게 이루어지고 있다 (Mata & Savoie, 1998). Park 등(1992)은 포플러류 톱밥에 Coffee waste나 탄닌산을 첨가하여 표고버섯을 생산한 결과 매우 접합한 것으로 나타났으며 Terashima (1994)는 *Pasania edulis*와 *Fagus crenata*를 이용한 표고버섯 생산실험 결과 균사생장도, 수확량, 배지의 조성분의 변화량에 큰 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. Chai 등(1999)은 미이용활엽수인 아카시나무(*Robinia pseudoacacia*)를 이용한 식·약용버섯 재배에 있어 적정한 첨가물이 처리될 경우 그 생산량에 있어 졸참나무(*Quercus serrata*) 톱밥을 재배기질로 이용했을 때와 큰 차이를 나타내지 않아 그 대체가능성을 강하게 시사하였다.

또한 침엽수류 톱밥(Park 등, 1994) 및 농산폐기물을 이용한 버섯 재배에 관한 연구도 다각적으로 연구되고 있다. 일반적으로 침엽수류의 목재에 함유된 지방산(fatty acid) 이나 페놀화합물은 표고버섯의 균사생육을 억제하는 작용이 있어 재배용 기질로 적합하지 않은 것으로 인식되고 있다 (Ohga 등, 1977; Kawachi 등, 1991). 하지만, Ohga (1990)는 침엽수류의 목재를 이용한 펄프제조시 발생하는 폐액이 표고버섯 자실체 형성을 촉진한다고 보고하였으며 Takabatak 등(1994)은 시베리아산 잎갈나무의 냉수추

출물을 톱밥배지에 처리한 결과 표고버섯 균사생육이 비교구에 비해 2배나 촉진된 것으로 보고하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 버섯의 소비동향은 세계적으로 증가추세에 있음에도 불구하고 한국의 표고버섯 산업은 세계적인 생산량의 증가, 생산단가의 상승 그리고 중국 등지에서 저단가 버섯의 대량수입으로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 고단가 재배기질의 대체기질을 개발하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

본 연구는 팽이버섯 1주기를 수확한 폐배지 톱밥을 버섯재배용으로 재활용 할 수 있는지를 알아보고자 팽이버섯을 재배한 침엽수재의 톱밥의 이화화적 특성 및 현미경적 특성을 파악하여 그 분해정도와 분해양태를 파악하고자 실시하였다. 톱밥이 버섯의 배지로 이용되었는지의 여부를 판단하기 위한 방법 중의 하나로 화학분석을 통해 톱밥의 분해율을 파악하는 방법이 있으나, 톱밥과 미강의 분리 추출이 거의 불가능하다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 팽이버섯 1주기를 수확한 폐배지 톱밥의 미시형태적 분해 특성을 파악하여 침엽수재 톱밥의 분해정도를 이해하고자 하였다. 또한 침엽수재의 경우 수종에 따라 추출물의 종류와 양이 다름에도 불구하고 통상 “미송톱밥”으로 불리워지고 있으나, 90년대 후반부터는 일반적으로 “미송”이라 불리우는 더글라스젓나무 (Douglas-fir)는 거의 수입되고 있지 않고 있다는 점이다 (산림청 통계연보, 1999). 따라서 본 연구에서는 농가의 버섯재배용에 사용되고 있는 소위 “미송톱밥”의 수종 분석을 통해 어떤 종류의 침엽수재가 버섯재배에 사용되고 있는지도 아울러 파악하였다.

이러한 침엽수류의 폐배지를 팽이 및 표고버섯 생산용 적합 배지를 선정하고 균주별 적정 최적 합성배지의 조건을 규명하기 위해 다양한 첨가물을 처리하고 배지의 입병량(용적중)을 조절하여 버섯 균의 생장 및 자실체 형성 특성을 규명하였다. 또한, 폐배지를 야외발효, 활엽수류 톱밥의 혼합처

리 등을 하여 버섯균의 영양생장 및 자실체 형성 특성을 파악하였다. 일반적으로 생표고버섯의 상품성은 자실체의 중량, 갓의 크기, 두께 등에 영향을 받는다 (Ohga 등, 1985). **그러므로, 본 연구팀은 농가실증재배를 통해 재배기질 및 방법에 따른 표고버섯 자실체의 품질에 관한 현장연구를 수행하였다. 팽이버섯은 폐배지를 톱밥재배용 기질로서 재활용하는 방법과** 1**주기 수확 후** 2**주기를 형성시키는 방법으로 연구를 수행하였다.**

제 2 장 폐배지의 이화학적 및 해부학적 특성

제 1 절 서 설

팽이버섯 (*Flammulina velutipes*)은 담자균류의 주름버섯목 (Agaricales) 송이과 (Tricholomataceae)에 속하는 균으로 야생에서 팽나무, 뽕나무, 사시나무, 버드나무 등의 활엽수의 줄기나 뿌리를 분해하는 백색부후균의 하나이다.

팽이버섯은 오래전부터 인공재배에 의해 재배되어 왔는바 이미 A.D. 800년경부터 인공재배가 실시된 것으로 알려지고 있다 (Chang, 1993). 톱밥배지를 사용한 인공재배는 1928년에 Morimoto (森本)에 의해 시도되었으며 (Tonomura, 1978) 톱밥배지는 활엽수재의 톱밥에 미강을 혼합한 배지에 종균을 접종하여 재배하는 병재배법이 주류를 이루었다 (Shiio 등, 1974). 우리나라의 경우 1992년 농업기술연구소에서 팽이버섯 자동화 병재배 시설을 보급하면서 팽이버섯의 재배가 급격히 증가하고 있다 (이 등, 1998).

그러나 국내산 유용 활엽수 자원의 고갈에 따라 톱밥배지용으로 사용되어왔던 활엽수재의 톱밥 역시 공급에 한계를 나타내어 활엽수재를 대신한 침엽수재의 톱밥이 버섯재배용 배지로 사용되고 있다 (Ohga 등, 1993; 이 등, 1998). 문제는 침엽수재 톱밥을 기질로 할 경우 버섯의 종류에 따라 침엽수재의 페놀성 화합물과 수지에 의해 버섯의 생장이 억제된다는

점이다. Nakajima 등 (1980)과 Kawachi 등 (1991)은 액체배지에 삼나무 추출물인 페놀성화합물 (ferruginol, thymol, o-isoprophylphenol 등)을 첨가한 후 균을 배양한 결과 팽이버섯과 느타리버섯의 균사 생장에 크게 영향을 미치지 않으나 표고버섯의 균사 생장이 억제됨을 보고하였다. 이 같은 문제점을 해결하고자 Ohga 등 (1993)은 침엽수재인 삼나무 톱밥을 야외에서 발효 처리한 다음 옥수수 속대 가루을 첨가해 배지내 통기성을 증대시켜 표고버섯 재배의 배지로 재활용 할 수 있음을 발표하였다. 채 등 (1999)과 이 (2000)는 침엽수재 톱밥을 사용한 팽이버섯 폐배지를 버섯재배용으로 재활용한 결과 표고재배용 배지로 사용 할 수 있음을 보고하였으나, 이 침엽수재 톱밥이 어떠한 수종인지에 대해서는 밝히지 않았다.

따라서 본 연구는 팽이버섯 1주기를 수확한 폐배지 톱밥을 버섯재배용으로 재활용 할 수 있는지를 알아보고자 팽이버섯을 재배한 침엽수재의 톱밥의 이화화적 특성 및 현미경적 특성을 파악하여 그 분해정도와 분해양태를 파악하고자 실시하였다. 톱밥이 버섯의 배지로 이용되었는지의 여부를 판단하기 위한 방법 중의 하나로 화학분석을 통해 톱밥의 분해율을 파악하는 방법이 있으나, 톱밥과 미강의 분리 추출이 거의 불가능하다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 팽이버섯 1주기를 수확한 폐배지 톱밥의 미시형태적 분해 특성을 파악하여 침엽수재 톱밥의 분해정도를 이해하고자 하였다. 또한 침엽수재의 경우 수종에 따라 추출물의 종류와 양이 다름에도 불구하고 통상 “미송톱밥”으로 불리워지고 있으나, 90년대 후반부터는 일반적으로 “미송”이라 불리우는 더글라스젓나무 (Douglas-fir)는 거의 수입되고 있지 않고 있다는 점이다 (산림청 통계연보, 1999). 따라서 본 연구에서는 농가의 버섯재배용에 사용되고 있는 소위 “미송톱밥”의 수종 분석을 통해 어떤 종류의 침엽수재가 버섯재배에 사용되고 있는지도 아울러 파악하였다.

제 2 절 연구수행 내용 및 방법

1. 폐배지의 이화학적 특성

가. Water Content, Weight Losses, pH 조사

나주시 노안면에 위치한 팽이버섯 재배공장(호남팽이)에서 재배중인 팽이버섯배지(균주 : M50)를 재배단계별로 채취하여 배지중량, 수분함량, pH 등을 조사하였다.

나. 화학적 특성 조사

1) Ash

기건시료 2g이 든 도가니(Crucible)를 575±25℃(TAPPI)에서 3시간 처리한 후 회분의 중량(W)을 칭량하여 산정하였다.

2) Hot-water Extracts

기건시료 2g을 증류수 100ml가 든 250ml 둥근 삼각플라스크에 넣고 환류냉각기를 부착시켜 3시간 동안 비등수조에서 처리한다. Glass Filter (1G3)로 내용물을 흡입·여과하고 열수로 세척하여 건조(105±3℃)시켜 추출물량을 산정하였다.

3) Cold-water Extracts

기건시료 2g을 증류수 300ml가 든 500ml 비이커에 넣고 가끔 교반하면서 25±5℃에서 48시간 방치하고 Glass Filter(1G3)로 흡입·여과 후 증류수로 세정하고 건조시켜 추출물량을 산정하였다.

4) 1% NaOH 추출물

기건 시료 2g을 1% NaOH 100ml가 든 250ml 둥근삼각플라스크에 넣고 환류냉각기를 부착하여 1시간 동안 비등수조에서 처리한다. Glass Filter(1G3)로 흡입여과하고 열수 300ml, 10% Acetic Acid 수용액 50ml, 열수 300ml로 순차적으로 세정하고 건조시킨 후 추출물량을 산정하였다.

5) Organic Solvents Extracts

기건 시료 2g이 든 원통여과지를 Soxhlet추출기에 넣고 Ethanol-Benzene (1:2, v/v) 혼합액 150ml가 든 둥근플라스크로 70 80℃에서 6시간 비등처리한다. 추출물이 든 플라스크를 건조(105℃) 시킨 후 추출물 중량을 산정하였다.

6) Lignin Contents

Klason Lignin 정량법에 근거하여 Lignin함량을 산정하였다.

7) Holocellulose Contents

Wise법에 근거하여 Holocellulose함량을 산정하였다.

2. 팽이버섯 폐배지의 해부학적 특성

가. 팽이버섯 재배용 톱밥(미송;Mixed Sawdust)의 수종 식별

팽이버섯 재배에 사용된 톱밥의 수종식별을 위해 비교적 크기가 큰 블럭을 채취하여 물과 Glycerin의 1:1 혼합액에 105℃에서 20분간 연화처리한 다음 Slide microtome으로 10 20㎛의 절편을 제작하였다. 얻어진

절편은 1% safranine으로 염색한 후 ethyl alcohol 계열로 탈수하고 xylene으로 透化 과정을 거쳐 Canada balsam으로 봉입하여 프레파라트를 제작한 후 광학현미경 (Zeiss, Axliolab)으로 관찰하였다.

나. 팽이버섯 1주기 수확 후 톱밥의 부후형태 관찰

1) 광학현미경 관찰

팽이버섯 1주기 수확을 끝낸 톱밥의 부후 형태와 분해 정도를 관찰하기 위해 시료를 2% glutaraldehyde (GA) + 2% paraformaldehyde (PA) 혼합고정액 (in 0.05M cacodylate buffer, pH 7.2)으로 처리한 후 동일 buffer로 세척한 다음 ethyl alcohol 계열로 탈수시켰다. 이어 ethyl alcohol과 xylene의 1:1 혼합액과 100% xylene으로 각각 처리하고 xylene과 paraffin의 1:1 혼합액에 처리 후 paraffin 원액으로 치환 시킨 다음 paraffin 블록을 만들어 microtome을 사용하여 15-20㎛ 두께의 절편을 제작하였다. 절편은 1% safranine과 2% astra blue로 이중염색한 다음 광학현미경 관찰을 실시하였다. 염색하지 않은 절편은 편광현미경 관찰에 사용하였다.

2) 주사형 전자현미경(SEM) 관찰

2% GA + 2% PA 고정시킨 톱밥시료를 ethyl alcohol 계열 탈수를 실시한 다음 -20℃에서 1시간 냉동시킨 후 100% t-butyl alcohal로 치환한 다음 동결건조 시켰다. 이 시편을 ion sputter를 사용하여 gold coating하여 주사형 전자현미경 (Hitachi S-4000 SEM)을 사용하여 관찰하였다.

제 3 절 연구 결과

1. 팽이버섯 균에 의한 배지(미송)의 이화학적 특성

Table 1.1. Physiochemical characteristics of cultural substrate degraded by *F. velutipes*.

	After Steril.	Pre-harvest	Post-harvest
Water Content (%)	65	66	58.6
Weight Loss (%)	0	4.5	18
pH	6.4	6.5	5.8
Ash(%)	5.49	5.88	5.96
Hot-water Extracts (%)	14.54	18.39	16.28
Cold-water Extracts (%)	15.03	17.25	17.95
1% NaOH Extracts (%)	30.02	28.24	24.23
Organic Solvents Extracts (%)	6.32	7.04	5.84
Lignin (%)	28.79	29.11	28.4
Holocellulose (%)	62.3	70.64	67.17

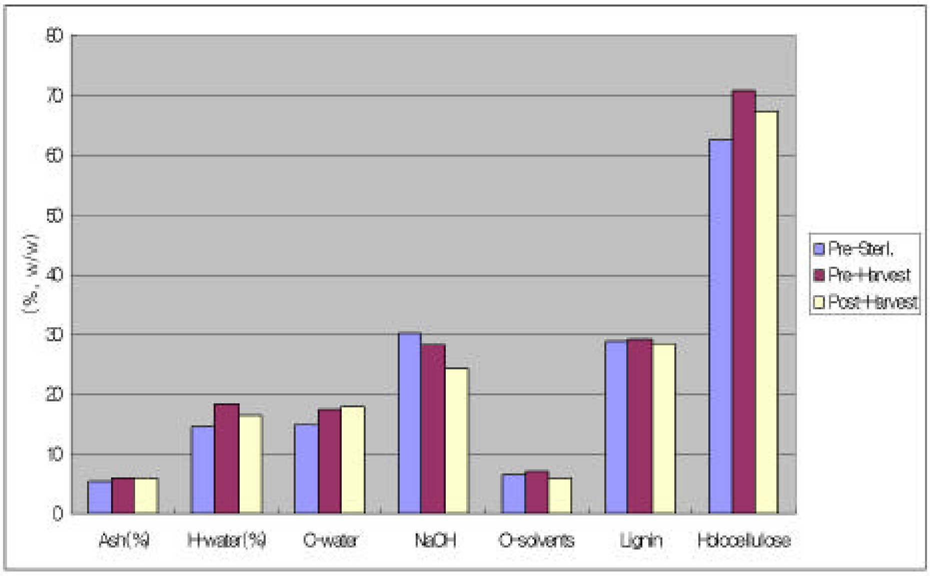


Fig 1.1. Chemical characteristics of cultural substrate degraded by *F. velutipes*.

Notes. H- and C-water mean extracts of hot and cold water, and NaOH and O-solvents mean extracts of NaOH and Organic solvents(alcohol-benzene), respectively

공시 미송배지(Sawdust of *Pinus* spp./Rice bran = 75 80/25 20)의 수확 전후에 따른 배지의 수분함량(water contents)은 각각 66%, 58.6%로 나타났으며 중량감소율(weight losses)은 수확전에 약 4.5%, 수확 후에는 18%정도로 아주 작은 차이를 보인다. 배지의 pH는 수확전 pH 6.4에서 수확전, 즉 배양완료기에는 pH 6.5 정도, 그리고 수확 후에는 pH 5.8 정도로 산도의 증가에 있어서도 미세한 변화를 보였다.

Table 1.1.에 의하면 무처리구(살균 후, 5.49%) 배지와 처리구(수확전, 후, 5.88%, 5.96%) 간에 회분(Ash)의 증가를 볼 수 있는데, 이것은 팽이버섯균의 분해활동에 의해 유기물이 무기화한 데 기인한다. 또한, 특이한

것은회분의 초기(무처리구) 함량이 5.49% 정도인 것은 야외발효 과정 중 외부 무기물의 유입 등으로 인해 발생한 것으로 사료되며 이러한 현상은 느타리버섯 재배과정 중 폐면(cotton-waste)이나 볏짚(rice-straw)의 야외 발효과정(outdoor fermentation) 중에 일반적으로 나타나는 현상이다 (Iiyama 등, 1995).

일반적으로 버섯균에 의해 분해됨에 따라, 목질셀룰로오스의 무기 및 유기 용매에 의한 추출물 함량은 상대적으로 증가(Ohga 등, 1993; Mun 등, 1999)하는 것으로 알려져 있으나 본 연구에서는 온수 및 냉수 추출물의 경우 그 증가폭이 적거나 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 추출물 함량의 감소 현상은 버섯균에 의해 분해가 용이한 미강성분의 조기 분해에 따른 시료의 목질셀룰로오스 함량의 상대적 증가로 인한 것으로 생각되며 리근닌 및 홀로셀룰로오스의 함량이 상대적으로 증가하는 현상은 이러한 이유로 설명이 가능하다.

팽이버섯 균에 의한 수확 전후 리그닌(Lignin) 함량의 변화는 극히 미세하며 약간의 홀로셀룰로오스(Holocellulose) 함량의 감소현상이 나타나고 있으며 이것은 팽이버섯 균의 1주기 수확 까지의 분해작용은 목질세룰로오스의 구조나 함량에 있어 큰 변화를 일으키지 않는 것으로 사료된다.

위 결과는 공시균이 1주기 자실체를 형성하는데 소모되는 에너지의 대부분이, 첨가물인 미강에 의존하는 것으로 추정이 된다. 이 부분에 대해서는 NIR등 (Resink 와 Hurk, 2000)에 의한 잔존 미강함량의 추정(Determination of Rice Bran Contents by NIR Analysis) 등의 연구가 이어져야 할 것으로 사료된다.

2. 폐배지의 해부학적 특성

가. 수종식별

광학현미경 관찰 결과 팽이버섯 재배용으로 사용되는 톱밥은 침엽수재인 소나무속(*Pinus* spp.)으로 나타났다. 즉, 그림 1-A에 나타난 바와 같이 톱밥 시료는 연륜경계가 분명하고 조재에서 만재로의 이행이 급하며 수직수지구가 단독으로 분포하였다. 시료의 방사단면(그림 1-B)에서는 방사가도관이 존재하였으며 방사가도관의 수평벽에는 거치상비후가 나타났으며, 분야벽공은 창상형이거나 또는 소나무형 벽공이다. 접선단면 관찰결과 수평수지구를 포함하는 방추형 방사조직이 나타났다(그림 1-C). 이상의 해부학적 특징은 전형적인 소나무속 경송류(Hard Pine)에 해당하는 것으로 분석대상시료의 90% 이상이 이러한 해부학적 특징을 갖는 것이었다.

흥미롭게도 시료 중 극히 일부는 다음과 같은 해부학적 특징을 나타내었다. 즉, 횡단면 (그림 2-A)에서 연륜경계가 분명하나, 연륜폭이 좁고 조재에서 만재로의 이행이 점진적이었다. 만재의 폭이 좁고 수직수지구가 분포하였다. 수직수지구를 이루는 에피델리얼세포(Epithelial Cell) 는 厚壁이었다. 방사조직에서는 방사가도관과 방사유세포가 관찰되었다. 방사가도관은 평활하였으며 방사유세포에는 염주상 말단벽이 현저하게 나타났다. 분야벽공은 가문비나무형이었다. 가도관의 유연벽공은 1열 또는 2열로 배열되었다. 유연벽공 사이에 인덴쳐도 관찰되었다(그림 2-B). 접선단면은 일렬의 방사조직과 수평수지구를 포함하는 방추형방사조직이 관찰되고, 부분적으로 타일로소이드도 관찰되며, 만재의 가도관에는 나선비후가 관찰되었다(그림 2-C). 이러한 특징으로 보아 이 같은 시편들은 가문비나무속으로 식별된다.

나. 폐배지 톱밥의 분해형태에 관한 현미경적 특징

팽이버섯 1주기 수확 후 폐배지의 현미경적 관찰 결과 1연륜 내에서도 Safranine의 염색 정도가 부분적으로 차이를 보였다(그림3). Safranine은 일반적으로 목화된 세포에서는 선명한 붉은색을 나타낸다. 그림 3-A와 B에서 나타난 바와 같이 톱밥배지에서의 Safranine의 염색정도는 부위에 따라 달랐다. 이는 팽이버섯에 의해 톱밥 시편이 전체적으로 균일하게 부후가 일어난 것이 아니라 부분적으로 분해가 진행되었음을 나타낸 것이라 하겠다.

Astra Blue는 목질세포의 다당류 및 균사체의 염색에 사용되고 있는바 그림 3-B와 4-A에서 나타난 것처럼 청녹색으로 염색된 팽이버섯 균사는 방사조직에 많이 분포하고, 톱밥 제조시 발생한 거승로 보이는 수직수지구의 손상된 부분에서도 균사의 밀도가 높게 나타났다(그림 4-B). 또한, 분해가 많이 진행된 톱밥시편에서는 거의 모든 세포 내강에서 균사의 분포가 확인되었다(그림 4-C).

종단면에서 관찰된 방사조직 구성요소 중 방사유세포에서는 균사의 밀도가 높게 나타났다(그림 5-A,B). 일반적으로 백색부후균의 부후초기에는 방사유세포와 수지구를 통해 균사가 이동하는 것(Eaton & Hale, 1993)으로 알려져 있다. 그림 5-C에서 나타난 것과 같이 방사유세포의 편광현미경 관찰결과 방사유세포의 벽이 국부적으로 많이 Erosion되어 복굴절성이 감소하였으나 방사조직의 중간에 위치한 방사가도관에서는 방사유세포에 비해 균사으 밀도가 낮았고, 부후가 거의 일어나지 않음이 편광현미경 관찰 결과 나타났다.

백색부후균은 크게 두종류로 나누어지는데 하나는 목재세포를 구성하는 주성분인 Cellulose, Hemicellulose, Lignin을 거의 동시에 분해하는 동시

분해형과 분해초기에 Lignin이나 Cellulose, Hemicellulose 중 어느 한 성분을 선택적으로 분해하는 선택부후형으로 구분된다(Eriksson etc., 1990). 본 시험에 사용된 팽이버섯의 경우 대부분의 백색부후균과 같이 목재의 주성분을 동시에 분해하는 동시분해형이다. 즉, 세포벽이 세포 내강에서 중간층으로 점차 엷어지는 박벽화 현상이 관찰되었고(그림 6), 특히 목재와 접하고 있는 균사의 바로 밑에서 분해가 일어나 형성되는 침식구를 통하여 목재 성분을 동시에 분해하는 타입임을 알 수 있었다(그림 7).

조재와 만재의 편광현미경 관찰 결과 조재와 만재 모두에서 균사가 관찰되었으나 분해정도는 미약하였다. 일부 가도관에서만 복굴절성이 상실되어 나타남으로써 팽이버섯에 의해 일부 세포의 셀룰로오스가 분해되고 있음을 보여주었다. 그러나, 주로 리그닌으로 구성된 중간층은 온전한 상태를 유지하였다(그림 8). 대부분의 백색부후균이 활엽수재를 기질로 삼는데 반하여 본 시험에 사용된 균주는 백색부후균임에도 불구하고 침엽수재가 배지로 사용되었기 때문에 팽이버섯 1주기 수확 후의 배지임에도 불구하고 시편의 분해정도가 낮게 나타난 것으로 생각된다. 침엽수재의 리그닌은 Guaiacyl 타입으로 구성된 반면, 활엽수재의 리그닌은 Guaiacyl 타입과 Syringyl 타입으로 구성되어 있다. 대부분의 백색부후균은 Sylingyl 타입의 리그닌을 선호하여 분해시키는 반면, Guaiacyl 타입은 쉽게 분해되지 않는다. 본 연구에 사용된 시편 역시 Gyaiacyl 타입으로 구성된 침엽수재이어서 리그닌의 분해는 더딘 것으로 사료된다.

위와 같은 결과로부터 팽이버섯의 재배에 제공되는 소나무류 톱밥은 팽이버섯의 생장과 자실체 형성에 필요한 영양원을 직접 공급하는 것은 아닌 것으로 사료되었다.

이상의 현미경적 관찰 결과, 팽이버섯 1주기 수확 후의 폐배지는 전체적으로 분해 초기에 머물고 있어서 버섯재배용 기질로서 충분한 목재세포를 보유하고 있는 것으로 판명되었다.

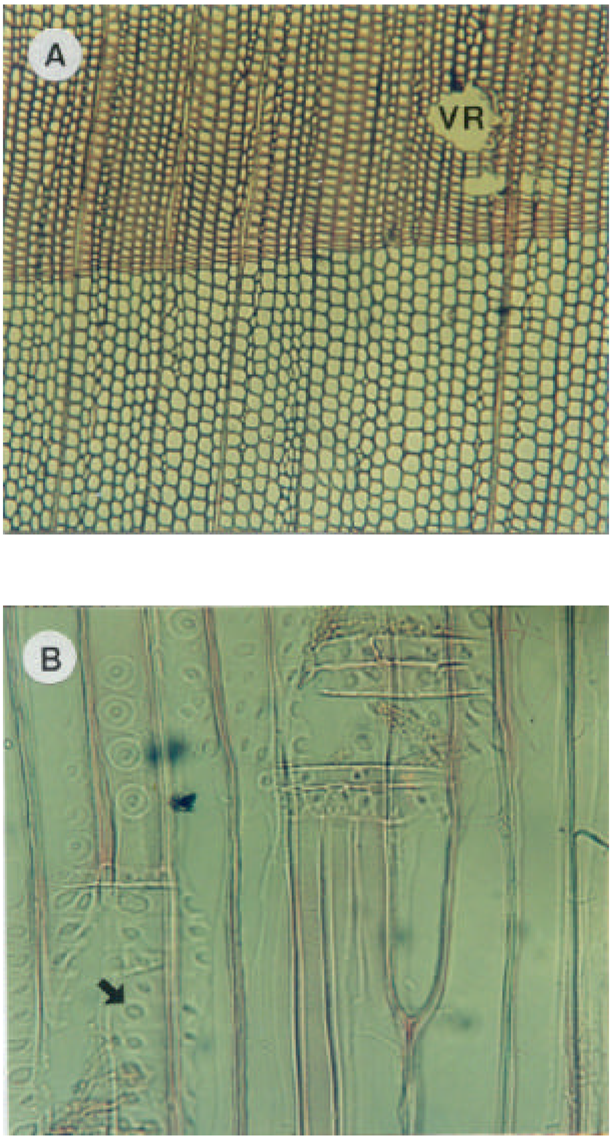
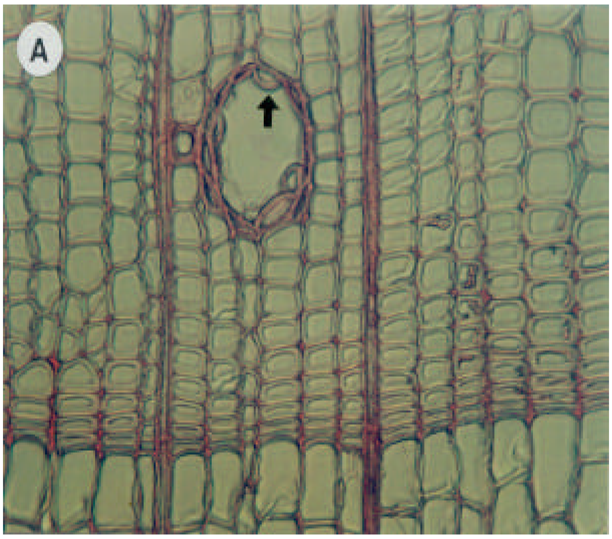
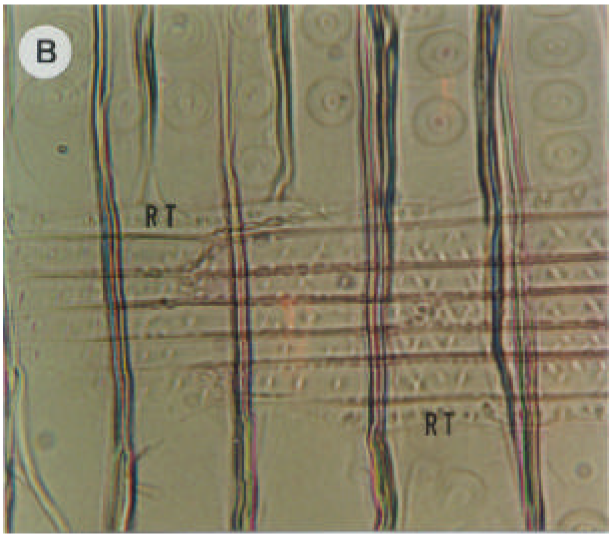

A
VR
B

Fig. 1. Anatomical characteristics of sawdusts identified as in *Finus* spp.

A: Abrupt transition from earlywood to latewood and vertical resin canal (VR) (transverse section); B: Dentate ray tracheids and window-like pit pairs in cross field type (radial section); C: Fusiform ray with longitudinal resin canal (tangential section).


A


B
RT
RT

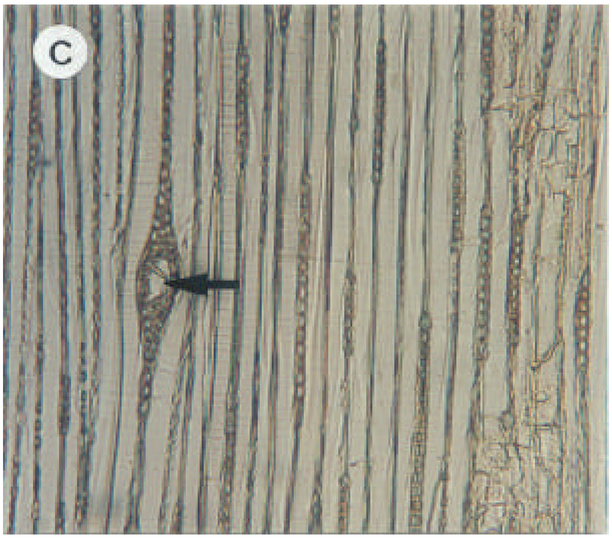


Fig. 2. Anatomical characteristics of sawdust identified as Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*).

A: Abrupt transition from earlywood to latewood and thick-walled epithelial cells (arrow) in vertical resin canal (transverse section); B: Nondentate ray tracheids (RT) and piceoid type pit pairs in cross field (radial section); C: Vertical resin canal (arrow). Note the helical thickenings in earlywood tracheids and tylosoid (tangential section).

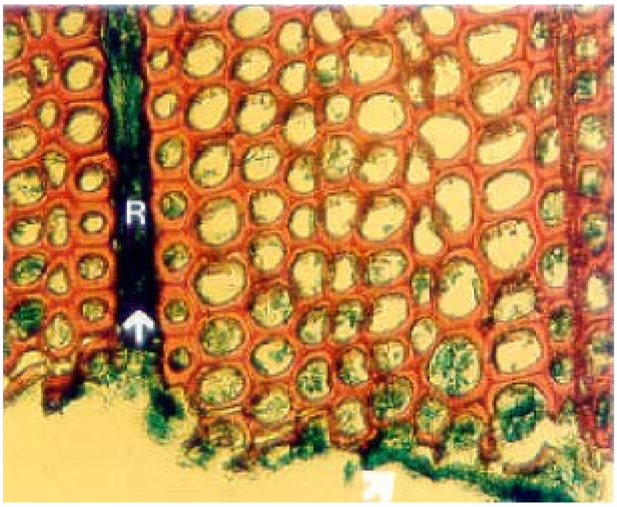


Fig. 3. Distribution of mycelia in hard pine. Distribution of fungal hyphae was restricted to ray parenchyma (R: arrow) and the tracheids exposed to hyphae.

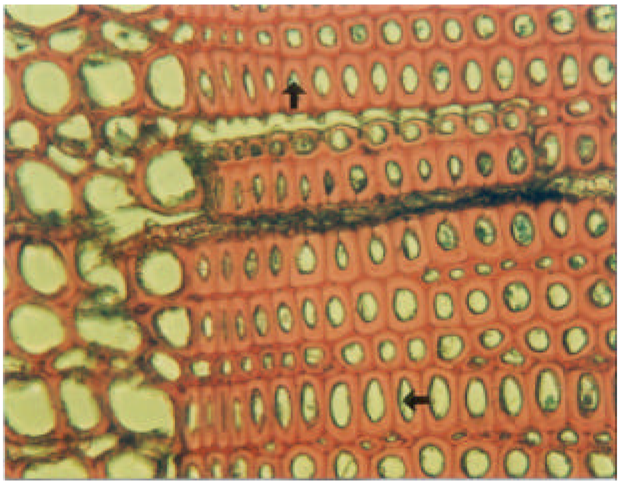


Fig. 4. Thinning of cell walls (arrow) of pine tracheids by enokitake fungi in latewood tracheids.

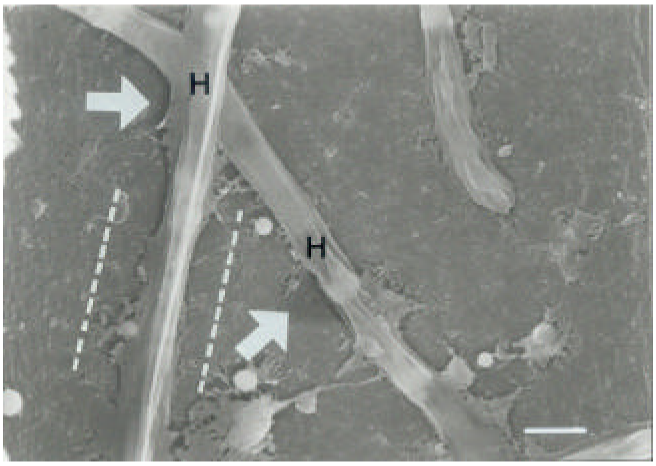


Fig. 5. Fungal slime (dotted line) and erosion trough (arrow) by enokitake hyphae. bar=2μm

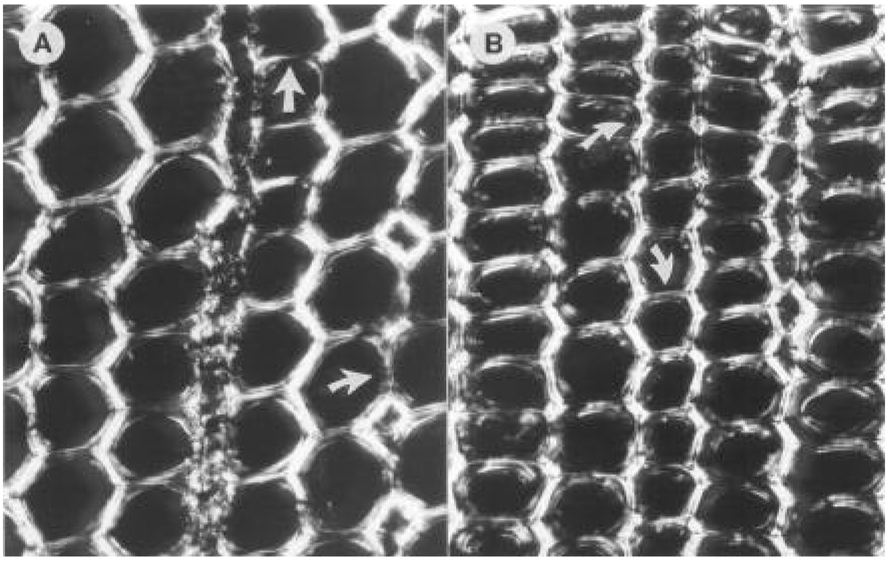


Fig. 6. Loss of birefringence(arrow) in some tracheids under polarized light microscopical observation: Earlywood (A) and latewood (B).

제 4 절 요 약

1. 폐배지의 이화학적 특징

가. 팽이버섯 1주기 수확 후 폐배지의 중량감소율은 약 18% 정도였으며 pH는 5.8 정도로 변화폭이 매우 미소하였다.

나. 배지성분의 분해는 고분자 물질인 리그닌이나 셀룰로오스는 거의 분해하지 않았으며 주로 미강성분을 분해한 것으로 사료되었다.

2. 폐배지의 해부학적 특징

가. 팽이버섯 재배용으로 사용된 톱밥의 수종은 대부분 경송류로 나타났다.

나. 1주기 수확 후 페배지 톱밥에는 팽이버섯 균에 노출된 부분과 방사조직에서 균사의 밀도가 높게 나타났다.

다. 팽이버섯균의 공격을 받은 세포벽은 박벽화현상과 침식현상을 보였으나 극히 국부적으로만 관찰되었다.

위 결과를 종합적으로 볼 때, 팽이버섯 폐배지는 버섯재배용 기질로 재활용 하기에 충분한 세포벽 물질을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

제 3 장 팽이버섯 폐배지를 이용한 표고버섯 톱밥재배

제 1 절 서 설

표고버섯 소비의 세계적 증가 및 생산량의 급증, 재배기질로 특정 수종의 선호에 따른 환경문제 등을 해결하기 위해 재배용 대체기질에 과한 연구는 다양하게 이루어지고 있다 (Mata & Savoie, 1998). Park 등(1992)은 포플러류 톱밥에 Coffee waste나 탄닌산을 첨가하여 표고버섯을 생산한 결과 매우 적합한 것으로 나타났으며 Terashima (1994)는 *Pasania edulis*와 *Fagus crenata*를 이용한 표고버섯 생산실험 결과 균사생장도, 수확량, 배지의 조성분의 변화량에 큰 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. Chai 등(1999)은 미이용활엽수인 아카시나무(*Robinia pseudoacacia*)를 이용한 식·약용버섯 재배에 있어 적정한 첨가물이 처리될 경우 그 생산량에 있어 졸참나무(*Quercus serrata*) 톱밥을 재배기질로 이용했을 때와 큰 차이를 나타내지 않아 그 대체가능성을 강하게 시사하였다.

또한 침엽수류 톱밥(Park 등, 1994) 및 농산폐기물을 이용한 표고버섯 재배에 관한 연구도 다각적으로 연구되고 있다. 일반적으로 침엽수류의 목재에 함유된 지방산(fatty acid) 이나 페놀화합물은 표고버섯의 균사생육을 억제하는 작용이 있어 재배용 기질로 적합하지 않은 것으로 인식되고 있다 (Chga 등, 1977; Kawachi 등, 1991). 하지만, Chga (1990)는 침엽수류의 목재를 이용한 펄프제조시 발생하는 폐액이 표고버섯 자실체 형성을 촉진한다고 보고하였으며 Takabatak 등(1994)은 시베리아산 잎갈나무의 냉

수추출물을 톱밥배지에 처리한 결과 표고버섯 균사생육이 비교구에 비해 2배나 촉진된 것으로 보고하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 표고버섯의 소비동향은 세계적으로 증가추세에 있음에도 불구하고 한국의 표고버섯 산업은 세계적인 생산량의 증가, 생산단가의 상승 그리고 중국 등지에서 저단가 표고의 대량수입으로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 고단가 재배기질의 대체기질을 개발하고자 다음과 같은 연구를 수행하였다.

제 2 절 연구수행 내용 및 방법

1. 공시균주의 폐배지에서 생장특성

공시폐배지에 적합한 표고버섯 균주선정, 균주별 적정 최적합성배지 조제를 위한 적정 배지 조건을 규명하기 위해 첨가물로서 미강, 왕겨, pH 조절제, 배지 입병량 등에 따른 공시균주의 생장특성을 파악하기 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다.

가. 폐배지에 미강 첨가에 따른 표고버섯 균의 생장특성

공시폐배지(10mesh 이하)에 미강을 0 40%(w/w)로 배합 후 수분을 65-67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Test-tube (D24㎜×L20㎜)에 62g(Wet Weight)씩 넣고 일정(B.D., 0.21)하게 다진 후 Cotton-plug로 면전하여 Autoclavation (121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 Petri-dish에 기배양된 표고버섯균 (Sanjo No. 5, 6, N603호)을 접종(Cork borer No.5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear Growth Rate, ㎝/24h)를 산정하였다.

나. 재배 기질별 표고버섯 균의 생장특성

공시 폐배지 시료 채취 장소인 팽이버섯 공장(호남버섯연구소)에서 사용하는 발효미송 (Aging *Pinus* spp.), 팽이버섯 1주기 수확 후의 폐배지 (Enokidake cultural waste; Waste), 이 폐배지를 야외에서 30 40일간 발

효하여 팽이버섯 균사체 및 냉·온수 추추물을 제거시킨 발효폐배지(Aging waste), 그리고 일반적으로 표고버섯 재배에 사용되어지는 졸참나무(*Quercus serrata*)의 톱밥에 미강을 10:2(w/w)로 배합하여 시료를 제조하였다. 이렇게 제조된 재료에 수분을 65 67%로 조절 후 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Test-tube(D24㎜×L20㎜)에 62g(Wet weight)씩 넣고 일정(B.D.,0.21)하게 다진 후 Cotton-plug로 면전을 하여 Autoclavation (121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 Petri-dish에 기배양된 표고버섯균(Sanjo No.5,6,N603호)을 접종(Cork borer No. 5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear growth rate, ㎝/24h)를 산정 하였다.

다. 폐배지 용적중에 따른 표고버섯 균의 생장특성

위에서 설명한 바와 같이 조제된 시료를 입병량(B.D. 0.17 0.27, g/cc)을 달리하여 Test-tube(D24㎜×L20㎜)에 넣고 다진 후 Cotton-plug로 면전하여 Autoclavation(121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 Petri-dish에 기배양된 표고버섯균(San 5, 6, N603호)을 접종(Cork Borer No. 5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear Growth Rate, ㎝/24h)를 산정 하였다.

라. 폐배지에 왕겨 첨가에 따른 표고버섯 균의 생장특성

공시폐배지(10mesh 이하)에 미강을 10:2(w/w)로 배합 후, 이 혼합재료에 왕겨를 0, 5, 10, 20%(w/w), 수분을 65-67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Test-tube(D24㎜×L20㎜)에 62g(Wet weight)씩 넣고 일정(B.D.,0.21)하게 다진 후 Cotton-plug로 면전하고 Autoclavation

(121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃)하여 Petri-dish에 기배양된 표고버섯균(Sanjo No.5, 6, N603호)을 접종(Cork borer No.5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear growth rate, ㎝/24h)를 산정 하였다.

마. 폐배지의 pH에 따른 표고버섯 균의 생장특성

위에서 설명한 바와 같이 혼합배지를 조제하고 $Ca(OH)_2$를 배지건중량의 0 0.5%까지 처리하여 기배양된 표고버섯 균을 접종하여 생장도를 산정 하였다.

바. 참나무류 톱밥 혼합에 따른 표고버섯 균의 생장특성 (Sanjo No.5)

폐배지에 졸참나무(*Q. serrata*) 톱밥을 비율별로 처리하여 혼합톱밥을 조제하고 미강을 10:2(w/w)로 배합하고 수분을 65 67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 조제된 시료를 Autoclavation 처리하여 냉각 후 공시 표고버섯 균주(Sanjo No.5)를 접종하여 생장도를 산정 하였다.

2. 폐배지에서 표고버섯 자실체 수확특성

가. 폐배지에 미강 첨가별 표고버섯 자실체 형성특성

공시폐배지(10mesh 이하)에 미강을 0 40%(w/w)로 배합 후 수분을 65-67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Autoclavable polypropylene vynil(5kg)에 입봉(B.D. 0.21 0.23)하고 일정하게 다지고 나서 Air-filter가 부착된 Screwcap으로 마개를 한 후 Autoclavation(121℃, 60min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 톱밥배지에 기배양된 공시균을 접종하고 암·광배양 처리를 하여 배양일수, 갈변화일 수, 초발이 소요일 수, 자실체 개수 및 수량을 조사하였다.

나. 재배기질별 표고버섯 균의 자실체 형성 특성

폐배지에 참나무류 톱밥(*Q.serrata*)을 0, 20, 40, 60, 80, 100%(w/w)로 첨가하여 미강을 10:2(w/w)로 배합한 후 수분을 65 67% 정도 조절 후 입봉하였다. 이 배지를 Autoclavation(121℃, 60min) 처리 후 공시균을 접종하고 배양기간을 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120일로 조절하였다. 이렇게 일정하게 배양된 배지는 자실체 발생처리를 하여 주기별로 수확량을 측정하였다.

다. 폐배지에 참나무류 톱밥 혼합이 자실체 품질에 미치는 영향

표고버섯 자실체의 품질을 평가하기 위해 Fig.2.1과 같이 수확된 자실체 갓의 직경(a)과 두께(b)를 측정하였다.

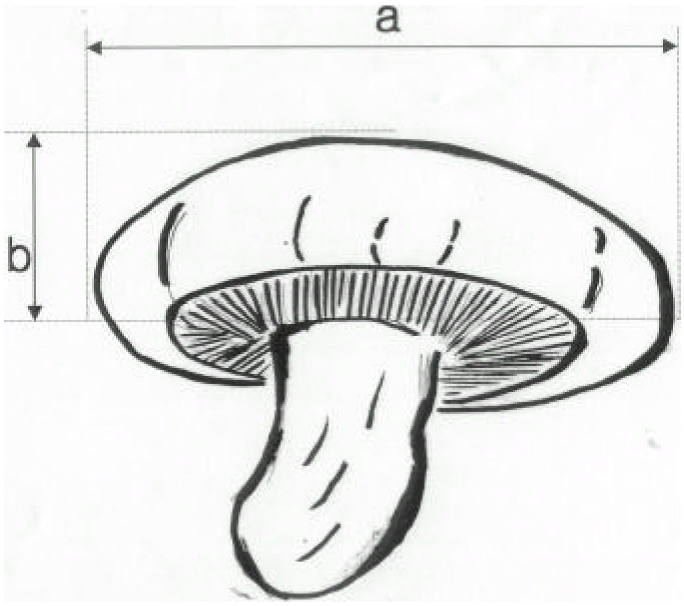


Fig.3.2.1. Parts for determining the quality of *L. edodes* fruitbodies.

Note. a : pileus diameter, b: pileus thickness

라. 폐배지에서 배양기간에 따른 표고버섯 균의 수확특성

폐배지에 미강을 20% 첨가한 후 공시균(Sanjo No.5)을 접종하고 총 배양기간을 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120일로 조절하였다. 이렇게 배양완료된 배지는 자실체 발생환경을 주고 주기별 수확량 및

총 자실체의 중량을 측정하였다.

마. 폐배지에서 배양기간에 따른 표고버섯의 품질특성

폐배지에 미강을 20% 첨가한 후 공시균(Sanjo No.5)을 접종하고 총 배양기간을 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120일로 조절하였다. 이렇게 배양완료된 배지는 자실체 발생환경을 주고 배지별 자실체의 중량과 발생개수를 조사하였다.

Fig.3.2.2. Preparation of sawdust block before sterilization.
Note. This work was undertaken at the experimental forestry station, Chonnam Nat. Univ. High-pressure retort (left) and steam boiler (right) for sterilization of sawdust substrate were shown.

Fig.3.2.3. Incubation of sawdust blocks for vegetative growth and ripening in temperature and light controlled room.
Note. This work was undertaken at the experimental forestry station, Chonnam Nat. Univ.

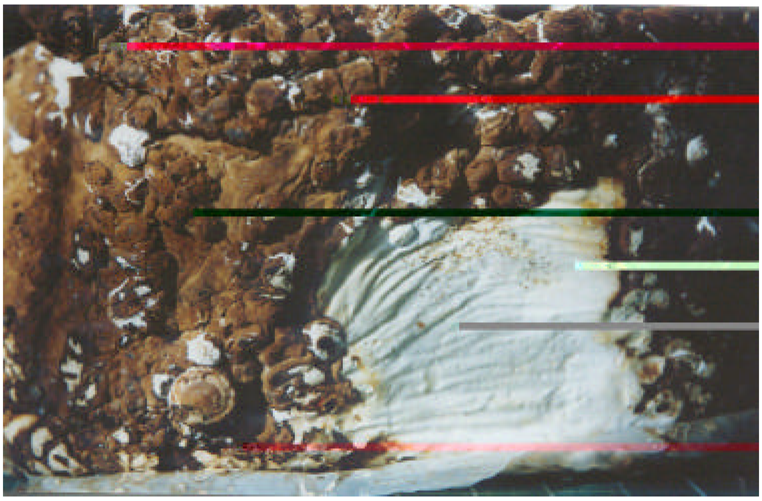


Fig.3.2.4. Shiitake mycelial block ready to fruit.

Note. Shiitake mycelium formed lumps (so called, pop-corning phenomena) on brown-coated area reacting to the light and oxygen and did not on white mycelial area not exposed to the light or oxygen.

Fig.3.2.5. Small fruitings through protective brown skin on sawdust substrate.

Fig.3.2.6. Mature shiitake just before harvesting.

Note. Large and small plates were 10 and 5.5cm, respectively.

Fig.3.2.7. Harvesting of mature shiitake

Note. Large and small plates were 10 and 5.5cm, respectively.

제 3 절 연구 결과

1. 공시균주의 폐배지에서 생장특성

가. 폐배지에 미강 첨가에 따른 표고버섯 균의 생장특성

첨가물로서 미강을 0 40%(w/w) 처리한 공시 폐배지(enokitake cultural waste)에 각종 표고버섯 균주를 접종·배양하여 균사생장도(Linear grwoth rate)를 파악한 결과는 Table 3.2.1.과 같다.

Table 3.3.1. Linear growth rate of shiitake fungus on enokitake cultural waste supplemented by rice bran.

Fungi / Rice Bran (%)	Sanjo No.5	Sanjo No.6	N603
0	0.26±0.06c	0.30±0.05c	0.21±0.04d
10	0.37±0.07b	0.39±0.09b	0.39±0.07c
20	0.42±0.06a	0.46±0.07a	0.42±0.05c
30	0.41±0.07a	0.43±0.07b	0.45±0.09b
40	0.41±0.04a	0.42±0.04b	0.48±0.06a

Notes. Growth rate is expressed by the average and standard deviation of 10 replicates and values followed the same letter in the same column mean no significant difference (p=0.05).

모든 균주에서 무처리구(0%)에 비해 미강 20% 이상 처리시 월등한 생장도를 보이는 것으로 나타났으나 30 40% 처리구는 20% 처리구와 큰 유이차(Significant difference)를 보이지 않는 것으로 나타났다. 특히, Sanjo No.5, Sanjo No.6의 경우는 20% 이상 처리시, 그 처리효과가 크게 나타나지 않았다. N603 균주는 미강 첨가량의 증가에 따라 생장도가 증가하여 미강의 첨가효과가 두드러지게 나타나고 있다.

나. 재배 기질별 표고버섯 균의 생장특성

일반적으로 팽이버섯을 재배하는 발효미송(Aging *Pinus* spp.), 팽이버섯 1주기를 수확한 폐배지(Fresh eonkidake cultural waste), 30-40일 정도 야외발효 처리한 발효폐배지(Aging waste) 그리고 일반적으로 표고버섯 재배에 적합한 졸참나무(*Quercus serrata*) 톱밥에 일정량의 미강을 첨가(10:2, w/w)하여 공시 표고버섯 균을 접종 5일 후부터 2일 간격으로 생장도를 측정한 결과 다음과 같다.

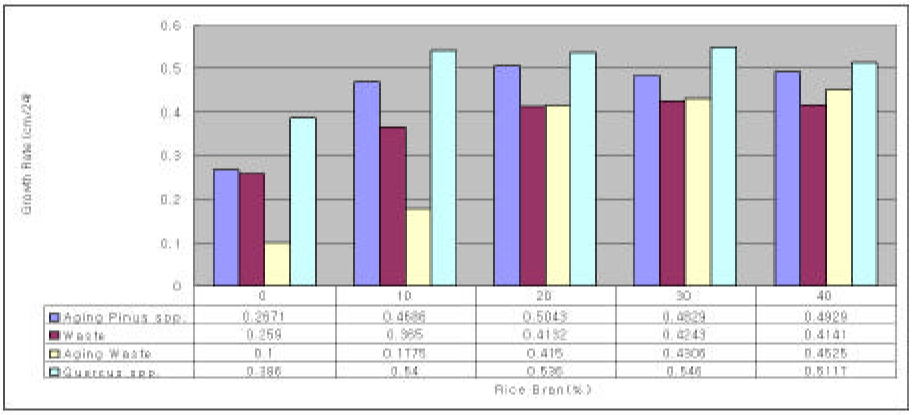
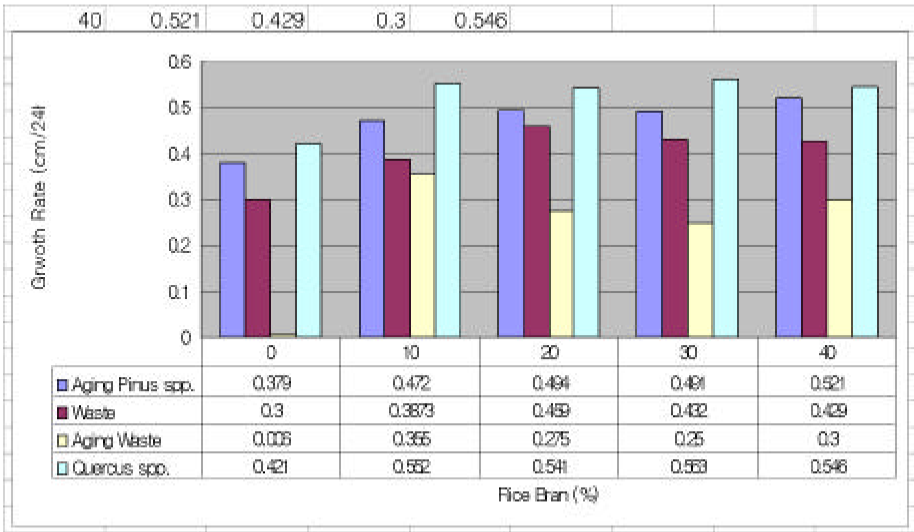


Fig.3.3.1. Linear growth rate of *L. edodes* (Sanjo No.5) on various sawdust substrates.

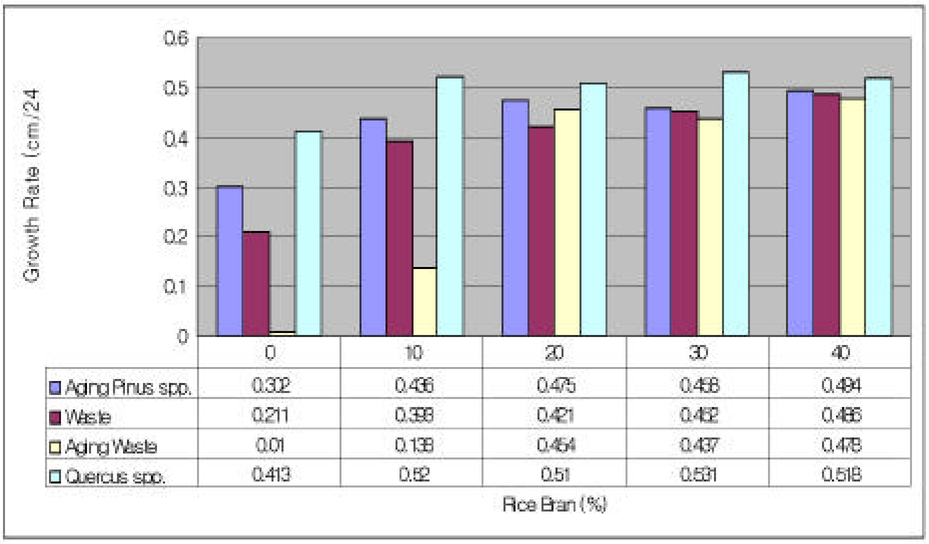
Sanjo No.5 **균주의 경우 미강 첨가별 재배기질별 생장특성을 보면 졸참나무**(*Quercus serrata*)**와 발효미송**(Aging Pinus spp.)**의 경우 미강을** 10 40% **처리구에서는 큰 차는 없었으며 폐배지**(Waste)**와 발효폐배지**(Aging Waste)**는** 20 40% **처리구에 큰 차를 나타내지 않았다. 이는 폐배지, 발효폐배지, 졸참나무 톱밥 모두 미강을** 20% **이상 처리할 필요가 없을 것으로 생각된다**(Fig.3.3.1.).



	0	10	20	30	40
Aging Pinus spp.	0.379	0.472	0.494	0.491	0.521
Waste	0.3	0.3873	0.459	0.432	0.429
Aging Waste	0.006	0.365	0.275	0.25	0.3
Quercus spp.	0.421	0.552	0.541	0.563	0.546

Fig.3.3.2. Linear growth rate of *L. edodes* (Sanjo No.6) on various sawdust substrates.

Fig.3.3.2.**를 보면** Sanjo No.6 **균주의 경우 재배기질별 미강처리별 생장특성을 보면 폐배지와 졸참나무에서는** 10 40% **첨가의 경우 큰 차가 없었으며 발효폐배지는 미강 첨가량이 증가할수록 생육이 저해되었다. 이는 폐배지 재이용에** sanjo No. 6 **균주를 접종할 경우 미강은** 10% **정도 첨가하여야 할 것으로 생각된다.**



	0	10	20	30	40
Aging Pinus spp.	0.302	0.436	0.475	0.458	0.494
Waste	0.211	0.398	0.421	0.452	0.486
Aging Waste	0.01	0.138	0.454	0.437	0.478
Quercus spp.	0.413	0.52	0.51	0.531	0.518

Fig.3.3.3. Linear growth rate of *L. edodes* (N603) on various sawdust substrates.

N603 균주의 경우 미강 10% 이상 처리시 모든 재배기질에서 생육이 양호하였으며 처리구 간의 큰 차가 나지 않았다. 발효폐배지의 경우 0 10% 처리구에서 생육이 상당이 저조하였으나 미강 20% 이상 처리구에서는 양호한 생장을 나타내고 있다(Fig.3.3.3).

이상의 표고버섯 균주별, 재배기질별, 미강첨가별 생육특성을 보면 졸참나무 톱밥이 가장 월등히 높았으며 폐배지와 발효미송은 큰 차이를 보이지 않아 이것으로 미루어 보아 폐배지를 재사용하여도 좋을 것으로 사료되며 미강은 20% 정도 배합하는 것이 좋을 것으로 나타났다.

다. 폐배지의 용적중에 따른 표고버섯 균의 생장특성

각종 표고버섯 균주의 생육에 적합한 폐배지의 적정 배지충진량을 결정하기 위한 적정 용적중(g/cc) 선발실험 결과는 Table 3.3.2.와 같다.

Table 3.3.2. Effects of bulk densities of enokitake cultural waste on the linear growth of *L. edodes*.

Fungi / Bulk Density(g/cc)	Growth Rate (㎝/24h)		
	Sanjo No.5	Sanjo No.6	N 603
0.17	0.36±0.06b	0.38±0.03	0.44±0.09
0.19	0.40±0.05a	0.36±0.04	0.39±0.08
0.21	0.37±0.03a	0.34±0.04	0.40±0.05
0.23	0.37±0.04a	0.32±0.06	0.33±0.02
0.25	0.30±0.05	0.31±0.04	0.32±0.02
0.27	0.33±0.05	0.29±0.05	0.29±0.04

Notes. Growth rate is expressed by the average and standard deviation of 10 replicates and values followed the same letter in the same column mean no significant difference (p=0.05).

일반적으로 용적중의 증가에 따라 균사생장도는 감소되는 것으로 나타났으나 Sanjo No.5의 경우는 Bulk density 0.17 (g/cc)에서 오히려 생장도가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 일반적으로, 적정 용적중은 0.21 (g/cc) 이하에서 생육이 양호하였으며 균주별 적정 용적중은 Sanjo No.5의 경우

0.19 (g/cc), Sanjo No.6, N603의 경우 0.17(g/cc)에서 최고의 생장도를 나타냈다. 균주별 적정 용적중의 범위는 Sanjo No.5의 경우 0.17 0.23 (g/cc), Sanjo No.6, N603 균주의 경우 0.17 0.21 (g/cc)으로 나타났다.

라. 폐배지에 왕겨 첨가에 따른 표고버섯 균의 생장특성

공시 표고버섯 균주의 생육에 적합한 폐배지의 공극율 조정을 위해 왕겨를 비율별(w/w)로 처리한 결과는 Table 3.3.3.과 같다.

Table 3.3.3. Effects of rice hull supplementation to the enokitake cultural waste on the linear growth of *L. edodes*.

Fungi / Rice Hull (%)	Growth Rate (㎝/24h)		
	Sanjo No.5	Sanjo No.6	N603
0	0.44±0.05	0.43±0.09	0.43±0.05
5	0.32±0.07c	0.34±0.10c	0.34±0.08c
10	0.33±0.05c	0.31±0.09c	0.35±0.07c
15	0.34±0.04c	0.34±0.06c	0.37±0.06
20	0.37±0.08c	0.34±0.09c	0.36±0.07c

Notes. Growth rate is expressed by the average and standard deviation of 10 replicates and values followed the same letter in the same column mean no significant difference (p=0.05).

일반적으로 모든 균주에서 왕겨 처리에 의한 생장 저해 현상이 나타났다.

마. 폐배지의 pH에 따른 표고버섯 균의 생장특성

폐배지에 Ca(OH)2를 0% 0.5% 까지 처리하여 공시균의 생육도를 측정한 결과 다음과 같다.

Table 3.3.4. Effects of ca(OH)2 addition to the enokitake cultural waste on the linear growth of *L. edodes*.

Fungi / Ca(OH)2 (%)	Growth Rate (㎝/24h)			pH
	Sanjo No.5	Sanjo No.6	N603	
0	0.44±0.06c	0.43±0.09c	0.45±0.10	5.91
0.1	0.47±0.08c	0.28±0.06	0.52±0.06c	6.01
0.2	0.37±0.06	0.32±0.10	0.40±0.14	6.04
0.3	0.37±0.04	0.33±0.10	0.41±0.17	6.15
0.4	0.35±0.04	0.34±0.13	0.37±0.12	6.21
0.5	0.35±0.07	0.32±0.09	0.43±0.13	6.23

Notes. Growth rate is expressed by the average and standard deviation of 10 replicates and values followed the same letter in the same column mean no significant difference (p=0.05).

Ca(OH)2 처리별 공시표고버섯 균주의 생장특성을 보면 일반적으로 pH 가 증가할수록 생장도가 감소하는 경향을 보이고 있다(Table 3.3.4).

Sanjo No.5의 경우 Ca(OH)2 0%, 0.1% 처리구에서 생장도가 가장 높았으며 Sanjo No.6의 경우 0%, N603의 경우 0.1%에서 가장 높은 효과를 나타내

었다. 이러한 효과는 표고버섯의 배지의 적정 pH가 5 6에서 생장도가 양호하기 때문인 것으로 사료된다.

2. 공시균주의 폐배지에서 수확특성

가. 폐배지에 미강 첨가가 표고버섯균의 배양기간 및 자실체 형성에 미치는 영향

공시균주의 자실체 형성을 위한 최적합 미강 배합비를 추정하기 위해 폐배지에 미강을 일정한 비율(w/w)로 첨가하여 공시균을 접종, 배양 후 자실체를 형성한 바 그 결과는 다음과 같다.

Table 3.3.5. Effects of rice bran addition to the fruting patterns and incubatin periods (Sanjo No.5)

균주	Sanjo No. 5				
미강(%)	개수	중량(g)	배양기간 (일)	갈변화 기 간 (일)	초 발 이 소요일수 (일)
0	18.32	105.32	60	60	5.4
10	20.02	220.44	45	50	8.7
20	15.76	436.65	40	40	10.6
30	17.55	421.32	40	40	9.6
40	26.33	532.12	40	40	6.4

Note. Weight of Medium was 2.5kg, first flush.

Sanjo No.5 균주의 경우 미강 20, 30, 40% 처리구에서 수확량이 각각 436.65g, 421.32g, 532.12g으로 나타났으며 배양기간은 약 20일 정도 단축되었고, 갈변화 기간은 10일 정도 단축되어 폐톱밥에 미강은 20%(w/w) 이상 처리해야 하는 것으로 나타났다. 이것은 Table 5.2.1에 나타난 바와 같이 미강 20% 이상 처리구에서 균사생육, 자실체 중량, 배양기간 등에 적합한 것으로 나타났다.

Table 3.3.6. Effects of rice bran addition to the fruting patterns and incubatin periods (Sanjo No.6)

균주	Sanjo No.6				
미강(%)	개수	중량(g)	배양기간 (일)	갈변화 기 간 (일)	첫 발 이 소요일수 (일)
0	17.32	133.22	55	50	7.3
10	20.02	351.15	40	50	9.2
20	15.76	261.08	40	40	5.4
30	17.55	678.02	40	40	6.5
40	16.33	418.99	40	40	7.4

Sanjo No.6 균주는 미강 10% 이상 처리구에서 배양기간이 무처리구에 비해 약 15일 정도 단축이 되었으며 갈변화 기간은 20% 이상 처리구에서 약 10일 정도 단축되었다. 수확량에 있어서는 30%, 40% 처리구 10%, 20% 처리구보다 2배 이상 높게 나타났다.

그러나, 미강 30 40% 처리구에서는 10 20% 처리구보다 푸는곰팡이

(*Trichoderma* spp.)에 대한 오염율이 높아 배양과정의 문제점이 제기될 것으로 생각된다.

Table 3.3.7. Effects of rice bran addition to the fruting patterns and incubatin periods (N 603)

균주	N 603				
미강(%)	개수	중량(g)	배양기간 (일)	갈변화 기 간 (일)	첫 발 이 소요일수 (일)
0	1.02g	20.90g	70	50	15.3
10	20.02	280.87	50	50	10.7
20	15.76	353.23	40	40	10.3
30	17.55	394.54	40	40	8.7
40	26.33	442.31	40	40	6.5

N603 균주의 경우 미강 20% 이상 처리구에서 무처리구에 비해 배양기간이 약 20일 정도, 갈변화기간은 약 10일 정도 단축되었으며 수확량은 353.23g, 394.54g, 442.31g으로 나타났으며 무처리구에서는 자실체 수확을 거의 할 수 없었다.

미강처리량 및 배양기간이 표고버섯균의 자실체의 생산량에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig.3.3.4.와 같다. 일반적으로 미강 처리에 따라 적정 배양소요기간이 다르게 나타났으며 미강처리의 효과는 자실체 발생에 필요한 배양소요기간을 단축시키는 것으로 나타났다. 미강 처리별 최대수확량은 미강 10%, 배양기간 90일 때 약 600g/2.5kg 정도로 나타났으며 적정배

양기간은 90 95일 인 것으로 나타났다. 미강 20%, 배양기간 105일 때 최대 수확량은 약 600g/2.5kg였으며 적정배양기간은 95 110일인 것으로 나타났다. 미강 10% 처리시에는 배양기간이 110일 때 약 590g/2.5kg이었으며 적정 배양기간은 110일 정도였으며 미강 40% 처리시에는 배양기간별로 큰 차이를 보이지 않았으며 최고 560g/2.5kg 정도였다. 또한, 미강함량과 배양기간에 따른 자실체 형성량은 배양기간 단축효과가 뛰어난 미강 30%처리구에서 적정 배양기간을 경과한 100일 이후로는 자실체 수확량의 급격한 감소가 나타났다. 미강 20% 처리구에서는 적정배양기간을 지난 105일 이후에 수량의 감소를 보였다.

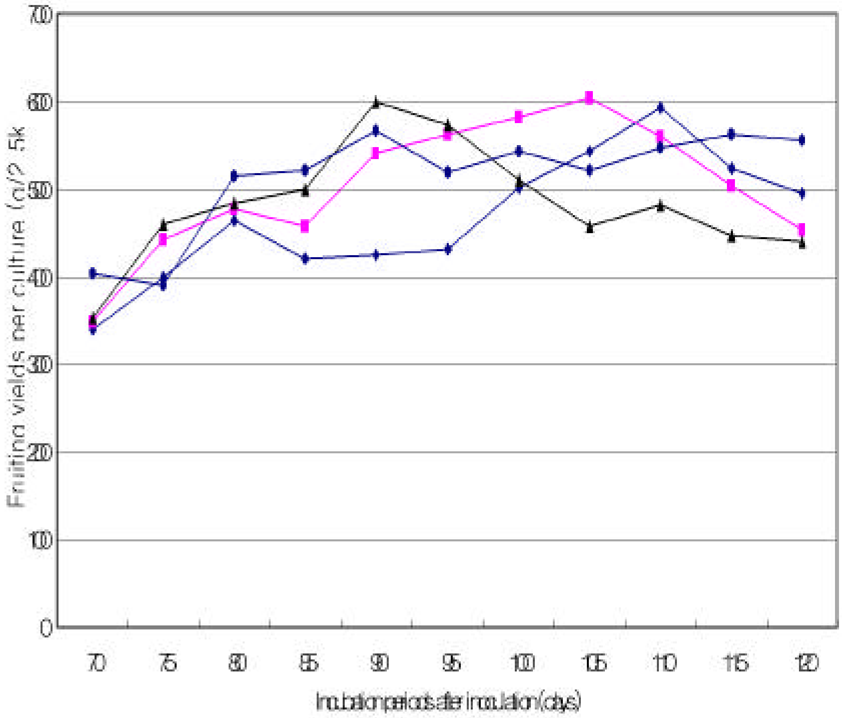


Fig.3.3.4. Effect of rice bran contents on fruiting yields and

incubation periods of *L. edodes* on enokitake cultural waste.

Notes. Rice bran was supplemented in ratios of 10%(◆), 20%(■), 30%(▲) and 40%(●) to the dried weight of sawdust.

이상의 결과는 폐배지에 20 30%의 적정함량의 미강첨가가 최대수확량을 나타내는 배양기간의 단축효과를 나타냄을 보여준다. 또한, 적정 기간 이상의 배양처리를 하는 것은 오히려 배양기간에 따른 경제적 부담뿐만 아니라 자실체의 수확량을 저하시키는 것을 나타낸다.

나. 재배기질별 공시균주의 자실체 형성 특성

졸참나무, 폐배지, 혼합배지 1, 2 의 톱밥에 미강(10:2,w/w)을 처리하여 공시 표고버섯 균주를 배양, 수확한 결과 Fig.3.3.5-7과 같다.

모든 균주에서 무처리구인 폐배지에 비해 졸참나무나 혼합배지(1,2)에서 증수되는 결과를 보였으며 폐배지의 경우 3주기 생산량이 저하되는 경향을 나타내었으며 N603 균주의 경우 3주기 발생이 거의 되지 않았다.

균주별로 적정 재배기질에 있어서 큰 차는 나타내지 않았고 졸참나무와 폐배지의 혼합배지인 Mixed Waste 1, 2에서의 수확량은 졸참나무 100% 배지에서의 수확량과 큰 차이를 나타내지 않았다.

위 내용을 고려한다면 폐배지와 졸참나무를 약 40% 이상 처리할 경우 경제성 있는 자실체 수확이 가능할 것으로 사료된다.

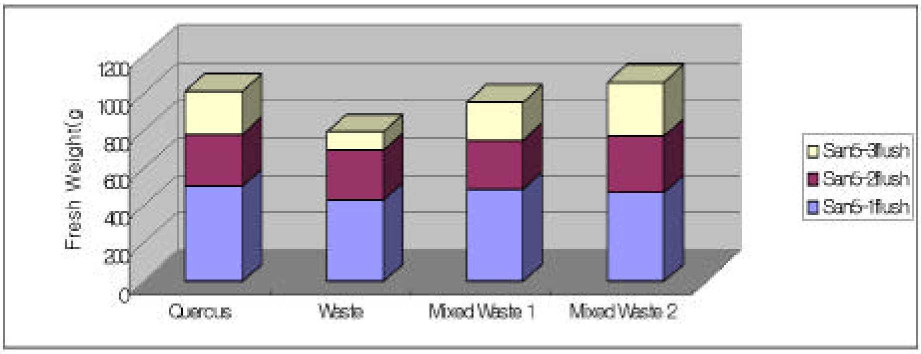


Fig.3.3.5 **재배 기질별 표고버섯 자실체 생산량** (San 5)

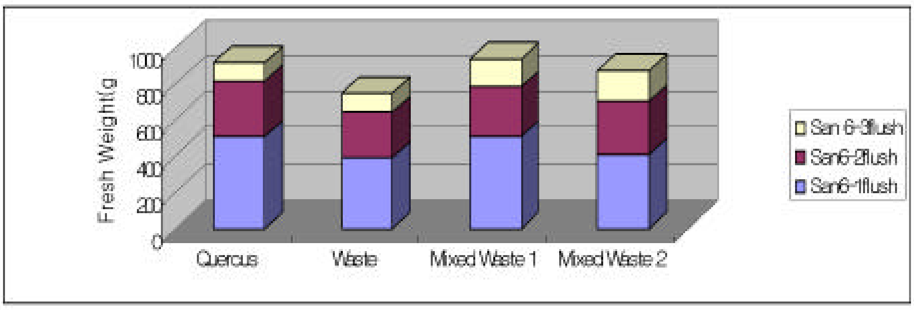


Fig.3.3.6 **재배기질별 표고버섯 자실체 생산량** (San 6)

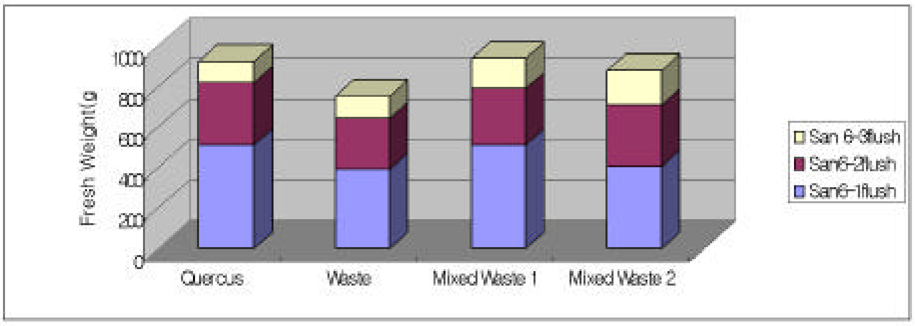


Fig.3.3.7 **재배기질별 표고버섯 자실체 생산량** (N603)

다. 참나무류 톱밥 첨가가 공시균주의 배양기간 및 자실체 형성에 미치는 영향

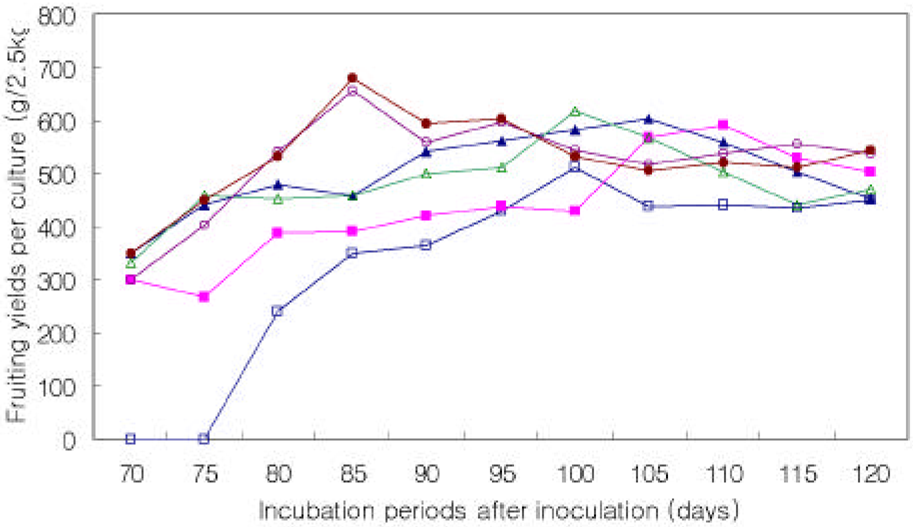


Fig.3.3.8. Effect of oak sawdust contents on fruiting yields and incubation periods of *L. edodes* on enokitake cultural waste.

Notes. Oak sawdust was supplemented in ratios of 0%(□), 20%(■), 40%(▲), 60%(△), 80%(○) and 100%(●) to the dried weight of waste and rice bran was added in ratio of 20 % to the mixtures of oak and waste sawdust.

폐배지에 참나무류 톱밥을 0, 20, 40, 60, 80, 100% (w/w) 처리하여 자실체의 수확특성을 파악한 결과는 Fig.3.3.8과 같다.

일반적으로 폐배지에 참나무류 톱밥을 혼합함에 따라 최대수확량을 나타내는 적정 배양기간은 단축되는 것으로 나타났다. 폐배지에서의 적정 배양기간은 100일이었으며 배양기간 70일, 75일 시에는 전혀 발생이 되지 않았

다. 졸참나무 톱밥을 20% 처리시 적정배양기간은 105일 이상이었으며 졸참나무 톱밥을 40% 처리시에는 90일 115일 사이에 큰 유의차를 나타내지 않았다. 페배지에 졸참나무 톱밥을 80 100% 처리시에는 배양기간이 85일시에 최대 수확량 650 680g/2.5kg을 나타냈다.

라. 폐배지에서 배양기간에 따른 표고버섯 생장특성

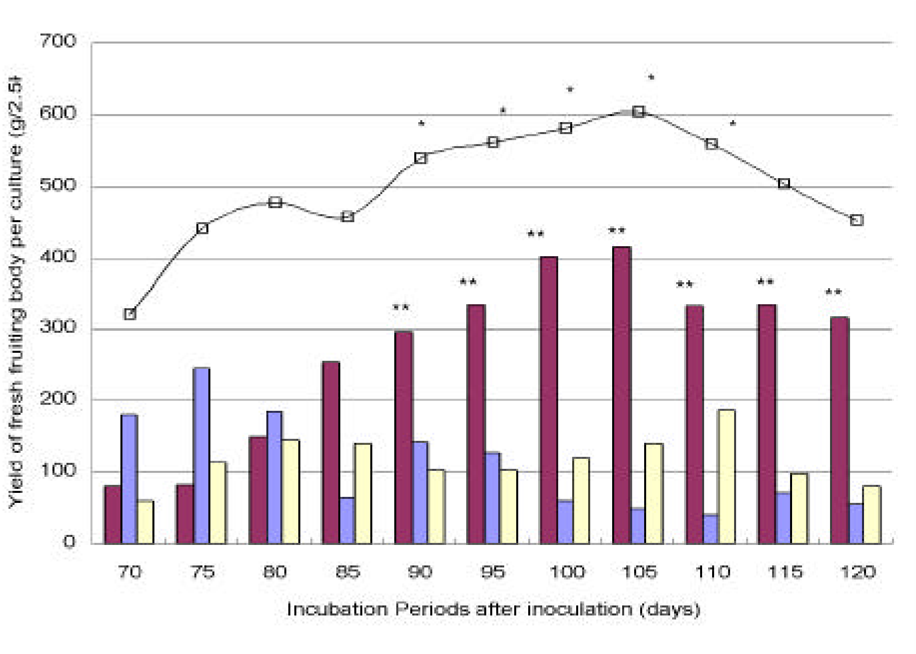


Fig.3.3.9 Effect of incubation periods on fruiting yields and flushing patterns of *L. edodes* on enokitake cultural waste supplemented by rice bran (20%,w/w).

Notes. (▬) first flush; (▬) second flush; (▭) third flush; (—□—) total yield. Each of asterisks (total yields) and double asterisks (first flush) mean significance of correlation coefficients for the 70-day-old culture at the P=0.05 level according to Duncan's new multiple range test.

배양기간이 표고버섯의 자실체 형성에 미치는 영향을 파악하기 위해 배양기간을 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120일간 처리하여 자실체의 주기별 수확량 및 총 수확량을 조사한 결과는 Fig.3.3.9와 같다.

Fig 와 Fig 에 나타난 자료는 배양기간에 따라 자실체의 주기별 수확특성이 다름을 보여준다. 일반적으로 배양기간이 길어질수록 총 자실체의 수량이 증가하는 것은 명백하다. 하지만, 110 120일 동안 배양된 배지에서는 수량의 감소경향이 나타났다. 주기별 자실체 수확특성을 보면 초기 70 90일 동안 배양된 배지에서는 2주기 수확량이 1주기 수확량 보다 높은 것으로 나타났다. 그러나, 95일 이상 배양처리를 하였을 경우 총 수확량에 관계없이 1주기 수확량이 2주기, 3주기 수확량 보다 월등히 높게 나타났다.

마. 폐배지에서 배양기간에 따른 자실체의 중량과 개수에 미치는 영향

일반적으로 표고버섯 자실체의 상품성은 자실체의 질적인 면과 자실체의 중량, 갓의 크기, 갓의 두께 등의 양적인 면으로 나타낼 수 있다. 자실체의 질적인 면은 재배방법(원목재배 혹은 톱밥재배 등), 재배환경(기온변화 등)에 대부분 좌우되고 양적인 특징은 재배기질의 종류나 수분환경 등에 주로 좌우된다. 본 연구에서는 자실체의 상품성을 결정하기 위해 후자인 양적인 특징을 고려하였다. 동일한 개체중을 가진 자실체라면 그 자실체의 수분함량이나 갓의 크기 등에 의해 상품성이 결정되며 동일한 수분함량일 경우 상품성은 갓의 크기나 두께 등에 의해 결정된다고 볼 수 있다.

배양기간이 자실체의 품질에 미치는 영향을 파악하기 위해 배양기간별로 생산된 자실체 개체중을 측정한 결과는 Fig.3.3.12와 같다.

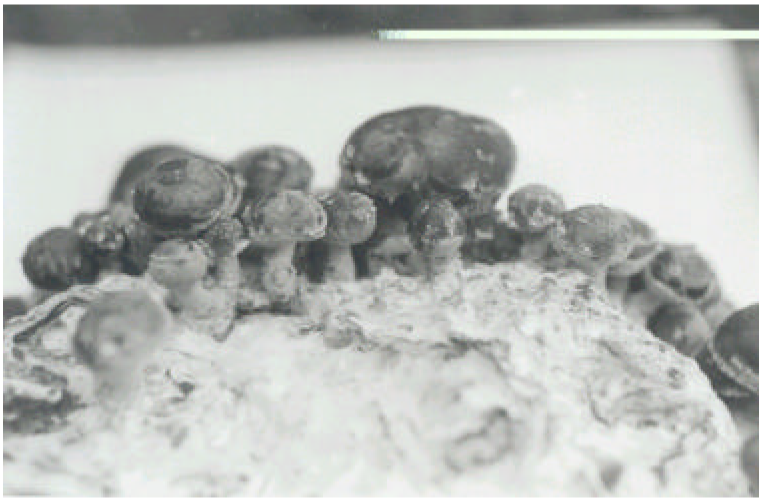


Fig.3.3.10. Numerous fruit-bodies, miniaturized and densely fruited owing to prolonged incubation (120 days) on waste based culture.

Note. 156 fruit-bodies were harevested at 1st flush on the culture in this photograph.

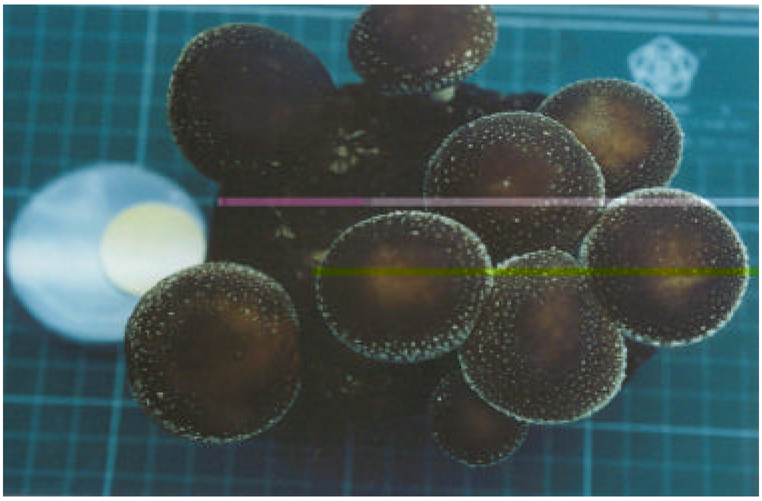


Fig.3.3.11. Several larger fruit-bodies on waste based culture incubated for 105 days.

배양기간의 증가에 따라 자실체 개체발생량이 증가한다는 것이 명백히 나타났다. 하지만, 배양기간 105일 까지는 배양기간이 길어질수록 자실체의 개체중은 지속적으로 증가하다가 그 이후로는 급속히 감소하는 경향을 보였다. 자실체의 개체중이 가장 많은 경우는 배양기간 100 110일 사이였으며 100일 이전이나 이후로는 큰 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과는 배양기간이 길어질수록 자실체의 발생개수는 많아지나 자실체의 품질(갓의 크기, 두께 등)의 저하에 기인한 것으로 사료된다.

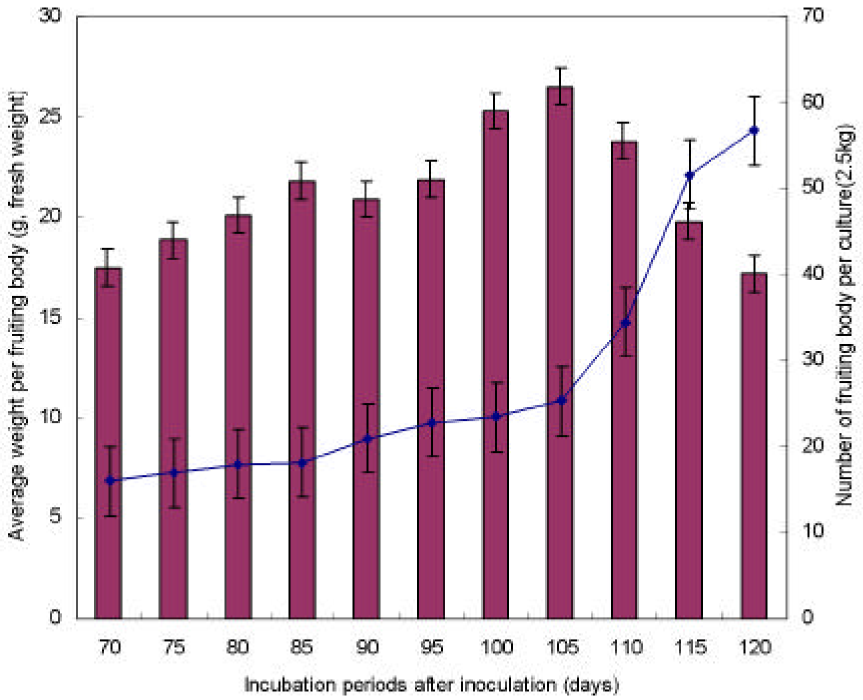


Fig.3.3.12. Effect of incubation periods on weight and number of *L. edodes* fruiting bodies on enokitake cultural waste supplemented by rice bran (20%,w/w).

Notes. (▬) Average weight of fresh fruiting body; (◆) number of fruiting bodies per culture (2.5kg).

바. 폐배지에 참나무류 톱밥 혼합이 자실체 품질에 미치는 영향

폐배지에 참나무류 톱밥 혼합이 자실체의 품질에 미치는 영향을 파악하기 위해 폐배지에 졸참나무 톱밥을 40%(w/w) 혼합한 배지에서 자실체의 수확한 후 자실체 갓의 직경과 두께를 측정한 결과는 Fig.3.3.14,15와 같다.

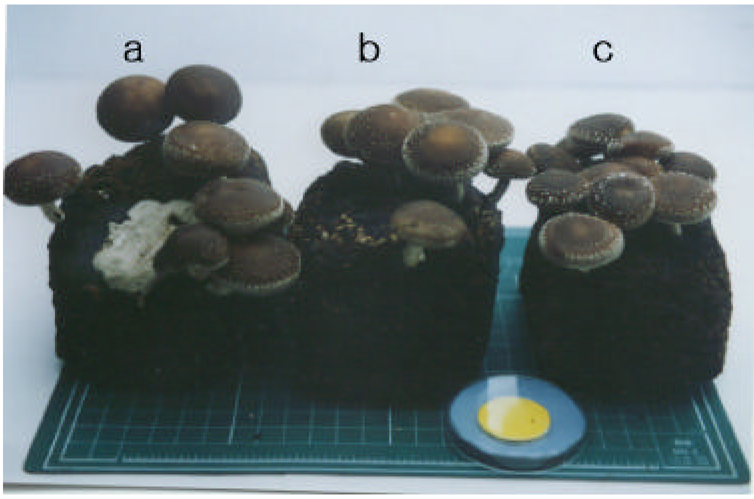


Fig.3.3.13. Effect of oak sawdust supplementation on the pileus diameter of *L. edodes* on enokitake cultural waste.

Note. a: waste; b: Oak mixed waste; c: Oak sawdust. Supplementation of oak sawdust to the waste caused the size and thickness of the pileus smaller and thinner.

일반적으로 폐배지에 참나무류 톱밥을 혼합함에 따라 자실체 갓의 직경과 두께는 감소하였다. 폐배지에서 생산된 자실체 갓의 직경의 범위는 4 14cm 였으며 60% 이상이 7 11cm 범위에 포함되었으며 약 23% 정도가 직경 10cm에 나타냈다. 졸참나무 톱밥에서의 자실체 갓의 직경의 범위는 2 13cm 였으며 60% 이상이 7 9cm 범위에 포함되었으며 약 23% 정도가 직경

8㎝에 나타냈다. 졸참나무가 혼합된 폐배지에서는 자실체 갓의 직경범위는 5 13㎝ 였으며 60% 이상이 8 10㎝ 범위에 포함되었으며 약 23% 정도가 9㎝를 나타냈다.

폐배지에 졸참나무 톱밥을 혼합함에 따라 생산된 자실체 갓의 분포범위는 혼합비가 증가할수록 그 범위가 증가하는 경향을 보이며 갓의 두께가 큰 분포는 폐배지에서 주로 나타났다.

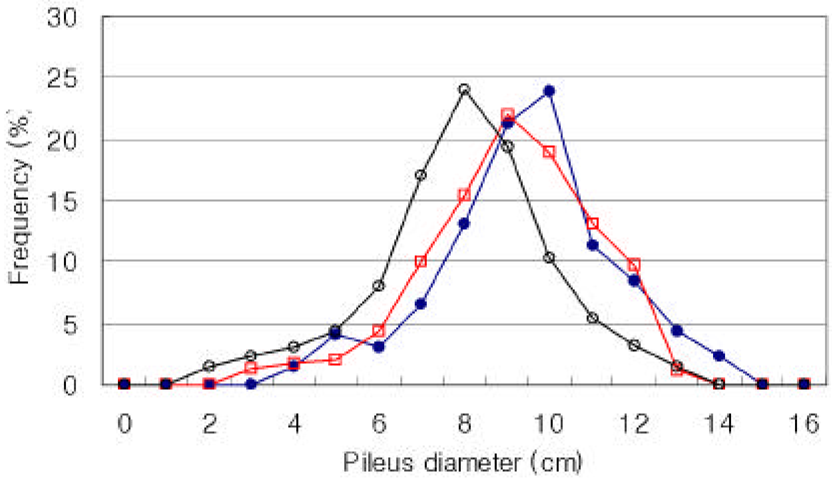


Fig.3.3.14. Effect of oak sawdust supplementation on the pileus diameter of L. edodes on enokitake cultural waste.

Note. (●) waste (□) Oak mixed waste (○) Cak sawdust.

폐배지에서 생산된 자실체 갓의 두께는 0.6 2.9㎝의 범위를 나타내었으며 30% 이상이 1.8 2.0㎝ 의 범위에 들며 약 18% 정도가 2.0㎝를 나타냈다. 졸참나무 톱밥에서 생산된 자실체는 그 두께의 분포가 0.2 2.4㎝를 나타냈으며 30% 이상이 1.6 1.8㎝의 범위에 들며 약 18% 정도가 1.8㎝의

두께를 보였다. 졸참나무가 혼합된 폐배지에서 자실체 갓의 두께는 0.2 2.8㎝ **의 분포를 나타내며** 30% **이상이** 1.8 2.0㎝**의 범위에 들며 약** 22% **정도가** 1.8㎝**를 나타냈다.**

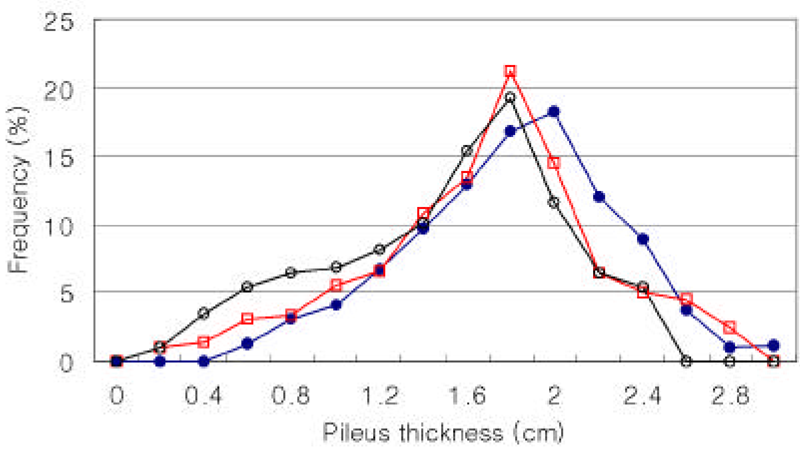


Fig.3.3.15. Effect of oak sawdust supplementation on the pileus thickness of *L. edodes* on enokitake cultural waste.

Note. (●) waste (□) Oak mixed waste (○) Cak sawdust.

제 4 절 요 약

1. 폐배지에서 공시균주의 생장특성

가. 폐배지에 미강 첨가에 따른 표고버섯균의 생장특성은 미강 20% 이상 처리시 월등한 생장도를 보이는 것으로 나타났으며 30 40% 처리시 20% 처리구와 큰 유의차를 나타내지 않았다.

나. 재배기질에 따른 표고버섯 균의 생장특성은 졸참나무, 발효미송, 폐배지, 발효폐배지 모든 배지에서 미강 10 40% 처리구 간에 큰 유의차는 없었으며 폐배지나 발효미송에 미강을 20% 이상 처리할 경우 참나무류 톱밥에서의 표고버섯 균의 생장도에 비해 큰 유의차가 없었다.

다. 폐배지의 용적중에 따른 표고버섯 생장특성은 일반적으로 용적이 증가함에 따라 균사생장도는 감소하는 것으로 나타났으며 적정 용적중은 0.17 0.23 (g/cc)의 범위에 해당했다.

라. 폐배지에 왕겨를 처리할 경우 생장촉진 효과는 보이지 않았으며 오히려 저해하는 경향을 보였다.

마. 폐배지에 $Ca(OH)_2$를 처리할 경우 0.1% 처리구에서는 균사생장 촉진효과를 보이나 그 이상 처리시 오히려 억제하는 것으로 나타났다.

2. 폐배지에서 공시균주의 수확특성

가. 폐배지에 미강을 20 30% 정도 처리시 수확량에 있어 배양기간은 약 20일, 갈변화 기간은 약 10일 정도 단축되었으며 수확량에 있어서 40% 처리구에 비해 큰 차이를 보이지 않았다.

나. 폐배지에 참나무류 톱밥을 비율별로 혼합하여 자실체를 생산한 결과 졸참나무 첨가량이 증가할수록 최대수확을 내는 소요배양기간은 단축되는 것으로 나타났으며 참나무류 톱밥을 최소 40% 이상 처리해야하는 것으로 나타났다.

다. 재배기질별 표고버섯의 자실체 수량은 폐배지에 비해 참나무류 톱밥 혼합비가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다.

라. 배양기간이 폐배지에서 표고버섯의 자실체 형성에 미치는 영향은 일반적으로 배양기간이 길어질수록 총 자실체 수량은 증가하는 것으로 나타났다. 하지만, 110일 이상 배양시 오히려 수량감소 현상이 보였다. 90일 이하의 배양 처리를 받은 배지는 1주기 수확량에 비해 2주기 수확량이 높았지만 95일 이상 배양 처리를 받은 배지는 1주기 수확량이 2,3주기 수확량보다 월등히 높았다.

마. 배양기간이 폐배지에서 표고버섯의 자실체 중량과 개수에 미치는 영향은 배양기간이 증가함에 따라 자실체의 발생개수가 증가한다는 것이 명백하게 나타났으며 자실체의 개체중은 100 110일 사이에 가장 높았으며 그 전후로는 큰 차를 보이지 않았다. 이러한 결과는 배양기간이 길어질수록

자실체의 발생개수는 많아지나 자실체의 품질이 저하됨을 나타낸다.

바. 폐배지에 참나무류 톱밥 혼합이 표고버섯 자실체의 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 일반적으로 폐배지에 참나무류 톱밥 혼합비가 증가할수록 자실체 갓의 직경과 두께가 감소하는 것으로 나타났다.

제 4 장 팽이버섯 폐배지를 이용한 팽이버섯 톱밥재배

제 1 절 서 설

팽이버섯(*Flammlulina velutipes*)은 세계버섯 총생산량의 4위를 차지하고 있으며 우리 나라에서도 느타리버섯 다음으로 생산량이 많은 버섯으로 그 생산량이 계속해서 증가될 추세를 보이고 있다. 팽이버섯 생산의 1위를 지키고 있는 일본의 경우 1950년대 처음으로 야생팽나무 버섯을 감나무 원목에 인공재배하기 시작한 후 1926년 포자접종법이 개발되면서 원목재배법이 성행되었다. 그 후 1987년 교잡육종법에 의해 백색계의 품종이 육성되면서 인공재배법이 활기를 띄게 되었다. 최근 일본에서 팽이버섯 생산량은 년간 약 10만톤으로 일본버섯산업의 선두자리를 차지하고 있다. 우리나라에서는 1989년 팽이버섯 재배농가수는 10여농가에 불과하였으나 1992년 농업기술연구소에서 팽이버섯 자동화 병재배시설을 보급하면서 생산량은 급증하고 있는 실정이다 (이 등, 1998).

일반적으로 다양한 활엽수류의 톱밥(참나무류, 포플러류, 백양나무류, 자작나무류)과 침엽수류의 톱밥(미송, 삼나무 등)이 재배기질로 이용가능하다 (Stametes, 1993). 일반적으로 침엽수류 톱밥은 미강 등의 첨가물을 첨가하지 않고 재배를 할 경우 팽이버섯균의 생장이 좋지 않지만 제재부산물인 톱밥의 대부분이 침엽수류이므로 활엽수류의 톱밥에 비해 단가가 낮으며 쉽게 구할 수 있으므로 병버섯 재배용 기질로 주로 사용되고 있는 실정이다.

팽이버섯균이 목재성분을 분해하는 형태는 약간의 이견(Zadrazil, 1985)이 있지만 일반적으로 백색부후균(White rot)으로 알려져 있다. 백색부후균은 침엽수재 보다는 활엽수재를 분해하는 특성이 있다. 활엽수재는 침엽수재에 비해 셀룰로오스 함량이 많을 뿐만 아니라 리그닌의 형태는 주로 Syringyl type인데 반해 침엽수재의 경우 Guaiacyl type이 많아 일반적으로 *Trametes versicolor*와 같은 백색부후균류에 내부후성이 강한 것으로 알려져 있다(Highley, 1982). 백색부후균에 의한 침엽수류의 부후재에서 주로 관찰되어지는 부후형태는 세포내강에서 세포간극 방향으로의 박벽화(cell wall thinning)나 침식구(eriosion troughs)를 형성하는 것이다(Eriksson 등, 1990). 하지만, 팽이버섯은 재배기간이 짧고 버섯균의 영양생장특성이 침엽수류의 톱밥인 목질섬유소보다는 첨가제인 미강에 의존도가 높다. 이러한 특성을 고려한다면 세포사이를 채우고 있는 middle lamella나 세포벽 구성성분의 대부분은 팽이버섯균이 분해하지 않았을 것으로 추정된다. 이 등(2001; unpubulished data)에 의하면 팽이버섯 1주기 수확 후 폐배지의 부후특성은 목재세포벽의 분해는 크게 일어나지 않았으며 다른 버섯재배용 기질로 재활용하기에 충분한 목질세포물질을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

현재 우리나라는 팽이버섯 재배기술이 정착되어 완전히 산업화되어 있는 실정이다. 각 재배농가에서 매일 발생하는 부산물인 폐배지는 일부 퇴비제조용으로 재활용되고 있을 뿐 그 활용도가 낮다. 만약, 팽이버섯 생산이 2주기 형성이 가능하거나 폐배지를 이용해서 다시 팽이버섯을 생산할 수 있다면 목질셀룰로오스 자원의 활용도를 한층 더 높일 수 있으며 팽이버섯 생산단가도 더 낮출 수 있을 것으로 사료되어 본 연구를 수행하는 바이다.

제 2 절 연구수행 내용 및 방법

1. 팽이버섯 폐배지에서 팽이버섯 균의 생장특성

공시폐배지에 적합한 팽이버섯 균주선정, 균주별 적정 최적합성배지 조제를 위한 적정 배지 조건을 규명하기 위해 첨가물로서 미강, 왕겨, pH 조절제, 배지 입병량 등에 따른 공시균주의 생장특성을 파악하기 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다.

가. 폐배지에 미강 첨가에 따른 팽이버섯 균의 생장특성

공시폐배지(10mesh 이하)에 미강을 0 40%(w/w)로 배합 후 수분을 65-67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Test-tube (D24㎜×L20㎜)에 62g(Wet weight)씩 넣고 일정(B.D., 0.21)하게 다진 후 Cotton-plug로 면전하여 Autoclavation (121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 Petri-dish에 기배양된 팽이버섯균 (TK, M50)을 접종(Cork borer No.5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear growth rate, ㎝/24h)를 산정 하였다.

나. 재배 기질별 팽이버섯 균의 생장특성

공시 폐배지 시료 채취 장소인 팽이버섯 공장(호남버섯연구소)에서 사용하는 발효미송 (Aging *Pinus* spp.), 팽이버섯 1주기 수확 후의 폐배지 (Enokidake cultural waste; Waste), 이 폐배지를 야외에서 30 40일간 발효하여 팽이버섯 균사체 및 냉·온수 추추물을 제거시킨 발효폐배지(Aging waste), 그리고 일반적으로 표고버섯 재배에 사용되어지는 졸참나무 (*Quercus serrata*)의 톱밥에 미강을 10:2(w/w)로 배합하여 시료를 제조하였다. 이렇게 제조된 재료에 수분을 65 67%로 조절 후 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Test-tube(D24㎜×L20㎜)에 62g(Wet weight)씩 넣고 일정(B.D.,0.21)하게 다진 후 Cotton-plug로 면전을 하여 Autoclavation (121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 Petri-dish에 기배양된 팽이버섯균(TK,M50)을 접종(Cork borer No. 5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear growth rate, ㎝/24h)를 산정 하였다.

다. 폐배지 용적중에 따른 팽이버섯 균의 생장특성

위에서 설명한 바와 같이 조제된 시료를 입병량(B.D. 0.17 0.27, g/cc)을 달리하여 Test-tube(D24㎜×L20㎜)에 넣고 다진 후 Cotton-plug로 면전하여 Autoclavation(121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 Petri-dish에 기배양된 팽이버섯균(TK,M50)을 접종(Cork borer No. 5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear growth rate, ㎝/24h)를 산정 하였다.

라. 폐배지에 왕겨 첨가에 따른 팽이버섯 균의 생장특성

공시폐배지(10mesh 이하)에 미강을 10:2(w/w)로 배합 후, 이 혼합재료에 왕겨를 0, 5, 10, 20%(w/w), 수분을 65-67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Test-tube(D24㎜×L20㎜)에 62g(Wet weight)씩 넣고 일정(B.D.,0.21)하게 다진 후 Cotton-plug로 면전하고 Autoclavation (121℃, 30min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃)하여 Petri-dish에 기배양된 팽이버섯균(TK,M50)을 접종(Cork borer No.5)하였다. 접종 5일 후부터 2일 간격으로 측정하여 생장도(Linear growth rate, ㎝/24h)를 산정 하였다.

마. 폐배지의 pH에 따른 팽이버섯 균의 생장특성

위에서 설명한 바와 같이 혼합배지를 조제하고 $Ca(OH)_2$를 배지건중량의 0 0.5%까지 처리하여 기배양된 팽이버섯 균을 접종하여 생장도를 산정 하였다.

2. 팽이버섯 수확특성

가. 폐배지에 미강 첨가별 팽이버섯 자실체 형성특성

공시폐배지(10mesh 이하)에 미강을 0 40%(w/w)로 배합 후 수분을 65-67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Autoclavable polypropylene bottle(900㎖)에 입봉(B.D. 0.21 0.23)하고 일정하게 다지고 나서 Air-filter가 부착된 Screwcap으로 마개를 한 후 Autoclavation(121℃, 60min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 톱밥배지에 기배양된 공시균을 접종하고 배양하였다. 90% 정도 배양이 완료되었을 때 균긁기를 하여 핀발생 부위를 편평히 하였다. 균긁기를 한 병들은 10 12℃의 발이실에 놓고 80 85%의 실내습도를 유지하였다. 일정기간이 지난 후 핀발이가 완료되고 자실체가 병의 입구 부위 정도까지 생장할 때 자실체의 고른 생장을 위해 5 8℃정도의 저온처리를 하였다. 자실체가 병입구로부터 2 3㎝ 정도 자랐을 때 권지를 씌워 자실체의 균일한 길이가 약 2㎝ 정도 되었을 때, 권지를 씌우고 자실체 발생을 유도하여 수

량을 조사하였다.

나. 재배기질별 팽이버섯 자실체 형성

일반적으로 팽이버섯 공장에서 사용하는 발효미송(Aging *Finus* spp., 폐배지(Waste), 발효폐배지(Aging waste), 졸참나무혼합배지1(P:W=4:6), 졸참나무혼합배지2(P:W=6:4), 포플러혼합배지에 미강을 10:2(w/w)로 배합한 후 수분을 65 67% 정도 조절 후 입봉하여 Autoclavation(121℃, 60min) 처리 후 공시균(M50, TK)을 접종·배양하여 초발이 소요일 수, 수확량을 측정하였다.

다. 용적중에 따른 팽이버섯의 초발이 소요일수 및 수확량

공시폐배지(10mesh 이하)에 미강을 0 40%(w/w)로 배합 후 수분을 65-67%로 조정하여 시료를 조제하였다. 이렇게 조제된 시료를 Autoclavable polypropylene bottle(900ml)에 배지의 용적중이 0.17 0.29 정도 되게 입병하고 일정하게 다지고 나서 Air-filter가 부착된 Screwcap으로 마개를 한 후 Autoclavation(121℃, 60min) 처리하였다. 살균이 끝난 배지는 냉각(15℃) 후 톱밥배지에 기배양된 공시균을 접종하고 배양하였다. 90% 정도 배양이 완료되었을 때 균긁기, 억제작업, 자실체 발생을 유도하여 초발이 소요일수 및 자실체 수량을 조사하였다.

3. 팽이버섯 2주기 발생

가. 영양원 처리별 팽이버섯 2주기 발생

팽이버섯을 1주기 수확한 배지(탈병 안된 배지)를 수거하여 수확 후의 자실체의 잔재물(Remains)을 제거하고 균긁기를 처리한 후 탄소원(Dextrin, Dextrose; 0, 0.1,0.5,1%, w/v), 질소원(Peptone, Glutamic acid; 0.01, 0.1, 1%, w/v), 천연영양원(미강)을 함유한 증류수(Distilled water)를 처리하여 자실체 발생을 유도하고 수확량을 산정하였다.

나. 재접종에 의한 팽이버섯 2주기 발생

팽이버섯 1주기를 수확한 배지(탈병 안된 배지)를 수거하여 수확 후의 자실체의 잔재물(Remains)을 제거하고 균긁기 처리를 한 후 액체 및 톱밥 종균을 접종하고 일정기간(10 20일) 배양하고 자실체 발생을 유도하여 수확량 및 오염율을 측정한다.

제 3 절 연구 결과

1. 팽이버섯 폐배지에서 팽이버섯 균의 생장특성

가. 폐배지에 미강 첨가에 따른 팽이버섯 균의 생장특성

공시 폐배지(Fresh enokidake cultural waste)에 미강을 비율별(w/w)로 처리하여 배지를 조성하고 공시균(TK,M50)을 접종 5일 후부터 2일 간격으로 생장도(Growth rate, ㎝/24h)를 측정한 결과 다음과 같다.

Table 1.1. Effects of rice bran on the linear mycelial growth of F. velutipes on enokitake cultural waste.

Strains / Rice Bran (%)	M50	TK
0	0.30±0.05b	0.36±0.12b
10	0.34±0.08	0.44±0.08
20	0.34±0.10	0.43±0.09
30	0.36±0.10	0.44±0.08
40	0.39±0.05	0.41±0.04

Notes. Growth rate is expressed by the average and standard deviation of 9 replicates and b means significant difference among the growth ratio in five media differently treated.

첨가물로서 미강을 0 40%(w/w) 처리한 공시 폐배지(enokitake cultural waste)에 팽이버섯 균주(M50, TK)를 접종·배양하여 균사생장도(Linear grwoth rate)를 파악한 결과는 Table 1.1.과 같다.

M50의 경우 무처리구(0%)에 비해 미강의 첨가효과가 거의 나타나지 않은 것으로 나타났으며 40% 처리구에서만 유의차가 인정되는 것으로 나타났다. TK의 경우, 10% 처리구에서 월등한 효과가 나타났으며 10 40% 처리구 간에는 유의차가 인정되지 않았고, 공시폐배지용 균주로는 TK 균주가 확인되었으며 미강배합비율은 10%가 적당한 것으로 나타났다.

나. 재배 기질별 팽이버섯 균의 생장특성

일반적으로 팽이버섯을 재배하는 발효미송(Aging *Pinus* spp.), 팽이버섯 1주기를 수확한 폐배지(Fresh enokidake cultural waste), 30-40일 정도 야외발효 처리한 발효폐배지(Aging waste), 졸참나무(*Quercus serrata*) 톱밥에 일정량의 미강을 첨가(10:2, w/w)하여 공시 팽이버섯 균을 접종 5일 후부터 2일 간격으로 생장도를 측정한 결과 다음과 같다.

재배기질별 공시 팽이버섯 균주의 생육특성을 살펴보면 TK 균주의 경우 폐배지와 졸참나무 톱밥은 미강 무처리구에서도 생육이 양호하였으며 미강 10% 이상 처리시 처리구간에 큰 유의차가 인정되지 않았다. 발효미송이나 발효폐배지의 경우 미강 무처리구에서는 완전히 생육이 저해되었으나 미강 10% 이상 처리구에서는 큰 유의차를 나타내지 않았으며 미강 20% 처리시 생육이 상당히 우수하였다(Fig. 5.2.4-1).

M50 균주의 경우 발효 폐배지를 제외한 모든 처리구에서 생육이 양호하였으며 처리구 간에 큰 유의차가 인정되지 않았다. 이상으로 미루어 보아 폐배지의 경우 모든 처리구에서 생육이 매우 양호하여 폐배지용 적합 균주

로서는 M50이 가장 적합한 것으로 나타났다 (Fig. 5.2.4-2).

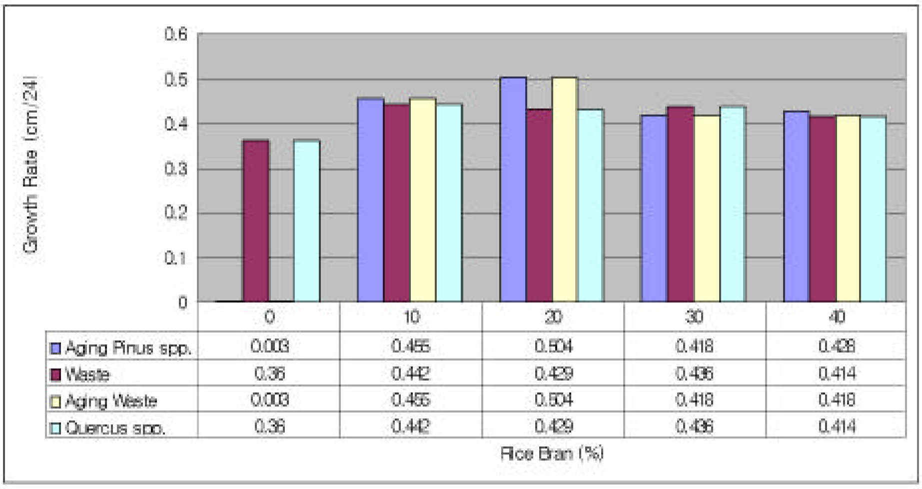


Fig.1.1. Linear growth rate of *F. velutipes*(TK) on variously treated sawdust substrates.

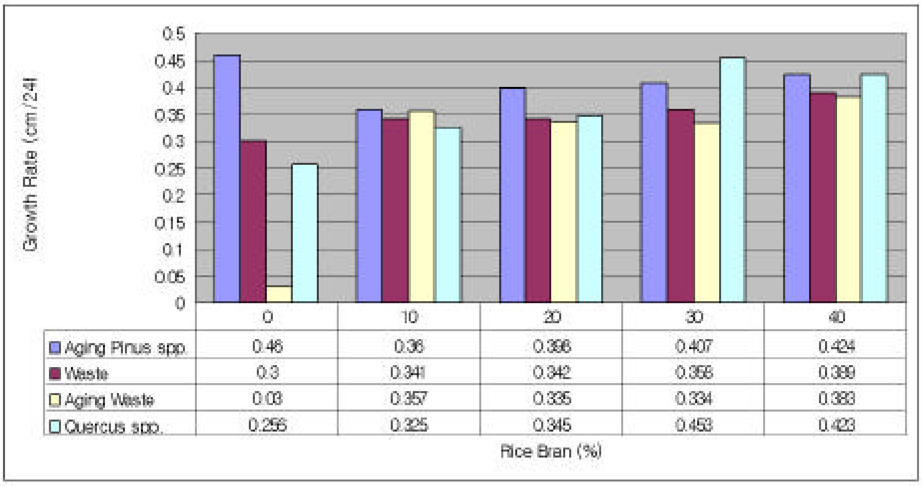


Fig.1.2. Linear growth rate of *F. velutipes*(M50) on variously treated sawdust substrates.

다. 용적중에 따른 팽이버섯 균의 생장특성

공시 팽이버섯 균주의 생육에 적합한 폐배지의 적정 배지 충진량을 결정하기 위한 적정 용적중 (g/cc) 선발실험 결과는 Table 1.2.와 같다.

Table 1.2. Effects of bulk densities of enokidake cultural waste on the linear growth of *F. velutipes*.

Strains / Bulk Density (g/cc)	Growth Rate (㎝/24h)	
	M50	TK
0.17	0.34±0.03	0.40±0.02
0.19	0.35±0.06	0.39±0.02
0.21	0.37±0.02	0.41±0.05
0.23	0.31±0.05	0.39±0.04
0.25	0.29±0.03	0.35±0.02
0.27	0.29±0.04	0.33±0.01

Notes. a and b mean the average and standard deviation of 9 replicates and c means significant difference among the growth ratio in five media differently treated.

M50 균주 보다는 TK 균주가 각 용적중별 생육범위가 넓게 나타났다. M50 균주의 경우 적정 용적중은 0.21 (g/cc) 였으며, 0.21 이하에서는 오히려 생육이 지연되었으며 TK 균주의 경우 0.17 0.23 (g/cc)에서 큰 차이를 보이지 않았다.

폐배지에서 균주별 적정 용적중은 다음 Fig5.2.5의 Linear Regression Model로 나타낼 수 있다. 표고버섯 San 5균주의 경우 직선회귀식보다 곡선회귀식(RE1)에 가까운 경향을 보였으며 San 6, N603 균주의 경우 직선회귀식(RE2,3)을 나타내었다. 팽이버섯 균주(M50,TK)의 용적중별 생육범위는 곡선회귀식을 나타내었다.

Y = 0.104+3.09X-0.86X2 ----------------- [Regression Equation 1]

Y = 0.509-0.79X ------------------------ [Regression Equation 2]

Y = 0.668-1.38X ------------------------ [Regression Equation 3]

Y = 0.042+3.47X-9.65X2 ----------------- [Regression Equation 4]

Y = -0.151+5.64X-14.33X2 --------------- [Regression Equation 5]

Fig. 5.2.5에서 보듯이 팽이버섯 균주 보다는 표고버섯의 경우가 폐배지의 용적중의 증가와 약한 음의 상관성(Negative Correlation)을 갖는 것으로 나타났으며 균주별 상관도는 N603 〉 San 6 〉 San 5 〉 M50 〉 TK 의 순이며 TK의 경우 용적중의 감소에 따라 오히려 생장도가 감소하는 것으로 나타나고 있으며 팽이버섯 균주(M50,TK)의 경우 적정 용적중은 BD 0.19 0.23 선으로 나타나고 있다.

라. 폐배지에 왕겨 첨가에 의한 팽이버섯 균의 생장특성

공시 팽이버섯 균주의 생육에 적합한 폐배지의 공극율 조정을 위해 왕겨를 비율별(w/w)**로 처리한 결과는** Table 1.3.**과 같다**.

Table 1.3. Effects of rice hull supplementation to the enokidake cultural waste on the linear growth of *F. velutipes*.

Strains / Bulk Density (g/cc)	Growth Rate (㎝/24h)	
	M50	TK
0	0.43±0.13	0.45±0.08
5	0.30±0.07c	0.35±0.11c
10	0.29±0.08c	0.35±0.11c
15	0.31±0.08c	0.34±0.02c
20	0.33±0.11c	0.33±0.09c

Notes. a and b mean the average and standard deviation of 10 replicates and c means significant difference (p=0.05) in their growth rates with that of control.

일반적으로 모든 균주에서 왕겨처리에 의한 생장저해 현상이 나타났다.

마. 폐배지의 pH별 팽이버섯 균의 생장특성

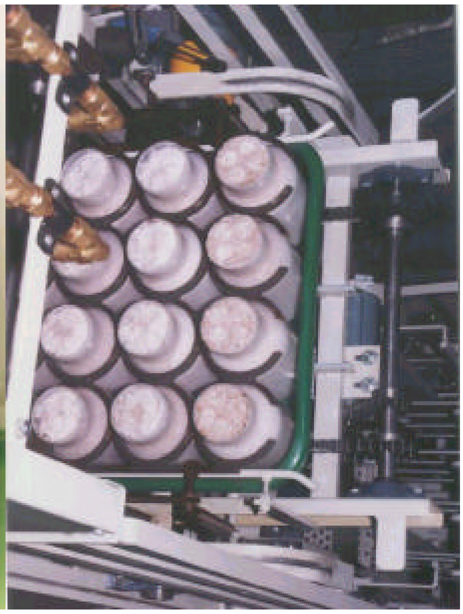
Table 1.4. Effects of $Ca(OH)_2$ addition to the enokitake cultural waste on the linear growth of *F. velutipes*.

Strains / $Ca(OH)_2$(%)	Growth Rate (cm/24h)		pH
	M50	TK	
0	0.40±0.14	0.45±0.11	5.90
0.1	0.40±0.06	0.52±0.06c	6.01
0.2	0.34±0.19	0.40±0.14	6.10
0.3	0.36±0.12	0.41±0.17	6.15
0.4	0.36±0.11	0.37±0.12	6.21
0.5	0.35±0.08	0.43±0.13	6.23

Notes. a and b mean the average and standard deviation of 10 replicates and c means significant difference (p=0.05) in their growth rates with that of control.

팽이버섯 균의 경우, $Ca(OH)_2$ 0%, 0.1% 처리구에서 생장도가 높았으며 특히, TK 균주의 경우 0.1% 처리구에서 무처리구에 비해 유의차가 인정되었다.

이상의 결과를 보면, 표고버섯 재배에 있어서는 폐배지(Enokidake Cultural Waste)의 pH가 적절하여 특별한 pH 조절이 불필요한 것으로 보이며, 팽이버섯 균주의 경우 0.1% 정도 처리할 필요성이 있다고 사료된다.



2. 폐배지에서 팽이버섯 자실체 형성

가. 폐배지에 미강 배합에 따른 팽이버섯 자실체 형성

천연 영양원인 미강을 폐배지와 혼합하여 팽이버섯 균주를 접종, 배양하여 초발이 소요일수 및 자실체 생산량을 조사한 결과 다음과 같다.

Table 2.1. 폐배지에 미강 배합에 따른 공시균주의 자실체 형성(팽이버섯)

Rice Bran(%)	M50		TK	
	Periods for Pinhead-initiation(day)	*Yields(g)	Periods for Pinhead-initiation(day)	Yields(g)
0	55.3a	87.02a	50.1a	90.65a
10	44.6	130.41a	43.4	119.89a
20	45.1	163.46	39.9	156.44
30	42.9	159.80	41.8	160.97
40	40.6	162.78	43.4	155.49

Notes.

* means the fresh weight of fruitbodies per bottle (900cc) which is average of 160 replications (10Box).

a indicate the siginficant differnece ($p=0.05$) among the treated media.

미강 배합비별 공시 팽이버섯 균주의 자실체 발생기간은 무처리구(미강 0%)를 제외하고는 큰 유의차를 보이지 않는다.

TK 균주의 자실체 발생 소요기간은 미강 10 40% 처리시 큰 유의차를 보이지 않았으며 미강 무처리구의 경우는 M50 균주와 같이 상당히 지연되는 것으로 나타났다.

미강 처리에 따른 수확량은 공시균주 공히 미강 20 40% 처리구에서 높은 수량을 나타내고 있으며 미강 10% 처리구에 비해 유의차가 인정되었다.

이상과 같이 천연영양원인 미강을 폐배지와 혼합한 결과, 두 균주 모두 미강을 10% 이상 처리시 초발이 소요일수가 단축되었다. 수확량에 있어서는 20% 이상 처리시 수량이 증수되는 것으로 나타났으며 30, 40% 처리구와 유의차가 인정되지 않았다. 그러므로 미강을 20%를 배합하는 것이 수확량이나 경제적인 측면에서 제일 효과적일 것으로 사료된다.

나. 폐배지에 재배기질별 팽이버섯 자실체 형성

폐배지를 이용한 팽이버섯 자실체 형성을 위한 최적 재배기질을 선정하기 위해 발효미송(Aging Pinus spp.), 폐배지(Fresh Waste), 발효폐배지(Aging Waste), 미송혼합배지(Mixe Waste1,2)별로 공시균주를 접종, 배양하여 수확한 결과 다음과 같다.

M50 균주의 자실체 형성에 소요되는 기간은 발효미송, 혼합배지 1, 2는 42 43일 정도이며 발효폐배지는 47일 정도였다. 일반적으로 사용되어지는 발효미송 배지에서는 자실체 생산량이 167.34g으로 최대치를 나타내고

있으며 발효폐배지의 경우 수확량이 131.99g, 혼합배지 1의 경우 116.21g 으로 저조하였으며 폐배지는 145g으로 아주 좋은 결과를 얻었다.

Table 5.5.2 재배기질별 팽이버섯 자실체 형성량

Selected Media	M50		TK	
	Periods for Pinhead-initiation(day)	*Yields(g)	Periods for Pinhead-initiation(day)	Yields(g)
Aging Pinus spp.	42.5	167.34a	40.8	156.8
Waste	45.7	145.46	43.4	143.4
Aging Waste	47.2	131.99b	39.9	137.3a
Mixed Waste 1	43.1	116.21c	41.8	147.90
Mixed Waste 2	42.3	145.93	43.4	157.87

Notes.

* means the fresh weight of fruitbodies per bottle (900cc) which is average of 160 replications (10Box).

a indicate the siginficant differnece (p=0.05) among the treated media.

TK 균주의 경우 자실체 형성에 소요되는 기간은 약 40 43일 정도로 일률적이며 수확량은 혼합배지2에서 157.87g, 발효미송은 156.8g, 폐배지 143.3g, 혼합배지1 147.90g, 발효폐배지는 137.3g으로 나타났으며 이결과를 미루어 보아 폐배지와 발효미송과의 큰 차를 보이지 않아 폐배지 재활용 가능성을 얻었다.

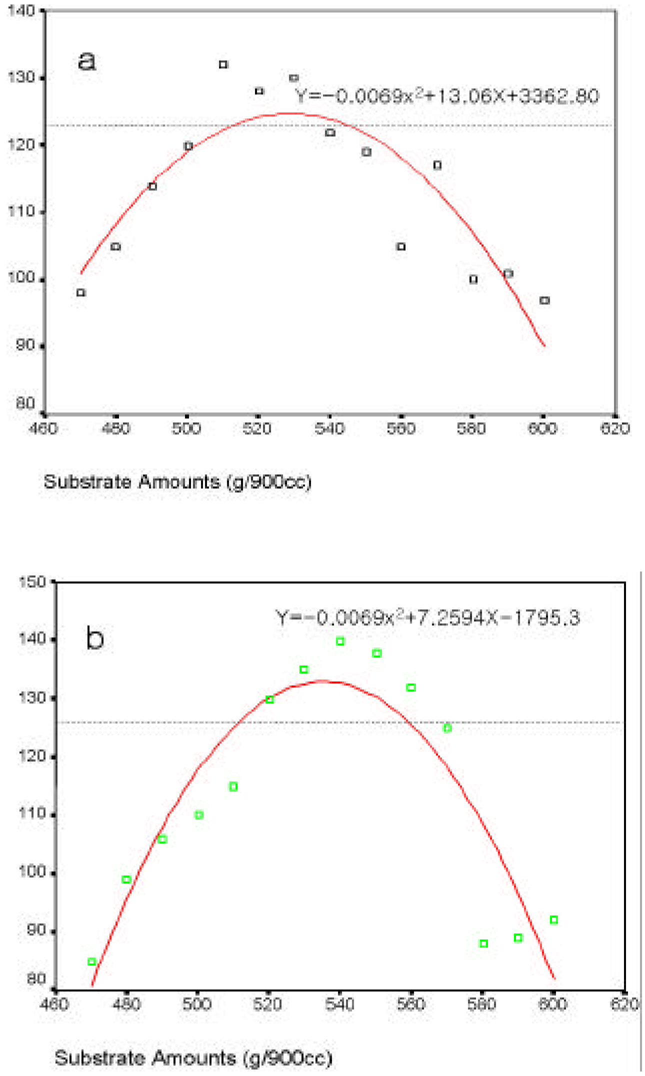


Fig. 1.1. Effect of substrate amount on the fruiting yields of *F. velutipes*.

Note. Each a and b show the regression curve and equation of the fruiting yields according to the amounts of substrate, enokitake cultural waste and *Populus* mixed waste.

3. 팽이버섯 2주기 발생

가. 증류수 처리별 팽이버섯(M50) 2주기 발생

Table 3.1. 증류수 처리별 팽이버섯 자실체 생산량

Additives	Concentration	Yields (g)	%
Distilled Water (㎖)	0	32.90	100.0
	20	48.02	146.0
	40	68.28	207.5
	60	68.90	209.4
	80	40.08	121.8
	100	36.02	109.5

1주기 수확 배지에 증류수를 첨가하여 2주기 발생을 한 결과 증류수 40 60㎖ 처리구에서 수확량이 68.28 68.90g의 수확이 가능하여 무처리구(0㎖)에 비해 약 200 210% 증수를 하였다.

나. 영양원 처리별 팽이버섯 2주기 발생

증류수 처리구(40 60㎖)에 비교한 영양원 첨가의 효과는 표 5.2.2와 같다. 일반적으로 Dextrin, Carrot Extracts, Scallian Extracts, Onion Extracts, Rice Bran Extracts 등의 처리구에서 증수효과가 나타났다.

Table 2.1. Second flushes of *F. velutipes* on waste substrate, treated with several carbon, nitrogen sources and natural extracts.

Additives	Concentration (%)	Yields (g)
Distilled Water	-	68.55
Dextrin	0.1	54.33
	0.5	57.24
	1	80.35
Dextrose	0.1	68.34
	0.5	48.78
	1	61.76
Peptone	0.01	67.88
	0.1	48.90
	1	30.22
Glutamic Acid	0.01	64.33
	0.1	63.31
	1	38.93
Rice Bran Extracts	0.1	60.55
	1	92.06
	3	63.01

Dextrin 처리구의 경우 0.5% 이하에서는 오히려 수확량이 저하되었으며 1% 처리구에서는 117.15% 정도로 증수되었다.

Rice Bran 처리구는 1%에서 증수되었으나 0.1%, 3% 처리구에서는 수확량

이 감소하였다.

이상의 결과를 보면,

Dextrin 1%(80g, 117%), Carrot Extracts 1%(89g, 130%), Scallion Extracts 0.1%(80g, 117%), Onion Extracts 0.1%(85g, 124%), Rice Bran 1%(92g,134%)로 상당한 결과를 얻었으나 2차년도에 첨가물 투여량 및 재접종 방법 등을 다양하게 연구할 계획이다.

Table 2.2. Second flush of *F. velutipes* on waste substrate, re-inoculated with sawdust and liquid spawn.

Reinocul. / Incubat. Peri.	Distilled Water		Sawdust Spawn		Liquid Spawn	
	Yields(g)	Contamin.	Yields(g)	Contamin.	Yields(g)	Contamin.
10	72.35	3	0	1	85.35	0
15	87.05	5	105	2	121.22	1
20	74.88	7	114	2	123.06	2

제 4 절 요 약

1. 팽이버섯 페배지에서 팽이버섯 균의 생장특성

가.페배지에서 미강 첨가에 따른 팽이버섯균의 생장특성은 미강 10% 처리시 20 40% 처리구에 비해 큰 유의차를 나타내지 않았다.

나.재배기질별 팽이버섯균의 생장특성은 미강 10% 이상 처리구에서 큰 유의차를 나타내지 않았으나 미강 20% 처리시 모든 재배기질에서 생육이 상당히 우수한 것으로 나타났다.

다. 폐배지에서 팽이버섯균의 생장이 양호한 배지의 용적중은 M50 균주의 경우 0.21 (g/cc)였으며 TK 균주의 경우 0.17 0.23 (g/cc)로 나타났다.

라. 폐배지에 왕겨를 처리할 경우 모든 균주에서 생육이 저해되는 것으로 나타났다.

마. 폐배지에 Ca(CH)2 0.1% 처리구에서 팽이버섯 균의 생장이 약간 촉진되는 것으로 나타났다.

2. 폐배지에서 팽이버섯의 자실체 형성특성

가. 폐배지에 미강을 10% 이상 처리시 팽이버섯의 초발이 소요일수가 단축되었으며 미강을 20% 이상 처리시 수량이 증수되는 것으로 나타났다.

나. 폐배지와 발효미송에서 팽이버섯 자실체의 형성특성을 조사한 결과 발효미송에 비해 폐배지에서의 초발이 소요일수 및 자실체 수량이 높은 것으로 나타났으나 큰 차이를 보이지는 않았다.

제 5 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도

제 1 절 연구개발 목표 달성도

1. 폐배지의 부후특성 파악

가. 폐배지의 이화학적 특징 규명
나. 폐배지의 현미경적 특징 규명

2. 폐배지를 이용한 표고버섯 생산기술 개발

가. 폐배지에서 표고버섯 균의 생장 특성 규명
나. 폐배지를 이용한 표고버섯 생산 기술 개발

3. 폐배지를 이용한 팽이버섯 생산기술 개발

가. 폐배지에서 팽이버섯 균의 생장 특성 규명
나. 폐배지를 이용한 팽이버섯 생산 기술 개발
다. 팽이버섯 2주기 생산 가능성 제시

제 2 절 대외기여도

1. 학술분야

가. 논문발표

1) 이광호, 김윤수, 이성진, 채정기, 2001. 1주기 수확을 끝낸 팽이버섯 (*Flammulina velutipes*) 재배용 톱밥배지 분해의 현미경적 특징. 한국자원식물학회지 (게재예정)
2) Chai J.K., K.-M.Wi, S.J.Lee and Y.J.Kim, 2000. Fruiting patterns of *Lentinus edodes* on enokitake cultural waste depending on rice bran supplemenation and incubation time. Res. Bullet. Forests. Chonnam Nat. Univ. No.16
3) Chai J.K., S.J. Lee, K.-M.Wi and Y.J.Kim, 2000. Reutilization of enokitake cultural waste as *Lentinus edodes* cultivation substrate. Plant Resources 3(2).
4) Chai, J.K., S.J. Lee, Y.J.Kim, Y.-I Kim and N.H.Kim, 2000. The recycling of enokitake cultural waste and the potentiality of 2nd flush for enokitake production.

나. 심포지엄

1) 채정기, 이성진, 김영주. 1999. 병버섯 폐배지를 이용한 식용버섯 재배에 관한 연구 - 팽이버섯. 한국자원식물학회 제6차 학술발표회.

2) 채정기, 이성진, 김영주. 1999. 병버섯 폐배지를 이용한 식용버섯 재배에 관한 연구 - 표고버섯. 한국자원식물학회 제6차 학술발표회.
3) 채정기, 김유이, 장성희. 1999. 폐배지를 이용한 팽이버섯 2주기 생산. 한국자원식물학회 제6차 학술발표회.
4) Chai, J.K., S.J.Lee, Y.S.Kim and K.H.Lee, 1999. Biodegradation of mill-waste substrate by *Flammulina velutipes*. 한국자원식물학회 제6차 학술발표회.

2. 연구 기술 분야

본 연구 결과중 표고버섯 톱밥재배분야는 광주 전남지역 농민과 장흥표고유통공사(전남 장흥)에 배지조제 및 농가형 재배기술을 보급·생산중이다. 또한 본 대학 최고농업경영자과정의 학생 및 대학생들에게 기술교육을 하고 있으며 본 대학 부속연습림에서 수익 및 연구사업의 일환으로 폐배지를 이용해서 표고버섯을 생산하고 있는 실정이다.

팽이버섯 톱밥재배의 경우, 호남버섯연구소(전남 나주 소재), 백양사농협버섯사업소(전남 장성), 땅끝 팽이버섯(전남해남), 팽이버섯사업소(전남 강진)에 기술보급을 하였다.

제 6 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 팽이버섯 균의 부후특성

가. 본 연구의 결과는 팽이버섯 균의 재배기질의 분해에 있어서 선호도 및 분해 기작에 관한 기초적 연구결과를 제시한 바, 이러한 결과는 “버섯 균과 재배기질의 특이성”이라는 논점에서 앞으로의 지속적 연구가 필요하다고 하겠다.

나. 본 연구의 결과는 팽이버섯 생산에 있어 목질섬유소 보다는 미강성분의 의존도가 높은 것으로 추정된 바, 이러한 결과는 “버섯재배에 있어 미강 및 목질섬유소의 역할”이라는 논점에서 앞으로의 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다.

2. 표고버섯 톱밥재배

본 연구의 결과는 폐배지에서 표고버섯 생산의 가능성을 충분히 시사하였으며 농가실증재배에 의해 재배방법에 따른 표고버섯의 자실체 형성 및 품질 특성이 제시되었다. 이러한 결과에 대한 활용방안은 다음과 같다.

가. 개발된 기술의 농가 교육

- 버섯 재배 기술에 관련된 교재 및 월간지에 기술내용 수록

나. 개발된 기술의 현장 교육

- 본 대학 최고농업경영자 과정 등의 실습과정을 통한 기술교육

다. 개발된 기술의 응용

- 다양한 봉지 재배용 기질로의 활용 가능성 타진
- 영지버섯, 느타리버섯, 잎새버섯, 노루궁뎅이버섯 등

3. 팽이버섯 톱밥재배

본 연구의 결과는 폐배지에서 팽이버섯 생산의 가능성을 충분히 시사하였으며 농가실증재배에 의해 재배방법에 따른 팽이버섯의 자실체 형성 및 품질 특성이 제시되었다. 이러한 결과에 대한 활용방안은 다음과 같다.

가. 개발된 기술의 농가 교육 및 기술 현장 보급

- 버섯 재배 기술에 관련된 교재 및 월간지에 기술내용 수록
- 팽이버섯 재배용 기질로 재활용 유도

나. 개발된 기술의 현장 교육

- 본 대학 최고농업경영자 과정 등의 실습과정을 통한 기술교육

다. 개발된 기술의 응용

- 다양한 병재배용 기질로의 활용 가능성 타진
- 새송이버섯, 애느타리버섯, 맛버섯 등

4. 팽이버섯 2주기

팽이버섯 2주기 생산 가능성에 관한 연구 결과는 일부 제시된 바 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

가. 액체 및 톱밥종균의 재접종에 의한 2주기 생산

- 본 연구팀에 의해 지속적으로 수행중.
- 종균의 배지조성 및 처리방법에 따른 팽이버섯 2주기 생산의 가능성

나. 초다수성 병버섯 재배용기 개발에 의한 2주기 생산

- 본 연구팀은 현재 농림부 특정과제에 의한 연구인 “초다수성 병버섯 재배용기 및 생산시스템 개발”의 일환으로 개발·수행중이며 이에 대한 지속적인 연구의 필요성을 제시하는 바이다.

제 7 장 참고문헌

이덕희, 김용균, 김홍규, 한규홍, 문창식, 허일범, 1998. 농산 부산물을 이용한 애느타리 및 버들송이의 배지재료 활용효과. 한국균학회지, 26(1), 47-50.

이광호, 김윤수, 이성진, 채정기, 2001. 1주기 수확을 끝낸 팽이버섯(*Flammulina velutipes*) 재배용 톱밥배지 분해의 현미경적 특징. 한국자원식물학회지 14(1)(계재예정).

이성진, 2000. 배양기 대체기법 및 팽이버섯 폐배지를 이용한 표고버섯 톱밥재배. 전남대학교 임학과 석사학위논문, 1-31.

박상진, 이원용, 이화형, 1990. 木材組織과 識別. 鄕文社, 서울, 358-361.

산림청, 1999. 임업통계연보. 서울, pp.264-280.

채정기, 김유이, 장성희. 1999. 폐배지를 이용한 팽이버섯 2주기 생산. 한국자원식물학회지, 12(2), 185-187.

Blanchette, R.A.,1984., Screening wood decayed by white-rot fungi for preferential lignin degradation. Appl. Environ. Microbiology, 48, 647-653.

Chai, J.K., Lee, S.J. and Kim, Y.S., 1999. Utilization of *Robinia pseudoacacia* as sawdust medium for cultivation of edible and medicinal mushrooms. Plant Res. 2(1), 42-48.

Chai, J.K., S.J. Lee, Y.S. Kim and K.H. Lee, 1999. Biodegradation of Mill-waste Substrate by *Flammulina velutipes*. The 6th International Symposium on the Development of Anti-cancer Resources from Plants & Annual Meeting of the Plant Resources. Plant Res. p. 80-81.

Chang, S.T., 1993. Mushroom biology: The impact on mushroom production and mushroom products. Mushroom biology and mushroom products. The Chinese University Press, Hong Kong, 3-20.

Chang, S.T., 1990. Satellite symposium of the international union reports of mycrobiological societies congress, Bacteriology and Mycology, Osaka. p.7.

Chang, S.T. and P.G. Miles, 1984. A new look at cultivated mushrooms. Bioscience. 34(6):358-362.

Core, H.A, Cote, W.A and Day, A.C., 1979. WOOD: Structure and identification, second edition. Syracuse University Press, Syracuse, 90-128.

Eriksson, K-.E., Blanchette, R.A. and Ander, P., 1993. Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. Springer, Berlin Heidelberg, New York. 22pp.

Han, Y.H., W.T. Ueng, L.C. Chen and S. Cheng, 1981. Physiology and ecology of Lentinus edodes Sing. Mushroom Sci 11:623-658.

Higley, 1982. Influence of type and amount of lignin on decay by Coriolus versicolor. Can. J. For. Res. 12:435-438.

Iiyama, K., T.B.T. Lam, B.A. Stone, P.S. Perrin and B.J. Macauley, 1995. Compositional changes in composts during various types of composting and mushroom growth. Sci. and Cult. of Edible Mushroom, Edited by T.J. Elliott. Vol(Ⅰ):235-244.

Jablonsky, I., 1981. Changes in biochemical and physiological activities of substrates colonized by fungi *P. ostreatus, L. edodes* and *A. aegerita*. 11th. Int. Sci. Cong. on the Cultivation of Edible Fungi, Australia, pp. 659-673.

Kalberer, P. P., 1989. The cultivation of shiitake (*Lentinus edodes*) on supplemented sawdust. Mush. Sci. XII (Part II), 1989.

Kawachi, S., S. Meguro and S. Inada, 1991. Cultivation of shiitake (*Lentinus edodes*) on wood-meal medium of *Cryptomeria japonica*. Inhibitory effect of ferruginol on mycelial growth. Mokuzai Gakkaishi. 37(10), 971-975.

Kinukgawa, 1993. Physiology and the breeding of *Flammulina velutipes*. In: Genetics and Breeding of Edible Mushrooms. (edited by Chang, S.T., Buswell, J.A., and Miles, P.C.). 87-109pp.

Kiyomizu Y. and T. Kondo, 1981. Effect of addition of rice-bran on edible mushroom cultivation. Mokuzai Gakkaishi. 27(1):54-58.

Mata G. and Savoie, 1998. Extracellular enzyme activities in six Lentinula edodes strains during cultivation in wheat straw. World Journal of Microbiological & Biotechnology. 14(4):513 519.

Nakajima, K., Yoshimoto, T. and Fukuzumi, T. 1980. Substances inhibiting growth of shiitake mycelium in sugi wood (*Cryptomeria japonica* D. Don). Mokuzai Gakkaishi, 26(10), 698-702.

Ohga, S., S. Yano and K. Kira, 1993. Availability of enokitake mushroom, *Flammulina velutipes* cultural waste for use as a substrate in the sawdust-based cultivation of shiitake *Lentinus edodes*. Mokuzai Gakkaishi. 39(12) : 1443-1448.

Ohga, S., T. I.Miyata and H.Imamura, 1985. Correlation between the shape of Lentinus edodes fruitbodies and bed-logs age, In:Cn biotechnological studies of edible mushrooms cultivation IV. Bulletin of the Kyushu University Forests, 55:223-233.

Ohga, S., T. Tabata and T. Kondo, 1977. On the suitability of some trees for shiitake bed-logs. Mokuzai Gakkaishi 23(9) : 459-463.

Park, K-.M., et al., 1994. Acceleration of mycelial growth of *Lentinus edodes* in coniferous sawdust. The Korean Journal of Mycology. 22(3), 222-228.

Park, W.-M., C.-H. Song and J.-W. Hyun, 1992. Nutritional physiology and improvement of substrate of Lentinus edodes. Korean Mycol. 20:77 82.

Resink J.W. and M.V.D. Hurk, 2000. NIRS as a tool for the rapid prediction of the chemical composition of compost. Sci. and Cult. of Edible Mushroom, Edited by L.J.L.D. Van Griensven.Vol(Ⅰ):349 353.

Shiio, T., Okunishi, M. and Okumura, S. 1974. Fundamental studies on the large scale cultivation of edible fungi. Mushroom Sci., 9, 799-808.

Stametes, 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press. 232-233pp.

Takabatake, K., T. Sakuno, I. Furukawa and T. Kawada, 1994. Effects of water extracts from Siberian larch wood on mycelial growth of some edible mushrooms. Mokuzi Gakkaish. 40(10):1147-1151.

Terashima, Y., 1994. Mycelial growth and fruit body yield of *Lentinus edodes* on *Pasania edulis* sawdust medium. J. Jpn. For. Soc. 76(4) : 367-371.

Togashi, I., 1995. Effects of using Armillaria species cultural waste as a substrate in the bottle cultivation of hiratake mushrooms Pleurotus ostreatus (in Japanese). Mokuzai Gakkaishi 41:956-962.

Tonomura, 1978. Flammulina velutipes. In: The biology and cultivation of edible mushrooms (edited by Chang S.T. and Hayes W.A.). Academic Press. 418pp.

Zadrazil, F., 1985. Screening of fungi for lignin decomposition and conversion of straw into feed. Angewandte Botanik 59:433-452.