

## 목분 첨가 액체배양에 의한 잣버섯 및 표고 균사배양의 촉진 효과

이위영<sup>1\*</sup> · 안진권<sup>1</sup> · 박응준<sup>1</sup> · 가강현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원 생물공학과, <sup>2</sup>국립산림과학원 화학미생물과

### Effect of Wood Xylem Flour in Liquid Culture on Mycelial Biomass of *Lentinus lepideus* and *Lentinus edodes*

Wi Young Lee<sup>1\*</sup>, Jin Kwon Ahn<sup>1</sup>, Eung-Jun Park<sup>1</sup> and Kang Hyeon Ka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Div. of Biotechnology, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

<sup>2</sup>Div. of Wood Chemistry & Microbiology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

(Received June 3, 2008. Accepted June 19, 2008)

**ABSTRACT:** This study was carried out to investigate the promoting effect of wood flour on the mycelial growth of *Lentinus lepideus* and *Lentinus edodes*. To determine the optimal culture condition, we first examined the tissue origin of pine flour (*Pinus densiflora*) including needle, bark, root and xylem. Only the xylem-derived flour increased mycelial growth compared to no treatment control. The addition of the xylem flour (5 g/l) showed the highest increase and the glucose level in the basal medium was best at 10 g/l. The smaller particle size of the xylem flour showed the positive effect on mycelial growth; two-fold increase when supplemented with flour of which particle size is less than 106  $\mu\text{m}$  in diameter compared to 425  $\mu\text{m}$ . The addition of the xylem flour continuously increased the mycelial production for 25 days while mycelia stopped growing within 15 days without the xylem flour. In addition, when woody flour obtained from the different tree species was applied to *L. edodes* mycelial culture, all treatments accelerated mycelial production compared to the control. Based on all results described above, we conclude that the supplementation of woody flour to culture medium may be an another promising way to increase mycelial production of economically important fungi.

**KEYWORDS:** Culture media, *Lentinus edodes*, *Lentinus lepideus*, Liquid culture, Solids culture

버섯 균사체의 액체배양은 버섯 생산의 집약적, 생력화를 위한 액체종균 생산목적으로서(성 등, 1999) 또는 균사체로부터 식·약용 물질을 생산하기 위해 균사체 대량 배양 연구가 진행되고 있다(Hwang *et al.*, 2003; Xu and Yun, 2004). 균사체 액체배양은 버섯균의 생활환 중에서 영양세대의 균사체를 수용성의 영양분이 첨가된 액체배지에서 배양하여 증식시키는 방법이다(Shiio *et al.*, 1974). 균사체의 액체배양을 위한 배지조성은 탄소원으로서 대부분이 단당류, 이당류와 전분을 사용하고, 질소원으로서 효모추출물, 펩톤 등 복합질소원을, 그리고 무기성분으로 인산, 칼륨, 마그네슘 및 미량원소를 사용하고 있다. 그러나 일반적인 배지조성에서는 성장속도가 느리기 때문에 효율적인 배양을 위해 천연 물질을 첨가하여 배양속도와 생산량을 높이고 있다(김 등, 1999; 이 등, 1994). 한편 액체배양 균사체의 유용물질 및 생리활성도를 증진시키기 위한 목적으로도 다양한 천연추출물 등이 배양 배지에 첨가되기도 한다(문 등, 2004; 김 등, 2006).

잣버섯(*Lentinus lepideus*)은 소나무 등 침엽수의 갈색

부후균으로서 구멍장이버섯과에 속하는 식용 담자균류이다. 잣버섯의 열수 추출물인 Lepidan은 세포내의 전사조절인자인 NF- $\kappa$ B를 특이적으로 활성화 시키며 면역계 세포의 싸이토카인인 TNF- $\alpha$ , GM-colony-stimulating factor (CSF) 등의 분비를 촉진, 조절함으로써 면역계 세포 활성화에 의한 생체반응조절 물질로서 잠재적인 가치가 있는 것으로 보고되었다(Jin *et al.*, 1996, 2003a, 2003b; Jeong *et al.*, 2006). 이러한 이유로 잣버섯의 인공배양방법에 대한 연구가 시도되고 있다. 그러나 어느 정도 적정화된 액체배양조건에서도 잣버섯의 건조균사체를 6 g/l 이상을 생산하는데 어려움이 있는 것으로 나타났다(신 등, 2003).

균사체는 액체나 고체매질내의 영양분을 이용하기 위해서는 각종 효소를 세포외로 분비하게 되고 이러한 효소가 기질의 양분을 이용할 수 있도록 분해함으로써 균사체가 흡수하여 성장하게 되고 자실체를 형성하게 된다.

본 연구는 잣버섯 균사체를 대상으로 성장을 촉진하기 위해 액체배양배지에 고체기질을 첨가함으로써 고체와 액체 배지를 동시에 사용하는 균사체 배양방법을 시도하였다. 고체의 목분을 첨가한 액체배양방법을 구명하고자 액체 배지

\*Corresponding author <E-mail : lwy20@forest.go.kr>

에 고체의 기질 첨가물로서 소나무의 목분을 사용하여 목부 분말도, 목부 첨가량, 배지조성 등에 따른 균사체 성장량을 비교, 분석하였다. 또한 적정화된 고체와 액체 배지 배양조건에서 표고 균사체의 성장촉진 효과를 검증하였다.

## 재료 및 방법

### 공시균주 및 균주 조제

시험에 사용한 잣버섯의 균사체는 자실체로부터 분리하여 사용하였다. 전배양으로 PDA배지에 배양중인 잣버섯 균사체를 250 ml 삼각플라스크에 잘게 썰어 넣어 진탕기에서 120 rpm으로 액체배양을 실시하였다. 액체배양된 균사체를 호모게나이저(Ingenieurbüro, X1030 D)로 13,000 rpm에서 8초간 분쇄, 균질화하여 접종원으로 사용하였다. 액체 배양 기본배지의 조성(FGM 배지)은 배양액 1,000 ml당 glucose 25 g, yeast extract 2 g, glutamic acid 1 g, biotin 0.5 mg, thiamine 0.1 g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  2 g,  $\text{MgSO}_4$  0.5 g, 0.1 M  $\text{FeCl}_3$  5 ml 및 0.1 M  $\text{MnSO}_4$  5 ml로 하였다(이 등, 2007).

### 액체배지내 고체기질 첨가시료(목분) 조제

배지에 첨가하기 위한 소나무는 강원도 홍천군 동면에서 채취한 30년생을 사용하였다. 소나무 수피, 목질부(목부), 뿌리, 잎으로 구분하여 채취하였고, 소나무의 목부는 톱밥 제조기를 이용하여 파쇄하여 시료로 사용하였다. 참나무류 및 현사시는 20~30년생을 채취하여 수피를 제거한 후 목부만을 톱밥 제조기로 파쇄하여 시료로 사용하였다. 채취시료는 음건 후 45°C 환류온풍건조기에서 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄기를 이용하여 분쇄하였다. 분쇄된 시료는 250  $\mu\text{m}$ 의 체를 사용하여 걸러, 250  $\mu\text{m}$  이하의 분말을 실험에 사용하기 위한 고체기질로 조제하였다.

### 고체기질 첨가시료(목분)의 전처리 방법

분말로 조제된 소나무 목분(목부)을 전처리 후 액체배지 첨가배양에 따른 균사체 성장에 미치는 효과를 분석하기 위하여 소나무 목부의 열수 추출물, 에탄올 추출 후 잔사, 알카리 추출 후 잔사, hollow cellulose를 조제하여 처리하였다. 열수 추출물은 10배의 증류수를 가하여 고압멸균기에서 120°C, 1.2기압으로 1시간 추출하여 원심분리 후 상등액을 동결 건조하여 열수추출물을 조제하였다. 에탄올 추출 후 잔사는 목분의 10배액의 무수 에탄올을 가하여 24시간 100 rpm의 진탕기에서 진탕 후 여과하여 잔사를 70°C 항온기에서 건조하여 조제하였다. 알카리 추출 후 잔사는 목분을 10배액의 0.1 N-KOH 용액에 24시간 담가둔 후 여과하였고, 잔사에 염산을 가하여 중화시킨 후 70°C 항온기에서 건조하여 조제하였다. Hollow cellulose는 목분에 산과 알카리를 반응 시킨 후 잔사를 70°C 항온기에서 건조하여 조제하였다(박 등, 1993). 대조구로 전처리를 하지 않은 소나무 목부 목분을 사용하였다.

### 균사체 배양 및 성장량 조사

균사체 배양은 250 ml 삼각플라스크에 100 ml 배지액을 넣은 후 상기에서 조제된 목분 0.5 g을 첨가하여 121°C, 1.2 기압으로 멸균 후 잣버섯 균사체를 접종하여 진탕 배양하였다. 잣버섯 접종원은 5%(v/v) 첨가하여, 24°C의 120 rpm 진탕배양기에서 10~15일간 배양 하였다. 사용된 배지는 접종원 배양과 동일한 FGM 배지로서 다만 glucose의 양을 10 g/l로 하여 배양용 배지로 조제하였다.

성장량 조사를 위해 10 또는 15일간 액체 배양된 균사체를 4,500 rpm으로 20분간 원심분리하여 잔사를 취하였다. 잔사의 일부는 건중량 측정(균사체 및 고형 잔사를 포함)용 시료로 사용하였으며, 일부는 성장량 조사(추정)를 위한 ergosterol 함량분석을 위해 -70°C 초저온 냉동고에 보관하여 사용하였다.

### 균사 성장량 추정을 위한 ergosterol 함량 측정

균사체의 에르고스테롤 함량은 Mottonen 등(1998)의 방법을 일부 변형하여 사용하였다. 즉 냉동보관된 시료에 MeOH 100 ml를 넣어 녹인 후 3분간 sonication(Branson, 8210)하고 EtOH 20 ml와 KOH 10 g을 넣고 80°C 환류냉각장치에서 1시간 사포닌화한 후 여과하여 일정 여액을 분취하여 Hexane으로 3회 분획, 건고 후 메탄올에 녹여 에르고스테롤 함량 측정용 시료로 사용하였다.

에르고스테롤 함량은 HPLC(TSP operating system)에 칼럼은 LiChrospher 100RP-18S(5  $\mu\text{m}$ , 4.6×250 mm)를, 이동상으로 MeOH:H<sub>2</sub>O=98:2의 혼합용액을, 유속은 2 ml/min로 하여, UV검출기(TSP 3000HR) 282 nm에서 측정, 정량하였다.

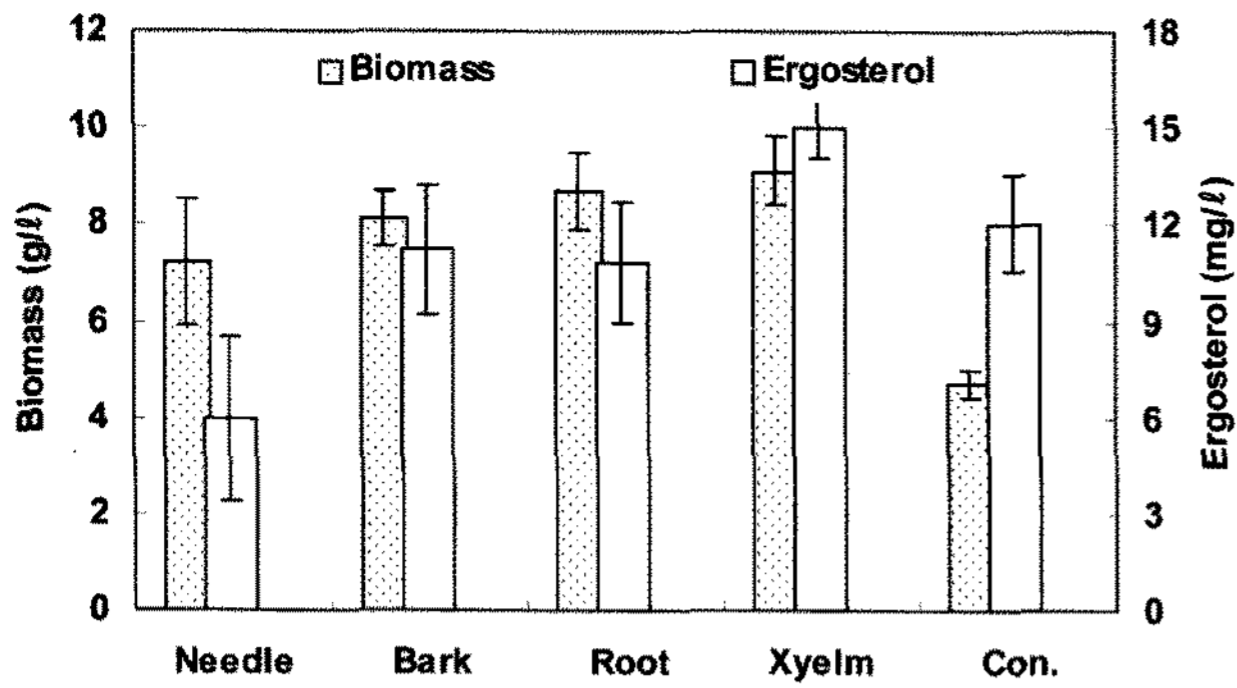
### 표고 균사체 배양 및 목분 처리 방법

시험에 사용한 표고의 균사체는 산림1호로 국립산림과학원에 보관중인 균주를 사용하였다. 전배양 및 실험에 사용한 기본배지는 GYS배지로 조성은 배양액 1,000 ml당 glucose 20 g, yeast extract 1.5 g 및 soytone 1.5 g로 하였다. 전 배양 방법, 접종원 조제, 목분처리 방법, 배양방법, 성장량 조사 및 성장량 추정을 위한 ergosterol 함량 측정은 상기와 동일하게 실시하였다. 목분은 상수리나무(*Quercus acutissima* Carruth.), 굴참나무(*Q. variabilis* Bl.), 떡갈나무(*Q. dentata* Thunb.), 및 현사시(*Populus alba x glandulosa*)의 목부를 상기의 방법에 의해 조제된 것을 사용하였다. 배양기간은 15일간 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 소나무 부위별 목분에 따른 잣버섯 균사체 성장

잣버섯은 침엽수(주로 소나무, 필자 채집 경험)의 죽은 부위에 발생하는 갈색부후균으로 알려져 있고, 잣버섯 균사배양 시 침엽수의 부위별 첨가 효과는 평가해 볼 필요



**Fig. 1.** Supplementation effect of pine (*Pinus densiflora*) flour to culture medium on the *Lentinus lepideus* mycelial production. The mycelia were grown in the culture medium containing the wood flour derived from the different pine tissues including needle, bark, root and xylem, while no wood flour was added to the control culture. The biomass including the weight of both mycelia and wood flour were determined after the mycelial cultures were grown at 24°C for 10 days. The ergosterol content was shown to represent the amount of pure mycelia.

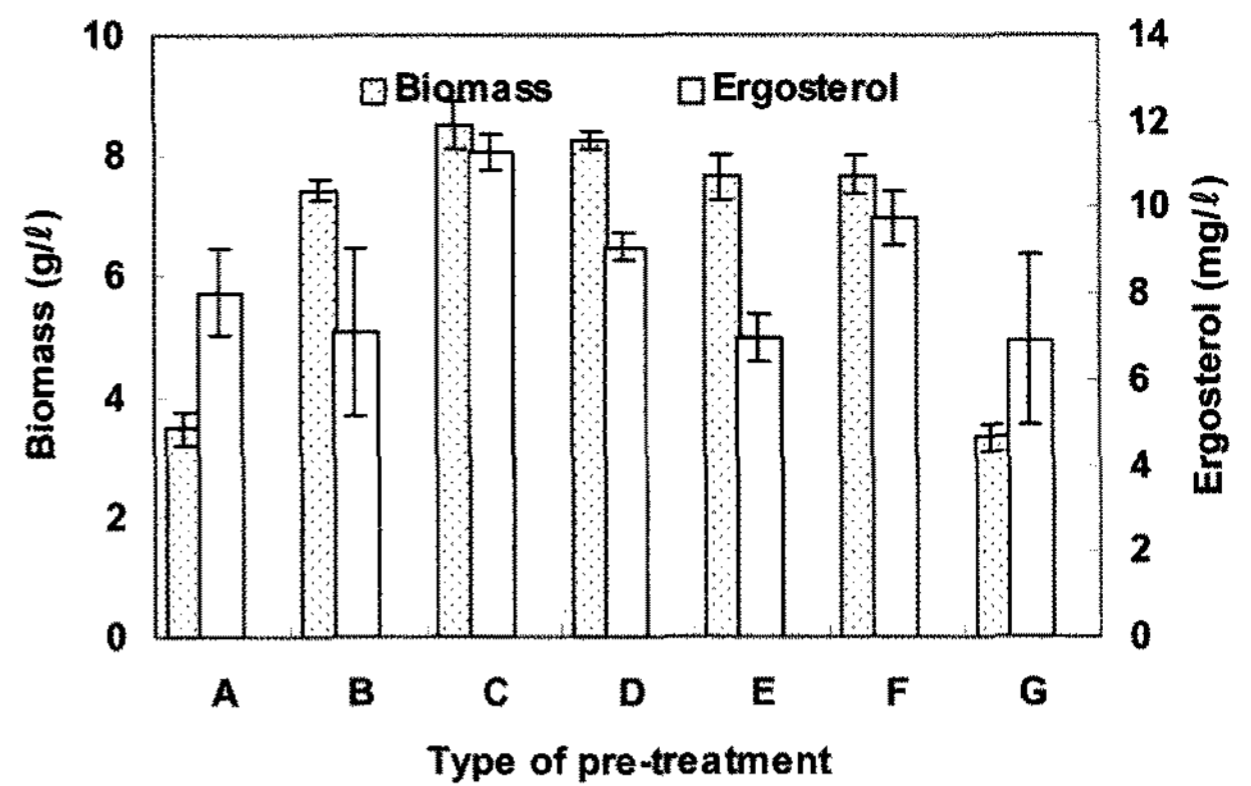
성이 있다. 본 실험은 소나무 목분이 잣버섯 균사체의 액체배양 효과를 검증하기 위해 액체배양 배지에 소나무의 채취 부위별로 따라 조제된 목분을 0.5 g 첨가하여 성장량을 비교하였다.

Fig. 1은 FGM 액체배지에 기질로서 소나무 부위별 목분을 첨가하여 배양한 결과 ergosterol 함량이 대조구(12.1 mg/l)에 비해 목부 분말(15.0 mg/l) 처리구에서 높게 나타났고, 소나무의 뿌리, 수피 및 잎의 분말 첨가 처리는 같거나 낮게 나타났다. 따라서 소나무 목부의 분말은 잣버섯 균사생장에 증진효과가 있는 것을 알 수 있었다.

한편, 성장량 조사는 균사체에 목분이 함유되어 있어 균사체만을 측정하고자 균사체의 세포벽 구성성분인 ergosterol의 양을 분석하였다(이 등, 2007). Ergosterol 분석은 균사 이외의 다른 매질들이 포함된 것에서 균사체량만을 조사하는데 적합한 방법으로 자주 사용되는 방법이다(Ekblad *et al.*, 1998; Pasanen *et al.*, 1999; Imberger and Chiu, 2001).

### 소나무 목부의 분말(목분) 전처리 방법에 따른 잣버섯 균사체의 성장량

소나무 목분을 잣버섯 균사체의 액체배양 촉진을 위한 배양기질로서 사용하기 위해 기본배지에 목분을 전처리, 첨가배양하여 균사체 성장효과를 비교하였다. 소나무 목분을 0.1 N-KOH에 의한 사전 세척 후 잔사, 무수 EtOH에 의한 사전 세척 후 잔사, 열수추출물, 소나무 목부로부터 조제된 hollow cellose를 첨가 배양하여 전처리하지 않은 목부 분말 첨가간의 성장량을 비교하였다(Fig. 2). 0.1 N-KOH 처리 후 잔사(11.3 mg/l), 무처리 소나무 목분(9.7



**Fig. 2.** Pre-treatment effect of the pine xylem flour on the *Lentinus lepideus* mycelial production. The mycelia were cultured at 24°C for 10 days with the xylem flour pre-treated as followed. A: Hot water extract, B: Xylem flour after the extraction of hot water, C: Xylem flour after extraction with 0.1 N-NaOH, D: Xylem flour after extraction with ethanol, E: Hollow cellulose derived from the xylem, F: Control (addition of no pre-treatment xylem flour), G: Basal medium (non-addition of the xylem flour). The biomass represented the weight of mycelia plus the xylem flour and the ergosterol content was shown to represent the amount of pure mycelia.

mg/l) 및 EtOH 처리 후 잔사(9.1 mg/l)에서 ergosterol 함량이 높아 균사생장의 촉진 효과가 상대적으로 높은 경향이었고, 열수 추출물 첨가(8.0 mg/l)도 기본배지(6.9 mg/l) 보다는 성장량이 큰 것으로 나타났다. 소나무 목부는 0.1 N-KOH 처리로 페놀물질 등 리그닌 일부가 제거 되어 잣버섯 생장에 유리한 것으로 추정된다. 그러나 전처리를 하지 않은 목부 분말에서도 높은 균사체의 생산량을 보임으로서 전처리가 반드시 필요하지 않는 것으로 추정되었다. 한편 hollow cellulose 처리(7.0 mg/l)에서 목분 무처리구와 같게 나타나 hollow cellulose의 처리효과는 10일 배양이 아닌 그 이상의 배양 시간이 필요한 것으로 추정된다.

### 소나무 목분의 분말도 및 첨가 농도가 잣버섯 균사생장에 미치는 영향

잣버섯 균사체 액체배양 촉진을 위해 첨가되는 소나무 목부의 분말도를 결정하고자 Fig. 3과 같이 목분 분말도에 따른 균사체 성장량을 비교하였다. Ergosterol 함량이 목분의 분말도가 가장 낮게 처리된 108  $\mu\text{m}$  이하에서 24.4 mg/l, 108~180  $\mu\text{m}$ 에서 19.4 mg/l, 180~425  $\mu\text{m}$ 에서 11.6 mg/l, 425~820  $\mu\text{m}$ 에서 16.5 mg/l로 나타나 분말도가 낮을수록 균사체 성장량이 높게 나타나 미세 분말일수록 액체 배양배지에 첨가 효과가 큰 것으로 나타났다.

한편 잣버섯 균사체 액체배양에 있어 적절한 목분 첨가량은 15일간 배양시 Fig. 4와 같이 ergosterol 함량이 목분 무첨가(21.9 mg/l) 보다 배지액 1당 5 g 즉 0.5%(w/w)

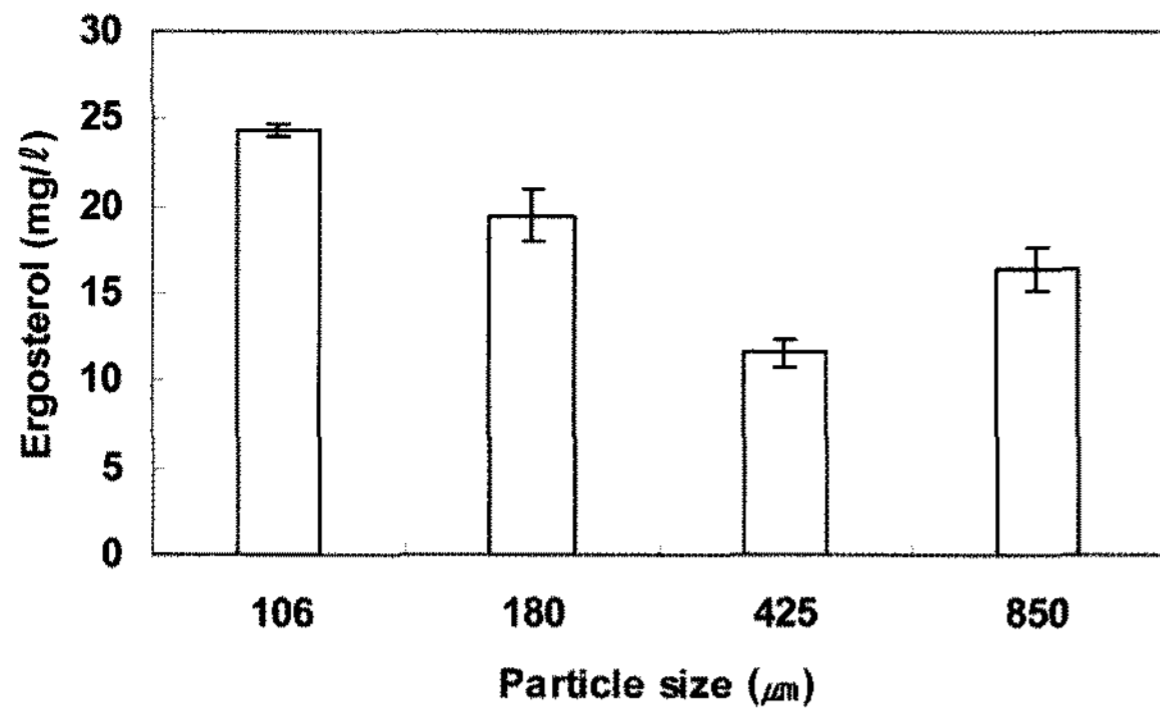


Fig. 3. Effect of particle size of the pine xylem flour on the *Lentinus lepideus* mycelial growth. The mycelia were grown at 24°C for 15 days in the culture medium containing the different particle size of the xylem flour. The ergosterol content was shown to represent the amount of pure mycelia.

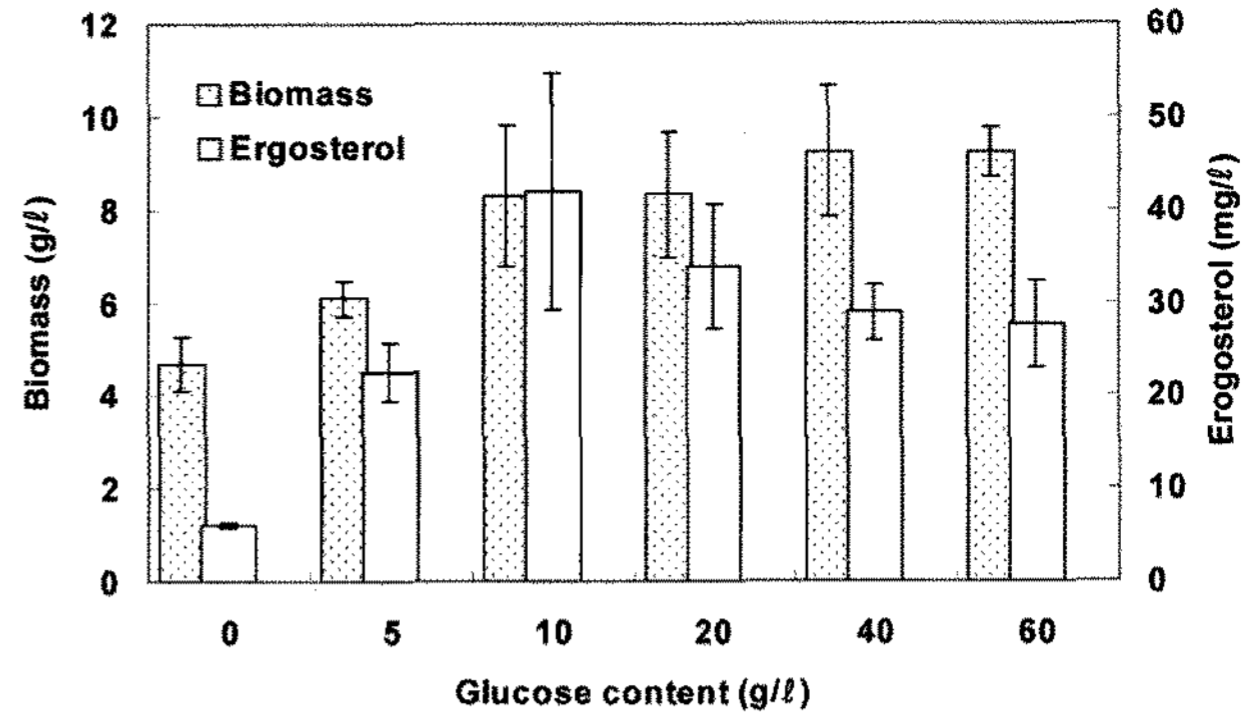


Fig. 5. Quantitative effect of glucose in the culture medium containing the pine xylem flour on the production of *Lentinus lepideus* mycelia. The mycelia were cultured at 24°C for 15 days. The biomass represented the weight of mycelia plus the xylem flour and the ergosterol content was shown to represent the amount of pure mycelia.

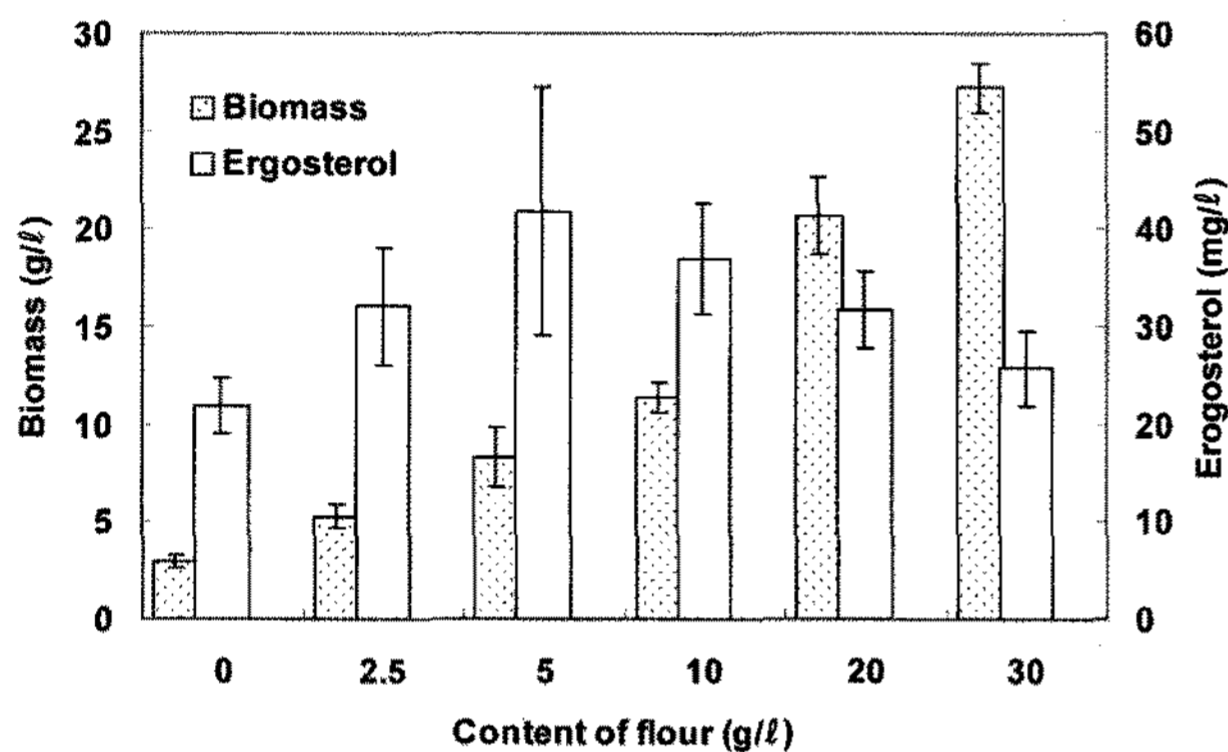


Fig. 4. Quantitative effect of the xylem flour in the culture medium on the production of *Lentinus lepideus* mycelia. The mycelia were grown at 24°C for 15 days in the culture medium containing the different amount of the xylem flour. The biomass represented the weight of mycelia plus the xylem flour and the ergosterol content was shown to represent the amount of pure mycelia.

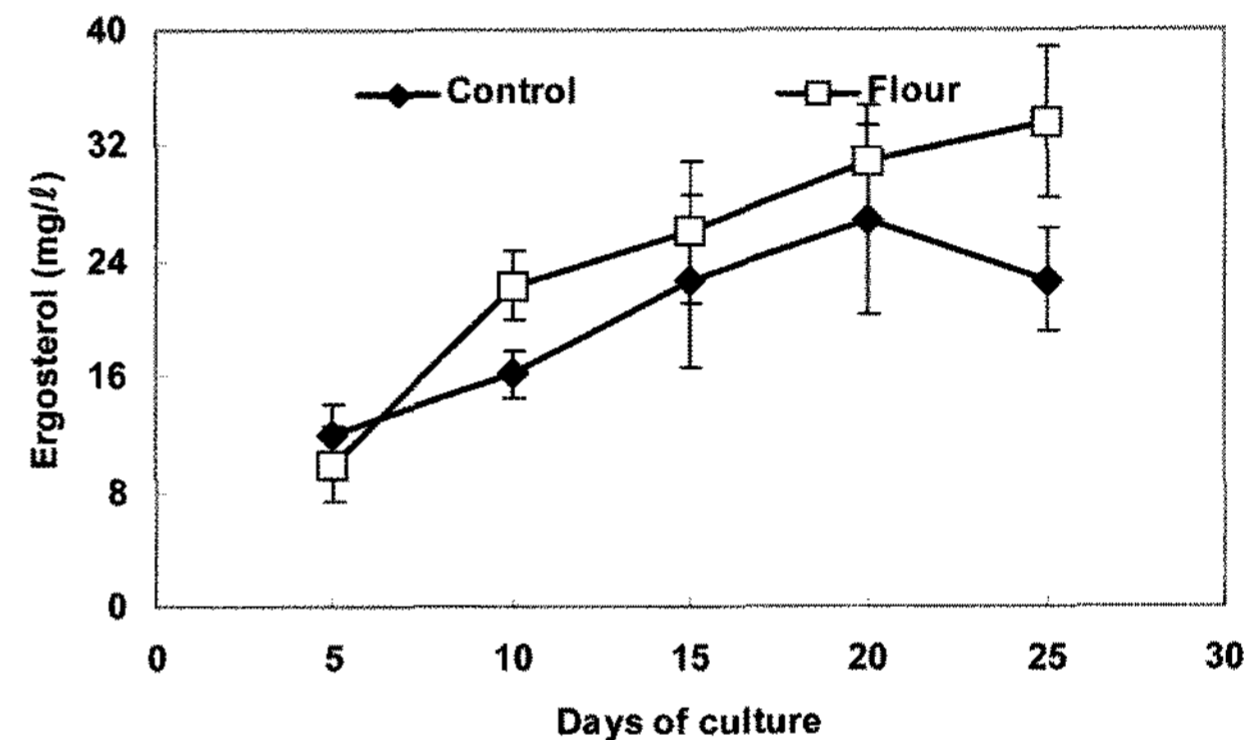


Fig. 6. The time-course change of the mycelial growth in the culture medium containing the pine xylem flour (flour) or not (control). The ergosterol content was shown to represent the amount of pure mycelia.

의 목분 첨가(41.9 mg/l)에서 높은 것으로 나타났으며 이 농도 이상으로 첨가량이 높아지면 잣버섯 균사체 생산량은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 0.5%의 목분첨가 농도에서의 적절한 glucose 첨가량은 배지액 1당 10 g으로 나타났다(Fig. 5). 통상 액체 배지내의 탄소원은 glucose로 20 g/l 이상 첨가하는데 목분 첨가로 glucose를 10 g/l만 첨가하여도 됨으로써 목분은 탄소원 대체효과가 있는 것으로 추정 할 수 있다.

**목분 첨가 액체배양에 의한 배양 일자별 잣버섯 균사체 성장 특성**

목분 무첨가구와 적정화된 목분첨가 조건에서 즉 소나무 목부 분말을 배지액에 0.5%로 첨가하여 잣버섯 균사

체의 액체배양 기간별 성장량을 비교, 분석한 결과 Fig. 6에서와 같이 배양 5일째에는 대조구에서 ergosterol 함량이 목분 첨가 보다 높았으나 배양 10일 전후부터는 목분 첨가배양에서 높게 나타났다. 한편 대조구는 배양 20일 전후로 ergosterol 함량이 낮아져 균사체의 생육이 감소하는 것으로 나타났으나 목분 첨가배양은 계속적으로 증가하는 경향이어서 25일 이후에도 균사체의 활성도가 높음을 나타냈다. 목분을 첨가하여 배양하면 액체배지의 액체 기질이 다 소모 되어도 목분 내의 고체기질을 균사체는 계속 이용하고 있음을 추정할 수 있다. 따라서 목분을 첨가해 주면 무첨가 보다 오래 균사체의 활력을 유지 시킬 수 있을 것으로 추정되었다.

Fig. 7은 소나무 목분 첨가배양에 의한 잣버섯 균사체의 성장형태를 50배의 실체현미경으로 관찰한 것이다. 소나무 목분을 첨가하여 액체 배양하면 잣버섯 균사체는 깃털처럼 풀어져 자라고 있었다. 반면 무처리에서는 삼각플라스크내

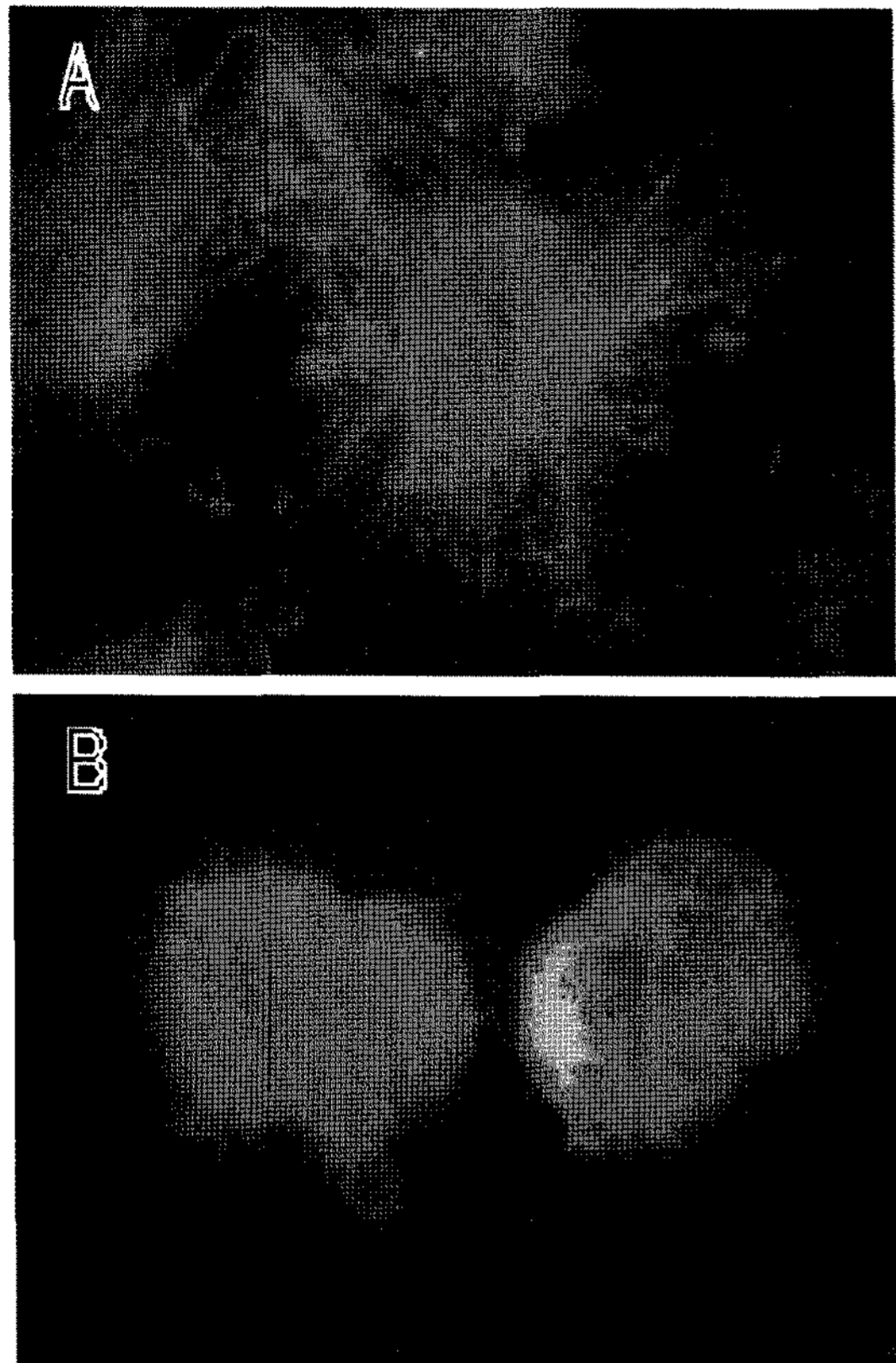


Fig. 7. The morphological views ( $\times 50$ ) of *Lentinus lepideus* mycelia in the liquid culture medium with the xylem flour (A) and without (B).

의 회전진탕배양으로 인하여 펠렛 형태로 뭉쳐 자라는 특성이 있었다. 한편 이와 같이 깃털처럼 자라는 경우가 펠렛 형태보다 균사체의 활력이 높을 것으로 추정된다.

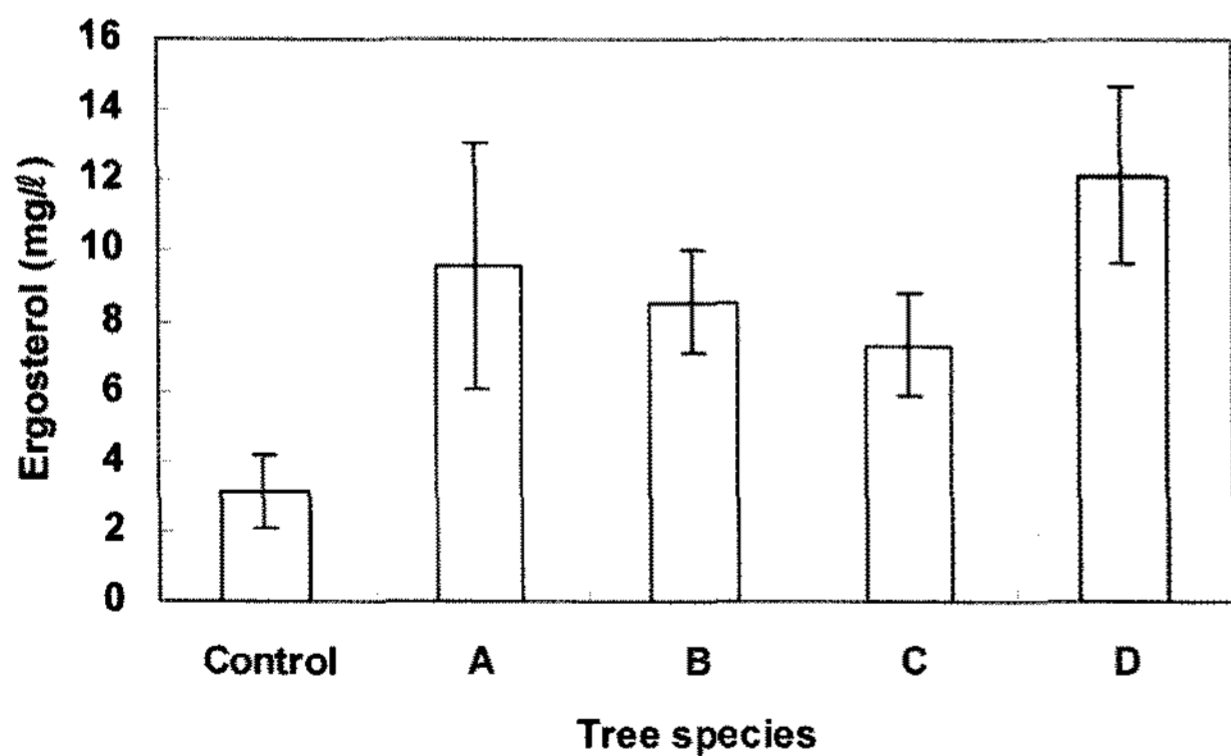


Fig. 8. Addition effect of the xylem flour derived from the different tree species to the *Lentinus lepideus* mycelial culture medium. The mycelia were cultured in the GYS medium containing the corresponding wood flour at 24°C for 15 days. A: *Quercus variabilis* Bl, B: *Populus alba* x *glandulosa*, C: *Quercus acutissima* Carruth., D: *Quercus denta* Thunb., Control: no addition of wood flour. The ergosterol content was shown to represent the amount of pure mycelia.

### 목분 첨가 액체배양에 의한 표고 균사체의 성장 특성

Fig. 8은 다른 버섯 균사체에서도 목분첨가 배양에 의한 균사체 성장 촉진 효과가 있는지 보기위해 상기의 잣버섯 목분 첨가 액체배양조건으로 표고버섯(표고 1호) 균사체를 배양한 결과이다. 배지는 GYS 배지를 사용하였고, 탄소원으로 glucose를 10 g/l 비율로 첨가하고 참나무류 및 현사시 목부의 분말도 첨가하여 표고버섯 균사체를 배양하였다. 표고 균사체는 일반 액체배양배지에서 생장이 느린 것으로 나타났다. 그러나 여러 종류의 활엽수 목분을 액체배지에 첨가하여 배양한 결과 ergosterol 함량이 무처리에서 3.1 mg/l로 나타났으나 목분 첨가배양에서는 7.31~12.2 mg/l로 나타나 무처리에 비해 2~4배의 균사 성장을 촉진하는 것으로 나타났다. 잣버섯 및 표고 균사체 배양에서와 같이 이러한 결과로 목분 첨가배양은 목재 부후균의 균사체 배양촉진에도 효과가 있을 것으로 추정된다.

### 적 요

잣버섯 균사체의 액체배양을 촉진하기 위해 소나무 목분의 첨가배양 조건을 구명하고자 하였다. 소나무의 여러 부위 중 목부의 목분에서 균사체 생장이 양호한 것으로 조사되었다. 목분을 액체 배양에 첨가하기 위한 전처리로서는 알카리 처리 조건에서 균사체 생장이 우수하였으나, 전처리를 하지 않아도 균사체 배양 촉진에 효과가 있는 것으로 나타났다. 액체배양 배지에 적정한 목분의 분말도는 200  $\mu\text{m}$  이하로 낮을수록, 목분의 첨가 농도는 0.5% (w/v)로 또한 배지내의 탄소원인 glucose 농도는 10 g/l로 하는 조건에서 균사체 성장 촉진 효과가 큰 것으로 나타났다. 이러한 배양 조건에서 표고버섯 균사체를 배양한 결과도 균사배양 촉진 결과가 우수하여 액체배지에 목분 첨가에 의한 다른 목재부후균의 균사체 배양 촉진에도 효과가 있을 것으로 추정된다.

### 참고문헌

김만철, 김민주, 김택, 박근태, 손홍주, 김기영, 최우봉, 오덕철, 허문수. 2006. 감귤농축액 첨가배지에서 배양한 버섯균사체 추출물의 항균활성 및 항산화활성 비교. 한국생물공학회지 21:72-78.

김선희, 이종숙, 박경숙, 이재성, 이항우, 박신. 1999. 천연물을 이용한 담자균의 균사체 배양. 한국균학회지 27:337-377.

문형철, 이현수, 박진홍, 김대호, 이신영, 성낙술, 방진기, 정해근, 이현용. 2004. 마늘 첨가 복합배지에서 배양된 영지 균사체의 면역 증진 효과. 한약잡지 12:24-30.

박상진, 이종윤, 조남석, 조병목. 1993. 목재과학실험서. 광일문화사. p. 483.

성재모, 문희우, 박동수. 1999. 액체배양에서 느타리버섯균의 적합한 성장조건 구명. 한국균학회지 27:1-9.

신성의, 차월석, 강시형. 2003. 액체배양에서 잣버섯 균사체 배양에 관한 연구. 한국생명과학회지 13:492-497.

이위영, 안진권, 가강현. 2007. 생물반응기를 이용한 잣버섯 (*Lentinus lepideus*)의 균사체 및 수용성 다당체 생산특성. 한

- 국균학회지 35:37-42.
- 이재윤, 안원근, 이재동. 1994. 맥주효모 추출물을 이용한 표고버섯 균사체의 심부배양에 관한 연구. *한국균학회지* 22:226-275.
- Ekblad, A., Wallande, H. and Näsholm, T. 1998. Chitin and ergosterol combined to measure total and living fungal biomass in ectomycorrhizas. *New Phytol.* 138:143-149.
- Hwang, H. J., Kim, S. W., Choi, J. W. and Yun J. W. 2003. Production and characterization of exopolysaccharides from submerged culture of *Phellinus linteus* KCTC 6190. *Enzyme Microb. Technol.* 33:309-319.
- Imberger, K. T. and Chiu, C. Y. 2001. Spatial changes of soil fungal and bacterial biomass from a sub-alpine coniferous forest to grassland in a humid, sub-tropical region. *Biol. Fertility Soils* 33:105-110.
- Jeong, J. C., Jin, M., Lee, J. K., Lee, W. Y., Park, Y., Han, Y. N. and Kim, S. Y. 2006. Control of cytokine gene expression by PG 101, a water-soluble extract prepared from *Lentinus lepideus*. *BBRC* 339:880-887.
- Jin, M. R., Jeon, H., Jung, H. J., Kim, B. C., Shin, S. S., Choi, J. J., Lee, J. K., Kang, C. Y. and Kim, S. Y. 2003. Activation of selective transcription factors and cytokines by water-soluble extract from *Lentinus lepideus*. *Exp. Biol. Med.* 228:749-758.
- Jin, M. R., Jeon, H., Jung, H. J., Kim, B. C., Shin, S. S., Choi, J. J., Lee, J. K., Kang, C. Y. and Kim, S. Y. 2003. Enhancement of repopulation and hematopoiesis of bone marrow cells in irradiated mice by oral administration of PG101, a water-soluble extract from *Lentinus lepideus*. *Exp. Biol. Med.* 228:759-766.
- Jin, M. R., Kim, S. Y. and Kim, B. K. 1996. Induction of B cell proliferation and NF-B activation by a water-soluble glycan from *Lentinus lepideus*. *Int. J. Immunopharmacol.* 18:439-448.
- Mottonen, M., Jarvinen, E., Hokkanen, T. J., Kuuluvainen, T. and Ohtonen, R. 1998. Spatial distribution of soil ergosterol in organic layer of a mature Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forest. *Soil Biol. Biochem.* 31:503-516.
- Pasanen, A. L., Yli-pietilä, K., Pasanen, P., Kalliokoski, P. and Tarhanen, J. 1999. Ergosterol content in various fungal species and biocontaminated building materials. *Appl. Environ. Microb.* 65:138-142.
- Shio, T., Okunishi, M. and Okumura, S. 1974. Fundamental studies on the large-scale cultivation of edible fungi. *Mushroom Sci.* 9:799-808.
- Xu, C. P. and Yun, J. W. 2004. Influence of aeration on the production and the quality of the exopolysaccharides from *Paecilomyces tenuipes* C240 in a stirred-tank fermenter. *Enzyme Microb. Technol.* 35:33-39.