

擔子菌에 관한 研究(2)

느타리와 목이의 振盪 培養에 의한 菌絲體 生産에 관하여

洪 載 植 · 權 涌 周 · 鄭 基 泰

全北大學校 農科大學 食品加工學科

Studies on Basidiomycetes(2)

Production of Mushroom Mycelium(*Pleurotus ostreatus* and *Auricularia auricula-judae*) in Shaking Culture

Jae Sik Hong, Yong Ju Kwon and Gi Tae Jung

Department of Food Science & Technology, College of Agriculture
Jeonbug National University, Jeonju 520, Korea

Abstract: Nutritional characteristics and conditions for mycelial yield of *Pleurotus ostreatus* and *Auricularia auricula-judae* in shaking culture were investigated. Among the sugar substances, glucose and mannitol showed the good effect for mycelial yield of *P. ostreatus*, and mannitol and fructose were good for the mycelial yield of *A. auricula-judae*. Among the various organic acids, fumaric acid were good for the mycelial yield of *P. ostreatus* and *A. auricula-judae*. Among the nitrogen sources, peptone and urea showed the good result for mycelial yield of *P. ostreatus*, and peptone and casamino acid were good for mycelial yield of *A. auricula-judae*. Among the various amino acids, asparagin and threonine showed the good result for mycelial yield of *P. ostreatus*, and serine and threonine were good for mycelial yield of *A. auricula-judae*. Among the various vitamins, folic acid and thiamine were suitable for mycelial yield of *P. ostreatus*, and folic acid, inositol and riboflavin were suitable for mycelial yield of *A. auricula-judae*. Mycelial yield of *P. ostreatus* and *A. auricula-judae* were enhanced by the addition of $MgSO_4$ and KH_2PO_4 at the concentration of 0.08 and 0.2% respectively. The optimum temperature and pH for mycelial yield were from 25 to 30°C and pH 5.5 to 6.5 in *P. ostreatus*, and from 25 to 30°C and pH 6.0 to 7.0 in *A. auricula-judae*.

Key words: Basidiomycetes, *Pleurotus ostreatus*, *Auricularia auricula-judae*, Shaking culture, Mycelial yield, Nutrition.

최근 擔子菌類의 液體培養은 edible fungi의 菌體培養뿐만 아니라 酵素, 抗生物質, 抗癌物質의 微生物學的인 生産이 매우 흥미로운 觀點이 되고 있고 菌絲體는 蛋白質 및 油脂資源으로써 값싸게 大量生産될 수 있으며 香味料飼料 및 種菌으로써 값싸게 大量生産될 수 있으며 香味料, gravy, soup, 飼料 및 種菌으로써 利用可能性이 提示된 바 있다.

食用버섯의 菌絲體 液體培養은 1938년 Lambert에 의하여 시작되었고 1948년 Humfeld에 의하여 經濟的 生産可能性이 시사되었다.

Humfeld 및 Sugihara(1949, 1952)는 양송이의 液體培養에 있어서 營養要求, 培養方法, 菌絲體의 營養成分 및 flavor에 관하여 報告하였고 Fraser(1956)는 酵母汁과 casein 加水分解物이 양송이菌의 生育을 促進

한다고 하였다. 또한 Falanghe(1962)는 天然培地를 利用하여 양송이 菌絲體의 生産條件을 報告한 바 있고 Kostadinov等(1972)은 擔子菌類의 深部培養에 關하여 研究報告한 바 있다.

Lee等(1975)은 양송이 振盪培養에 있어서 酵母汁을 添加하므로써 菌絲生育이 促進된다 하였고 Kawai와 Abe(1976~1978)는 송이버섯 菌의 液體培養에 있어서 炭素源, 窒素源, 비타민, 식물호르몬, 核酸物質, 金屬 이온 및 天然生育促進因子에 대하여 報告한 바 있으며 Kurtzman等(1976)은 *Pleurotus sapidus*의 液體培養에서 corn oil의 添加는 菌絲生育을 促進한다고 報告한 바 있다.

Douglas等(1976)은 양송이 液體培養에서 linoleate와 sodium acetate의 少量添加는 菌絲體生育을 促進한다고 하였으며 Sakamoto等(1978)은 표고와 느타리의 液體培養에서 炭素源과 窒素源의 影響에 關하여 實驗한 바 있으며 Hong等(1981)은 高溫性 양송이와 느타리버섯 菌의 培養條件과 營養源에 대하여 研究한 바 있다.

一般的으로 버섯栽培는 많은 勞動力과 時間 그리고 넓은 面積이 要求될 뿐만 아니라 그 作業이 煩雜하기 때문에 液體培養에 의하여 大量生産이 可能하다면 현재배상의 問題點이 解決될 것이며 經濟的인 면에서 利益을 줄 수 있을 것이다.

本研究은 國內에서 널리 食用하고 있는 느타리와 목이버섯의 營養의 特性에 대한 基礎資料를 얻음의 目的으로 合成培地에 각종 炭素源, 窒素源, 비타민 및 無機鹽類를 添加하여 菌絲體 生産에 미치는 影響을 檢討하였던 바 약간의 結果를 얻었으므로 여기에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

供試菌株

全北大學校 農科大學 醱酵微生物學研究室에 保管되어 있는 느타리(*Pleurotus ostreatus*)와 목이(*Auricularia auricula-judae*)를 供試菌株로 使用하였다.

培地의 調製

1. 保存培地
malt extract 20g, yeast extract 5g, agar 15g, 증류수 1l, pH 5.5

2. 振盪培養培地

1) 炭素源

Table I의 基本培地에서 glucose 대신에 各種 糖類와 有機酸을 1%加하고 培地의 pH는 pH 比較實驗을

Table I. Composition of the basal medium.

Glucose	1.0g
Peptone	0.2g
KH ₂ PO ₄	0.1g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.02g
Thiamine. HCl	50μg
Distilled water	100ml
pH	5.5

제외하고 모두 5.5로 調整하여 250ml容 삼각플라스크에 40ml씩 넣어 調製하였다.

2) 窒素源

基本培地의 炭素源을 느타리는 glucose 1%, 목이는 mannitol 1%를 加하고 peptone 대신에 各種 窒素源을 Table IV, V와 같이 N量이 0.026%되게 調製하였다.

3) 비타민

2)의 培地에 peptone을 0.2%加하고 thiamine대신에 Table VI와 같이 各種 비타민을 添加하여 調製하였다.

4) 無機鹽類

3)의 培地에 folic acid를 30μg/l되게 加하여 MgSO₄·7H₂O는 Table VII와 같이 加하고, KH₂PO₄는 MgSO₄·7H₂O를 0.08%로 하여 Table VIII와 같이 調製하였다.

培養 方法

基本培地에 保存菌株를 一定量 接種하여 27°C 暗所에서 7日間 振盪培養한 것을 種培養으로 하여 이를 electric blender(15,000rpm)로 1分間 磨碎한 懸濁液을 前記培地에 2ml씩 接種하여 27°C 往復振盪培養機(100rpm)에서 10日間 培養하였다.

生育 菌絲體의 定量

菌絲體 培養液을 濾過하여 蒸溜水로 充分히 水洗한 다음 80°C vacuum oven에서 乾燥後 秤量하였다.

結果 및 考察

炭素源의 影響

1. 糖 類

各種 糖類가 菌絲體 生産에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table II와 같다.

Table II와 같이 一般的으로 兩菌株 모두 炭素源을 廣範圍하게 利用할 수 있고 *P. ostreatus*가 *A. auricularia-judae* 보다 菌絲體 生産이 優秀하였다. *P. ostreatus*는 glucose와 mannitol이 가장 優秀한 炭素源이라 할 수 있고 과 다음으로는 fructose, arabinose, maltose가

Table II. Effect of sugar substances on the mycelial yield. (mg/40ml)

Sugar substances	Strains	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
None		21.0	18.5
Arabinose		98.4	37.7
Fructose		102.6	95.0
Glucose		135.0	85.4
Maltose		91.4	79.2
Mannitol		129.3	98.0
Soluble starch		68.9	28.8
Sorbose		73.1	17.8
Sucrose		81.5	82.9

좋았다. *A. auricula-judae*는 mannitol과 fructose가 가장 우수한 탄소원이었고 glucose, sucrose 및 maltose도 比較的 良好하였으며 sorbose는 탄소원을 添加하지 않은 培地의 菌絲體量과 거의 비슷하였다. 그리고 soluble starch에서 兩菌株가 모두 不良하였는데 Lee等(1975)의 *Agaricus campestris* 振盪培養에서 soluble starch가 菌絲生育에 不適當한 탄소원이라고 한 報告는 本實驗 結果와 類似하였다.

Kawai와 Abe(1976)는 *Tricholoma matsutake*를 液體培養했을 때 여러 탄소源中 glucose, fructose, mannitol에서 菌絲體 生産이 가장 良好하다고 報告한 바 있고 Smith等(1982)은 *Pisolithus tinctorius*實驗에서 mannitol, glucose가 가장 優秀한 탄소원이라 하였는데 이는 本實驗 結果와 거의 비슷한 影響이었다.

2. 有機酸類

各種 有機酸類를 탄소源으로써 添加하여 菌絲體 生産에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table III과 같다.

Table III과 같이 有機酸類는 糖類보다 탄소源으로 잘 利用하지 못하였으며, *P. ostreatus*는 acetic acid와 oxalic acid를 利用하지 못하였고 tartaric acid, maleic acid에서는 탄소源 無添加培地와 비슷하였으며 이들 有機酸中에서 fumaric acid가 良好한 편이었다.

*A. auricula-judae*는 fumaric acid와 citric acid만이 甚약하나마 生育하였고 acetic acid, oxalic acid, formic acid는 거의 利用하지 못하였고 나머지 有機酸은 탄소源 無添加培地와 비슷하였다.

Yusef와 Allam(1967)은 *Chaetomium* sp., *Myrothecium verrucaria*, *Pestalotia gracilis* 및 *Pleurotus ostreatus*의 液體培養實驗에서 *P. ostreatus*가 fumaric acid에서 가장 良好하다고 報告하였는데 이는 本實驗

Table III. Effect of various organic acids on the mycelial yield. (mg/40ml)

Organic acids	Strains	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
None		21.0	18.5
Acetic acid		0	0
Citric acid		36.0	35.0
Formic acid		23.0	0
Fumaric acid		62.0	42.0
Lactic acid		37.0	17.5
Maleic acid		21.0	17.7
Oxalic acid		0	0
Succinic acid		49.0	18.0
Tartaric acid		20.6	17.6

結果와 같았다.

窒素源의 影響

1. 有機 및 無機能 窒素

有機 및 無機能 窒素가 菌絲體 生産에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table IV와 같다.

Table IV와 같이 *P. ostreatus*는 peptone, urea 및 $(NH_4)_2HPO_4$ 에서 菌絲體 生産이 가장 良好하였다. *A. auricula-judae*는 peptone, casamino acid 및 urea에서 菌絲體收率이 높았고 一般的으로 암모니아態 窒素가 窒酸態 窒素 보다 良好한 편이며 亞窒酸態窒素는 窒素源 無添加 보다 不良하였다.

Kawai와 Abe(1976)는 *Tricholoma matsutake*의 液

Table IV. Effect of various nitrogen sources on the mycelial yield. (mg/40ml)

Nitrogen sources	Strains	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
None		22.3	25.1
Peptone		135.0	95.0
Casamino acid		105.6	94.1
Urea		126.8	87.1
$(NH_4)_2SO_4$		80.2	50.1
$(NH_4)_2HPO_4$		126.8	70.0
$(NH_4)_2C_2H_4O_6$		72.9	55.4
KNO_3		71.1	33.0
$NaNO_3$		92.9	36.9
$Ca(NO_3)_2$		100.2	38.3
KNO_2		51.0	13.2
$NaNO_2$		85.6	16.4

體培養에서 有機態 窒素가 가장 優秀하였고 암모니아態 窒素, 窒酸態 窒素 順으로 良好하다고 한 것과는 類似 하나 木材腐朽菌은 urea에서 잘 生育하였고 *Pleurotus ostreatus*에서는 잘 生育하지 않는다는 Yusef와 Allam (1967)의 報告와 差異가 있었다.

2. 아미노酸

各種 아미노酸類가 菌絲體 生産에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table V와 같다.

Table V와 같이 一般적으로 兩菌株가 아미노酸을 窒素源으로 廣範圍하게 利用할 수 있으며 *A. auricula-judae*가 *P. ostreatus*보다 菌絲體 生産이 良好하였다.

Table V. Effect of various amino acids on the mycelial yield. (mg/40ml)

Amino acid	Strains	
	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
None	22.3	25.1
DL-alanine	53.8	62.8
Asparagine	76.2	88.5
L-glutamic acid	33.0	35.5
Glycine	62.6	77.1
L-histidine	25.0	35.0
L-isoleucine	24.0	27.8
L-leucine	46.2	52.0
DL-methionine	27.5	27.9
L-serine	62.0	94.0
DL-threonine	70.6	90.2
DL-valine	25.2	26.7

*P. ostreatus*는 asparagine과 DL-threonine이 가장 良好하였고 L-histidine, DL-valine 및 L-isoleucine은 菌絲體 生産이 不良하였으며 *A. auricula-judae*는 L-serine, DL-threonine, asparagine, glycine順으로 良好하였는데 이는 Kitamoto等(1975)의 *Psilocybe panaeoliformis*에서 L-serine이 菌絲體 生産에 良好하다는 報告와는 類似하나 *Tricholoma matsutake*에서 DL-threonine과 DL-alanine이 菌絲體 生産에 不良하다는 Kawai와 Abe(1976)의 報告와 差異가 있었다.

Vitamin類의 影響

vitamin類가 菌絲體 生産에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table VI와 같다.

Table VI와 같이 *P. ostreatus*는 folic acid와 thiamine 添加시에 菌絲體 生産이 가장 좋았고 그밖의 vitamin類는 無添加培地와 거의 비슷하였다. *A. auricula-*

Table VI. Effect of various vitamins on the mycelial yield. (mg/40ml)

Vitamins conc. (mg/L)	Strains	
	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
None	117.5	95.5
Ca-pantothenate 0.3	121.6	99.8
Folic acid 0.03	138.2	104.0
Inositol 3	122.1	101.9
Niacin 0.3	122.1	97.1
Riboflavin 0.3	124.0	102.5
Thiamine-HCl 0.5	135.3	93.9

*judae*는 folic acid, riboflavin, inositol順으로 良好하였고 thiamine은 無添加培地와 類似하였는데 *Favolus arcularius*에 thiamine 添加로 菌絲 生育이 顯著하게 促進되었다는 Kiamoto와 Kasai(1968, a) 報告와는 큰 差異가 있었다.

Hong等(1981)은 *Agricus bitorquis*와 *Pleurotus ostreatus* 液體培養實驗에 thiamine과 folic acid添加시 菌絲 生育에 현저한 促進效果가 있었다고 報告하였는데 本實驗의 *P. ostreatus*와 비슷한 傾向이었다.

無機 鹽類의 影響

1. MgSO₄의 影響

MgSO₄·7H₂O의 濃度가 菌絲體 生産에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table VII과 같다.

兩菌株 모두 MgSO₄濃度의 增加에 따라 菌絲體 生産이 增加하여 0.08%에서 最高值를 보였고 이 範圍를 벗어나면 減少하였다.

Casselton과 Casselton(1966)은 *Coprinus lagopus* 實驗에서 0.04% 以上の 濃度에서는 菌絲體 生産이 減少한다고 報告하였으며 Kitamoto等(1975)은 *Psilocybe*

Table VII. Effect of magnesium sulfate concentrations on the mycelial yield. (mg/40ml)

MgSO ₄ ·7H ₂ O conc. (%)	Strains	
	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
None	117.0	70.0
0.01	122.0	73.5
0.02	137.2	103.3
0.04	139.6	104.9
0.08	149.0	109.7
0.12	143.1	88.8
0.16	132.6	81.5

*panaeoliformis*의 合成培地實驗에서 $MgSO_4$ 는 濃度の 增加에 따라 菌絲體의 收率이 減少된다 하였는데 이는 本實驗結果와 一致하지 않았다.

2. KH_2PO_4 濃度の 影響

KH_2PO_4 濃도가 菌絲體生産에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table VIII과 같다.

Table VIII. Effect of potassium phosphate concentrations on the mycelial yield. (mg/40ml)

KH_2PO_4 conc. (%)	Strains	
	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
None	60.0	62.2
0.01	64.8	96.6
0.05	142.8	104.1
0.1	148.9	109.7
0.2	177.0	144.0
0.3	160.4	131.4
0.5	156.5	130.0

Table VIII과 같이 兩菌株가 KH_2PO_4 增加에 따라 菌絲體收量이 增加되어 0.2%에서 제일 많았으며 그 以上の 濃度에서는 약간 減少하는 현상을 보였다.

Kitomoto等(1975)은 *Psilocybe panaeoliformis* 實驗에서 KH_2PO_4 의 濃度 0.03~0.3%까지 菌絲體는 濃度增加에 따라 增加되었으나 子實體는 減少되었다 하였으며 Hong과 Yoon(1981)은 *Flammulina velutipes*의 合成培地實驗에서 KH_2PO_4 濃度增加에 따라 菌絲와 子實體收量이 增加되어 0.2%에서 最高에 도달하였다가 그 以上の 濃度에서는 低下된다고 報告한 것은 本實驗과 類似하였다.

培養溫도와 菌絲體 生産

溫度別 菌絲體 生産을 檢討한 結果는 Table IX와 같

Table IX. Effect of cultural temperature on the mycelial yield. (mg/40ml).

Temperature	Strains	
	<i>P. ostreatus</i>	<i>A. auricula</i>
10°C	76.6	45.0
15	89.1	63.1
20	94.1	86.7
25	160.6	135.0
30	177.0	152.0
35	85.4	36.0
40	0	0

다.

Table IX와 같이 溫度別菌絲體生産은 兩菌株가 30°C에서 가장 良好하였고 20°C以下와 35°C以上에서는 菌絲體生産이 현저하게 不良하였다.

Zadrazil(1974)의 *Pleurotus florida*實驗. Chung等(1981)의 *Pleurotus ostreatus*實驗 및 Cha(1981)의 *Lyophyllum* sp.와 *Auricularia auricula*實驗에서 菌絲의 最適生育溫도가 30°C라 報告하였는데 이는 本實驗의 兩菌株와 一致되었다.

培地 pH와 菌絲體 生産

菌絲體 生産에 미치는 培地 pH의 影響을 調査하기 위하여 培地의 初發 pH를 4.0~7.0으로 調整하여 檢討한 結果는 Table X과 같다.

Table X. Effect of initial pH on the mycelial yield. (mg/40ml)

Initial pH	<i>P. ostreatus</i>		<i>A. auricula</i>	
	Final pH	Mycelium	Final pH	Mycelium
4.0	3.7	70.0	3.7	61.7
4.5	3.8	113.2	3.8	90.2
5.0	4.2	158.3	4.2	114.2
5.5	5.1	178.1	4.6	145.0
6.0	5.5	170.0	4.7	158.0
6.5	6.3	160.3	5.9	152.1
7.0	6.7	153.5	6.0	150.2

培地의 pH別 菌絲體 生産을 보면 *P. ostreatus*는 pH 5.5~6.0에서 *A. auricula-judae*는 pH 9.0~7.0에서 菌絲體 生産이 良好하였다. 兩菌株가 모두 最適 pH를 벗어나면 菌絲體量이 점차로 減少되는데 이와같은 減少는 中性側 보다는 酸性側이 더 심하였다.

培養이 끝난 후 培養液의 pH는 兩菌株가 生育中에 生成한 有機酸에 의하여 培地 pH의 初發보다 다소 떨어지는 傾向이었는데 이는 *P. ostreatus*보다 *A. auricula-judae*에서 더 심하였다.

Kawai와 Ogawa(1976)의 *Tricholoma matsutake* 生育最適 pH는 4.5~5.5이라 하였고 Kinugawa와 Furukawa(1965)는 *Collybia velutipes*의 生育 pH가 5.2~5.8이라 하였는데 本實驗에서는 이들 pH보다는 다소 높았으며 Chung等(1982)의 *Pleurotus ostreatus*實驗에서 生育最適 pH 5.0~6.0은 本實驗의 *P. ostreatus*와는 類似하나 *A. auricula-judae*와는 다소 差異가 있었다.

要 約

振盪培養에서 느타리와 목이의 菌絲體 生産에 대한 實驗의 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 菌絲體 生産에 良好한 炭素源은 *P. ostreatus* 경우 glucose와 mannitol이었고 *A. auricula-judae*는 mannitol과 fructose이었다. 有機酸중에서는 兩菌株 모두 fumaric acid에서 제일 良好하였다.

2. 菌絲體 生産에 良好한 窒素源은 *P. ostreatus* 경우 peptone, urea와 asparagin, DL-threonine이었고 *A. auricula-judae*는 peptone, casamino acid와 L-serine, DL-threonine이었다.

3. 菌絲體 生産에 良好한 vitamin은 *P. ostreatus* 경우 folic acid, thiamine이었고 *A. auricula-judae*는 folic acid, inositol, riboflavin이었다.

4. 兩菌株가 $MgSO_4$ 는 0.08%, KH_2PO_4 0.2%에서 菌絲體 生産이 良好하였다.

5. 菌絲體 生産의 最適溫度와 pH는 *P. ostreatus*에서 25~30°C, pH 5.5~6.0이고 *A. auricula-judae*에서 25~30°C, pH 6.0~7.0이었다.

References

Casselton, L.A. and Casselton, P.J. (1966): Control of fruiting of *Corprinus lagopus* on certain synthetic media. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 49: 579.
 Cha, D.Y. (1981): Artificial cultures for new edible wild mushrooms. *Kor. J. Mycol.* 9: 123.
 Chung, H.C., Park, Y.H. and Kim, Y.S. (1981): Basic informations on the characteristics of strains of oyster mushroom. *Kor. J. Mycol.* 9: 129.
 Falanghe, H. (1962): Production in mushroom mycelium as a protein and fat source in submerged culture in medium of vinasse. *Appl. Microbiol.* 10: 572.
 Fraser, I.M. (1956): The growth promptive effect of several amino acids on the common cultivated mushroom. *Mushroom Sci.* 3: 190.
 Hong, J.S., Lee, K.S. and Choi, D.S. (1981): On the mycelial growth of *Agaricus bitorquis* and *Pleurotus ostratus*, *Kor. J. Mycol.* 9: 19.
 Hong, J.S. and Yoon, S. (1981): Fruit-body formation of *Flammulina velutipes* on the synthetic

medium. 1. Effect of carbon and nitrogen sources, *Kor. J. Food Sci. Technol.* 13: 233.
 Hong, J.S. and Yoon, S. (1981): 2. Effect of vitamins and inorganic salt. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 13: 255.
 Humfeld, H. (1948): The production of mushroom mycelium (*Agaricus campestris*) in submerged culture. *Science*, 107: 373.
 Humfeld, H. and Sugihara, T.F. (1949): Mushroom mycelium production by submerged propagation, *Food Technol.* 3:355.
 Humfeld, H. and Sugihara, T.F. (1952): The nutrient requirements of *Agaricus campestris* growth in submerged culture. *Mycologia*, 44: 605.
 Kawai, M. and Abe, S. (1976): Studies on the artificial reproduction of *Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Sing. 1. Effect of carbon and nitrogen sources in media on the vegetative growth of *Tricholoma matsutake*. *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 17: 159.
 Kawai, M. and Terada, O. (1976): 2. Effect of vitamins, nucleic acid relating substances, phytohormones and metal ion in media on the vegetative growth of *T. matsutake*, *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 17: 168.
 Kawai, M. and Ogawa, M. (1976): 3. Effect of growth promoting natural products on the vegetative growth of *T. matsutake*. *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 17:492.
 Mawai, M. and Ogawa, M. (1976): 4. Studies on a seed culture and a trial for the cultivation on solid media. *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 17: 499.
 Kawai, and Ogawa, M. (1977): 5. Effect of some chemicals on the growth of mycorrhizal and non-mycorrhizal soil fungi. *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 18: 391.
 Kawai, M. and Ogawa, M. (1978): 6. Effect of TBZ, Benlate, Paraquat and some other chemical on soil microbe populations and on the groth of *Pinus densiflora* seedlings. *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 19: 1.
 Kinugawa, K. and Furugawa, H. (1965): The fruit-body formation in *Collybia velutipes* induced by the lower temperature treatment on short duration,

Hong, Kwon and Jung: Production of Mushroom Mycelium

- Bot. Mag* (Tokyo). 78: 240.
- Kitamoto, Y. and Kasai, Z. (1968a): Fruit-body formation of *Favolus arcularius* on a synthetic medium. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 42: 255.
- Kitamoto, Y. and Kasai, Z. (1968b): Nutritional requirement for fruit-body formation in *Favolus arcularius*. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 42: 260.
- Kitamoto, Y. Horikoshi, T. and Hosoi, N. (1975): Nutritional study of fruit-body formation in *Psilocybe panaeoliformis*. *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 16: 268.
- Kostadinov, I., Torev, A. and Rantcheva, Tz. (1972): Some aspects of the production of *Pleurotus ostreatus* Fr., *Mushroom Sci.* 8: 253.
- Kurtzman, R.H. (1976): Nutrition of *Pleurotus sapidus* effect of lipids, *Mycologia*, 68: 286.
- Lee, J.S., Lee, S.R. and Yu, T.J. (1975): Production of mushroom mycelium (*Agaricus campestris*) in shaking culture. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 7:22.
- Lehrian, W.D., Schisler L.C. and Patton, S. (1976): The effects of linoleate and acetate on the growth and lipid composition of mycelium of *Agaricus bisporus*. *Mycologia*, 68: 453.
- Sakamoto, R., Niimi, T. and Takahashi, S. (1978): Effect of carbon and nitrogen sources on submerged culture of edible fungi, *Agri. Chem. Sci. Japan*, 52: 75.
- Sakamoto, R., Niimi, T. and Takahashi, S. (1978): Submerged culture of edible fungi in high-consistency starch media. *Agr. Chem. Sci. Japan*, 52: 83.
- Smith, R.A. (1982): Nutritional study of *Pisolithus tictorius*. *Mycologia*, 74: 54.
- Yusef, H.M. and Allam, M.E. (1967): The carbon nad nitrogen nutrition of certain fungi. *Can. J. Microbiol.* 13: 1097.
- Zadrazil, F. (1974): The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *P. florida*, *P. cornucopiae* and *P. eryngli*. *Mushroom Sci.* 9:621.

<Receided January 10, 1983>