

## 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceus*)의 새로운 균사배양기의 조성

고한규<sup>1</sup> · 김동명<sup>2</sup> · 박원목\*

<sup>1</sup>고려대학교 자연자원대학 농생물학과

<sup>2</sup>대웅제약 중앙연구소  
고려대학교 생명공학원

### Composition of a New Medium for Mycelial Growth of *Hericium erinaceus*

Han-Gyu Ko<sup>1</sup>, Dong-Myong Kim<sup>2</sup> and Won-Mok Park\*

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, College of Natural Resources,  
Korea University, Seoul 136-701

<sup>2</sup>Daewoong Pharmaceutical Co., Research and Development Center, Seoul 135-715  
Graduate School of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

**ABSTRACT:** These researches were carried out for improvement of medium for mycelial growth of *Hericium erinaceus* isolate KU-1. It grew well at pH 4 and 25°C. Glucose and sucrose were favorable carbon sources for mycelial growth. As nitrogen sources, ammonium acetate and arginine enhanced mycelial growth. Optimum C/N ratio was 200. Based On the results, the following recipe is suggested for synthetic medium for the mycelial growth: glucose 18.02 g, arginine 2.613 g, ammonium acetate 2.313 g, CaCl<sub>2</sub> 0.33 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 8.5 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 2.0 g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02 g, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02 g, MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02 g, water 1 liter. This medium was superior for the mycelial growth to other conventional media such as Yeast malt extract agar (YMA), Park medium, Potato dextrose agar (PDA), Malt extract agar, Czapek-dox agar, Macaya-lizano medium and Yeast extract agar. This new synthetic medium is designated as Ko medium.

**KEYWORDS:** *Hericium erinaceus*, C/N ratio, Nutritional physiology.

노루궁뎅이버섯, *Hericium erinaceus*는 분류학적으로 담자균강, Holobasidiomycetidae, Aphylophorales, Hericiaceae에 속하는 식용버섯이다. 오래전부터 식용 및 약용버섯으로 이용되어 왔으며 가을철 활엽수의 고목이나 생목에서 발생하는 버섯으로 중국에서는 후두버섯(Monkeyhead mushroom)이라고 칭하고 있으며 일본에서는 Yamabushitake로 불려지고 있다.

Yang 등(1989)은 *H. erinaceus*의 약효가 신체의 면역체계를 강화시키고 위궤양, 십이지장궤양, 만성장염 및 위암, 식도암의 치료에도 효과적이라고 보고하였다. Ahn(1992)은 한국산 약용 버섯을 조사하면서 *H. erinaceus*가 항암 및 면역기능을 촉

진시키며 임상치료에서 위궤양, 만성위염, 신경쇠약, 소화불량, 신체허약, 만성위축성위염, 위암, 식도암에 효능을 보고하였다.

Kawagishi 등(1996)은 노루궁뎅이버섯에서 생리활성물질을 추출하여 구조를 밝혀냈으며 그 물질은 nerve growth factor(NGF)로 중추 신경 재생과 치매병의 치료제로써의 이용가능성을 보고하였다.

노루궁뎅이버섯은 1950년대말까지 야생에서 채집만 하여 이용하였으나 Liu(1981)의 상하이 농업과학원에서 재배기술이 개발되어 인공재배가 가능하게 되었고 Mizuno 등(1992)은 원목재배, 병재배, 봉지재배를 *H. erinaceus*에 적용시켜 재배하였으며 이들 자실체에서 항종양에 효과가 있는 다당류를 보고하였다. 또한 Mizuno(1995)는 노루궁뎅

\*Corresponding author

이버섯이 고급요리 및 건강증진식품으로 손색이 없으며 의학적으로도 매우 잠재성이 높은 버섯이라고 기술하였다.

균사생장에 요구되는 영양생리를 밝히는데 Fraser 및 Fujikawa(1958)는 아미노산 종류가 양송이 (*Agaricus bisporus*) 생장에 촉진효과를 보고하였으며 Song 등(1987)은 *Lentinus edodes*에서 aspartic acid가 최적이라고 보고하였다. 또한 Park 등(1995)은 *Pleurotus spp.*는 starch, dextrin에서 균사생장이 최대치를 보였다고 발표하였고, Aronone 등(1994)은 *H. erinaceus*의 균사를 수확하기 위하여 corn barn 또는 MPGA(malt extract, peptone, glucose, agar)배지를 이용하였다고 보고하였다. 이와 같이 버섯의 종류에 따라 영양원의 요구조건이 다르다.

따라서 본 실험은 노루궁뎅이버섯의 균사생장에 관한 영양원 실험으로 대량의 균사체 수확을 위한 균사생장에 적당한 배양기를 확립하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 균주배양 및 보관

실험균주는 1995년 9월 오대산에서 채집한 *Hericium erinaceus* isolate KU-1을 이용하였다.

보관배지는 potato dextrose agar(PDA)배지와 톱밥배지(톱밥 80%: 미강 20%)를 이용하여 27°C 항온기에서 균사활착이 완료된 후 4°C로 보관하였다.

배양실험시 온도실험을 제외하고는 25°C 항온기에서 모든 배양을 하였으며 모든 실험은 5 반복으로 실험목적에 따라 10일 혹은 20일간 배양하였다.

### 온도시험

Petri dish(90 mm) 내의 PDA 배지에 균사(직경 8 mm)를 접종 후 4°C, 15°C, 25°C, 37°C의 배양기에서 20일 동안 배양한 후 colony반경의 균사생장 길이와 균사밀도를 측정하였다.

### 최적 pH

Potato dextrose broth(PDB) 액체배지를 1 M

HCl과 1 M NaOH로 pH를 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9로 교정후 250 ml 삼각플라스크에 100 ml씩 분주한 후 균사(직경 8 mm)를 접종하였다. 25°C의 진탕배양기에서 15일 동안 배양한 후 filter paper(Whatman 100)로 균사체를 걸러서 수확하여 80°C dry oven에서 24시간 동안 건조하여 각각의 균체무게를 측정하였다.

### 탄소원

기본배지는 Park(1995)배지(starch 15g, CaCO<sub>3</sub> 0.314g, arginine 3.484g, ammonium tartrate 3.06g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 8.138g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1.584g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 1.5g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02g, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.03g, MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02g, agar 20g, water 1 liter)를 이용하였다. 질소원을 ammonium nitrate로 하고, starch를 제거 후 탄소원을 salicin, lactose, glycerol, D-ribose, D-mannose, arabinose, cellobiose, D-maltose, D-xylose, adonitol, D-fructose, D-galactose, D-glucose, mannitol, sucrose, D-sorbitol, dextrin, starch의 18종을 각각 100 mM씩 첨가하였고 pH는 phosphate buffer를 이용하여 pH 4.5로 교정하였으며 20일간 배양 후 균사생장 및 균사밀도를 측정하였다.

### 질소원

기본배지에 탄소원을 glucose로 하고 arginine 과 ammonium tartrate를 제거 후 질소원을 ammonium acetate, ammonium oxalate, ammonium phosphate, ammonium molybdate, ammonium bicarbonate, ammonium nitrate, ammonium sulfate, ammonium tartrate, sodium nitrate, potassium nitrate, urea의 11종의 무기태질소와 DL-phenylalanine, L-valine, DL-leucine, L-proline, DL-tryptophan, DL-threonine, L-cysteine, DL-alanine, glycine, L-asparagine, L-aspartic acid, L-serine, L-arginine, L-glutamine의 14종의 아미노산을 각각 20 mM 첨가하였고 pH는 phosphate buffer를 이용하여 pH 4.5로 교정하였다. 10일간 배양 후 균사생장 및 균사밀도를 측정하였다. 가장 생장이 우수하여 선발된 질소원의 농도를 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40

**Table 1.** Suggested composition of new synthetic medium (Ko medium) for mycelial growth of *Hericium erinaceus*

Chemicals	Amounts (g)
Glucose	18.02
Arginine	2.613
Ammonium acetate	2.313
CaCl <sub>2</sub>	0.33
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	8.5
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2.0
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.02
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.02
MnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.02
Agar	20.0
Water	1 liter

mM로 조절한 후 동일한 방법으로 균사를 배양, 측정하여 최적농도를 알아보았다.

#### C/N ratio

기본배지에서 질소원을 ammonium acetate로 고정하고 탄소원 glucose의 함량을 조절하여 C/N율을 10, 50, 100, 200, 400, 800로 조정 후 20일간 배양하여 균사생장 및 균사밀도를 기록하였다.

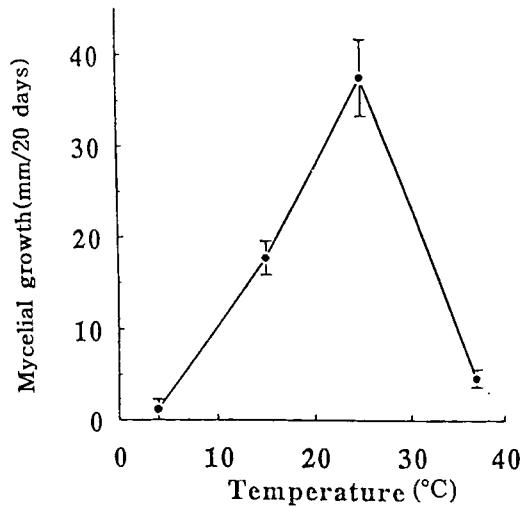
#### 배지간 균사생장 비교

상기 실험으로 가장 우수하였던 영양원과 배양조건을 조합하여 새로운 배양기를 만들었다(Table 1). 이 새로운 배양기와 기존 배지인 YMA(Yeast malt extract agar), Park medium, PDA, Malt(Malt extract agar), Czapek-dox agar, Macaya-Lizano medium, Yeast extract agar에 균사를 접종하여 10일간 배양한 후 균사생장 및 균사밀도를 배양기별로 비교하였다.

## 결 과

#### 온도시험

4°C에서 자란 균사의 길이는 1.18 mm이었고, 15°C에서는 17.80 mm, 25°C는 37.50 mm, 37°C는 4.66 mm로써 25°C에서 가장 잘 자랐다(Fig. 1). 균사밀도는 15°C와 37°C에서 자란 균사의 밀도가 25°C의 균사밀도보다 치밀하게 나타났다.

**Fig. 1.** Mycelial growth of *H. erinaceus* on PDA at different temperature.

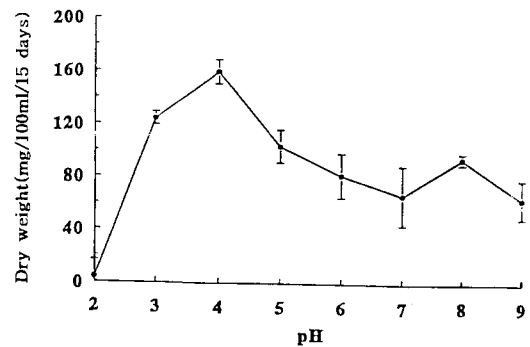
bar: standard deviations

#### 최적 pH

pH 4에서 균사의 건물중이 160.5 mg으로 가장 높았고 이보다 산도가 높거나 낮을 시는 균사의 생육이 감소하였다(Fig. 2).

#### 탄소원 선발

18종의 탄소원 중 균사생장 및 균사밀도가 D-glucose(36.75 mm), sucrose(30.80 mm), D-galactose(29.00 mm), D-mannose(28.50 mm), 및 adonitol(28.00 mm) 순으로 우수하였고, 그 외 13종의 탄소원에서는 이들보다 균사생장이 저조하

**Fig. 2.** Effect of pH on dry weight of mycelium of *H. erinaceus* in potato dextrose broth.

bar: standard deviations

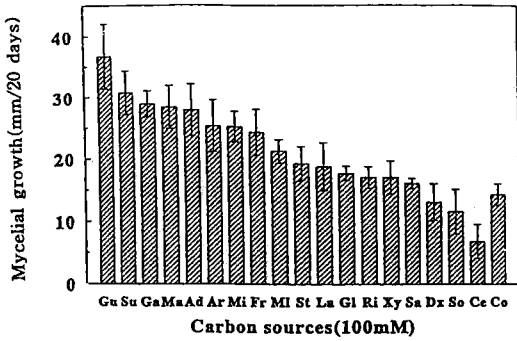


Fig. 3. Mycelial growth of *H. erinaceus* on different carbon sources.

Gu: D-Glucose, Su: Sucrose, Ga: D-Galactose, Ma: D-Mannose, Ad: Adonitol, Mi: Mannitol, Ar: Arabinose, Fr: D-Fruclose, Mi: D-Maltose, St: Starch, La: Lactose, Gl: Glycerol, Ri: D-Ribose, Xy: D-Xylose, Sa: Salicin, Dx: Dextrin, So: D-Sorbitol, Ce: Cellobiose, Co: Control.  
bar: standard deviations

였다(Fig. 3).

**질소원 선발 및 최적 농도**

11종의 질소원 중 ammonium acetate에서 균사생장이 가장 양호하였고, 다음이 ammonium ta-

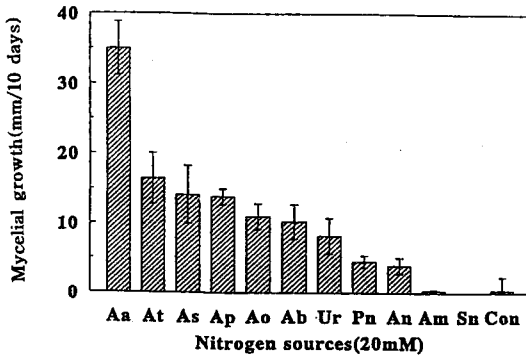


Fig. 4. Mycelial growth of *H. erinaceus* on different nitrogen sources.

Aa: Ammonium acetate, At: Ammonium tartrate, As: Ammonium sulfate, Ap: Ammonium phosphate, Ao: Ammonium oxalate, Ab: Ammonium bicarbonate, Ur: Urea, Pn: Potassium nitrate, An: Ammonium nitrate, Am: Ammonium molybdate, Sn: Sodium nitrate, Con: Control.  
bar: standard deviations

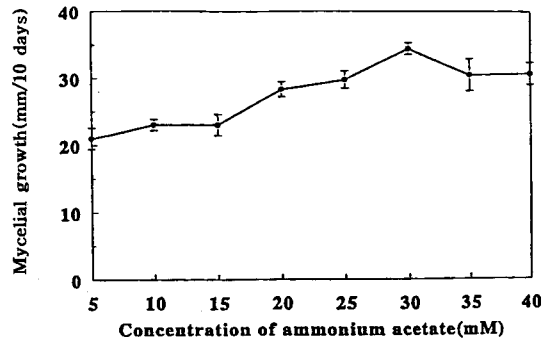


Fig. 5. Mycelial growth of *H. erinaceus* on different concentration of ammonium acetate.  
bar: standard deviations

trate, ammonium sulfate의 순으로 우수하였다. ammonium acetate에서 균사생장의 길이는 35.00 mm이었으며, 다음으로는 ammonium tartrate에서 16.40 mm이었다(Fig. 4). 또한 ammonium acetate의 농도별 균사생장은 30 mM에서 34.40 mm로 균사생장이 가장 양호하였다(Fig. 5). 이보다 높던지 낮은 농도에서는 생장이 느렸다.

14종의 아미노산 중 균사생장은 arginine(25.60 mm)에서 가장 우수하였고 기타처리에서는 균사생장효과가 크지 않았다(Fig. 6). arginine의 균사생

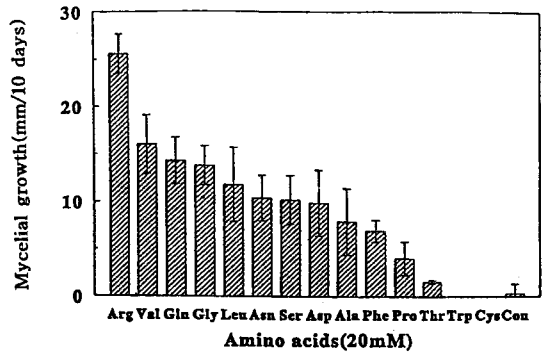


Fig. 6. Mycelial growth of *H. erinaceus* on different amino acids.

Arg: L-Arginine, Val: L-Valine, Gln: L-Glutamine, Gly: Glycine, Leu: DL-Leucine, Asn: L-Asparagine, Ser: L-Serine, Asp: L-Aspartic acid, Ala: DL-Alanine, Phe: DL-Phenylalanine, Pro: L-Proline, Thr: DL-Threonine, Trp: DL-Tryptophan, Cys: L-Cysteine, Con: Control.  
bar: standard deviations

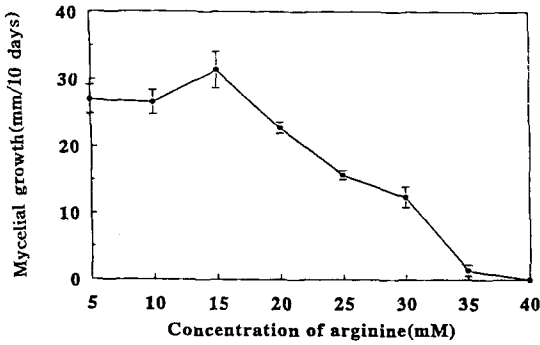


Fig. 7. Mycelial growth of *H. erinaceus* on different concentration of L-arginine. bar: standard deviations

장 최적농도는 15 mM이었다(Fig. 7).

C/N ratio

C/N을 200에서 35.90 mm로 균사생장의 최대치를 보였으며 이보다 높거나 낮으면 균사생장이 느렸다(Fig. 8).

새로운 배지와 기존배지와와의 균사생장 비교

상술한 실험의 결과를 토대로 각 실험에서 가장 우수하였던 요인들을 종합하여 Table 1과 같은 새로운 합성배지를 조제할 수 있었고, 이를 Ko배지라 명명하였다. 이 Ko배지와 기존 한천배지상에서 10일간 균사배양 후 생장을 비교한 결과 Ko배지에서 33.10 mm이었고 Yeast malt extract agar (YMA)배지는 25.64 mm, Park배지는 18.40 mm

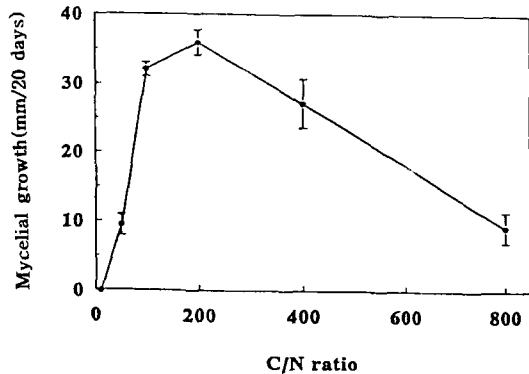


Fig. 8. Mycelial growth of *H. erinaceus* at different C/N ratio. bar: standard deviations

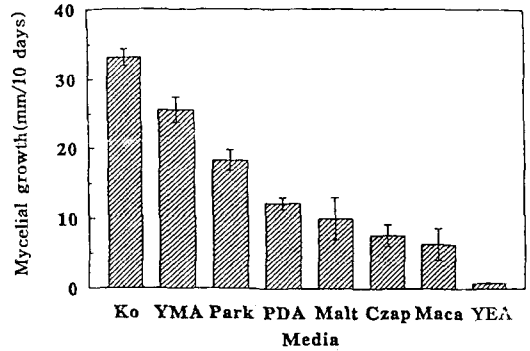


Fig. 9. Comparison of mycelial growth of *H. erinaceus* on different media.

Ko: Ko medium, YMA: Yeast malt extract agar, Park: Park medium, PDA: Potatodextrose agar, Malt: Malt extract agar, Czapek: Czapek-dox agar, Maca: Macayalizano medium, YEA: Yeast extract agar. bar: standard deviations

순으로 Ko배지에서 가장 우수한 균사생장과 균사 밀도를 나타냈다(Fig. 9).

고 찰

Sohi 등(1989)은 *Pleurotus species*의 균사생장 최적온도를 측정할 바, *P. sajor-caju*, *P. ostreatus*, *P. sapidus*, *P. florida*은 25~30°C가 최적온도이었다. 또한 Chi 등(1996)은 *Phellinus linteus*의 최적온도도 이들과 동일하게 보고하였다. 본 실험에서 *H. erinaceus*의 균사생장 최적온도는 25°C이었고, 4°C와 37°C에서 생장한 균사는 균사 밀도에서 오히려 치밀하게 생장하였지만 균사생장은 극히 낮았다. 균주에 따라 최적온도는 다를수 있지만 노루궁뎅이 균사생장의 최적온도도 이들과 유사하였다. 이들은 공통으로 자연온도에서 적정환경이 되면 자실체를 형성하는 버섯이므로 균사생육온이 유사한 것으로 사료된다.

배양기의 산도는 pH 4에서 최대치의 건물중을 얻을 수 있었고, pH 3도 다음으로 많은 건물중을 수확할 수 있었다. 그러나 pH 5보다 산도가 높아지면 건물중은 낮아졌다. 이는 Chang과 Miles (1989)은 노루궁뎅이버섯의 균사는 pH 2.4~5.4 범위를 선호하며 최적산도가 pH가 4라는 보고와 동

일하였다. 따라서 *H. erinaceus* 균사는 산성을 선호하는 것으로 나타났고, 균사생장에 약산성(pH 5.5°C~6.5°C)을 선호하는 느타리와는 다른 결과를 보였고 *Flammulina velutipes*은 pH 4.0~8.0이며 Park 등(1992)은 *Lentinus edodes*의 최적산도가 4.0~4.5이라고 보고하여 일반적으로 버섯은 산성배지에서 잘 자라는 것으로 나타났다.

*H. erinaceus*의 균사생장에 영향을 미치는 탄소원 중 D-glucose, sucrose, D-galactose, D-mannose, adonitol, arabinose의 순서로 균사생장이 양호하였지만, 균사밀도에서는 D-galactose, arabinose에서 낮았다. starch, dextrin의 다당류에서는 저조한 균사생장을 보였다. Kawagishi 등(1996)은 노루궁뎅이 균사체를 얻기위해 glucose, starch 및 corn steep liquor를 이용하였으며, Yoshida 등(1996)은 glucose와 yeast extract를 이용하였다. 또한 Aronone 등(1994)은 *H. erinaceus*의 균사를 수확하기 위하여 corn barn 또는 MPGA(malt extract, peptone, glucose, agar)배지를 이용하였다고 보고하였다. 따라서 노루궁뎅이 균사생장에 단당류인 glucose가 유용하다는 결과와 유사하였다. *Pleurotus* spp.는 starch, dextrin에서 균사생장이 최대치를 보고한 Park 등(1995)의 결과와는 상이하였고, *Pleurotus ostreatus*에서 mannitol이 가장 우수한 균사생장을 보이는 최적 탄소원이라는 Hong(1978)의 보고와도 다르다. 한편 *Auricularia* spp.는 균사생장에서 glucose, fructose, galactose가 최적 탄소원이라고 Quimio(1982)는 보고하였다. 이와같이 버섯 종류에 따라 선호하는 탄소원이 다르다.

질소는 단백질합성과 핵산의 주요 구성성분등 필수적인 영양원이다. *H. erinaceus*는 아미노산 중 arginine, valine, glutamine 순으로 균사생장 길이가 25.60, 16.00, 14.30 mm이며 arginine에서는 valine보다도 2배 정도로 균사생장 및 밀도가 월등하게 나왔다. arginine의 최적농도는 15 mM이었다. 이보다 고농도시 pH가 높아져 노루궁뎅이 버섯의 균사생장이 부진하였다. arginine은 Park 등(1995)의 *Pleurotus ostreatus*와 *P. sajor-caju*에서도 최적질소원인 것과 일치하였다. Eger 등(1974)은 느타리버섯의 균사생육에 asparagine이

적합하다는 보고와 Song 등(1987)은 *Lentinus edodes*에서 asparatic acid가 최적이라는 보고와는 상이하였다. 무기 질소원에서는 ammonium acetate, ammonium ttrate, ammonium sulfate로 각각 35.00, 16.40, 14.10 mm로 ammonium acetate에서 가장 속히 자랐다. 이는 ammonium acetate에서 자란 것이 ammonium ttrate에서 자란 것 보다 2배 이상 빨랐다. ammonium acetate의 최적농도를 알아본 결과 30mM에서 최대치를 보여주었지만 다른 농도에서도 대체적으로 균사생육이 우수하였다. 그러나 Song 등(1987)은 표고버섯의 균사생장이 ammonium acetate에서는 전혀 자라지 않았다는 보고와 Park 등(1995)도 *P. ostreatus*의 균사생장이 실험한 질소원들 중 가장 미미한 성장을 보였다고 보고하였다. 이렇듯 노루궁뎅이는 ammonium acetate에서 다른 종류의 버섯과는 달리 매우 우수하였다. 한편 Kawagishi 등(1994)은 노루궁뎅이 균사체를 얻기위해 SGC medium(glucose, starch, corn steep liquor)을 이용하였는데 질소원으로 corn steep liquor이 이용되었고, Yoshida 등(1996)은 yeast extract를 이용하였고, 또한 Aronone 등(1994)은 peptone를 이용하여 균사체를 수확하였다고 보고하였다. 본 실험에서는 yeast에서 가장 균사생장이 저조하였다.

C/N율에 대한 결과는 C/N율 200에서 균사생장 및 밀도가 최대를 보였고 다음으로 100도 우수하였다. 일반적으로 목재부후균은 최적 C/N율이 100 이상인 것과 일치된다. 그리고 Leathman(1985)는 vegetative growth와 reproductive growth간에는 C/N ratio가 다르고 사용되어진 탄소원 및 질소원에 따라서 C/N ratio가 달라질 수 있다고 하였다. 따라서 본 실험은 균사생장만을 관찰하였으므로 자실체 형성에서도 동일한 지 여부는 검토하여야 한다고 사료된다.

상술한 결과에 따라 새로운 합성배지를 조제할 수 있었고 이를 Ko배지라 명명하였으며 기존배지와 Ko배지에서의 노루궁뎅이의 균사생장을 비교시, Ko배지에서 기존배지보다 균사생장 및 균사밀도가 우수하였다. 노루궁뎅이버섯은 약용으로도 사용되는데 균사생장에 따른 생리활성물질의 생산량

과 관계가 있는지는 앞으로 밝혀야 할 과제이다.

## 적 요

본 실험은 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceus* isolate KU-1)의 균사생장에 관한 영양원 실험으로 대량의 균사체 수확을 위한 배양기 조성을 밝히기 위한 기초를 확립하고자 실시하였다.

최적온도는 25°C이며 pH 4에서 160.5 mg으로 가장 건물중이 높았고 탄소원 중 glucose, sucrose, galactose, mannose 순으로 균사생장 및 균사밀도가 우수하였다. 무기태질소원으로는 ammonium acetate 30 mM에서 균사생장이 가장 양호하였다. 아미노산 중 arginine 15 mM에서 우수하였다. C/N을 200에서 35.9 mm로 균사생장의 최대치를 보였다. 상술한 실험의 결과를 토대로 Table 1과 같은 새로운 합성배지를 조제할 수 있었고, 이를 Ko배지라 명명하였다. 이 Ko배지와 기존배지간의 한천배지상에서 균사생장 비교한 결과, Ko배지에 가장 우수한 균사생장과 균사밀도를 나타냈다. Ko배지의 조성은 glucose 18.02g, arginine 3.613g, ammonium acetate 2.313g, CaCl<sub>2</sub> 0.33g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 8.5g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 2.0g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02g, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02g, MnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.02g, water 1 liter이다.

## 참고문헌

- Ahn, D. K. 1992. Medicinal Fungi in Korea. *Kor. J. Mycol.* **20**: 154-165.
- Aronone, A., Cardillo, R., Nasini, G. and de Pava, O. V. 1994. Secondary mold Metabolites: Part 46. Hericines A-C and Erinapyrone C, New metabolites produced by the Fungus *Hericium erinaceus*. *Journal of Natural Products* **57**: 602-606.
- Chang, S. H. and Miles, P. G. 1989. Edible mushroom and their cultivation. CRC Press. pp. 120, 307-312.
- Chi, J. H., Ha, T. M., Kim, Y. H. and Rho, Y. D. 1996. Studies on the Main Factors Affecting the Mycelial Growth of *Phellinus linteus*. *Kor. J. Mycol.* **24**(3): 214-222.
- Eger, G., Gottward, H. D. and Netzer, U. V. 1974. The action of light and other factors on sporophore initiation in *Pleurotus ostreatus*. *Mush. Sci.* **9(part 1)**: 575-583.
- Fraser, I. M. and Fujikawa, B. S. 1958. The growth promoting effect of several amino acids on the common cultivated mushroom, *A. bisporus*. *Mycologia* **50**: 538-549.
- Hong, J. S. 1978. Studies on the physio-chemical properties and the cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *J. Korean Agricultural Chemical Society* **21**(3): 150-184.
- Kawagishi, H., Shimada, A., Shirai, R., Okamoto, K., Ojima, F., Sakamoto, H., Ishiguro, Y. and Furukawa, S. 1994. Erinacines A, B and C, Strong Stimulators of Nerve Growth Factor (NGF)-Synthesis, from the Mycelia of *Hericium erinaceum*. *Tetrahedron Letters* **35**: 1569-1572.
- Kawagishi, H., Shimada, A., Hosokawa, S., Mori, H., Sakamoto, H., Ishiguro, Y., Sakemi, S., Bordner, J., Kojima, N. and Furukawa, S. 1996. Erinacines E, F and G, Stimulators of Nerve Growth Factor (NGF)-Synthesis, from the Mycelia of *Hericium erinaceum*. *Tetrahedron Letters* **37**: 7399-7402.
- Kawagishi, H., Shimada, A., Shizuki, K., Mori, H., Okamoto, K., Sakamoto, H. and Furukawa, S. 1996. Erinacine D, A Stimulator of NGF-Synthesis, from the Mycelia of *Hericium erinaceum*. *Heterocyclic Communications* **2**: 51-54.
- Leathman, G. F. 1985. Growth and development of *Letinus edodes* on a chemical defined medium in "Developmental biology of higher fungi" Eds. D. Moore, L. A. Casselton, D. A. Wood and J. C. Frankland. Cambridge University press. pp. 403-427.
- Liu, C. Y. 1981. Technique of cultivation of monkeyhead mushroom. *Edible Fungi*. no. 4, 33.
- Mizuno, T., Wasa, T., Ito, H., Suzuki, C. and Ukai, N. 1992. Antitumor-active Polysaccharides Isolated from the Fruiting Body of *Hericium erinaceum*, an Edible and Medicinal Mushroom called *yamabushitake* or *houtou*. *Biosci. Biotech. Biochem.* **56**(2): 347-348.
- Mizuno, T. 1995. Yamabushitake, *Hericium erinaceum*: Bioactive substances and Medicinal utilization. *Food Reviews International* **11**(1): 173-178.
- Park, W. M., Song, C. H. and Hyeon, J. W. 1992. Nutritional Physiology and improvement of

- substrate of *Lentinus edodes*. *Kor. J. Mycol.* **20**(1): 77-82.
- Park, W. M., Kim, G. H. and Hyeon, J. W. 1995. New synthetic medium for growth of mycelium of *Pleurotus* species. *Kor. J. Mycol.* **23**(3): 275-283.
- Quimio, T. H. 1982. Physiological consideration of *Auricularia* spp. in "Tropical mushrooms, Biological nature and cultivation method" Eds. S. T. Chang and T. H. Quimio. The Chinese University Press. Hong Kong. pp. 397-408.
- Sohi, H. S. and Upadhyay, R. C. 1989. Effect of Temperature on mycelial growth of *Pleurotus* species and their yield Performance on selected substrates. *Mush. Sci.* **12(Part 2)**: 49-56.
- Song, C. H., Cho, K. Y. and Nair, N. G. 1987. A synthetic medium for the production of submerged cultures of *Lentinus edodes*. *Mycologia* **76**(6): 866-876.
- Yoshida, H., Sasaki, H., Fujimoto, S. and Sugahara, T. 1996. The chemical components in the vegetative mycelia of Basidiomycotina. *Trans. Mycol. Soc. Japan* **37**: 51-56.
- Yang, Q. Y. and Jong, S. C. 1989. Medicinal Mushrooms in China. *Mush. Sci.* **12(part 1)**: 631-643.