

뿔나무버섯(*Armillaria mellea*) 균사체 생산의 최적화

김명곤* · 최한석¹ · 박효숙² · 김성준³

*익산대학 식량환경과, ¹전북대학교 식품공학과, ²원광대학교 농화학과, ³조선대학교 유전공학과

Optimal Condition for Mycelial Production of *Armillaria mellea*

Myung-Kon Kim*, Han-Seok Choi¹, Hyo-Suk Park² and Sung-Jun Kim³

*Department of Food Resources and Environment, Iksan National College, Iksan, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Korea

²Department of Agricultural Chemistry, Wonkwang University, Iksan, Korea

³Department of Genetic Engineering, Chosun University, Gwangju, Korea

(Received August 18, 2003)

ABSTRACT: *Armillaria mellea*, honey mushroom, is well known as a symbiotic fungus with *Gastrodia elata*. The mycelial yields of the fungus were compared when cultured with various broth media. The highest yield of cell mass, 2.31 g dry weight/50mL, was obtained on germinated-malt extract broth (GMEB). The optimal broth concentration which was measured hand refractometer for mycelium production was 15 Brix°. The optimal conditions estimated with response surface methodology under temperature, pH and incubation period were 25.9°C, pH 5.72, 15.22 days, respectively, on GMEB having 15 Brix° concentration for mycelial production of *A. mellea*.

KEYWORDS: *Armillaria mellea*, Germinated-malt extract medium, Optimal condition, Response surface methodology

뿔나무버섯균(*Armillaria mellea*)은 침엽수 및 활엽수의 사물 및 활물에 기생하는 목재 부후균으로서 그 기생력이 강하여 산림에 치명적인 피해를 주는 병원성 균인 동시에 봄과 가을철에 많은 자실체를 균생 또는 속생하는 식용버섯(honey mushroom)으로 잘 알려져 있으며 세계적으로 널리 분포되어 있다(이 등, 1985). 또한, 염록소가 없어서 독자생존 할 수 없는 천마(*Gastrodia elata*)와 공생하여 양분과 수분을 공급해준다는 사실이 밝혀진(Kusano, 1911; Zhang and Li, 1980) 이후 뿔나무버섯균을 이용함으로써 천마의 인공재배가 가능하게 되었다.

뿔나무버섯은 천마와 함께 예로부터 중국 및 한국에서 진귀한 한약제로 사용되어 왔으며, 노인병(geriatric patients), 중풍(palsy), 현기증(dizziness), 두통(headache), 신경쇠약(neurasthenia), 불면증(insomnia), 사지마비(numbsness in limbs), 소아마비(infantile convulsion) 간질(epilepsy) 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Obuchi 등, 1990). 따라서 이 버섯의 생리활성성분에 관한 연구로서 Yang 등(1989)은 자실체로부터 3개의 새로운 sesquiterpenoid aromatic esters(armillararin, armillaridin, armillaricin)를 분리하였으며, 균사체에서도 유사한 물질이 존재함을 확인된 바 있다(Donnelly과 Hutchinson, 1990; Cremin 등, 1995). Obuchi 등(1990)도 *A. mellea*에서 분리한 armil-

laric acid, 2-hydroxy-4-methoxy-6-methyl benzoic acid, armillararin 및 melleolide가 그람양성 세균과 효모에 항균성을 가진다고 보고하였다. 이 외에도 대뇌보호 효과(Watanabe 등, 1990), 항암효과 및 면역촉진 효과(김 등, 1983), 항혈전 효과(김과 김, 1998; Vincent 등, 1999). 또한 Junhua 등(1990)에 의해 쥐와 개를 이용한 실험에서 뿔나무버섯 균사체 추출물에서도 천마와 마찬가지로 중추신경 및 심장혈관 계통과 고지방혈증에 대한 효과를 검색한 결과 진정작용, 경련억제, 대뇌보호, 저혈압, 고지방혈증 방지 등에 약리 효과를 보이는 성분이 존재하고 있음이 시사된 바 있기 때문에 앞으로 뿔나무버섯이 천마 생산을 위한 영양공급원으로써 가 아니라 천마재배에 소요되는 3~4년 간의 기간을 단축할 수 있는 대안으로서 그리고 이를 이용한 유용 성분의 생산 수단이 될 수 있을 것으로 기대된다.

뿔나무 버섯균은 일반적으로 peptone, yeast extract, 각종 식물체 추출물과 같은 복합기질들이 함유된 영양원이 풍부한 배지(김, 1995; 홍 등, 1990)나 PDA, 맥아배지(최 등, 1983; 宇田, 1978; Raabe, 1966)에서는 균사속(Rhizomorph)이 잘 형성되나 영양이 불충분한 제한 배지 상태에서는 균사는 생육하지만 균사속을 전혀 형성하지 못하는 것으로 알려져 있다(Weinhold, 1963). 한편 각종 식물체의 대사산물에 의한 뿔나무버섯 균사속의 생육촉진 효과도 보고된 바 있다. 주요 성장촉진 물질로는 hetero-

*Corresponding author <E-mail: kmyuko@iksan.ac.kr>

auxin 및 gibberellin(최와 이, 1983), tannic acid와 gallic acid(Cheo, 1982), o-amino benzoic acid와 p-amino benzoic acid (Garraway, 1970), valeric acid와 ethanol(홍 등, 1990), coconut, corn, cotton seed, olive 등 천연 식물 유지류와 tween계 계면활성제(Moody와 Weinhold, 1972) 등에 의하여 뿔나무버섯 균사속의 생육이 촉진되는 것으로 알려져 있다. 또한 뿔나무버섯의 인공재배는 중국에서 일부 실시하고 있으나 많은 연구가 되어 있지 않으며, 톱밥 및 나무를 이용한 인공재배시 균사속이 완전하게 증식되는 데는 약 70일이 소요되며, 자실체를 수확하기까지는 90~100일 소요된다(김 등, 1992). 또한 그 수확량이 적어 상업적으로도 이용되기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하고 보다 신속하게 다량의 균사체를 생산하는 것이 유용한 균의 활용성을 제고시키는 좋은 방법으로 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 통계학적 방법과 실제배양결과를 비교하여 천연물 배지에서 뿔나무버섯 균사체 생산의 최적조건을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

공시 균주

익산대학 식량환경과 균이학실험실에서 분리 보관 중인 뿔나무버섯균(*Armillaria mellea*)을 공시균주로 사용하였다.

배지의 조제

보관용 배지는 2.5% malt extract(Difco)에 2%(w/v) agar를 첨가한 배지를 pH 6.0으로 조절하여 사용하였으며, 3개월 주기로 계대배양하여 냉장보관 하였다. 종배양용 배지는 전라북도 종자보급소에서 구입한 태백보리 품종을 이용하여 17°C, 상대습도(Relative humidity, RH) 80%에서 싹이 2 mm 될 때까지 발아시켜 천일건조한 것을 배지

Table 1. A list of culture media for mycelial production of *Armillaria mellea*

Media	Composition of media (w/v%)
MCM ^a	malt extract 2%, yeast extract 0.2%, dextrose 2%
YEPD	yeast extract 0.3%, peptone 0.5%, dextrose 2%
MEB	malt extract 2%
Weinhold's	glucose 0.5%, (NH ₄) ₂ PO ₄ 0.2%, KH ₂ PO ₄ 0.175%, MgSO ₄ ·7H ₂ O 0.075%, thiamine-HCl 0.1 mg%
PDB	potato extract 20%, dextrose 2%
DSM	soybean extract 0.3%, sucrose 3%, KH ₂ PO ₄ 0.45%, MgSO ₄ 0.05%
GMEB	germinated-malt extract broth with 11 Brix ^o

^aMCM : Mushroom complete medium; YEPD : Yeast extract peptone dextrose medium; MEB : Malt extract broth; Weinhold's : Modified Weinhold's (1963) medium; PDB : Potato dextrose broth; DSM : Defatted soybean meal medium; GMEB : Germinated-malt extract broth.

Table 2. Independent variables and the levels of variables chosen for trials

Variable	Levels of variables					
	- α^*	-1	0	1	α^*	
Experi- Temperature (°C)	X ₁	21	23	25	27	29
mental pH	X ₂	5.5	6.0	6.5	7.0	5.0
value Incubation period (days)	X ₃	12	14	16	18	10

*- α , α = lowest and highest level for each variable ($\alpha = 2$).

원료로 사용하였다. 건조된 엇기름은 4배의 증류수를 첨가하여 60°C에서 6시간 동안 당화한 후 11 Brix^o, pH 6.0으로 조절한 것을 사용하였으며, 시험관($\phi 21$ cm×20 cm)에 50 ml씩 분주하여 살균한 후 배지를 종배양용 배지로 사용하였다. 뿔나무버섯 균사체의 생리 및 균사체 생산 비교실험을 위한 기타 배지 조성은 Table 1과 같다.

접종원의 조제

종배양용 배지에 2%(w/v) agar를 첨가한 고체배지에 2회 계대배양하여 활성화시킨 뿔나무버섯 균사를 5×5 mm되게 잘라 멸균된 종배양용 배지에 접종하고 25°C에서 7일간 증식된 균을 Homogenizer(Omni mixer, USA)를 이용하여 1,000 rpm에서 무균적으로 마쇄한 후 test plate ($\phi 16.2$ mm×16.8 mm)에 미리 분주해 놓은 종배양용 배지 2 ml에 0.5 ml씩 접종하고 25°C에서 6일 동안 배양하여 이를 seed로 사용하였다.

균사체 생산조건 최적화

온도, pH, 배양기간을 최적화는 반응표면분석법을 이용하였으며(이 등, 2000), 독립변수 3개의 중심합성계획을 사용한 것으로 $\alpha=2$ 를 택하였고, 중심점수는 2개를 선정하였다(Table 2).

데이터 분석

모든 실험자료의 통계처리를 위하여 SAS program (version 8.1)을 이용하여 ANOVA와 RSREG을 수행하여 유의성을 검증하였다. 모든 데이터는 95% 신뢰도범위에서 표현되었다.

결과 및 고찰

균사체 생산 최적배지 조성

*A. mellea*의 균사체 생산 최적배지를 조성하기 위해 기존에 보고된 천연, 합성 또는 반합성 액체배지에 50 ml 당 건조 균체량으로 153~155 mg인 접종원을 접종하여 25°C에서 11일 동안 배양시켜 건조 균체량을 측정된 결과, Fig. 1과 같다. 균사체 생산은 GMEB(맥아즙 배지)가 2.3149 g으로 가장 양호하였고 그 다음으로는 MCM(버섯 완전 배지), YEPD(Yeast extract peptone dextrose 배지),

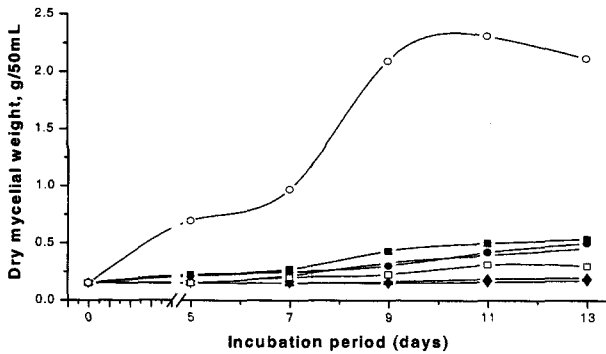


Fig. 1. Time course of mycelial production of *Armillaria mellea*. The cells were grown at 25°C, pH 6.0 and initial dry weight of mycelia was 0.153~0.155 g.
 -■- : Mushroom complete medium, -●- : Yeast extract peptone dextrose medium, -▲- : Malt extract broth, -▼- : Modified Weinhold's (1963) medium, -△- : Potato dextrose broth, -□- : Defatted soybean meal medium, -○- : Germinated-malt extract broth.

PDB(감자추출물 배지), DSM(탈지대두박 배지), MEB (Malt extract broth) 그리고 변형된 Weinhold's(1982)의 배지 순이었으며, 맥아즙 배지, 버섯완전 배지, YEPD, 감자추출물 배지 및 탈지대두박 배지에서는 균사속 (Rhizomorph)이 잘 형성되었으나 그 외의 제한된 배지에서는 형성되지 못하였다. 이는 최와 이(1983), Weinhold (1963), 홍 등(1987)의 연구와 유사한 경향을 보였으나, Hansson(1984)이 MEB 배지에서 균사속을 생산했다는 보고와는 다소 차이가 있었다.

최 등(1983)은 맥아즙 배지에 Heteroauxine, vitamin, folic acid 등을 첨가하여 27°C에서 5일간 배양한 결과 50 ml 배양액을 기준으로 환산하였을 경우 약 0.9°Cg의 건조균체를 얻어 본 실험의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. Cheo(1982)는 tannic acid(0.6%), Weinhold(1963), Moody와 Weinhold(1971), 홍 등(1990)은 알코올, 유기산 및 지방산 첨가가 *A. mellea* 균사체 생산에 효과를 나타내었다고 보고한 바 있으나, 맥아즙배지의 주성분인 보리에는 전분, 단백질, 지방의 유기질, phosphate, potassium salts 등의 무기질 성분과 polyphenol성 물질 및 tannin, vitamin B₁, B₂, E 등의 성분뿐만 아니라 보리의 발아시 작용되는 amylase, β-glucanase, protease, phosphatase 등의 효소에 의한 고분자 물질의 저분자물질로의 전환에 의하여 맥아즙 배지에 풍부한 영양물질이 공급되어 짐에 따라 맥아즙 배지에서 균사체 생산이 우수한 것으로 추정된다.

맥아즙 농도 및 pH의 변화가 균사체 생산에 미치는 영향

맥아즙 배지가 그 외의 배지에서 보다 균사체 생산 수율이 4.6~14.2배가 높게 나타남에 따라 맥아즙 배지를 배양용 우수 배지로 선정하고 이의 최적조건을 확립하고자

Table 3. The equation by RSM program for DCW of *Armillaria mellea* for the defined model in Table 2

Factor	Pr>F	Equation
X ₁ (Temperature)	<.0001	Y = -0.157X ₁ ² - 1.903X ₂ ²
X ₂ (pH)	<.0001	- 0.091X ₃ ² - 0.495X ₁ X ₂
X ₃ (Incubation period)	<.0001	+ 0.009X ₁ X ₃ + 0.095X ₂ X ₃
		+ 10.830X ₁ + 33.132X ₂
		+ 1.189X ₃ - 246.707

Coefficient of determination (R²) = 0.8432.

Y = Dry mycelial weight (g/50 ml) of *A. mellea* (25°C, pH 6.0).

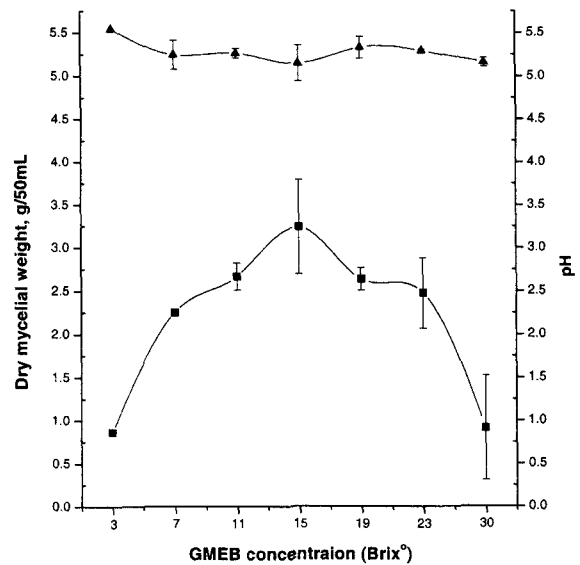


Fig. 2. Effect of GMEB concentration (Brix°) on the mycelial production of *Armillaria mellea*. The cells were grown at 25°C and pH 6.0 for 14 days. And data shown are means of five replicates ±S.E.M.
 -■- : Dry mycelial weight, -▲- : pH.

맥아즙 배지의 농도(Brix°)를 달리하여 pH 6.0, 25°C에서 14일 동안 배양시킨 후 건조 균체량을 측정하였으며, 그 결과는 Table 3 및 Fig. 2과 같다.

Fig. 2에서와 같이 일반적으로 버섯균 배양에 사용하는 맥아즙배지의 농도 11 Brix°(2.7 g/50 ml) 보다 15 Brix°(3.2 g/50 ml)에서 건조 균체량이 가장 우수하였으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 또한, 15 Brix° 이상의 농도에서는 오히려 억제효과를 보였으며 이때 배양액 중의 pH는 5.1~5.5 범위를 나타냈다. 따라서 본 연구에서는 균체생산에 맥아즙 배지의 적정 농도를 15 Brix°로 하였다.

A. mellea 균사체 생산시 pH 4.5~6.0 범위에서 양호한 결과를 얻었다는 최 등(1982) 과 홍 등(1990)의 보고 및 Fig. 2에서 배양액 중의 pH가 5.1~5.5로 나타난 결과에 근거하여 맥아즙 농도는 15 Brix°로 고정하고 초기배지 pH를 5.0, 5.5, 6.0으로 각각 달리 하여 건조균체량을 측정하였으며 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서와 같이 배양기간별 균체량의 변화가 pH 5.5와 pH 6.0에서

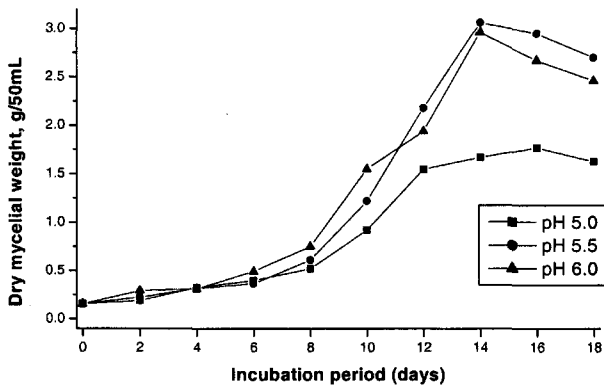


Fig. 3. Effect of pH on the mycelial production of *A. mellea* in GMEB of 15 Brix°.

는 흡사한 경향을 보인 반면, pH 5.0에서는 현저한 증식 억제제를 보였다.

반응표면 분석법을 통한 균사체 생산배지 최적화

위의 결과를 바탕으로 빵나무버섯 균사체 생산을 위한 온도(X_1), pH(X_2), 배양기간(X_3)의 최적조건을 구명하기 위하여 Table 2에 정의된 반응표면 실험계획법을 적용하여 조건 구명을 실시하였다. Table 3과 같이 온도, pH, 배양기간의 각 인자들은 통계적으로 높은 유의성을 보여 온도와, pH, 배양기간의 변화에 따라 빵나무버섯 균사체 생산에 큰 영향이 있음을 알 수 있었으나 교호작용은 통계적인 유의성이 없었다. 또한, 결정계수(R^2)가 0.843으로 높

Table 4. Predicted and experimental value of response surface for mycelial production of *Armillaria mellea* at the defined conditions in Table 2

Trial no.	Variables			Experimental value (g/50 ml)	Predicted value* (g/50 ml)
	X_1	X_2	X_3		
1	-1	-1	-1	1.147	0.889
2	1	-1	-1	2.925	2.333
3	-1	1	-1	0.534	0.948
4	1	1	-1	0.311	0.414
5	-1	-1	1	1.756	1.588
6	1	-1	1	3.655	3.176
7	-1	1	1	1.500	2.026
8	1	1	1	1.442	1.635
9	0	0	0	3.145	3.093
10	0	0	0	2.978	3.093
11	-2	0	0	0.343	0.336
12	2	0	0	0.752	1.106
13	0	-2	0	1.216	1.932
14	0	2	0	1.101	0.450
15	0	0	-2	0.547	0.681
16	0	0	2	2.671	2.601

Variables coded are same as given in Table 2.

*Predicted values were obtained by equation in Table 3.

Maximum predicted value was 3.403079 g/50 ml at stationary point : $X_1 = 25.90$, $X_2 = 5.72$, $X_3 = 15.22$.

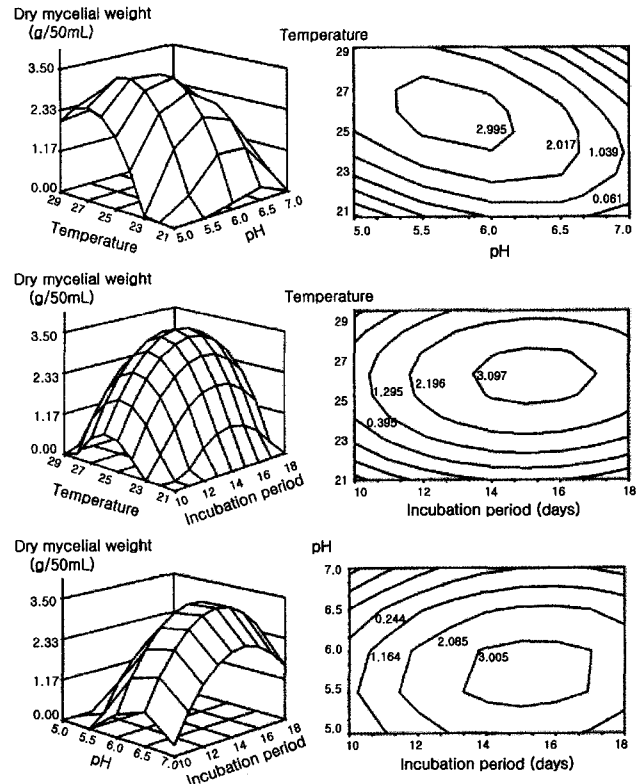


Fig. 4. Response-surface (left) and contour graphic (right) of mycelial production of *Armillaria mellea* against temperature, pH and incubation period.

은 결정계수를 보였으며, 결정계수가 1에 가깝다 할 수 있으므로 가정된 반응 모형이 자료에 잘 적용됨을 알 수 있었다.

Table 4는 실험치와 Table 3의 방정식에 적용한 예측치를 비교한 결과로서 실험번호 2, 6, 7, 13, 14에서는 비교적 많은 차이를 보였지만 대부분의 데이터가 실험치와 예측치가 서로 유사하였으며 통계적으로는 25.90°C, pH 5.72, 배양기간 15.22일에서 3.40 g/50 ml으로 최대 수율을 보이는 것으로 나타났다. Fig. 4는 Table 4를 2차원 등고선으로 나타낸 결과로서 23°C 미만, 29°C 이상의 온도와 5.0 이하와 7.0 이상의 pH에서는 빵나무버섯 균사체 생육이 현저하게 저하된 반면, 25~27°C, pH 5.5~6.0 및 배양기간 14~17일에서 빵나무버섯 균사체 생산이 가장 양호하였다. 특히, pH 5.5~6.0 범위에서 pH 변화에 대해서는 둔감하게 작용한 반면 온도와 배양기간의 변화가 빵나무버섯 균사체 생산에 민감하게 작용함을 보여주고 있어 온도와 증식기간이 빵나무버섯 균사체 생산에 결정적인 요인임을 알 수 있었다.

최 등(1983)은 본 실험과 동일한 맥아즙 배지(11 Brix°)배지에 agar를 첨가하여 고화시킨 고체배지에서 pH 6.0, 온도 27°C에서 *A. mellea* 균사생육이 양호하였고, 상기배지에 vit. A 200 ppm 첨가하였을 때 314.6 mg/10 ml의 균체량을 보였다는 보고는 본 실험과 유사한 경향임을 알 수 있었으

나 균체량 면에 있어서는 2배 가량의 차이를 나타냈다.

또한, 합성배지에서 차(1981)는 pH 6.2~7.0 범위에서 Cook 등(1991)은 pH 6.25~6.5 범위에서 *A. mellea* 균사체 생산이 양호하다고 보고하여 본 연구와 상이점이 있으나 이는 배지의 차이로 생각된다. 그러나 15~21°C의 온도범위에서 *A. mellea* 균사체 생산이 양호하였다는 Gibson과 Corbett 등(1964)의 보고가 있어 23°C 이하에서 균사체 생산이 현저하게 감소한 본 실험과는 대조적인 차이를 보였다.

적 요

팽나무 버섯균은 식용버섯으로써 노인병, 중풍, 현기증, 두통, 신경쇠약, 불면증, 사지마비, 소아마비, 간질 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있으므로, 팽나무 버섯 균사체의 고농도 배양을 위한 최적 조건확립 하고자 하였다.

팽나무 버섯균사체 생산의 최적배지 선정을 위하여 7종의 배지를 대상으로 수행한 결과 맥아즙배지가 팽나무 버섯 균사체 생산에 가장 우수하였다. 맥아즙 배지에서 팽나무 버섯균 균사체 생산을 위한 적정조건은 맥아즙 농도 15 Brix^o이었으며 온도, pH, 배양기간의 조건을 반응표면 분석법에 의해서 실행한 결과, 25.9°C, pH 5.72, 15.22일의 배양에서 3.40 g/50 ml의 최대 예측치를 나타내었다. 이는 실제 실험결과치와도 대체로 일치하는 경향이였다.

감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터 기획연구과제 연구비 지원에 의해 수행된 연구의 일부로 연구비지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Cheo, P. C. 1982. Effect of tannic acid on rhizomorph production by *Armillaria mellea*. *Phytopathology* **72**: 676-679.
- Cook, M. T. and Taubenhans, J. J. 1991. The relation of parasitic fungi to the content of cells of host plants. I. The toxicity of tannin. *Del. Agric. Exp. Stn. Bull.* **91**: 3-77.
- Cremin, P., Donnelly, D. M. X., Wolfender, J. and Hostettmann, K. 1995. Liquid chromatographic-thermospray mass spectrometric analysis of sesquiterpenes of *Armillaria* (Eumycota: Basidiomycotina) species. *J. Chromatography A* **710**: 210-285.
- Donnelly, D. M. X. and Hutchinson, R. M. D. 1990. Armillane, a saturated sesquiterpene ester from *Armillaria mellea*. *Phytochemistry* **29**(1): 179-182.
- Garraway, M. O. 1970. Rhizomorph inhibition and growth in *Armillaria mellea* promoted by o-amino benzoic acid and p-amino benzoic acid. *Phytopathology* **60**: 861-865.
- Gibson, I. A. S. and Corbett, D. C. 1964. Variation in isolates from *Armillaria* root disease in Nyasaland. *Phytopathology* **54**: 122-123.
- Hansson, G. and Anderson, G. 1981. Effect of cultivation methods on mycelial growth rates and yields of the basidiomycete *Armillaria mellea*. Pp. 585-590. In: Third European congress on Biotechnology.
- Junhua, H., Dechao, Y., Xianyu, C., Zemin, H. and Xiaozhang, F. 1990. Effect of Mi Huan Jun (*Armillaria mellea*) on central nervous and vascular system. *Fitoterapia* **61**(3): 207-214.
- Kusano, S. 1911. *Gastrodia elata* and its symbiotic association with *Armillaria mellea*. *J. Agric. Coll. Tokyo* **4**: 1-66.
- Moody, A. R. and Weinhold, A. R. 1972. Fatty acids and naturally *Armillaria mellea*. *Phytopathology* **62**: 264-267.
- Obuchi, T., Kondoh, H., Watanabe, N., Tamai, M., Omura, S., Yang, J. S. and Liang, X. 1990. Armillaric acid, a new antibiotic produced by *Armillaria mellea*. *Planta Medica* **56**: 198-201.
- Rabbe, R. D. 1966. Variation of *Armillaria mellea* in culture. *Phytopathology* **27**: 1214-1244.
- Vincent, H., Joe, O., Tommie, V. M. and Shawn, D. 1999. The lysine-specific proteinase from *Armillaria mellea* is a member of a novel class of metalloendopeptidases located in basidiomycetes. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **262**: 60-63.
- Watababe, N., Obuchi, T., Tamai, M., Araki, H., Omura, S., Yang, J. S., Yu, D., Liang, X. and Huan, J. 1990. A Novel N⁶-substituted adenosine isolated from Mi Huan Jun (*Armillaria mellea*) ad a cerebral-protecting compound. *Planta Medica* **56**: 48-52.
- Weinhold, A. R. 1963. Rhizomorph production by *Armillaria mellea* induced by ethanol and related compounds. *Science* **142**: 1065-1066.
- Yang, J. S., Chen, Y. W., Feng, X. Z., Yu, D. Q., He, C. H., Zheng, Q., T., Yang, J. and Liang, X. T. 1989. Isolation and structure elucidation of *Armillaricin*. *Planta Med.* **55**: 564-565.
- Zhang, W. J. and Li, B. F. 1980. The biological relationships of *Gastrodia elata* and *Armillaria mellea*. *Acta Bot. Sin.* **16**(3): 206-213.
- 김용규. 1995. 팽나무버섯(*Armillaria mellea*) 균사속의 특성 및 천마(*Gastrodia elata*)의 생육에 미치는 영향. 전북대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김준호, 김양선. 1998. 팽나무버섯으로부터 fibrinolytic enzyme의 정제 및 특성 연구. *한국균학회지* **26**(4): 583-588.
- 김진숙, 최웅철, 김해령, 이종길, 이정옥, 정경수, 심미자, 김병각. 1983. 한국산 고등 균류의 성분 연구(제37보); 팽나무버섯의 함압 성분. *한국균학회지* **11**(4): 151-157.
- 宇田川俊一, 椿啓介, 堀江義一, 三浦宏一郎, 基浦久兵衛, 山崎幹夫, 横山龍夫, 渡邊昌平. 1978. 菌類圖鑑(上). Pp. 120-121. 東京 講談社
- 이기동, 이정은, 권중호. 2000. 식품공업에서 반응표면분석의 응용. *한국식품과학회지* **33**(1): 33-45.
- 이지열, 홍순우. 1985. 한국동식물도감; 제28권 고등균류편(버섯류). 문교부.
- 차동열. 1981. 야생 식용버섯의 인공재배검토. *한국균학회지* **9**: 123-128
- 최미자, 이지열. 1983. 팽나무 버섯 균사체의 생리·생태학적 연구. *한국균학회지* **11**(2): 79-84.
- 홍재식, 윤세억, 김명곤, 김영희, 소재돈. 1987. 팽나무버섯균(*Armillaria mellea*)의 균사속 생산에 관한 연구. *농촌진흥청 농시논문집* 81-88.
- 홍재식, 김명곤, 소규호, 김영희. 1990. *Armillaria mellea*의 균사 배양 및 균사속 생산에 관한 연구. *한국균학회지* **18**(3): 149-157.
- _____, _____, 이재홍, 김형무. 1990. 알코올 및 휘발성 유기산류가 팽나무버섯의 균사속 생산에 미치는 영향. *한국균학회지* **18**(3): 158-163.