

RESEARCH ARTICLE

다양한 기질에 대한 표고버섯 톱밥재배 가능성

정연석, 장영선*, 유림, 가강현
국립산림과학원 산림소득자원연구과

Utilization of various substrates for the cultivation of oak mushrooms (*Lentinula edodes*)

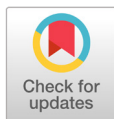
Yeun Sug Jeong, Yeongseon Jang*, Rhim Ryoo, Kang-Hyeon Ka
Division of Special Forest Products, National Institute of Forest Science, Suwon 16631, Korea

*Corresponding author: idjys@korea.kr

ABSTRACT

We investigated the effect of different media components on the characteristics and productivity of *Lentinula edodes* cultivated in sawdust. Ten substrates were used for this study. Soybean and cotton seed meal were unsuitable substrates as fungal mycelia did not grow to maturity during the incubation period. *Lentinula edodes* (NIFoS culture number 2462) was grown on the ten substrates, and soybean hull, mixed medium, cotton seed hull and corn grain showed greater effect on the productivity than wheat bran. However, wheat bran induced higher productivity in NIFoS 2778 than the other substrates. Sawdust medium with soybean meal produced smaller fruiting bodies than the other substrates. In contrast, corn meal media produced larger mushrooms than the other substrates. The external characteristics of the mushrooms varied based on the substrates upon which they were grown. This is not surprising given that the substrates differed with respect to carbohydrate and protein content, e.g., cotton seed and soybean meal contained a higher crude protein and crude ash than the other substrates tested.

Keywords: Characteristics, Cultivation, *Lentinula edodes*, Productivity, Substrates



OPEN ACCESS

pISSN : 0253-651X
eISSN : 2383-5249

Kor. J. Mycol. 2019 December, 47(4): 373-83
<https://doi.org/10.4489/KJM.20190042>

Received: December 09, 2019

Revised: December 15, 2019

Accepted: December 16, 2019

© 2019 THE KOREAN SOCIETY OF MYCOLOGY.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

전 세계에서 가장 인기 있는 버섯들 중 하나인 표고는[1], 약 2,000년 전부터 일본 및 중국에서 재배되었으며, 한국 및 태국, 브라질 등에서도 재배되고 있다[2]. 독특한 맛과 향, 품질을 가진 표고는 세계에서 두 번째로 인기 있는 식용버섯으로 알려져 있으며[3], 단백질뿐만 아니라 식이섬유, 미네랄 등의 영양성분, 베타글루칸과 같은 기능성 물질을 함유하고 있어[4], 항암, 당뇨, 저혈압, 콜레스테롤, 항균성과 같은 여러 가지 효능을 이용하기 위한 약용식품으로도 널리 이용되고 있다[2]. 표고 재배는 전통적으로 원목재배 방법을 이용하고 있었으나, 버섯의 수확까지 시간이 오래 걸리고, 생산성을 예측하기 어려운 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 톱밥배지를 이

용한 재배가 많이 이루어지고 있다[2]. 톱밥은 표고 재배에서 이용되는 재료들 중 가장 널리 이용되고 있으며 특히 참나무톱밥이 가장 많이 사용되고 있다. 톱밥배지의 재료는 각 지역에서 쉽게 구할 수 있는 재료에 맞추어 다양하게 개발되었으며, 저렴하고 쉽게 공급받을 수 있는 재료들을 사용하여 표고 재배를 한다[5]. 가장 보편적으로 사용하는 조성은 톱밥 80%에 영양원 20%를 혼합하여 사용하는 것이다[6]. 시간이 지나갈수록 재배에 적합한 참나무의 수량이 점점 줄어들면서, 재배에 필요한 참나무톱밥을 구하는 것도 어려워질 것이라고 추정되고 있다. 그로 인하여 기존의 톱밥배지에 사용되는 재료를 대체할 수 있는 재료들에 대한 연구들이 진행 중이다[7]. 프랑스에서는 밀짚을 이용하여 표고버섯을 생산하는데 성공했으며, 이는 이스라엘에서도 확인이 되었다[8]. 이 밖에도 미국에서는 영양원으로 밀기울과 미강을 10%씩 혼합하여 사용하기도 하며, 대만에서는 톱밥 84%, 미강 5%, 밀기울 5%, 대두 3% 및 라임 3%를 혼합하여 표고 재배에 이용하였다. 또한 스위스에서는 가문비톱밥 75%, 밀기울 24%, 라임 1%를 이용하여 만든 배지가 표고 재배에 이용될 수 있다는 연구가 보고되기도 하였다[5].

이 밖에도 널리 사용되는 영양원 성분인 미강 및 밀기울을 대신할 수 있는 옥수수, 면화, 해바라기, 아마씨, 커피, 카카오 및 기타 농업 부산물들의 표고재배 적용의 적합성이 연구되기도 하였다. 그러나 재배과정에 의한 버섯 수확 및 품질에 관한 연구는 아직 부족한 편이다[9]. 따라서, 본 연구에서는 밀기울을 대신하여 표고 재배 영양원으로 사용할 수 있는 기질을 탐색하여 보았다. 이를 통해 새로운 톱밥배지 재료를 개발하고, 농업 부산물의 활용성을 높이는 데 초점을 맞추어 본 연구를 진행하였다.

재료 및 방법

균주 및 종균배양

본 연구에 사용된 표고 균주는 국립산림과학원 균주보존실에서 4°C로 보존되어 있는 표고 균주(NIFoS 2778, NIFoS 2462)를 사용하였다. 표고 균주는 potato dextrose agar(PDA, Difco) 평판배지에 접종하여 25°C에서 배양한 뒤 종균 접종원으로 사용하였다. 종균은 참나무 톱밥 80%(상수리나무 1 : 신갈나무 1)(w:w), 밀기울 20%를 함수율 65%로 혼합하여 1 L 용량의 종균병에 650 g 입병하여 고압증기멸균(100°C 60분, 121°C 90분)을 실시한 후 냉각하였다. PDA 평판배지에 배양한 접종원을 종균병에 접종한 후 22°C 배양실에서 30일간 배양하여 접종 종균으로 사용하였다.

톱밥배지 제작 및 배양

참나무톱밥 80%(상수리나무 1 : 신갈나무 1)(w:w)에 영양원을 20%의 비율로 섞어 함수율을 65%로 조절하여 2 kg 사각배지를 제작하였다. 대두박(soybean meal), 대두피(soybean hull), 면실박(cotton seed meal), 면실피(cotton seed hull), 비트분쇄(beet pulp meal), 옥분(corn meal), 케이폭박(kapok meal), 파옥쇄(corn grain), 혼합배지(mixed medium)를 실험군으로 사용하였으며, 대조군으로는 재배 시에 널리 이용되는 영양원인 밀기울을 두 종류 사용하였다(wheat bran I, II). 두 밀기울은 공급처가 다르기에 구분하여 표기하였다. 본 연구에서 사용된 혼합배지는 밀기울 34%, 배아

박 28%, 대두피 15%, 비트펄프 12%, 해바라기씨박 7%, 대두박 4%를 혼합하여 만들었다. 제작한 사각배지는 고압증기멸균(100°C 60분, 121°C 90분) 후 냉각실에서 냉각하여 배지의 온도를 낮추었다. 종균병에 배양한 종균 30-35 g을 각각의 사각배지에 접종하여 22°C의 배양실에서 배양하였다. 배양기간은 암배양 80일, 명배양 40일을 진행하였으며, 명배양의 경우 약 300 Lux의 조건에서 진행하였다.

버섯의 생산성 검정

배양이 완료된 톱밥배지는 비닐봉지를 개봉하여 발생작업을 진행하였다. 발생작업을 진행하는 동안 내부 온도 18°C, 내부 습도 90%를 유지하였다. 1차 발생을 마친 뒤 3주간 휴양 기간을 두었으며, 휴양 후 배지를 18시간 침수한 다음 발생작업을 진행하였다. 버섯발생작업은 총 2차시까지 진행하였으며, 수확한 표고는 무게 및 수량을 조사하였으며, 자실체의 형태적 특성인 무게, 갓의 직경, 갓의 두께, 대 길이 등을 조사하였다.

영양원 일반 성분분석

배지 재료로 사용된 영양원들의 일반 성분은 사료표준분석방법(농림축산식품부고시 사료등의 기준 및 규격)에 준하여 실시하였으며, 한국단미사료협회 사료연구소에 의뢰하여 진행하였다.

통계분석

생산성 분석 및 특성조사의 결과값은 평균 및 표준편차를 구하였으며, 모든 항목에 대한 상관관계를 알아보기 위하여 SPSS 프로그램(PASW Statistics 18; SPSS INC., Chicago, IL, USA)으로 분산분석 후 Scheffé's test에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 사후분석 및 검증하였다.

결과 및 고찰

배양기간이 완료된 후, 배양이 완료된 배지의 중량감소율을 측정하였다(Fig. 1). NIFoS 2462 균주는 밀기울(II)을 사용한 배지에서 중량감소율이 가장 높았으며(17.36%), 면실박을 사용한 배지의 중량감소율이 가장 낮았다(12.75%). NIFoS 2778 균주는 밀기울(II)을 영양원으로 사용한 배지에서 중량감소율이 가장 높게 나타났다(21.17%). 본 실험에서 사용된 면실박과 대두박의 경우 100 일간의 배양기간 동안 균사는 성장하였으나, 다른 영양원들과 달리 균사가 배지에 만연하지 않았으며, 균막(피막)형성 및 갈변이 이루어지지 않았다. 밀기울(I), 비트분쇄, 케이폭박, 파옥쇄, 혼합배지를 이용한 배지의 중량감소율은 서로 차이가 나지 않았으며, 옥분, 면실피, 대두피간의 중량감소율 차이도 유의미한 차이를 보여주지 않았다. 배양기간 동안 밀기울(I), 비트분쇄, 면실피, 케이폭박을 사용한 배지가 갈변이 된 정도가 가장 컸으며, 배양이 안 된 두 영양원 배지(대두박, 면실박)를 제외하고서는 옥분, 파옥쇄와 같은 옥수수가 영양원으로 첨가된 배지의 갈변이 가장 컸었다(Fig. 2).

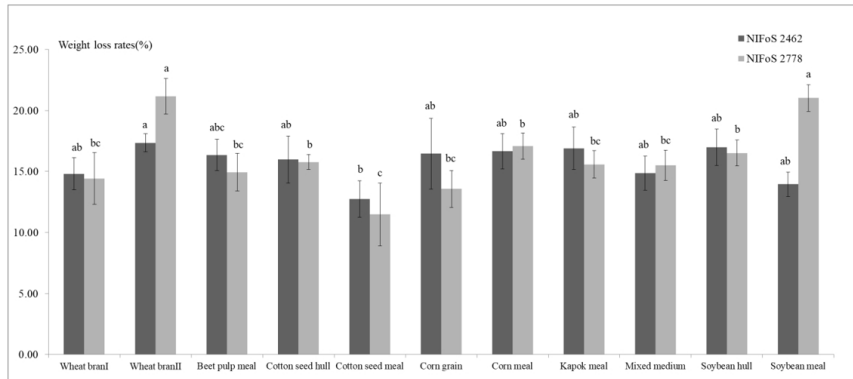


Fig. 1. Weight loss rates(%) of sawdust media during cultivation periods. They were measured at the end of the incubation periods. Values are presented as mean±standard deviation (n=6). In each strain, means with different letters are significantly different(p<0.05). Mixed medium contains(wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7% and soybean meal 4%).

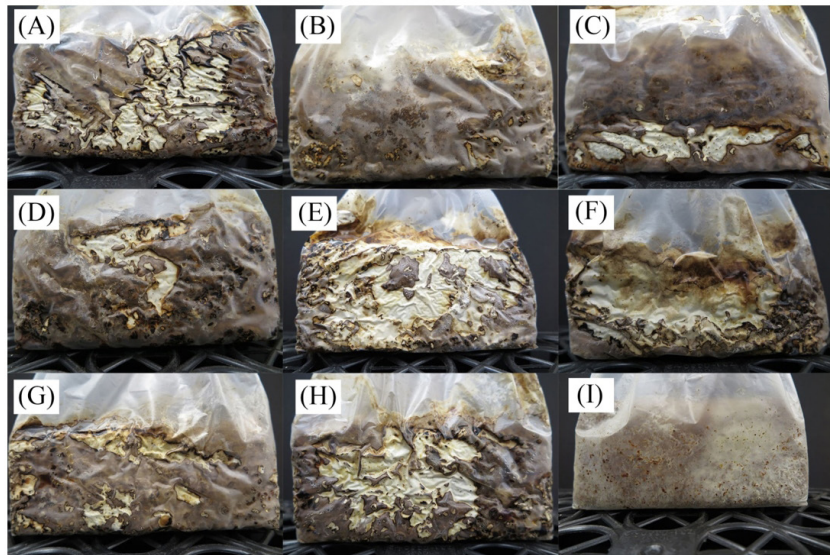


Fig. 2. Sawdust media of *Lentinula edodes* during incubation at 22°C for 120 days. A, wheat bran(I); B, wheat bran(II); C, beet pulp meal; D, cotton seed hull; E, corn grain; F, corn meal; G, kapok meal; H, mixed medium(wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7%, soybean meal 4%); I, soybean meal.

정상적인 배양과정이 이루어지지 않은 대두박, 면실박을 제외한 나머지 배지들은 발생작업을 진행하여 자실체 발생을 유도한 후 버섯을 수확하였다(Fig. 3,4). NIFoS 2462 균주는 대두피(272 g), 혼합배지(222 g), 면실피(213 g), 파옥쇄(192 g), 밀기울(I)(170 g) 순으로 높은 배지당 생산량을 나타내었으며, 옥분(72 g), 밀기울(II)(85 g)의 생산성이 낮게 나타났다. NIFoS 2778 균주는 혼합배지가 343 g의 생산량을 보여주었다. 이어서 밀기울(I)(334 g), 케이폭박(308 g), 대두피(288 g), 비트분쇄(286 g) 순으로, 높은 배지당 버섯 생산량을 보여주었다(Table 1). NIFoS 2462 균주는 대두피, 혼합배지, 면실피, 파옥쇄를 사용한 경우 대조군으로 사용된 밀기울보다 높은 생산량을 나타냈으며, NIFoS 2778 균주는 혼합배지를 사용하였을 경우 밀기울보다 높은 생산량을 나타냈다.

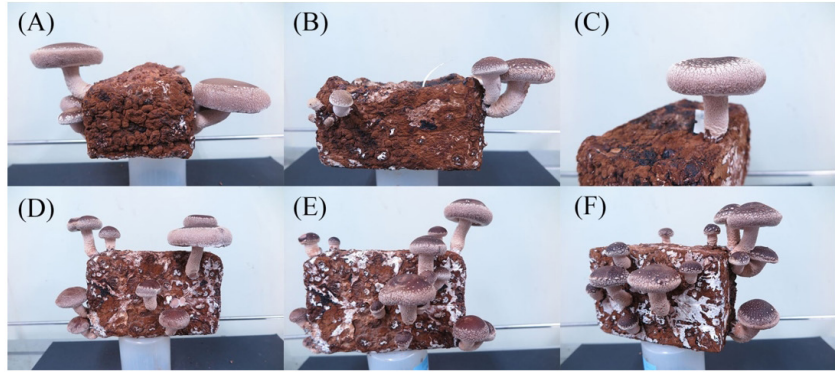


Fig. 3. Fruiting body of *Lentinula edodes*(NIFoS 2462) sawdust media after 1st flush in the fruiting facility at 18°C. Relative humidity was maintained at 90%. A, beet pulp meal; B, cotton seed hull; C, corn meal; D, kapok meal; E, mixed medium(wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7%, soybean meal 4%); F, soybean hull.

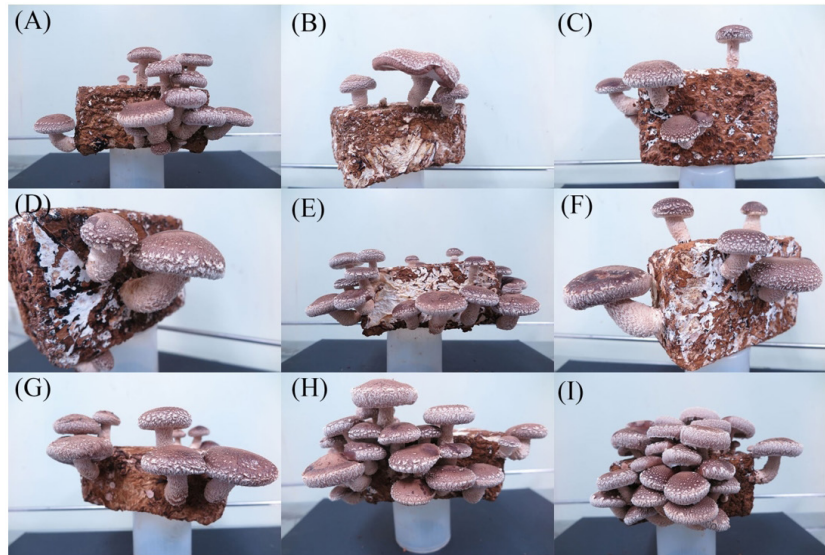


Fig. 4. Fruiting body of *Lentinula edodes*(NIFoS 2778) sawdust media after 1st flush in the fruiting facility at 18°C. Relative humidity was maintained at 90%. A, wheat bran(I); B, wheat bran(II); C, beet pulp meal; D, cotton seed hull; E, corn grain; F, corn meal; G, kapok meal; H, mixed medium(wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7%, soybean meal 4%); I, soybean hull.

Table 1. Yield of *Lentinula edodes* strains per 2 kg sawdust medium

		Wheat bran (I)	Wheat bran (II)	Beet pulp meal	Cotton seed hull	Corn grain	Corn meal	Kapok meal	Mixed medium*	Soybean
NIFoS 2462	Productivity(g)/2 kg medium	171±70	0	93±78	213±99	192±119	72±35	121±99	222±123	272±64
NIFoS 2778	Productivity(g)/2 kg medium	334±42	120±69	286±49	194±59	239±129	194±77	308±39	343±59	288±125

NIFoS: National Institute of Forest Science

Values are presented as mean±standard deviation (n=6).

*Mixed medium= wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7%, soybean meal 4%.

발생작업을 통해 생산된 표고 자실체의 외형(중량, 갓 직경, 갓 두께, 주름폭, 대길이, 대두께)을 조사하였다. NIFoS 2462 균주는 총 5개의 영양원에서 생산된 표고의 특성을 조사하였다(Table 2). 대두피에서 발생한 자실체의 크기는 다른 네 종류의 배지에서 발생한 자실체들에 비해 갓의 크기가 작은 것으로 나타났다(중량 26.4 g, 갓 직경 57.9 mm). 반면에 대의 길이는 긴 것으로 나타났다. NIFoS 2778 균주는 총 8개의 영양원에서 발생한 표고 자실체의 외형을 비교하였다(Table 3). 옥분에서 생산된 NIFoS 2778 균주의 자실체 크기가 가장 큰 것으로 나타났으며, 대두피는 NIFoS 2778 균주에서도 작은 크기의 자실체가 발생되었다. 다른 배지들에서 발생한 버섯들은 유사한 크기의 자실체가 발생한 것으로 확인되었다. NIFoS 2778 균주의 자실체 특성을 Box-and-Whisker plot 형태로 비교해보았다(Fig. 5). 개체 중량의 중앙값은 옥분의 값이 가장 컸다. 자실체의 개체 중량은 면실피를 이용한 배지에서 가장 분포범위가 넓었으며, 대두피를 이용한 배지에서 분포범위가 가장 좁았다. 혼합배지를 사용한 경우 이상치가 가장 많이 관찰되었다. 갓의 크기 또한 옥분을 이용한 배지의 중앙값이 가장 높았으며, 대두피를 이용한 배지의 분포범위가 가장 좁게 나타났다. 옥분을 이용한 배지에서 발생한 버섯은 다른 영양원을 이용한 배지보다 높은 값에서 버섯의 개체중과 갓의 크기를 나타내는 값이 분포하는 것을 볼 수 있었으며, 대두피와 혼합배지, 파옥쇄를 이용한 배지에서는 낮은 값에서의 분포를 확인할 수 있었다. 비트분쇄를 이용한 배지의 경우 갓 두께의 중앙값이 다른 영양원을 사용한 배지보다 높게 나타났으며, 파옥쇄를 이용한 배지의 경우 이상치의 값이 가장 많은 빈도로 나타났다. 자실체의 대 길이는 혼합배지를 이용한 배지에서 가장 짧았으며, 밀기울 및 대두피에서 이상치의 값이 가장 많이 나타났다. 면실피를 사용한 배지의 버섯 대두께가 가장 분포범위가 넓었으며, 대두피의 경우 가장 낮은 수치에 값이 분포된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 자실체의 외형적인 특성 분포를 통해 같은 균주일지라도 형태가 다양하게 나타날 수 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 생산되는 버섯의 용도에 따라 적합한 영양원을 사용하는데 도움이 될 것이라고 여겨진다.

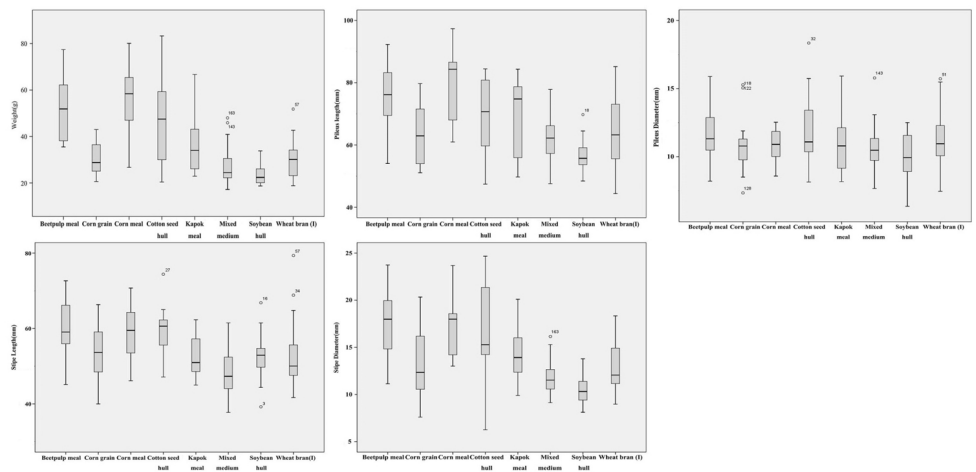


Fig. 5. Fruit body characteristics of *Lentinula edodes* (NIFoS 2778) cultivated in this study(n>5). They were represented as Box-and-Whisker plot which were calculated by PASW Statistics 18.

Table 2. Fruit body characteristics of *Lentinula edodes* (NIFoS 2462) cultivated in this study

NIFoS 2462	Weight (g)	Pileus length (mm)	Pileus diameter (mm)	Stipe length (mm)	Stipe diameter (mm)
Wheat bran(I)	43.3±5.9 ^a	67.6±6.6 ^a	12.5±1.3 ^a	51.3±10.2 ^a	16.0±1.9 ^a
Cotton seed hull	35.1±13.2 ^{ab}	63.4±9.5 ^a	12.8±1.3 ^a	49.4±9.5 ^a	13.8±2.3 ^{ab}
Kapok meal	36.3±5.9 ^{ab}	68.8±7.7 ^a	11.6±2.1 ^a	56.8±6.4 ^a	14.1±2.2 ^{ab}
Mixed medium*	35.9±11.1 ^{ab}	69.5±9.7 ^a	12.8±1.8 ^a	55.1±7.1 ^a	13.7±2.1 ^{ab}
Soybean hull	26.4±5.7 ^b	57.9±9.7 ^a	11.6±2.7 ^a	55.2±4.7 ^a	11.7±1.5 ^b

NIFoS: National Institute of Forest Science

Values are presented as mean±standard deviation (n=6). In each substrates, means with different letters are significantly different (p<0.05).

*Mixed medium= wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7%, soybean meal 4%.

Table 3. Fruit body characteristics of *Lentinula edodes* (NIFoS 2778) cultivated in this study

NIFoS 2778	Weight (g)	Pileus length (mm)	Pileus diameter (mm)	Stipe length (mm)	Stipe diameter (mm)
Wheat bran(I)	29.5±7.7 ^c	64.3±10.4 ^{bcd}	11.3±1.9 ^a	52.8±8.0 ^{ab}	12.8±2.4 ^{bc}
Beet pulp meal	52.3±13.7 ^a	75.3±10.3 ^{ab}	11.7±2.0 ^a	59.7±8.1 ^a	17.5±3.4 ^a
Cotton seed hull	46.5±18.0 ^{ab}	69.7±11.3 ^{abc}	12.0±2.7 ^a	59.3±6.5 ^a	16.7±4.7 ^a
Corn grain	28.1±8.6 ^c	60.1±10.8 ^{cd}	10.5±1.8 ^a	52.3±7.5 ^{ab}	12.9±3.6 ^{bc}
Corn meal	54.3±15.9 ^a	79.2±12.1 ^a	10.9±1.3 ^a	59.1±8.0 ^a	17.0±3.0 ^a
Kapok meal	36.4±12.0 ^{bc}	68.3±11.6 ^{abcd}	11.0±2.0 ^a	52.7±5.4 ^{ab}	14.3±2.8 ^{ab}
Mixed medium*	26.5±8.1 ^c	61.5±7.1 ^{cd}	10.6±1.7 ^a	48.0±6.1 ^b	11.7±1.8 ^{bc}
Soybean hull	23.0±4.6 ^c	56.5±5.1 ^d	10.0±1.6 ^a	51.7±6.4 ^{ab}	10.3±1.5 ^c

NIFoS: National Institute of Forest Science

Values are presented as mean±standard deviation (n=6). In each substrates, means with different letters are significantly different (p<0.05).

*Mixed medium= wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7%, soybean meal 4%.

본 연구에 사용된 표고 톱밥배지 재료들 중 영양원으로 사용된 재료들의 기초성분 분석을 실시해 보았다(Table 4). 수분함량(water contents, %), 조단백질(crude protein, %), 조지방(crude fat, %), 조회분(crude ash, %), 마그네슘(Mg, ppm), 망간(Mn, ppm), 철(Fe, ppm), 구리(Cu, ppm), 인(K, ppm), 산성세제 불용섬유(ADF, %), 중성세제 불용섬유(NDF, %), 가용성무질소물(NFE, %)에 대한 영양성분을 조사하였고, 계산을 통해 유기물의 총량(TO, %), 헤미섬유소(hemicellulase, %)의 양을 확인해 보았다. 배지 재료들의 수분함량은 밀기울(II)가 가장 높게 나타났으며(13.06%), 면실박(9.18%)이 가장 낮게 나타났다. 조단백질의 양은 대두박(48.48%)이 가장 높게 나타났으며, 면실피(4.78%)가 가장 낮게 나타났다. 조지방은 대두피가 가장 높게 나타났으며(6.06%) 대두박(1.22%)이 낮게 나타났다. 조섬유의 양은 면실피(32.58%)가 가장 높게 나타났으며, 옥분(2.91%)에서 낮은 양을 나타내었다. 조회분의 양은 면실박에서 가장 높게 나타났으며(9.56%), 옥분에서 가장 낮은 값을 나타내었다(0.57%). 전체 구성 성분에서 조회분의 양을 제외한 값인 총 유기물의 양은[10] 옥분에서 가장 높게 나타났으며(99.43%), 면실박에서 유기물의 함량이 가장 낮았다(90.44%). 산성세제불용섬유의 양은 면실피(39.27%)에서 가장 높은 비율을 나타냈으며, 옥분(5.99%)에서 가장 낮은 비율을 나타내었다. 중성세제 불용섬유는 면실피(56.97%)의 비율이 가장 높았으며, 옥분(18.43%)에서의 비율이 가장 낮았다. 중성세제 불용섬유에서 산성세제 불용섬유의 양을 뺀 값인 헤미섬유소의 양은 밀기울이 가장 높았다(밀기울1 19.85%, 밀기울2 20.48%). 버섯균이 쉽게 이용 가능한 물질인 가용성 무질소물의 양은 옥분이 가장 높았으며(74.03%), 면실박이 가장 낮았다(15.85%).

Table 4. Physicochemical properties of raw materials for mushroom cultivation media in this study

	Wheat bran (I)	Wheat bran (II)	Cotton seed hull	Cotton seed meal	Corn grain	Corn meal	Kapok meal	Mixed mediumf	Soybean hull	Soybean meal
Water contents (%)	13.06	13.86	11.43	9.18	12.06	12.21	11.35	12.43	10.90	10.35
Crude protein (%)	15.85	16.01	4.78	43.78	8.12	7.95	29.48	17.99	12.44	48.48
Crude fat (%)	3.33	2.67	1.36	1.70	2.96	2.33	5.85	2.08	6.06	1.22
Crude fiber (%)	9.95	10.99	32.58	19.93	3.86	2.91	17.86	16.10	31.86	4.68
Crude ash (%)	2.74	4.10	2.33	9.56	4.43	0.57	6.78	4.21	3.58	5.55
TO (%) ^a	97.26	95.90	97.67	90.44	95.57	99.43	93.22	95.79	96.42	94.45
Mg (ppm)	3463.43	3384.86	1360.14	5229.28	1300.28	946.66	3863.34	2493.09	2215.02	2615.08
Mn (ppm)	117.66	116.57	9.15	55.26	6.92	0.14	25.61	66.72	9.94	28.01
Fe (ppm)	107.80	109.99	28.72	517.78	78.47	56.53	690.86	313.45	348.86	104.29
Ca (ppm)	963.32	865.27	1259.52	2761.18	10861.01	451.64	4708.86	3446.32	4799.53	2633.72
P (ppm)	7178.26	7322.77	613.21	10103.73	2275.93	1955.40	6981.55	4029.13	1137.80	5514.00
ADF (%) ^b	16.53	17.61	39.27	27.84	9.84	5.99	29.46	22.45	37.99	10.19
NDF (%) ^c	36.38	38.09	56.97	45.93	26.56	18.43	38.81	39.30	56.92	19.94
Hemicellulose (%) ^d	19.85	20.48	17.70	18.09	16.72	12.44	9.35	16.85	18.93	9.75
NFE (%) ^e	55.07	52.37	47.52	15.85	68.57	74.03	28.68	47.19	35.16	29.72

^a Total organic(%) = 100 - crude ash(%), ^b Acid detergent fiber, ^c Neutral detergent fiber, ^d Nitrogen-free extract, ^e NDF(%) - ADF(%),f wheat bran 34%, corn germ meal 28%, soybean hull 15%, beet pulp 12%, sunflower seed meal 7%, soybean meal 4%

목재를 부후시키는 균주인 표고는 세포벽의 화합물로부터 생장에 필요한 영양원을 공급 받으며 이 효율은 균주 뿐만 아니라 재료의 종류와 양, 온도, 접종한 종균의 양과 상태에 따라 다르게 나타난다[5]. 재료가 가지고 있는 수분 함량이 13% 이하로 내려간다면 미생물의 생장이 어려운 것으로 알려져 있다[11]. 버섯재배의 경우 재료를 혼합 후 함수율을 60-65%로 맞추어 주기 때문에 재료 자체의 수분함량은 균주의 성장보다는 배지 재료들을 혼합하는 경우 첨가되는 물의 양을 계산하기 위한 요소이며, 사용하는 배지 재료들이 가지고 있는 수분함량을 측정하여 배지를 혼합해야 균사가 성장하기에 좋은 배지 함수율을 맞출 수 있다. 표고 재배에서 수분이용 능력은 실제 생산에 매우 중요한 요소이다. 최적의 수분함량은 멸균 전 55-70% 이내라고 보고되었다. 이외에도 표고 버섯 균사체의 생장은 pH의 수치와 높은 상관관계가 없으며, 배지 재료들의 초기 pH는 6.2-6.91의 범위였으나, 표고를 재배하는 동안 pH는 6.3에서 4.0으로 변한다고 보고되었다[12]. 배지의 성분들 중 질소원은 버섯의 품질 및 저장성에 연관이 있는 영양원이다. 조단백질은 전질소에 단백질계수를 곱하여 나오는 수치로 재료 내의 질소원에 대해 간접적으로 알아볼 수 있으며, 재료의 가격을 결정하는 중요 요소들 중 하나이다. 조단백질의 함량이 높다는 것은 전질소의 양이 높다는 것을 의미하며, 조단백질의 비율이 높은 대두박, 면실박 내의 질소 함량이 높다고 볼 수 있다. 조단백질의 질소와 순단백질의 질소의 차이를 비단백질 질소화합물(NPN)이라고 하며, 조단백질에서 실제 아미노산의 총량의 차이를 의미하기도 한다. 이를 통해 조질소의 품질을 가늠할 수 있으며, NPN이 높은 재료는 조단백질 내에 다른 질소화합물이 높다는 의미로서, 고급 질소원이라고 보기 어렵다[11]. 배지 재료의 C/N 비는 버섯 재배과정에서의 버섯 발아와 생산량에 영향을 주며, 배양과정에서의 배양기간에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[5]. 이는 톱밥배지 내에서의 균사체 성장률이 질소영양원을 이용하는 능력과 연관이 있기 때문이다[13]. 질소원을 이용하는 능력은 목재부후균의 생장에서 제한적 요소로 작용하며, 낮은 양의 질소를 포함한 기질에서는 표고 균사의 성장력이 줄어든다. 그러나 톱밥배지 내에서 질소영양원의 비율이 너무

높다면 병해충에 감염될 수 있는 확률이 증가하고 더 빨리 부패하기 때문에 탄소영양원 대비 질소영양원의 함량(C/N비)을 조절하는 것이 버섯 생장에서 중요하다[5].

톱밥배지에서 배양이 이루어지지 않은 두 영양원인 대두박과 면실박은 다른 영양원들에 비해 조단백질의 비율이 높았고, 유기물의 함량은 낮았으며, 가용성무질소물의 함량 또한 낮게 나타났다. 다른 섬유소 성분 및 버섯의 균사생장에 필요한 탄소원들에 비해 질소원의 함량이 높았기 때문에 배지에서 표고 균사생장이 원활하지 않은 것으로 여겨진다. 그 외의 다른 영양원들을 첨가하였을 경우에는 톱밥배지의 배양이 원활하였기 때문에 표고 재배에 이용할 수 있는 배지 재료들이라고 여겨지지만, 생산량을 개선하기 위해서는 좀 더 다양한 배지 조성이나 영양원들의 혼합을 연구해야 한다고 생각된다.

중성세제 불용섬유는 재료에 들어있는 섬유상의 물질로서 헤미섬유소, 섬유소, 리그닌등으로 구성되어 있으며, 산성세제 불용섬유는 대부분 리그닌과 섬유소로 구성되어 있으며 이 두 성분의 차이를 통해 헤미섬유소 함유량을 알아볼 수 있다. 버섯 균사의 경우 배양 초기에는 분해가 쉬운 유리당이나 저장형 탄수화물 등을 이용하여 생장을 하고, 그 뒤로는 헤미섬유소, 섬유소, 리그닌 등과 같은 물질들을 락카아제 등과 같은 분해효소를 이용해 분해하여 이용하게 된다. 그렇기에 이 물질들은 배양 초기를 지난 뒤 배양과정 및 버섯의 발생과정에 필요한 양분 구성에 중요한 요소이다[10]. 가용성무질소물은 전분과 텍스트린 등 낮은 가격의 영양분들이 포함되어 있으며, 버섯 균사가 쉽게 이용이 가능한 영양분들이다. 가용성무질소물은 버섯이 기본골격을 이루는데 중요하며, 이 비율이 과도하게 되면 버섯의 경도가 무르게 된다[11]. 리그닌 분해효소들 중 락카아제는 구리 분자를 1개에서 3개 가지고 있으며, 다른 분해효소인 리그닌 퍼옥시디아제, 망간 퍼옥시디아제는 효소 내에 철 분자를 포함하고 있다. 배지 성분 내에 구리나 철 분자를 함유하고 있을 경우 분해효소의 활성이 증가하는 것으로 알려져 있으며, 이는 배지를 분해하는 효율성과 연관이 있을 수 있다[14]. 하지만 본 실험에서 구리의 함량은 배지의 중량감소와 연관성을 보여주지는 못하였다. 셀룰로오스와 리그닌에 대한 분해능력은 탄수화물 함량에 따라 그 능력이 달라진다고 보고된 연구도 있으나[5], 본 연구에서는 탄수화물 함량에 따른 배지 분해능력이 통계적으로 유의한 차이를 보여주지는 않았다. 영양원 및 톱밥배지에 포함된 성분들이 셀룰로오스 및 리그닌 분해능력에 영향을 주는 제한요소로서 영향을 끼치지 않았기 때문에 유의한 차이를 보여주지 못하였다고 본다.

표고를 재배하기 위한 톱밥 재료로는 참나무, 풍나무, 포플러, 오리나무, 너도밤나무, 버드나무, 소나무, 단풍나무 및 자작나무 등이 이용될 수 있다고 알려져 있으며, 곡물의 짚, 옥수수, 사탕수수, 차, 해바라기씨, 땅콩 껍질, 목화 등을 산업적으로 이용하고 남은 부산물들 또한 단독 또는 밀기울 등과 혼합하여 표고 톱밥재배에 이용할 수 있다고 알려져 있다[5].

본 연구는 여러 농업부산물들을 표고 톱밥배지에 사용할 수 있는지에 대해 연구하였으며, 그 결과 혼합배지와 같이 여러 조성을 혼합하여 표고재배에 적용이 가능하며, 생산량을 증가시킬 수 있을 것이라 생각한다. 이와 같은 방법을 통해 같은 균주라도 생산되는 버섯개체의 특성을 향상시켜 품종출원 기준 및 시장에서 유통되는 표고의 등급 및 상품성을 충족 및 향상시킬 수 있을 것이다. 다양한 배지 재료를 연구하여 개발하는 것도 중요하지만, 다양한 영양원을 사용하였을 때 생산량과 품질, 경제적인 측면을 충족시킬 수 있도록 연구를 지속하여야 한다.

적요

본 연구에서는 표고 톱밥재배의 배지 조성에 따른 생산성 및 버섯 특성에 대해 알아보기 위해 총 10가지의 농업부산물을 영양원으로 사용하였다. 대두박과 면실박을 이용한 배지에서는 배양기간 동안 균사가 완전히 성장하지 않아서 재배에 이용할 수 없었다. NIFoS 2462 균주에서는 대두피, 면실피, 파옥쇄, 혼합배지에서는 밀기울보다 높은 생산량을 나타내었으며, NIFoS 2778에서는 밀기울의 생산량이 다른 영양원들보다 높게 나타났다. 대두피를 사용한 배지에서 발생한 버섯들은 다른 배지에서 발생한 버섯들보다 작은 크기의 버섯이 생산되었으며, 반대로 옥분을 이용한 배지에서는 다른 영양원을 사용한 배지보다 큰 버섯이 생산되었다. 이를 통해 배지에 첨가되는 영양원이 버섯의 특성에 영향을 주는 것으로 확인되었다. 영양원들의 기초 성분 조사 결과, 대두박과 면실박은 조단백질과 조회분의 비중이 높았다. 그리고 면실박에서는 총유기물 함량과 가용성무질소물의 양이 다른 영양원들에 비해 낮게 나타났다. 이러한 영양원들의 기초성분이 버섯 재배시 생산량 및 버섯의 특성에 영향을 준다고 여겨지며, 이와 같은 표고 재배에 대한 연구를 통하여 다양한 자원에 대한 활용 가능성을 넓히는 것이 중요하다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by grant from the general project (FP0801-2016-01) of National Institute of Forest Science, Republic of Korea.

REFERENCES

1. Chang ST, Buswell JA. Mushroom nutraceuticals. *World J Microbiol Biotechnol* 1996;12:473-6.
2. Sharma VP, Kumar S, Kumar R, Singh R, Verma D. Cultural requirements, enzyme activity profile, molecular identity and yield potential of some potential strains of shiitake(*Lentinula edodes*). *Mushroom Res* 2013;22:105-10.
3. Sugui MM, Lima PLA, Delmanto RD, Eira AF, Salvadori DMF, Ribeiro LR. Antimutagenic effect of *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler mushroom and possible variation among lineages. *Food Chem Toxicol* 2003;41:555-60.
4. Khan MA, Khan LA, Hossain MS, Tania M, Uddin MN. Investigation on the nutritional composition of the common edible and medicinal mushrooms cultivated in Bangladesh. *Bangladesh J Mushroom* 2009;3:21-8.
5. Ozcelic E, Peksen A. Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom(*Lentinula edodes*). *Bioresour Technol* 2007;98:2652-8.
6. Royse DJ. Effect of spawn run time and substrate nutrition on yield and size of the shiitake mushroom. *Mycologia* 1985;77:756-62.
7. Royse DJ, Sanchez JE. Ground wheat straw as a substitute for portions of oak wood chips used in shiitake(*Lentinula edodes*) substrate formulae. *Bioresour Technol* 2007;98:2137-41.
8. Levanon D, Rothschild N, Danai O, Masaphy S. Bulk treatment of substrate for the cultivation of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) on straw. *Bioresour Technol* 1993;45:63-4.
9. Philippoussis A, Diamantopoulou P, Israilides C. Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. *Int Biodeterior Biodegradation*

- 2007;59:216-9.
10. Kim YI, Bae JS, Huh JW, Kwak WS. Monitoring of feed-nutritional components, toxic heavy metals and pesticide residues in mushroom substrates according to bottle type and vinyl bag type cultivation. *J Anim Sci Technol* 2007;49:67-78.
 11. Kim SY, Jeong MH, Kim MK, Im CH, Kim KH, Kim TS, Kim DS, Cheong JC, Hong KS, Ryu JS. Composition analysis of raw material constituting the medium for mushroom cultivation. *J Mushrooms* 2013;11:208-13.
 12. Philippoussis A, Diamantopoulou P, Zervakis G. Correlation of the properties of several lignocellulosic substrates to the crop performance of the shiitake mushroom *Lentinula edodes*. *World J Microbiol Biotechnol* 2003;19:551-7.
 13. Silva EM, Machuca A, Milagres AMF. Effect of cereal brans on *Lentinula edodes* growth and enzyme activities during cultivation on forestry waste. *Lett Appl Microbiol* 2005;40:283-8.
 14. Baldrian P. Fungal laccases-occurrence and properties. *FEMS Microbiol Rev* 2006;30:215-42.