

## 표고 톱밥배지 재배시 LED 광파장이 자실체 생육에 미치는 영향

백일선<sup>1</sup> · 이윤혜\* · 장명준<sup>2</sup> · 정윤경<sup>1</sup> · 이한범<sup>1</sup> · 지정현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경기도농업기술원버섯연구소, <sup>2</sup>경기도농업기술원 환경농업연구과

### Effects of cultural characteristics of *Lentinula edodes* according to LED wavelength with sawdust substrate cultivation

Il-Sun Baek, Yun-Hae Lee\*, Myoung-Jun Jang<sup>2</sup>, Yun-Kyeong Jeoung, Han-Bum Lee, Jeong-Hyun Chi

<sup>1</sup>Mushroom Research Institute, GARES, Gyeonggi Province Gwang-Ju Korea, 464-873

<sup>2</sup>Environmental Agriculture Research Division, ARES, Gyeonggi Province Hwaseong

(Received November 19, 2013 / Revised December 27, 2013 / Accepted December 30, 2013)

**ABSTRACT** – This study was carried out to elucidate suitable wavelength of light during development of fruit body in *Lentinula edodes*. The four colors of LED(Light Emitting Diode), blue, green, red and yellow, were irradiated for formation of fruit-body. The effect of color of LED at all growth stage, the lightness of cap showed darker in blue and green LED irradiation than that of red and yellow LED. The longer stipe were resulted in longer wavelength. And the activity of anti-oxidant did not showed big differences according to LED wavelength. We obtained higher commercial yields and lower ratio of abnormal fruit body in green LED than those in control(fluorescent lamp).

**KEYWORDS** – LED(Light Emitting Diode), *Lentinula edodes*, Pot Cultivation, Wavelength

## 서 론

온도, 습도 및 이산화탄소농도, 광 등은 정상적인 버섯생장과 더불어 품질향상을 위해 주요 환경요인으로, 냉난방기 및 환기시설을 갖춘 공조시스템에 의해 이루어진다. 최근 원목재배 위주의 표고재배가 톱밥배지 농가 증가로 전환되는 시점에서 연중 안정생산을 위해 공조시설을 이용한 재배기술 개발이 요구되는 실정이다. 이제까지는 버섯재배에 있어서 온도, 습도 및 이산화탄소에 대한 연구가 주를 이루고 있고, 광에 대한 연구는 주로 외국의 선행연구결과에 의존하고 있는 실정이다. 버섯의 생장에 광의 영향에 대한 연구로는, 담자균류에서는 자외선에 가까운 청색광이 버섯의 원기형성이나 발육에 유효하고, 기타 균류의 균사와 포자에서는 카로티노이드 색소의 생성을 유도하며, 균류 종류에 따라서는 녹색, 황색, 오렌지색의 광이 유효하다는 보고가 있었다(버섯학, 2010). 특히 일본의 경우 LED를 활용한 연구가 활발히 이루어져, 느티만가다버섯의 경우 자실체의 생육기간 중 12일 동안 30lux 가량의 LED광을 조사한 결과 청색LED에서 갓이 커지며, 갓색이 짙어진다고

하였으며, 장파장(적색광) 영역으로 갈수록 갓의 크기는 작아지며, 갓색도 짙어진다고 하였다(Kengi et al, 2002). 또한, 청색광에 의해 조절되는 맛버섯의 유전자는 *cdcs5* 유전자이며, 형광등, 청색광, 적색광, 암조건에서 각각 7일간 생육시킨 결과 형광등 및 청색광에서는 갓의 크기가 커졌고, 대의 신장은 억제되는 경향이며, 적색광과 암조건에서는 갓의 발달이 저조하고, 대가 신장하는 경향을 볼 수 있었다(Kaori 등, 2005). 반면, 표고재배시 LED연구결과는 매우 미흡한 실정이며, 느타리버섯과 느티만가다버섯의 경우 청색LED에서, 큰느타리버섯의 경우 녹색LED에서 자실체 생육에 적합한 결과가 보고되었다(장 등, 2010).

이에 에너지절감 및 상품수량 증진 효과가 우수한 LED를 공조시설을 활용한 표고 봉지재배에 활용하고자 광파장에 따른 자실체 생육특성을 분석한 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험품종 및 시험배지

\*Corresponding author: pdym@gg.go.kr

**Table 1.** Characteristics of primordia formation according to light wavelength in *Lentinula edodes* at first flush

Light type <sup>a</sup>	Darkness	Fluorescent lamp	Reda LED	Yellow LED	Blue LED	Green LED
Day of primordia formation (days)	2	2	2	2	2	2
Ratio of primordia formation <sup>b</sup> (%)	95	70	90	98	90	88
No. of primordia <sup>b</sup> (ea/pot)	7.4	5.3	4.3	7.4	6.1	11.5

<sup>a</sup> Red LED 618~636 nm, Yellow LED 585~595 nm, Bleu LED 450~474 nm, Green LED 519~537 nm

<sup>b</sup> investigated on 2 days after inducing pirmodia formation

**Table 2.** Characteristics of growing fruit body according to light wavelength in *Lentinula edodes* for second flush

Light type <sup>a</sup>	Size of pileus (mm)	Thickness of stipes (mm)	Length of stipes (mm)	Thickness of pileus (mm)	Lightness of pileus (L-value)	Ratio of pileus opening (%)
Darkness	42	12.8	69	16.9	61	19
Fluorescent lamp	46	13.6	56	19.3	51	15
Red LED	45	12.6	77	18.1	62	29
Yellow LED	41	12.3	67	17.2	58	27
Blue LED	52	14.0	49	22.2	42	37
Green LED	51	12.9	56	21.4	44	35

<sup>a</sup>Red LED 618~636 nm, Yellow LED 585~595 nm, Bleu LED 450~474 nm, Green LED 519~537n m

본 시험에 사용한 품종은 산조701호이며, 시험배지는 경기도내 농가에서 참나무톱밥과 미강을 부피비로 8:2로 혼합한 갈변전 배지를 구입하여 20°C±1에서 120일동안 갈변을 유도하였다.

### 자실체 생육 및 Light Emitting Diode(LED) 처리

갈변이 완료된 후 배지의 비닐을 제거하여 24시간 동안 침수 후 입상하여 버섯발생을 유도하였다. 각각 광원에 따른 빛의 파장은 적색LED 618~636 nm, 주황색LED 585~595 nm, 청색LED 450~474 nm, 녹색LED 519~537 nm와 형광등(대조), 무광의 생육실에 입상하여 발이특성 및 생육특성을 관찰하였다. 각 광원별로 120봉지(1.2 kg)/12 m<sup>2</sup>씩 입상하였다. 광원별 광합성광량자속밀도(PPFD)는 2 umol/m<sup>2</sup>/sec로 일정하게 조절하여 입상후 지속적으로 점등하였으며, 일정한 광량 조사를 위해 광량을 측정하여 처리에 맞게 조절하였다. 발이시 환경은 CO<sub>2</sub>농도 2000+100 ppm으로 설정하였으며 발이가 된 후에는 CO<sub>2</sub> 800+100ppm으로 설정하였다. 생육온도는 22°C±0.5, 습도는 80%내외로 하였으며 1주기 수확이 끝나고 휴지기는 25°C±0.5, 습도 90%이상 조건에서 5일간 실시하였으며, 2주기 생육조건은 1주기와 동일하게 설정하였다. 자실체의 색도는 색차계(Minolta CR200, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 그 외 생육조사방법은 농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청,

2012)에 준하여 조사하였다.

### 자실체 항산화활성 분석

항산화활성은 총페놀함량과 DPPH(2,2-Diphenyl-1-picrydrazyl, Sigma, D9132-1G) radical 소거활성으로 분석하였다. 총페놀함량분석시료는 자실체를 동결 건조하여 1g을 99% 메탄올 20 ml 추출하였다. 이 추출물 50 µl를 취하여 증류수 4.2 ml을 첨가하고 2N Folin Cicalteu phenol reagent(Sigma, F9252-1L) 0.5 ml 과 혼합한 후 3분 방치한다. 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 500 µl 첨가하여 1시간 상온에서 암반응 후 Spectrophotometer (Shimadzu, UV-2550)로 750 nm에서 흡광도를 측정했다. 표준검량선을 작성하기 위해 Gallic acid(Sigma, G7384-100g, F.W. 170.1)를 최대 흡광도 1.0을 넘지 않도록 농도를 조절하여 제조하였다. DPPH radical 소거능 분석은 총페놀함량측정과 동일한 메탄올 추출물 100 µl에 0.05mM DPPH용액 3.9 ml을 혼합하여 상온에서 30분간 암반응 시킨 후 Spectrophotometer (Shimadzu, UV-2550)로 517 nm에서 흡광도를 측정했다. 표준검량선을 작성하기위해 Ascorbic acid를 0, 25, 50, 75 ppm으로 제조하여 흡광도를 측정하였다. 흡광도 측정값을 아래식을 적용하여 DPPH radical 소거활성을 계산하였다.

Free radical scavenging activity(%)

$$= (1 - \text{시료첨가구 흡광도} / \text{시료 무첨가구 흡광도}) \times 100$$

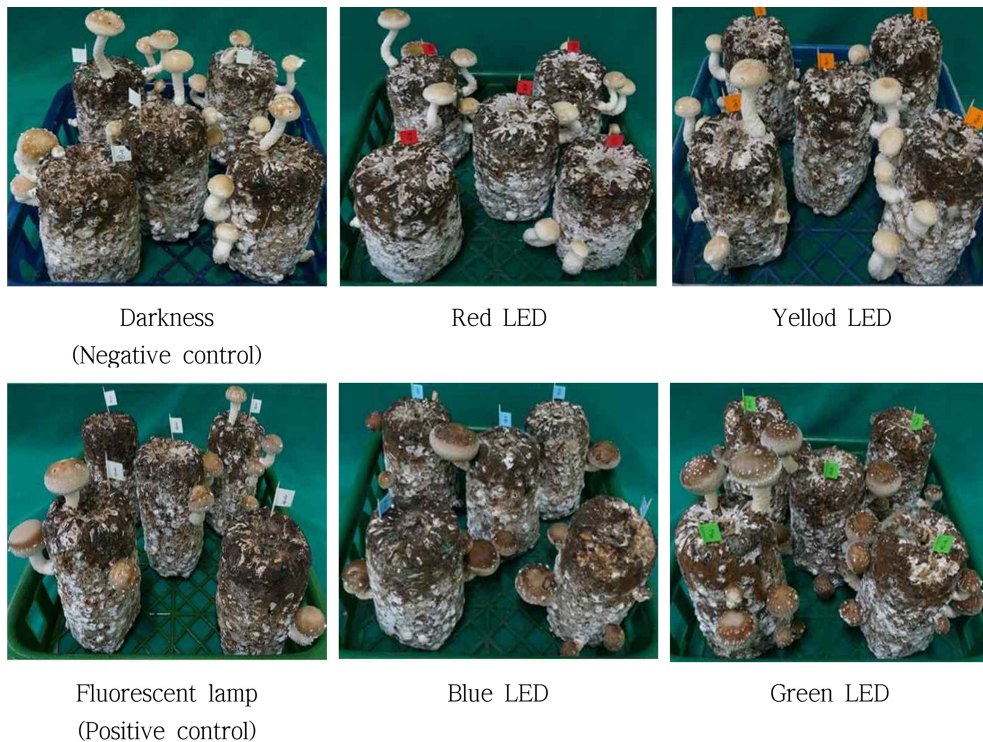


Fig. 1. Morphological characteristics of fruiting body by light wavelength<sup>a</sup> in *Lentinula edodes*

<sup>a</sup> Red LED 618~636 nm, Yellow LED 585~595 nm, Bleu LED 450~474 nm, Green LED 519~537 nm

## 결과 및 고찰

표고 톱밥배지 재배시 LED광과장에 따른 원기발생 유도 특성을 조사한 결과(Table 1), 초발이소요일수는 모두다 2일로 차이가 없었으며 발이율은 형광등처리에서 70%로 가장 낮았다. 배지당 원기발생수는 적색LED에서 4.3개로 적었으며, 녹색LED에서 11.5개로 많았다. 무광처리에서도 발이율이 95%로 높아 표고 자실체 발생에는 광에 의한 효과보다 다른 요인이 복합적으로 작용하는 것으로 추정된다. 일반적으로 표고 톱밥배지 재배시 품질향상을 위해 상면발생은 배지당 2~3개, 전면발생은 5~6개 남기고 숙기를 하는데 녹색LED는 버섯 발생량이 많아 숙기작업이 요구되었다.

광과장에 따른 자실체 품질을 2주기까지 조사한 결과는 Table 2와 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 적색LED, 황색LED 등 장과장에서는 갓직경이 41~45 mm로 작고 대가 67~77 mm길어지며 갓색이 연해졌으며, 청색LED 및 녹색LED 과 같이 단과장에서는 갓직경이 51~52 mm로 크고 대길이는 49~56 mm로 짧고 갓색은 진해졌다. 이와 같은 결과는 느티 만가닥버섯(Kengi *et al*, 2002)과 맛버섯(Kaori *et al*, 2005)이 청색LED에서 갓이 커지며, 갓색이 짙어지고 대의 신장이 억제되며, 장과장(적색광) 영

역으로 갈수록 갓의 크기는 작아지며, 대가 신장하는 경향을 볼 수 있었다는 연구결과와 일치하였다. 이러한 연구결과, 표고버섯 등 식용버섯의 갓과 대 신장을 광과장으로 조절할 수 있을 것으로 보인다.

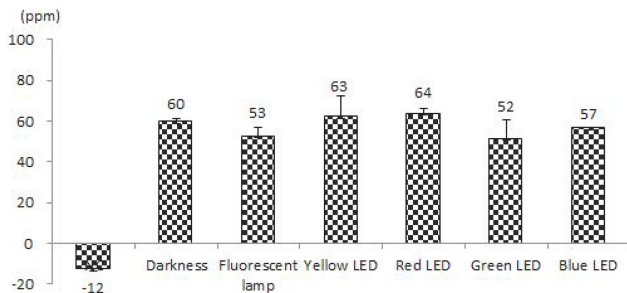
광과장에 따른 표고 수량을 분석한 결과(Table 3), 유효경수는 버섯발생량이 많았던 녹색LED에서 8.4개로 많았고 2주기까지 배지당 총수량은 159 g으로 높았으며 개체중이 20 g으로 높았다. 상품으로 출하가 불가능한 개체발생율을 이형개체율로 조사한 결과 황색LED에서 20%로 가장 높았고 나머지 처리에서는 대등하였다. 표고 톱밥재배에 적합한 광과장은 녹색LED로 판단되었다. 느타리버섯과 느티만가닥버섯은 청색 LED, 큰느타리버섯은 녹색 LED에서 생육이 우수한 연구결과를 볼 때 버섯은 청색, 녹색 등 단과장이 생육에 적합한 것으로 판단된다.

광과장에 따른 자실체 항산화활성 분석을 위해 총페놀함량(Fig. 1)과 DPPH 라디칼 소거능(Fig. 2)을 조사한 결과, 모든 광과장에서 큰 차이를 보이지 않아 자실체 항산화활성은 광요인에 의해 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다. 그러나 표고는 면역활성 효과가 높은 것으로 알려져 있으므로 베타글루칸 함량과 광처리에 의한 비타민 D로 전환되는 에르고스테롤 함량변화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료

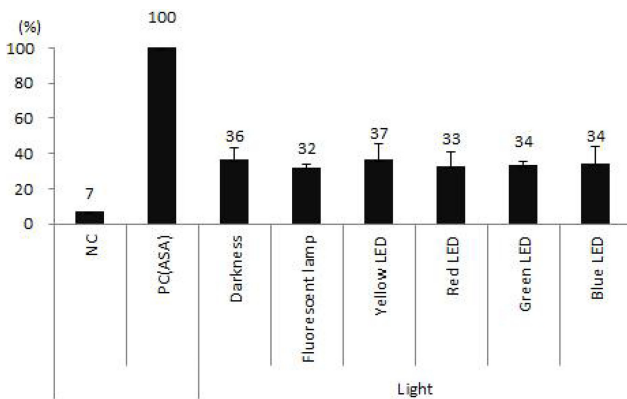
**Table 3.** Productivity of fruiting body according to light wavelength in *Lentinula edodes* for second flush

Light type <sup>a</sup>	Number of fruiting body (ea/pot, 1.2 kg)	Fresh weight (g/pot, 1.2 kg)	Weight of fruiting body (g/ea)	Ratio of abnormality (%)
Darkness	6.2	96	16.3	12
Fluorescent lamp	7.0	121	17.3	15
Red LED	6.7	104	15.5	13
Yellow LED	7.4	130	17.5	20
Blue LED	6.1	122	20.2	15
Green LED	8.4	159	19.8	14

<sup>a</sup> Red LED 618~636nm, Yellow LED 585~595nm, Bleu LED 450~474nm, Green LED 519~537 nm



**Fig. 2.** Polyphenol contents of fruit body according to light wavelength in *Lentinula edodes*



**Fig. 3.** Free radical scavenging ability of DPPH of fruit body according to light wavelength in *Lentinula edodes*

된다.

이상의 결과로 볼때 공조시설을 활용한 표고 톱밥 재배시 적합한 광과장은 녹색광으로 판단되었고, 앞으로 적합 광량 및 에너지 효율분석을 통해 표고 연중생산 기반 마련 및 현장 적용가능한 재배기술에 관한 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

### 적 요

표고 톱밥재배시 LED광과장에 따른 생육특성을

분석한 결과, 과장이 긴 적색광과 황색광에서 대길이가 길어지고 갓색이 연해지며, 과장이 짧은 청색광과 녹색광에서는 대길이가 짧아지고 갓색이 진해지는 현상을 보였다. 자실체 항산화활성은 광과장에 따른 큰 차이를 보이지 않았으며, 2주기까지 배지당 자실체 수량은 녹색에서 159 g으로 형광등 121 g 대비 31% 증수효과가 있었다.

### 감사의 말씀

농촌진흥청 연구지원(과제번호:PJ009166022013)에 감사드립니다.

### 참고문헌

장명준, 이한범, 이윤혜, 김정환, 주영철. 2010. 버섯 발생 및 생육에 적합한 LED 조건 구명, 경기도농업기술원시험연구 보고서. 430-443.

장명준, 이한범, 이윤혜, 김정환, 주영철. 2011. LED 혼합광에 따른 버섯별 생육특성 구명. 경기도농업기술원시험연구 보고서. 673-682.

유영복, 구창덕, 김성환, 서건식, 신현동, 이준우, 이창수, 장현유. 2010. 버섯학. 자연과사람.

Dubost, N. J., Beelman, R., Peterson, D., and Royse, D. J. 2006. Identification and quantification of ergothioneine in cultivated mushrooms by liquid chromatography-mass spectroscopy. *Int. J. Med. Mush.* **8** : 215-222.

Kaori, S., Katsunori, J., Koji, S., Hidehiko, N., Norimitsu, F., Toshio, O., Junji, H. and Toshio, M. 2005. Analysis on genes expressed during photomorphogenesis the fruiting bodies in *Pholiota nameko*. *J. SHITA.* **17**(1) : 3-10.

Kengi, N., Satoshi, I., Kouichirou, M., Makoto, S. and Mitsuo, O. 2002. Effect of LED lights on fruit-body production in *Hypsizyguis marmoreus*. *Mush. Sci. Biotech.* **10**(3) : 141-146.