

LED 광원이 느티만가닥버섯 균의 균사 생장과 자실체 생육에 미치는 영향

Effect of LED Light Irradiation on the Mycelial Growth and Fruit Body Development of *Hypsizygus Marmoreus*

김민경

M. K. Kim*
국립한국농수산대학¹
버섯학과
mk7802@nate.com

이용국

Y. K. Lee
국립한국농수산대학¹
버섯학과
form123@hanmail.net

서건식*

G. S. Seo
국립한국농수산대학¹
버섯학과
g-s-seo@af.ac.kr

Abstract

A edible mushroom, *Hypsizygus marmoreus* is commercially cultivated. However, the researches of cultivation and physiological characteristics were not conducted in Korea. In this study, we conducted on artificial cultivation of *H. marmoreus* and elucidated the effect of light on the mycelial growth and fruit body development using LED light sources with different wavelength; blue (peak wave length 460nm), green(peak wave length 530nm), yellow(peak wave length 590nm), red(peak wave length 630nm), and white as positive control.

Mycelial growth of *H. marmoreus* strains were inhibited about 30~40% in inhibition ratio under the illumination with blue, green, yellow LED light. However, red LED light was not inhibited. Elongation of stipe was effective under the long wave length such as yellow and red light. Abnormal fruit body was produced under the long wavelength and dark. However, development of pileus was effective under the short wavelength such as green and blue light. Also, as a result of cultivation with mixed light for high quality and harvest, many effective numbers and yields of fruiting bodies were obtained in the mixed treatment of blue and white light, and pileus developed well.

Key words : *Hypsizygus marmoreus*, LED light, Mycelial growth, Fruit body development

*교신저자

¹ Korea National College of Agriculture & Fisheries, 1515, Kongjipatjwi-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54874 Korea

I. 서론

느티만가닥버섯은 담자균류(Basidiomycota), 주름버섯목(Agaricales), 만가닥과(Lyophyllaceae)에 속하는 식용버섯으로 일반명은 beech mushroom 이고 일본명은 bunashimeji (ブナシメジ)이다. 이 버섯은 너도밤나무, 단풍나무 등 각종 활엽수의 고사목이나 그루터기에 군생하는 목재 부후균으로 국내에서는 9~10월 가을에 발생되며, 한국, 동남아시아, 유럽, 북미 등 북반구 온대 이북지역에서 발생을 한다. 느티만가닥버섯은 식용으로도 가치가 높아 일본과 중국 등지에서 많이 재배되고 있다. 육질, 주름살, 대 등이 모두 백색으로, 일본에서는 맛은 땅찌만가닥버섯(*Lyophyllum shimeji*) 보다는 못하지만 버섯의 형태가 닮았기 때문에 소비자들이 선호하는 것으로 알려져 있고, 일반적으로 느타리버섯이나 표고버섯보다 조직이 연하고 씹는 질감이 좋아 동양인 기호에 적합하며, 맛과 향이 좋아 식용버섯으로 톱밥을 이용한 병 재배가 많이 이루어지고 있다(Kim *et al.*, 2002).

일반적으로 광은 균사생장에는 필요하지 않지만 자실체를 형성하는 생식생장기에는 양송이버섯을 제외하고 광의 조사가 필수적이다(Seo, 1995). 따라서 대부분의 버섯 재배시설에는 조명 시설이 필수적이다. 그러나, 최근까지 주로 사용되던 백색형광등은 안정적인 재배와 수량을 개선시켜주지만, 버섯 재배에 불필요하게 광범위한 파장과 열을 많이 발생시켜 큰 에너지 소비를 초래하는 것으로 알려져 있다. Suzuki(1979)는 버섯 재배는 온도, 습도, 환기, 가스 배출과 광 등 여러 환경요인에 관여하고 있고, 특히 광은 버섯 생육기에 우수한 품질의 자실체를 형성하기 위해서 중요한 요소로 보고하고 있다. 최근 버섯 재배에 효과적인 파장만 적용 할 수 있고 열과 에너지 절감 효과 및 재배사 면적 효율성을 높이는 효과를 가진 LED를 버섯 재배에 많이 이용하고 있다(Inatomi *et al.*, 2002). LED란 Light Emitting

Diode(발광 다이오드)의 약자로 형광등과 달리 수은(Hg)을 사용하지 않고, 이산화탄소, 자외선과 같은 유해성분 방출이 없다. 또한 LED의 전력 소비량은 일반 백열등의 20% 수준이며, LED 조명은 전기에너지의 90% 이상을 빛으로 전환하여 에너지 절감 효과가 높은 특징이 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 현재 최장 50,000시간까지 사용 가능하여 백열등과 비교하면 내구성이 15배 이상의 긴 것으로 전기요금을 최대 87% 수준으로 절감할 수 있는 것으로 알려져 있다(삼성반도체이야기).

느티만가닥버섯의 자실체 형성 및 생육에 미치는 영향은 Blue, Green, Yellow와 Red광을 발이유도와 생육기에 조사하였을 때 blue광이 초발이 및 자실체의 생육에 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Namba *et al.*, 2002). 버섯 재배에 LED 광을 적용하면 단파장을 조사할 수 있기 때문에 버섯의 품질을 높이고 생육기간을 단축시킬 수 있으며 생산비를 절감하는 효과를 얻을 것으로 기대되고 있다. 본 실험에서는 최근 국내에서도 생산량이 증가하고 있는 느티만가닥버섯의 재배에 정확한 광의 효과를 제공하기 위하여 LED광을 적용하여 균사생장 및 자실체 생산에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시균주

농촌진흥청에서 분양받은 느티만가닥버섯 균주와 시중에 시판 중인 버섯을 수집하여 조직 분리하여 사용하였다(표 1). 분리된 균주는 potato dextrose agar(PDA), malt extract agar(MEA), mushroom complete medium(MCM), rice bran extract agar(RBA)에 접종하여 25.0±1.0°C, 10일간 암배양하였다. 이 배양 실험에서 안정적인

균사 생장을 보인 만가닥 1호인 HYM-009, 외국 수집종인 HYM-041, 백색 품종인 HYM-055, 갈색 품종인 HYM-056 균주를 광의 균사 생장에 미치는 영향을 조사하기 위해서 공시하였다.

공시균주의 인공재배 조건을 검토하기 위한 재배 실험에서 비교적 양호한 생육과 수확량을 보

인 균주를 선발하였다. 선발된 4균주는 외국 수집 균주인 HYM-017, HYM-021, HYM-025, HYM-042로 단일광에 의한 자실체 생육과 수량 조사를 위해 공시하였고, 혼합광에서의 자실체 생육 조사는 HYM-025 균주를 사용하였다.

Table 1. List of *Hypsizygus marmoreus* isolates used in this study

Isolate	Source ¹⁾			Isolate	Source ¹⁾	
HYM-009	MKACC51980	ASI 8007	만가닥1호	HYM-041	MKACC52015	ASI 8046
HYM-017	MKACC51990	ASI 8017		HYM-042	MKACC52016	ASI 8047
HYM-021	MKACC51994	ASI 8022		HYM-055	Commercial white fruit body	
HYM-025	MKACC51998	ASI 8027		HYM-056	Commercial brown fruit body	

¹⁾ ASI, Institute of Agriculture Science, RDA, Korea; MKACC, Mushroom-Korean Agricultural cultural Collection, RDA,

2. 공시 LED 광원

LED 광원은 표2와 같이 NUV, Blue, Green, Yellow, Red, 복합광인 White 등 파장이 다른 6종을 사용하였다.

표 2는 실험에 사용한 LED의 기본 사양으로 PPFD value는 1m²당 1초 동안 내려찍는 광합성 광양자량으로 사용한 광원의 광량이다. Flux는 광원의 에너지 방사속 중 인간이 빛으로서 느끼

는 양으로 즉, 광속을 나타낸다.

LED는 일반 조명과는 다르게 빛의 색상이나 온도, 밝기 등의 제어가 가능하다. 느티만가닥버섯 균의 균사 생장과 생육 조사에 적용할 LED 광량을 10~20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ 으로 조절하였고, NUV 광은 약 2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ 으로 조절하여 실험에 적용하였다. LED 광은 1300mm×1000mm×600mm (W×D×H) 크기의 growth chamber 내부에 바닥에서 50cm 높이 위로 설치하였다.

Table 2. Properties of LED light used in this study

Light source (LED)	NUV	Blue	Green	Yellow	Red	White
Wave length	405nm	460nm	530nm	590nm	660nm	6500K
PPFD value	N/A	160 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	140 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	220 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$	340 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
Flux	2,000mw	8,000mw	3,300lm	2,400lm	200lm	4,500lm

* PPFD value: the photosynthetic photon flux density/ $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$

* NUV: near ultraviolet

3. LED 광원이 느티만가닥버섯 생장에 미치는 영향 조사

가. 군사 생장 조사

각기 다른 6종의 광인 NUV, blue, green, yellow, red, white가 설치된 chamber에서 감자 한천배지(potato dextrose agar, difco)에 접종한 공시 균주를 $23.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$, 10일간 배양하였다. 대조구로 암 배양도 실시하였고, 광 조사 시간은 16시간 광 - 8시간 암 상태로 반복하였다. 각 광원에 따른 4균주의 군사 생장과 균총을 비교, 조사하였다.

나. 자실체 생육 조사

생육 조사를 위한 재배용 배지는 미송:콘코브:대두피:미강=42:22:14:22(W/W) 비율로 배지 수분 함량은 65% 정도가 되도록 조절하며 혼합하였고, 1,400cc p.p병에 입병하여 고압살균 후 사용하였다. 공시한 4균주를 접종하여 $23.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 에서 40일간 배양한 후, 후숙 배양을 20일간 하였다. 후숙 배양까지 완료된 배지는 균급기 후에 자실체 원기를 발생시켜 실험에 사용하였다.

원기가 형성된 배지는 6종의 광이 설치된 chamber와 조명시설이 없는 chamber에서 생육 조사를 하였다. 광 조사시간은 1시간 광 - 5시간 암 상태로 반복하여 자실체 수확 때까지 1일 4회 총 4시간 광을 조사하였다. 광 조사 이외의 환경 조건은 온도 $15.0 \pm 1^\circ\text{C}$, 공중습도 90~95%, 이산화탄소 농도 1,000ppm 이하로 조절하였다.

또한 혼합광에서의 생육을 조사하기 위하여 LED 광원을 ① Blue와 White, ② Green과 White, ③ Blue와 Red ④ Blue와 Green 그리고 ⑤ Green과 Red로 혼합하여 설치한 chamber에서 생육을 시켰으며, 광 조사시간은 16시간 광조사, 8시간 암상태로 반복하여 수확까지 조사하였다. 광 조사 이외의 환경 조건은 온도 $15.0 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 90% 이상, 이산화탄소 농도 1,000ppm 이하로 조절하였다.

II. 결과 및 고찰

1. LED 광원이 느티만가닥버섯의 군사 생장에 미치는 영향

공시균주로는 수집균주 군사의 배양적 특성 조사를 통하여 비교적 양호한 생장을 보인 4균주(HYM-009, HYM-041, HYM-055, HYM-056)를 선발하였고, PDA배지 접종하여 10일간 배양하였다. 그 결과, 표 3과 같이 만가닥 1호로 품종 등록되어 있는 HYM-009 균주는 NUV, red 광에서 각각 일일 평균 군사 생장은 $6.4 \pm 0.6\text{mm}$, $6.3 \pm 0.6\text{mm}$ 으로 대조구인 암배양 $6.1 \pm 0.6\text{mm}$ 보다 빠른 생장을 보였다. green, yellow 광에서 5.0mm의 생장으로 blue에서 보다 느린 생장이었다. 특이한 점은 공시 균주 중에 유일하게 NUV에서 군사 생장 저해를 받지 않았으며, 그 외의 광질에서도 다른 공시 균주와 비교하여 군사 생장과 밀도 차이가 적은 편으로, 광질에 영향을 많이 받지 않는 균주로 판단된다.

시판 중인 백색품종의 HYM-055와 갈색품종인 HYM-056 균주는 HYM-009 균주와 비교하여 광 조사에 의해 군사 생장이 저하되었다. 특히 백색품종인 HYM-055 균주는 암배양과 red 광에서 $5.7 \pm 1.7\text{mm}$, $5.5 \pm 1.2\text{mm}$ 로 생장했지만, blue, green 광에서 각각 $2.9 \pm 1.5\text{mm}$, $2.9 \pm 0.6\text{mm}$ 로 생장이 많이 저하되었다. 갈색품종인 HYM-056 균주는 red 광에서 $6.1 \pm 1.1\text{mm}$ 로 암배양보다 빠른 생장을 보였고, green 광에서는 $3.6 \pm 1.5\text{mm}$ 로 군사 생장이 저조하였다.

공시 균주들의 군사 생장은 대조구인 암배양과 비교해서도 red광 처리구에서 가장 양호하여, red 광이 느티만가닥버섯 군사 생장에 미치는 영향은 거의 없다고 판단된다. 그러나 blue, green, yellow광은 군사 생장이 평균 3.5mm 정도로 암배양(평균 5.8mm)에서 보다 약 30 ~ 40%의 군사 생장이 저하되었다. 그리고 군사 생장을 저해하는

광질은 균주마다 차이를 보여, 균주마다 광질에 따른 민감도가 차이가 있는 것으로 추측되며, 백

색품종이 갈색품종의 균주보다 균사 성장함에 있어 광질에 민감하게 반응하는 것으로 판단된다.

Table 3. Effect of light quality on the mycelial growth of *H. marmoreus* isolates on the PDA media

	HYM-009	HYM-041	HYM-055	HYM-056
Dark	6.1±0.6*	5.6±0.5	5.7±1.7	5.9±1.0
NUV	6.4±0.6	4.4±1.0	4.1±1.0	4.7±0.7
Blue	5.7±1.5	3.6±0.6	2.9±1.5	3.8±0.6
Green	5.0±0.0	3.9±0.6	2.9±0.6	3.6±1.5
Yellow	5.0±1.2	3.5±2.1	3.3±0.0	4.1±1.7
Red	6.3±0.6	5.5±0.0	5.5±1.2	6.1±1.1
White	5.8±0.6	4.5±3.1	4.1±0.6	4.8±2.0

* Mycelial growth:mm/day

NUV에서 공시균주의 균사 성장 속도가 양호했던 이유는 광량이 2μmol/m²s으로 다른 처리구보다 광량이 약 1/10 수준으로 낮았기 때문으로 추측된다. 광질에 따라 균사 생장이 저해받기도 했지만, 균층의 밀도는 모든 처리구에서 큰 차이는

없었다(그림 1). 따라서 느티만가닥버섯의 균사 배양시에는 광을 꼭 필요치 않지만, 작업 등을 위한 광을 설치하다면 장파장인 red광이 균사 생장을 저해하지 않으면서 효과적인 것으로 판단된다.



Fig. 1. Mycelial colonies of *H. marmoreus* isolates under the various light sources

2. LED 광원이 느티만가닥버섯의 자실체 생육에 미치는 영향

광질이 느티만가닥버섯의 생육(수량, 갓 크기, 대 길이)에 미치는 영향을 조사하기 위해 6종의 단일 LED 광 조사와 대조구인 암처리를 한 결과, HYM-017 균주는 blue(156.0±18.4g)광에서 수량이 가장 높았고, red 광과 NUV에서 수량은 각각 155.0±28.3g, 151.0±17.0g 이었다. 자실체의 형태는 단파장인 red에서 64.4±15.8mm로 대 신장이 가장 길었지만, 개체간 편차가 크게 나타났다. green에서는 대가 62.7±6.8mm로 길게 생장하고, 갓 직경도 17.3mm로 발달되었으며, 개체 간 차이도 적게 나타났다. red광과 암 처리구에서는 대는 길게 생장하지만, 대의 뒤틀림이 심하고, 개체로의 분화가 잘 이루어지지 않았다. 갓 발달은 NUV와 blue, green에서 가장 양호하였다. 이 균주의 암처리구에서의 생육은 균사 생장과는 다르게 수량이 113.0±8.5g으로 저조한 생육을 보여, 자실체 생육에는 광이 꼭 필요하다고 판단된다. 그 외의 광질에서는 자실체 수량이 크게 차이나지 않았다(표 4). HYM-017균주의 전체적인 자실체 발생과 모양, 품질, 균일도 등을 평가하면 white, blue광이 가장 효과적인 것으로 판단된다.

HYM-021 균주는 암 처리구에서는 원기 형성 후 처리임에도 자실체로 발달하지 못하였다. 가장 많은 수량을 보인 광은 blue(157.0g)였다. 반면, red 광에서의 수량은 87.0±56.6g 이었다. 수량 자체도 적었지만, 병들 간의 수량 차이도 크게 나타나 균일한 생육을 못하였다. red광은 HYM-021 균주에서는 전반적으로 자실체 생육을 저해하는 것으로 이 판단된다. 자실체 형태에서도 장파장인 yellow와 red에서 갓이 매우 작게 형성되고, 대는 69.9mm로 가장 길었으나, 대가 꼬이면서 굽어지는 등 품질이 불량하였다.

복합광인 white(117.5±33.2g)에서도 자실체의 갓은 작고, 대는 짧게 형성되었으며, 유효자실체

의 수도 적어 전반적으로 불량한 생육을 보였다(표 5). NUV와 blue, green광에서도 한병에서 발생하는 자실체의 생육이 전반적으로 균일하지 못 하는 것으로 보아 HYM-021 균주는 본 실험의 생육 환경이 맞지 않으며, 광질에 민감하게 반응하는 것으로 판단된다.

HYM-025균주는 암 처리구와 yellow광에서의 수량이 각각 148g과 165.5g 으로 적었고, 그 외의 광질에서 수량은 170g 이상이였다. 실험에 사용된 다른 공시균주들과 비교해서도 가장 균일한 생육을 보인 균주였다. 대가 길게 형성된 암 처리구(69.2mm), yellow 광(72.5mm)과 red 광(83.8mm)에서는 대의 꼬임과 굽어지는 기형의 개체 많이 발생하여 품질이 좋지 않았다. green 광처리구에서 유효자실체 수량은 병당 32.5개로 가장 많았다. 또한 갓 직경도 19.0mm로 잘 발달하였고, 대가 78.9mm로 길었으나 두께가 가장 얇은 10.3mm 이었다. HYM-025 균주는 복합광인 white에서 자실체의 갓이 작게 형성되어 16.9mm 였고, 다른 광질에서의 갓은 평균적으로 18~20mm로 잘 발달되었다(표 6).

Blue는 유효자실체 수가 22개로 비교적 적었지만, 갓(20.6mm)이 크고 대(70.3mm)가 곧고 안정적인 생육으로 수량은 177g 이었다. HYM-025균주는 다른 공시균주에 비해 자실체의 갓 크기, 대길이 등 가장 안정적인 생육과 수량을 보였고, 광에 대한 민감도도 상대적으로 적은 것으로 판단된다.

HYM-042 균주는 표 7과 같이 수량은 NUV 광(133g)과 yellow광 (125.5g)에서 가장 양호하였다. Yellow 광에서 대가 69.7mm로 가장 길고 두껍게 형성되어 수량은 양호하였으나, 반복 처리구 간의 수량 차이와 자실체 개체 간의 차이도 크게 나타났다. Red 광은 유효자실체 수가 병당 28개로 가장 많았지만, 갓이 작고 대가 길면서 꼬임이 심한 기형으로 형성되어 품질은 좋지 않았다. HYM-042 균주는 다른 공시 균주와 다르게 수량이 blue 광과 white 광에서 108.5g과 107.5g 으로

Table 4. Characteristics and yield of *H. marmoreus* isolate HYM-017 fruit bodies grown under the various light sources

Light Sources	HYM-017	Yield/bottle (g)	No. of mature fruit body/bottle	Diameter of pileus(mm)	Stipe	
					Length (mm)	Diameter (mm)
Dark		113.0±8.5	10.5	11.2±2.2	58.3±7.0	16.3±3.9
NUV		151.0±17.0	27	14.3±3.0	55.5±6.5	11.6±3.3
Blue		156.0±18.4	25.5	15.0±2.7	56.4±8.3	13.5±3.1
Green		134.0±48.1	8	17.3±2.7	62.7±6.8	14.0±3.3
Yellow		123.0±4.2	8	12.6±1.7	57.7±8.9	12.6±4.9
Red		155.0±28.3	25.2	14.4±10.1	64.4±15.8	10.0±2.7
White		153.0±45.3	22	16.8±2.9	60.2±7.9	14.8±3.9

Table 5. Characteristics and yield of *H. marmoreus* isolate HYM-021 fruit bodies grown under the various light sources

Light Sources	HYM-021	Yield/bottle (g)	No. of mature fruit body/bottle	Diameter of pileus(mm)	Stipe	
					Length (mm)	Diameter (mm)
Dark						
NUV		143.0±7.1	27	14.5±2.8	63.3±9.1	13.4±3.7
Blue		157.0±19.8	31	14.3±3.5	62.6±9.7	12.6±3.4
Green		126.0±35.4	22.5	13.7±2.4	58.3±10.7	13.6±4.8
Yellow		144.0±17.0	34	12.7±3.1	59.9±14.1	13.7±4.2
Red		87.0±56.6	14.5	11.6±1.8	69.9±12.7	12.7±3.1
White		117.5±33.2	14.5	12.4±2.3	48.4±8.4	11.4±2.3

Table 6. Characteristics and yield of *H. marmoreus* isolate HYM-025 fruit bodies grown under the various light sources

Light Sources	HYM-025	Yield/bottle (g)	No. of mature fruit body/bottle	Diameter of pileus(mm)	Stipe	
					Length (mm)	Diameter (mm)
Dark		148.5±16.3	10.5	17.8±2.8	69.2±11.9	11.8±4.2
NUV		170.5±31.8	26.5	19.5±3.8	73.8±12.4	11.8±3.8
Blue		177.0±4.2	22	20.6±5.9	70.3±14.5	12.7±4.3
Green		181.0±15.6	32.5	19.0±4.6	75.9±11.0	10.3±2.9
Yellow		164.5±4.9	24.5	19.1±4.6	72.5±13.5	12.5±5.0
Red		178.0±5.7	22.5	18.2±4.5	83.8±21.6	12.7±4.6
White		181.0±24.0	26.5	16.9±4.3	60.8±7.7	11.8±3.7

Table 7. Characteristics and yield of *H. marmoreus* isolate HYM-042 fruit bodies grown under the various light sources

Light Sources	HYM-042	Yield/bottle (g)	No. of mature fruit body/bottle	Diameter of pileus(mm)	Stipe	
					Length (mm)	Diameter (mm)
Dark		104.5±13.4	19	9.4±2.7	58.8±9.1	9.2±3.2
NUV		133.0±1.4	24	14.9±2.4	63.0±8.1	11.1±2.4
Blue		108.5±12.0	25	13.9±3.5	57.4±7.5	12.0±3.2
Green		117.5±26.2	16.5	14.1±2.6	63.7±9.6	11.8±4.3
Yellow		125.5±48.8	26	14.8±3.4	69.7±13.0	10.9±2.5
Red		115.5±0.7	28	10.5± 3.1	64.9±14.8	9.4±3.3
White		107.5±10.6	15.5	13.7±3.6	51.5±8.0	10.5±2.7

적었다. 갓은 고른 발달을 보였지만, 13.9mm과 13.7mm 이었고, 대는 57.7mm, 51.5mm로 생장에 억제를 많이 받은 것으로 판단된다.

HYM-042 균주에서도 장파장인 red 광은 갓이 작고 대길이가 길어지는 반면 blue 광은 수량은 적었지만, 자실체가 비교적 균일하고 갓의 크기가 크고 대가 직립형으로 생육하였다. 느티만가닥버섯은 green(530nm) 이하의 단파장에서 자실체 형태가 균일하고 갓의 색, 모양 등이 상품성이 있었으나 장파장에서는 갓이 작고 연하며 대의 신장이 좋고 대가 굽어지는 등 기형 버섯이 많이 발생하였다. 가장 단파장인 NUV 처리구에서 자실체 품질이 양호한 것은 광량이 다른 LED 광원에 비하여 1/10수준이기 때문에 사료되며 동일한 광량을 조사하면 자실체 기형이 심할 것으로 추정된다. 또한 1병에서 발생한 자실체의 형태 변이가 심하였는데 이를 균일하게 하기 위해서는 광 조사 시간을 좀 더 조절해 줄 필요가 있을 것으로 판단된다.

광질이 느티만가닥버섯의 균사 생장과 자실체 형태 형성에 미치는 영향을 조사한 결과, 기존에 보고된 내용과 비슷한 결과를 보였다. 장(2013) 등은 느티만가닥버섯 생육에 blue 광을 사용하면 갓과 대 발달이 우수하며, ergosterol 같은 물질 함량도 높일 수 있다고 보고하였다. 또한 잎새버섯에서 지(2008) 등은 자실체의 총 장경은 일반 형광등에서 가장 길었지만, 품질 면에서는 blue 광이 더 균일하고, 갓 발달에 도움이 된다고 보고하였다.

Namba(2002) 등의 LED의 자실체 생산에 미치는 영향 조사에서 red와 yellow광에서는 균 배양시 균사 생장은 양호했지만, 발이 유도에는 실패하였으며, green 광에서는 기중 균사도 많이 형성하고 초발이 유도 기간도 단축된 것으로 보고하였다. Blue 광은 발이 유도 효과가 있으며, 조도 1lux로도 발이가 가능하였으며, 생육 기간 중에는 대 신장을 억제하고 갓 발달을 증가시켜

생육에 적합한 광이라고 보고하였다. Inatomi (2002) 등도 생산성을 높이기 위해서는 조도 200~500lux의 광이 필요하지만, 갓의 색택을 위해서는 2lux 이상이면 충분하다고 보고하였다.

느티만가닥버섯에서 광질의 효과는 공시 균주마다 약간의 차이가 있으며, 각 생육시기마다 효과도 모두 달랐다. 공시 균주의 균사 배양을 하는 동안에는 광이 필요 없으나, 장파장인 red 광을 조사하더라도 균사 생장을 저해하지는 않는다. 발이 유도와 생육 기간에는 복합광인 white와 단파장의 blue(460nm)와 green(530nm)이 가장 효과적이고, 세부적으로는 대 신장에는 장파장인 yellow(590nm)과 red (660nm)광이 효과적이고, 갓의 발달에는 단파장인 blue, green광이 효과가 있는 것으로 판단된다.

따라서, 광질이 느티만가닥버섯의 생육에 미치는 영향을 검토한 결과 단파장광인 blue와 green 광 그리고 복합광인 white 광 처리구에서는 갓의 색택이 진하고 갓이 잘 발달한 반면에 대길이가 생장이 억제되는 경향을 보이고, 장파장인 red와 yellow 광을 조사한 처리구에서는 갓이 작고, 색택이 연하며 대가 가늘고, 길어지는 경향과 대의 꼬임과 미분화 등의 기형을 보여 모든 공시 균주에서 안정적인 품질의 버섯을 수확하기 어려웠다.

이(2000)는 느타리버섯이 480nm에서 ATP 합성이 촉진되며, 자실체 생육의 최적 파장은 340-520nm 으로 수량과 갓의 발달이 우수하고, 갓 색택이나 대 길이 조절도 가능하여 품질 향상이 가능하다고 하였다. 파장 340-520nm 은 blue와 green 광이 속해 있는 영역으로, 본 실험에서도 blue와 green 광이 자실체 색택이 진하고 비교적 품질이 균일한 자실체를 형성하였다.

하지만 각 시기마다 효과가 있는 다른 광질을 사용하기는 어려움이 있어 자실체 생육에 효과적인 광질을 혼합하여 사용할 수 있도록 이 blue와 green 광을 기본으로 각 파장의 광을 혼합하여

느티만가닥버섯균의 자실체 생육에 미치는 혼합광의 효과를 조사하였다.

이 혼합광 실험에는 단일광의 광질 효과에 대

한 실험에서 가장 안정적인 생장과 우수한 수량을 보인 HYM-025균주를 사용하였고, 그 결과는 표 8과 같다.

Table 8. Effect of combination light on the fruit body formation of *H. marmoreus* isolate HYM-025 grown under the various light sources

Light Sources	Yield/bottle (g)	No. of mature fruit body /bottle	Diameter of pileus(mm)	Length of stipe(mm)
Dark	110.5±16.3	15	17.8±2.8	89.2±11.9
Blue & Green	157.0±4.2	41	20.6±3.9	77.3±16.5
Blue & Red	151.0±15.6	31	26.0±4.6	77.9±14.5
Blue & White	168.0±15.6	43	26.0±3.6	76.9±13.0
Green & Red	145.5±4.9	33	23.1±2.6	79.5±14.5
Green & White	140.0±5.7	41	24.2±4.5	80.8±17.6

대조구인 암 처리구는 다른 처리구에 비하여 작은 작고 대는 길면서 유효자실체 수는 15개, 수량은 110.5g으로 가장 적었다. 이 결과로 느티만가닥버섯의 자실체 생육에는 광이 꼭 필요하다고 판단된다.

단일광 실험에서 각각 갓 발달과 색택에 유효한 효과가 있던 blue와 green의 혼합 처리구는 자실체 유효개수도 41개로 많았고, 수량이 157g, 갓 직경도 20.6mm으로 균일하였다.

Blue와 red의 혼합 처리구에서 자실체는 갓이 26mm로 크고, 대의 길이도 77.9mm로 길게 발달되었지만, 수량이 151g 이었다. Green과 red 혼합광에서도 균일한 갓 크기와 대 길이도 79.5mm로 길어지만, 수량이 145.5g으로 저조하였다. 생육기간 동안 red 광이 조사되면, 대 길이에는 효과적이지만, 생산량 증가에는 도움이 되지 않았다.

단일 blue광에서 버섯의 대 신장은 저해가 되지만, 갓 형성 시기와 색택을 위해 광을 조사하면 좋은 품질의 버섯을 생산할 수 있을 것으로 추측

하였는데, blue와 white의 혼합광 처리구에서 수량은 168g으로 가장 많은 수확을 했으며, 자실체의 유효 개수도 43개로 가장 많았다. 갓 직경은 26mm로 균일하였으며, 대 길이는 다른 광 처리구보다는 짧은 76.9mm 이었다. Green과 white 혼합광 처리구는 자실체 형성은 잘 되어 유효개수는 41개, 갓은 24.2mm, 대가 80.8mm로 길었지만 수량이 140g으로 적었다. 이 조합의 혼합광이 red 광이 혼합된 경우보다 대 신장이 더 촉진된 것으로 판단된다.

본 실험의 결과로, 느티만가닥버섯의 재배 과정에서 균 배양을 위한 배양실은 항상 암상태를 유지하는 것이 중요하며, 균사 생장을 가장 적게 저해하는 광인 red 광은 배양실 관리 및 작업을 위한 광으로 사용 가능하며, 자실체 유도 및 생육에는 단일광보다 blue와 white을 혼합한 광이 균일한 갓과 대의 발달, 수량에 효과적인 것으로 판단된다.

IV. 적요

LED 광원이 느티만가닥버섯 재배에 미치는 영향을 알기 위하여 6종의 파장이 다른 NUV(wave length 405nm), blue(wave length 460nm), green (wave length 530nm), yellow(wave length 590 nm), red(wave length 630nm), white(wave length 6500K) 광을 조사하면서 균사 생장 및 자실체 생육과 수량을 조사하였다.

1. 느티만가닥버섯균의 균사 생장에는 광이 필요하지 않지만, red 광 처리구에서 암조건과 비슷한 균사 생장을 보였다. 그러나 blue, green, yellow 광 처리구에서는 암배양보다 약 30~40%의 균사 생장 저해를 보였다.
2. LED 광이 느티만가닥버섯의 자실체 생육에 미치는 영향을 조사한 결과, 암조건에서는 자실체 발달이 안 되는 경우도 있으므로, 느티만가닥버섯의 자실체 생육에는 광 조사가 꼭 필요하다. 단파장인 blue와 green광, 복합광인 white을 조사한 처리구에서 자실체 갓과 대 발달이 안정적이면서 수량이 우수하였다. 장파장인 red 와 yellow 광 처리구에서는 갓 발달과 색택이 불량하고, 대는 길고 꼬임 등의 기형을 보였다.
3. 단일광 조사만으로는 우수한 품질의 버섯을 안정적으로 생산하기 어렵고, 각 생육 단계마다 효과가 있는 광을 조사하는 것도 어렵다. blue 와 green, white, red 광을 조합하여 생육 기간 동안 혼합광을 조사하여 갓과 대의 균일성 및 갓 색택, 수량을 분석한 결과, 가장 이상적인 LED 광 조합은 blue와 white 광이었다.

V. 참고문헌

1. Chi, J. H., Kim, J. H., Won, S. Y., Seo, G. S and Ju, Y.C. 2008. Studies on favorable

light condition for artificial cultivation of *Grifola frondosa*. Kor. J. Mycol. 36(1): 31-35.

2. Inatomi, S., Namba, K., Kodaira, R., Shimosaka, M. and Okazaki, M. 2002. Effects of light on the initiation and development of fruit-bodies in commercial cultivation of *Hypsizygos marmoreus*. Japanese Soc. Mushroom Sci. And Biotechnol. 10(3):135-140.
3. Jang, M. J., Lee, Y. H., Ju, Y. C., Kim, S. M and Koo, H. M. 2013. Effect of color of light emitting diode on development of fruit body in *Hypsizygos marmoreus*. Mycobiology. 41(1):63-66.
4. Kim, H. K., Choi, Y. J., Jeong, S. W. and Kim K. H. 2002. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Lyophyllum ulmarium*. Kor. J. Food Preser. 9(4): 385-390(in Korean).
5. Kim, M. K. 2012. Cultivation physiological and Genetic characteristics of *Hypsizygos marmoreus* and their functional activities. PH D. Thesis. Chungman national university, Korea.
6. Lee, K. D. 2000. An action spectrum for lighr-induced growth rate in *Pleurotus ostreatus*. Korean J. Life Science. 10(5): 519-523.
7. Namba, K., Inatomi, S. Mori, K., Shimosaka, M. and Okazaki, M. 2002. Effects of LED lights on fruit-body production in *Hypsizygos marmoreus*. Japanese Soc. Mushroom Sci. and Biotechnol. 10(3):141 -146.
8. Seo, G. S. 1995. *In vitro* Photomorphogenesis and genetic diversity in the basidiomycete, *Ganoderma lucidum*. Ph.D. Thesis. University

광이 느티만가닥버섯 균의 균사 생장과 자실체 생육에 미치는 영향
김민경, 이용국, 서건식

- of Tottori, Tottori, Japan.
9. Suzuki, A. 1979. General review on environmental factors affecting primordium formation in Homobasidiae. Trans. Mycol. Soc. Japan. 20:253-265(in Japanese).
 10. 서건식. 2011. 느티만가닥버섯의 품종 및 안정적 재배기술 개발과 산업화를 위한 기능성 분석에 관한 연구. 농림수산식품부 연구과제 최종보고서. pp. 120.
 11. <https://www.samsungsemiconstory.com/248>. 2020. (삼성반도체이야기, LED란 무엇일까?)

논문접수일 : 2020년 5월 11일
논문수정일 : 2020년 6월 12일
게재확정일 : 2020년 6월 15일