

팽이버섯(*Flammulina velutipes*) 교잡분리집단의 형태학적 특성 분석

우성이¹ · 공원식 · 김은선 · 장갑열 · 신평균 · 오연이 · 오민지 · 남윤걸 · 김경수^{1,*}

강원대 응용생물학과

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과

Analysis of phenotypic characterization of segregation population developed by crossing in *Flammulina velutipes*

Sung-I Woo¹, Won-Sik Kong, Eun-Seou Kim, Kab yeul Jang, Pyung-Gyun Shin, Youn-Lee Oh, Min ji Oh, Youn-keol Nam and Kyung-Soo Kim^{1,*}

Mushroom Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration Chungbuk Eumsung 369-873, Korea

¹Department of Applied Biology Graduate School, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

ABSTRACT: This study was conducted to obtain a growth correlation of basal information from the development of disease resistant *Flammulina velutipes* cultivars through back-crossing between the strains of wild-type brown monokaryon 4019-20 and the derivative of commercial quality white monokaryons 3. The two strains were selected to back-cross for further enhancing their latent attributes and growth characteristics. The parents of 4019-20×M3 back-crossed to reproduce F₁, M3-Sn. Using F₁, M3-Sn procured and isolated into 94 monokaryon strains. Further examination of growth characteristics carried out by back-crossing between M3 and BC₁F₁ from M3-n dikaryon. Monokaryon exhibited an irregular growth pattern and demonstrated to be sluggish development in the sawdust medium. However BC₁F₁(M3-n) dikaryon strains confirmed mostly regular growth pattern and demonstrated ordinary growth in the sawdust medium. The fruitbody of BC₁F₁ confirmed as light-brown colour to be the dominant gene. The colour distributions of fruitbody, BC₁F₁, resulted as follows; 7% of dark brown, 25% of brown, 27% of light brown, 16% of ivory and 25% of white. The ratio of the other color to white showed 3 to 1 which suggested two major genes were related to fruitbody color.

KEYWORDS: backcross, brown, *Flammulina velutipes*, gene, white

서론

버섯은 자연 생태계에서 분해자로서의 기능을 수행하여

J. Mushrooms 2015 September, 13(3):217-222
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2015.13.3.217>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : woosungi1013@naver.com

Received September 7, 2015
 Revised September 11, 2015
 Accepted September 20, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

품질의 순환에 기여하며 다른 곰팡이류에 비해 자실체를 형성하는 독특한 생활력을 가지고 있다. 우리는 자실체를 버섯이라고 하며 예로부터 식용 또는 약용으로 이용하고 있다. 버섯의 인공재배는 산업의 발달과 더불어 발전되어 몇 종의 버섯을 자동화된 시설에서 계절에 관계없이 연중 생산을 되고 있다. 그러나 밀폐된 시설에서 버섯을 연중 무휴 재배함으로써 영양요구성 및 성장조건이 비슷한 다른 균들의 서식밀도가 높아지게 된다. 따라서 잡균에 의한 오염을 줄이고, 배양실의 적절한 온.습도 조절, 환기관리 등 배양조건이 중요하며 뿐만 아니라 활성이 좋은 품종의 육성이 버섯재배의 성공을 위해서 중요하다(Oh, 2003).

팽이버섯 *Flammulina velutipes* (Curtis : Fries) Singer 은 담자균류의 주름 버섯목(Agaricales) 송이버섯과(Tricholomataceae)에 속하는 백색 목재부후균으로 분류

되었으나 현재는 분자 생물학의 발전으로 빵나무버섯과 (*Physalacriaceae*)로 분류하고 있다(Kirk *et al.*, 2008).

자실체의 발생생태는 자연계에서 늦가을부터 초겨울까지 활엽수의 그루터기에 발생되며 야생상태에서 자실체의 형태는 대가 짧고 갓이 큰 특징을 가지고 있으나 온도가 낮은 곳에서 인공재배를 할 경우는 CO₂의 농도를 높이고 광량을 극도로 줄여주는 환경을 유지함으로써 대가 길어지고 갓이 매우 작아지는 형태를 보인다(Stamets, 1993). 따라서 최근의 팽이버섯품종육성은 이와 같은 조건에 적응하는 방향으로 발전하였다.

팽이버섯 육종 기술중 여교잡육종법은 특히 연속적으로 교배할 때 목표형질만을 선발하기 때문에 육종효과가 확실하고 계통육종이나 집단육종과 같이 여러 형질의 특성 검정을 하지 않아도 되는 장점이 있어 분자마커를 이용할 수 있는 형질은 여교잡 세대에서 원하는 개체를 조기선발하는 데 이용되고 있다(Young and Tanksley, 1989). 따라서 이러한 여교잡을 통해 분리되어 교잡집단들의 특성을 조사하여 우수한 신품종을 개발하기 위한 기초자료로 활용코자 본 연구를 수행하게 되었다.

재료 및 방법

시험균주

본 시험에 사용된 균주는 김천 직지사 인근에서 수집한 야생버섯으로부터 분리한 ASI 4019와 백색품종인 F6에서 분리한 단핵균주 M3를 사용하였다(Table 1).

4°C 균주 보관실에 보관 중인 균을 감자한천 배지에 이식한 후 직경이 3 cm 이상 자랐을 때 균총의 가장자리에서 직경 8 mm의 cork borer로 떼어 새로운 배지에 이식하였다. 버섯 균이 접종된 배지는 암상태의 25°C 항온기에서 20일간 배양 후 사용하였다.

단포자 분리 및 교배

툽밥배지에서 자실체를 발생시켜 갓을 공기의 흐름이 없는 곳에서 페트리디쉬에 자실체의 주름이 아래로 향하도록 두어 포자를 채취하고 Raper(1966)의 방법대로 단핵균주를 분리하였다. 단핵균주는 PDA(potato dextrose

Table 1. List of *Flammulina velutipes* species used in this study

ASI ^a No.	Source	Collection year	Isolating information
4019 ^a	KACC ^b 42777	1982	Collected around Jikji Temple in Gimcheon Korea
4019-20	KACC42780	2011	Isolated from ASI4019
M3	Fv10-8	2012	Isolated from commercial variety "F6"

^aAgricultural Sciences Institute, ^bKorea Agricultural Culture Collection.

Table 2. Genetic analysis of the BC₁F₁ progeny developed from crossing between white strain M3 and brown strain ASI 4019-20

Generation	Mating combination	No. of mating	Color
Parent	M3		White
Parent	ASI 4019-20		Brown
F ₁ (M3-Sn)	4019-20×M3		Light brown
BC ₁ F ₁ (M3-n)	(4019-20×M3)×M3	94	Segregation population

agar) 배지에서 25°C, 9일간 생장 후 균사 생장길이와 색깔을 측정하였다. 교잡은 각 단핵균사로 만들어진 PDA조각을 1×1 cm로 잘라서 페트리디쉬의 중앙부분에 각각 1cm 거리에 치상한 후 25°C에 배양하여 두균주의 균사가 충분히 섞인 후에 대치부분과 수평 연장선을 따라 PDA배지를 1/5를 반달모양으로 잘라내고 다시 2~3일 배양한 후 페트리디쉬바닥으로 자란 균사를 현미경으로 관찰하여 클램프컨넥션의 형성여부를 관찰하였다. 클램프컨넥션이 관찰되어 교잡이 확인된 균사는 PDA 배지로 옮겨서 25°C에 배양하였다. 모본인 4019-20과 M3를 4019-20×M3 교잡으로 육성된 F₁인 M3-Sn 계통으로부터 단핵균주 200개를 분리하고 다시 교배 모본 M3와 교잡하여 BC₁F₁인 M3-n 집단을 140개로 분리하여 교잡 성공율은 약 70%이었다(자료미제시). 그 중 선발된 94 단핵균주의 생장특성을 조사하였다(Table 2).

균사생장량

미송툽밥과 미강을 부피비로 8:2로 혼합한 배지를 시험관(20 mm×200 mm)에 담아 고압살균 후 접종하여 25°C 항온실에 배양하여 균사 생장길이와 밀도를 조사하였다.

균사배양 및 생육특성

배양 및 생육조건은 Ryu(2005; 2007)등의 방법에 준하여 실시하였으며, 접종방법에 있어 톽밥 종균 배지에 접종하여 온도 23°C, 상대습도 65%, CO₂ 1,500 ppm 이하로 맞춘 배양실에서 30~35일 배양시켰다. 배양 후 종균과 균긋기 작업을 한 후 발이를 유도하였다. 균긋기 이후 생육실 온도는 14°C, 습도 93%로 조절하였으며, 버섯이 병입구 위로 올라오면 권지를 씌운 후 수확까지 4~7°C를 유지하였다. CO₂조건은 버섯이 발이될 때까지 1,000~1,500 ppm로 조절하였고 발이 후 수확까지는 1,500~3,000 ppm로 조절하였다.

자실체의 형태적 특징과 수량성을 조사하기 위하여 갓 크기가 1 cm 내외일때 수확하여 대길이, 대굵기, 갓직경, 개체중, 유효경수, 평당 수확량 등을 조사하였다(Chandra *et al.*, 2007). 색도는 색차계 Spectrophotometer CR-400 (Minolta, Japan)를 사용하여 갓 윗부분을 3번 측정하여

Table 3. Mycelial growth of *Flammulina velutipes* (F₁) on PDA

Generation	Mycelial growth (mm/9 days)	Strains No.
Parent	36.5±2.1	4019
	39.5±0.7	4019-20×M3
F ₁ (M3-Sn)	39.7±1.0	M3-S5, M3-S7, M3-S14, M3-S17, M3-S19, M3-S25, M3-S38, M3-S39, M3-S44, M3-S46, M3-S47, M3-S48, M3-S49, M3-S53, M3-S54, M3-S56, M3-S57, M3-S68, M3-S115, M3-S116, M3-S120, M3-S124, M3-S127, M3-S128, M3-S132, M3-S154, M3-S188, M3-S207, M3-S215, M3-S230, M3-S244
	36.6±1.4	M3-S1, M3-S11, M3-S20, M3-S21, M3-S22, M3-S26, M3-S27, M3-S30, M3-S35, M3-S37, M3-S40, M3-S42, M3-S59, M3-S61, M3-S71, M3-S73, M3-S78, M3-S92, M3-S93, M3-S97, M3-S107, M3-S118, M3-S119, M3-S131, M3-S133, M3-S139, M3-S186, M3-S202, M3-S206, M3-S212, M3-S213, M3-S216
	28.3±4.7	M3-S9, M3-S12, M3-S13, M3-S24, M3-S36, M3-S40, M3-S45, M3-S85, M3-S110, M3-S121, M3-S122, M3-S125, M3-S129, M3-S136, M3-S137, M3-S140, M3-S145, M3-S146, M3-S151, M3-S153, M3-S155, M3-S158, M3-S160, M3-S161, M3-S214, M3-S218, M3-S221, M3-S231, M3-S251, M3-S252, M3-S262
Mean	34.9±5.6	94 strains

Table 4. Mycelial growth of *Flammulina velutipes* (BC₁F₁) on PDA

Generation	Mycelial growth (mm/9days)	Strains No.
BC ₁ F ₁ (M3-n)	39.8±0.7	M3-5, M3-7, M3-11, M3-12, M3-13, M3-17, M3-24, M3-25, M3-27, M3-30, M3-35, M3-36, M3-38, M3-47, M3-48, M3-54, M3-56, M3-59, M3-78, M3-85, M3-97, M3-115, M3-125, M3-140, M3-145, M3-155, M3-158, M3-160, M3-188, M3-216, M3-230, M3-252
	38.0±0.8	M3-1, M3-9, M3-14, M3-19, M3-20, M3-22, M3-37, M3-39, M3-42, M3-44, M3-45, M3-61, M3-68, M3-71, M3-73, M3-93, M3-121, M3-124, M3-131, M3-132, M3-153, M3-161, M3-178, M3-206, M3-207, M3-213, M3-215, M3-218, M3-231, M3-251, M3-262
	34.3±3.7	M3-21, M3-26, M3-40, M3-46, M3-49, M3-53, M3-57, M3-92, M3-107, M3-110, M3-116, M3-118, M3-119, M3-120, M3-122, M3-127, M3-128, M3-129, M3-133, M3-136, M3-137, M3-139, M3-146, M3-151, M3-154, M3-186, M3-202, M3-212, M3-214, M3-221, M3-244
Mean	37.4±3.1	94 strains

Table 5. Mycelial growth of *Flammulina velutipes* (F₁) on sawdust substrate

Generation	Mycelial growth (mm/28days)	Strains No.
Parent	91.0±1.4	4019
	105.1±7.1	4019-20×M3
F ₁ (M3-Sn)	89.9±7.5	M3-S5, M3-S11, M3-S19, M3-S20, M3-S25, M3-S37, M3-S38, M3-S44, M3-S47, M3-S48, M3-S53, M3-S54, M3-S56, M3-S57, M3-S68, M3-S78, M3-S115, M3-S116, M3-S119, M3-S122, M3-S124, M3-S127, M3-S129, M3-S131, M3-S132, M3-S139, M3-S154, M3-S221, M3-S230, M3-S244, M3-S251
	67.8±6.5	M3-S1, M3-S7, M3-S12, M3-S17, M3-S21, M3-S24, M3-S27, M3-S39, M3-S40, M3-S45, M3-S49, M3-S59, M3-S61, M3-S71, M3-S97, M3-S107, M3-S118, M3-S125, M3-S128, M3-S133, M3-S136, M3-S155, M3-S186, M3-S188, M3-S202, M3-S206, M3-S207, M3-S212, M3-S213, M3-S214, M3-S216
	55.9±8.8	M3-S9, M3-S13, M3-S14, M3-S22, M3-S26, M3-S30, M3-S35, M3-S36, M3-S42, M3-S46, M3-S73, M3-S85, M3-S92, M3-S93, M3-S110, M3-S120, M3-S121, M3-S137, M3-S140, M3-S145, M3-S146, M3-S151, M3-S153, M3-S158, M3-S160, M3-S161, M3-S178, M3-S215, M3-S218, M3-S231, M3-S252, M3-S262
Mean	71.4±16.2	94 strains

L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 표시하였고, L,a,b 값에 따라 색을 다음과 같이 표기하였다. Dark brown은 L:51.78~57.47, a:6.86~11.76, b:37.93~47.65, Brown은 L:63.37~69.18, a:3.81~3.83, b:47.86~50.67, Light brown

은 L:73.13~77.59, a:-1.34~-3.58, b:37.73~40.75, Ivory는 L:80.16~84.94, a:-5.71~-6.86, b:34.6~38.13, White는 L:91.95~98.83, a:-8.58~-8.78, b:15.49~16.17로 분류하였다.

Table 6. Mycelial growth of *Flammulina velutipes* (BC₁F₁) on sawdust substrate

Generation	Mycelial growth (mm/9days)	Strains No.
BC ₁ F ₁ (M3-n)	89.9±7.5	M3-5, M3-11, M3-19, M3-20, M3-25, M3-37, M3-38, M3-44, M3-47, M3-48, M3-53, M3-54, M3-56, M3-57, M3-68, M3-78, M3-115, M3-116, M3-119, M3-122, M3-124, M3-127, M3-129, M3-131, M3-132, M3-139, M3-154, M3-221, M3-230, M3-244, M3-251
	69.2±3.8	M3-1, M3-12, M3-14, M3-17, M3-21, M3-22, M3-24, M3-27, M3-30, M3-35, M3-39, M3-40, M3-45, M3-49, M3-59, M3-61, M3-71, M3-73, M3-97, M3-107, M3-118, M3-120, M3-125, M3-128, M3-133, M3-202, M3-206, M3-207, M3-212, M3-213, M3-216
	54.6±8.2	M3-7, M3-9, M3-13, M3-26, M3-36, M3-42, M3-46, M3-85, M3-92, M3-93, M3-110, M3-121, M3-136, M3-137, M3-140, M3-145, M3-146, M3-151, M3-153, M3-155, M3-158, M3-160, M3-161, M3-178, M3-186, M3-188, M3-214, M3-215, M3-218, M3-231, M3-252, M3-262
Mean	82.9±11.2	94 strains

Table 7. Morphological characters of the mated strains (BC₁F₁)

Generation	Strain No.	Pileus		Stipe		Weight (g/1,100 ml)	Pileus Color
		Diameter (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Diameter (mm)		
Parent	4019	9.1±1.8	4.9±0.7	75.0±1.2	3.0±0.8	170.7±2.5	Dark brown
	4019-20×M3	5.6±0	3.8±0.6	63.6±6.1	3.4±0.2	151.3±6.1	light brown
BC ₁ F ₁ (M3-n)	M3-20	6.5±1.7	3.8±0.5	55.9±5.6	2.2±0.3	140.7±13.4	Dark brown
	M3-44	6.9±1.4	5.1±0.6	65.7±6.1	3.7±0.4	138.3±14.1	Brown
	M3-56	6.6±1.2	5.1±0.5	58.7±4.5	4.4±0.6	173.7±17.3	Dark brown
	M3-110	6.8±0.7	5.4±0.6	64.5±1.8	3.5±0.3	149.7±1.5	Brown
	M3-125	6.7±0.1	4.5±0.2	65.9±1.6	4.0±0.5	140.3±2.8	Ivory
	M3-145	8.2±0.7	5.0±0.2	56.2±4.4	3.4±0.8	163.3±12.5	Light brown
	M3-160	7.9±0.2	4.2±0.4	60.8±4.5	4.8±0.7	162.0±9.0	White
	M3-202	6.0±0.5	4.4±0.5	56.3±7.7	3.5±0.7	163.0±0.8	Ivory
	M3-230	7.2±0	5.2±0.5	70.8±4.4	4.6±0.8	170.7±17.7	Light brown
M3-251	6.7±0.7	3.6±0.2	56.2±2.0	3.4±0.2	142.3±8.7	White	
Mean of BC ₁ F ₁		6.9±0.7	4.6±0.4	61.0±4.2	3.7±0.5	164.4±9.7	

결과 및 고찰

단핵 균주의 균사생장 특성






팽이버섯의 균사 생장은 F₁ 자실체에서 단포자를 분리한 후 94개 단핵균주를 분리하여(M3-Sn) 단핵균사의 생장특성을 조사하였다. F₁에서 분리된 단핵 균주 집단의 PDA배지상 평균 균사생장 길이는 34.9±5.6 mm/9 days로 4019 교잡 모본에서 36.5±2.1 mm/9 days, 4019-20×M3에서 39.5±0.7 mm/9 days로 이핵인 모균주에 비해 단핵균주의 균사생장이 늦은 것을 알 수 있었다(Table 3). 시험관내 톱밥배지 균사생장에서 배양 후 평균 생장 길이는

71.4±16.2 mm/28 days였으며, 모본 균주는 4019에서 91±1.4 mm/28 days, 4019-20×M3에서 105.1±7.1 mm/28 days로 한천배지에서의 경향과 일치하였다. 각 계통별로 채취한 F₁(M3-Sn)중 M3-S7, M3-S127은 균사 생장이 양호하였다(Table 5).

여교잡 계통의 배양 특성

육성된 F₁에서 확보된 94개의 단핵균주 다시 M3와 여교잡 하여 (4019-20×M3)×M3(BC₁F₁)를 육성하였다. F₁에서 분리한 단핵균주에서 교잡모본중인 백색 교잡친 M3를 여교잡하여 육성한 BC₁F₁집단의 균사생장, 밀도를 조사한 결과는 한천배지에서의 평균 균사생장 길이는 37.4±3.1 mm/9 days로 보였다(Table 4), 여교잡 집단의 톱밥배지 평균 균사생장은 82.9±11.2 mm/28 days로 앞에서 언급한 모본 4019와 F₁보다는 다소 늦은 경향이였다. 여교잡 계통중 모균주 보다 균사 속도가 가장 빠른 것은 M3-44로 100.5±5.1 mm/28 days였다(Table 6). 균종의 형태상으로는 균사의 생장 형태가 불규칙한 것이 있었으며 톱밥배지에서 생장이 늦은 것이 많았다. 그 반면 이핵균주인 BC₁F₁(M3-n) 계통의 균사의 생장형태가 대부분 균일하며 톱밥배지에서 생장이 양호하였다.

Table 8. Color variation of fruit body of the *Flammulina velutipes* (BC₁F₁)

Color	Dark brown	Brown	Light brown	Ivory	White
Occurance rate(%)	7	25	27	16	25
Phenotype					

자실체 특성 비교

F₁에서 분리한 단핵균사의 특성을 조사하고 이를 기초로 선발된 계통과 상용 품종에서 유래한 모단핵균주 M3 등 교잡하여 (4019-20×M3)×M3의 여교잡 집단을 육성하여 재배한 결과 색깔 및 버섯 형태적 특성이 분리된 집단임을 확인 할 수 있었다(Table 7). 자실체 주요특성에서 모균주 4019는 갓두께 4.9±0.7 mm, 대길이 75.0±1.2 mm, 대직경 3.0±0.8 mm, 수량은 170.7±2.5 g/1,100 ml이고, F₁인 4019-2×M3는 갓두께 3.8±0.6 mm, 대길이 63.6±61.0 mm, 대직경 3.4±0.2 mm, 수량은 151.3±6.1 g/1,100 ml이었다. BC₁F₁의 평균값은 갓두께 4.6±0.4 mm, 대길이 6.1±4.2 mm, 대직경 3.7±0.5 mm 수량은 164.4±9.7 g/1,100 ml로 전형적인 양적형질 분포값을 보였다. 갈색 야생 균주와 백색 상용 품종 유래의 단핵균주 간 교잡으로 육성된 F₁의 자실체 색깔은 연갈색으로 나타나 유색이 백색에 우성이었으며, 백색 모친을 교잡하여 육성한 BC₁F₁ 분리집단에서 색깔이 분포는 진갈색 7%, 갈색 25%, 연한갈색 27%, 아이보리 16%, 흰색 25%로 나타나 전체 유색에 백색의 비율은 3:1이었다(Table 8). 이는 기존의 (Kong *et al.*, 2004)의 보고와 일치하였다.

적 요

팽이버섯의 야생 갈색 균주에서 유래한 단핵 계통 ASI 4019-20과 상용 품질에서 유래한 백색 단핵균주 M3를 교잡하여 분리집단을 만들고 그 특성을 조사하여 육종의 기초 자료를 작성하였다. 4019-20×M3 교잡으로 육성된 F₁인 M3-Sn 계통으로부터 단핵균주 94개를 분리하고 다시 교배 모본의 하나인 M3와 교잡하여 BC₁F₁인 M3-n 집단을 육성하여 성장특성을 조사하였다. 분리된 단핵균주는 형태상으로는 균사의 성장 형태가 불규칙한 것이 있었으며 톱밥 생장이 늦은 것이 많았다. 그 반면 이핵균주인 BC₁F₁(M3-n) 계통의 균사는 성장형태가 대부분 균일하며 톱밥에서 생장이 양호하였다. 갈색 야생 균주와 백색 상용 품종 유래의 단핵균주 간 교잡으로 육성된 F₁의 자실체 색깔은 연갈색으로 나타나 유색이 백색에 우성이었으며, 백색 회보친을 교잡하여 육성한 BC₁F₁ 분리집단에서 색

깔이 분포는 진갈색 7%, 갈색 25%, 연한갈색 27%, 아이보리 16%, 흰색 25%로 나타나 전체 유색에 백색의 비율은 3:1이었다.

감사의 글

본 연구는 2015년 국립원예특작과학원 기관고유사업 (과제번호 PJ01016003)에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

References

Chandra, PP, Shoji, O, 2007. Submerged culture conditions for mycelial yield and polysaccharides production by *Lyophyllum decastes*. *Food Chemistry* 105: 641-646.

Hwang JH, Kim HJ, Chae Y, Choi HS, Kim MK and Park YH. 2012. Evaluation of germplasm and development of SSR markers for marker-assisted backcross in tomato. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30: 557-567.

Im CH, Kim MK, Je HJ, Kim KH and Ryu JS. 2012. Introduction of a speedy growing trait into *Pleurotus eryngii* by backcrossing. *Printed in S. Korea* 10: 49-56.

Im CH, Kim MK, Je HJ, Kim KH, Kim YS, Kim KJ, Park SJ, Ha YA, Kim MJ, Kim SH and Ryu JS. 2012. Breeding of king oyster mushroom, *Pleurotus eryngii* carrying good traits of cap. *The Korean Journal of Mycology.* 40: 145-151.

Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. 2008. Dictionary of the fungi(10th ed.) walling ford. *Uk: CABI* p259.

Kong WS, You CH, Yoo YB, Kim GH and Kim KH. 2004. Molecular marker related to fruitbody color of *Flammulina velutipes*. *The Korean Society of Mycology.* 32: 6-10.

Oh YJ. 2003. A study on the optimization of cultural conditions and media composition for producing liquid spawn of *Flammulina velutipes*. *Department of Food and Biotechnology Graduate school, Dongshin University.*

Raper, JR. 1966. Genetics of Sexuality in Higher Fungi. *Roland Press, New York.*

Ryu, JS, Kim MK, Cho SH, Yun YC, Seo WM. and Lee HS. 2005. Optimal CO₂ level for cultivation of *Pleurotus*

- eryngii*. *J. Mushroom Science and Production*. 3: 95-99.
- Ryu, JS, Kim MK, Kwon JH, Cho SH, Kim NK, Rho CW, Rho HS. and Lee HS. 2007. The growth characteristics of *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 35: 47-53.
- Stamets, P. 1993. Growing gourmet and medicinal mushroom. *Ten Speed Press. Berkeley, CA*. pp.229-235.
- Young ND and Tanksley SD. 1989. RFLP analysis of the size of chromosomal segments retained around the Tm-w locus of tomato during backcross breeding *Theor. Appl. Genet.* 77:353-359.