

신령버섯(*Agaricus brasiliensis*) 기형증상의 발생원인 및 조직내 갈변에 관한 연구

전창성, 윤형식, 박윤정, 원항연², 유영복, 이찬중 정종천, 공원식¹

국립원예특작과학원 인삼특작부 버섯과

¹국립원예특작과학원 기획조정과, ²국립농업과학원 농업유전자원센터

Studies on the outbreak cause of inner tissue browning and malformed symptoms on fruiting body of *Agaricus brasiliensis*

Chang-Sung Jhune, Hyung-Sik Yun, Yun-Jung Park, Hang-Yeon Weon², Young-Bok Yoo, Chan-Jung Lee, Jong-Chun Chung, Won-Sik Kong¹

Mushroom research Division, Department of Herbal Crop Research, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-707, Korea,

¹Planning and Coordination Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-707, Korea,

²National Agrobiodiversity Center, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea,

(Received October 7, 2009. Accepted October 13, 2009)

ABSTRACT : We attempted to isolate the bacterial strains from the fruiting bodies of *Agaricus brasiliensis* and determined their effects on browning and distortions of mushrooms. No bacterial strains were isolated when the middle of browning regions of *A. brasiliensis* were used. Total 125 bacterial strains were obtained from the surface of browning regions and classified into 17 different genera and 29 species by using MIDI methods. Most common genus were *Pseudomonas* (26), *Yersinia* (29), and *Cedecea* (29). High lytic activity were detected when *Pseudomonas* strains were tested, while relatively low lytic activity were observed with both *Yersinia* and *Cedecea* strains. Therefore, we believed the distortion of mushroom could be the result of bacterial infections. Also, the development of brownish color was detected in large number of *A. brasiliensis* strains only by incubation at 4C, suggesting no specific correlation between bacterial strains and brownish color development. Also, it is considered that the development of brownish color can be the normal changes of *A. brasiliensis*.

KEYWORDS : *Agaricus brasiliensis*, malfom, brownish color

서 론

신령버섯(학명)은 브라질이 원산지인 고온성버섯으로 1990년 말부터 우리나라에서 재배되기 시작하여 2000년 초에 최절정을 이루었다. 이 버섯은 양송이와 같은 속(Genus)에 속하는 버섯으로 재배법도 동일하고 약효가 있는 버섯으로 알려져 재배면적이 급속도로 증가하였다. 그 이후에 신령버섯을 이용한 연구는 균사내 다당체의 면역활성(김·조, 2007), 추출물의 인체 백혈병세포의 apoptosis 유발(김 등, 2007), 신령버섯의 β -glucan과 난각 Ca 복합체의 골대사와의 관계(노 등, 2006), 자실체 분말 섭취와 고지방 섭취 쥐의 지질대사(고, 2005, 오 등, 2004), 신령 추출물과 폐암세포 증식에 미치는 영향(최 등, 2004)과 같이 인체와 관련한 효과에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 약용버섯으로 많은 사람에게 알려지면서 가격도 상승하고 원활하게 일본으로 수출되었다. 그러나 2001년도부터 버섯이 기형이 되는 증상이

발생하기 시작하면서 생산량은 급격히 감소하였고, 더불어 소비량도 감소되는 경향을 보이면서 산업이 전반적으로 침체되었다. 또한 기형버섯의 원인을 종균변이, 바이러스발병, 병해충에 의한 피해 등으로 다양하게 검토되었으나 실제적으로 확실한 원인을 밝히지 못하였다.

재배와 병해충에 관련하여 기형버섯에 대한 연구가 신령버섯과 같은 속(Genus)의 버섯인 양송이에서는 바이러스(Fletcher et al., 1989) 및 생리적 병해(Umar and van Grienvan, 1998)에 대한 연구가 있으나 신령버섯에서는 연구가 거의 없고 신령버섯의 미이라병(정 등, 2002) 배지에 침박을 혼합한 시험(김 등, 2002), 버섯 바이러스에 관련된 연구(이 등, 2006)가 수행되었으나 확실한 근거를 찾지 못하였다. 기형버섯의 원인을 새로운 각도에서 문제를 재검토하여 원인을 밝히고자 시험을 수행한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

신령버섯의 다양한 기형증상을 구분 정리하기 위하여 주

* Corresponding author : <csjhune@korea.kr>

발생지역인 부여, 경주지역을 중심으로 증상을 조사 분석하였다. 병징의 주 증상은 갓 표면의 갈변과 함께 괴사되며, 조직 내의 색깔이 갈변 또는 적변되는 현상이 관찰되었기 때문에 이것에 초점을 맞추어 세균에 의한 병징으로 추정하고, 자실체 내부의 갈변조직과 갓표면의 괴사조직에서 세균을 분리하였다. 그러나 자실체 내부의 갈변조직에서는 세균이 발견되지 않았으며, 괴사조직의 표면에서 125균주의 세균을 분리하였다. 분리한 세균은 MIDI로 동정하였고, 동정된 세균이 자실체에 미치는 영향을 조사하기하여 균상에서 재배하여 얻은 자실체를 멸균된 내열성 플라스틱 소형 병에 넣고 갓 중앙에 멸균 여지를 올려놓은 후에 증식된 세균의 현탁액을 0.2ml 처리한 후, 인큐베이터에 넣어 25℃를 유지하면서 2일 후에 나타나는 용균현상을 조사하였다.

세균검정을 하기 위해 사용할 버섯은 정상적으로 생육된 신령버섯을 수확하여 사용하였으며, 4℃ 냉장고에 4일간 보관하는 과정에서 냉장처리된 자실체와 냉장처리이전의 자실체 간 차이를 확인하기 위하여 자실체를 세로로 잘라 자실체 내부의 변화를 조사하였다.

결과 및 고찰

신령버섯의 기형증상

농가에서 발생하는 여러 가지의 기형적 특성을 조사한 결과 균사생장은 그림1-1과 같이 매우 양호하며, 오히려 균사의 활력이 강하여 공중균사의 부상이 심한 농가에서는 일부 버섯발생이 지연되거나 발생량이 감소하는 것으로 보아 균사생장상태가 버섯의 기형과 직접적으로 관련된 것으로 판단할 수 있는 근거는 없었다.

그러나 버섯의 발생은 그림1-2와 같이 정상버섯에 비하여 버섯의 발생 양이 적으며, 늦게 발생하고, 끝부분이 파상형으로 독일균의 헬멧과 같은 모양을 보인다. 그림 1-3은 정상적 성장을 보이는 버섯, 그림 1-4는 갓 표면이 괴사되는 증상을 보이는 경우, 그림 1-5는 조직내부가 갈변 내지는 적변하는 증상, 그림 1-6은 갓 색택이 진하고, 갓 생장이 느리며, 갓의 일부가 괴사하여 턱받이가 기형적으로 성장한 것과 같이 보이는 증상이 대표적인 것이었다. 갓에 나타나는 기형 증상은 병원균에 의해 자실체의 일부가 괴사 또는 생장이 억



Fig. 1. Mushroom bed and fruiting body of *Agaricus brasilensis*(1) mycelial growth of malformed strain (2) fruiting body on the mushroom bed (3) normal fruiting body (4) malformed fruiting body (5) inner tissue of malformed fruiting body (6) depression of one division of pileus.

Table 1 . Classification of bacteria separated on the cap surface of *Agaricus brasilensis* fruiting body by MIDI system

Name of strain	Number of strain	Name of strain	Number of strain
Bordetella	8	Enterobacter	8
Escherichia	3	Klebsiella	1
Kluyvera	7	Lactococcus	1
Ochrobactrum	2	Salmonella	1
Serratia	2	Morganella	1
Clavibacter	1	Rahnella	1
Pseudomonas	26	Yersinia	29
P. aeruginosa,		Y. pseudotuberculosis	
P. chlororaphis,		Cedecea	29
P. putida,		C. davisae,	
P. syringae		C. lapagei,	
P. savastanoi pv. Fraxinus, Bacillus	1	C. neteri,	
NO MATCH	4	C.cancerogenus	
		Alcaligenes	1
17genera 29species		Total 125 strains	

제되어 나타나는 증상으로 추정되었다.

분리세균의 병원성 검정

신령버섯 조직 내 갈변부위에서는 세균이 분리되지 않았으며, 갓 표면이 진한 갈색으로 변색되어 병반으로 보이는 부

분에서 125균주의 세균이 분리되었다.

세균의 균체에 존재하는 지방산을 이용하여 분류 동정하는 MIDI 기기를 이용하여 동정한 결과 17속 29종의 균이 분류 동정되었다. 이들 균주 중 가장 분포가 높은 *Pseudomonas*, *Yersinia*, *Cedecea*속에 속하는 균에 있었

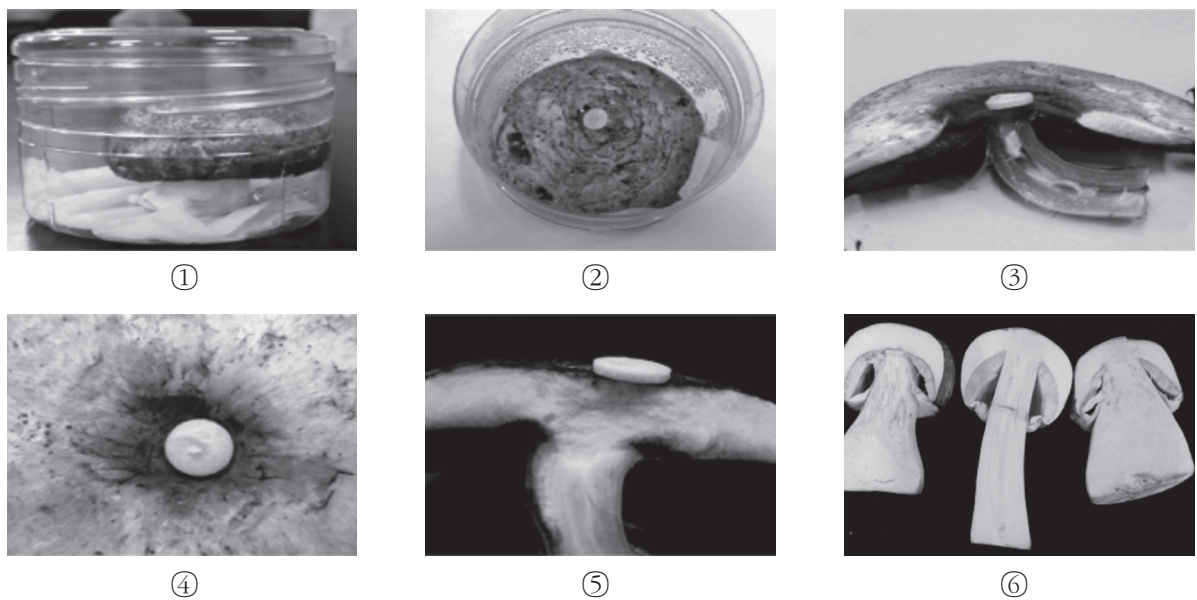


Fig. 2. Observation of symptom reappearance at the tissue by inoculation of separated strain of *Pseudomonas genera*. (1) small plastic moist-chamber (2) inoculation on the surface of cap (3) corruption at the inner tissue of fruiting body (4) depression symptom of cap surface (5) normal tissues of control (6) the inner tissue of control still maintained its shape

며, 그 외에 *Bordetella*, *Enterobacter*, *Kluyvera* 속이 발생빈도가 높았고, 그 외에 다양한 속이 존재하였으며, 동정되지 않은 것은 4군주이었다.

이들 동정된 균주 중 가장 분포가 높은 *Pseudomonas*, *Yersinia*, *Cedecea* 속의 균에 대해서는 습실에서 균을 여지에 접종하여 자실체에서 발병시험을 실시하였다.

분리균 중에서 가장 분포가 높은 *Pseudomonas*, *Yersinia*, *Cedecea* 속의 균에 대한 발병시험에서는 *Yersinia*, *Cedecea* 속의 균은 심하게 조직이 변하는 균주를 확인할 수 없었으나, *Pseudomonas* 속의 균들 중 일부의 균들이 그림2와 같이 자실체가 용해되는 증상을 일으켰다. 무처리구에서는 그림 2-5, 6과 같이 갓의 개열 각도가 180도에 이르기까지 대와 갓조직이 정상적이었거나 조직의 일부가 약간 갈변되는 정도였다. 하지만 일부 *Pseudomonas*의 균주 중에는 그림2-2, 3, 4와 같이 미이라 증상과 심한 용해에 의한 괴사 함몰, 접종 부위만의 함몰 등 균에 따라 차이를 보였다.

이 결과에 의하면 세균은 자실체를 용해시킬 수 있는 능력을 보유하고 있으며, 환경조건에 따라 균상에서 발생하는 동일한 증상을 나타낼 수 있을 것으로 판단되었다.

저장 자실체의 조직검정

세균검정을 하기 위해 냉장 보관 과정에서 변화유무를 확인하기 위하여 자실체를 종으로 잘라 자실체내부의 변화를 조사하였다.

저장기간 중에 고온버섯인 신령버섯 품종별로 자실체 내부 조직의 색깔 변화 유무를 확인하기 위하여 자실체를 종으로 절개하여 조사한 결과 품종과 자실체 선도에 따른 차이는 약간 있으나 대부분의 자실체의 내부가 갈변 또는 적변되는

증상이 발견되었다(그림3). 이런 현상으로 보아 신령버섯의 대와 갓 조직의 갈변은 세균 감염과는 다른 면에서 검토되어야 한다고 생각되었다.

신령버섯의 조직 갈변에 대하여 今關(1987)는 일본산 *Agaricus* 속의 종을 구분하는 2개의 특성으로 적변과 황변하는 종을 구분하여, *A. campestris*, *A. silvaticus* 종들은 버섯 채취 후에 육질이 다소 적변하는 종으로, *A. avensis* var. *fulvus*, *A. sivicola*, *A. sivicola* f. *immutatus*, *A. abruptibulbus*, *A. subrufescens*, *A. placomyces* 등과 신령버섯 즉 히메마스다게(*A. blazei*)는 육질이 다소 황변하는 종으로 표현하고 있다.

따라서 신령버섯의 조직이 황변한다는 것은 정상적인 증상으로 판단되며, 포장시험에서 정상적으로 성장된 버섯들이 그림3과 같이 저장하는 과정에서 황변하는 증상은 정상적인 것으로 판단되며, 그림2에서와 같이 자실체의 조직에 세균을 접종하였을 때에 나타나는 증상은 농가 재배사에서 기형이 발생하여 문제를 일으키는 원인으로의 가능성이 높은 것으로 판단된다.

즉 버섯이 갈변된 부위에서 조직을 분리하였을 때 신령버섯균의 균사가 성장되고 세균들이 분리되지 않은 것은 버섯이 정상적이었기 때문으로 판단되며, 갓의 일부분의 조직이 붕괴되어 기형버섯을 형성하는 것은 병원균이 오염된 포장에서와 같은 증상을 발생시킬 수 있다고 생각된다.

이런 가정을 바탕으로 신령버섯의 기형 발생의 직접적인 원인을 확인하기 위해서는 우선 정상적인 신령버섯을 성장시킬 수 있는 조건에서 재배를 하면서 병원균을 접종하여 다양한 실내 및 포장시험을 수행할 필요가 있다고 판단된다.

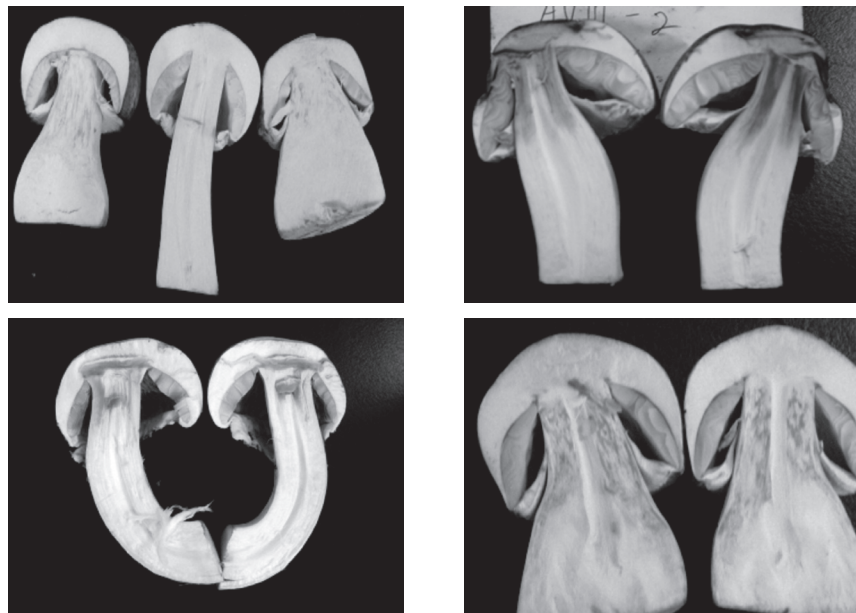


Fig.3. Tissue browning according to the different strains of *Agaricus brasilensis* at 4°C after four days store period

결과 및 요약

고온성인 신령버섯의 조직내 갈변 및 기형증상의 원인을 구명하기 위하여 자실체에서의 세균을 분리하여 분리세균에 대한 용균능력을 조사하였다.

세균은 자실체 조직 내부와 표면의 갈변부위에서 분리하였으나, 조직내 갈변부위에서는 어떠한 균도 분리되지 않았다. 반면 표면의 갈변 조직에서는 125균주의 세균이 분리되었으며, MIDI방법에 의하여 동정을 한 결과 17속 29종이었고, 발현빈도가 높은 속(genus)은 *Pseudomonas* (26점), *Yersinia* (29점), *Cedecea* (29점)이었다. 발현빈도가 높은 세균에 대한 자실체 용해도 시험에서는 *Yersinia*, *Cedecea* 속 균주는 용해 정도가 약하게 나타났지만 *Pseudomonas* 속의 균주는 용해도가 강하게 나타났다. 이 결과를 미루어보면 형태적 기형의 발생은 세균에 의한 용해 현상에 의한 것으로 추정된다.

4°C에 저장중인 자실체 조직은 신령버섯 품종 구분 없이 갈변증상을 보였으며, 이는 신령버섯이 *Agaricus* 속 종분류 검색표에서 절단 후 버섯조직의 색깔 변화가 황변하는 종류로 구분되고 있는 것으로 보아 버섯조직의 황변 자체는 세균에 의한 것이 아니고 정상적인 변화인 것으로 판단되었다.

참고 문헌

- 고진복. 2005. 신령버섯(아가리쿠스) 분말이 고지방을 섭취한 흰쥐의 단백질과 무기질농도 및 효소활성에 미치는 영향. 신라대학교 자연과학연구소 자연과학논문집. 14: 1-8
- 김무성, 조홍범. 2007. 신령버섯(*Agaricus blazei murill*) 균사체내외 다당체의 면역활성효과. 미생물학회지. 43(4): 292-297
- 김성윤, 박 철, 정진우, 이재동, 최영현. 2007. 신령버섯 추출물에 의한 U937 인체 백혈병세포의 apoptosis 유발. 대한암예방학회 Cancer prevention research : The official journal of the Korean Society of Cancer Prevention. 12(2): 98-105
- 김주남, 서정식, 박동철. 2002. 칙혼합 발효배지로 생산된 신령버섯의 면역기능성 비교 분석에 관한 연구. 한국식품저장유통학회지 9(1): 114-119
- 노경희, 장지현, 김진주, 박철우, 김정옥, 김재철, 송영선. 2006. 난소절제 흰쥐에서 신령버섯의 β -glucan과 난각 Ca 복합체가 골 대사에 미치는 효과. 한국식품영양과학회지. 35(10): 1363-1370
- 오세원, 이충연, 고진복. 2004. 신령버섯이 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지. 33(5): 821-826
- 이세원, 김국영, 이현숙. 2006. 버섯 바이러스 전이경로 및 구명 및 진단키트개발 농촌진흥청 연구보고서
- 정재은, 김우재, 차재순. 2002 양송이와 신령버섯 미이라병(Mummy Disease). 한국식물병리학회. 8(3): 189-192
- 최우영, 박 철, 이재운, 김기영, 박영민, 정영기, 이원호, 최영현. 2004. A549 인체폐암세포의 증식에 미치는 신령버섯 추출물의 영향에 관한 연구. 한국식품영양과학회지. 33(8): 1237-1245
- 今關六也. 1987 原色日本 新菌類圖鑑(I) pp. 148-149
- Fletcher, J. T., White, P. F. and Gaze, R. H. 1989. Mushroom: Pest and disease control 83-98
- Umar H. M. and van Grienvan, L. J. L. D. 1998. Morphology of *Agaricus bisporus* in health and disease. Mushroom science X I V: 563-570