

인공 재배버섯에 질병을 일으키는 *Pseudomonas*속 병원세균에 관한 연구

1. 인공 재배버섯의 부패 변성 원인세균에 대하여

김종완 · 김근희* · 강희진
대구대학교 원예학과

Studies on the Pathogenic *Pseudomonas* Causing Bacterial Disease of Cultivated Mushroom in Korea

1. On the Causal Organisms of the Rots of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*

Jong Wan Kim, Keun Hee Kim* and Hee Jin Kang
Department of Horticulture, Taegu University, Kyungpook 713-714, Korea

ABSTRACT: This experiment was carried out to study the cause of degeneration and rot of cultivated mushroom. Among 597 bacterial isolates derived from the rots of Button mushroom (*Agaricus bisporus*), Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and Oak mushroom (*Lentinus edodes*) collected from markets of 5 cities (Seoul, Suwon, Taegu, Pohang and Pusan) in Korea (1991~1993), 111 bacterial isolates (18.5%) were proved as pathogenic bacteria. These pathogenic bacteria causing bacterial rots of cultivated mushrooms were identified as *Pseudomonas tolaasii*, *P. agarici*, and *Erwinia* sp., and the main causal bacteria were *P. tolaasii*. *P. fluorescens* and *Klebsiella planticola* were confirmed as saprophytic non-pathogenic bacteria. One hundred fifty nine isolates (Group No. 39) of the 486 saprophytic bacterial isolates were classified as *P. fluorescens*, and this species was most often found rot area of cultivated mushrooms. *P. tolaasii*, the causal organism of bacterial blotch, was classified into two groups; One group can be differentiated from the other by the formation of white precipitation band by white line reacting organisms on *Pseudomonas* Agar F media. *P. tolaasii* attacked the cultivated mushrooms relatively well at lower incubation temperature such as 5°C, but *P. agarici* rarely attack at below 10°C. The temperature for the infection commercial cultivated mushrooms by *P. agarici* was higher than that of *P. tolaasii*. Optimum temperature for the infection of mushrooms by *P. tolaasii* and *P. agarici* were 20°C and 25°C, respectively.

Key words: Mushroom, *P. tolaasii*, white line reacting organisms.

버섯은 생리적으로 맹독이 있는 것이 있는가 하면 맛과 향기가 좋아서 옛날부터 불로장수의 약으로 귀하게 여겨지고 있다. 즉 버섯은 혈액중의 cholesterol의 저하작용과 항암작용이 있어서 성인병 예방과 암에도 효과가 있음이 밝혀져 있다. 또한 버섯은 저칼로리 식품으로서 단백질 및 무기질이 풍부하고 섬유는 극히 근소하며, Vitamin에 있어서도 Vitamin B₁, Niacin, Ergosterol 등을 다량 함유하고 있어서 식생활의 변천과 더불어 건강식품으로서 주목을 받

고 있다.

이와 같은 버섯이 갖고 있는 독특한 향기와 약효, 저칼로리의 특성이 널리 인식되어 수요가 점차 증가됨으로서 자생버섯에 의한 버섯의 공급이 부족하게 되어 살생균안 송이버섯을 제외한 버섯들의 재배가 성행하게 되었다. 그러나 대부분 재배버섯 농가의 재배양식은 영세하고 관리가 충분하지 못한 관계로 재배 중 또는 수송 중의 버섯에 있어서 질병에 의한 피해가 커져 이들 병해에 의한 피해를 줄이기 위한 연구와 방제법의 확립이 필요하다.

현재 우리나라에서 식용재배 버섯에 피해를 주고

*Corresponding author.

있는 것으로 보고되어 있는 질병은 11종(진균병 10종, 세균병 1종)으로서 세균에 의한 것으로는 세균성 갈색무늬병(Bacterial blotch)이 유일하게 보고되어 있지만, 재배버섯을 침해하고 있는 세균은 단순한 것이 아니라 여러 가지가 관여하고 있음이 알려져 있다(24). 이들 세균은 주로 *Pseudomonas*속 세균으로서 *P. tolaasii*에 의한 Brown blotch(21), *Pseudomonas* sp.에 의한 Mummy diseases(31), *P. agarici*에 의한 Drippy gill(31), *P. gingeri*에 의한 Ginger blotch, 표고버섯에서 *P. fluorescens*에 의한 갈색 점무늬병과 *P. agarici*에 의한 Yellow blotch의 발생 등이 보고되었다(24). 이와 같이 재배버섯의 부패와 변성에는 여러 가지 병원세균이 관여하고 있어서 병원세균을 순수하게 분리 동정하는 데에는 여러 가지 어려움이 있으며, 부패, 변성의 병해대책을 위한 병원세균의 철저한 연구가 중요시 되고있다. 본 연구는 우리나라에서 대표적인 재배버섯인 양송이, 느타리버섯, 표고버섯의 부패, 변성의 원인세균을 분리 동정하여 철저한 검토를 행함으로써 그 원인균을 확실히 하고 이들 세균사이의 분류학적인 유연관계를 밝힘으로써 방제법 확립의 기틀을 수립하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

재배버섯의 변성, 부패 원인세균의 분리 동정 및 분포. 1991년 7월부터 93년 2월까지 국내 5대 도시(서울, 수원, 대구, 포항, 부산)의 주요 시장에서 시판되는 재배버섯(양송이, 느타리버섯, 표고버섯)에서 부패 변성된 것을 수집하였다. 수집된 시료는 상법에 의하여 재료를 마쇄한 후 25°C에서 *Pseudomonas* Agar F(PAF)에 도말 또는 희석 배양 분리되었다. White line test는 희석배양에 의하여 얻어진 병원성이 없는 W L R O(White Line Reaction Organism)를 이용하였으며, 22°C, 10~15 mm의 대질 배양에서 행하였다. 병원성, 형태 및 일반 세균학적 성상에 의하여 동정을 행하고, 부패 변질된 부위의 전 세균에 대한 분포를 조사하였다.

병원성 검정. 양송이, 배추 및 양파에 대하여 병원성의 유무를 확인하였다. 공시균주를 48시간 보통 한천배지에서 배양한 후 10⁷/ml의 농도로 현탁하여 NaOCl로 표면살균된 기주에 다침법에 의하여 접종을 행하고, 22°C와 25°C의 습실상태에서 발병시키고, 2~3일 후에 병원성을 조사 확인하였다.

온도와 세균 생존력과의 관계. Bouillion agar 배지에서 25°C, 24시간 배양한 후 5~30°C 온도범위에서 5°C간격의 항온기에 보존하였으며, 5 ml의 살

균수(1.8×18 cm 시험관)에 24시간 배양한 균을 10⁷/ml의 농도로 현탁하여 보존하였다. 보존된 세균은 5일 간격으로 생존여부를 확인하기 위하여 Bouillion agar 배지에 이식하여 3일 후 생존여부를 확인하였다.

세균의 발육 특이물질의 탐색. 선택성 배지의 탐색을 위하여 발육 억제물질로 알려진 NaHSeO₃(0.1~10 g/l), Sodium dodecyl sulfate(50~1000 mg/l), Tetrazorium chloride(0~0.5 g/l), Crystal violet(0~0.005 g/l), Cephalixin(0.1~50 mg/l), Novobiocin(0.5~100 mg/l)과 Cycloheximide(0.001~0.5 mg/l)를 공시하여 Dye's media에서의 주요 공시세균의 발육상태를 조사하였다.

병원성 검정 방법의 개선. 접종을 위한 최적온도, 즉 자기소화 현상이 없이 병반의 진전을 정확하게 확인할 수 있는 시기를 모색하기 위하여, 10~30°C 범위에서 5°C 간격으로 분무 및 침접종을 행하였다. 습실상태에서 자기소화가 없는 최적 발육온도와 시기를 조사하여 병원성 검정 및 재배버섯의 질병도피의 가능성을 조사하였다.

결과 및 고찰

시판되고 있는 재배버섯(양송이, 느타리버섯 및 표고버섯)의 변성 부패된 부위에서 분리된 43종의 세균은 Table 1과 같다. 이들 세균은 병원성의 유무에 의하여 크게 2가지로 나눌수 있으며 또한 편모의 종류에 따라서 2가지로 대별된다. 병원성이 있는 세균중 group 1~5 의 세균은 W L R O에 의하여 White line이 형성된다. White line은 Wong 등(1979)에 의하여 최초로 보고된 것으로서 *P. tolaasii*의 검출이나 동정에 의하여 22°C, 24시간 후 버섯에 갈색 수침상의 병반을 형성한다. 본 세균은 Gram 음성이며 아포와 피막을 형성하지 않고 1~3개의 운동성 극모를 가지고 있는 호기성의 형광을 띤 세균이다. 25°C의 보통 한천배지에서 2일간 배양한 세균은 0.5~0.7×0.7~3.2μ로서 길이 4.5~5.0μ 정도의 극모를 가지고 있다. 보통 한천배지상에서 원형으로 구상(raised)의 백색, 평활(smooth)하고 습광(glistening)을 띤 반투명(translucent)한 colony를 형성한다. Table 3과 같이 이들의 일반 세균학적 성상을 Paine(20), 陶山(25), Young(30), Zarkower 등(31)의 결과와 비교하였던 바 이들 세균 중 group 1의 세균은 Sodium benzoate와 Sodium tartrate를 이용하고, group 4와 5의 세균은 Maltose, Dextrin, Raffinose의 분해 차이가 인정되기는 하였으나 모든 결과를 종합하여 볼 때 이들 세균은 *P. tolaasii*로서 동정이 되었으며, Ta-

Table 3. Identification of the pathogenic bacteria (Bacteria isolate group No. 1~5) isolated from the rots of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*

Characteristics	Author	Characteristics of <i>Pseudomonas tolaasii</i> previously reported by				
		Pains, S. G. ²⁰	Suiyama ²⁵	Young, J. M. ³⁰	Yazawa ²²	P. A. Zarkowar ³¹
Flagella	+	+	+			
Gram stain	-	-	-			
Motility	+	+	+			
Fluorescent pigment	+	+	+			
OF test	0	0	0			
Catalase test	+	+	+	+		
NH ₃ Production	+	+	+			
Reduction of Nitrate	-	-	-	-		-
H ₂ S production	-	-	-	-	-	
M. R test	-	-	-			
V. P test	-	-	-			
Oxidase test	+		+	+	+	
Indol production	-		-	-		
Reaction in Litmus milk	2P					
Gluconate test	+					
Alkali from						
Sodium citrate	+		+			
Sodium acetate	+		+			
Sodium propionate	-		-			
Sodium benzoate	-(+)		-		-	
Sodium tartrate	-(+)		-			-
Growth at 5°C	+					
Growth at 42°C	-		-			-
Levan formation	-		-	-	-	
Tyrosine hydrolysis	+		+		-	+
Arginine dehydrolase	+		+		+	+
Lysine decarboxylase	-		-			
Ornithine decarboxylase	-		-			
Pectate degradation	-		-	-		
Hydrolysis of gelatin	+		+	+	+	+
Hydrolysis of casein	+		+			
Hydrolysis of starch	-	+		-	-	
Hydrolysis of Tween 80	+		+			
Hydrolysis of Esculin	-		-	-		
Acetic acid from ethanol	-					
Dextrose	+	+	+	+	+	
L-Arabinose	+		+	+	-	-(+)
Levulose(Fructose)	+		+	+	+	
D-Xylose	+		+	+	+	
D-Mannose	+		+	+	+	
Galactose	+		+	+	+	
Glycerin	+		+			
Mannitol	+		+	+		
Inositol	+		+	-		+
L-Rhamnose	+(-)		-	+		
Cellobiose	-		+	+		
Sorbitol	+		+	+		+
D-Trehalose	+(-)		+	-	+	+
Maltose	-(+)		-	-		
Dextrin	-		-	-		
Raffinose	-		-	-		
Saccharose	-	-	-	-	-	-
Lactose	-	-	-	-	-	-
Soluble starch	-					
Inulin	-		-	-		

The following signs are used—1: No change, 2: Alkaline, 3: Acid, C: Coagulation, P: Peptonization.

Table 4. Identification of the pathogenic bacteria (Bacteria isolate group No.6) isolated from the rots of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*

Characteristics	Author	Characteristics of <i>Pseudomonas agarici</i> previously reported by
		Young, J. M. ³⁰
Flagella	+	+
Gram stain	-	-
Motility	+	+
Fluorescent pigment	+	+
Of test	0	0
Catalase test	+	+
NH ₃ production	+	-
Reduction of Nitrate	-(+)	-
HS ₂ production	-	-
M. R test	-	-
V. P test	-	-
Oxidase test	+	+
Indol production	-	-
Reaction in Litmus milk	2P	2
Gluconate test	+	-
Alkali from		
Sodium citrate	+	+
Sodium acetate	+	+
Sodium propionate	-	+
Sodium benzoate	+	+
Sodium tartrate	-	-
Growth at 5°C	-	-
Growth at 41°C	-	-
Levan formation	-	-
Tyrosine hydrolysis	+	-
Arginine dehydrolase	-	-
Lysine decarboxylase	+	-
Ornithine decarboxylase	+	-
Pectate degradation	-	-
Hydrolysis of gelatin	+	-
Hydrolysis of casein	+	-
Hydrolysis of starch	-	-
Hydrolysis of Tween 80	+	-
Hydrolysis of Esculin	-(+)	-
Acetic acid from ethanol	+(-)	-
Dextrose	+	+
L-Arabinose	+	+
Levulose(Fructose)	+	+
D-Xylose	+	-
D-Mannose	+	-
Galactose	+	+
Glycerin	+	-
Mannitol	+	+
Inositol	+	-
L-Rhamnose	+	-
Cellobiose	+	-
Sorbitol	+	-
D-Trehalose	+	-
Maltose	-	-
Dextrin	-	-
Raffinose	-	-
Saccharose	-	-
Lactose	-(+)	-
Soluble starch	-	-
Inulin	-	-

The following signs are used—1: No change, 2: Alkaline, 3: Acid, C: Coagulation, P: Peptonization.

ble 2와 같이 이들 세균은 그 분포 상태를 볼 때 group 3의 세균이 *P. tolaasii*의 대표적 세균이라고 할 수 있다.

group 6의 세균은 W L R O에 의하여 White line을 형성하지 않는 세균으로서 침점종에 의하여 22°C, 24시간 후에 움푹파인 병반에 노란색 세균집액을 형성한다. 이들 세균은 Table 4에서 보는 바와 같이 Gram 음성의 단극모를 가진 세균으로서 PAF 배지에서 형광을 형성하며 호기성 세균으로서 Catalase를 가지고 있으나 H₂S나 Indol은 형성하지 않고 M.R과 V.P test에서 음성을 나타낸다. Litmus 우유를 응고시키지 않고 알칼리화하여 소화시킨다. Gluconate를 산화하였으나 Sodium propionate와 Sodium tartrate는 이용하지 못하고, Sodium citrate, Sodium acetate 및 Sodium benzoate를 탄소원으로 이용하였다. Lysin decarboxylase와 Ornithine decarboxylase는 가지고 있으나 Arginine dehydrolase는 가지고 있지 않았으며, Tyrosine, Casein, Tween 80을 가수분해하고 Gelatin을 용해시킨다. 질산염의 환원이나 Esculin의 가수분해는 균주에 따라 차이가 있었다. 이들은 Lactose를 분해하는 균주도 있으나, 일반적으로 Dextrose, L-Arabinose, Levulose, D-Xylose, D-Mannose, Galactose, Glycerin, Mannitol, L-Rhamnose, Cellobiose, Sorbitol 및 D-Trehalose를 분해하여 산을 형성하였으나 gas는 생성하지 않았으며 Maltose, Dextrin, Raffinose, Saccharose, Soluble starch, Inulin 등은 이용하지 못 하였다. Table 4에서와 같이 이들 결과를 Young(30)의 결과와 비교하여 보면 성질상의 차이점, 특히 당분해에 있어서 차이점을 발견할 수 있으나 병원성과 기타의 모든 점을 종합하여 볼 때 group 6의 세균은 *P. agarici*로서 동정된다.

병원세균인 *P. tolaasii*는 Bergey의 분류서 7판(2)에서 Migula의 분류법이 인정되어 정식 학명이 되어 있다. 그러나 8판(4)에서는 일반 세균학적 성상에 의하여 *P. fluorescens* biovar.II의 세균으로서 분류하였으나, 1984년 Krieg(18)는 그 우선권에 의하여 재차 *Pseudomonas* Section V에서 *P. tolaasii*를 인정하고 있다. 그러나 Table 5에서와 같이 이들 세균의 일반 세균학적 성상은 병원성을 가지고 있는 *P. tolaasii*와 *P. agarici*는 모두 *P. fluorescens*에 포함되는 것이다. Bergey의 분류서 8판(4)에 의하면 식물 병원세균인 *P. marginalis*를 *P. fluorescens* biovar.II의 세균으로 분류하고 있는데 이 *P. marginalis*는 W L R O에 의하여 White line을 형성하는 세균으로서 알려져 있는 바, *P. tolaasii*와의 철저한 비교 연구를 행함으로써 *P. marginalis*와의 관계규명이 필요하다 하겠다.

group 27의 세균은 group 3의 세균과 동일한 것으로서 병원성과 그 일반 세균학적 성상에 의하여 *P. tolaasii*로서 동정되나 W L R O의 균에 의하여 White line이 형성되지 않음으로서 일반적인 *P. tolaasii*와 다르다 하겠다. 즉 *P. tolaasii*에는 W L R O에 의하여 White line이 형성되는 균과 형성되지 않는 균이 존재하고 있음을 알 수 있다.

group 23~27, 28 및 29의 세균은 W L R O에 의하여 White line을 형성하지 않고 일반 세균학적 성상에 약간의 차이가 보이나 *P. tolaasii*와 동일한 병원성을 나타내고 있다. 이러한 점에서 이들 역시 *P. tolaasii*의 일종으로서 동정할 수 있다.

group 31~32의 세균은 Table 6과 같이 W L R O에 의하여 White line을 형성하지 않는 세균으로서 버섯에 대하여 병원성을 가지고 있다. 이들은 V.P. test에서 양성을 나타내는 등 *P. tolaasii* 또는 *P. agarici*와는 다른 특성을 갖고 있었다. 일반 세균학적 성상에 대한 이러한 결과는 Young(31)의 결과와 당분해에 있어서 다소 차이점은 있으나 질산염을 환원하고 Esculin을 가수분해하는 등의 모든 세균학적 특성에 의하여 mummy disease의 병원세균으로 알려진 *Pseudomonas* sp.로서 판명이 되었다. 그 이외의 병원성을 가지고 있는 group 42의 세균은 Gram 음성의 주모를 갖는 운동성 간균으로서 Oxidase test에 음성을 나타내고 있어서 *Erwinia*속 세균(14)으로 동정되었다. 또한 황색의 colony를 형성하는 주모성 세균인 group 43의 세균도 같은 속의 세균으로 생각되었다. Wood(30)는 버섯에서 bacterial pit와 Weeping disease의 원인균을 *Erwinia carotovora* group의 균이라고 동정한 바 있다.

이러한 병원세균들 즉 *Pseudomonas*속 세균(group 31, 32)과 *Erwinia*속 세균(group 42, 43)의 정확한 분류 및 동정이 필요한 바, 이들이 소속되어 있는 속내의 세균들은 물론 보관중인 표준균주와의 비교 연구가 뒤따라야 할 것으로 생각되었다.

병원성이 없는 부생균은 극모를 가지고 있는 것과 편모가 없는 2가지로 나눌 수 있었다(Table 7). 편모를 갖고 있는 group 7~22, 29~32 및 39의 세균은 Gram 음성, 호기성의 Catalase 양성인 세균으로서 Table 7과 같이 그 일반 세균학적 특성에 의하여 여섯 type으로 나눌 수 있다. Type D에 속하는 group 39의 *Pseudomonas*속 세균이 부패 버섯에서 가장 많이 검출되는 부생세균으로서 총 공시세균 중 부생세균인 486균주의 33%에 해당하는 159균주를 차지하고 있었다. 또한 group 40과 41의 세균은 Table 7과 같이 편모가 없는 비운동성의 Gram 음성세균

Table 6. Identification of the pathogenic bacteria (Bacteria isolate group No. 31, 32) isolated from the rots of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*

Characteristics	Author	Characteristics of <i>Pseudomonas</i> sp. (mummy disease organism)	
		Young, J. M. ³⁰	Zarkower, P. A. ³¹
Flagella	+	+	
Gram stain	-	-	
Motility	+	+	
Fluorescent pigment	+	+	
Catalase test	+	+	
Reduction of nitrate	+	+	+
M. R test	-		
V. P test	+		
Oxidase test	+	+	
Indole production	-	-	
Alkali from			
Sodium benzoate	-		
Sodium tartrate	-(+)		
Pectate degradation	-	-	
Hydrolysis of gelatin	+	+	+
Hydrolysis of starch	-	+	
Hydrolysis of esculin	+	+	
Acid from			
Dextrose	+	+	
L-Arabinose	+	+	
Levulose(Fructose)	+	+	
D-Xylose	+	+	
D-Mannose	+	+	
Galactose	+		
Glycerine	+		
Mannitol	+	+	
Inositol	+(+)	+	-
L-Rhamnose	+(+)	-	
Cellobinose		+	-
Sorbitol	+(+)	+	
D-Trehalose	+	+	+
Maltose	+	+	
Dextrin	-(+)	+	
Raffinose	-	+	
Saccharose	-(+)	+	
Lactose	+	-	
Soluble starch	-	+	
Inulin	-	+	

The following signs are used—1: No change, 2: Alkaline, 3: Acid, C: Coagulation, P: Peptonization.

으므로 그 일반 세균학적 성상에 의하여 *Klebsiella planticola*(4, 13)로서 동정된다.

Table 2에서 보는 바와 같이 총 597 공시균주 중 병원성 세균은 111균주로서 18.5%를 나타내었다. 재배버섯의 변질, 부패에 관여하는 세균은 *P. tolaasii*, *P. agarici* 및 *Erwinia* sp. 등의 병원성 세균과 *P. fluo-*

rescens 및 *Klebsiella planticola*에 속하는 부생세균들에 의한 것으로서 1차적인 원인은 *P. tolaasii*에 의하여 주로 발병이 되며 *P. agarici*는 그다지 문제가 되지 않는 것으로 밝혀졌다. 陶山(25)도 이와 같은 사실을 발표하고 일본에서 재배되고 있는 버섯류(느타리버섯, 팽이버섯, 표고버섯, 양송이)의 부패부위에서 *P.*

Table 8. Identification of the pathogenic bacteria (Bacteria isolate group No.40~41) isolated from the rots of *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*

Characteristics	Author	Characteristics of <i>Klebsiella playticola</i>
		Murray, R. G. E. <i>et al.</i> (Bergey's manual)
Flagella	-	-
Gram stain	-	-
Motility	-	-
Flourescent pigment	+	
Catalase test	+	+
NH ₃ production	+	
Reduction of Nitrate	-(+)	-
Growth at 10°C	+	+
M. R test	+	d
V. P test	+	+
Oxidase test	-	-
Indol production	+	d
Reaction in Litmus milk	3C	
Gluconate test		
Alkali from		
Sodium citrate	+	+
Sodium acetate	+	
Sodium propionate	+(-)	
Sodium benzoate	+	
Sodium tartrate	+	d
Pectate degradation	-	-
Hydrolysis of gelatin	-	-
Hydrolysis of casein		
Hydrolysis of starch		-
Hydrolysis of Tween 80		
Hydrolysis of Esculin	-	-
Acid from		
Dextrose	+	+
L-Arabinose	+	+
Levulose(Fructose)	+	
D-Xylose	+	
D-Mannose	+	
Galactose	+	
Glycerin	+	
Mannitol	+	+
Inositol	+	+
L-Rhamnose	+	+
Cellobiose	+	
Sorbitol	+	+
D-Trehalose	+	
Maltose	+	
Dextrin	+	
Raffinose	+	+
Saccharose	+	+
Lactose	+	+
Soluble starch	+	
Inulin	-(+)	d

The following signs are used—1: No change, 2: Alkaline, 3: Acid, C: Coagulation, P: Peptonization, D: Different reactions given by different strains of a species.

Table 10. Effect of various incubation temperatures on the pathogenicity by pin inoculated using *Pseudomonas* isolates derived from the diseased mushrooms (Unit : mm)

	Incubation time	Incubation temperature					
		5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
<i>P. tolaasii</i>	24 h	—	±	±	+(0.35)	—	—
	48 h	—	+(0.34)	+(0.36)	+(0.4)	—	—
	72 h	+(0.35)	+(0.39)	+(0.41)	++(0.52)	—	—
<i>P. agarici</i>	24 h	—	—	—	+(0.42)	++(0.55)	+(0.41)
	48 h	—	—	—	++(0.65)	+++ (1.10)	+(0.45)
	72 h	—	—	+(0.3)	++(0.78)	++++	+(0.47)

The numbers in parenthesis indicate the diameters of infected area formed on mushrooms by pin inoculation method using *P. tolaasii* and *P. agarici*.

에서만 인정할 수 있었다. 이러한 사실은 병원세균의 발육 및 발병적온과 관계가 있는 것으로 생각되었다.

요 약

재배버섯의 변성, 부패의 원인을 구명하기 위하여 1991년 7월부터 93년 2월까지 국내 5개 도시(서울, 수원, 대구, 포항, 부산)의 주요시장에서 시판되는 재배버섯(양송이, 느타리버섯, 표고버섯)의 부패, 변성된 것을 수집하여 부패부위로부터 분리하여 공시한 597세균 중 병원성 세균은 111균주(18.5%)였다. 재배버섯의 변질 부패에 관여하는 세균은 *P. tolaasii*와 *P. agarici* 등의 *Pseudomonas*속 세균과 *Erwinia*속 세균으로서 *P. tolaasii*가 주원인으로서 *P. agarici*는 그다지 문제가 되지 않았다. 병원성이 없는 부생세균은 주로 *P. fluorescens*와 *Klebsiella planticola*에 속하는 것들이었다.

Bacterial blotch의 병원세균인 *P. tolaasii*에는 W L R O에 의하여 White line이 형성되는 균과 형성되지 않는 균이 존재하고 있음이 밝혀졌다.

*P. tolaasii*에 의한 재배버섯의 감염온도는 비교적 낮아서 침 접촉으로 5°C, 72시간 배양 후 직경 0.35 mm의 병반을 인정할 수 있었으며 최적온도는 대개 20°C 전후였다. 이에 비하여 *P. agarici*는 10°C 이하의 낮은 온도에서는 거의 병반을 인정할 수 없었으며 최적 온도는 25°C로서 *P. tolaasii*보다 높았다.

감사의 말씀

본 연구는 1992년 학술진흥재단의 자유공모과제 연구비에 의한 결과임.

참고문헌

- Bessette, A. E. 1984. Distribution of brown blotch bacteria in wild and cultivated species of Basidiomycetes. *Appl. Environ. Microbiol.* 48: 878-8802.
- Breed, R. S. et al. 1957. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 7th ed. William and Wilkins Co. Baltimore, U.S.A. 1363 p.
- Brodey, C. L., Rainey, P. B., Tester, M. and Johnstone, K. 1991. Bacterial blotch disease of the cultivated mushroom is caused by an ion-channel forming lipodepsipeptide toxin. *Molecular Plant-Microbe Interaction* : 407-4114.
- Buchanan, R. E. et al. 1974. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 8th ed. William and Wilkins Co. Baltimore, U.S.A. pp.222-223.
- Cowan, S. T. 1974. *Manual for the Identification of Medical Bacteria*. 2nd ed. Cambridge University Press, London, England.
- Sand, D. C., Schroth, M. N. and Hinderland, D. C. 1980. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. The American Phytopathological Society. U.S.A.
- Elliott, C. 1930. *Manual of Bacterial Plant Pathogens*. The William and Wilkins Co. Baltimore, U.S.A. pp.1-349.
- Goor, M., Vantomme, R., Swings, J., Gillis, M., Kersters, K. and de Ley, J. 1986. Phenotypic and genotypic diversity of *Pseudomonas tolaasii* and white line reacting organisms isolated from cultivated mushroom. *J. Gen. Microbiol.* 132: 2249-2264.
- Graham S. W. and Ashley, M. 1975. Fluorescent *Pseudomonas*, Principles of bacteriology, virology and immunity. pp.807-814. Edward Arnold, London, England.

10. 한글식물보호학회. 1986. 한국 식물병해충잡초명람. 개정판.
11. Harrigan, W. F. and McCane, M. E. 1966. Laboratory Method in Microbiology. Academic Press, N.Y., U.S.A.
12. Hong, J. S. 1978. Studies on the Physiologic chemical characteristics and cultivation of *Pleurotus ostreatus*. PhD. Thesis, College of Agriculture, Chonbuk National University.
13. John, G. H. et al. 1994. Bergey's manual of Determinative Bacteriology. 9th ed. William and Wilkins Co. Baltimore, U.S.A.
14. Kim, J. W. 1971. Studies on the Plant Pathogenic *Corynebacteria*. M. S. Thesis, Tokyo University of Agriculture.
15. 이용래, 1962. 버섯 재배법. 농업대사전. 학원사 pp. 1259-1261.
16. Hendrie, M. S. and Shewan, J. M. 1979. The identification of *Pseudomonas*. Identification method for microbiologists, 1-14. Academic Press. U.S.A.
17. Schroth, M. N., Hindelrand, D. C. and Star, M. P. 1981. Phytopathogenic member of the Genus *Pseudomonas*. The Prokaryotes pp. 761-781. Springer-Verlag, Bertin Heiderberg New York. U.S.A.
18. Murray, R. G. E. et al. 1984. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. William and Wilkins Co. Baltimore, U.S.A. 188 p.
19. Nair, N. G. and Fahy, P. C. 1973. Toxin production by *Pseudomonas tolaasii* Paine. *Aus. J. Biol. Sci.* 26 : 509-512.
20. Paine, S. G. 1915. Studies in bacteriosis II. A brown disease of cultivated mushrooms. *J. Appl. Biol.* 5 : 206-219.
21. Schaad, N. W. 1980. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. American Phytopathological Society, Minnesota, U.S.A.
22. 白田 昭. 1987. ヒラタケ 病原細菌 *Pseudomonas tolaasii*による 毒性因子の生成. 日本植物病理學會報 53 : 72.
23. Skerman, V.B.O. 1967. Guide to the Identification of the Genera of Bacteria. 2nd ed.
24. 陶山一雄. 1987. 人工栽培キノコの 細菌病. 文部省科學研究費 補助金 一般研究成果報告書.
25. 陶山一雄, 河原林上一, 根岸寛光, 藤井 薄. 1987. White line 形成法による 各種 キノコからの *P. tolaasii*の檢出. 日本植物病理學會報 53 : 71.
26. 陶山一雄, 神山秀市, 藤井薄. 1984. キノコ 細菌病 White line の 形成要因. 日本植物病理學會報 50 : 423.
27. Tolaas, A. G. 1915. A bacterial disease of cultivated mushroom. *Phytopathology* 5 : 51-54.
28. Wong, W. L. and Preece, T. F. 1979. Identification of *Pseudomonas tolaasii*; The white line: agar and mushroom tissue block rapid pitting tests. *J. Appl. Bacteriol.* 47 : 401-407.
29. Yano, H., Fujii, H., Mukoo, H., Fukuyasu, T., Terakado, N. and Isayama, Y. 1979. Transmissibility of Dihydrostreptomycin Resistance in *Pseudomonas lachrymans*.
30. Young, J. M. 1970. Drippy gill: A bacterial disease of cultivated mushrooms caused by *Pseudomonas agarici* n.sp. *N. Z. Journal of Agricultural Research* 13 : 977-990.
31. Zarkower, P. A., Wuest, P. J., Royse, D. J. and Myers, B. 1984. Phenotype traits of fluorescent *Pseudomonads* causing bacterial blotch of *Agaricus bisporus* mushrooms and other mushroom-derived fluorescent *Pseudomonas*. *Can. J. Microbiol.* 30 : 360-367.