การใช้เซลล์แขวนลอยและสารสกัดหยาบของแบคทีเรีย *Bacillus licheniformis* BFP011 ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก

Application of cell suspension and crude extract of *Bacillus licheniformis* BFP011 to control Pepper Anthracnose

ปัทมวรรณ มณีสุวรรณ[1,2,3] และ พิศาล ศิริธร [2,3*]

Pattamawan Maneesuwan[1,2,3] and Pisan Sirithorn[2,3*]

บทคัดย่อ: การใช้เซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *Bacillus licheniformis* BFP011 จำนวน 5 ระดับความเข้มข้นในการลดความรุนแรงของโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum capsici* ในการเข้าทำลายผลพริกด้วยวิธี detached fruit และวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติชี้ให้เห็นว่าการหยดเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียก่อนทำการปลูกเชื้อรา *C. capsici* เป็นเวลา 24 ชม. สามารถลดความรุนแรงของโรคดีกว่าการปลูกเชื้อรา *C. capsici* เป็นเวลา 24 ชม. แล้วจึงหยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ความเข้มข้นของเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ที่เหมาะสมคือ $1x10^4$-$1x10^5$ cfu/ml ซึ่งความรุนแรงของโรคลดลง 35.8 และ 34.8 % ตามลำดับ การหยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ $1x10^6$ ถึง $1x10^8$ cfu/ml นั้นทำให้ผลพริกเน่าได้ 10-50% ส่วนการใช้สารสกัดหยาบของแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ความเข้มข้น 1,000 มก./มล. พบว่าสามารถลดความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสได้ดีทั้งการใช้ก่อนและหลังการปลูกเชื้อรา *C. capsici* โดยสามารถลดความรุนแรงของโรคลงได้ดี 41.1 และ 32.6% ตามลำดับ

คำสำคัญ: *Colletotrichum capsici*, anthracnose, pepper, Bacillus

ABSTRACT: The five concentrations of cell suspension of *Bacillus licheniformis* BFP011 each applied to reduce the disease symptom caused by *Colletotrichum capsici* using the detached fruit technique with Completely Randomized Design (CRD). The statistical analysis indicated that inoculation of cell suspension prior to inoculation of *C. capsici* gave more disease severity reduction than inoculation of *C. capsici* prior to inoculation of cell suspension. The optimal concentration that reduced disease severity; without adverse effect was at $1x10^4$-$1x10^5$ cfu/ml prior to inoculation of *C. capsici* for 24 hours as disease severity was reduced by 35.8% and 34.8%, respectively. The cell suspension at the concentrations between $1x10^6$ to $1x10^8$ cfu/ml induced fruit rot to 10-50%. Crude extract of 1,000 mg/ml applied before and after inoculation of *C. capsici* reduced the disease severity to 41.1% and 32.6%, respectively.
Keywords: *Colletotrichum capsici*, anthracnose, pepper, Bacillus

[1] สาขาวิชาโรคพืชวิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
Plant Pathology Division, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon kaen 40002

[2] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900
Center of Excellence on Agricultural Biotechnology : (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900

[3] ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
Agricultural Biotechnology Research Center for Sustainable Economy: ABRCSE, Khon Kaen university 40002

* Corresponding author: pissir@kku.ac.th

บทนำ

พริกจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่ง และปัญหาโรคพืชที่สำคัญในการผลิตพริกในประเทศไทย ได้แก่โรคแอนแทรคโนส ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. เชื้อที่สำคัญและพบแพร่ระบาดมากในประเทศไทยคือ *C. capsici* และ *C. gloeosporioides* (Pakdeevaraporn et al., 2005) ซึ่ง Poonpolgul and Kumphai (2007) ได้รายงานว่าเมื่อมีการแพร่ระบาดรุนแรงจะทำให้ผลผลิตพริกเสียหายมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบผลพริกแสดงอาการภายหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วสูงถึง 41 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมล็ดที่แยกมาจากผลที่เป็นโรคมีความงอกต่ำเฉลี่ย 38 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นกล้าเป็นโรค และเป็นแหล่งของเชื้อในการแพร่กระจายไปยังต้นกล้าปกติต้นอื่นๆ ทำให้เกิดโรคมากขึ้น (AVRDC, 1989) ได้มีการนำแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชมาควบคุมเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช (กฤติกา, 2549; นิตยา, 2549) Zhou et al. (2008) รายงานว่า *B. thuringiensis* สังเคราะห์ zwittermicin A และ aminopolyol antibiotic ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชในกลุ่ม oomycetes และแบคทีเรียแกรมลบ ในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่นำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. และสารสกัดหยาบของจุลินทรีย์ดังกล่าว มาใช้ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีเพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

วิธีการศึกษา

1. ประสิทธิภาพของเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *Bacillus licheniformis* BFP011 ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก

การเตรียมสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริก

นำเชื้อรา *C. capsici* ที่ได้ทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคด้วยวิธี detached fruit แล้วทำให้ผลพริกแสดงอาการของโรครุนแรงมาเลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อราดลงบนเชื้อราเพื่อละลายสปอร์ แล้วนำสารแขวนลอยสปอร์นั้นไปกรองด้วยผ้าขาวบาง และทำการปรับความเข้มข้นของสปอร์ให้ได้เท่ากับ $1x10^6$ สปอร์/ มล.

1.2 การเตรียมเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. licheniformis* BFP011

นำแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 เลี้ยงในอาหาร nutrient broth (NB) 20 มล. บนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 28°C ความเร็ว 200 รอบ/นาทีเป็นเวลา 1 วัน ปรับความเข้มข้นเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียให้มีค่า $O.D._{600nm}$ = 0.1 เพื่อให้ได้ความเข้มข้น $1x10^8$ cfu/ml ดูดเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียปริมาตร 200 ไมโครลิตรลงเลี้ยงในอาหาร NB ปริมาตร 200 มล. แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 32°C บนเครื่องเขย่า ความเร็ว 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นดูดแบคทีเรีย มาทำการปรับความเข้มข้นเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียให้มีความเข้มข้น $1x10^8$, $1x10^7$, $1x10^6$, $1x10^5$, $1x10^4$ cfu/ml.

1.3 การทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก

นำผลพริกชี้ฟ้าที่ไม่แสดงอาการโรคแอนแทรคโนสมาแช่ใน chlorox 10 % เป็นเวลา 5 นาที ล้างด้วยน้ำไหล 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง ใช้ gel-loading pipette tip ตัดปลายยาว 2 มม. ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วทำแผลบนผลพริก ทำการปลูกเชื้อ *C. capsici* และ แบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 13 กรรมวิธี (treatment) กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ (replication) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1-5 ปลูกเชื้อรา *C. capsici* เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงหยดเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ที่ความเข้มข้น $1x10^8$, $1x10^7$, $1x10^6$, $1x10^5$, $1x10^4$ cfu/ml. ตามลำดับ

กรรมวิธีที่ 6-10 หยดเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย BFP011 ที่ความเข้มข้น $1x10^8$, $1x10^7$, $1x10^6$, $1x10^5$,

$1x10^4$ cfu/ml. ตามลำดับ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงปลูกเชื้อรา *C. capsici*

กรรมวิธีที่ 11 เป็นกรรมวิธีควบคุม ปลูกเชื้อรา *C. capsici*

กรรมวิธีที่ 12 เป็นกรรมวิธีควบคุม หยดเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย BFP011ความเข้มข้น $1x10^8$

กรรมวิธีที่ 13 เป็นกรรมวิธีควบคุม หยดน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ

บ่มผลพริกในกล่องชื้นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ทำการวัดขนาดแผลบนผลพริกและให้คะแนนตามระดับความรุนแรงของโรค 8 ระดับดังนี้

1 = ไม่เกิดโรค	5 = ขนาดแผล 1.51-2.00 ซม.
2 = ขนาดแผล 0.01-0.50 ซม.	6 = ขนาดแผล 2.01-2.50 ซม.
3 = ขนาดแผล 0.51-1.00 ซม.	7 = ขนาดแผล 2.51-3.00 ซม.
4 = ขนาดแผล 1.01-1.50 ซม.	8 = ผลเน่า

2. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ (crude extracted) ของแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ปฏิปักษ์ ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก

2.1 การเตรียมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *C. capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกตามข้อ1.1

2.2 การเตรียมสารสกัดหยาบของแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011

ใส่เซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ที่ความเข้มข้น $O.D._{600nm}$ = 0.1 ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ลงในอาหาร NB ปริมาตร 200 มล. นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 32 °C ความเร็ว 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 2 วัน นำไปแยกเซลล์แบคทีเรียออกโดยปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 นาที และนำส่วนใสไปกรองด้วย membrane filter ขนาด 0.2 ไมโครอน จากนั้นนำไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C จนเหลือสารปริมาณ 5 มล. ความเข้มข้น 1,000 มก. / มล.

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก

นำสารที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคบนผลพริกที่ทำการฆ่าเชื้อที่พื้นผิวและทำแผล (ตามข้อ 1.3) วางแผนการทดลองแบบ CRDประกอบด้วย 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ปลูกเชื้อรา *C. capsici* เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงหยดสารสกัดหยาบแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011

กรรมวิธที่ 2 หยดสารสกัดหยาบของแบคทีเรีย BFP011เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจึงปลูกเชื้อรา *C. capsici*

กรรมวิธีที่ 3 เป็นกรรมวิธีควบคุม ปลูก เชื้อรา *C. capsici*

กรรมวิธีที่ 4 เป็นกรรมวิธีควบคุม หยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย BFP011ความเข้มข้น $1x10^8$

กรรมวิธีที่ 5 เป็นกรรมวิธีควบคุม หยดน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ

บ่มผลพริกในกล่องชื้นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ทำการวัดขนาดแผลบนผลพริกและให้คะแนนตามระดับความรุนแรงของโรค (ตามข้อ 1.3)

ผลการศึกษา

1. ประสิทธิภาพของเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ในการยับยั้งเชื้อรา *C. capsici* จากการนำเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ทั้ง 5 ความเข้มข้นมาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกชี้ฟ้าด้วยวิธี detached fruit หลังจากบ่มไว้เป็นเวลา 7 วันที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการใช้เซลล์แขวนลอยแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้น $1x10^4$ และ $1x10^5$ สปอร์/มล. หยดลงบนผลพริกที่ทำแผลเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนปลูกเชื้อรา *C. capsici* สามารถลดระดับความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีระดับความรุนแรงของโรคลดลง 35.8% และ 34.8% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่หยดสปอร์แขวนลอยของ *C. capsici* ความ

เข้มข้น 1x10^6 สปอร์/มล. และการใช้เซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ที่ระดับความเข้มข้น 1x10^6, 1x10^7 และ 1x10^8 cfu/ml ทำให้ผลพริกเน่า (**Table 1**) การหยดเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ความเข้มข้น 1x10^8 cfu/ml ก่อนที่จะปลูกเชื้อรา *C. capsici* เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้ผลพริกเน่ามากถึง 50%

2. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. licheniformis* BFP011 ในการยับยั้งเชื้อรา *C. capsici* จากการใช้สารสกัดหยาบของแบคทีเรีย BFP011 ความเข้มข้น 1,000 มก./มล. มาทดสอบความสามารถในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก พบว่าทั้งการหยดสารสกัดหยาบของแบคทีเรีย BFP011 ก่อนและหลังการปลูกเชื้อรา *C. capsici* สามารถลดระดับความรุนแรงของโรคได้ดี โดยการใช้สารสกัดหยาบหยดบนแผลก่อนที่จะหยดสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *C. capsici* สามารถลดการเกิดโรคได้ดีที่สุด คือ 41.1% (**Table 2**)

Table 1 Efficacy of *B. licheniformis* BFP011 to reduce anthracnose symptoms on detached fruits of pepper.

No.	Treatment	Average of Diseases scale [1/]	Reduction of disease symptom (%)[2/]	Number of fruit rot (%)[3/]
Tr1	*C. capsici* + BFP011 10^8	4.40 ^{A}	7.4	20
Tr2	*C. capsici* + BFP011 10^7	4.80 ^{A}	-1.1	15
Tr3	*C. capsici* + BFP011 10^6	4.70 ^{A}	1.1	10
Tr4	*C. capsici* + BFP011 10^5	4.20 ^{AB}	11.6	0
Tr5	*C. capsici* + BFP011 10^4	4.50 ^{A}	9.8	0
Tr6	BFP011 10^8 + *C. capsici*	5.10 ^{A}	-7.4	50
Tr7	BFP011 10^7+ *C. capsici*	4.00 ^{ABC}	15.8	20
Tr8	BFP011 10^6+ *C. capsici*	4.30 ^{A}	9.5	20
Tr9	BFP011 10^5+ *C. capsici*	3.10 ^{C}	34.8	0
Tr10	BFP011 10^4+ *C. capsici*	3.05 ^{BC}	35.8	0
Tr11	*C. capsici* (positive control)	4.75 ^{A}	-	0
Tr12	BFP011 10^8	1.00 ^{D}	-	0
Tr13	dH_2O	1.00 ^{D}	-	0
	C.V.	15.29		

1/ = Average of disease scale (5 fruits/replication, 4 replications/treatment)

2/ = Percent reduction of diseases symptom = $\frac{\text{(Positive control (Tr11) – Treatment) x 100}}{\text{Positive control}}$

3/ = Percentage of fruit rot = $\frac{\text{Number of fruit rot x100}}{\text{20 (total fruits)}}$

^{ABCD} Data are means of 4 replications. Means in column followed by the same letter were not significantly different by DMRT at P<0.01

Table 2 Efficiency of crude extract of *B. licheniformis* BFP011 to reduce anthracnose symptoms on detached fruit.

No.	Treatment	Average of Diseases scale 1/	Reduction of disease symptom (%) 2/	Number of fruit rot (%) 3/
Tr1	*C. capsici* + crude extract	3.20 ^{B}	32.6	0
Tr2	Crude extract+ *C. capsici*	2.80 ^{B}	41.1	0
Tr3	*Colletotrichum capsici*	4.75 ^{A}	-	0
Tr4	BFP011 10^{8}(positive control)	1.00 ^{C}	-	0
Tr5	dH_2O	1.00 ^{C}	-	0
	C.V.	12.76		

1/ = Average of disease scale (5 fruits/replication, 4 replications/treatment)

2/ = Percent reduction of disease symptom = $\frac{\text{(Positive control (Tr4) – Treatment) x 100}}{\text{Positive control}}$

3/ = Percentage of fruit rot = $\frac{\text{Number of fruit rot x100}}{\text{20 (total fruits)}}$

^{ABCD} Data are means of 4 replications. Means in column followed by the same letter were not significantly different by DMRT at $P<0.01$

สรุปและวิจารณ์

การใช้เซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 ในการลดการเกิดโรคบนผลพริกมีข้อจำกัด คือ จะต้องเลือกใช้ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ $1x10^4$ และ $1x10^5$ cfu/ml เพราะหากใช้ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้จะทำให้ผลพริกเน่า 10-50 % ซึ่งธนวรรณและคณะ (2551) ได้รายงานว่าแบคทีเรีย *Bacillus* sp.สายพันธุ์ TW-1 สามารถผลิต xylanolytic และ cellulolytic enzymes ได้ และเอนไซม์ดังกล่าวมีบทบาทที่สำคัญต่อการย่อยเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช (Doi and Kosugi, 2004) นอกจากนี้การใช้เซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 จำเป็นต้องใช้ก่อนที่จะมีการเข้าทำลายของเชื้อรา *C. capsici* หากใช้หลังจากที่เชื้อราเข้าทำลายแล้วพบว่าจะลดความรุนแรงของโรคได้เพียง 9.8 และ 11.6 % ส่วนการใช้สารสกัดหยาบของแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 สามารถลดความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกได้ดีกว่าการใช้เซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. licheniformis* BFP011 โดยให้ผลดีที่สุดเมื่อใช้ก่อนมีการเข้าทำลายของเชื้อรา *C. capsici* สามารถลดความรุนแรงของโรคได้ถึง 41.1 % และการใช้หลังการเข้าทำลายของเชื้อรา *C. capsici* มีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับการใช้เซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย BFP011 ก่อนการเข้าทำลายของเชื้อรา *C. capsici* คือ 32.6 %

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวง ศึกษาธิการ และ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตรเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

กฤติกา จันทรางศุ. 2549. การจำแนกความแตกต่างทาง phynotype และ genotype ของเชื้อแบคทีเรีย*Bacillus* spp.ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อาเหตุโรคพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาโรคพืชวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

นิตยา สุขทวี. 2549. โคลนยีนไคติเนสจากเชื้อ *Bacillus* spp. ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาโรคพืชวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ธนวรรณ ศรีนาง, จักรกฤษณ์ เตชะอภัยคุณ, Khin Lay Kyu, กนก รัตนะกนกชัย และ Yun-Sik Lee. 2551. ผลิตภัณฑ์จากการหมัก *Bacillus* sp. strain TW-1 ในอาหารที่มีเปลือกข้าวโพดเป็นแหล่งคาร์บอนภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 2:291-304.

Asian Vegetable Research and Development Center. 1989. Tomato and Pepper production in the Tropics. p.619. Proceeding of the International Symposium on Interacted Management Practices. 21-26 March. Tainan, Taiwan.

Doi, R.H. and A. Kosugi. 2004. Cellulosomes: Plant-cell-wall-degrading enzyme complexes. Nature Rev. Microbiol. 2:541-551.

Pakdeevaraporn, P., S. Wasee, P.W.J. Taylor and O . Mongkolporn. 2005. Inheritance of resistant to anthracnose caused by *Colletotricum capsici* in capsicum. Plant Breeding. 124:206-208.

Poonpolgul, S. and S. Kumphai. 2007. Chilli pepper anthracnose in Thailand. P. 23. Country report. Abstracts of the First International Symposium on Chilli Anthracnose. National Horticultural Research Institute, Rural Development of Administration, Republic of Korea.

Zhou, Y., Y.L. Choi, M. Sun and Z. Yu. 2008. Novel roles of *Bacillus thuringiensis* to control plant diseases. Appl. Microbiol. Biotechnol. 80:563-572.