

การทดลองเลี้ยงเชื้อราไตรโคเดอร์มาบนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (เปลือกกล้วยหอม)

Solid State Fermentation of *Trichoderma harzianum* on Agricultural Waste (Banana Peels)

ศิริพรรณ โสภณเสถียร*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 02-219-3833-40 E-mail: kaneko1131@gmail.com

Siriphan Soponsathien*

Department of Science and Mathematics, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology

833 Rama I Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand. Tel. 02-219-3833-40 E-mail: kaneko1131@gmail.com

บทคัดย่อ

เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เป็นสายพันธุ์จากห้องปฏิบัติการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถูกนำมาใช้ศึกษาในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากเปลือกกล้วยหอม เชื้อรา *T. harzianum* เจริญได้รวดเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Potato Dextrose Agar (PDA) โคโลนีของเชื้อรา มีลักษณะเป็นแบบฟูๆ (focose) สร้างรงควัตถุสีเขียว โคนิเคียของเชื้อรา มีลักษณะกลมเล็ก เชลเดี่ยว ผิวเรียบ สีเขียวเข้ม เชื้อรา *T. harzianum* เจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA และอาหารเลี้ยงเชื้อเปลือกกล้วยหอม (BPA) ก่อนข้างไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง BPA มีลักษณะบาง เส้นใยเจริญแนบไปกับอาหารเลี้ยงเชื้อ ไม่พบการสร้าง clear zone รอบโคโลนีเดี่ยวของเชื้อรา *T. harzianum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Carboxy methyl cellulose sodium salt congo red solid medium + 2 % เปลือกกล้วยหอม (CMC_c + 2 % BP)

ผลการทดสอบการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum* ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช (soilborne pathogenic fungi) โดยวิธี dual culture ซึ่งทดสอบกับเชื้อรา *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Phytophthora palmivora* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA, BPA, และ CMC_c + 2 % BP ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแต่ละคู่

พบการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum* ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืชทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยเป็นปฏิปักษ์ต่อ *Phytophthora palmivora* ได้สูงสุดและเป็นปฏิปักษ์ต่อ *P. aphanidermatum* ได้น้อยที่สุด

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอมที่หมักโดยเชื้อรา *T. harzianum* พบว่ามีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) เท่ากับ 35:1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 63 - 63.2 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะโพแทสเซียม (K₂O) สูงกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอมหมักมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของระดับ pH และการนำไฟฟ้าสูง (ระดับ pH 7.78 - 7.8, ค่าการนำไฟฟ้า 12.10 เดซิซีเมนต่อเมตร)

โดยวิธีการหมักแบบแห้ง (solid-state fermentation) พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* เจริญและสร้างสปอร์บนอาหารเปลือกกล้วยหอม 4.7×10^7 สปอร์ต่อมิลลิกรัม (1.8×10^8 สปอร์ต่อกรัมเปลือกกล้วยหอม) เมื่ออบและอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาสปอร์ไว้ในที่แห้งได้ประมาณ 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้องในกล่องพลาสติกปราศจากเชื้อ

คำสำคัญ: *Trichoderma harzianum*, เปลือกกล้วยหอม, Dual culture, ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ

Abstract

Trichoderma harzianum was the commercial strain of the laboratory of Biological control of plant pathogens, Department of Plant Pathology, Kasetsart University that was studied for biofertilizer production by using agro-waste (banana peels). *T. harzianum* grew actively on Potato Dextrose Agar (PDA) medium, the colony of *T. harzianum* formed the compact mycelium with green pigments. It produced the round smooth, small green conidia. Growth of mycelium of *T. harzianum* on two different solid medium (PDA and BPA) was not quite different. But the mycelium of *T. harzianum* on Banana Peels Agar (BPA) were rather thin and flat. Although growth on PDA was slightly better than on BPA. No clear zone was produced around the single culture of *T. harzianum* on Carboxymethyl methyl cellulose sodium salt congo red solid medium + 2% banana peels (CMC_c + 2 % BP).

Antifungal properties of *T. harzianum* were tested against soilborne phytopathogenic fungi, such as *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora palmivora*, and *Pythium aphanidermatum* by dual culture testing on different solid medium (PDA, BPA and CMC_c + 2% BP). Three replicates were prepared for each pairing. The reduction in growth of the three genus of soilborne phytopathogenic fungi was evidenced. The maximum inhibition was observed in dual culture of *P. palmivora*, and the least inhibition was observed in dual culture of *P. aphanidermatum*.

The quality of banana peel biofertilizer produced by *T. harzianum* was analyzed. The results showed the ratio of Carbon to Nitrogen (C:N) of 35 : 1. It contained 63 to 63.2 percent of organic matter. Level of nutrients in available forms to the plants, especially K₂O,

was greater than Thai organic fertilizer standards of Department of Agriculture. Decomposed banana peels tended to increase both pH and the soluble salts with high electrical conductivity (pH 7.78-7.8, EC 12.10 dS/M)

T. harzianum was cultivated under solid-state fermentation (SSF) by using banana peels as substrate. Spore yields were obtained at 4.7×10^7 spores/mL (1.8×10^8 spores/gram of banana peels). Dry spores were harvested and dried at 50-60 degree of Cenceus. They would be stored dry about 1 month at room temperature in sterilisable plastic box.

Key words: *Trichoderma harzianum*, Banana peels, Dual culture, Biofertilizer

1. บทนำ

กระบวนการผลิตสินค้า OTOP จากกล้วยหอม มีของเสียจากกระบวนการผลิต [1 - 2] ได้แก่ เปลือกกล้วยหวีและเครือกล้วยหอม ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และอาจเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อโรคสู่ชุมชน หากขาดการจัดการที่ดี [3] พบว่าการใช้วัตถุดิบกล้วยเพื่อการแปรรูปผลิตภัณฑ์ 50 - 60 วัน จะทำให้เกิดเปลือกกล้วยเหลือทิ้ง ประมาณ 3 - 5 ตันต่อวัน [1] ดังนั้นแม้ว่าหลายหน่วยงานจะได้มีการศึกษาเพื่อนำเปลือกกล้วยเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ [3 - 6] แต่การนำเปลือกกล้วยมาใช้ประโยชน์ยังมีปัญหาเรื่องการไม่คุ้มทุนในเชิงพาณิชย์ [3] จึงยังคงมีเปลือกกล้วยเหลือทิ้งก่อปัญหาสิ่งแวดล้อมอยู่ในปริมาณมาก เกษตรกรรู้จักเชื้อราไตรโคเดอร์มาในฐานะเชื้อราที่มีความเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช [7 - 10] การเป็นศัตรูของโรงเพาะเห็ด [11 - 12] แต่เกษตรกรไม่ทราบถึงความเก่งกาจของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในฐานะผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตบนวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรได้แทบทุกชนิด [13 - 15] รวมถึงวิธีการเก็บสปอร์เชื้อราบริสุทธิ์และการผลิตหัวเชื้อราในฐานะปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในไร่นา

ปฏิกิริยาจากเปลือกกล้วยเป็นปฏิกิริยาที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงด้วยใยอาหาร [16] การผลิตปฏิกิริยาชีวภาพโดยใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา นอกจากจะสามารถรักษาสีและรสชาติแล้ว ยังเป็นการสร้างรายได้จากปฏิกิริยาชีวภาพคุณภาพสูง ที่สามารถป้องกันเชื้อโรคราดินสาเหตุโรคพืช

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อผลิตปฏิกิริยาชีวภาพที่มีคุณภาพสูง
2. เพื่อผลิตปฏิกิริยาชีวภาพจากเชื้อราไตรโคเดอร์มา
3. เพื่อศึกษาการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

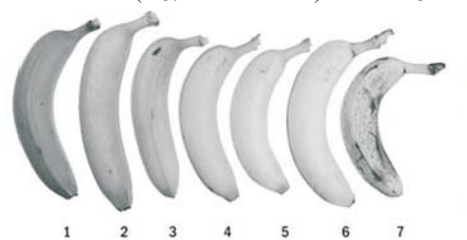
2.1 แหล่งของเชื้อราไตรโคเดอร์มา

เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ทางการค้าห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลงเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส ใช้แสง 12 ชั่วโมง สลับไม่ใช้แสง 12 ชั่วโมง เมื่อเชื้อราเจริญเป็นเวลา 2 - 3 วัน ตัดส่วนปลายเส้นใยสีขาวของโคโคนีเลี้ยงลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA แยกเชื้อบริสุทธิ์ สังเกตและบันทึกลักษณะโคโคนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA สีของ pigment ลักษณะของสปอร์และเส้นใย

2.2 การเตรียมอาหารฐานเปลือกกล้วยหอม (Banana Peels Agar; BPA)

เปลือกกล้วยสุกระยะ 5 (PIC 5) (รูปที่ 1) มีปริมาณเซลลูโลสสูงใช้ในการทดลองจึงเลือกใช้กล้วยหอมที่มีระดับการสุกระยะ 5 (PCI 5) ถึงระยะ 6 (PCI 6) ลักษณะระดับการสุกของกล้วยที่ระดับ 5 - 6 แสดงในรูปที่ 1 น้ำกล้วยหอมของบริษัทโดล ไทยแลนด์ ลงแช่ในน้ำขาวข้าวประมาณ

5 - 15 นาที เพื่อให้สารพิษที่ตกค้างอยู่เจือจางลง ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 - 3 ครั้ง ปอกเปลือกกล้วยหอม ชั่งน้ำหนักเปลือก 200 กรัม ต้มกับน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร 45 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง ใช้เฉพาะส่วนที่เป็นน้ำ เติมน้ำมะพร้าวอ่อน 100 มิลลิลิตร (10 เปอร์เซ็นต์) ผงวุ้น 20 กรัมและเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตรปรับ pH ที่ระดับ 6 นำมาเชื้อที่ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (115.2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาที



รูปที่ 1 แสดงระดับการสุกของกล้วยหอม (BANANA RIPENESS CHART) [16-17]

2.3 การทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง BPA

นำเชื้อรา *T. harzianum* ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA เป็นเวลา 2 - 3 วัน ตัดส่วนปลายเส้นใยของโคโคนีเชื้อลงตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง BPA ที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส แสง 12 ชั่วโมง สลับไม่ใช้แสง 12 ชั่วโมง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโคนีเมื่อครบเวลา 24, 36, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมงตามลำดับ บันทึกผลเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโคนี

2.4 การตรวจสอบความสามารถในการผลิตเอ็นไซม์ เซลลูเลสของเชื้อรา *T. harzianum* บนอาหาร Carboxy methyl cellulose sodium salt congo red solid medium + 2% banana peels (CMC + 2% BP) [18]

อาหาร Carboxy methyl cellulose sodium salt congo red solid medium + 2 % banana peels ประกอบด้วย K_2HPO_4 0.05 %, $MgSO_4$ 0.025 %, CMC sodium salt 0.188 %, Congo red 0.02 %, Agar 15 %, Gelatin 0.2 %, 2 % เปลือกกล้วยหอมบดผสมลงในอาหารข้างต้น น้ำกลั่นปริมาตร

1 ลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (115.2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาที ถ่ายเชื้อรา *T. harzianum* ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA เป็นเวลา 2 – 3 วัน เชื้อเชื้อลงตรงกลางจานอาหาร CMCc + 2% BP ที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส แสง 12 ชั่วโมง สลับไม่ใช้แสง 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา 48 ชั่วโมง หยด Gram's iodine (ประกอบด้วย KI 2.0 กรัม และ iodine 1.0 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร) จนท่วมอาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นเวลา 3 - 5 นาที บันทึกผลเส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone ของเชื้อรา

2.5 แหล่งของเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช

เชื้อราดินสาเหตุโรคพืช ที่ใช้ในการทดสอบ คือ เชื้อรา *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum*, และ *Phytophthora palmivora* ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 การทดสอบความสามารถในการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum* ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง โดยวิธี Dual Culture Technique และหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง [18]

ทำการทดสอบความเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช *F. oxysporum*, *P. aphanidermatum*, และ *P. palmivora* โดยการย้ายเชื้อรา *T. harzianum* ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA, BPA และ CMCc + 2 % BP วางชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* และเชื้อราโรคพืชในทิศทางตรงกันข้าม ห่างจากขอบจานด้านละประมาณ 2 เซนติเมตร จัดให้เป็นชุดทดสอบ ส่วนชุดควบคุมทำกระทำเหมือนกัน แต่ถ่ายเชื้อเฉพาะเชื้อราสาเหตุโรคพืชห่างจากขอบจานด้านละประมาณ 2 เซนติเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส แสง 12 ชั่วโมง สลับไม่ใช้แสง 12 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกผลตามมาตรฐานของ Bell et al. [19] คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต} = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100$$

เมื่อ

R_1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญเติบโตของเชื้อโรคพืชในชุดควบคุม

R_2 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญเติบโตของเชื้อโรคพืชในชุดทดสอบ

นำค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย โดย Fisher's Least Significant Difference (LSD)

2.7 การผลิตปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอมด้วยเชื้อรา *T. harzianum*

ถ่ายเชื้อรา *T. harzianum* ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA เป็นเวลา 2 - 3 วัน ตัดส่วนปลายเส้นใยสีขาวของโคโลนีลงเลี้ยงในอาหารข้าวสุก 30 กรัม บรรจุในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับให้มีความชื้น 2 เปอร์เซ็นต์ นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (115.2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาที ใช้เป็นสต็อกเชื้อ

เตรียมอาหารเปลือกกล้วยหอมโดยนำเปลือกกล้วยหอมหั่นหยาบจำนวน 200 กรัม คลุกเคล้าด้วยแป้งข้าวเหนียว 1.5 กรัม บรรจุลงในพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (115.2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาที

เมื่ออาหารเปลือกกล้วยหอมเย็นตัวลง ถ่ายเชื้อรา *T. harzianum* จากสต็อกเชื้อ ที่เลี้ยงบนเมล็ดข้าวสุก 10 เปอร์เซ็นต์ ลงในอาหารเปลือกกล้วยหอม บ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส แสง 12 ชั่วโมง สลับไม่ใช้แสง 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 เดือน อบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส นำไปบดแห้งด้วยเครื่องบดละเอียด แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพ

2.8 การตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยหมักอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอมที่หมักด้วยเชื้อรา *T. harzianum*

นำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่หมักระยะเวลา 2 เดือน มาวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ย โดยสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการ

พัฒนาที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อเป็นสารปรับปรุงดิน

2.9 การประเมินจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *T. harzianum* บนอาหารเปลือกกล้วยหอม

ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอมหมักสด จำนวน 5 กรัม ใส่หลอดทดสอบที่บรรจุ Tween 80 ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บดผสมด้วยเครื่องผสมสาร (vortex) นำไปเจือจางและตรวจนับสปอร์เชื้อราบน Haemocytometer ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า

2.9.1 การคำนวณความเข้มข้นของสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* จากกล้องจุลทรรศน์

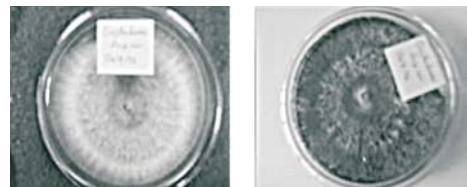
คำนวณความเข้มข้นของสปอร์จากสมการ
ความเข้มข้นของสปอร์ = ค่าเฉลี่ยของจำนวนสปอร์ x
ค่าคงที่ (2.5×10^5) x ความ
เข้มข้นที่ใช้ในการเจือจาง
(สปอร์/มิลลิลิตร)

2.9.2 การคำนวณความเข้มข้นของสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* ต่อกำหนดของเปลือกกล้วยหอม

ค่าความเข้มข้นของสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* ที่คำนวณได้จาก Haemocytometer (ข้อ 2.9.1) มีหน่วยเป็นสปอร์ต่อมิลลิลิตร นำมาคำนวณกลับเป็นความเข้มข้นของสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* กรัมต่อน้ำหนักเปลือกกล้วยหอม

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การเจริญเติบโตของโคโลนี (the radial mycelial growth rates) และการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *T. harzianum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA และ BPA แสดงในตารางที่ 1 บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA เส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* มีสีขาว ลักษณะเป็นแบบฟูฟ้ายฟู (floccose) เส้นใยหนาแน่น (compact mycelium) สร้างรงควัตถุ (pigment) สีเขียว ใช้เวลา 4 - 5 วัน สามารถเจริญเต็มพื้นที่จาน แสดงในรูปที่ 2 โคนิเดียของเชื้อรามีลักษณะกลมเล็ก เซลล์เดี่ยวหรือเป็นคู่ สีเขียวเข้ม



(a)

(b)

รูปที่ 2 ลักษณะเส้นใยเป็นแบบฟูฟ้ายฟูหลวมสร้างรงควัตถุสีเขียวของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บน PDA ; รูป (a) เชื้อราอายุ 4 วัน เชื้อราเริ่มการสร้างสปอร์, รูป (b) เชื้อราอายุ 7 วัน เชื้อราเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อสร้างสปอร์เต็มพื้นที่ และสปอร์ทกำลังออกเป็นเส้นใยใหม่ (เส้นใยสีขาว)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโต และการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *T. harzianum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ BPA

เชื้อรา <i>T. harzianum</i> บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA					
เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (ซ.ม.)			การสร้างสปอร์		
1 วัน	3 วัน	5 วัน	3 วัน	4 วัน	7 วัน
0.5	6.2	full	—	+	+++

เชื้อรา <i>T. harzianum</i> บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งเปลือกกล้วยหอม					
เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (ซ.ม.)			การสร้างสปอร์		
1 วัน	3 วัน	5 วัน	2 วัน	4 วัน	7 วัน
0.3	5.8	9	—	+	+++

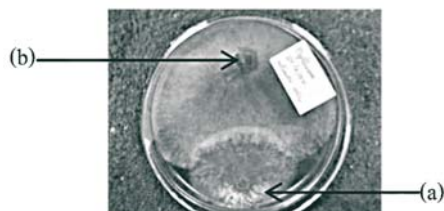
+++ = สร้างสปอร์มาก, ++ = สร้างสปอร์ปานกลาง,

+ = สร้างสปอร์น้อย, - = ยังไม่มีการสร้างสปอร์

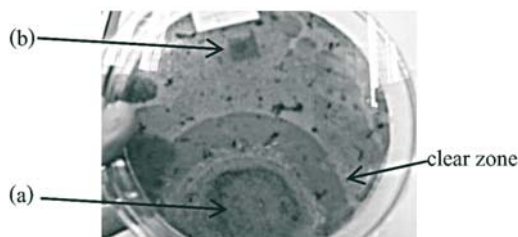
ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง BPA แสดงในรูปที่ 3 จะมีลักษณะเส้นใยบาง เจริญแนบไปกับอาหารเลี้ยงเชื้อ เรื่องที่น่าสนใจคือ Essien et al., (2005) [16] รายงานว่าอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งเปลือกกล้วยหอม (BPA) ที่ระดับ pH 5.6 มีผลต่อขนาดของ conidia ของเชื้อรา *Aspergillus niger* และ sporangiospores

ของเชื้อรา *Mucor hiemalis* คือทำให้มีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับขนาดของ conidia ของเชื้อรา *Aspergillus fumigatus* และ sporangiospores ของเชื้อรา *M. hiemalis* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อสังเคราะห์ Malt Extract Agar (MEA) อิทธิพลที่เด่นชัดของอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง BPA คือ มีผลทำให้เส้นใยที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของเชื้อรา (asexual reproductive hyphae; conidiophores, sporangiophores) เกิดการสั้นลงอย่างชัดเจน ในการทดลองพบว่า เชื้อรา *T. harzianum* สามารถเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากธรรมชาติ BPA ได้ใกล้เคียงกับการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อสังเคราะห์ PDA ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Essien et al., (2005) [16] ว่าเชื้อราสามารถเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อสังเคราะห์ (MEA) ได้ดีกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อได้จากธรรมชาติ (BPA) เล็กน้อยแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

ผลการทดลองการผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสบนอาหาร CMCc + 2% BP ของเชื้อรา *T. harzianum* พบว่าไม่พบการสร้าง clear zone บนอาหารเมื่อเลี้ยงเชื้อแบบเดี่ยว แต่กลับพบการสร้าง clear zone บนอาหาร CMCc + 2 % BP เมื่อเลี้ยงแบบ dual culture พบ clear zone ของเชื้อรา *T. harzianum* กับเชื้อรา *F. oxysporum* แสดงในรูปที่ 4 และ *P. palmivola*,



รูปที่ 3 ลักษณะเส้นใยบางๆ เจริญบนบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง BPA ของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รูป(a), ส่วนเส้นใยขาวในรูปแสดงการเจริญเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* รูป (b)

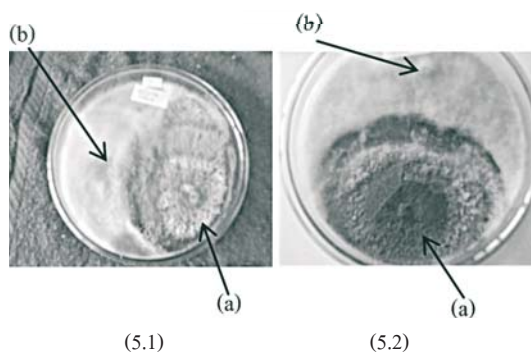


รูปที่ 4 เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์การค้าของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รูป (a), แสดงการเกิด clear zone รอบแถบสีแดง เมื่อเจริญเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา *F. oxysporum* รูป (b) บนอาหาร CMCc + 2% BP

โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* สร้าง clear zone รอบแถบสีแดงรอบโคโลนีทั้งนี้อาจเนื่องจากเชื้อรา *Trichoderma* spp. เชื้อรา *T. harzianum* มีความเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้น้อยกว่าเชื้อราอื่นๆที่นำมาทดสอบ (รูปที่ 3 และรูปที่ 4) พบว่าระดับความเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum* ต่อเชื้อราในแต่ละสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

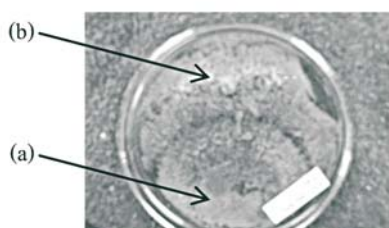
Yoon et al., (2007) [21] ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสี (chromogenic dyes) เพื่อการตรวจสอบเอ็นไซม์เซลลูเลสของโคโลนีเดี่ยวของเชื้อราจำนวน 19 สปีชีบนอาหารแข็ง (agar plate screening) พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* KACC 40787 ให้ผลการทดสอบเป็นลบ เมื่อเลี้ยงบนอาหาร CMC, และ Avicel เมื่อทดสอบด้วยสี congo red แต่เชื้อราชนิดเดียวกันนี้ให้ผลการทดสอบเป็นบวกเมื่อเลี้ยงบนอาหาร D-cellobiose เมื่อทดสอบด้วยสี congo red อาหารเลี้ยงเชื้อ CMC (carboxy methyl cellulose) ใช้เพื่อการตรวจสอบเอ็นไซม์ Endo- β -glucanase [21] พบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถสร้างเอ็นไซม์ Endo- β -glucanase โดยเอ็นไซม์นี้มีบทบาทในการย่อยสลายสาร β -1,3-glucan สุวิดาศและคณะรายงานว่าพบสารนี้ที่ผนังเส้นใยของเชื้อรา จึงคาดว่า การตรวจพบ clear zone เฉพาะบนอาหาร CMCc + 2 % BP เมื่อเลี้ยงแบบ dual culture ของเชื้อรา *T. harzianum*

เป็นลักษณะการงู้มของเชื้อเพื่อการเข้าทำลายผนังเซลล์เชื้อรา
ดินสาเหตุโรคพืช แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์การค้าของ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รูป (a), ในรูปแสดงการเจริญเป็น
ปฏิกิริยาคือเชื้อรา *P. aphanidermatum* รูป (b) รูป 5.1 เจริญ
บนอาหารแข็ง PDA รูป 5.2 เจริญบนอาหารแข็ง CMCc + 2 %
BP

พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* มีความสามารถในการ
เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืชทุกสายพันธุ์ที่นำมา
ทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง (ตารางที่ 2) เปอร์เซ็นต์ความ
เป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum* ต่อเชื้อรา *P. palmivola*
สูงกว่าเชื้อราดินสาเหตุโรคพืชอีกสองสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ
แสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 เชื้อรา *T. Harzianum* สายพันธุ์การค้าของ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รูป(a), สามารถเจริญและสร้าง
สปอร์คลุมทับเชื้อรา *P. palmivola* รูป(b) บนพื้นที่อาหาร
เลี้ยงเชื้อ

ตารางที่ 2 ความสามารถในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อราดิน
สาเหตุโรคพืช บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA, BPA และ CMCc +
2 % BP หลังจากวางเชื้อ 14 วัน

<i>T. harzianum</i> สายพันธุ์ของ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์	เชื้อราดินสาเหตุ โรคพืช	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของเส้นใย		
		อาหารเลี้ยงเชื้อ		
		PDA	BPA	CMC
	<i>F. oxysporum</i>	70.1 ^{a2}	74.1 ^{a2}	70.8 ^{a2}
	<i>P. palmivola</i>	92.5 ^{b1}	74.3 ^{b1}	93.3 ^{b1}
	<i>P. aphanidermatum</i>	44.8 ^{c4}	44.7 ^{c4}	44.3 ^{c4}

หมายเหตุ:

ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ ตัวอักษร a, b, c ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกัน
ทางสถิติ ที่ $p > 0.05$

- 1 = เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถเจริญคลุมทับเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช
ทั้งหมดบนพื้นที่อาหารเลี้ยงเชื้อ
- 2 = เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถเจริญอย่างน้อย 2 ใน 3 ของพื้นที่
อาหารเลี้ยงเชื้อ
- 3 = เชื้อราไตรโคเดอร์มาและเชื้อราดินสาเหตุโรคพืชเจริญบนพื้นที่
อาหารเลี้ยงเชื้อคนละครึ่ง ไม่มีเชื้อที่สามารถเจริญ สร้างความเป็น
ปฏิปักษ์เหนือกว่า
- 4 = เชื้อราดินสาเหตุโรคพืชสามารถเจริญได้อย่างน้อย 2 ใน 3 ของพื้นที่
อาหารเลี้ยงเชื้อแสดงการบุกรุก
- 5 = เชื้อราสาเหตุโรคพืชสามารถเจริญคลุมทับเชื้อราไตรโคเดอร์มาและ
ครอบครองพื้นที่ทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA, BPA และ
CMCc + 2 % BP ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเชื้อรา
T. harzianum ในการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช
และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงใน
ตารางที่ 3

ทดลองหมักเปลือกกล้วยหอมด้วยเชื้อรา
T. harzianum โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 2 เดือน ผลจาก
การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอมโดย
กรมพัฒนาที่ดินพบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอมมี
อัตราส่วนระหว่าง คาร์บอนกับไนโตรเจน (C:N ratio) เท่ากับ
35:1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 63 - 63.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ
ธาตุอาหารอื่นๆ ยกเว้นปริมาณฟอสเฟต (P_2O_5) อยู่ในระดับที่
สูงกว่าเกณฑ์ที่ระบุในมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง
โดยเฉพาะโพแทสเซียม (K_2O) แสดงในตารางที่ 4

ศิริพรรณ โสภณเสถียร / วารสารวิชาการปฐมวัน ปีที่ 3 ฉบับที่ 6 มกราคม - เมษายน 2556

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum* ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืช และอิทธิพลของชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง ต่อความเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *T. harzianum*

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p-value
1.Corrected Model	8	8271.247	1033.906	24.5236*	0.000
2.Intercept (CM)	1	123451.129	123451.129	2928.1834*	0.000
3.เชื้อราดินสาเหตุโรคพืช	2	8250.112	4125.056	97.8437*	0.000
4.ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	2	11.854	5.927	0.1406	0.870
5. เชื้อราดินสาเหตุโรคพืช x ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	4	9.281	2.320	0.0550	0.994
6. ค่าความคลาดเคลื่อน	18	758.873	42.1690		
Intercept (CM)	1	123451.129	123451.129	2928.1834*	0.000
Corrected Total	26	9030.121			
รวม	27	132481.250			

หมายเหตุ:

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

** การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

<http://elearning.vec.go.th/elearning/elearning/stat/statindex.htm>

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพปุ๋ยมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง เปลือกกล้วยหอมอบแห้งกับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเปลือกกล้วยหอม

ลำดับที่	รายการ	หน่วยวัด	เกณฑ์มาตรฐาน		
			ปุ๋ยอินทรีย์ ¹ คุณภาพสูง	เปลือกกล้วย อบแห้ง	ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจาก เปลือกกล้วยหอม
1	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	%	≥ 20	71.5	63-63.2
2	ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน		≥ 20	60 : 1	35 : 1
3	ค่าการนำไฟฟ้า	dS/m	≥ 15	10.88	12.10
4	ค่าความเป็นกรด-ด่าง		$\geq 5.5 \leq 10$	4.78	7.78-7.8
5	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	%			
	1) ไนโตรเจน		≥ 1.0	1.19	1.8
	2) ฟอสฟอรัส (P_2O_5)		≥ 2.5	0.62	1.32
	3) โพแทสเซียม (K_2O)		≥ 1.0	5.42	5.8
	4) รวมทั้งหมด		$\geq 9 \leq 20$	7.23	8.92
6	ปริมาณโซเดียม	%	≥ 1	0.01	0.03
7	ปริมาณแคลเซียม (CaO)	%	-	0.53	2.26-2.3
8	ปริมาณซัลเฟอร์	%	-	0.05	0.17-0.2
9	ปริมาณเหล็ก	%	-	0.54	1.42

¹ที่มา : กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 จ.ปทุมธานี (พ.ศ. 2552)

โดยปกติปุ๋ยหมักจะมีค่าอัตราส่วน C:N อยู่ในช่วง 25:1 ถึง 30:1 [22] การที่เปลือกกล้วยหอมอบแห้งมีอัตราส่วนของปริมาณคาร์บอนหรือคาร์โบไฮเดรตต่อปริมาณไนโตรเจนสูง หมายถึง เปลือกกล้วยหอมอบแห้งมีสารคาร์โบไฮเดรตอยู่ในปริมาณสูงมาก เมื่อนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์สารคาร์โบไฮเดรตในปุ๋ยจะถูกนำไปใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งของสารอาหารคาร์บอนแก่จุลินทรีย์ดิน [16,22]

Said (2007) [23] รายงานว่าอัตราส่วนระหว่างธาตุคาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจนยิ่งสูงการสร้างสปอร์จะยิ่งเกิดเร็ว โดยรายงานว่าการสร้างสปอร์ของ *T. harzianum* จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกลูโคสที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ดังนั้นเปลือกกล้วยหอม ซึ่งมีสารอาหารคาร์โบไฮเดรตในปริมาณมาก พบว่าเปลือกกล้วยหอมประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส 56 เปอร์เซ็นต์ [24] จึงมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ สามารถผลิตและเก็บรักษาสปอร์เชื้อบริสุทธิ์ของเชื้อรา *T. harzianum* โดยลงทุนต่ำและทำได้ง่ายเกษตรกรนำไปปฏิบัติได้

เชื้อรา *T. harzianum* เจริญและสร้างสปอร์บนอาหารเปลือกกล้วยหอม 4.7×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร (1.8×10^8 สปอร์ต่อกรัมเปลือกกล้วยหอม) เมื่อนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียดและเก็บในกล่องพลาสติกปราศจากเชื้อ พบว่าสามารถเก็บรักษาสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* ระยะเวลาประมาณ 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

4. สรุป

เชื้อรา *T. harzianum* มีความเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราดินสาเหตุโรคพืชในทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ในระดับที่แตกต่างกัน แต่มีเปอร์เซ็นต์ความเป็นปฏิปักษ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง PDA, BPA และ CMCc + 2%BP ในระดับที่ไม่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากเปลือกกล้วยหอมที่หมักโดยเชื้อรา *T. harzianum* โดยกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ามีอัตราส่วน C:N เท่ากับ 35:1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 63 - 63.2 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะโพแทสเซียม (K_2O) สูงกว่าค่า

มาตรฐานที่กำหนด การที่เปลือกกล้วยหอมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ระดับที่สูงมาก ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพจากเปลือกกล้วยหอมจึงมีคุณสมบัติเหมาะสมใช้ในการผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์และเพื่อการเก็บรักษาสปอร์ของเชื้อรา *T. harzianum*

ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วยหอมมีจำนวนสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* ประมาณ 4.7×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร (1.8×10^8 สปอร์ต่อกรัมเปลือกกล้วยหอม) โดยสามารถเก็บรักษาสปอร์อบแห้งที่อยู่ในรูปปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพไว้ที่อุณหภูมิห้องในกล่องพลาสติกปราศจากเชื้อได้นานประมาณ 1 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอดีตท่านอธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ศาสตราจารย์ ดร.ถวิล พึ่งมา สนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการพัฒนาบุคลากรของสถาบัน และคุณเวฬุ หงษ์ร้อน เจ้าหน้าที่วิจัยและบริการวิชาการ ให้ความเอื้อเฟื้อ ทำงานติดต่อประสานงานช่วยเหลือจนงานสามารถประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิลาลินี ภูษชอภัย และ นพกานต์ ศรีสุขวัฒนานนท์. (พ.ศ.- ม.ย. 2546) ปุ๋ยหมักจากเปลือกกล้วยการแปรรูปให้เป็นโอกาสของชุมชนตำบลหนองตม. ศูนย์บริการข้อมูลเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ (RISE-AT). Internet: <http://www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl/2003/06/02.php> [April 5, 2011].
- [2] พิชญ เทพทอง. (2549). ทำปุ๋ยหมักจากเปลือกกล้วย. Regional Information Service Centre for Southeast Asia on Appropriate Technology Internet: <http://www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl/2001/03/article3.htm> [April 5, 2011].
- [3] เจริญทอง สิงห์จามุวงศ์, และ จิราภรณ์ สอดจิตร์. (2554). การผลิตเซลล์ูโลสจากเปลือกกล้วย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(3) (พิเศษ), 741-744.

- [4] ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, วัฒนพงษ์ รัชย์วิเชียร, บงกช ประสิทธิ์, ยุวดี คงมัน, และอัญชลี เทียนภู. (2544) . การศึกษาเพื่อพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากเปลือกกล้วยในเขตจังหวัดสุโขทัย. *พืชนานาชาติ*: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [5] วิภา สุโรจน์เมธากุล, และ ชิดชม อีรางะ. (2537). การสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย . *วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์)*, 28(4), 578-586.
- [6] ศักดิ์ชัย ขอดมีกลิ่น, ชำรง เปรมปรีดิ์, นฤมล พินเนียม ชนะไพฑูรย์, และละอองทิพย์ มัทธูรศ. (2553). การจัดการเทคโนโลยีการแบนกล้วยตากระดับชุมชน . *วารสารคุณภาพชีวิตกับกฎหมาย*, 6(2), 190-198.
- [7] จิระเดช แจ่มสว่าง. (2546). การควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. โครงการเกษตรสู่ชาติ โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีชีวภาพและชีวภัณฑ์ในการจัดการศัตรู พืชเพื่อทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- [8] สุวิดา แสไพศาล, วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ และพัฒนา ศรีฟ้า สุนเอนอร์. (2011). การชักนำให้มะเขือเทศสร้างความต้านทานโรคใบจุดเป่ากระสุนโดยเชื้อ *Trichoderma* spp. และกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยสลาย. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 16 (3), 261-270.
- [9] Pandya, J.R., Sabalpara, A.N., & Chawda, S.K. (2011). *Trichoderma* : a particular weapon for biological control of phytopathogens. *Journal of Agricultural Technology*, 7(5), 1187-1191.
- [10] Trillas, M. I, Casanova, E., Cotxarrera, L., Ordovas, J., Borrero, C. & Aviles, M. (2006). Composts from agricultural waste and the *Trichoderma asperellum* strain T-34 suppress *Rhizoctonia* in cucumber seedlings. *Biological Control*, 39: 32-38.
- [11] Pukahuta, C., Limtong, S., Suwanarit, P., & Nutralaya, S. (2000) Species diversity of *Trichoderma* contaminating shiitake production houses in Thailand. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 34 (4), 478-485.
- [12] Kredics L., Garcia Jimenez L., Nacimi S., Czifra D., Urban P., Manczinger L., Vágvölgyi C., & Hatvani L. (2010) . A challenge to mushroom growers, the green mould disease of cultivated champignons. In, Current Research, Technology and Education Topics in *Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. (A. Mendez-Vilas ed.), 295–305.
- [13] Monte, E., & Llobell, A. (2003). *Trichoderma* in organic agriculture. In *V World Avocado Congress, 19-24 October*. (pp. 725-733). Málaga, Spain.
- [14] Samuels GJ. (1996). *Trichoderma*: A review of biology and systematic of the genus. *Mycological Research*, 100 : 923-935.
- [15] Singhanian, R. R., Sukumaran, R. K., Pillai, A., Prema, P., Szakacs, G. & Pandey, A. (2006). Solid-state fermentation on lignocellulosic substrates for cellulase production by *Trichoderma reesei* NRRL-11460. *Indian Journal of Biotechnology*, 5(4), 332-336.
- [16] Essien, J.P., E.J. Akpan, & Essien, E.P. (2005). Studies on mould growth and biomass production using waste banana peels. *Bioresource Technology*, 96: 1451-1456.
- [17] Tapre, A.R., & Jain, R.K. (2012). Study of advanced maturity stages of banana. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 1(3): 272.
- [18] Kasana, R. C. , Salwan, R., Dhar, H., Dutt, S. & Gulati A. (2008). A rapid and easy method for the detection of microbial cellulases on agar plates using gram's iodine. *Current Microbiology*, 57: 503-507.
- [19] Bell, D.K., Wells, H.D. & Markham, C.R. (1982) . In vitro antagonism of *Trichoderma* spp. against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, 72: 379-382.

- [20] Wilson, DB. (2011). Microbial diversity of cellulose hydrolysis. *Current Opinion in Microbiology*, 14(3), 259-63.
- [21] Yoon, J. H., Park, J. E., Suh, D. Y., Hong, S. B., Ko, S. J., and S. H. Kim. (2007). Comparison of dyes for easy detection of extracellular cellulases in fungi. *Mycobiology*, 35(1), 21-24.
- [22] Garden web home page. (2013). *How do I know the difference between greens and browns ?*. Internet: <http://faq.gardenweb.com/faq/lists/organic/2002091508030485.html> [May 5, 2011].
- [23] Said, D.S. (2007). Spore production of biocontrol agent *Trichoderma hazianum*; Effect of C/N ratio and glucose concentration. *Jurnal Rekayasa Kimia*, 6(1), 35 – 40.
- [24] Goewert, R.R. & Nicholas H.J. (1980). Banana peel sugars as a source of food stuff for animals or humans. *Nutrition Report International*, 22 (2), 207–212.

ประวัติผู้เขียนบทความ

ดร. ศิริพรรณ โสภณเสถียร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ.(เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระดับปริญญาโท วท.ม (วิทยาศาสตร์) สาขาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระดับปริญญาเอก Doctor of Philosophy in Natural Environment, Ph.D. Chiba University, Japan. ปัจจุบันรับราชการเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

งานวิจัยที่สนใจ จุลชีววิทยาเกษตรสิ่งแวดล้อม