บทความวิจัย (Research Article)

น้ำหมักชีวภาพกระตุ้นการเจริญและเพิ่มความต้านทานโรคในกล้วยหอมทอง

Biofermented Solution Enhances Growth and Disease Tolerance of Hom-Thong Banana

เกวลิน อินทนนท์*

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์ลำปาง ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง 52190

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Kewalin Inthanon*

Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Lampang Campus, Pong Yang Khok, Hang Chat, Lampang, 52190

Thanpisit Phuangchik

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Received: December 18, 2018; Accepted: January 11, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษาการพัฒนาสูตรน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 2 สูตร จากสารละลายหัวเชื้อเข้มข้นของกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (effective microorganism, EM) จำนวน 2 ชนิด (EM1 และ EM2) โดยสูตรน้ำหมักชีวภาพที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้มีชื่อว่า BM-1 และ BM-2 โดย BM-1 แสดงค่า pH ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด (pH 6) เมื่อเทียบกับสูตรเดิม (EM1) ส่วน BM-2 มีค่า pH ใกล้เคียงกับสูตรเดิม (pH 3.6-4.8) ผลการตรวจสอบกลุ่มจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ สูตร BM-1 พบจุลินทรีย์ จำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ lactic acid bacteria, yeast, actinomycetes และ fermenting fungi โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่มของ fungi มากที่สุด ส่วนในน้ำหมักสูตร BM-2 พบจุลินทรีย์จำนวน 5 กลุ่ม โดยมีจุลินทรีย์ จำนวน 4 กลุ่ม คล้ายกับ BM-1 และมีจุลินทรีย์ในกลุ่มของ photosynthetic bacteria เพิ่มขึ้นอีก 1 กลุ่ม ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์ในกลุ่มอื่น ๆ เมื่อนำน้ำหมักไปทดสอบประสิทธิภาพกระตุ้นการเจริญของต้นกล้วยหอมทอง โดยเพาะต้นกล้วยสูงประมาณ 1.5 เมตร และให้น้ำหมัก BM-1 และ BM-2 ทางราก 1 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 6 เดือน จากนั้นจึงนำไปทดสอบการต้านทานโรคของต้นกล้วยด้วยเทคนิคทางชีวเคมี พบว่าต้นกล้วยที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพ BM-2 มีปริมาณของเอนไซม์เพอร์ออกไซด์ (peroxide, PO) และโพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO)

**Corresponding author: kelly_inthanon@hotmail.com*
DOI: 10.14456/tjst.2019.42

เพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด ($p \leq 0.05$) และเมื่อตรวจสอบผลการกระตุ้นการเจริญ พบว่าต้นกล้วยที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตร BM-2 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันของเส้นผ่านศูนย์กลางกับขนาดลำต้นเมื่อเปรียบเทียบกับ BM-1

คำสำคัญ : กล้วยหอมทอง; น้ำหมักชีวภาพ; กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ; กล้วย; ความต้านทานโรค

Abstract

The novel 2 formulas of the effective biofermented solutions, BM-1 and BM-2, were developed from 2 types of concentrated effective microorganism (EM) solutions (EM1 and EM2). Acid-base properties of the concentrated EM (EM1 and EM2) and the new formulas (BM-1 and BM-2) were evaluated. The BM-1 displayed higher pH value (pH 6) in comparison to that of EM1 while BM-2 showed the pH value similar to that of EM2 (pH 3.6-4.8). Types of microorganisms in both BM-1 and BM-2 were determined. Four groups of microorganisms, i.e. lactic acid bacteria, yeast, actinomycetes and fermenting fungi (as a major), were demonstrated in BM-1. For BM-2, it was also found the same 4 groups of microorganisms, together with photosynthetic bacteria as a major. Growth enhancement and disease resistance efficiency of the BM-1 and BM-2, were performed through Hom-Thong banana (Kluai Hom-Thong). Young offshoots with 1.5-meter height were cultivated and repeatedly nourished by BM-1 and BM-2 *via* root absorption once a week, for 6 months. Thereafter, leaves from each treatments were extracted and evaluated the amount of peroxide (PO) and polyphenol oxidase (PPO) by biochemical techniques. The results revealed that BM-2 increased the production of PO and PPO in the highest amount ($p \leq 0.05$). In addition, BM-2 enhanced the height of the trunk but not the diameter in comparison to BM-1.

Keywords: Kluai Hom-Thong; biofermented solution; effective microorganism; banana; disease resistance

1. คำนำ

ปัจจุบันกล้วยหอมทองถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศของประเทศไทย สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศ มีการเจริญเติบโตเร็วให้ผลผลิตสูงเป็นพืชที่ได้รับความนิยมในการบริโภคและมีความต้องการของตลาดสูง มีคุณลักษณะที่ดีเด่น ได้แก่ ผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักผลมาก แต่ละผลเรียงตัวกันในหวีอย่างเป็นระเบียบ ผลมีสีเหลืองทองสวยงาม รสชาติดี มีกลิ่นหอมเหมาะสมแก่การรับประทาน (อภิชาติ และจันทรา, 2556) นอกจากนี้กล้วยหอมทองยังมีสรรพคุณทางยารักษาโรคหลายอย่างและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ จากข้อมูลทางสถิติพบว่ามีการส่งออกกล้วยหอมทองคิดเป็นมูลค่า 81.80 ล้านบาท จากพื้นที่ปลูก 37,020 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) และมีแนวโน้มการผลิตและการส่งออกเพิ่มมากขึ้น

ในระบบการผลิตกล้วยหอมทองมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณ

มาก ส่งผลให้กล้วยหอมทองมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันต้นกล้วยจะอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของศัตรูพืช จึงมักประสบปัญหาโรคและแมลงศัตรูระบาด ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตโดยตรง เช่น พื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองในบริเวณคลองสิบสาม จังหวัดปทุมธานี มีการปลูกกล้วยหอมทองต่อเนื่องกันมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว การใช้วิธีการควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรควิธีการเดียว เช่น การใช้สารเคมีกำจัดโรคพืช อาจมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากยังไม่ทราบสาเหตุของความเสียหายที่เกิดกับกล้วยหอมทองที่แท้จริง ระบบนิเวศในแหล่งปลูกเป็นอย่างไร แนวทางในการจัดการและช่วยป้องกันการเกิดโรคและแมลงศัตรูมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การจัดการศัตรูพืชด้วยชีววิธีและการจัดการธาตุอาหารในดิน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการใช้ธาตุอาหารสำหรับระบบการผลิตกล้วยหอมทองอย่างเหมาะสม ลดการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ ตลอดจนยังสามารถลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้อีกด้วย หรือการจัดการด้วยการปรับสมดุลในระบบนิเวศขึ้นใหม่โดยชีววิธีผสม ผสานกับวิธีการควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรควิธีการอื่น ๆ น่าจะเป็นแนวทางอย่างหนึ่งที่จะควบคุมให้ปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคไม่ให้มีปริมาณเกินกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดความสูญเสียต่อผลผลิต

โรคที่เกิดในกล้วยเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียและคุณภาพของกล้วย จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในกล้วยมีมากมายหลายชนิด การควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคกล้วยด้วยชีววิธี เช่น การใช้น้ำหมักชีวภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonist microorganism) เพื่อต่อต้านหรือป้องกันการเกิดโรคกล้วยนั้น จัดได้ว่าเป็นเรื่องที่ท้าทายสำหรับการเกษตรอินทรีย์ฉลาดสมัยใหม่ (smart modern agriculture) เนื่องจากจะต้องมีการคัดเลือกกลุ่มของจุลินทรีย์ที่จะนำไปใช้ อัตราส่วนของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่ม และส่วนผสมอื่น ๆ ที่จะต้องไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง เป็นมิตรต่อผู้บริโภคและเกษตรกร ซึ่งควรเป็นส่วนผสมระหว่างจุลินทรีย์หลาย ๆ กลุ่ม ที่มีคุณลักษณะเด่น หรือมีข้อดีแตกต่างกันไป ร่วมกับการใช้สารสกัดจากธรรมชาติเป็นหลัก เช่น การใช้น้ำหมักชีวภาพที่มีส่วนผสมของแบคทีเรียสายพันธุ์ *Pseudomonas fluorescens* และ *Bacillus subtilis* ในการควบคุมโรคที่เกิดจากไวรัสในกล้วย (Nel *et al.,* 2006) นอกจากนี้ยังพบว่าจุลินทรีย์บางสายพันธุ์สามารถตรึงไนโตรเจน ใช้ฟอสฟอรัส และผลิตสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่ช่วยในการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืชได้ด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่มีฤทธิ์ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตและ/หรือช่วยต้านจุลินทรีย์ก่อโรคของกล้วยหอมทองทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและแปลงเพาะปลูก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรน้ำหมักชีวภาพจำนวน 2 สูตร จากสารละลายหัวเชื้อเข้มข้นของกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (effective micro organism, EM) จำนวน 2 ชนิด (EM1 และ EM2) โดยหัวเชื้อเข้มข้นดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจัดจำหน่ายตามท้องตลาด และเนื่องด้วยเหตุผลทางการค้าและสิทธิบัตรจึงไม่สามารถระบุชื่อยี่ห้อของหัวเชื้อทั้ง 2 ชนิด ส่วนสูตรน้ำหมักชีวภาพที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จะใช้ชื่อย่อว่า BM-1 และ BM-2 เพื่อแทนชื่อน้ำหมักสูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และจะใช้ชื่อย่อนี้ตลอดงานวิจัย

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

2.2.1 การพัฒนาสูตรน้ำหมักชีวภาพ

(1) เตรียมสารละลายกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ BM-1 และ BM-2 ด้วยการผสมหัว

เชื้อของจุลินทรีย์ลงไปในถังหมักขนาด 150 ลิตร โดยใช้จุลินทรีย์ปริมาตร 7.5 ลิตร (คิดเป็นอัตราส่วน 1/20 ส่วน)

(2) ผสมส่วนต่าง ๆ ลงในถังหมัก ได้แก่ มะละกอสุกหั่น กล้วยหั่น ฟักทองหั่น และกากน้ำตาล โดยส่วนผสมต่าง ๆ จะใช้ในอัตราส่วนที่เท่า ๆ กัน ทั้งน้ำหมักสูตร BM-1 และ BM-2 แล้วเติมน้ำลงไปในถังหมักจนได้ปริมาตรครบ 150 ลิตร

(3) กวนส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากันด้วยเครื่องกวน ด้วยความเร็ว 160 rpm จนมองเห็นเป็นสารละลายเนื้อเดียว

(4) ปิดถังหมักให้สนิท อย่าให้มีอากาศเข้า บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30-37 องศาเซลเซียส และหมักไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 60 วัน โดยห้ามเปิดถังหมักตลอดระยะเวลาของการหมัก

(5) เมื่อครบเวลาที่กำหนด จะได้น้ำหมักที่มีลักษณะเป็นสารแขวนลอยสีน้ำตาล มีฟองฝ้าขาวขุ่นลอยอยู่ด้านบน กลิ่นต้องไม่เหม็นเน่า ซึ่งเป็นลักษณะของน้ำหมักชีวภาพที่พร้อมใช้งาน

(6) นำน้ำหมักที่ได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) และบันทึกผล

2.2.2 การตรวจสอบกลุ่มจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ

จากการทดลองข้อ 2.2.1 จะได้น้ำหมักชีวภาพ จำนวน 2 สูตร ได้แก่ BM-1 และ BM-2 ซึ่งจะนำไปตรวจสอบชนิดของกลุ่ม EM โดยใช้ spread plate technique แล้วจำแนกจุลินทรีย์ออกเป็นกลุ่มด้วยการทดสอบสมบัติบางประการทางชีวเคมีตามวิธีการของ Paul (1999)

2.2.3 การเตรียมต้นกล้วยในระดับแปลงปลูกเพื่อทำการทดลอง

เพาะหน่อกล้วยที่มีความสูงประมาณ 1 เมตร จำนวน 15 ต้น ลงในแปลงทดลอง ให้แต่ละต้นมีความห่างต้นละ 2 เมตร แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม (treatment, Tr) กลุ่มละ 3 ต้น (n = 3) ดังตารางที่ 1 ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการทดลอง (BM-1, BM-2, EM1 และ EM2) คือ 1 ส่วนของน้ำหมัก ต่อ 20 ส่วนของน้ำประปา และต้องเตรียมใหม่ ๆ ทุกสัปดาห์ ก่อนนำไปรดต้นกล้วย โดยใช้น้ำหมักที่เจือจางแล้วปริมาตร 10 ลิตร ต่อ ต้นกล้วย 1 ต้น จากนั้นจึงเพาะเลี้ยงต้นกล้วยในสภาวะดังกล่าว เป็นเวลาอย่างน้อย 4-6 เดือน หรือจนได้ผลผลิต แล้วนำไปทดลองและเก็บข้อมูลตามหัวข้อต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การออกแบบชุดการทดลองในระดับแปลงกล้วย

กลุ่มทดลอง (treatment, Tr)	สภาวะในการทดลอง (1 ครั้ง/สัปดาห์)
1 (Tr1)	ได้รับ BM-1 ทางราก
2 (Tr2)	ได้รับ BM-2 ทางราก
3 (Tr3)	ได้รับหัวเชื้อ EM1 ทางราก
4 (Tr4)	ได้รับหัวเชื้อ EM2 ทางราก
5 (Tr5)*	ได้รับน้ำประปาทางราก

*กลุ่มควบคุมเชิงลบ

2.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพการต้านทานโรคของต้นกล้วยด้วยเทคนิคทางชีวเคมี

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบปริมาณหรือการแสดงออกของเอนไซม์ที่มีฤทธิ์ในการต้านทานเชื้อก่อโรคในกล้วย จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ peroxide (PO) (Hammerschmidt *et al.,* 1982) และ polyphenol oxidase (PPO) (Mayer *et al.,* 1966) โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

(1) เมื่อกล้วยมีอายุประมาณอายุ 6 เดือน จึงเก็บตัวอย่างใบกล้วย ชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 1 กรัม นำมาบดให้ละเอียด

(2) เติมสารละลาย 1.0 M sodium phosphate buffer (pH 7.0) ผสมให้เข้ากัน

(3) นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที

(4) เก็บส่วนที่เป็นสารละลายด้านบนไว้ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเอนไซม์ PO และ PPO ด้วยเทคนิคมาตรฐานตามวิธีการของ Zieslin and Ben-Zaken (1993)

(5) เอนไซม์ที่สกัดได้สามารถนำไปเก็บไว้ที่ -70 °C เป็นเวลาไม่เกิน 2 สัปดาห์

(6) การทดสอบประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเจริญของต้นกล้วย

เมื่อต้นกล้วยอายุประมาณ 6 เดือน จึงบันทึกการทดลองด้วยการวัดอัตราการเจริญ ได้แก่ ความสูง และขนาดของลำต้น ในกลุ่มทดลองที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำประปา ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเชิงลบการ

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลเชิงปริมาณทั้งหมดนำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (mean ±SD) จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย student's t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 % ($p \leq 0.05$)

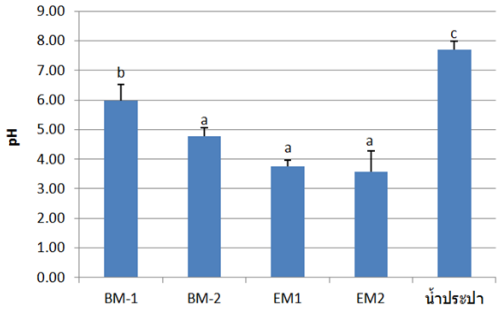
3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการพัฒนาสูตรน้ำหมักชีวภาพ

เมื่อครบกำหนดเวลาของการบ่ม จะนำน้ำหมักทั้ง 2 สูตร มากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อให้ได้สารละลายสีน้ำตาลใส เมื่อวัดค่า pH (รูปที่ 1) พบว่าหัวเชื้อน้ำหมักทั้ง 2 ชนิด (EM1 และ EM2) และน้ำหมักสูตรใหม่ (BM-2) มีค่า pH ใกล้เคียงกัน ส่วน BM-1 แสดงค่า pH ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำประปาที่ใช้เป็นกลุ่มควบคุมในการทดลอง

3.2 ผลการตรวจสอบกลุ่มจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ

เมื่อนำน้ำหมักชีวภาพสูตร BM-1 และ BM-2 มาแยกจุลินทรีย์ออกเป็นกลุ่มตามสมบัติบางประการทางชีวเคมี ได้ผลดังตารางที่ 2 ในน้ำหมักชีวภาพสูตร BM-1 มีจุลินทรีย์ จำนวน 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ lactic acid bacteria, yeast, actinomycetes และ fermenting fungi โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่มของ fungi มากที่สุด ส่วนในน้ำหมักสูตร BM-2 พบจุลินทรีย์ จำนวน 4 กลุ่ม คล้ายกับ BM-1 แต่มีจุลินทรีย์ในกลุ่มของ photosynthetic bacteria เพิ่มขึ้นอีก 1 กลุ่ม ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่พบใน BM-1 นอกจากนี้ในน้ำหมัก BM-2 ยังมี photosynthetic bacteria จำนวนมากกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นอีกด้วย



รูปที่ 1 ค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพ BM-1 และ BM-2 เมื่อเปรียบเทียบกับหัวเชื้อน้ำหมักชีวภาพสองสูตร (EM1 และ EM2) โดยใช้น้ำประปาเป็นกลุ่มควบคุม (อักษร a, b, c แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

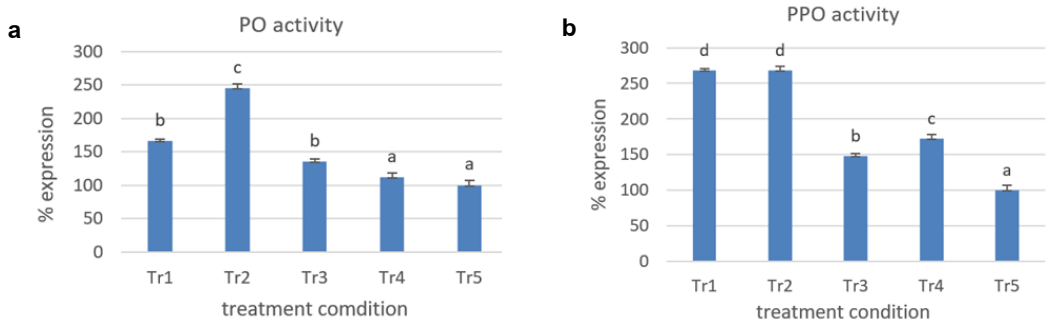
ตารางที่ 2 กลุ่มของจุลินทรีย์และปริมาณที่พบในน้ำหมักชีวภาพสูตร BM-1 และ BM-2

กลุ่มของจุลินทรีย์	ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบ (CFU/ml)	
	BM-1	BM-2
Lactic acid bacteria	$1.4 \pm 0.4 \times 10^4$	$2.1 \pm 1.1 \times 10^4$
Photosynthetic bacteria	0	$^*5.8 \pm 0.9 \times 10^4$
Yeast	$3.6 \pm 1.2 \times 10^3$	$2.4 \pm 2.4 \times 10^3$
Actinomycetes	$2.6 \pm 0.6 \times 10^3$	$1.5 \pm 0.4 \times 10^3$
Fermenting fungi	$^*7.1 \pm 1.7 \times 10^5$	$4.0 \pm 1.2 \times 10^3$

*แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด ($p \leq 0.05$)

3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้านทานโรคของต้นกล้วยด้วยเทคนิคทางชีวเคมี

ผลจากการตรวจสอบปริมาณหรือการแสดงออกของเอนไซม์ peroxide (PO) และ poly phenol oxidase (PPO) จากใบกล้วยอายุ 6 เดือน พบว่าต้นกล้วยที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพ BM-2 (Tr2) มีปริมาณของ PO เพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ ต้นกล้วยที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพ BM-1 (Tr1) ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 2a) ซึ่งเมื่อตรวจสอบปริมาณ PPO ก็พบว่าให้ผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน คือ กลุ่มที่ได้รับ BM-1 (Tr1) และ BM-2 (Tr2) มีปริมาณของ PPO สูงสุด ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 2b) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากกราฟยังแสดงให้เห็นอีกว่าการเติมหัวเชื้อน้ำหมักทั้ง EM1 (Tr3) และ EM2 (Tr4) นั้น ยังช่วยเพิ่มปริมาณของเอนไซม์ PO และ PPO ในใบกล้วยเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Tr5) (รูปที่ 2)



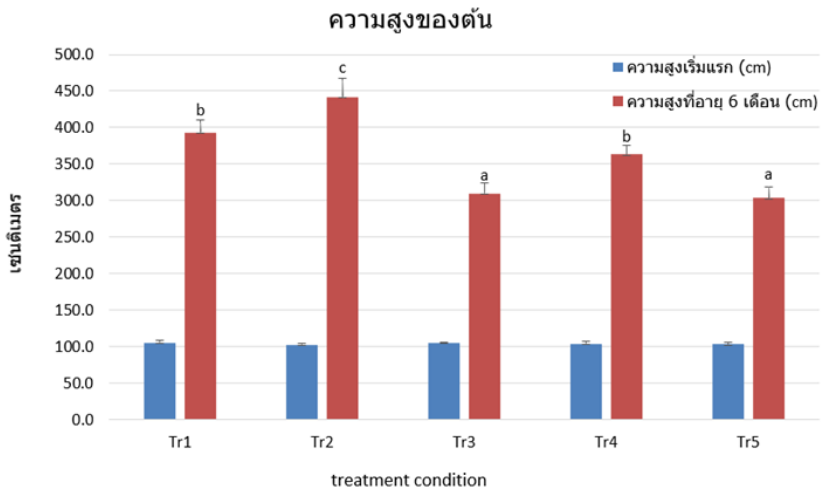
รูปที่ 2 ร้อยละปริมาณหรือการแสดงออกของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิต้านทานการเกิดโรคในต้นกล้วยหอมทอง ได้แก่ (a) peroxide (PO) และ (b) polyphenol oxidase (PPO) [สัญลักษณ์ a, b, c, d แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)]

3.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเจริญของต้นกล้วย

ก่อนเริ่มทดลองได้เลือกต้นกล้าของกล้วยที่มีความสูงเท่าๆ กัน (ประมาณ 100 เซนติเมตร) มาปลูกลงในแปลง และเมื่อครบระยะเวลา 6 เดือน จึงวัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นในแต่ละกลุ่มการทดลอง (รูปที่ 3) ผลที่ได้พบว่าต้นกล้วยที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตร BM-2 (Tr2) มีผลให้ต้นกล้วยมีความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ ต้นกล้วยที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตร BM-1 (Tr1) และได้รับหัวเชื้อ EM2 ส่วนต้นที่ได้รับ EM1 มีความสูงไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับเฉพาะน้ำประปา ($p \leq 0.05$) และเมื่อตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้วยเปรียบเทียบกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง กลับพบว่าได้ผลที่ไม่ต่างกันมากนัก (รูปที่ 4) กล่าวคือ ลำต้นของทุกกลุ่มทดลองมีขนาดไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

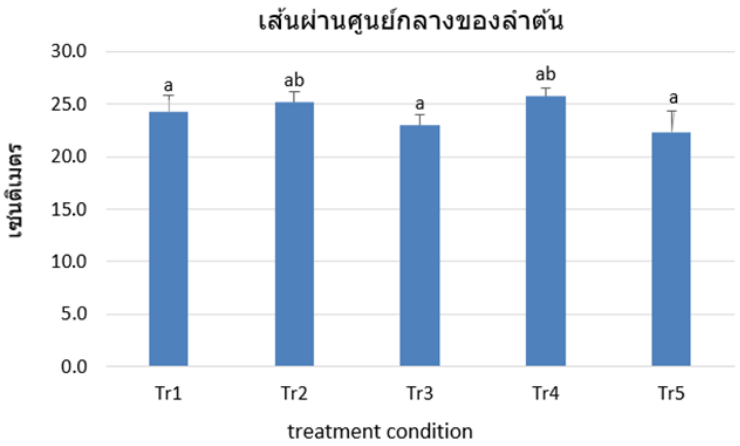
4. วิจารณ์

ผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้ ได้แก่ BM-1 และ BM-2 ได้พัฒนาและปรับปรุงจากหัวเชื้อน้ำหมักจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ 2 ชนิด ที่แตกต่างกัน (EM1 และ EM2) ซึ่งจากผลการทดลองได้ระบุให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของหัวเชื้อน้ำหมักทั้ง 2 ชนิด คือ EM1 และ EM2 ตามลำดับ โดยพบว่าน้ำหมัก BM-1 และ BM-2 นั้น แสดงสมบัติและให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะองค์ประกอบของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อน้ำหมักตั้งต้น จึงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการหมักที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะใช้วัตถุดิบ



	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5
ความสูงเริ่มแรก (cm)	105.6 ± 4.0	102.5 ± 2.2	105.1 ± 1.7	104.5 ± 3.5	103.4 ± 2.6
ความสูงที่อายุ 6 เดือน (cm)	393.3 ± 17.0	441.7 ± 25.5	309.7 ± 14.5	363.1 ± 12.5	303.5 ± 15.5

รูปที่ 3 กราฟแสดงความสูงของต้นกล้วยในแต่ละกลุ่มทดลองทั้งก่อนนำไปเพาะและหลังเพาะเลี้ยงลงในแปลงเป็นเวลา 6 เดือน [สัญลักษณ์ a, b, c, d แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$); ตัวเลขในตารางแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน]



	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5
เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (cm)	24.3 ± 1.5	25.2 ± 1.0	23.2 ± 1.1	25.8 ± 0.7	22.4 ± 2.0

รูปที่ 4 กราฟแสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้วยในแต่ละกลุ่มทดลองหลังทำการเพาะเลี้ยงลงในแปลงเป็นเวลา 6 เดือน [สัญลักษณ์ a, b, c, d แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$); ตัวเลขในตารางแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน]

และสภาวะในการผลิตให้เหมือนกันก็ตาม จุลินทรีย์ในแต่ละกลุ่มก็จะมีหน้าที่และบทบาทแตกต่างกันไปในระบบนิเวศ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การบำบัดน้ำเสีย (Higa and Chinen, 1998) การปรับปรุงสมดุลของดิน (Higa and Wididana, 1991) การเพิ่มแร่ธาตุหรือสารอาหารในพืช เช่น เพิ่มการสร้างสารโพแทสเซียมในใบกล้วย (Formowitz *et al*., 2007) เพิ่มการสะสมคลอโรฟิลล์และการสร้างโปรตีนในพืช (Hendry *et al*., 1987) การจำกัดวัชพืชและศัตรูพืชบางชนิด เช่น Pickle worms (*Diafonia nitridalis*) ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่พบบ่อยในแตงกวาและเมล่อน (Wood *et al*., 1997) อีกทั้งยังสามารถควบคุมการเจริญของกลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิดในพืช เช่นโรค black Sigatoka ในต้นกล้วยที่เพาะปลูกในประเทศแถบละตินอเมริกา (Cavero *et al*., 2015)

นอกจากนี้ยังพบว่า BM-2 และ BM-1 ยังสามารถชักนำให้ต้นกล้วยสร้างสาร peroxide (PO) และเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการเสริมภูมิคุ้มกันโรคในกล้วยอีกด้วย โดยมีงานวิจัยหลายฉบับได้รายงานว่าปริมาณของ PO และ PPO ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นกล้วยมีความต้านทานในการเกิดโรค Fusarium wilt และ Panama wilt ด้วย (Sariah *et al*., 2001; Saravanan *et al*., 2004; Kavino *et al*., 2011) เมื่อพิจารณาในแง่ของการกระตุ้นการเจริญของกล้วยที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพ BM-1 และ BM-2 พบว่ามีความสูงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้วยที่ได้รับหัวเชื้อน้ำหมักและน้ำประปา ส่วนหนึ่งมีผลมาจากกลุ่มของจุลินทรีย์ที่เข้าไปเพิ่มแร่ธาตุในดินให้อุดมสมบูรณ์มากขึ้น พร้อมทั้งปรับสภาพของดินให้เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของต้นกล้วย (Smith and Read, 2008; Javaid, 2009) และวัตถุดิบที่เพิ่มลงไปในการหมัก ไม่ว่าจะเป็นมะละกอ สับปะรด และอื่น ๆ ซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจน (Postgate, 1998) และสารประกอบซัลเฟอร์ (Falih and Wainwright, 1995) ที่จุลินทรีย์บางชนิดสามารถนำไปใช้สร้างเป็นสารคล้ายฮอร์โมนได้ รวมทั้งยีสต์บางสายพันธุ์ที่เป็นส่วนประกอบของน้ำหมักเอง ก็ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytophormone) ได้ เช่น IAA และ auxin เมื่อมีแหล่งอาหารที่มีสารสำคัญเป็นองค์ประกอบหลัก และอยู่ภายใต้สภาวะการหมักที่เหมาะสม (Korres *et al*., 2011; Nutaratat *et al*., 2014)

5. สรุป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าน้ำหมักชีวภาพทั้ง 2 สูตร (BM-1 และ BM-2) ที่พัฒนาขึ้นได้นี้มีสมบัติในการกระตุ้นการเจริญ เพิ่มความต้านทานโรคของต้นกล้วย ซึ่งสามารถส่งเสริมให้เกิดการทำเป็นเกษตรอินทรีย์แบบยั่งยืนต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนประเภททุนวิจัยทั่วไปจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี 2560

7. รายการอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559, สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า, เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 402, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อภิชาติ ศรีสอาด และจันทรา อู่สุวรรณ, 2556, คู่มือการเพาะปลูกกล้วยเศรษฐกิจเงินล้าน, พิมพ์ครั้งที่ 1, นาคา อินเตอร์มีเดีย, กรุงเทพฯ, 144 น.

Cavero, P.A.S., Hanada, R.E., Gasparotto, L., Coelho Neto, R A. and Souza, J.T.D., 2015, Biological control of banana black Sigatoka disease with Trichoderma, Ciência

Rural 45: 951-957.

Falih, A.M.K. and Wainwright, M., 1995, Nitrification *in vitro* by a range of filamentous fungi and yeasts, Lett. Appl. Microbiol. 21: 18-19.

Formowitz, B., Elango, F., Okumoto, S., Müller, T. and Buerkert, A., 2007, The role of "effective microorganisms" in the composting of banana (*Musa* ssp.) residues, J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 649-656.

Hammerschmidt, R., Nuckles, E.M. and Kuć, J., 1982, Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagena rium*, Physiol. Plant Pathol. 20: 73-82.

Hendry, G.A., Houghton, J.D. and Brown, S.B., 1987, The degradation of chlorophyll – a biological enigma, New Phytol. 107: 255-302.

Higa, T. and Chinen, M.N., 1998, EM Treatments of Odor, Waste Water, and Environment Problems, College of Agriculture, Okinawa, Japan, University of Ryukyus.

Higa, T. and Wididana, G.N., 1991, Changes in the soil microflora induced by effective microorganisms, pp.153-161, Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

Javaid, A., 2009, Growth, nodulation and yield of black gram [*Vigna mungo* (L.) Hepper] as influenced by biofertilizers and soil amendments, Afr. J. Biotechnol. 8: 5711-5717.

Kavino, M., Manoranjitham, S.K., Balamohan, T.N., Kumar, N., Karthiba, L. and Samiyappan, R., 2011, Enhancement of growth and Panama wilt resistance in Banana by in vitro co-culturing of banana plantlets with PGPR and endophytes, pp. 277-282, In International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits 1024.

Korres, A.M., Buss, D.S., Ventura, J.A. and Fernandes, P.M., 2011, *Candida krusei* and *Kloeckera apis* inhibit the causal agent of pineapple fusariosis, *Fusarium guttiform-me*, Fungal Biol. 115: 1251-1258.

Mayer, A.M., Harel, E. and Ben-Shaul, R., 1966, Assay of catechol oxidase – a critical comparison of methods, Phytochemistry 5: 783-789.

Nel, B., Steinberg, C., Labuschagne, N. and Viljoen, A., 2006, The potential of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other biological control organisms for suppressing fusarium wilt of banana, Plant Pathol. 55: 217-223.

Nutaratat, P., Srisuk, N., Arunrattiyakorn, P. and Limtong, S., 2014, Plant growth-promoting traits of epiphytic and endophytic yeasts isolated from rice and sugar cane leaves in Thailand, Fungal Biol. 118: 683-694.

Paul, S., 1999, Bacteria in Biology, Biotechno-logy and Medicine, 6th Ed., John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Postgate, J., 1998, The origins of the unit of nitrogen fixation at the University of Sussex, Notes Rec. R. Soc. 52: 355-362.

Saravanan, T., Bhaskaran, R. and Muthusamy, M., 2004, *Pseudomonas fluorescens*

induced enzymological changes in banana roots (cv. Rasthali) against Fusarium wilt disease, Plant Pathol. J. 3: 72-80.

Sariah, M., Lim, C.L. and Tariq, S.A., 2001, Use of biochemical marker as a measure of resistance towards fusarium wilt of banana [in Malaysia], In International Workshop on the Banana Fusarium Wilt Disease, Genting Highlands Resort, Malaysia, October 18-20, 1999.

Smith, S.E. and Read, D.J., 2010, Mycorrhizal Symbiosis, Academic Press, Burlington, Massachusetts.

Wood, M.T., Miles, R. and Tabora, P., 1997, EM fermented plant extract and EM5 for controlling pickleworm (*Diaphania nitidalis*) in organic cucumber, School of Natural Resources, University of Missouri, USA and EARTH College, Limon, Costa Rica.

Zieslin, N. and Zaken, R.B., 1993, Peroxidase activity and presence of phenolic substances in peduncles of rose flowers, Plant Physiol. Biochem. 31: 333-339.