

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพราเอนโดไฟท์ (*Trichoderma phayaoense* L113)
เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรคของเมล่อน และคะน้า



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

พฤษภาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพราเอนโดไฟท์ (*Trichoderma phayaoense* L113)
เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรคของเมล่อน และคะน้า



วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

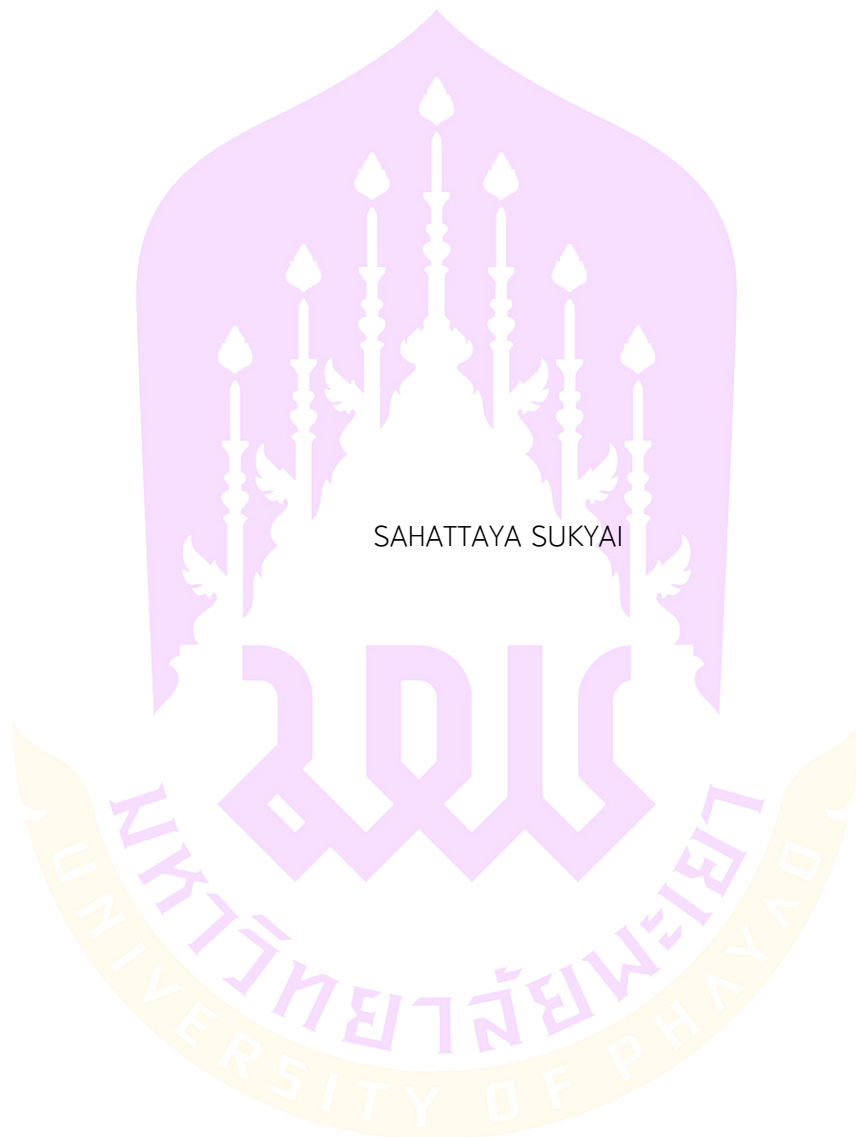
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

พฤษภาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

BIO-PRODUCT DEVELOPMENT OF THE ENDOPHYTIC FUNGUS
(*TRICHODERMA PHAYAOENSE* L113) FOR GROWTH PROMOTION
AND DISEASE CONTROL OF MELON AND CHINESE KALE



A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science Degree in Agricultural Science
May 2023

Copyright 2023 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพราเอนโดไฟท์ (*Trichoderma phayaoense* L113)
เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรคของเมล่อน และแตงน้ำ

ของ สหัทธยา สุขใหญ่

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ดร. นครินทร์ สุวรรณราช)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ เนื่องเม็ก)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. มนัส ทิตยวัชรณ)

..... คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ เนื่องเม็ก)

เรื่อง:	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพราเอนโดไฟท์ (<i>Trichoderma phayaoense</i> L113) เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรคของเมล่อน และคะน้า
ผู้วิจัย:	สหัชญา สุขใหญ่, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2565
อาจารย์ที่ปรึกษา:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ เนื่องเม็ก อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. มนัส ทิพย์วรรณ
คำสำคัญ:	ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ, ส่งเสริมการเจริญเติบโต, การควบคุมโรคด้วยชีววิธี, ไตรโคเดอร์มา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมรา *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน และ *Pythium aphanidermatum* ราสาเหตุโรคเน่าคอดินของคะน้า โดยทดสอบวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด พบว่าเวอร์มิคูไลท์ผสมแป้งข้าวเหนียว มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นสูตรการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากราเอนโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) โดยมีค่าการคงรูปในน้ำที่เหมาะสม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.21 ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.50 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งค่าความแข็งอยู่ในช่วงที่ไม่แตกหักง่ายและไม่แข็งเกินไป ต่อมาศึกษาอัตราการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบเม็ดและแบบผง โดยเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบผงและแบบเม็ด มีแนวโน้มที่จะเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิต่ำ คือเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) มากที่สุด หลังเก็บรักษานาน 12 เดือน เท่ากับ 80.33 และ 75.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์แบบเม็ดมีอัตราการมีชีวิตรอดมากกว่าแบบผงในเดือนที่ 8 เท่ากับ 51.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แบบผงมีอัตราการมีชีวิตรอด เท่ากับ 35.97 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อนและคะน้าในระดับโรงเรือน พบว่าเมล่อนที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าความสูง จำนวนใบ จำนวนข้อ น้ำหนักต้นสด น้ำหนักผลสด และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 217.8 เซนติเมตร, 28 ใบ, 27 ข้อ, 540.14 กรัม, 1.53 กิโลกรัม และ 14.70 °brix ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า พบว่าในกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดรา *T. phayaoense* มีค่าเส้นรอบวงของลำต้น เฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 14.13 มิลลิเมตร ส่วนด้านผลผลิต และน้ำหนักสดของต้นคะน้า ซึ่งมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี การแยกเชื้อกลับเพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาทั้งในเมล่อนและคะน้า ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และโครงสร้างของรากายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วยวิธีการเลี้ยงบนสไลด์ พบราไตรโคเดอร์มาบริเวณดิน ราก และลำต้น ในทั้งสองพืชทดสอบ การทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพอัดเม็ดจากราเอนโดไฟท์ *T. phayaoenses* ในการควบคุมรา *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อนในระยะต้นกล้า และรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าของคะน้า พบว่าสามารถลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Title: BIO-PRODUCT DEVELOPMENT OF THE ENDOPHYTIC FUNGUS
(*TRICHODERMA PHAYAOENSE* L113) FOR GROWTH PROMOTION
AND DISEASE CONTROL OF MELON AND CHINESE KALE

Author: Sahattaya Sukyai, Thesis: M.Sc. (Agricultural Science), University of Phayao, 2022

Advisor: Assistant Professor Dr. WIPORN PAN NUANGMEK Co-advisor Associate Professor Dr. manas
Titayavan

Keywords: bio-formulation promote growth biocontrol Trichoderma

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a biological product from the endophytic fungus *Trichoderma phayaoense* (L113) to promote growth and controls *Fusarium hainanense*, the causal agent of melon wilt, and *Pythium aphanidermatum*, the causal agent of damping off of kale. The test of suitable materials for the development of tablets biological products was evaluated. It was found that vermiculite mixed with glutinous rice flour had suitable properties to be used to develop a tablet bioproduct formulation from endophytic *T. phayaoense* (L113) with suitable aqueous stability. The pH was 6.21, which did not affect the growth of *T. phayaoense* (L113), had the electrical conductivity of 0.50 decimen per meter, which does not exceed the organic fertilizer standard. In addition, the hardness value is in the range that is not easily broken and not too hard. Study on the survival rate of *T. phayaoense* (L113) in tablets and powder form when stored at 4, 8, 28 and 40 °C, it was found that, bioproducts in powder and tablet form tends to be preserved for a long time at low temperatures, the survival rate of *T. phayaoense* (L113) after 12 months storage was 80.33 and 75.48 percent respectively. While storage at 40 °C, the tablet product survival rate was 51.12 percent higher than the powder form at the eighth month, while the powder form survival rate was 35.97 percent. Study on the effects of bioproducts on growth promotion of melon and kale in greenhouse revealed that, melons treated with *T. phayaoense* (L113) tablet bioproducts had higher significantly than other methods of the height (217.8 cm.), number of leaves (28 leaves), number of joints (27 items), fresh weight (540.14 g), fresh fruit weight (1.53 kg) and soluble solids content (14.70 °brix). While promoting the growth of kale, It was found that in the tablet formular of *T. phayaoense* (L113) had highest stem circumference (14.13 mm), productivity and fresh weight of kale which has an average value close to the method of applying chemical fertilizers. Re-isolation to determine the survival of *T. phayaoense* (L113) in both melon and kale. Study morphology. and structure of fungi under a microscope using slide culture method. *Trichoderma phayaoense* (L113) was found on soil, roots and stems in both plants tested. Testing of tablet bioproducts from *T. phayaoense* (L113) for controlling *F. hainanense*, the causal agent of wilt in melon seedling stages and *P. aphanidermatum*, the causal agent of damping off of kale, found that it could effectively reduce the severity of the disease.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ เนื่องเม็ก อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้แนะนำแนวทางการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ดูแลเอาใจใส่ และให้กำลังใจเสมอมา ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิพย์วรรณ ที่ช่วยตรวจสอบความถูกต้อง และชี้แนะแนวทางการแก้ไขของวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.นครินทร์ สุวรรณราช จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้เกียรติเป็นประธานวิทยานิพนธ์ และให้คำปรึกษาพร้อมกับคำแนะนำในการดำเนินงาน ให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ ทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความรู้ แนะนำแนวทางการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและแปลงปฏิบัติการสาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่อนุเคราะห์และให้ความช่วยเหลืองานในการใช้เครื่องมือห้องปฏิบัติการ และพี่ ๆ เจ้าหน้าที่สำนักงานธุรการทุก ๆ ท่านที่อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน ดำเนินการเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจ และขอขอบคุณรุ่นน้องเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา ที่คอยช่วยเหลืองานในด้านต่าง ๆ จนสำเร็จได้ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณ โครงการทุนพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาทุนเลขที่ MDS6210012 ที่ให้ทุนการศึกษา และค่าเล่าเรียนแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณบิดามารดาที่ให้กำลังใจ และให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าได้เล่าเรียน สู้ตายนี้ผู้วิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพะเยา สถาบันการศึกษาที่ข้าพเจ้าเล่าเรียน ให้สถานที่ และทรัพยากรในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ไม่มากนักแก่ผู้ที่สนใจ อีกทั้งขอให้ประโยชน์ และสิ่งดี ๆ ขอมอบแต่ผู้ให้โอกาส บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้ที่ให้การช่วยเหลือทุกท่าน และหากว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้ มีข้อผิดพลาดประการใด ก็ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สหัทยา สุขใหญ่

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ราเอ็นโดไฟท์ และการควบคุมโรคพืชโดยชีววิถี.....	4
การควบคุมโรคพืชโดยชีววิถี.....	5
ไตรโคเดอร์มา.....	6
การผลิตและการใช้ราไตรโคเดอร์มา	6
ลักษณะของสูตรที่เหมาะสมในการผลิตชีวภัณฑ์.....	9
คุณลักษณะของไตรโคเดอร์มาเพื่อพัฒนาสูตรชีวภัณฑ์.....	9
มาตรฐานการพัฒนาสูตรชีวภัณฑ์ของราไตรโคเดอร์มา	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	14

ศึกษาคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา <i>Trichoderma phayaoense</i> (L113) และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา <i>T. phayaoense</i> (L113).....	14
ประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113)	15
ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ต่ออาหารทดสอบ	16
การทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา <i>T. phayaoense</i> (L113).....	17
ศึกษาต้นทุนวัตถุดิบ การผลิต และผลตอบแทนในการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ปริมาณ 100 กิโลกรัม.....	18
ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากรา <i>T. phayaoense</i> (L113).....	18
การประเมินผลผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113)	19
ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา <i>Trichoderma phayaoense</i> (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรค <i>Fusarium hainanense</i> สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (พันธุ์มาดามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ระยะต้นกล้า และราก่อโรค <i>Pythium aphanidermatum</i> สาเหตุโรคเน่าคอดินในคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราศรแดง) ระยะต้นกล้า.....	21
1. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในเมล่อน (พันธุ์มาดามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ในระดับโรงเรือน.....	21
2. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราศรแดง) ในระดับโรงเรือน.....	23
3. การแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา ในพืชทดสอบ (เมล่อน และคะน้า).....	24
4. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา <i>Trichoderma phayaoense</i> (L113) ต่อการควบคุมโรคจากราก่อโรค <i>Fusarium hainanense</i> สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (ระยะต้นกล้า) ในระดับโรงเรือน และควบคุมโรคจากรา <i>Pythium aphanidermatum</i> สาเหตุโรคเน่าคอดินในคะน้าระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน.....	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29

ศึกษาคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา <i>Trichoderma phayaoense</i> (L113) และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา <i>T. phayaoense</i> (L113).....	29
ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากรา <i>T. phayaoense</i> (L113).....	41
ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา <i>Trichoderma phayaoense</i> (L113) ต่อการ ส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรค <i>Fusarium hainanense</i> สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ระยะต้นกล้า และราก่อโรค <i>Pytium aphanidermatum</i> สาเหตุโรคเน่าคอดินในคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราศรแดง) ระยะต้นกล้า ในระดับโรงเรือน.....	48
บทที่ 5 บทสรุป และอภิปรายผล.....	72
สรุปผลการวิจัย	72
อภิปรายผลการวิจัย.....	76
ข้อเสนอแนะ.....	87
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	97
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในพืชทดสอบ (เมล่อน และคะน้า) การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH (เมล่อน).....	99
ภาคผนวก ง.....	103
ภาคผนวก จ	104
ประวัติผู้วิจัย	105

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เชิงการค้าจากราไตรโคเดอร์มาที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในต่างประเทศ	7
ตาราง 2 กรรมวิธีและอัตราส่วนวัสดุเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา T. phayaoense (L113)	15
ตาราง 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุแบบเม็ด	30
ตาราง 4 การเจริญของราเอนโดไฟท์ T. phayaoense (L113) ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 60 ชั่วโมง.....	32
ตาราง 5 การสร้างจำนวนโคนีเดียของราเอนโดไฟท์ T. phayaoense (L113) ทดสอบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 สูตร	33
ตาราง 6 จำนวนโคนีเดียของรา T. phayaoense (L113) ในอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง ที่ระดับความเป็นกรด – ต่าง แตกต่างกัน.....	37
ตาราง 7 อัตราการมีชีวิตของรอดของรา T. phayaoense (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบเม็ด และแบบผง ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน	42
ตาราง 8 ประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคเหี่ยว Fusarium hainanense ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา T. phayaoense (L113) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ในอุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 เดือน.....	45
ตาราง 9 ประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคเน่าคอดิน Pythium aphanidermatum ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา T. phayaoense (L113) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ในอุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 เดือน.....	46
ตาราง 10 แสดงการเจริญเติบโตของเมล่อน ด้านความสูงของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน.....	50
ตาราง 11 จำนวนใบของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน.....	51

ตาราง 12 จำนวนข้อของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน.....52

ตาราง 13 น้ำหนักสดต้น, ราก น้ำหนักแห้งต้น, ราก และความยาวรากของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน.....54

ตาราง 14 แสดงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน หลังย้ายปลูก 75 วัน56

ตาราง 15 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา T. phayaoense (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน เมื่อต้นคะน้ามีอายุ 45 วัน.....60

ตาราง 16 การแยกเชื้อกลับการแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร).....63

ตาราง 17 การแยกเชื้อกลับการแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง)64

ตาราง 18 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกับเมล่อน 8 สายพันธุ์ในระดับโรงเรือน (หลัง ปลูกเชื้อ 7 วัน)66

ตาราง 19 การเปรียบเทียบระดับคะแนนความรุนแรงของโรคเหี่ยวในเมล่อน ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกับเมล่อน 8 สายพันธุ์ในระดับโรงเรือน (หลัง ปลูกเชื้อ 7 วัน)67

ตาราง 20 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าคอดินของคะน้า ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกับคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน .70

ตาราง 21 ระดับคะแนนความรุนแรงของโรคเน่าคอดินในคะน้า ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกับคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน 70

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 Morphology <i>Trichoderma phayaoense</i> SDBR-CMU349 (holotype). Colony on PDA (A), corn meal dextrose agar (CMD; B) and SNA (C) after 5 days of incubation at 25°C in darkness. (D, E) Phialide (arrows point), (F) Conidia, and (G, H) Chlamydospores. Scale bars (A–C) = 10 mm, (D–H) = 10 µm. MycoBank no.: 837510.	8
ภาพ 2 แสดงการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโคนีของรา <i>T. phayaoense</i> (L113)	17
ภาพ 3 รูปลักษณะของวัสดุแบบเม็ด 9 ชนิด (A เวอร์มิคูไลท์ B เวอร์มิคูไลท์+ แปะข้าวเหนียว C ซี้ล้อย D ซี้ล้อย + แปะข้าวเหนียว E กากกาแพ F กากกาแพ + แปะข้าวเหนียว G กะลาตากแพ H กะลาตากแพ + แปะข้าวเหนียว I ผักตบชวา J ผักตบชวา + แปะข้าวเหนียว K แกลบข้าวเหนียว L แกลบข้าวเหนียว + แปะข้าวเหนียว M รำข้าวเหนียว N รำข้าวเหนียว + แปะข้าวเหนียว O แกลบข้าวเจ้า P แกลบข้าวเจ้า + แปะข้าวเหนียว Q รำข้าวเจ้า R รำข้าวเจ้า + แปะข้าวเหนียว).....	31
ภาพ 4 โคโคนีเดี่ยวของราเอนโดไฟท์ <i>T. phayaoense</i> (L113) ทดสอบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 สัปดาห์..	33
ภาพ 5 การเจริญของเส้นใยรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ในอาหาร PDA (potato + glucose) (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (F) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.	34
ภาพ 6 การเจริญของเส้นใยรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ในอาหาร PDA (Difco) (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (F) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.	34
ภาพ 7 การเจริญของเส้นใยรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ในอาหาร SNA (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (F) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.....	35
ภาพ 8 การเจริญของเส้นใยรา <i>T. phayaoense</i> (L113) ในอาหาร CMDA (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (F) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.	35

- ภาพ 9 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร water agar (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (F) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.....36
- ภาพ 10 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 4.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours...37
- ภาพ 11 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 5.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours...38
- ภาพ 12 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 6.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours...38
- ภาพ 13 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 7.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.....39
- ภาพ 14 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 8.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.....39
- ภาพ 15 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 9.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours...40
- ภาพ 16 อัตราการมีชีวิตของรอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบเม็ด และแบบผง ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน43
- ภาพ 17 ทดสอบการยับยั้งราสาเหตุโรคเหี่ยว *Fusarium hainanense* และราสาเหตุโรคเน่าคอดิน *Pythium aphanidermatum* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) โดยการทดสอบด้วยวิธี dual culture plate method..... 47
- ภาพ 18 แสดงการเจริญเติบโตของเมล่อน ด้านความสูงของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน.....53
- ภาพ 19 น้ำหนักสดต้น, ราก น้ำหนักแห้งต้น, ราก และความยาวรากของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน.....55

ภาพ 20 แสดงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตร่วมชีพภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน หลังย้ายปลูก 75 วัน	57
ภาพ 21 ลักษณะเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวอายุ 75 วัน (หลังย้ายปลูก)	58
ภาพ 22 ความยาวรากของต้นเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวอายุ 75 วัน (หลังย้ายปลูก)	58
ภาพ 23 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา T. phayaense (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์ บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน เมื่อต้นคะน้ามีอายุ 45 วัน.....	61
ภาพ 24 การเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) อายุ 45 วัน ที่ปลูกในกรรมวิธีที่แตกต่างกัน ในระบบโรงเรือน	62
ภาพ 25 ลักษณะอาการเกิดโรคเหี่ยวของเมล่อนในระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน ในระดับโรงเรือน	67
ภาพ 26 แสดงลักษณะอาการเกิดโรคเหี่ยวของเมล่อน 8 สายพันธุ์ ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน ในระดับโรงเรือน	68
ภาพ 27 ลักษณะอาการเกิดโรคเน่าคอดินของคะน้า ในระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน	71



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการศึกษา

เมล่อน (*Cucumis melo* L.) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญในเชิงการค้าในหลายประเทศ (Villanueva, M.J, et al. 2020) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลตอบแทนและตลาดมีแนวโน้มต้องการบริโภคสูง (Tira-umphonand Kumthong, 2001) พื้นที่การเพาะปลูกเมล่อนในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 6,040.25 ไร่ ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 9.36 ล้านกิโลกรัม ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี นนทบุรี จันทบุรี และนครราชสีมา และมีแนวโน้มที่จะเพาะปลูกเมล่อนเพิ่มสูงขึ้นเพราะปัจจัยทางด้านราคา และมีองค์ความรู้หลายด้านที่ถูกพัฒนามากขึ้น (ทีเอ็นเอ็นออนไลน์, 2565)

คะน้า *Brassica alboglabra* เป็นเศรษฐกิจที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่จะได้ผลผลิตดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน พื้นที่การเพาะปลูกคะน้าในประเทศไทยมีทั้งสิ้น 55,000 ไร่ ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่จังหวัดนครปฐม กำแพงเพชร สุพรรณบุรี พิษณุโลก ปทุมธานี ราชบุรี ศรีสะเกษ เชียงใหม่ ฉะเชิงเทรา ขอนแก่น และสงขลา โดยมีผลผลิตปีละ 70,000 – 80,000 ตัน (ทีเอ็นเอ็นออนไลน์, 2566) จากการรายงานพบว่าผลผลิตของคะน้ามีการส่งจำหน่ายต่างประเทศมากถึง 250 ล้านบาทต่อปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) นอกจากนี้คะน้ามีความสำคัญด้านคุณค่าทางโภชนาการ โดยคะน้าประกอบด้วยสารอาหารสำคัญหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน แคลเซียม เหล็ก วิตามิน เส้นใย หรือสารประกอบเชิงซ้อน กลุ่มสารพฤกษเคมี (Phytochemical) (Acikgoz, 2011; Acikgoz and Deveci, 2011)

ประเทศไทยมีปริมาณนำเข้าสารกำจัดวัชพืชเท่ากับ 72,469 ตัน ปริมาณการนำเข้าสารกำจัดแมลงเท่ากับ 18,827 ตัน สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 18,182 ตัน วัตถุอันตรายทางการเกษตรอื่น ๆ เท่ากับ 1,462 ตัน มูลค่ารวม 24,010 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) จากข้อมูลสถิติเห็นได้ว่าปัญหาในการเพาะปลูกพืชส่วนใหญ่เกิดจากโรคและแมลง ทำให้เกษตรกรใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น และใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการของพืช และใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อเร่งการเจริญเติบโตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาดที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้น (ไฉน ยอดเพชร, 2542) อีกทั้งการจัดการโรคพืชโดยการ ใช้สารเคมีส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีแนวโน้มส่งผลให้ศัตรูพืชต้านทานต่อสารเคมีกำจัด

ศัตรูพืช (Kumar and Gupta, 2012) ภายใต้สถานการณ์การเกษตรที่เปลี่ยนแปลงไปเทคโนโลยีการใช้สารควบคุมทางชีวภาพเพื่อการจัดการศัตรูพืชที่ไม่รบกวนสมดุลของธรรมชาติ และเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ

เอนโดไฟท์ คือราหรือแบคทีเรียที่ช่วงหนึ่งหรือตลอดทั้งช่วงชีวิตอาศัยอยู่ในพืชโดยไม่ทำให้พืชแสดงอาการเป็นโรค (Wilson, 2002) ความสัมพันธ์ที่ขึ้นอยู่กับพืชอาศัยอยู่ร่วมกันแบบ symbiosis ดังนั้นราเอนโดไฟท์เป็นเชื้อที่ได้รับการพิจารณาให้เป็นทรัพยากรที่สำคัญ สำหรับการนำมาใช้เป็นสารควบคุมทางชีวภาพในการจัดการศัตรูพืช (แมลงและเชื้อโรค) และช่วยในการเพิ่มความต้านทานต่อสภาพเครียด จากปัจจัยทางกายภาพ ภัยแล้ง ความเค็ม และความร้อน (Backman and Sikora, 2008) โดยรา *Trichoderma phayaoense* (L113) เป็นเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากสาบเสือมีความสามารถผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโต Indole-3-acetic acid (IAA) และสามารถยับยั้งการเจริญราสาเหตุโรคเหี่ยวของพืชในระดับห้องปฏิบัติการและระดับแปลง (Nuangmek. et al, 2021)

ดังนั้นจึงได้นำรา *T. phayaoense* (L113) มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพ โดยการพัฒนารูปแบบ (formulation) และวิธีการใช้ (application) ที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้เพื่อใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และการชักนำให้พืชมีภูมิต้านทานโรค การพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมโรคโดยชีววิธี เพื่อเป็นวิธีทางเลือกให้แก่เกษตรกรนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตพืชที่มีความปลอดภัยต่อสุขภาพผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) ที่ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และควบคุมราก่อโรคพืชในเมล่อน และคแตร์
2. ศึกษาอัตราการรอดชีวิต และสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพ *T. phayaoense* (L113)

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุขึ้นรูปรา *T. phayaoense* (L113) เพื่อใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพ
2. ศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และควบคุมราสาเหตุโรคพืชที่ก่อโรคในเมล่อน และคแตร์

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ได้ผลิตพันธุ์ชีวภาพใหม่จากรา *T. phayaoense* (L113) เพื่อใช้ในการปลูกพืชในระบบเกษตรปลอดภัย และสร้างความยั่งยืนด้านการเกษตรปลอดภัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอนโดไฟท์

เอนโดไฟท์ คือ ราหรือแบคทีเรียที่ช่วงหนึ่งหรือตลอดทั้งช่วงชีวิตอาศัยอยู่ในพืช โดยไม่ทำให้พืชแสดงอาการเป็นโรค (Wilson, 2002) ความสัมพันธ์ที่ขึ้นอยู่กับพืชมีได้ตั้งแต่การอาศัยอยู่ร่วมกันแบบ symbiosis จนถึงการเป็นราก่อโรค ในกรณีของจุลินทรีย์ที่เป็น symbiotic อาจมีการค้นพบสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารชนิดใหม่ และไม่ค่อยมีมากที่เกิดขึ้น จากความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อและพืชอาศัยที่สนับสนุนกันและกันอยู่ ซึ่งในขณะเดียวกัน อาจมีการค้นพบสารออกฤทธิ์ที่ใหม่ และน่าสนใจที่จะนำไปใช้ทางด้านการแพทย์ อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ประโยชน์บางอย่างของสารออกฤทธิ์ที่รู้จักกันดีในตอนนี้คือ สารต่อต้าน มะเร็ง สารต่อต้านรา สารต่อต้านแบคทีเรีย สารฆ่าแมลง และสารยับยั้งภูมิคุ้มกัน (Strobel, 2002) ในเขตร้อนมีการศึกษาราคา endophytes ในพืชตระกูลขิง (Bussaban, et al. 2001) และ การศึกษาราคาเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากกล้วยป่าในประเทศไทย (Photita, et al. 2001) การศึกษาราคาเอนโดไฟท์ในเขตร้อนขึ้นปัจจุบันมีความน่าสนใจมากขึ้น

ราเอนโดไฟท์ และการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี

ราเอนโดไฟท์ (endophytic fungi) หมายถึง ราที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชโดยไม่ทำให้พืชแสดงอาการของโรค และราบางชนิดยังช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช ทำให้พืชอาศัยทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ บางชนิดอาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบภาวะพึ่งพา (ซูติมา แก้วกระจ่าง จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และธิดา เดชฮวบ, 2021) อ้างอิงจาก (Latz, et al. 2018) ราเอนโดไฟท์บางชนิดสร้างเอนไซม์ย่อยผนังเซลล์ราสาเหตุโรคพืชได้ เช่น chitinase และ β -1,3-glucanases (Bacon and White, 2000; Druzhinina, et al. 2011) เป็นแหล่งฮอร์โมนแก่ต้นพืช สร้างกลไกบางอย่างที่กระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกัน และส่งผลให้พืชต้านทานต่อแมลงศัตรูหรือเชื้อก่อโรคได้ (Ting, et al. 2008; Rogers, et al. 2011; García Parisi, et al. 2014)

ในปี ค.ศ. 2018 Pripdeevech และคณะ ได้แยกราเอนโดไฟท์ 66 ไอโซเลท จากใบทำหรือทำม้งยอดขาว แมงดาไม้หรือแมงดาต้น (*Litsea petiolata* Hook) ในจังหวัดเชียงราย ประเทศไทย พบว่าสารสกัดหยาบของราเอนโดไฟท์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งรา *Magnaporthe oryzae* สายพันธุ์ THL084 และ THL861 โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 61.96 และ 31.74 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังมีรายงานการนำราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากโสมจีนมาใช้ในการควบคุมโรคของโสมจีน โดยการสกัดสารเมแทบอลิต์จากราเอนโดไฟท์ที่แยกได้แล้วนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบการเป็นปฏิปักษ์ต่อราสาเหตุโรคในโสมจีน ได้แก่ *Alternaria panax*, *Botrytis cinerea*, *Collectotrichum panacicola*, *Cylindrocarpon destructans*, *Rhizoctonia solani* และ *Phoma terrestris* ซึ่งพบว่ามีราเอนโดไฟท์ 6 ชนิดที่สามารถยับยั้งราสาเหตุโรคของโสมจีน (Park, 2015) เห็นได้ว่าราเอนโดไฟท์มีสมบัติในการเป็นปฏิปักษ์ต่อราสาเหตุโรคพืช และสามารถนำมาใช้ควบคุมราสาเหตุโรคพืชแบบชีววิธี

ปัจจุบันมีผู้ให้ความสนใจศึกษาราเอนโดไฟท์ที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชจำนวนมาก เช่น การค้นพบราเอนโดไฟท์จากโสม (*Sesbania javanica*) ที่มีความสามารถยับยั้งรา *Bipolaris maydis* สาเหตุโรคไหม้ของข้าวโพด *Alternaria alternata* สาเหตุโรคผลเน่าของสาลี่ *Fusarium oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ *Phytophthora palmivora* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน *Rhizoctonia solani* สาเหตุโรคกาบใบแห้งของข้าวโพด และ *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคโคนเน่าของถั่วเขียว (ชุตินา แก้วกระจ่าง จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และธิดา เดชชวบ, 2021)

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี

การนำเชื้อปฏิปักษ์ (antagonist) ชนิดหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติในบริเวณผิวพืชส่วนเหนือดินบริเวณรากและดินรอบรากที่มีความสามารถในการแข่งขัน (competition) ทางด้านแหล่งแร่ธาตุอาหารและแหล่งที่อยู่อาศัย การเป็นปรสิต (parasite) รวมถึงการผลิตสารปฏิชีวนะ (antibiotics) ออกมายับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นมาใช้ในการควบคุมโรคพืชทดแทนหรือควบคู่ไปกับการใช้สารเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่อาศัยอยู่กับรากพืช (rhizobacteria) และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่เรียกว่า plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)

สารชีวภัณฑ์หรือจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ควบคุมโรค (biocontrol agents) ในปัจจุบันมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการนำเชื้อจุลินทรีย์หลายๆ ชนิดมาใช้ควบคุมโรคทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ผลอย่างกว้างขวาง แต่มีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคพืช และในหลายประเทศได้มีการพัฒนาจุลินทรีย์เหล่านี้ให้เป็นชีวผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืชให้ดียิ่งขึ้น (วีระณีย์ ทองศรี, 2555) เช่นการใช้ราไตรโคเดอร์มา โดยราไตรโคเดอร์มาเป็นราที่พบทั่ว ๆ ไปในดิน เศษซากพืช ซากสัตว์ อินทรีย์วัตถุ และบริเวณระบบรากพืช (Tang, et al. 2001; Harman, et al. 2004; Vinale, et al. 2008)

สามารถแยกเชื้อบริสุทธิ์จากดินธรรมชาติได้ง่าย เจริญบนอาหารเลี้ยงรากลายชนิด (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547) มีการเจริญเติบโตเร็วผลิตสปอร์ได้มาก ซึ่งบางสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช และบางสายพันธุ์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (เกษม สร้อยทอง, 2551)

ไตรโคเดอร์มาหลายชนิดได้พัฒนาขึ้นเพื่อป้องกันโรคพืช โดยมีกลไกต่าง ๆ ได้แก่ antibiosis, parasitism, inducing host-plant resistance และการแข่งขัน การพัฒนาชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคพืชส่วนใหญ่ได้แก่ *T. harzianum*, *T. viride* และ *T. hamatum* ซึ่งชีวภัณฑ์จากเชื้อเหล่านี้มักเจริญเติบโตบริเวณพื้นผิวดินและส่งผลต่อโรคราก แต่ยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคทางใบ

ไตรโคเดอร์มา

ไตรโคเดอร์มาเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ดีมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืชได้ดี และกว้างขวางนั้น สาเหตุอาจมาจากการเจริญอย่างรวดเร็ว มีการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายพวก polysaccharide สามารถขยายพันธุ์ได้ในแหล่งคาร์บอนหลายชนิด และราไตรโคเดอร์มาแต่ละสายพันธุ์สามารถทนต่อสารเคมีต่างกัน (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2546) นอกจากนี้ยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และสามารถฟื้นฟูสภาพดินที่เสื่อมโทรม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะราไตรโคเดอร์มาสามารถเจริญตั้งรกรากร่วมกับระบบรากพืชได้ดีเป็นผลให้รากพืชถูกปกป้องด้วยราไตรโคเดอร์มาเต็มพื้นที่ผิวดินรากพืช (Harman, 2000; Harman, 2006) เชื้อสาเหตุก่อโรคพืชส่วนใหญ่ที่ราไตรโคเดอร์มาสามารถควบคุมได้ดีเป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น *Fusarium oxysporum*, *Gaeumannomyces graminis* var *tritici*, *Pythium aphanidermatum* f.sp. *culmorum*, *Rhizoctonia solani* และ *Sclerotium rolfsii* (Chet and Inbar, 1994)

การผลิตและการใช้ราไตรโคเดอร์มา

ไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อที่มีการผลิตเพื่อการค้ามากที่สุดเมื่อเทียบกับราปฏิปักษ์ชนิดอื่นทั้งผลิตในรูปสารกำจัดราสาเหตุโรคพืช ปุ๋ยอินทรีย์ หรือสารปรับสภาพดิน (Harman, et al. 2004, Vindal, et al. 2006; Harman, 2006) ในการผลิตเพื่อให้ได้ในปริมาณมาก อาจใช้อาหารเหลวอาหารกึ่งเหลว อาหารแข็ง เพื่อผลิตเส้นใย (mycelia) คลาโมโดสปอร์ (clamydospore) โคนิเดีย (conidia) ซึ่งในต่างประเทศมีการนำไตรโคเดอร์มาผลิตเป็นการค้ามากมาย ดังแสดงใน (ตาราง 1) ประเทศไทยก็มีการวิจัยการใช้ราไตรโคเดอร์มาเพื่อควบคุมโรคพืช มีการศึกษาการผลิตราไตรโคเดอร์มาเพื่อผลิตเป็นการค้า เช่น การศึกษาผลิตราไตรโคเดอร์มาในรูปแบบผง เพื่อควบคุมราเมล็ด

ผักกาดของมะเขือเทศ เพื่อพัฒนาการผลิตไตรโคเดอร์มาผงในเชิงพาณิชย์ พบว่าสามารถพัฒนาได้ โดยพิจารณาที่ต้นทุนการผลิต ผลผลิตและกำไรที่ได้ (สุมาลี สุทธิประดิษฐ์, 2536) และมีการนำราไตรโคเดอร์มาผลิตเพื่อการค้า เช่น *T. harzianum* ผลิตในรูปแบบของผงมีชื่อการค้าว่า ฟังไจ คิวเลอร์ (Fungi-Killer) เป็นสารกำจัดโรคพืชที่เกิดจากรา *Phytophthora* spp. และ *Fusarium* spp. (Kaewchai, et al. 2009) ผลิตภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาเอกซ์ เป็นสารที่ป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า ลำต้นไหม้ในหน่อไม้ฝรั่งและพืชอีกหลายชนิด โดยคร่อมพลาสเตอร์ ผลิตภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) (ฉีดพ่น) ชนิดละเอียด และผลิตภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) (คลุกผสม) (ชนิดหยาบ) ใช้ควบคุมโรครากเน่า โคนเน่า และโรคพืชที่เกิดจากรา *Phytophthora* spp. โรคก้านเน่ายุบตาย ในพืชตระกูลแตงที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* spp. และ *Fusarium* spp.

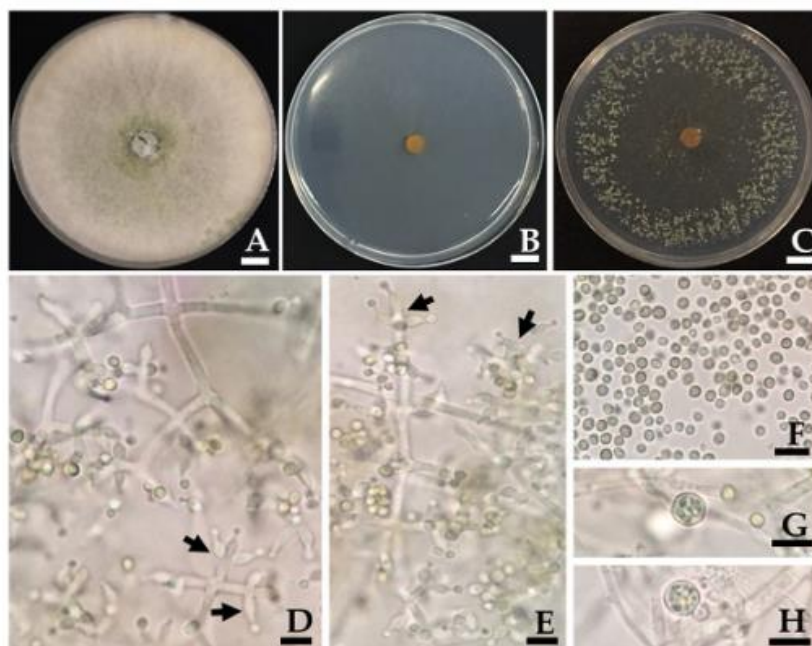
ตาราง 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เชิงการค้าจากราไตรโคเดอร์มาที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในต่างประเทศ

ไตรโคเดอร์มา	ผลิตภัณฑ์	ราสาเหตุโรคพืช
<i>Trichoderma harzianum</i> ATCC 20476	Binab T	Fungi causing wilt, root rot
<i>Trichoderma polysporum</i> 20475		
<i>Trichoderma</i> spp.	Bio-fungus	
<i>Trichoderma harzianum</i>	Grey Gold	<i>Botrytis cinerea</i>
<i>Trichoderma harzianum</i>	Promote	<i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i>
<i>Trichoderma viride</i>		
<i>Trichoderma harzianum</i> Strain T-22	T-22 and T-22HB	<i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> ,
	Bio Trek, Root Shield	<i>Fusarium</i> , <i>Sclerotinia</i>
	Plant Shield	
<i>Trichoderma harzianum</i>	Trichoderma 2000	<i>Rhizoctonia solani</i>
		<i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Pythium</i>
<i>Trichoderma harzianum</i> T-39	Trichodex	<i>Botrytis cinerea</i> ,
		<i>Colletotrichum</i> , <i>Monilinia laxa</i> ,
		<i>Plasmospora viticola</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>
<i>Trichoderma harzianum</i>	Trichodowels. Trichoject,	<i>Chondrostereum purpureum</i> ,
<i>Trichoderma viride</i>	Trichoseal & Other	<i>Armillaria</i> , <i>Botryoshaeria</i> ,
		<i>Fusarium</i> , <i>Nectria</i> , <i>Pythothora</i> ,
		<i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i>
<i>Trichoderma harzianum</i>	Trichopel	Fungi causing plant disease

ที่มา: Kaewchai, et al. (2009)

ลักษณะสัณฐานของรา *Trichoderma phayaoense* (L113)

รา *Trichoderma phayaoense* (L113) เป็นราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากสาบเลื้อย *Chromolaena odorata* ในเขตพื้นที่จังหวัดพะเยา (Nuangmek, et al. 2021) มีการสร้างเส้นใยที่เจริญเติบโตรวดเร็ว เส้นใย (mycelium) ไม่มีสี มีผนังกันระหว่างเซลล์ ผนังเรียบ มีการแตกกิ่งก้านมากมาย ต่อมาจะมีลักษณะเป็นแบบปุยฝ้ายฟูอย่าง หลวม ๆ (loosely floccose) หรือเป็นกระจุกหนาแน่น (compactly tuft) สร้าง (conidiophore) ที่แตกกิ่งก้านสาขาโดยที่ปลาย (conidiophore) มีโครงสร้างให้กำเนิด (conidium) หรือ spore เรียกว่า (phialide) รูปร่างคล้ายลูกโบว์ลิ่ง (conidium) ที่เกิดจากปลาย (phialide) จะรวมกันเป็นกลุ่มก้อน (slime head) เห็นเป็นสีเขียวหรือใส (hyaline) มีการสร้างสปอร์ลักษณะกลมขนาด สมมาตรมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 ไมโครเมตร กิ่งข้างสั้นโดยไม่มีการแตกแขนง ลักษณะของ (phialide) ก่อตัวเดี่ยว เป็นคู้หรือเป็นวง 3 อัน ขนาดของ (ampulliform) ถึง (lageniform) $6.7-9.8 \times 2.0-3.0$ ไมโครเมตร อัตราส่วนความยาว/ความกว้าง 3.2-3.3 ความกว้าง 1.0-1.5 ไมโครเมตรที่ฐาน ($n = 50$; ตัวเลข 3 มิติ, E) โคนิเดี่ยวสีเขียว เรียบ ทรงกลมถึงทรงกลมย้อย ไม่ค่อยกว้าง ทรงรี $2.0-3.9 \times 2.0-2.9$ ไมครอน ($n = 50$) และอัตราส่วนความยาว/กว้าง 1.0-1.3 ไมครอน (ภาพ 1)



ภาพ 1 Morphology *Trichoderma phayaoense* SDBR-CMU349 (holotype). Colony on PDA (A), corn meal dextrose agar (CMD; B) and SNA (C) after 5 days of incubation at 25°C in darkness. (D, E) Phialide (arrows point), (F) Conidia, and (G, H) Chlamydospores. Scale bars (A-C) = 10 mm, (D-H) = 10 μ m. MycoBank no.: 837510.

ที่มา: (Nuangmek, et al. 2021)

ลักษณะของสูตรที่เหมาะสมในการผลิตชีวภัณฑ์

อายุการเก็บรักษาที่นาน (acceptable shelf-life) สามารถเก็บรักษาในภูมิภาคที่ร้อนของประเทศไทยไว้ได้นาน โดยไม่ต้องมีการดูแลรักษามากนัก ปัจจุบันชีวภัณฑ์ที่ผลิตจะมีสูตรสำเร็จแบบต่าง ๆ ที่มีการเติมสารเพิ่มประสิทธิภาพความคงทนของเชื้อปฏิภักษ์ เช่น สารอาหาร สารยึดติดพืช สารป้องกันรังสี สารตรึงเชื้อ ไม่เป็นพิษต่อพืช ทนต่อสภาพแวดล้อม มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช ละลายได้ดีในน้ำตัวพาต้องมีราคาถูก และพร้อมสำหรับนำมาใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพ และสามารถเข้ากันได้กับสารเคมีอื่น ๆ ได้ (combined use)ชีวภัณฑ์หากสามารถนำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่น ๆ ได้ จะทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดียิ่งขึ้น และยังเป็นการประหยัด ทั้งทุนทรัพย์ ตลอดจนความสะดวกสบายในการปฏิบัติที่ไม่ต้องเสียเวลามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ร่วมกับวิธีการเพาะปลูก ที่ช่วยส่งเสริมการอยู่รอดของเชื้อปฏิภักษ์ให้นานขึ้น หรือการลดปริมาณเชื้อโรคพืช เพื่อให้เชื้อปฏิภักษ์มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อโรคพืชได้สูงขึ้น (นิพนธ์ ทวีชัย, 2553; Kumar, et al. 2014) และมีมาตรฐานที่เชื่อถือได้ (acceptable standard) เชื้อปฏิภักษ์ที่พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จะต้องมีปริมาณของเชื้อได้มาตรฐานทุก ๆ ครั้งที่ผลิต โดยต้องมีการระบุปริมาณของเชื้อต่อหน่วย น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไม่มีเชื้ออื่นปะปน และผ่านการศึกษาทดสอบคุณภาพการควบคุมโรคว่ามีประสิทธิภาพคงที่สม่ำเสมอ รวมถึงมีความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม (environmental safety) ชีวภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจะต้องไม่มีโทษต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และสิ่งแวดล้อมคือ ไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อชีวิตของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง หรือเกิดความเสียหาย และเป็นมลพิษกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

คุณลักษณะของไตรโคเดอร์มาเพื่อพัฒนาสูตรชีวภัณฑ์

มีความสามารถในการแข่งขันสูง ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มปริมาณได้ง่าย ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคได้หลายชนิด (Broad spectrum) ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ใช้ร่วมกับสารชีวภาพอื่น ๆ และทนต่อการพ่นให้แห้ง ทนต่อความร้อน, ตัวออกซิโดซ์และ รังสียูวี (Jeyarajan and Nakkeeran, 2000)

มาตรฐานการพัฒนาสูตรชีวภัณฑ์ของราไตรโคเดอร์มา

1. ปริมาณเชื้อ Colony Forming Units (CFUs) ของ *Trichoderma* sp. อย่างน้อย 2:1,000,000 CFU/ml หรือต่อกรัมบนอาหารเลี้ยงเชื้อ
2. ต้องไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค เช่น *Salmonella*, *Shigella* หรือ *Vibrio* ในขณะที่เชื้อปนเปื้อนชนิดอื่นต้องมีปริมาณไม่เกิน 1:10,000 count ml/gm
3. สำหรับสูตรสำเร็จที่เป็นชนิดผงความชื้นในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 8%

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิ์ ผาพ่อง และคณะ (2557) ศึกษาผลของรา *Trichoderma* sp. ต่อการเจริญเติบโต และการควบคุมโรคแค้นตาปลูกในแปลง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยมีทั้งหมด 2 กรรมวิธี ได้แก่ การปลูกแค้นตาปลูกที่รองก้นหลุมด้วยรา *Trichoderma* sp. และการปลูกแค้นตาปลูกที่ไม่ใส่รา *Trichoderma* sp. รองก้นหลุมก่อนปลูก พบว่าต้นแค้นตาปลูกที่ใส่รา *Trichoderma* sp. รองก้นหลุมก่อนปลูก มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากที่สุด โดยมีความสูงและจำนวนข้อ เท่ากับ 143.07 เซนติเมตร และ 27.90 ข้อ ตามลำดับ ส่วนผลการเกิดโรคพบว่าในแปลงที่ใส่ราไตรโคเดอร์มาไม่พบการเกิดโรคราน้ำค้างและโรคเหี่ยว ในขณะที่แปลงที่ไม่ใส่ราไตรโคเดอร์มาพบการเกิดโรคน้ำค้าง และโรคเหี่ยว ร้อยละ 26.70 และร้อยละ 80.00 ตามลำดับ

สายทอง แก้วฉาย และคณะ (2555) ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของราไตรโคเดอร์มา ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช และการควบคุมราสาเหตุโรคพืช กลไกการควบคุมโรคของราไตรโคเดอร์มาหลาย ๆ กลไก ราไตรโคเดอร์มามีกลไกในการควบคุมรา เช่น การสร้างสารปฏิชีวนะ การแข่งขัน การเป็นปรสิต และการชักนำให้เกิดความต้านทาน นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชด้วย ในปัจจุบันมีการนำราไตรโคเดอร์มา มาผลิตเป็นการค้าเพื่อจำหน่ายมากมาย ทั้งในรูปแบบเชื้อสด เชื้อแห้ง หรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

จิระเดช แจ่มสว่าง และคณะ (2544) ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 สูตรสำเร็จต่าง ๆ ประกอบด้วยเชื้อชนิดผงแห้ง ผสมสารเสริม (PA) (ยูนิกรีน ยูเอ็น-1) ชนิดผงแห้งผสมน้ำ 2 สูตร คือ เชื้อผงแห้งร่วมกับสารเสริมชนิดผงใช้ผสมน้ำ (PSA) และเชื้อผงแห้ง ร่วมกับสารเสริมชนิดเหลวใช้ผสมน้ำ (PLA) สำหรับฉีดพ่นลงบนเมล็ดในหลุมปลูกก่อน กลบดินทับ และชนิดเม็ด (CP) สำหรับใส่ในหลุมปลูกถั่วฝักยาว พบว่า การใช้สูตรสำเร็จของเชื้อทุกชนิดมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันในการควบคุมโรคโคนเน่าของถั่วฝักยาว ซึ่งเกิดจากรา *Sclerotium rolfsii* โดยมีต้นรอดตายระหว่าง 92.5-97.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่า กรรมวิธีควบคุม (control) อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่น้ำหนักแห้งของฝักถั่วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 8.2-31.5 เปอร์เซ็นต์ การตรวจสอบปริมาณรา *T. harzianum* ในดินที่เก็บมาจากบริเวณรากของถั่วฝักยาว หลังปลูกพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง $0.2 - 8.8 \times 10^3$ หน่วยโคโลนี/กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (120 วันหลังปลูก) พบว่ามีปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยมีค่าระหว่าง $2.0-6.9 \times 10^4$ หน่วยโคโลนี/กรัม ในกรณีตรงกันข้ามรา *T. harzianum* ทุกสูตรสำเร็จ สามารถลดปริมาณเม็ดสเคลอโรเทียมของรา *Sclerotium rolfsii* ได้ 60.9-73.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม จากผลการทดสอบพิสูจน์ได้ว่าการใช้รา

T. harzianum สูตรสำเร็จชนิดใหม่ 3 สูตร มีประสิทธิภาพควบคุมโรคโคนเนาของถั่วฝักยาวได้ เทียบเท่ากับสูตรสำเร็จชนิดเดิม คือ ผงแห้งสารเสริมสำหรับไซโรยหรือหว่าน (ยูนิกรีน ยูเอ็น-1)

นางสุธามาต ฌ น่าน และคณะ (2560) ทดสอบประสิทธิภาพของรา *Trichoderma* spp. ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *Phyllosticta citricarpa* สาเหตุโรคจุดดำของส้มโอ ในห้องปฏิบัติการโดยแยกราไตรโคเดอร์มา จากดินในสวนส้มโอ อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย และ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ได้ไตรโคเดอร์มาบริสุทธิ์จำนวน 44 ไอโซเลท เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของราไตรโคเดอร์มาต่อการยับยั้งการเจริญเส้นใยของรา *P. citricarpa* โดยวิธี Dual culture test คัดเลือกราไตรโคเดอร์มาจำนวน 17 ไอโซเลทที่แสดงประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเส้นใยราสาเหตุโรค เมื่อบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน ปรากฏว่าราไตรโคเดอร์มา 7 ไอโซเลท ได้แก่ T4, T9, T10, T14, T21, T29 และ T35 มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 43.3, 50.0, 50.0, 46.7, 43.3, 43.3, และ 50.0% ตามลำดับ และหลังจากบ่มเชื้อครบ 5 วันพบว่าราไตรโคเดอร์มาไอโซเลท 35 และไอโซเลท 10 มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยราสาเหตุโรคจุดดำได้มากกว่าไอโซเลทอื่น คือ 52.1 และ 51.0% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับสารชีวภัณฑ์การค้า

ประภาช กาวีชา และคณะ (2563) พัฒนาชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาชนิดเม็ด เพื่อยืดอายุการเก็บของราไตรโคเดอร์มาและใช้ควบคุมรา *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol) วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD มี 3 ปัจจัย ได้แก่ สูตรห่อหุ้ม อุณหภูมิในการเก็บ และระยะเวลาเก็บ แต่ละสูตรมีโคนินเดียของรา *Trichoderma* sp. และ sodium alginate เท่ากัน แต่มีความเข้มข้นของ glycerol และแป้งมันสำปะหลังต่างกัน เก็บชีวภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส เก็บรักษา 1-9 เดือน ผลการศึกษาพบว่ารา *Trichoderma* sp. ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรมีชีวิตรอดและระยะเวลาเก็บต่างกัน การเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส ทำให้รามีชีวิตรอดสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ชีวภัณฑ์สูตร F1 (sodium alginate 0.88 % + glycerol 1.5 %) เหมาะสมต่อการเก็บที่อุณหภูมิห้อง มีจำนวนโคนินเดียที่มีชีวิตรอดสูงสุด และคงที่นาน 5 เดือน ส่วนการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่าสูตร F3 (sodium alginate 0.88 % + tapioca starch 1.5 %), F4 (sodium alginate 0.88% + glycerol 1.5 % + tapiocastarch 1.5 %), F5 (sodium alginate 0.88 % + glycerol 1.5 % + tapioca starch 3.7 %) และ F6 (sodium alginate 0.88 %) มีจำนวนโคนินเดียที่มีชีวิตรอดสูงสุดและคงที่นาน 9 เดือน ราที่มีชีวิตรอดในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรยังคงความสามารถในการควบคุมการเจริญของรา *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

Locatelli, et al. (2018) ประเมินการพัฒนาของ *Trichoderma* sp. สูตรในแกรนูล แคปซูล (CG) และความมีชีวิตของโคนินเดียต่อเนื่องระหว่างการรักษา การออกแบบแพคเกจ

เรียลแบบแยกส่วน 25-1 ถูกนำมาใช้เพื่อปรับเงื่อนไขการกำหนดให้เหมาะสมโดยใช้วิธีการ เจลไอออนิกเจลสำหรับการผลิตแกรนูลที่ห่อหุ้มด้วยไซเดียมอัลจินตเมทริกซ์ที่ดัดแปลงด้วย โพลีเมอร์ต่าง ๆ การจำแนกลักษณะของแกรนูลด้วย FTIR และการวิเคราะห์เชิงความร้อนแสดงให้เห็นว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัลจินตเมทริกซ์และโพลีเมอร์ที่ใช้ในการกำหนดแกรนูลของ ห่อหุ้ม ซึ่งทำให้มั่นใจในเสถียรภาพของสูตรทำให้การอยู่รอดของไตรโคเดอร์มาในระหว่าง ขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษา หลังจาก 14 เดือนตัวอย่างที่เก็บไว้ที่ 28 °C แสดงให้เห็นว่า มีความเข้มข้นของเซลล์ที่มีชีวิตสูงกว่า 106 CFU / g เป็นผลที่เกี่ยวข้องมากโดยเฉพาะ เมื่อเปรียบเทียบกับผู้เขียนคนอื่น ๆ

Kumar, et al. (2014) ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพทางสรีรวิทยาและพันธุกรรม ของกลไกควบคุมทางชีวภาพของสูตรสารชีวภัณฑ์จากรา *Trichoderma viride* และ *T. harzianum* โดยใช้ สูตร 1. สูตรที่ใช้สารละลายแขวนลอยไตรโคเดอร์มากับผงแป้ง 2. สูตรที่ใช้รำข้าวสาลี 3. สูตรที่ใช้แกรนูลส์ 4. Alginate pills based formulation 5. Press mud-based formulation 6. สูตรที่ใช้กากกาแฟ 7. สูตรที่ใช้ น้ำมัน 8. สูตรที่ใช้ของเสียจากกล้วย พบว่าการผลิตในแต่ละสูตรและ ประสิทธิภาพของสารควบคุมชีวภาพต่อเชื้อโรคพืชแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของ สารอาหาร

Don, et al. (2014) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ข้าวโพดและชานอ้อยเป็นส่วนผสมวัสดุเพาะขยาย รา *Trichoderma* sp. SL2 inoculants ในการบำบัดดิน และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโดยการวัด ความสูง ความยาวราก น้ำหนักเปียก จำนวนใบ และชีวมวลเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลที่ได้ พบว่ารา *Trichoderma* sp. SL2 ผสมกับข้าวโพดช่วยเพิ่มความยาวของต้นกล้าข้าว น้ำหนักเปียกและ ชีวมวลได้เมื่อเปรียบเทียบกับ *Trichoderma* sp. SL2 ผสมกับชานอ้อยและชุดควบคุม *Trichoderma* sp. สูตร SL2 ที่มีข้าวโพดเป็นพาหะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวอย่างมีนัยสำคัญ

Navaneetha, et al. (2014) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสูตร Suspension Concentrate (SC) ของ *Trichoderma* viz., *T. harzianum* Th4dSC และกลุ่มของ *T. harzianum* Th4d SC และกลุ่ม *T. Tasasellellum* Tv5 SC ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ผลิตโดยกระบวนการผลิตที่รองรับปริมาณสารชีวมวล และการแพร่กระจายที่มีชีวิตสูงขึ้นอายุการเก็บรักษาที่ดีขึ้นและการคงอยู่บนพื้นผิวที่ถูกพ่น ในการศึกษานี้ได้คัดเลือกสายพันธุ์ *Trichoderma* ยีสับห้ำสายพันธุ์ในร่างกายเพื่อป้องกันโรคทางใบ (*Alternaria* Leaf Blight (ALB) ของทานตะวัน และ *Botryotinia* Gray Mold (BGM) ของลูกสูบ) ในสาย พันธุ์เหล่านี้ *T. harzianum* Th4d และ *T. asperellum* Tv5 สามารถผลิต mycolytic, เอนไซม์ป้องกัน และสามารถควบคุมโรคสองโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาเพิ่มเติมได้ดำเนินการเพื่อสร้าง มาตรฐานปริมาณของสูตร SC ของ *Trichoderma* สำหรับการใช้ทางใบและการรักษาเมล็ด กิจกรรม

ที่เป็นปรปักษ์กันมากที่สุดคือความเข้มข้น 2×10^7 conidia/ml ทั้งสองสายพันธุ์ที่เลือกสามารถลดความรุนแรงของ BGM และ ALB ภายใต้สภาวะเรือนกระจก ในการทดลองที่แปลงปลูก (ฤดูฝนของปี 2009–10 และ 2010–11), การรักษาเมล็ด, การใช้ทางใบของ *T. harzianum* Th4d SC ที่ 2 มล./ลิตรและสูตรกลุ่ม (*T. harzianum* Th4dSC + *T. asperellum* Tv5SC ที่ 1 ml/l) ลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ALB ลดสูงสุดถึง 50–55% และ BGM สูงถึง 55–65%) นอกจากนี้การใช้งานเหล่านี้ยังช่วยเพิ่มผลผลิตของดอกทานตะวันและลูกล่อ เมื่อเทียบกับการควบคุมที่ไม่ได้รับการรักษา สูตรเหลวของทั้งสองสายพันธุ์มีอายุการเก็บรักษาที่ดีด้วยจำนวนสปอร์ของ CFU ที่มีชีวิตอยู่ได้ 8.0 ถึง 7.4 ที่ 540 วันเมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาคูณสมบัติวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113)

ทดสอบวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ โดยใช้วัสดุขยายราจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เวอร์มิคูไลท์ ซีลี้อย กากกาแฟ กะลากาแฟ ผักตบชวา แกลบข้าวเหนียว รำข้าวเหนียว แกลบข้าวเจ้า และรำข้าวเจ้า ร่วมกับแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วน 3: 2 (วัสดุเพาะขยาย: แป้งข้าวเหนียว) โดยซึ่งวัสดุเพาะขยาย และแป้งปริมาณ 60 และ 40 กรัม ตามลำดับผสมวัสดุเพาะขยาย และแป้งข้าวเหนียวให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงถุงพลาสติก ขนาด 9 x 14 นิ้ว บรรจุ 100 กรัมต่อถุง นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาผสมกับสารแขวนลอยโคโคนีเดียของรา *T. phayaoense* (L113) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^8 โคโคนีเดียต่อมิลลิลิตร ถุงละ 75 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำไปทำให้เป็นรูปแบบเม็ดโดยใช้เครื่องบดมือ แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ให้มีความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 18 กรรมวิธี จำนวนกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) (ตาราง 2)

ตาราง 2 กรรมวิธีและอัตราส่วนวัสดุเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

กรรมวิธี	รายละเอียดกรรมวิธี
1	เวอร์มิคูไลท์ (อัตราส่วน 100 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
2	เวอร์มิคูไลท์ + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
3	ซีลี้อย (อัตราส่วน 100 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
4	ซีลี้อย + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
5	กากกาแฟ (อัตราส่วน 100 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
6	กากกาแฟ + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
7	กะลาตากาแฟ (อัตราส่วน 100 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
8	กะลาตากาแฟ + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
9	ผักตบชวา (อัตราส่วน 100 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
10	ผักตบชวา + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
11	แกลบข้าวเหนียว (อัตราส่วน 100 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
12	แกลบข้าวเหนียว + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
13	รำข้าวเหนียว (อัตราส่วน 100 กรัม) /แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
14	รำข้าวเหนียว + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม) /แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
15	แกลบข้าวเจ้า (อัตราส่วน 100 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
16	แกลบข้าวเจ้า + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
17	รำข้าวเจ้า (อัตราส่วน 100 กรัม) /แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร
18	รำข้าวเจ้า + แปะข้าวเหนียว (อัตราส่วน 60: 40 กรัม)/แชนนลอยโคโคนีเดีย 75 มิลลิลิตร

ประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

(1) ทดสอบความสามารถในการคงรูปในน้ำของผลิตภัณฑ์

ซึ่งผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ด 1 กรัม ใส่ในภาชนะที่มีน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร แล้วนำมาละลายโดยใช้แท่งแก้วคนจนกระทั่งผลิตภัณฑ์แบบเม็ดละลายสภาพแล้วตักตะกอน บันทึกระยะเวลาในการละลายสภาพของผลิตภัณฑ์แบบเม็ด, วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter และวัดค่า EC ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity ในแต่ละสูตรทำการทดลอง 10 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

(2) ทดสอบค่าความแข็งทางข้าง (N) และทางยาว (N)

ทำทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความแข็งเม็ดยาแบบมือหมุน Hardness Tablet Tester Digital รุ่น HD Series จำนวน 10 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

(3) ค่าความหนาแน่น (ลบ.ชม.)

นำผลิตภัณฑ์แบบเม็ด 1 เม็ด มาชั่ง จากนั้นวัดค่าความหนาของเม็ดผลิตภัณฑ์ ทั้งแนวกว้าง และแนวยาว จำนวน 10 ซ้ำ จากนั้นนำมาคำนวณตามสูตรหาค่าความหนาแน่น ดังนี้

$$\text{ค่าความหนาแน่นหาได้จากสูตร } \rho = \frac{m}{v}$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่น (หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือ มวล (หน่วยเป็น กิโลกรัม)

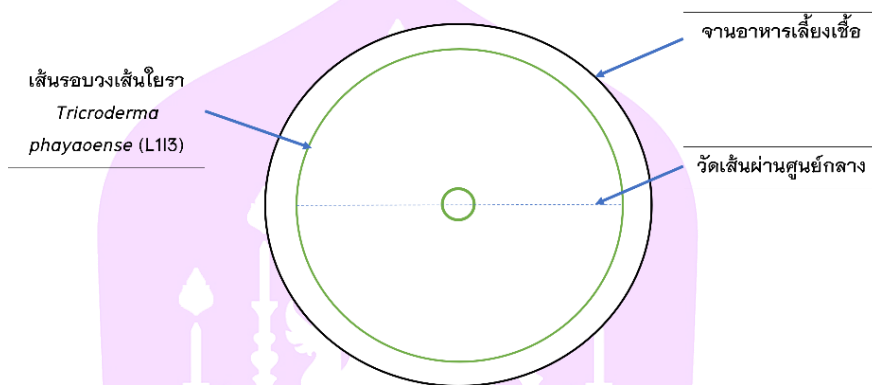
V คือ ปริมาตร (หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร) ทำการทดลอง 10 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวนกรรมวิธีละ 10 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaense* (L113) ต่ออาหารทดสอบ

โดยทำการทดสอบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 ชนิด ได้แก่ potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง, potato dextrose agar (PDA) ยี่ห้อ Difco, synthetic nutrient deficient (SNA), corn meal dextrose agar (CMDA) ยี่ห้อ Himedia และ water Agar นำอาหารเลี้ยงเชื้อไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที แบ่งอาหารใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นปล่อยให้แห้ง 24 ชั่วโมง และปลูกถ่ายรา *T. phayaense* (L113) โดย Cork borer ขนาด 0.5 เซนติเมตร เจาะอาหารวุ้น และวางลงตรงกลางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 5 สูตร ในแต่ละสูตรบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวนกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) บันทึกผลการทดลอง ดังนี้

- (1) การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยราบนอาหารแข็งแต่ละชนิดในแนวรัศมีทุก 24 ชั่วโมง จนเส้นใยเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ภาพ 2)
- (2) ปริมาณการสร้างโคโคนิดีหลังเลี้ยงเชื้อได้ ทุก 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน โดยใช้ Hemocytometer



ภาพ 2 แสดงการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโคนิดีของรา *T. phayaoense* (L113)

การทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113)

ทดสอบอาหารแข็งที่เหมาะสมกับการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113) พบว่า potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง ให้ผลการเจริญเติบโตมากที่สุดจึงนำมาทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113) มีระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5 ระดับได้แก่ pH 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 และ 9.0 โดยใช้ 1 M NaOH และ 1 N HCL นำอาหารเลี้ยงเชื้อไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที แบ่งอาหารใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นปล่อยให้แห้ง 24 ชั่วโมง และปลูกถ่ายรา *T. phayaoense* (L113) โดย Cork borer ขนาด 0.5 เซนติเมตร เจาะอาหารรู้น และวางลงตรงกลางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีค่าระดับ pH 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 และ 9.0 บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวน 6 กรรมวิธี จำนวนกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) บันทึกผลการทดลอง ดังนี้

- (1) การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยราบนอาหารแข็งแต่ละชนิดในแนวรัศมีทุก 24 ชั่วโมง จนเส้นใยเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ภาพ 2)
- (2) ปริมาณการสร้างโคนินเดียหลังเลี้ยงเชื้อได้ ทุก 3, 5, 7 วัน โดยใช้ Hemocytometer

ศึกษาต้นทุนวัตถุดิบ การผลิต และผลตอบแทนในการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ปริมาณ 100 กิโลกรัม

ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการทำผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaoense* (L113) โดยการบันทึกต้นทุนและผลตอบแทนที่ใช้ในการผลิตของแต่ละสูตรโดยสังเขป

การบันทึกต้นทุนในการทำผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย

1. ค่าวัตถุดิบ
2. ค่าแรงงาน
3. ค่าใช้จ่ายในการผลิต

วิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อตัน ผลตอบแทนการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อตัน และอัตรากำไรต่อต้นทุน ตามคำแนะนำของ สุขใจ ตอนปัญญา (2554)

ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaoense* (L113)

เตรียมวัสดุเพาะขยายรา โดยนำสูตรของวัสดุเพาะขยายในกรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาทำการเตรียมเพาะขยายรา *T. phayaoense* (L113) ตามอัตราส่วน 3:2 (วัสดุเพาะขยาย: แปะข้าวเหนียว) ผสมให้เข้ากันแล้วบรรจุในถุงกันความร้อน ขนาด 9 x 14 นิ้ว บรรจุถุงละ 1 กิโลกรัม นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำการปลูกถ่ายรา *T. phayaoense* (L113) ลงในวัสดุเพาะขยาย โดยเตรียมสารแขวนลอยโคนินเดีย (conidia suspension) ของรา *T. phayaoense* (L113) ความเข้มข้น $1:10^8$ โคนินเดียต่อมิลลิลิตร ผสมลงในวัสดุเพาะขยายตามอัตราส่วน 100 กรัม ต่อสารแขวนลอยโคนินเดีย 75 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันนำไปในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ให้อยู่ใน 2 รูปแบบ แบบผง และแบบเม็ด โดยแบบเม็ดใช้เครื่องอัดเม็ดยาแบบอัตโนมัติรุ่น ZP-17D แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ได้ความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นบรรจุใส่ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์ ขวดละ 10 กรัม นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวนทั้งหมด 8 กรรมวิธี จำนวนกรรมวิธีละ

3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) โดยมีกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 แบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 2 แบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 3 แบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 4 แบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 5 แบบผง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 6 แบบผง ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 7 แบบผง ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

กรรมวิธีที่ 8 แบบผง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง ดังนี้

(1) อัตราการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์ โดยตรวจนับจำนวนโคนินเดียเริ่มต้น และในทุก ๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลาเวลา 12 เดือน ด้วยวิธี dilution spread plate บนอาหารแข็ง (PDA) ที่อุณหภูมิกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และตรวจนับจำนวนโคนินเดีย

(2) การยับยั้งราสาเหตุโรค *Fusarium hainanense* และ *Pythium aphanidermatum* ด้วยวิธี dual culture ทดสอบกับผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaoense* (L113) ที่เก็บรักษาในแต่ละอุณหภูมิทั้งแบบเม็ด และแบบผง

การประเมินผลผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

1. ทดสอบอัตราการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) รูปแบบผง และแบบเม็ด ในอุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส

นำผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) รูปแบบผง และแบบเม็ด ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส มาทำการตรวจสอบอัตราการมีชีวิตรอด โดยทำการสุ่มตรวจนับจำนวนโคนินเดียของรา *T. phayaoense* (L113) เริ่มต้น (ก่อนบ่ม) และตรวจนับในทุก ๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลาเวลา 12 เดือน หรือจนกว่าปริมาณโคนินเดียของราลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโคนินเดียเริ่มต้น เพื่อตรวจสอบอายุการเก็บรักษา และอัตราการมีชีวิตรอดของราในผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี 10-fold dilution plate method ทำการเจือจางความเข้มข้น 5 ระดับคือ 10^{-2} - 10^{-6} ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ใช้ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

ผสมกับเชื้อ 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 10^{-1} จากนั้นจุดเชื้อจากหลอดข้างต้น 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด ถัดไปซึ่งมีตัวเชื้อจากอยู่ 9 มิลลิลิตร จะได้เป็นระดับความเจือจาง 10^{-2} ทำเช่นนี้ถัดไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ความเข้มข้นเชื้อจางที่ต้องการ ปีเปตรระดับความเจือจางที่ต้องการปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาละเลง (spread plate) ให้ทั่วผิวน้ำอาหาร potato dextrose agar (PDA) ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ บ่มเชื้อเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละ ความเจือจาง และคำนวณปริมาณเชื้อในอาหารแต่ละสูตร ตามคำแนะนำของ (Nancy, et al. 2011) ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวนทั้งหมด 8 กรรมวิธี จำนวนกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน ของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่าง ค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

2. ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคเหี่ยว *Fusarium hainanense* และ ราก่อโรคเน่าคอดิน *Pythium aphanidermatum* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส

นำผลิตภัณฑ์ชีวภาพรูปแบบผง และแบบเม็ด ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ทำการเจือจางความเข้มข้น 5 ระดับคือ 10^{-2} – 10^{-6} ด้วยวิธี 10-fold dilution plate method ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ใช้ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ผสมกับเชื้อ 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 10^{-1} จากนั้นจุดเชื้อจากหลอดข้างต้น 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอด ถัดไปซึ่งมีตัวเชื้อจากอยู่ 9 มิลลิลิตร จะได้เป็นระดับความเจือจาง 10^{-2} ทำเช่นนี้ถัดไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ความเข้มข้นเชื้อจางที่ต้องการ ปีเปตรระดับความเจือจางที่ต้องการปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาละเลง (spread plate) ให้ทั่วผิวน้ำอาหาร potato dextrose agar (PDA) ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ บ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน นำรา *T. phayaoense* (L113) ที่ได้ spread plate ในแต่ละ อุณหภูมิ มาตัดด้วย Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วางบนอาหารเลี้ยง เชื้อ PDA จากนั้น นำราก่อโรคที่ตัดด้วย Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ในทิศทางตรงข้ามกับรา *T. phayaoense* (L113) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 องศาเซลเซียส) และวางเฉพาะรา *T. phayaoense* (L113) อย่าง เดียว ห่างจากขอบอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นชุดควบคุม เมื่อรา *T. phayaoense* (L113) เจริญเต็มจานอาหาร (3 วัน) จากนั้นวัดความยาวรัศมีของโคโลนีราสาเหตุโรคในงานทดสอบ

ตามคำแนะนำของ กานต์ จิตสุวรรณรักษ์ (2559) แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช (Percent inhibition of radial growth: PIRG)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช (PIRG)} = [(RC-RT)/RC] \times 100$$

เมื่อ RC = คือ ค่าเฉลี่ยความยาวรัศมีของโคโลนีราสาเหตุโรคในจานควบคุม

RT = คือ ค่าเฉลี่ยความยาวรัศมีของโคโลนีราสาเหตุโรคในจานเพาะทดสอบ

ประเมินระดับของการเป็นจูลินทรีย์ปฏิปักษ์ (Degree of antagonistic activity) แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้ (กัทลีวัลย์ สุขช่วย, สัญชัย พันธโชติ และจุฑารัตน์ ทิพย์ชู, 2553)

4 = แสดงปฏิกริยาการเป็นปฏิปักษ์สูงมาก มีค่า PIRG สูงกว่า 75

3 = แสดงปฏิกริยาการเป็นปฏิปักษ์สูง มีค่า PIRG ระหว่าง 61 – 75

2 = แสดงปฏิกริยาการเป็นปฏิปักษ์ปานกลาง มีค่า PIRG ระหว่าง 51 – 60

1 = แสดงปฏิกริยาการเป็นปฏิปักษ์ต่ำ มีค่า PIRG น้อยกว่า 50

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวนทั้งหมด 8 กรรมวิธี จำนวนกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)

ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมรากอโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ระยะต้นกล้า และรากอโรค *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในค่น้ำ (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราศรแดง) ระยะต้นกล้า

1. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ในระดับโรงเรือน

นำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มาทำการทดสอบการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน โดยทำการเพาะกล้าเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) โดยใช้ถาดเพาะกล้าขนาด 104 หลุม และใช้วัสดุเพาะที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ดินมีเดียผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1: 1 เป็นวัสดุเพาะจนต้นกล้ามีอายุได้ 21 วัน (มีใบจริง 2 ใบ) แล้วนำมาลงปลูกในถาดเพาะขนาด 8x13 นิ้ว โดยใช้วัสดุ

ปลูกที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ดิน: มูลวัว: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ: ทราายและใบไม้หมัก อัตราส่วน 2: 1: 1: 1: 1) นำผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) *T. harzianum* และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ที่เตรียมไว้ใส่ในถุงเพาะ ในอัตรา 5 กรัมต่อดิน 5,000 กรัม จำนวน 6 ครั้ง ดังนี้ เมื่อเมล็ดอ่อนอายุ 0 วัน (ใส่รองก้นหลุมหลังย้ายปลูก) 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ๆ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) โดยมีกรรมวิธีดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)
- กรรมวิธีที่ 2 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดไม่มีรา
- กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113)
- กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum*
- กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เพตริลออนเพชช ปุ๋ยทางใบ)

หมายเหตุ:

- (1) กรรมวิธีที่ 3 และ 4 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด ใส่เมื่อเมล็ดอ่อนอายุ 0 วัน (ใส่รองก้นหลุมหลังย้ายปลูก) 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
- (2) กรรมวิธีที่ 5 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 โดยใส่เมื่อเมล็ดอ่อนอายุ 0 วัน (ใส่รองก้นหลุมหลังย้ายปลูก) 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน และให้ธาตุอาหารเสริม เพตริลออนเพชช ปุ๋ยทางใบโดยการฉีดพ่นทางใบเมล็ดอ่อนเมื่อเมล็ดอ่อนอายุ 43, 47, 50, 52 และ 64 วัน (หลังย้ายปลูก)
- (3) ในทุกกรรมวิธีเริ่มพ่นแคลเซียมโบรอน เมื่อเมล็ดอ่อนอายุ 25, 44, 49, 54 และ 63 วัน (หลังย้ายปลูก) และให้น้ำ 500 มิลลิลิตรทุกวัน จนเมล็ดอ่อนอายุ 30 วัน ให้น้ำเพิ่มเป็น 1,000 มิลลิลิตร

บันทึกผลการทดลอง ดังนี้

- (1) การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ จำนวนข้อ
- (2) คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ น้ำหนักผล เส้นรอบวง ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) วิตามินซี ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) ปริมาณฟีนอลิครวม และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ
- (3) ตรวจสอบการอยู่รอดของรา *T. phayaoense* (L113) โดยการแยกเชื้อกลับจากดินปลูก ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ด้วยวิธี spread plate

2. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน

ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าในระดับโรงเรือน โดยการหว่านเมล็ดคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ลงในถุงเพาะขนาด 5 x 10 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ดินสำเร็จรูปผสมดินเผาปุ๋ยอินทรีย์กับทราย ในอัตราส่วน 1:2:1/4 โดยปริมาตร) จนคะน้ามีอายุ 14 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือจำนวนถุงละ 1 ต้น นำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่เตรียมไว้ใส่ในถุงเพาะ ในอัตรา 1 กรัมต่อดิน 1,000 กรัม จำนวน 5 ครั้ง ได้แก่ เมื่อคะน้าอายุ 0 วัน (ใส่รองกันหลุมหลังย้ายปลูก) 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ๆ 4 ซ้ำ ๆ ละ 4 ต้น วิเคราะห์ ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณแคเน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) โดยมีกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดไม่มีรา

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L1I3)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0

หมายเหตุ:

- (1) กรรมวิธีที่ 3 และ 4 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด ใส่เมื่อเมล่อนอายุ 0 วัน (ใส่รองกันหลุมหลังย้ายปลูก) 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
- (2) กรรมวิธีที่ 5 ที่ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 โดยใส่เมื่อเมล่อนอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
- (3) ในทุกกรรมวิธี ให้น้ำ 400 มิลลิลิตร ทุกวัน

บันทึกผลการทดลอง ดังนี้

- (1) การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ขนาดเส้นรอบวงของลำต้น
- (2) ข้อมูลคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดของต้น, ราก เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของต้น, ราก ค่าดัชนีความเขียว ปริมาณคลอโรฟิลล์ และสารประกอบฟีนอลิกรวม
- (3) ตรวจสอบการอยู่รอดของรา *T. phayaense* (L113) โดยการแยกเชื้อกลับจากดินปลูก ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ด้วยวิธี spread plate

3. การแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในพืชทดสอบ (เมล่อน และคะน้า)

แยกเชื้อกลับจากดินปลูก ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ด้วยวิธี spread plate ทำการสุ่มเก็บดินกรรณวิธีละ 3 ต้น จากนั้นนำดินที่ได้ผึ่งลม (Air dry) ให้แห้ง แล้วสุ่มตัวอย่างมา 1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทำการเจือจางเชื้อด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อที่ค่าความเจือจาง 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} จากนั้นดูดดินแขวนลอยมาปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ไปเกลี่ยลงบนจานอาหาร potato dextrose agar (PDA) ค่าความเจือจางละ 3 ซ้ำ และนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แยกเชื้อให้บริสุทธิ์และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยนำราที่แยกได้มาถ่ายเชื้อลงบนจานอาหาร (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราเอนโดไฟท์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ด้วยวิธีการเลี้ยงบนสไลด์ (slide culture technique) (Malakoff, 1936) และทำการแยกเชื้อจากใบ ลำต้น และรากของพืชทดสอบ โดยเก็บตัวอย่าง ราก ลำต้น และ ใบของพืชทดสอบบรรจุลงในถุงซิพพลาสติกเก็บไว้ในกล่องควบคุมความเย็น และนำไปยังห้องปฏิบัติการภายใน 48 ชั่วโมง หลังการเก็บตัวอย่างจากนั้นล้างตัวอย่างพืชด้วยน้ำประปาเพื่อกำจัดฝุ่นที่เกาะติด ใช้ใบมีดผ่าตัด ตัดตัวอย่างพืชเป็นชิ้น ขนาด ประมาณ 2 X 2 มิลลิเมตร และฆ่าเชื้อบนพื้นผิวของตัวอย่างพืช ด้วยวิธี triple sterilization ดังนี้

1. แช่ในเอทานอล 70% (v/v) นาน 1 นาที
2. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 2% (v/v) นาน 2 นาที
3. เอทานอล 70% (v/v) นาน 20 วินาที
4. ล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 2 ครั้ง

จากนั้นวางชิ้นตัวอย่างพืชบนกระดาษปลอดเชื้อ ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ นำตัวอย่างพืชที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ววางลงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่ปรับลดปริมาณส่วนประกอบลงครึ่งสูตร และผสมด้วยยาปฏิชีวนะคลอแรมเฟนิคอล 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

เพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ตรวจสอบประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อที่พื้นผิวของเนื้อเยื่อพืช โดยนำน้ำกลั่นที่ผ่านการล้างตัวอย่างมาแยกเชื้อด้วยวิธี spread plate technique บนอาหาร PDA บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบการการเข้าอยู่อาศัยของราเอนโดไฟท์ในเนื้อเยื่อพืชทดสอบ (เมล่อน และ ค่ะน้า)

4. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมโรคจากราก่อโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (ระยะต้นกล้า) ในระดับโรงเรือน และควบคุมโรคจากรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในคะน้าระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน

4.1 ผลของผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราก่อโรค *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน 8 สายพันธุ์ (ระยะต้นกล้า)

ทดสอบการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์โมมิจิ สายพันธุ์ซูบาริคิง สายพันธุ์คูนามิ สายพันธุ์คิโมมิจิ สายพันธุ์โยกูโบะควิน สายพันธุ์ที เลดีโกลด์ สายพันธุ์พอทอลเรนจ์ และสายพันธุ์มาตามออเรนจ์ โดยเฉพาะกล้าเมล่อนในสภาพเพาะกล้าขนาด 104 หลุม โดยใช้วัสดุเพาะที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ประกอบด้วยดินมีเดียผสมขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 เป็นวัสดุเพาะ จนเมล่อนอายุได้ 14 วัน แล้วย้ายต้นกล้ามาลงปลูกในถุงเพาะขนาด 3 x 6 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ดินสำเร็จรูปผสมกับทรายและพีทมอสในอัตราส่วน 2:1:1 โดยปริมาตร) จำนวน 1 ต้น/ถุง ทำการปลูกรา *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวหลังย้ายปลูก 7 วัน โดยนำรา *F. hainanense* ที่เลี้ยงบนจานอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน มาทำสารแขวนลอยโคนินเดีย โดยชุบเชื้อบนผิวอาหาร PDA ใส่ลงในน้ำกลั่นผสม Tween 80 ความเข้มข้น 0.1 % ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วให้รา *F. hainanense* มีความเข้มข้น 1.0×10^6 โคนินเดียต่อมิลลิลิตร หยดลงไป ในถุงเพาะ ๆ ละ 1 มิลลิลิตร โดยหยดให้เชื้อกระจายทั่วถุงเพาะ (ยกเว้นถุงเพาะที่เป็นควบคุมจะไม่ใส่เชื้อใด ๆ) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวน 3 กรรมวิธี ๆ 10 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) โดยมีกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 *F. hainanense*

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ด + *F. hainanense*

หมายเหตุ: ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด โดยใส่ 2 ครั้ง ได้แก่ เมื่อเมล็ดอายุ 0 วัน (ใส่รองก้นหลุมหลังย้ายปลูก) และหลังย้ายปลูก 7 วัน, ปลูกรา *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวหลังย้ายปลูก 7 วัน

บันทึกข้อมูลการเกิดโรค (Disease Incidence: DI)

ทำการบันทึกข้อมูลการเกิดโรคเหี่ยวในวันที่ 3, 5 และ 7 วัน หลังการทดสอบ โดยทำการวัดผลประเมินการเกิดโรค (Disease Incidence: DI) โดยการนับจำนวนต้นเมล็ดอนที่เป็นโรค และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

$$\text{Disease Incidence: DI (\%)} = (\text{จำนวนต้นที่เกิดโรค} / \text{จำนวนต้นทั้งหมด}) \times 100$$

การประเมินระดับความรุนแรงการเกิดโรค

ประเมินความรุนแรงการเกิดโรค (Disease severity: DS) ตามวิธีของ Abdalla (1986) และ Aegerter et al. (2000) แบ่งเป็นความรุนแรง 5 ระดับ

- | | | |
|---|-----|------------------------------------|
| 0 | คือ | ไม่เกิดโรค |
| 1 | คือ | แสดงอาการเหี่ยว 1-25 เปอร์เซ็นต์ |
| 2 | คือ | แสดงอาการเหี่ยว 26-50 เปอร์เซ็นต์ |
| 3 | คือ | แสดงอาการเหี่ยว 51-75 เปอร์เซ็นต์ |
| 4 | คือ | แสดงอาการเหี่ยว 76-100 เปอร์เซ็นต์ |

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

4.2 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราก่อโรค *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน

ทดสอบการควบคุมโรคเน่าคอดินของคะน้าในระดับโรงเรือน โดยการหว่านเมล็ดคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ลงในถุงเพาะขนาด 5 x 10 นิ้ว ใช้วัสดุปลูกที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ดินสำเร็จรูปผสมดินเผาปุ๋ยอินทรีย์กับทราย ในอัตราส่วน 1:2:1/4 โดยปริมาตร) จนคะน้ามีอายุ 14 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือจำนวนถุงละ 1 ต้น นำผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ผลิตภัณฑ์ชีวภาพทางการค้าจากรา *T. harzianum* และปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ที่เตรียมไว้ใส่ในถุงเพาะ ในอัตรา 1 กรัมต่อดิน 1,000 กรัม จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ เมื่อคะน้าอายุ 0 วัน (รองก้นหลุมปลูก) และ 7 วัน จากนั้นเมื่อคะน้าอายุ 21 วัน ทำการปลูกราสาเหตุโรคเน่าคอดิน โดยนำรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดิน ที่เลี้ยงบนจานอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน มาทำโคนินเดียแขวนลอย โดยชุบเชื้อบนผิวอาหาร PDA ใส่ลงในน้ำกลั่นผสม Tween 80 ความเข้มข้น 0.1 % ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ให้รา *P. aphanidermatum* มีความเข้มข้น 1.0×10^6 โคนินเดียต่อมิลลิลิตร หยดลงไปลงในถุงเพาะ ๆ ละ 5 มิลลิลิตร โดยหยดให้เชื้อกระจายทั่วกระถาง (ยกเว้นถุงเพาะที่เป็นควบคุมจะไม่ใส่เชื้อใด ๆ) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ๆ 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพหุเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$) โดยมีกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 *P. aphanidermatum*

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) + *P. aphanidermatum*

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* + *P. aphanidermatum*

กรรมวิธีที่ 5 สารกำจัดราทางการค้า เทอร์ราคลอร์ ซุปเปอร์-เอ็กซ์ + *P. aphanidermatum*

หมายเหตุ:

- (1) ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113), ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* และสารกำจัดราทางการค้า เทอร์ราคลอร์ ซุปเปอร์-เอ็กซ์ โดยใส่ 2 ครั้ง ได้แก่ เมื่อคะน้าอายุ 0 วัน (รองก้นหลุมปลูก) และ 7 วัน จากนั้น เมื่อคะน้าอายุ 21 วัน ปลูกถ่ายราสาเหตุโรคเน่าคอดิน *P. aphanidermatum*

(2) ทุกกรรมวิธีให้น้ำ 400 มิลลิลิตรทุกวัน

บันทึกข้อมูลการเกิดโรคเน่าคอดินในวันที่ 3, 5 และ 7 วัน หลังการทดสอบ โดยทำการวัดผลประเมินการเกิดโรค โดยการนับจำนวนต้นคะน้าที่เป็นโรคและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

บันทึกข้อมูลการเกิดโรค (Disease Incidence: DI)

ทำการบันทึกข้อมูลการเกิดโรคเน่าคอดินในวันที่ 3, 5 และ 7 วัน หลังการทดสอบ โดยทำการวัดผลประเมินการเกิดโรค (Disease Incidence: DI) โดยการนับจำนวนต้นคะน้าที่เป็นโรคและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

$$\text{Disease Incidence: DI (\%)} = (\text{จำนวนต้นที่เกิดโรค} / \text{จำนวนต้นทั้งหมด}) \times 100$$

การประเมินระดับความรุนแรงการเกิดโรค

ประเมินระดับความรุนแรงการเกิดโรคตาม (Bradley, et al. 2001) ตามมาตราส่วนการให้คะแนน 0 – 5

โดยที่ 0 = ไม่ใช่อาการ

1 = รอยโรคยาว < 2.5 มม.

2 = รอยโรค ความยาวตั้งแต่ 2.5 ถึง 5 มม.

3 = ความยาวแผล > 5 มม.

4 = แผลพันรอบ

5 = พืชเหี่ยวหรือตาย

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบพหุคูณเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ศึกษาคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113)

1. ประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

การประเมินคุณสมบัติของวัสดุ 9 ชนิด ได้แก่ เวอร์มิคูไลท์ ซีลีเยอ กากกาแพ กะลากาแพ ผักตบชวา แกลบข้าวเหนียว รำข้าวเหนียว แกลบข้าวเจ้า และรำข้าวเจ้า ที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพ พบว่าวัสดุทั้ง 9 ชนิด กรรมวิธีที่ไม่ได้ผสม แป้งข้าวเหนียวมีค่าการคงรูปในน้ำอยู่ระหว่าง 4.47–8.42 วินาที ซึ่งมีค่าการคงรูปต่ำมากเกินไป ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่จะเสียสภาพได้ง่าย ในขณะที่รำข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวเหนียวใน อัตราส่วน 6:4 (วัสดุกับแป้งข้าวเหนียว) มีค่าการคงรูปในน้ำสูงที่สุด เท่ากับ 823.67 วินาที แต่ไม่เหมาะกับการนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเสียสภาพได้ช้าเกินไป วัสดุที่มีค่าการคงรูป ปานกลาง และสามารถเสียสภาพเมื่ออยู่ในน้ำได้ ในช่วงเวลาที่ไม่นานหรือเร็วจนเกินไป คือ เวอร์มิคูไลท์ผสมแป้งข้าวเหนียว ผักตบชวาผสมแป้งข้าวเหนียว และแกลบข้าวเจ้าผสมกับ แป้งข้าวเหนียว มีค่าเฉลี่ยการคงรูปในน้ำ เท่ากับ 12.00, 11.13 และ 11.15 วินาที ตามลำดับ ในส่วนของค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของวัสดุมีค่า pH ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาของ รา *T. phayaoense* (L113) ในวัสดุ และพืช อีกทั้งเมื่อผสมแป้งข้าวเหนียวมีผลทำให้ค่า pH ใน แต่ละวัสดุลดลงทำให้ค่า pH ของวัสดุอยู่ในช่วงที่ pH 5–7 ซึ่งค่า pH ของดินที่เหมาะสมของพืช ทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ ในแต่ละ กรรมวิธีมีค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในช่วง 0.04–1.26 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน ยกเว้นกรรมวิธีที่ 9 และ 10 (ผักตบชวา และผักตบชวาผสมแป้งข้าวเหนียว) มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เกินมาตรฐาน อยู่ในช่วง 11.03–11.73 เดซิซีเมนต่อเมตร ส่วนค่าความแข็ง และค่าความ หนาแน่นกรรมวิธีที่ 2 เวอร์มิคูไลท์ผสมแป้งข้าวเหนียว มีค่าความแข็งยาวความแข็งข้าง และค่า ความหนาแน่น ที่เหมาะสมมากที่สุด คือไม่อ่อนหรือแข็งจนเกินไป คือ 12.46, 12.89 นิวตัน และ 0.779 ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 16 แกลบข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวเหนียว เท่ากับ 20.26, 11.26 นิวตัน และ 0.76 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (ตาราง 3 และภาพ 3)

ตาราง 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุแบบเม็ด

ลำดับ	กรรมวิธี	คุณสมบัติวัสดุแบบเม็ด							ความหนาแน่น (ลบ.ซม.)
		อัตราส่วน	การคงรูปในน้ำ (วินาที)	pH	EC (dS/m)	ความแข็งยาว (N)	ความแข็งขวาง (N)		
1	เวอร์มิคูไลต์	10	8.27± 1.10 de	8.61± 0.06 a	0.38± 0.01 h	13.73± 3.53 d	6.09± 1.14 e	0.66± 0.07 e	
2	เวอร์มิคูไลต์+ แป้งข้าวเหนียว	6: 4	12± 2 cde	6.21± 0.02 i	0.50± 0.08 gh	12.46± 1.28 d	12.89± 1.29 d	0.78± 0.06 d	
3	ซีลื้อย	10	15.59± 0.82 cde	7.80± 0.02 b	1.30± 0.05 c	1.62± 0.32 f	1.03± 0.28 h	0.35± 0.03 j	
4	ซีลื้อย + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	30.02± 0.17 cd	7.42± 0.05 c	1.05± 0.24 cde	7.20± 2.32 e	4.74± 0.55 ef	0.45± 0.06 i	
5	กากกาแฟ	10	4.47± 0.61 de	6.17± 0.08 i	0.46± 0.11 h	0.46± 0.16 f	0.31± 0.09 h	0.57± 0.05 fg	
6	กากกาแฟ + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	4.79± 0.07 de	6.92± 0.04 d	0.04± 0.02 i	0.46± 0.10 f	1.35± 0.12 gh	0.63± 0.05 ef	
7	กะลากาแฟ	10	6.15± 0.45 de	6.61± 0.04 e	0.24± 0.01 hi	0.49± 0.25 f	0.74± 0.34 h	0.45± 0.04 i	
8	กะลากาแฟ + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	29.47± 5.38 cd	6.37± 0.02 h	0.22± 0.03 hi	4.27± 0.44 ef	4.16± 0.53 efg	0.62± 0.14 ef	
9	ผักตบชวา	10	5.69± 0.10 de	5.68± 0.01 k	11.73± 0.64 a	14.29± 2.77 d	6.15± 0.96 e	0.23± 0.02 k	
10	ผักตบชวา + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	11.13± 0.57 cde	5.49± 0.08 l	11.03± 0.02 b	21.10± 0.75 c	20.34± 1.75 c	0.23± 0.02 k	
11	แกลบข้าวเหนียว	10	6.69± 0.31 de	5.49± 0.14 l	1.09± 0.06 cde	4.10± 0.83 ef	2.49± 0.30 fgh	0.49± 0.04 hi	
12	แกลบข้าวเหนียว + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	8.42± 1.91 de	5.12± 0.09 m	1.20± 0.07 cd	3.51± 0.90 ef	1.56± 0.31 gh	0.64± 0.08 ef	
13	รำข้าวเหนียว	10	415.89± 60.01 b	6.49± 0.03 g	1.02± 0.05 cde	74.37± 17.05 a	64.84± 6.53 a	1.01± 0.10 b	
14	รำข้าวเหนียว + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	823.67± 22.85 a	6.06± 0.07 j	1.26± 0.14 cd	71.22± 11.76 a	64.05± 9.53 a	1.08± 0.10 a	
15	แกลบข้าวเจ้า	10	5.46± 0.81 de	6.51± 0.00 fg	0.52± 0.02 gh	2.91± 0.52 ef	2.44± 0.48 fgh	0.53± 0.09 gh	
16	แกลบข้าวเจ้า + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	11.15± 0.56 cde	5.56± 0.11 l	0.92± 0.04 ef	20.26± 3.13 c	11.26± 2.93 d	0.76± 0.06 d	
17	รำข้าวเจ้า	10	24.98± 3.94 cd	6.42± 0.04 gh	0.96± 0.05 def	22.98± 3.12 c	18.51± 1.92 c	0.79± 0.13 d	
18	รำข้าวเจ้า + แป้งข้าวเหนียว	6: 4	37.90± 2.63 c	6.60± 0.02 f	0.76± 0.03 fg	36.70± 2.70 b	26.75± 4.24 b	0.87± 0.04 c	
F-test			*	*	*	*	*	*	
CV%			19.40	0.98	9.15	30.78	22.88	12.35	

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสัณฐานเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance :ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของ

ค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)



ภาพ 3 รูปลักษณะของวัสดุแบบเม็ด 9 ชนิด (A เฮอร์มิคูไลท์ B เฮอร์มิคูไลท์+ แปรงขาวเทียม D ซีล้อย D ซีล้อย + แปรงขาวเทียม E กากกาแฟ F กากกาแฟ + แปรงขาวเทียม G กะลากาแฟ H กะลากาแฟ + แปรงขาวเทียม I ผักตบชวา + แปรงขาวเทียม J ผักตบชวา + แปรงขาวเทียม K แกลบขาวเทียม L แกลบขาวเทียม + แปรงขาวเทียม M รำขาวเทียม N รำขาวเทียม + แปรงขาวเทียม O แกลบขาวจาว P แกลบขาวจาว + แปรงขาวเทียม Q รำขาวจาว R รำขาวจาว + แปรงขาวเทียม)

2. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113) บนอาหารทดสอบ

การเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 ชนิด พบว่ารา *T. phayaoense* (L113) ที่เลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง และ potato dextrose agar (PDA) ยี่ห้อ Difco มีเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ยมากที่สุด และมากกว่าอาหารชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ยเท่ากับ 8.20 เซนติเมตร และมีความหนาแน่นของเส้นใยมาก รองลงมาคือ อาหาร Synthetic Nutrient Deficient (SNA), Corn meal dextrose agar (CMDA) ยี่ห้อ Himedia และ Water agar โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ยเท่ากับ 8.20, 8.20, 7.93, 7.73 และ 6.06 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพ 5-9) ในขณะที่จำนวนโคนีเดียของรา *T. phayaoense* (L113) พบว่าเชื้อที่เลี้ยงในอาหาร (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง มีการสร้างโคนีเดียสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 9.71 log conidia/plate รองลงมาคือ PDA ยี่ห้อ Difco, SNA, CMDA ยี่ห้อ Himedia และ water agar มีจำนวนโคนีเดียเฉลี่ยเท่ากับ 9.46, 8.06, 8.06 และ 8.01 log conidia/plate ตามลำดับ (ตาราง 5 และภาพ 4)

ตาราง 4 การเจริญของราแอนโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกันเป็นระยะเวลา 60 ชั่วโมง

สูตรอาหาร	เส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)	ความหนาแน่นของเส้นใย
PDA (Potato+glucose)	8.20±0.00 a	++++
PDA (Difco)	8.20±0.00 a	++++
SNA	7.93±0.15 ab	+
CMDA	7.73±0.15 d	+
Water agar	6.06±0.40 c	-
F – test	*	
CV	2.68	

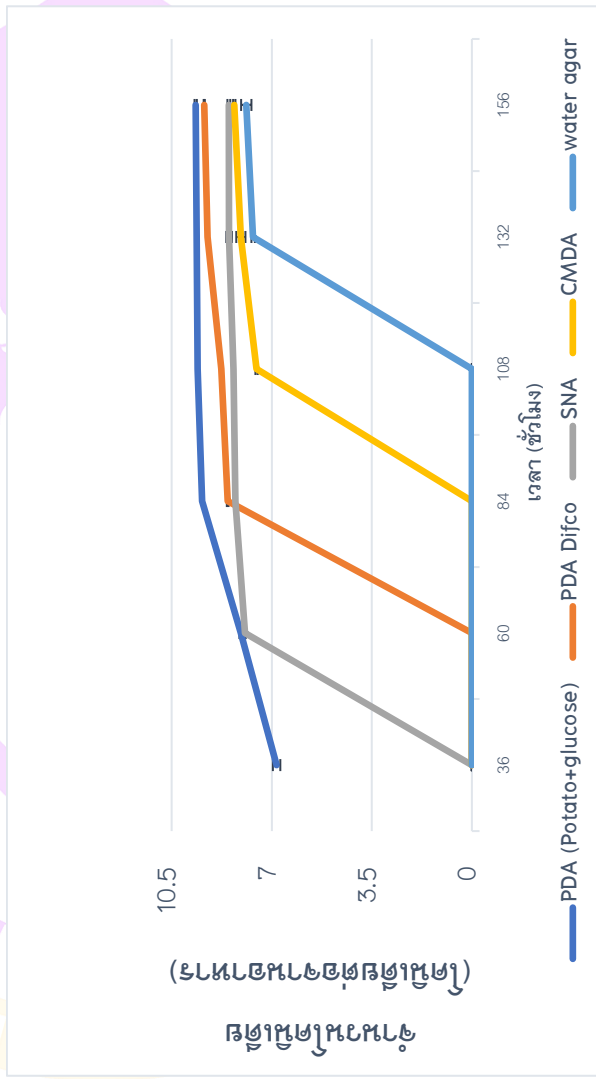
หมายเหตุ:

- (1) ตัวอักษรต่างกันในระดับเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$)
- (2) สัญลักษณ์แสดง: ++++ มีความหนาแน่นของเส้นใยมาก, +++ มีความหนาแน่นของเส้นใยปานกลาง, ++ มีความหนาแน่นของเส้นใยน้อย, + มีความหนาแน่นของเส้นใยน้อยมา

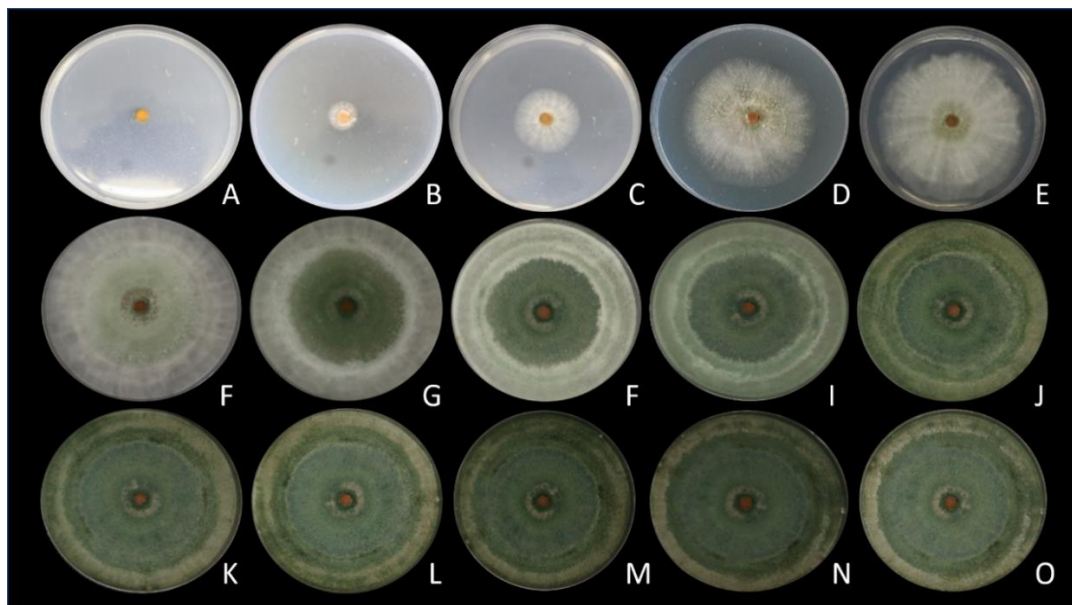
ตาราง 5 การสร้างจำนวนโคเนียมเดียวของราแอมโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) ทดสอบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 สูตร

อาหารเลี้ยงเชื้อ	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	108 h	120 h	132 h	144 h	156 h	168 h
PDA (potato+glucose)	6.85±0.13	7.14±0.00	8.08±0.05	9.13±0.00	9.43±0.01	9.56±0.01	9.59±0.00	9.59±0.01	9.63±0.04	9.64±0.02	9.66±0.04	9.71±0.01
PDA (Difco)	0.00	0.00	0.00	0.00	8.54±0.03	8.54±0.04	8.76±0.01	9.01±0.07	9.25±0.03	9.34±0.06	9.36±0.02	9.46±0.06
SNA	0.00	0.00	7.94±0.03	8.16±0.01	8.27±0.01	8.37±0.06	8.34±0.02	8.42±0.05	8.49±0.10	8.45±0.06	8.50±0.05	8.60±0.00
CMDA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.53±0.04	8.08±0.14	8.08±0.16	8.20±0.04	8.31±0.04	8.60±0.04
water agar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.46±0.14	7.65±0.06	7.77±0.00	7.89±0.18	8.01±0.01

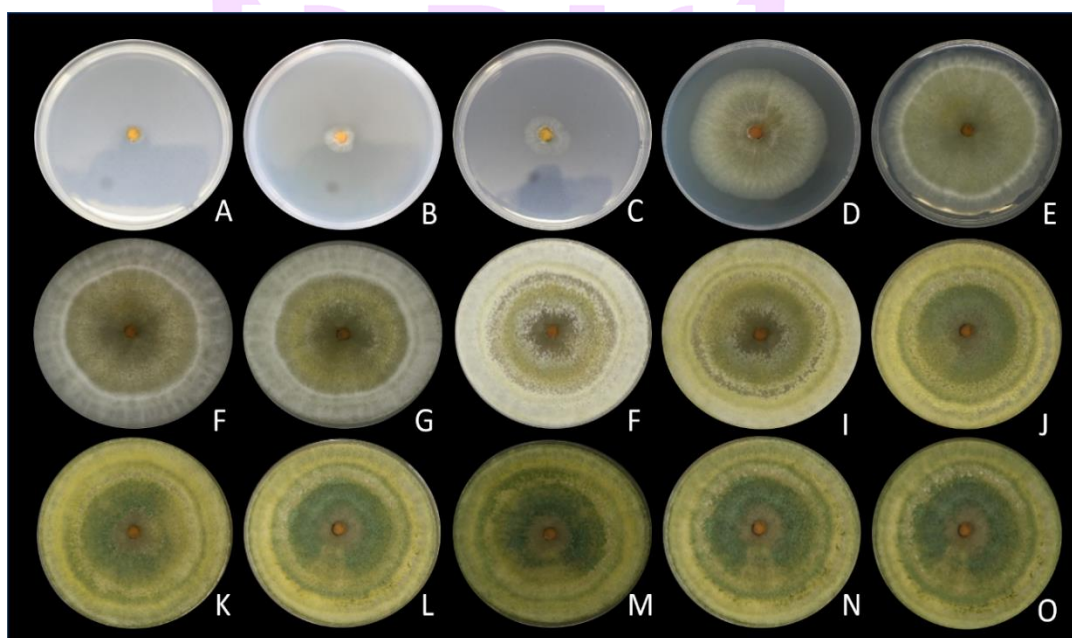
จำนวนโคเนียมเดียวของราแอมโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) (log conidia/ plate)



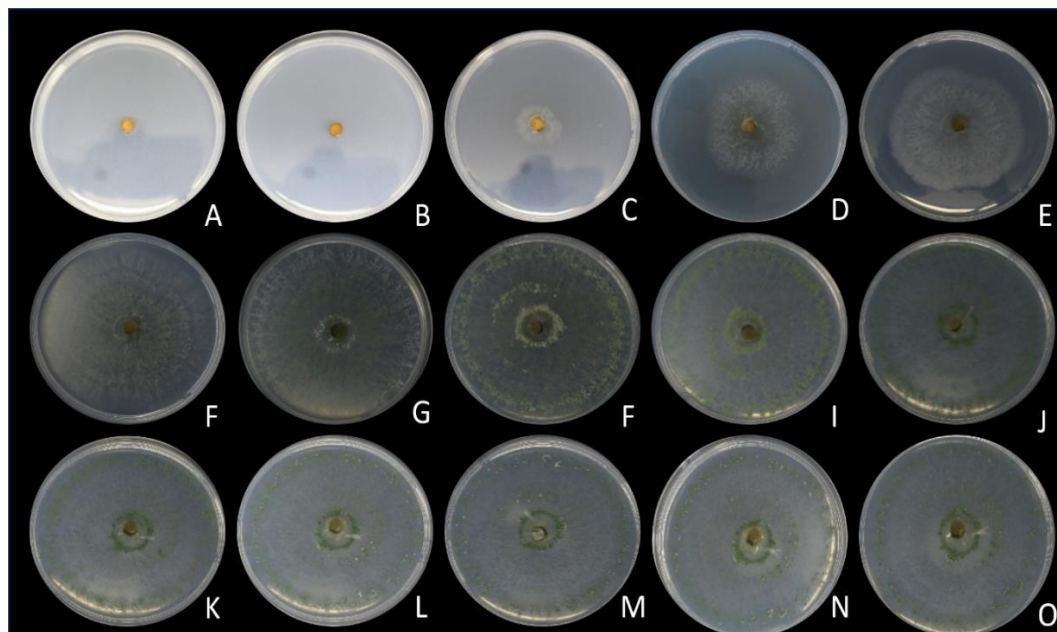
ภาพ 4 โคเนียมเดียวของราแอมโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) ทดสอบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 สูตร



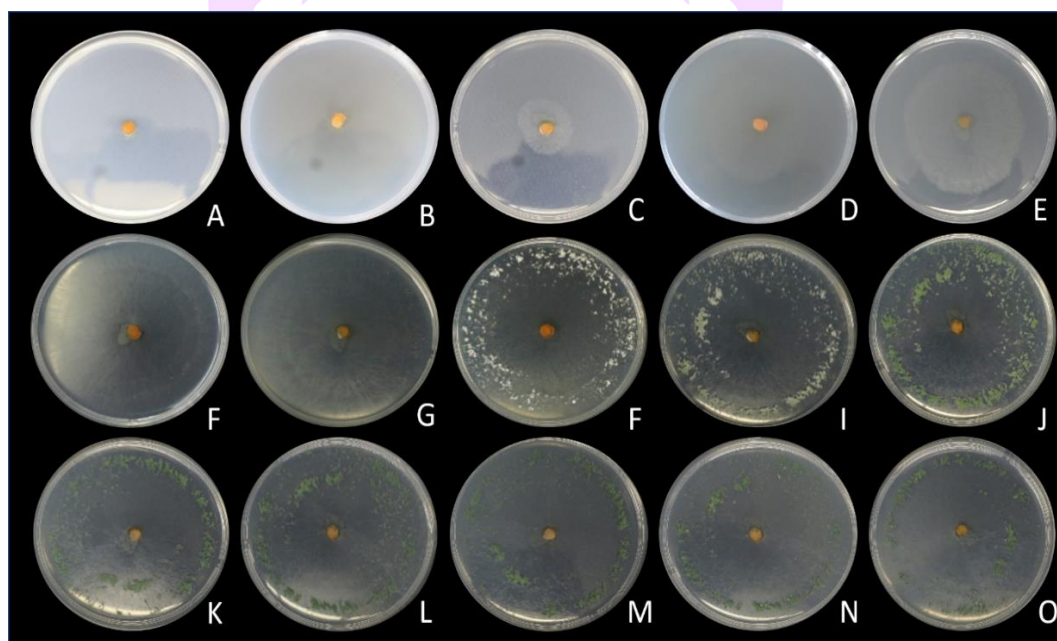
ภาพ 5 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaense* (L113) ในอาหาร PDA (potato + glucose) (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (F) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.



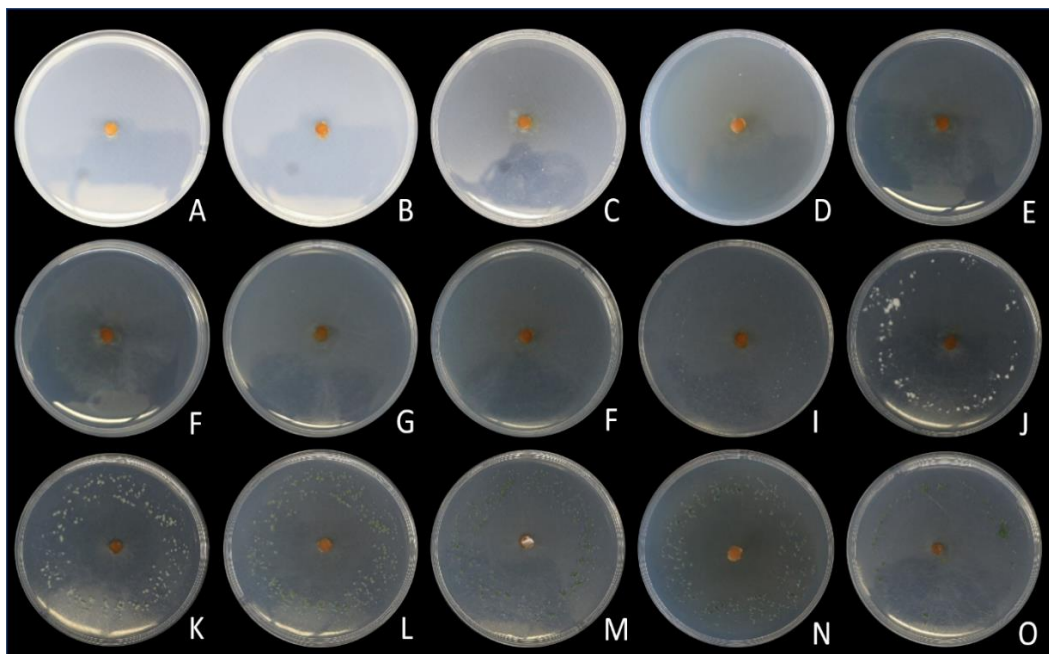
ภาพ 6 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaense* (L113) ในอาหาร PDA (Difco) (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (F) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.



ภาพ 7 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร SNA (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (H) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.



ภาพ 8 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร CMDA (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (H) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.



ภาพ 9 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร water agar (A) 0 hours, (B) 12 hours, (C) 24 hours, (D) 36 hours, (E) 48 hours, (F) 60 hours, (G) 72 hours, (H) 84 hours, (I) 96 hours, (J) 108 hours, (K) 120 hours, (L) 132 hours, (M) 144 hours, (N) 156 hours, (O) 168 hours.

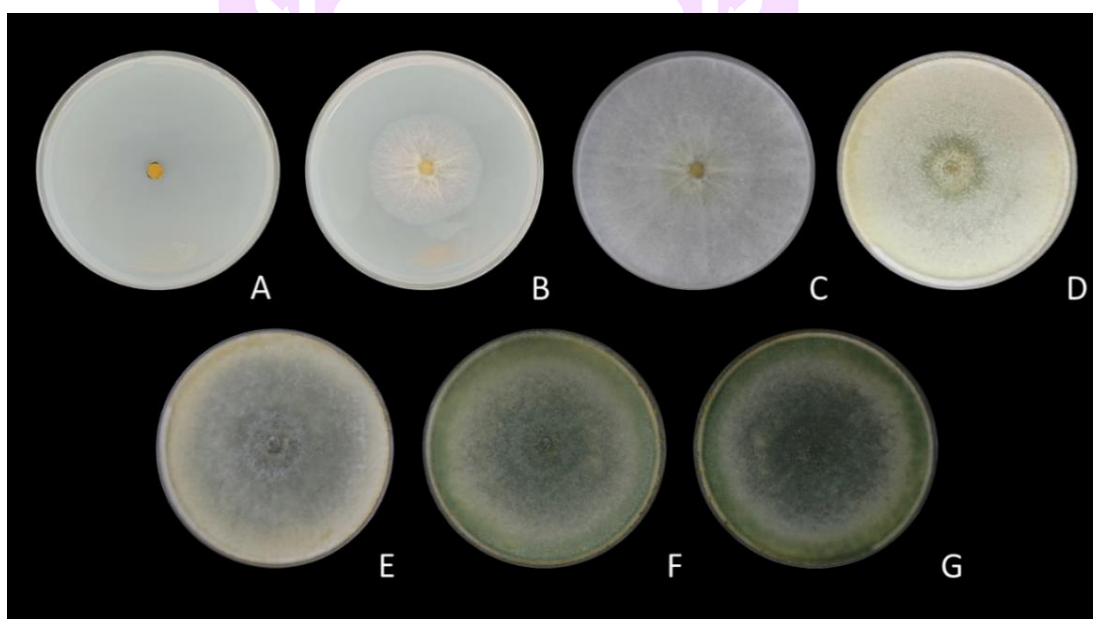
3. การทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113)

จากการทดสอบพบว่ารา *T. phayaoense* (L113) ที่เลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง มีการเจริญเติบโตของเส้นใยรา และเส้นใยมีความหนาแน่นมาก รวมทั้งสร้างโคโคนีเดียได้มากที่สุด จึงนำอาหาร PDA ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่งมาทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113) โดยมีระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6 ระดับ ได้แก่ pH 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 และ 9.0 พบว่ารา *T. phayaoense* (L113) มีการเจริญของเส้นใยราและการสร้างโคโคนีเดียได้ดีที่ระดับ pH 6.0 ณ 168 ชั่วโมง หลังการทดลองมีการสร้างจำนวนโคโคนีเดียเฉลี่ยเท่ากับ 5.09 log conidia/plate รองลงมาคือระดับ pH 5.0, 4.0, 8.0, 7.0 และ 9.0 โดยมีจำนวนโคโคนีเดียเท่ากับ 5.06, 5.04, 5.01, 4.94 และ 4.51 log conidia/ plate ตามลำดับ (ตาราง 6 และภาพ 10-15)

ตาราง 6 จำนวนโคนีเดียของรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง ที่ระดับความเป็นกรด – ต่าง แตกต่างกัน

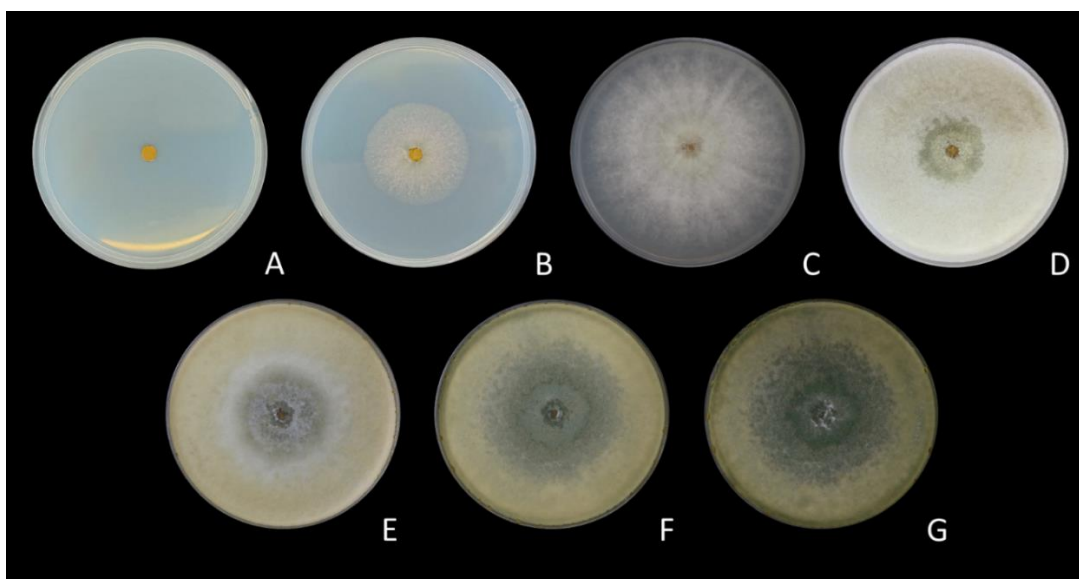
ค่า pH ในอาหาร PDA	จำนวนโคนีเดีย (log conidia/ plate)		
	72 ชม.	120 ชม.	168 ชม.
pH 4.0	3.85±0.15 d	4.34±0.20 b	5.04±0.11 c
pH 5.0	4.07±0.19 c	4.32±0.21 c	5.06±0.23 b
pH 6.0	4.71±0.13 a	4.77±0.13 a	5.09±0.19 a
pH 7.0	4.12±0.14 b	3.66±0.22 f	4.94±0.15 e
pH 8.0	3.80±0.19 e	4.04±0.16 e	5.01±0.19 d
pH 9.0	3.48±0.14 f	4.29±0.22 d	4.51±0.15 f
F-test	***	***	***
cv	0.166	0.192	0.165

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในระดับเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$)

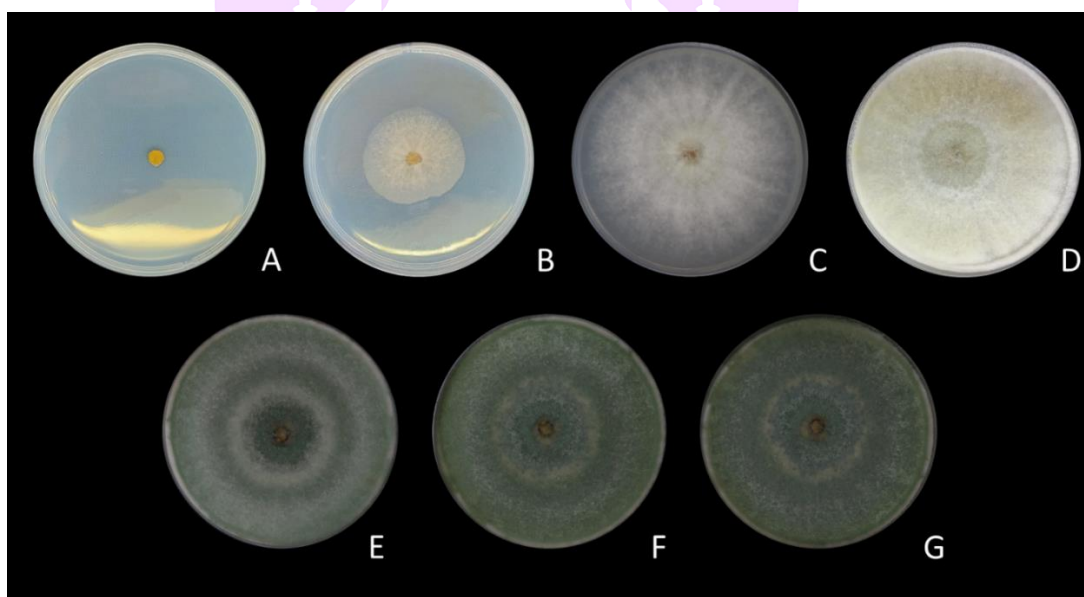


ภาพ 10 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 4.0

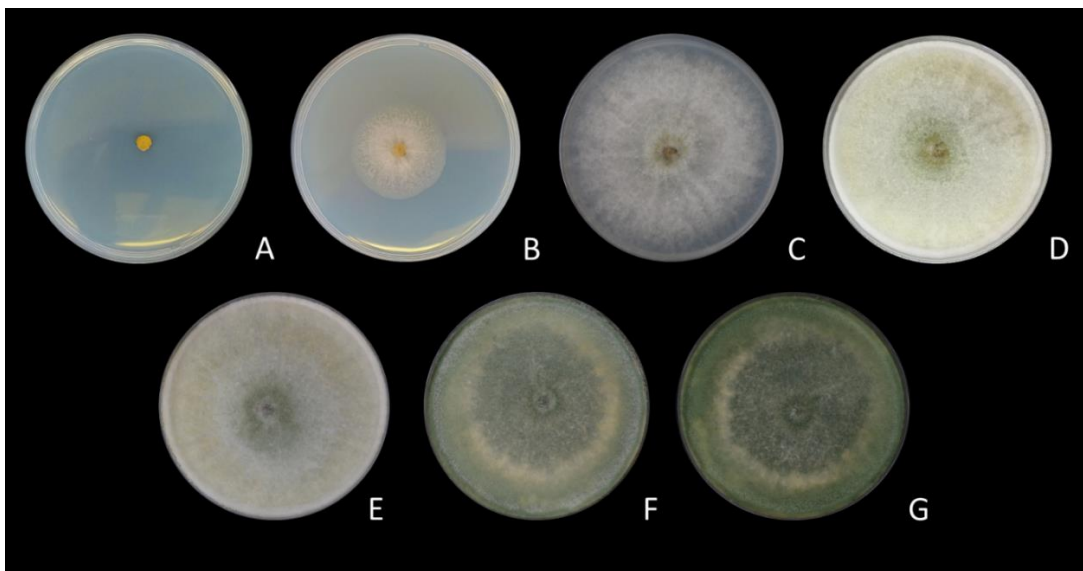
(A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.



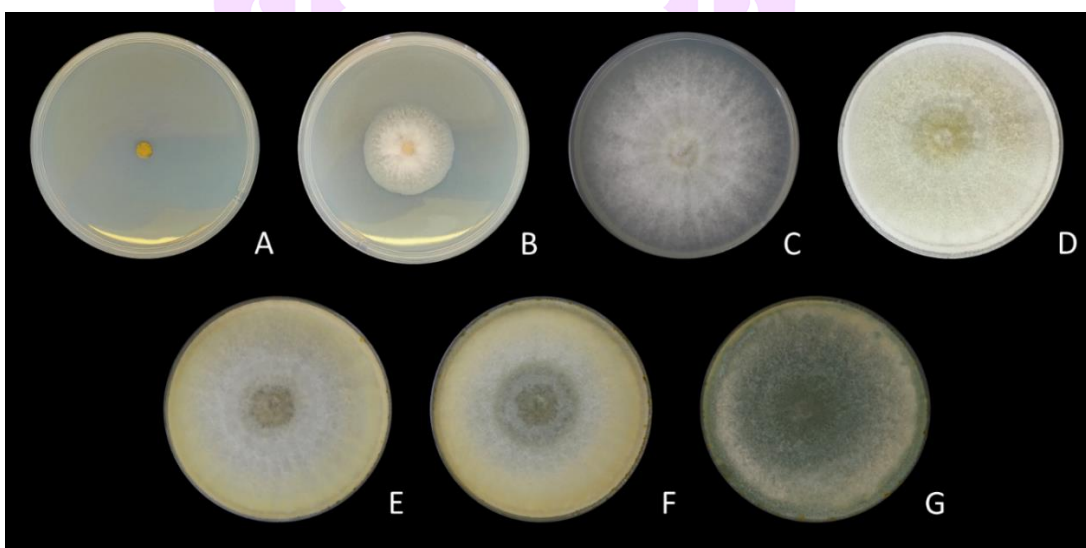
ภาพ 11 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 5.0
 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.



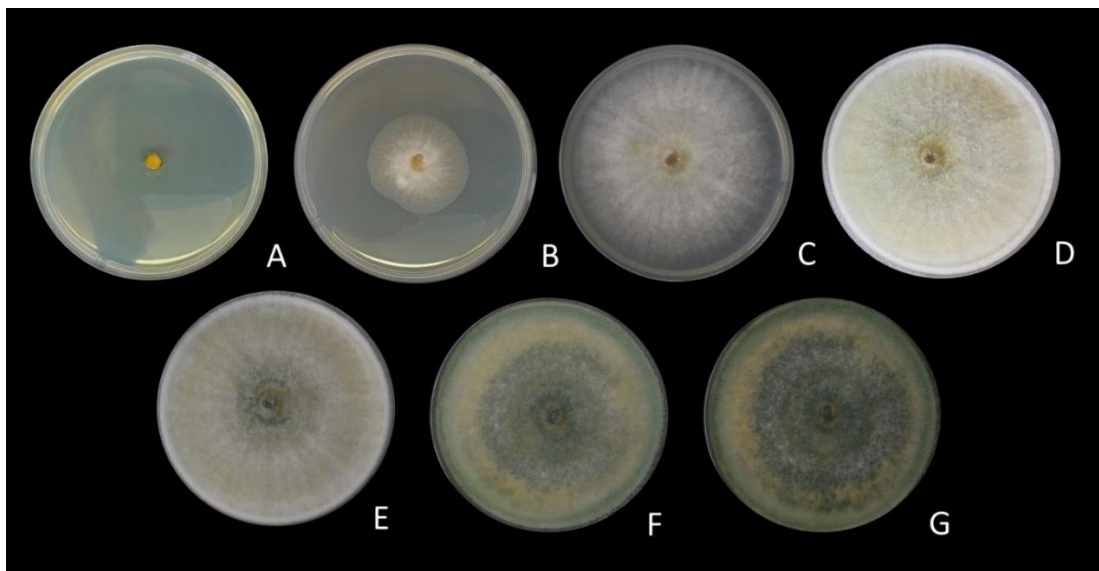
ภาพ 12 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 6.0
 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.



ภาพ 13 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 7.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.



ภาพ 14 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 8.0 (A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.



ภาพ 15 การเจริญของเส้นใยรา *T. phayaoense* (L113) ในอาหาร PDA ที่ระดับ pH 9.0

(A) 24 hours, (B) 48 hours, (C) 72 hours, (D) 96 hours, (E) 120 hours, (F) 144 hours, (G) 168 hours.

4. ศึกษาต้นทุนวัตถุดิบ การผลิต และผลตอบแทนในการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ปริมาณ 100 กิโลกรัม

เตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบเลี้ยงเชื้อ

ข้าวฟ่างสีแดง กระสอบละ 25 กิโลกรัม (350 บาท) จำนวน 5 กระสอบ (350*5) = 1,750 บาท

วัตถุดิบทำชีวภัณฑ์

เวอร์มิคูไลท์ กระสอบ 100 ลิตร กระสอบละ = 940 บาท (10 กระสอบ) = 9,400 บาท

แป้งข้าวเหนียว (ตราใบหยก) ลังละ 10 กิโลกรัม 380 บาท (40 กิโลกรัม) = 1,520 บาท

รวมค่าต้นทุนวัตถุดิบ

100 กิโลกรัม = 12,670 บาท

1 กิโลกรัม = 126.70 บาท

การผลิต

ค่าไฟ (คิดจากการใช้ไฟ 400 วัตต์ กินไฟ ชม. ละ 1.20 บาท)

เครื่องอบ 6 วัน ๆ ละ 172 บาท = 1,032 บาท

เครื่องปั่น 5 วัน ๆ ละ 9.6 บาท = 48 บาท

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ 3 วัน วัน ๆ ละ 9.6 บาท = 28.8 บาท

ค่าแรงงาน 10 คน ๆ ละ 300 บาท/วัน (12 วัน) = 36,000 บาท

ค่าการผลิตทั้งหมด = $1,032 + 48 + 28.8 + 36,000 = 37,108.8$ บาท

รวมต้นทุนวัตถุดิบ และการผลิต = $12,670 + 37,108.80 = 49,778.8$ บาท ต่อ 100 กิโลกรัม
 ต้นทุน กิโลกรัมละ 497.79 บาท บวกอัตรากำไรต่อต้นทุน 30% ต่อกิโลกรัมละ 149.34 บาท
 ขายกิโลกรัมละ 647.13 บาท บรรจุถุงละ 500 กรัม ราคาขายสุทธิ ขายถุงละ 325 บาท

ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaoense* (L113)

1. การประเมินผลผลิตที่สัมพันธ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

1.1 ทดสอบอัตราการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ด และแบบผง ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 เดือน

การตรวจสอบการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าการมีชีวิตรอดลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยหลังจากเก็บรักษาได้ 12 เดือน ผลิตภัณฑ์แบบเม็ด และแบบผง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 80.33 และ 75.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส การมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) เฉลี่ยเท่ากับ 75.39 และ 71.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์แบบผงการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) หลังจากเก็บรักษาได้ 12 เดือน เฉลี่ยเท่ากับ 53.51 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดมีการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) หลังเก็บรักษาได้ 11 เดือน เฉลี่ยเท่ากับ 48.26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้ 8 เดือน การมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์แบบเม็ด และแบบผง เท่ากับ 51.12 และ 35.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 7 และภาพ 16)

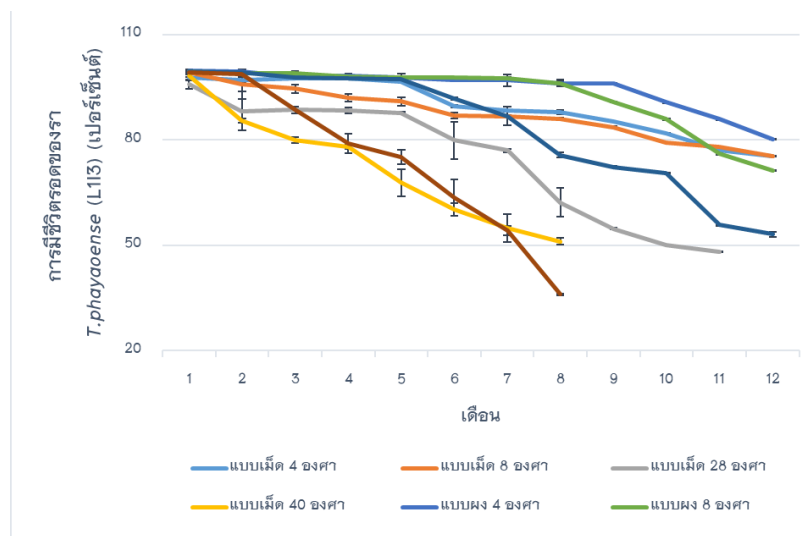
ตาราง 7 อัตราการมีชีวิตของรอดของรา *T. phayoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบเม็ด และแบบผง ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน

รูปแบบผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการรอดชีวิต (%)											
		เดือนที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
แบบเม็ด	4	97.73±0.85 ^c	97.08±0.77 ^c	97.49±0.37 ^b	97.44±0.14 ^a	96.67±0.29 ^a	89.6±0.37 ^b	97.6±0.17 ^c	87.95±0.57 ^b	85.21±0.10 ^c	81.67±0.11 ^c	77.07±0.10 ^c	75.48±0.06 ^b
	8	99.14±0.30 ^{ab}	95.78±4.18 ^d	94.56±1.17 ^c	91.91±1.09 ^b	90.91±1.19 ^b	86.9±0.83 ^b	96.81±0.38 ^a	86.06±0.19 ^b	83.69±0.27 ^b	79.23±0.10 ^d	78.22±0.10 ^b	75.39±0.05 ^c
	28	89.23±1.34 ^d	88.16±5.57 ^e	88.58±0.95 ^d	88.35±0.95 ^c	87.75±0.18 ^c	79.85±5.29 ^c	88.29±0.41 ^b	62.21±4.16 ^d	54.55±0.23 ^f	50.09±0.12 ^f	48.26±0.12 ^f	-
	40	98.3±0.47 ^{bc}	98.3±0.68 ^b	79.97±0.9 ^e	78.01±0.49 ^d	67.77±3.90 ^e	60.21±1.83 ^d	86.73±4.0 ^b	51.12±0.91 ^e	-	-	-	-
แบบผง	4	99.76±0.12 ^a	99.41±0.41 ^a	98.06±0.41 ^{ab}	98.7±0.45 ^a	97.12±0.29 ^a	97.03±0.47 ^a	86.62±1.69 ^b	96.12±0.99 ^a	95.81±0.22 ^a	90.77±0.01 ^a	85.91±0.01 ^a	80.33±0.10 ^a
	8	99.41±0.12 ^{ab}	99.03±0.42 ^a	99.04±0.41 ^a	98.01±0.78 ^a	97.81±1.08 ^a	97.69±0.03 ^a	76.94±0.19 ^c	95.99±0.60 ^b	90.83±0.21 ^b	85.77±0.18 ^b	75.84±0.18 ^d	71.37±0.07 ^d
	28	99.53±0.21 ^{ab}	99.13±0.39 ^a	97.82±0.50 ^{ab}	97.54±0.34 ^a	97.31±0.30 ^a	91.72±0.38 ^b	54.85±2.69 ^d	75.7±0.68 ^c	72.60±0.25 ^e	70.67±0.03 ^e	55.73±0.03 ^e	53.51±0.71 ^e
	40	99.30±0.70 ^{ab}	98.73±0.35 ^{ab}	88.49±1.05 ^b	79.03±2.81 ^d	75.05±2.01 ^d	63.58±5.17 ^d	54.1±1.31 ^d	35.97±0.26 ^f	-	-	-	-
F-test		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
cv		0.66	0.40	0.84	1.43	1.87	3.27	2.34	2.16	0.27	0.14	0.20	0.45

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance:

ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพหุคูณพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test:

DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย * = (p ≤ 0.05), ** = (p ≤ 0.01), *** = (p ≤ 0.001)



ภาพ 16 อัตราการมีชีวิตของรอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบเม็ด และแบบผง ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน

1.2 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคเหี่ยว *Fusarium hainanense* และราก่อโรคเน่าคอดิน *Pythium aphanidermatum* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส

การทดสอบประสิทธิภาพของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบผง และแบบเม็ดในการยับยั้งราก่อโรค *F. hainanense* ด้วยวิธี dual culture plate method พบว่าผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ด หลังผลิตได้ 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *F. hainanense* เฉลี่ย 68.33–73.66 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบผง หลังผลิตได้ 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *F. hainanense* เฉลี่ย 68.62–71.44 เปอร์เซ็นต์ โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ดที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ยังคงมีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *F. hainanense* สูง หลังการเก็บรักษา 1 เดือน เฉลี่ย 65.29–65.70 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพยับยั้งรา *F. hainanense* ปานกลางหลังการเก็บรักษา 2 เดือน เฉลี่ย 54.75–58.63 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ดที่อุณหภูมิ 8 และ 28 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 6 เดือน เฉลี่ย 36.57 และ 42.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 40 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บรักษา 5 เดือน เฉลี่ย 47.51 และ 48.61 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการยับยั้งรา *F. hainanense* สูง

หลังการเก็บรักษา 2 เดือน เฉลี่ย 63.57–64.65 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บรักษา 4 เดือน เฉลี่ย 49.15–49.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการยับยั้งรา *F. hainanense* สูง เฉลี่ย 64.47 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 1 เดือน และประสิทธิภาพในการยับยั้งรา *F. hainanense* ปานกลางหลังการเก็บรักษา 2 เดือน เฉลี่ย 54.78 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บรักษา 4 เดือน เฉลี่ย 49.54 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 8 และภาพ 17)

การทดสอบประสิทธิภาพของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบผง และแบบเม็ดในการยับยั้งราก่อโรค *P. aphanidermatum* ด้วยวิธี dual culture plate method พบว่าผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ด มีประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคสูง เฉลี่ย 72.55–75.29 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแบบผงหลังผลิตได้ 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* สูง เฉลี่ย 72.45–73.53 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ดที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ยังคงมีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* สูง หลังการเก็บรักษา 4 เดือน เฉลี่ย 61.70–62.74 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ดที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* ปานกลางหลังการเก็บรักษา 5 และ 6 เดือน เฉลี่ย 50.26–57.51 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 7 เดือน เฉลี่ย 38.25–41.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบผงที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ยังคงมีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* สูง หลังการเก็บรักษา 4 เดือน เฉลี่ย 61.65–64.59 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* ปานกลางหลังการเก็บรักษา 5 และ 6 เดือน เฉลี่ย 51.29–57.67 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 7 เดือน เฉลี่ย 32.23–38.31 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 9 และภาพ 17)

ตาราง 8 ประสิทธิภาพการยับยั้งโรคเหี่ยว *Fusarium hainanense* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ในอุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 เดือน

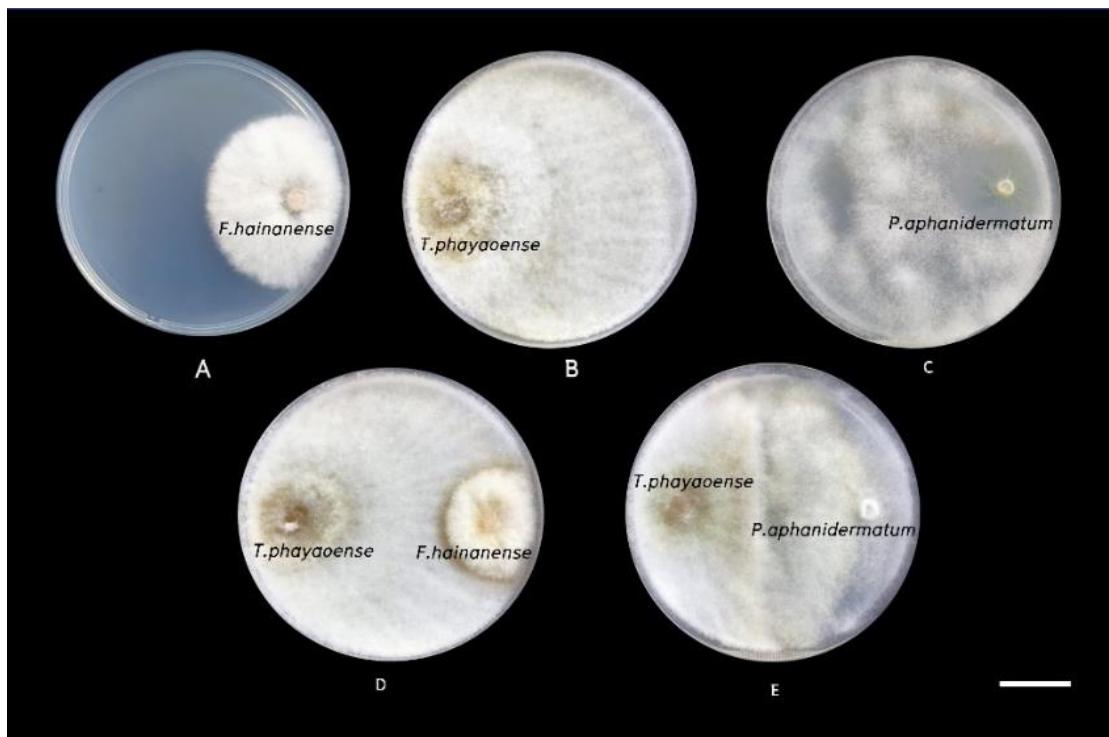
รูปแบบผลิตภัณฑ์	การยับยั้งการเจริญราสาเหตุโรค <i>F. hainanense</i> (เปอร์เซ็นต์)													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)														
แบบเม็ด	4	68.33±0.58 e	65.58±0.32 db	54.75±0.25 f	51.60±0.23 a	51.60±0.05 a	47.51±0.06 e	39.48±0.26 b	40.11±0.20 a	40.33±0.57 a	36.74±0.13 a	30.75±0.13 d	26.22±0.20 a	21.42±0.12 b
	8	70.00±0.10 cd	65.70±0.40 a	57.77±0.12 d	50.67±0.12 d	50.67±0.16 b	51.64±0.20 a	42.22±0.38 a	40.22±0.38 a	37.47±0.25 b	34.77±0.17 d	30.70±0.05 d	22.30±0.51 b	20.33±0.57 c
	28	73.66±0.58 a	65.29±0.13 b	58.63±0.33 c	50.71±0.02 b	50.71±0.23 b	50.63±0.23 b	36.57±0.16 d	37.49±0.27 b	40.22±0.38 a	36.08±0.13 b	29.38±0.08 e	22.14±0.25 b	22.77±0.17 a
	40	70.66±1.00 c	64.51±0.04 c	58.80±0.10 e	50.61±0.35 b	50.61±0.06 b	48.61±0.22 d	37.47±0.24 c	37.25±0.14 b	37.35±0.05 b	33.44±0.20 e	30.64±0.04 d	20.95±0.05 c	21.45±0.21 b
แบบผง	4	68.62±0.06 e	64.47±0.03 c	54.78±0.12 f	49.54±0.13 c	49.54±0.04 c	47.45±0.04 e	36.13±0.22 d	34.65±0.02 c	34.70±0.05 c	35.37±0.06 c	48.22±0.37 a	20.18±0.31 d	18.75±0.13 d
	8	71.44±0.19 b	63.59±0.29 d	64.65±0.08 a	49.67±0.18 c	49.67±0.27 c	49.46±0.06 c	35.52±0.33 e	34.76±0.18 c	34.58±0.16 c	33.41±0.12 e	42.71±0.06 b	19.80±0.16 d	20.15±0.26 c
	28	70.12±0.15 cd	63.61±0.25 d	63.62±0.17 b	49.53±0.38 c	49.53±0.02 c	49.46±0.06 c	39.32±0.02 b	30.63±0.06 d	29.51±0.31 e	29.54±0.38 g	41.54±0.36 c	18.11±0.19 e	17.29±0.49 e
	40	69.65±0.28 d	61.60±0.05 e	63.57±0.27 b	49.15±0.32 d	49.15±0.26 d	51.49±0.04 a	36.23±0.40 d	29.44±0.20 e	30.61±0.10 d	31.52±0.32 f	41.38±0.09 c	15.32±0.56 f	14.29±0.50 f
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV/%		0.72	0.39	0.56	0.35	0.35	0.30	0.77	0.62	0.85	0.68	0.57	1.67	1.91

หมายเหตุ: โดยประมาณการยับยั้งดังนี้ (เกษม, 2532) > 75 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงมาก, 61 - 75 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูง, 51 - 60 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปานกลาง, < 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่ำ

ตาราง 9 ประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaense* (L113) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ในอุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 เดือน

รูปแบบผลิตภัณฑ์	การยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรค <i>P. aphanidermatum</i> (เปอร์เซ็นต์)												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	จำนวนเต็มเก็บรักษาผลิตภัณฑ์												
4	72.71±0.23 c	64.34±0.10 d	65.52±0.18 a	62.31±0.16 b	62.31±0.23 b	56.67±0.17 b	53.68±0.16 b	41.46±0.18 a	48.25±0.44 a	30.18±0.31 g	30.61±0.10 d	34.61±0.10 d	33.42±0.15 b
8	72.55±0.06 c	63.69±0.12 e	65.36±0.27 a	62.43±0.36 b	62.43±0.28 b	57.51±0.12 a	51.75±0.24 d	40.59±0.25 b	42.57±0.16 b	34.61±0.10 e	30.46±0.37 d	34.55±0.21 d	37.39±0.09 a
28	75.21±0.10 a	67.59±0.27 b	63.60±0.29 b	62.74±0.38 b	62.74±0.16 b	54.65±0.13 c	51.59±0.01 d	38.25±0.04 c	41.41±0.14 c	32.55±0.21 f	29.32±0.02 e	32.09±0.16 f	33.35±0.04 b
40	75.29±0.03 a	65.85±0.06 c	62.47±0.27 c	61.70±0.27 c	61.70±0.09 c	54.46±0.15 c	50.26±0.37 e	38.38±0.18 c	41.42±0.15 c	35.39±0.11 d	30.64±0.05 d	37.39±0.10 b	30.51±0.27 d
4	73.53±0.21 b	65.91±0.07 c	61.66±0.12 d	64.59±0.26 a	64.59±0.57 a	56.58±0.01 b	54.25±0.38 a	38.31±0.08 c	30.64±0.04 d	43.31±0.03 a	48.09±0.16 a	40.23±0.39 a	33.35±0.04 b
8	73.39±0.48 b	67.59±0.27 b	61.49±0.17 d	62.74±0.38 b	62.74±0.28 b	57.67±0.16 a	55.28±0.36 b	36.58±0.07 d	30.60±0.10 d	36.53±0.25 c	42.61±0.10 b	36.12±0.21 c	32.08±0.14 c
28	72.69±0.18 c	68.93±0.10 a	60.71±0.28 e	62.51±0.14 b	62.51±0.02 b	56.66±0.17 b	52.59±0.18 c	35.70±0.17 e	30.45±0.36 d	37.52±0.32 b	41.32±0.02 c	33.09±0.16 e	32.09±0.16 c
40	72.45±0.22 c	65.85±0.08 c	59.45±0.05 f	61.65±0.29 c	61.65±0.19 c	54.50±0.09 c	51.29±0.34 d	32.23±0.24 f	29.35±0.04 e	36.46±0.36 c	41.39±0.10 c	31.23±0.39 g	30.15±0.26 e
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV%	0.33	0.24	0.37	0.50	2.46	0.25	0.58	0.48	0.65	0.71	0.45	0.74	0.54

หมายเหตุ: โดยประมาณการยับยั้งนี้ (เกษม, 2532) > 75 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงมาก, 61 – 75 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูง, 51 – 60 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งปานกลาง, < 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่ำ



ภาพ 17 ทดสอบการยับยั้งราสาเหตุโรคเหี่ยว *Fusarium hainanense* และราสาเหตุโรคเน่าคอดิน *Pythium aphanidermatum* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) โดยการทดสอบด้วยวิธี dual culture plate method

หมายเหตุ: {A= ชุดควบคุม (ราสาเหตุโรค *F. hainanense*), B= ชุดควบคุม (รา *T. phayaoense* (L113)), C= ชุดควบคุม (ราสาเหตุโรค *P. aphanidermatum*), D= (รา *T. phayaoense* (L113) ยับยั้งราสาเหตุโรค *F. hainanense*), E= รา *T. phayaoense* (L113) ยับยั้งราสาเหตุโรค *P. aphanidermatum*)}

ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ระยะต้นกล้า และราก่อโรค *Pytium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ระยะต้นกล้า ในระดับโรงเรือน

1. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ในระดับโรงเรือน

การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ 3 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีความสูงของเมล่อนก่อนการตัดยอด (หลังย้ายปลูก 5 สัปดาห์) มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 217.8 เซนติเมตร และมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 204.4 เซนติเมตร อีกทั้งในสัปดาห์ที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าเฉลี่ย จำนวนใบ และจำนวนข้อมากที่สุด เท่ากับ 28 ใบ และ 27 ข้อ ตามลำดับ (ตาราง 10-12 และภาพ 18)

ด้านปริมาณผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว พบว่ากรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักต้นสด มากที่สุด เท่ากับ 540.14 กรัม รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เฟตริลอนเพชร ปุ๋ยทางใบ) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) เท่ากับ 489.25, 495.15, 431.69 และ 408.15 กรัม ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* และกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักต้นแห้ง มากที่สุด เท่ากับ 64.59 และ 64.38 กรัม รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เฟตริลอนเพชร ปุ๋ยทางใบ) และกรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) เท่ากับ 61.81, 61.08 และ 60.31 กรัม ตามลำดับ อีกทั้งกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักรากสด มากที่สุด เท่ากับ 21.84 กรัม รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1

ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เพตริลลอนเพชช รปุ๋ยทางใบ) และกรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* เท่ากับ 19.14, 16.02, 15.78 และ 15.06 กรัม น้ำหนักรากแห้ง และความยาวราก ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 13 และภาพ 19)

ด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล็อน พบว่าทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักผลสด ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีแนวโน้ม มีน้ำหนักผลสด และเส้นรอบวงผลมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 1.53 กิโลกรัม และ 23.82 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* มีน้ำหนักผล และเส้นรอบวงเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 กิโลกรัม และ 23.54 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เพตริลลอนเพชช รปุ๋ยทางใบ) แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) และกรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา (ภาพ 21) ในส่วนค่าความแน่นเนื้อ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* มีความแน่นเนื้อมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 9.26 นิวตัน รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เพตริลลอนเพชช รปุ๋ยทางใบ) กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) และกรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) มีความแน่นเนื้อ เฉลี่ยเท่ากับ 7.19, 7.19, 7.15 และ 7.14 นิวตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่ากรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 14.70 °brix, 65.33 mg GAE/ 100g FW และ 99.67 mg AAE/100g FW ซึ่งมีความแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ (TA) พบว่ากรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) มีปริมาณกรดที่ไต่เตรทได้ มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.23 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* เฉลี่ยเท่ากับ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม พบว่า กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา มีคลอโรฟิลล์มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 0.55 mg/100g.FW รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) เฉลี่ยเท่ากับ 0.47 mg/100g.FW ส่วนความหนาเนื้อ และปริมาณวิตามินซี ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 14 และภาพ 20)

ตาราง 10 แสดงการเจริญเติบโตของเมล่อน ด้านความสูงของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรียน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)					
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
กรรมวิธีที่ 1	11.86±0.98 bc	30.03±3.79 ab	93.06±4.5 c	161.4±5.83 ab	200± 4.35 ab	213.67±11.87
กรรมวิธีที่ 2	10.61±0.27 d	29.9±4.11 ab	96.8±7.13 bc	153.86±7.94 b	188.06±13.19 b	215.8±19.71
กรรมวิธีที่ 3	13.63±0.80 a	34±6.50 a	105.73±8.83 ab	164.73±2.87 a	217.8±13.81 a	221.4±13.28
กรรมวิธีที่ 4	12.9±0.75 ab	35.33±0.75 a	109.33±2.94 a	165.8±7.32 a	204.4±15.67 ab	228.13±24.73
กรรมวิธีที่ 5	11.52±0.65 cd	25.73±4.10 b	77.73±5.37 d	141.8±4.91 c	165.53±5.82 c	227±20.23
F-test	*	*	*	*	*	ns
CV%	6.63	15.06	6.93	4.2	6.46	4.09

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในระดับเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุเชิงพหุต้นแดน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaense* (L113)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เฟตริลลอนเพชร์ ปุ๋ยทางใบ)

ตาราง 11 จำนวนใบของต้นเมล็อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบ
ผลผลิตที่ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล็อน ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
กรรมวิธี 1	3±0.23 b	6.8±0.34 b	16.53±0.80 b	24.2±1.11 b	30.8±0.83 a
กรรมวิธี 2	4±0.2 a	6.8±0.52 b	16.66±1 b	24.5±3.12 b	30.3±0.94 a
กรรมวิธี 3	4±0 a	7.5±0.11 a	18.06±0.70 a	28±1.33 a	30.2±0.23 a
กรรมวิธี 4	3.2±0.11 b	7.2±0.41 ab	17.8±0.6 ab	23.5±1.13 b	30±0.2 a
กรรมวิธี 5	2.7±0.23 c	5.8±0.34 c	14.66±0.50 c	22.2±0.72 b	28.1±0.64 b
F-test	*	*	*	*	*
CV%	5.74	6.02	4.87	7.63	2.36

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสัปดาห์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เฟตริลลอนเพชร ปุ๋ยทางใบ)

ตาราง 12 จำนวนข้อของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลผลิตกัญชีวีภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	จำนวนข้อ(ขอ)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
กรรมวิธี 1	2.1±0.30 b	5.8±0.34 b	15.4±0.8 c	23.2±1.10 b	30.2±0.46 a
กรรมวิธี 2	3±0.2 a	5.8±0.52 b	15.9±0.61 bc	23.5±0.75 b	29.3±0.94 ab
กรรมวิธี 3	3±0.00 a	6.5±0.11 a	17±0.41 a	27±3.12 a	29.2±0.11 ab
กรรมวิธี 4	2.3±0.11 b	6.2±0.41 ab	16.9±0.64 ab	23.5±1.13 b	28.6±0.57 b
กรรมวิธี 5	1.7±0.11 c	4.8±0.41 c	14±0.72 d	23.5±0.34 b	27.1±0.64 c
F-test	*	*	*	*	*
CV%	8.03	6.64	4.54	7.48	2.31

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในระดับเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

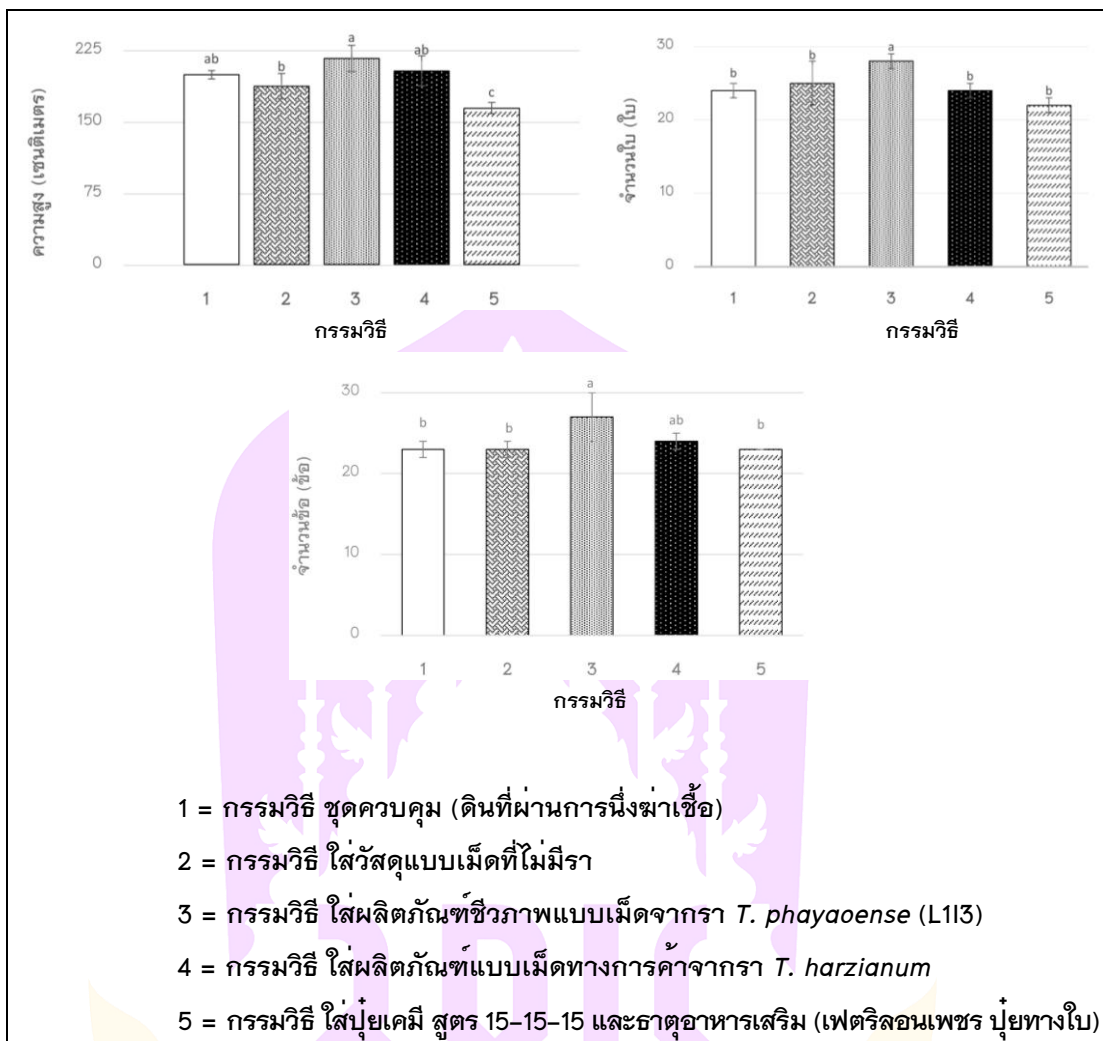
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaense* (L113)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เฟตริลลอนเพชร์ ปุ๋ยทางใบ)



ภาพ 18 แสดงการเจริญเติบโตของเมล่อน ด้านความสูงของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรียน

ตาราง 13 น้ำหนักสดต้น, ราก น้ำหนักแห้งต้น, ราก และความยาวรากของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อเกษตรกร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรียน

กรรมวิธี	น้ำหนักต้นสด (g)	น้ำหนักแห้งต้น (g)	น้ำหนักรากสด (g)	น้ำหนักแห้งราก (g)	ความยาวราก (cm)
กรรมวิธี 1	408.15±7.75 b	60.31±0.58 c	19.14±0.50 d	1.85±0.15	45.46±5.20
กรรมวิธี 2	489.25±6.10 ab	61.81±0.80 b	15.78±0.45 cd	2.23±0.31	43.33±5.74
กรรมวิธี 3	540.14±6.77 a	64.38±0.55 a	21.84±0.57 a	2.21±0.36	45.13±2.54
กรรมวิธี 4	495.15±5.83 ab	63.59±0.81 a	15.06±0.12 b	1.94±0.06	46.93±1.79
กรรมวิธี 5	431.69±8.55 b	61.08±0.8 bc	16.02±0.17 cd	1.87±0.07	43.53±4.86
F-test	*	*	*	ns	Ns
CV%	12.67	1.27	2.55	12.39	10.55

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุคูณเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย ($p \leq 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

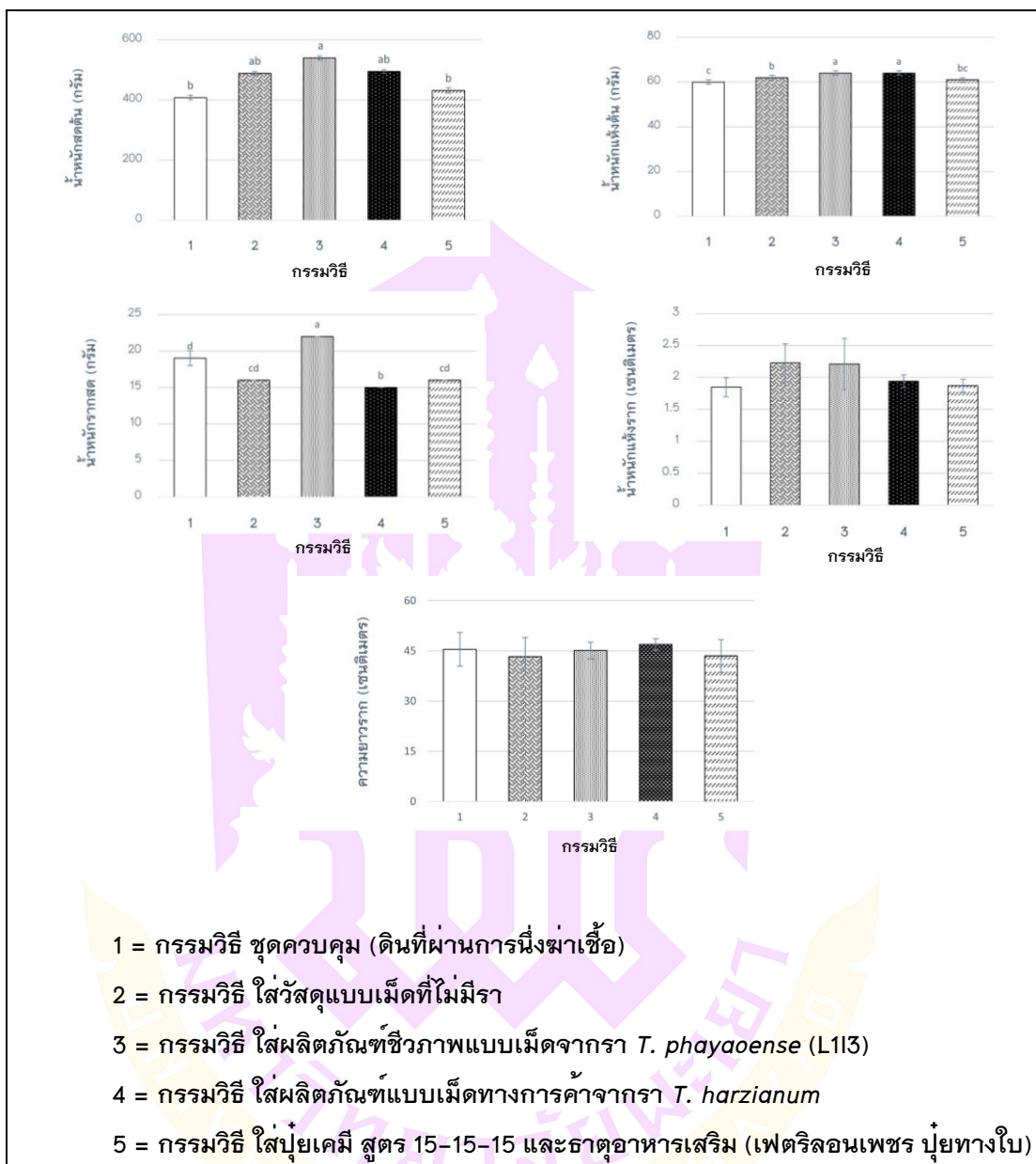
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaense* (L113)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เฟตริลอนเพเซอร์ ปุ๋ยทางใบ)



ภาพ 19 น้ำหนักสดดิน, ราก น้ำหนักแห้งดิน, ราก และความยาวรากของต้นเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรือน

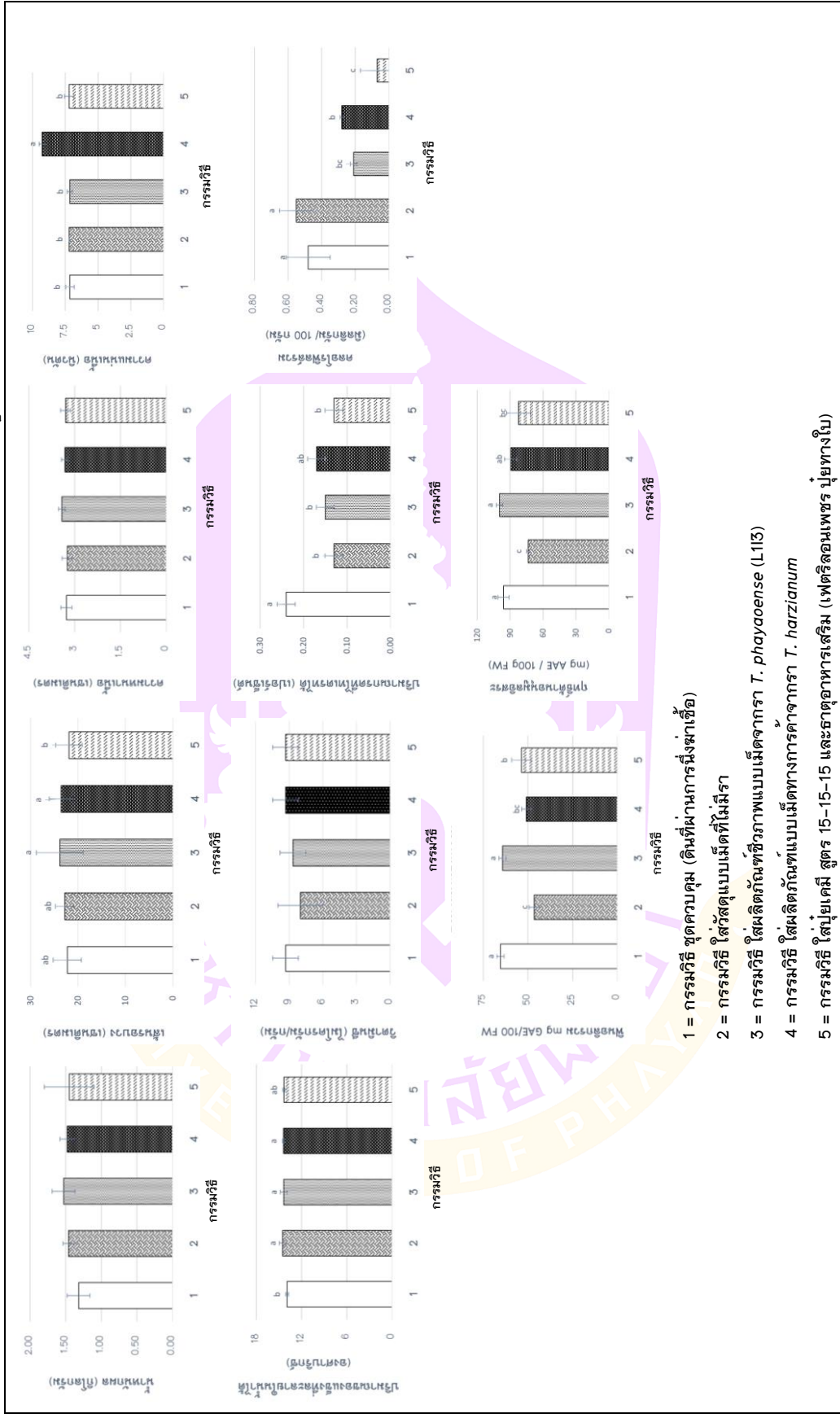
ตาราง 14 แสดงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อน (พันธุ์ตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ที่ปลูกทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่อ การส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรียน หลังย้ายปลูก 75 วัน

กรรมวิธี	น้ำหนักผล (kg.)	เส้นรอบวงผล (cm.)	ความหนาเนื้อ (cm.)	ความแน่นเนื้อ (N)	TSS (°brix)	วิตามินซี (µg/g)	TA (%)	คลอโรฟิลล์รวม mg/100g.FW	ฟีนอลรวม mg GAE/100g FW	DPPH mg AAE/100g FW
กรรมวิธี 1	1.32±0.16	22.25±2.98 ^{ab}	3.27±0.18	7.14±0.32 ^b	13.94±0.18 ^b	9.33±1.15	0.24±0.04 ^a	0.48±0.13 ^a	65.33±1.92 ^a	96.01±5.10 ^a
กรรมวิธี 2	1.46±0.08	22.77±1.95 ^{ab}	3.24±0.17	7.19±0.03 ^b	14.52±0.44 ^b	8±2.00	0.13±0.00 ^b	0.55±0.10 ^a	46.51±2.88 ^c	73.58±1.53 ^c
กรรมวิธี 3	1.53±0.16	23.82±4.92 ^a	3.42±0.11	7.15±0.20 ^b	14.38±0.46 ^b	8.67±1.15	0.15±0.04 ^b	0.21±0.02 ^{bc}	64.22±1.92 ^a	99.67±2.98 ^a
กรรมวิธี 4	1.48±0.10	23.54±2.50 ^a	3.32±0.11	9.26±0.24 ^a	14.42±0.10 ^a	9.33±1.15	0.17±0.07 ^{ab}	0.28±0.01 ^b	50.94±2.54 ^{bc}	89.33±5.69 ^{ab}
กรรมวิธี 5	1.45±0.35	21.88±2.80 ^b	3.3±0.16	7.19±0.36 ^b	14.34±0.15 ^{ab}	9.33±1.15	0.13±0.00 ^b	0.07±0.10 ^c	53.70±5.34 ^b	82.33±10.82 ^{bc}
F-test	ns	*	ns	*	*	ns	*	***	***	**
CV%	14.86	4.28	5.06	3.66	2.16	15.29	25.09	25.8	5.66	6.93

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุคูณด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย (p ≤ 0.05), * = (p ≤ 0.05), ** = (p ≤ 0.01), *** = (p ≤ 0.001), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)
 กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา
 กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phycocyanina* (L113)
 กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. horzianum*
 กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และธาตุอาหารเสริม (เฟอริลลอนเพชร ปุ๋ยทางใบ)

การส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน ในระดับโรงเรียน หลังย้ายปลูก 75 วัน





ภาพ 21 ลักษณะเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวอายุ 75 วัน (หลังย้ายปลูก)

หมายเหตุ: (A) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม, (B) กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา *T. phayaense* (L113), (C) ใส่ผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaense* (L113), (D) ใส่ผลิตภัณฑ์ทางการค้าจากรา *T. harzianum*, (E) ใส่ปุ๋ยเคมี



ภาพ 22 ความยารรากของต้นเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวอายุ 75 วัน (หลังย้ายปลูก)

หมายเหตุ: (A) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม, (B) กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา *T. phayaense* (L113), (C) ใส่ผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaense* (L113), (D) ใส่ผลิตภัณฑ์ทางการค้าจากรา *T. harzianum*, (E) ใส่ปุ๋ยเคมี

2. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน

การทดสอบผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า ในระดับโรงเรือน หลังย้ายปลูก 45 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 มีความสูง ความยาวราก น้ำหนักสดต้น น้ำหนักรากสด มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 22.59 เซนติเมตร 31.05 เซนติเมตร 48.99 กรัม และน้ำหนักรากสด ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) เท่ากับ 21.46 เซนติเมตร 28.04 เซนติเมตร 40.48 กรัม และ 4.21 กรัมตามลำดับ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีเส้นรอบวง และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งราก มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 14.13 มิลลิเมตร และ 19.74 กรัม ตามลำดับ ด้านน้ำหนักรากสด กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) และ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต้น มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 12.21 กรัม รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) และกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) เท่ากับ 11.30 และ 11.29 กรัม ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีในคะน้า พบว่ากรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวม มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 35.69 mg/100g FW รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* เท่ากับ 33.09 และ 21.08 mg/100g FW ตามลำดับ ด้านปริมาณฟีนอลิครวม กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ) มีปริมาณฟีนอลิครวมมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 98.92 mg GAE/100g FW รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* และกรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา เฉลี่ยเท่ากับ 98.06, 98.02 และ 973.39 mg GAE/100g FW ตามลำดับ (ตาราง 15 และภาพ 23-24)

ตาราง 15 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากกรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรียน เมื่อต้นคะน้ามีอายุ 45 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)	เส้นรอบวง (มิลลิเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักต้น (กรัม)	น้ำหนัก รากสด (กรัม)	% น้ำหนักแห้ง ราก (กรัม)	% น้ำหนักแห้ง ต้น (กรัม)	คลอโรฟิลล์รวม mg/100g.FW	ฟีนอลิกรวม mg GAE/100g FW
กรรมวิธีที่ 1	16.28 ± 1.36 c	10.49±3.05 bc	23±2.06 c	23.22±5.39 d	3.33±1.22 ab	18.97 ± 0.45 b	11.30 ± 0.34 b	18.28 ± 0.15 d	98.92 ± 0.17 a
กรรมวิธีที่ 2	15.90 ± 2.98 c	8.89±1.92 c	24.64±2.93 bc	22.14±3.18 d	2.93±1.31 b	14.65 ± 0.34 d	10.49 ± 0.14 c	13.65 ± 0.15 e	97.39 ± 0.10 c
กรรมวิธีที่ 3	21.46 ±0.66 ab	14.13±1.67 a	28.04±3.92 ab	40.48± 7.45 b	4.21±1.18 a	19.74 ± 0.15 a	11.29 ± 0.25 b	33.09 ± 0.12 b	98.02 ± 0.23 b
กรรมวิธีที่ 4	20.70 ± 0.99 b	12.07±2.12 b	27.36±4.55 ab	32.74± 5.02 c	3.51±1.45 ab	17.66 ± 0.22 c	12.21 ± 0.18 a	21.08 ± 0.19 c	98.06 ± 0.10 b
กรรมวิธีที่ 5	22.59 ± 0.99 a	13.97±2.03 a	31.05±7.99 a	48.99± 7.91 a	4.29±1.69 a	13.32 ± 0.40 e	10.44 ± 0.13 c	35.69 ± 0.32 a	98.06 ± 0.20 b
F-test	***	***	**	***	*	***	*	***	***
cv	4.20	10.18	9.36	12.42	17.48	1.95	2.78	0.81	0.17

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสัปดาห์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย * = (p ≤ 0.05), ** = (p ≤ 0.01), *** = (p ≤ 0.001)

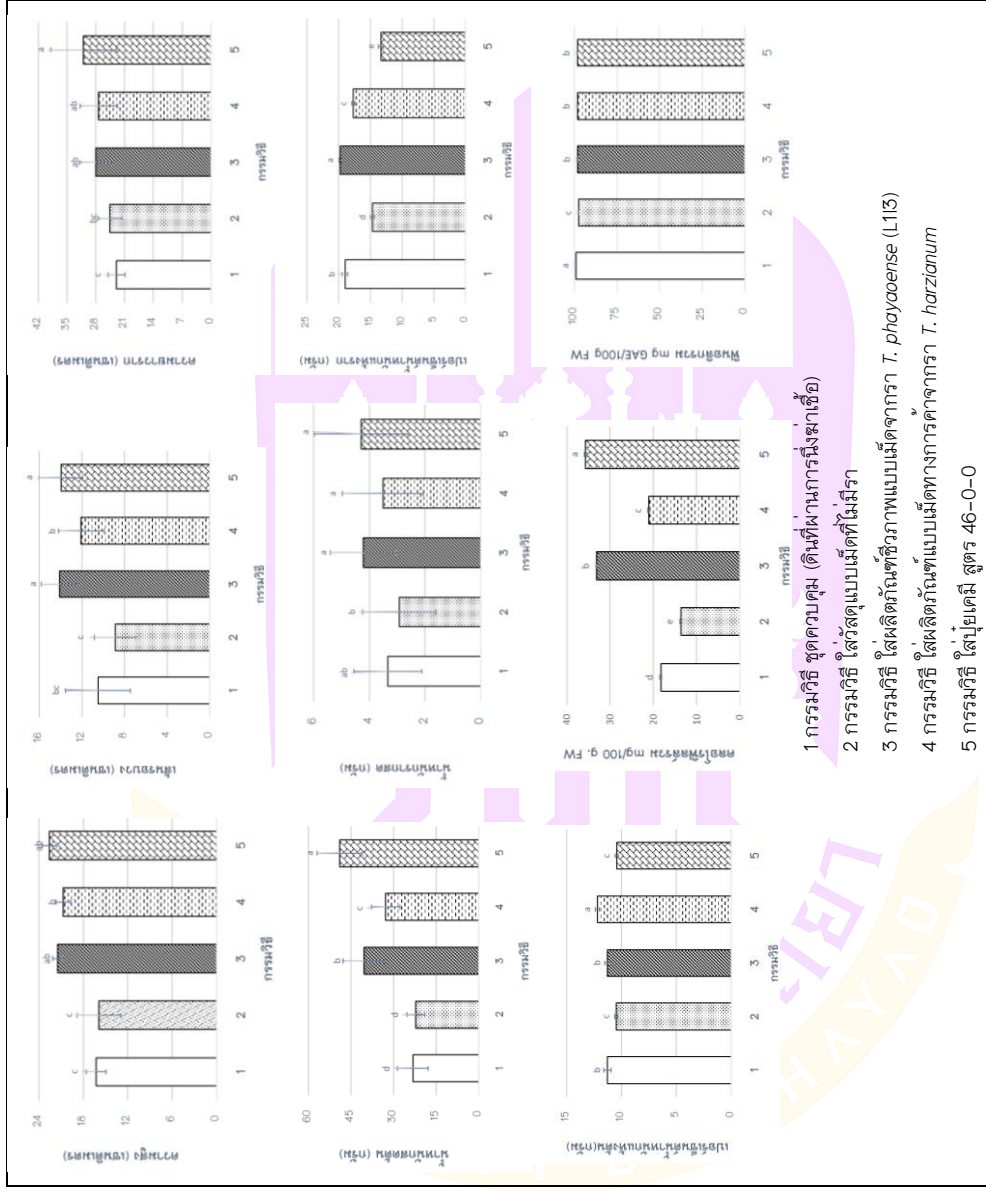
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากกรา *T. phayaoense* (L113)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากกรา *T. harzianum*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0



ภาพ 23 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบแม่ดักจากรา *T. phylloaeose* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของตะนํ้า (สายพันธุ์ บางบัวทอง 35 ตราตราแดง) ในระดับโรงเรียน เมื่อต้นตะนํ้ามีอายุ 45 วัน



ภาพ 24 การเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) อายุ 45 วัน
ที่ปลูกในกรรมวิธีที่แตกต่างกัน ในระบบโรงเรือน

หมายเหตุ: T1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ), T2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา, T3 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113), T4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum*, T5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0

3. การแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา ในพืชทดสอบ (เมล่อน และคะน้า)

3.1 การแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในเมล่อน (พันธุ์ตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร)

ทำการแยกราไตรโคเดอร์มา จากดินปลูก ใบ ลำต้น และรากของเมล่อนเพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา พบว่าการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในกรรมวิธีที่ 3 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* บริเวณที่พบราไตรโคเดอร์มาคือจากดินปลูก ลำต้น และรากของเมล่อน ไม่พบในส่วนที่เป็นใบของเมล่อน ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ไม่พบการมีอยู่ของราไตรโคเดอร์มา (ตาราง 16)

ตาราง 16 การแยกเชื้อกลับการแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอด
ของราไตรโคเดอร์มาในเมล็ดอ่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร)

กรรมวิธี	การพบเชื้อการอยู่รอดของรา ไตรโคเดอร์มา			
	ดิน	เมล็ดอ่อน		
		ใบ	ลำต้น	ราก
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)	-	-	-	-
กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา	-	-	-	-
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113)	+	-	+	+
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้าจากรา <i>T. harzianum</i>	+	-	+	+
กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	-	-	-	-

หมายเหตุ: + = พบราไตรโคเดอร์มา, - = ไม่พบราไตรโคเดอร์มา

3.2 การแยกเชื้อกลับการแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการ
อยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในค่น้ำ (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราศรแดง)

ทำการแยกราไตรโคเดอร์มา จากดินปลูก ใบ ลำต้น และรากของค่น้ำ เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา พบว่าการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา ในกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* บริเวณที่พบราไตรโคเดอร์มา คือ จากดินปลูก ลำต้น และรากของเมล็ดอ่อน ไม่พบในส่วนที่เป็นใบของค่น้ำ ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ไม่พบการมีอยู่ของเชื้อไตรโคเดอร์มา (ตาราง 17)

ตาราง 17 การแยกเชื้อกลับการแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในค่น้ำ (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง)

กรรมวิธี	การพบเชื้อการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา			
	ดิน	ค่น้ำ		
		ใบ	ลำต้น	ราก
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ)	-	-	-	-
กรรมวิธีที่ 2 ใส่วัสดุแบบเม็ดที่ไม่มีรา	-	-	-	-
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113)	+	-	+	+
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา <i>T. harzianum</i>	+	-	+	+
กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	-	-	-	-

หมายเหตุ: + = พบราไตรโคเดอร์มา, - = ไม่พบราไตรโคเดอร์มา

4. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมโรคจากราก่อโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (ระยะต้นกล้า) ในระดับโรงเรือน และควบคุมโรคจากรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในค่น้ำระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน

4.1 ผลของผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราก่อโรค *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน 8 สายพันธุ์ (ระยะต้นกล้า)

จากการทดสอบผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ในการควบคุมราก่อโรค *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน 8 สายพันธุ์ พบว่า กรรมวิธีที่ปลูกถ่ายราสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* สายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุดคือ สายพันธุ์โมมิจิ และสายพันธุ์คูนามิ เท่ากับ 16.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ สายพันธุ์ที่ เลดีโกลด์ สายพันธุ์โยกูโปะควิน สายพันธุ์ซุบาริคิง สายพันธุ์คิโมมิจิ สายพันธุ์มาตามออเรนจ์สายพันธุ์พอทออเรนจ์ เท่ากับ 11.11, 10, 9.52, 6.67, 6.67 และ 3.03 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กรรมวิธีที่ปลูกถ่ายราสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* ร่วมกับ *T. phayaoense* (L113) พบว่าไม่เกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนสายพันธุ์พอทออเรนจ์ และสายพันธุ์มาตามออเรนจ์ อีกทั้งลดการเกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนสายพันธุ์โมมิจิ สายพันธุ์ซุบาริคิง สายพันธุ์คูนามิ เท่ากับ 6.67 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ที่ เลดีโกลด์ สายพันธุ์คิโมมิจิ สายพันธุ์โยกูโปะควิน เท่ากับ 5.33, 3.33, 3.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยว

F. hainanense กับ กรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ร่วมกับราสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* รา *T. phayaoense* (L113) มีประสิทธิภาพช่วยลดการเกิดโรคเหี่ยวได้มากที่สุดถึง 10 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 18)

ในส่วนระดับคะแนนความรุนแรงของโรค กรรมวิธีที่ปลูกถ่ายเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* สายพันธุ์ที่มีความรุนแรงของโรคมากที่สุดคือ สายพันธุ์คิมิจิ มีความรุนแรงของโรค อยู่ที่ระดับ 4 (แสดงอาการเหี่ยว 76-100 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ คือ สายพันธุ์ชูบาริดิง สายพันธุ์โยกุโบะคะวิน สายพันธุ์มาตามออเรนจ์มีความรุนแรงของโรค อยู่ที่ระดับ 3 (แสดงอาการเหี่ยว 51-75 เปอร์เซ็นต์) สายพันธุ์โมมิจิ และสายพันธุ์คุนามิ รุนแรงระดับ 2.5 (แสดงอาการเหี่ยว 26-50 เปอร์เซ็นต์) สายพันธุ์ที่ เลดีโกลด์ รุนแรงระดับ 2 (แสดงอาการเหี่ยว 26-50 เปอร์เซ็นต์) และสายพันธุ์พอทออเรนจ์ รุนแรงระดับ 1.5 (แสดงอาการเหี่ยว 1-25 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กรรมวิธีที่ปลูกถ่ายราสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* ร่วมกับ *T. phayaoense* (L113) พบว่ารา *T. phayaoense* (L113) สามารถลดความรุนแรงของโรคเหี่ยวในเมล่อนสายพันธุ์คิมิจิ สายพันธุ์คุนามิ สายพันธุ์คิมิจิ สายพันธุ์โยกุโบะคะวิน สายพันธุ์ที่ เลดีโกลด์ สายพันธุ์พอทออเรนจ์ สายพันธุ์มาตามออเรนจ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ตาราง 19)

จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคและลดความรุนแรงของโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 18 เพอร์เซ็นต์การเกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน จากการทดสอบ
ผลัดกันที่ชีวภาพกับเมล่อน 8 สายพันธุ์ในระดับโรงเรือน (หลัง ปลูกลง 7 วัน)

สายพันธุ์	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (7 day)		
	ชุดควบคุม	<i>Trichoderma</i> + <i>F. hainanense</i>	เชื้อ <i>F. hainanense</i>
โมมิจิ	0.00±0.00	6.67±1.53 ^a	16.67±2.89 ^a
ซูบาริคิง	0.00±0.00	6.67±1.15 ^a	9.52±0.83 ^b
คูนามิ	0.00±0.00	6.67±0.58 ^a	16.67±1.15 ^a
คิโมมิจิ	0.00±0.00	3.33±0.577 ^b	6.67±1.52 ^c
โยกูโบะคิริน	0.00±0.00	3.33±0.577 ^b	10.00±1.00 ^b
ที เลดีโกสต์	0.00±0.00	5.53±0.92 ^a	11.11±0.19 ^b
พอทออเรนจ์	0.00±0.00	0.00±0.00 ^c	3.03±0.05 ^d
มาดามออเรทจ์	0.00±0.00	0.00±0.00 ^c	6.67±1.15 ^c
F-test	ns	*	*
CV	0	19.3	14.49

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในระดับเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย * = ($p \leq 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 19 การเปรียบเทียบระดับคะแนนความรุนแรงของโรคเหี่ยวในเมล่อน ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกับเมล่อน 8 สายพันธุ์ในระดับโรงเรือน (หลัง ปลูกลง 7 วัน)

สายพันธุ์	ระดับคะแนนความรุนแรงของโรคเหี่ยว		
	ชุดควบคุม	<i>Trichoderma</i> + <i>F. hainanense</i>	เชื้อ <i>F. hainanense</i>
โมมิจิ	0±0.00	1±0.00 ^d	2.5±0.00 ^e
ซูบาริดิง	0±0.00	3±0.00 ^a	3±0.00 ^b
คูนามี	0±0.00	1±0.00 ^e	2.5±0.00 ^f
คิโมมิจิ	0±0.00	2±0.00 ^c	4±0.00 ^a
โยกูเปะควีน	0±0.00	1±0.00 ^f	3±0.00 ^c
ที เลดีโกลด์	0±0.00	3±0.00 ^b	2±0.00 ^g
พอทออเรนจ์	0±0.00	0±0.00 ^g	1.5±0.00 ^h
มาดามออเรนจ์	0±0.00	0±0.00 ^g	3±0.00 ^d
F-test	ns	***	***
CV	0.00	0.003	0.006

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในระดับเดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุคูณเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย * = ($p \leq 0.05$), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ 0 คือ ไม่เกิดโรค, 1 คือ แสดงอาการเหี่ยว 1-25 เปอร์เซ็นต์, 2 คือ แสดงอาการเหี่ยว 26-50 เปอร์เซ็นต์, 3 คือ แสดงอาการเหี่ยว 51-75 เปอร์เซ็นต์, 4 คือ แสดงอาการเหี่ยว 76-100 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 25 ลักษณะอาการเกิดโรคเหี่ยวของเมล่อนในระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน ในระดับโรงเรือน

หมายเหตุ: [A=ต้นเมล่อนปกติ, B=ต้นเมล่อนที่แสดงอาการเกิดโรคเหี่ยว]



ภาพ 26 แสดงลักษณะอาการเกิดโรคเหี่ยวของเมล่อน 8 สายพันธุ์ ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน
ในระดับโรงเรือน

หมายเหตุ: (ซ้ายต้นปกติ ขวาต้นที่เกิดโรค) A: พันธุ์โมมิจิ, B: ชูบาริคิง, C: คุณามิ, D: คิโมจิ, E: โยกูโบะควีน, F: ทีเลดีโกสต์ G: ทีเลดีโกสต์, H: พอทออเรนจ์, I: มาดามออเรนจ์

4.2 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน

ทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ในการควบคุมราก่อโรค *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินคะน้า พบว่า กรรมวิธีที่ 5 การใช้สารกำจัดราทางการค้าเทอร์ราคลอร์ซูบเปอร์-เอ็กซ์ ร่วมกับ *P. aphanidermatum* มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยสุด เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ร่วมกับปลุกถ่ายราก่อโรค *P. aphanidermatum* พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 4 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. harzianum* ร่วมกับปลุกถ่ายราก่อโรค *P. aphanidermatum* และกรรมวิธีที่ 2 ที่ปลุกถ่ายราก่อโรค *P. aphanidermatum* ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เท่ากับ 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 20)

ส่วนระดับคะแนนความรุนแรงของโรค กรรมวิธีที่ปลุกถ่ายโรคเน่าคอดินคะน้า พบว่ากรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ร่วมกับ *P. aphanidermatum* มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยที่สุดเท่ากับ 0.10 ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 5 ใช้สารกำจัดราทางการค้าเทอร์ราคลอร์ซูบเปอร์-เอ็กซ์ ร่วมกับ *P. aphanidermatum* และกรรมวิธีที่ 4 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้า *T. harzianum* ร่วมกับ *P. aphanidermatum* เท่ากับ 0.25 และ 0.55 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 21)

ตาราง 20 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าคอดินของคะน้า ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน จาก
การทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกับคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง)
ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	ระดับคะแนนความรุนแรงของโรคเน่าคอดิน		
	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
กรรมวิธีที่ 2 <i>P. aphanidermatum</i>	1.05± 0.30 a	1.50±0.50 a	2.05±0.77 a
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113) + <i>P. aphanidermatum</i>	0.00±0.00 b	0.00±0.00 b	0.10±0.20 b
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา <i>T. harzianum</i> + <i>P. aphanidermatum</i>	0.30± 0.35 b	0.40±0.46 b	0.55±0.53 b
กรรมวิธีที่ 5 สารกำจัดราทางการค้าเทอร์ราคลอร์ซูเปอร์-เอ็กซ์ + <i>P. aphanidermatum</i>	0.15±0.30 b	0.20±0.40 b	0.25±0.50 b
F-test	**	**	***
CV (%)	10.64	10.55	8.19

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุคูณเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), *** = ($p \leq 0.01$), ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 21 ระดับคะแนนความรุนแรงของโรคเน่าคอดินในคะน้า ระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน
จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกับคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง)
ในระดับโรงเรือน

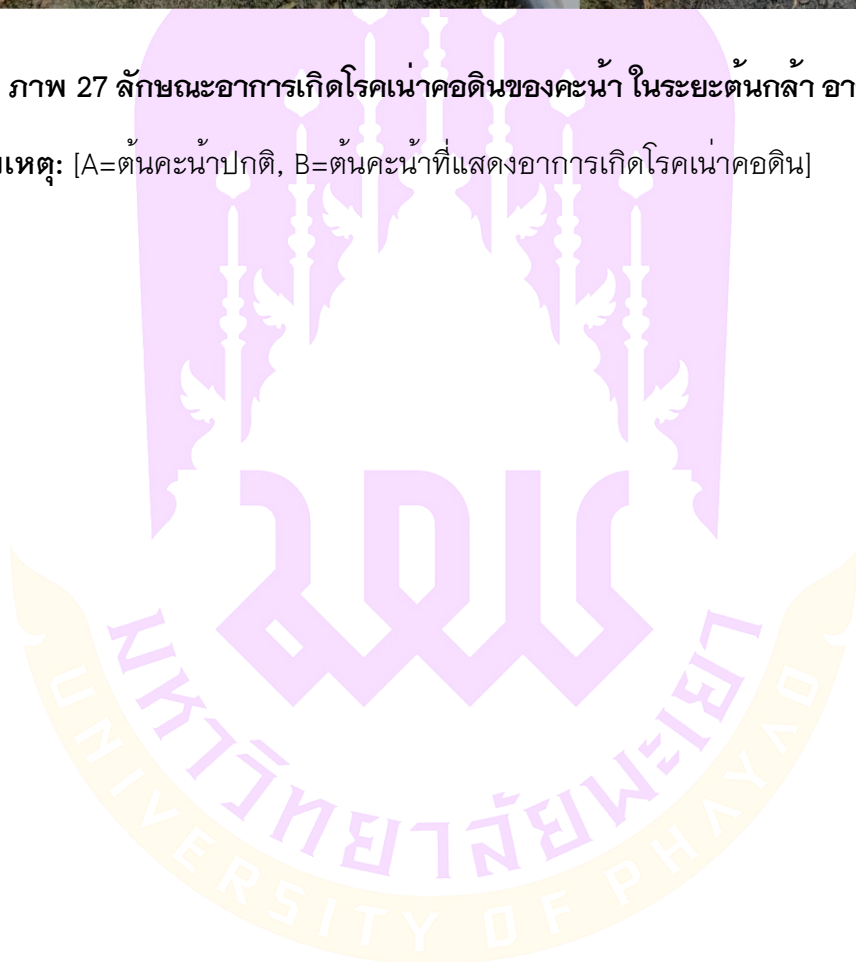
กรรมวิธี	การเกิดโรคเน่าคอดิน (%)		
	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ดินปลูกไม่มีเชื้อ)	0±0.00 c	0±0.00 b	5±5.77 d
กรรมวิธีที่ 2 ดินปลูกไม่มีเชื้อ + <i>P. aphanidermatum</i>	30±11.55 a	40±16.33 a	50±0.00 a
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา <i>T. phayaoense</i> (L113) + <i>P. aphanidermatum</i>	0±0.00 c	0±0.00 b	10±0.00 c
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์ทางการค้าจากรา <i>T. harzianum</i> + <i>P. aphanidermatum</i>	10±0.00 b	10±8.16 b	20±0.00 b
กรรมวิธีที่ 5 สารกำจัดราทางการค้าเทอร์ราคลอร์ซูเปอร์-เอ็กซ์ + <i>P. aphanidermatum</i>	5±5.77 bc	5±5.77 b	5±5.77 d
F-test	*	**	***
CV (%)	64.15	77.85	14.34

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีทดสอบแบบพหุคูณเชิงพหุคูณ (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ย * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), *** = ($p \leq 0.001$) ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 27 ลักษณะอาการเกิดโรคน้ำคอดินของค่น้ำ ในระยะต้นกล้า อายุ 27 วัน

หมายเหตุ: [A=ต้นค่น้ำปกติ, B=ต้นค่น้ำที่แสดงอาการเกิดโรคน้ำคอดิน]



บทที่ 5

บทสรุป และอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113)

1.1 ประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

การทดสอบวัสดุ 9 ชนิด ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด จากราเอนโดไฟท์ *T. phayaoenses* (L113) พบว่าเวอร์มิคูไลต์ผสมแป้งข้าวเหนียว เป็นวัสดุพาที่เหมาะสมมากที่สุด โดยมีคุณสมบัติด้านค่าการคงรูปในน้ำที่เหมาะสม ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.21 ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113) ในวัสดุและพีช มีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.50 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งค่าความแข็งอยู่ในช่วงที่ไม่แตกหักง่าย และไม่แข็งเกินไป

1.2 ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113) ต่ออาหารทดสอบ

ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ *T. phayaoense* (L113) บนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง 5 ชนิด พบว่ารา *T. phayaoense* (L113) ที่เลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่งมีการเจริญของเส้นใยเต็มจานอาหารใน 3 วัน และมีความหนาแน่นของเส้นใยมากที่สุด และมีการสร้างจำนวนโคนิเดียของรา *T. phayaoense* (L113) มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ $9.71 \log$ conidia/plate

1.3 การทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113)

Potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง ที่ระดับ pH 6.0 มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113) และสร้างจำนวนโคนิเดียได้มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ $5.09 \log$ conidia/plate

1.4 ศึกษาต้นทุนวัตถุดิบ การผลิต และผลตอบแทนในการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ปริมาณ 100 กิโลกรัม

การทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ปริมาณ 100 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิต (วัตถุดิบ ค่าไฟ ค่าแรงงาน) เท่ากับ 49,778.8 บาท ต่อ 100 กิโลกรัม ต้นทุน กิโลกรัมละ 497.79 บาท บวกกำไรที่ต้องการ 30% ต่อ กิโลกรัม (149.34 บาท) ดังนั้นขาย กิโลกรัมละ 647.13 บาท โดยจะบรรจุถุงละ 500 กรัม ขายถุงละ 323.57 บาท

2. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaoense* (L1I3)

2.1 การประเมินผลผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3)

2.1.1 ทดสอบอัตราการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L1I3) รูปแบบเม็ด และแบบผง ในอุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 เดือน

การมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L1I3) ในผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L1I3) มากที่สุด รองลงมา คือ 8 องศาเซลเซียส และ 28 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 80.33, 75.48, 75.39, 71.37 และ 53.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.1.2 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคเหี่ยว จากราสาเหตุ *Fusarium hainanense* และราก่อโรคเน่าคอดิน *Pythium aphanidermatum* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ยังคงมีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *F. hainanense* สูง หลังการเก็บรักษา 1 เดือน เฉลี่ย 65.29–65.70 เปอร์เซ็นต์ และยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 5–6 เดือน ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการยับยั้งรา *F. hainanense* สูง หลังการเก็บรักษา 1–2 เดือน และมีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 4 เดือน

ผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L1I3) แบบเม็ดที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* สูง หลังการเก็บรักษา 4 เดือน เฉลี่ย 61.70–62.74 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 7 เดือน ผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L1I3) แบบผงที่

อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ผลผลิตภัณฑ์ยังคงมีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* สูง หลังการเก็บรักษา 4 เดือน เฉลี่ย 61.65–64.59 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 7 เดือน

3. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ระยะต้นกล้า และราก่อโรค *Pytium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราศรแดง) ระยะต้นกล้า

3.1 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ในระดับโรงเรือน

การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน พบว่ากรรมวิธีที่ 3 ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีความสูง จำนวนใบ และจำนวนข้อมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 217.8 เซนติเมตร 28 ใบ และ 27 ข้อ ตามลำดับ ด้านปริมาณผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว พบว่ากรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักต้นสด และน้ำหนักรากสด มากที่สุด เท่ากับ 540.14 กรัม และ 21.84 กรัม กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* และกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักต้นแห้ง มากที่สุด เท่ากับ 64.59 และ 64.38 กรัม ตามลำดับ ด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล่อน พบว่าทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักผลสด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีแนวโน้ม มีน้ำหนักผลสด และเส้นรอบวงผลมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 1.53 กิโลกรัม และ 23.82 เซนติเมตร ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีปริมาณของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 14.70 °brix, 65.33 mg GAE/ 100g FW และ 99.67 mg AAE/100g FW ซึ่งมีความแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า พบว่ากรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 มีความสูง ความยาวราก น้ำหนักสดต้น น้ำหนักรากสด มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 22.59 เซนติเมตร 31.05 เซนติเมตร 48.99 กรัม และน้ำหนักรากสด ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) เท่ากับ 21.46 เซนติเมตร 28.04 เซนติเมตร 40.48 กรัม และ 4.21 กรัมตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีเส้นรอบวง และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งราก มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 14.13 มิลลิเมตร และ 19.74 กรัม ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ผลิตภัณฑ์แบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 12.21 กรัม กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวม มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 35.69 mg/100g. FW รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 3 ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) เท่ากับ 33.09 mg/100g. FW ตามลำดับ

3.3 การแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา ในพืชทดสอบ (เมล่อน และคะน้า)

3.3.1 การแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร)

การอยู่รอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) และผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* บริเวณที่พบราไตรโคเดอร์มา คือจากดินปลูก ลำต้น และรากของเมล่อน

3.3.2 การแยกเชื้อกลับการแยกเชื้อกลับ (re- isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาในคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง)

การอยู่รอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) และผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทางการค้าจากรา *T. harzianum* บริเวณที่พบราไตรโคเดอร์มา คือจากดินปลูก ลำต้น และรากของคะน้า

3.4 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมโรคจากราก่อโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (ระยะต้นกล้า) ในระดับโรงเรือน และควบคุมโรคจากรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในค่น้ำระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน

3.4.1 ผลของผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราก่อโรค *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน 8 สายพันธุ์ (ระยะต้นกล้า)

การควบคุมโรคจากราก่อโรค *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยว ในเมล่อน 8 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยที่สุดคือ สายพันธุ์พอทออเรนจ์ เท่ากับ 3.03 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่ปลูกถ่ายราก่อโรคสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* ร่วมกับ *T. phayaoense* (L113) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคสาเหตุโรคเหี่ยว ทำให้ไม่เกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนสายพันธุ์พอทออเรนจ์ และสายพันธุ์มาตามออเรนจ์ อีกทั้งลดการเกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนสายพันธุ์อื่น ๆ ได้ทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ ระดับคะแนนความรุนแรงของโรค กรรมวิธีที่ปลูกถ่ายราก่อโรคสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* กรรมวิธีที่ใส่รา *F. hainanense* สายพันธุ์คิโมจิ มีความรุนแรงของโรคมากที่สุด คืออยู่ที่ระดับ 4 (แสดงอาการเหี่ยว 76-100 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* ร่วมกับรา *T. phayaoense* (L113) สามารถลดความรุนแรงของโรคในสายพันธุ์คิโมจิ สายพันธุ์คูนามิ สายพันธุ์คิโมจิ สายพันธุ์โยกูโบะควีน สายพันธุ์ที่เลดีโกลด์ สายพันธุ์พอทออเรนจ์ สายพันธุ์มาตามออเรนจ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4.2 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราก่อโรค *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินของค่น้ำ (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน

การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 10 เปอร์เซ็นต์ มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยที่สุดเท่ากับ 0.10

อภิปรายผลการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติวัสดุที่เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) และศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113)

1.1 ประเมินคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

ศึกษาโดยการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัสดุที่ใช้เพาะปลูกทางด้าน การเกษตร 9 ชนิด มาทดสอบเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

พบว่าเวอร์มิคูไลท์ผสมกับแป้งข้าวเหนียว และแกลบข้าวเจ้าผสมกับแป้งข้าวเหนียว ซึ่งมีคุณสมบัติค่าการคงรูปในน้ำ และมีค่าความแข็งที่มีค่าปานกลาง คือ ไม่ต่ำจนเกินไปและสูงจนเกินไป เนื่องจากค่าการคงรูปที่ต่ำเกินไปแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสียสภาพได้ง่าย และค่าการคงรูปที่สูงมากนั้นมีผลเกี่ยวข้องกับค่าความแข็งที่มากขึ้นตาม วัสดุที่มีค่าการคงรูปที่สูงมากจะมีความแข็งค่อนข้างมากซึ่งไม่เป็นผลดี เนื่องจากเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาพที่มีความชื้นน้อย ผลิตภัณฑ์จะไม่เสียสภาพหรือเสียสภาพได้ช้ามากเกินไปทำให้โคโคนีเดียของรา *T. phayaoense* (L113) ที่อยู่ในวัสดุก็ไม่สามารถออกมาเจริญได้ ความเป็นประโยชน์ต่อพืชก็ลดลงและมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.5 – 6.5 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อในวัสดุเพาะและพืช เนื่องจากค่า pH ที่เหมาะสมของพืชทั่วไปอยู่ในช่วง pH 5.5 – 6.0 (ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ, 2544) สอดคล้องกับรายงานของ (Kolli et al., 2012) ที่ศึกษาความสามารถในการเจริญของราไตรโคเดอร์มา ใน pH ต่าง ๆ ได้แก่ pH 4.5, 5.5, 6.5 และ 7.5 จากการศึกษ พบว่าราไตรโคเดอร์มา จำนวน 25 ไอคิวเลท สามารถเจริญได้ดีที่สุดที่ pH 7.5 รองลงมาคือ 5.5 และ 6.5 ตามลำดับ และข้อมูลจากกรมการเกษตรรายงานว่าร่า *Trichoderma harzianum* เจริญได้ดีในค่า pH ที่อยู่ระหว่าง 5.5 – 6.5 (พรทิพย์ แยมสุวรรณ, 2557) นอกจากนี้ยังมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่ไม่สูงเกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้โดยปกติเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ต้องมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) อีกทั้งพบว่าขั้นตอนในการปั้น และร่อนวัสดุนั้น แกลบข้าวเจ้ามีความหยาบ และแข็งมากกว่าเวอร์มิคูไลท์จึงใช้ระยะเวลาในการปั้นมากกว่า อีกทั้งเมื่อร่อนออกมาแล้ว แกลบข้าวเจ้ามีการสูญเสียของวัสดุที่มากกว่าการใช้เวอร์มิคูไลท์ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการทดสอบในงานวิจัยนี้ คือ เวอร์มิคูไลท์ผสมแป้งข้าวเหนียว

1.2 ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113) บนอาหารทดสอบ

อัตราการเจริญเติบโตของรา *T. phayaoense* (L113) ทดสอบกับอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ 5 ชนิด พบว่าเชื้อ *T. phayaoense* (L113) ที่เลี้ยงในอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมจากหัวมันฝรั่ง และ potato dextrose agar (PDA) ยี่ห้อ Difco มีการเจริญของเส้นใย มีความหนาแน่นของเส้นใยมาก และสร้างปริมาณโคโคนีเดียของรา *T. phayaoense* (L113) มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 9.71 และ 9.46 log spore/plate ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Nuangmek et al., 2021) ที่เลี้ยงรา *T. phayaoense* (L113) บนอาหารวุ้น PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน มีการเจริญเติบโตของเส้นใย มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30–34 มิลลิเมตร ซึ่งมีการเจริญเติบโตมากกว่าการเลี้ยงในอาหารวุ้น CMD และ SDN มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30–32 และ 32–33 มิลลิเมตร ตามลำดับ

1.3 การทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113)

ทดสอบสภาพความเป็นกรด-ด่างของอาหารแข็งที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. phayaoense* (L113) โดยมีระดับค่าความทำเป็นกรด-ด่าง (pH) 6 ระดับ ได้แก่ pH 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 และ 9.0 พบว่า รา *T. phayaoense* (L113) สามารถเจริญได้ในทุกค่า pH แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ที่ค่า pH 6 เนื่องจากมีการสร้างจำนวนโคนิเดียเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 5.09 log conidia/plate แสดงให้เห็นว่าระดับ pH มีผลต่อการเจริญเติบโต และการสร้างโคนิเดียของรา *T. phayaoense* (L113) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ (Zhang and Yang, 2015) ที่ทดสอบการเจริญเติบโต และการสร้างโคนิเดียได้ดีที่สุดของรา *T. harzianum* TS1 ในระดับ pH 3.0 – 9.0 พบว่าเมื่อระดับ pH เท่ากับ 6.0 รา *T. harzianum* TS1 แสดงการสร้างโคนิเดียสูงที่สุดถึง 8.64×10^9 CFU/g อีกทั้ง (Kollı et al., 2012) ที่ศึกษาความสามารถในการเจริญของรา *Trichoderma* spp. ในระดับ pH 4.5, 5.5, 6.5 และ 7.5 จากการศึกษา พบว่ารา *Trichoderma* spp. จำนวน 25 ไอโซเลท สามารถเจริญได้ดีที่สุดที่ pH 7.5 รองลงมาคือ 5.5 และ 6.5 ตามลำดับ

1.4 ศึกษาต้นทุนวัตถุดิบ การผลิต และผลตอบแทนในการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ปริมาณ 100 กิโลกรัม

คำนวณต้นทุน และผลตอบแทนในการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด โดยแบ่งออกเป็นค่าวัตถุดิบ ค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งราคาต้นทุนค่าวัตถุดิบ ทั้งหมด เท่ากับ 12,670 บาท ต่อ 100 กิโลกรัม ราคาค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดทั้งหมด เท่ากับ 37,108.80 บาท ดังนั้นราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดรวมทั้งสิ้น เท่ากับ 49,778.80 บาท สำหรับการผลิตทำผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดในการผลิตปริมาณ 100 กิโลกรัม ในราคา 49,778.8 บาท ถือได้ว่าราคาค่อนข้างเหมาะสมที่จะทำการผลิต เพราะการผลิต 1 กิโลกรัม จะคิดเป็นเงินเท่ากับ 497.79 บาท และเมื่อต้องการอัตรากำไรต่อต้นทุน 30 เปอร์เซ็นต์ จะขายในกิโลกรัมละ 647.13 บาท บรรจุถุงละ 500 กรัม ราคาขายสุทธิ ขายถุงละ 325 บาท ซึ่งเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพไตรโคเรเตอร์มาของทางการค้าอื่น ๆ มีราคาเฉลี่ย 245–450 บาท (Lazada, 2023) และ 240–520 บาท (Shopee, 2023) ซึ่งผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ราคาอยู่ในช่วงกลาง ไม่ถูกหรือแพงจนเกินไป

2. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaoense* (L113)

2.1 การประเมินผลผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113)

2.1.1 ทดสอบอัตราการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในแบบเม็ด และแบบผง ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 เดือน

การตรวจสอบการมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าการมีชีวิตลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยหลังจากเก็บรักษาได้ 12 เดือน ผลิตภัณฑ์แบบเม็ด และแบบผง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 80.33 และ 75.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ การเก็บที่อุณหภูมิ 8 และ 28 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การเก็บรักษาอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส การมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) น้อยที่สุด สามารถเก็บรักษาได้ 8 เดือน เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิต่ำ ๆ จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์ชีวภาพ ทั้งแบบเม็ดและแบบผง การเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำ มีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของรา *T. phayaoense* (L113) มากกว่า การเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิที่สูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (พรทิพย์ แยมสุวรรณ, 2557) ทำการทดสอบการมีชีวิตรอดของรา *T. harzianum* NL2.2 ในสูตรสำเร็จแบบแกลนูล และแบบผง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า จำนวนประชากรของเชื้อที่มีชีวิตรอดในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนแรกถึงเดือนที่ 6 ลดลงเพียงเล็กน้อย ในรายงานกล่าวว่าทั้งนี้อาจเป็นเพราะในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้ในการเก็บรักษาเชื้อเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงสามารถยืดระยะเวลาอายุการเก็บรักษาเชื้อในสูตรสำเร็จให้นานออกไป ดังนั้น การนำรา *T. phayaoense* (L113) มาทำผลิตภัณฑ์ทั้งในรูปแบบเม็ด และแบบผง เก็บรักษาในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้รา *T. phayaoense* (L113) สามารถอยู่รอดได้มากกว่า 1 ปี อีกทั้งในรายงานของ (ประภาส กาวีชา และคณะ, 2563) ศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์ไตรโคเดออร์มาชนิดเม็ด เพื่อยืดอายุการเก็บของราไตรโคเดออร์มา กล่าวว่า การเก็บรักษาชีวภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการมีชีวิตของราในชีวภัณฑ์ทุกสูตร และจำนวนโคโคนีเดียที่รอดชีวิตของสูตรที่เก็บรักษาชีวภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และในการศึกษาของ (Munoz-Celaya, et al. 2012) ได้อธิบายว่าการเกิดปฏิกิริยาและการแพร่ (reactivity and diffusivity) ของสารที่มีความสามารถในการ oxidized สารชีวโมเลกุล (reactive oxygen species, ROS) ลดต่ำลงระหว่างการเก็บรักษาเม็ดชีวภัณฑ์ (microcapsule) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้กิจกรรมเมแทบอลิซึม (metabolic activity) รา *T. harzianum* ในเม็ดชีวภัณฑ์อาจลดลง และส่งผลการยืดระยะเวลาการคงอยู่ของโคโคนีเดียได้

เช่นเดียวกันกับที่ (Küçük and Kivanc, 2005) ที่พบว่า การเก็บรักษา *T. harzianum* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีอัตราการรอดชีวิตลดลงเมื่อเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โคนิเดียที่ยังคงมีชีวิตอยู่จากเมล็ดชีวภัณฑ์สูตรต่าง ๆ ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาเลี้ยงใหม่ และนำไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของรา *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol) ยังคงประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ดี และไม่ต่างกับการใช้เชื้อสดที่เตรียมใหม่ ๆ อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ทั้งในรูปแบบเม็ด และแบบผงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของรามากที่สุด เมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ประเทศไทยมีสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ อาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดไว้ที่อุณหภูมิที่สูงสามารถเก็บรักษาให้มีอัตราการรอดของราไว้ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับแบบผง อีกทั้งการใช้ประโยชน์จากการผลิตเป็นรูปแบบเม็ดนั้นหลากหลายกว่า อาทิเช่น การหว่าน หว่านไปได้ไกล และตรงจุดมากกว่าแบบผงที่ฟุ้งกระจาย ดิต่อการจัดการในการทำเกษตรแบบแปลงขนาดใหญ่ และการนำไปใช้ในรูปแบบที่นำไปใช้งานง่าย ดังนั้นจึงเลือกการผลิตแบบเม็ดเพื่อไปศึกษาในการใช้กับพืชเศรษฐกิจ (เมล่อน และคะน้า) ต่อไป

2.1.2 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคเหี่ยว *Fusarium hainanense* และราก่อโรคเน่าคอดิน *Pythium aphanidermatum* ของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ในรูปแบบผง และแบบเม็ด ที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อ *T. phayaoense* (L113) ต่อการยับยั้งของราสาเหตุโรค *F. hainanense* และราสาเหตุโรค *P. aphanidermatum* ทุกเดือน เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า หลังผลิตได้ 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *F. hainanense* เฉลี่ย 68.33–73.66 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบผง หลังผลิตได้ 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *F. hainanense* เฉลี่ย 68.62–71.44 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ (Nuangmek, et al. 2021) จากการศึกษาศักยภาพของราเอนโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค *F. equiseti* พบว่าราเอนโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) มีเปอร์เซ็นต์สูงสุดในแง่ของการยับยั้งการเจริญของไมซีเลียลของราสาเหตุโรค *F. equiseti* ถึงร้อยละ 90.80 ในระดับห้องปฏิบัติการ และจากงานวิจัยของ (กัทลีวัลย์ สุขช่วย, 2543) ทำการทดสอบปฏิกิริยาการเป็นปฏิปักษ์ระหว่างราไตรโคเดอร์มา 20 สายพันธุ์ต่อรา *Fusarium* sp. สาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือเทศในสภาพห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่ารา *Trichoderma* ทุกสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้เร็วกว่ารา *Fusarium* sp. และสามารถ

ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยรา *Fusarium* sp. และจากการทดสอบของ (หฤษฎ์ นิ่มรักษา, 2561) ที่คัดเลือก *Trichoderma* จำนวน 33 ไอโซเลท ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าจาก *Trichoderma* 33 ไอโซเลท มี *T. harzianum* 2 ไอโซเลท ได้แก่ *T. harzianum* ไอโซเลทที่ RU.Tr005 และ RU.Tr008 สามารถยับยั้งเชื้อ *Fusarium oxysporum* ได้มากถึง 88.71 และ 84.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรค *F. hainanense* ของผลิตภัณฑ์ จากรา *T. phayaoense* (L113) ทั้งแบบเม็ด และแบบผง มีประสิทธิภาพการยับยั้งลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บรักษา 3 เดือน ดังนั้นเพื่อใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพควรใช้ก่อน 3 เดือนหลังการผลิต

ประสิทธิภาพของรา *T. phayaoense* (L113) ในผลิตภัณฑ์แบบผง และแบบเม็ด ในการยับยั้งราก่อโรค *P. aphanidermatum* พบว่าผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา *T. phayaoense* (L113) แบบเม็ด มีประสิทธิภาพการยับยั้งราก่อโรคสูง เฉลี่ย 72.55–75.29 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแบบผง หลังผลิตได้ 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* สูง เฉลี่ย 72.45–73.53 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ (ขจรเกียรติ ธิปทา และคณะ, 2554) ศึกษาการคัดเลือกรา *Trichoderma* spp. จำนวน 120 ไอโซเลท เพื่อการควบคุมราก่อโรค *Pythium* spp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน สามารถคัดเลือกรา *Trichoderma* spp. ได้อย่างน้อย 16 ไอโซเลท ที่สามารถควบคุมรา *Pythium* spp. ได้ดี โดยรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 16 ไอโซเลท สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญของรา *Pythium* sp. ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยเส้นใยรา *Trichoderma* spp. จำนวน 7 ไอโซเลท แสดงการพันรัดและเข้าแทงทำลายเส้นใยของรา *Pythium* sp. นอกจากนี้ (Imran, et al. 2020) รายงานว่ารา *Trichoderma* spp. ยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคพืช เช่น *Pythium arrhenomanes*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria tenuis* และ *Botrytis cinerea* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กนิษฐา สังคะหะ และคณะ, 2549) ได้ทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใยราสาเหตุของโรคบนอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าราในกลุ่ม *Trichoderma* spp. จำนวน 10 ไอโซเลท จากจำนวน ทั้งหมด 83 ไอโซเลท สามารถเจริญคลุมโคโลนีรา *Pythium* sp. และจากการศึกษาของ (อัฐิณัฐรักษ์ อนุศาสตร์, 2564) จากการนำรา *Trichoderma* spp. 11 ไอโซเลท ที่แยกได้จากดินในจังหวัดชุมพร และรา *T. asperellum* สายพันธุ์เปรียบเทียบ 1 ไอโซเลท เมื่อทำการทดสอบ ประสิทธิภาพในการยับยั้งราสาเหตุโรครากโคนเน่าของทุเรียน *Pythium* sp. และ *Phytophthora* sp. โดยวิธี dual culture พบว่ารา *Trichoderma* spp. ทุกไอโซเลทมีความสามารถในการยับยั้งรา *Pythium* sp. และ *Phytophthora* sp. ในลักษณะการแข่งขันโดยสังเกตจากโคโลนีของรา *Trichoderma* spp. ที่สามารถเจริญคลุมราทดสอบ แต่บางไอโซเลทที่แสดงฤทธิ์ในการสร้างสารยับยั้ง (antibiosis) ร่วมด้วย การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชีวภาพรา

T. phayaoense (L113) แบบเม็ดที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพยับยั้งรา *P. aphanidermatum* ลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 7 เดือน และแบบผงที่อุณหภูมิ 4, 8, 28 และ 40 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ยังคงมีประสิทธิภาพการยับยั้งรา *P. aphanidermatum* ลดลงต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการเก็บรักษา 7 เดือน ดังนั้นเพื่อใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพควรใช้ก่อน 7 เดือนหลังการผลิต

3. ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต และควบคุมราก่อโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ระยะต้นกล้า และราก่อโรค *Pytium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราศรแดง) ระยะต้นกล้า

3.1 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ในระดับโรงเรือน

จากการทดสอบผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน (พันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อนเกษตร) ในระดับโรงเรือน พบว่าสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนข้อ จำนวนใบ 217.8 เซนติเมตร 28 ใบ และ 27 ข้อ ตามลำดับ ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักรากสด ที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ สอดคล้องกับรายงานของ (วิพรพรรณ เนื่องเม็ก และคณะ, 2557) ที่ศึกษาผลของรา *Trichoderma* sp. ต่อการเจริญเติบโต พบว่าต้นแคนตาลูปที่ใช้รา *Trichoderma* sp. รองกันหลุมก่อนปลูก มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากที่สุด โดยมีความสูง และจำนวนข้อ เท่ากับ 143.07 เซนติเมตร และ 27.90 ข้อ ตามลำดับ อีกทั้งในรายงานของ (สายทอง แก้วฉาย และคณะ, 2555) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของราไตรโคเดอร์มา ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช และการควบคุมราสาเหตุโรคพืช กลไกการควบคุมโรคของราไตรโคเดอร์มาหลาย ๆ กลไก ราไตรโคเดอร์มามีกลไกในการควบคุมรา เช่น การสร้างสารปฏิชีวนะ การแข่งขัน การเป็นปรสิต และการชักนำให้เกิดความต้านทาน นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชด้วย ด้านคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวเมล่อน พบว่าทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักผลสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กรรมวิธีที่ใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีแนวโน้ม มีน้ำหนักผลสด และเส้นรอบวงผลมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 1.53 กิโลกรัม และ 23.82 เซนติเมตร ตามลำดับ อีกทั้งกรรมวิธีที่ใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา

T. phayaoense (L113) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 14.70 °brix สอดคล้องกับ (Nuangmek, et al. 2021) ศึกษาศักยภาพราเอนโดไฟท์ *T. phayaoense* ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แตงไทย (*Cucumis melo*) พบว่ารา *T. phayaoense* มีประสิทธิภาพ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแตงไทย ในด้านความสูงของต้นการเจริญ ของส่วนเนื้อเยื่อเจริญของแตงไทย และค่าน้ำหนักแห้งราก อีกทั้งกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ในการต้าน อนุมูลอิสระ มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 65.33 mg GAE/100g FW และ 99.67 mg AAE/100g FW ตามลำดับ

จากการทดสอบการปลูกเมล่อนพันธุ์มาตามออเรนจ์ TA242 ตราเพื่อเกษตรกร ในครั้งนี้ทุกกรรมวิธีมีการเจริญเติบโตทางลำต้น และให้ผลผลิตที่ค่อนข้างดี อาจเนื่องมาจากการใช้ดินปลูกที่มีส่วนผสมของ (ดิน: มูลวัว: ขุยมะพร้าว: แกลบดำ: ทราายและใบไม้หมัก อัตราส่วน 2:1:1:1:1) อย่างไรก็ตามการที่ต้นเมล่อนมีการเจริญเติบโตที่เร็วนั้น ส่งผลต่อการจัดการเพื่อลดการเกิดโรค และแมลงศัตรูพืชในระยะกล้า เช่นการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อไวรัส ซึ่งมีแมลงปากดูดเป็นพาหนะนำโรคการที่ต้นเมล่อนเกิดการติดไวรัสนั้นการจัดการคือ ถอนทิ้ง ทำให้เสียผลผลิต เพิ่มต้นทุนในทางเกษตรกรรม และผลผลิตที่ได้นั้น เป็นไปตาม ลักษณะของสายพันธุ์เมล่อน คือ ผลทรงกลม ผิวตาข่ายสีเหลืองอ่อน เนื้อสีส้ม หวาน มีกลิ่นหอม รสชาติหวาน ใสไม่กลวง ความหวานประมาณ 14–15 °brix น้ำหนักผล 1.7–2 กิโลกรัม อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 75–85 วัน หลังหยอดเมล็ด

3.2 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน

จากการทดสอบผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ในระดับโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 มีความสูง ความยาวราก น้ำหนักสดต้น น้ำหนักราก สด มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 22.59 เซนติเมตร 31.05 เซนติเมตร 48.99 กรัม และน้ำหนักรากสด ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) เท่ากับ 21.46 เซนติเมตร 28.04 เซนติเมตร 40.48 กรัม และ 4.21 กรัมตามลำดับ แต่กรรมวิธี ที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) มีการเจริญเติบโตของเส้นรอบวง และมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งราก มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 14.13 มิลลิเมตร และ 19.74 กรัม

ตามลำดับ จากรายงานของ (สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์, 2555) ได้ศึกษาการใช้หัวราปฏิบัติแบบแบบเม็ตราชมงคล จากรา *Trichoderma* sp. เพื่อชักนำการเจริญเติบโตของผักสวนครัว พบว่า หัวราปฏิบัติแบบแบบเม็ตราชมงคลมีประสิทธิภาพสามารถชักนำการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว ส่งผลให้น้ำหนักราก ลำต้น ใบ ของคะน้า และผักบุ้งดีกว่าชุดควบคุม 2-3 เท่า นอกจากนี้ รายงานของ (ฉัญลักษณ์ สนธิชัย และคณะ, 2556) กล่าวว่าราปฏิบัติ *Trichoderma* sp. สามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต และการสร้างดอกของพืชหลายชนิด ไม้ดอก ไม้ประดับที่ปลูกในกระถาง พืชผักต่าง ๆ กล้าไม้ที่เพาะด้วยเมล็ด ตลอดจนกิ่งปักชำ และพืชหัว โดยจะมีผลต่อการเพิ่มขนาด และความสูงของต้น น้ำหนักของต้นพืชทั้งต้น น้ำหนักของหัวตั้งแต่ 10-60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการไม่ใส่รา *Trichoderma* sp.

จากการทดสอบการเจริญเติบโตของคะน้าในระดับโรงเรือนนี้ในกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์จากรา *T. phayaoense* (L113) สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่มากกว่า ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการไม่ใส่รา *T. phayaoense* (L113) และมีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี

3.3 การแยกเชื้อกลับ (re-isolation) เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา ในพืชทดสอบ (เมล่อน และคะน้า)

จากการแยกราไตรโคเดอร์มา จากดินปลูก ใบ ลำต้น รากของเมล่อน และดินปลูก ใบ ลำต้น รากของคะน้า เพื่อตรวจสอบการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มาของทุกกรรมวิธี พบว่ามีการอยู่รอดของราไตรโคเดอร์มา ในกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) และกรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ทางการค้าจากรา *T. harzianum* ซึ่งทั้งสองชนิดตรวจพบการมีอยู่ของราไตรโคเดอร์มา จากดินปลูก ลำต้น และรากพืช ไม่พบในใบ จากการวิเคราะห์อาจเป็นเพราะว่าเชื้อไตรโคเดอร์มานั้นส่วนใหญ่แล้ว มีการอาศัยในดินมากกว่า อีกทั้งพืชที่นำมาทดสอบเป็นพืชระยะสั้น การเจริญเข้าไปในพืชอาจจะต้องใช้เวลามากกว่าในการเจริญไปถึงใบ ดังนั้นเมื่อตรวจพบการมีชีวิตของไตรโคเดอร์มาในการทดสอบของพืชทั้งสองชนิดในครั้งนี้จึงยังไม่พบไตรโคเดอร์มาบริเวณใบของพืช สอดคล้องกับ (Bailey et al., 2009) กล่าวว่าราไตรโคเดอร์มามักถูกพิจารณาว่าเป็นสิ่งมีชีวิตในดินที่อาศัยรากพืช บางสายพันธุ์สร้างความสัมพันธ์ทางชีวภาพ และจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าราไตรโคเดอร์มายังสามารถอาศัยในเนื้อเยื่อโคนต้นของต้นโกโก้ (*Theobroma cacao*) ในลักษณะที่มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ของเอนโดไฟต์ ราไตรโคเดอร์มาสามารถแยกได้จากเนื้อเยื่อของต้นโกโก้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่พื้นผิว รวมทั้งเปลือกและไซเลม เนื้อเยื่อปลายยอด และในระดับที่น้อยกว่าจากใบ

3.4 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมโรคจากราก่อโรค *Fusarium hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (ระยะต้นกล้า) ในระดับโรงเรือน และควบคุมโรคจากรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในค่น้ำระยะต้นกล้า ในระดับโรงเรือน

3.4.1 ผลของผลิตภัณฑ์แบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราก่อโรค *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน 8 สายพันธุ์ (ระยะต้นกล้า)

จากการทดสอบผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ในการควบคุมโรคจากรา *F. hainanense* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (ระยะต้นกล้า) ในระดับโรงเรือน 8 สายพันธุ์ พบว่ากรรมวิธีที่มีการปลูกถ่ายราก่อโรค *F. hainanense* ทำให้เกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนทั้ง 8 สายพันธุ์ โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในเมล่อนสายพันธุ์โมมิจิ และคูนามิ มากที่สุด เท่ากับ 16.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นสายพันธุ์ที่ เลดีโกลด์ โยกูไบะควิน ซูบาริคิง คิโมมิจิ มาตามออเรนจ์ และพอทออเรนจ์ ส่วนกรรมวิธีที่ปลูกถ่ายราก่อโรค *F. hainanense* ร่วมกับ *T. phayaoense* (L113) พบว่ารา *T. phayaoense* (L113) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งราสาเหตุโรคเหี่ยว ทำให้ไม่เกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนสายพันธุ์พอทออเรนจ์ และสายพันธุ์มาตามออเรนจ์ อีกทั้งช่วยลดการเกิดโรคเหี่ยวในเมล่อนทั้ง 8 สายพันธุ์ (Nuangmek, et al. 2021) รา *T. phayaoense* (L113) เป็นเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากสาบเสือมีความสามารถผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโต Indole-3-acetic acid (IAA) และยับยั้งการเจริญราสาเหตุโรคเหี่ยวของพืชในระดับห้องปฏิบัติการและระดับแปลง อีกทั้งรายงานของ (ภาณุเดช เทียนชัย, 2562) กล่าวว่าจากการทดสอบใช้ราเอนโดไฟท์ (*Trichoderma* sp. L113) ร่วมกับสารปรับปรุงดินควบคุม *Fusarium equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน ในระดับแปลงทดลอง พบว่า การใช้สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับราเอนโดไฟท์ (*Trichoderma* sp. L113) มีจำนวนใบ จำนวนข้อ และความสูงมากที่สุดและไม่มีการเกิดโรค

ระดับคะแนนความรุนแรงของโรค กรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* สายพันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ย ระดับความรุนแรงของโรคมากที่สุดคือ สายพันธุ์คิโมมิจิ เท่ากับ ระดับ 4 (แสดงอาการเหี่ยว 76-100 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ คือ สายพันธุ์ซูบาริคิง สายพันธุ์โยกูไบะควิน สายพันธุ์มาตามออเรนจ์ แสดงอาการเหี่ยว 51-75 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์โมมิจิ และสายพันธุ์ คูนามิ แสดงอาการเหี่ยว 26-50 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ที่ เลดีโกลด์ แสดงอาการเหี่ยว 26-50 เปอร์เซ็นต์และสายพันธุ์พอทออเรนจ์ แสดงอาการเหี่ยวน้อยที่สุด อยู่ในช่วง 1-25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยว *F. hainanense* ร่วมกับ *T. phayaoense* (L113) พบว่า รา *T. phayaoense* (L113) สามารถลดความรุนแรงของโรคเหี่ยว

ในเมล่อนสายพันธุ์โมมิจิ สายพันธุ์คุนามิ สายพันธุ์คิโมจิ สายพันธุ์โยโกโบะควีน สายพันธุ์ที่ เลดีโกสต์ สายพันธุ์พอทอเรนจ์ สายพันธุ์มาตามออเรนจ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ (วิพรพรรณ เนื่องเม็ก และคณะ, 2557) ศึกษาผลของรา *Trichoderma* sp. ต่อควบคุมโรค แคนตาลูบในแปลง พบว่าในแปลงที่ใส่ราไตรโคเดอร์มาไม่พบการเกิดโรคราน้ำค้างและโรคเหี่ยว ในขณะที่แปลงที่ไม่ใส่ราไตรโคเดอร์มาพบการเกิดโรคราน้ำค้างและโรคเหี่ยวร้อยละ 26.70 และร้อยละ 80.00 ตามลำดับ และ (Dubey, et al. 2007) ศึกษาประสิทธิภาพของราโดยการตัด แยกรา *Trichoderma* sp. 10 ไอโซเลท พบ 3 สปีชีส์จากทั้งหมด ได้แก่ *Trichoderma viride*, *Trichoderma hazianum* และ *Trichoderma viren* ที่สามารถผลิตสารยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ โดยรา *Trichoderma viride* มีการยับยั้งการเจริญของเส้นใยก่อโรค *Fusarium oxysporum* ได้มากที่สุด และยังช่วยลดอัตราการเหี่ยวของพืชในระดับโรงเรือน ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ด จากรา *T. phayaoense* (L113) สามารถช่วยลดการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคเหี่ยวรา *F. hainanense* ของเมล่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4.2 ผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบเม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113)

ต่อการควบคุมรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินของคะน้า (สายพันธุ์บางบัวทอง 35 ตราครแดง) ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน

จากการทดสอบผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ในการควบคุมโรคจากรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินคะน้า ทำการเก็บผลการเกิดโรค พบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดราทางการค้าเทอร์ราคลอร์ซูปเปอร์-เอ็กซ์ ร่วมกับ *P. aphanidermatum* มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยสุด เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ร่วมกับ *P. aphanidermatum* พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีที่ใส่เชื้อก่อโรค *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนระดับคะแนนความรุนแรงของโรค กรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคเน่าคอดินคะน้า พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ร่วมกับ *P. aphanidermatum* มีระดับความรุนแรงของโรคน้อยที่สุดเท่ากับ 0.10 ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารกำจัดราทางการค้าเทอร์ราคลอร์ซูปเปอร์-เอ็กซ์ ร่วมกับ *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ (วรวิทย์ อ้ายดวง และคณะ, 2561) ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาที่หมักด้วยราย่อยสลาย 2 ชนิด ได้แก่ *Rhizopus oryzae* (UPPY29) และ *Trichoderma harzianum* (UPPY19) ต่อการควบคุมรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดิน ในระดับโรงเรือน พบว่าการนำปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาที่หมักจากราย่อยสลายมาใช้

ในการปลูกคะน้าสามารถช่วยลดการเกิดโรคเน่าคอดินในคะน้าได้ดีที่สุด (วาสนา ฤทธิ์ไธสง และคณะ, 2548) รายงานว่า จากการทดสอบประสิทธิภาพของรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ T-50 และ CB-Pin-01 และ *T. virens* สายพันธุ์ Tv-16 ควบคุมโรคเน่าระดับดินของ มะเขือเทศพันธุ์คิงคอง-2 ที่เกิดจากรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพโรงเรือนปลูกพืช ทดลอง พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้รา *T. harzianum* *T. virens* หรือสารเคมีเมทาแลกซิล ช่วยให้ มีต้นรอด ตายสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกรา *P. aphanidermatum* เมื่อใช้ร่วมกับแคลเซียม คลอไรด์ และซิลิกอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีที่ใช้รา *T. harzianum* ทั้ง 2 สายพันธุ์ในรูปโคเนเดียแขวนลอย แซ่เมล็ดมะเขือเทศ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนปลูกร่วมกับการใช้แคลเซียมคลอไรด์รดวัสดุปลูก ช่วยให้มีต้นมะเขือเทศรอดตาย 100% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม และสูงกว่าการใช้สารเคมีเมทาแลกซิลอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้ง (วาริน อินทนา และคณะ, 2559) ศึกษาว่า *Trichoderma asperellum* จำนวน 3 สายพันธุ์คือ *Trichoderma asperellum* FRNST- 009 (สายพันธุ์ดั้งเดิม), *Trichoderma asperellum* FR-NST-009-mt (สายพันธุ์กลาย) มาทดสอบประสิทธิภาพของราปฏิปักษ์ใน สภาพโรงเรือน พบว่า ทุกกรรมวิธีสามารถลดรา *Pythium* spp. ลงได้ 38.55 – 68.07 เปอร์เซ็นต์ และรา *Trichoderma asperellum* สายพันธุ์กลาย (FR-NST-009+FR-NST-009-mt) สามารถลดความรุนแรงของโรคได้มากที่สุด คือ 68.07 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้สารเคมี metalaxyl ลดการเกิดโรคได้เพียง 52.41 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพแบบ เม็ดจากรา *T. phayaoense* (L113) สามารถช่วยลดการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคเน่าคอดินรา *P. aphanidermatum* ของคะน้า ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) เหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และการป้องกันการเกิดโรคเหี่ยว และโรคเน่าได้
2. งานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดในการหาวัสดุอื่น ๆ มาเป็นวัสดุพา ในการลดต้นทุนการผลิต และการนำไปทดสอบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของรา *T. phayaoense* (L113) ต่อไป

บรรณานุกรม

- กณิษฐา สังค์หะ, ญาณี มั่นอ่อน และเฟื่องฟ้า จันทนิยม. (2549). **การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ในรูปหัวเชื้อสดควบคุมโรคเห้งาเน่าของกระชาย.** การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 44, 489–496.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). **การปลูกผักโดยการลดการใช้สารเคมี,** เอกสารวิชาการสำหรับวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน ฉบับที่ 07–48–019, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 135 น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). **ปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตร พ.ศ. 2565.** สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 65. จาก <https://shorturl.asia/OKgSN>
- กรมวิชาการเกษตร. (2548). **ความรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์.** สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2562. จาก <http://aglib.doa.go.th>
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). **เอกสารรายงานสถิติการผลิตการเกษตรตามชนิดพืชเลือกตามพืชผักปีเพาะปลูก 2548/2549 ทั้งประเทศ.** กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 120 หน้า.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2563). **หน้า ปี 2562.** ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล <https://shorturl.asia/bRUy4>. ค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2565.
- กัทลีวัลย์ สุขช่วย, สันนชัย พันธโชติ, จุฑารัตน์ ทิพย์ชู. (2553). **การคัดเลือกประสิทธิภาพเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าของส้มเกลี้ยง (*Citrus sinensis*) ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica*.** (รายงานผลงานวิจัย). สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 47 หน้า.
- กัทลีวัลย์ สุขช่วย. (2543). **การคัดเลือกและประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma hazianum* ในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* sp.** (รายงานผลงานวิจัย). สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล: ลำปาง. สืบค้นเมื่อ 4 พฤษภาคม 2562, จาก <https://shorturl.asia/MGXVC>.
- เกษม สร้อยทอง. (2532). **การใช้ *Chaetomium cupreum* ในการควบคุมโรคไหม้ของข้าว** โดยชีววิธี. **วารสารโรคพืช**, 9(1), 28–33.
- เกษม สร้อยทอง. (2551). **เทคโนโลยีการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 213 หน้า.

- ขจรเกียรติ ธิปทา, จิรพรรณ โสภี และพิภัทร เจียมพิริยะกุล. (2554). **การคัดเลือกเชื้อรา *Trichoderma* spp. เพื่อการควบคุมเชื้อรา *Pythium* spp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 49, กรุงเทพฯ.
- จิระเดช แจ่มสว่าง, วรณวิไล อินทนู และถวัลย์ คุ่มซ่าง. (2544). **ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สูตรสำเร็จต่าง ๆ ในการควบคุมโรคโคนเน่าของถั่วฝักยาว ที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii*.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39: 236-242.
- จิระเดช แจ่มสว่าง. (2546). **การควบคุมโรคพืช และแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี.** โครงการเกษตรก้าวหน้า โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีชีวภาพ และชีวภัณฑ์ในการจัดการศัตรูพืช เพื่อทดแทนสารเคมีสังเคราะห์. นครปฐม : ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิระเดช แจ่มสว่าง. (2547). **การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี.** เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในการปลูกผักระบบไม่ใช้ดิน และภายในโรงเรือน จัดโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) (ชุดโครงการ-การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน) และคณะเทคโนโลยี การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ อาคารเจ้าคุณทหารคณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ.
- โฉม ยอดเพชร. (2542). **พืชผักในตระกูลครุซีเฟอร์,** สำนักพิมพ์ริ้วเขียว, กรุงเทพฯ, 195น.
- ชุตินา แก้วกระจ่าง จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ และธิดา เดชชวบ. (2564). **ประสิทธิภาพของรา เอนโดไฟต์ที่แยกได้จากข้าวในการยับยั้งรา *Rhizoctonia solani* สาเหตุโรคกาบใบแห้งข้าว.** **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** 29(4), 572-586.
- ดิเรก ทองอร่าม และอิทธิสุนทร นันทกิจ. (2544). **เอกสารประกอบการบรรยายในการอบรมการ ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเชิงธุรกิจในประเทศไทย.** สาขาวิชาการส่งเสริมการเกษตรและ สหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทีเอ็นเอ็น ออนไลน์. (กันยายน 2565). **"เมล่อน" ผลไม้ทำเงิน พลิกชีวิตเกษตรกร เมืองลพบุรี.** เกษตรนิวเจน. สืบค้นเมื่อวันที่ 11/05/66, จาก https://www.youtube.com/watch?v=i3X6oHlsZWA&ab_channel=TNNOnline.
- ทีเอ็นเอ็น ออนไลน์. (มกราคม 2566). **คหน้า ผักสวนครัวมากคุณค่า สร้างรายได้เร็ว.** เกษตรนิวเจน. สืบค้นเมื่อวันที่ 11/05/66, จาก

https://www.youtube.com/watch?v=e4TROS8jsw&ab_channel=TNNOnline.

ฉัญลักษณ์ สนธิชัย ปัทมา ยูซบ สิริวิมล เหมาะชาติ และกัญญาณี เทพบุตรดี. (2556). **เกษตรอินทรีย์**

ผักด้วยสารปรับปรุงดินซีแตดนาเกลือ, รายงานการวิจัย, สาขาชีววิทยา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

นิพนธ์ ทวีชัย. (2553). **โรคพืชและการจัดการด้วยวิธีชีวภาพ**. สืบค้นเมื่อ 2 กันยายน 2563 จาก

<https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/3385-biocontrol>.

ประภาส กาวีชา, วณรัตน์ นาดีโน, วิไลวรรณ พัฒนาสันต์ และอภิเดช แสงดี. (2020).

การพัฒนาชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาชนิดเม็ดเพื่อการควบคุมโรคเหี่ยวเหลืองของ มะเขือเทศ.

Thai Journal of Science and Technology, 9(6), 832–843.

พรทิพย์ แยมสุวรรณ. (2557). **การคัดเลือกกลไกการเป็นปฏิปักษ์และการประยุกต์ใช้เชื้อรา**

Trichoderma harzianum Rifai เพื่อควบคุมโรครากขาวของยางพารา. (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัย สงขลา นครินทร์).

ภาณุเดช เทียนชัย, วรวิมล อ้ายดวง, มนัส ทิตยวรรณ, และวิพรพรรณ เนื่องเม็ก. (2019).

ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *Fusarium equiseti* สาเหตุโรคเหี่ยวของแคนตาลูป. **Walailak Procedia**, 2019(3), 182–182.

วรวิมล อ้ายดวง, บุญ ร่ม คีต คำ, มนัส ทิตยวรรณ, และวิพรพรรณ เนื่องเม็ก. (2018).

ผลของปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาหมักด้วยเชื้อราย่อยสลายต่อการควบคุมโรคเน่าคอดินของคะน้า สาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระดับห้องปฏิบัติการและระดับ โรงเรือน.

Walailak Procedia, 2018(2), st130–st130.

วาริน อินทนา, อรรถกร พรหมวี และปณณวิชญ์ เย็นจิตต์. (2559). การใช้เชื้อรา *Trichoderma*

asperellum สายพันธุ์ท้องถิ่นร่วมกับสายพันธุ์กลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคเน่าระดับดินของมะเขือเทศ. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 47(3): 351–326.

วาสนา ฤทธิไธสง, วรณวิไล อินทนู, จิระเดช แจ่มสว่าง และชวลิต ฮงประยูร. (2548).

การควบคุมโรคเน่าระดับดินและโรครากเน่าของมะเขือเทศสาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ด้วยการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ร่วมกับธาตุแคลเซียม และซิลิกอน. **วิทยาศาสตร์กำแพงแสน**, 3(1), 8–17.

วิพรพรรณ เนื่องเม็ก, ประสิทธิ์ ผาผ่อง และ มนัส ทิตยวรรณ. (2557). ผลของเชื้อรา

ไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและควบคุมโรคของแคนตาลูปในแปลงปลูก.

แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 3. (หน้า42).

- วิพรพรรณ เนื่องเม็ก, ประสิทธิ์ ผาพ่อง และมนัส ทิตยวัชรณ. (2557). ผลของเชื้อรา ไตรโคเดอเรียมาต่อการเจริญเติบโตและควบคุมโรคแคนตาอูบในแปลงปลูก **แก้งเกษตร 42** ฉบับพิเศษ 3 : (2557).
- วีระณีย์ ทองศรี. (2555). **การควบคุมโรคของไม้ผลก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวโดยชีววิธี.** จดหมายข่าว Postharvest Newsletter, 11(2), 5–6.
- สายทอง แก้วฉาย. (2555). **การใช้ไตรโคเดอเรียมาในการควบคุมโรคพืช.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปีที่ 4 ฉบับที่ 3.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). **ปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตร** พ.ศ. 2565 สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 65, จาก <https://shorturl.asia/OKgSN>
- สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์. (2555). **“การฟื้นฟูป่าชายเลนด้วยเทคนิคทางชีวภาพ”** การประชุม วิชาการนเรศวร ครั้งที่ 8, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- สุขใจ ดอนปัญญา. (2554). **ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการลงทุนปลูกข้าวของเกษตรกร หมู่ 5 ตำบลหัวดง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุธามาต ณ น่าน, ปฏิพัทธ์ ใจปิ่น, สอนอง จรินทร์ และบุญปิติดา คล่องแคล่ว. (2560). **ผลของราไตรโคเดอเรียมาในการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคจุดสีน้ำตาลของส้มโอ.** Thai Agricultural Research Journal, 35(3), 321–324.
- สุมาลี สุทธิประดิษฐ์. (2536). **ความอุดมสมบูรณ์ ของดิน.** สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 349 หน้า.
- หฤษฎ์ นิมรักรา. (2561). **การคัดเลือกเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma harzianum* เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพ สำหรับควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช.** วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 21(1), 13–28.
- อัฐิณัฐรักษ์ อนุศาสตร์. (2564). **การดื้อต่อสาร Iprodione ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่แยกจากพื้นที่ชุ่มพร และผลต่อการสร้างเอนไซม์และการยับยั้งเชื้อรา *Pythium* sp. และ *Phytophthora* sp.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 59, 25–32.
- Abdalla, M.Y. (1986). **Isolation and characterization of species and rances of *Colletotrichum* occurring on alfalfa.** Ph. D., Thesis, the Graduate school of the Ohio state University.
- Acikgoz, F.E. (2011). **Mineral, vitamin C and crude protein contents in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) at different harvesting stages.** Afr J Biotechnol. 10(75):17170–17174.

- Acikgoz, F.E. and Deveci, A. (2011). Comparative analysis of vitamin C, crude protein, elemental nitrogen and mineral content of canola greens (*Brassica napus* L.) and kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). **Afr J Biotechnol.** 10(83):19385–19391.
- Aegerter, B. J., Gordon T.R., and Davis R. M. (2000). Occurrence and pathogenicity of fungi associated with melon root rot and Vine decline in California. *Plant Disease.* 84:224–230. and evaluation of conidia shelf-life. **Biological Control.** 117: 21–29.
- Backman, P. A., & Sikora, R. A. (2008). Endophytes: an emerging tool for biological control. **Biological control,** 46(1), 1–3.
- Bacon, C. W. and J. F. White. (2000). *Microbial Endophytes.* Marcel Dekker, New York. 88 p.
- Bailey, B. A., Strem, M. D., & Wood, D. (2009). *Trichoderma* species form endophytic associations within *Theobroma cacao* trichomes. **Mycological research,** 113(12), 1365–1376.
- Benitez T, Rincon AM, Limon MC, Codon AC. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma strains.* **Int Microbiol** 2004; 7(4): 249– 60.
- Bussaban, B. Lumyong, S., Lumyong, P. McKenzie, E.H.C. & Hyde K.D. (2001). Endophytic fungi from *Amomum siamense*. **Canadian Journal of Microbiology.** 47: 1–6.
- Calhoun, L.A., Findley, J.D., Miller, J.D. and Whitney, N.J. (1992). Metabolites toxic to spruce bud – worm from balsam fir needle endophytes. **Mycological Research.** 96: 281–286.
- Doni, F., Isahak, A., Che Mohd Zain, C. R., Mohd Ariffin, S., Wan Mohamad, W. N. A., & Wan Yusoff, W. M. (2014). Formulation of *Trichoderma* sp. SL2 inoculants using different carriers for soil treatment in rice seedling growth. **Springer plus,** 3, 1–5.
- Dubey, S. C., Suresh, M., & Singh, B. (2007). Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* for integrated management of chickpea wilt. **Biological control,** 40(1), 118–127.
- FAOSTAT. (2021). F. and A. Organization of the United Nations. (FAO). Retrieved from https://www.fao.org/faostat/en/#compare_
- Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. (2004). *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nat Rev Microbiol** 2:43–56.
- Harman, G. E. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96, 190–194.

- Harman, G. E. 2000. Myths and dogma of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* (T22). **Plant disease**, 84(4), 377–393.
- Harman, G. E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology** 96, 190–194.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I. & Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, 2, 43–56.
- Imran, A., Arif, M., Shah, Z., & Bari, A. (2020). Soil application of *Trichoderma* and Peach (*Prunus persica* L.) residues possesses biocontrol potential for weeds and enhances growth and profitability of soybean (*Glycine max*). **Sarhad Journal of Agriculture**, 36(1), 10–20.
- Inbar, J., M. Abramsky, D. Cohen and I. Chet. 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. **Eur. J. Plant Patho.** 100 (5): 337–346.
- J.D. Zhang and Q. Yang. (2015). Optimization of solid–state fermentation conditions for *Trichoderma harzianum* using an orthogonal test. College of Life Science and Technology, Harbin Institute of Technology, **Harbin, China Corresponding author:** Q. Yang E–mail: qianyancn@163.com *Genet. Mol. Res.* 14 (1): 1771–1781 (2015) Received February 21, 2014 Accepted June 26, 2014 Published March 13, 2015
- Jeyarajan, R., and Nakkeeran, S. (2000). Exploitation of microorganisms and viruses as biocontrol agents for crop disease management. In: *Biocontrol Potential and their Exploitation in Sustainable agriculture*, (Ed. Upadhyay et al.,) Kluwer Academic/Plenum Publishers, USA; pp 95–116.
- Kaewchai, S., Soyong, K. & Hyde, K.D. (2009). Mycofungicides and fungal biofertilizers. **Fungal Diversity**, 38, 25–50.
- Koli, S. C., Nagamani, A. and Ratnakumari, Y. R. (2012). Growth response of *Trichoderma* isolates against varying pH levels. *Int. J. Environ. Biol.* 4: 180–182.
- Küçük, Ç., & Kivanc, M. (2005). Effect of formulation on the viability of biocontrol agent, *Trichoderma harzianum* conidia. **African Journal of Biotechnology**, 4(6), 483–486.
- Kumar, S., Kaushik, N., Edrada–Ebel, R., and Proksch, P. (2008). Endophytic fungi for pest and disease management. In Ciancio A. and Mukerji K.G. (Eds.). *Integrated Management of Diseases Caused by Fungi, Phytoplasma and Bacteria*. **Springer, Berlin.** 356–387.

- Latz, M.A.C., Jensen, B., Collinge, D.B. and Jorgensen H.J.L. (2018) Endophytic fungi as biocontrol agents: Elucidating mechanisms in disease suppression, **Plant Ecol.Divers.** 11: 555–567.
- Locatelli. et al. (2018) Development of *Trichoderma* sp. formulations in encapsulated granules (CG)
- Lazada. (2023). **Trichoderma sp. biochemical pesticides**. Retrieved from <https://www.lazada.c>
- Muñoz-Celaya, A. L., Ortiz-García, M., Vernon-Carter, E. J., Jauregui-Rincón, J., Galindo, E., & Serrano-Carreón, L. (2012). Spray-drying microencapsulation of *Trichoderma harzianum* conidias in carbohydrate polymers matrices. **Carbohydrate polymers**, 88(4), 1141–1148.
- Navaneetha, et al. (2014). Liquid Formulation of *Trichoderma* species for Management of Gray mold in Castor (*Ricinus communis* L.) and Alternaria star Leaf Blight in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Biofertilizers & Biopesticides**. 6:1.
- Nuangmek, W., Aiduang, W., Kumla, J., Lumyong, S., & Suwannarach, N. (2021). Evaluation of a newly identified endophytic fungus, *Trichoderma phayaoense* for plant growth promotion and biological control of gummy stem blight and wilt of muskmelon. **Frontiers in Microbiology**, 12, 634772.
- Parisi, P. G., Grimoldi, A. A., & Omacini, M. (2014). Endophytic fungi of grasses protect other plants from aphid herbivory. **Fungal Ecology**, 9, 61–64.
- Photita, W., Lumyong, S., Lumyong, P. and Hyde, K.D. (2001). Endophytic fungi of wild banana (*Musa- acuninata*) at DoiSuthepPui national Park. **Mycological Research**. 105: 1508–1513.
- Pripdeevech, P., Tanapichatsakul, C., Chimthai, S., Phormmard, W. and Brooks, S. (2018). Antagonistic effect of endophytic fungal, *Fusarium* sp. MFLUCC16–1462, against *Magnaporthe oryzae*, **Thai J.Sci.Technol.7** (Suppl. 6):581–591.
- Shopee. (2023). **Trichoderma sp. biochemical pesticides**. Retrieved from <https://www.shopee.co.th>
- Singleton, L. and A. Rossi. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphotungstic acid reagents.
- Strobel, G.A. (2002). Gifts from the rainforest. Canadian Journal of phytopathology. 24: 14–20.
- Tang, W., Yang, H. & Ryder, M. (2001). Research and Application of *Trichoderma* spp. In Biological Control of Plant Pathogens. In: Bio-Exploitation of Filamentous Fungi (eds. Pointing, S.B. and Hyde, K.D.), **Fungal Diversity Research Series**, 6, 403–435.

- Tira-umphon, A., & Kumthong, U. (2001). Comparison of suitable melon cultivars for the greenhouse production. In Proceedings of the 39th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Agricultural Extension and Communication, **Kasetsart University, Bangkok**. (in Thai) (pp. 548–552).
- Villanueva, M. J., Tenorio, M. D., Esteban, M. A., & Mendoza, M. C. (2004). Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. **Food chemistry**, 87(2), 179–185.
- Vinale, F., Marra, R., Scala, F., Ghisalberti, E.L., Lorito, M. and Sivasithamparam, K. (2006). Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active against different phytopathogens. **Letters in Applied Microbiology** 43: 143–148.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1–10.
- Wilson, D. (2002). Ecology of woody plant endophytes. In: **Microbial Endophytes**. **Marek Dekker**. pp. 389–420.
- Woo SL, Lorito M. (2006). Exploiting the interactions between fungal antagonists, pathogens and the plant for biocontrol. In *Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management*, ed. M Vurro, J Gressel, pp. 107–130. **Amsterdam: Springer**. 295 pp.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)

มันฝรั่ง 200 กรัม

น้ำตาลกลูโคส 20 กรัม

ผงวุ้น 15-17 กรัม

น้ำ 1,000 มิลลิลิตร

ต้มมันฝรั่ง 200 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร จนกระทั่งมันสุก กรองน้ำมันฝรั่งด้วยกรวยกรอง เก็บสวมน้ำเอาไวน้ำผงวุ้นมาละลายในน้ำที่เหลืออีก 500 มิลลิลิตร จากนั้นต้มจนผงวุ้นละลายแล้วใส่น้ำตาลกลูโคส คนให้ละลายแล้วผสมน้ำมันฝรั่งที่กรองไว้ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตรคนให้สวมนผสมเข้ากัน แบ่งใส่ขวดแก้ว อุดด้วยจุกสำลีแล้วใช้กระดาษหุ้มจุกสำลีอีกชั้น ไซยางรัด กระจายไวน้ำไปหนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 20 นาที

2. Potato dextrose agar (PDA) @Difco อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปทางค้า

อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปทางค้า @Difco 24 กรัม

ผงวุ้น 15 กรัม

น้ำ 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปทางค้า @Difco 24 กรัม และผงวุ้น 15 กรัม เติมน้ำ 1,000 มิลลิลิตร คนให้สวมนผสมเข้ากัน แบ่งใส่ขวดแก้ว อุดด้วยจุกสำลีแล้วใช้กระดาษหุ้มจุกสำลีอีกชั้น ไซยางรัด กระจายไวน้ำไปหนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 20 นาที

3. Synthetic Nutrient Deficient (SNA)

Glucose 0.2 กรัม

Sucrose 0.2 กรัม

Potassium dihydrogen phosphate 1 กรัม

Potassium nitrate 1 กรัม

Magnesium sulfate anhydrous 0.25 กรัม

Potassium chloride 0.5 กรัม Agar 14 กรัม

น้ำ 1,000 มิลลิลิตร

ซึ่งส่วนผสมตามปริมาตร เติมน้ำ 1,000 มิลลิลิตร คนให้ส่วนผสมเข้ากัน แบ่งใส่ขวดแก้วอุดด้วยจุกสำลีแล้วใช้กระดาษหุ้มจุกสำลีอีกชั้น ไซยางรัด กระดาษโวนำไปนั่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 20 นาที

4. Corn meal dextrose agar (CMDA) @Himedia อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปทางค้ำอาหาร

อาหารสำเร็จรูปทางค้ำ @Himedia 17 กรัม

ผงวุ้น 15 กรัม

น้ำ 1,000 มิลลิลิตร

ซึ่งอาหารสำเร็จรูปทางค้ำ @Himedia 17 กรัม และผงวุ้น 15 กรัม เติมน้ำ 1,000 มิลลิลิตร คนให้ส่วนผสมเข้ากัน แบ่งใส่ขวดแก้ว อุดด้วยจุกสำลีแล้วใช้กระดาษหุ้มจุกสำลีอีกชั้น ไซยางรัด กระดาษโวนำไปนั่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 20 นาที

5. Water Agar

ผงวุ้น 15 กรัม

น้ำ 1,000 มิลลิลิตร

ซึ่งผงวุ้น 15 กรัม เติมน้ำ 1,000 มิลลิลิตร คนให้ส่วนผสมเข้ากัน แบ่งใส่ขวดแก้วอุดด้วยจุกสำลีแล้วใช้กระดาษหุ้มจุกสำลีอีกชั้น ไซยางรัด กระดาษโวนำไปนั่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 20 นาที

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในพืชทดสอบ (เมล่อน และคื่นหำ การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH (เมล่อน)

1. การสกัดพืชตัวอย่าง (เมล่อน)

นำส่วนเนื้อเมล่อนหั่นละเอียด 1 กรัม สกัดด้วยเมทานอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารผสมที่ได้จากการบดไปเหวี่ยงตกตะกอนด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำเฉพาะส่วนน้ำสกัดใส (supernatant) ซึ่งเป็น crude extract ไปใช้วิเคราะห์สารต้านออกซิเดชันต่อไป

2. เตรียมสาร DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์

ชั่ง DPPH 0.0039 กรัม ละลายในเอทานอล 99 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ชั่ง Gallic acid 0.025 กรัม ละลายในเอทานอล 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (DI) ให้เป็น 25 มิลลิลิตร เจือจางต่อ 10 เท่า เพื่อให้ความเข้มข้นเป็น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และเจือจางต่อให้ได้ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปสร้างกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก โดยปิเปต DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองตามด้วยสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดเป็นเวลา 40 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และใช้สารละลายตัวอย่างเป็นสารละลาย Blank

4. วิเคราะห์สารต้านออกซิเดชันที่ดัดแปลงจาก (Yingngam *et al.*, 2014)

นำสกัดใสที่ได้จากการสกัดตัวอย่าง ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร จากนั้นเติม DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร แล้วเก็บในที่มืด เป็นเวลา 40 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และใช้สารละลายตัวอย่างเป็นสารละลาย Blank จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (เมล่อน) ใช้วิธี Folin–Ciocalteu phenol test ที่ดัดแปลงจากวิธีของ (Yingngam, et al. 2014)

1. การสกัดพืชตัวอย่าง (เมล่อน)

นำส่วนเนื้อเมล่อนหั่นละเอียด 1 กรัม สกัดด้วยเมทานอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารผสมที่ได้จากการบดไปเหวี่ยงตกตะกอนด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำเฉพาะส่วนน้ำสกัดใส (supernatant) ซึ่งเป็น crude extract ไปใช้วิเคราะห์สารแทนนินออกซิเดชันต่อไป

2. เตรียมสารละลาย Folin–Ciocalteu reagent 10%

Folin–Ciocalteu 10 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น (DI) ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

3. เตรียมสารละลาย 7.5 % Na_2CO_3

ชั่ง Na_2CO_3 75 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น (DI) ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

4. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ชั่ง Gallic acid 0.25 กรัม ละลายในเอทานอล 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (DI) ให้เป็น 25 มิลลิลิตร เจือจางต่อ 10 เท่า เพื่อให้ความเข้มข้นเป็น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเจือจางต่อให้ได้ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 250, 500, 750 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปสร้างกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก โดยน้ำกลั่น (DI) 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองตามด้วยสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin–Ciocalteu reagent 10% ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย 7.5 % Na_2CO_3 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดเป็นเวลา 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้สารละลายตัวอย่างเป็นสารละลาย Blank

5.การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

นำสกัดใส 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent 10% ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย 7.5 % Na_2CO_3 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดเป็นเวลา 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้สารละลายตัวอย่างเป็นสารละลาย Blank จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (คะน่า)

1.การสกัดพืชตัวอย่าง (คะน่า)

นำคะน่าแห้งละเอียด 1 กรัม สกัดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที กรองด้วยกระดาษกรองจนได้น้ำสกัดใส นำไปใช้วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่อไป

2.เตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent 10%

Folin-Ciocalteu 10 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น (DI) ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

3.เตรียมสารละลาย 7.5 % Na_2CO_3

ชั่ง Na_2CO_3 75 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น (DI) ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

4.เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ชั่ง Gallic acid 0.25 กรัม ละลายในเอทานอล 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (DI) ให้เป็น 25 มิลลิลิตร เจือจางต่อ 10 เท่า เพื่อให้ความเข้มข้นเป็น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเจือจางต่อให้ได้ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปสร้างกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก โดยสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent 10% ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองตามด้วยสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 7.5 % Na_2CO_3 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 150 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้สารละลายตัวอย่างเป็นสารละลาย Blank

5. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

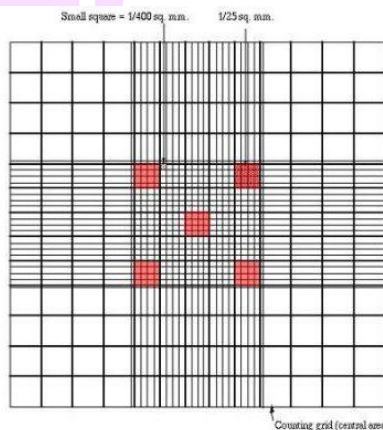
น้ำสกัดใส 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent 10% ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย 7.5 % Na_2CO_3 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 150 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และใช้สารละลายตัวอย่างเป็นสารละลาย Blank จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน



ภาคผนวก ง

การนับโคโรนาเดี่ยเชื้อราโดยใช้ฮีโมไซโตมิเตอร์ Hemocytometer

เจือจางตัวอย่างโคโรนาเดี่ยเชื้อราด้วยน้ำ 9 มิลลิลิตร วางกระจกปิดสไลด์บน Hemocytometer ตรงบริเวณที่มีตาราง ซึ่งกระจกปิดสไลด์จะอยู่เหนือผิวตาราง 0.1 มิลลิเมตร ใช้ pipette เปิดดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้ววางปลาย pipette ใกล้ขอบกระจกปิดสไลด์ จากนั้นค่อย ๆ หยดตัวอย่างลงไปบน Hemocytometer ตัวอย่างจะไหลเข้าใต้กระจกปิดสไลด์เองจนเต็มพื้นที่ตาราง โดยต้องระวังอย่าให้ตัวอย่างไหลลงไปในเรื่องที่อยู่รอบ ๆ หรือไหลเข้าไม่เต็มพื้นที่ตาราง นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบบริเวณ 1, 2, 3, 4, 5 ดังแสดงในภาพภาคผนวก 5 วิธีการนับจำนวนโคโรนาเดี่ย นับจำนวนโคโรนาเดี่ย โดยทิศทางการนับให้นับจาก 1 ไป 2 3 4 และ 5 ให้นับเซลล์ที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมที่เป็นเส้นคู่ทั้งหมด โดยเซลล์ที่ซ้อนทับอยู่บนเส้นขอบให้นับเฉพาะขอบด้านบน และด้านซ้ายของช่อง จากการนับเซลล์จะสามารถคำนวณปริมาตรตัวอย่างได้จาก พื้นที่ตาราง \times ความลึก เมื่อนับจำนวนโคโรนาเดี่ย ก็จะได้ จำนวนโคโรนาเดี่ย ต่อปริมาตรของตารางนั้น จากนั้นจึงคำนวณเป็นจำนวนเซลล์ต่อปริมาตรตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร



ที่มาภาพ <https://shorturl.asia/yEtvR>

การคำนวณ

ช่อง 1 2 3 4 และ 5 มีความกว้างและยาวเท่ากับ 1 มิลลิเมตร Volume ของช่อง 1 2 3 4 หรือ 5 ช่องใดช่องหนึ่ง = ความกว้าง \times ความยาว \times ความลึก = 0.2 มิลลิเมตร \times 0.2 มิลลิเมตร \times 0.1 มิลลิเมตร

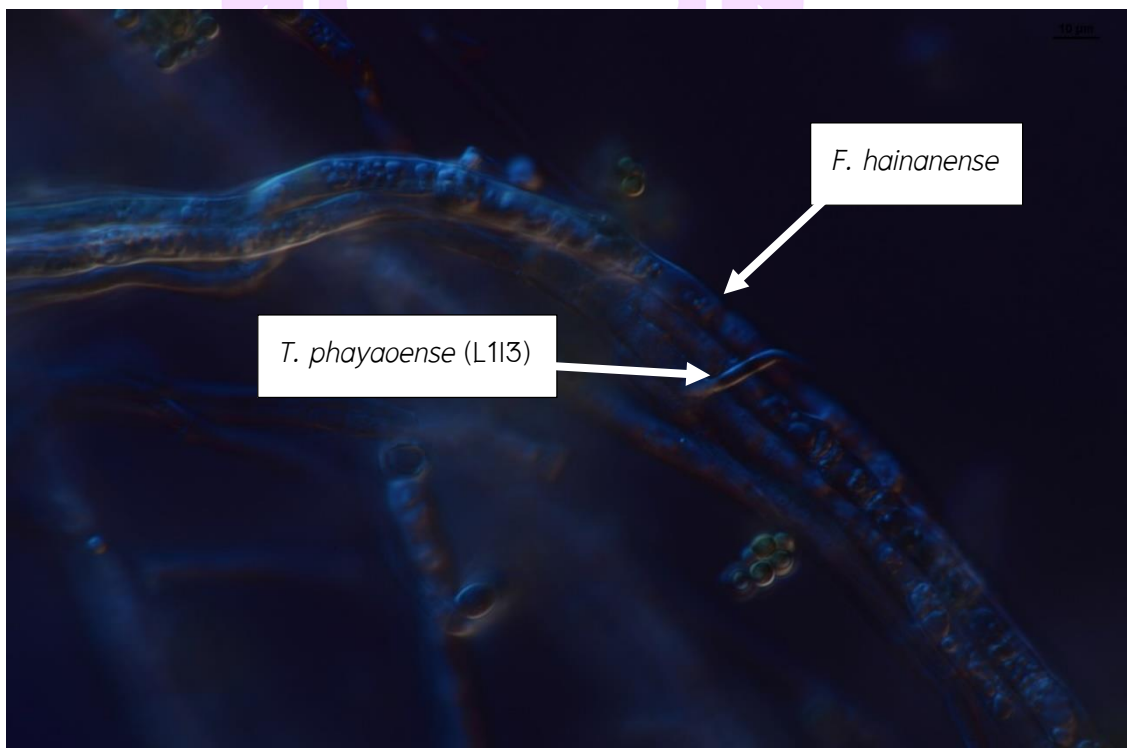
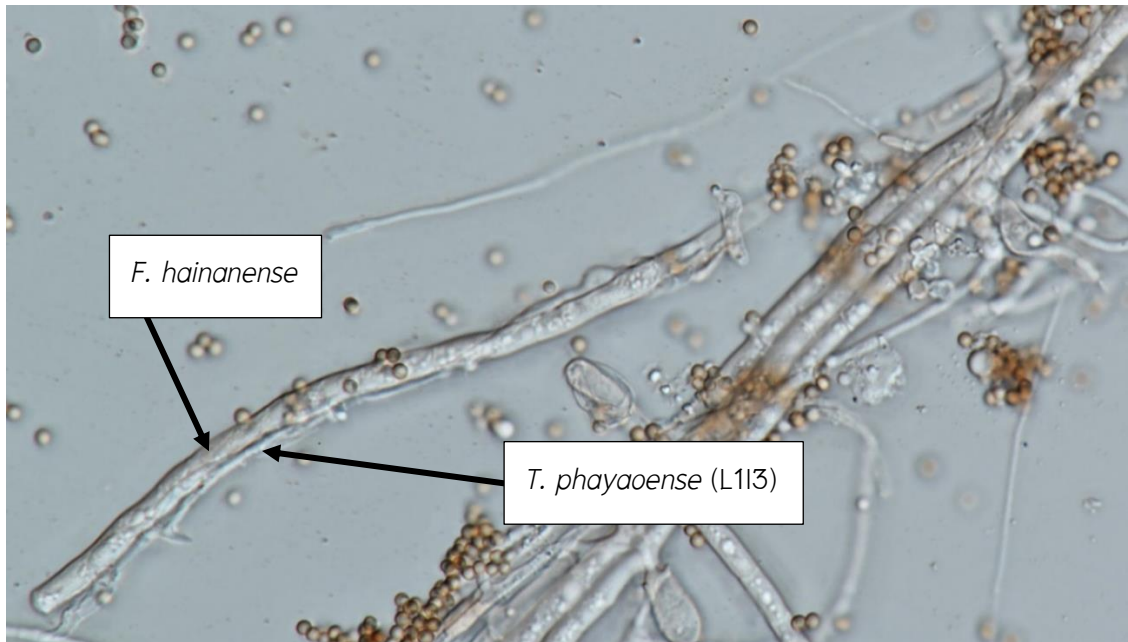
หรือ = 0.02 เซนติเมตร \times 0.02 เซนติเมตร \times 0.01 เซนติเมตร

หรือ = 0.000004 เซนติเมตร³

หรือ = 10^{-6} ml

ดังนั้น ความหนาแน่นของโคโรนาเดี่ย = ค่าเฉลี่ยของโคโรนาเดี่ยที่ช่อง 1, 2, 3, 4, 5 \times $1/4 \times 10^6$ โคโรนาเดี่ย / มิลลิลิตร

ภาพผนวก จ



ภาพการเป็นปรสิตของรา *T. phayaoense* (L1I3) กับ *F. hainanense* ด้วยกลไกแบบ Hyperparasite ภายใต้อินฟลูออเรสเซนซ์ 100 เท่า

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	สหัททยา สุขใหญ่
วัน เดือน ปี เกิด	1 กุมภาพันธ์ 2534
สถานที่เกิด	พะเยา
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2555 วท.บ (พืชศาสตร์), มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	475/1 ถ.พหลโยธิน ต.แม่ต้า อ.เมือง จ.พะเยา 56000
ผลงานตีพิมพ์	<p>สหัททยา สุขใหญ่, นครินทร์ สุวรรณราช และ วิพรพรรณ เนื่องเม็ก. (2563). การศึกษาวัสดุที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาชีวภัณฑ์จากเชื้อราเอนโดไฟท์ <i>Trichoderma</i> sp. (L311). แก่นเกษตร, 48 (suppl. 1) ,331-336.</p> <p>สหัททยา สุขใหญ่, นครินทร์ สุวรรณราช และ วิพรพรรณ เนื่องเม็ก. (2565). การศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากเชื้อราเอนโดไฟท์ <i>Trichoderma phayaoense</i> (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตในเมล็ดอ่อน. การประชุมวิชาการระดับชาติ ภายใต้โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) และโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ประจำปี 2565.</p>