

ผลของการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรและน้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์
Issatchenkia orientalis VCU24 ในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

PHOUTTHAPHONE XAYAVONGSA

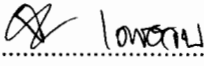
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

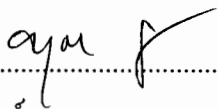
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ Phouththaphone Xayavongsa ฉบับนี้แล้ว สมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

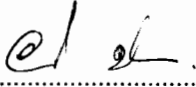
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

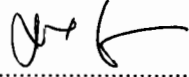

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุเทพ ภาสุระ)

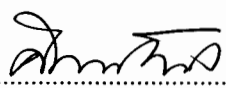
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิดา เดชสวบ)

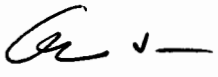

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุเทพ ภาสุระ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิรดี ปิตันธนภาคย์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดารัตน์ สวานจิตร์)


..... กรรมการ
(ดร. ศิรสาธิญากร จันทร์ขศิริพร)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 19 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ ด้วยความกรุณาและเมตตาเป็นอย่างสูงจากท่านอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุเทพ ภาสุระ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยเรื่อยมา ตลอดจนการดูแลความก้าวหน้าของการดำเนินงานต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าจนกระทั่งลุล่วงไปได้ ด้วยดี ข้าพเจ้ามีความรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดา เศษวบ ประธานกรรมการ วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี ปิณฑนภาคย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภารัตน์ สวนจิตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขวิทยานิพนธ์ส่วนบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ฝึกฝนทักษะ กระบวนการคิดและการทำงาน ตลอดระยะเวลาการศึกษามหาบัณฑิตครั้งนี้แก่ ข้าพเจ้า ขอขอบคุณบุคลากรประจำโครงการบัณฑิตศึกษา และภาควิชาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการประสานงาน เพื่อขอความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือและสารเคมีต่าง ๆ ในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้า ตลอดมา ขอขอบคุณที่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ นิสิต ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทุกท่านที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือเกื้อกูลในการเรียนและการทำงานวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคำสะหมอง และคุณแม่บุญลัด ชัยวงศา ที่ท่านช่วยสนับสนุนในด้านการศึกษาแก่ข้าพเจ้ามาตั้งแต่วัยเยาว์ ให้ความรักและความเข้าใจตลอดมา ขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นเปรียบเหมือนแรงกายและแรงใจที่สำคัญ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ โดยหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประโยชน์และคุณค่าทางการศึกษาต่อผู้อ่าน ข้าพเจ้า ขอยกความดีทั้งหมดแก่ท่านอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุเทพ ภาสุระ และกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ทุกท่าน รวมทั้งกราบเป็นกตเวทิตาแก่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณที่ได้อบรม เลี้ยงดู ให้ความรู้ ความเมตตา แก่ข้าพเจ้า แต่หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับความผิดพลาดไว้แต่เพียงผู้เดียว

55910185: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์ชีวภาพ; วท.ม. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)

คำสำคัญ: ตะไคร้/ ข่า/ เปลือกมังคุด/ สารสกัดหยาบ/ สารสกัดบริสุทธิ์/ โรคแอนแทรกโนส/
เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

พุทธพร ชัยวงสา: ผลของการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรและน้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (EFFECTS OF MEDICINAL PLANT CRUDE EXTRACTS, PURE VOLATILE OILS IN COMBINATION WITH ANTAGONISTIC YEAST *Issatchenkia orientalis* VCU24 IN CONTROLLING ANTRACNOSE OF MANGO CV. NAM DOK MAI) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: อนุเทพ ภาสุระ, Ph.D., 130 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร และน้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ 3 ชนิด ได้แก่ ตะไคร้หอม ข่า และเปลือกมังคุด น้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ Citronellal Eugenol และ Xanthonol โดยใช้วิธี Poisoned food technique รวมทั้งการศึกษาการประยุกต์ใช้ยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยบางชนิด ในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุของโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม และข่า สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% ที่ความเข้มข้น 0.25% (v/v) และ 0.5% (v/v) ตามลำดับ ในขณะที่ สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 12% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราที่ก่อโรคได้ $89.9 \pm 0.37\%$

สำหรับน้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ พบว่า Eugenol ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) และ Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.5% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ $98.8 \pm 0.00\%$ และ 100% ตามลำดับ ในขณะที่ Xanthonol ที่ความเข้มข้น 8.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุด $72.6 \pm 0.00\%$ ส่วนการใช้ น้ำมันหอมระเหย Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 และชุดทดสอบที่ใช้ Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) เพียงอย่างเดียว พบว่าสามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ เท่ากับ $81.73 \pm 2.71\%$ และ $30.13 \pm 17.24\%$ ตามลำดับ ในขณะที่ การใช้สารกำจัดเชื้อรา Carbendazim มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ $92.10 \pm 1.38\%$ การศึกษาปริมาณเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในชุดทดสอบที่แตกต่างกัน พบว่า ในชุดควบคุมที่ใส่ยีสต์อย่างเดียว ชุดทดสอบที่ใส่น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ พบว่ายีสต์ *I. orientalis* VCU24 มีปริมาณเซลล์ยีสต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสามารถนับจำนวนได้ 8.85 ± 0.52 และ 8.78 ± 0.04 $\text{Log}_{10}\text{CFU/wound}$ ตามลำดับ

55910185: MAJOR: BIOLOGICAL SCIENCE; M.Sc. (BIOLOGICAL SCIENCE)

KEYWORDS: CITRONELLA GRASS/ GALANGA/ MANGOSTEEN PERICARP/ CRUDE EXTRACT/ ESSENTIAL OIL/ ANTHRACNOSE/ *Colletotrichum gloeosporioides*

PHOUTTHAPHONE XAYAVONGSA: EFFECTS OF MEDICINAL PLANT CRUDE EXTRACTS, PURE VOLATILE OILS IN COMBINATION WITH ANTAGONISTIC YEAST *Issatchenkia orientalis* VCU24 IN CONTROLLING ANTHRACNOSE OF MANGO CV. NAM DOK MAI. ADVISORY COMMITTEE: ANUTHEP PASURA, Ph.D. 130 P. 2017.

The objective of this study was to examine the efficacy of medicinal plant crudes from *Cymbopogon nardus*, *Alpinia galangal* and *Garcinia mangostana*, their pure volatile oils; citronellal, eugenol and xanthenes using poisoned food technique and application of antagonistic yeast *Issatchenkia orientalis* VCU24 combined with some volatile oils to control antracnose of mango cv. Nam Dok Mai caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. The results showed that the mycelial growth of *C. gloeosporioides* was completely inhibited by citronellal grass and galangal crude extracts at 0.25% (v/v) and 0.5% (v/v), respectively. In contrast, mangosteen crude extract at 12% (v/v) concentration inhibited the mycelial growth of *C. gloeosporioides* by 89.9±0.37%.

The effects of pure volatile oils, eugenol and citronellal, inhibited 98.8±0.00% and 100% mycelial growth of *C. gloeosporioides* at 0.062% (v/v) and 0.5% (v/v), respectively. However, xanthone at the highest concentration tested at 8.0% (v/v) inhibited the mycelial growth of *C. gloeosporioides* by 72.6±0.00%. Combined use of 0.062% (v/v) citronellal and *I. orientalis* VCU24 and 0.062% (v/v) citronellal alone showed the antracnose disease reduction by 81.73±2.71% and 30.13±17.24% on mango cv. Nam Dok Mai, respectively. Whereas, the use of carbendazim showed the antracnose disease reduction at 92.10±1.38%. Viable cell numbers of *I. orientalis* VCU24 were examined in wounded mango. It was found that control group (yeast only) and treatment group, 0.062% (v/v) of citronellal combined with yeast (*I. orientalis* VCU24), showed that the cell numbers of yeast *I. orientalis* VCU24 in the wounds were not significantly different ($p < 0.05$), and yeast cell numbers were approximately 8.85±0.52 and 8.78±0.04 \log_{10} CFU/wound, respectively.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	4
ขอบเขตการศึกษา.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
มะม่วง (Mango)	6
โรคแอนแทรกคโนส (Anthracnose disease).....	8
การจัดการและควบคุมโรคแอนแทรกคโนส (Management & Controlling of Anthracnose disease).....	14
พืชสมุนไพรที่ใช้ในการวิจัย.....	20
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
พืชสมุนไพร.....	38
พืชทดสอบ.....	38
อาหารเลี้ยงเชื้อ.....	38
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	38
อุปกรณ์.....	38
การแยกบริสุทธิ์เชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	40
ที่มาของสารสกัดหยาบ และน้ำมันหอมระเหย.....	40

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การเตรียมสารสกัดหยาบ และการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรแต่ละชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>Collectotrichum gloeosporioides</i> สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	40
การเตรียมน้ำมันหอมระเหย และการทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยในพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>Collectotrichum gloeosporioides</i> สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	42
การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อยีสต์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Collectotrichum gloeosporioides</i>	43
การทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24.....	43
ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	44
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	46
4 ผลการวิจัย.....	47
ผลการแยกเชื้อราก่อโรค.....	47
ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Collectotrichum gloeosporioides</i>	50
ผลของการทดสอบของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Collectotrichum gloeosporioides</i>	57
การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อยีสต์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Collectotrichum gloeosporioides</i>	62
ผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24.....	63
ผลของการทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	65

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลของการทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยร่วมกับยีสต์ปฏิบัคย์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ในการลดการเกิด โรคและขนาดรอยแผลบนผล มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	65
5 สรุปและอภิปรายผล.....	69
สรุปผล.....	69
อภิปรายผล.....	70
ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	104
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	130

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะม่วงในประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2556 -2558..	7
2	ลักษณะการเจริญและสัณฐานวิทยาของเชื้อราแยกผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ที่พบ อาการโรคแอนแทรกโนส ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นระยะเวลา 7 วัน.....	48
3	การจัดจำแนกสปีชีส์ของเชื้อรา <i>Colletotrichum</i> ที่แยกได้จากพริกในประเทศไทย.....	49
4	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัด หยาบจากข่า (<i>Alpinia galanga</i>) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้เป็นระยะเวลา 12 วัน	52
5	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบ จากตะไคร้ (<i>Cymbopogon nardus</i> Linn.) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 12 วัน.....	54
6	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบ จากมังคุด (<i>Garcinia mangostana</i> Linn.) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 9 วัน	56
7	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Eugenol ที่ได้จากข่าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 12 วัน.....	58
8	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ได้จากตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 12 วัน.....	60
9	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Xanthone ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 9 วัน.....	62
10	ประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ต่อยับยั้งการเจริญ ของเส้นใยเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนจานเพาะเลี้ยงที่ระยะเวลา 12 วัน ด้วยอาหาร PDA.....	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
11 ผลของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ต่อการเจริญของยีสต์ปฏิปักษ์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24.....	64
12 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	66
13 การเจริญของยีสต์ปฏิปักษ์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 ในรอยแผลบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ในชุดทดสอบที่แตกต่างกัน.....	67

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	ลักษณะเส้นใยทั่วไปของโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 12 วัน และสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่แยกได้จากจากมะม่วงน้ำดอกไม้.....	10
2	แผนภาพแสดงวัฏจักรการแพร่กระจายและเกิดโรคแอนแทรคโนสในมะม่วง.....	12
3	ลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสที่ปรากฏบนส่วนต่าง ๆ ของมะม่วง.....	13
4	ลักษณะของเซลล์ยีสต์ <i>Issatchenkia orientalis</i> ภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	20
5	ลักษณะของส่วนต่าง ๆ ของมังคุด.....	22
6	โครงสร้างของ Xanthone และอนุพันธ์ของ Xanthones บางชนิด.....	25
7	ลักษณะส่วนต่าง ๆ ของตะไคร้หอม.....	28
8	โครงสร้าง R และ S enantiomer ของ Citronellal.....	31
9	ลักษณะของส่วนต่าง ๆ ของข่า.....	33
10	โครงสร้างทางเคมีของ Eugenol.....	36
11	ลักษณะโคโลนี เส้นใย และสปอร์ของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> สาเหตุโรคแอนแทรคโนสที่แยกจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ระยะเวลา 12 วัน.....	47
12	อาการของโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ที่แยกได้.....	49
13	การเจริญของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบจากข่าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส).....	51
14	การเจริญของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบจากตะไคร้ (<i>Cymbopogon nardus</i> Linn.) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อไว้ระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส).....	53
15	การเจริญของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบจากมังคุด (<i>Garcinia mangostana</i>) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อไว้ระยะเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส).....	55

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
16 การเจริญของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Eugenol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	57
17 การเจริญของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Citronellal ได้จากตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส).....	59
18 การเจริญของเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Xanthone ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส).....	61
19 ลักษณะการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> บนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ.....	63
20 การเจริญของเชื้อยีสต์ <i>Issatchenkia orientalis</i> VCU24 บนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบจานควบคุมซึ่งเป็นอาหาร PDA ที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย.....	65
21 ลักษณะการเกิดโรคในรอยแผลบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในชุดทดสอบที่แตกต่างกัน.....	67

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเสียหายในระยะหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาที่สำคัญทางการเกษตร ส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร ทำให้เกิดผลกระทบต่อทางเศรษฐกิจ โรคพืชที่ก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากคือ โรคแอนแทรกโนส (Anthracnose) ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. (Sivakumar & Bautista-Baños, 2014; Bautista-Rosales et al., 2014; Sripong et al., 2015) โรคแอนแทรกโนสสามารถสร้างความเสียหาย และทำลายในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ต้นกล้า ยอดอ่อน ใบอ่อน ช่อดอก ดอก ผลอ่อนจนถึงผลแก่ และผลของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ลักษณะของโรคแอนแทรกโนสเป็นจุดเล็ก ๆ สีน้ำตาลในส่วนต่าง ๆ ของพืช เมื่อการเกิดโรคมิ ความรุนแรงมากขึ้นทำให้ส่วนต่าง ๆ เช่น ใบแห้งใบบิดเบี้ยว และทำให้ใบร่วงหล่น ส่วนช่อดอกจะแห้งทำให้ไม่ติดผล และทำให้ผลเน่าจนร่วงตลอดจนหลังเก็บเกี่ยวผลก็จะเน่าได้เช่นเดียวกัน (วารภรณ์ สุทธิสา, ภาณุวัฒน์ เทพคำราม, วัชรกา กาญจนรัช และพนิดา อริมัตลี, 2557) การแพร่ระบาดของโรคจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในเขตที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง จากการสำรวจโรคแอนแทรกโนสที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบการเกิดโรคในพืชหลายชนิด เช่น มะม่วง มะละกอ ฝรั่ง กล้วย อโวคาโด ชมพู สตอเบอร์รี่ องุ่น มะขามเทศ กาแฟ ยางพารา เงาะ พริก มะเขือเทศ ดาหลา และกุหลาบ เป็นต้น (Arauz, 2000; Dessalegn, Ayalew, & Woldetsadik, 2013)

การควบคุมเชื้อราที่ก่อโรครดังกล่าว มักใช้สารเคมีฆ่าเชื้อราในการป้องกันกำจัดโรคพืช โดยเฉพาะสารเคมีประเภทดูดซึม เช่น Captan, Benomyl และ Carbendazim เป็นต้น (Tasiwal, Benagi, Hegde, Kamanna, & Naik, 2009) ทั้งนี้การใช้สารเคมีควบคุมโรคพืชสามารถเกิดการตกค้าง และสะสมของสารเคมีกำจัดเชื้อราในสิ่งแวดล้อม ทำให้เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งก่อให้เกิดผลกระทบต่อทางด้านสุขภาพของผู้บริโภคได้ และก่อให้เกิดการพัฒนาของเชื้อราที่ดื้อต่อและทนทานต่อการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา (พรประพา คงตระกูล และ สรัญญา ณ ลำปาง, 2553; Hu et al., 2015; Prasad & Anamika, 2015; Lima et al., 2011) ในปัจจุบันนักวิจัยจึงได้หันมาให้ความสำคัญกับการใช้พืชสมุนไพรเพื่อนำมาป้องกันและควบคุมโรคพืชมากขึ้น โดยได้คำนึงถึงความสะดวก และประโยชน์ เช่น หาได้ง่าย ประหยัด ราคาถูก ไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้าง และศัตรูพืชสร้างความต้านทานได้น้อยลง (Sivakumar & Buatisa-Banos, 2014) ซึ่งการศึกษาของ วิไลรัตน์ ศรีนนท์, ชีรพล วันทิตย์ และเกษม สร้อยทอง (2552) รายงานถึงประสิทธิภาพของ

สารสกัดจากพืชสมุนไพร 10 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า ขิง ดีปลี ตะไคร้ หัวหอมใหญ่ หน่อไม้ สาบเสือ กะเพรา และรัก ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อราก่อโรค *Collectotrichum gloeosporioides* ซึ่งพบว่า สารสกัดจากพืชทุกชนิด สามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ดี แต่มีความสามารถในการยับยั้งที่แตกต่างกัน โดยสารสกัดจากข่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ขึ้นไป และการศึกษาของเววจันท์ พงศ์จันทา, พ็ชรพร ไชยชนะ และพิทยา รวมศิริ (2549) พบว่า สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุโรคแอนแทรกคโนสได้อย่างสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจในการนำสารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรมาศึกษาเพื่อใช้ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรค *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วง ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ในการกำจัดและควบคุมโรคพืช สามารถเป็นแนวทางในการทดแทนการใช้สารเคมีในการกำจัดโรคพืช (Nyarko, Barku, & Batama, 2012)

นอกจากนี้ ยังพบว่าจุลินทรีย์หลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการเป็น Biocontrol agents (BCAs) ที่สามารถนำมาใช้ในการป้องกันและกำจัดโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว ยีสต์เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งที่สามารถพบได้ในธรรมชาติ และหลายชนิดสามารถแสดงกิจกรรมการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราก่อโรค โดยมีการศึกษาจำนวนมากเกี่ยวกับการเป็นปฏิปักษ์ของยีสต์ในธรรมชาติต่อการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคในผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การใช้ยีสต์ *Rhodotorula mucilaginosa* ในการต้านการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Penicillium expansum* เพื่อควบคุมการเน่าเสียของผลลูกแพร์หลังการเก็บเกี่ยว (Hu et al., 2015) การใช้ยีสต์ *Rhodospidium kratochvilovae* LS11 และ *Cryptococcus laurentii* LS28 ในการควบคุมเชื้อราก่อโรค *P. expansum* ในผลแอปเปิ้ล (Lima et al., 2011) และ การใช้ยีสต์ *Pichia guilliermondii* strain M8 (Zhang, Spadaro, Garibaldi, & Gullino, 2011) และ *Saccharomyces cerevisiae* (Nally et al., 2012) ควบคุมโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ในผลแอปเปิ้ล และผลองุ่น นอกจากนี้สภาพของยีสต์ที่สามารถควบคุมเชื้อราก่อโรคที่เป็นสาเหตุความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตร ยีสต์ยังมีคุณสมบัติที่ได้เปรียบหลายประการที่จะสามารถนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในเชิงธุรกิจ ได้แก่ 1) ยีสต์สามารถเจริญได้ดีและรวดเร็ว โดยไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งที่ราคาแพง จึงมีต้นทุนต่ำในการผลิตยีสต์ปริมาณมาก ๆ ในระดับอุตสาหกรรม 2) ยีสต์สามารถเข้ายึดเกาะที่บริเวณผิวของผลผลิตทางการเกษตรที่แห้งได้เป็นเวลานาน โดยต้องการเพียงสารอาหารอย่างง่ายสำหรับการเจริญ และ 3) ไม่มีการสร้าง Allergenic spores หรือ Mycotoxins ซึ่งต่างจากเชื้อรา จึงมีแนวโน้มที่ดีในการนำมาใช้กับผลผลิตพืช โดยไม่เป็นอันตรายและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (จินันทนา

จอมดวง, สันติ ช่างเจรจา และทิพวรรณ มานนท์, 2552; Perez et al., 2016) การใช้ยีสต์ปฏิปักษ์ในผลผลิตพืชหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นแนวทางใหม่ที่จะใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดเชื้อราได้

ยีสต์ *Issatchenkia orientalis* เป็นยีสต์สายพันธุ์ที่มีรายงานการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการต้านการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช *Aspergillus carbonarius* และ *Aspergillus niger* ในผลของ *Colletotrichum capsici* และ *C. gloeosporioides* ในพริกชี้ฟ้า (อรุณ ชาญชัยเชาว์วิวัฒน์ และจุริมาศ วงศ์ศรีรัตน์, 2552; Bleve, Grieco, Cozzi, Logrieco, & Visconti, 2006; Chanchaichaovivat, Ruenwongsa, & Panijpan, 2007) รวมทั้งสามารถควบคุมโรคแอนแทรก โนสที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวได้ดี แม้ว่าจะไม่สามารถลดการเกิดโรคได้อย่างสมบูรณ์ก็ตาม (จินันทนา จอมดวง และคณะ, 2552; จินันทนา จอมดวง และวิชชา สะอาดสุด, 2555) ดังนั้น จึงได้มีแนวคิดในการใช้สารสกัดจากพืชร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์เพื่อเสริมฤทธิ์ มาใช้ในการป้องกัน และควบคุมโรคพืช โดยมีงานวิจัยจำนวนไม่มากนักที่ทำการศึกษาค้นคว้าการควบคุมโรคพืชโดยใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มเชื้อรา และแบคทีเรีย (Adandonon, Aveling, Labuschagne, & Tamo, 2006; Latha, Anand, Ragupathi, Prakasam, & Samiyappan, 2009; Muthukumar, Eswaran, Nakkeeran, & Sangeetha, 2010) จึงมีความน่าสนใจในการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรและยีสต์ปฏิปักษ์ที่ได้จากธรรมชาตินำมาเพื่อช่วยเสริมฤทธิ์กันในการป้องกันและควบคุมเชื้อราก่อโรคในระยะที่มีการปรากฏของโรค และระยะแฝงที่เชื้อรายังไม่เข้าทำลายเนื้อเยื่อของพืช เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดกับผลผลิตของพืชให้น้อยที่สุด (Siddiqui & Ali, 2014) และเป็นการพัฒนาวิธีกำจัดเชื้อราที่ก่อโรคมาใช้ทดแทนสารเคมี เพื่อควบคุมโรคแอนแทรก โนสที่เป็นสาเหตุทำให้พืชหลายชนิดได้รับความเสียหาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Linn.), ข่า (*Alpinia galanga* Linn.), เปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) และน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ Eugenol, Citronellal และ Xanthone ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุหลักในการเกิดโรคแอนแทรก โนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และศึกษาประสิทธิภาพของการนำน้ำมันหอมระเหยจากพืชมาใช้ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ในการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรก โนสบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบ และน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนส
- 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับยีสต์ปฏิบัฏ์ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่พบในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังการเก็บเกี่ยว

สมมติฐานการวิจัย

- 1) สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร คือ ตะไคร้หอม ข่า และเปลือกมังคุด สามารถนำมาสกัดเป็นสารกำจัดเชื้อราก่อโรคแอนแทรคโนสได้
- 2) ระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพต่อการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุการก่อโรคแอนแทรคโนสได้แตกต่างกัน
- 3) ระดับความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพต่อการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุการก่อโรคแอนแทรคโนสได้แตกต่างกัน
- 4) การใช้ น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับยีสต์ปฏิบัฏ์จะทำให้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ดีกว่าการใช้ น้ำมันหอมระเหยเพียงอย่างเดียว

ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสารสกัดหยาบจากพืชบางชนิดได้แก่ ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Linn.) ข่า (*Alpinia galangal* Linn.) เปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) และน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ Eugenol Citronellal และ Xanthone โดยศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนส โดยการทดสอบทางห้องปฏิบัติการและทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรร่วมกับยีสต์ปฏิบัฏ์ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังเก็บเกี่ยว เพื่อเป็นแนวทางในการนำสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรไปใช้ควบคุมโรคแอนแทรคโนสโดยชีววิธี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคที่เป็นสาเหตุโรคพืช ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้
 ในด้านการเกษตรได้ และสามารถฝึกทักษะทางด้านการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ได้องค์ความรู้
 ใหม่ ๆ เกี่ยวกับการใช้วิธีการควบคุมทางชีวภาพ (Biological control) โดยการใช้ยีสต์ปฏิปักษ์
 ร่วมกับการใช้สารสกัด หรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส
 ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งจะก่อให้เกิดคุณประโยชน์ทางด้านเกษตร สามารถลดการใช้
 สารเคมีในการกำจัดโรคพืช ซึ่งมีราคาแพง ส่งผลต่อการลดต้นทุนในการผลิต และได้ผลผลิตทาง
 การเกษตรที่ปลอดภัยจากสารพิษที่อาจตกค้าง ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการและสร้าง
 ความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค อีกทั้งยังรักษาสีสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้วิธีการควบคุมทางชีวภาพร่วมกับสารสกัด
 หรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้
 รวมทั้งผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ เพื่อที่จะสามารถลดความเสียหายทางเศรษฐกิจใน
 ภาคอุตสาหกรรมการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรที่เกิดจากโรคแอนแทรคโนส นอกเหนือจากนี้
 ยังเป็นการนำพืชสมุนไพรประจำถิ่นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ นักวิชาการ นักวิจัย ตลอดจน
 นักเรียน นักศึกษาที่สนใจการนำสารสกัดหายากจากมังคุด ข่า และตะไคร้ และกลุ่มของน้ำมันหอม
 ระเหยบริสุทธิ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดโรค

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. มะม่วง (Mango)

มะม่วง (Mango) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Mangifera indica* Linn. เป็นพืชไม้ผลที่จัดอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae สกุล *Mangifera* ประกอบด้วยสายพันธุ์ที่แตกต่างกันกว่า 30 สายพันธุ์ โดยมะม่วงเป็นพืชประจำถิ่นในประเทศอินเดีย ที่สามารถเจริญได้ดีในเขตโซนร้อน (Tropical) และเขตเหนือหรือใต้โซนร้อน (Subtropical) และมีการเพาะปลูกแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในหลายประเทศ เช่น บราซิล โอม่า ปากีสถาน บังคลาเทศ รวมทั้งประเทศไทย (Shah, Patel, Patel, & Parmar, 2010; Lakshmi, Reddy, & Prasad, 2011; Sarkiyayi, Mohammed, & Yakubu, 2013; Oliveira et al., 2015) มะม่วงเป็นไม้ผลยืนต้นไม่ผลัดใบ ทรงพุ่ม ขนาดใหญ่ สูงประมาณ 10-45 เมตร ลำต้นมีขนาดใหญ่ มีการแตกกิ่งแขนงจำนวนมากจากต้นหลัก ใบเป็นแบบใบเดี่ยว มีลักษณะรูปทรงยาว (Oblong) ปลายเรียวแหลมทั้ง 2 ด้าน ใบเกิดบนกิ่งแบบสลับ ขนาดใบกว้างประมาณ 8 เซนติเมตร ยาวประมาณ 25 เซนติเมตร หรืออาจพบขนาดใหญ่กว่า ลักษณะของช่อดอกเป็นแบบช่อแยกแขนง (Panicle) ประกอบด้วยช่อดอกขนาดเล็กประมาณ 3,000 ดอก ดอกมีสีแดงอมชมพู หรือสีค่อนข้างเหลืองถึงเขียว ผลมะม่วงเป็นผลเมล็ดเดี่ยว มีรูปร่างและขนาดที่หลากหลาย เมื่อสุกผิวเปลือกจะมีสีค่อนข้างเหลืองถึงแดง เนื้อแน่นสีเหลือง กลิ่นหอมและรสชาติหวานอร่อย (Shah et al., 2010) อุดมไปด้วยสารอาหาร วิตามินและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ เช่น โฟเลต วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี 6 และวิตามินบี 9 เป็นต้น (Trivedi et al., 2015; Sarkiyayi et al., 2013)

ทั้งนี้ มะม่วงเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมมากชนิดหนึ่งในปี ค.ศ. 2004 ทั่วโลกมีปริมาณผลผลิตรวมของมะม่วงสูงถึง 26 ล้านตัน (Madan, Shukla, Tripathi, Tripathi, & Singh, 2014) ในประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกมะม่วงในหลายจังหวัด แหล่งเพาะปลูกหลัก ได้แก่ จังหวัดพิจิตร โลก เลย เชียงใหม่ นครราชสีมา และประจวบคีรีขันธ์ โดยปริมาณผลผลิตมะม่วงในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณ 3,131,237 ตัน หรือประมาณ 3.13 ล้านตัน ซึ่งมีปริมาณลดลงจากปี พ.ศ. 2557 ที่มีปริมาณผลผลิตมะม่วงสูงถึง 3,308,239 ตัน หรือประมาณ 3.31 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ทั้งนี้ สถิติของปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะม่วงในประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558 แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะม่วงในประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558

ปี (พ.ศ.)	2556	2557	2558
เนื้อที่ให้ผลผลิต (ไร่)	2,087,680	2,131,590	2,132,995
ปริมาณผลผลิต	3,141,950	3,308,239	3,131,237
ผลผลิตที่ใช้ในประเทศ (ตัน)	3,068,783	3,219,265	3,060,162
ผลผลิตส่งออกรวม (ตันสด)	73,167	88,965	71,075
การส่งออก			
มะม่วงสด			
ปริมาณ (ตัน)	33,035	45,544	33,903
มูลค่า (ล้านบาท)	853	1,270	1,211
มะม่วงบรรจุภาชนะอัดลม			
ปริมาณ (ตัน)	30,457	29,136	26,907
มูลค่า (ล้านบาท)	1,280	1,308	1,268
มะม่วงอบแห้ง			
ปริมาณ (ตัน)	618	1,038	628
มูลค่า (ล้านบาท)	157	241	191
มะม่วงแช่แข็ง			
ปริมาณ (ตัน)	3,492	3,904	3,985
มูลค่า (ล้านบาท)	352	423	480
มูลค่าการส่งออกรวม (ล้านบาท)	2,642	3,242	3,150

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558

ปริมาณการส่งออกมะม่วงสดมีสัดส่วนมากที่สุดเทียบกับปริมาณการส่งออกมะม่วงแปรรูปอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม การขนส่งออกผลไม้สดชนิดต่าง ๆ รวมทั้งมะม่วงไปยังต่างประเทศ วิธีการหลัก คือ การขนส่งทางเรือ เนื่องจากมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ ซึ่งในระหว่างการขนส่งทางเรือที่มีระยะเวลานาน วิธีการจัดการและเก็บรักษาผลไม้สดสามารถส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาที่ลดลงของผลไม้สดได้ (Siddiqui & Ali, 2014) นอกจากนี้แล้ว การปนเปื้อน หรือ การเกิดโรคพืชยังเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของมะม่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งมูลค่าการส่งออกของผลผลิตที่ลดลง ซึ่งสาเหตุหลักของโรคพืชของ

มะม่วงที่พบในหลายพื้นที่ทั่วโลก เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ทำให้เกิดโรคแอนแทรกโนส (Anthracnose) (พลอย กลางเมือง และรังสิณี โสธรวิทยา, 2555; Chowdhury & Rahim, 2009; Awa, Samuel, Oworu, & Sosanya, 2012; Lima et al., 2013)

2. โรคแอนแทรกโนส (Anthracnose disease)

โรคแอนแทรกโนสเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เป็นโรคพืชที่มีการแพร่กระจายในพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตร ซึ่งลักษณะอาการของโรคนี้สามารถสร้างความเสียหายต่อผลผลิตทั้งหมดที่เพาะปลูกและนำไปสู่การสูญเสียของพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว เชื้อราชนิดนี้สามารถรุกรานเข้าไปในทุกส่วนของพืชไม้ผลหลากหลายชนิด ก่อนการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ลำต้น ก้าน ใบ ช่อดอก และผล (Chowdhury & Rahim, 2009; Siddiqui & Ali, 2014;) โดยมีการรายงานว่าเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นเชื้อราโรคพืชที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในหลายพื้นที่ทั่วโลก เนื่องจากสามารถทำให้พืชกว่า 1,000 สายพันธุ์ เกิดโรคแอนแทรกโนส (Phoulivong et al., 2010) ซึ่งผลผลิตพืชผลในเขตเขตร้อนและเขตเหนือหรือใต้เขตร้อนที่เกิดความสูญเสียจากเชื้อราชนิดนี้ ประกอบด้วย มะละกอ มะม่วง อะโวคาโด กล้วย ฝรั่ง ทูเรียนเทศ ทับทิม แก้วมังกร และพืชผลชนิดอื่น ๆ อีกจำนวนมาก (Lakshmi et al., 2011; Maqbool et al., 2011; Siddiqui & Ali, 2014)

2.1 การอนุกรมวิธานและลักษณะพื้นฐานวิทยาของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Penz. & Sacc. จัดอยู่ในวงศ์ Phyllachoraceae ภายในดิวิชัน Ascomycota โดยการจัดจำแนกเชื้อราสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

Kingdom: Fungi

Division: Ascomycota

Class: Sordariomycetes

Order: Phyllachorales

Family: Phyllachoraceae

Genus: *Colletotrichum*

Species: *gloeosporioides*

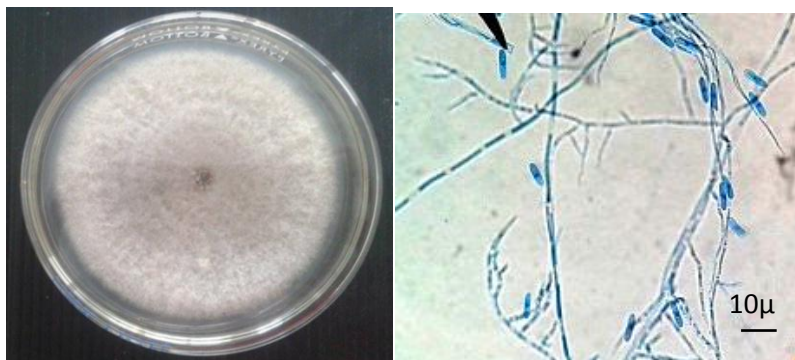
Scientific Name: *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.

Teleomorph: *Glomerella cingulata* (Stoneman)

เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. เป็นเชื้อราที่ถูกจำแนกครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1884 เป็นเชื้อราที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่สามารถดำรงชีวิตได้ทั้งแบบเป็น

ปรกติและเป็นอิสระ (Asexual facultative parasite) เชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นเชื้อราที่อยู่ในระยะที่สามารถสร้างหน่วยสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Anamorph imperfect) ในขณะที่เมื่ออยู่ในระยะที่มีการสร้างหน่วยสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Teleomorph state) เชื้อราจะมีชื่อเรียกว่า *Glomerella cingulata* แม้ว่าการเชื่อมโยงกันระหว่างเชื้อรา *C. gloeosporioides* และ *Glomerella cingulata* ในระดับสายพันธุ์ยังไม่ได้รับการพิสูจน์อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตาม มีการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเชื้อราดังกล่าวทั้ง 2 ชนิด เป็นเชื้อราที่จัดรวมอยู่ด้วยกัน (Cannon, Damm, Johnston, & Weir, 2012; Gautam, 2014; Siddiqui & Ali, 2014)

ลักษณะการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เจริญบนอาหาร PDA จะเป็นเส้นใยสีขาวคล้ายสำลี โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีระหว่าง 6.5-9.0 เซนติเมตร เมื่อทำการเลี้ยงไว้นาน 7 วัน ซึ่งลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของเชื้อราชนิดนี้จะมีลักษณะของเส้นใยที่มีผนังกันตามขวาง (Septate hypha) มีการสร้าง Conidia เป็นเซลล์เดี่ยว รูปร่างยาวรี คล้ายรูปไข่หรือทรงกระบอกหัวท้ายมน ไม่มีสี ซึ่งจะมีการพัฒนาอย่างชัดเจนที่ปลายของเส้นใยในเชื้อราที่เรียกว่า Conidiophores (ภาพที่ 1) มีขนาดประมาณ 12.5-14.8 ไมโครเมตร x 4.1-4.7 ไมโครเมตร (Xie, Zhang, Wan, & Hu, 2010) เชื้อราชนิดนี้จะสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์แบบรูปถ้วยคว่ำ (Acervulus) อยู่ที่ส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ก้านใบ ใบ และผล เป็นต้น ที่ผิวของพืชบริเวณชั้น Subepidermal (Siddiqui & Ali, 2014) ในระหว่างระยะที่สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Mitotic) ในวงจรชีวิต (Gautam, 2014) ซึ่งภายใต้สภาวะที่มีความชื้นที่เหมาะสม Acervuli ที่แก่แล้วจะปลดปล่อย Conidia mass ที่มีลักษณะเป็นสีชมพูหรือสีส้มอ่อนคล้ายไข่ปลาเซลมอน ออกมาจากผิวของพืช (Siddiqui & Ali, 2014) แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะที่คล้ายคลึงกันของเชื้อรา *Colletotrichum* ทำให้การจำแนกเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์สามารถทำได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่มีความแปรปรวนของขนาดและรูปร่างของ Conidia และการสร้าง Appressoria และการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์แบบ Sclerotia หรือ Acervuli และความแปรปรวนของ Teleomorph state และลักษณะการเจริญ เช่น สีของโคโลนี อัตราการเจริญ และพื้นผิวของโคโลนี (Gautam, 2014; Siddiqui & Ali, 2014; Prashanth & Sataraddi, 2011; Hyde et al., 2009) จึงมีการนำเอาเทคนิคทางชีวโมเลกุล และการหาลำดับของยีนที่ตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ITS, ACT, TUB2, CAL, GS, LSU, TUB2, GAPDH, EF1 α , TUB2, RPB1, APN2, MAT1-2 และ β -tubulin มาใช้เพื่อจำแนก *Colletotrichum gloeosporioides* มากขึ้น (Gautam, 2014; Siddiqui & Ali, 2014)



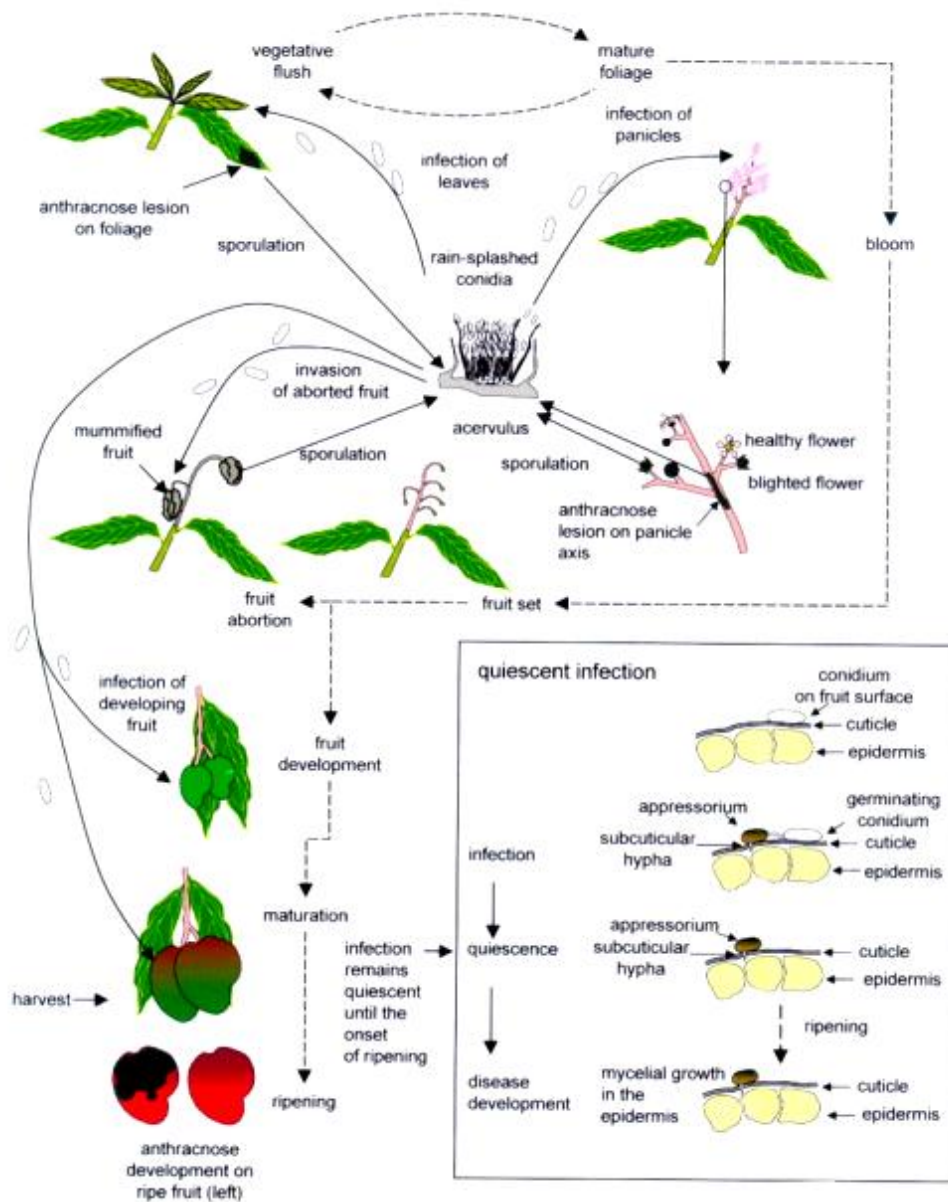
ภาพที่ 1 ลักษณะเส้นใยทั่วไปของโคโลนีที่เจริญบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 12 วัน และสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่แยกได้จากมะม่วงน้ำดอกไม้ (ภาพโดย พุทธพร ชัยวงศา)

2.2 กระบวนการชีววิทยาในการก่อโรคของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สามารถแพร่กระจายโรคแอนแทรคโนสได้อย่างกว้างขวางในพืชหลากหลายชนิด สิ่งแวดล้อมที่อบอุ่นที่มีอุณหภูมิระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส และมีความชื้น และมีความชื้นสูงกว่า 95 % เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแพร่กระจายของเชื้อราชนิดนี้เพื่อก่อโรคแอนแทรคโนส (Siddiqui & Ali, 2014)

สปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* จะเริ่มทำการรุกรานเข้าไปในบริเวณของเนื้อเยื่อพืชที่มีบาดแผลหรืออ่อนแอ โดยมีการสร้างโครงสร้าง Appressoria ขึ้นเพื่อเจาะเข้าไปในเนื้อเยื่อของพืช ในระหว่างกระบวนการติดเชื้อ โครงสร้างของ Appressoria ที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะช่วยให้เชื้อราสามารถรุกรานเข้าไปในชั้นของ Cuticle และ Epidermal cell wall ของพืชได้โดยตรง โดยการสร้างเป็นช่องเล็ก ๆ ยื่นออกมายึดเกาะไว้ หลังจากการเข้ายึดเกาะของ *C. gloeosporioides* ที่เนื้อเยื่อของพืชแล้วจะมีการสร้าง Acervuli และ Conidia ขึ้นมา ซึ่ง Conidia สามารถแพร่กระจายจากพืชที่มีการติดเชื้อไปยังพืชที่แข็งแรงที่อยู่ใกล้ ๆ กันได้ โดยอาศัยการกระเซ็นของน้ำฝน หรือการรดน้ำ โครงสร้างสืบพันธุ์ที่ไม่อาศัยเพศแบบ Acervuli ที่สร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการติดเชื้อในเนื้อเยื่อของพืชนั้นจะมีขนาดเล็ก มีโครงสร้างเป็นรูป Flask shaped และจะมีการสร้าง Conidiophores ตื้น ๆ จำนวนมาก ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ที่บริเวณผิวของพืชที่เป็นโรค เมื่อ Conidia ที่สร้างขึ้นภายในโครงสร้าง Acervuli มีการพัฒนาเต็มที่แล้ว และอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสูง Conidia จะถูกปล่อยผ่านออกมาทางปลายของ Acervuli เพื่อแพร่กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชและทำให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสได้ต่อไปดังแสดงในแผนภาพ

สรุปในภาพที่ 2 นอกจากนี้แล้ว เมื่อมีการติดโรคแอนแทรคโนสในพืชที่มีความเสี่ยงทางเศรษฐกิจ เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุของโรครดงกล่าวจะผลิตเอนไซม์ Polygalacturonase และเอนไซม์ Pectatelyase ออกมาย่อยสลายผนังเซลล์ของพืช ทำให้พืชได้รับความเสียหายและนำไปสู่การสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Siddiqui & Ali, 2014; Gautam, 2014) ในมะม่วงที่เกิดโรคแอนแทรคโนสที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* จะปรากฏอาการได้ทั้งบนใบ กิ่ง ก้านใบ ดอก และผล (ภาพที่ 3) โดยที่ใบจะเริ่มเกิดรอยแผลขนาดเล็ก ๆ ใบแข็ง เกิดจุดสีน้ำตาล ไปจนถึงสีดำกระจายอยู่บนใบและสามารถขยายขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งการเกิดรอยแผลนี้จะทำให้ใบแห้งตายและใบร่วงได้ สำหรับก้านดอกจะเกิดจุดสีดำ หรือสีน้ำตาลเข้มขนาดเล็กที่สามารถขยายขนาดใหญ่ขึ้นแล้วรวมตัวกัน ทำให้ดอกเหี่ยวแห้งและหลุดร่วงก่อนการพัฒนาเป็นผล ส่วนอาการที่พบปรากฏบนกิ่งและลำต้นจะมีลักษณะเป็นรอยแผลสีดำ ที่เมื่อมีการพัฒนาของโรคที่รุนแรงขึ้น จึงทำให้เนื้อเยื่อของพืชที่ติดเชื้อเกิดแห้งตาย (Necrosis) สำหรับลักษณะอาการที่พบปรากฏบนผลมะม่วงนั้น พบว่าเกิดเป็นรอยแผลกลม ๆ สีน้ำตาล ไปจนถึงสีดำ ขอบของรอยแผลบนผิวของผลมะม่วงสามารถขยายออกไปได้ไม่จำกัด โดยเชื้อราที่เริ่มติดเชื้อลงที่ผลมะม่วงในระยะแรกจะยังไม่แสดงอาการของโรคจนกว่ามะม่วงเริ่มจะสุก ขณะที่มะม่วงเริ่มสุก รอยแผลสีดำ รูปร่างกลมจะพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีขนาดใหญ่ ซึ่งในกรณีที่มีอาการรุนแรง สามารถเกิดรอยแผลคลุมผลมะม่วงได้ทั้งหมด (Nelson, 2008; Chowdhury & Rahim, 2009; Adhikary, Dey, & Tarafdar, 2013; Gautam, 2014; Siddiqui & Ali, 2014)



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงวัฏจักรการแพร่กระจายและเกิดโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วง
ที่มา: (Arauz, 2000)



ภาพที่ 3 ลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสที่ปรากฏบนส่วนต่าง ๆ ของมะม่วง

(ก) ใบมะม่วง

(ข) ก้านดอกที่มีอาการไม่รุนแรง (ค) ก้านดอกที่มีอาการรุนแรง

(ง) ผลมะม่วงที่มีอาการไม่รุนแรง

(จ) ผลมะม่วงที่มีอาการรุนแรง

ที่มา: (Arauz, 2000; Siddiqui & Ali, 2014)

3. การจัดการและควบคุมโรคแอนแทรกโนส (Management & Controlling of Anthracnose disease)

เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สามารถแฝงอยู่กับส่วนต่าง ๆ ของพืชหลายชนิดรวมทั้งในมะม่วง โดยเชื้อราจะพบอยู่ในทุกระยะของการเจริญเติบโตของมะม่วง ตั้งแต่ระยะช่อดอก ผลอ่อนจนกระทั่งปรากฏพบอาการของโรคแอนแทรกโนสชัดเจนเมื่อมะม่วงสุกหลังเก็บเกี่ยว (ปริญญา จันทรศรี, บัณฑิต เจริญทรัพย์ และวิลาวัลย์ คำปวน, 2555) ส่งผลให้การผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศประสบกับปัญหา เนื่องจากทำให้เกิดผลเน่าเสียระหว่างการขนส่งและจำหน่าย ทำให้มูลค่าการส่งออกลดน้อยลง

การควบคุมโรคแอนแทรกโนสในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้โดยอาศัยการจัดการภายในพื้นที่เพาะปลูก และวิธีการจัดการดูแลพืชผลหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เช่น การเคร่งครัดในการจัดการความสุกลักษณะที่เหมาะสมภายในสวนผลไม้ การประยุกต์ใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา และการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา และกระบวนการจัดการพืชผลที่เหมาะสม (Arauz, 2000; Gautam, 2014; Siddiqui & Ali, 2014) ทั้งนี้การควบคุมการแพร่ระบาดของโรคแอนแทรกโนสนั้น โดยการใช้วิธีต่าง ๆ ร่วมกันอย่างเหมาะสม สามารถช่วยป้องกันการป้องกันและควบคุมการเกิดโรคแอนแทรกโนสในพืชผลก่อน และหลังการเก็บเกี่ยวเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1 การใช้สารกำจัดเชื้อรา (Fungicides)

วิธีการใช้สารกำจัดเชื้อราเป็นวิธีที่มีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรกโนส ซึ่งเป็นสาเหตุของความเสียหายของผลผลิตในระยะเวลาต่าง ๆ ของการเพาะปลูก (Adhikary et al., 2013; Diedhiou, Diallo, Faye, Mbengue, & Sene, 2014; Siddiqui & Ali, 2014) ทั้งนี้สารกำจัดเชื้อราที่ใช้สำหรับควบคุมโรคแอนแทรกโนส แบ่งเป็นสารเคมีทั้งหมด 10 classes ได้แก่ Benzimidazole, Dicarboximide, DMI, Mineral oil, Nitrile, Phenylpyrrole, Phosphonate, Polyoxins, QoI และ SDHI (Tredway & Wong, 2012)

สารกำจัดเชื้อราสามารถนำมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมในการจัดการควบคุมโรคแอนแทรกโนสในผลผลิตทั้งก่อน และหลังการเก็บเกี่ยว (Gautam, 2014) ทั้งนี้ประสิทธิภาพของช่วงเวลาที่น่าสารกำจัดเชื้อราไปใช้ และชนิดของสารกำจัดเชื้อราขึ้นอยู่กับระยะของกระบวนการติดเชื้อราที่ปรากฏในพืช ซึ่งการนำสารกำจัดเชื้อรามาใช้ในกรณีควบคุมโรคแอนแทรกโนสในผลผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว สามารถทำได้โดยการฉีดพ่นสารกำจัดเชื้อรา เช่น Copper hydroxide, Benlate, Daconil หรือ Maneb ลงบนต้นไม้มือในพื้นที่เพาะปลูก ในช่วงระหว่างที่พืชกำลังออกดอก

หรือออกผล ทั้งนี้ หากมีฝนตกในระหว่างที่พืชกำลังการออกดอก ซึ่งทำให้พืชมีความเสี่ยงที่จะติดโรคแอนแทรกคโนสสูงขึ้น จึงควรฉีดพ่นด้วยสารกำจัดเชื้อราซ้ำอีกครั้ง เพื่อป้องกันการติดโรคแอนแทรกคโนสซ้ำ นอกจากนี้การฉีดพ่นสารกำจัดเชื้อราในพื้นที่เพาะปลูกจะช่วยควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในพืชผลก่อนการเก็บเกี่ยวแล้ว ยังช่วยลดระดับปริมาณเชื้อราที่จะปนเปื้อนในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้อีกด้วย (Siddiqui & Ali, 2014)

สำหรับการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เป็นการ ใช้สารกำจัดเชื้อราควบคุมการติดเชื้อราเข้าไปในเนื้อเยื่อ Epidermal ของผลผลิต หรือใช้สารกำจัดเชื้อราเพื่อต้านการติดเชื้อรา ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการจัดการและการเก็บรักษาผลผลิต โดยในปัจจุบันนี้ สารกำจัดเชื้อราที่ถูกแนะนำให้ใช้สำหรับการควบคุมโรคแอนแทรกคโนส ได้แก่ Prochloraz, Benomyl Carbendazim, Propineb และ Difenconazole (Siddiqui & Ali, 2014) ทั้งนี้ การใช้สารกำจัดเชื้อราในพืชผลชนิดต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงปริมาณของสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในพืชผลชนิดนั้น ๆ ด้วย โดยตามข้อกำหนดของ FAO/WHO Codex Alimentarius และ U.S. Environmental Protection Agency มีข้อกำหนดปริมาณสูงสุดของสารกำจัดเชื้อราตกค้างที่สามารถตรวจพบในมะม่วง

3.2 การจัดการโดยใช้น้ำร้อน (Hot water treatment)

นอกจากการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราในการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสแล้ว ยังมีการประยุกต์ใช้น้ำร้อนเพื่อการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในผลผลิตมะม่วงและผลผลิตอื่น ๆ ซึ่งการใช้อุณหภูมิในการจัดการมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการควบคุมโรคในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว โดยการใช้ความร้อนในการจัดการการควบคุมโรคในผลผลิตแต่ละชนิดนั้น จะต้องใช้อุณหภูมิที่ระดับสูงกว่าจุดที่ทำให้เชื้อราก่อโรคเป้าหมายตายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้กับผลผลิต (Siddiqui & Ali, 2014) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปฏิบัติอาจเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับจุดที่เกิดอันตรายกับผลิตผลได้

การประยุกต์ใช้น้ำร้อนเพื่อควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้โดยการใช้การจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 52-55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2-7 นาที (Siddiqui & Ali, 2014) ทั้งนี้ ในระหว่างการจุ่มในน้ำร้อน ต้องระมัดระวังไม่ให้อุณหภูมิของน้ำสูงเกิน 55 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจทำให้มะม่วงเสียหายได้ แต่หากใช้อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 52 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคจะลดลง แต่อย่างไรก็ตาม จากรายงานวิจัยของรัตติยา พงศ์พิสุทธิธา, ชัยณรงค์ รัตนกริธากุล และรณภพ บรรณเจดเชิดชู (2555) แสดงให้เห็นว่าการจุ่มมะม่วงในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในผลมะม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้แล้ว โดยหากใช้อุณหภูมิ และเวลาใน

การจุ่มในน้ำร้อนที่ไม่เหมาะสม สามารถทำให้สีของมะม่วงซีด ผิวของมะม่วงพอง รสชาติเปลี่ยนแปลง และเนื้อมะม่วงเละ เป็นต้น (Siddiqui & Ali, 2014) ดังนั้น จึงมีการนำสารเคมีมาประยุกต์ใช้รวมกันกับการใช้น้ำร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรค และลดความเสี่ยงที่จะทำให้มะม่วงเสียหาย เช่น การจุ่มมะม่วงในสารละลาย 0.1 % Imazil แบบ Hot dip ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที หรือการจุ่มในน้ำร้อน 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ร่วมกับการจุ่มในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น 810 มิลลิกรัมต่อลิตร แบบ Cold dip ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือการจุ่มในน้ำร้อน 52-55 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วจุ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ร่วมกับการจุ่มในสารละลาย Prochloraz ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 3 นาที หรือการจุ่มมะม่วงในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ร่วมกับการจุ่มในสารละลายโซเดียมเบนโซเอต (SBZ) หรือสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (SC) ความเข้มข้น 3 % เป็นต้น (สิรินันท์ สุขทวี, เมลดา วงศ์จันตา, สุปราณี แก้ววิหาร, จารุวรรณ บุญรอด และผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์, 2554; รัตยา พงศ์พิสุทธา และคณะ, 2555; Siddiqui & Ali, 2014)

3.3 การใช้สารสกัดจากพืชและน้ำมันหอมระเหย (Plants extracts & Essential oil)

ในปัจจุบันมีความพยายามนำเอาสารสกัดจากพืชและน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ มาใช้เพื่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพืชผลหลายชนิดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากพืชสมุนไพรมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย จึงทำให้น้ำมันหอมระเหย และสารสกัดจากพืชสมุนไพรสามารถแสดงฤทธิ์ในการยับยั้ง หรือฆ่าเชื้อราได้ ซึ่งสามารถทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราในการจัดการและควบคุมโรคในพืชในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Vitoratos, Bilalis, Karkanis, & Efthimiadou, 2013; Şesan et al., 2015; Siddiqui & Ali, 2014) ซึ่งสารออกฤทธิ์ที่ได้จากพืชมีนั้นเป็นสารธรรมชาติที่มีความปลอดภัย ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ออกฤทธิ์อย่างจำเพาะเจาะจง สามารถย่อยสลายได้ง่าย จึงไม่มีการตกค้างอยู่ในผลผลิตพืชผล และในสิ่งแวดล้อม (Şesan et al., 2015; Abd-Alla & Haggag, 2013) นอกจากนี้แล้วการใช้สารจากธรรมชาติยังพบว่ามีความเสี่ยงน้อยมากที่จะทำให้เกิดการพัฒนาสายพันธุ์ที่ดื้อยาของเชื้อราก่อโรค (Kouame et al., 2015)

ในปัจจุบันมีรายงานการวิจัยจำนวนหนึ่งที่แสดงว่าการใช้สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากพืชสามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพืชผลชนิดต่าง ๆ รวมทั้งมะม่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา *C. gloeosporioides* ของสารสกัดจากพืชที่แตกต่างกันทั้งหมด 19 ชนิด ทั้งการศึกษาแบบ *in vitro* และการศึกษาบนผลมะละกอ (*Carica papaya* L.) ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าสารสกัดด้วย Ethyl acetate ของ *Lantana camara*

สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราและแสดงกิจกรรมในการต้าน *Colletotrichum gloeosporioides* ที่สูง สำหรับการยับยั้งการงอกของสปอร์พบว่าสารสกัดด้วยน้ำของ *L. camara*, *Lantana viburnoides*, *Echinops* sp. และ *Ruta chalepensis* สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 88.7 85.8 85.1 และ 84.6 % ตามลำดับ และเมื่อนำทดสอบบนผลมะละกอ โดยเก็บรักษาไว้นาน 14 วัน พบว่า สารสกัดด้วยน้ำของ *Echinops* sp. มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการพัฒนาของโรคแอนแทรกโนสและช่วยรักษาคุณภาพโดยรวมของมะละกอไว้ได้ (Ademe, Ayalew, & Woldetsadik, 2013) และในการศึกษาของ Abd-Alla and Haggag (2013) ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยบางชนิด ได้แก่ Basil oil (*Ocimum basilicum*), Orange oil (*Citrus sinensis*), Lemon oil (*Citrus medica*) และ Mustard oil (*Brassica juncea* L.) ต่อการลดความสูญเสียของผลผลิตมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวที่มีสาเหตุจาก *C. gloeosporioides* แสดงให้เห็นว่าการใช้ Orange oil ที่ทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ (50 100 และ 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร) สามารถลดการเจริญของเชื้อราได้สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหอมระเหยทั้งหมดที่ทดสอบ

ในขณะที่ การใช้ Mustard oil และ Basil oil ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร แสดงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์ได้สูงที่สุดเท่ากับ 70.8 และ 64.7 % ตามลำดับ และเมื่อนำมาใช้บนผลมะม่วงพบว่า Mustard oil และ Basil oil ที่ความเข้มข้นต่ำ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงได้สูงสุดเท่ากับ 79.9 และ 66.7 % ตามลำดับ ในทางตรงข้ามนั้นกลับพบว่าการใช้ Orange oil และ Lemon oil ที่ความเข้มข้นต่ำ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยลดเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของเนื้อมะม่วงได้สูงที่สุด เท่ากับ 84.5 และ 75.0 % ตามลำดับ และวิลไรต์น์ ศรีนนท์ และคณะ (2552) รายงานถึงความสามารถในการต้านเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสในมะม่วง ของสารสกัดจากพืชสมุนไพร 10 ชนิด โดยใช้สารสกัดผสมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ทั้งหมด 5 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 50 500 5,000 10,000 และ 20,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร และไม่ผสมสารสกัด พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ระดับ 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิตรขึ้นไป ของสารสกัดจากข่าที่สกัดด้วย Hexane, Dichloromethen, Ethyl, acetate, Aceton และ Ethanol สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคได้ 100 % ส่วนสารสกัดจากกระเทียมและใบคิปลีสามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคได้ 82.50 ถึง 100 % นอกจากนี้ สารสกัดจากผลคิปลี ตะไคร้ หน่อไม้ และสาบเสือที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยถึงปานกลาง บางชนิดที่ความเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 100 % เช่นเดียวกัน ยกเว้นสารสกัดหน่อไม้และสาบเสือที่สกัดด้วย Hexane ที่ทุกระดับความเข้มข้น มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราได้น้อยมาก สารสกัดหอมใหญ่ที่สกัดด้วย Dichloromethane และ Acetone ที่ความเข้มข้น 10,000 ถึง 20,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร รวมทั้งสารสกัดจากขิงและใบรักที่สกัดด้วย Ethyl,

Acetate และ Aceton ยับยั้งเชื้อราได้ดี ยกเว้นสารสกัดจากหอมใหญ่และจิงที่สกัดด้วยน้ำ ในขณะที่สารสกัดจากกระเพราป่าและคอร์กัก เมื่อใช้ตัวทำละลายบางชนิดเท่านั้นที่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ดี โดยส่วนใหญ่แล้วให้ผลการยับยั้งเชื้อราได้ในระดับปานกลางและต่ำ และมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้สารสกัดจากมะขามและกระเทียมเปรียบเทียบกับสารเคมีกำจัดเชื้อราทางการค้าในกล้วยหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าการจุ่มกล้วยในสารละลายสารสกัดจากกระเทียมนาน 5 นาที มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในกล้วย โดยสูงกว่าการจุ่มลงในสารละลายของสารเคมีกำจัดเชื้อราทางการค้า และสารสกัดจากมะขาม เมื่อใช้ระยะเวลาในการจุ่มนานเท่ากัน (Garcia, 2011) ในการศึกษาของ Onyeani and Amusa (2015) พบว่า การใช้สารสกัด *Annona squamosa* ที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 30 และ 10 % ตามลำดับ สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงในพื้นที่เมือง Ogbomosho ในทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไนจีเรียได้สูงสุด (พบการเกิดโรค 26.67 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl (พบการเกิดโรค 33.33 %) ซึ่งจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากพืชหลายชนิด สามารถที่จะนำมาใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 การใช้การควบคุมทางชีวภาพ (Biological Control)

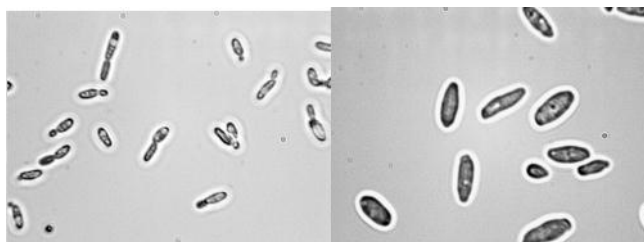
ในปัจจุบันได้มีการนำจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ มาใช้การป้องกันและควบคุมโรคพืช ซึ่งเรียกจุลินทรีย์เหล่านี้ว่า Biocontrol agents (BCAs) โดย BCAs จะแสดงกิจกรรมที่เป็นปฏิปักษ์ในการต้านเชื้อราก่อโรค ซึ่งการแสดงกิจกรรมที่เป็นปฏิปักษ์นี้ของ BCAs พบว่าจะเกิดได้สูงเมื่อมีการนำไปใช้ก่อนที่เชื้อราก่อโรคจะทำการเข้าไปทำลายในเนื้อเยื่อพืช ทั้งนี้การควบคุมการติดเชื้อราก่อโรค *Colletotrichum* sp. โดยการนำ BCAs มาประยุกต์ใช้กับผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวที่ *Colletotrichum* sp. ยังอยู่ในระยะแฝงที่ยังไม่มีการแสดงอาการของโรค สามารถมีการแข่งขันการเป็นปฏิปักษ์ต่อกันได้มากกว่าการนำไปใช้ควบคุมการติดเชื้อที่มีอาการแสดงอาการของโรคแล้วในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว (Siddiqui & Ali, 2014) ในรายงานการวิจัยของ Shi, Liu, Li, Feng, and Chen (2011) แสดงให้เห็นว่าการใช้ Endophytic bacterium ได้แก่ *Pseudomonas putida* (MGY2) ที่แยกได้จากผลไม้ สามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสในมะละกอได้ โดย *P. putida* (MGY2) สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการต้านเชื้อราก่อโรคในมะละกอทำงานได้มากขึ้นรวมทั้ง ทำให้ระดับของสารประกอบกลุ่ม Phenolic ในมะละกอเพิ่มสูงขึ้น ในมะม่วงก็มีการศึกษาการใช้ *Bacillus pumilus* และ *Bacillus thuringiensis* มายับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งพบว่า แบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 88.87 และ 80.07 % ตามลำดับ และสามารถควบคุมการเกิดโรค

แอนแทรกโนสบนผลมะม่วง ได้สูงถึง 94.28 และ 87.06 % ตามลำดับ โดยพบว่าแบคทีเรีย *Bacillus pumilus* และ *Bacillus thuringiensis* จะสร้างสารกลุ่ม Volatile compound ขึ้นมาหลากหลายชนิด เพื่อแสดงกิจกรรมในการต้านการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยสารที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราที่สูง ได้แก่ 2-nonanone, β -benzeneethanamine, 2-decanone และ Thymol (Zheng, Shi, Shi, Wang, & Li, 2013) นอกจากนี้ ยังมีรายงานการประยุกต์ใช้เชื้อรา *Trichoderma* มาต้าน *C. gloeosporioides* ในการควบคุมการเกิดโรคบนพืชผลชนิดต่าง ๆ (Sobowale et al., 2010; Živković et al., 2010)

นอกจากนี้แล้ว ยีสต์หลายชนิดที่พบในธรรมชาติมีการนำมาศึกษาการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราก่อโรคพืชภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นแนวทางใหม่ที่สามารถใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดเชื้อราได้ เช่น *Galactomyces geotrichum*, *Candida guilliermondii*, *Pichia anomala*, *Candida pulcherrima*, *Acremonium cephalosporium*, *Trichosporon pullulans*, *Aurobasidium pullulans* และ *Candida sake* เป็นต้น (จินันทนา จอมดวง และคณะ, 2552) โดยยีสต์ *Issatchenkia orientalis* เป็นยีสต์สายพันธุ์ที่มีรายงานการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสของมะม่วงหลังเก็บเกี่ยว โดยสามารถต้านการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช *C. gloeosporioides* (จินันทนา จอมดวง และวิชา สะอาดสุด, 2555) และรายงานการศึกษาของอรุณ ชาญชัยเชาว์วิวัฒน์ และจุริมาศ วงศ์ศรีรัตน์ (2552) ที่ได้ศึกษาโดยการนำยีสต์ที่แยกได้จากผักและผลไม้มาใช้ในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสในพริกชี้ฟ้าแดง ที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยใช้ยีสต์ 4 ชนิด ได้แก่ *Pichia guilliermondii* R13, *Candida musae* R6, *Issatchenkia orientalis* ER1 และ *Candida quercitrusa* L2 รวมทั้งสังเกตปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีสต์และรา สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพของยีสต์ในการควบคุมโรคบนงานเพาะเชื้อและตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งยีสต์ต่อราบนผลพริกชี้ฟ้าแดง พบว่าการใช้เชื้อยีสต์ *P. guilliermondii* R13 ปริมาณ 5×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพควบคุมการเจริญของเชื้อราบนงานเพาะเชื้อได้ดีเท่ากับการใช้ *I. orientalis* ER1 คือ 85.85 % โดยสำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพการยับยั้งบนผลพริก พบว่า ยีสต์สายพันธุ์ R13 ให้ผลการยับยั้ง 67.88 % ซึ่งมากกว่ายีสต์สายพันธุ์ ER1 L2 และ R6 ตามลำดับ และการสังเกตปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีสต์ต่อเชื้อรา *C. gloeosporioides* ภายใต้อุณหภูมิห้อง พบว่า เซลล์ยีสต์ของสายพันธุ์ R13 สามารถเกาะติดกับเส้นใยราได้ดี ดังนั้น ยีสต์ทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ R13 และ ER1 มีศักยภาพในการนำมาใช้สำหรับควบคุมโรคแอนแทรกโนสในพริกชี้ฟ้าแดงที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides*

3.5 ยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis*

Issatchenkia orientalis (syn. *Pichia kudriavzevii*) จัดจำแนกอยู่ในคลาสแอสโคไมซีต (Ascomycetes) โดยลักษณะของโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt agar เป็นโคโลนีสีขาวครีม หนืดคล้ายของเหลว (Butyrous) และลักษณะของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ภาพที่ 4) เป็นเซลล์รูปไข่ หรือรูปรี มีขนาดกว้าง 2.2-4.3 ไมโครเมตร ยาว 3.2-9.3 ไมโครเมตร และอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว หรือเรียงตัวอยู่เป็นคู่ (Department of Viticulture & Enology, University of California, 2017)



ภาพที่ 4 ลักษณะของเซลล์ยีสต์ *Issatchenkia orientalis* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

(ที่มา: Department of Viticulture & Enology, University of California, 2017)

I orientalis เป็นยีสต์ที่สามารถพบได้บนผิวของพืชและผลไม้ สาหร่าย เมล็ดโกโก้ ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน รวมทั้งน้ำผลไม้ (Lim & Tay, 2011; Meroth, Hammes, & Hertel, 2003; Dandi, Dandi, & Chaudhari, 2013; Kwon et al., 2011) ซึ่งมีรายงานจำนวนหนึ่ง que แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำไปใช้ควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชหลายชนิด ได้แก่ *Aspergillus carbonarius*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* และ *Colletotrichum capsici* (Bleve et al., 2006; Chanchaichaovivat et al., 2007; Diguță, Matei, & Cornea, 2016)

4. พืชและสมุนไพรที่ใช้ในการวิจัย

พืชและสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการกำจัดศัตรูพืชจำแนกได้ 2 ประเภท คือ สารสกัดจากพืชสมุนไพรที่เป็นเครื่องเทศและพืชหอม โดยสารออกฤทธิ์ที่เป็นสารธรรมชาติที่มีอยู่ในพืชเป็นมีสารที่มีฤทธิ์ทางยาที่สำคัญ ได้แก่ Alkaloid glycoside, Cyanogenic glycoside, Flavonoid, Gum, latex, Saponin, Steroid และ Tannin น้ำมันหอมระเหย และสารออกฤทธิ์ที่พืชสร้างขึ้นเองเมื่อถูกเชื้อสาเหตุเข้าทำลายหรือรุกรานสารนี้เรียกว่า Phytoalexin เป็นสารที่มีพืชสามารถต่อต้านการเจริญของเชื้อในพืชได้ เช่น Pisatin จากถั่วลิสง Rishitin จากมันฝรั่ง Phaseolin และ Keritone จากถั่วเหลือง (วลีรัตน์ ทองรักษ์, 2553) พืชหลายชนิดสามารถสร้างน้ำมันหอมระเหยขึ้นมา และเก็บสะสมไว้ตาม

ส่วนต่าง ๆ เช่น ผล ดอก ใบ เมล็ด และเปลือกไม้ เป็นต้น โดยพืชหอมจะมีเซลล์พิเศษมีต่อมหรือท่อที่สร้างและกักเก็บน้ำมันไว้ ทั้งนี้ น้ำมันหอมระเหยที่พืชสร้างขึ้นเป็นสารธรรมชาติที่มีกลิ่นหอมแรงและระเหยง่าย (ทรงพล จำดิษฐ์, 2555) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมนุษย์นำน้ำมันหอมระเหยมาใช้ในวัตถุประสงค์ในด้านต่าง ๆ ทั้งทางด้านความสวยงาม อาหาร และด้านการแพทย์ เช่น เครื่องสำอาง ประยุกต์กลิ่นรสชาติอาหารใช้เป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรียเชื้อราไวรัสและแมลง ใช้บำบัดอาการปวด เป็นยาระงับประสาท ยาต้านการอักเสบ ใช้แก้อาการหดรัดเกร็ง และเป็นยาชาเฉพาะที่ (Bakkali, Averbeck, & Idaomar, 2008)

4.1 มังคุด

มังคุด หรือ *Garcinia mangostana* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae (syn. Clusiaceae) (Sukatta et al., 2013) เป็นไม้ผลเขตร้อนชนิดไม้ไม่ผลัดใบที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่หมู่เกาะซุนดา และหมู่เกาะโมลุกกะ ประเทศอินโดนีเซีย (Manimekalai, Sivakumari, Ashok, & Rajesh, 2015a; 2015b) ซึ่งมีการเพาะปลูกอยู่ในพื้นที่แถบเอเชีย หรือเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศไทย ประเทศมาเลเซีย ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศเมียนมาร์ ประเทศศรีลังกา และประเทศอินเดีย เป็นต้น มังคุดได้รับขนานนามว่าเป็น "ราชินีของผลไม้" เนื่องจากมีรสชาติที่อร่อยและเป็นเอกลักษณ์ โดยมังคุดจะมีลักษณะของเยื่อหุ้มเมล็ดที่สามารถรับประทานได้ (Edible aril) หรือเนื้อมังคุดอยู่ภายในเปลือกหุ้มเมล็ด (Pericarp) ที่มีสีม่วงเข้ม ซึ่งเนื้อมังคุดจะมีสีขาว มีความฉ่ำน้ำ มีความเป็นกรดอ่อน ๆ และมีรสชาติที่หวานละมุน (Gutierrez-Orozco & Failla, 2013; Sukatta et al., 2013; Ibrahim et al., 2016)

4.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มังคุด (ภาพที่ 5) เป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่สูง 6 ถึง 25 เมตร สามารถเจริญได้ดีในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และมีความชื้นสัมพัทธ์สูง (75-85 %) อุณหภูมิที่พอเหมาะในการเจริญอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสมของดินประมาณ 5.5-6.5 และต้องได้รับน้ำในการเพาะปลูกอย่างเพียงพอตลอดช่วงฤดูแล้ง มังคุดเป็นไม้ผลที่มีระบบรากหาอาหาร ค่อนข้างลึก ประมาณ 90-120 เซนติเมตร จากผิวดิน โดยมังคุดมีระบบราก-แก้ว ที่มีรากแขนงไม่มากและที่บริเวณปลายรากมีขนรากน้อย ลำต้นมีขนาดใหญ่ ตั้งตรง เปลือกสีน้ำตาลเข้มไปจนถึงสีดำ มียางสีเหลือง ใบมีขนาดใหญ่หนาและแข็ง รูปยาวรี ยาวประมาณ 9-25 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4.5-10 เซนติเมตร ด้านบนมีลักษณะเป็นมันสีเขียวเข้มส่วนด้านล่างสีเขียวปนเหลืองแผ่นใบโค้งเล็กน้อย ดอกมีสีแดงและสีเขียว ขนาด 4-5 เซนติเมตร จัดเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ที่มีช่อดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันดอก แต่เกสรตัวผู้จะเป็นหมัน ดอกมังคุดประกอบด้วย กลีบเลี้ยง 4 กลีบ โดยมีกลีบดอกที่ค่อนข้างหนา ดอกเกสรตัวผู้ที่อยู่ฐานรอบ ๆ ของรังไข่ ซึ่งดอกจะ

ปรากฏอยู่บริเวณปลายยอดของกิ่งแขนง ลักษณะผลของมังคุดเป็นแบบ Berry เจริญมาจากรังไข่เหนือวงกลีบ ผลมังคุดเมื่อแก่เปลือกจะไม้แตก ผลอ่อนเปลือกนอกจะมีสีม่วงมียางสีเหลืองอยู่ภายในผลมังคุดหนึ่งผลจะมีเชื้อหุ้มเมล็ดอยู่ประมาณ 6-8 กลีบ (กิสณะ ต้นเจริญ, 2552; Gutierrez-Orozco & Failla, 2013; Li, Thomas, & Johnson, 2013)



ภาพที่ 5 ลักษณะของส่วนต่าง ๆ ของมังคุด (ก) ใบและผลอ่อน (ข) ผล และ (ค) ลำต้น
(ที่มา: Osman & Milan, 2006)

4.1.2 ลักษณะทางพฤกษเคมี

มังคุดจัดเป็นพืชที่มีสรรพคุณทางยาที่ใช้มาอย่างยาวนานในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยตำรายาพื้นบ้านมีการใช้เปลือกมังคุดในการรักษาการติดเชื้อที่ผิวหนัง บาดแผล แผลหนอง เรื้อรังอาการปวดท้อง ท้องร่วง โรคบิด โรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ และโรคเรื้อนกวาง เป็นต้น (Sukatta et al., 2013; Ibrahim et al., 2016)

ในมังคุด มีองค์ประกอบของสารประกอบทางเคมี หรือ Secondary metabolites ที่หลากหลาย โดยมีสารประกอบหลัก ได้แก่ Anthocyanins Procyanidins Phenolic acids และ Prenylated และ Oxygenated xanthone derivatives นอกจากนี้ ยังพบสารประกอบ Triterpenes Benzophenones Bioflavonoids และสารประกอบอื่น ๆ (Ibrahim et al., 2016; Manimekalai et al.,

2015a; 2015b; Gutierrez-Orozco & Failla, 2013; Al-Massarani et al., 2013) ซึ่งสารสกัดหยาบจาก มังคุดมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ทั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัส รวมทั้งมีความสามารถในการ ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ (ปานตา ตรีสุวรรณ และคณะ, 2555; Vishnu, Mallika, Surapaneni, Saraswathi, & Chandra, 2010)

ชัชฎา ยังนิคย์ (2552) รายงานว่าสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในถั่วลิสง ซึ่งพบว่าสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่อัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 1:2 และ 1:4 ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *A. flavus* ได้ 78 45 และ 20 % ตามลำดับ และการทดสอบการงอกของสปอร์ ซึ่งทดสอบในอาหารเหลวที่ผสมสารสกัดจากเปลือก มังคุดที่อัตราส่วนความเข้มข้น 1:1 1:2 และ 1:4 มีผลยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 85 56 และ 22 % ตามลำดับ

เจิมขวัญ สังข์สุวรรณ, สุพัฒน์ คำไทย และเปรม ทองชัย (2554) ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์จากผงเปลือกมังคุดสำหรับผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์ยับยั้งโรคแอนแทรกโคสในกล้วยหอมทอง (*Colletotrichum musurum*) โดยทำการทดลอง (1) ผลิตกระดาษที่เติมผงเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 25-100 % ของเยื่อคาลิปต์สฟอกขาวอบแห้ง (2) เคลือบกระดาษด้วยสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้น 5-25% (v/v) ของสารละลายเคลือบผิวกระดาษ และ (3) ผลิตฟิล์มคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสจากเยื่อฟางข้าว (CMCr) ที่เติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 1,000-25,000 มิลลิกรัมต่อลิตร นำกระดาษและฟิล์มที่ผลิตได้มาทดสอบประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโคสบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า กระบวนการผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *C. musurum* โดยกระดาษเติมผงเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 100 % และกระดาษเคลือบผิวด้วยสารสกัดจากมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 25% (v/v) ทำให้โคโลนีของเชื้อรา *C. musurum* มีขนาดลดลง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.54 ± 0.1 และ 0.73 ± 0.1 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับกรณีของฟิล์ม CMCr ที่เติมสารสกัดจากเปลือกมังคุด 25,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา *C. musurum* ลดลงเหลือ 0.58 ± 0.1 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมของกระดาษและฟิล์ม CMCr ซึ่งพบว่าเชื้อรา *C. musurum* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเท่ากับ 1.68 ± 0.1 และ 1.83 ± 0.1 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเติมผงเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 100 % ในกระดาษ สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโคสในกล้วยหอมทอง ได้ดีที่สุด

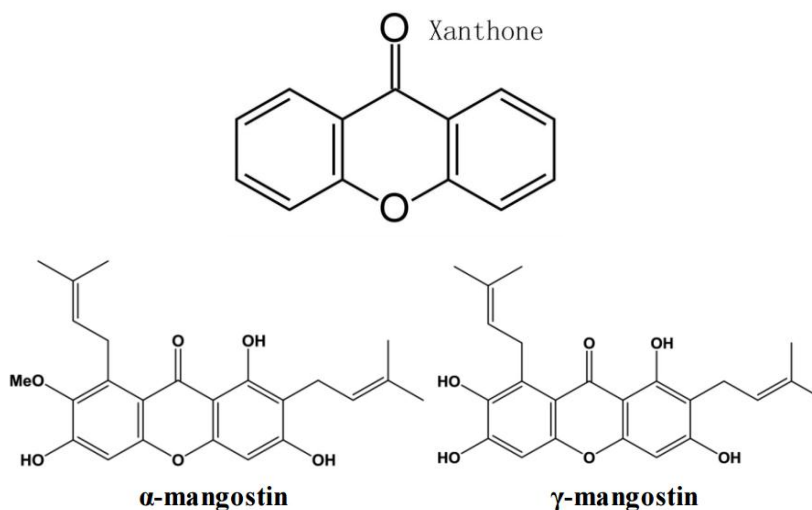
รัตยา พงศ์พิสุทธา, ชัยณรงค์ รัตนกริธากุล, นุชชา โพธิกิจ และรณภพ บรรเจิดเชิดชู (2554) ได้ทำการทดสอบเบื้องต้นในการสกัดเปลือกมังคุดใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุดในตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % แล้วซึ่งสารสกัดน้ำหนัก 500 มิลลิกรัม มาละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 40 และ 60 % นำสารสกัดที่ละลายในแอลกอฮอล์แล้วปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมในอาหาร PDA ปริมาตร 18 มิลลิลิตร เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* พบว่าหลังการปลูกเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA นาน 7 วัน การเจริญของเส้นใยเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เติมสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 40 และ 60 % ถูกยับยั้ง โดยมีอัตราการยับยั้ง เท่ากับ 34.01 และ 47.30 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การจุ่มชิ้น ฝรั่งที่มีสปอร์ในสารสกัดที่ละลายด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 40 % ให้ผลในการควบคุมการงอกของสปอร์ได้ดีที่สุด ที่อัตราของสารละลายต่อน้ำ 1:4 ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารสกัดเอทิลแอลกอฮอล์จากเปลือกมังคุด มีสารประกอบที่ทำหน้าที่ต่อต้านเชื้อรา ซึ่งหากมีการนำไปพัฒนาต่อ เพื่อใช้กับผลไม้ชนิดต่าง ๆ อาจช่วย ควบคุมการเกิดโรคบนผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน

จากการศึกษาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการทำการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตร โดยการประยุกต์สารสกัดดังกล่าวมาใช้ร่วมกับยีสต์ปฏิบัณ ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโนสที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดแต่ละชนิดและแต่ละตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันการนำเศษวัสดุอินทรีย์เหลือทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ เช่น ผงเปลือกมังคุดโดยการสกัดพบว่า มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยในเปลือกมังคุดมีองค์ประกอบสำคัญคือ สารรสฝาด (กลุ่ม Tannins) 7-14 % และพบสารจำพวก Xanthones เช่น Mangostin และสารจำพวก Resin นอกจากนี้ยังพบว่า Xanthones ที่มีอยู่มากในส่วนของเปลือกผล เปลือกไม้ และน้ำยางแห้งของพืชตระกูล Guttiferaeous ได้แก่ *Garcinia mangostana* L. ส่วนที่สกัดได้จากเปลือกของผลสุกมีฤทธิ์เพิ่มภูมิคุ้มกัน ยับยั้งแบคทีเรีย ยับยั้งการกลายพันธุ์ ยับยั้งมะเร็ง และยังมีฤทธิ์ทางยาอื่น ๆ (สุพัฒน์ คำไทย, กิตติกุล อุงคนะดิวิดี และวีรบุรณ กิตกิง, 2554)

4.1.3 Xanthone

สารประกอบทางเคมีของสกัดจากเปลือกมังคุดมีสารประกอบกลุ่ม Polyphenols เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งรู้จักกันในชื่อ Xanthones ทั้งนี้ Xanthones ที่พบในสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีอนุพันธ์ของ Xanthones ที่มีโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีที่หลากหลาย ทำให้ Xanthones มีความสามารถในการออกฤทธิ์ที่น่าสนใจ ทั้งนี้ โครงสร้างหลักของสารกลุ่ม Xanthones มีโครงสร้างเป็นวงแหวนอะโรมาติก 3 วงเกาะกันอยู่ โดยมีหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกัน เช่น Isoprene, Methoxy,

Phenyl groups (Aromatic protons), Phenolic hydroxyl groups, Hydroxyl protons และ Dihydrofuran rings เป็นต้น Xanthenes ที่พบมากที่สุดในเปลือกมังคุด ได้แก่ α -Mangostins และ γ -Mangostin ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 โครงสร้างของ Xanthone และอนุพันธ์ของ Xanthenes บางชนิด

(ที่มา: National Center for Biotechnology Information, 2016; Gutierrez-Orozco & Failla, 2013)

Xanthenes ที่แยกได้จากธรรมชาติสามารถจำแนกได้เป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ Xanthenes Xanthone glycosides Prenylated xanthenes Xanthonolignoids Bisxanthenes และ Miscellaneous xanthenes (Negi, Bisht, Singh, Rawat, & Joshi, 2013) โดย Xanthone และอนุพันธ์ของ Xanthone เป็นสารประกอบที่ได้รับความสนใจในการศึกษาอย่างกว้างขวางถึงการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย แสดงดังต่อไปนี้

มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงถึงศักยภาพของ Xanthenes ในการเป็นสารต้านแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส โดยการศึกษาของ Al-Massarani et al. (2013) รายงานว่า α -Mangostin ที่อนุพันธ์ของ Xanthenes ที่พบในสารสกัดจากมังคุด มีกิจกรรมในการยับยั้ง *Bacillus subtilis* *Staphylococcus aureus* และ *Mycobacterium* species โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ หรือค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) เท่ากับ 1.6 3.2 และ 1.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

Pinto et al. (2011) ซึ่งทำการศึกษากิจกรรมการต้านเชื้อราของ Oxygenated xanthenes ทั้งหมด 27 ชนิด ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรค *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus fumigatus* และ *Trichophyton mentagrophytes* พบว่า 1, 2-dihydroxyxanthone มีศักยภาพสูงสุดในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคทุกสายพันธุ์ที่ทำการทดสอบ

Singh, Ali, and Akhtar (2011) ศึกษาประสิทธิภาพของอนุพันธ์ของ Xanthenes จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ 2,3-dihydroxy-7-methyl xanthone (1), 2, 3, 6-trihydroxy-7-hydroxymethylene xanthone-1-carboxylic acid (2), 2-methoxy-4-hydroxy-7-methyl-3-O- β -D-glucopyranosyl xanthone-1, 8-dicarboxylic acid (4) และ 2-hydroxy-7-hydroxymethylene xanthone-1, 8-dicarboxylic acid-3-O- β -D-glucopyranosyl-(2' \rightarrow 3'')-3''-O-stigmast-5-ene (5) ในการต้านเชื้อรา *Aspergillus flavus* (MTCC-277), *Candida albicans* (MTCC-3958) และ *Penicillium citrinum* (MTCC-3395) พบว่า 2, 3, 6-trihydroxy-7-hydroxymethylene xanthone-1-carboxylic acid มีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อรา *A. flavus* และ *C. albicans* ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ใช้ในการทดสอบ เท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับ 2, 3-dihydroxy-7-methyl xanthone ที่ความเข้มข้นต่ำ (25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ไม่มีประสิทธิภาพในการต้าน *A. flavus* และเมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นพบว่าสามารถแสดงกิจกรรมในการต้าน *A. flavus* ได้ แต่อย่างไรก็ตาม อนุพันธ์ของ Xanthenes ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว ที่ทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ ไม่สามารถต้านเชื้อรา *C. albicans* และ *P. citrinum* ได้ 2-methoxy-4-hydroxy-7-methyl-3-O- β -D-glucopyranosyl xanthone-1, 8-dicarboxylic acid และ 2-hydroxy-7-hydroxymethylene xanthone-1, 8-dicarboxylic acid 3-O- β -D-glucopyranosyl-(2' \rightarrow 3'')-3''-O-stigmast-5-ene สามารถต้านเชื้อราที่ใช้ทดสอบได้ทั้งหมด ในทุกระดับความเข้มข้น

Crocketta et al. (2011) รายงานว่า Xanthone (1, 6-dihydroxy-5-methoxy-4',5'-dihydro-4', 4', 5'- trimethylfurano-(2', 3':3, 4)-xanthone) แสดงกิจกรรมในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชในสกุล *Phomopsis* (*P. obscurans* และ *P. viticola*) สูงที่สุด แต่ไม่แสดงกิจกรรมในการยับยั้ง *Colletotrichum* (*C. acutatum*, *C. fragariae* และ *C. gloeosporioides*), *Botrytis cinerea*, และ *Fusarium oxysporum* โดยพบว่า 1, 6-dihydroxy-5-methoxy-4', 5'-dihydro-4', 4', 5'- trimethylfurano-(2', 3':3, 4)-xanthone สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* ได้เล็กน้อย อยู่ระหว่าง 4.0-8.5 %

4.2 ตะไคร้หอม

ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Linn.) เป็นพืชสมุนไพรตระกูลหญ้าที่เจริญได้ดีตลอดทั้งปี (ภาพที่ 7) จัดอยู่ในวงศ์ Poaceae พบว่ามีการแพร่กระจายอยู่ในหลายประเทศในเขตร้อน

และเขตเหนือหรือใต้เขตร้อนของทวีปเอเชีย ทวีปแอฟริกา และทวีปอเมริกา (Suwitchayanon, Pukclai, & Kato-Noguchi, 2013; Centre for Agriculture and Bioscience International, 2017) โดย ตะไคร้หอมมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางทั้งเป็นส่วนประกอบในอาหารและเครื่องสำอางหลายประเภท เป็นส่วนประกอบของน้ำหอม เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์ดูแลผิวกายต่าง ๆ และมีคุณสมบัติ หรือ ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สำคัญ ได้แก่ Antimicrobial, Antiinflammatory, Antioxidant และ Mosquitocidal (Nakahara, Alzoreky, Yoshihashi, Nguyen, & Trakoontivakorn, 2013; Suwitchayanon et al., 2013) ซึ่งฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาดังกล่าวนี้มาจาก Geraniol, Citral, Citronellal และ Citronellol ที่เป็นสารออกฤทธิ์กลุ่มหลัก ๆ ที่อยู่ในใบตะไคร้หอม (Ganjewala, 2009)

4.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ตะไคร้เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุได้หลายปี เจริญได้ดีในพื้นที่ที่เป็นดินร่วนซุยและมีการระบายน้ำดี โดยจะมีเหง้าเจริญอยู่ที่ดิน ลำต้นเหนือพื้นดินมีลักษณะเป็นข้อปล้อง ซึ่งจะขึ้นรวมกันเป็นกอหนาแน่นเช่นเดียวกับตะไคร้บ้าน มีความสูงได้ถึง 2 เมตร ลำต้นแข็งและมีรูปทรงกระบอก ใบเป็นใบเดี่ยว ใบแกว่ง ผิวใบสาก ขอบใบมีความคม ปลายใบยาวเรียว มีกาบใบซ้อนกัน ใบมีความยาวประมาณ 50-100 เซนติเมตร กว้าง 0.5-2.0 เซนติเมตร ใบสีเขียวปนม่วงแดง โดยสีใบด้านล่างมีความเข้มมากกว่าด้านบน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ตะไคร้หอมเป็นพืชที่ออกดอกยาก โดยดอกจะเป็นช่อกระจ่าย หรือช่อเชิงซ้อนแบบ Panicle ที่มีช่อดอกย่อยแตกแขนงออกมาจากแกนกลางของช่อใหญ่ที่ยาวประมาณ 2 เมตร แต่ละแขนงมีช่อดอกย่อย 4-5 ช่อ แต่ละช่อมีดอกย่อยจำนวนมาก ดอกย่อยสีน้ำตาลแดง (สุदारรัตน์ หอมหวาน, 2553b; Aishwarya, Vishnu, & Gayathri, 2015)



ภาพที่ 7 ลักษณะส่วนต่าง ๆ ของตะไคร้หอม (ก) กอตะไคร้หอม (ข) ช่อดอก และ (ค) ดอก
(ที่มา: สุดารัตน์ หอมหวาน, 2553b)

4.2.2 ลักษณะทางพฤกษเคมี

ตะไคร้หอม หรือสมุนไพรในสกุล *Cymbopogon* sp. มีการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ตั้งแต่อดีตในแต่ละประเทศก็มีการใช้ประโยชน์จากสมุนไพรชนิดนี้ในรูปแบบที่แตกต่างกันมากมาย โดยตะไคร้หอมนั้นมีคุณสมบัติทางยา ดังนี้ใช้เป็นยารักษาโรคหืด แก้ปวดท้อง ขับปัสสาวะ และแก้หวัดตกโรค และสามารถใช้ร่วมสมุนไพรอื่นรักษาโรคได้ เช่น บำรุงธาตุ ช่วยให้เจริญอาหาร และขับเหงื่อ ส่วนเหง้าสามารถนำมาใช้เป็นยารักษาเกลื้อน แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ปัสสาวะพิการ แก้เนื้อ บำรุงไฟธาตุ แก้อาการขัดเบา ใบตะไคร้สดสามารถนำมาใช้ลดความดันโลหิตสูง

แก้ไข้ ส่วนรากของตะไคร้ นำมาใช้เป็นยาแก้ไข้เหนือ รักษาอาการปวดท้อง และท้องเสีย (สุนทรสิงหนุตตรา, 2544; สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2553) ในงานวิจัยของ de Oliveira, Brugnera, Cardoso, Alves, and Piccoli (2010) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ประกอบด้วยสารที่สำคัญ ดังนี้ Citronellal (34.60 %) Geraniol (23.17 %) Citronellol (12.09 %) รองลงมาคือ β -Elemene, γ -Cadinene, δ -Cadinene, Citronellyl acetate, Germacrene D, α -Muurolene, Limonene, Geranial, Linalool และ neo-Isopulegol ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น ใช้ทำผลิตภัณฑ์ป้องกันแมลง โดยเฉพาะใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันยุง นอกจากนี้ยังได้นำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น สบู่ ผลิตภัณฑ์มาเชื้อในครัวเรือน หรืออาจนำไปเป็นส่วนประกอบของน้ำหอม เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเภสัชกรรม นอกจากนี้ น้ำมันตะไคร้ยังสามารถใช้เป็นสารป้องกันเชื้อราได้ (Ganjewala, 2009; Nakahara et al., 2013; Aishwarya et al., 2015)

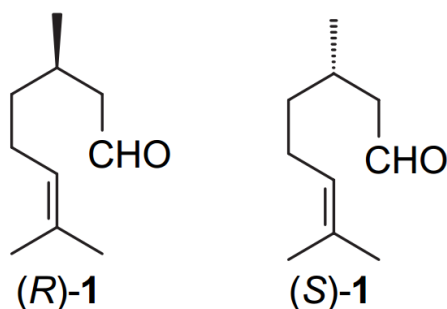
มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากตะไคร้ในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ที่เป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่าสารสกัดหยาบดังกล่าวสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (วรารักษ์ สุทธิสา, ภาณุวัฒน์ เทพคำราม, วัชรกา กาญจนรัช และพินินา อริมัตติ, 2557)

แววจันท์ พงศ์จันดา และคณะ (2549) โดยการนำไปตะไคร้สดมาผึ่งไว้ 3 วัน และใบแห้งมาทำการสกัดด้วยเอทานอล พบว่า ใบตะไคร้หอมที่ผึ่งไว้ 3 วัน จะได้ จำนวนเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตสารสกัดหยาบมากที่สุด เท่ากับ 8.40 ส่วนตะไคร้หอมสด และแห้ง มีร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 3.90 และ 5.71 ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดหยาบดังกล่าวมาตรวจสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* และ *Botryodiplodia theobromae* ที่เป็นสาเหตุโรคแอนแทรคโนสและโรคข้าวผลเน่าของมะม่วง พบว่า สารสกัดหยาบตะไคร้ที่ผึ่งไว้ และใบแห้งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% ที่ระดับความเข้มข้น 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับผลของการทดสอบกับเส้นใยเชื้อรา *B. theobromae* ปรากฏว่า สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้สมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าในกล้าผัก ตระกูลกะหล่ำ พบว่า สารสกัดหยาบจากใบตะไคร้หอมที่ผึ่งไว้ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้สมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้นเพียง 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ไวไลร์ตัน ศรีนนท์ และคณะ (2552) ทดสอบประสิทธิภาพของพืชสมุนไพร 10 ชนิด โดยการเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ได้แก่ กระเทียม ข่า ขิง ดีปลี ตะไคร้ หัวหอมใหญ่ หน่อไม้ สาบเสือ กะเพราป่า และรัก โดยผสมลงในอาหารเลี้ยง PDA 5 ระดับความเข้มข้น คือ 50 500 10,000 20,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และไม่ผสมสารสกัด (0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) พบว่า สารสกัดจากพืชทุกชนิด ที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน สามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อโรคได้ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p=0.01$) เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น โดยพบว่า สารสกัดจากข่าที่สกัดด้วย Hexane Dichromethane Ethylacetate Acetone และ Ethanol มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อโรคได้ 100 % รองลงมา ได้แก่ สารสกัดจากกระเทียมและใบดีปลีที่สกัดด้วยตัวทำละลายดังกล่าว (82.50-100 %) ที่ความเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ขึ้นไป นอกจากนี้สารสกัดผลดีปลี ตะไคร้ หน่อไม้ และสาบเสือ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยถึงปานกลางบางชนิด ที่ความเข้มข้น 5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ยับยั้งเชื้อโรคได้ 100 % เช่นเดียวกัน ยกเว้นสารสกัดหน่อไม้ และสาบเสือ ที่สกัดด้วย Hexane ทุกความเข้มข้นยับยั้งได้น้อย สารสกัดจากหอมใหญ่ ที่สกัดด้วย Dichromethane และ Acetone ที่ความเข้มข้น 10,000 และ 20,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร รวมทั้งสารสกัดจากขิง และใบรัก ที่สกัดด้วย Ethylacetate และ Acetone มีผลยับยั้งได้ดี ยกเว้นสารสกัดหอมใหญ่ ขิงที่สกัดด้วยน้ำ ในขณะที่สารสกัดจากกะเพราป่า และดอกกรัก ยับยั้งได้ดีในตัวทำละลายบางชนิดเท่านั้น แต่ส่วนใหญ่ผลการยับยั้งเป็นกลาง และต่ำ

4.2.3 Citronellal

Citronellal oil (3,7-dimethyl-6-octenal; ภาพที่ 8) หรือน้ำมันตะไคร้หอม เป็นสารกลุ่ม Monoterpene ที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายคลึงกับ Citral Geranial Linalool และ Citronellol โดย Citronellal มีโครงสร้างเป็น Linear hydrocarbon aldehyde ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 154.25 กรัมต่อโมล (Tsai & Rizvi, 2015) เป็นสารที่มีความสำคัญประเภทหนึ่งในธรรมชาติที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำ หรือตัวทำละลายประเภทต่าง ๆ มีทั้งโครงสร้างที่เป็น L-form และ D-form หรือ R-form และ S-form ผสมกันอยู่ในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน (Non-racemic mixture) โดย Citronellal oil มีลักษณะเป็นน้ำมันหอมระเหยที่ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองใส กลิ่นคล้ายกับหญ้า หรือมะนาว (Velankar & Heble, 2003; National Center for Biotechnology Information, 2005; Lenardão, Botteselle, de Azambuja, Perin, & Jacob, 2007)



ภาพที่ 8 โครงสร้าง R และ S enantiomers ของ Citronellal

(ที่มา: Lenardão et al., 2007)

Citronellal สามารถต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย และเชื้อราได้ โดยมีการศึกษาที่แสดงว่า Citronellal และ α -phenylseleno citronellal และ α -phenylseleno citronellool ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ Citronellal ที่มีการดัดแปลงโครงสร้างจาก Citronellal ที่พบในธรรมชาติ สามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* Typhimurium ได้ โดยอนุพันธ์ของ Citronellal ทั้ง 2 ชนิด ที่มีการดัดแปลงโครงสร้างด้วยการเติม Selenium อยู่ในโครงสร้างแสดงกิจกรรมการยับยั้งที่สูงกว่า Citronellal ตามธรรมชาติ (Victoria et al., 2012) จากการรายงานของ Aguiar et al. (2014) ได้ทำการศึกษาศาสตร์กักหนายและสารสกัดบริสุทธิ์จากตะไคร้ 2 ชนิด คือ *Corymbia citriodora* และ *Cymbopogon nardus* ในประเทศบราซิล ซึ่งพบว่าตะไคร้ทั้ง 2 ชนิดมีน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ 61.78% และ 36.6% ตามลำดับ และทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญโดยใช้วิธี Poisoned food technique ในการยับยั้งเชื้อรา 3 ชนิดคือ *Pyricularia grisea*, *Aspergillus* spp. และ *Colletotrichum musae* โดยทำการทดสอบสารสกัดหนายและน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้น 0.10 0.13 0.15 0.19 0.47 0.63 0.94 1.26 1.57 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ 0.47 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของสารสกัดหนายและน้ำมันหอมระเหยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย Citronellal และสารสกัดหนายจากตะไคร้ทั้ง 2 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 0.47 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเชื้อราชนิด *C. musae* ซึ่งเป็นเชื้อราที่ก่อโรคแอนแทรกโนส ในกล้วยได้ 100 % และ Garcia et al. (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบสารสกัดบริสุทธิ์ในกลุ่ม Monoterpenes ทั้งหมด 5 ชนิด คือ Citral, Citronellal L-Carvone, Isopulegol และ α -Pinene ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0% (v/v) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

3 ชนิด คือ *Collectotrichum musae*, *Collectotrichum gloeosporioides* และ *Fusarium subglutinans* f.sp. *ananas* ซึ่งเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคในกล้วย มะละกอและสับปะรดในประเทศบราซิล พบว่า น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ 1% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. musae* และ *C. gloeosporioides* ได้ 100 % และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *F. subglutinans* f.sp. *ananas* ได้ 80 % ในขณะที่สารสกัดบริสุทธิ์ Citral ที่ระดับ 0.6% (v/v) เป็นระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ทั้ง 3 ชนิดได้ 100 % นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยอีกหลายฉบับที่ยืนยันศักยภาพในการออกฤทธิ์ต้านเชื้อราของ Citronellal (Park et al., 2007; Nakahara et al., 2013; Aguiar et al., 2014)

4.3 ข่า

ข่า (*Alpinia galangal* Linn.) เป็นพืชสมุนไพรที่จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae พบการแพร่กระจายอยู่ในหลายประเทศ เช่น ศรีลังกา อินเดีย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ จีน ญี่ปุ่น อียิปต์ ซาอุดีอาระเบีย และยังพบมากในประเทศไทย ข่าเป็นพืชสมุนไพรที่เจริญเติบโตได้ดีในร่มเงา มีแสงแดด มีการเจริญและแตกแขนงของเหง้าใต้พื้นดิน ซึ่งมีการนำเหง้าข่ามาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน เช่น การปรุงอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์แผนโบราณในบางประเทศ โดยเหง้าข่ามีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย (Jirovetz, Buchbauer, Shafi, & Leela, 2003; Chudiwal, Jain, & Somani, 2010; Kaushik, Yadav, Kaushik, Sacher, & Rani, 2011; Hadjzadeh, Ghanbari, Keshavarzi, & Tavakol-Afshari, 2014)

4.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ข่าเป็นพืชล้มลุกที่มีการรวมกลุ่มกันของราก จนมีลักษณะเป็นเหง้าอยู่ใต้ดินเลื้อยขนานกับผิวดิน เหง้าเหล่านี้มักจะแตกแขนงเป็นง่ามและมีปุ่มปมอยู่โดยรอบ (เป็นลักษณะของรากที่เหลืออยู่) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-8 เซนติเมตร สีของเหง้าภายนอกเป็นสีน้ำตาลอมแดง ภายในเป็นสีเหลืองอมส้ม (Chudiwal et al., 2010) ก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มซ้อนกัน คล้ายกับลำต้น สามารถแตกกอได้สูงประมาณ 1.5-2.5 เมตร ชนิดของใบเป็นใบเดี่ยว เส้นใบขนานกัน เส้นกลางใบด้านท้องใบเป็นเส้นนูนชัด ใบเป็นรูปหอก โดยที่ปลายใบจะแหลม ฐานใบสอบแหลม จะขึ้นเรียงสลับกันรอบลำต้น กว้างประมาณ 4-11 เซนติเมตร ยาวประมาณ 25-45 เซนติเมตร ส่วนดอกเป็นดอกช่อแยกแขนง ตั้งขึ้น มีขนาดใหญ่ ซึ่งจะออกดอกอยู่ที่บริเวณปลายยอด เมื่อดอกยังอ่อนจะมีสีเขียวปนเหลือง เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีขาวปนม่วงแดง ดอกช่อของข่าประกอบด้วยดอกย่อยที่คล้ายกับดอกกล้วยไม้มีขนาดเล็กจำนวนมากเรียงกันบนก้านช่อเดียวกัน ผลมีลักษณะเป็นรูปกระสวย หรือทรงกลม ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร ผลแห้งแตก มีสีส้มแดงเมื่อผลแก่ (สุภารัตน์หอมหวาน, 2553a)



ภาพที่ 9 ลักษณะของส่วนต่าง ๆ ของข่า (ก) กอข่า (ข) ช่อดอกและดอก (ค) เหง้าใต้ดิน และ (ง) เหง้าแห้ง
(ที่มา: สุครำรัตน์ หอมหวาน, 2553b; Chudiwal et al., 2010)

4.3.2 ลักษณะทางพฤกษเคมี

ข่ามีรสชาติเผ็ดร้อนและหวาน มีกลิ่นอะโรมาติกที่หอมฉุนเฉพาะตัว โดยน้ำมันระเหยจากข่า มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ Eugenol, Methyl eugenol, 1'-acetoxyeugenol acetate, Cineol, Camphor, Methyl cinnamate, β -Pinene, Galangin, Galangioflavonoid, Chavicol, *trans-p*-coumaryl diacetate, Coniferyl diacetate, *p*-hydroxy-*trans*-cinnamaldehyde, Kaemferol และ Quercetin เป็นต้น องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้ทำให้ข่ามีฤทธิ์ทางยาที่มีคุณสมบัติหลากหลาย และมีการนำข่ามาประยุกต์ใช้ในการแพทย์แผนโบราณในหลายประเทศ เช่น ใช้รับประทานเป็นยาขับลม หรือยาระบายอ่อน ๆ ช่วยบรรเทาอาการ

ไอ อาการเจ็บคอ อาการปวดหัว แก้อาการปวดข้อรูมาติก ช่วยย่อยอาหาร แก้บิด แก้ปวดท้องจุกเสียด รักษาโรคหลอดลมอักเสบ โรคหัวใจ โรคทางเดินอาหารอักเสบ โรคนิวโมไต และโรคเบาหวาน เป็นต้น (สุคาร์ตัน หอมหวาน, 2553b; Chudiwal et al., 2010; Kaushik et al., 2011)

จากสรรพคุณและสารประกอบทางเคมีหลายอย่างที่พบในข่า จึงทำให้มีการนำน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากข่ามาทดสอบฤทธิ์ในด้านต่าง ๆ ทั้งการต้านการอักเสบ การต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงเชื้อราที่ก่อโรคในพืชที่เป็นสาเหตุโรคหลังเก็บเกี่ยว ในการศึกษาของ กัลทิมา พิชัย (2554) ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารสกัดจากพืชในพื้นที่สะลวง อ.แมริม จ.เชียงใหม่ ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรกโนสในพริก โดยทำการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดด้วยเอทานอล 95 % และน้ำกลั่นที่ได้จากพืช 12 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กระเทียม ข่า ขมิ้น คีปลี พลู พลุคว ฟ้าทะลาย โจร มะกรูด ส้มป่อย สะระแหน่ และสาบเสือ มาทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Poisoned food technique พบว่าสารสกัดสกัดด้วยเอทานอล 95 % ของข่าให้ผลในการยับยั้งดีที่สุด โดยที่ความเข้มข้น 1,000 2,000, และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. เท่ากับ 99.39 96.08 และ 95.13 % ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันที่ค่าความเชื่อมั่น 95 % และในการศึกษาของวรารักษ์ สุทธิสา และคณะ (2557) ที่ได้ทำการคัดแยกเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สามารถเห็ดโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงด้วยวิธี Tissue transplanting พบว่าสามารถแยกเชื้อราได้ทั้งหมด 19 ไอโซเลท เป็นเชื้อที่แยกได้จากผล 15 ไอโซเลท และแยกได้จากใบ 4 ไอโซเลท และทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากข่า ตะไคร้ และกระเทียมในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ด้วยวิธี Dual culture พบว่าสารสกัดหยาบจากข่า ตะไคร้ ที่ความเข้มข้น 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ดีที่สุด แต่สารสกัดหยาบจากกระเทียมไม่สามารถยับยั้งการเจริญในทุกความเข้มข้น การทดสอบด้วยวิธี Detach leaf โดยเปรียบเทียบการให้สารสกัดก่อนหรือหลังการปลูกเชื้อ *Colletotrichum* sp. พบว่าการใช้สารสกัดหยาบจากข่าที่ความเข้มข้น 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนปลูกเชื้อ 30 นาที สามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนใบมะม่วงได้ 100 %

ชนันท์ อมาตยกุล (2554) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากขิงและข่าต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรคข้าวเหนียว (*Colletotrichum musae*) และแอนแทรกโนสในข้าวกล้องหอม (*Colletotrichum gloeosporioides* และ *Fusarium monilifotrichum*) พบว่า สารสกัดขิงและข่าที่สกัดด้วยเอทานอล ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรค ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยของขิงและข่า มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวได้

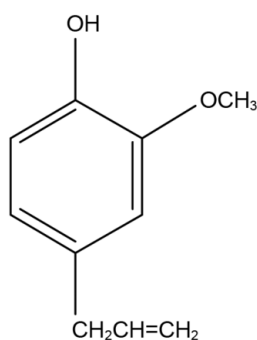
โดยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงที่ระดับความเจือจาง 4 เท่า และสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากข่าที่ระดับความเจือจาง 1 เท่า สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคทั้ง 3 ชนิด ในทดสอบแบบ *in vitro* ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ และสำหรับการทดสอบแบบ *in vivo* บนข้าวกล้วย พบว่าสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิงและข่าสามารถเจือจางได้มากที่สุด 10 เท่า และ 4 เท่า ตามลำดับ สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคทั้ง 3 ชนิดได้

จุฬาพันธุ์ รัตนนิล ชาลีดา, บรมพิชัยชาติกุล และรชา เทพพร (2554) ได้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทยวงศ์ขิง 3 ชนิด ประกอบด้วย กระจ่าง ข่า และขิง วิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดที่ผสมในฟิล์มบุกเพื่อใช้ต้านเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ศึกษาสมบัติเชิงกล และผลการต้านเชื้อราในฟิล์มบริ โภคได้จากผงบุกผสมสารสกัดจากสมุนไพรไทย เพื่อนำไปใช้ยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เอทานอล และน้ำกลั่น พบว่าฟิล์มบุกผสมสารสกัดจากข่าที่ความเข้มข้น 10,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้

ศิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสุนิษา บุญจันทร์ (2554) ทดสอบประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์จากพืชสมุนไพร 2 ชนิดคือข่า และกานพลู ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราที่แยกได้จากถั่วลิสงฝักสดที่เน่าเสีย สารออกฤทธิ์จากข่าสกัดด้วย 95 % เมทานอล ส่วนน้ำมันกานพลูซื้อจากร้านขายยาทำการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี Disc diffusion method โดยใช้สารสกัดจากข่า หรือน้ำมันกานพลูเข้มข้น 25 50 และ 100% (v/v) ทดสอบการยับยั้งเชื้อราด้วยกรรมวิธี Poisoned food technique โดยใช้สารสกัดข่าที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 10 20 30 40 และ 50% (v/v) แต่ใช้น้ำมันกานพลูเพียง 0.5 1 และ 2% (v/v) เพราะหากผสมน้ำมันกานพลูมากเกินไปจะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ไม่แข็งตัว จากการทดลองสามารถแยกแบคทีเรียจากถั่วลิสงที่เน่าเสียได้ 50 ไอโซเลทและได้เชื้อรา 20 ไอโซเลท เมื่อนำมาทดสอบกับสารออกฤทธิ์จากพืชพบว่า น้ำมันกานพลูทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งแบคทีเรีย และเชื้อราได้ทุกไอโซเลท แต่สารสกัดข่าต้องมีความเข้มข้นเกินกว่า 50% (v/v) จึงสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ทุกไอโซเลท อย่างไรก็ตาม สารสกัดข่าทุกความเข้มข้นไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้เลย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสารออกฤทธิ์ที่ได้จากสมุนไพรในการทดลองนี้น่าจะมีฤทธิ์ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ถั่วลิสงเน่าเสียได้

4.3.3 Eugenol

น้ำมันหอมระเหย Eugenol (4-allyl-2-methoxyphenol; ภาพที่ 10) มีลักษณะทั่วไปเป็นน้ำมันเหลวสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว เป็นสารประกอบเคมีกลุ่ม Allyl-benzene ที่มีโครงสร้างหลักเป็น Guaiacol ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่พบตามธรรมชาติมีสูตรทางเคมีเป็น $C_6H_4(OH)(OCH_3)$ โดย Eugenol สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (Jaganathan & Supriyanto, 2012) โดยเป็นที่ทราบกันดีว่า Eugenol มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา เช่น Hypothermic, Antioxidant และ Anti-inflammatory เป็นต้น (de Cássia da Silveira e Sá, Andrade, dos Reis Barreto de Oliveira, & de Sousa, 2014)



ภาพที่ 10 โครงสร้างทางเคมีของ Eugenol

(ที่มา: Koh, Murakami, Tanaka, Machino, & Sakagami, 2013)

Eugenol ที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม สามารถแสดงกิจกรรมในการยับยั้ง หรือฆ่าจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากมี Phenol group อยู่ในโครงสร้าง โดยจะเข้าไปทำลายโปรตีน และก่อให้เกิดความเสียหายต่อทั้งผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ โดย Eugenol มีฤทธิ์ในการต้านทั้งแบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ และเชื้อรา (Pinto, Vale-Silva, Cavaleiro, & Salgueiro, 2009; Oyedemi, Okoh, Mabinya, Pirochenva, & Afolayan, 2009; Devi, Nisha, Sakthivel, & Pandian, 2010; Marchese et al., 2017) การศึกษาของ Devi et al. (2010) ที่ทำการศึกษาฤทธิ์ของ Eugenol ในการยับยั้งแบคทีเรีย *Salmonella typhi* พบว่า Eugenol สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *S. typhi* ได้ โดยมีค่า MIC เท่ากับ 0.0125% (v/v) และมีค่า MBC เท่ากับ 0.025% (v/v) เมื่อ *S. typhi* สัมผัสกับ Eugenol นาน 60 นาที สามารถทำให้แบคทีเรียดังกล่าวถูก Inactivated และจากการศึกษาคุณสมบัติของ Eugenol พบว่า Eugenol จะแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพดีสุด เมื่ออยู่ในสภาวะความเป็นด่าง

ความสามารถด้านการเจริญของเชื้อราสามารถพบได้ใน Eugenol โดยมีการศึกษาในเชื้อราหลายชนิด เช่น *Trichophyton rubrum*, *Cladosporium* spp., *Aspergillus* spp., *Lenzites betulina*, *Laetiporus sulphureus* และ *Botrytis cinerea* (Cheng, Liu, Chang, & Chang, 2008; Wang, Zhang, Chen, Fan & Shi, 2010; de Oliveira Pereira, Mendes, & de Oliveira Lima, 2013; Abbaszadeh, Sharifzadeh, Shokri, Khosravi, & Abbaszadeh, 2014) โดยจากการศึกษาของ นุชนภา โคตะบิน (2550) รายงานว่า Eugenol มีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อรา จากคุณสมบัติดังกล่าวมีการทดลองนำ Eugenol และ Thymol มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium citrinum* พบว่า Eugenol มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* มากกว่า Thymol และยังสามารถนำ Eugenol มาเป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ผักกาด กวางตุ้ง (*Brassica chinensis* L.) เพื่อยับยั้งเชื้อราได้อีกด้วย โดยการแยกเชื้อราจากเมล็ดพันธุ์ผักกาด กวางตุ้ง และจากดิน สามารถแยกเชื้อราได้ทั้งหมด 21 และ 20 ไอโซเลท ตามลำดับ เมื่อทำการจัดจำแนกเชื้อรา พบว่า เชื้อราก่อโรคที่แยกได้จากเมล็ดพันธุ์ผักกาด กวางตุ้ง คือ *Aspergillus* sp. *Rhizopus* sp. และ *Alternaria* sp. และเชื้อราที่แยกได้จากดินคือ *Fusarium* sp. จากการศึกษาการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค พบว่า Eugenol ที่ความเข้มข้น 1% (v/v) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และการงอกของสปอร์เชื้อรา ทั้งจากดิน และเมล็ดพันธุ์ได้อย่างสมบูรณ์ และประสิทธิภาพของเมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มี Eugenol 1 และ 2% (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าเมล็ดที่คลุกด้วยสารเคมี Captan แต่ผลการยับยั้งการงอกของเมล็ดเคลือบต่อเชื้อราก่อโรคน้อย เมื่อนำเมล็ดที่เคลือบมาทดลองการปลูกในโรงเรือนเพาะชำ โดยทำการเพาะปลูกเมล็ดทดสอบในดินที่ผสมกับเชื้อราในอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่าเมล็ดผักกาด กวางตุ้งที่เคลือบด้วย Eugenol 1 และ 2% (v/v) สามารถงอก และให้ต้นกล้าที่มีความสมบูรณ์กว่าเมล็ดที่คลุกด้วยสารเคมี Captan

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. พืชสมุนไพร

สารสกัดหยาบ

- ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Linn.; บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด ประเทศไทย)
- ข่า (*Alpinia galangal* Linn.; บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด ประเทศไทย)
- เปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.; บริษัท เอส ซี แอล อินกรีเดียนส์ ประเทศไทย)

น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด

- 97% Xanthone (Sigma-Aldrich เมือง Ontario ประเทศแคนาดา)
- 95% Citronellal(Sigma-Aldrich เมือง Ontario ประเทศแคนาดา)
- 99% Eugenol (Sigma-Aldrich เมือง Ontario ประเทศแคนาดา)

2. ยีสต์ปฏิบััษ

Issatchenkia orientalis VCU24 (ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผศ.นิสา ไกรรักษ์ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา)

3. พืชทดสอบ

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* Linn.)

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ

Potato Dextrose Agar (PDA)

5. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- เอทานอล 70%
- เอทานอล 95%
- Tween 20
- Carbendazim

6. อุปกรณ์

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 500 1000 มิลลิลิตร
- ช้อนตักสาร (Spatula)
- กระจกทรงวง (Cylinder) ขนาด 500 มิลลิลิตร
- หลอดทดลอง (Test tube)
- แท่งแก้วคนสาร (Stirrer)
- เข็มเย็บเข็ชรา (Teasing needle)
- ปากคีบ (Forceps)
- หัวง่ายเข็ช
- จานอาหารเลี้ยงเข็ช (Petri dish)
- พาสเจอร์ปีเปต (Pasteur pipette)
- ขวดเตรียมอาหารเลี้ยงเข็ช (Duran)
- ขวดปริมาตร (Flasks) ขนาด 250 500 1000 มิลลิลิตร
- ที่เจาะจุกคอร์ก (Cork borer) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร
- ถังพลาสติก
- ขางรัด
- สไลด์ และกระจกปิดสไลด์ (Slide and Cover slide)
- ถังมือยาง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลการยับยั้งของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ได้แก่ ตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Linn.) ข่า (*Alpinia galanga* Linn.) และ เปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) และน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ Xanthone Citonellal และ Eugenol เพื่อควบคุมการเจริญของเข็ชรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยประเมินระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัด หรือน้ำมันหอมระเหยในการใช้ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ (*Issatchenkia*

orientalis VCU24) เพื่อควบคุมโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งมีรายละเอียดวิธีดำเนินการทดสอบ ดังนี้

1. การแยกบริสุทธิ์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

นำการแยกบริสุทธิ์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* จากผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกที่แสดงอาการโรคแอนแทรกโนส ด้วยวิธี Tissue transplantiry โดยการทำความสะอาดที่บริเวณผิวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกที่แสดงอาการโรคแอนแทรกโนส โดยการเช็ดด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นตัดเปลือกของมะม่วงส่วนที่เป็นโรคให้เปิดออกแล้วใช้เข็มเย็บเย็บเนื้อมะม่วงเพื่อนำชิ้นของเนื้อมะม่วงที่อยู่ใต้เปลือกมะม่วงมาวางลงตรงกลางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ (Aseptic technique) นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงทำการแยกบริสุทธิ์เชื้อราก่อโรคที่เจริญจากชิ้นส่วนของเนื้อมะม่วงลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อีกครั้งให้ได้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ และทำการตรวจสอบเพื่อยืนยันชนิดของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยบันทึกลักษณะต่าง ๆ ของโครงสร้างเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ดังต่อไปนี้ ขนาดของเชื้อราบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ สีของโคโลนี ด้านบนและด้านล่างอาหารเลี้ยงเชื้อ รวมทั้งทำการศึกษาด้านสัณฐานวิทยาของเชื้อ ได้แก่ ลักษณะของเส้นใย ลักษณะของสปอร์ โคนิเดีย และโครงสร้างอื่น ๆ โดยการ Mount slide ด้วยน้ำตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อนำไปจัดจำแนกตามหนังสือ Illustrated Genera of Imperfect Fungi (Barnett, 1960) และแนวทางการจัดจำแนกเชื้อสกุล *Colletotrichum* ของ สุภารัตน์ สุตพันธ์ และเพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล (2552) จากนั้น เก็บรักษาเชื้อรา *C. gloeosporioides* สำหรับใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

2. ที่มาของสารสกัดหยาบ และน้ำมันหอมระเหย

สารสกัดหยาบจากข่า (Galanga oil) และตะไคร้หอม (Citronellal oil) ได้จากบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีนจำกัด (Thai-China flavours and fragrances industry) ประเทศไทย สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดได้จากบริษัท เอส ซี แอล อินกรีเดียนส์ (SCL ingredients LTD., PART) ประเทศไทย และน้ำมันหอมระเหย 99% Eugenol 95% Citronellal และ 97% Xanthone จาก Sigma-Aldrich เมือง Ontario ประเทศแคนาดา

3. การเตรียมสารสกัดหยาบ และการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรแต่ละชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดัดแปลงจาก Singh, Kumar, Dubey, & Gupta, 2009)

การเตรียม Stock solution ของสารสกัดหยาบจากข่า และตะไคร้หอม และสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด โดยนำสารสกัดหยาบจากพืชแต่ละชนิดมาละลายใน 5% (v/v) Tween 20 ที่ปราศจากเชื้อ ให้ได้ Stock solution ของสารสกัดหยาบจากข่า และตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นเท่ากับ 5% (v/v) และ Stock solution ของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้นเท่ากับ 15% (v/v) จากนั้นนำ Stock solution ของสารสกัดหยาบแต่ละชนิด ไปกรองผ่านแผ่นกรองแบคทีเรีย (Membrane filter) ที่มีขนาดช่องกรองเท่ากับ 0.45 ไมโครเมตร เพื่อให้ปราศจากเชื้อ และนำไปใช้ทันทีหลังจากเตรียม โดยนำ Stock solution ของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรแต่ละชนิด มาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปราศจากเชื้อ ที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารสกัดหยาบจากข่าและตะไคร้หอมในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) 1.0% (v/v) 1.5% (v/v) และ 2.0 % (v/v) ส่วนระดับความเข้มข้นสุดท้ายของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดในอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 7.0% (v/v) 8.0% (v/v) 9.0% (v/v) 10.0% (v/v) 11.0% (v/v) และ 12.0% (v/v) โดยใช้ชุดที่ไม่เติมสารสกัดหยาบเป็นชุดควบคุมสำหรับการศึกษานี้ หลังจากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรแต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ใสในจานอาหารเลี้ยงเชื้อจานละ 20 มิลลิลิตร เพื่อนำไปใช้สำหรับการศึกษาผลของสารสกัดหยาบในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* ด้วยวิธี Poisoned food technique โดยทำการตัดเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เลี้ยงไว้ในอาหาร PDA นาน 5 วัน ด้วย Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วนำเส้นใยเชื้อรามาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบ PDA ที่เตรียมไว้แล้ว แต่ละความเข้มข้นทำ 3 ซ้ำ และบ่มอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7-12 วัน จากนั้นทำการสังเกตการเจริญของเชื้อราและวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราทุก 3 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา เปรียบเทียบกับการเจริญของเชื้อราในชุดควบคุมที่ไม่เติมสารสกัดหยาบจากสมุนไพร (Dissanayake, 2014)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (\%)} = [(dc - dt)/dc] \times 100$$

หมายเหตุ: dc = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราในชุดควบคุม

dt = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราในชุดทดสอบ

จากผลการศึกษานี้สารสกัดจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเลือกความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยหลักจากพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด สำหรับการศึกษาในขั้นถัดไป

4. การเตรียมน้ำมันหอมระเหย และการทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยในพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดัดแปลงจาก Singh et al., 2009)

การเตรียม Stock solution ของน้ำมันหอมระเหย Eugenol Citronellal และ Xanthone โดยนำสารแต่ละชนิดมาละลายใน 5% (v/v) Tween 20 ที่ปราศจากเชื้อ โดยให้ได้ Stock solution ของน้ำมันหอมระเหย Eugenol และ Citronellal ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 5% (v/v) และ Stock solution ของสาร Xanthone ให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 15% (v/v) จากนั้นนำ Stock solution ของสารแต่ละชนิด ไปกรองผ่านแผ่นกรองแบคทีเรีย (Membrane filter) ที่มีขนาดช่องกรองเท่ากับ 0.45 ไมโครเมตร เพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ และนำไปใช้ทันทีหลังจากเตรียม โดยนำ Stock solution ของน้ำมันหอมระเหย Eugenol Citronellal และ Xanthone มาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปราศจากเชื้อ ที่มีอุณหภูมิประมาณ 50 – 55 องศาเซลเซียส ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของ Eugenol และ Citronellal ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.062% (v/v) 0.125% (v/v) 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) 1.0% (v/v) และ 5.0% (v/v) ส่วนระดับความเข้มข้นสุดท้ายของ Xanthone ในอาหารเลี้ยงเชื้อเตรียมให้ได้เท่ากับ 5.0% (v/v) 6.0% (v/v) 7.0% (v/v) และ 8.0% (v/v) โดยใช้ชุดที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยเป็นชุดควบคุมสำหรับศึกษานี้ หลังจากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อจานละ 20 มิลลิลิตร เพื่อนำไปใช้สำหรับการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ด้วยวิธี Poisoned food technique โดยทำการตัดเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่เลี้ยงไว้ในอาหาร PDA นาน 5 วัน ด้วย Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วนำเส้นใยเชื้อรามาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบ PDA ที่เตรียมไว้แล้ว แต่ละความเข้มข้นทำ 3 ซ้ำ

และปมอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 7-12 วันจากนั้นทำการสังเกตการเจริญของเชื้อราและวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราทุก 3 วัน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (% Inhibition of mycelial growth; Dissanayake, 2014) เปรียบเทียบกับการเจริญของเชื้อราในชุดควบคุมที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร ผลการศึกษานี้ได้ทำการเลือกระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ดีที่สุดเพื่อนำไปศึกษาต่อ

5. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (ดัดแปลงจาก Pantelides, Christou, Tsolakidou, Tsaltas & Ioannou, 2015)

ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของเชื้อยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ในเบื้องต้น ด้วยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วมกัน (Dual culture) โดยนำชิ้นส่วนของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ซึ่งเจาะตัดด้วย Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร มาวางบนตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ป่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน หลังจากนั้นทำการปลูกเชื้อยีสต์ *I. orientalis* VCU24 โดยใช้รูปถ่ายเชื้อและเชื้อจากโคโลนีที่มีอายุ 4 วัน ที่เลี้ยงในอาหาร Nutrient Yeast Dextrose Agar จากนั้น นำมาลากเป็นเส้นตรงขนานไปกับแนวของเส้นผ่านศูนย์กลางของจานเลี้ยงเชื้อ ให้ห่างจากขอบของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 1.5 เซนติเมตร แล้วนำไปป่มต่อที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) จนครบ 12 วัน นับจากวันแรกที่ทำการศึกษา จากนั้นทำการสังเกตการเจริญของเชื้อราและวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราทุก 3 วัน และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราต่อโรค เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยในการทดสอบนี้ใช้ชุดควบคุมเป็นจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำกรเลี้ยงเฉพาะเชื้อรา

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราต่อโรค (\%)} = [(Rc - Rt)/Rc] \times 100$$

หมายเหตุ: Rc = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราในชุดควบคุม

Rt = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราที่เพาะร่วมกับยีสต์ปฏิบักษ์

6. การทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรต่อการเจริญของเชื้อยีสต์

Issatchenkia orientalis VCU24 (คัดแปรจาก Singh et al., 2009)

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ผ่านมา ใช้เป็นข้อมูลสำหรับคัดเลือกชนิดของน้ำมันหอมระเหยที่มีระดับความเข้มข้นต่ำที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* มาทำการทดสอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้ง โดยการประยุกต์ใช้ร่วมกับยีสต์ *Issatchenkia orientalis* โดยทำการทดสอบผลน้ำมันหอมระเหย Citronellal ต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ด้วยวิธี Poisoned food technique เพื่อคัดเลือกความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ไม่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 โดยทำการเตรียม Stock solution ของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ละลายใน 5% (v/v) Tween 20 ให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 5% (v/v) หลังจากนั้นนำสารจาก Stock solution ที่เตรียมไว้มาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปราศจากเชื้อที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส ให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายของ Citronellal ในอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 0.062% (v/v) 0.125% (v/v) 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) 1.0% (v/v) และ 5.0 % (v/v) แล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบ PDA ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อจานละ 20 มิลลิลิตร โดยใช้ชุดที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยเป็นชุดควบคุม จากนั้น ทำวัดความหนาแน่นของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ที่เลี้ยงไว้ 2 วัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Nutrient Yeast Dextrose Broth โดยใช้ Hemacytometer แล้วทำการเจือจางเพื่อปรับความเข้มข้นของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ด้วยสารละลาย Phosphate Buffered Saline (PBS) ให้มีความเข้มข้น 1×10^8 CFU/ mL เพื่อนำมาเกลี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบ PDA ที่เตรียมไว้แล้ว ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบ PDA ไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน ทำการตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อยีสต์บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบ PDA และรายงานผลปริมาณของเชื้อยีสต์เป็นค่า Log_{10} CFU/ml รวมทั้งนำค่าปริมาณของเชื้อยีสต์ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเจริญของเชื้อยีสต์ (% Yeast growth)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเจริญของเชื้อยีสต์ (\%)} = (Nt / Nc) \times 100$$

หมายเหตุ: Nc = ค่าเฉลี่ยปริมาณของเชื้อยีสต์ (Log_{10} CFU/ml) ในชุดควบคุม

Nt = ค่าเฉลี่ยปริมาณของเชื้อยีสต์ (Log_{10} CFU/ml) ในชุดทดสอบ

7. ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดัดแปลงจาก Yu et al., 2007) (ดัดแปลงจาก Cao, Zheng, Wang, Tang, & Rui, 2009)

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยคัดเลือกผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีความสุกเท่า ๆ กัน ไม่เป็นโรคและมีขนาดใกล้เคียงกันทั้งหมด 6 ผล มาเช็ดทำความสะอาดบริเวณผิวเปลือกมะม่วงด้วยเอทานอล 70% แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นทำให้เกิดรอยแผลบนผิวของผลมะม่วงแต่ละผลจำนวน 3 แผล ต่อ มะม่วง 1 ผล โดยใช้ Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรเจาะบนผิวเปลือกมะม่วงลึก 5 มิลลิเมตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ แล้วนำมะม่วงทั้ง 6 ผลที่เตรียมไว้มาใช้ในการทดสอบ การลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันทั้งหมด 6 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุมน้ำกลั่น ทำโดยการเติมเพียงน้ำกลั่นปราศจากเชื้อปริมาณ 60 ไมโครลิตร ลงในรอยแผลบนผิวมะม่วงแต่ละผล

กรรมวิธีที่ 2 ชุดควบคุมยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ทำโดยการเติมสารละลายแขวนลอยยีสต์ปฏิปักษ์ที่มีความหนาแน่น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อปริมาณ 40 ไมโครลิตร ลงในรอยแผลบนผิวมะม่วงแต่ละผล

กรรมวิธีที่ 3 ชุดควบคุม ที่สารละลายแขวนลอยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ความเข้มข้น 1×10^3 สปอร์ ต่อ มิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อปริมาณ 40 ไมโครลิตร ลงในรอยแผลบนผิวมะม่วงแต่ละผล

กรรมวิธีที่ 4 ชุดควบคุมที่ใส่สารละลายแขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ความเข้มข้น 1×10^3 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตรและสารละลาย Carbendazim ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อปริมาณ 20 ไมโครลิตร ลงในรอยแผลบนผิวมะม่วงแต่ละผล

กรรมวิธีที่ 5 ชุดทดสอบที่ใส่สารละลายแขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ความเข้มข้น 1×10^3 สปอร์ ต่อ มิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และน้ำมันหอมระเหย Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อปริมาณ 20 ไมโครลิตร ลงในรอยแผลบนผิวมะม่วงแต่ละผล

กรรมวิธีที่ 6 ชุดทดสอบที่ใส่น้ำมันหอมระเหย Citronellal ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ทำโดยการเติมสารละลายแขวนลอยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่มีความเข้มข้น 1×10^3 สปอร์ ต่อ มิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร และน้ำมันหอมระเหย Citronellal ความ

เข้มข้น 0.062% ปริมาตร 20 ไมโครลิตรร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ความเข้มข้น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงในรอยแผลบนผิวมะม่วงแต่ละผล

จากนั้นนำผลมะม่วงในแต่ละกรรมวิธีการทดสอบ ใส่ลงในถุงพลาสติกใสปราศจากเชื้อ ไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ทำการตรวจสอบลักษณะการเกิดรอยโรคทุกวันเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรคบนผลมะม่วง (% Inhibition of lesion; คัดแปลงจาก Yu et al., 2007)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดรอยแผล (\%)} = [(dc - dt)/dc] \times 100$$

หมายเหตุ: dc = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยแผลในชุดควบคุม

dt = เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยแผลในชุดทดสอบ

ทำการตรวจนับปริมาณเชื้อยีสต์ในแต่ละกรรมวิธี โดยใช้ช้อนหรือมิดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเจาะเนื้อเยื่อบริเวณรอบรอยแผลให้มีขนาด 2 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร ลึกลงไป 1 เซนติเมตร แล้วใส่ลงในสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ตีให้ละเอียด จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสมด้วยวิธีการเจือจางแบบลำดับ 10 เท่า (Ten-fold dilution) ปิ่เปิดสารละลายแต่ละระดับความเจือจางปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาเกลี่ยลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 วัน และนับจำนวนเชื้อยีสต์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ รายงานผลเป็น CFU/ wound

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

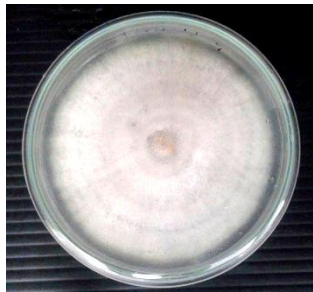
นำค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดรอยโรคบนผลมะม่วงที่ได้จากการทดลองมาแปลงค่าข้อมูลที่ได้จากรูปของเปอร์เซ็นต์ ให้เป็นค่าของ Arcsine transformation ก่อนนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way Analysis of Variance) โดยการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีในการทดลองโดยใช้ Duncan's multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$)

บทที่ 4

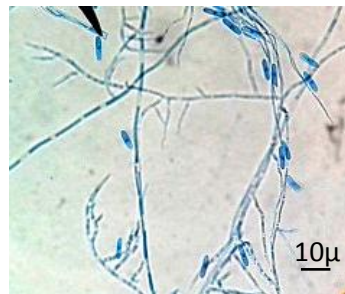
ผลการทดลอง

4.1 ผลการแยกเชื้อราก่อโรค

ผลของการแยกเชื้อราก่อโรคแอนแทรกโนส ที่แยกได้จากผลมะม่วงสุกที่มีลักษณะของโรคแอนแทรกโนส เมื่อนำมาจัดจำแนกตามหนังสือ Illustrated Genera of Imperfect Fungi (Barnett, 1960) พบว่า เชื้อรา *Colletotrichum* ที่แยกได้จากผลมะม่วงสุกที่มีลักษณะของโรคแอนแทรกโนส มีลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเส้นใยสีขาวฟูคล้ายสำลี และเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทา เมื่อโคโลนีมีอายุแก่ขึ้น สีของโคโลนีของเชื้อราต่างอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสีเทาเข้ม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีระหว่าง 6.5-9.0 เซนติเมตร และโครงสร้างสำหรับการสร้างสปอร์ หรือ Aerial mycelium มีลักษณะเป็นวงแหวนที่มีสีส้ม อยู่ตรงกลางโคโลนี เมื่อตรวจดูลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า เส้นใยเชื้อรามีผนังกัน มีลักษณะของโคนเดี่ยวเป็นเซลล์เดี่ยว รูปไข่ถึงทรงกระบอกหัวมนท้ายมน (Cylindrical) ขนาดประมาณ 9-24 x 3-4.5 ไมโครเมตร และ Acervuli ไม่มี Setae (ภาพที่ 11 และตารางที่ 2)



โคโลนี เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*



เส้นใยและสปอร์

ภาพที่ 11 ลักษณะโคโลนี เส้นใย และสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสที่แยกจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นระยะเวลา 12 วัน

ตารางที่ 2 ลักษณะการเจริญและสัณฐานวิทยาของเชื้อราแยกผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ที่พบ
อาการโรคแอนแทรกโนส ที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นระยะเวลา 7 วัน

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา	ลักษณะที่ปรากฏของเชื้อราที่คัดแยกได้จากผลมะม่วง
1) สีของโคโลนี	สีขาว-ขาวเทา และโคโลนีด้านล่างอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสีเทาเข้ม
2) ขนาดของโคโลนี	6.5-9.0 เซนติเมตร
3) โครงสร้างสำหรับสร้างสปอร์	เป็นวงแหวนที่มีสีส้ม อยู่ตรงกลางโคโลนี
4) ลักษณะของโคโคนี้เดียว	รูปไข่ถึงทรงกระบอกหัวมนท้ายมน ขนาด 9-24 x 3-4.5 ไมโครเมตร
5) ลักษณะของ Acervuli	ไม่มี Setae

เมื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ เชื้อรา *Colletotrichum* ที่แยกได้จากรอยแผลโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่ทำการเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA กับผลการทดลองของ สุดารัตน์ สุตพันธ์ และเพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล (2552) พบว่า ลักษณะของเชื้อรา *Colletotrichum* ที่แยกได้ในการศึกษาครั้งนี้ มีลักษณะตรงกับเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (ตารางที่ 3) เมื่อนำเชื้อราที่แยกได้ในการศึกษาครั้งนี้ไปทำการทดสอบการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า สามารถสังเกตอาการของโรคแอนแทรกโนสบนผลมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ โดยมีการปรากฏของแผลที่มีลักษณะเป็นจุดสีดำ ค่อนข้างกลม และแผลยุบลง (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 อาการของโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา
Colletotrichum gloeosporioides ที่แยกได้

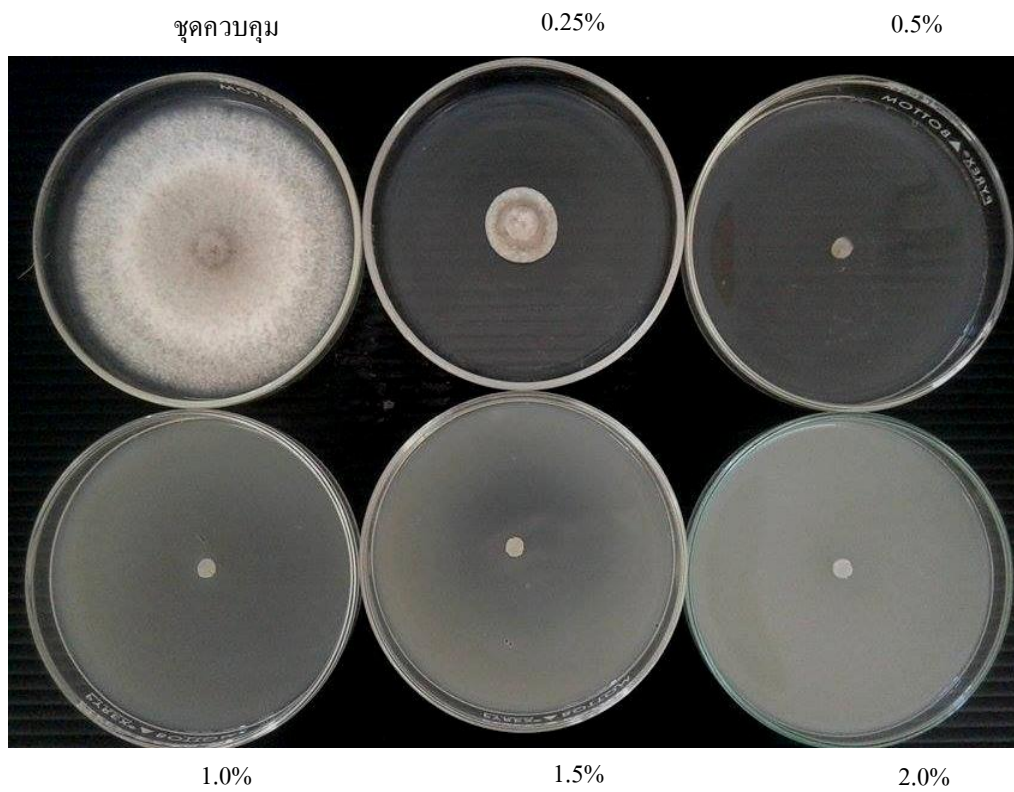
ตารางที่ 3 การจัดจำแนกสปีชีส์ของเชื้อรา *Colletotrichum* ที่แยกได้จากพริกในประเทศไทย
(สุดารัตน์ สุดพันธ์ และเพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล, 2552)

Species	Colony	Conidia		Setae*
		Size (µm)	Shape	
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Grey-white mycelium	9.9-15x3.3-5.6	Cylindrical	-
<i>Colletotrichum capsici</i>	Grey-white mycelium -Pale brown to dark green	19.4-24 x 2.7- 3.5	Falcate	+
<i>Colletotrichum coccodes</i>	Grey-white mycelium -Pale brown to dark green	12-16.1 x 3.7- 5	Fusiform; medianly constricted	+
<i>Colletotrichum acutatum</i>	White -pink mycelium - Salmon to dark orange	5.8-13.5 x 2.8- 4.7	Fusiform; narrow with pointed ends	-

* + หมายถึง พบ Setae, - หมายถึง ไม่พบ Setae

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ทำการทดสอบโดยวิธี Poisoned food technique โดยการตัดเส้นใยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* วางบนอาหาร PDA ที่ผสมสารสกัดหยาบจากข่าและตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 0% (v/v) 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) 1.0% (v/v) 1.5% (v/v) และ 2.0% (v/v) หรือสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 0% (v/v) 7.0% (v/v) 8.0% (v/v) 9.0% (v/v) 10% (v/v) 11% (v/v) และ 12% (v/v) พบว่า สารสกัดหยาบจากข่าที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.25% (v/v) เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้สูง โดยแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเท่ากับ $86.0 \pm 5.06\%$ และที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (v/v) ขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้อย่างสมบูรณ์ 100% (ภาพที่ 13 และตารางที่ 4) สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม พบว่าทุกความเข้มข้นของสารสกัดหยาบตะไคร้หอมสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% (ภาพที่ 14 และตารางที่ 5) ส่วนสารสกัดหยาบจากมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 0% (v/v) 7.0% (v/v) 8.0% (v/v) 9.0% (v/v) 10% (v/v) 11% (v/v) และ 12% (v/v) พบว่าทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งความเข้มข้น ที่ 12% (v/v) คือความเข้มข้นดีที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ $89.9 \pm 0.37\%$ (ภาพที่ 15 และ ตารางที่ 6)



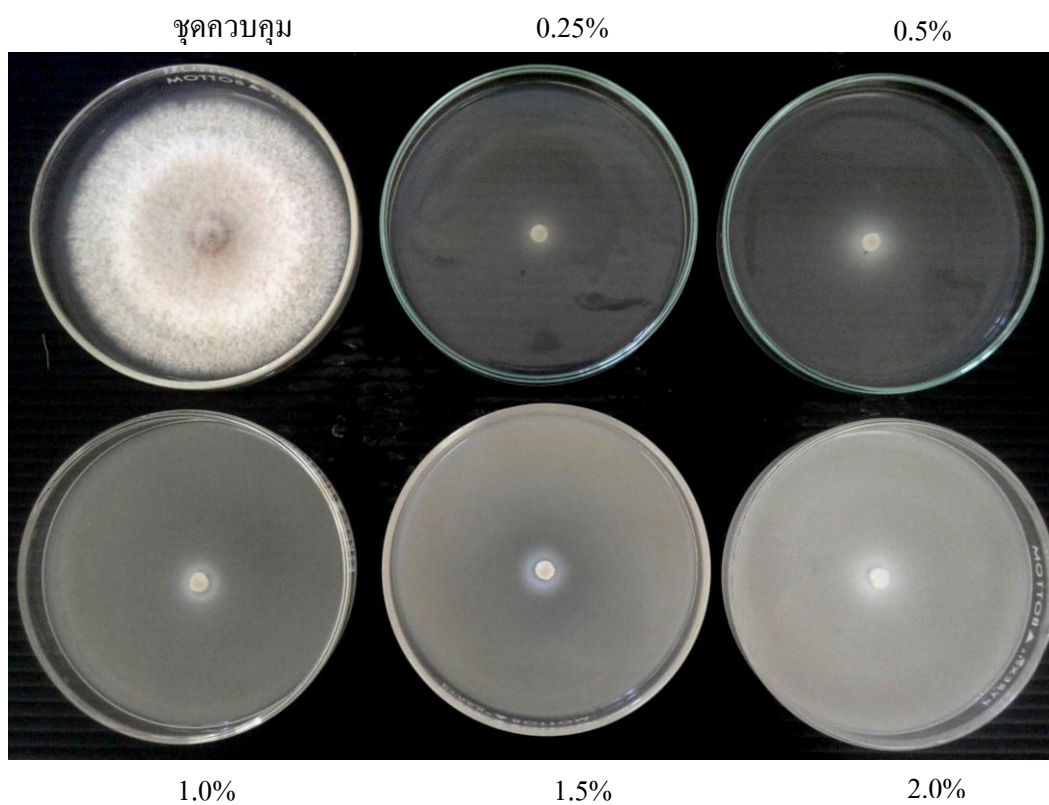
ภาพที่ 13 การเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัด
 หยาดจากข่าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2
 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4 ขนาดโคโลนีและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบจากข่า (*Alpinia galangal*) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้เป็นระยะเวลา 12 วัน

ความเข้มข้นของ สารสกัดหยาบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ ของเส้นใยเชื้อรา (%) [*]
0% (v/v)	7.9±0.2	0.0±0.00 ^c
0.25% (v/v)	1.1±0.4	86.9±5.06 ^b
0.5% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a
1.0% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a
1.5% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a
2.0% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างหากมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

จากการทดสอบสารสกัดหยาบจากข่าที่ระดับความเข้มข้น 0% (v/v) 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) 1.0% (v/v) 1.5% (v/v) และ 2.0% (v/v) ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.25% (v/v) มีความสามารถในการยับยั้งได้ $86.9 \pm 5.06\%$ ในขณะที่ ที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (v/v) ถึง 2.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ถึง 100%



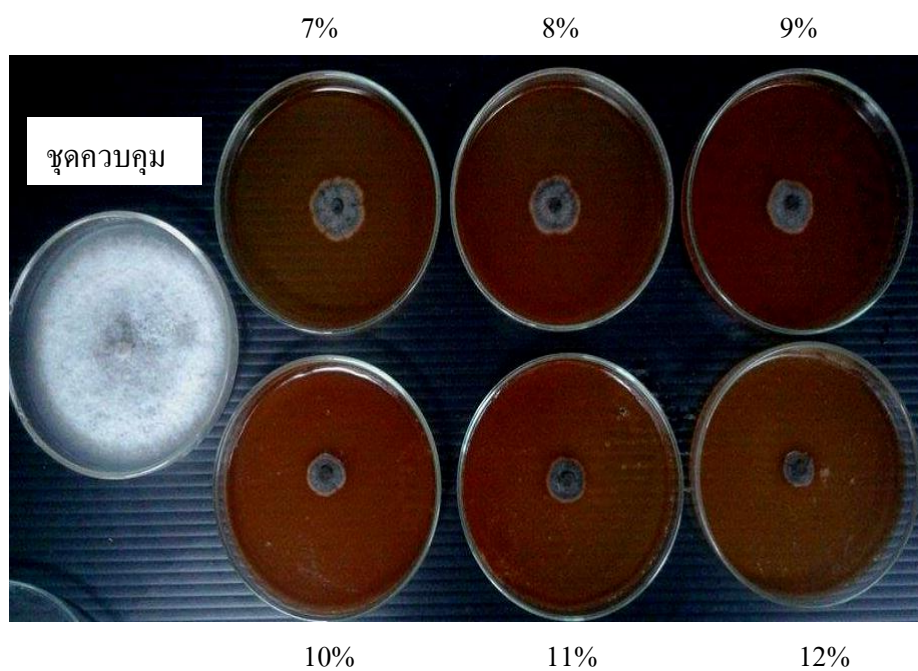
ภาพที่ 14 การเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัด
 หยาดจากตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อไว้ระยะเวลา
 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 5 ขนาดโคโลนีและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 12 วัน

ความเข้มข้นของ สารสกัดหยาบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ ของเส้นใยเชื้อรา (%) [*]
0% (v/v)	8.0±0.0	0.0±0.0 ^b
0.25% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.0 ^a
0.5% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.0 ^a
1.0% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.0 ^a
1.5% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.0 ^a
2.0% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.0 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างหากมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

จากการทดสอบสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้น 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) 1.0% (v/v) 1.5% (v/v) และ 2.0% (v/v) ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.25% (v/v) ถึง 2.0% (v/v) สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% ในทุกระดับความเข้มข้น



ภาพที่ 15 การเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัด
หยาบจากมังคุด (*Garcinia mangostana*) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อไว้ระยะเวลา 9 วัน
ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 6 ขนาดโคโลนีและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมกับสารสกัดหยาบจากมังคุด (*Garcinia mangostana*) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 9 วัน

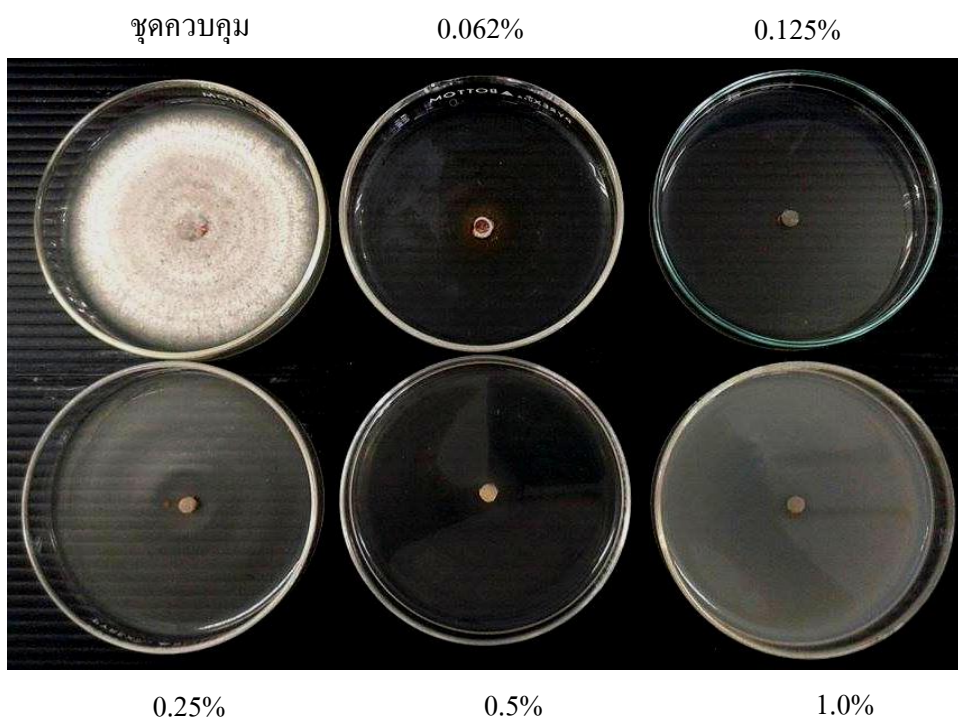
ความเข้มข้นของ สารสกัดหยาบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ ของเส้นใยเชื้อรา (%) [*]
0% (v/v)	7.8±0.3	0.0±0.00 ^f
7.0% (v/v)	2.0±0.1	73.9±0.74 ^c
8.0% (v/v)	1.9±0.1	75.6±1.29 ^c
9.0% (v/v)	1.5±0.0	80.7±0.00 ^d
10.0% (v/v)	1.1±0.1	85.6±1.48 ^c
11.0% (v/v)	1.0±0.1	87.6±1.34 ^b
12.0% (v/v)	0.8±0.0	89.9±0.37 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

จากการทดสอบสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 0% (v/v) 7.0% (v/v) 8.0% (v/v) 9.0% (v/v) 10.0% (v/v) 11.0% (v/v) และ 12.0% (v/v) ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ในทุกระดับความเข้มข้น โดยที่ระดับความเข้มข้น 12.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 89.9±0.37% ซึ่งเป็นระดับที่สูงที่สุดในขณะที่ระดับความเข้มข้น 7.0% (v/v) 8.0% (v/v) 9.0% (v/v) 10.0% (v/v) และ 11.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ที่ 73.9±0.74% 75.6±1.29% 80.7±0.00% และ 87.6±1.34% ตามลำดับ

4.3 ผลของการทดสอบของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Eugenol ซึ่งเป็นสารหลักในสารสกัดจากข่าโดยทำการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา พบว่าน้ำมันหอมระเหย Eugenol สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่ระดับความเข้มข้น 0.062% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ $98.8 \pm 0.00\%$ ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 0.125% (v/v) ถึง 1.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ $100 \pm 0.00\%$ ดังแสดงในภาพที่ 16 และตารางที่ 7



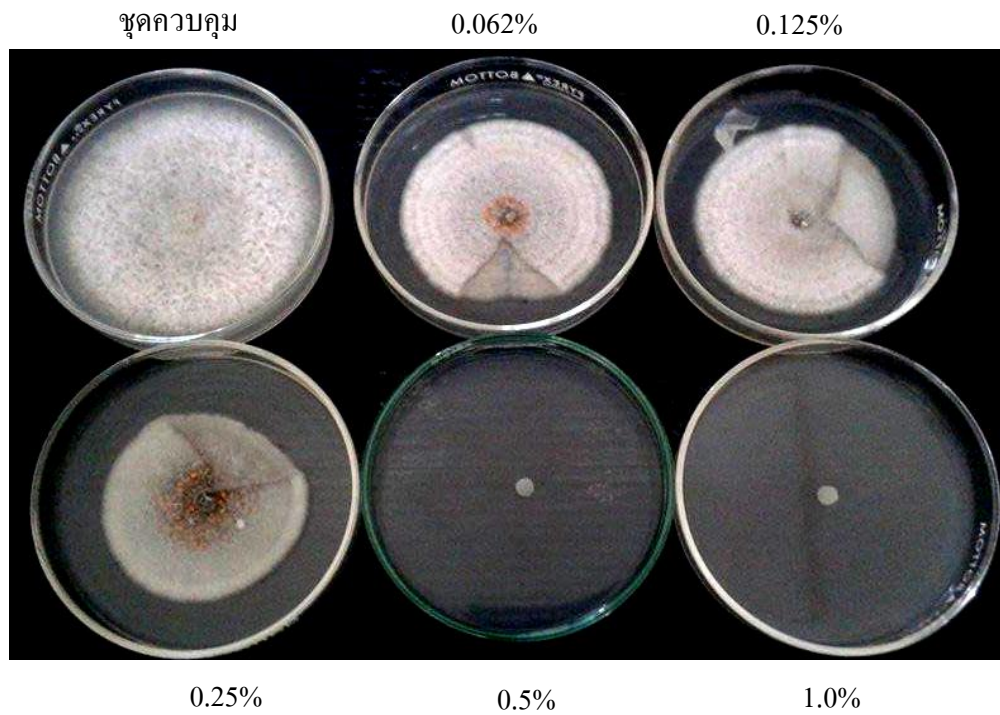
ภาพที่ 16 การเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Eugenol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 7 ขนาดโคโลนีและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Eugenol ที่ได้จากข่า ที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 12 วัน

ความเข้มข้นของ สารสกัดขยาบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (%) [*]
0% (v/v)	8.0±0.0	0.0±0.00 ^b
0.062% (v/v)	0.1±0.0	98.8±0.00 ^a
0.125% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a
0.25% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a
0.5% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a
1.0% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ได้จากตะไคร้หอม ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* พบว่า ทุกระดับความเข้มข้น สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0.062% (v/v) สามารถยับยั้งได้ 23.1±1.65% ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (v/v) และ 1.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100% ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 0.125% และ 0.25% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 33.8±1.09% และ 38.5±1.81% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 17 และตารางที่ 8



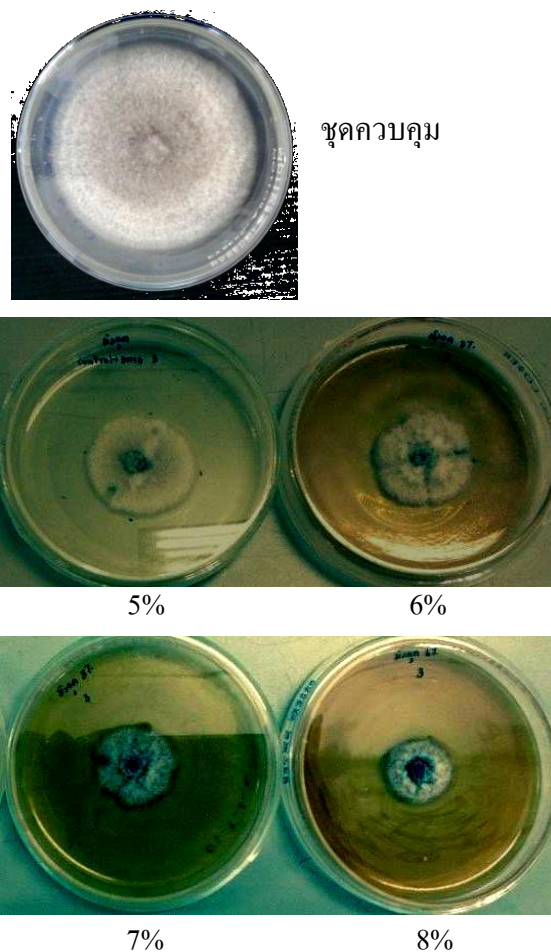
ภาพที่ 17 การเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Citronellal ได้จากตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 8 เปรอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ได้จากตะไคร้หอมที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 12 วัน

ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (%) [*]
0% (v/v)	8.0±0.1	0.0±0.00 ^c
0.062% (v/v)	6.1±0.1	23.1±1.65 ^d
0.125% (v/v)	5.3±0.1	33.8±1.09 ^c
0.25% (v/v)	4.9±0.1	38.5±1.81 ^b
0.5% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a
1.0% (v/v)	0.0±0.0	100.0±0.00 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Xanthone ที่ได้จากสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้น 5.0% (v/v) 6.0% (v/v) 7.0% (v/v) และ 8.0% (v/v) ตามลำดับ พบว่า มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบว่า เมื่อใช้ Xanthone ที่ระดับความเข้มข้นมากขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อจะสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้มากขึ้นตามลำดับ โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 5.0% (v/v) มีความสามารถในการยับยั้งได้น้อยที่สุด ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 6.0% (v/v) ถึง 8.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 47.5±1.75% ถึง 72.6±0.00% ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 8.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้สูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 18 และตารางที่ 9



ภาพที่ 18 การเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ผสม น้ำมันหอมระเหย Xanthone ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ บ่มเชื้อระยะเวลา 9 วัน ที่ อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 9 ขนาดโคโลนีและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Xanthone ที่ได้จากเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ บ่มไว้ระยะเวลา 9 วัน

ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (%) [*]
0% (v/v)	7.3±0.2	0.0±0.00 ^{c*}
5.0% (v/v)	4.4±0.1	40.2±0.79 ^d
6.0% (v/v)	3.8±0.1	47.5±1.75 ^c
7.0% (v/v)	3.1±0.0	56.9±0.00 ^b
8.0% (v/v)	2.0±0.0	72.6±0.00 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างก็มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$

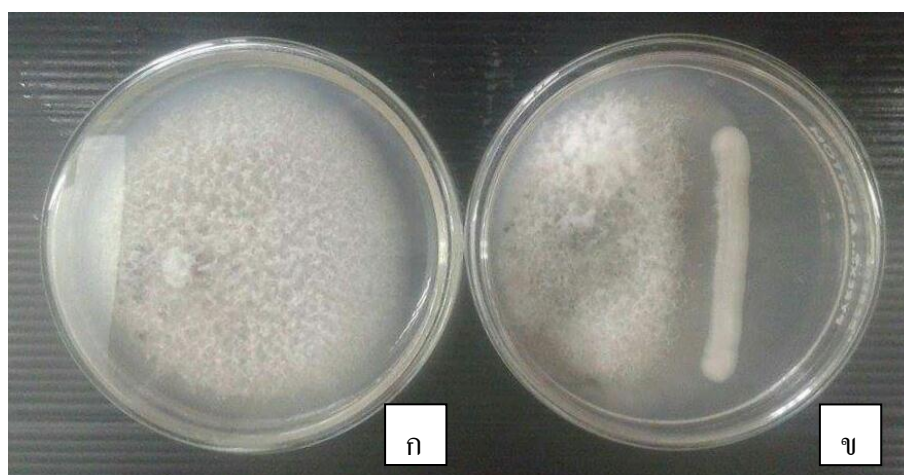
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

ผลของประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ต่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่ชุดทดสอบที่ฉีดเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ที่ 39.58±1.80% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังภาพที่ 19 และตารางที่ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพของยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ต่อยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนจานเพาะเลี้ยงที่ระยะเวลา 12 วัน ด้วยอาหาร PDA

ชุดทดสอบ	เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราก่อโรค <i>C. gloeosporioides</i> (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เชื้อราก่อโรค (%) [*]
ชุดควบคุม (เชื้อราก่อโรค)	8.00±0.00	0.00±0.00 ^b
ชุดทดสอบที่ฉีดเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์	4.83±0.14	39.5±1.80 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$



ภาพที่ 19 ลักษณะการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (ก) ชุดควบคุม และ (ข) ชุดทดสอบที่ฉีดเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24

4.5 ผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24

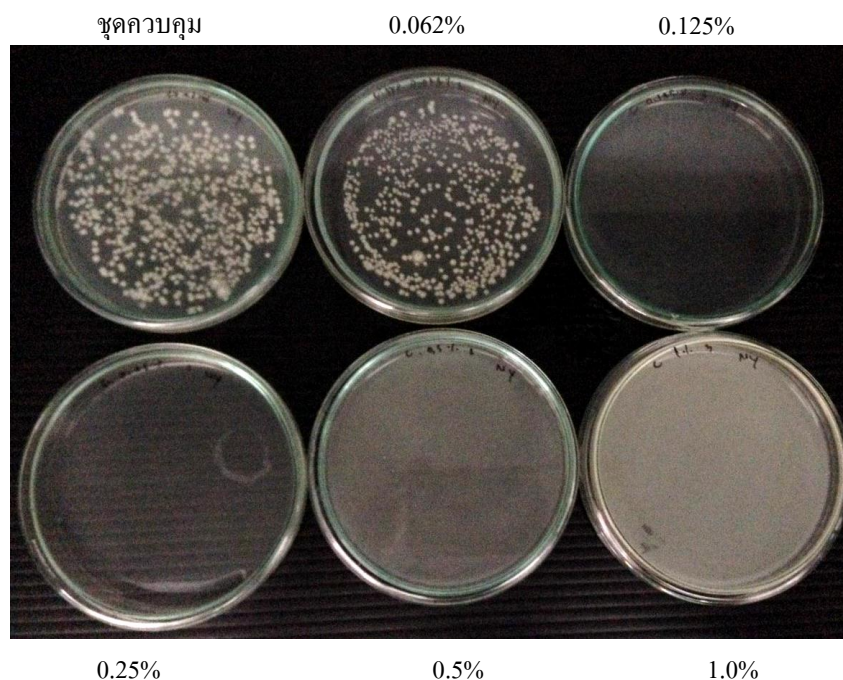
การทดสอบน้ำมันหอมระเหย Citronellal ต่อการเจริญของยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ที่ระดับความเข้มข้น 0.062% (v/v) 0.125% (v/v) 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) และ 1.0% (v/v) พบว่า ยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 สามารถเจริญได้ในความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่เท่ากับ 0.062% (v/v) โดยมีเปอร์เซ็นต์เจริญเท่ากับ 97.87±0.18% ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย Citronellal อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความ

เข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย Citronellal เท่ากับ 0.062% (v/v) พบการเจริญของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 สูงที่สุด ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.125% (v/v) 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) และ 1.0% (v/v) ซึ่งไม่สามารถตรวจพบการเจริญของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 แสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นมีผลต่อการเจริญของยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ดังตารางที่ 11 และภาพที่ 20 ฉะนั้นความเข้มข้น 0.062% (v/v) คือความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 11 ผลของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ต่อการเจริญของยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24

ความเข้มข้นของ น้ำมันหอมระเหย Citronellal	ค่าเฉลี่ย $\text{Log}_{10}\text{CFU/ml}$	เปอร์เซ็นต์การเจริญของยีสต์ (%) *
ชุดควบคุมไม่เติมสารสกัด	6.43 ± 0.03	100.00 ± 0.47^a
0.062% (v/v)	6.29 ± 0.01	97.87 ± 0.18^b
0.125% (v/v)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00^c
0.25% (v/v)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00^c
0.5% (v/v)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00^c
1.0% (v/v)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00^c

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$



ภาพที่ 20 การเจริญของเซลล์ยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 บนอาหาร PDA ผสมน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบจานควบคุมซึ่งเป็นอาหาร PDA ที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย

4.6 ผลของการทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์

Issatchenkia orientalis VCU24 ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ต่อการยับยั้งการเกิดโรคในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า ชดควบคุมที่ใส่เชื้อราก่อโรค ชดควบคุมที่ใส่สารฆ่าเชื้อรา Carbendazim ชดทดสอบที่ใส่น้ำมันหอมระเหย Citronellal เพียงอย่างเดียว และชดทดสอบที่ใส่ยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ร่วมกับสาร Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ให้ผลในการยับยั้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือ ชดควบคุมที่ใส่สารฆ่าเชื้อรา Carbendazim ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคในรอยแผลบนผลมะม่วงได้ดีที่สุดคือ $92.10 \pm 1.38\%$ ในขณะที่ ชดทดสอบที่ใส่น้ำมันหอมระเหย Citronellal อย่างเดียว และชดทดสอบที่ใส่ยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ร่วมกับน้ำมันหอมระเหย Citronellal สามารถยับยั้งการเกิด

โรคในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ไม่ได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ใส่เชื้อราก่อโรค เฮอร์เซ็นต์การยับยั้งได้ $81.73 \pm 2.71\%$ และ $30.13 \pm 17.24\%$ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13 และ ภาพที่ 21 และการศึกษาปริมาณเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในชุดทดสอบที่แตกต่างกัน พบว่า ในชุดควบคุมที่ใส่ยีสต์อย่างเดียว และชุดทดสอบที่ใส่น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ โดยปริมาณเซลล์ยีสต์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณเซลล์ยีสต์เท่ากับ 8.85 ± 0.52 และ $8.78 \pm 0.04 \text{ Log}_{10}\text{CFU/ wound}$ ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หลังการบ่มนาน 7 วัน

ชุดการทดสอบ	เส้นผ่าศูนย์กลางรอยโรค (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค (%) [*]
(ก) ชุดควบคุมน้ำกลั่น	ND	ND
(ข) ชุดควบคุมยีสต์ <i>I. orientalis</i> VCU24	ND	ND
(ค) ชุดควบคุมที่ใส่เชื้อราก่อโรค	2.1 ± 0.2	0.00 ± 0.00^d
(ง) ชุดควบคุมที่ใส่เชื้อราก่อโรค + Carbendazim (1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	0.2 ± 0.1	92.10 ± 1.38^a
(จ) ชุดทดสอบใส่เชื้อราก่อโรค + 0.062% (v/v) Citronellal	1.5 ± 0.3	30.13 ± 17.24^c
(ฉ) ชุดทดสอบใส่เชื้อราก่อโรค + 0.062% (v/v) Citronellal + <i>I. orientalis</i> VCU24 (1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	0.4 ± 0.1	81.73 ± 2.71^b

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ ND คือ ไม่พบรอยโรคและเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค (Not detected)



ภาพที่ 21 ลักษณะการเกิดโรคในรอยแผลบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในชุดทดสอบที่แตกต่างกันดังนี้

- (ก) ชุดควบคุมน้ำกลั่น
- (ข) ชุดควบคุมยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24
- (ค) ชุดควบคุมที่ใส่เชื้อราก่อโรค
- (ง) ชุดควบคุมที่ใส่เชื้อราก่อโรค + Carbendazim (1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
- (จ) ชุดทดสอบใส่เชื้อราก่อโรค + 0.062% (v/v) Citronellal
- (ฉ) ชุดทดสอบใส่เชื้อราก่อโรค + 0.062% (v/v) Citronellal + *I. orientalis* VCU24 (1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

ตารางที่ 13 การเจริญของยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ในรอยแผลบนผลมะม่วง
น้ำดอกไม้ในชุดทดสอบที่แตกต่างกัน

ชุดทดสอบ	ปริมาณของยีสต์* (Log ₁₀ CFU/ wound)
(ก) ชุดควบคุมน้ำกลั่น	ND
(ข) ชุดควบคุมยีสต์ <i>I. orientalis</i> VCU24	8.85 ± 0.52 ^a
(ค) ชุดควบคุมเชื้อราก่อโรค	ND
(ง) ชุดควบคุมเชื้อราก่อโรค + Carbendazim (1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ND
(จ) ชุดทดสอบใส่เชื้อราก่อโรค + 0.062% (v/v) Citronellal	ND
(ฉ) ชุดทดสอบใส่เชื้อราก่อโรค + 0.062% (v/v) Citronellal + <i>I. orientalis</i> VCU24 (1 x 10 ⁸ เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	8.78 ± 0.04 ^a

*ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ ND คือ ไม่สามารถตรวจพบการเจริญของยีสต์ (Not detected)

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้ทำการทดลองเปรียบเทียบสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด คือ ข่า ตะไคร้หอม และเปลือกมังคุด และน้ำมันหอมระเหยจากพืช 3 ชนิด คือ Eugenol Citronellal และ Xanthone ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ผลการทดลองพบว่า น้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ Eugenol ที่ระดับความเข้มข้น 0.125% (v/v) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100% ส่วนการใช้สารสกัดหยาบจากข่าสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100% เมื่อใช้ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.5% (v/v) ในขณะที่สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.062% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100% ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีกว่า Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ส่วนสารสกัดจากเปลือกมังคุด และ Xanthone มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ไม่แตกต่างกัน และการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำมันหอมระเหย Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ต่อการยับยั้งการเกิดโรคในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า ชุดควบคุมที่ใช้สารฆ่าเชื้อรา Carbendazim ให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ $92.10 \pm 1.38\%$ สำหรับชุดที่ใช้ Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 และชุดทดสอบที่ใช้ Citronellal อย่างเดียว สามารถยับยั้งการเกิดโรคในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ $81.73 \pm 2.71\%$ และ $30.13 \pm 17.24\%$ ตามลำดับ และการศึกษาปริมาณเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ในรอยแผลบนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในชุดทดสอบที่แตกต่างกัน พบว่า ในชุดควบคุมที่ใส่ยีสต์อย่างเดียว ชุดทดสอบที่ใส่น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ พบว่ายีสต์ *I. orientalis* VCU24 มีปริมาณเซลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสามารถนับจำนวนได้ 8.85 ± 0.52 และ 8.78 ± 0.04 Log₁₀CFU/ wound ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด คือ ข่า ตะไคร้หอม และเปลือกมังคุด และน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 3 ชนิด คือ Eugenol Citronellal และ Xanthone ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยวิธี Poisoned food technique พบว่า สารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ แต่มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นสารสกัดในแต่ละชนิด ดังนั้นปริมาณหรือความเข้มข้นของสารสกัดจะเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งในการคัดเลือกสารสกัดที่จะนำมาใช้จริง ๆ เพราะสารสกัดที่ปริมาณมากหรือความเข้มข้นสูง ๆ ถึงแม้จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งโรคใด ๆ ได้ดี แต่จะมีผลกระทบต่อรสชาติ หรือกลิ่นต่าง ๆ ของผลไม้ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อสุขภาพผู้บริโภค ดังนั้นการคัดเลือกสารสกัดจากพืชสมุนไพรมีความจำเป็นต้องพิจารณาจากสารสกัดที่มีความเข้มข้นน้อยที่สุดแต่มีประสิทธิผลมากที่สุดในการกำจัดหรือป้องกันโรคนั้น ๆ ได้ จากการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบจากข่าที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ 0.5% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 100% ในขณะที่การใช้น้ำมันหอมระเหย Eugenol ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0.062% (v/v) ขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสามารถยับยั้งได้ตั้งแต่ $98.8 \pm 0.00\%$ ถึง 100% ขึ้นไป แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหย Eugenol ที่เป็นองค์ประกอบในข่ามีฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ดีกว่าการใช้สารสกัดหยาบจากข่า

Eugenol เป็นสารประกอบกลุ่ม Phenolic ที่มีโครงสร้างเป็น Cyclic hydrocarbons หรือ Benzene ring โดยมีหมู่ฟังก์ชันเป็น Hydroxyl groups ซึ่งแสดงมีลักษณะเป็น Lipophilic ที่ทำให้คุณสมบัติความเป็น Fluidity และ Premeability ของเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น โดยการไปรบกวนการผ่านเข้าออกของไอออน ทำให้สภาวะของแรงดันออสโมติกในเยื่อหุ้มเซลล์ไม่สมดุลเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีน ปริมาณ Ergosterol ที่ลดลง และมีผลไปยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ผนังเซลล์ (Cell wall) ด้วยเหตุนี้สารดังกล่าวจึงสามารถแสดงกิจกรรมในการยับยั้งและต้านการเจริญของเชื้อราได้ (Campaniello, Corbo, & Sinigaglia, 2010; de Oliveira Pereira, et al., 2013) ซึ่งรายงานการศึกษาที่ผ่านมาที่แสดงถึงศักยภาพของ Eugenol ในการต้านเชื้อราก่อโรคพืชหลายชนิด

จากการศึกษาของ Pinto et al. (2009) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหย Eugenol สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Aspergillus flavus*, *Aspergillus* ATCC type strains (*Aspergillus fumigatus* และ *Aspergillus niger*) ได้ คล้ายกับการศึกษาของ Wang et al. (2010) ที่แสดงว่าน้ำมันหอมระเหย Eugenol สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคพืชชนิดต่าง ๆ ได้มีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่า น้ำมันหอมระเหย Eugenol มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญ

ของเส้นใยเชื้อราก่อโรคพืช *Botrytis cinerea* และ *Sclerotinia sclerotiorum* โดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 38.6 และ 39.94 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือ 0.00386% และ 0.003994% (w/v) ตามลำดับ และ นวรัตน์ อิ่มจิตร และชัยณรงค์ รัตนกริษากุล (2551) ท้ายเล่ม ทำการทดลองประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Eugenol โดยวิธี Poisoned food technique ยับยั้งการเจริญของเชื้อแอนแทรคโนสในพริก (*Colletotrichum capsici*) พบว่า ที่ความเข้มข้นมากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.02% (w/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. capsici* ได้ 100% นอกจากนี้ การศึกษาของ de Albuquerque Melo, Filho, Camara, Lima, and Santos (2013) ได้ทำการทดลองโดยวิธี Poisoned food technique ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gossypii* var *cephalosporioides* พบว่า Eugenol ที่ระดับความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.03% (w/v) มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gossypii* var *cephalosporioides* ได้ 100% และการศึกษาของ Combrinck, Regnier, and Kamatou (2011) ที่รายงานว่าความเข้มข้นของ Eugenol ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 1,000 ไมโครลิตรต่อลิตร หรือ 0.1% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* ที่พบในผลอาโวคาโดและผลมะม่วง ได้ 100% ซึ่งสอดคล้องกับในการศึกษาครั้งนี้ ที่พบว่าการใช้ Eugenol ในระดับระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.125% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรค *C. gloeosporioides* ที่แยกจากผลมะม่วงน้ำดอกไม้ได้อย่างสมบูรณ์ 100% แต่อย่างไรก็ตาม ในรายงานการศึกษาวิจัยบางฉบับ พบว่าการใช้ Eugenol ที่ระดับความเข้มข้น 8 ไมโครลิตรต่อลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่พบได้ในพริกหยวก (Pepper fruit) ได้อย่างสมบูรณ์ 100% โดยพบการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 90.15% (Hong et al., 2015)

ทั้งนี้ ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Eugenol มีความแปรปรวน เมื่อทำการทดสอบกับเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่แยกจากพืชชนิดเดียวกัน หรือพืชต่างชนิดกัน โดยมีการศึกษาที่บ่งชี้ว่าเชื้อรา *C. gloeosporioides* แต่ละไอโซเลทที่แยกได้จากผลสตอร์ว์เบอร์รี่และผลไม้อื่น ๆ มีอยู่ 2 กลุ่ม ได้แก่ เชื้อก่อโรคได้รุนแรง และเชื้อก่อโรคได้ไม่รุนแรง ซึ่ง *C. gloeosporioides* กลุ่มที่ก่อโรครุนแรง และกลุ่มที่ก่อโรคไม่รุนแรง มีแนวโน้มที่จะจัดอยู่ในกลุ่มที่แยกออกจากกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ Cluster analysis โดย *C. gloeosporioides* กลุ่มที่ก่อโรครุนแรงจะมีลักษณะของ Fingerprint ของจีโนม ที่ใกล้ชิดกัน และ *C. gloeosporioides* กลุ่มที่ก่อโรคไม่รุนแรงก็จะมีลักษณะของ Fingerprint ของจีโนม ที่ใกล้ชิดกัน (Suzuki, Tanaka-Miwa, Ebihara, Ito, & Uematsu, 2010) ดังนั้น ความแปรปรวนของประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* อาจขึ้นอยู่กับความแตกต่างของเชื้อรา *C. gloeosporioides* แต่ละไอโซเลทที่มีความทนทานต่อการ

ทดสอบด้วยสารสกัดได้แตกต่างกันจึงทำให้เมื่อนำมาทดสอบความไวต่อน้ำมันหอมระเหย Eugenol จึงแสดงผลในระดับที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองที่ใช้สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า ที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ 0.25% (v/v) ขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100% เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากข่าที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน พบว่าสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สูงกว่าสารสกัดหยาบจากข่า ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่พบในการการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งมีการรายงานศักยภาพของสารสกัดหยาบจากตะไคร้ หรือตะไคร้หอมในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคพืชในสกุล *Colletotrichum* รายงานการวิจัยของ วราภรณ์ สุทธิสา และคณะ (2557) ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากตะไคร้ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. โดยวิธี Dual culture พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากตะไคร้ที่ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 2% (w/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 66.62% และจากรายงานของวัชรวิทย์ วิทวารธกุล, ทศนาพร ทศคร และชารทิพย์ ภาสบุตร (2555) ที่ได้ศึกษาสารสกัดน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคเกสรดำในกล้วยหอมสกุลหวายหลังการเก็บเกี่ยว โดยวิธี Poisoned food technique พบว่าที่ความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.5% (w/v) และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 1.0% (w/v) จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 100% และจากการศึกษาของ Tzortzakakis and Economakis (2007) ที่ศึกษาสารสกัดจากตะไคร้ชนิด *Cymbopogon citratus* เพื่อประเมินประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum coccodes* ที่แยกจากมันฝรั่ง (*Lycopersicon esculentum* L.) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นที่ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.05% (w/v) สามารถยับยั้งการเจริญของสปอร์และการพัฒนาของโคโคนีหรือการเจริญของเชื้อรา *C. coccodes* ได้ 100% หลังจากที่ย้อมเลี้ยงไว้ที่ 10 วัน และมีรายงานถึงการนำสารสกัดหยาบจากตะไคร้มาใช้ควบคุมเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในการเก็บรักษามะม่วงสุก ได้ที่ระดับความเข้มข้น 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.4% (w/v) (Duamkhanmanee, 2008)

ทั้งนี้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม ได้แก่ Citronellal โดย Aguiar et al. (2014) ได้ทำการศึกษาสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม *Cymbopogon nardus* ในประเทศบราซิล พบว่าตะไคร้หอมมี Citronellal เป็นสารประกอบหลักเท่ากับ 36.6% และการศึกษาของ de Oliveira et al. (2010) พบว่าในสารสกัดหยาบตะไคร้หอมมีองค์ประกอบหลักเป็น Citronellal เท่ากับ 34.60% แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Sellamuthu,

Sivakumar, and Soundy (2013) และ Jantamas, Matan, and Aewsiri (2016) รายงานว่าในสารสกัดหยาดตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus*) มีองค์ประกอบหลักเป็น Citronellal ในปริมาณที่น้อยกว่าเท่ากับ 27.59% และ 27.5% ตามลำดับ โดย Citronellal และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดอื่น ๆ ในสารสกัดหยาดจากตะไคร้หอม เช่น Geraniol และ Citronellol มีคุณสมบัติในการยับยั้งและต้านการเจริญของเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพ (de Oliveira Pereira, et al., 2015) ซึ่งความแปรปรวนของสัดส่วนของสารออกฤทธิ์ในสารสกัดหยาดจากตะไคร้หอมนั้นอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ศักยภาพในการยับยั้งและต้านการเจริญของเชื้อราของสารสกัดหยาดจากตะไคร้หอมมีความแตกต่างกัน

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจนำน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่มีรายงานว่าพบมากที่สุดในการสกัดหยาดตะไคร้หอมมาศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งและต้านการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* โดยผลการศึกษาพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย Citronellal เท่ากับ 0.5% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Garcia et al. (2008) ที่แสดงว่าน้ำมันหอมระเหย Citronellal มีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช 3 ชนิด คือ *C. musae*, *C. gloeosporioides* และ *Fusarium subglutinans* f.sp. โดยพบว่า น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ 1% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. musae* และ *C. gloeosporioides* ได้ 100% และสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *F. subglutinans* f.sp. ได้ 80% และจากการศึกษาของ de Albuquerque Melo et al. (2013) รายงานถึงประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Citronella ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแอนแทรกคโนสในต้นฝ้าย (*C. gossypii* var *cephalosporioides*) ที่ระดับความเข้มข้น 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 1.5% (w/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. gossypii* var *cephalosporioides* ได้สูงสุด แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาที่ผ่านมาของ Aguiar et al. (2014) พบว่าความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นต่ำเพียง 0.47 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.00047% (w/v) หรือ 0.000548% (v/v) สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคแอนแทรกคโนสในกล้วย *C. musae* ได้อย่างสมบูรณ์ 100% โดยกลไกในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสาร Citronellal อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความเป็น Hydrophobicity และประจุที่บริเวณผิวของจุลินทรีย์ รวมทั้งการเข้าไปรบกวนสถานะสมดุลของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยการทำให้ในเยื่อหุ้มเซลล์มีองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงไป ลดระดับการสร้าง Ergosterol ลง และทำให้การเข้าออกของน้ำตาลกลูโคส ไฮโดรเจนไอออนและโพแทสเซียมไอออนเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ (Lopez-Romero, González-Ríos, Borges, & Simões, 2015; Singh, Fatima, & Hameed, 2016)

จากผลการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรค *Collectotrichum gloeosporioides* ของสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมและน้ำมันหอมระเหย Citronellal ครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *C. gloeosporioides* ได้ดีกว่า น้ำมันหอมระเหย Citronellal เนื่องจากสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมที่ความเข้มข้นต่ำ 0.25% (v/v) ที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% ต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100% ต้องใช้ความเข้มข้นของ Citronellal เท่ากับ 0.5% (v/v) ทั้งนี้การแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งที่แตกต่างกันของสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอมและสารน้ำมันหอมระเหย Citronellal อาจเนื่องมาจากผลของ Synergistic effect ของสารออกฤทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม การเกิด Synergistic effect ของสารออกฤทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบของสารสกัดจากพืชนั้นมีความสำคัญมากในการออกฤทธิ์ของสารสกัด (El-Kalek & Mohamed, 2012) เช่น ฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟีนอลิกสามารถช่วยเสริมฤทธิ์สารออกฤทธิ์ตัวอื่น ๆ ให้แสดงกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ (Williamson, 2001) โดยมีการรายงานว่า Citronellal และ Linalool ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในตะไคร้หอมเกิดปฏิกิริยาที่เสริมฤทธิ์กันระหว่างกัน (Nakahara et al., 2013) ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์แต่ละตัวรวมกัน (Aiyegoro & Okoh, 2009)

ส่วนสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด และน้ำมันหอมระเหย Xanthone สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้น 8.0% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ $75.6 \pm 1.29\%$ และ $72.6 \pm 0.00\%$ ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวนี้ อาจเป็นไปได้ว่า Xanthone น่าจะเป็นสารออกฤทธิ์ชนิดหลักที่แสดงศักยภาพในการยับยั้งและต้านการเจริญของเชื้อรา และกลไกในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การศึกษาที่ผ่านมา มีการยืนยันถึงการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ทั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด (นิภาดา ประสมทอง, มาระตรี เปลียนศิริชัย, ประภัสสร บุษหมั่น, วรภัทร ลัคนทินวงศ์ และมงคล วงศ์สวัสดิ์, 2554; Bhat & Al-Daihan, 2013) ในเปลือกมังคุดประกอบด้วยสารหลายอย่าง ได้แก่ Xanthones Flavonoids Benzophenones Lactones และ Phenolic acids ซึ่งสารเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียได้ (Yenjit et al., 2008) โดยการศึกษาของ Yenjit et al. (2008) ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุดในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืชในเขตร้อน พบว่าสารออกฤทธิ์ใน Fraction 5 ที่แยกได้จากสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และ *Collectotrichum gloeosporioides* ได้สูงที่สุดเท่ากับ 57.6% และ 43.5% ตามลำดับ นอกจากนี้แล้ว

สารออกฤทธิ์ใน Fraction 5 นี้ยังสามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงได้สูง 83.3% รวมทั้งการศึกษาของ นิภาดา ประสมทอง และคณะ (2554) ยังรายงานถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุดระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.01% (w/v) 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 0.1% (w/v) และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 1.0% (w/v) ต่อการต้านการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า สามารถยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 54.01% 54.05% และ 55.14% ตามลำดับ สอดคล้องกับงานทดลองในการศึกษาครั้งนี้ โดยพบว่าการใช้สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดในระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้นจะสามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสามารถยับยั้งได้สูงสุดเท่ากับ $89.9 \pm 0.37\%$ เมื่อใช้สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 12% (v/v) ที่ใช้ในการศึกษานี้ และการศึกษาของ Narasimhan et al. (2017) ที่ศึกษาถึงฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย Xanthoness หรือ α -Mangostin จากเปลือกมังคุด พบว่า Xanthoness หรือ α -Mangostin ที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 0.01% (w/v) สามารถยับยั้ง *Candida albicans* และ *Aspergillus niger* โดยมีบริเวณการยับยั้งเท่ากับ 10 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม α -Mangostin มีฤทธิ์ในการยับยั้งยีสต์และเชื้อราก่อโรคทั้ง 2 ชนิด น้อยกว่า การใช้ Alkelate mangostin ที่เป็นอนุพันธ์หนึ่งของ α -Mangostin ที่ทำการดัดแปลง ในระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน ซึ่งมีโซนการยับยั้ง 12 มิลลิเมตร และ 13 มิลลิเมตร สำหรับ *C. albicans* และ *A. niger* ตามลำดับ รวมทั้งมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าอนุพันธ์ของ Xanthoness ได้แก่ Prenylated xanthoness (Compound 5) ที่แยกจาก *Aspergillus versicolor* SCSIO 05879 สามารถยับยั้ง *C. acutatum* ได้มีประสิทธิภาพ โดยมีค่า MIC เท่ากับ 32 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Wang et al., 2016) โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาแรกที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของ Xanthoness ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 8% (v/v) ของ Xanthoness ที่ใช้ในการศึกษานี้ สามารถยับยั้ง *C. gloeosporioides* ได้ $72.6 \pm 0.00\%$ ซึ่งฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราของ Xanthoness อาจมาจากกลไกการเข้าไปทำลายโครงสร้างและการทำงานของเซลล์เชื้อรา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Ergosterol ที่เป็นองค์ประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์และมีความสำคัญต่อวงจรชีวิตของเชื้อรา (Kaomongkolgit, Jamdee, & Chaisomboon, 2009)

จากผลการศึกษานี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ของสารสกัดหยาบจากข่า สารสกัดหยาบจากตะไคร้หอม สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด น้ำมันหอมระเหย Eugenol น้ำมันหอมระเหย Citronellal และน้ำมันหอมระเหย Xanthone พบว่า สารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุด และน้ำมันหอมระเหย Xanthone ที่ระดับความเข้มข้นสูงที่สุดที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ 12% (v/v) และ 8% (v/v) ตามลำดับ ไม่สามารถยับยั้งการ

เจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งแตกต่างจากการใช้สารสกัดหยาบจากข่าและตะไคร้หอม ที่ระดับความเข้มข้นต่ำเพียง 0.5% (v/v) และ 0.25% (v/v) ตามลำดับ สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ แต่เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ Eugenol และ Citronellal ที่เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัดหยาบจากข่าและตะไคร้หอม มาทำการทดสอบ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน น้ำมันหอมระเหย Eugenol มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสูงกว่าการใช้ น้ำมันหอมระเหย Citronellal โดยน้ำมันหอมระเหย Eugenol ที่ระดับความเข้มข้น 0.062% (v/v) และน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น สารสกัดหยาบจากข่าและตะไคร้หอม รวมทั้ง น้ำมันหอมระเหย Eugenol และ Citronellal มีศักยภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเกิดโรคในผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้

อย่างไรก็ตาม การนำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร และน้ำมันหอมระเหยมาประยุกต์ใช้กับอาหารประเภทต่าง ๆ มีข้อจำกัดบางประการ คือ การใช้สารสกัดจากพืช หรือน้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นสูงสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของอาหาร เนื่องจากกลิ่น รส และสีของสารสกัดจากพืช หรือน้ำมันหอมระเหยที่ค่อนข้างชัดเจน (Gutierrez, Barry-Ryan, & Bourke, 2008; Sultanbawa, 2011; Bor, Gyawali, & Ibrahim, 2016; Sendra, 2016) ดังนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเลือกใช้สารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่ระดับความเข้มข้นต่ำที่สุดแต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* ได้สูงที่สุด เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของอาหาร เมื่อนำมาประยุกต์เพื่อป้องกันและควบคุมโรคแอนแทรก โนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การใช้สารสกัดหยาบจากข่าจำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่าน้ำมันหอมระเหย Eugenol ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของอาหาร การใช้น้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ จึงอาจสามารถจำกัดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของอาหารได้ดีกว่าการใช้สารสกัดหยาบ นอกจากนั้นแล้ว แม้ว่าการเลือกใช้สารสกัดหยาบจากข่า หรือตะไคร้หอมเพื่อการประยุกต์ใช้จริงอาจจะเป็นวิธีที่มีต้นทุนต่ำกว่าการใช้ น้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ แต่องค์ประกอบทางเคมีที่พบในสารสกัดหยาบนั้นมีความผันแปรได้เนื่องจากปัจจัยหลายประการ ตั้งแต่ตัวของพืชสมุนไพรที่เก็บมาสำหรับการสกัดแต่ละครั้ง ความแตกต่างของพื้นที่ในการปลูกพืชสมุนไพร มีอิทธิพลต่อสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร (Leouifoudi et al., 2014) ซึ่งความผันแปรนี้สามารถส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรค จึงจำเป็นต้องทำการจำกัดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผันแปรของสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีในสารสกัดหยาบ และสำหรับการใช้น้ำมันหอมระเหยบริสุทธิ์ ซึ่งอาจมีต้นทุนที่สูงกว่าการใช้

สารสกัดหยาบ แต่เมื่อนำไปประยุกต์ใช้จริงนั้น สามารถที่จะควบคุมประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคได้ง่ายและสะดวกกว่าการใช้สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร

ทั้งนี้ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย Citronellal เท่ากับ 0.062% (v/v) ถึง 0.25% (v/v) แสดงผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* ได้มีประสิทธิภาพที่ไม่ดีเท่ากับการใช้น้ำมันหอมระเหย Eugenol โดยน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับ 0.062% (v/v) ถึง 0.25% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้เพียง 23.1±1.65% ถึง 38.5±1.81% ซึ่งการนำน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมและป้องกันโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีสาเหตุมาจาก เชื้อรา *C. gloeosporioides* เพียงวิธีการเดียวอาจไม่สามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้มีประสิทธิภาพ ดังนั้น หากต้องการนำน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ไปใช้ จึงควรนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการควบคุมและป้องกันโรคแอนแทรคโนสวิธีอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและป้องกันให้สูงขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีความสนใจในการนำเอาน้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้ยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรค *C. gloeosporioides*

ในการทดสอบประสิทธิภาพของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรค *C. gloeosporioides* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่ายีสต์ *I. orientalis* VCU24 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้เท่ากับ 39.58±1.80% ซึ่งความสามารถในการเป็นปฏิปักษ์ของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ในการยับยั้ง *C. gloeosporioides* คล้ายกับการศึกษาหลายการศึกษาที่ผ่านมาที่รายงานถึงการศึกษาการเป็นปฏิปักษ์ของยีสต์ *I. orientalis* ในการต้านการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช เช่น *Aspergillus carbonarius* และ *A. niger* (Bleve et al., 2006) *Penicillium expansum* (Hu et al., 2015) และ *C. capsici* (Chanthaichaoivat et al., 2007) นอกจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมาของ จินันทนา จอมดวง และวิชา สะอาดสุด (2555) และการศึกษาของอรุณ ชาญชัยชาววิวัฒน์ และจุริมาศ วงศ์ศรีรัตน์ (2552) พบว่ายีสต์ *I. orientalis* สามารถแสดงกิจกรรมที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อราก่อโรค *C. gloeosporioides* ได้ เช่นเดียวกับผลการศึกษานี้ โดยยีสต์ *I. orientalis* เป็นยีสต์กลุ่มแซโปรไฟต์ (Saprophyte) ที่พบว่ามีการเจริญอยู่บนผิวของพืช (Epiphytic yeast) ที่ไม่สร้างความเสียหายต่อพืช เนื่องจากยีสต์กลุ่มนี้จะไม่เข้าไปทำลายพืชที่มีชีวิตอยู่เหมือนกับจุลินทรีย์ก่อโรคพืช โดยยีสต์กลุ่มนี้จะอาศัยการใช้สารอาหารจากเซลล์ของพืชที่ตายแล้วในการดำรงชีวิตเพียงเท่านั้น (อรุณ ชาญชัยชาววิวัฒน์ และจุริมาศ วงศ์ศรีรัตน์, 2552)

การประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหย Citronellal ร่วมกับการควบคุมทางชีวภาพด้วยเชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดสอบผลของความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ต่อการเจริญของ *I. orientalis* VCU24 เนื่องจากน้ำมันหอมระเหย Citronellal มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ รวมทั้งยีสต์ได้ โดยจากผลการทดสอบสาร Citronellal ที่ระดับความเข้มข้น 0.062% (v/v) พบเปอร์เซ็นต์การเจริญของเชื้อยีสต์ *I. orientalis* VCU24 เท่ากับ $97.87 \pm 0.18\%$ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเปอร์เซ็นต์การเจริญของยีสต์ในชุดควบคุมที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหย Citronellal และเมื่อความเข้มข้นของ Citronellal สูงขึ้นเท่ากับ 0.125% (v/v) 0.25% (v/v) 0.5% (v/v) และ 1.0% (v/v) ไม่พบการเจริญของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่เพิ่มสูงขึ้นจะมีผลต่อการเจริญของเชื้อยีสต์อย่างชัดเจน ฉะนั้น ความเข้มข้นของ Citronellal ที่ 0.062% (v/v) เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 โดยไม่ส่งผลต่อการเจริญของยีสต์

การใช้น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ต่อการยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรกโนสในรอยแผลบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งเป็นการศึกษาครั้งแรกถึงการประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรและยีสต์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยจากการศึกษาแบบ *in vitro* นั้น น้ำมันหอมระเหย Citronellal ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราก่อโรค *Collectotrichum gloeosporioides* เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับยีสต์ปฏิปักษ์ *I. orientalis* VCU24 ในการศึกษาแบบ *in vivo* พบว่า มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยสามารถยับยั้งการเกิดรอยโรคได้ $81.73 \pm 2.17\%$ หลังการบ่มนาน 7 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรคที่สูงกว่า เปรียบเทียบกับการใช้ Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) เพียงอย่างเดียว ที่สามารถยับยั้งการเกิดรอยโรคได้ เท่ากับ $30.13 \pm 17.24\%$ หลังการบ่มนาน 7 วัน ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Adandonon et al. (2006) ที่ทำการศึกษากการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารสกัดจากใบมะรุม (*Moringa oleifera*) ในการควบคุมเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* ที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าคอดิน (Damping-off) และโรคลำต้นเน่า (Stem rot) ในพืชตระกูลถั่ว (Cowpea) ซึ่งรายงาน่วิธีการทำ Seed treatments โดยใช้สารสกัดจากใบมะรุมสำหรับร่วมกับวิธีการทำ Soil treatments โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการทดลองภาคสนาม ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้สูงกว่าการใช้เพียงวิธีใด วิธีหนึ่ง ในการจัดการการควบคุมโรคพืช และมีรายงานที่แสดงว่าการนำ *Pseudomonas fluorescens* Md1 ในการทำ Setts treatment ร่วมกับการทำ Spray treatment โดยใช้สารสกัดจากใบ *Abrus precatorius* เพื่อควบคุมเชื้อราก่อโรค

Colletotrichum falcatum ในต้นอ้อย สามารถควบคุมการเกิดโรคได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Jayakumar, Bhaskaran, & Tsushima, 2007) คล้ายกับการศึกษาของ Muthukumar et al. (2010) ที่แสดงว่าการใช้สารสกัดจากไอบกระเทียม (*Allium sativum* L. × *Allium cepa* L.) ร่วมกับการใช้เชื้อรา *Trichoderma viride* และแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* ในการควบคุมทางชีวภาพ มีศักยภาพในการควบคุมการเกิดโรคเน่าคอดิน (Damping-off) ในต้นอ่อนพริกที่สูงกว่าการใช้สารสกัดจากไอบกระเทียม หรือเชื้อราและแบคทีเรียอย่างเดียวในการควบคุมโรค และ Latha et al. (2009) ที่รายงานว่า การใช้แบคทีเรียผสมระหว่าง *P. fluorescens* Pf1 *P. fluorescens* Py15 และ *Bacillus subtilis* Bs16 ร่วมกับสกัดจากไอบกระเทียม (*A. sativum* L. × *A. cepa* L.) มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเกิดโรค โรคใบไหม้ (Early blight disease) ในมะเขือเทศ โดยสูงกว่าการใช้สารสกัด หรือแบคทีเรียในการควบคุมโรคเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาที่ผ่านมาและผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถบ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการต้านเชื้อราก่อโรคพืชเมื่อนำสารออกฤทธิ์ที่สกัดจากพืชสมุนไพรมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์

ทั้งนี้ ศักยภาพในการต้านและควบคุมเชื้อราก่อโรคของยีสต์ *Issatchenkia orientalis* เกิดจากกิจกรรมการแข่งขัน (Competition) เพื่อแย่งพื้นที่และอาหารสำหรับการเจริญ (Bleve et al., 2006) โดยประสิทธิภาพในการแข่งขันแย่งพื้นที่และอาหารกับเชื้อราก่อโรคของยีสต์ปฏิปักษ์นั้นขึ้นอยู่กับความสามารถเกาะพื้นที่ผิวบนผลไม้ หรือผลผลิตอื่น ๆ และความสามารถในการปรับตัวตามสภาวะของสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย (Parveen, Wani, Bhat, & Koka, 2016) ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ความเข้มข้น 1×10^8 CFU/ mL ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่เติมลงในรอยแผลบนผิวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งจะมีปริมาณของยีสต์เริ่มต้นเท่ากับประมาณ 2×10^5 CFU/ wound หรือ $5.30 \text{ Log}_{10} \text{CFU/ wound}$ สามารถเพิ่มปริมาณขึ้นในบริเวณของรอยแผลบนผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยมีปริมาณของยีสต์เพิ่มขึ้นเท่ากับ $8.78 \pm 0.04 \text{ Log}_{10} \text{CFU/ wound}$ การเพิ่มปริมาณของ *Issatchenkia orientalis* VCU24 นี้ อาจทำให้เกิดกิจกรรมการแข่งขันเพื่อแย่งพื้นที่และสารอาหารสำหรับการเจริญกับเชื้อราก่อโรคในรอยแผล ซึ่งเป็นกลไกหลักของยีสต์ปฏิปักษ์ในการต้านการเจริญของเชื้อราก่อโรคที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของผลผลิตพืชหลังการเก็บเกี่ยว (Sharma, Singh, & Singh, 2009; Parveen et al., 2016) และยังคงอาจเกี่ยวข้องกับการแย่ง Specific growth factor เช่น วิตามิน สาร Metabolite อื่น ๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อการเจริญ โดยมีรายงานว่ายีสต์ปฏิปักษ์สามารถสร้าง Siderophore ที่ช่วยในการแย่งจับกับธาตุเหล็กที่จำเป็นต่อการเจริญ ซึ่งมีผลทำให้สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราก่อโรคได้ทางหนึ่ง (Saravanakumar, Ciavarella, Spadaro, Garibaldi, & Gullino, 2008; Talibi, Boubaker, Boudyach, & Ait Ben Aoumar, 2014). รวมทั้ง ยีสต์ปฏิปักษ์ยังอาจมีบทบาทในการลดจำนวนประชากรของเชื้อก่อโรค

โดยการเข้าไปเกาะกับเส้นใยของเชื้อราก่อโรค แล้วเหนี่ยวนำให้เกิดการทำลายผนังเซลล์ของเชื้อรา โดย Lytic enzymes ทำให้ยีสต์สามารถรุกรานเชื้อราก่อโรคได้โดยตรง ซึ่งเรียกกลไกนี้ว่า Direct parasitism บางครั้งอาจเรียกว่า Hyperparasitism หรือ Mycoparasitism (El-Ghaouth et al., 2002; Spadaro & Gullino, 2004; Živković et al., 2010; Talibi et al., 2014)

นอกจากนี้ ยีสต์ *Issatchenkia orientalis* ยังอาจจะสามารถสร้างสาร Secondary metabolite ที่มีคุณสมบัติในการต้านการเจริญของเชื้อราตั้งแต่ 1 ชนิด หรือมากกว่า 1 ชนิด ออกมาเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคได้ (Bleve et al., 2006) ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ยีสต์หลายชนิดสามารถที่จะผลิตสารพิษที่สามารถฆ่าเชื้อรา (Killer toxin) ออกมายับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืชได้ (Perez et al., 2016) และมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่ายีสต์สามารถผลิตและหลั่งสารที่มีฤทธิ์ในการต้านการเจริญของเชื้อราก่อโรคได้ โดยพบว่า ส่วนใสที่ปราศจากเซลล์ (Cell-free filtrate) ของยีสต์ที่เลี้ยงในอาหารเหลว สามารถควบคุมการเกิดรอยโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อราก่อโรคให้น้อยลงได้ (Hu et al., 2015) เช่นเดียวกับ ผลการศึกษาครั้งนี้ ที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Collectotrichum gloeosporioides* ของยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ที่ปรากฏในการศึกษาแบบ *in vitro* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ซึ่งพบว่าเส้นใยของเชื้อราไม่สามารถเจริญออกไปด้านที่มีการขีดเชื้อยีสต์ได้นั้น อาจเกิดจากการหลั่งสารยับยั้งของยีสต์ออกมาภายนอก ทำให้ไปมีผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ก็ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ดังกล่าวมาจากการหลั่งสารยับยั้งชนิดใดชนิดหนึ่งที่ผลิตโดยยีสต์ *I. orientalis* VCU24

จากผลการศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหย Citronellal ที่ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ที่ความเข้มข้น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่าเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่มีสาเหตุจากเชื้อราก่อโรค *C. gloeosporioides* ในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมการเกิดรอยโรคได้สูงกว่า 80% ซึ่งจากการศึกษานี้ มีความเป็นไปได้ที่จะนำเอาน้ำมันหอมระเหย Citronellal มาใช้ร่วมกับยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลผลิตผลไม้ชนิดอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทดแทนการใช้สารเคมีในการกำจัดเชื้อราก่อโรคพืช แม้ว่า การใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา Carbendazim แสดงประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสได้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา Carbendazim สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ $92.10 \pm 1.38\%$ ทั้งนี้ มีรายงานการวิจัยบางฉบับที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคที่ความเข้มข้นของเชื้อแตกต่างกัน มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค โดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าก็จะสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ดีกว่า (Chanchaichaovivat et al.,

2007; Hu et al., 2015) ดังนั้น การศึกษาต่อไปมีความน่าสนใจในการศึกษาผลของการใช้ยีสต์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ร่วมกับน้ำมันหอมระเหย Citronellal รวมทั้งการนำยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ไปใช้ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาวิธีใช้สารสกัดจากพืชร่วมกับยีสต์ *I. orientalis* VCU24 ให้มีประสิทธิภาพที่เทียบเท่า หรือสูงกว่าการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรา Carbendazim เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราดังกล่าว

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า กรรมวิธีการใช้ยีสต์ปฏิบัติ *I. orientalis* VCU24 ร่วมกับน้ำมันหอมระเหย Citronellal เป็นแนวทางที่น่าสนใจนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมโรคในมะม่วง หรือผลผลิตพืชอื่น ๆ หลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเกิดรอยโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อราก่อโรค *Colletotrichum gloeosporioides* ดังนั้น จึงน่าจะทำการศึกษายีสต์ปฏิบัติ *I. orientalis* VCU24 ในความเข้มข้นที่สูงขึ้นร่วมกับการใช้น้ำมันหอมระเหย Citronellal และน้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนส รวมทั้ง ควรทำการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดรอยโรคผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แบบ *in vivo* ของน้ำมันหอมระเหย Eugenol ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเป็นทางเลือกในการนำไปพัฒนาใช้จริงในการเก็บรักษามะม่วง หรือผลผลิตพืชอื่น ๆ หลังการเก็บเกี่ยว ต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

- กัลทิมา พิชัย . (2554). การใช้สารสกัดพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญในพื้นที่สะลงอ อ.แมริม จ.เชียงใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- กิตติฉะ ตันเจริญ. (2552). ไม้ผลยืนต้น และยางพารา. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมการผลิตไม้ผล กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จินันทนา จอมดวง, สันติ ช่างเจรจา และทิพวรรณ มานนท์. (2552). การประยุกต์ใช้เชื้อยีสต์ *Issatchenkia orientalis* ในการป้องกันโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วง. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- จินันทนา จอมดวง และวิชา สะอาดสุด. (2555). การใช้เชื้อยีสต์ *Issatchenkia orientalis* เพื่อป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร, 35(1), 55-64.
- จุฬาพันธุ์ รัตนนิล, ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล และรชา เทพธร. (2554). ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*. จากฟิล์มบริโกลได้จากผงบุกผสมสารสกัดจากสมุนไพรไทย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 43(3), 196-199.
- เจิมขวัญ สังข์สุวรรณ, สุพัฒน์ คำไทย และเปรม ทองชัย. (2554). การใช้ประโยชน์ผงเปลือกมังคุดสำหรับผลิตวัสดุบรรจุภัณฑ์ยับยั้งโรคแอนแทรกโนส ในกล้วยหอมทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(1), 579-582.
- ชัชฎา ยังนิตย์. (2552). ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกมังคุดในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย และการงอกของเชื้อรา *Aspergillus flavus*. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3), 157-160.
- ทรงพล จำดิษฐ์. (2555).ฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและตะไคร้ต่อ planktonic cells และไบโอฟิล์มของ *Staphylococcus aureus*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

- ธนัท อมาตยกุล. (2554). การยับยั้งเชื้อราก่อโรคขั้วหัวเน่า (*Crown rot*) และแอนแทรคโนส (*Anthracnose*) ของสารสกัดจากขิง (*Zingiber officinale*) และข่า (*Alpinia galangal*) ในกล้วยหอมแบบ *in vitro* และ *in vivo*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- นวรรตน์ อิ่มจิตร และชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล. (2551). การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยต่อโรคแอนแทรคโนสเพื่อใช้เตรียมแผนจัดการศัตรูพืชในพริกแบบลดการใช้สารเคมี. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 39(3), 66-69.
- นิภาดา ประสมทอง, มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย, ประภัสสร บุญหมั่น, วรภัทร ลัดคนทินวงศ์ และมงคล วงศ์สวัสดิ์. (2554). ผลของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. *การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7*, วันที่ 8-10 สิงหาคม 2554, มหาสารคาม, ประเทศไทย.
- นุชนภา โคตะบิน. (2549). ผลของ eugenol ต่อการเจริญของเชื้อราก่อโรคในเมล็ดผักกาดวางตุ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปริญญา จันทศรี, บัณฑิต เจริญทรัพย์ และ วิลาวลัย คำปวน. (2555). การใช้ปฏิกริยาโฟโตแคตาไลติกจากไทเทเนียมไดออกไซด์เพื่อลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสในระหว่างการเก็บรักษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(3), 596-599.
- ปานดา ตีรสวรรณ, อาภา จันทรเทวี, อาริยา รัตนทองคำ, จอมใจ พิรพัฒนา, นาฏศิจิ นวลแก้ว และ สุภาภรณ์ นัตรชัยวัฒนา. (2555) ผลของสารสกัดโพลีฟีนอลจากเปลือกมังคุดต่อการยับยั้งเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ให้ห้องปฏิบัติการ. ในงานประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานระดับชาติ “The 4th Annual Northeast Pharmacy Reseach Conference of 2012 Pharmacy Profession in Harmony” (หน้า 232-237). ขอนแก่น: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- พรประพา คงตระกูล และศรีญา ณ ลำปาง. (2553). ลักษณะของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ต้านทานสารคาร์เบนดาซิม. *วารสารเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 26(3), 203-212.
- พลอย กลางเมือง และรังสิณี โสธรวิทยา. (2555). ประสิทธิภาพของฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิล เมทิล เซลลูโลสร่วมกับน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(3), 625-628.
- รัตยา พงศ์พิสุทธา, ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล, บุษยา โพธิกิจ และรณภพ บรรเจิดเชิดชู. (2554). การทดสอบเบื้องต้นของสารสกัดเปลือกมังคุดต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 42(3), 73-76.
- รัตยา พงศ์พิสุทธา, ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล, และรณภพ บรรเจิดเชิดชู. (2555). การควบคุมโรคแอนแทรกโนสของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองโดยไม่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(3), 464-467.
- วราภรณ์ สุทธิสา, ภาณุวัฒน์ เทพคำราม, วัชรกา กาญจนรัช และพนิดา อริมัตลี. (2557). ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของมะม่วง. *แก่นเกษตร*, 42(1), 665-670.
- วลีรัตน์ ทองรักษ์. (2553). ผลของสารสกัดสมุนไพรบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วัชรวิ วิทยวรรณกุล, ทศนาพร ทศกร และชารทิพย์ ภาสบุตร (2555). การควบคุมโรคเกอร์ดำในกล้วยไม้สกุลหวายหลังเก็บเกี่ยว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(3), 584-587.
- วิไลรัตน์ ศรีนนท์, ชีรพล วันทิตย์ และเกษม สร้อยทอง. (2552). การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของผลมะม่วงของสารสกัดจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 40(1), 75-78.

- แหวจันท์ พงศ์จันดา, พัชราพร ไชยชนะ และพิทยา รวมศิริ. (2549). ประสิทธิภาพของสารสกัด
 หยาดจากตะไคร้หอมในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในมะม่วงและโรคโคนเน่า
 ในฝัก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 22(1), 75-80.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. (2553). พีชสมุนไพรและยา. เข้าถึงได้จาก <http://eherb.hrdi.or.th/advantage.php?UsageType=1>
- สิรินันท์ สุขทวี, เมลดา วงศ์จันดา, สุปราณี แก้ววิหาร, จารุวัฒน์ บุญรอด และผ่องเพ็ญ จิตอารี
 รัตน์. (2554). ผลของรังสียูวีบีและน้ำร้อนต่อการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสของมะม่วง
 ระหว่างการเก็บรักษา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 42(3), 263-266.
- สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสุนิษา บุญจันทร์. (2554). การใช้สารสกัดจากธรรมชาติ เพื่อยับยั้งการเจริญ
 ของเชื้อจุลินทรีย์จากถั่วลิสงฝักสดที่เกิดการเน่าเสีย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 42(3),
 61-64.
- สุดารัตน์ หอมหวาน. (2553a). ข่า. ใน *ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชวิทยา มหาวิทยาลัย
 อุบลราชธานี*. เข้าถึงได้จาก [http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage
 &pid=22](http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=22)
- สุดารัตน์ หอมหวาน. (2553b). ตะไคร้หอม. ใน *ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชวิทยา มหาวิทยาลัย
 อุบลราชธานี*. เข้าถึงได้จาก [http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage
 &pid=47](http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=47)
- สุดารัตน์ สุตพันธ์ และเพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล. (2552). การเก็บรวบรวมและการจำแนกเชื้อรา
 กอแลคโตตริคัมสาเหตุโรคแอนแทรกคโนสในพริก. ในการประชุมวิชาการ “อารักขาพืช
 แห่งชาติ ครั้งที่ 9” (หน้า 267-277). อุบลราชธานี: สมาคมนักโรคพืชแห่งประเทศไทย.
- สุนทรี สิงหนุตตรา. (2544). กลุ่มยาขับปัสสาวะ: ตะไคร้. *โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอัน
 เนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี*. เข้าถึงได้
 จาก http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_12_2.htm
- สุพัฒน์ คำไทย, กิตติกุล อูกเนตวิติ และวีรบูรณ์ คัดกิ่ง. (2554). การเติมสารสกัดจากผงเปลือก
 มังคุดในฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพื่อควบคุมเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกคโนส.
วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 42(1), 583-586.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). สารสนเทศเศรษฐกิจ การเกษตรรายสินค้า วันที่ค้นข้อมูล 10 มิถุนายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/download/download_journal/2559/commodity58.pdf
- อรุณ ชาญชัยเชาว์วัฒน์ และจวีร์มาศ วงศ์ศรีรัตน์. (2552). การควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในพริก ชี้ฟ้า (*Colletotrichum gloeosporioides*) โดยยีสต์ที่แยกได้จากผักและผลไม้, *ก้าวทันโลก วิทยาศาสตร์*, 9(1), 120-131.
- Abbaszadeh, S., Sharifzadeh, A., Shokri, H., Khosravi, A. R., & Abbaszadeh, A. (2014). Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. *Journal of Medical Mycology*, 24(2), 51-56.
- Abd-Alla, M. A., & Haggag, W. M. (2013). Use of some plant essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of anthracnose disease of mango fruits (*Mangifera indica* L.) caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz). *International Journal of Agriculture and Forestry*, 3(1), 1-6.
- Adandonon, A., Aveling, T. A. S., Labuschagne, N., & Tamo, M. (2006). Biocontrol agents in combination with *Moringa oleifera* extract for integrated control of sclerotium-caused cowpea damping-off and stem rot. *European Journal of Plant Pathology*, 115(4), 409-418.
- Ademe, A., Ayalew, A., & Woldetsadik, K. (2013). Evaluation of antifungal activity of plant extracts against papaya anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 4(10), 1-4.
- Adhikary, N. K., Dey, S., & Tarafdar, J. (2013). Studies on morphology of mango anthracnose disease causing fungus *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc. and efficacy of azoxystrobin against the fungus under in vitro and in vivo condition. *The Bioscan an International Quarterly Journal of Life Science*, 8(2), 493-497.

- Aguiar, R. W. D. S., Ootani, M. A., Ascencio, S. D., Ferreira, T. P., Santos, M. M. D., & Santos, G. R. D. (2014). Fumigant antifungal activity of *Corymbia citriodora* and *Cymbopogon nardus* essential oils and citronellal against three fungal species. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-8.
- Aishwarya, B., Vishnu, P., & Gayathri, R. (2015). Preliminary phytochemical analysis and antioxidant activities of lemongrass and lavender. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(7), 448-450.
- Aiyegoro, O. A., & Okoh, A. I. (2009). Use of bioactive plant products in combination with standard antibiotics: implications in antimicrobial chemotherapy. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(13), 1147-1152.
- Al-Massarani, S. M., El Gamal, A. A., Al-Musayeb, N. M., Mothana, R. A., Basudan, O. A., Al-Rehaily, A. J., Farag, M., Assaf, M. H., El Tahir, K. H., & Maes, L. (2013). Phytochemical, antimicrobial and antiprotozoal evaluation of *Garcinia mangostana* pericarp and α -mangostin, its major xanthone derivative. *Molecules*, 18(9), 10599-10608.
- Arauz, L. F. (2000). Mango anthracnose: economic impact and current options for integrated management. *Plant Disease*, 84(6), 600-611.
- Awa, O. C., Samuel, O., Oworu, O. O., & Sosanya, O. (2012). First report of fruit anthracnose in mango caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in Southwestern Nigeria. *International Journal of Science and Technology Research*, 1, 30-34.
- Bakkali, F., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). A review: Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Barnett, H. L. (1960). *Illustrated genera of imperfect fungi (Burgess life science series: mycology)* (2nd ed.). California: Burgess Publishing Company.

- Bautista-Rosales, P. U., Calderon-Santoyo, M., Servín-Villegas, R., Ochoa-Álvarez, N. A., Vázquez-Juárez, R., & Ragazzo-Sánchez, J. A. (2014). Biocontrol action mechanisms of *Cryptococcus laurentii* on *Colletotrichum gloeosporioides* of mango. *Crop Protection*, 65, 194-201.
- Bhat, R. S., & Al-Daihan, S. (2013). Antimicrobial activity of *Garcinia mangostana* using different solvents extracts. *International Journal of Biosciences*, 3(10), 267-72.
- Bleve, G., Grieco, F., Cozzi, G., Logrieco, A., & Visconti, A. (2006). Isolation of epiphytic yeasts with potential for biocontrol of *Aspergillus carbonarius* and *A. niger* on grape. *International Journal of Food Microbiology*, 108(2), 204-209.
- Bor, T., Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2016). Evaluating the effectiveness of essential oils and combination of copper and lactic acid on the growth of *E. coli* O157: H7 in laboratory medium. *Foods*, 5(1), 1-9.
- Campaniello, D., Corbo, M. R., & Sinigaglia, M. (2010). Antifungal activity of eugenol against *Penicillium*, *Aspergillus*, and *Fusarium* species. *Journal of Food Protection*, 73(6), 1124-1128.
- Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R., & Weir, B. S. (2012). *Colletotrichum*-current status and future directions. *Studies in Mycology*, 73, 181-213.
- Cao, S., Zheng, Y., Wang, K., Tang, S., & Rui, H. (2009). Effect of yeast antagonist in combination with methyl jasmonate treatment on postharvest anthracnose rot of loquat fruit. *Biological Control*, 50(1), 73-77.
- Centre for Agriculture and Bioscience International. (2017). *Cymbopogon nardus* (*Citronella grass*). In *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK. Retrieved from <http://www.cabi.org/isc/datasheet/120396#tab1-nav>
- Chanchaichaovivat, A., Ruenwongsa, P., & Panijpan, B. (2007). Screening and identification of yeast strains from fruits and vegetables: Potential for biological control of postharvest chilli anthracnose (*Colletotrichum capsici*). *Biological Control*, 42(3), 326-335.

- Cheng, S. S., Liu, J. Y., Chang, E. H., & Chang, S. T. (2008). Antifungal activity of cinnamaldehyde and eugenol congeners against wood-rot fungi. *Bioresource Technology*, 99(11), 5145-5149.
- Chowdhury, M. N. A., & Rahim, M. A. (2009). Integrated crop management to control anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) of mango. *Journal of Agriculture and Rural Development*, 7(1), 115-120.
- Chudiwal, A. K., Jain, D. P., & Somani, R. S. (2010). *Alpinia galanga* Willd.-an overview on phyto-pharmacological properties. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1(2), 143-149.
- Combrinck, S., Regnier, T., & Kamatou, G. P. P. (2011). *In vitro* activity of eighteen essential oils and some major component against common postharvest fungal pathogens of fruit. *Industrial Crops and Products*, 33, 344-349.
- Crockett, S. L., Poller, B., Tabanca, N., Pferschy-Wenzig, E. M., Kunert, O., Wedge, D. E., & Bucar, F. (2011). Bioactive xanthenes from the roots of *Hypericum perforatum* (common St John's wort). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(3), 428-434.
- Dandi, N. D., Dandi, B. N., & Chaudhari, A. B. (2013). Bioprospecting of thermo-and osmo-tolerant fungi from mango pulp-peel compost for bioethanol production. *Antonie van Leeuwenhoek*, 103(4), 723-736.
- de Albuquerque Melo, R. M. C. D., Filho, P. D. A. M., Camara, M. P. S., Lima, W. G., & Santos, R. C. D. (2013). Preventive control of cotton ramulosis using clove oil at low concentration. *International Journal of Agricultural Science Research*, 2(3), 060-066.
- de Cássia da Silveira e Sá, R., Andrade, L. N., dos Reis Barreto de Oliveira, R., & de Sousa, D. P. (2014). A review on anti-inflammatory activity of phenylpropanoids found in essential oils. *Molecules*, 19(2), 1459-1480.

de Lima, J. R., Gonçalves, L. R. B., Brandão, L. R., Rosa, C. A., & Viana, F. M. P. (2013a).

Isolation, identification, and activity *in vitro* of killer yeasts against *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from tropical fruits. *Journal of Basic Microbiology*, *53*(7), 590-599.

de Lima, J. R., Gondim, D. M. F., Oliveira, J. T. A., Oliveira, F. S. A., Gonçalves, L. R. B., & Viana, F. M. P. (2013b). Use of killer yeast in the management of postharvest papaya anthracnose. *Postharvest Biology and Technology*, *83*, 58-64.

de Oliveira Pereira, F., Mendes, J. M., & de Oliveira Lima, E. (2013). Investigation on mechanism of antifungal activity of eugenol against *Trichophyton rubrum*. *Medical Mycology*, *51*(5), 507-513.

de Oliveira Pereira, F., Mendes, J. M., Lima, I. O., Mota, K. S. D. L., Oliveira, W. A. D., & Lima, E. D. O. (2015). Antifungal activity of geraniol and citronellol, two monoterpenes alcohols, against *Trichophyton rubrum* involves inhibition of ergosterol biosynthesis. *Pharmaceutical Biology*, *53*(2), 228-234.

de Oliveira, M. M. M., Brugnera, D. F., Cardoso, M. G., Alves, E. & Piccoli, (2010). Disinfectant action of *Cymbopogon* sp. Essential oils in different phases of biofilm formation by *Listeria monocytogenes* on stainless steel surface. *Food Control*, *21*, 549-553.

Department of Viticulture & Enology, University of California. (2017). *Issatchenkia orientalis*.

Retrieved from http://wineserver.ucdavis.edu/industry/enology/winemicro/wineyeast/issatchenkia_orientalis.html

Dessalegn, Y., Ayalew, A., & Woldetsadik, K. (2013). Integrating plant defense inducing chemical, inorganic salt and hot water treatments for the management of postharvest mango anthracnose. *Postharvest Biology and Technology*, *85*, 83-88.

- Devi, K. P., Nisha, S. A., Sakthivel, R., & Pandian, S. K. (2010). Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. *Journal of Ethnopharmacology*, 130(1), 107-115.
- Diedhiou, P. M., Diallo, Y., Faye, R., Mbengue, A. A., & Sene, A. (2014). Efficacy of different fungicides against mango anthracnose in Senegalese Soudanian agroclimate. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2224-2229.
- Diguță, C. F., Matei, F., & Cornea, C. P. (2016). Biocontrol perspectives of *Aspergillus carbonarius*, *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* on grapes using epiphytic bacteria isolated from Romanian vineyards, *Romanian Biotechnological Letters*, 21(1), 11126-11132.
- Dissanayake, M. L. M. C. (2014). Inhibitory Effect of selected medicinal plant extracts on phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* (Nectriaceae) Schlecht. Emend. Snyder and Hansen. *Annual Research and Review in Biology*, 4(1), 133-142.
- Duamkhanmanee, R. (2008). Natural essential oils from lemon grass (*Cymbopogon citratus*) to control postharvest anthracnose of mango fruit. *International Journal of Biotechnology*, 10(1), 104-108.
- El-Ghaouth, A., Wilson, C., Wisniewski, M., Droby, S., Smilanick, J. L., & Korsten, L. (2002). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables. *Applied Mycology and Biotechnology*, 2, 219-238.
- El-Kalek, H. H. A., & Mohamed, E. A. (2012). Synergistic effect of certain medicinal plants and amoxicillin against some clinical isolates of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *International Journal of Pharmaceutical Applications*, 3(3), 387-398.
- Ganjewala, D. (2009). Cymbopogon essential oils: chemical compositions and bioactivities. *International Journal of Essential Oil Therapeutics*, 3(2-3), 56-65.
- Garcia, L. (2011). A Comparative study on the antifungal effects of tamarind (*Tamarindus indica*) and garlic (*Allium sativum*) extracts on banana anthracnose. *Studies*, 10(2), 96-107.

- Garcia, R., Alves, E. S., Santos, M. P., Aquije, G. M., Fernandes, A. A. R., Santos, R. B. D., Ventura, J. A., & Fernandes, P. (2008). Antimicrobial activity and potential use of monoterpenes as tropical fruits preservatives. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39(1), 163-168.
- Gautam, A. K., (2014). *Colletotrichum gloeosporioides*: biology, pathogenicity and management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*. 2(2), 1-6.
- Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2008). The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, 124(1), 91-97.
- Gutierrez-Orozco, F., & Failla, M. L. (2013). Biological activities and bioavailability of mangosteen xanthenes: a critical review of the current evidence. *Nutrients*, 5(8), 3163-3183.
- Hadjzadeh, M. A. R., Ghanbari, H., Keshavarzi, Z., & Tavakol-Afshari, J. (2014). The effects of aqueous extract of *Alpinia Galangal* on gastric cancer cells (AGS) and L929 cells *in vitro*. *Iranian Journal of Cancer Prevention*, 7(3), 142-146.
- Hong, J. K., Yang, H. J., Jung, H., Yoon, D. J. Sang, M. K., & Jeun, Y. C. (2015). Application of volatile antifungal plant essential oils for controlling pepper fruit anthracnose by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Pathology Journal*, 31(3), 269-277.
- Hu, H., Xu, Y., Lu, H., Xiao, R., Zheng, X., & Yu, T. (2015). Evaluation of yeasts from Tibetan fermented products as agents for biocontrol of blue mold of Nashi pear fruits. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 16(4), 275-285.
- Hyde, K. D., Cai, L., McKenzie, E. H. C., Yang, Y. L., Zhang, J. Z., & Prihastuti, H. (2009). *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. *Fungal Diversity*, 39, 11-17.
- Ibrahim, M. Y., Hashim, N. M., Mariod, A. A., Mohan, S., Abdulla, M. A., Abdelwahab, S. I., & Arbab, I. A. (2016). α -Mangostin from *Garcinia mangostana* Linn: an updated review of its pharmacological properties. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(3), 317-329.

- Jaganathan, S. K., & Supriyanto, E. (2012). Antiproliferative and molecular mechanism of eugenol-induced apoptosis in cancer cells. *Molecules*, *17*(6), 6290-6304.
- Jantamas, S., Matan, N., & Aewsiri, T. (2016). Improvement of antigungal activity of citronella oil against *Aspergillus flavus* on rubberwood (*Hevea brasiliensis*) using heat curing. *Journal of Tropical Forest Science*, *28*(1), 39-47.
- Jayakumar, V., Bhaskaran, R., & Tsushima, S. (2007). Potential of plant extracts in combination with bacterial antagonist treatment as biocontrol agent of red rot of sugarcane. *Canadian Journal of Microbiology*, *53*(2), 196-206.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Shafi, M. P., & Leela, N. K. (2003). Analysis of the essential oils of the leaves, stems, rhizomes and roots of the medicinal plant *Alpinia galanga* from southern India. *Actapharmaceutica-zagreb*, *53*(2), 73-82.
- Kaomongkolgit, R., Jamdee, K., & Chaisomboon, N. (2009). Antifungal activity of alpha-mangostin against *Candida albicans*. *Journal of Oral Science*, *51*(3), 401-406.
- Kaushik, D., Yadav, J., Kaushik, P., Sacher, D., & Rani, R. (2011). Current pharmacological and phytochemical studies of the plant *Alpinia galanga*. *Zhong Xi Yi Jie He XueBao*, *9*(10), 1061-1065.
- Koh, T., Murakami, Y., Tanaka, S., Machino, M., & Sakagami, H. (2013). Re-evaluation of anti-inflammatory potential of eugenol in IL-1 β -stimulated gingival fibroblast and pulp cells. *In Vivo*, *27*(2), 269-273.
- Kouame, K. G., Kouassi, K., Kassi, F. M., Bolou, B. B. A., Tuo, S., Kanko, C., & Kone, D. (2015). Antifungal activity of essential oils extracted from *Monodora myristica* (Gaertn), *Ocimum gratissimum* L. and *Zingiber officinalis* Roscoe on post-harvest anthracnose of mango fruit (*Mangifera indica* L.) variety Kent in Côte d'Ivoire. *International Journal of Sciences*, *4*(12), 8-18.
- Kwon, Y. J., Ma, A. Z., Li, Q., Wang, F., Zhuang, G. Q., & Liu, C. Z. (2011). Effect of lignocellulosic inhibitory compounds on growth and ethanol fermentation of newly-

isolated thermotolerant *Issatchenkia orientalis*. *Bioresource Technology*, 102(17), 8099-8104.

- Lakshmi, B. K. M., Reddy, P. N., & Prasad, R. D. (2011). Cross-infection potential of *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. isolates causing anthracnose in subtropical fruit crops. *Tropical Agricultural Research*, 22(2), 183-193.
- Latha, P., Anand, T., Ragupathi, N., Prakasam, V., & Samiyappan, R. (2009). Antimicrobial activity of plant extracts and induction of systemic resistance in tomato plants by mixtures of PGPR strains and Zimmu leaf extract against *Alternaria solani*. *Biological Control*, 50(2), 85-93.
- Lenardão, E. J., Botteselle, G. V., de Azambuja, F., Perin, G., & Jacob, R. G. (2007). Citronellal as key compound in organic synthesis. *Tetrahedron*, 63(29), 6671-6712.
- Leouifoudi, I., Ziad, A., Amechrouq, A., Oukerrou, M. A., Mouse, H. A., & Mbarki, M. (2014). Identification and characterisation of phenolic compounds extracted from Moroccan olive mill wastewater. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(2), 249-257.
- Li, G., Thomas, S. P., & Johnson, J. (2013). Polyphenols from the mangosteen (*Garcinia mangostana*) fruit for breast and prostate cancer. *Frontiers in Pharmacology*, 4, 1-4.
- Lim, S. L., & Tay, S. T. (2011). Research note diversity and killer activity of yeasts in Malaysian fermented food samples. *Tropical Biomedicine*, 28(2), 438-443.
- Lima, G., Castoria, R., De Curtis, F., Raiola, A., Ritieni, A., & De Cicco, V. (2011). Integrated control of blue mould using new fungicides and biocontrol yeasts lowers levels of fungicide residues and patulin contamination in apples. *Postharvest Biology and Technology*, 60(2), 164-172.
- Lima, N. B., Batista, M. V. D. A., De Morais, M. A., Barbosa, M. A., Michereff, S. J., Hyde, K. D., & Câmara, M. P. (2013). Five *Colletotrichum* species are responsible for mango anthracnose in northeastern Brazil. *Fungal Diversity*, 61(1), 75-88.

- Lopez-Romero, J. C., González-Ríos, H., Borges, A., & Simões, M. (2015). Antibacterial effects and mode of action of selected essential oils components against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 1-9.
- Madan, K., Shukla, D. S., Tripathi, R., Tripathi, A. Singh, R., & Dwivedi, H. D. (2014). Isolation of three chemical constituents of *Magifera indica* wood extract and their characterization by some spectroscopic techniques. *International Journal and Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences*, 8, 217-218.
- Manimekalai, I., Sivakumari, K., Ashok, K., & Rajesh, S. (2015a). Antioxiant and anticancer potential of mangoateen, *Garcinia mangostana* against hepatocellular carcinoma (hePG-2) cell line. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 253-293.
- Manimekalai, I., Sivakumari, K., Ashok, K., & Rajesh, S. (2015b). Phytochemical profiling of mangosteen fruit, *Garcinia mangostana*. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 221-252.
- Maqbool, M., Ali, A., Alderson, P. G., Mohamed, M. T. M., Siddiqui, Y., & Zahid, N. (2011). Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 62(2), 71-76.
- Marchese, A., Barbieri, R., Coppo, E., Orhan, I. E., Daglia, M., Nabavi, S. F., Izadi, M., Abdollahi, M., Nabavi, S. M., & Ajami, M. (2017). Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: a mechanistic viewpoint. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1040841X.2017.1295225?ai=9ble&mi=83a2f6&af=R>

- Meroth, C. B., Hammes, W. P., & Hertel, C. (2003). Identification and population dynamics of yeasts in sourdough fermentation processes by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(12), 7453-7461.
- Muthukumar, A., Eswaran, A., Nakkeeran, S., & Sangeetha, G. (2010). Efficacy of plant extracts and biocontrol agents against *Pythium aphanidermatum* inciting chilli damping-off. *Crop Protection*, 29(12), 1483-1488.
- Nakahara, K., Alzoreky, N. S., Yoshihashi, T., Nguyen, H. T., & Trakoontivakorn, G. (2013). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus* (citronella grass). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 37(4), 249-252.
- Nally, M. C., Pesce, V. M., Maturano, Y. P., Muñoz, C. J., Combina, M., Toro, M. E., Castellanosde Figueroa, L. I., & Vazquez, F. (2012). Biocontrol of *Botrytis cinerea* in table grapes by non-pathogenic indigenous *Saccharomyces cerevisiae* yeasts isolated from viticultural environments in Argentina. *Postharvest Biology and Technology*, 64(1), 40-48.
- Narasimhan, S., Maheshwaran, S., Abu-Yousef, I. A., Majdalawieh, A. F., Rethavathi, J., Das, P. E., & Poltronieri, P. (2017). Anti-bacterial and anti-fungal activity of xanthenes obtained via semi-synthetic modification of α -mangostin from *Garcinia mangostana*. *Molecules*, 22(2), 1-13.
- National Center for Biotechnology Information. (2005). Citronellal. *PubChem Compound Database*. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7794>
- National Center for Biotechnology Information. (2016). Xanthone. *PubChem Compound Database*. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7020>
- Negi, J. S., Bisht, V. K., Singh, P., Rawat, M. S. M., & Joshi, G. P. (2013). Naturally occurring xanthenes: chemistry and biology. *Journal of Applied Chemistry*, 2013, 1-9.

- Nelson, S.C. (2008). Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. *Cooperative Extension Service University of Hawaii*.
- Nyarko, H. D., Barku, V. Y., & Batama, J. (2012). Antimicrobial examinations of *Cymbopogon citratus* and *Adiatum capillus-veneris* used in Ghanaian folkloric medicine. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 2(2), 115-121.
- Oliveira, L. S. S., Harrington, T. C., Ferreira, M. A., Damacena, M. B., Al-Sada, A. M., Al-Mahmooli, I. H. I., & Alfenas, A. C. (2015). Species or genotypes? reassessment of four recently described species of the Ceratocystis wilt pathogen, *Ceratocystis fimbriata*, on *Mangifera indica*. *Phytopathology*, 105(9), 1229-1244.
- Onyeani, C. A., & Amusa, N. A. (2015). Incidence and severity of anthracnose in mango fruits and its control with plant extracts in south west Nigeria. *International Journal of Agricultural Research*, 10, 33-43.
- Osman, M. B., & Milan, A. R. (2006). *Mangosteen Garcinia mangostana L.* Southampton, UK: RPM Print and Design.
- Oyedemi, S. O., Okoh, A. I., Mabinya, L. V., Pirochenva, G., & Afolayan, A. J. (2009). The proposed mechanism of bactericidal action of eugenol, α -terpineol and γ -terpinene against *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris* and *Escherichia coli*. *African Journal of Biotechnology*, 8(7), 1280-1286.
- Pantelides, I. S., Christou, O., Tsolakidou, M. D., Tsaltas, D., & Ioannou, N. (2015). Isolation, identification and *in vitro* screening of grapevine yeasts for the control of black aspergilli on grapes. *Biological Control*, 88, 46-53.
- Park, M. J., Gwak, K. S., Yang, I., Choi, W. S., Jo, H. J., Chang, J. W., Jeung, E. B., & Choi, I. G. (2007). Antifungal activities of the essential oils in *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. Et Perry and *Leptospermum petersonii* Bailey and their constituents against various dermatophytes. *The Journal of Microbiology*, 45(5), 460-465.

- Parveen, S., Wani, A. H., Bhat, M. Y., & Koka, J. A. (2016). A review: Biological control of postharvest fungal rots of rosaceous fruits using microbial antagonists and plant extracts. *Czech Mycology*, *68*(1), 41-66.
- Perez, M. F., Contreras, L., Garnica, N. M., Fernández-Zenoff, M. V., Fariás, M. E., Sepulveda, M., Ramallo, J., & Dib, J. R. (2016). Native killer yeasts as biocontrol agents of postharvest fungal diseases in lemons. *PLoS One*, *11*(10), 1-21.
- Phoulivong, S., Cai, L., Chen, H., McKenzie, E. H., Abdelsalam, K., Chukeatirote, E., & Hyde, K. D. (2010). *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. *Fungal Diversity*, *44*(1), 33-43.
- Pinto, E., Afonso, C., Duarte, S., Vale-Silva, L., Costa, E., Sousa, E., & Pinto, M. (2011). Antifungal activity of xanthenes: evaluation of their effect on ergosterol biosynthesis by high-performance liquid chromatography. *Chemical Biology and Drug Design*, *77*(3); 212-222.
- Pinto, E., Vale-Silva, L., Cavaleiro, C., & Salgueiro, L. (2009). Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzygium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology*, *58*(11), 1454-1462.
- Prasad, R. R., & Anamika, A. (2015). Effects of plant leaf extract against *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sac. causing post-harvest disease of papaya. *Journal of Agricultural Science*, *7*(5), 195-198.
- Prashanth, A., & Sataraddi, A. R. (2011). Variability in different isolates of anthracnose of pomegranate caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Acta horticulturae*, *890*, 533-538.
- Saravanakumar, D., Ciavarella, A., Spadaro, D., Garibaldi, A., & Gullino, M. L. (2008). *Metschnikowia pulcherrima* strain MACH1 outcompetes *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Penicillium expansum* in apples through iron depletion. *Postharvest Biology and Technology*, *49*(1), 121-128.

- Sarkiyayi, S., Mohammed, M., & Yakubu, A. (2013). Comparative analysis of nutritional and anti-nutritional contents of some varieties of mango (*Mangifera indica*) in Kaduna Metropolis-Nigeria. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5, 387-391.
- Sellamuthu, P. S., Sivakumar, D., & Soundy, P. (2013). Antifungal activity and chemical composition of thyme, peppermint and citronella oils in vapor phase against avocado and peach postharvest pathogens. *Journal of Food Safety*, 33(1), 86-93.
- Sendra, E. (2016). Essential oils in foods: from ancient times to the 21st century. *Foods*, 5, 43-46.
- Şesan, T. E., Enache, E., Iacomi, B. M., Oprea, M., Oancea, F., & Iacomi, C. (2015). Antifungal activity of some plant extracts against *Botrytis cinerea* Pers. in the blackcurrant crop (*Ribes nigrum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14, 29-43.
- Shah, K.A., Patel, M.B., Patel, R.J., & Parmar, P.K. (2010). *Mangifera indica* (mango). *Pharmacognosy Reviews*, 4(7), 42-48.
- Sharma, R. R., Singh, D., & Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: a review. *Biological Control*, 50(3), 205-221.
- Shi, J., Liu, A., Li, X., Feng, S., & Chen, W. (2011). Inhibitory mechanisms induced by the endophytic bacterium MGY2 in controlling anthracnose of papaya. *Biological Control*, 56(1), 2-8.
- Siddiqui, Y., & Ali, A. (2014). *Colletotrichum gloeosporioides* (anthracnose). In S. Bautista-Baños (Ed.), *Postharvest Decay: Control Strategies* (pp. 337-364). San Diego, CA: Academic Press.
- Singh, O., Ali, M., & Akhtar, N. (2011). New antifungal xanthenes from the seeds of *Rhus coriaria* L. *Zeitschrift für Naturforschung*, 66, 17-23.
- Singh, P., Kumar, A., Dubey, N. K., & Gupta, R. (2009). Essential oil of *Aegle marmelos* as a safe plant-based antimicrobial against postharvest microbial infestations and aflatoxin contamination of food commodities. *Journal of Food Science*, 74(6), M302-M307.

- Singh, S., Fatima, Z., & Hameed, S. (2016). Insights into the mode of action of anticandidal herbal monoterpene geraniol reveal disruption of multiple MDR mechanisms and virulence attributes in *Candida albicans*. *Archives of Microbiology*, *198*(5), 459-472.
- Sivakumar, D., & Bautista-Baños, S. (2014). A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. *Crop Protection*, *64*, 27-37.
- Sobowale, A. A., Odeyingbo, O. A., Egberongbe, H. O., Feyisola, R. T., Ayinde, O. A., & Adesemowo, A. (2010). Growth inhibition (*in vitro*) of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from cassava (*Manihot esculenta*) using *Trichoderma longibrachiatum*. *African Journal of Microbiology Research*, *4*(21), 2196-2201.
- Spadaro, D., & Gullino, M. L. (2004). State of the art and future prospects of the biological control of postharvest fruit diseases. *International Journal of Food Microbiology*, *91*(2), 185-194.
- Sripong, K., Jitareerat, P., Tsuyumu, S., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Wongs-Aree, C., Ma, G., Zhang, L., & Kato, M. (2015). Combined treatment with hot water and UV-C elicits disease resistance against anthracnose and improves the quality of harvested mangoes. *Crop Protection*, *77*, 1-8.
- Sukatta, U., Takenaka, M., Ono, H., Okadome, H., Sotome, I., Nanayama, K., Thanapase, W., & Isobe, S. (2013). Distribution of major xanthones in the pericarp, aril, and yellow gum of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) fruit and their contribution to antioxidative activity. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, *77*(5), 984-987.
- Sultanbawa, Y. (2011). Plant antimicrobials in food applications: minireview. In A. Mendez-Vilas (Ed.), *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances* (pp. 1084-1099). Badajoz, Spain: Formatex.
- Suwitchayanon, P., Pukclai, P., & Kato-Noguchi, H. (2013). Allelopathic activity of *Cymbopogon nardus* (Poaceae): a preliminary study. *Journal of Plant Studies*, *2*(2), 1-6.

- Suzuki, T., Tanaka-Miwa, C., Ebihara, Y., Ito, Y., & Uematsu, S. (2010). Genetic polymorphism and virulence of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from strawberry (*Fragaria × ananassa* Duchesne). *Journal of General Plant Pathology*, 76(4), 247-253.
- Talibi, I., Boubaker, H., Boudyach, E. H., & Ait Ben Aoumar, A. (2014). Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of Applied Microbiology*, 117(1), 1-17.
- Tasiwal, V., Benagi, V. I., Hegde, Y. R., Kamanna, B. C., & Naik, K. R. (2009). *In vitro* evaluation of botanicals, bioagents and fungicides against anthracnose of paoaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *Karnataa Journal of Agricultural Sciences*, 22(4), 803-806.
- Tredway, L., & Wong, F. (2012). Managing anthracnose with fungicides: the future for anthracnose management looks brighter with new chemistries and an integrated management approach. *Golf Course Management*, 80(6), 90-96.
- Trivedi, M. K., Branton, A., Trivedi, D., Gopal, N., Mondal, C. S., & Jana, S. (2015). Morphological characterization, quality, yield and DNA fingerprinting of biofield energy treated alphonso mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3(6), 245-250.
- Tsai, W. C., & Rizvi, S. S. (2015). Measurement and correlation of citronellal and methyl anthranilate solubilities in supercritical carbon dioxide. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 61(1), 182-187.
- Tzortzakis, N. G., & Economakis, C. D. (2007). Antifungal activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(2), 253-258.
- Velankar, H. R., & Heble, M. R. (2003). Biotransformation of (L)-citronellal to (L)-citronellol by free and immobilized *Rhodotorula minuta*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6(2), 90-103.

- Victoria, F. N., Radatz, C. S., Sachini, M., Jacob, R. G., Alves, D., Savegnago, L. & Lenardão, E. J. (2012). Further analysis of the antimicrobial activity of α -phenylseleno citronellal and α -phenylseleno citronellol. *Food Control*, 23(1), 95-99.
- Vishnu, P. V., Mallika, J., Surapaneni, K. M., Saraswathi, P., & Chandra, S. G. V. S. (2010). Antimicrobial activity of pericarp extract of *Garcinia mangostana* Linn. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 1(8), 278-281.
- Vitoratos, A., Bilalis, D., Karkanis, A., & Efthimiadou, A. (2013). Antifungal activity of plant essential oils against *Botrytis cinerea*, and *Penicillium digitacum*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(1), 86-92.
- Wang, C., Zhang, J., Chen, H., Fan, Y., & Shi, Z. (2010). Antifungal activity of eugenol agents *Botrytis cinerea*. *Tropical Plant Pathology*, 35(3), 137-143.
- Wang, J., He, W., Huang, X., Tian, X., Liao, S., Yang, B., Wang, F., Zhou, X., & Liu, Y. (2016). Antifungal new oxepine-containing alkaloids and xanthenes from the deep-sea-derived fungus *Aspergillus versicolor* SCSIO 05879. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(14), 2910-2916.
- Williamson, E. M. (2001). Synergy and other interactions in phytomedicines. *Phytomedicine*, 8(5), 401-409.
- Xie, L., Zhang, J. Z., Wan, Y., & Hu, D. W. (2010). Identification of *Colletotrichum* spp. isolated from strawberry in Zhejiang province and Shanghai city, China. *Journal of Zhejiang University Science Biomedicine and Biotechnology*, 11(1), 61-70.
- Yenjit, P., Issarakraisila, M., Intana, W., Sattasalchai, S., Suwanno, T., & Chantrapromma, K. (2008). Efficacy of extracted substances from the pericarp of *Garcinia mangostana* to control major diseases of tropical fruits in the laboratory. *Acta Horticulture*, 1, 339-343.

- Yu, T., Chen, J., Chen, R., Huang, B., Liu, D., & Zheng, X. (2007). Biocontrol of blue and gray mold diseases of pear fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid. *International Journal of Food Microbiology*, *116*(3), 339-345.
- Zhang, D., Spadaro, D., Garibaldi, A., & Gullino, M. L. (2011). Potential biocontrol activity of a strain of *Pichia guilliermondii* against grey mold of apples and its possible modes of action. *Biological Control*, *57*(3), 193-201.
- Zheng, M., Shi, J., Shi, J., Wang, Q., & Li, Y., (2013). Antimicrobial effects of volatiles produced by two antagonistic *Bacillus strains* on the anthracnose pathogen in postharvest mangos. *Biological Control*, *65*, 200–206.
- Živković, S., Stojanović, S., Ivanović, Ž., Gavrilović, V., Popović, T., & Balaž, J. (2010). Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Archives Biological Sciences*, *62*(3), 611-623.

ภาคผนวก

ภาคผนวก
ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติของผลของสารสกัดหยาบจากป่าต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Descriptives

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
.25	3	85.9000	5.06308	2.92317	73.3226	98.4774	81.06	91.16
.50	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
1.00	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
1.50	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
2.00	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Total	18	80.9833	37.68156	8.88163	62.2447	99.7219	.00	100.00

Test of Homogeneity of Variances

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.131	5	12	.010

ANOVA

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24087.025	5	4817.405	1127.547	.000
Within Groups	51.270	12	4.272		
Total	24138.295	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ปล่อยเส้นเคเบิลที่ยัง

(I) ความเข้มข้นของ ข้า	(J) ความเข้มข้นของ ข้า	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
LSD	.00	.25	-85.90000*	1.68769	.000	-89.5772	-82.2228
		.50	-100.00000*	1.68769	.000	-103.6772	-96.3228
		dimension3 1.00	-100.00000*	1.68769	.000	-103.6772	-96.3228
		1.50	-100.00000*	1.68769	.000	-103.6772	-96.3228
		2.00	-100.00000*	1.68769	.000	-103.6772	-96.3228
	.25	.00	85.90000*	1.68769	.000	82.2228	89.5772
		.50	-14.10000*	1.68769	.000	-17.7772	-10.4228
		dimension3 1.00	-14.10000*	1.68769	.000	-17.7772	-10.4228
		1.50	-14.10000*	1.68769	.000	-17.7772	-10.4228
		2.00	-14.10000*	1.68769	.000	-17.7772	-10.4228
	.50	.00	100.00000*	1.68769	.000	96.3228	103.6772
		.25	14.10000*	1.68769	.000	10.4228	17.7772
		dimension3 1.00	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772
		1.50	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772
		2.00	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772
dimension2 1.00	.00	100.00000*	1.68769	.000	96.3228	103.6772	
	.25	14.10000*	1.68769	.000	10.4228	17.7772	
	dimension3 .50	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
	1.50	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
	2.00	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
1.50	.00	100.00000*	1.68769	.000	96.3228	103.6772	
	.25	14.10000*	1.68769	.000	10.4228	17.7772	
	dimension3 .50	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
	1.00	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
	2.00	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
2.00	.00	100.00000*	1.68769	.000	96.3228	103.6772	
	.25	14.10000*	1.68769	.000	10.4228	17.7772	
	dimension3 .50	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
	1.00	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	
	1.50	.00000	1.68769	1.000	-3.6772	3.6772	

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

ความเข้มข้นของบ้ำ	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a				
.00	3	.0000		
.25	3		85.9000	
.50	3			100.0000
dimension1				
1.00	3			100.0000
1.50	3			100.0000
2.00	3			100.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติของผลของสารสกัดเหยาบจากตะไคร้หอมต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Descriptives

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
.25	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
.50	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
1.00	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
1.50	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
2.00	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Total	18	83.3333	38.34825	9.03877	64.2632	102.4035	.00	100.00

Test of Homogeneity of Variances

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.	5	.	.

ANOVA

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25000.000	5	5000.000	.	.
Within Groups	.000	12	.000		
Total	25000.000	17			

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติของผลขอลสารสกัดหยาบจากเปลือกมังคุดต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Descriptives

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
7.00	3	73.8633	.73901	.42667	72.0275	75.6991	73.01	74.29
8.00	3	75.5767	1.28500	.74190	72.3845	78.7688	74.29	76.86
9.00	3	80.7200	.00000	.00000	80.7200	80.7200	80.72	80.72
10.00	3	85.6433	1.48379	.85667	81.9574	89.3293	83.93	86.50
11.00	3	87.5733	1.33628	.77150	84.2538	90.8928	86.50	89.07
12.00	3	89.9333	.36950	.21333	89.0154	90.8512	89.72	90.36
Total	21	70.4729	30.03614	6.55442	56.8006	84.1451	.00	90.36

Test of Homogeneity of Variances

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.987	6	14	.015

ANOVA

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18030.754	6	3005.126	3327.848	.000
Within Groups	12.642	14	.903		
Total	18043.397	20			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: ปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

(I) ความเข้มข้นของ มั้งคูด	(J) ความเข้มข้นของ มั้งคูด	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval			
					Lower Bound	Upper Bound		
LSD	.00	7.00	-73.86333*	.77590	.000	-75.5275	-72.1992	
		8.00	-75.57667*	.77590	.000	-77.2408	-73.9125	
		9.00	-80.72000*	.77590	.000	-82.3841	-79.0559	
		10.00	-85.64333*	.77590	.000	-87.3075	-83.9792	
		11.00	-87.57333*	.77590	.000	-89.2375	-85.9092	
		12.00	-89.93333*	.77590	.000	-91.5975	-88.2692	
	7.00	dimension3	.00	73.86333*	.77590	.000	72.1992	75.5275
			8.00	-1.71333*	.77590	.044	-3.3775	-.0492
			9.00	-6.85667*	.77590	.000	-8.5208	-5.1925
			10.00	-11.78000*	.77590	.000	-13.4441	-10.1159
			11.00	-13.71000*	.77590	.000	-15.3741	-12.0459
			12.00	-16.07000*	.77590	.000	-17.7341	-14.4059
	8.00	dimension3	.00	75.57667*	.77590	.000	73.9125	77.2408
			7.00	1.71333*	.77590	.044	.0492	3.3775
			9.00	-5.14333*	.77590	.000	-6.8075	-3.4792
10.00			-10.06667*	.77590	.000	-11.7308	-8.4025	
11.00			-11.99667*	.77590	.000	-13.6608	-10.3325	
12.00			-14.35667*	.77590	.000	-16.0208	-12.6925	
9.00	dimension3	.00	80.72000*	.77590	.000	79.0559	82.3841	
		7.00	6.85667*	.77590	.000	5.1925	8.5208	
		8.00	5.14333*	.77590	.000	3.4792	6.8075	
		10.00	-4.92333*	.77590	.000	-6.5875	-3.2592	
		11.00	-6.85333*	.77590	.000	-8.5175	-5.1892	
		12.00	-9.21333*	.77590	.000	-10.8775	-7.5492	
10.00	dimension3	.00	85.64333*	.77590	.000	83.9792	87.3075	
		7.00	11.78000*	.77590	.000	10.1159	13.4441	
		8.00	10.06667*	.77590	.000	8.4025	11.7308	
		9.00	4.92333*	.77590	.000	3.2592	6.5875	
		11.00	-1.93000*	.77590	.026	-3.5941	-.2659	
		12.00	-4.29000*	.77590	.000	-5.9541	-2.6259	
11.00	dimension3	.00	87.57333*	.77590	.000	85.9092	89.2375	

	7.00	13.71000*	.77590	.000	12.0459	15.3741
	8.00	11.99667*	.77590	.000	10.3325	13.6608
	9.00	6.85333*	.77590	.000	5.1892	8.5175
	10.00	1.93000*	.77590	.026	.2659	3.5941
	12.00	-2.36000*	.77590	.009	-4.0241	-.6959
12.00	.00	89.93333*	.77590	.000	88.2692	91.5975
	7.00	16.07000*	.77590	.000	14.4059	17.7341
dimension3	8.00	14.35667*	.77590	.000	12.6925	16.0208
	9.00	9.21333*	.77590	.000	7.5492	10.8775
	10.00	4.29000*	.77590	.000	2.6259	5.9541
	11.00	2.36000*	.77590	.009	.6959	4.0241

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

ความเข้มข้นของมังกาคู	N	Subset for alpha = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	
Duncan ^a	.00	3	.0000						
	7.00	3		73.8633					
	8.00	3			75.5767				
dimension1	9.00	3				80.7200			
	10.00	3					85.6433		
	11.00	3						87.5733	
	12.00	3							89.9333
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติของผลของน้ำมันหอมระเหย Eugenol ต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Descriptives

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.0000	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
.0620	3	98.7500	.00000	.00000	98.7500	98.7500	98.75	98.75
.1250	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
.2500	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
.5000	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
1.0000	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Total	18	83.1250	38.25526	9.01685	64.1011	102.1489	.00	100.00

Test of Homogeneity of Variances

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.	5	.	.

ANOVA

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	24878.906	5	4975.781	.	.
Within Groups	.000	12	.000		
Total	24878.906	17			

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติของผลของน้ำมันหอมระเหย Citronella ต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Descriptives

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.000	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
.062	3	23.1267	1.65171	.95361	19.0236	27.2297	21.88	25.00
.125	3	33.7533	1.08542	.62667	31.0570	36.4497	32.50	34.38
.250	3	38.5433	1.80711	1.04333	34.0542	43.0324	37.50	40.63
.500	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
1.000	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Total	18	49.2372	38.99927	9.19222	29.8433	68.6311	.00	100.00

Test of Homogeneity of Variances

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
8.894	5	12	.001

ANOVA

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25841.683	5	5168.337	4323.822	.000
Within Groups	14.344	12	1.195		
Total	25856.027	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable:เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

(I) citronellol	(J) citronellol	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
LSD	.000	.062					
		.125	-23.12667*	.89268	.000	-25.0716	-21.1817
		dimension3 .250	-33.75333*	.89268	.000	-35.6983	-31.8084
		.500	-38.54333*	.89268	.000	-40.4883	-36.5984
		1.000	-100.00000*	.89268	.000	-101.9450	-98.0550
		.062	.000				
		.125	23.12667*	.89268	.000	21.1817	25.0716
		dimension3 .250	-10.62667*	.89268	.000	-12.5716	-8.6817
		.500	-15.41667*	.89268	.000	-17.3616	-13.4717
		1.000	-76.87333*	.89268	.000	-78.8183	-74.9284
		.125	.000				
		.062	33.75333*	.89268	.000	31.8084	35.6983
		dimension3 .250	10.62667*	.89268	.000	8.6817	12.5716
		.500	-4.79000*	.89268	.000	-6.7350	-2.8450
		1.000	-66.24667*	.89268	.000	-68.1916	-64.3017
dimension2	.250	.000					
		.062	38.54333*	.89268	.000	36.5984	40.4883
		dimension3 .125	15.41667*	.89268	.000	13.4717	17.3616
		.500	4.79000*	.89268	.000	2.8450	6.7350
		1.000	-61.45667*	.89268	.000	-63.4016	-59.5117
		.500	.000				
		.062	100.00000*	.89268	.000	98.0550	101.9450
		dimension3 .125	76.87333*	.89268	.000	74.9284	78.8183
		.250	66.24667*	.89268	.000	64.3017	68.1916
		.500	61.45667*	.89268	.000	59.5117	63.4016
		1.000	.00000	.89268	1.000	-1.9450	1.9450
		1.000	.000				
		.062	100.00000*	.89268	.000	98.0550	101.9450
		dimension3 .125	76.87333*	.89268	.000	74.9284	78.8183
		.250	66.24667*	.89268	.000	64.3017	68.1916
	.500	61.45667*	.89268	.000	59.5117	63.4016	
	1.000	.00000	.89268	1.000	-1.9450	1.9450	

Multiple Comparisons

Dependent Variable:เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

(I) citronellol	(J) citronellol	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval			
					Lower Bound	Upper Bound		
LSD	.000	.062	-23.12667*	.89268	.000	-25.0716	-21.1817	
		.125	-33.75333*	.89268	.000	-35.6983	-31.8084	
		dimension3 .250	-38.54333*	.89268	.000	-40.4883	-36.5984	
		.500	-100.00000*	.89268	.000	-101.9450	-98.0550	
		1.000	-100.00000*	.89268	.000	-101.9450	-98.0550	
		.062	.000	23.12667*	.89268	.000	21.1817	25.0716
		.125	.000	-10.62667*	.89268	.000	-12.5716	-8.6817
		dimension3 .250	.000	-15.41667*	.89268	.000	-17.3616	-13.4717
		.500	.000	-76.87333*	.89268	.000	-78.8183	-74.9284
		1.000	.000	-76.87333*	.89268	.000	-78.8183	-74.9284
		.125	.000	33.75333*	.89268	.000	31.8084	35.6983
		.062	.000	10.62667*	.89268	.000	8.6817	12.5716
		dimension3 .250	.000	-4.79000*	.89268	.000	-6.7350	-2.8450
		.500	.000	-66.24667*	.89268	.000	-68.1916	-64.3017
		1.000	.000	-66.24667*	.89268	.000	-68.1916	-64.3017
dimension2	.250	.000	38.54333*	.89268	.000	36.5984	40.4883	
		.062	15.41667*	.89268	.000	13.4717	17.3616	
		dimension3 .125	4.79000*	.89268	.000	2.8450	6.7350	
		.500	.000	-61.45667*	.89268	.000	-63.4016	-59.5117
		1.000	.000	-61.45667*	.89268	.000	-63.4016	-59.5117
		.500	.000	100.00000*	.89268	.000	98.0550	101.9450
		.062	.000	76.87333*	.89268	.000	74.9284	78.8183
		dimension3 .125	.000	66.24667*	.89268	.000	64.3017	68.1916
		.250	.000	61.45667*	.89268	.000	59.5117	63.4016
		1.000	.000	.00000	.89268	1.000	-1.9450	1.9450
		1.000	.000	100.00000*	.89268	.000	98.0550	101.9450
		.062	.000	76.87333*	.89268	.000	74.9284	78.8183
		dimension3 .125	.000	66.24667*	.89268	.000	64.3017	68.1916
		.250	.000	61.45667*	.89268	.000	59.5117	63.4016
		.500	.000	.00000	.89268	1.000	-1.9450	1.9450

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

citronellol		N	Subset for alpha = 0.05				
			1	2	3	4	5
Duncan ^a	.000	3	.0000				
	.062	3		23.1267			
	.125	3			33.7533		
dimension1	.250	3				38.5433	
	.500	3					100.0000
	1.000	3					100.0000
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติของผลของน้ำมันหอมระเหย Xanthone ต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

Descriptives

Inhibition

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
.00	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
5.00	3	40.2667	.98150	.56667	37.8285	42.7048	39.70	41.40
6.00	3	47.4333	1.76163	1.01708	43.0572	51.8095	45.80	49.30
7.00	3	56.8000	.00000	.00000	56.8000	56.8000	56.80	56.80
8.00	3	72.6000	.00000	.00000	72.6000	72.6000	72.60	72.60
Total	15	43.4200	25.11924	6.48576	29.5094	57.3306	.00	72.60

Test of Homogeneity of Variances

Inhibition

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.576	4	10	.013

ANOVA

Inhibition

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8825.531	4	2206.383	2712.766	.000
Within Groups	8.133	10	.813		
Total	8833.664	14			

Multiple Comparisons

Dependent Variable:inhibition

(I) concentration	(J) concentration	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
LSD	.00	5.00	-40.26667*	.73636	.000	-41.9074	-38.6260
	dimension3	6.00	-47.43333*	.73636	.000	-49.0740	-45.7926
		7.00	-56.80000*	.73636	.000	-58.4407	-55.1593
		8.00	-72.60000*	.73636	.000	-74.2407	-70.9593
5.00	.00	40.26667*	.73636	.000	38.6260	41.9074	
	dimension3	6.00	-7.16667*	.73636	.000	-8.8074	-5.5260
		7.00	-16.53333*	.73636	.000	-18.1740	-14.8926
		8.00	-32.33333*	.73636	.000	-33.9740	-30.6926
6.00	.00	47.43333*	.73636	.000	45.7926	49.0740	
	dimension3	5.00	7.16667*	.73636	.000	5.5260	8.8074
		7.00	-9.36667*	.73636	.000	-11.0074	-7.7260
		8.00	-25.16667*	.73636	.000	-26.8074	-23.5260
7.00	.00	56.80000*	.73636	.000	55.1593	58.4407	
	dimension3	5.00	16.53333*	.73636	.000	14.8926	18.1740
		6.00	9.36667*	.73636	.000	7.7260	11.0074
		8.00	-15.80000*	.73636	.000	-17.4407	-14.1593
8.00	.00	72.60000*	.73636	.000	70.9593	74.2407	
	dimension3	5.00	32.33333*	.73636	.000	30.6926	33.9740
		6.00	25.16667*	.73636	.000	23.5260	26.8074
		7.00	15.80000*	.73636	.000	14.1593	17.4407

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Inhibition

concentration		N	Subset for alpha = 0.05				
			1	2	3	4	5
Duncan ^a	.00	3	.0000				
	5.00	3		40.2667			
	6.00	3			47.4333		
dimension1	7.00	3				56.8000	
	8.00	3					72.6000
	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ต่อการเจริญของยีสต์ปลูกพืช
Issatchenkia orientalis VCU24

Descriptives

เปอร์เซ็นต์การเจริญ

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	3	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
0.062%	3	97.8733	.20207	.11667	97.3714	98.3753	97.64	97.99
0.125%	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
0.25%	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
0.5%	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
1.0%	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
Total	18	32.9789	47.99554	11.31266	9.1113	56.8465	.00	100.00

Test of Homogeneity of Variances

เปอร์เซ็นต์การเจริญ

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
16.000	5	12	.000

ANOVA

เปอร์เซ็นต์การเจริญ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	39160.640	5	7832.128	1150843.301	.000
Within Groups	.082	12	.007		
Total	39160.722	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable:เปอร์เซ็นต์การเจริญ

(I) ความเข้มข้นของสาร สกัด	(J) ความเข้มข้นของสาร สกัด	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
LSD 0%	0.062%	2.12667*	.06736	.000	1.9799	2.2734
	0.125%	100.00000*	.06736	.000	99.8532	100.1468
	0.25%	100.00000*	.06736	.000	99.8532	100.1468
	0.5%	100.00000*	.06736	.000	99.8532	100.1468
	1.0%	100.00000*	.06736	.000	99.8532	100.1468
0.062%	0%	-2.12667*	.06736	.000	-2.2734	-1.9799
	0.125%	97.87333*	.06736	.000	97.7266	98.0201
	0.25%	97.87333*	.06736	.000	97.7266	98.0201
	0.5%	97.87333*	.06736	.000	97.7266	98.0201
	1.0%	97.87333*	.06736	.000	97.7266	98.0201
0.125%	0%	-100.00000*	.06736	.000	-100.1468	-99.8532
	0.062%	-97.87333*	.06736	.000	-98.0201	-97.7266
	0.25%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	0.5%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	1.0%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
0.25%	0%	-100.00000*	.06736	.000	-100.1468	-99.8532
	0.062%	-97.87333*	.06736	.000	-98.0201	-97.7266
	0.125%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	0.5%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	1.0%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
0.5%	0%	-100.00000*	.06736	.000	-100.1468	-99.8532
	0.062%	-97.87333*	.06736	.000	-98.0201	-97.7266
	0.125%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	0.25%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	1.0%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
1.0%	0%	-100.00000*	.06736	.000	-100.1468	-99.8532
	0.062%	-97.87333*	.06736	.000	-98.0201	-97.7266
	0.125%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	0.25%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468
	0.5%	.00000	.06736	1.000	-.1468	.1468

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

เปอร์เซ็นต์การเจริญ

ความเข้มข้นของสารสกัด	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Duncan ^a 0.125%	3	.0000		
0.25%	3	.0000		
0.5%	3	.0000		
1.0%	3	.0000		
0.062%	3		97.8733	
0%	3			100.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย Citronellal ความเข้มข้น 0.062% (v/v) ร่วมกับยีสต์ปฏิบั้กษ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ในการลดการเกิดโรคและขนาดรอยแผลบนผล มะม่วงสายพันธุ์น้ำดอกไม้

Descriptives

Asine

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					ใสน้ำกลั่น	3		
ใস্যีสต์	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
ใส้เชื้อรากล่อโรค	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
ใส้เชื้อรากล่อโรค+สารฆ่าเชื้อรา	3	1.1700	.03464	.02000	1.0839	1.2561	1.13	1.19
ใส้เชื้อรากล่อโรค+Citronellol	3	.3100	.18248	.10536	-.1433	.7633	.19	.52
ใส้เชื้อกล่อโรค+	3	.9600	.05196	.03000	.8309	1.0891	.90	.99
ยีสต์+Citronellol								
Total	18	.4067	.50044	.11795	.1578	.6555	.00	1.19

Test of Homogeneity of Variances

Asine

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12.289	5	12	.000

ANOVA

Asine

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.183	5	.837	134.935	.000
Within Groups	.074	12	.006		
Total	4.257	17			

ใส่เชื้อราก่อน	ใส่น้ำกลั่น	.31000*	.06429	.000	.1699	.4501
โรค+Citronellol	ใส่ยีสต์	.31000*	.06429	.000	.1699	.4501
	ใส่เชื้อราก่อนโรค	.31000*	.06429	.000	.1699	.4501
	ใส่เชื้อราก่อนโรค+สารฆ่าเชื้อรา	-.86000*	.06429	.000	-1.0001	-.7199
	ใส่เชื้อก่อนโรค+ยีสต์+Citronellol	-.65000*	.06429	.000	-.7901	-.5099
ใส่เชื้อก่อนโรค+ยีสต์+Citronellol	ใส่น้ำกลั่น	.96000*	.06429	.000	.8199	1.1001
	ใส่ยีสต์	.96000*	.06429	.000	.8199	1.1001
	ใส่เชื้อราก่อนโรค	.96000*	.06429	.000	.8199	1.1001
	ใส่เชื้อราก่อนโรค+สารฆ่าเชื้อรา	-.21000*	.06429	.007	-.3501	-.0699
	ใส่เชื้อราก่อนโรค+Citronellol	.65000*	.06429	.000	.5099	.7901

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Asine

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Duncan ^a ใส่ น้ำกลั่น	3	.0000			
ใส่ยีสต์	3	.0000			
ใส่เชื้อราก่อนโรค	3	.0000			
ใส่เชื้อราก่อนโรค+Citronellol	3		.3100		
ใส่เชื้อก่อนโรค+ยีสต์+Citronellol	3			.9600	
ใส่เชื้อราก่อนโรค+สารฆ่าเชื้อรา	3				1.1700
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติการเจริญของยีสต์ปฏิบัทธ์ *Issatchenkia orientalis* VCU24 ในรอย
 แผลบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ในชุดทดสอบที่แตกต่างกัน

Descriptives

logCFU

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					ใส่น้ำกลั่น	3		
ใส่อยีสต์	3	8.8482	.51647	.29819	7.5653	10.1312	8.54	9.44
ใส่เชื้อราก่อโรค	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
ใส่เชื้อราก่อโรค+สารฆ่าเชื้อ รา	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
ใส่เชื้อราก่อโรค+Citronello1	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
ใส่เชื้อก่อโรค+	3	8.7822	.04396	.02538	8.6730	8.8914	8.74	8.83
ยีสต์+Citronello1								
Total	18	2.9384	4.27975	1.00875	.8101	5.0667	.00	9.44

Test of Homogeneity of Variances

logCFU

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
15.279	5	12	.000

ANOVA

logCFU

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	310.838	5	62.168	1388.311	.000
Within Groups	.537	12	.045		
Total	311.376	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: logCFU

(I) Treatment	(J) Treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
					LSD	ใต้น้ำกลั่น
	ใยยี่สดี	-8.84825*	.17278	.000	-9.2247	-8.4718
	ใต้อร่าก้อโรค	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใต้อร่าก้อโรค+สารฆ่า เชื้อรา	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใต้อร่าก้อ	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	โรค+Citronellol					
	ใต้อร่าก้อโรค+ ยี่สดี+Citronellol	-8.78218*	.17278	.000	-9.1586	-8.4057
	ใยยี่สดี					
	ใต้น้ำกลั่น	8.84825*	.17278	.000	8.4718	9.2247
	ใต้อร่าก้อโรค	8.84825*	.17278	.000	8.4718	9.2247
	ใต้อร่าก้อโรค+สารฆ่า เชื้อรา	8.84825*	.17278	.000	8.4718	9.2247
	ใต้อร่าก้อ	8.84825*	.17278	.000	8.4718	9.2247
	โรค+Citronellol					
	ใต้อร่าก้อโรค+ ยี่สดี+Citronellol	.06607	.17278	.709	-.3104	.4425
	ใต้อร่าก้อโรค					
	ใต้น้ำกลั่น	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใยยี่สดี	-8.84825*	.17278	.000	-9.2247	-8.4718
	ใต้อร่าก้อโรค+สารฆ่า เชื้อรา	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใต้อร่าก้อ	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	โรค+Citronellol					
	ใต้อร่าก้อโรค+ ยี่สดี+Citronellol	-8.78218*	.17278	.000	-9.1586	-8.4057
	ใต้อร่าก้อโรค+สารฆ่า เชื้อรา					
	ใต้น้ำกลั่น	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใยยี่สดี	-8.84825*	.17278	.000	-9.2247	-8.4718
	ใต้อร่าก้อโรค	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใต้อร่าก้อ	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	โรค+Citronellol					
	ใต้อร่าก้อโรค+ ยี่สดี+Citronellol	-8.78218*	.17278	.000	-9.1586	-8.4057

ใส่เชื้อราก่อนโรด+Citronellol	ใส่น้ำกลั่น	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใส่ยีสต์	-8.84825*	.17278	.000	-9.2247	-8.4718
	ใส่เชื้อราก่อนโรด	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใส่เชื้อราก่อนโรด+สารฆ่าเชื้อรา	.00000	.17278	1.000	-.3765	.3765
	ใส่เชื้อก่อนโรด+ยีสต์+Citronellol	-8.78218*	.17278	.000	-9.1586	-8.4057
ใส่เชื้อก่อนโรด+ยีสต์+Citronellol	ใส่น้ำกลั่น	8.78218*	.17278	.000	8.4057	9.1586
	ใส่ยีสต์	-.06607	.17278	.709	-.4425	.3104
	ใส่เชื้อราก่อนโรด	8.78218*	.17278	.000	8.4057	9.1586
	ใส่เชื้อราก่อนโรด+สารฆ่าเชื้อรา	8.78218*	.17278	.000	8.4057	9.1586
	ใส่เชื้อราก่อนโรด+ยีสต์+Citronellol	8.78218*	.17278	.000	8.4057	9.1586

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

		logCFU		
Treatment		N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	ใส่น้ำกลั่น	3	.0000	
	ใส่เชื้อราก่อนโรด	3	.0000	
	ใส่เชื้อราก่อนโรด+สารฆ่าเชื้อรา	3	.0000	
	ใส่เชื้อราก่อนโรด+Citronellol	3	.0000	
	ใส่เชื้อก่อนโรด+ยีสต์+Citronellol	3		8.7822
	ใส่ยีสต์	3		8.8482
Sig.			1.000	.709

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.