

การสังเคราะห์และศึกษาฤทธิ์ต้านราโรคพืชของ
อนุพันธ์ชาลโคนที่ได้จากแซนทอกซีลีน

SYNTHESIS AND ANTI-PLANT PATHOGENIC FUNGI
ACTIVITIES OF XANTHOXYLINE-DERIVED CHALCONES



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ปีการศึกษา 2561 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYNTHESIS AND ANTI-PLANT PATHOGENIC FUNGI
ACTIVITIES OF XANTHOXYLINE-DERIVED CHALCONES



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2018
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การสังเคราะห์และศึกษาฤทธิ์ต้านราโรคพืชของอนุพันธ์ชาโลโคนที่ได้จาก
แซนโทกซีลีน

Synthesis and Anti-Plant Pathogenic Fungi Activities of
Xanthoxylene-Derived Chalcones

ชื่อนักศึกษา นางสาวดวงกมล ผึ้งแผ้ว รหัสนักศึกษา 58050475
นางสาวสุนิตตา กลิ่นหอม รหัสนักศึกษา 58050559

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ณวลีสิทธิ์ โชติแสง

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
(เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พัชณี เจริญยิ่ง ประธานกรรมการ	ณวลีสิทธิ์ โชติแสง
รศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ กรรมการ	ณวลีสิทธิ์ โชติแสง
ผศ.ดร.ณวลีสิทธิ์ โชติแสง กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	ณวลีสิทธิ์ โชติแสง

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การสังเคราะห์และศึกษาฤทธิ์ต้านราโรคพืชของอนุพันธ์ชาโลโคนที่ได้จาก แซนทอกซีลีน	
	Synthesis and Anti-Plant Pathogenic Fungi Activities of Xanthoxylene-Derived Chalcones	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวดวงกมล ผึ้งแผ้ว	รหัสนักศึกษา 58050475
	นางสาวสุนิตตา กลิ่นหอม	รหัสนักศึกษา 58050559
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)	
ภาควิชา	เคมี	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์อนุพันธ์ชาโลโคนจากแซนทอกซีลีนและศึกษาฤทธิ์การต้านราสาเหตุของโรคพืชของชาโลโคนที่สังเคราะห์ได้ ชาโลโคนสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาควบแน่นแบบ Claisen-Schmidt ระหว่างสารตั้งต้นคือแซนทอกซีลีน (Xanthoxylene) และอะโรมาติกแอลดีไฮด์หลากหลายชนิดทั้งที่มีหมู่แทนที่ที่ให้อิเล็กตรอนและดึงอิเล็กตรอน อนุพันธ์ชาโลโคน 3, 24 และ 36-45 ที่สังเคราะห์ได้ มีร้อยละของสารผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับดี โครงสร้างของอนุพันธ์ชาโลโคน 3, 24 และ 36-45 ถูกตรวจสอบด้วยเทคนิคฟูเรียร์ ทรานสฟอร์ม อินฟราเรด (FT-IR) สเปกโตรสโคปี และเทคนิคฟูเรียร์ ทรานสฟอร์ม นิวเคลียร์ แมกเนติก เรโซแนนซ์ (FT-NMR) สเปกโตรสโคปี จากนั้นอนุพันธ์ชาโลโคนทั้ง 12 ชนิดถูกนำไปทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา 4 ชนิด ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืช ได้แก่ *C. capsica*, *F. oxysporum*, *P. grisea* และ *R. solani* ตามลำดับ พบว่าอนุพันธ์ชาโลโคนทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรไม่แสดงฤทธิ์ในการต้านเชื้อราสาเหตุของโรคพืชทั้ง 4 ชนิด

คำสำคัญ : ชาโลโคน แซนทอกซีลีน ราสาเหตุของโรคพืช อะโรมาติกแอลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Synthesis and Anti-Plant Pathogenic Fungi Activities of Xanthoxylene-Derived Chalcones	
Students	Miss Duangkamon Puengphae	Student ID 58050475
	Miss Sunitta Klinhom	Student ID 58050559
Degree	Bachelor of Science (Industrial Chemistry)	
Department	Chemistry	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic year	2018	
Advisor	Asst. Prof. Dr. Nawasit Chotsaeng	

Abstract

In this research, xanthoxylene-derived chalcones were synthesized and evaluated their anti-plant pathogenic fungi activities. The chalcone were prepared by Claisen-Schmidt condensation reaction between xanthoxylene and aromatic aldehydes containing both electron donating and electron withdrawing substituents. These synthesized chalcones were obtained in high yields and their structures were elucidated by Fourier Transform Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (FT-NMR) and Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy. All 12 derivatives were them tested for antifungal properties against 4 types of plant pathogenic fungi which consists 4 types of fungi, namely, *C. capsica*, *F. oxysporum*, *P. grisea* and *R. solani*, respectively. The result found that at concentrations of 50 micrograms per milliliter and 100 micrograms per milliliter, all-chalcone derivatives showed no harmful effect on those 4 fungi.

Keywords : Anti-plant pathogenic fungi, Aromatic aldehyde, Chalcone, Xanthoxylene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือและชี้แจงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ และผศ.ดร.พีชนี เจริญยิ่ง ที่ช่วยตรวจสอบข้อผิดพลาดและให้คำแนะนำในการแก้ไขโครงการนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณสุภัทร บานเย็น เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือด้านวิทยาศาสตร์

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มอบความรู้ด้านวิชาการ ประสบการณ์และคุณธรรมในการดำรงชีวิต ตลอดจนสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานโครงการพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำโครงการพิเศษ

ขอขอบคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษา คอยตักเตือน สั่งสอนตลอดจนสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษาทำให้พวกเราประสบความสำเร็จ

ดวงกมล

ผິงแม่

สุนิตตา

กลีนหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
รายการคำย่อ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เชื้อรา.....	3
2.1.1 รากับโรคในพืช.....	3
2.1.1.1 ราที่ทำลายระบบราก.....	4
2.1.1.2 ราที่ทำลายลำต้น.....	5
2.1.1.3 ราที่ทำลายใบ.....	7
2.1.1.4 ราที่ทำลายผลและเมล็ด.....	10
2.2 ชาลโคเนียม.....	11
2.2.1 ฟลาโวคาเวน.....	11
2.2.2 ชาลโคเนียมจากธรรมชาติ.....	12
2.2.3 ฟลาโวคาเวนจากธรรมชาติ.....	13
2.2.4 ฤทธิ์ทางชีวภาพของชาลโคเนียม.....	14
2.2.4.1 ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย.....	14
2.2.4.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ.....	15
2.2.4.3 ฤทธิ์ต้านมะเร็ง.....	16
2.2.5 การสังเคราะห์ชาลโคเนียม.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	23
3.1 เชื้อราสำหรับการทดลอง.....	23
3.2 อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ.....	23
3.3 สารเคมี.....	23
3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	24
3.4.1 การสังเคราะห์สาร.....	23
3.4.2 การตรวจสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ.....	25
3.5 วิธีการทดลอง.....	26
3.5.1 การสังเคราะห์ซาลิโคนจากแซนโทกซีลินและอะโรมาติกแอลดีไฮด์.....	26
3.5.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านราสาเหตุโรคพืชของซาลิโคนและฟลาโวคาเวน.....	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง	28
4.1 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของซาลิโคนด้วยวิธี Claisen-Schmidt condensation.....	28
4.1.1 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-phenylprop-2-en-1-one หรือ Flavokawain B 3.....	29
4.1.2 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(2-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 36.....	30
4.1.3 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(3-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 37.....	32
4.1.4 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(4-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 38.....	33
4.1.5 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(2-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 24.....	34
4.1.6 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(3-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 39.....	36
4.1.7 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(4-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 40.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.8 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(2-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxy phenyl)prop-2-en-1-one 41.....	38
4.1.9 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(3-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxy phenyl)prop-2-en-1-one 42.....	40
4.1.10 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-3-(4-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxy phenyl)prop-2-en-1-one 43.....	41
4.1.11 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3- <i>o</i> -tolyl prop-2-en-1-one 44.....	43
4.1.12 การสังเคราะห์ (<i>E</i>)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-(3-methoxy phenyl)prop-2-en-1-one 45.....	44
4.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราของอนุพันธ์ซาลิโคน 3, 24 และ 36-45.....	46
4.3 การอภิปรายผลการทดลอง.....	47
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	49
5.1 ผลการสังเคราะห์อนุพันธ์ซาลิโคนด้วยวิธี Claisen-Schmidt condensation.....	49
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	50
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุโรคพืชของอนุพันธ์ชาโคโคน 3, 24 และ 36-45.....	47
5.1 เปอร์เซ็นต์ของอนุพันธ์ชาโคโคน 3, 24 และ 36-45.....	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

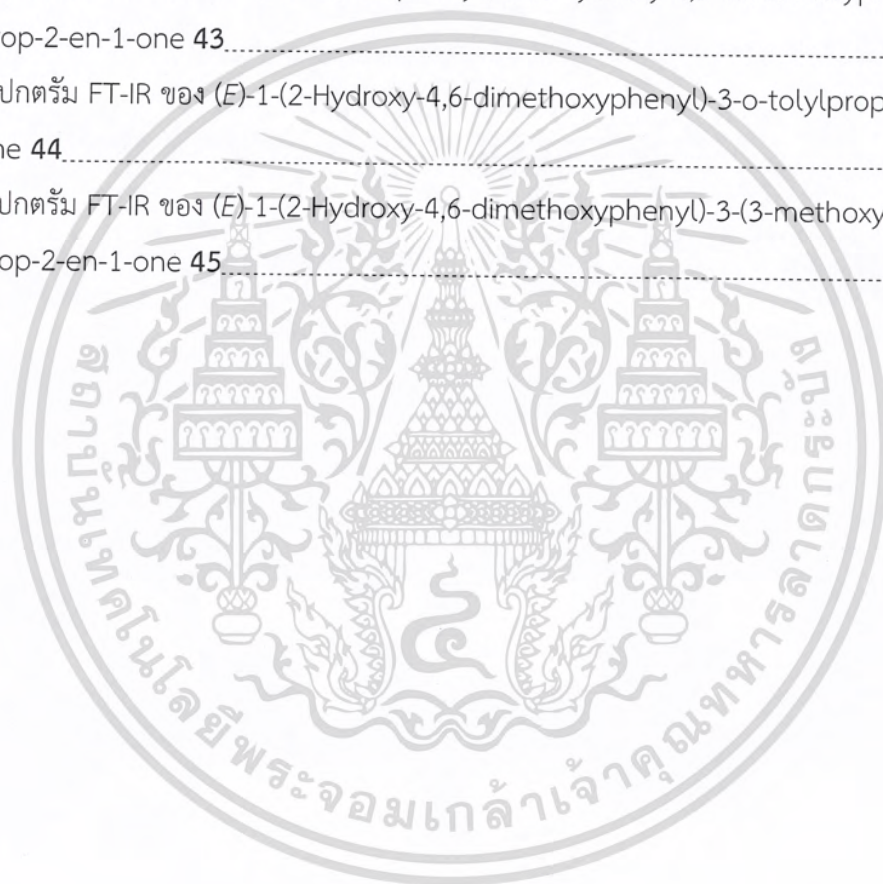
สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะอาการโคนเน่าและรากเน่าที่ปรากฏในพืช.....	4
2.2 ลักษณะอาการโรคเน่าคอดินที่ปรากฏในพืช.....	4
2.3 ลักษณะอาการเหี่ยวของท่อน้ำท่ออาหารที่ปรากฏในพืช.....	5
2.4 ลักษณะอาการแคงเคอร์ที่ปรากฏบนลำต้น.....	5
2.5 ลักษณะอาการพุ่มแจ้ที่ปรากฏในพืช.....	6
2.6 ลักษณะอาการราสีชมพูที่ปรากฏบนลำต้น.....	6
2.7 ลักษณะอาการใบจุดที่ปรากฏบนใบพืช.....	7
2.8 ลักษณะอาการตายนิ่งที่ปรากฏบนใบพืช.....	8
2.9 ลักษณะอาการราสนิมขาวที่ปรากฏบนใบพืช.....	8
2.10 ลักษณะอาการราแป้งที่ปรากฏบนใบพืช.....	9
2.11 ลักษณะอาการราน้ำค้างที่ปรากฏบนใบพืช.....	9
2.12 ลักษณะอาการไหม้ที่ปรากฏบนใบพืช.....	10
2.13 ตัวอย่างชาลโคนที่พบได้ในธรรมชาติ.....	13
2.14 ตัวอย่างฟลาวคาเวนที่พบได้ในธรรมชาติ.....	14
4.1 กลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแซนโทกซีลีนและอะโรมาติกแอลดีไฮด์.....	28
4.2 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-phenylprop-2-en-1-one หรือ Flavokawain B 3.....	30
4.3 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(2-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 36.....	31
4.4 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(3-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 37.....	32
4.5 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(4-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 38.....	34
4.6 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(2-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 24.....	35
4.7 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(3-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 39.....	36
4.8 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(4-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 40.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(2-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 41.....	39
4.10 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(3-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 42.....	40
4.11 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(4-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 43.....	42
4.12 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-o-tolylprop-2-en-1-one 44.....	43
4.13 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-(3-methoxyphenyl)prop-2-en-1-one 45.....	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
BiCl_3	Bismuth chloride
CH_3N	Methylnitrene
DMSO	Dimethyl sulfoxide
Et_3N	Triethylamine
EtOH	Ethanol
FT-NMR	Fourier transform nuclear magnetic resonance
FT-IR	Fourier transform infrared
HCl	Hydrochloric acid
K	Potassium
KOH	Potassium hydroxide
MHCP	Methylhydroxy chalcone polymer
NaOH	Sodium hydroxide
P	Phosphorus
PDA	Potato dextrose agar
$\text{Pd}(\text{OAc})_2$	Palladium acetate
$\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$	Tetrakis (triphenylphosphine) palladium
PPh_3	Triphenylphosphine
TLC	Thin-layer chromatography
UV-Vis	Ultraviolet/Visible

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

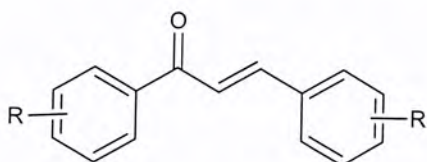
บทที่ 1

บทนำ

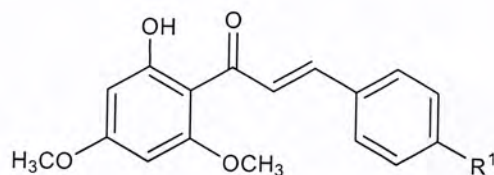
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย [1-12]

จากอดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยถูกขนานนามว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งสังเกตได้จากประชากรส่วนใหญ่ของประเทศยังคงประกอบอาชีพเกี่ยวกับการเกษตร แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย โดยในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ เข้ามาพัฒนาการเกษตรให้สามารถสนองความต้องการของผู้บริโภคได้มากขึ้น แต่ทั้งนี้รายได้ของเกษตรกรในประเทศไทยกลับไม่ได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากผลผลิตที่ได้มีปริมาณน้อยโดยหนึ่งในสาเหตุของปัญหาผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามที่คาดหวังเนื่องมาจากโรคพืช (Plant diseases) ที่แพร่ระบาดก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตรอย่างมหาศาล โดยโรคพืชเหล่านี้ส่วนมากเกิดจากเชื้อราซึ่งส่งผลให้พืชมีลักษณะใบเหี่ยว ใบไหม้ โคนเน่า รากเน่า หรือบางครั้งทำให้เกิดการยืนต้นตาย ด้วยเหตุนี้ นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนักวิจัยด้านเคมีเกษตรหลายท่านได้ศึกษาค้นคว้าหาสารปราบเชื้อราโรคพืชด้วยคาดหวังว่าจะค้นพบสารกำจัดเชื้อราที่แสดงฤทธิ์ได้ดี มีความเฉพาะเจาะจง สามารถสังเคราะห์ได้ง่าย ปลอดภัยสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น สารกลุ่ม ไคโตซาน (Chitosan) อินนูลิน (Inulin) คาร์บอกซาไมด์ (Carboxamide) และซาลโคน (Chalcones) 1 เป็นต้น

จากปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อราโรคพืชดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจเกี่ยวกับการสังเคราะห์สารเคมีในกลุ่มที่คาดว่าจะมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา ได้แก่ ซาลโคน 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งซาลโคนที่มีกลุ่มฟลาโวกาเวิน (Flavokawains) 2 3 และ 4 เนื่องจากเป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สามารถสังเคราะห์ได้ง่ายจากแซนโทกซีลีน (Xanthoxyline) หรือ 1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethenone 5 และสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดี รวมถึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ของซาลโคน พบว่านอกจากซาลโคนจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซาลโคนยังมีสมบัติในการบรรเทาอาการอักเสบและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ด้วย



1

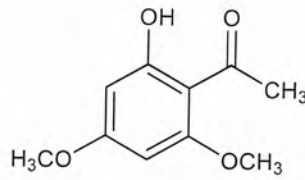


2 Flavokawain A ; $R^1 = \text{OCH}_3$

3 Flavokawain B ; $R^1 = \text{H}$

4 Flavokawain C ; $R^1 = \text{OH}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ใบอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5

แต่ทั้งนี้มียางวิจัยเพียงจำนวนหนึ่งเท่านั้นที่ทำการสังเคราะห์ชาโคโคน 1 จากแซนทอกซีลีน 5 และนำไปทดสอบสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาการสังเคราะห์อนุพันธ์ชาโคโคน 1 จากแซนทอกซีลีน 5 และศึกษาสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคพืชโดยองค์ความรู้และผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาโรคพืชที่แพร่ระบาดอันมีสาเหตุมาจากเชื้อราซึ่งเป็นปัญหาหลักของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) สังเคราะห์อนุพันธ์ชาโคโคนจากแซนทอกซีลีน
- 2) ศึกษาสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุของโรคพืชของอนุพันธ์ชาโคโคน

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

สารอนุพันธ์ชาโคโคนจากแซนทอกซีลีนมีสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืช โดยอนุพันธ์ที่มีโครงสร้างประกอบไปด้วยหมู่แทนที่ทั้งให้หรือดึงอิเล็กตรอนจะมีสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดโรคพืชได้แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

สังเคราะห์อนุพันธ์ชาโคโคนจากแซนทอกซีลีนและนำไปศึกษาสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืช ได้แก่ *Colletotrichum capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Pyricularia grisea* และ *Rhizoctonia solani*

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับพัฒนายาป้องกันและกำจัดเชื้อราอันเป็นสาเหตุของโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อรา (Fungi) [13]

ราเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีนิวเคลียสและโครงสร้างออร์แกเนลล์อยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์โดยมีลักษณะของเซลล์ที่ประกอบด้วยเส้นใยขนาดเล็ก เรียกว่า ไฮฟา (Hyphae) มีระบบย่อยอาหารภายนอกเซลล์ หลังจากนั้นจะดูดซึมสารอาหารเข้าสู่เซลล์โดยตรง ราวส่วนมากสืบพันธุ์โดยอาศัยสปอร์ (Spores) ดังนั้น ราจึงจัดเป็นสิ่งมีชีวิตจำพวกที่ต้องการอินทรีย์สารจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ เป็นแหล่งคาร์บอน และพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต หรือที่เรียกว่าผู้บริโภคนิเวศในห่วงโซ่อาหาร (Heterotroph) ซึ่งสามารถแบ่งราตามลักษณะการดำรงชีวิตได้ ดังนี้

- 1) ราที่อาศัยสารอาหารจากเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (Biotrophs)
- 2) ราที่อาศัยสารอาหารจากซากพืช ซากสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว (Saprotrophs)
- 3) ราที่อาศัยสารอาหารจากสิ่งมีชีวิตโดยทำให้สิ่งมีชีวิตที่ถูกอาศัยเกิดการเจ็บป่วยและตายลงในที่ที่สุด (Necrotrophs)

โดยจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าราเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดโรคพืชซึ่งชนิดของราที่มีความหลากหลายทำให้พืชมีลักษณะผิดปกติแตกต่างกัน แต่มีราเพียงร้อยละ 10 จากราทั้งหมดเท่านั้นที่สามารถตั้งรกรากและดำรงชีวิตในพืชได้

2.1.1 รากับโรคในพืช

ราจัดว่าเป็นสาเหตุสำคัญของโรคพืชโดยมีรามากกว่า 8,000 ชนิดที่สามารถสร้างความเสียหายแก่ภาคเกษตรกรรม ราวบางชนิดมีความจำเพาะกับพืชบางชนิดเท่านั้นและสามารถทำให้พืชเกิดโรคได้เฉพาะบางส่วน แต่ราวบางชนิดก็สามารถทำให้พืชเกิดโรคได้โดยไม่เจาะจงว่าเป็นพืชชนิดใดหรือส่วนใดซึ่งทำให้พืชเกิดอาการได้มากมายหลายแบบ ราวสามารถเข้าทำลายพืชได้ทุกช่วงเวลาตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูกจนถึงกระทั่งกลายเป็นผลผลิตที่เก็บเกี่ยวแล้ว นอกจากนั้นรายังสามารถปรับตัวให้มีชีวิตอยู่รอดในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ ดังนั้นการวินิจฉัยโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราให้ถูกต้องและชัดเจนจะส่งผลให้สามารถเลือกการป้องกันกำจัดที่ถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

2.1.1.1 ราที่ทำลายระบบราก (Root pathogens) [14-15]

ราที่เข้าทำลายระบบรากพืชจะรบกวนการดูดน้ำและการลำเลียงธาตุอาหารของพืช ทำให้พืชมีลักษณะแคระแกรน แสดงอาการใบเหลืองและเหี่ยว รากพืชที่เกิดใหม่จะอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของราเช่นเดียวกัน รากพืชที่ได้รับแรงกระทบกระเทือนเนื่องจากการไถพรวนหรือย้ายปลูกไม่ว่องไวใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าราสามารถเข้าทำลายได้ง่าย ดินที่มีธาตุอาหารต่ำ (ธาตุ P หรือ ธาตุ K) ดินเค็ม หรือดินมีความเป็นกรดต่างไม่สมดุลเหล่านี้ยังเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ทำให้พืชเกิดอาการรากเน่าได้

ชนิดของเชื้อราที่ทำลายระบบราก

1. อาการโคนเน่า (Root) และรากเน่า (Root rot)

อาการโคนเน่ารากเน่าโดยปกติมักจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้มที่บริเวณราก บริเวณปล้องลำต้นเหนือรากและโคนลำต้น สาเหตุเกิดจากราหลายชนิดในตระกูล *Fusarium* แต่ชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Fusarium graminearum* และ *F. culmorum*



รูปที่ 2.1 ลักษณะอาการโคนเน่าและรากเน่าที่ปรากฏในพืช
(ชมรมเกษตรปลอดสารพิษ, 2561 ; เกษตรอินทรีย์ เน็ตเวิร์ค, 2562)

2. โรคน้ำคอดิน (Damping-off)

โรคน้ำคอดินส่วนมากมักมีสาเหตุมาจากราชนิด *Pythium* และ *Rhizoctonia* ซึ่งจะมุ่งทำลายฐานลำต้นและโคนรากหรือบริเวณเนื้อเยื่อพืชที่อ่อนแอ โดยจะทำให้เกิดอาการเน่าบริเวณที่มีรากอาศัยอยู่



รูปที่ 2.2 ลักษณะอาการโรคน้ำคอดินที่ปรากฏในพืช
(โรคพืช, 2560 ; Umass, 2018 ; Sjpgadget, 2019)

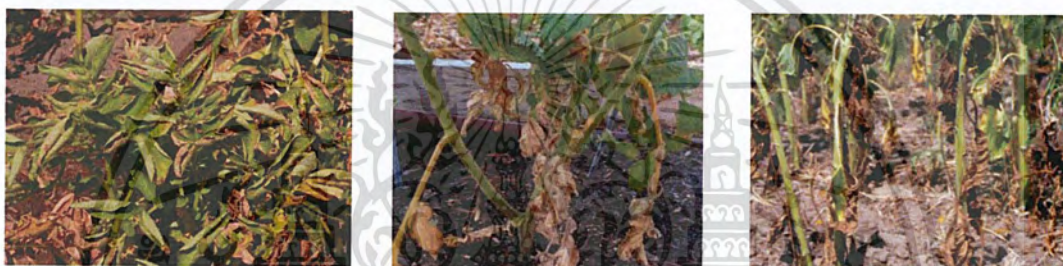
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 ราที่ทำลายลำต้น (Stem pathogens) [15-18]

ชนิดของเชื้อราที่ทำลายลำต้น

1. อาการเหี่ยวของท่อน้ำท่ออาหาร (Vascular wilt)

อาการเหี่ยวเป็นโรคพืชที่พบอย่างแพร่หลายและส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยสาเหตุของอาการเหี่ยวที่สำคัญ คือ *Fusarium* และ *Verticillium* ซึ่งอาการเหี่ยวที่เกิดจากรา *Fusarium* สามารถเกิดได้กับพืชไร่ ไม้ดอก ไม้ประดับและไม้ผล รา *Fusarium* แต่ละชนิดจะเกิดกับพืชที่จำเพาะ ราที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ *F. oxysporum* อาการเหี่ยวที่เกิดจากรา *Verticillium* ก็สามารถเกิดได้กับพืชพันธุ์หลายชนิดแต่มีความจำเพาะกับอุณหภูมิมากกว่า รา *Fusarium* แต่ทั้งนี้บางครั้งอาการเหี่ยวก็มีสาเหตุมาจากแบคทีเรียได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.3 ลักษณะอาการอาการเหี่ยวของท่อน้ำท่ออาหารที่ปรากฏในพืช
(Utah State University, n.d.)

2. อาการแคงเคอร์ (Cankers)

ราจะเข้าทำลายเปลือกไม้และเป็นสาเหตุให้น้ำเยื่อพืชตาย โดยเมื่อเปลือกไม้กะเทาะออกจะเจริญไปในเนื้อไม้และทำลายเนื้อเยื่อพืช ราที่ก่อให้เกิดโรคมียั้งราชนิด *Coniothecium chomatosporum* และรา *Physalospora mutila*



รูปที่ 2.4 ลักษณะอาการอาการแคงเคอร์ที่ปรากฏบนลำต้น

(Lehnert, 2013 ; Thoughtco, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อาการพุ่มแจ้ หรือพุ่มไม้กวาด (Witches' broom)

บางครั้งไม้เนื้อแข็งจะเกิดลักษณะผิดปกติจากการที่ยอดแขนงของพืชงอกออกมา มากและเกิดการรวมตัวกันทำให้เกิดการพองออกมีลักษณะคล้ายไม้กวาด เช่น รา *Crinipellis perniciosa* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพุ่มไม้กวาดของโกโก้



รูปที่ 2.5 ลักษณะอาการพุ่มแจ้ที่ปรากฏในพืช
(ตังนำเกษตร, 2561 ; มติชนออนไลน์, 2561 ; Vidmaroc, 2018)

4. อาการราสีชมพู (Pink crust or pink disease)

อาการราสีชมพูเกิดจากรา *Erythricium salmonicolor* สร้างเส้นใยสีชมพูเป็น แผ่นแบนราบบนกิ่งและแขนงของต้นไม้เนื้อแข็งหลายชนิดที่อยู่ในภูมิประเทศที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น เช่น ต้นยาง ต้นโกโก้ ต้นกาแฟ ต้นส้ม ต้นมะม่วง ต้นแอปเปิ้ล และต้นยูคาลิปตัส



รูปที่ 2.6 ลักษณะอาการอาการราสีชมพูที่ปรากฏบนลำต้น
(Hiveminer, n.d. ; Lincoff, 2012 ; Project noah, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 ราที่ทำลายใบ (Leaf pathogens) [15,17,19-26]

อาการของโรคบนใบนับว่ามีความสำคัญมาก เนื่องจากโรคบนใบพืชบางโรคมีสาเหตุจากราที่อาศัยบนสิ่งมีชีวิตเท่านั้น (Obligate fungal pathogens) บางโรคมีสาเหตุจากราที่อาศัยบนเศษซากพืชหรืออินทรีย์วัตถุ (Saprobies) ลักษณะอาการบนใบที่พบโดยทั่วไปอาจเกิดจากราสาเหตุโรคพืชมากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละอาการที่เด่นชัดจะเกิดจากราสาเหตุที่เฉพาะเจาะจงเท่านั้น

ชนิดของเชื้อราที่ทำลายใบ

1. อาการใบจุด (Leaf spots)

ลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลเกิดจากเนื้อเยื่อที่ตายแล้ว โดยจุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่และมีความเข้มของสีที่แตกต่างกัน ในบางกรณีเนื้อเยื่อไม่ตายเพียงแต่สีเปลี่ยนไปเนื่องจากมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ ราหลายชนิดทำให้เกิดอาการใบจุดได้นอกจากนั้นบางครั้งอาการใบจุดก็เกิดได้จากแมลงด้วยเช่นเดียวกัน

จุดแผลเป้ากระสุน (Target spot) แผลมีลักษณะเป็นวงซ้อนกันหลาย ๆ ชั้น จุดแผลวงแหวน (Ring spot) แผลมีขอบแผลสีน้ำตาลเข้มล้อมรอบแผลจุดเหลี่ยม (Angular leaf spot) แผลถูกล้อมรอบด้วยเส้นใบจุดแผลรูปตา (Eye spot) แผลมีลักษณะเป็นวงรีบริเวณตรงกลางแผลมีสีเข้ม จุดแผลขาดเป็นรู (Shot hole) เป็นลักษณะของจุดแผลที่ตายแล้วและบริเวณแผลหลุดหายไป ลักษณะอาการดังกล่าวเป็นผลจากการที่พืชต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ



รูปที่ 2.7 ลักษณะอาการใบจุดที่ปรากฏบนใบพืช

(Missouri botanical garden, n.d. ; Plant management network, 2007 ; Pestnet, 2017)

2. อาการตายเน่า (Scald)

อาการตายเน่าที่เกิดบนใบทำให้ใบมีลักษณะเป็นแผลแสดงอาการซีดไม่มีสีแต่บางส่วนอาจโปร่งแสงคล้ายถูกน้ำร้อนลวก เช่น โรคข้าวตายเน่า (Rice leaf scald) เกิดจากรา *Microdochium oryzae* และรา *Monographella albescens*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ลักษณะอาการตายหนึ่งที่ปรากฏบนใบพืช
(Bifurcatedcarrots, 2012 ; Waterworth, 2018)

3. อาการราสนิมขาว (White rust)

จากงานวิจัยในปี พ.ศ.2556 ของ Patnude และ Nelson กล่าวว่าอาการราสนิมขาวเป็นโรคพืชที่ส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกพืชตระกูลกะหล่ำ เช่น กะหล่ำปลี สลัดน้ำ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญในมลรัฐฮาวาย ราชชนิดสำคัญที่สร้างความเสียหายแก่ผักตระกูลกะหล่ำ คือ *Albugo candida* โดยราสาเหตุจะทำให้เกิดรอยแผลนูนโป่งสีขาวออกมาเป็นแนวใต้ผิวใบ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ราชชนิดนี้มีชื่อเรียกว่าราสนิมขาว



รูปที่ 2.9 ลักษณะอาการราสนิมขาวที่ปรากฏบนใบพืช
(Patnude and Nelson, 2013 ; The green expert, n.d.)

4. อาการราแป้ง (Powdery mildew)

ราสาเหตุของอาการราแป้งเป็นราที่อาศัยอยู่บนสิ่งมีชีวิตเท่านั้น (Obligate parasite) และมีความเฉพาะเจาะจงกับพืชอาศัย นอกจากนั้นยังสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพอากาศที่ค่อนข้างแห้งแล้ง เช่น รา *Blumeria graminis* เป็นเชื้อสาเหตุโรคราแป้งของธัญพืชและพืชตระกูลหญ้า อาการราแป้งสังเกตได้จากลักษณะเส้นใยสีขาวฟูขึ้นมาบนผิวพืชและสร้างส่วนขยายพันธุ์คล้ายผงแป้งบนผิวใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ลักษณะอาการราแป้งที่ปรากฏบนใบพืช

(Bartlett tree experts, n.d. ; Saferbrand, n.d. ; Turner, n.d.)

5. อาการราน้ำค้าง (Downy mildew)

อาการราน้ำค้างตอนเริ่มแรกมีลักษณะเป็นดวง ๆ สีเหลืองเขียวบนผิวใบ จากนั้นจะขยายและกลายเป็นสีน้ำตาลประกอบด้วยมีรอยแผลสีขาวจนถึงสีเทาด้านใต้ใบพืชและพบก้อนชูสปอร์ของรา (Conidiophore) บนแผล ซึ่งลักษณะของก้อนชูสปอร์นี้สามารถใช้ในการจำแนกสกุลของเชื้อราโดย

เชื้อสาเหตุราน้ำค้างหลายชนิดมีความจำเพาะเจาะจงต่อพืชต่างชนิดกัน เช่น รา *Peronospora lamii* ก่อให้เกิดอาการในมินต์และพืชตระกูลมินต์หลายชนิด รา *P. sparsa* ก่อให้เกิดอาการได้ในกุหลาบเท่านั้น ราในกลุ่มนี้เกือบทุกชนิดอาศัยความชื้นเพียงเล็กน้อยในการเคลื่อนที่ไปบนผิวพืชอาศัยและเข้าทำลายเนื้อเยื่อพืช ในสภาพการปลูกที่มีความชื้นสูงเชื้อราสาเหตุโรคราน้ำค้างสามารถทำให้เกิดความเสียหายได้อย่างมาก



รูปที่ 2.11 ลักษณะอาการราน้ำค้างที่ปรากฏบนใบพืช

(Cornell University, 2003 ; Ashirley, 2016 ; Opiola, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. อาการไหม้ (Blast)

อาการไหม้ที่เกิดจากรา เช่น รา *Magnaporthe oryzae* ส่วนมากมักพบในข้าวหรือพืชตระกูลหญ้าบางชนิดโดยจะแสดงลักษณะเป็นปื้นสีดำจาง ๆ บนใบ ซึ่งบางครั้งอาการดังกล่าวอาจเกิดได้จากแบคทีเรีย แมลง หรืออาจเป็นเพราะสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.12 ลักษณะอาการไหม้ที่ปรากฏบนใบพืช

(Groth, 2009 ; Hartman, 2011 ; Oklahoma State University, n.d.)

2.1.1.4 ราที่ทำลายผลและเมล็ด (Fruit and seed pathogens) [21,26]

ราสาเหตุของโรคที่ทำให้เกิดอาการผลเน่าสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรเป็นอย่างมากโดยราชนิดนี้สามารถเข้าทำลายพืชได้ทั้งในระยะแปลงปลูกและหลังเก็บเกี่ยวโดยราสาเหตุบางชนิดสามารถเข้าไปอาศัยและเจริญเติบโตในพืชได้ในฐานะเชื้อแฝงซึ่งพืชจะไม่ปรากฏอาการจนกระทั่งเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อโรคนั้น ๆ ลักษณะอาการของโรคเหล่านี้จึงจะปรากฏให้เห็น ดังนั้น การวินิจฉัยชนิดของราและยับยั้งการเจริญเติบโตของร่าก่อนที่ผลิตผลของพืชจะเสียหายจึงทำได้ยาก

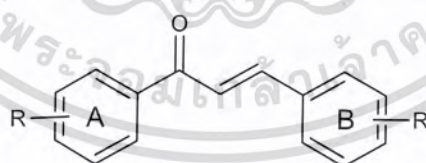
พ.ศ.2557 Embaby และคณะซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับอาการแอนแทรคโนสจากรา *Colletotrichum sp.* ที่มีผลต่อมะกอก กล่าวว่า ผลของพืชที่ติดเชื้อจะเน่าเหี่ยวเฉาและร่วงหล่นจากต้นเร็วกว่าปกติ นอกจากนั้น อาการแอนแทรคโนสยังถือเป็นอาการแฝง เพราะเชื้อสาเหตุสามารถเข้าเจริญเติบโตในผลของพืชพันธุ์เหล่านั้นได้เมื่อมีสภาวะแวดล้อมเหมาะสม แต่จะไม่แสดงอาการผิดปกติจนกว่าผลจะเริ่มสุกโดยราที่สำคัญในกลุ่มนี้ คือ รา *C. acutatum* และรา *C. gloeosporioides*

ตัวอย่างโรคพืชหลังเก็บเกี่ยว ได้แก่ โรคราสีน้ำเงิน (Blue mold) เกิดจากรา *Botrytis cinerea* โรคผลเน่าเกิดจากรา *Aspergillus spp.* และโรคขั้วผลเน่า (Stem end rot) เกิดจากรา *Phomopsis spp.* และ *Fusicoccum spp.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชาลโคน (Chalcones) [27-28]

ชาลโคนหรือ 1,3-Diaryl-2-propen-1-ones 1 เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่มีโครงสร้างทั่วไปเป็นวงอะโรมาติก 2 วงที่เชื่อมโยงกันด้วยระบบคาร์บอนิลที่ไม่อิ่มตัว (α,β -unsaturated carbonyl) 3 คาร์บอน ชาลโคนมีระบบพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (Conjugated double bonds) และมีการเคลื่อนที่ของไพ-อิเล็กตรอน (Delocalized π -electron) ภายในวงอะโรมาติกทั้ง 2 วง เนื่องจากระบบอีโนน (Enone system) โมเลกุลดังกล่าวมีค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Redox potentials) ค่อนข้างต่ำทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (Electron transfer reactions) ได้มากขึ้น ชาลโคนเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary metabolites) ที่กลุ่มใหญ่ที่สุดในพืช ชาลโคนถูกใช้เป็นส่วนตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์และไอโซฟลาโวนอยด์ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการทำงานของกลไกป้องกันโรคของพืช โดยการยับยั้งอนุมูลออกซิเจนที่ว่องไว (Reactive oxygen species) เพื่อความอยู่รอด ป้องกันความเสียหายระดับโมเลกุล ความเสียหายจากจุลินทรีย์ แมลงและสัตว์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สมบัติความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ของชาลโคนเกี่ยวข้องกับกลไกต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก เช่น การดักจับอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging) ยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอนโดยปฏิกิริยาการให้โปรตอน (Hydrogen donation singlet oxygen quenching) ดักจับโลหะที่มีประจุโดยกระบวนการคีเลชัน (Metal ion chelation) และทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ซุปเปอร์ออกไซด์ (Superoxide) และไฮดรอกไซด์ (Hydroxide) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทำให้สามารถปกป้องอวัยวะต่าง ๆ จากการทำลายโดยอนุมูลอิสระและลดความชรา นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ทางชีวภาพและเภสัชวิทยาที่น่าสนใจอีกมากมาย เช่น ด้านการอักเสบ ด้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส สารต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็ง



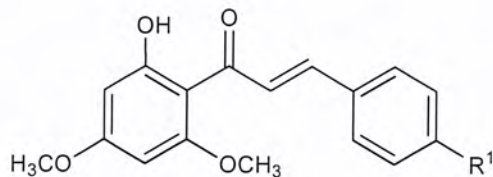
1

2.2.1 ฟลาโวกาเวิน (Flavokawains) [45]

ฟลาโวกาเวินเป็นสารประกอบชาลโคนชนิดหนึ่ง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดนั่นคือ ฟลาโวกาเวินเอ (Flavokawain A) 2 ฟลาโวกาเวินบี (Flavokawain B) 3 และฟลาโวกาเวินซี (Flavokawain C) 4 ฟลาโวกาเวินทั้ง 3 ชนิดนี้มีสายโซ่หลักเหมือนกันแต่มีหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งที่ 4 ของวงอะโรมาติกแตกต่างกันออกไป โดยที่ฟลาโวกาเวินเอมีหมู่แทนที่เป็นหมู่เมทอกซี (-OCH₃) ฟลา

เอกลสารเป็นเอกลสารที่แสงมันเงาหรือการแข็งขึ้นเพื่อการหักเหที่ใส เมื่ออยู่ในที่เย็นจะเป็นการคายน้ำไม่อาจกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวคาเวนซีมีหมู่แทนที่เป็นไฮโดรเจน (-H) และฟลาโวคาเวนซีมีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) นอกจากนี้ฟลาโวคาเวนทั้ง 3 ชนิดยังมีจุดเดือดและฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกันออกไป



2 Flavokawain A ; $R^1 = \text{OCH}_3$

3 Flavokawain B ; $R^1 = \text{H}$

4 Flavokawain C ; $R^1 = \text{OH}$

2.2.2 ชาลโคนจากธรรมชาติ [28-31]

ชาลโคนเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติซึ่งพบมากในผลไม้ ผัก เครื่องเทศ ชา เช่น บัวอียิปต์ ชมพูแก่แกมหม่อม ดอกคำฝอย ฮีบ ชะเอมเทศและตีปัสลี (รูปที่ 2.13) ซึ่งชาลโคนจากธรรมชาติเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ทำเป็นยารักษาโรคเป็นจำนวนมากในเอเชีย แอฟริกาและอเมริกาใต้ ประเทศจีนมีการนำชาลโคนจากชะเอมเทศมาใช้รักษาแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กส่วนต้น โรคหอบหืด โรคแอดดีสันและโรคผิวหนัง นอกจากนี้ยังถูกนำมาใช้งานทางการแพทย์ เนื่องจากมีสมบัติในการรักษาที่หลากหลาย เช่น รักษาแผลที่มีหนอง บรรเทาอาการปวดรูมาติกและอาการปวดอื่น ๆ และในปัจจุบันชาลโคนจากชะเอมเทศได้ถูกนำมาใช้เป็นสารยับยั้งเอนไซม์ฟอสโฟดีเอสเทอเรสสำหรับรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือด มีงานวิจัยหลายงานวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพของชาลโคนที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น อบเชยมีชาลโคนเป็นองค์ประกอบ โดยจากการศึกษาพบว่า อบเชยสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ เนื่องจากมีสารเมทิลไฮดรอกซี ชาลโคน โพลีเมอร์ (Methylhydroxy Chalcone Polymer – MHCP) อีกทั้งยังพบว่าชาลโคนเป็นองค์ประกอบหลักในเม็ดมะเกี๋ยง ซึ่งมีสมบัติต้านการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี เช่น *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* และ *Listeria monocytogenes* นอกจากนี้จากการหาค่าประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารประกอบโพลีฟีนอลต่าง ๆ ของสารสกัดจากเปลือกทับทิมพันธุ์น้ำผึ้งและทับทิมพันธุ์มรกต พบสารกลุ่มฟลาโวน ชาลโคน และออโรนเป็นองค์ประกอบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างชาลโคเนที่พบได้ในธรรมชาติ

(กรมประชาสัมพันธ์, 2557 ; พิษเภชตร, 2557 ; Herbalbeauty9, 2016)

2.2.3 ฟลาโวกาเวนจากธรรมชาติ [45-46]

ฟลาโวกาเวน 2 3 และ 4 เป็นสารที่พบได้พืชสมุนไพรหลายชนิด มีงานวิจัยหลายงานวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพของสารเหล่านี้ที่พบได้ในธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น คาวา พืชที่รู้จักกันในทางวิทยาศาสตร์ว่า *Piper methysticum* มีฟลาโวกาเวนเอ บี และซีเป็นองค์ประกอบ และแสดงให้เห็นว่าฟลาโวกาเวนทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มที่จะแสดงฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง นอกจากนี้ ฟลาโวกาเวนเอและฟลาโวกาเวนบีมีส่วนช่วยในการยับยั้งวัฏจักรเซลล์ในเซลล์มะเร็ง โดยฟลาโวกาเวนบีมีประสิทธิภาพในการรักษาเซลล์มะเร็งในหลอดทดลองมากกว่า เมื่อเทียบกับฟลาโวกาเวนเอ และฟลาโวกาเวนซี อีกทั้งยังมีฤทธิ์ด้านการอักเสบและแก้ปวดอีกด้วย เหง้าของพืชวงศ์ขิง (*Zingiberaceae*) ประกอบด้วย ขิง ขมิ้น และลูกกระวาน (รูปที่ 2.14) ซึ่งนิยมใช้เป็นเครื่องเทศอย่างแพร่หลายในทวีปเอเชีย เหง้าของพืชเหล่านั้นมีฟลาโวกาเวนบีเป็นองค์ประกอบ และแสดงให้เห็นว่าฟลาโวกาเวนบีมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งผิวหนังชนิดสความอส (Squamous cell carcinoma) โดยไปยับยั้งวัฏจักรการเจริญโตของเซลล์มะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างพลาโวคาเวนที่พบได้ในธรรมชาติ

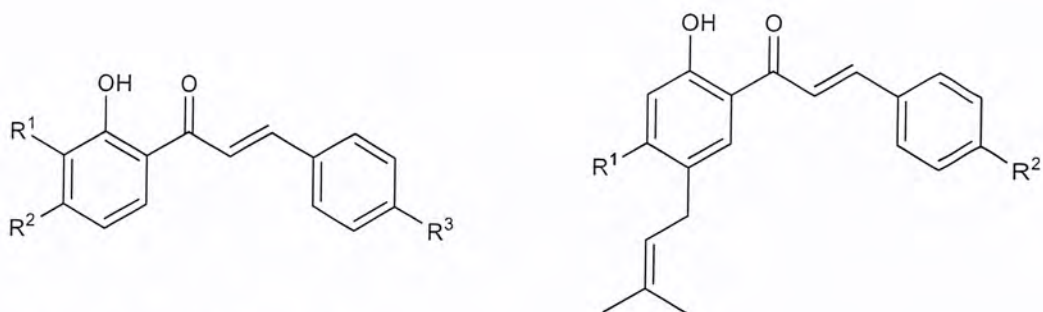
(สมุนไพรดอทคอม, 2554 ; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2561)

2.2.4 ฤทธิ์ทางชีวภาพของชาโคโคน

2.2.4.1 ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial) [30]

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ามีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม มนุษย์สามารถรับเชื้อแบคทีเรียเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางทั้งทางระบบหายใจและระบบทางเดินอาหาร รวมถึงการติดเชื้อผ่านทางผิวหนังหรือบริเวณบาดแผล จึงก่อให้เกิดโรคได้ทั้งมนุษย์และสัตว์ เช่น เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis*, *Escherichia coli* หรือ *P. aeruginosa* ซึ่งล้วนทำให้เกิดโรคต่าง ๆ มากมาย ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดมีการพัฒนาสายพันธุ์ที่ทำให้ยาปฏิชีวนะเดิมไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ ทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะดื้อยา จึงมีการค้นคว้าหาสมุนไพรที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาค้นคว้า พบว่าชาโคโคนเป็นสารที่พบได้ในธรรมชาติ และมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ เนื่องจากชาโคโคนสามารถซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียได้ ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการรั่วซึม เป็นผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียการควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เซลล์แบคทีเรียถูกทำลาย Sugamoto และคณะ[32] ได้ทำการสังเคราะห์และศึกษาฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียของชาโคโคนที่มีหมู่พรีนิล (Prenyl group) และหมู่เจอร์รานิล (Geranyl group) จาก *Angelica Keiskei* จำนวน 17 ตัว โดยทำการทดสอบทั้งแบคทีเรียแกรมบวก (*B. subtilis*, *S. epidermidis*, *Micrococcus luteus*) และแบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli*, *Proteus mirabilis*, *P. fluorescens*) พบว่าชาโคโคนทุกตัวที่ทำการสังเคราะห์ไม่สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ (Gram-negative bacteria) ได้ นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบผลของหมู่แทนที่ภายในโครงสร้างชาโคโคนต่อความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive bacteria) พบว่าชาโคโคนที่ไม่มีหมู่พรีนิล 9 10 สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี แต่ในทางกลับกันชาโคโคนที่มีหมู่เจอร์รานิล 8 สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดี และชาโคโคนที่มีหมู่เจอร์รานิล 8 สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าชาโคโคนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) 6 7 8 9 และ 10 ทำให้ความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6 R^1 =prenyl, R^2 =OMe, R^3 =OH

7 R^1 =prenyl, R^2 =OH, R^3 =OH

8 R^1 =geranyl, R^2 =OH, R^3 =OH

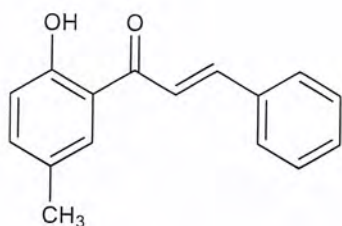
9 R^1 =OMe, R^2 =OH

10 R^1 =OH, R^2 =OH

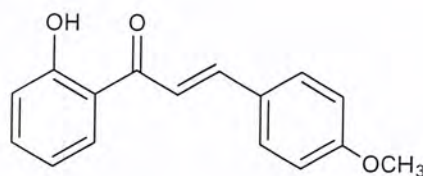
2.2.4.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidation) [33-34]

อนุมูลอิสระที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ภายในร่างกายหรือได้รับจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสื่อมของร่างกาย ความเจ็บปวดและโรคภัยต่าง ๆ เมื่ออนุมูลอิสระภายในร่างกายมีมากเกินไป จึงก่อให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) เป็นผลทำให้เนื้อเยื่อถูกทำลาย ซึ่งมีผลกระทบต่อร่างกายและเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเกี่ยวกับหลอดเลือด โรคที่เกี่ยวกับความเสื่อมและความบกพร่องของเซลล์ประสาทและระบบสื่อประสาทในสมอง เป็นต้น ปกติภายในร่างกายของคนเรามีกลไกป้องกันไม่ให้มีอนุมูลอิสระในร่างกายทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ โดยอาศัยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่สร้างขึ้นภายในร่างกาย เช่น เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทส (Superoxide dismutase) คตะเลส (Catalase) และกลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (Glutathione peroxidase) เป็นต้น แต่ถ้าภายในร่างกายสร้างสารต้านอนุมูลอิสระไม่เพียงพอ ร่างกายจำเป็นต้องได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอก สารต้านอนุมูลอิสระที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม เบต้า-แคโรทีน และพฤษเคมีต่างๆ เช่น สารกลุ่มโพลีฟีนอล ไอโซฟลาโวน ชาลโคน เป็นต้น Anto และคณะ [35] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของชาลโคน พบว่าชาลโคนสามารถดักจับซูเปอร์ออกไซด์ (Scavenge superoxides) ได้ ยกเว้นชาลโคนที่มีหมู่แทนที่เป็นหมู่คลอโร (-Cl) ไม่สามารถดักจับซูเปอร์ออกไซด์ได้ และชาลโคนที่มีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และเมทิล (-CH₃) 11 สามารถดักจับซูเปอร์ออกไซด์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด (รูปที่ 2.15) นอกจากนี้ชาลโคน 12 และ 13 ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (Lipid peroxidation) ยกเว้นชาลโคนที่มีหมู่แทนที่เป็นคลอรีนและ เมทิลลีนไดออกซี (-O-CH₂-O-) ไม่สามารถยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันได้ และไดดรอกซีชาลโคน (Dihydroxy chalcone) 13 สามารถยับยั้งการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชันได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

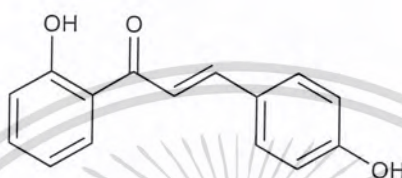
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



11



12



13

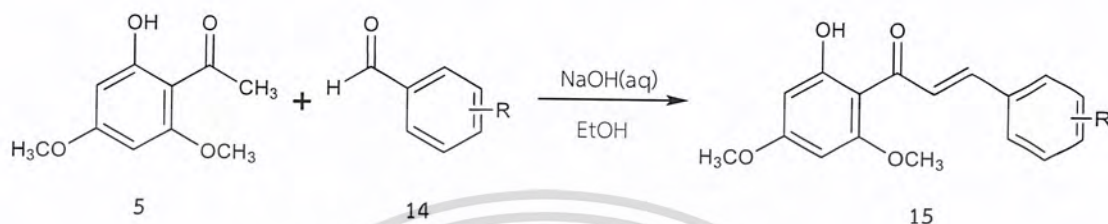
2.2.4.3 ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Anticancer) [36]

แม้ว่าในปัจจุบันความก้าวหน้าทางกระบวนการทางชีวภาพทำให้การรักษาโรคมะเร็งมีประสิทธิภาพมากกว่าในอดีต แต่ความต้องการสารตัวใหม่ที่สามารถรักษาและทำให้โรคมะเร็งอยู่ภายใต้การควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นยังคงมากขึ้น สารต้านมะเร็งที่ถูกระบุไว้ในปัจจุบันพบว่าชาลโคเนนเป็นตัวแทนระดับโมเลกุลที่สำคัญซึ่งพบได้มากในพืชที่รับประทานได้ เนื่องจากชาลโคเนนมีฤทธิ์ต่าง ๆ ที่น่าสนใจ เช่น ลดการอักเสบ ลดไข้และต้านโรคต่าง ๆ จึงทำให้ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก จากรายงานล่าสุดได้มุ่งเน้นไปที่การค้นหายาต้านไวรัสและยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอกจากสารประกอบชาลโคเนน จึงทำการสังเคราะห์ชาลโคเนนโบโรนิก (Boron chalcones) ชนิดใหม่และทำการศึกษาลงของสารประกอบเหล่านี้ในระดับโมเลกุล จากการศึกษาพบว่าชาลโคเนนที่มีหมู่กรดโบโรนิก (Coronic acid moiety) ในโครงสร้างจะมีคุณสมบัติในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านมเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์เยื่อปวกัด โดยที่ความสามารถในการยับยั้งเซลล์มะเร็งของชาลโคเนนโบโรนิกขึ้นกับจำนวนโมเลกุลของกรดโบโรนิกภายในโครงสร้าง ซึ่งถ้าจำนวนโมเลกุลของกรดโบโรนิกมากจะทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้กรดโบโรนิกยังสามารถใช้เป็นยาในการรักษาต่าง ๆ ได้ เช่น ช่วยยับยั้งเอนไซม์แซคคาไรด์ (Enzyme inhibitors saccharide) และการรักษาด้วยเทคนิคโบรอนจับนิวตรอน (Boron neutron capture therapy) สารอนุพันธ์ชาลโคเนนและบิสชาลโคเนน (Bis-chalcones) ที่มีกรดโบโรนิกในโครงสร้างที่ได้สังเคราะห์ขึ้นมานั้น สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านมของมนุษย์ชนิด MDA-MB-231 (Estrogen receptor-negative) และ MCF-7 (Estrogen receptor-positive) ได้และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านมของมนุษย์ได้ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ไมโครโมลาร์จนถึงนาโนโมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ซึ่งเนื้อหาที่ปรากฏในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

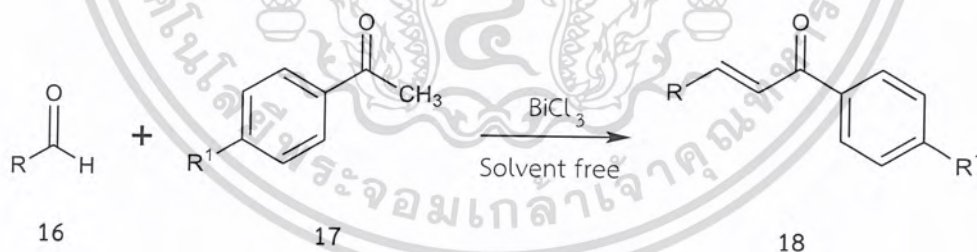
2.2.5 การสังเคราะห์ซาลโคน (Chalcones synthesis) [37-39]

ในปี พ.ศ.2548 Boeck และคณะ[8] ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสังเคราะห์อนุพันธ์ซาลโคน 15 จากแซนโทกซีลีน 5 และอะโรมาติกแอลดีไฮด์ 14 รวมถึงทดสอบสมบัติในการยับยั้งราชนิดที่ก่อให้เกิดโรคในคนโดยใช้ปฏิกิริยาควบแน่นแบบ Claisen-Schmidt ในการสังเคราะห์ซาลโคน



พบว่า 3-(2-chloro-phenyl)-1-(2'-hydroxy-4',6'-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one ที่มีคลอรีนอะตอมอยู่ในตำแหน่ง *ortho* ของวงอะโรมาติกแสดงสมบัติในการต้านรา *Trichophyton rubrum* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคกลากตามลำตัวของคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ต่อมาในปี พ.ศ.2553 Kumar และคณะ[10] ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสังเคราะห์ซาลโคน 18 จากแอลดีไฮด์ 16 และคีโตน 17 โดยปฏิกิริยาควบแน่นแบบ Claisen-Schmidt ซึ่งปฏิกิริยานี้จะใช้ BiCl_3 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะทดลองที่ปราศจากตัวทำละลาย (Solvent-free)



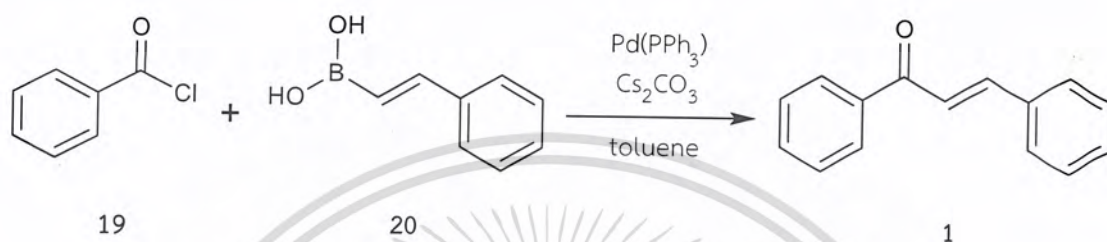
โดย BiCl_3 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ไม่เป็นพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น Kumar และคณะจึงได้กล่าว่วิธีการสังเคราะห์ซาลโคนแบบ Claisen-Schmidt condensation เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นๆ ได้ผลิตภัณฑ์ค่อนข้างมากและไม่ก่อมลพิษที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมจึงทำให้วิธีนี้กลายเป็นอีกวิธีที่นิยมใช้ในการสังเคราะห์ซาลโคน

นอกจากการสังเคราะห์ตามแบบวิธี Claisen-Schmidt condensation ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากสำหรับใช้สังเคราะห์ซาลโคนแล้ว ยังมีวิธีอื่นที่สามารถสังเคราะห์ซาลโคนได้เช่นเดียวกัน

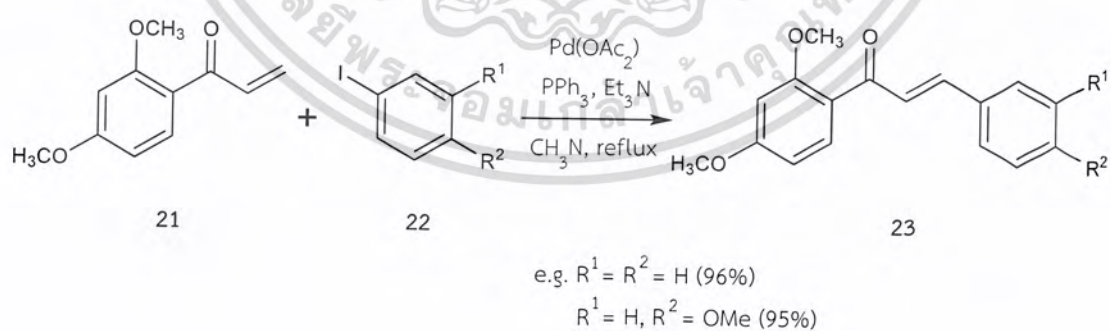
ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสังเคราะห์ซาลโคนโดยปฏิกิริยา Suzuki coupling ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง Benzoyl chloride 19 และ Phenylvinyl boronic acid 20 ซึ่งวิธีนี้นิยมใช้กับพวกโมเลกุลที่มีหมู่ฟีนอลอยู่ในโครงสร้าง เนื่องจากหมู่ฟีนอลมีการตอบสนองที่ไวต่อการเกิดออกซิเดชัน (Autoxidation) ภายใต้สภาวะเบส ดังนั้น สภาวะเป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นกรดจึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของหมู่ฟีนอล



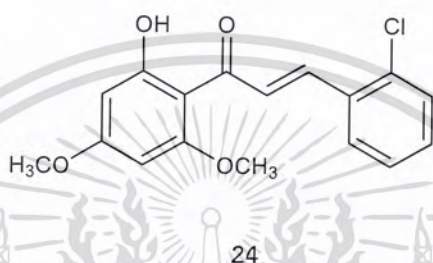
ปฏิกิริยา Heck coupling เป็นปฏิกิริยาที่ช่วยแก้ปัญหาปริมาณซาลโคนที่ได้จากการสังเคราะห์วิธีอื่นให้ผลิตภัณฑ์ปริมาณน้อย ทั้งนี้จากงานวิจัยของ Bianco และคณะ [18] ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ซาลโคนจากแอริลไวนิลคีโตน (Aryl vinyl ketones) ด้วยปฏิกิริยา Heck coupling พบว่า การสังเคราะห์ซาลโคนจากปฏิกิริยา Heck coupling ทำให้ปริมาณซาลโคนที่ได้มากกว่าการสังเคราะห์โดยวิธี Claisen-Schmidt condensation ซึ่งซาลโคนจากปฏิกิริยา Heck coupling 23 สามารถสังเคราะห์ได้จาก Aryl vinyl ketones 21 และ Aryl iodides 22 โดยได้ผลิตภัณฑ์มากถึงร้อยละ 95 และ 96 ในขณะที่การสังเคราะห์โดยวิธี Claisen-Schmidt condensation ได้ผลิตภัณฑ์เพียงร้อยละ 85



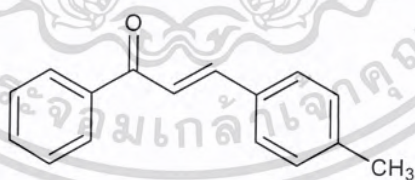
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Boeck และคณะ[8] ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านราของซาลิโคนและอนุพันธ์ที่สังเคราะห์จากแซนโทกซีลีน พบว่า 3-(2-Chloro-phenyl)-1-(2'-hydroxy-4',6'-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 24 ซึ่งเป็นซาลิโคนที่มีอะตอมคลอรีนเกาะอยู่ที่ตำแหน่ง *ortho* ของวงอะโรมาติกวง B สามารถแสดงฤทธิ์ในการต้านรา *T. rubrum* ที่เป็นราสาเหตุของโรคกลากตามลำตัวของคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่แสดงฤทธิ์ต้านราชนิดอื่นได้เพียงเล็กน้อยเช่นเดียวกับซาลิโคนโมเลกุลอื่นที่มีหมู่แทนที่และตำแหน่งแตกต่างกัน

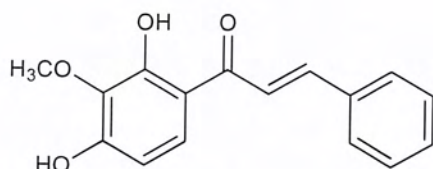


Kumbhar และคณะ[10] ทำการศึกษาการสังเคราะห์ซาลิโคนรวมถึงฤทธิ์การต้านแบคทีเรียและเชื้อราของอนุพันธ์ซาลิโคน โดยพวกเขาได้ทำการสังเคราะห์สารประกอบซาลิโคนที่มีหมู่แทนที่และตำแหน่งที่ต่างกันบนวงเบนซีนทั้งสองวงของโครงสร้างซาลิโคน พบว่าสารประกอบซาลิโคนที่มีหมู่เมทิลเกาะอยู่ที่ตำแหน่ง *para* ของวงอะโรมาติกวง B และไม่มีหมู่แทนที่ใดบนวง A 25 สามารถแสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งราทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Candida albicans*, *A. niger* และ *P. chrysogenum* ในขณะที่ซาลิโคนโมเลกุลอื่นกลับแสดงฤทธิ์ในการยับยั้งราได้เฉพาะกับราบางชนิด

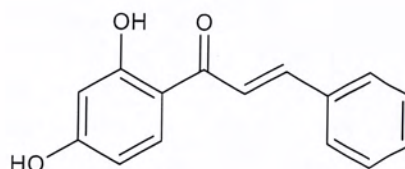


25

Svetaz และคณะ[40] ได้ศึกษาวิจัยเรื่องความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านราสาเหตุโรคพืชที่สร้างความเสียหายแก่ต้นถั่วเหลืองของอนุพันธ์ซาลิโคนและกรดคาเฟอิกเอสเทอร์ (Caffeic acid esters) โมเลกุลใหม่ซึ่งสกัดได้จาก *Zuccagnia punctata* พบว่า สารประกอบประเภทซาลิโคน 26 และ 27 ที่ได้จากการสกัดด้วยคลอโรฟอร์มสามารถแสดงฤทธิ์ในการต้านราสาเหตุโรคพืชชนิด *C. truncatum* และ *P. longicolla* ซึ่งเป็นราสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดโรคพืชแก่ต้นถั่วเหลืองได้ดีกว่าเอกสสารประกอบประเภทฟลาโวนอน (Flavanone) และอนุพันธ์ของกรดคาเฟอิกเอสเทอร์ ประโยชน์ด้านการค้าไม่มากนักใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

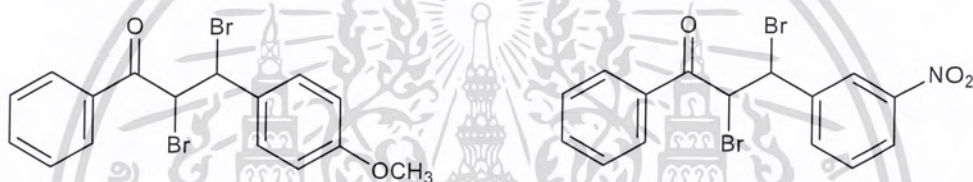


26

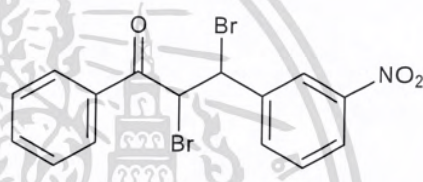


27

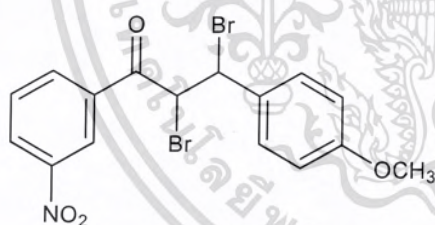
Adokar[41] ได้ทำการสังเคราะห์สารประกอบซาลิโคไนโดโบริไมด์ จำนวน 5 ตัว คือ สารประกอบ 28 29 30 31 และ 32 จากนั้นศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา *A. flavus*, *Rhizopus sp.*, *F. solani* และ *A. niger* ที่ความเข้มข้น 100 $\mu\text{g}/\text{mg}$ พบว่าซาลิโคไนโดโบริไมด์ที่ทำการสังเคราะห์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 4 ชนิดได้ดี แต่ 2,3-Dibromo-3-(3-chlorophenyl)-1-(2,4-dichlorophenyl)propan-1-one 31 มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา *A. niger* ได้ดีมากที่สุด



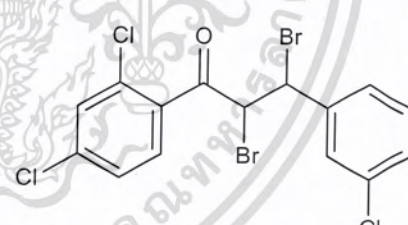
28



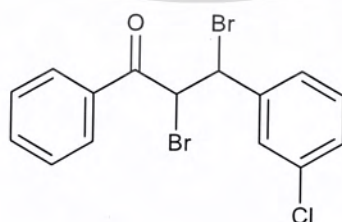
29



30



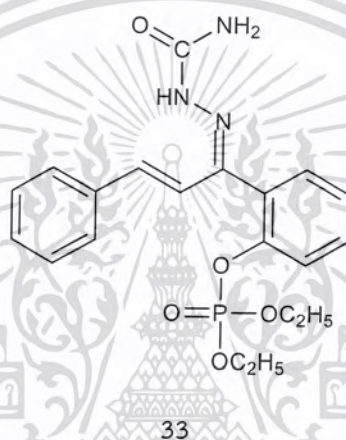
31



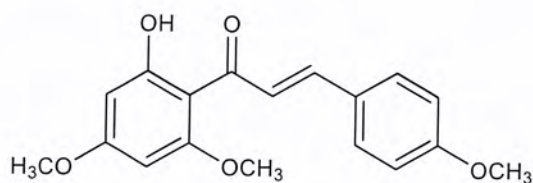
32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sengupta และคณะ[42] สังเคราะห์อนุพันธ์ออร์กาโนฟอสฟอรัสจากซาลโคโคน 33 และศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา *C. falcatum*, *F. oxysporum* และ *C. pallenscens* พบว่าอนุพันธ์ออร์กาโนฟอสฟอรัสจากซาลโคโคนทุกตัวที่สังเคราะห์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยที่อนุพันธ์ออร์กาโนฟอสฟอรัสจากซาลโคโคนที่มีหมู่แทนที่เป็น 2-Chlorobenzal และ 2'-Hydroxy acetophenone สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. falcatum* ได้มากกว่าร้อยละ 84 และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้ถึงร้อยละ 80.3 ที่ความเข้มข้น 1000 ppm ส่วนอนุพันธ์ออร์กาโนฟอสฟอรัสจากซาลโคโคนตัวอื่นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราชนิดต่าง ๆ ได้ร้อยละ 55.1 ถึง 80.3 ที่ความเข้มข้น 1000 ppm

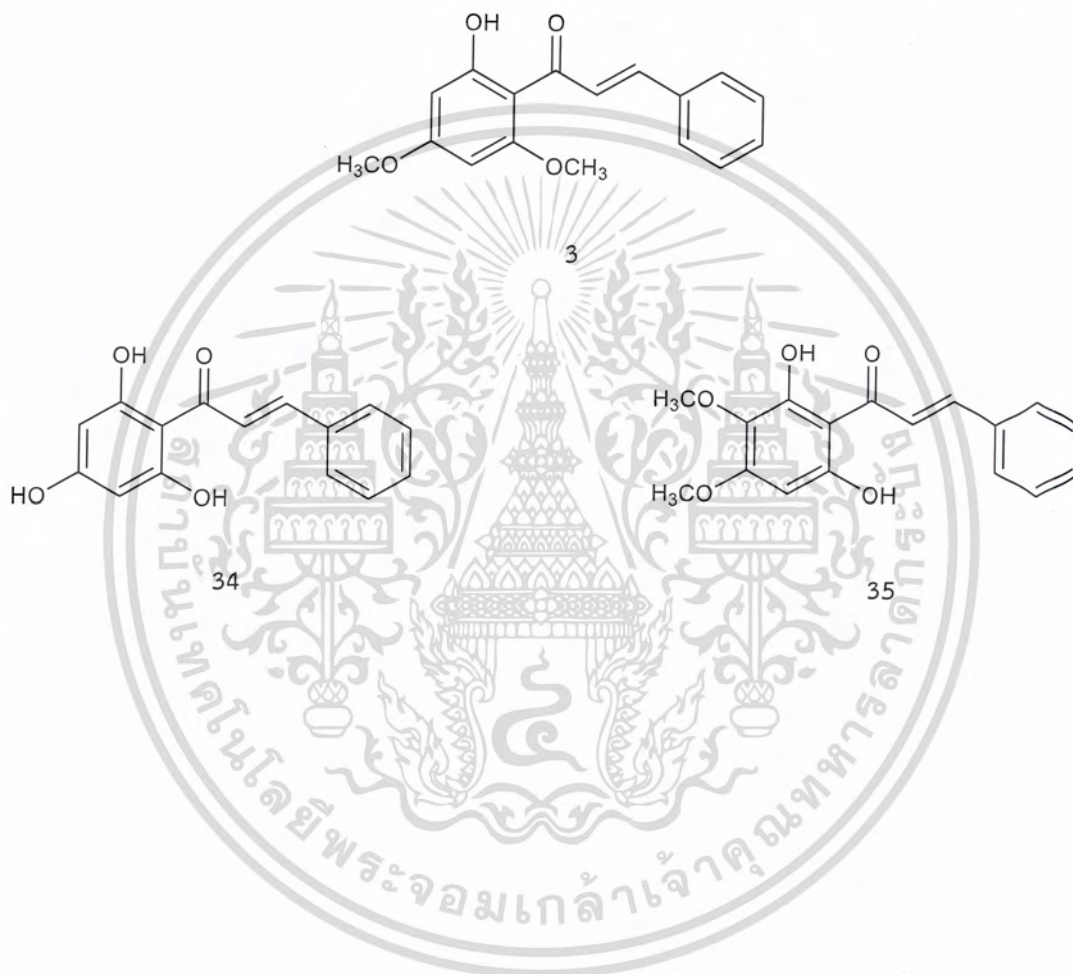


Mishra และคณะ[43] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อราของฟลาโวกาเวเนอ 2 โดยศึกษาจากการงอกของสปอร์ (Spore germination) ของเชื้อรา *Alternaria solani*, *A. brassicicola*, *C. capsica*, *Ustilago cynodontis*, *Curvularia lunata*, *F. udum* และ *A. flavus* ที่ความเข้มข้น 500 1000 1500 และ 2000 ppm พบว่าเชื้อราดั่งที่กล่าวไว้ข้างต้นตอบสนองต่อสาร 2 สูงสุดที่ความเข้มข้น 2000 ppm ซึ่งสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อราได้มากกว่าร้อยละ 78 อย่างไรก็ตามจากการทดสอบเชื้อราทั้งหมด พบว่า สาร 2 แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อรา *U. cynodontis*, *A. solani* และ *A. flavus* ได้มากที่สุด เนื่องจากเชื้อราทั้ง 3 ชนิดแสดงการตอบสนองต่อสาร 2 ได้ค่อนข้างสูงตั้งแต่ที่ความเข้มข้น 500 ppm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 2
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hailemariam และคณะ[47] ได้ทำการสกัดพลาโวคาเวเนปี 3 และชาลโคน 34 และ 35 จากเมล็ดของ *Persicaria lapathifolia* ศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา *Aspergillus spp*, *Trichoderma spp*, *Fusarium spp* และ *Penicillium spp* ของพลาโวคาเวเนปีและชาลโคน พบว่าชาลโคนมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราทุกตัวที่ทำการทดสอบและสามารถยับยั้งเชื้อรา *Trichoderma spp* ได้ดีที่สุด ส่วนพลาโวคาเวเนปีมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus spp* และ *Fusarium spp* ได้ดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เชื้อราสำหรับการทดลอง

1. *C. capsica*
2. *F. oxysporum*
3. *P. grisea*
4. *R. solani*

3.2 อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ

1. Agar
2. Potato dextrose agar (PDA)

3.3 สารเคมี

1. แชนทอกซีลีน (Xanthoxylin)
2. 2-โบรมобенซาลดีไฮด์ (2-Bromobenzaldehyde) เกรดการค้า บริษัท Sigma Aldrich
3. 3-ฟลูออโรเบนซาลดีไฮด์ (3-Fluorobenzaldehyde) เกรดการค้า บริษัท Sigma Aldrich
4. 4-ฟลูออโรเบนซาลดีไฮด์ (4-Fluorobenzaldehyde) เกรดการค้า บริษัท Sigma Aldrich
5. 2-คลอโรเบนซาลดีไฮด์ (2-Chlorobenzaldehyde) เกรดการค้า บริษัท Sigma Aldrich
6. 4-(4-ฟอร์มิลฟีนิล)มอร์โพลีน (4-(4-Formylphenyl)morpholine) เกรดการค้า บริษัท Tokyo Chemical Industry, Co., Ltd.
7. 4-โบรมобенซาลดีไฮด์ (4-Bromobenzaldehyde) เกรดการค้า บริษัท Acros Organics
8. 3-คลอโรเบนซาลดีไฮด์ (3-Chlorobenzaldehyde) เกรดการค้า บริษัท Acros Organics
9. 4-คลอโรเบนซาลดีไฮด์ (4-Chlorobenzaldehyde) เกรดการค้า บริษัท Acros Organics
10. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA Reagents
11. 10% กรดไฮโดรคลอริก (10% Hydrochloric acid) เกรดการค้า บริษัท Italmar
12. ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA Reagents

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
13. เอทานอล (Ethanol) เกรดการค้า บริษัท Italmar นั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
14. เมทานอล (Methanol) เกรดการค้า บริษัท Italmar ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. เอทิล อะซิเตท (Ethyl acetate) เกรดการค้า บริษัท Italmar
16. เฮกเซน (Hexane) เกรดการค้า บริษัท Italmar
17. อะซิโตน (Acetone) เกรดการค้า บริษัท Italmar
18. น้ำกลั่น (Distilled water)

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.4.1 การสังเคราะห์สาร

1. กระจกทรงเบอร์ 1 บริษัท GE Healthcare
2. ขวดก้นกลม (Round bottom flask) บริษัท Schott Duran
3. ขวดแก้วขนาดเล็ก (Vial)
4. ปีกเกอร์ (Breaker) ยี่ห้อ Pyrex® บริษัท Corning Inc.
5. กระจกบอทวง (Cylinder) ยี่ห้อ Witeg บริษัท Witeg Labortechnik GmbH
6. หลอดหยด (Dropper)
7. ช้อนตักสาร (Spatula)
8. หลอดแคพิลลารี (Capillary Tube)
9. กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel)
10. ขวดลดความดัน (Suction flask) ยี่ห้อ Pyrex® บริษัท Corning Inc.
11. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (magnetic Bar)
12. แผ่น TLC (Thin-layer chromatography) บริษัท Merck KGaA
13. ห่วงวงแหวนเล็ก (Iron ring)
14. ที่จับ (Clamp)
15. ฐานตั้ง (Stand)
16. เครื่องชั่งแบบดิจิทัล ความละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น ME204 บริษัท Mettler Toledo
17. เตาให้ความร้อน (Hot plate) บริษัท Thermo Fisher Scientific
18. เครื่องกวนสารละลาย (Magnetic Stirrer) รุ่น ES53B ยี่ห้อ LabTech บริษัท Labtech S.r.l
19. เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) บริษัท Millipore
20. เครื่องฟูเรียร์ ทรานสฟอร์ม อินฟราเรด สเปคโตรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer; FT-IR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21. เครื่องฟูเรียร์ ทรานสฟอร์ม นิวเคลียร์ แมกเนติก เรโซแนนซ์ สเปกโตรมิเตอร์
(Fourier Transform Nuclear Magnetic Resonance Spectrometer;
FT-NMR)

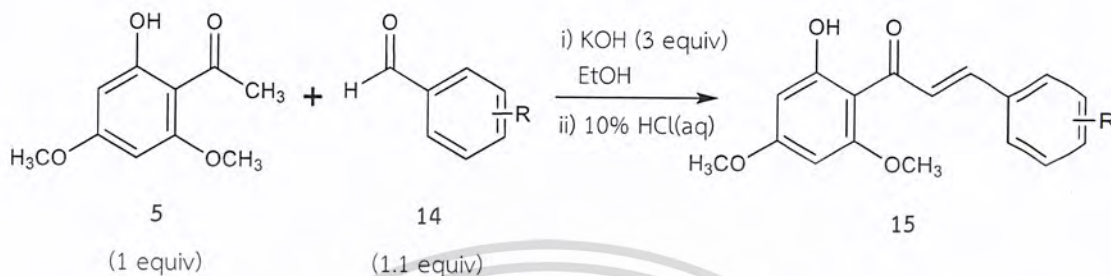
3.4.2 การตรวจสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

1. หลอดทดลอง (Test tube)
2. กระจกตวง (Cylinder)
3. ปีกเกอร์ (Beaker)
4. ขวด (Bottle)
5. คิวเวทท์ (Cuvettes)
6. ช้อนตักสาร (Spatula)
7. ที่เขี่ยเชื้อ (Loop)
8. ที่เจาะหลุมอาหาร (Cork borer)
9. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
10. ปิเปต (Pipette)
11. ไมโครปิเปต (Micropipette)
12. ถุงซีปล็อก (Zip lock bag)
13. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (Test tube rack)
14. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ความละเอียด 2 ตำแหน่ง
15. ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol Burner)
16. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
17. เครื่องผสมสารละลาย (Vortex Mixer)
18. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)
19. เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสารในช่วงความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตและช่วงคลื่น
แสงที่มองเห็นได้ (UV-Vis Spectrophotometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การสังเคราะห์ซาลิโคนจากแซนโทกซีลีนและอะโรมาติกแอลดีไฮด์ (Aromatic aldehyde)



ชั่งแซนโทกซีลีน 1.5 มิลลิโมล และอะโรมาติกอัลดีไฮด์ 1.65 มิลลิโมล ลงในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายเอทานอลปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นปั่นกวนของผสมให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 5 นาที เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บดละเอียด 4.5 มิลลิโมล แล้วทำการปั่นกวนของผสมที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส) จนปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ ซึ่งทราบได้จากการทดสอบด้วยแผ่น TLC หากพบว่าเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์แล้ว ให้นำของผสมที่ได้เทลงในปิกร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ที่บรรจุด้วยเกลือน้ำแข็งประมาณ 20 กรัม เติมสารละลาย 10% กรดไฮโดรคลอริกลงไปให้หยุดพร้อมคนของผสมด้วยแท่งแก้ว จนของผสมมี pH ประมาณ 5-6 และตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงจนของผสมตกตะกอน จากนั้นกรองตะกอนที่ได้แบบลดความดันด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 พร้อมทั้งล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นเย็น ทั้งตะกอนให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำตะกอนที่ได้ไปตกผลึกใหม่ด้วยสารละลายเมทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองผลึกของสารผลิตภัณฑ์ที่บริสุทธิ์แบบลดความดันและล้างผลึกด้วยเมทานอลเย็นปริมาตรเล็กน้อย ทั้งผลึกให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาชั่งน้ำหนัก หาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (% yield) และทำการตรวจสอบวิเคราะห์โครงสร้างโดยเทคนิค FT-IR และ FT-NMR

3.5.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านราสาเหตุโรคพืชของซาลิโคนและฟลาโวนาเวน

ละลายซาลิโคนที่สังเคราะห์ได้ปริมาณ 5 มิลลิกรัมในไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl sulfoxide, DMSO) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร หรือเทียบได้กับสารละลายความเข้มข้น 5 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ดูดสารละลายปริมาตร 10 ไมโครลิตร (เนื้อสาร 50 ไมโครกรัม) หยดลงบนแผ่นดิสก์ทดสอบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จากนั้นวางแผ่นดิสก์ทดสอบลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยวางสาร 4 ตัวต่อจานเลี้ยงเชื้อ 1 จาน ทำจานควบคุมโดยหยด DMSO 10 ไมโครลิตรบนแผ่นดิสก์ทดสอบแล้ววางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เชื้อเชื้อรา *C. capsici*, *F. oxysporum*, *P. grisea* หรือ *R. solani* ลงตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยมีระยะห่างจากแผ่นดิสก์ทดสอบไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 2 เซนติเมตร บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ตรวจสอบผลการทดลองโดยวัดรัศมีจากขอบของชั้นวุ้นเชื้อรามายังขอบโคโลนีของเชื้อราด้านที่มีแผ่นดิสก์ทดสอบ และรายงานผลเป็นความกว้างของโซนใส (Clear zone หรือ Inhibition zone) ในหน่วยเซนติเมตร



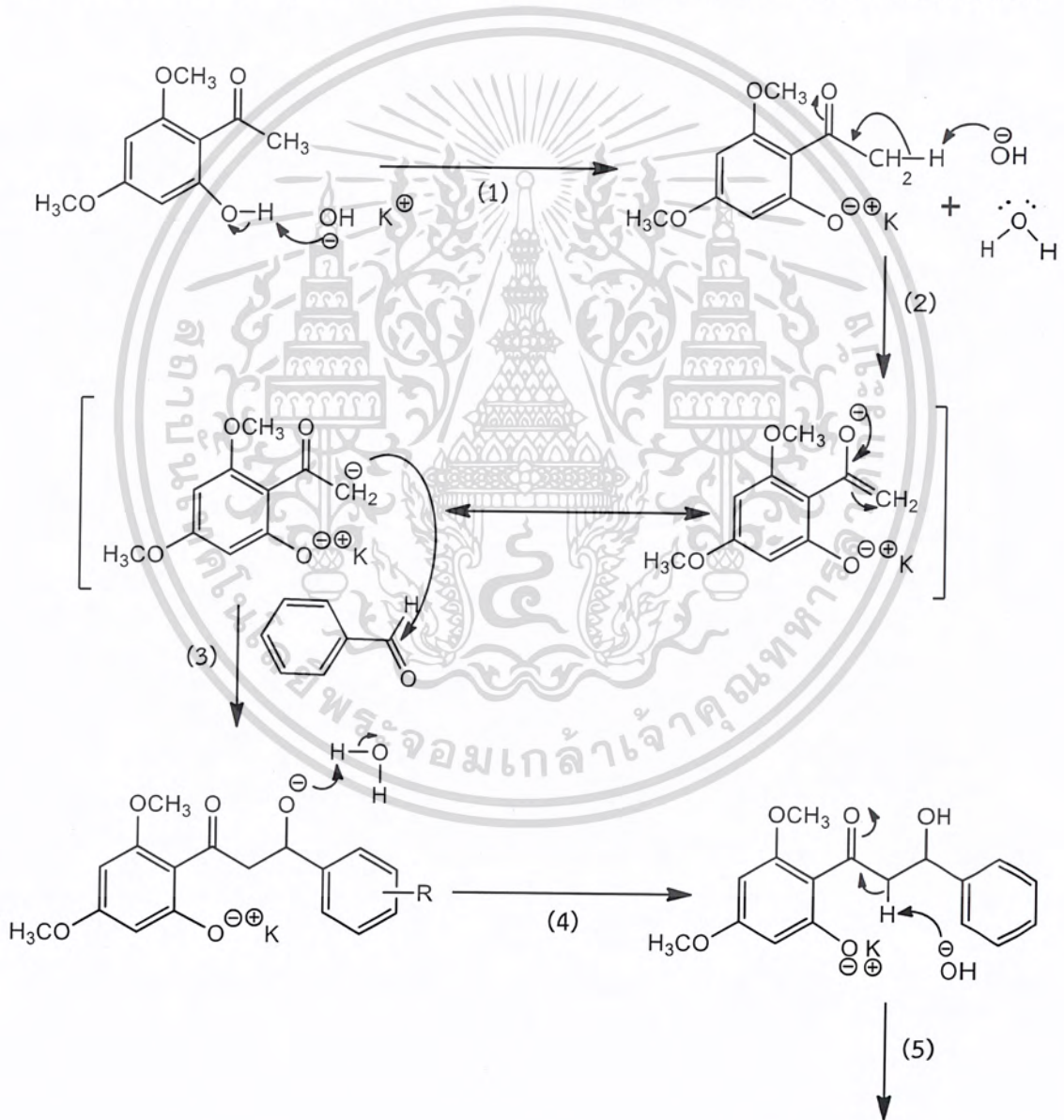
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

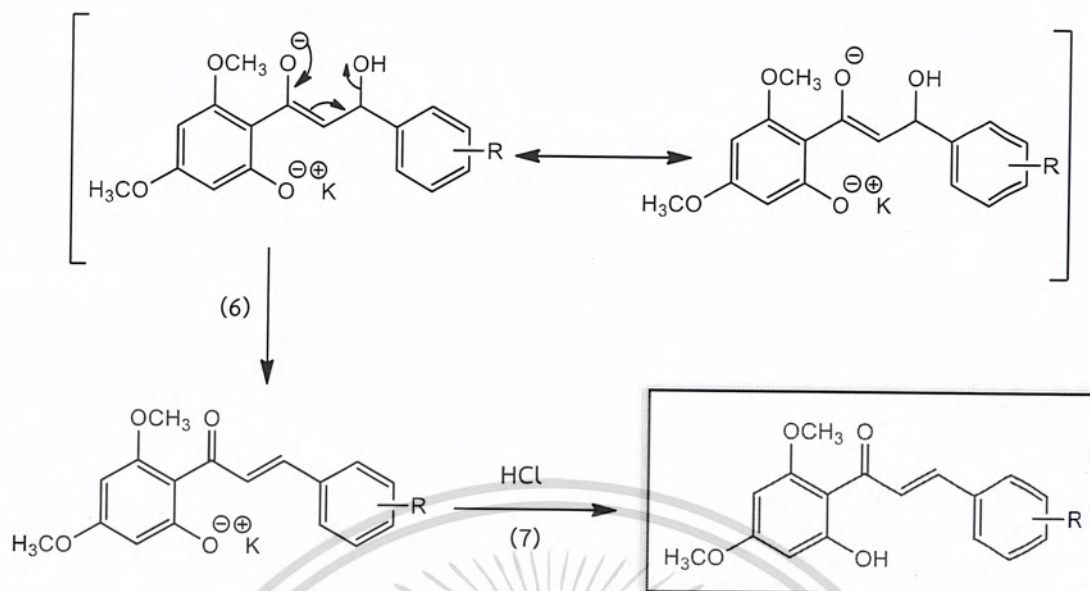
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสังเคราะห์อนุพันธ์ของชาโลโคนจากแซนโทกซีลีนและอะโรมาติกแอลดีไฮด์ ด้วยปฏิกิริยาควบแน่นแบบ Claisen-Schmidt โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันของอะโรมาติกแอลดีไฮด์ เพื่อสังเคราะห์อนุพันธ์ของชาโลโคนชนิดใหม่และศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของอนุพันธ์ชาโลโคนที่สังเคราะห์ได้

4.1 การสังเคราะห์อนุพันธ์ของชาโลโคนด้วยวิธี Claisen-Schmidt condensation

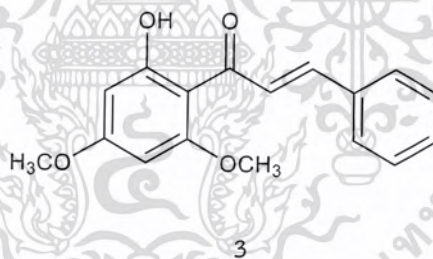


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



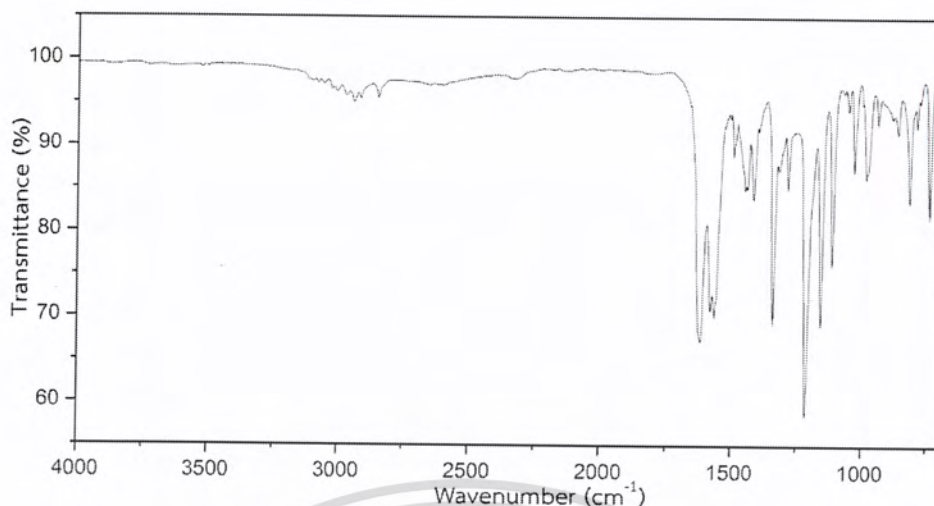
รูปที่ 4.1 กลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแซนโทกซีลีนและอะโรมาติกแอลดีไฮด์

4.1.1 การสังเคราะห์ (*E*)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-phenylprop-2-en-1-one หรือ Flavokawain B 3



สาร 3 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxylene (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ Benzaldehyde (116.7 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอล ได้สาร 3 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 154.0 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิต เท่ากับ 54.00 และ $R_f = 0.21$ (10% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 3 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



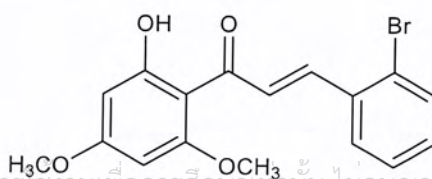
รูปที่ 4.2 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-phenylprop-2-en-1-one หรือ Flavokawain B

IR (ATR) cm^{-1} : 3118 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3057 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2972 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1616 (C=O), 1562 (C=C ของพันธะคู่), 1215 (C-O ของฟีนอล), 1033 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.30 (1H, s, OH), 7.92 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.79 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.66-7.57 (2H, m, ArH), 7.47-7.35 (3H, m, ArH), 6.12 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.98 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.93 (3H, s, OCH_3), 3.85 (3H, s, OCH_3);

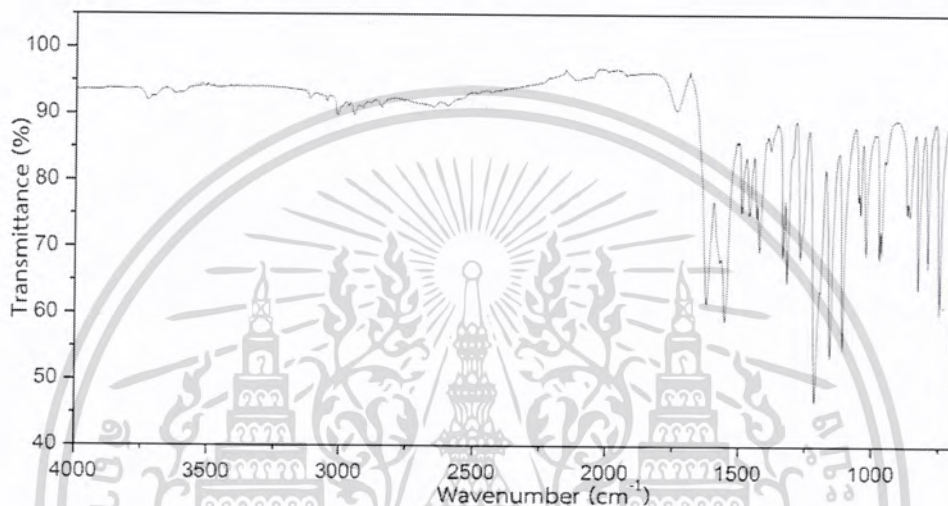
^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.63 (C=O), 168.39 (C), 166.23 (C), 162.50 (C), 142.31 (CH), 135.55 (C), 130.04 (CH), 128.86 (2 \times CH), 128.34 (2 \times CH), 127.52 (CH), 106.33 (C), 93.78 (CH), 91.26 (CH), 55.84 (OCH_3), 55.57 (OCH_3).

4.1.2 การสังเคราะห์ (*E*)-3-(2-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร 36 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxylone (294.3 มิลลิกรัม, 1.50 มิลลิโมล) และ 2-Bromobenzaldehyde (305.3 มิลลิกรัม, 1.65 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 36 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 356.5 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 65.40 และ $R_f = 0.47$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 36 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.3 สเปกตรัม FT-IR ของ (E)-3-(2-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl) prop-2-en-1-one

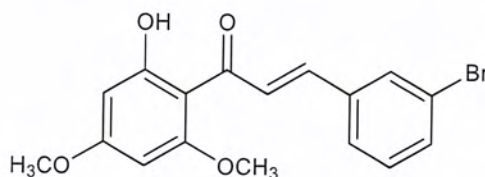
IR (ATR) cm^{-1} : 3118 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3055 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1624 (C=O), 1552 (C=C ของพันธะคู่), 1215 (C-O ของฟีนอล), 1047 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.22 (1H, s, OH), 8.11 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, CH=CH), 7.82 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, CH=CH), 7.68 (1H, dd, $J = 7.8, 1.5$ Hz, ArH), 7.63 (1H, dd, $J = 8.0, 1.1$ Hz, ArH), 7.35 (1H, dd, $J = 11.2, 3.9$ Hz, ArH), 7.22 (1H, td, $J = 7.8, 1.6$ Hz, ArH), 6.11 (1H, t, $J = 3.8$ Hz, ArH), 5.96 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.91 (3H, d, $J = 5.9$ Hz, OCH_3), 3.83 (3H, d, $J = 6.7$ Hz, OCH_3)

^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.19 (C=O), 168.44 (C), 166.39 (C), 162.46 (C), 140.35 (CH), 135.58 (C), 133.47 (CH), 130.82 (CH), 130.16 (CH), 127.84 (CH), 127.59 (CH), 125.80 (C), 106.26 (C), 93.80 (CH), 91.26 (CH), 55.85 (OCH_3), 55.58 (OCH_3).

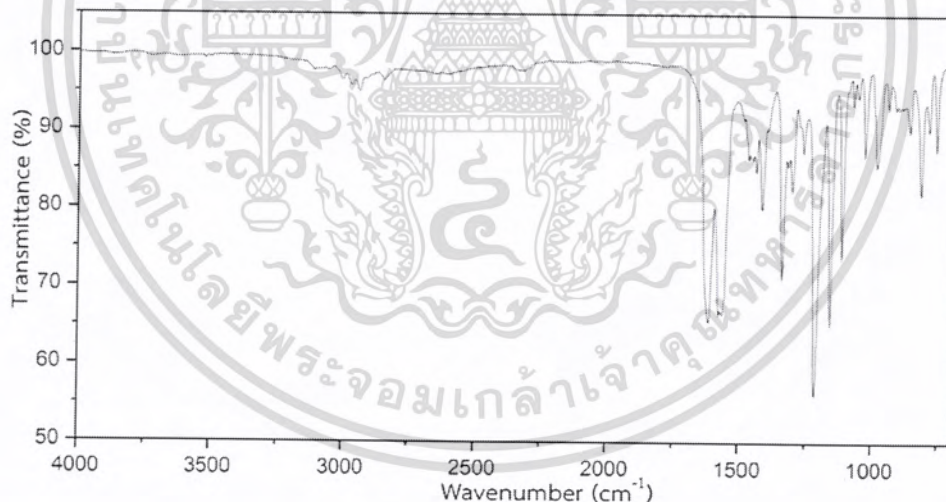
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การสังเคราะห์ (*E*)-3-(3-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxy phenyl)prop-2-en-1-one 37



37

สาร 37 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxyline (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ 3-Bromobenzaldehyde (203.5 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 37 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 302.8 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 83.40 และ $R_f = 0.41$ (20% ethylacetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 37 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.4 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(3-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxy phenyl) prop-2-en-1-one

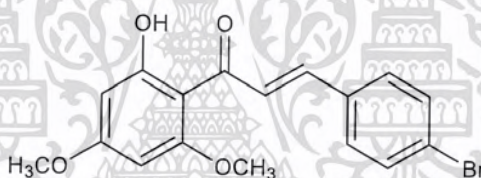
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR (ATR) cm^{-1} : 3118 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3055 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1618 (C=O), 1577 (C=C ของพันธะคู่), 1215 (C-O ของฟีนอล), 1029 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.19 (1H, s, OH), 7.85 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.72 (1H, t, $J = 1.7$ Hz, ArH), 7.66 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.51 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, ArH), 7.49 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, ArH), 7.27 (1H, dd, $J = 8.7, 7.0$ Hz, ArH), 6.11 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.96 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.92 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3);

^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.17 (C=O), 168.42 (C), 166.42 (C), 162.47 (C), 140.25 (CH), 137.75 (C), 132.67 (CH), 130.83 (CH), 130.32 (CH), 128.89 (CH), 126.93 (CH), 122.95 (C), 106.26 (C), 93.81 (CH), 91.30 (CH), 55.90 (OCH_3), 55.58 (OCH_3).

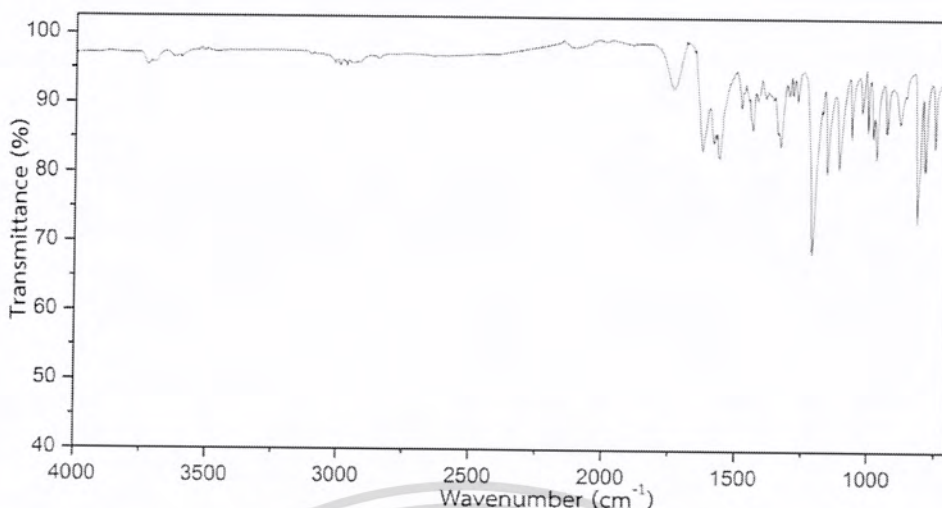
4.1.4 การสังเคราะห์ (*E*)-3-(4-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 38



38

สาร 38 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxylene (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ 4-Bromobenzaldehyde (203.5 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 38 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 206.5 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 56.85 และ $R_f = 0.41$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 38 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



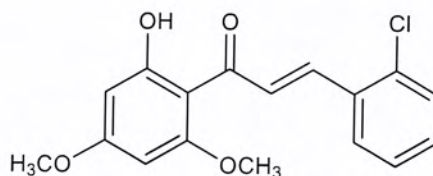
รูปที่ 4.5 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(4-Bromophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl) prop-2-en-1-one

IR (ATR) cm^{-1} : 3109 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3051 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1627 (C=O), 1562 (C=C ของพันธะคู่), 1215 (C-O ของฟีนอล), 1068 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.23 (1H, s, OH), 7.87 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.69 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.54-7.52 (2H, m, ArH), 7.45 (2H, d, $J = 8.5$, ArH), 6.11 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.96 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, ArH), 3.91 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3)

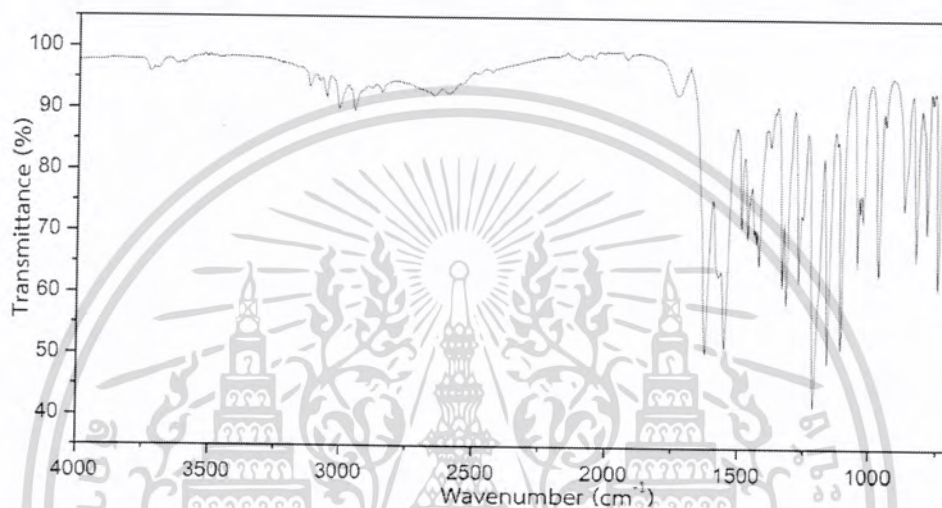
^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.28 (C=O), 168.42 (C), 166.36 (C), 162.44 (C), 140.76 (CH), 134.50 (C), 132.07 (2xCH), 129.65 (2xCH), 128.12 (CH), 124.16 (C), 106.26 (C), 93.80 (CH), 91.30 (CH), 55.86 (OCH_3), 55.58 (OCH_3).

4.1.5 การสังเคราะห์ (*E*)-3-(2-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร 24 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxyline (294.3 มิลลิกรัม, 1.50 มิลลิโมล) และ 2-Chlorobenzaldehyde (232.0 มิลลิกรัม, 1.65 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 24 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 311.6 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 65.20 และ $R_f = 0.44$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 24 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.6 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(2-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl) prop-2-en-1-one

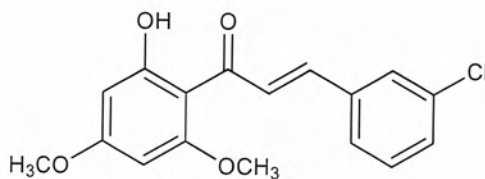
IR (ATR) cm^{-1} : 3126 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3061 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2951 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1625 (C=O), 1552 (C=C ของพันธะคู่), 1215 (C-O ของฟีนอล), 1049 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.22 (1H, s, OH), 8.15 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.87 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.69 (1H, ddd, $J = 7.9, 4.8, 2.8$ Hz, ArH), 7.43 (1H, m, ArH), 7.31 (1H, m, ArH), 7.29 (1H, m, ArH), 6.11 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.96 (1H, t, $J = 3.8$ Hz, ArH), 3.91 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3)

^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.29 (C=O), 168.43 (C), 166.39 (C), 162.47 (C), 137.81 (CH), 135.33 (C), 133.81 (C), 130.64 (CH), 130.22 (CH), 130.02 (CH), 127.78 (CH), 126.96 (CH), 106.28 (C), 93.80 (CH), 91.27 (CH), 55.84 (OCH_3), 55.58 (OCH_3).

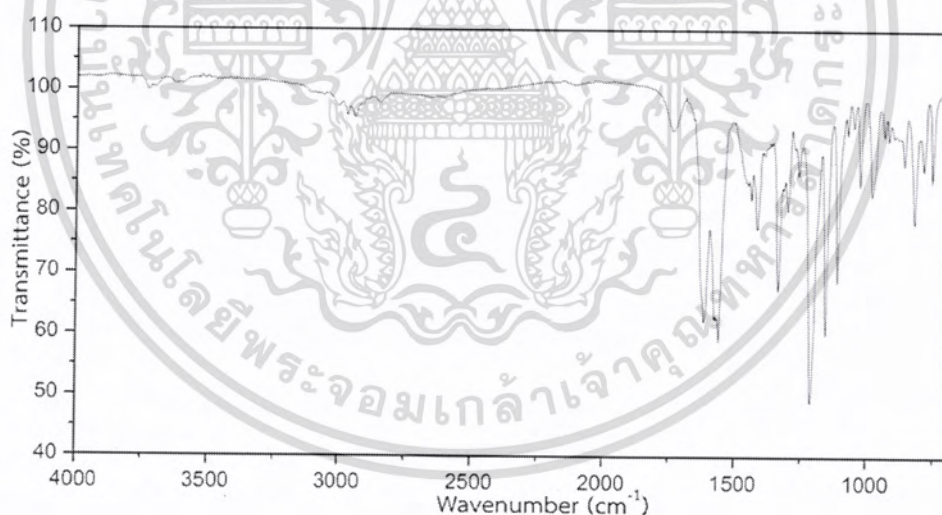
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 การสังเคราะห์ (*E*)-3-(3-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 39



39

สาร 39 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxylene (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ 3-Chlorobenzaldehyde (154.6 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 39 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 198.2 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 62.19 และ $R_f = 0.63$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 39 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.7 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(3-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl) prop-2-en-1-one

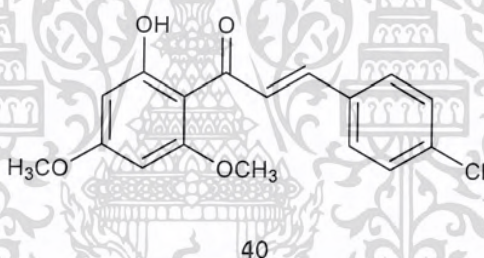
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR (ATR) cm^{-1} : 3113 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3061 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1616 (C=O), 1560 (C=C ของพันธะคู่), 1213 (C-O ของฟีนอล), 1029 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.19 (1H, s, OH), 7.87 (1H, d, $J = 15.6$, CH=CH), 7.68 (1H, d, $J = 15.6$, CH=CH), 7.57 (1H, s, ArH), 7.46 (1H, d, $J = 6.3$ Hz, ArH), 7.34 (2H, d, $J = 6.2$ Hz, ArH), 6.12 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, ArH), 5.97 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, ArH), 3.93 (3H, s, OCH_3), 3.85 (3H, s, OCH_3)

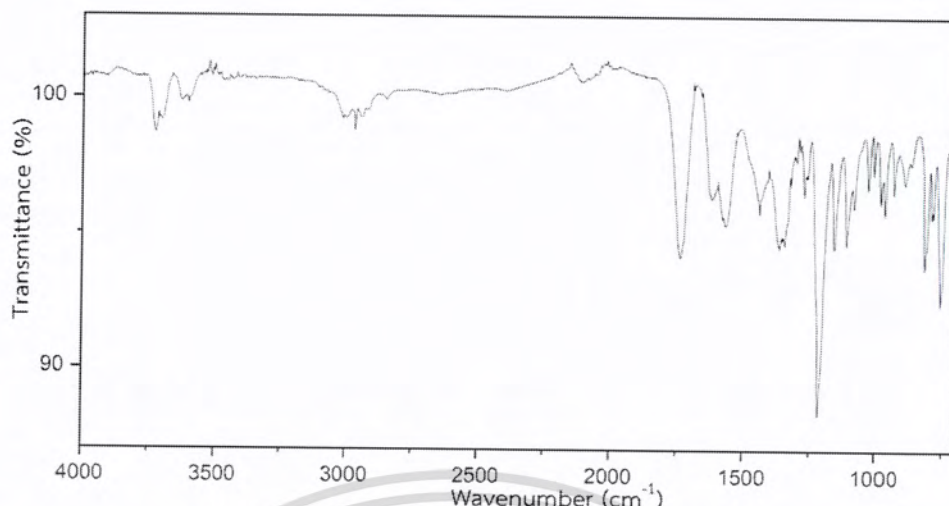
^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.24 (C=O), 168.43 (C), 166.43 (C), 162.48 (C), 140.39 (CH), 137.46 (C), 134.82 (C), 130.07 (CH), 129.79 (CH), 128.87 (CH), 127.84 (CH), 126.57 (CH), 106.27 (C), 93.81 (CH), 91.32 (CH), 55.91 (OCH_3), 55.59 (OCH_3).

4.1.7 การสังเคราะห์ (E)-3-(4-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 40



สาร 40 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxyline (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ 4-Chlorobenzaldehyde (154.6 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 40 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 160.3 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 50.29 และ $R_f = 0.21$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 40 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



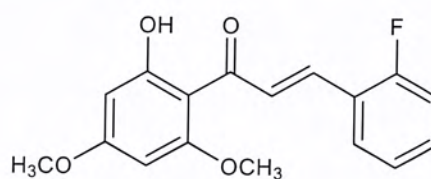
รูปที่ 4.8 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(4-Chlorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl) prop-2-en-1-one

IR (ATR) cm^{-1} : 3109 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3070 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1620 (C=O), 1570 (C=C ของพันธะคู่), 1215 (C-O ของฟีนอล), 1029 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.23 (1H, s, OH), 7.86 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.72 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.57-7.49 (2H, m, ArH), 7.39-7.36 (2H, m, ArH), 6.12 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.97 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.92 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3)

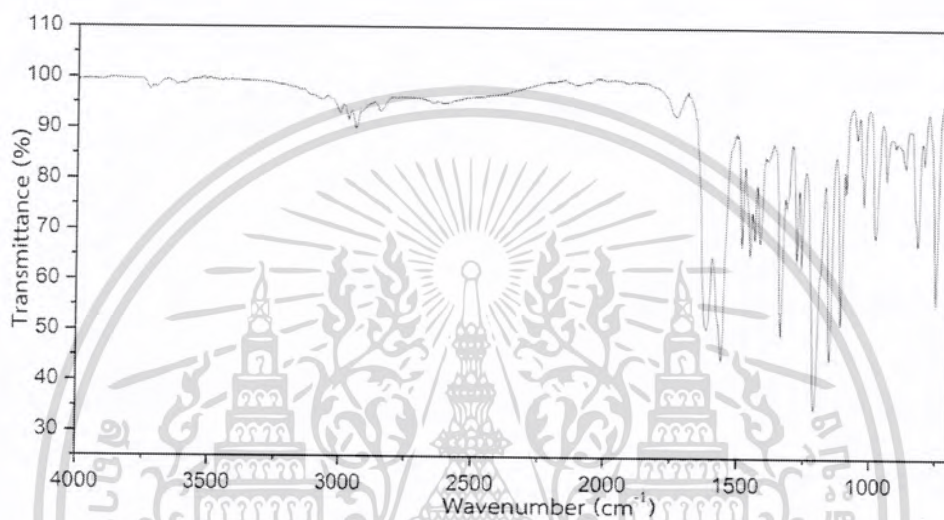
^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.31 (C=O), 168.43 (C), 166.35 (C), 162.46 (C), 140.74 (CH), 135.83 (C), 134.08 (C), 129.44 (2xCH), 129.12 (2xCH), 128.03 (CH), 106.28 (C), 93.81 (CH), 91.31 (CH), 55.87 (OCH_3), 55.59 (OCH_3).

4.1.8 การสังเคราะห์ (*E*)-3-(2-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร 41 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxylene (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ 2-Fluorobenzaldehyde (136.5 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 41 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 228.3 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 75.50 และ $R_f = 0.40$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 41 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.9 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(2-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl) prop-2-en-1-one

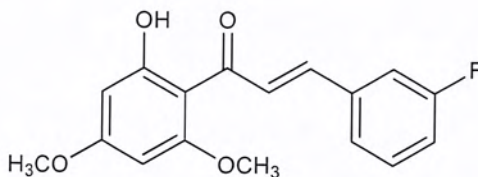
IR (ATR) cm^{-1} : 3118 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3076 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1616 (C=O), 1560 (C=C ของพันธะคู่), 1213 (C-O ของฟีนอล), 1028 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.25 (1H, s, OH), 8.01 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, CH=CH), 7.85 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, CH=CH), 7.60 (1H, td, $J = 7.6, 1.6$ Hz, ArH), 7.37-7.31 (1H, m, ArH), 7.18 (1H, td, $J = 7.6, 0.9$ Hz, ArH), 7.12 (1H, dd, $J = 10.8, 8.3, 0.9$ Hz, ArH), 6.11 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.95 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.90 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3);

^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.57 (C=O), 168.41 (C), 166.35 (C), 162.54 (C), 161.64 (d, $J = 254$ Hz, C), 134.80 (CH), 131.23 (d, $J = 8.7$ Hz, CH), 130.18 (d, $J = 7.5$ Hz, CH), 129.66 (d, $J = 2.2$ Hz, CH), 124.37 (d, $J = 3.0$ Hz, CH), 123.65 (d, $J = 11.5$ Hz, C), 116.18 (d, $J = 22.1$ Hz, CH), 106.33 (C), 93.78 (CH), 91.23 (CH), 55.73 (OCH_3), 55.55 (OCH_3)

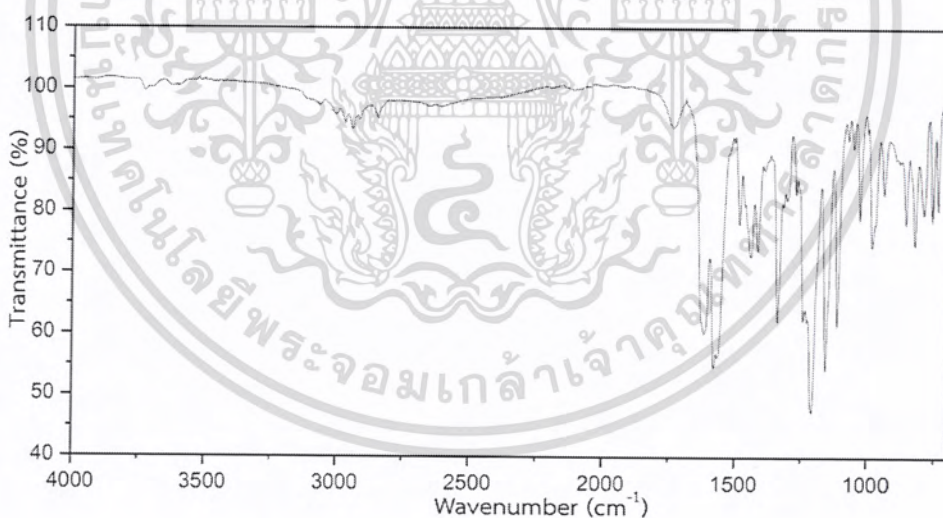
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรในหน่วยงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.9 การสังเคราะห์ (*E*)-3-(3-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxy phenyl)prop-2-en-1-one 42



42

สาร 42 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxylene (294.3 มิลลิกรัม, 1.50 มิลลิโมล) และ 3-Fluorobenzaldehyde (204.8 มิลลิกรัม, 1.65 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 42 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 277.0 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 61.10 และ $R_f = 0.37$ (10% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 42 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.10 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(3-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxy phenyl) prop-2-en-1-one

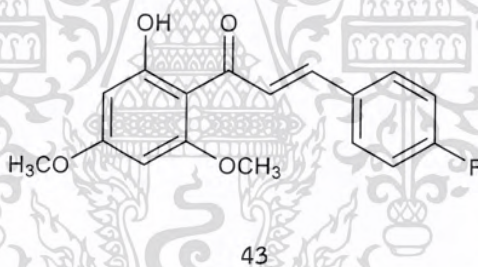
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR (ATR) cm^{-1} : 3107 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3068 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1618 (C=O), 1579 (C=C ของพันธะคู่), 1209 (C-O ของฟีนอล), 1029 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.21 (1H, s, OH), 7.87 (1H, d, $J=15.6$, CH=CH), 7.70 (1H, d, $J=15.6$, CH=CH), 7.40-7.34 (2H, m, ArH), 7.31-7.27 (1H, m, ArH), 7.11-7.05 (1H, m, ArH), 6.11 (1H, d, $J=2.3$ Hz, ArH), 5.97 (1H, d, $J=2.3$ Hz, ArH), 3.92 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3)

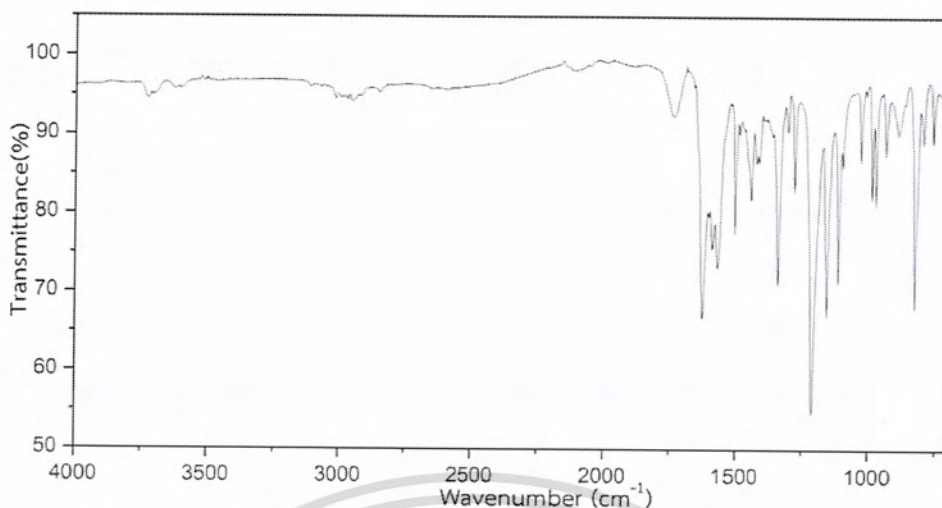
^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.27 (C=O), 168.42 (C), 166.41 (C), 163.01 (d, $J=246.4$ Hz, C), 162.47 (C), 140.62 (CH), 137.87 (d, $J=7.6$ Hz, C), 130.35 (d, $J=8.2$ Hz, CH), 128.78 (CH), 124.44 (CH), 116.78 (d, $J=21.5$ Hz, CH), 114.20 (d, $J=21.7$ Hz, CH), 106.10 (C), 93.79 (CH), 91.29 (CH), 55.86 (OCH_3), 55.57 (OCH_3).

4.1.10 การสังเคราะห์ (E)-3-(4-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)prop-2-en-1-one 43



สาร 43 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxylene (294.3 มิลลิกรัม, 1.50 มิลลิโมล) และ 4-Fluorobenzaldehyde (204.8 มิลลิกรัม, 1.65 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 43 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 273.1 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 60.23 และ $R_f = 0.46$ (10% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 43 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



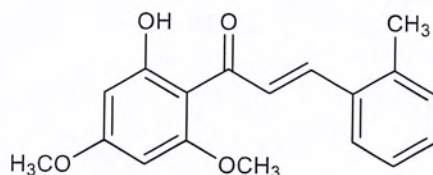
รูปที่ 4.11 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-3-(4-Fluorophenyl)-1-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl) prop-2-en-1-one

IR (ATR) cm^{-1} : 3116 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3074 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2949 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1625 (C=O), 1589 (C=C ของพันธะคู่), 1213 (C-O ของฟีนอล), 1031 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.28 (1H, s, OH), 7.83 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.74 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.62-7.55 (2H, m, ArH), 7.13-7.07 (2H, m, ArH), 6.11 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, ArH), 5.97 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.92 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3)

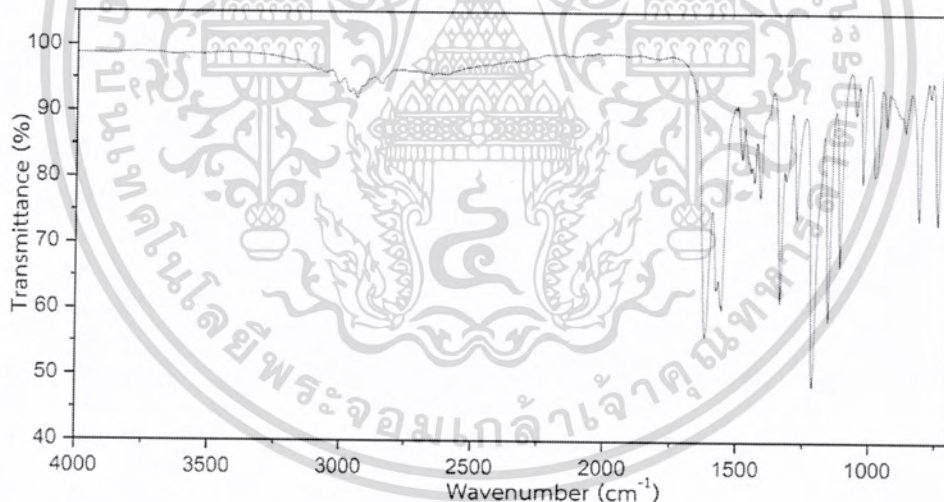
^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.38 (C=O), 168.39 (C), 166.26 (C), 163.75 (d, $J = 251.0$ Hz, C), 162.44 (C), 140.99 (CH), 131.80 (C), 130.13 (d, $J = 8.4$ Hz, 2 x CH), 127.22 (CH), 115.96 (d, $J = 21.9$ Hz, 2 x CH), 106.24 (C), 93.80 (CH), 91.26 (CH), 55.85 (OCH_3), 55.56 (OCH_3).

4.1.11 การสังเคราะห์ (*E*)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-*o*-tolylprop-2-en-1-one 44



44

สาร 44 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxyline (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ 2-Methylbenzaldehyde (132.1 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 44 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 197.5 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 66.20 และ $R_f = 0.48$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 44 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.12 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-*o*-tolylprop-2-en-1-one

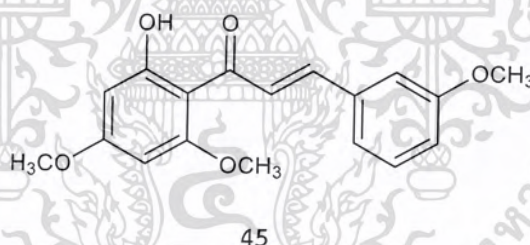
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR (ATR) cm^{-1} : 3118 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3055 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2970 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1622 (C=O), 1579 (C=C ของพันธะคู่), 1217 (C-O ของฟีนอล), 1029 (C-O ของอีเทอร์);

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.32 (1H, s, OH), 8.08 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, CH=CH), 7.82 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, CH=CH), 7.65 (1H, dd, $J = 7.8, 1.2$ Hz, ArH), 7.31-7.27 (1H, m, ArH), 7.27-7.22 (2H, m, ArH), 6.12 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.97 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.91 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3), 2.50 (3H, s, CH_3);

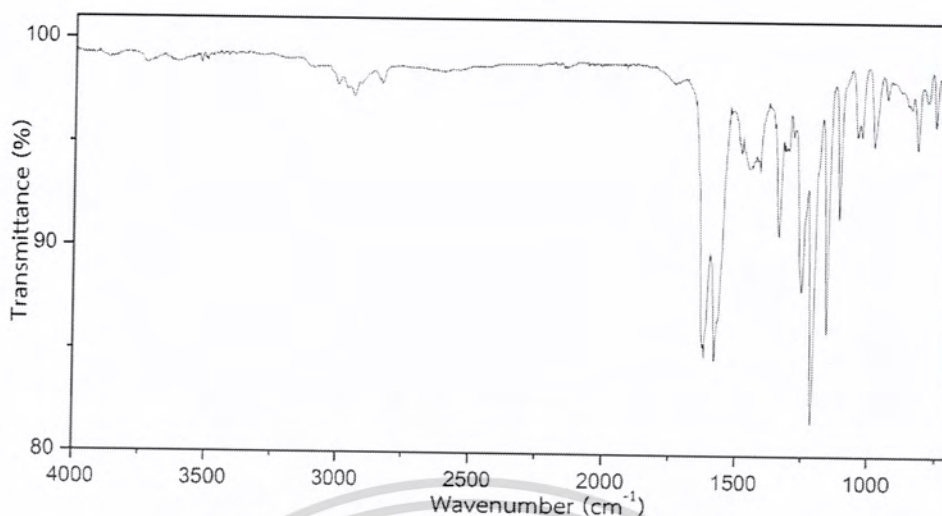
^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.68 (C=O), 168.36 (C), 166.20 (C), 162.49 (C), 139.91 (CH), 138.11 (C), 134.48 (C), 130.82 (CH), 129.74 (CH), 128.58 (CH), 126.58 (CH), 126.22 (CH), 106.32 (C), 93.78 (CH), 91.20 (CH), 55.79 (OCH_3), 55.52 (OCH_3), 19.89 (CH_3).

4.1.12 การสังเคราะห์ (E)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-(3-methoxyphenyl)prop-2-en-1-one 45



สาร 45 สังเคราะห์โดยวิธีการตามหัวข้อ 3.5.1 โดยเริ่มจาก Xanthoxyline (196.2 มิลลิกรัม, 1.00 มิลลิโมล) และ 3-Methoxybenzaldehyde (149.7 มิลลิกรัม, 1.10 มิลลิโมล) ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการแยกสารผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการตกผลึกใหม่ด้วยเมทานอลได้สาร 45 มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลือง ปริมาณ 209.7 มิลลิกรัม ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 66.70 และ $R_f = 0.35$ (20% ethyl acetate/hexane) จากนั้นยืนยันโครงสร้างสาร 45 ด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 สเปกตรัม FT-IR ของ (*E*)-1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-3-(3-methoxyphenyl)prop-2-en-1-one

IR (ATR) cm^{-1} : 3118 (C-H stretch ของพันธะคู่), 3055 (C-H stretch ของอะโรมาติก), 2968 (C-H stretch ของหมู่เมทิล), 1616 (C=O), 1577 (C=C ของพันธะคู่), 1215 (C-O ของฟีนอล), 1049 (C-O ของอีเทอร์);

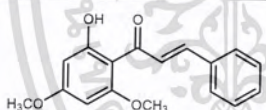
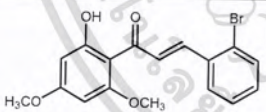
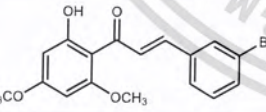
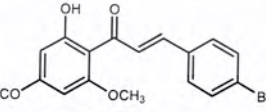
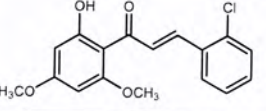
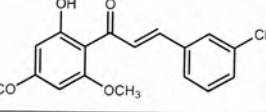
^1H NMR (500 MHz, CDCl_3) δ 14.28 (1H, s, OH), 7.88 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.74 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, CH=CH), 7.33 (1H, t, $J = 7.9$ Hz, ArH), 7.21 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, ArH), 7.14-7.10 (1H, m, ArH), 6.96-6.92 (1H, m, ArH), 6.11 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 5.96 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, ArH), 3.92 (3H, s, OCH_3), 3.86 (3H, s, OCH_3), 3.84 (3H, s, OCH_3);

^{13}C NMR (125.8 MHz, CDCl_3) δ 192.56 (C=O), 168.37 (C), 166.24 (C), 162.48 (C), 159.85 (C), 142.11 (CH), 136.96 (C), 129.80 (CH), 127.87 (CH), 120.87 (CH), 115.56 (CH), 113.62 (CH), 106.31 (C), 93.79 (CH), 91.24 (CH), 55.81 (OCH_3), 55.54 (OCH_3), 55.24 (OCH_3).

4.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราของอนุพันธ์ซาลโคน

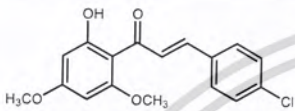
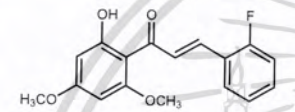
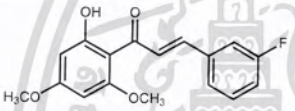
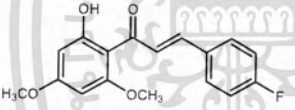
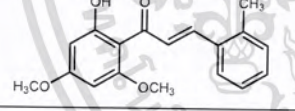
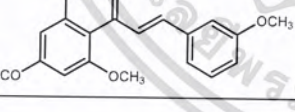
อนุพันธ์ซาลโคนที่สังเคราะห์ได้ทั้ง 12 ชนิด คือสาร 3 24 และ 36 ถึง 45 ถูกนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราสาเหตุของโรคพืช ซึ่งประกอบด้วยเชื้อราทั้งสิ้น 4 ชนิด คือ *C. capsica*, *F. oxysporum*, *P. grisea* และ *R. solani* โดยใช้วิธี Agar well diffusion test ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามวิธีมาตรฐานห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ (Clinical and Laboratory Standards Institute - CLSI) พบว่าอนุพันธ์ซาลโคน 3 24 และ 36 ถึง 45 ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราดังกล่าว ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุโรคพืชของอนุพันธ์ซาลโคน 3, 24 และ 36-45

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	บริเวณการยับยั้ง (มิลลิเมตร)				ผลการ ออกฤทธิ์
		<i>C. capsica</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>P. grisea</i>	<i>R. solani</i>	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุโรคพืชของอนุพันธ์ชาโลโคน 3, 24 และ 36-45

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	บริเวณการยับยั้ง (มิลลิเมตร)				ผลการ ออกฤทธิ์
		<i>C. capsica</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>P. grisea</i>	<i>R. solani</i>	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	
	50	0	0	0	0	Inactive
	100	0	0	0	0	

4.3 อภิปรายผลการทดลอง

จากสมมติฐานของงานวิจัยที่ว่าสารอนุพันธ์ชาโลโคนจากแซนโทกซีลีนมีสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพืชโดยอนุพันธ์ที่มีโครงสร้างประกอบไปด้วยหมู่แทนที่ที่ให้และดึงอิเล็กตรอนจะมีสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุการเกิดโรคพืชได้แตกต่างกัน แต่ผลการวิจัยพบว่าอนุพันธ์ชาโลโคนที่สังเคราะห์ได้ทั้ง 12 ชนิด ไม่แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *C. capsica*, *F. oxysporum*, *P. grisea* และ *R. Solani* ทั้งนี้เนื่องจากความจำเพาะเจาะจงของอนุพันธ์ชาโลโคนที่มีต่อเชื้อรา และระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบไม่เพียงพอที่จะทำให้อนุพันธ์ชาโลโคนที่สังเคราะห์แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราทั้ง 4 ชนิดดังที่กล่าวข้างต้น ซึ่งผลการวิจัยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งนี้แตกต่างจากงานวิจัยของ Boeck และคณะ[8] ที่ทำการศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อราของชาลโคน และอนุพันธ์ที่สังเคราะห์ได้จากแซนโทกซีลีนเช่นเดียวกัน พบว่าอนุพันธ์ชาลโคนที่มีอะตอมคลอรีน เกาะอยู่ที่ตำแหน่ง *ortho* ของวงอะโรมาติก สามารถแสดงฤทธิ์ในการต้านเชื้อราก่อโรคในคนชนิด *T. rubrum* และผลการวิจัยของ Hailemariam และคณะ[47] ที่ทำการศึกษาการสกัดฟลาโวกาเวนปี จากเมล็ดของ *Persicaria lapathifolia* พบว่าฟลาโวกาเวนปีมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus spp* และ *Fusarium spp* ได้ดีที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/ml หรือ 10^5 μ g/ml



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการสังเคราะห์อนุพันธ์ซาลิไซลิกด้วยวิธี Claisen-Schmidt condensation

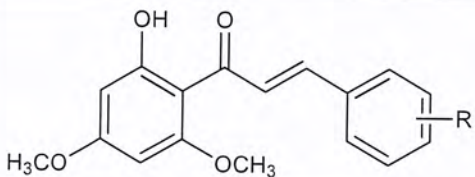
อนุพันธ์ซาลิไซลิก 3, 24 และ 36 ถึง 45 ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยปฏิกิริยาควบแน่นแบบ Claisen-Schmidt โดยทำการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและชนิดของหมู่แทนที่ของวงเบนซีน การสังเคราะห์จะเตรียมผ่านสารตัวกลาง คือ แซนทอกซีลีน หรือ 1-(2-Hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)ethenone จากนั้นทำปฏิกิริยากับสารประกอบอะโรมาติกแอลดีไฮด์ ร้อยละผลผลิตของอนุพันธ์ซาลิไซลิกแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปอร์เซนต์ของอนุพันธ์ซาลิไซลิก 3, 24 และ 36-45

สารตัวอย่าง	โครงสร้าง	% สารผลิตภัณฑ์
3	R = H	54.00
36	R = 2-Br	65.40
37	R = 3-Br	83.40
38	R = 4-Br	56.85
24	R = 2-Cl	65.20
39	R = 3-Cl	62.19
40	R = 4-Cl	50.29
41	R = 2-F	75.50
42	R = 3-F	61.10
43	R = 4-F	60.23
44	R = 2-CH ₃	66.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ของอนุพันธ์ซาลิโคน 3, 24 และ 37-48

สารตัวอย่าง	โครงสร้าง	% สารผลิตภัณฑ์
		
45	R = 3-OCH ₃	66.70

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการสังเคราะห์อนุพันธ์ซาลิโคนด้วยปฏิกิริยาควบแน่นแบบ Claisen-Schmidt สามารถสังเคราะห์อนุพันธ์ซาลิโคนได้ 12 สารประกอบ พบว่าสารผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งสีเหลืองถึงสีส้ม จากนั้นนำสารประกอบอนุพันธ์ซาลิโคนที่สังเคราะห์มาทำการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านเชื้อราสาเหตุของโรคพืชชนิด *C. capsica*, *F. oxysporum*, *P. grisea* และ *R. solani* โดยวิธี Agar well diffusion test พบว่า อนุพันธ์ซาลิโคนที่สังเคราะห์ได้ไม่แสดงฤทธิ์ในการต้านเชื้อราสาเหตุของโรคพืชทั้ง 4 ชนิดที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้ เนื่องมาจากผลของความจำเพาะเจาะจงของซาลิโคนกับชนิดเชื้อรา หรือ ความเข้มข้นที่ใช้ให้ทดสอบเชื้อราไม่เพียงพอที่จะสามารถแสดงฤทธิ์ต้านราสาเหตุของโรคพืชได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนการหยุดปฏิกิริยาของการสังเคราะห์สาร 37-48 โดยการหยุดกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 10% ไม่ควรหยุดกรดจนมี pH ต่ำกว่า 5 เนื่องจากความเป็นกรดสูงอาจทำให้สารเกิดการสลายตัวกลับไปเป็นสารตั้งต้นผ่านปฏิกิริยาควบแน่นแบบ Retro Aldol
2. การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านเชื้อราสาเหตุของโรคพืชของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเฉพาะเชื้อราบางชนิด และทดสอบที่ความเข้มข้นเพียง 2 สภาวะเท่านั้น ซึ่งพบว่าสารประกอบที่ใช้ทดสอบไม่แสดงฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านเชื้อราสาเหตุของโรคพืช แต่ถ้าหากนำสารที่สังเคราะห์ได้ไปศึกษาเพิ่มเติมโดยทดสอบที่สภาวะความเข้มข้นที่สูงขึ้นหรือทดสอบกับเชื้อราสาเหตุของโรคพืชชนิดอื่นอาจพบแสดงฤทธิ์ทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Z. Fan, Y. Qin and S. Liu. 2018. "Synthesis, characterization and antifungal evaluation of diethoxyphosphoryl polyaminoethyl chitosan derivatives." *Carbohydrate polymers*. 190 : 1-11.
- [2] L. Wei, Y. Mi and J. Zhang. 2018. "Evaluation of quaternary ammonium chitosan derivatives differing in the length of alkyl side-chain: synthesis and antifungal activity." *Biological macromolecules*. 129 : 1127-1132
- [3] W. Liu, Y. Qin and S. Liu. 2018. "Synthesis, characterization and antifungal efficacy of chitosan derivatives with triple quaternary ammonium groups." *Biological macromolecules*. 114 : 942-949.
- [4] W. Tan, J. Zhang and Y. Mi. 2018. "Synthesis, characterization and evaluation of antifungal and antioxidant properties of chitosan derivative via azide-alkyne click reaction." *Biological macromolecules*. 120 : 318-324.
- [5] Y. Chen, W. Tan, Q. Li and F. Dong. 2018. "Synthesis of inulin derivatives with quaternary phosphonium salts and its antifungal activity." *Biological macromolecules*. 113 : 1273-1278.
- [6] F. Wen, H. Jin and K. Tao. 2016. "Design, synthesis and antifungal activity of novel furancarboxamide derivatives." *Medicinal chemistry*. 120 : 244-251.
- [7] A. Zhang, J. Zhou and K. Tao. 2018. "Design, synthesis and antifungal evaluation of novel pyrazole carboxamides with diarylamines scaffold as potent succinate dehydrogenase inhibitors." *Bioorganic and medicinal chemistry letters*. 28(18) : 3042-3045.
- [8] P. Book, P. C. Leal and R. A. Yunes. 2005. "Antifungal activity and studies on mode of action of novel xanthoxyline derived chalcones." *Arch pharm chemistry in life science*. 338 : 87-95
- [9] L. Svetaz, A. Tapia and S. N. Lopez. 2004. "Antifungal chalcones and new caffeic acid esters from *zuccagnia punctata* acting against soybean infecting fungi." *Agricultural and food chemistry*. 52 : 3297-3300.
- [10] D. D. Kumbhar, B. Y. Waghmare, G. R. Pathade and S. K. Pardeshi. 2014.

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุฒวิทยาลัยสงขลา
 ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] H. Rucker, N. Al-Rifai and A. Rasclé. 2015. "Enhancing the anti-inflammatory activity of chalcones by tuning the Michael acceptor site." *Organic and biomolecular chemistry*. 13 : 3040-3047.
- [12] H. Koudokpon, N. Armstrong and T. V. Dougnon. 2018. "Antibacterial activity of chalcone and dihydrochalcone compounds from *Uvaria chamae* roots against multidrug resistant bacteria." *Biomedicine and biotechnology*. 1-11
- [13] W. Knogge. 1996. "Fungal infection of plants." *The plant cell*. 8 : 1711-1722.
- [14] T. O. Adesemoye, S. N. Wegulo and R. N. Klein. 2015. "Common root rot and fusarium foot rot of wheat." *Nebguide G1998*. Institute of agriculture and natural resources. University of Nebraska-Lincoln.
- [15] ดิน บีสลีย์ และ โรเจอร์ จี ชิวาส. 2548. คู่มือการจัดการศัตรูเก็บรักษาตัวอย่างโรคพืช. แปลโดย ศรีสุข พูนผลกุล, ศรีสุรางค์ ลิขิตเอกราช และ พรพิมล อธิปัญญาคม. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- [16] M. Loganathan, A. B. Rai and R. Ramesh. 2009. "Vascular wilt diseases: a menace in vegetable crops." *Vegetable science*. 36(1) : 1-13.
- [17] B. B. Mundkur. 1976. *Fungi and plant disease*. London : Macmillan and Co., Ltd.
- [18] A. Y. Akrofi. 2014. "Pink disease caused by *Erythricium salmonicolor* (Berk. & Broome) burdsall: an epidemiological assessment of its potential effect on cocoa production in Ghana." *Plant pathology and microbiology*. 5(1) : 1-6
- [19] E. Patnude and S. Nelson. 2013. "White Rust of Cruciferous Vegetables in Hawai'i." *Plant Disease*. PD-94. College of topical agriculture and human resources. University of Hawai'i at Manoa.
- [20] L. Quintana, S. Gutierrez and A. Ortiz. 2018. "*Microdochium oryzae* associated with rice leaf scald disease in paraguay." *Basic and applied sciences*. 12(7) : 56-58.
- [21] E. Guchi. 2015. "Effect of storage time on occurrence of *aspergillus* species in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in eastern ethiopia." *Applied and environmental microbiology*. 3(1) : 1-5.
- [22] J. C. Wang, Y. Jia and J. W. Wen. 2013. "Identification of rice blast resistance genes using international monogenic differentials." *Crop protection*. 45 : 109-116.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [23] J. R. Hartman, J. W. Beale and C. A. Kaiser. 2008. "Downy mildew of grape." Plant pathology fact sheet. PPF5-FR-S-13. College of agriculture. University of Kentucky.
- [24] J. Beckerman. "Downy mildew." Diseases of landscape plants. BP-68-W. Depart of botany and plant pathology. Purdue university.
- [25] A. K.Gautam. 2015. "Studies on some powdery mildew of Himachal Pradesh, India." Australasian mycologist. 32 : 10-13.
- [26] Embaby, El-Sayed, M., Layla and F. Haggag. 2014. "Anthracnose disease (*Colletotrichum sp.*) affecting olive fruit quality and its control in Egypt." Agricultural technology. 10(5) : 1289-1306.
- [27] A. M. Katsori. 2011. "Recent progress in therapeutic applications of chalcones." Expert opinion on therapeutic patents. 21(10) : 1575-1596.
- [28] Z. Nowakowska. 2007. "A review of anti-infective and anti-inflammatory chalcones." Medicinal chemistry. 42 : 125-137.
- [29] จุไรรัตน์ เกิดตอนแฝก. 2553. สมุนไพรลดไขมันในเลือด 140 ชนิด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เซเว่น พรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- [30] นันทสิทธิ์ บาลเมือง, สุเมธ ตันตะเจียร และ อีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน. การเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคบางชนิดของสารสกัดเมล็ดมะเกี๋ยงด้วยสารดูดซับ. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติประจำปี 2559. มหาวิทยาลัยรังสิต. 477-485.
- [31] จินดาสมัย ดวงแก้ว และ ชัชวิน เพชรเลิศ. 2558.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของทับทิมน้ำผึ้งและทับทิมมรกต. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [32] K. Sugamoto, Yoh-ichi Matsusita and K. Matsui. 2011 "Synthesis and antibacterial activity of chalcones bearing prenyl or geranyl groups from *Angelica keiskei*." Tetrahedron. 67 : 5346-5359.
- [33] นพวัฒน์ เพ็งคำศรี, จัตุพล กันทะมูล, ภัทรภรณ์ โตวัฒนกิจ, วชิรวิทย์ วงศ์ชารัฐ, วนิดา ใจหมั่น, นิภาพร เมืองจันทร์ และ สุภารัตน์ จันทร์เหลือง. 2554. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเหง้าข่าลิง. วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ. 195-201
- [34] ปวีณา พันทอง. 2559. การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี CUPRAC โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแบบกระดาษ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา. 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [35] R. J. Anto, K. Sukumaran and G. Kuttan. 1995. "Anticancer and antioxidant activity of synthetic chalcones and related compounds." *Cancer letters*. 97 : 33-37.
- [36] A. Modzelewska, C. Pettit and G. Achanta. 2006. "Anticancer activities of novel chalcone and *bis*-chalcone derivatives." *Bioorganic and medicinal chemistry*. 14 : 3491-3495.
- [37] D. Kumar, S. S. Sandhu and J. S. Sandhu. 2010. "An efficient green protocol for the synthesis of chalcones by a Claisen–Schmidt reaction using bismuth(III) chloride as a catalyst under solventfree condition." *Green chemistry letters and reviews*. 3(4) : 283-286.
- [38] S. Eddarir, N. Cotelle, Y. Bakkour and C. Rolando. 2003. "An efficient synthesis of chalcones based on the Suzuki reaction." *Tetrahedron Letters*. 44 : 5359-5363.
- [39] A. Bianco, C. Cavarischia and M. Guiso. 2004. "The heck coupling reaction using aryl vinyl ketones: synthesis of flavonoids." *Organic chemistry*. 13 : 2894-2898.
- [40] L. Svetaz, A. Tapia, S. N. Lopez and R. L.E. Furlan. 2004. "Antifungal chalcones and new caffeic acid esters from *Zuccagnia punctata* acting against soybean infecting fungi." *Agriculture and food chemistry*. 52 : 3297-3300.
- [41] M. R. Adokar. 2013. "Synthesis and green bromination of some chalcones and their antimicrobial screening." *Pharmacy*. 4(4) : 194-196.
- [42] S. K. Sengupta, O. P. Pandey, G. P. Rao and P. Singh. 2002. "Efficacy of organophosphorus derivatives containing chalcones/chalcone semicarbazones against fungal pathogens of sugarcane." *Metal based drugs*. 8(5) : 293-302.
- [43] P. K. Mishra, B. K. Sarma, P. K. Singhai and U. P. Singh. 2007. "Antifungal activity of 2-hydroxy 4,4',6'trimethoxy chalcone." *Mycobiology*. 35(2) : 72-75.
- [45] N. Abu, W.Y. Ho, S. K. Yeap and M. N. Akhtar. 2013. "The flavokawains: uprising medicinal chalcones." *Cancer cell*. 13(102) : 1-7
- [46] E. Lin. 2012. "Flavokawain B inhibits growth of human squamous carcinoma cells: Involvement of apoptosis and cell cycle dysregulation *in vitro* and *in vivo*." *Nutritional biochemistry*. 23 : 368-378

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

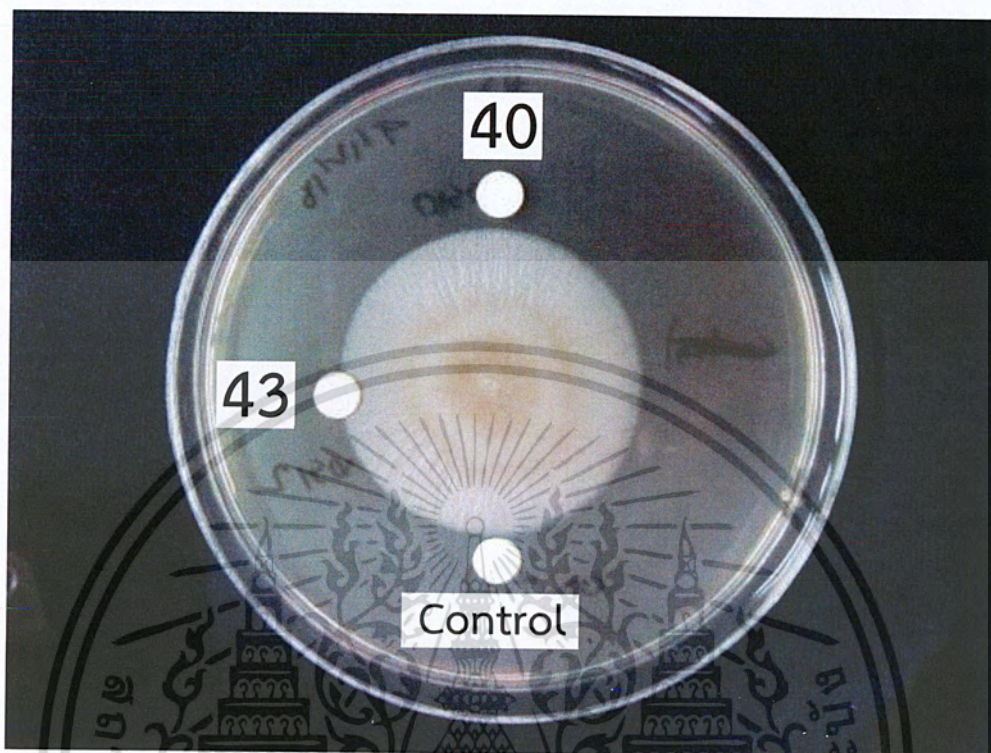
- [47] A. Hailemariam, M. Feyera, T. Deyou and N. Abdissa. 2018. "Antimicrobial chalcones from the seeds of *Persicaria lapathifolia*." *Biochemistry and pharmacology*. 7(1) : 1-4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

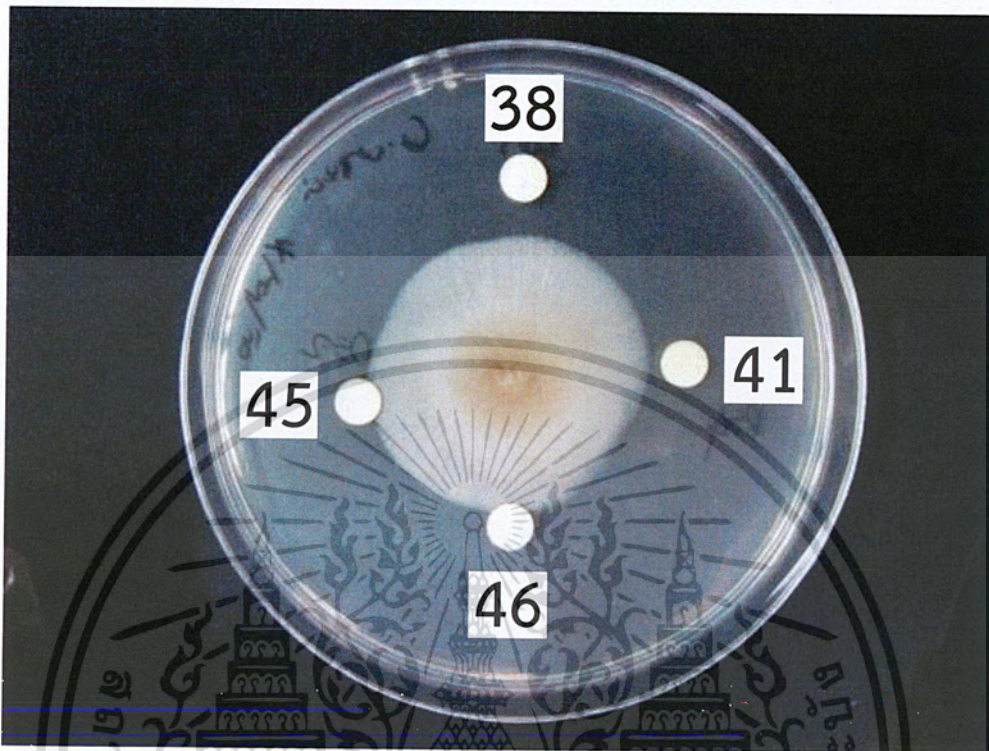


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



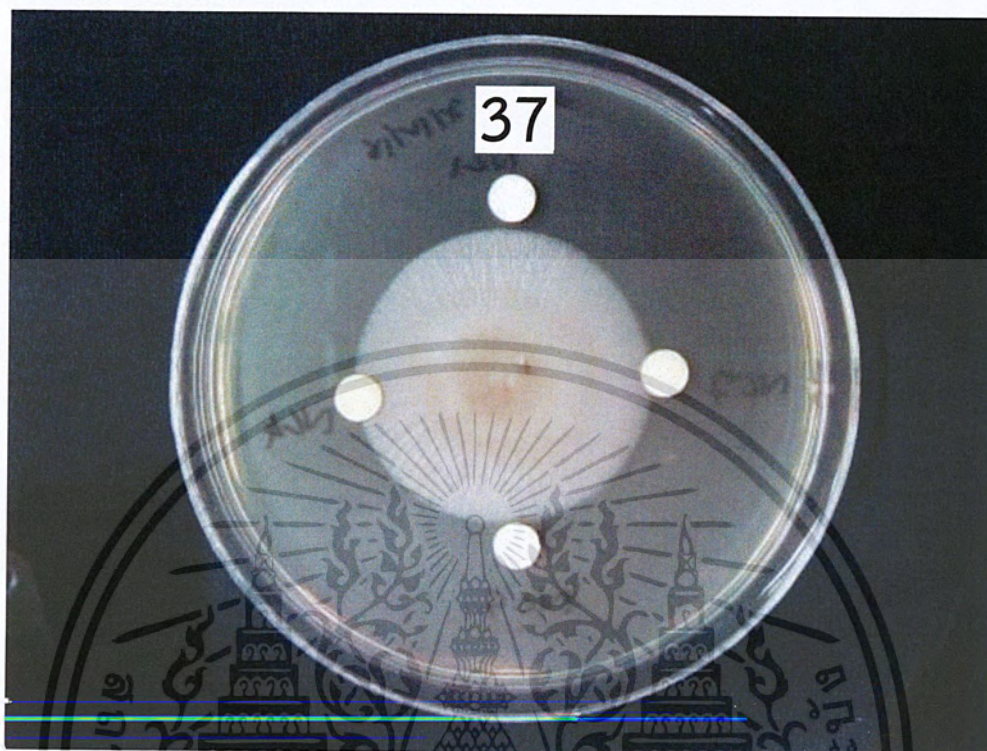
รูป ผ.1 การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *F. Oxysporum* ของตัวควบคุม (DMSO) และอนุพันธ์ซาลิโคน 40 และ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



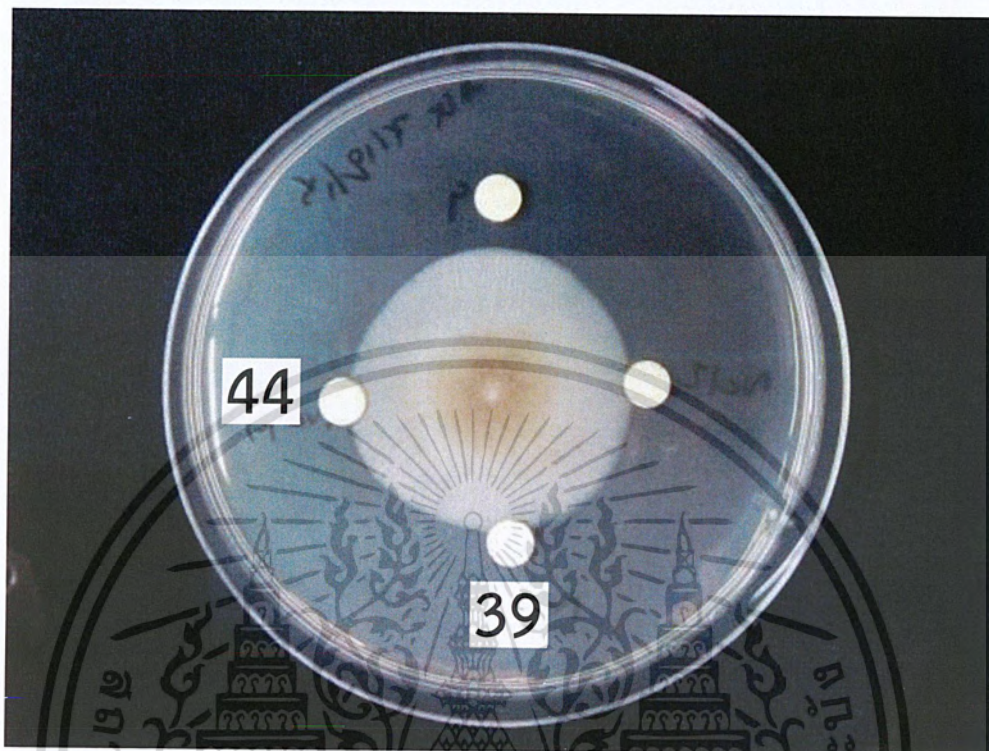
รูป ผ.2 การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *F. Oxysporum* ของอนุพันธ์ชาลโคิน 38 41 45 และ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



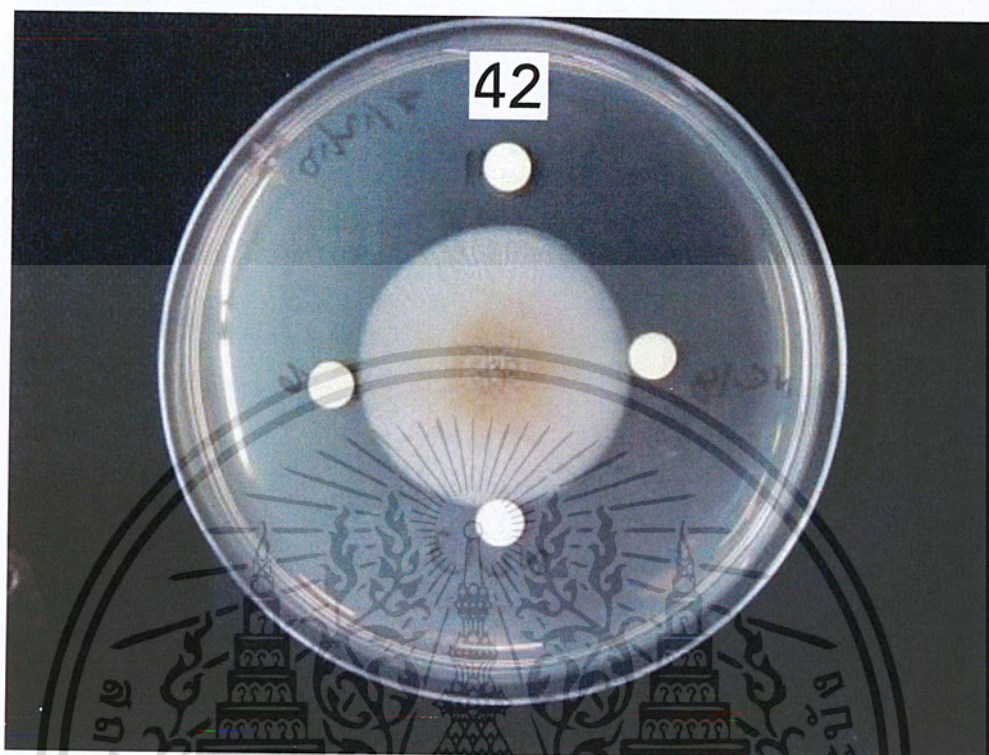
รูป ผ.3 การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *F. Oxysporum* ของอนุพันธ์ชาโคโคน 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ผ.4 การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *F. Oxysporum* ของอนุพันธ์ชาลโคน 39 และ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ผ.5 การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *F. Oxysporum* ของอนุพันธ์ชาโคน 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ผ.6 การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อ *F. Oxysporum* ของอนุพันธ์ชาลโคน 47 และ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้