



การยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางพาราแผ่นด้วยสมุนไพร



ธัญญ์วนิน ชูวัฒน์วรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปρัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2559

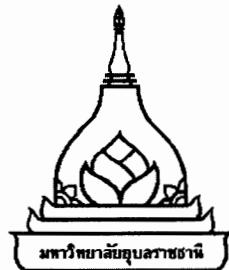
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



GROWTH INHIBITION OF FUNGI ON RUBBER SHEETS BY HERBS

THANWARIN CHUWATWORAKOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR IN CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016
COPYRIGHT OF UBOON RATCHATHANI UNIVERSITY



ในรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางพาราแผ่นด้วยสมุนไพร

ผู้วิจัย นางรัฐย์วาริน ชูวัฒน์วรกุล

คณะกรรมการสอบ

ดร.พงษ์ธร แซ่อย

ประธานกรรมการ

ดร.สายสมร ลำลอง

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มະลิวรรณ ออมธงไชย

กรรมการ

ดร.สมจินตนา ทวีพานิชย์

กรรมการ

ดร.พิชญาภรณ์ สุวรรณภูมิ

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.สายสมร ลำลอง)

.....
ส. ๗๕๒

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.สมจินตนา ทวีพานิชย์)

.....
ศิริกานต์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.พิชญาภรณ์ สุวรรณภูมิ)

.....

.....

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2559

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร.สายสมร ลำลอง ดร.สมจินตนา ทวีพานิชย์ และ ดร.พิชญาภรณ์ สุวรรณภูมิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำ ในการ ทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.พงษ์ธร แซ่อุย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะลิวรรณ ออมตรังไชย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิภาวรรณ พองพรหม รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ แสงสุวรรณ ดร.สราวุธ ประเสริฐศรี ที่ได้ ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเคมี ภาควิชาชีวภาพ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ และสารเคมีตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง จังหวัดอุบลราชธานี สำหรับคำปรึกษา แนะนำต่าง ๆ ในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม สำหรับการ สนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัวที่เคยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านจนการทำ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ธัญญ์วรินทร์ วงศ์มหาราช
ธัญญ์วรินทร์ ชัยวนิวรกุล
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง	: การยับยั้งการเจริญของเชื้อรานนยางพาราแผ่นด้วยสมุนไพร
ผู้จัด	: ธัญญาริน พูวนวรกุล
ชื่อปริญญา	: ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	: เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.สายสมร ลำลอง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: ดร.สมจินตนา ทวีพาณิชย์ : ดร.พิชญาภรณ์ สุวรรณกุญ
คำสำคัญ	: ยางแผ่น, สารยับยั้งเชื้อรา, อบเชย, ข่า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงชนิดของเชื้อราที่มีการปนเปื้อนบนยางแผ่นในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อําเภอเมือง ใน อําเภอตระการพีชผล และอำเภอ้น้ำยืน พบว่า เชื้อราส่วนใหญ่ที่สามารถพบได้บนยางแผ่นมี 3 ลักษณะ คือ เชื้อรา *Aspergillus flavus* *Penicillium citrinum* และ *Aspergillus tamarii* จากนั้นทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด โดยนำพืชสมุนไพรจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า พลู กานพลู อบเชย ชุมเห็ดเทศ ตะไคร้ และพืชสมุนไพรสมจำนวน 3 ชนิด คือ ข้าวสม พลู กานพลูผอมอบเชย และกานพลูผอมมะไคร้ มาสกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล นำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ด้วยวิธี Paper disc diffusion พบว่า สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* ได้มากที่สุด คือ สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 41.50 และ 25.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดหยาบจากข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 25.83 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปทดสอบหาความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในระดับต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (MICs) พบว่า สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซนและตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบจากข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ โดยมีค่า MICs เท่ากับร้อยละ 2.5, 1.25 และ 2.5 ตามลำดับ สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซนและตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบจากข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการ

เจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้โดยมีค่า MICs เท่ากับร้อยละ 5, 2.5 และ 5 ตามลำดับ ส่วนสารสกัดที่นานจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายไฮโซเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้โดยมีค่า MICs เท่ากับร้อยละ 0.08, 0.04 และ 0.31 ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาผลของสารสกัดที่นานจากอบเชยและข้าวที่ใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อราต่อสมบัติของยางแผ่น โดยการนำสารสกัดที่นานจากอบเชยและข้าวในเอทิลอะซิเตทที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ มาทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่นเบรียบเทียบกับยางแผ่นควบคุม (ไม่มีดีพ่นสารเคมี) ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยเอทิลอะซิเตท และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทน พบร้า สารสกัดที่นานจากอบเชยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.25 และ 2.5 และแคปแทนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.31 สามารถยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นได้ถึง 30 วัน เมื่อนำยางแผ่นไปทดสอบสมบัติของยางแผ่นดิน พบร้า ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดที่นานจากอบเชย เอทิลอะซิเตท และแคปแทน มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับยางแผ่นตัวควบคุม ยกเว้น สี ที่ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดที่นานจากอบเชยมีค่าสูงกว่ายางแผ่นชนิดอื่น เมื่อนำยางแผ่นไปทดสอบสมบัติของยางคอมพาวด์ (2 สูตร; สูตรที่เติมแล้วไม่เติมเข้ม่าดำ) และสมบัติเชิงกล พบร้า ยางสูตรที่เติมเข้ม่าดำและที่ไม่เติมเข้ม่าดำมีค่า Scorch time Cure time ความแข็ง ความทนทานต่อการฉีกขาด การเสียรูปหลังการกดความทนทานต่อแรงดึง การยึดตัว ณ จุดขาด โมดูลัสใกล้เคียงกัน ยกเว้น ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทนในยางคอมพาวด์สูตรที่ไม่เติมเข้ม่าดำที่มีค่า Cure time สูง ในขณะที่มีค่าการเสียรูปหลังการกดต่ำกว่ายางแผ่นชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่าชนิดของสารที่ฉีดพ่นบนยางแผ่นไม่มีผลต่อสมบัติของยางคอมพาวด์และสมบัติเชิงกลของยาง

ABSTRACT

TITLE : GROWTH INHIBITION OF FUNGI ON RUBBER SHEETS BY HERBS
AUTHOR : THANWARIN CHUWATWORAKOON
DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR : CHEMISTRY
ADVISOR : SAISAMORN LUMLONG, Dr. Eng.
CO-ADVISOR : SOMJINTANA TAVEEPANICH, Ph.D.
: PITCHAYAPORN SUWANNAKOOD, Ph.D.
KEYWORDS : RUBBER SHEET, ANTIFUNGAL AGENTS, CINNAMON, GALANGAL

The aim of this research was to identify the fungal species contaminated on the rubber sheets in Ubon Ratchathani in the Mueang, Khueang Nai, Trakan Phuet Phon, and Nam Yuen districts. Results showed that most of the fungi found on the rubber sheets were three species, *Aspergillus flavus*, *Penicillium citrinum*, and *Aspergillus tamarii*. Then, the efficiency of crude extracts from herbs was investigated to inhibit the growth of these fungi. Seven herbs, garlic, galangal, betel, clove, cinnamon, ringworm bush, and lemon grass, and three mixed herbs, galangal mixed with betal, clove mixed with cinnamon, and clove mixed with lemon grass, were extracted by hexane, ethyl acetate, and methanol. The crude extracts were tested for their efficiency to inhibit fungal growth by the paper disc diffusion method. It was found that the most effective crude herb extract for inhibiting the growth of *P. citrinum* and *A. flavus* at a concentration of 10% was cinnamon which was extracted with ethyl acetate. The average diameters of the inhibition were of 41.50 and 25.93 mm respectively. The crude extract of galangal extraction with ethyl acetate was the most effective for inhibiting the growth of *A. tamarii* with the average diameter of the inhibition of 25.83 mm. The minimum inhibitory concentrations (MICs) of the crude extracts was also determined. It was found that MICs of cinnamon extraction with hexane and ethyl acetate, galangal extraction with methanol effectively inhibited the growth of *P. citrinum* at 2.5, 1.25 and 2.5% respectively. In addition, it was found that MICs of the cinnamon extraction with hexane and ethyl acetate, galangal extraction

with methanol effectively inhibited the growth of *A. flavus* at 5, 2.5 and 5% respectively. Galangal extracts with hexane, ethyl acetate and methanol were effective in inhibiting the growth of *A. tamarii* with MICs of 0.08, 0.04 and 0.31 % respectively. Next, the effect of cinnamon and galangal crude extracts as antifungal agents on the rubber properties was studied. Rubber sheets sprayed with cinnamon and galangal extracts, with ethyl acetate as a extracting medium, at a minimum concentration to inhibit the growth of fungi on the rubber sheet were compared with unsprayed rubber sheets (control), rubber sheets sprayed with ethyl acetate, and rubber sheets sprayed with captan. The results showed that cinnamon extracts at the concentration of 1.25% and 2.5% and captan at the concentration of 0.31% were effective in inhibiting fungal growth on the rubber sheets up to 30 days. Moreover, the rubber sheets sprayed with cinnamon, ethyl acetate, and captan had physical properties similar to the control, except that the color of the rubber sheets sprayed with the cinnamon was darker than that of the others. Rubber compounds (2 formulas, with and without carbon black) and mechanical properties of vulcanized rubber were investigated. It was found that the scorch time, cure time, hardness, tear strength, compression set, tensile strength, elongation at break, and modulus of the vulcanizate of each formula were similar, except that the rubber sheets sprayed with captan in the rubber compound without carbon black had higher cure time but lower compression set than the others. This showed that the type of spray on the rubber did not affect the properties of the rubber compound and the mechanical properties of the rubber.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ภ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ศ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัจจุหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber: NR)	5
2.2 น้ำยางสด	8
2.3 การผลิตยางแผ่นดิบ	11
2.4 มาตรฐานคุณภาพยางแผ่นดิบ	13
2.5 สาเหตุยางแผ่นดิบที่ไม่ได้มาตรฐาน	14
2.6 เชื้อรา	15
2.7 พืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา	18
2.8 การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร	28
2.9 การเลือกตัวทำละลาย	28
2.10 วิธีการสกัด	29
2.11 การเลือกวิธีการสกัด	31
2.12 การทำการสกัดให้เข้มข้น (Concentration)	31
2.13 สารเคมียาง	32
2.14 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางดิบ	35
2.15 การทดสอบสมบัติเชิงกล	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 พีชสมุนไพร	48
3.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อรา	49
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	50
3.4 วิธีการทดลอง	51
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ลักษณะของตัวอย่างยางแผ่น	62
4.2 การวิเคราะห์สมบัติของยางแผ่น	63
4.3 การแยกเชื้อราจากยางแผ่น	64
4.4 ปริมาณสารสกัดขยายจากพีชสมุนไพร	91
4.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดขยายจากพีชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่แยกได้จากยางแผ่นโดยวิธี Paper disc diffusion	92
4.6 ผลการทดสอบหารดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดขยายจากพีชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)	97
4.7 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยออบเชยและชา	103
4.8 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)	103
4.9 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดขยายจากพีชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรานยางแผ่น	107
4.10 การทดสอบผลของสารสกัดขยายจากพีชสมุนไพรที่มีต่อสมบัติของยางแผ่น	110
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	130
5.2 ข้อเสนอแนะ	133
เอกสารอ้างอิง	134

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก ลักษณะของเชื้อรา แหล่งที่พับ และ ไอโซเลตที่แยกได้	146
ข รายงานผลการจำแนกจุลินทรีย์	162
ค ภาพบริเวณการยับยั้งการเจริญของเชื้อราของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ที่ความเข้มข้น 10%	164
ง ภาพบริเวณการยับยั้งการเจริญของเชื้อราของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	170
จ ภาพบริเวณการยับยั้งการเจริญของเชื้อราของน้ำมันหอมระ夷ที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ	175
ฉ ลักษณะของเชื้อราบนยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยและชาที่ สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	177
ช การเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่ความเข้มข้น 10%	180
ช บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	182
ประวัติผู้วิจัย	196

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของน้ำยากรรรมชาติ	9
2.2 ส่วนประกอบของเนื้อยางแห้ง	10
3.1 พีชสมุนไพรที่ใช้ในการทดลอง	48
3.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อรา	49
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	50
3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางดิบ	56
3.5 สูตรยางคอมพาวด์	57
4.1 ค่าพีเอชของตัวอย่างยางแผ่นจากแหล่งต่าง ๆ	64
4.2 ปริมาณของเชื้อรากที่พับบนยางแผ่นจากแหล่งต่าง ๆ	64
4.3 ลักษณะโคลนีของเชื้อรากที่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง	84
4.4 ปริมาณสารสกัดหมายابจากพีชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายห้อง 3 ชนิด	92
4.5 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> ของสารสกัดหมายابจากพีชสมุนไพร ในตัวทำละลายห้อง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10%	93
4.6 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> ของสารสกัดหมายابจากพีชสมุนไพร ในตัวทำละลายห้อง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10%	95
4.7 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamari</i> ของสารสกัดหมายابจากพีชสมุนไพร ในตัวทำละลายห้อง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10%	96
4.8 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> ของสารสกัดหมายابจากองบเชยและข่า ที่ระดับความเข้มข้น ต่าง ๆ	100
4.9 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> ของสารสกัดหมายابจากองบเชยและข่า ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.10 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> ของสารสกัดหยาบข่า ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	102
4.11 ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยอบเชยและข่า	103
4.12 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> กับน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	104
4.13 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> กับน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	105
4.14 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> กับน้ำมันหอมระเหยข่าที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	106
4.15 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในการยับยั้งการเกิดของเชื้อรานยางแผ่นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	110
4.16 สมบัติของยางแผ่นดิบ	111
4.17 สมบัติของยางคอมพาวด์	112
4.18 ความแข็งของยางวัลภาชนะชุดที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)	113
4.19 การเสียรูปหลังการกดของยางวัลภาชนะชุดที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)	115
4.20 โมดูลัสที่ระยะยีด 100% ของยางวัลภาชนะชุดที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)	117
4.21 โมดูลัสที่ระยะยีด 300% ของยางวัลภาชนะชุดที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)	120
4.22 การยึดตัว ณ จุดขาด ของยางวัลภาชนะชุดที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)	122
4.23 ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลภาชนะชุดที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)	125
4.24 ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลภาชนะชุดที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)	127

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.1	ลักษณะของเชื้อรา แหล่งที่พบร และ ไอโซเลตที่แยกได้	147
ฉ.1	ลักษณะของเชื้อราบนยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชย และข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิตेट ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในวันที่ 30 ของการสังเกต	179

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ต้นยางพาราและสูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	6
2.2 แบบจำลองลักษณะอนุภาคยางธรรมชาติ	9
2.3 หัวกระเทียม	18
2.4 ดอกกานพลู	20
2.5 เหง้าข่า	21
2.6 ใบขุมเห็ดเทศ	22
2.7 ลำต้นตะไคร้	24
2.8 ใบพลู	25
2.9 ผงอบเชย	27
3.1 ยางแผ่นในกล่องควบคุมความชื้น	56
3.2 เครื่อง Moving die rheometer (MDR)	58
3.3 เครื่องอัดไฮดรอลิก (Compression moulding machine)	58
3.4 เครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer) แบบ Shore A	59
3.5 ลักษณะชิ้นตัวอย่างทดสอบรูปดัมเบล	59
3.6 เครื่อง Universal tensile tester	60
3.7 ลักษณะชิ้นตัวอย่างทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาดแบบบุน	60
3.8 ลักษณะชิ้นทดสอบการเสียรูปหลังการกด	61
4.1 ลักษณะของยางแผ่นจากแหล่งต่าง ๆ	62
4.2 ปริมาณสิ่งเร夷ของแผ่นยางพาราที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ	63
4.3 ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T42	65
4.4 ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY39	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.33	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K8	80
4.34	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K53	80
4.35	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY66	81
4.36	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY96	81
4.37	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T35	82
4.38	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T3	82
4.39	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T60	83
4.40	ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K45	83
4.41	สูตรโครงสร้างของ (<i>E</i>)-Cinnamaldehyde	98
4.42	สูตรโครงสร้างของ 1'-Acetoxychavicol acetate	98
4.43	สูตรโครงสร้างของสารเคมีแคปแทน	99
4.44	สูตรโครงสร้างของสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระ夷ข่า	108
4.45	สูตรโครงสร้างของสารประกอบที่พบในสารสกัดหยาบช่าในตัวทำละลาย เยกเซน	108
4.46	สีของยางแผ่น	111
4.47	ความแข็งของยางวัลคAINER สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	114
4.48	ความแข็งของยางวัลคAINER สูตรที่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่ง และไม่บ่มเร่ง	114
4.49	การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคAINER สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 2)	116
4.50	โมดูลัสที่ระยะยืด 100% ของยางวัลคAINER สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	118
4.51	โมดูลัสที่ระยะยืด 100% ของยางวัลคAINER สูตรที่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	118
4.52	โมดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางวัลคAINER สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	120

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาคที่	หน้า
4.53 โมดูลัสที่ระยะยีด 300% ของยางวัลคานิซ สูตรที่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	121
4.54 การยึดตัว ณ จุดขาดของยางวัลคานิซ สูตรที่ไม่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	123
4.55 การยึดตัว ณ จุดขาด ของยางวัลคานิซ สูตรที่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	123
4.56 ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคานิซ สูตรที่ไม่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	125
4.57 ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคานิซ สูตรที่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	126
4.58 ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคานิซ สูตรที่ไม่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	128
4.59 ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคานิซ สูตรที่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง	128
ค.1 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพร ในตัวทำละลายเยกเซน ความเข้มข้น 10%	165
ค.2 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ความเข้มข้น 10%	166
ค.3 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 10%	166
ค.4 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเยกเซน ความเข้มข้น 10%	167
ค.5 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ความเข้มข้น 10%	167
ค.6 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 10%	168
ค.7 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเยกเซน ความเข้มข้น 10%	168

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค.8 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ความเข้มข้น 10%	169
ค.9 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายไดเมทิลชัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 10%	169
๔.1 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> ของสารสกัดหมายابอบเชยในตัวทำละลาย เ yokzen ที่ความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ	171
๔.2 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> ของสารสกัดหมายابอบเชยในตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตท ที่ความเข้มข้น 1) 5, 2) 2.5 และ 3) 1.25% ตามลำดับ	171
๔.3 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> ของสารสกัดหมายابข่าในตัวทำละลาย เมทานอล ที่ความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ	172
๔.4 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> ของสารสกัดหมายابอบเชยในตัวทำละลาย เ yokzen ที่ความเข้มข้น 5%	172
๔.5 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> ของสารสกัดหมายابอบเชยในตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตท ที่ความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ	172
๔.6 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> ของสารสกัดหมายابข่าในตัวทำละลาย เมทานอล ที่ความเข้มข้น 5%	173
๔.7 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> ของสารสกัดหมายابข่าในตัวทำละลาย yokzen ที่ความเข้มข้น 1) 0.63, 2) 0.31, 3) 0.16 และ 4) 0.08% ตามลำดับ	173
๔.8 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> ของสารสกัดหมายابข่าในตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตท ที่ความเข้มข้น 1) 0.63, 2) 0.31, 3) 0.16, 4) 0.08 และ 5) 0.04% ตามลำดับ	173
๔.9 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. tamarii</i> ของสารสกัดหมายابข่าในตัวทำละลาย เมทานอล ที่ความเข้มข้น 1) 0.63 และ 2) 0.31% ตามลำดับ	174

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
จ.1	บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. citrinum</i> ของน้ำมันหอมระ夷 อบเชย ที่ความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ	176
จ.2	บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>A. flavus</i> ของน้ำมันหอมระ夷 อบเชย ที่ความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ	176

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ความหมาย
DRC	ปริมาณเนื้อยางแห้ง
T_g	อุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว
g	กรัม
L	ลิตร
w/v	น้ำหนักต่อปริมาตร
ppm	ส่วนในล้านส่วน
MICs	ความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อร้าได้
PRI	ดัชนีความอ่อนตัว
°C	องศาเซลเซียส
mm	มิลลิเมตร
mg/mL	มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
M_L	ทอร์คต่ำสุด
M_H	ทอร์คสูงสุด
MPa	เมกะปascala
N/mm	นิวตันต่อมิลลิเมตร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดของโลกมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 โดยในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตยางธรรมชาติ 4.32 ล้านเมตริกตัน และมีปริมาณการส่งออก 3.77 ล้านเมตริกตัน การส่งออกยางธรรมชาติของไทยส่วนใหญ่ส่งออกในรูปของวัตถุดิบ ได้แก่ ยางแท่ง ยางแผ่นรมควัน น้ำยางข้น และยางชนิดอื่น ๆ โดยส่งออกไปยังประเทศจีนเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ มาเลเซีย และญี่ปุ่น โดยอุตสาหกรรมที่ใช้ยางมากที่สุด คือ อุตสาหกรรมที่ใช้ในการผลิตยางยานพาหนะ รองลงมาเป็นอุตสาหกรรมผลิตยางยีด ถุงมือยาง ยางรถจักรยานยนต์ และยางรัดของ ตามลำดับ [1-4] ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดประมาณ 22.49 ล้านไร่ ภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด 13.86 ล้านไร่ รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4.74 ล้านไร่ ภาคกลาง 2.67 ล้านไร่ และภาคเหนือ 1.22 ล้านไร่ ตามลำดับ โดยเฉพาะจังหวัดอุบลราชธานีมีพื้นที่ในการปลูกยางพารา 442,367 ไร่ เนื้อที่กรีดยางได้ 292,919 ไร่ ได้ผลผลิต 62,925 ตัน และมีผลผลิต 215 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่จะกรีดยางและขายผลผลิตยางพาราในลักษณะของยางก้อนถัวและยางแผ่นดิบ [5-6] ซึ่งในขั้นตอนการผลิตยางแผ่นพบว่า ในบางครั้งก็ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน เนื่องจาก เช่น ผึ้งยางในที่อับชื้น เก็บทับยางแผ่นส่วนใหญ่เกินไป ยางแผ่นถูกน้ำฝน ผึ้งยางแน่นเกินไป ห้องผึ้งอับอากาศถ่ายเทไม่สะดวก การล้างยางแผ่นไม่สะอาด และการนำไปเผาที่มีความชื้นสูงมีภาวะเรียงซองกัน เป็นต้น [7-8] ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อรากขั้นบนยางแผ่น โดยมีรายงานการวิจัยถึงชนิดของเชื้อราที่มีการปนเปื้อนบนยางแผ่น เช่น เชื้อราในกลุ่มของ *Aspergillus spp.* *Penicillium spp.* *Fusarium spp.* *Cladosporium spp.* *Mucor sp.* *Trichoderma sp.* *Colletotrichum sp.* *Corynespora cassiicola*, *Paecilomyces varioti* เป็นต้น [9-14] การที่มีเชื้อราปนเปื้อนบนยางแผ่นส่งผลกระทบให้ยางแผ่นมีคุณภาพลดลง เช่น สีเปลี่ยน น้ำหนักของยางแผ่นลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nayanashree และคณะ ซึ่งทำการศึกษาการย่อยสลายยางธรรมชาติด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Penicillium sp.* พบว่าในระยะเวลา 3 เดือน เชื้อราทั้ง 2 ชนิด ทำให้น้ำหนักของยางลดลง เนื่องจากเชื้อราจะใช้ยางเป็นแหล่งอาหารของเชื้อรา นอกจากนี้ จากการวิจัยของ Abd-Ali ได้ทำการศึกษาสมบัติการสือมสภาพของยางธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลทรรศน์บางชนิด พบว่ายางธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus niger* มีค่าความ

ทันทานต่อแรงดึงและการยึดตัว ณ จุดขาดต่ำกว่าyangที่ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อร้า [14-17] ปัญหาการเกิดเชื้อร้านยางแผ่นนอกจากจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพและราคาของยางแผ่นแล้วยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและคนงานที่ทำงานในโรงงานยางแผ่นร่มควัน เช่น การฟุ้งกระจายของสปอร์เชื้อร้าในบรรยากาศการทำงานขณะคนงานลอกยางแผ่นดิบ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคเยื่อบุอักเสบ โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด และการติดเชื้อบริเวณเล็บและผิวนหนัง [18] จากปัญหาดังกล่าว�ีจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงการใช้สารเคมี น้ำส้มควันไม้ น้ำมักชีวภาพและสารสกัดจากสมุนไพร ในการป้องกันและกำจัดเชื้อร้านยางแผ่น เช่น การใช้สารเคมีแคปแทน โซเดียมเมต้าไบซัลไฟต์ โพแทสเซียมซอร์เบต โพแทสเซียมเบนโซเอต กรดอะซิติก และน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ น้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าว น้ำส้มควันไม้จากยูคาลิปตัส น้ำมักชีวภาพจากชุมเห็ดเทศ น้ำมักชีวภาพจากข่า น้ำมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดกับใบสาบเสือ น้ำมันหอมระ夷จากการพลุ น้ำมันหอมระ夷จากอบเชย และน้ำมันหอมระ夷จากผิวมะกรูด เป็นต้น [9-10, 19-21] ในขณะที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชนิดของเชื้อร้าที่มีการปนเปื้อนบนยางแผ่นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างไม่ค่อยมีผู้สนใจทำการศึกษามากนัก โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ที่มีการปลูกยางเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงชนิดของเชื้อร้าที่มีการปนเปื้อนบนยางแผ่นโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นจำนวน 4 แหล่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอเชื่องใน อำเภอตระการพีชผล และอำเภอโนนไทย ตลอดจนศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่มีรายงานว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อร้า มาใช้เป็นสารป้องกันและกำจัดเชื้อร้านยางแผ่น เปรียบเทียบกับสารเคมีที่ใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อร้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลกระทบของสารสกัดจากพืชสมุนไพรและสารเคมียับยั้งเชื้อร้าที่มีต่อสมบัติของยางดิบ (เช่น ปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเด็ก ความหนืด ดัชนีความอ่อนตัว และสี เป็นต้น) และยางคอมพาวน์ (เช่น Scorch time Cure time เป็นต้น) รวมถึงสมบัติเชิงกลของยางวัลคานิค (เช่น ความแข็ง ความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และการเสียรูปหลังการกด เป็นต้น) เพื่อเป็นแนวทางเลือกหนึ่งให้แก่เกษตรกรและผู้ที่สนใจในการนำสารสกัดจากสมุนไพรไปใช้ยับยั้งเชื้อร้านยางแผ่น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อแยกและจำแนกชนิดของเชื้อร้าที่เจริญบนยางแผ่นจากแหล่งรับซื้อยางแผ่น จำนวน 4 แหล่ง ในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอเชื่องใน อำเภอตระการพีชผล และอำเภอโนนไทย

1.2.2 เพื่อคัดเลือกพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อร้านยางแผ่นได้

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมี สารสกัดทยาบจากพืชสมุนไพร และน้ำมันหอมระ夷ที่มีต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรานนยางแผ่นได้

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของยางดิบ ยางคอมพาวด์ และสมบัติเชิงกลของยางวัลค่าในชีทที่มีการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 แยกและจำแนกชนิดของเชื้อรากที่เจริญบนยางแผ่นจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นจำนวน 4 แหล่งในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อําเภอเชื่องใน อําเภอตระการพีชผล และอำเภอหนองยืน

1.3.2 ศึกษาและคัดเลือกพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรานนยางแผ่น จากพืชสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า พลู กานพลู อบเชย ชุมเห็ดเทศ และตะไคร้

1.3.3 ศึกษาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดทยาบจากพืชสมุนไพรในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

1.3.4 ศึกษาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของน้ำมันหอมระ夷จากพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรากได้ในชั้นเยกเช่น

1.3.5 ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมี สารสกัดทยาบจากพืชสมุนไพร และน้ำมันหอมระ夷ที่มีฤทธิ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรากได้จากยางแผ่น

1.3.6 ศึกษาหาความเข้มข้นของสารสกัดทยาบจากพืชสมุนไพรในระดับต่ำสุดในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรากได้จากยางแผ่น

1.3.7 ศึกษาหาความเข้มข้นของน้ำมันหอมระ夷ในระดับต่ำสุด ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรากได้จากยางแผ่น

1.3.8 ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดทยาบจากพืชสมุนไพร และน้ำมันหอมระ夷ที่มีฤทธิ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรานนยางแผ่น

1.3.9 ศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติของยางดิบ และยางคอมพาวด์ที่มีการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพร

1.3.10 ศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของยางวัลค่าในชีทที่มีการฉีดพ่นและไม่ฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

หลังจากทำงานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสิ้น ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังต่อไปนี้

1.4.1 ทราบชนิดของเชื้อรากที่เจริญบนยางแผ่นที่เก็บตัวอย่างจากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดอุบลราชธานี

1.4.2 ทราบชนิดของพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรานนยางแผ่น

- 1.4.3 ทราบสมบัติของยางดิบและยางคอมพาวด์ที่มีการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพรลงบนยางแผ่น
- 1.4.4 ทราบสมบัติเชิงกลของยางวัลคาไนซ์ที่มีการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพรลงบนยางแผ่น
- 1.4.5 เกษตรกรสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ไปใช้เป็นแนวทางในการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรไปใช้ยับยั้งเชื้อรากบนยางแผ่นเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber: NR)

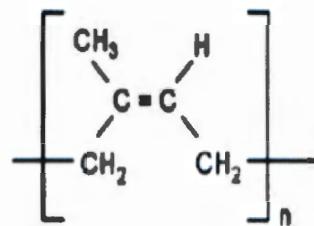
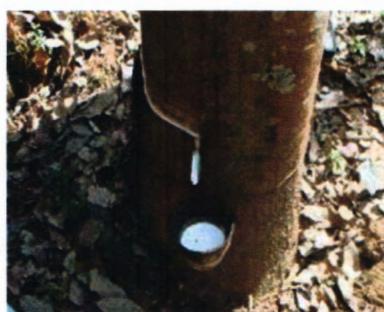
ยางธรรมชาติหรือยางพาราส่วนมากเป็นยางที่ได้มาจากการต้นยางพาราสายพันธุ์ *Hevea Brasiliensis* ซึ่งเป็นไม้ป่าที่มีต้นกำเนิดจากลุ่มแม่น้ำอเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ น้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางพารามีลักษณะเป็นสีขาวขันและมีเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content: DRC) ประมาณ 30% (โดยน้ำหนัก) ขณะลอยอยู่ในน้ำปริมาณของเนื้อยางแห้งขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ยาง อายุต้นยาง และถูกการ เป็นต้น

2.1.1 โครงสร้างของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ ซิส-1,4-โพลีไอโซพรีน (*cis*-1,4-polyisoprene) กล่าวคือในโมเลกุลยาง 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีน (C_5H_8) มาต่อ กันเป็นสายยาวแบบเส้นตรง ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าใน 1 หน่วยของไอโซพรีนจะมีพันธุ์คู่และมีหมู่แอลฟามิธิลีน (α -methylene group) ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาการคงรูปด้วยกำมะถันอยู่ ดังนั้นพันธุ์คู่ที่มีอยู่ในโมเลกุลของยางจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการคงรูปด้วยกำมะถัน อย่างไรก็ตามพันธุ์คู่เหล่านี้ยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้อีก เช่น ออกซิเจนหรือโอโซน ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ หรืออาจทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน คลอริน ไฮโดเรนคลอไรด์ เป็นต้น ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาง (ที่ดำเนินพันธุ์คู่) กับสารเคมีต่าง ๆ เหล่านี้จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000 ถึง 400,000 และมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลที่กว้างมาก ยางธรรมชาติมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.93 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature: T_g) ประมาณ -72 องศาเซลเซียส หมายความว่า หากนำยางธรรมชาติไปเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -72 องศาเซลเซียส สมบัติของยางธรรมชาติจะเปลี่ยนจากที่เคลื่อนไหวไปเป็นแข็งเปราะ เช่นเดียวกับแก้ว ยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบสัณฐาน (Amorphous) แต่ในบางสภาวะ เช่น ที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อยางถูกยืด โมเลกุลของยางบางส่วนสามารถจัดเรียงตัวได้อย่างค่อนข้างเป็นระเบียบ ยางจึงสามารถเกิดผลึก (Crystallize) ได้ การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำหรือที่เรียกว่า Low temperature crystallization จะพบในกรณีที่เก็บยางไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานโดยยางจะมีอัตราเร็วในการตกผลึกสูงที่สุดประมาณ -26 องศาเซลเซียส การตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ยางแข็งมากขึ้น ทำให้มีความสามารถ

นำ Yang ไปผสมให้เข้ากับสารเคมีหรือสารตัวเติมอื่น ๆ ได้ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ผลึกที่เกิดขึ้นก็จะถูกทำลาย ยางจะอ่อนตัวลงและกลับสู่สภาพเดิม ส่วนการเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวหรือที่เรียกว่า Strain-induced crystallization จะพบเมื่อยางถูกยืดจนมีความยาวมากกว่าความยาวตั้งต้นประมาณ 2-3 เท่า การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวของยางจะทำให้ยางมีสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไปคือ ยางจะเปลี่ยนจากสภาพโปร่งแสง (Transparent) ไปเป็นทึบแสง (Opaque) ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่ายในยางคงรูปที่ไม่มีการเติมสารตัวเติม นอกจากนี้การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวยังทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น นั่นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขัดถูสูงขึ้น



ภาพที่ 2.1 ต้นยางพาราและสูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ [22-23]

2.1.2 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ เช่น

2.1.2.1 ความยืดหยุ่น (Elasticity) สมบัติความยืดหยุ่นเป็นลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของยางธรรมชาติ กล่าวคือยางธรรมชาติที่คงรูปแล้วจะมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับยางหมดไป ยางจะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) ได้อย่างรวดเร็ว

2.1.2.2 ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติ มีความเป็นระเบียบสูงจึงทำให้ยางธรรมชาติสามารถตอกผลึกได้ง่ายเมื่อถูกยืด ซึ่งผลึกที่เกิดขึ้นจะช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับยาง ดังนั้น ยางธรรมชาติจึงมีความทนทานต่อแรงดึงสูงมาก โดยที่ไม่ต้องใช้สารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วย (~20 เมกะปานascal หรือสูงกว่านั้น) การเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยทำให้ค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงขึ้น ซึ่งสมบัตินี้จะแตกต่างจากยางสังเคราะห์ส่วนใหญ่ที่มักมีค่าความทนทานต่อแรงดึงต่ำ จึงไม่สามารถนำไปใช้งานในทางวิศวกรรมได้นอกจากจะมีการเติมสารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วยเท่านั้น

2.1.2.3 ความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear strength) เนื่องจากยางธรรมชาติสามารถตอกผลึกได้มีถูกยืด ดังนั้น ยางธรรมชาติจึงมีความทนทานต่อการฉีกขาดสูงมากทั้งที่อุณหภูมิห้องและ

ที่อุณหภูมิสูง การเติมสารตัวเติมเสริมแรงล็อกเป็นจุดที่ช่วยทำให้ค่าความทนทานต่อการฉีกขาดของยางสูงขึ้น

2.1.2.4 ความทนทานต่อของเหลวและสารเคมี (Liquid and chemical resistance) เนื่องจากองค์ประกอบของยางธรรมชาติเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีข้าว ดังนั้น ยางดิบจึงละลายได้ในตัวทำละลายที่ไม่มีข้าว เช่น เปนซิน เยกเซน และโอลูอิน เป็นต้น ความสามารถในการละลายนี้จะลดลงถ้ายางเกิดการคงรูปเนื่องจากการเชื่อมโยงทางเคมีของโมเลกุลเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ในยางคงรูปจะไปขัดขวางกระบวนการละลายของยาง ยางคงรูปจึงเพียงแต่เกิดการบวมตัวในตัวทำละลายเหล่านี้เท่านั้น อย่างไรก็ตาม การบวมตัวของยางดังกล่าวจะทำให้สมบัติเชิงกลของยางด้อยลงด้วยเหตุนี้ ยางธรรมชาติจึงไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือตัวทำละลายที่ไม่มีข้าวต่าง ๆ แต่ยางธรรมชาติจะทนต่อตัวทำละลายที่มีข้าว เช่น อะซิโตน หรือแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังทนต่อกรดและด่างเจือจางได้ดี แต่ไม่ทนต่อกรดในตริกและกรดกำมะถันเข้มข้น

2.1.2.5 การเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน โอโซน และแสงแดด (Aging properties) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่มาก ทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา กับออกซิเจนในอากาศ (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน) โดยมีแสงแดดหรือความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นยางธรรมชาติจึงถูกออกซิเดชันได้ง่าย นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังไม่ทนต่อโอโซน เพราะเมื่อยางถูกยืดและได้รับโอโซนนาน ๆ จะเกิดรอยแตกขนาดเล็กจำนวนมากที่บริเวณพื้นผิวนิทิศตั้งฉากกับทิศทางการยืดตัวของยางด้วยเหตุนี้ ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิด (สารป้องกันการเสื่อมสภาพ Anti-degradants) และไข (Wax) ลงไปเพื่อยืดอายุการใช้งานของยางธรรมชาติ

2.1.2.6 Compression set ยางธรรมชาติมีค่า Compression set ค่อนข้างต่ำทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูงปานกลาง อย่างไรก็ตามค่า Compression set ที่อุณหภูมิต่ำของยางธรรมชาติจะสูงขึ้นเนื่องจากยางอาจเกิดการตกผลึกทำให้ความยืดหยุ่นของยางเริ่มสูญเสียไป ในขณะที่ค่า Compression set ที่อุณหภูมิสูงของยางธรรมชาติจะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากยางธรรมชาติไม่ทนต่อความร้อน ยางจึงเกิดการเสื่อมสภาพ ซึ่งจะส่งผลทำให้สมบัติ Compression set ด้อยลง

2.1.2.7 อุณหภูมิของการใช้งาน (Service temperature) ยางธรรมชาติสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียส จนถึง 70 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม หากเก็บยางไว้ที่อุณหภูมิต่ำนาน ๆ ยางอาจเกิดการตกผลึกซึ่งจะทำให้ยางแข็งขึ้นและสูญเสียความยืดหยุ่นไป แต่เมื่ออุณหภูมิการใช้งานสูงเกินไป สมบัติเชิงกลต่าง ๆ ก็จะด้อยลงเนื่องจากความร้อนจะทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพในบางกรณีที่มีการออกสูตรผสมเคมียางได้อย่างเหมาะสม (มีการเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพลงไป) ยางธรรมชาติอาจสามารถนำไปใช้งานได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิสูงถึง 90 องศาเซลเซียส หรืออาจสูงถึง 100 องศาเซลเซียส (ในกรณีที่ยางได้รับอุณหภูมิสูงเป็นช่วง ๆ เท่านั้น) [24]

2.2 น้ำยางสด

เป็นส่วนของไชโตพลาสซีมที่อยู่ภายในห้องน้ำยางของตันยางพาราสามารถทำให้หลอกจากห่อห้องได้โดยวิธีกรีดหรือเจาะ

2.2.1 สมบัติทั่วไป

น้ำยางสดที่ได้มาจากการกรีดตันยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวเหมือนน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์ หรือสารเขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดของน้ำยางมีค่าประมาณ 12-15 เชนติพอยส์ (Centipoise) (น้ำบริสุทธิ์มีความหนืด 1 เชนติพอยส์) และอาจมีค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยาง นอกจากนี้ยังขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุตันยาง และฤทธิการกรีดยาง เป็นต้น

2.2.2 ส่วนประกอบของน้ำยาง

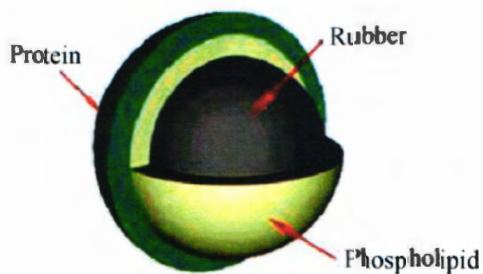
น้ำยางธรรมชาติ เป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.1 เมื่อกรีดน้ำยางมาจากตันยาง มีปริมาณของเนื้อยางแห้งอยู่ระหว่าง 25-45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำยาง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

2.2.2.1 ส่วนที่เป็นเนื้อยาง	35	เปอร์เซ็นต์
2.2.2.2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง	65	เปอร์เซ็นต์
1) ส่วนที่เป็นน้ำ	55	เปอร์เซ็นต์
2) ส่วนของลูทธอยด์และสารอื่น	10	เปอร์เซ็นต์
2.2.2.1 ส่วนของเนื้อยางแห้ง ประกอบด้วย		

1) อนุภาคยาง น้ำยางธรรมชาติ ประกอบด้วยอนุภาคยางขนาดต่าง ๆ อนุภาคยางลูกห่อหุ้มด้วยสารจำพวกไขมันและโปรตีน (ภาพที่ 2.2) โดยปกติอนุภาคยางจะแขวนลอยในน้ำประกอบด้วยสารประกอบพวกลิโอดีคราร์บอนมีชื่อทางเคมีว่า ไอโซพรีน ซึ่งมีโครงสร้างเป็นซิส-1, 4-โพลิไอโซพรีน (*cis*-1, 4-Polyisoprene) มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.92 กรัมต่อมิลลิลิตร ลักษณะอนุภาคยางเป็นรูปค่อนข้างทรงกลมหรือคล้ายลูกแพร์ มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันมากอยู่ระหว่าง 0.04-4 ไมครอน อนุภาคยางส่วนใหญ่จะมีขนาดเกิน 0.4 ไมครอน ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของตันยางที่เจริญเติบโตเต็มที่มีค่าประมาณ 1 ไมครอน เมื่อนำน้ำยางสดมาปั่นด้วยความเร็วสูงพบว่า อนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่จะแยกตัวออกจากชั้นน้ำอยู่ด้านบนซึ่งสามารถแยกออกได้เป็นน้ำยางชั้นส่วนอนุภาคยางที่มีขนาดเล็กจะปนอยู่กับหางน้ำยาง สามารถแยกออกโดยการทำให้จับตัวเป็นก้อนด้วยกรด [8, 25]

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของน้ำยาหง蓉ชาติ [8]

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	27-48
เนื้อยางแท้	25-45
สารพอกโปรตีน	1-1.5
สารพอกเรซิน	1-1.25
ขี้เถ้า	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100



ภาพที่ 2.2 แบบจำลองลักษณะอนุภาคยางธรรมชาติ [26]

2) โปรตีน ส่วนของสารพอกโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงผิวรอบนอกของอนุภาคยาง มีอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาหง ส่วนที่เหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในชั้นน้ำ และอีกประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์จะปะปนอยู่ในส่วนของสารลูทธอย์ โปรตีนส่วนที่อยู่ในน้ำยาหงส่วนใหญ่เป็นชนิดแอลฟากลوبูลิน (α -Globulin) และไฮวีน (Hevein)

3) ไขมัน ไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพอกฟอสโฟไลปิด ชนิด α -Lecithin เชื่อว่าทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง โดยส่วนประกอบของเนื้อยางแท้ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของเนื้อย่างแห้ง [8]

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์
เนื้อย่างไฮโดรคาร์บอน	86
น้ำ กระจายอยู่ในเนื้อย่าง	10
สารโปรตีน	1
สารพากไขมัน	3

2.2.2.2 ส่วนที่ไม่ใช้ยาง

1) ส่วนที่เป็นน้ำหรือเชรุ่ม (Serum) เชรุ่มของน้ำยาง มีความหนาแน่น ประมาณ 1.02 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยสารชนิดต่าง ๆ คือ

1.1) คาร์บอไไฮเดรต เป็นสารพากแป้งและน้ำตาล มีอยู่ในน้ำยางประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิดคิวบรัชิตอล (Quebrachitol) มีน้ำตาลชนิดกลูโคส ซูโครส ฟรอกโตส ปริมาณเล็กน้อย น้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัว ให้กรดโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก ๆ (Short chain fatty acid) ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพและรวมตัวเป็นก้อน กรดเหล่านี้เป็นกรดที่ระเหยได้ง่าย (Volatile fatty acid: VFA) ประกอบด้วยกรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพโรโนนิก เป็นต้น

1.2) โปรตีนและกรดอะมิโน ส่วนที่อยู่ในเชรุ่มของน้ำยาง ส่วนใหญ่ที่พบ เป็นโปรตีนประเภทแอลฟากอลบูลิน ซึ่งมีคุณสมบัติของสารตระผิวของโมเลกุลมีความว่องไว (Surface active) ดังนั้นโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่างรอยเชื่อมต่อของน้ำและอากาศ และน้ำมันกับน้ำ

2) ส่วนของลูทธอยด์และสารอื่น ๆ

2.1) ลูทธอยด์ (Lutooids) เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 0.5-3 ไมครอน ห่อหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ ภายในเยื่อบางนี้ จะมีทั้งสารละลายและสารhexenoloid ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีน โดยมีโปรตีนที่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนของ โปรตีนที่ไม่ละลายน้ำอยู่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีส่วนของสารพากฟอสโฟลิปิด hexenoloid ประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมีสารพอลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยางมี สีเหลืองหรือสีคล้ำ เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ลูทธอยด์ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อขั้นเดียวสามารถเกิด การอสโนมิซิส (Osmosis) ได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางสด จะทำให้ลูทธอยด์บวมและแตกง่าย ขณะที่ลูทธอยด์เกิดการพองตัว มีผลทำให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อลูทธอยด์แตกความหนืดก็ จะลดลง ในสภาพของอากาศร้อน อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อผลทำให้ ลูทธอยด์แตกได้เช่นกัน โดยของเหลว ภายในลูทธอยด์จะขยายตัวและแตกออก เมื่อลูทธอยด์แตก ของเหลวภายในซึ่งเป็นสารhexenoloidที่มี ประจุบวก และอิオンของโลหะ เช่น แคลเซียมอิออนและแมกนีเซียมอิออน จะปะปนรวมกันอยู่ใน

เช่น ทำให้นุภาคยางเกิดการรวมตัวกัน ก่อให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำยาง มีผลทำให้น้ำยางหยุดไหล หลังกรีด ส่วนเนื้อเยื่อบางของลูทธอยด์ที่แทรกออก มีรูปร่างไม่แน่นอน จะเกิดการจับตัวกันของเป็นก้อน ติดอยู่บนผิวนอกของนุภาคยาง ทำให้ยางมีขนาดโตขึ้นและเกิดการเคลื่อนที่ได้ช้าลง เป็นสาเหตุหนึ่ง ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพได้

2.2) อนุภาคเฟรย์-วิสลิง (Frey-wyssling) เป็นสารรูปเม็ดยางมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่ายาง แต่ความหนาแน่นน้อยกว่า มีรูปร่างค่อนข้างกลม มีผิวนังล้อมรอบ 2 ชั้น มีปริมาณไม่มาก นัก ประกอบด้วยสารเม็ดสีพิเศษคาดโนดินอยด์ ซึ่งทำให้ยางมีสีเหลืองเข้ม สามารถรวมตัวกับแอมโมเนียม และแยกตัวออกจากยางมาอยู่ในส่วนของเชรุ่ม [8-9]

2.3 การผลิตยางแผ่นดิบ

คุณภาพของยางแผ่นดิบขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต การทำยางแผ่นชั้นดินน้ำมีหลักการง่าย ๆ คือ ทำยางให้สะอาด รีดแผ่นยางให้บาง สีของแผ่นยางสม่ำเสมอ ใช้น้ำและกรดถูกอัตราส่วน ซึ่งมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.3.1 การเก็บรวบรวมน้ำยาง เข็ดถ่ายยางให้สะอาดก่อนรองรับน้ำยาง ทำความสะอาดถังเก็บน้ำยางก่อนใช้ทุกครั้ง ไม่ควรให้มีเศษยางหรือใบไม้ในถังเก็บน้ำยาง จะทำให้ยางสกปรก จับตัวเป็นก้อน เร็ว กรองน้ำยางได้ยาก ถังเก็บน้ำยางควรมีฝาปิดเพื่อป้องกันมิให้น้ำยางล้นออกมานอกถังในระหว่าง นำไปยังโรงทำยางแผ่น

2.3.2 การทำความสะอาดเครื่องมือ ต้องทำความสะอาดเครื่องมือที่ทำยางแผ่นทุกชนิด ก่อนและ หลังการใช้งานแล้ว เครื่องมือการทำยางแผ่นควรให้เปียกน้ำทุกครั้งก่อนใช้เพื่อความสะอาดในการทำ ความสะอาดหลังใช้เสร็จ

2.3.3 การกรองน้ำยาง กรองน้ำยางสุดด้วยเครื่องกรอง漉ด เบอร์ 40 และ 60 เพื่อเอาสิ่ง สกปรกออก โดยวางเครื่องกรองข้อนกัน 2 ชั้น เบอร์ 40 ไว้ข้างบน และเบอร์ 60 ไว้ข้างล่าง

2.3.4 การตวงน้ำยางใส่ตะกง ตวงน้ำยางที่กรองแล้วใส่ในตะกงที่สะอาด ตะกงละ 3 ลิตร

2.3.5 การผสมน้ำกับน้ำยาง เติมน้ำสะอาดลงในตะกงที่ใส่น้ำยางไว้แล้วตะกงละ 2 ลิตร จะได้ อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำยางกับน้ำในอัตรา 3 ส่วนต่อ 2 ส่วน (อัตราส่วนผสมอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง)

2.3.6 การเลือกใช้น้ำกรดและการผสมน้ำกรด เพื่อให้ยางแข็งตัวและได้ยางแผ่นคุณภาพดี ควร เลือกใช้กรดฟอร์มิก ชนิดความเข้มข้น 90 เบอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี แต่มีกลิ่นฉุน จัด หากสูดมจะแสบจมูกอย่างรุนแรง จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง ข้อดีของกรดฟอร์มิก คือ ยาง แผ่นแข็งตัวสม่ำเสมอ หากทำให้เจือจางด้วยน้ำสะอาดในอัตราส่วนที่ถูกต้อง สามารถระเหยได้ ไม่ตกร้างในแผ่นยาง ไม่ทำให้แผ่นยางเหนียวเหนอะ คุณสมบัติและความยืดหยุ่นของแผ่นยางคงเดิม

ไม่ทำให้โรงเรียนและผู้นักเรียน ไม่ทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์เสียหายมากนัก จะทำให้อาชญากรรมใช้งานยากนาน การทดสอบฟอร์มิก เพื่อให้ย่างแข็งตัวในเวลา 30- 45 นาที ควรทดสอบฟอร์มิก ในอัตราส่วน กรดฟอร์มิก 30 มิลลิลิตร (2 ข้อนาง) ผสมน้ำสะอาด 1,170 มิลลิลิตร (3 กระปองน้ำ) และกวนให้เข้ากัน โดยเทกรดลงในน้ำและควรใช้ภาชนะที่เป็นกระเบื้องเคลือบหรือแกลลอนพลาสติกในการผสม

2.3.7 การใช้น้ำการทดสอบน้ำยา ใช้ใบพายกวนน้ำยาในตะกง 1-2 เที่ยว แล้วหุงน้ำการที่ทดสอบแล้ว 390 มิลลิลิตร (1 กระปองน้ำ) เทลงในน้ำยาให้ทั่วตะกง ขณะที่เทน้ำการใช้ใบพายกวนน้ำยาไปประมาณ 6 เที่ยว (น้ำการฟอร์มิก 1 ขวด ทำผ่านยาได้ประมาณ 90-100 แผ่น)

2.3.8 การภาัดฟองน้ำยา ขณะกวนน้ำยาจะมีฟองเกิดขึ้น ใช้ใบพายภาัดฟองออกจากตะกงให้หมด เก็บรวบรวมใส่ภาชนะเพื่อขายเป็นเศษยาขังดี ถ้าไม่ภาัดฟองยาออก เมื่อน้ำยาไปรุ่มควนจะเห็นฟองอากาศในผ่านยา ทำให้ได้ยาขังคุณภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

2.3.9 การใช้วัสดุปิดตะกง ควรใช้ผ่านสังกะสี หรือวัสดุอื่นใดก็ได้ปิดตะกงเพื่อป้องกันมีไฝผุนล่อง หรือสิ่งสกปรกตกไปในน้ำยาที่กำลังจับตัว ทิ้งไว้ประมาณ 30-45 นาที

2.3.10 การนวดผ่านยา เมื่อยางจับตัวแล้ว ก่อนนำไปนวดควรrinน้ำสะอาดหล่อไว้ทุกตะกงเพื่อความสะอาดในการเทแห่งยาออกจากตะกง การนวดยางควรนวดผ่านยาบนโต๊ะที่สะอาด ซึ่งปูด้วยอะลูมิเนียมหรือผ่านสังกะสี นวดด้วยมือหรือไม้กลม นวดยาให้หนาประมาณ 1 เซนติเมตร

2.3.11 การรีดผ่านยาด้วยเครื่องรีดลีน นำยาผ่านที่นวดแล้ว เข้าเครื่องรีดลีน 3-4 ครั้ง ให้บางประมาณ 3-4 มิลลิเมตร

2.3.12 การรีดผ่านยาด้วยเครื่องรีดดอก หลังจากนำผ่านยาเข้าเครื่องรีดลีนแล้ว ก็นำยาเข้าเครื่องรีดดอก เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ซึ่งจะช่วยให้ผ่านยาแห้งเร็วขึ้นเมื่อนำไปปิ้ง

2.3.13 การล้างผ่านยา ผ่านยาที่รีดดอกแล้ว ควรล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างน้ำกรดและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวน้ำของผ่านยาออกให้หมด

2.3.14 การผึ่งผ่านยา ผ่านยาที่ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้ว ควรนำมาผึ่งไว้ในที่ร่ม ไม่ควรนำออกไปปิ้งหรือหากไว้กลางแดด เพราะจะทำให้ยาผ่านเสื่อมคุณภาพได้ง่าย ไม่ควรวางผ่านยาบนพื้นหรือพื้นผ่านยาในที่ที่มีผุน หรือสัมผัสสิ่งสกปรกได้ง่าย

2.3.15 การเก็บยาผ่านเพื่อรอจำหน่าย หลังจากผึ่งยาผ่านไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง ให้เก็บรวบรวมยาผ่าน โดยพัดไว้บนราวน์โรงเรือนเพื่อรอจำหน่าย (ถ้ามีโรงรมให้นำเข้าร่มควนหรืออาจจะอบยาในโรงอบพลาสติก สำหรับงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ยาผ่านแห้ง ป้องกันเชื้อราและสามารถเก็บไว้ได้นาน)

[27-28]

2.4 มาตรฐานคุณภาพยางแผ่นดิน

สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพยางแผ่นดิน ดังนี้

2.4.1 ยางแผ่นดินคุณภาพดี มีลักษณะดังนี้ คือ

2.4.1.1 ยางแผ่นมีความสะอาด

2.4.1.2 ความหนาของแผ่นยาง ไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

2.4.1.3 ความชื้นในแผ่นไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

2.4.1.4 เนื้อยางแห้งใส มีสีส้ม่า เสมอตลอดทั้งแผ่น หรืออาจมีสีคล้ำ หรือสีค่อนข้างทึบ เปร่งแสง พอดุมควร

2.4.1.5 มีความยืดหยุ่นดี และมีลายดอกเทียนเด่นชัด

2.4.1.6 น้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่น 1,000-1,200 กรัม

2.4.1.7 แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ความยาว 80-90 เซนติเมตร หรือรูปทรงของยางแผ่นเหมาะสมสำหรับนำเข้าโรงงานควบคุม

2.4.2 ยางแผ่นดินคุณภาพดี (ความชื้น 3-5 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะดังนี้ คือ

2.4.2.1 ยางแผ่นมีความสะอาด และมีฟองอากาศอยู่ในแผ่นยางได้บ้างเล็กน้อย

2.4.2.2 ความหนาของแผ่นยาง ไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

2.4.2.3 ความชื้นในแผ่นไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

2.4.2.4 เนื้อยางแห้งใส มีสีส้ม่า เสมอตลอดทั้งแผ่น หรืออาจมีสีคล้ำหรือสีค่อนข้างทึบ ไม่เปร่งแสง

2.4.2.5 มีความยืดหยุ่นดี และมีลายดอกเทียนเด่นชัด

2.4.2.6 น้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่น 1,000-1,500 กรัม

2.4.2.7 แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ความยาว 80-90 เซนติเมตร หรือรูปทรงของยางแผ่นเหมาะสมสำหรับนำเข้าโรงงานควบคุม

2.4.3 ยางแผ่นดินคุณภาพดี (ความชื้น 5-7 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะดังนี้ คือ

2.4.3.1 ยางแผ่นสะอาด หรือมีลิ่งสกปรกและฟองอากาศเล็กน้อย

2.4.3.2 ความชื้นในแผ่นไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์

2.4.3.3 มีความยืดหยุ่น และลายดอกชัดเจน

2.4.3.4 มีสีคล้ำ หรือด่างดำค่อนข้างทึบ ไม่เปร่งใส

2.4.3.5 มีรานิน ราด้า เป็นอนในแผ่นยางเล็กน้อย

2.4.3.6 ยางแผ่นมีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ความยาว 80-90 เซนติเมตร

2.4.4 ยางแผ่นดิบคุณภาพดี (ความชื้น 7-10 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะดังนี้ คือ

2.4.4.1 แผ่นยางสะอาด หรือมีสิ่งสกปรกและฟองอากาศเล็กน้อย

2.4.4.2 ความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

2.4.4.3 มีความยืดหยุ่น และลายดอกชัดเจน

2.4.4.4 มีสีคล้ำ หรือด่างดำค่อนข้างทึบ ไม่ปะรังใส

2.4.4.5 มีร้าสนิม ราดำ เป็นปูนในแผ่นยางเล็กน้อย

2.4.4.6 ยางแผ่นมีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ความยาว 80-90 เซนติเมตร

2.4.5 ยางแผ่นดิบคุณภาพดี (ความชื้น 10-15 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะดังนี้ คือ

2.4.5.1 ยางแผ่นสะอาด และมีฟองอากาศอยู่ในแผ่นยางได้บ้าง

2.4.5.2 ความหนาของแผ่นยาง ไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

2.4.5.3 ความชื้นในแผ่นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์

2.4.5.4 เนื้อยางแห้งใส มีสีน้ำเงินอุตลดหั้งแผ่น หรืออาจมีสีคล้ำหรือสีค่อนข้างทึบ ไม่ปะรังแสง

2.4.5.5 มีความยืดหยุ่น และลายดอกชัดเจน

2.4.5.6 แผ่นยางมีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ความยาว 80-90 เซนติเมตร [29]

2.5 สาเหตุยางแผ่นดิบที่ไม่ได้มาตรฐาน

2.5.1 ยางฟองอากาศ มีสาเหตุมาจากการ เจือจางน้ำอ้อยเกินไป ใส่น้ำกรดน้อยเกินไป ยางจับตัวช้า น้ำยางเกิดบุบเบ่า ยางหลัดใบ

2.5.2 ยางดำ ๆ ด่าง ๆ มีสาเหตุมาจากการ เจือจางน้ำอ้อยเกินไป กรรมการจะตัวไม่สมำเสมอ

2.5.3 ยางคล้ำ มีสาเหตุมาจากการ เกิดจากพันธุ์ยางสองชั้นา 36 กรีดในปลายฤดูกรีดใบเริ่มร่วง น้ำยางออกน้อย (ปรต้นน้ำยางสูง) ยางแผ่นสด ๆ ถูกฝน

2.5.4 ยางดำเป็นคราม มีสาเหตุมาจากการ ผึ้งยางหนานไม่นานพอ เก็บทับช้อนนานเกินไป น้ำซึมออกมากหักเกะเป็นหย่อม ๆ

2.5.5 ยางชื้นรา มีสาเหตุมาจากการ ถูกน้ำฝน ผึ้งยางแน่นเกินไป ห้องผึ้งอับอากาศถ่ายเทไม่สะดวก

2.5.6 ยางชื้นราสนิม มีสาเหตุมาจากการ เก็บทับยางแผ่นส่วนนานเกินไป ผึ้งยางในท่ออับชื้น [7]

2.6 เชื้อรา

2.6.1 ความหมายของเชื้อรา หมายถึง จุลินทรีย์ที่มีนิวเคลียสแบบยูคาริโอต (Eucaryotic microorganisms) ไม่มีรังควัตถุในการสังเคราะห์แสง เชลล์มีทั้งชนิดเส้นใย และเซลล์เดียว ส่วนใหญ่มี การสร้างหน่วยสืบพันธุ์ที่มีลักษณะเป็นผงเล็ก ๆ ที่เรียกว่า “สปอร์ (Spore)” ซึ่งเป็นผลมาจากการ สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและ/หรือแบบไม่อาศัยเพศ ผนังเซลล์ของเชื้อเห็ดราส่วนใหญ่ประกอบด้วยสาร ไคตินและกลูแคน มีน้อยชนิดที่ประกอบด้วยเซลลูโลสและกลูแคน สำหรับการกินอาหารได้รับอาหาร โดยอาศัยจากสิ่งมีชีวิตอื่น (Heterotrophic) โดยใช้วิธีการส่งน้ำย่อยออกไปย่อยสารอาหารอกเซลล์ แล้วดูดกลับคืน เรียกวิธีการเช่นนี้ว่า “Absorption”

2.6.2 ความสำคัญของเชื้อรา

2.6.2.1 การใช้เป็นอาหาร เช่น ยีสต์ทำขนมปัง เหล้า ไวน์ สาเก เปียร์ เนยแข็ง ชีว์ เห็ด กินได้ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

2.6.2.2 การผลิตสารเคมี เช่น กรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดซิตริก เออนไซม์หลายชนิด เช่น อะไมแลส ยารักษาโรค เช่น สเตียรอยด์ ยาปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลลิน วิตามิน เช่น วิตามินบี และ แอลกอฮอล์ เช่น เอทานอล เป็นต้น

2.6.2.3 ใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรโดยใช้ทำปุ๋ย ได้แก่ การใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งรวมทั้ง เชื้อราในการทำปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยน้ำชีวภาพ ปัจจุบันมีการผลิตเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวในระดับ ภูตสาหกรรม เช่น ผลิตภัณฑ์อีเอ็ม (EM, Effective microorganism) เป็นต้น การใช้เชื้อราเป็นปุ๋ย ชีวภาพโดยตรง จากเชื้อรา ไมโครไรชา (Mycorrhiza) หรือเชื้อเห็ดราที่ช่วยย่อยสลายฟอสฟอรัสใน ดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้

2.6.2.4 ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดใหม่ ซึ่งสามารถใช้เป็นยาการโรคได้ เช่น สาร Enniatin H และ I จากเชื้อรา *Verticillium hemipterigenum* รักษาโรคมาเลเรียและวัณโรคได้ และสาร Cordycepin จากเชื้อรา *Cordyceps subsessilis* สามารถนำมาใช้เป็นยาช่วยลดปัญหาการ ทำลายเนื้อยื่นในคนป่วยที่มีการเปลี่ยนถ่ายอวัยวะ เป็นต้น

2.6.2.5 เป็นผู้ย่อยสลายเศษข้าวอ่อนหรือวัตถุจากธรรมชาติ ทำให้เกิดปราการณ์ที่ เรียกว่าการเน่าเปื่อยผุพังทางชีวภาพ (Biodegradation) ช่วยทำให้สารต่าง ๆ หมุนเวียนไปได้อย่าง สมดุลตามวัฏจักรของสารเคมีแต่ละประเภท เป็นการนำสารอินทรีย์ต่าง ๆ มาใช้ใหม่ โดยเฉพาะอย่าง ยิ่งจากกลุ่มพืชทำให้มีวงจรชีวิตใหม่ที่ไม่มีวันจบสิ้น อย่างไรก็ตามเชื้อราบางเป็นตัวการทำลายวัตถุของ ใช้ต่าง ๆ ของคน เช่น ทำลายอาหาร ผลิตภัณฑ์การเกษตร เสื้อผ้า กระดาษและไม้ เป็นต้น เรียก กระบวนการดังกล่าวว่า “การทำลายวัสดุสิ่งของทางชีวภาพ (Biodeterioration)” สร้างความ เสียหายทางเศรษฐกิจเป็นมูลค่ามหาศาล เช่นกัน

2.6.2.6 ใช้ในกิจกรรมทาง โดยนำมาเป็นอาวุธชีวภาพ เช่น FUNGICIDE ซึ่งเป็นสารพิษที่ทำลายใบไม้ตายกล้ายเป็นสีเหลือง ผลิตมาจากเชื้อรา *Fusarium spp.* นอกจากนี้สารเคมีบางชนิดที่ได้จากเชื้อเห็ดรา เช่น กลีเซอรอล (ในรูปของไนโตรกลีเซอรอล) ใช้ในการทำวัตถุระเบิดอีกด้วย

2.6.2.7 ใช้เป็นสารสเปติด ซึ่งอาจจะบริโภคโดยตรง เช่น เห็ดขี้ควาย (*Psilocybe*) หรือสารสกัดจากเชื้อราบางชนิด เช่น LSD (d-Lysergic acid diethylamide) จากเชื้อรา *Claviceps purpurea*

2.6.2.8 เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ประโยชน์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายสาขา เช่น พันธุศาสตร์ สัณฐานวิทยา เชลล์วิทยา เกสชวิทยา และเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นต้น ตัวอย่างเชื้อราที่ทำการศึกษากันอย่างละเอียดและเป็นเหตุให้มีการยกย่องให้เกียรติกับผู้ศึกษาอย่างมากคือ เชื้อราที่พบในขนมปัง คือ *Neurospora crassae* โดย Edward Tatum และ George Beadle เขาทั้งสองได้ค้นพบทฤษฎีเกี่ยวกับการที่ยืนชุดหนึ่งสามารถสร้างเอนไซม์ได้หนึ่งชนิด (One gene, one enzyme concept) ทำให้ได้รับรางวัลโนเบลในสาขาสรีรวิทยาและการแพทย์ในปี ค.ศ. 1951 เป็นต้น

2.6.2.9 ก่อให้เกิดโรคกับคน สัตว์ และพืช สร้างความเสียหายตั้งแต่น้อยจนถึงรุนแรงมาก โดยทั่วไปโรคจากเชื้อราในคนและสัตว์มักมีอาการไม่รุนแรงแต่จะเรื่องทำให้รักษาหายขาดยาก เช่น โรคกลากเกลี้ยง โรคเชื้อราขี้นม เป็นต้น ส่วนในพืชพบว่ามีโรคที่เกิดจากเชื้อรามากมาย เช่น โรคราな้ำค้าง (Downy mildew) โรคราสนิม (Rust) เป็นต้น [30]

2.6.3 สัณฐานวิทยาของเชื้อรา โครงสร้างร่างกายของเชื้อราเรียกว่า แทลลัส (Thallus) ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ แบบเส้นใยและแบบเซลล์เดียว ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.6.3.1 แบบเส้นใย (Hyphae พหุพจน์ Hypha) มีลักษณะเป็นท่อห่อหุ้มส่วนที่เป็นของเหลวและองค์ประกอบภายในของเซลล์ด้วยผนังเซลล์ เส้นใยจะมีการเจริญยึดยาวอกไปไม่จำกัด ส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-30 ไมครอน ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราและสภาพแวดล้อม เส้นใยยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แบบไม่มีผนังกั้น (Non-septate หรือ Coenocytic hyphae) พบรูปในเชื้อราที่มีวิวัฒนาการต่ำ ได้แก่ เชื้อราในไฟลัม *Chytridiomycota* และ *Zygomycota*

2) แบบมีผนังกั้น (Septate hyphae) พบรูปในเชื้อราที่มีวิวัฒนาการสูงขึ้น คือ เชื้อราไฟลัม *Ascomycota*, *Basidiomycota* และ *Deuteromycota* เส้นใยแบบนี้มีหลายลักษณะ แล้วแต่ชนิดของผนังกั้น (Septum พหุพจน์ Septa) ซึ่งมีหลายลักษณะ เช่น เป็นแผ่นเรียบธรรมชาติ เป็นแผ่นที่มีรู หรือเป็นแผ่นที่โป่งพองคล้ายถังเบียร์มีรูตรงกลาง (*Dolipore septum*) เป็นต้น

2.6.3.2 แบบเซลล์เดียว เป็นลักษณะประจำของราคำบางชนิดและยีสต์ ซึ่งภายในเซลล์เดียวมีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ ลักษณะกับที่พบรูปในเส้นใย ลักษณะเซลล์เดียวของเชื้อราบางชนิดอาจคงอยู่ถาวร หรือบางชนิดอาจเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นใยได้ เชื้อราที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้

เรียกว่า “Dimorphic fungi” ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมบางอย่าง เช่น อากาศ (มีออกซิเจนมากหรือน้อย) อาหาร (มีน้ำตาลมากหรือน้อย) และอุณหภูมิ (25 หรือ 37 องศาเซลเซียส) เป็นต้น ส่วนมากพบในเชื้อร่าที่เป็นปรสิตในคนหรือสัตว์ มักเรียกเชื้อร่าที่มีรูปร่างปกติเป็นเส้นใยแต่สามารถเปลี่ยนรูปร่างเป็นเซลล์เดียวได้ว่า “Yeast-like fungi” ซึ่งไม่ถือว่าเป็นยีสต์แท้จริง ตัวอย่างเช่น เชื้อร่า *Mucor rouxii* ในทำนองเดียวกันมียีสต์บางชนิดที่มีการแบ่งตัวออกเซลล์ใหม่ยังไม่หลุดจากเซลล์เดิม มีการเรียงตัวกันดุคล้ายเป็นเส้นใย เรียกว่า “เส้นใยเทียม (*Pseudomycelium*)” เป็นลักษณะปกติที่พบในเชื้อยีสต์ *Candida spp.* เป็นต้น

ในการศึกษาลักษณะรูปร่างและโครงสร้างแหล่งของเชื้อร่าทั้ง 2 ลักษณะ อาจแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ จุลสัณฐานวิทยา (Micro-morphology) ซึ่งหมายถึง การศึกษารูปร่างขนาดเล็กต้องศึกษาโดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์ และมหสัณฐานวิทยา (Macro-morphology) อันหมายถึง การศึกษารูปร่างขนาดใหญ่ของเห็นได้ด้วยตาเปล่า [30-31]

2.6.4 การดำรงชีวิตของเชื้อร่า

วิธีการกินอาหารของเชื้อร่าจะใช้วิธีส่งเนอนไนม์ออกไปย่อยสารอาหารโนเเลกูลใหญูให้เล็กลงก่อนแล้วค่อยดูดซึมเข้าสู่เซลล์ ซึ่งถ้าอาศัยอาหารจากเศษอาหารสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว เรียกการดำรงชีวิตแบบนี้ว่า “ผู้ย่อยสลาย (Saprophyte)” ถ้าอาศัยจากสิ่งมีชีวิตที่ยังมีชีวิตอยู่เรียกการดำรงชีวิตแบบนี้ว่า “ปรสิต (Parasite)” กรณีที่มีการดำรงชีวิตได้ทั้งสองแบบจะใช้คำพิทว่า “Facultative” (หมายถึง บางโอกาส) นำหน้า แต่ถ้ามีการดำรงชีวิตเพียงแบบใดแบบหนึ่งจะใช้พิทว่า “Obligate” (หมายถึง ถาวร) นำหน้า นอกจากนั้นเชื้อร่าอาจมีการดำรงชีวิตแบบอื่น ๆ ได้อีก เช่น การล่าเหยื่อ (Predation) โดยการจับกินสัตว์หรือจุลินทรีย์อื่นกินเป็นอาหาร เช่น เชื้อร่า *Arthrobotrys spp.* (Ascomycota) เป็นผู้ล่า (Predator) โดยสร้างเส้นไนโตรเป็นวงกลมมีเมือกเหนียว ๆ ไว้สำหรับดักจับเหยื่อ (Prey) คือ หนองตัวกลมในดิน เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบการดำรงชีวิตแบบพิงพาอาศัยกันกับสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น ไลเคน (เชื้อรากับสาหร่าย) และไมโครริชา (เชื้อรากับพืช) รวมทั้งการดำรงชีวิตแห่งแย่งแข่งขันกับสิ่งมีชีวิตอื่นซึ่งมีหัวที่ประสบผลสำเร็จและถูกทำลายไป เช่น กานเชื้อร่า *Penicillium notatum* (Ascomycota/Deuteromycota) สร้างสารปฏิชีวนะไปทำลายหรือยับยั้งจุลินทรีย์อื่น ๆ เป็นต้น

สภาพแวดล้อมที่เชื้อร่าสามารถเจริญเติบโตในช่วงกว้าง ๆ เช่น ส่วนใหญ่อุณหภูมิที่สามารถเจริญได้ตั้งแต่ 10-40 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-35 องศาเซลเซียส บางชนิดก็สามารถเจริญได้ต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้ (0-50 องศาเซลเซียส) เชื้อร่าส่วนมากต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (Aerobe) มีเชื้อร่าส่วนน้อยที่พบว่าไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ได้แก่ เชื้อร่าที่อาศัยอยู่ในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Rumen) มีชื่อทั่วไปเรียกว่า “Anaerobic rumen fungi” เช่น เชื้อ *Neocallimastix* (Chytridiomycota) เป็นต้น ส่วนความเป็น

กรด-ด่าง (pH) เชื้อร่าส่วนใหญ่ชอบอาหารที่มีกรดเป็นกรดเล็กน้อย ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 4-6 ต่างกับเชื้อแบคทีเรียที่โดยมากจะชอบที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง คือ ประมาณ 7 โดยทั่วไปแสงสว่างไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตแต่ในเชื้อรากางชนิดก็มีผลต่อการสร้างสปอร์ หรือทิศทางในการปลดปล่อยสปอร์จากก้านชูสปอร์ตามทิศที่มีแสงสว่าง เช่น *Pilobolus* (Zygomycota) มีเชื้อเรียกทั่วไปว่า “นักขวางหมาก (Hat thrower)” เนื่องจากมีการติดสปอร์แรงจีบมีเมือกเหนียว ๆ ไปตามทิศทางที่แสงแดดส่องเพื่อไปยึดเกาะตามใบหญ้าทำให้เชื้อรานี้มีโอกาสกลับเข้าไปสู่กระเพาะของวัวอีกครั้งหนึ่ง [30]

2.7 พิชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

2.7.1 กระเทียม



ภาพที่ 2.3 หัวกระเทียม

2.7.1.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Allium sativum* Linn.

2.7.1.2 ชื่อวงศ์: Alliaceae

2.7.1.3 ชื่อain ๆ: เทียม, หอมเทียม, หัวเทียม, หอมขาว, Garlic

2.7.1.4 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์

พิชล้มลุกมีหัวอยู่ใต้ดิน ประกอบด้วยหัวเล็ก ๆ หลายหัวอยู่ร่วมกัน มีเปลือกนอกสีขาว ซึ่งเป็นส่วนโคงของใบหุ้มอยู่ 2-3 ชั้น (ภาพที่ 2.3) ในรูปยาวแคบ แบบแคลบ ปลายแหลม ส่วนโคนใบหุ้มซ้อนกันด้านล่างมีรอยพับ เป็นสันตลอดความยาวของใบ ดอกออกเป็นช่อ ติดเป็นกระๆ กุกที่ปลายก้าน ลักษณะกลมประกอบด้วยดอกหลายดอก มีกาบทุ่มเป็นจังอย่าง กลีบดอกมี 6 กลีบ รูปยาวแหลม สีขาวแต้มสีม่วงหรือขาวอมชมพู

2.7.1.5 สรรพคุณทางยา

1) ใช้ขับเหื้อ ขับปัสสาวะ และขับเสมหะ

- 2) ใช้ขับลม แก้จุกเสียดแน่น ห้องอีด-ห้องเพือ
- 3) ช่วยลดปริมาณโคเลสเทอรอลในเสื้อด
- 4) ช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตันและกล้ามเนื้อหัวใจหยุดทำงานเฉียบพลัน
- 5) ช่วยลดความดันโลหิต
- 6) ช่วยลดปริมาณน้ำตาลในเลือด
- 7) ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรควันโรค คอตีบ ปอดบวม ไฟฟอยด์ และคออักเสบได้

8) ช่วยรักษาโรคกลาก

2.7.1.6 สารสำคัญ

ในหัวกระเทียมสด ประกอบด้วย

- 1) สารอินทรีย์กำมะถันหลายชนิด ที่สำคัญ ได้แก่ สารอัลลิอิน (Alliin) อัลลิซิน (Allicin) ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำมันที่ไม่มีสี ละลายน้ำได้ ได้อัลลิล ไดซัลไฟด์ (Diallyl disulfide) ไดอัลลิล ไทรซัลไฟด์ (Diallyl trisulfide) เมทิล อัลลิล ไทรซัลไฟด์ (Methyl allyl trisulfide)

2) น้ำมันหอมระ夷ซึ่งเรียกว่า น้ำมันกระเทียม ในปริมาณร้อยละ 0.1-0.4 สารสำคัญในน้ำมันกระเทียมได้แก่ อัลลิซิน อัลลิลโพรพิล ไดซัลไฟด์และไดอัลลิล ไทรซัลไฟด์ เป็นส่วนใหญ่

3) น้ำย่อย (Enzyme) หลายชนิด เช่น อัลลิเนส (Allinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนสารอัลลิอินให้เป็นสารอัลลิซินได้ เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) อินเวอเทส (Invertase) และไตรโซเซส (Tyrosinase) เป็นต้น

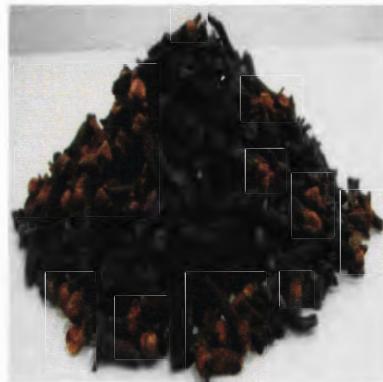
4) สารอาหารชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โปรตีน น้ำตาล กรดไขมัน กรดอะมิโน แร่ธาตุ และวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบีหนึ่ง บีสอง และวิตามินซี เป็นต้น

ใบสด ประกอบด้วยสารสำคัญเป็นกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น ไลซีน (Lysine) ซีสทีน (Cystine) วาลีน (Valine) เป็นต้น และยังมีน้ำตาลซูโครส กลูโคส วิตามินบีหนึ่ง และวิตามินซี อีกด้วย

2.7.1.7 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

กระเทียมมีฤทธิ์ต้านจุลชีพหลายชนิดทั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ได้แก่ เชื้อที่ทำให้เกิดอาการท้องเสีย *Shigella sonnei* *Escherichia coli* *Bacillus* sp., *Staphylococcus aureus* *Streptococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* เป็นต้น เชื้อวัณโรค *Mycobacterium tuberculosis* และเชื้อรา *Candida* spp. *Aspergillus niger* และ *Trichosporon pullulans* เป็นต้น สารสำคัญที่ออกฤทธิ์คือ Allicin Ajoene และ Diallyl trisulfide

2.7.2 กานพลู



ภาพที่ 2.4 ดอกกานพลู

2.7.2.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Syzygium aromaticum* Linn. Merr. & Perry.

2.7.2.2 ชื่อวงศ์: Myrtaceae

2.7.2.3 ชื่อain ๆ: จันจี, Clove, Clove tree

2.7.2.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นไม้ต้น ขนาดกลาง เปลือกสีน้ำตาลอ่อน เรียบ ใบเป็นใบเดียวออกตรงข้ามกัน รูปขอบขนานแกมไข่กลับ ปลายแหลม โคนสอบเป็นรูปลิมมันเป็นเงา ด้านล่างมีต่อมหนาแน่นออกดอกเป็นช่อ (ภาพที่ 2.4) มักออกที่ปลายยอดหรือตามก้านใบใกล้ ๆ ปลายยอด กลีบเลี้ยงสีเขียวอมเหลือง มีสีแดงกระจาย เชื่อมติดกันเป็นรูปห่อ ปลายแยกเป็นแฉกรูปสามเหลี่ยมแกมรูปไข่ มี 4-5 กลีบดอกเชื่อมติดกัน คล้ายหมวด ผลสรุปเป็นกลับแกมรูปปรี สีแดงเข้ม

2.7.2.5 สรรพคุณทางยา

- 1) เปลือกต้น แก้วดห้อง แกล้ม คุมราดุ
- 2) ใบ แก้วดมวน
- 3) ดอกตูม รับประทานขับลม ใช้แต่งกลิ่น
- 4) ผล ใช้เป็นเครื่องเทศ เป็นตัวช่วยให้มีกลิ่นหอม
- 5) น้ำมันหอมระเหยกานพลู ใช้เป็นยาชาเฉพาะแห้ง แก้วดพัน ผ่าเชื้อในทาง

ทันตกรรม เป็นยาระงับการซักกระตุก ทำให้ผิวนังชา

2.7.2.6 สารสำคัญ

ดอกกานพลู มีน้ำมันหอมระเหย 14-20% ในน้ำมันประกอบด้วยสารยูจินอล (Eugenol) เป็นส่วนใหญ่

2.7.2.6 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

งานพلومีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียทั้ง แกรมบวกและลบ และเชื้อรากหลายชนิด ผงยา สารสกัดแอลกอฮอล์ และสารสกัดน้ำมีฤทธิ์ต้านเชื้อ แบคทีเรียทั้งแกรมบวกและลบหลายชนิด ได้แก่ เชื้อก่อหนอง (*Staphylococcus aureus*) เชื้อวัณโรค (*Mycobacterium tuberculosis*) สารสกัดแอลกอฮอล์ 50% มีฤทธิ์ต้านเชื้อราที่ก่อเกิดโรค ได้แก่ เชื้อกลาก (*Trichophyton mentagrophytes*) เชื้อรา *Candida albicans*, *Saccharomyces pastorianus* เป็นต้น สารสกัด ผงทานอลมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อเกิดแพลงในกระเพาะอาหาร (*Helicobactor pylori*) สาร Eugenol มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อเกิดหนอง เชื้อก่อเกิดสิว (*Propionibacterium acnes*) เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* เชื้อก่อเกิดอุจจาระร่วง (*Escherichia coli Salmonella pullorum*) และเชื้อกลาก (*Microsporum canis Trichophyton mentagrophytes Trichophyton rubrum*) สารสกัดน้ำมีฤทธิ์ต้านเชื้อเริม ชนิด HSV-1 ในหลอดทดลองและการทดลองในหนู สารสกัดน้ำร้อนมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อไวรัสหลายชนิด เช่น เชื้อเริมชนิด HSV-1, เชื้อหัด และเชื้อโปลิโอ สารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อเริม คือ สาร Eugenol และสาร Eugeniin น้ำมันหอมระเหย มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Candida albicans* สาร Kaempferol และ Myricetin มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียนในช่องปาก

2.7.3 ข่า



ภาพที่ 2.5 เหง้าข่า

2.7.3.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Alpinia galangal* (Linn.) Swartz

2.7.3.2 ชื่อวงศ์: Zingiberaceae

2.7.3.3 ชื่อain ๆ: ข่าหวยา ข่าหลวง

2.7.3.4 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์

ไม้ล้มลุก เหง้ามีข้อและปล้องชัดเจน (ภาพที่ 2.5) ใบเดี่ยวเรียงสลับ รูปใบหอก รูปร่างรีหรือเกือบขอบขนาน ช่อดอกออกที่ยอด ดอกย่อยขนาดเล็ก กลีบดอกสีขาว โคนติดกันเป็นหลอดสั้น ๆ ปลายแยกเป็น 3 กลีบ กลีบใหญ่ที่สุดมีริ้วสีแดง ใบประดับรูปใบฯ ผลเป็นรูปกลมหรือรี แก่ จัดสีดำ

2.7.3.5 สรรพคุณทางยา

- 1) ราก แก้สมහ แก้เห็บชา แก้เลือดเสีย ขับลม บำรุงโลหิต
 - 2) เหง้า รักษาโรคผิวหนัง บำรุงกระเพาะอาหาร แก้ท้องเสีย แก้ท้องอืด ช่วยเจริญอาหาร แก้ปวดฟัน
 - 3) เนื้อไม้ ขับเลือด ขับน้ำเหลือง แก้ท้องขึ้นอีดเพื่อ แก้จุกเสียด บำรุงธาตุ
 - 4) ใบ แก้กลากเกลี้ยง รักษาโรคเห็บชา
 - 5) ผล ช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดท้อง คลื่นไส้อาเจียน ท้องเสีย ท้องอืด
 - 6) น้ำมัน ขับลม แก้โรคกระเพาะ ขับเสมหะ ลดไข้�ัน แก้หลอดลมอักเสบ
- ต้านวัณโรค

2.7.3.6 สารสำคัญ

1-Acetoxychavicol acetate น้ำมันหอมระ夷 ซึ่งประกอบด้วย Monoterpene: 2-Terpineol, Terpinen 4-ol Cineole, Camphor, Linalool, Eugenol

2.7.3.7 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

น้ำมันหอมระ夷ที่แยกได้จากข้าวมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อร่า ได้แก่ กลุ่ม Yeast (*Candida albicans*) กลุ่ม Molds (*Aspergillus niger* และ *Aspergillus fumigatus*) และกลุ่ม Dermatophytes (*Microsporum gypseum* *Trichophyton mentagrophytes*) นำสารสกัดจากข้าวที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม และบิโตรเลียมอีเทอร์ ไปทดสอบการฆ่าเชื้อร่าที่เป็นสาเหตุโรคกลาก (*Microporum gypseum* และ *Trichophyton rubrum*) พบว่าได้ผลดีเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ Tolnaftate

2.7.4 ชุมเห็ดเทศ



ภาพที่ 2.6 ใบชุมเห็ดเทศ

2.7.4.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cassia alata* Linn.

2.7.4.2 ชื่อวงศ์: Leguminosae

2.7.4.3 ชื่อain: ขี้คาก ชุมเห็ดใหญ่ ตะหลีพอ ลับมีนหลวง หมากกะลิงเทศ Acapulco Candelabra bush Candle bush Ringworm bush

2.7.4.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 3 เมตร ใบประกอบแบบขนนก ขนาดใหญ่ ใบย่อย รูปขอบขนาน (ภาพที่ 2.6) ดอกช่อสีเหลือง ชูตั้ง ฝักยาวประมาณ 4 นิ้ว เป็นจีบ เมื่อแก่จะแตกออก

2.7.4.5 สรรพคุณทางยา

1) ใบ บดผสมกระเทียม หรือน้ำปูนใส่ทาแก้กลากเกลือน ดองสุราหรือปั้งไฟ ชงน้ำดีเมเป็นยาрабาย และสมานราชุ

2) ฝัก แก้พยาธิ ระบาย ขับพยาธิตัวตืด พยาธิใสเดือน

3) ต้น ราก ใบ แก้กระซຍเส้น ทำหัวใจให้ปกติ แก้ห้องผูก ขับปัสสาวะ แก้โรคผิวหนัง

2.7.4.6 สารสำคัญ

ใบ ประกอบด้วยสารจำพวกแอนทรากวิโนน (Anthraquinone) หลายชนิด เช่น อัล-อีโมดิน (Aloe-emodin) อีโมดิน (Emodin) เรอิน (Rhein) คริสโซฟานอล (Chrysophanol) ไอโซคริสโซฟานอล (Isochrysophanol) กรดคริสโซฟานิก (Chrysophanic acid) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารแทนนิน (Tannin) ซึ่งมีฤทธิ์ผัดสามารถอยู่ได้ด้วย

2.7.4.7 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

มีผู้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดชนิดต่าง ๆ ของใบชุมเห็ดเทศ ในการฆ่าเชื้อร่าที่เป็นสาเหตุโรคกลาก คือ *Trichophyton mentagrophytes* โดยใช้สารสกัดด้วยน้ำของใบชุมเห็ดเทศ หรือสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 50% จากทุกส่วนของชุมเห็ดเทศ นอกจากนี้สารสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม อีเทอร์ แอลกอฮอล์ และน้ำพบว่าสามารถฆ่าเชื้อร่าที่เป็นสาเหตุโรคกลากได้เช่นกัน ในชุมเห็ดเทศมี Chrysophanol ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อร่า

2.7.5 ตะไคร้



ภาพที่ 2.7 ลำต้นตะไคร้

2.7.5.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf

2.7.5.2 ชื่อวงศ์: Gramineae

2.7.5.3 ชื่ออื่น ๆ: กาหอม (เยียว-แม่ย่องสอน) ไคร (ใต้) จะไคร (เหนือ) หัวสิงไค (เขมร-ปราจีนบุรี) เชิดเกรย เหลอะเกรย (เขมร-สุรินทร์)

2.7.5.4 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้ล้มลุก อายุหลายปี สูงถึง 1 เมตร มักขึ้นเป็นกอใหญ่ ลำต้นเป็นรูปทรงกระบอก แข็ง เกลี้ยง ตามปล้องมักมีไขปุกคลุมใบ (ภาพที่ 2.7) เมื่อยืดจะมีกลิ่นหอม เนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหย ออกดอกอย่างๆ ในรูปของขนาดแคบ กว้างถึง 2 เซนติเมตร ยาวถึง 100 เซนติเมตร ปลายแหลม สากมีหั้งสองด้านเส้นกลางใบแข็ง ตระรอยต่อระหว่างกากใบและตัวใบมีเกล็ดบาง ๆ ยาว 2 มิลลิเมตร ปลายตัดตามขอบมีขนเล็กน้อย ดอกออกเป็นช่อกระจายน้ำ ชุดดอกย่อยมีก้านออกเป็นคู่ ๆ แต่ละคู่รองรับด้วยใบประดับ ชุดดอกย่อยนี้ประกอบด้วยดอกย่อยออกเป็นคู่ ดอกหนึ่งมีก้านอีกดอกหนึ่งไม่มีก้าน ดอกย่อยนี้ภายในแต่ละดอกยังประกอบด้วยดอกเล็ก ๆ 2 ดอก ดอกล่างลดรูปเป็นเพียงกลีบเดียวไปร่องแสง ปลายแหลมเรียว ดอกบนในดอกย่อยที่ไม่มีก้านเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ส่วนดอกบนของดอกย่อยที่มีก้านจะเป็นดอกเพศผู้ หรือเป็นหมัน ดอกเล็ก ๆ ส่องดกน้ำหัวห้มด้วยใบประดับสองใบ ใบล่างค่อนข้างหนา มันคล้ายหนัง รูปหอกยาว เท่ากับดอก ปลายแหลม ใบบานรูปเรือ บางคล้ายกระดาษยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร

2.7.5.5 สรรพคุณทางยา

1) راك แก้เสียดแน่นแบบบริเวณหน้าอก แก้ปวดกระเพาะอาหาร ขับปัสสาวะ แก้ไข้เบื้องอาหาร

2) หัว แก๊สสาวะขัด นิว รักษาเรื้อรัง แก้เลือดกำเดาออก แก้คัดจมูก บำรุงไฟธาตุ แก้ทางปัสสาวะพิการ

3) ใบ ทำให้ประจำเดือนมาตามปกติ เป็นยาขับปัสสาวะอย่างอ่อน ช่วยเจริญอาหาร ยาขับลมในลำไส้

4) หั้งตัน ขับลม ทำให้เจริญอาหาร แก้ท้องอืด แก้ไข้หวัด แก้ปวดหัว แก้ไอ แก้ปวดกระเพาะอาหาร แก้ท้องเสีย แก้ปวดข้อ แก้พกซ้ำจากหลัง แก้ประจำเดือนมาผิดปกติ แก้ปวดเมื่อย แก้แน่นท้อง ขับปัสสาวะ แก้โรคปัสสาวะเป็นเลือด

5) น้ำมัน แก้แน่นท้อง ยานานวดแก้ปวดเมื่อย แก้โรคเกี่ยวกับเส้นตึง ขับลม แก้อาการเกร็ง ขับเหลือง ทำให้ร้อนแดง แก้วาเจียนในคนเป็นหัวใจโรค แก้ประจำเดือนไม่ปกติ

2.7.5.6 สารสำคัญ

ใบและต้นประกอบด้วยน้ำมันหอมระ夷ซึ่งประกอบด้วยสารซิทรอล (Citral) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีสารยูจีโนล (Eugenol), เจอราโนอล (Geraniol) เมนโอล (Menthol) การบูร (Camphor) และซิโตรเนลลอล (Citronellol) เป็นต้น

2.7.5.7 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

สารสกัดจากใบแห้งของตะไคร้โดยการกลั่นด้วยไอน้ำ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา Dermatophytes 4 ชนิด คือ *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum*, *Epidemophyton floccosum* และ *Microsporum gypseum* โดยสารที่ออกฤทธิ์คือ Citral และ Myrcene นอกจากนี้ Citral ในสารสกัดตะไคร้มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์แกรมบวก และไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน ไอะโซ่夷ของสารสกัดตะไคร้ที่มี Citral สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

2.7.6 พลู



ภาพที่ 2.8 ใบพลู

2.7.6.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Piper betle* Linn.

2.7.6.2 ชื่อวงศ์: Piperaceae

2.7.6.3 ชื่ออื่น ๆ: ซีเก็ง Betel leaf vine, Betel pepper

2.7.6.4 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์

ไม้เลื้า เนื้อแข็ง งอกรากที่ข้อสำหรับเลี้ยง根茎 ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปหัวใจ กว้าง 4-10 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร ปลายใบแหลม มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว (ภาพที่ 2.8) ดอกช่อเชิงลดอัดแน่นเป็นกระฉุกสีขาว ยาว 5-15 เซนติเมตร ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก ไม่ค่อยติดผล

2.7.6.5 สรรพคุณทางยา

1) ราก แก้โรคมะเร็ง แก้โลหิตระคันด้วยลมให้ตก

2) ต้น แก้โรคมะเร็ง แก้ริดสีดวง

3) ใบ สนใจเป็นหน้าอกเด็กแก้ปอดอักเสบ และแก้หลอดลมอักเสบ ช่วยน้ำย่อยอาหาร ช้ำเขื้อรโค ขับลมในท้อง แก้บ้าดแพลสด ขับเสมหะ แก้ผิวหนัง รักษาแพลงก์ไนท์แก้โรคสังคัง ทำให้พินทนทาน แก้โรคมะเร็ง แก้โรคใจจากหวัด แก้ลมพิษ แก้กลิ่นตัวแรง แก้ฟื้น แก้ปวดท้อง ผดส漫 แก้ต่อมน้ำเหลืองอักเสบ แก้แมงกินพัน ช่วยบำรุงเยื่อกระเพาะอาหาร แก้นมคัด แก้ฟกบวม แก้รำมะนาด แก้ท้องขึ้นในเด็ก แก้ตับบวม

4) ดอก แก้โรคมะเร็ง แก้โรคอันเกิดแต่จักษุ

5) ไม่ระบุส่วนที่ใช้ แก้ลมพิษ แก้บ้าดทะยัก ห้ามเลือดกำเดา บรรเทาอาการไอเนื่องจากคออักเสบและมีเสมหะมาก แก้โรคผิวหนัง

2.7.6.6 สารสำคัญ

ในใบพูลมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งเรียกว่า น้ำมันพูล (Betal oil) ในน้ำมันพูลประกอบด้วยยูจินอล (Eugenol) และชาวิคอล (Chavicol) นอกจากนี้ยังมีวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น ธาตุฟลูโอะร์ด

2.7.6.7 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

น้ำมันและสารสกัดจากใบพูลมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรากซึ่งได้แก่ *Aspergillus niger* *Aspergillus flavus* *Aspergillus parasiticus* และ *Fusarium spp.* นอกจากนี้น้ำมันพูลและสารสกัดจากใบพูลด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และเอทานอล มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรากที่ก่อให้เกิดโรคผิวหนังซึ่งได้แก่ *Trichophyton mentagrophytes* *Trichophyton rubrum* *Epidermophyton floccosum* และ *Microsporum gypseum*

2.7.7 อบเชย



ภาพที่ 2.9 ผงอบเชย

2.7.7.1 ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cinnamomum verum* J.S. Presl

2.7.7.2 ชื่อวงศ์: Lauraceae

2.7.7.3 ลักษณะทางพ巴拉กศาสตร์

เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูงประมาณ 15 เมตร เปลือกตันและเนื้อไม้มีกลิ่นหอม ถิ่นกำเนิดอยู่ในลาบปะเทศศรีลังกาและอินเดีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้

2.7.7.4 สรรพคุณทางยา

1) เปลือกตัน ใช้บำรุงดวงจิต แก้อ่อนเพลีย ทำให้มีกำลัง ใช้ขับลม บำรุงธาตุ บดเป็นผง (ภาพที่ 2.9) ใช้เป็นเครื่องเทศใส่อาหาร ใส่เครื่องสำอาง ใช้ปรุงเป็นยาหอม แก้ลมวิงเวียน และจูกเสียด

2) ใบ มีน้ำมันใช้แต่งกลิ่น ช่าเชื้อ

2.7.7.5 สารสำคัญ

1) ใบ มีน้ำมันหอมระ夷 ซึ่งมีส่วนประกอบคือ Eugenol (80-96%) Eugenol acetate (1%) Cinnamaldehyde (3%) Benzyl benzoate (3%)

2) เปลือกตัน มีน้ำมันหอมระ夷 1-4% สารประกอบหลัก คือ Cinnamaldehyde 60-80% Eugenol มากกว่า 10% Linalool trans-Cinnamic acid 5-10% δ-Cadinene Cinnamyl alcohol, O-Methoxycinnamaldehyde Limonene α-Terpineol มีสารกลุ่ม Phenolic 4-10% ประกอบด้วย Condensed tannins Catechins และ Proanthocyanidins Methylhydroxychalcone polymer และมีสารกลุ่มอื่น ๆ เช่น Gum Mucilage Resin และ Starch

2.7.7.6 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

น้ำมันหอมระ夷มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรากที่เลี้ยงในหลอดทดลอง สารสำคัญที่ออกฤทธิ์คือ O-Methoxycinnamaldehyde สาร Cinnamaldehyde มีฤทธิ์ต้านเชื้อรากหลายชนิด และชนิดที่ก่อเกิดโรคทางเดินหายใจ สารสกัด Methylene chloride และเอทานอล มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Helicobacter pylori* ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกระเพาะ [32-37]

2.8 การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร (Extraction of active constituents from medicinal plants)

การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการสกัดเบื้องต้นจะได้อองค์ประกอบเป็นของผสมหรือสารสกัดหยาบ (Crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาจากสมุนไพรโดยใช้น้ำยาสกัดหรือ ตัวทำละลาย (Solvent) สารสกัดอย่างหยาบนี้เป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพร ซึ่งจะมีห้ององค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Pharmacologically active constituents) เรียกว่า สารสำคัญ (Active constituents) และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Pharmacologically inactive constituents) เรียกว่า สารเฉื่อย (Inert substances) ชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบในสารสกัดจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพของสมุนไพรที่ใช้และสภาวะที่ใช้ในการสกัด

วัตถุประสงค์ของการสกัดพืชสมุนไพร คือ เพื่อสกัดแยกเอาสารสำคัญออกจากสมุนไพร เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นของสารสำคัญสูง เพื่อลดขนาด (Dose) ของการใช้สมุนไพรลงให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

2.9 การเลือกตัวทำละลาย

ในการสกัดสารควรเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมกับชนิดของสารที่ต้องการสกัด โดยตัวทำละลายควรมีสมบัติดังนี้

2.9.1 มีความสามารถในการละลายสารสำคัญมากที่สุดและไม่ละลายหรือละลายองค์ประกอบอื่น ๆ ได้น้อย (Selectivity) เนื่องจากสารสำคัญส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งอาจมีโครงสร้าง слับซับซ้อนมากน้อยต่างกัน และมีอยู่ในพืชทั้งในสภาพอิสระและรวมตัวกับสารอื่น ๆ ในสภาพเกลือ หรือสารประกอบเชิงซ้อน ดังนั้นควรพิจารณาถึงสภาพหรือรูปแบบของสารสำคัญที่ต้องการสกัด นอกจากนี้จากความมีข้อของสารสำคัญดังกล่าว ในการเลือกตัวทำละลายมีหลักการทั่วไปว่า สิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายในกันและกัน (Like dissolve like) เช่น ถ้าสารสำคัญมีข้อ ก็ควรเลือกตัวทำละลายที่มีข้อเช่นเดียวกันในการสกัด

2.9.2 มีความคงตัวดี หาซื้อยาก ราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย

2.9.3 ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป

2.9.4 ลักษณะของพิชสมุนไพรที่ทำการสกัด เช่น เมล็ด เป็นส่วนที่มีไขมันอยู่มาก ควรหั่นไขมันออกก่อนโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ประเภทไม่มีข้าว เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น แล้วจึงนำภาคพิชที่เหลือไปสกัดต่อด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม

2.10 วิธีการสกัด

2.10.1 **มาเซอเรชัน (Maceration)** เป็นเทคนิคหนึ่งในการสกัดเอาสารสำคัญออกจากพิชสมุนไพร โดยวิธีการหมักหรือแช่กับตัวทำละลาย เมื่อเนื้อเยื่อของสมุนไพรอ่อนนุ่ม ทำให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปในตัวทำละลายองค์ประกอบภายในผงสมุนไพรออกมาได้

การหมักสมุนไพรควรทำในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทในตัวทำละลายที่เหมาะสม จะทำเป็นเวลานาน 7 วัน หรือจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมากหมด ในระหว่างที่หมักผงสมุนไพรอยู่นั้นควรเขย่าหรือคนเป็นครั้งคราวเพื่อเพิ่มอัตราเร็วของการสกัด เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกรองแยกกาก (Marc) ออกจาก ตัวทำละลาย วิธีการสกัดนี้เหมาะสมกับพิชสมุนไพรที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบ ดอก ซึ่งทำให้อ่อนนุ่มได้ง่าย จัดเป็นวิธีที่ใช้ตัวทำละลายน้อย จึงประหยัด และเนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ใช้ความร้อนจึงเหมาะสมกับการสกัดสารที่ไม่ทนต่ocommunity.comความร้อน

2.10.2 **เพอร์โคเลชัน (Percolation)** เป็นการปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้า ๆ พร้อมกับละลายเอาองค์ประกอบออกจากการผงสมุนไพรออกมา โดยใช้เครื่องมือ ที่เรียกว่า เพอร์โคเลเตอร์ (Percolator) วิธีการทำเพอร์โคเลชัน คือ นำผงสมุนไพรมาหมักกับตัวทำละลายก่อน 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่แล้วค่อย ๆ บรรจุลงในกระชังลงในเพอร์โคเลเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นคอลัมน์ (Column) ปลายเปิดทั้ง 2 ด้าน โดยด้านบนจะกว้างกว่าด้านล่าง เพื่อความสะดวกในการบรรจุผงสมุนไพร ส่วนปลายด้านล่างปิดเปิดได้ เพื่อที่สามารถควบคุมอัตราการไหลของสารสกัดหรือเพอร์โคเลตจากเพอร์โคเลเตอร์ได้ เติมตัวทำละลายลงไปให้ระดับตัวทำละลายสูงเหนือสมุนไพร (Solvent head) ประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงปล่อยให้ตัวทำละลายไหลผ่านผงสมุนไพรในอัตราเร็วที่พอเหมาะ พร้อมกับเติมตัวทำละลายใหม่ลงไปเรื่อย ๆ อย่าให้แห้งเก็บเพอร์โคเลตจนการสกัดสมบูรณ์ นำเพอร์โคเลตที่เก็บได้ทั้งหมดรวมกันนำไปกรอง วิธีเพอร์โคเลชันจัดเป็นวิธีการสกัดที่ดีสำหรับการสกัดสารจากสมุนไพรแบบสมบูรณ์และไม่ต้องใช้ความร้อน

2.10.3 **การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous extraction)** เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร โดยการใช้ความร้อนเข้าช่วยและใช้ชอกซ์เลตເอกซ์ແแทรກเตอร์ (Soxhlet extractor) ซึ่งเป็นระบบปิด โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ เมื่อได้รับความร้อนจากหม้อน้ำอ่อนน้ำ ตัวทำละลายในภาชนะจะระเหยขึ้นไปแล้วกลับตัวลงมาในทิมเบอร์ (Thimble) ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ ตัวทำละลายจะผ่านผงสมุนไพรช้าแล้วช้าอีกไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งองค์ประกอบในสมุนไพรถูกสกัดออกมาก เมื่อ

ตัวทำละลายในเอกซ์แทรคติงเชมเบอร์ (Extracting chamber) สูงถึงระดับจะเกิดการลักษ์สารสกัดจะหลอกลับลงไปในภาชนะวนเวียนเข่นนีจันกระทิ่งการสกัดสมบูรณ์

วิธีการสกัดแบบต่อเนื่องนี้เหมาะสมสำหรับการสกัดองค์ประกอบที่ทนต่อความร้อนและใช้ตัวทำละลายน้อย ไม่สื้นเปลือย

2.10.4 การสกัดน้ำมันหอมระเหย (Extraction of volatile oil) มีหลายวิธี เลือกใช้ตามความเหมาะสมของพืชที่ใช้

2.10.4.1 การกลั่น (Distillation) ในทางอุตสาหกรรมมี 3 วิธี คือ

1) การกลั่นโดยใช้น้ำ (Water distillation) ใช้กับพืชแห้งซึ่งไม่ถูกทำลายเมื่อต้ม เนื่องจากพืชที่นำมากลั่นจะแข็งอยู่ในน้ำเดือดทั้งหมดตลอดระยะเวลาการกลั่น วิธีนี้ใช้กลั่นน้ำมันจากเปลือกไม้ เช่น กลั่นน้ำมันสน (Turpentine oil) จากยางสน เป็นต้น

2) การกลั่นโดยใช้น้ำและไอน้ำ (Water and steam distillation) ใช้ได้กับพืชสดและแห้ง ซึ่งอาจถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกต้ม เช่น การพุด จะบดให้เป็นผง เติมน้ำให้ท่วมผ่านไอน้ำเข้าไป ส่วนที่กลั่นได้จะมีทั้งน้ำมันและน้ำ ทำการแยกน้ำมันออกมา

3) การกลั่นโดยใช้ไอน้ำ (Steam distillation) วิธีนี้ใช้กับพืชสด เช่น สะระแหน่ โดยนำพืชสดมาวางบนตะแกรง แล้วผ่านไอน้ำเข้าไปโดยตรง โดยไม่ต้องมีการหมักพืชด้วยน้ำก่อน จัดเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และค่าใช้จ่ายน้อย

2.10.4.2 การบีบหรือการอัด (Expression) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยที่ใช้วิธีกลั่นไม่ได้เนื่องจากถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน เช่น น้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม ได้แก่ น้ำมันผิวมะนาว (Lemon oil) น้ำมันผิวส้ม (Orange oil)

การบีบที่นิยม คือ วิธีเอกคิวเอล (Ecuelle method) ซึ่งใช้กับน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม (Citrus oil) โดยเอาผลไปบีบบนร่างที่มีเข็มแหลม ๆ อยู่ เข็มต้องยาวพอที่จะแทงผ่านผนังชั้นนอก (Epidermis) เพื่อให้ต่อมน้ำมันแตกออก น้ำมันจะหยดลงไปในร่างซึ่งเก็บน้ำมันได้

2.10.4.3 วิธีอันฟอยเรนซ์ (Enfleurage) ใช้กับน้ำมันหอมระเหยของกลีบดอกไม้ต่าง ๆ เป็นวิธีที่เก็บความหอมได้ดี แต่ก่อนใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำหอม (Perfume) วิธีนี้จะใช้ไขมัน (Fat) หรือน้ำมันไม่ระเหย (Fixed oil) ที่ไม่มีกลิ่นเป็นตัวดูดซับ [ส่วนใหญ่ใช้ไขมันวัว (Beef tallow) ร้อยละ 40 กับไขมันหมู (Lard) ร้อยละ 60 โดยนำตัวดูดซับมาแผ่นแน่น ๆ แล้วเอากลีบดอกไม้ มาวางเรียงบนตัวดูดซับนาน 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนกลีบดอกไม้ใหม่ ทำซ้ำนี้เรื่อย ๆ จนตัวดูดซับดูดซับเจอน้ำมันหอมระเหยมากพอก จึงเอาตัวดูดซับมาสกัดอาบน้ำมันหอมระเหยออกด้วยแอลกอฮอล์

2.10.4.4 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Extraction with solvent) ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) อาจใช้ตัวทำละลายอื่น เช่น อะซีโตน เมทานอล และกลอฮอล์ เป็นต้น โดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส เมื่อทำการ

เปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง และมีกลิ่นผิดไปจากธรรมชาติได้ ในทางอุตสาหกรรมจึงนำวิธีการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายน้ำมาใช้

2.11 การเลือกวิธีการสกัด

วิธีการสกัดที่เหมาะสมขึ้นกับปัจจัยหลาย ๆ อย่างได้แก่

2.11.1 ธรรมชาติของพืชสมุนไพร โดยพิจารณาจาก

2.11.1.1 ลักษณะและโครงสร้างของเนื้อเยื่อ สมุนไพรที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม เช่น ในดอก ควรสกัดด้วยวิธีมาเซอเรชัน สำหรับสมุนไพรที่มีเนื้อเยื่อที่แข็งแรงและเหนียว เช่น เนื้อไม้ เปเลือก ราก ควรใช้วิธีเพอร์โคเลชันหรือการสกัดแบบต่อเนื่อง

2.11.1.2 ความสามารถในการละลายของสารสำคัญในตัวทำละลาย ถ้าละลายได้ง่าย ควรใช้วิธีตัวดูดซับ แต่ถ้าละลายได้ยากควรใช้วิธีเพอร์โคเลชันหรือการสกัดแบบต่อเนื่อง

2.11.1.3 ความคงตัวของสารสำคัญในสมุนไพรต่อความร้อน ถ้าเป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อนควรใช้วิธีมาเซอเรชันหรือเพอร์โคเลชัน

2.11.2 คุณค่าของสารสกัดและค่าใช้จ่ายในการสกัด หากต้องการสารสกัดที่ไม่ใช่สารสำคัญ และมีคุณค่าทางการรักษาน้อย เช่น สารที่ใช้แต่งสี กลิ่น รส ของยาเตรียมต่าง ๆ ก็อาจใช้วิธีง่าย ๆ ที่ไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้ ควรคำนึงถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดเบรียบเทียบกับราคาของสารสกัดที่เตรียมได้ว่า คุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

2.11.3 ความต้องการที่จะให้ได้การสกัดที่สมบูรณ์ (Exhausted extraction) หรือเกือบสมบูรณ์ หากต้องการสารสกัดเจือจาง การใช้วิธีมาเซอเรชันก็เพียงพอแล้ว แต่ถ้าต้องการสารสกัดเข้มข้นก็ควรใช้วิธีเพอร์โคเลชันหรือการสกัดแบบต่อเนื่อง

2.12 การทำสารสกัดให้เข้มข้น (Concentration)

สารสกัดอย่างหยาบที่ได้จะมีปริมาตรมากและเจือจาง ทำให้นำไปแยกองค์ประกอบได้ไม่สะดวก และไม่ประสิทธิภาพ จึงต้องนำมาทำให้เข้มข้นเสียก่อนด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

2.12.1 การระเหย (Free evaporation) เป็นการนำตัวทำละลายออกจากน้ำยาสกัด โดยใช้ความร้อนจากแผ่นความร้อน (Hot plate) หรือ หม้ออั่งไอ้น้ำ (Water bath) ซึ่งวิธินี้อาจทำให้องค์ประกอบในสารสกัดสลายตัวได้เนื่องจากอุณหภูมิสูงเกินไป และหากใช้สารละลายอินทรีย์ (Organic solvent) ในการสกัด การระเหยโดยให้ความร้อนโดยตรง (Direct heat) บนแผ่นความร้อนอาจเกิดอันตรายได้ง่าย นอกจานนี้ ควรคำนึงถึงอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารสำคัญ เมื่อใช้ความร้อน

2.12.2 การกลั่นในภาวะสูญญากาศ (Distillation in vacuo) จัดเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด เป็นการระเหยเอ่าตัวทำละลายออกจากน้ำยาสกัดโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำ พร้อมทั้งลดความดันลง ให้เกือบเป็นสูญญากาศ โดยใช้ปั๊มสูญญากาศ (Vacuum pump) เครื่องมือนี้เรียกว่า โรเตารีอีว่าโพเรเตอร์ (Rotary evaporator) ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 3 ส่วน คือ ภาชนะบรรจุสารสกัดอย่างหยาบที่จะกลั่น (Distillation flask) ส่วนคอนเดนเซอร์หรือส่วนควบแน่นไอลาระลาย (Condenser) และ ภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น (Receiving flask) โดยสารสกัดอย่างหยาบซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะจะถูกแขวนให้อวน้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้และหมุน (Rotate) ตลอดเวลาที่ทำงาน เพื่อให้มีการกระจายความร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ภาชนะบรรจุสารสกัดอย่างหยาบนี้จะต้องเข้ากับส่วนควบแน่น ซึ่งมีระบบทำความเย็นหล่ออยู่ตลอดเวลา ปลายของส่วนควบแน่นจะมีภาชนะรองรับ โดยทั้งระบบจะต้องเข้ากับระบบสูญญากาศ สารละลายที่ระเหยออกจากภาชนะบรรจุจะควบแน่นทับรีเวน คอนเดนเซอร์และထดลงมาในภาชนะรองรับสารละลายหลังการกลั่น ซึ่งสารละลายดังกล่าวสามารถนำไปทำให้บริสุทธิ์และนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.12.3 การทำให้แห้ง (Drying) เป็นการระเหยเอ่าตัวทำละลายออกจากน้ำยาสกัดจนแห้ง ได้สารสกัดออกมารูปแบบแข็งหรือกึ่งของแข็ง มีหลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน (Spray dryer) หรือการใช้ความเย็น (Lyophilizer หรือ Freeze dryer) เป็นต้น

2.12.4 อัลตราฟิลเทอร์ชั้น (Ultrafiltration) เป็นการทำสารสกัดด้วยน้ำให้เข้มข้นโดยใช้แผ่น เมมเบรน (Membrane) ใช้กับสารที่มีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight) สูงกว่า 5,000 [38]

2.13 สารเคมียาง

2.13.1 สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing or curing agents)

สารทำให้ยางคงรูปเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ต้องผสมลงไปในยางเพื่อทำให้ยางเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า ปฏิกิริยาวัลค่าในซ์เซนหรือปฏิกิริยาคงรูป การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวจะส่งผลทำให้โมเลกุลของยางเกิดการเชื่อมโยงกันเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ซึ่งจะทำให้ยางเปลี่ยนสภาพจากอ่อน เนียนยวานน์ (Tacky) และไม่ได้แบบเทอร์โมพลาสติกไปเป็นยางคงรูป (เทอร์โมเซต) ที่มีความยืดหยุ่นสูง มีความทนทาน และมีสมบัติที่เสถียรไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนัก แม้ว่าการทำให้ยางคงรูปจะสามารถทำได้ด้วยการใช้รังสีที่มีพลังงานสูงโดยไม่จำเป็นต้องใช้สารทำให้ยางคงรูป แต่วิธีการคงรูปยางดังกล่าวก็จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงและใช้ได้เฉพาะในกรณีที่ต้องการคงรูปยางที่บาง ๆ เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ การทำให้ยางคงรูปด้วยรังสีที่มีพลังงานสูง จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบัน การคงรูปยางส่วนใหญ่ เกิดจากการเติมสารกลุ่มที่ทำให้ยางคงรูป โดยทั่วไป การคงรูปยางที่ใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ

ใหญ่ ๆ ได้แก่ ระบบที่ใช้กำมะถัน (Sulfur) ระบบที่ใช้เพอร์ออกไซด์ (Peroxide) และระบบที่ใช้สารเคมีอื่น ๆ เช่น โลหะออกไซด์ เป็นต้น

2.13.2 สารตัวเร่งปฏิกิริยา (Accelerators)

การใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับระบบการคงรูปยางด้วยกำมะถัน เพราะปฏิกิริยาระหว่างกำมะถันและยาง (ปฏิกิริยาคงรูป) จะเกิดขึ้นได้ช้ามากแม้ที่อุณหภูมิสูง ๆ โดยทั่วไปจะต้องใช้ระยะเวลาในการคงรูปนานเป็นชั่วโมงและต้องใช้กำมะถันในปริมาณที่สูงมาก อีกทั้งยางคงรูปที่ได้ก็จะมีสมบัติเชิงกลต่ำ การเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาลงไปในปริมาณเพียงเล็กน้อยจะช่วยทำให้ปฏิกิริยาระหว่างยางและกำมะถันเกิดได้เร็วขึ้น จึงช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการคงรูปยาง ทำให้มีจำเป็นต้องใช้กำมะถันในปริมาณที่สูงเกินไป และยางคงรูปที่ได้ก็จะมีความหนาแน่นของการเชื่อมโยงสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น

2.13.3 สารกระตุนปฏิกิริยา (Activators)

สารกระตุนปฏิกิริยา คือ สารเคมีที่เติมลงไปในยางเพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงรูป เพราะสารเคมีในกลุ่มนี้จะเข้าไปกระตุนสารตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น แม้ว่ากลไกการกระตุนปฏิกิริยาค่อนข้างจะซับซ้อนและยังไม่เป็นที่ทราบกันอย่างแน่ชัด แต่เชื่อกันว่าสารกระตุนปฏิกิริยาจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่เสถียร ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยากับกำมะถันที่มีอยู่ในยางอย่างรวดเร็ว ทำให้ยางมีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงรูปสูงขึ้น

2.13.4 การเสริมแรงและสารตัวเติม (Reinforcement and fillers)

สารตัวเติม คือ องค์ประกอบที่เติมเข้าไปในยางเพื่อจุดประสงค์หลายอย่าง เช่น เพื่อเสริมแรงให้ยางมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น เพื่อทำให้ยางคอมพาวด์มีสมบัติเฉพาะที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิต หรือเพื่อลดต้นทุน เป็นต้น สารตัวเติมที่ใช้ในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามประสิทธิภาพของการเสริมแรง คือ สารตัวเติมเสริมแรง (Reinforcing fillers) และสารตัวเติมที่ไม่เสริมแรงหรือที่เรียกว่า สารตัวเติมเฉื่อย (Non-reinforcing หรือ Inert fillers) หรืออาจแบ่งตามสีของสารตัวเติมได้เป็น 2 กลุ่ม เช่น กัน ได้แก่ ผงเข้มดำ และสารตัวเติมสีอ่อน

การเสริมแรง หมายถึง ความสามารถของสารตัวเติมในการเพิ่มความหนืดของยาง คอมพาวด์และปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของยางคงรูป เช่น มอดูลัส ความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และ ความต้านทานต่อการขัดถู เป็นต้น ในทำนองเดียวกัน ค่ามอดูลัสและความแข็งของยางก็จะเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การยืดตัว ณ จุดขาด และสมบัติการกระเด้งกระดอนของยางจะลดลง ดังนั้นสารตัวเติมเสริมแรง คือ สารตัวเติมที่เมื่อใส่ลงไปในยางแล้วจะทำให้สมบัติของยางเกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวข้างต้น ตัวอย่างที่สำคัญของสารตัวเติม เสริมแรง ได้แก่ ผงเข้มดำ (Carbon black) และ ซิลิค้า (Silica) แต่สำหรับสารตัวเติมบางชนิดที่เมื่อใส่ลงไปในยางแล้วทำให้ความหนืดของ

ยางเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ทำให้สมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของยางคงรูปด้อยลง (หรือเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย) จะเรียกสารตัวเติมประเภทนี้ว่า สารตัวเติมไม่เสริมแรงหรือสารตัวเติมเฉื่อย ตัวอย่างที่สำคัญของสารตัวเติมเฉื่อยได้แก่ ทัลคัม (Talc) แคลเซียมคาร์บอนต (CaCO₃) และดินขาว (Clay) เป็นต้น

การเสริมแรงที่เกิดขึ้นในยางแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน โดยทั่วไป ผลของการเสริมแรงจะเห็นได้เด่นชัดในยางสังเคราะห์ (เช่น ยาง BR SBR และ NBR) มากกว่าในยางธรรมชาติ หรือ ยาง CR แม้ว่ายางธรรมชาติจะมีสมบัติเชิงกลที่ดีโดยไม่ต้องเติมสารตัวเติมเสริมแรง เพราะยางสามารถแตกพลักได้เมื่อถูกยืด (Strain-induced crystallization) อย่างไรก็ตาม ใน การใช้งานทางวิศวกรรมส่วนใหญ่ การเติมสารตัวเติมเสริมแรงก็จะช่วยปรับปรุงสมบัติของยางให้ดียิ่งขึ้น แต่สำหรับยางสังเคราะห์ ส่วนใหญ่ที่ไม่สามารถแตกพลักได้เมื่อถูกยืด การเติมสารตัวเติมเสริมแรงจัดว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่ต้องถูกนำไปใช้งานในเชิงวิศวกรรม เพราะยางเหล่านี้จะมีสมบัติเชิงกลที่ต่ำมากหากไม่มีการเติมสารตัวเติมเสริมแรง

2.13.5 สารทำให้ยางนิ่ม (Plasticizers and softeners)

มาตรฐาน ASTM ได้แบ่งสาร ทำให้ยางนิ่มออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ สารทำให้ยางอ่อน (Softeners) และ พลาสทิกไซเซอร์ (Plasticizers)

สารทำให้ยางอ่อน หมายถึง วัสดุที่เติมลงไปในยางในปริมาณเล็กน้อยแล้วทำให้ยางคงรูปอ่อนลงหรือทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้ง่ายยิ่งขึ้นหรือทำให้สารตัวเติมสามารถเข้าไปสมกับยางได้ง่ายยิ่งขึ้น

พลาสทิกไซเซอร์ หมายถึง วัสดุที่เติมลงไปในพอลิเมอร์แล้วส่งผลทำให้พอลิเมอร์นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ดียิ่งขึ้น (Enhanced deformability)

สารทำให้ยางนิ่ม คือ องค์ประกอบที่เติมลงไปในยางเพื่อจุดประสงค์หลายอย่าง เช่น

(1) ปรับความหนืดของยางให้ลดลง ทำให้ยางไหลได้ง่ายขึ้น จึงทำให้ประหยัดพลังงานในระหว่างกระบวนการผลิต

(2) ช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตและสมบัติความเหนียวติดกันของยางคอมพาวน์

(3) ช่วยลดสัดส่วนของยางลง เพราะการใช้สารทำให้ยางนิ่มจะช่วยทำให้สามารถเติมสารตัวเติมลงไปในปริมาณที่สูงขึ้นได้

(4) ทำให้สารตัวเติมกระจายตัวในยางได้ดีขึ้น

(5) ทำให้ยางคงรูปมีสมบัติบางประการดีขึ้น เช่น ช่วยปรับปรุงสมบัติการหักงอที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ยางมีค่าอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ต่ำลงและมีค่าการยึดตัวณ จุดขาดสูงขึ้น [39]

2.14 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางดิบ

2.14.1 การทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก (Determination of dirt content)

ปริมาณสิ่งสกปรก หมายถึง ปริมาณของสารที่ได้จากการกรองด้วยแผ่นตะแกรงกรองขนาดรูตะแกรง 325 เมช (Mesh) หรือ 44 ไมครอน (Micron) ซึ่งสารที่ได้จากการกรองนั้นประกอบด้วยสารเปลกลอมอื่น ๆ เช่น เปลือกไม้ ดิน ใบไม้ ปริมาณและชนิดของสิ่งสกปรกมีความสำคัญต่อกระบวนการนำยางไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ยาง ถ้าหากยางมีปริมาณสิ่งสกปรกสูง จะมีผลกระทบต่อกระบวนการแปรรูปและคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมการผลิตยางให้มีปริมาณสิ่งสกปรกน้อยที่สุด

ปริมาณสิ่งสกปรกคิดเป็นร้อยละได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณสิ่งสกปรก} = \frac{\text{น้ำหนักสิ่งสกปรก}}{\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ}} \times 100\%$$

หรือ

$$= \frac{B-A}{W} \times 100\%$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวกรอง หน่วยเป็นกรัม

B = น้ำหนักตัวกรองพร้อมสิ่งสกปรก หน่วยเป็นกรัม

W = น้ำหนักชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นกรัม

2.14.2 การทดสอบปริมาณเถ้า (Determination of ash content)

เถ้า (Ash) ในยางธรรมชาติ ประกอบด้วยเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) พาก คาร์บอนตอกไซด์ และ พอสเพตของโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และแร่ธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้เถ้าอาจเป็นพวากซิลิกา หรือซิลิกेट ที่มีอยู่ในยางเอง หรือปะปนมาจากข้างนอก ปริมาณเถ้า จะเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางดิบ และช่วยบ่งชี้ว่ามีการเติมสารตัวเติม (Filler) ลงไปช่วยเพิ่มน้ำหนักยางหรือไม่

ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละ ได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบ}} \times 100\% \quad (2.1)$$

หรือ

$$= \frac{B-A}{W} \times 100\% \quad (2.2)$$

เมื่อ A = น้ำหนักถ่วงทอนความร้อน หน่วยเป็นกรัม

B = น้ำหนักถ่วงทอนความร้อนพร้อมเด้า หน่วยเป็นกรัม

W = น้ำหนักชั้นทดสอบ หน่วยเป็นกรัม

2.14.3 การทดสอบปริมาณสิ่งระเหย (Determination of volatile matter content-VM)

สิ่งระเหยในยางส่วนใหญ่เป็นความชื้น ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้ยางเกิดราได้ง่ายมีกลิ่นเหม็น และเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยทำให้ยางลื่นบดผสมกับสารเคมีอื่นได้ยาก

ปริมาณสิ่งระเหยคิดเป็นร้อยละ ได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณสิ่งระเหย} = \frac{\text{น้ำหนักสิ่งระเหย}}{\text{น้ำหนักชั้นทดสอบก่อนอบ}} \times 100\% \quad (2.3)$$

หรือ

$$= \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2.4)$$

เมื่อ A = น้ำหนักชั้นทดสอบก่อนอบ หน่วยเป็นกรัม

B = น้ำหนักชั้นทดสอบหลังอบ หน่วยเป็นกรัม

2.14.4 การทดสอบปริมาณในไตรเจน (Determination of nitrogen content)

ในไตรเจนในยางดิบ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโปรตีน ตั้งนั้น ปริมาณของในไตรเจนจึงเป็นตัวบ่งชี้ว่าในยางดิบมีโปรตีนอยู่มากน้อยเพียงใด การวิเคราะห์หาในไตรเจน โดยใช้วิธี Semi-micro Kjeldahl โดยย่อยลายยางด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น และใช้สารเร่งปฏิกิริยา เพื่อเปลี่ยนสารประกอบในไตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมไฮโดรเจนซัลเฟต ปรับสารละลายให้เป็นด่าง แล้วนำไปกลั่นจะได้ก๊าซแอมโมเนีย จับก๊าซแอมโมเนียด้วยกรดบอริก และไตรเทกทันสารละลายมาตราชานกรดกำมะถัน การกำหนดขีดจำกัดในไตรเจนในยางแท่ง เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ผลิตนำหางน้ำยาง (Skim latex) ซึ่งมีปริมาณในไตรเจนสูงมาผลิตยางแท่ง เพราะมีผลให้ยางเกิดการคงรูปเร็วขึ้น (Fast cure)

ปริมาณในไตรเจนคิดเป็นร้อยละ ได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณในໂຕເຈນ} = \frac{(V_1 - V_2)M \times 0.028}{W} \times 100\% \quad (2.5)$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ในการໄຕເຕຣທັວອຍ່າງ หน่วยเป็นມິລລິລິຕຣ

V_2 = ปริมาตรสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ในการໄຕເຕຣທັວອຍ່າງ Blank หน่วยเป็นມິລລິລິຕຣ

M = ความເຂັ້ມືອງສາລະລາຍກຣດກຳມະຄັນ หน่วยເປັນໂມລາຣ

W = ນ້ຳໜັກຂຶ້ນທດສອບ หน่วยເປັນກຣົມ

2.14.5 การທດສອບດ້ານນີ້ຄວາມອ່ອນຕ້າວ (Determination of plasticity retention index – PRI)

ດ້ານນີ້ຄວາມອ່ອນຕ້າວຂອງຍາງແສດງດຶງ ຄວາມຕ້ານຫານຂອງຍາງດີບຕ່ອງການແຕກຫັກຂອງໂມເລກຸລທີ່ອຸນຫະມີສູງ ຮີ່ອຕ່ອງການອອກຊີເຊື້ນ (Oxidation) ຍາງທີ່ມີດ້ານນີ້ຄວາມອ່ອນຕ້າວສູງ ແສດງວ່າມີຄວາມຕ້ານຫານຕ່ອງການແຕກຫັກຂອງໂມເລກຸລສູງ

ກາຮັກນວນ

ນຳຄ່າມັງຽຮ້ານ (Median) ຂອງຂຶ້ນທດສອບ ມາຄຳນວນຫາດ້ານນີ້ຄວາມອ່ອນຕ້າວ ດັ່ງນີ້

$$PRI = \frac{P_{30}}{P_0} \times 100 \quad (2.6)$$

ເນື້ອ PRI = ດ້ານນີ້ຄວາມອ່ອນຕ້າວ (Plasticity Retention Index)

P_0 = ມັງຽຮ້ານຄ່າຄວາມອ່ອນຕ້າວຂອງຍາງຊຸດທີ່ໄມ່ອົບ

P_{30} = ມັງຽຮ້ານຄ່າຄວາມອ່ອນຕ້າວຂອງຍາງຊຸດທີ່ອົບແລ້ວ

2.14.6 การทดสอบสี (Determination of colour)

สี เป็นสมบัติสำคัญของยางแห่งที่ผลิตจากน้ำยาง เมื่อเปรียบเทียบสีของตัวอย่างยาง กับสีมาตรฐานต้องไม่เกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ เพื่อประโยชน์ในการนำยางไปทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ความใส หรือมีสีต่าง ๆ

วิธีการทดสอบ

- 1) นำยางที่เตรียมไว้ 20 กรัม \pm 5 กรัม ผ่านเครื่องบดซึ่งมีน้ำเย็นผ่านลูกกลิ้งที่ปรับช่องห่างไว้แล้ว 2 ครั้ง แล้วพับครึ่ง ตอบด้วยมือเบา ๆ ให้ได้ความหนา ระหว่าง 3.2 มิลลิเมตร - 3.6 มิลลิเมตร
- 2) ตัดตัวอย่างให้ได้ชิ้นทดสอบ จำนวน 2 ชิ้น แล้วนำมาประยุกต์กัน
- 3) วางชิ้นทดสอบลงในแบบพิมพ์ ประกอบแบบพิมพ์ด้วยแผ่นฟิล์มพอลิเอสเตอร์หรือเซลลูโลส แล้วประยุกต์ด้วยแผ่นสแตนเลสหรืออุบลิเนียม
- 4) นำเข้าเครื่องอัด ที่ความดัน 500 ปอนด์ต่อตารางนิว อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส \pm 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที \pm 30 วินาที
- 5) เปรียบเทียบสีชิ้นทดสอบกับสีมาตรฐาน Lovibond

2.14.7 การทดสอบความหนืด (Determination of mooney viscosity-_R)

ความหนืด เป็นสมบัติที่ระบุคุณภาพด้านการนำยางไปใช้ ค่าความหนืดสัมพันธ์ โดยตรงกับน้ำหนักโมเลกุลของยาง ยางที่มีความหนืดสูงหมายความว่า ยางนั้นมีน้ำหนักโมเลกุลมาก ยางที่มีความหนืดสูงจะแข็งมาก เมื่อนำไปใช้ ต้องใช้เวลานานในการบดให้ยางนิ่ม หรือให้ยางมีความหนืดลดลง ทั้งนี้เพราะโมเลกุลยางถูกตัดตอนให้สั้นลงขณะที่บดยาง เมื่อยางนิ่มตามต้องการแล้วจึงจะสามารถผสมสารเคมีต่าง ๆ ได้

การบันทึกผล ให้บันทึกความหนืดที่อ่านได้จากเครื่องพร้อมระบบเงื่อนไขการทดสอบดังนี้

$$xML(1+4)100^{\circ}\text{C} \quad (2.7)$$

เมื่อ x = ค่าความหนืดที่อ่านได้จากเครื่อง

M = Mooney Viscosity

L = โรเตอร์ใหญ่ (ในกรณีที่ยางแข็งมากใช้โรเตอร์เล็ก ให้ใช้อักษร S)

1 = เวลาที่ใช้ในการอุ่นยาง หน่วยเป็นนาที

4 = เวลาที่โรเตอร์หมุนวัดความหนืด หน่วยเป็นนาที

100°C = อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ [40]

2.15 การทดสอบสมบัติเชิงกล

2.15.1 การทดสอบวัดความแข็ง (Hardness test)

ความแข็งเป็นสมบัติพื้นฐานที่สำคัญของยางซึ่งมักจะใช้ร่วมกับสมบัติแรงดึงในการกำหนดคุณภาพของยาง ความแข็งจะแตกต่างจากความแข็งแกร่ง (Stiffness) เพราะความแข็งเป็นการวัดความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเฉพาะที่บริเวณพื้นผิวเท่านั้น แต่ความแข็งแกร่งเป็นการวัดความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางทั้งก้อน หลักการพื้นฐานของการวัดค่าความแข็งคือจะนำหัวกด (Indentor) ไปกดลงบนชิ้นทดสอบภายใต้สภาวะที่กำหนด ความลึกของการทะลุทะลวงของหัวกด (Depth of penetration) จะสะท้อนถึงค่าความแข็งของยาง เพราะยางที่มีความแข็งสูงก็จะมีความลึกของการทะลุทะลวงต่ำ

2.15.2 การทดสอบสมบัติแรงดึง (Testing of tensile properties)

สมบัติแรงดึงที่นิยมใช้ในการควบคุมคุณภาพของยางได้แก่ ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) และโมดูลัส (Modulus) มาตรฐานที่ใช้ทดสอบสมบัติแรงดึงมีหลายแบบ ได้แก่ มาตรฐาน ASTM D 412 มาตรฐาน ISO 37 มาตรฐาน BS 903 Part A2 และมาตรฐาน DIN 53504

สมบัติแรงดึงของยางสามารถวัดได้โดยการดึงชิ้นทดสอบมาตรฐานจนขาดด้วยอัตราเร็วในการดึงคงที่ (มาตรฐาน ASTM D412 ได้กำหนด อัตราเร็วในการดึงเท่ากับ $500 + 50$ มิลลิเมตร/นาที) เครื่องที่ใช้ทดสอบส่วนใหญ่จะเรียกว่าเครื่อง Universal testing machine หรือ Tensile testing machine ในระหว่างการดึง เครื่องจะทำการวัดและบันทึกค่าแรงดึงที่เปลี่ยนไปตามระยะการยืดตัวของยางแล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณและพล็อตเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด พร้อมทั้งคำนวณหาค่าความทนทานต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด และค่าโมดูลัสที่ความเครียดต่าง ๆ

2.15.3 การทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาด (Testing of tear strength)

การทดสอบสมบัติความทนทานต่อการฉีกขาดของยางสามารถทำได้โดยการวัดแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน ซึ่งลักษณะของการทดสอบโดยทั่วไปจะคล้ายคลึงกับการทดสอบแรงดึง กล่าวคือ จะดึงชิ้นทดสอบจนขาดด้วยเครื่อง Universal testing machine ที่อัตราเร็วของการดึงตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน

2.15.4 การทดสอบการเสียรูปหลังการกด (Compression set)

การเสียรูปหลังการกดเป็นการวัดระดับการได้กลับคืนมา (Degree of recovery) ของยาง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำหมุนไปหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ การวัดค่าการเสียรูปหลังการกดอัดเป็นการวัดความสามารถของยางในการรักษาสมบัติความยืดหยุ่นภายหลังจากที่ยางได้รับแรงกดเป็นระยะเวลาหนึ่ง แม้ว่าค่าการเสียรูปหลังการกดจะไม่สัมพันธ์โดยตรงกับประสิทธิภาพในการอุดรอย

ร่วมกันค่าการคลายตัวของความเค็น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าการเสียรูปหลังการกดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าการคลายตัวของความเค็น ดังนั้น ผู้ทดสอบส่วนใหญ่จึงนิยมใช้ค่าการเสียรูปหลังการกดในการทำนายประสิทธิภาพในการอุดรอยร้าวมากกว่าการใช้ค่าการคลายตัวของความเค็น เพราะการวัดค่าการเสียรูปหลังการกดทำได้ง่ายและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบก็มีราคาถูก

2.15.5 การทดสอบความทนทานต่อความร้อน (Testing of heat resistance)

การทดสอบสมบัติความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องจากความร้อนของยางเพียงอย่างเดียว สามารถทำได้โดยดำเนินการทดสอบในสภาวะที่เรือออกซิเจน เช่น ทดสอบภายในตู้สูญญากาศหรือภายในตู้แก๊สเอ็อกซ์เจน อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานจริงนั้น ยางต้องสัมผัสกับห้องออกซิเจน และความร้อน ซึ่งความร้อนจะเป็นตัวเร่งให้ออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับยางได้เร็วขึ้น ทำให้ยางเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าการทดสอบภายในตู้สูญญากาศที่มีความร้อนเพียงอย่างเดียว ด้วยเหตุนี้ การทดสอบสมบัติความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากความร้อนของยางจึงนิยมทำภายใต้บรรยากาศปกติหรือภายในตู้ออกซิเจน ดังนั้นผลการทดสอบที่ได้จึงเป็นผลอันเนื่องมาจากการทั้งความร้อนและออกซิเจน [41]

2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.16.1 ชนิดของเชื้อรากที่พบบนแผ่นยางพารา

ในปี ค.ศ. 1970 O.F. Esuruoso [12] ได้ทำการแยกและจำแนกชนิดของเชื้อรากที่ได้จากแผ่นยางพาราที่มีการปนเปื้อนของเชื้อรากในภาคตะวันตกของประเทศไทยจึงเรียก โดยพบเชื้อราก 3 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus fumigatus* *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus aculeatus*

ในปี ค.ศ. 1971 W.C. Dayaratne et al. [14] ได้ทำการแยกและจำแนกชนิดของเชื้อรากที่ได้จากยางพาราแผ่นและยางเครพที่มีการปนเปื้อนของเชื้อราก โดยสายพันธุ์เชื้อรากที่พบ คือ *Penicillium citrinum* *Aspergillus niger* *Aspergillus ochraceus* *Penicillium frequentans* และ *Paecilomyces varioti*

ในปี ค.ศ. 2003 S. Roy et al. [42] ได้ทำการแยกและจำแนกชนิดของเชื้อรากที่ได้จากแผ่นยางพาราที่มีการปนเปื้อนของเชื้อราก โดยสายพันธุ์เชื้อรากที่พบ คือ *Penicillium digitatum* และ *Aspergillus flavus*

ในปี พ.ศ. 2551 สุพรรษา ชาญด้วยกิจ [9] ได้ทำการแยกและจำแนกชนิดของเชื้อรากจากตัวอย่างยางพาราแผ่นที่มีการปนเปื้อนของเชื้อรากจาก 13 แหล่งในภาคใต้ทางฝั่งทะเลตะวันออก และตะวันตกของประเทศไทย โดยเชื้อรากที่พบบ่อยบนยางพาราแผ่นอยู่ในจีนัส *Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. *Fusarium* spp. *Cladosporium* spp. *Mucor* sp. *Trichoderma* sp.

Rhizopus sp. *Geotrichum sp.* *Tritirachium sp.* *Daldinia eschscholzii* และ *Schizophyllum commune*

ในปี ค.ศ. 2014 S. Shamsi et al. [13] ได้ทำการแยกและจำแนกชนิดของเชื้อราจากตัวอย่างยางพาราแผ่นที่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยสายพันธุ์เชื้อราที่พบ คือ *Aspergillus flavus* *Aspergillus fumigates* *Aspergillus niger* *Cladosporium cladosporioides* *Corynespora cassiicola* *Collectotrichum sp.* *Fusarium sp.* *Mucor sp.* *Penicillium sp.* และ *Trichoderma viride*

2.16.2 ผลกระทบจากเชื้อราที่มีต่อยางธรรมชาติและสุขภาพของเกษตรกร

การที่มีเชื้อราปนเปื้อนบนแผ่นยางส่งผลทำให้แผ่นยางมีคุณภาพลดลง คือ สีเปลี่ยนน้ำหนักของแผ่นยางลดลง และทำให้สมบัติของยางธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ปัญหาการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตยางแผ่น

ในปี ค.ศ. 2001 A. Linos et al. [43] และในปี ค.ศ. 2013 A. A. Shah et al. [44] ได้กล่าวอ้างถึงงานวิจัยของนักวิจัยหลาย ๆ คนที่ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายยางธรรมชาติด้วยเชื้อรา เช่น ในปี ค.ศ. 1928 O. De Vries ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการย่อยสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของยางจากเชื้อรา 2 สายพันธุ์ คือ *Penicillium sp.* และ *Aspergillus sp.* พบว่า ชีวมวลของเชื้อราเพิ่มขึ้นถึง 6% และน้ำหนักสุดท้ายของยางเกิดการสูญเสียเพิ่มขึ้นจาก 15.5% หลังจากบ่มเชื้อ 19 เดือน เป็น 30.9% หลังจากบ่มเชื้อ 5 ปี และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อพบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักของยางเพียงเล็กน้อย ในปี ค.ศ. 1938 V.O. Kalinenko รายงานว่าเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus oryzae* และ *Penicillium sp.* สามารถย่อยสลายยางได้ ในปี ค.ศ. 1980 D. Kwiatkowska และคณะ ได้นำแผ่นยางธรรมชาติที่ผ่านการวัดค่าไนซ์แล้วมาทดสอบด้วยการฝังดินพบว่ายางธรรมชาติเกิดการสูญเสียน้ำหนักมากถึง 40% ของน้ำหนักยางตอนเริ่มต้น หลังจาก 91 วัน และเมื่อทำการแยกเชื้อราจากพื้นผิวของยางพบเชื้อราสายพันธุ์ *Fusarium solani* เป็นหลัก ในปี ค.ศ. 1982 G.R. Williams ได้ทำการนำเชื้อราสายพันธุ์ *Penicillium variabile* มาทำเป็นสารเขายานลอยของสปอร์เชื้อราและนำไปปลูกเชื้อลงบนแผ่นยางرمควัน พบว่าน้ำหนักของยางหายไปถึง 13% หลังจากการปลูกเชื้อเป็นเวลา 56 วัน และในปี ค.ศ. 1982 M. Borel et al. ได้รายงานว่าเชื้อราสายพันธุ์ *Fusarium solani* *Cladosporium cladosporioides* และ *Paecilomyces lilacinus* สามารถย่อยสลายยางได้

ในปี ค.ศ. 2013 G. Nayanashree and B. Thippeswamy [15] ได้ศึกษาการย่อยสลายยางธรรมชาติด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Penicillium sp.* พบว่าในระยะเวลา 3 เดือน

เชื้อรา *Aspergillus niger* ทำให้น้ำหนักของยางหายไป 28.3% ในขณะที่ *Penicillium* sp. ทำให้น้ำหนักของยางหายไป 25.9%

ในปี ค.ศ. 2014 N. K. Abd-Ali [17] ได้ศึกษาสมบัติการสือมสภาพของยางธรรมชาติ ที่มีการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลทรรศน์บางชนิด พบว่ายางธรรมชาติ (SVR 20 และ SMR 20) ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus niger* มีค่าความทนทานต่อแรงดึงและการยืดตัว ณ จุดขาดต่ำกว่า ยางที่ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา

ในปี พ.ศ. 2555 ประภัสสร อักษรพันธ์ และคณะ [18] ได้ศึกษาปัจจัยคุณภาพจากการทำงานและภาวะสุขภาพตามความเสี่ยงของคนงานโรงงานยางแผ่นร่มคันวัน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างรับรู้เกี่ยวกับการสัมผัสปัจจัยคุณภาพในสภาพแวดล้อมการทำงานและสภาพการทำงานของกระบวนการผลิตยางแผ่นร่มคันวัน ดังนี้ ท่าทางการทำงานที่ก้มหรืองอศีรษะ (100%) เครื่องจักร/เครื่องมือ/อุปกรณ์ของมีคม (87.21%) เชื้อรา (85.39%) สารเคมี (82.65%) และฝุ่นควัน (80.82%) จากการสังเกตโดยใช้แบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว พบร่วม 47.49% มีความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับท่าทางการทำงานอยู่ในระดับสูงมาก ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นควันและสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของฝุ่นควันพบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐานในทุกจุดเสี่ยงที่ทำการตรวจวัด สำหรับภาวะสุขภาพตามความเสี่ยงจากการทำงาน พบร่วม อาการผิดปกติที่พบบ่อยของแต่ละระบบ นี้ ดังนี้ ระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ คือ ปวดหรือเมื่อยล้าหลัง (63.01%) และปวดไหล่ (58.90%) ระบบทางเดินหายใจ คือ ระคายเคืองจมูก/คอ (58.90%) และจาม (57.99%) ระบบประสาท คือ เวียนศีรษะ (45.21%) และปวดศีรษะ (28.31%) ระบบผิวนัง คือ คันบริเวณผิวนังและเล็บจากการเป็นเชื้อรา (26.03%)

2.16.3 วิธีการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

2.16.3.1 วิธีการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยใช้สารเคมี

ในปี พ.ศ. 2536 ณ พรตต์น์ วิชิตชลชัย และคณะ [10] ได้ศึกษาวิธีการผลิตยางแผ่นดิบป้องกันเชื้อรา โดยการชุบยางแผ่นดิบที่ผลิตตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยยาง ในสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราแคปแทน อัตรา 15, 30 และ 45 ช.น./20 L ซีแนบ 80 อัตรา 15, 30 และ 45 ช.น./20 L คุปราวิท อัตรา 15, 30 และ 45 ช.น./20 L เปรียบเทียบกับสารเคมีพาราโนโตรฟินอล อัตรา 0.1% w/v ซึ่งเป็นสารที่แนะนำให้ใช้ป้องกันกำจัดเชื้อราในปัจจุบัน แต่พาราโนโตรฟินอล หาซื้อด้วยยากในห้องทดลอง นอกจากการชุบด้วยสารเคมีแล้ว ได้ปรับปรุงวิธีการผลิตโดยใช้อัตราส่วนน้ำยาง: น้ำ เป็น 2: 2 เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการชุบสารเคมี พบร่วม ในช่วงหน้าแล้งไม่เกิดเชื้อราบนแผ่นยางดิบทุกวิธีการ จึงไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี ในการป้องกันเชื้อรา ในช่วงฤดูฝน การชุบสารเคมีแคปแทน ทั้ง 3 อัตรา จะป้องกันการเกิดเชื้อราได้ดีใกล้เคียงกับการใช้สารเคมีพาราโนโตรฟินอล คือ มีเชื้อราเกิดขึ้นน้อยมาก สารแคปแทนสามารถหาซื้อด้วยในห้องทดลอง ราคาสารเคมีก็ไม่แพงมาก ส่วน

การปรับปรุงวิธีการผลิตโดยใช้อัตราส่วนน้ำยา: น้ำ เท่ากับ 2:2 ก็พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เชื้อราลดลงจากวิธีปกติ แต่ปริมาณการเกิดเชื้อราก็ยังสูงกว่าการซุบยางแผ่นด้วยพาราในไตรฟีโนลและแคปแทน

ในปี พ.ศ. 2003 S. Roy et al. [42] ได้ศึกษาวิธีการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราที่แยกได้จากแผ่นยางพาราที่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิด ด้วยวิธี Poisoned food technique พบว่าสารป้องกันกำจัดเชื้อรา คาร์เบนดาซิม (Carbendazim) และ คาลิกซิน (Calixin) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Penicillium digitatum* ได้ 100% ที่ความเข้มข้น 1 ppm ในขณะที่สารป้องกันกำจัดเชื้อราคوبเปอร์ (Copper) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Penicillium digitatum* ได้ 100% ที่ความเข้มข้น 50 ppm สำหรับเชื้อรา *Aspergillus flavus* สารป้องกันกำจัดเชื้อราคาลิกซิน สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ 100% ที่ความเข้มข้น 50 ppm

ในปี พ.ศ. 2551 สุพรรษา ชาญด้วยกิจ [9] ได้ศึกษาวิธีการควบคุมการเจริญของเชื้อราบนยางพาราแผ่นโดยใช้สารเคมี โดยการคัดเลือกเชื้อราจำนวน 27 ไอโซเลต (*Aspergillus* spp. 10 ไอโซเลต *Penicillium* spp. 6 ไอโซเลต *Fusarium* spp. 4 ไอโซเลต *Rhizopus* spp. 2 ไอโซเลต *Cladosporium* spp. 3 ไอโซเลต *Mucor* sp. 1 ไอโซเลต และ *Geotrichum* sp. 1 ไอโซเลต) นำมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา ด้วยวิธี Hyphal extension-inhibition assay พบว่า สารยับยั้งเชื้อราที่มีประสิทธิภาพคือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โพแทสเซียมซอร์เบต โพแทสเซียมเบนโซเอตและกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 10% และน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ที่ความเข้มข้น 100% เมื่อนำสารยับยั้งทั้ง 5 ชนิดนี้ ไปทดสอบหาค่า MIC กับเชื้อราทั้ง 27 ไอโซเลต พบว่า เชื้อราที่มีความทนทานต่อสารยับยั้งมากที่สุดคือ *Aspergillus* (SR 9) โดยมีค่า MIC ของโพแทสเซียมซอร์เบต 10% (w/v) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% (w/v) โพแทสเซียมเบนโซเอต 5% (w/v) กรดอะซิติก 0.313% (v/v) และน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ 6.25% (v/v) ที่เวลา 72 hr (ปั่นไว้ที่อุณหภูมิห้อง) นอกจากนี้ยังพบว่า โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 2 เท่าของ MIC สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางพาราแผ่นได้มากกว่า 7 วัน

ในปี พ.ศ. 2554 กิตติภานต์ ภูแก้ว [11] ได้ศึกษาวิธีการใช้สารเคมีสำหรับยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บนยางแผ่นดิบ โดยทำการแยกจุลินทรีย์ที่ขึ้นบนยางแผ่นดิบ และใช้สารเคมีที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งจากการแยกจุลินทรีย์บนยางแผ่นดิบ พบว่าจุลินทรีย์ที่ขึ้นบนยางแผ่นดิบคือ รา ได้แก่ *Penicillium* sp. 3 สายพันธุ์ และ *Aspergillus* sp. 5 สายพันธุ์ เมื่อนำไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ด้วยสารเคมี 6 ชนิด คือ Sodium sorbate Sodium perborate Sodium dehydroacetate น้ำยาฆ่าเชื้อที่มี Parachlorometacresol Ethyl alcohol และน้ำยาประเภท Linear alkylbenzene sulfonate

ทำการวัดประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของสารเคมีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณใส (Clear zone) หลังจากการบ่ม 7 วัน พบว่า น้ำยาฆ่าเชื้อที่มี Parachlorometacresol มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด

2.16.3.2 วิธีการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร

ในปี พ.ศ. 2536 พรทิพย์ ชุมภูมิ่ง [45] ได้นำสารสกัด 33 สาร ที่ความเข้มข้น 5,000 ppm ซึ่งสกัดจากพืชสมุนไพรเครื่องเทศ 11 ชนิด โดยใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ Dichloromethane Hexane และ Methanol ไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของ *Aspergillus flavus* ด้วยวิธี Poisoned food technique จากนั้นนำสารสกัด 8 สาร (จากพืช 6 ชนิด) ที่คัดเลือกได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญทางเส้นใย ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่า การพลุที่สกัดด้วย Dichloromethane และ Hexane มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงสุด คือ 100% ที่ระดับความเข้มข้น 35 ppm

ในปี พ.ศ. 2543 แสงระวี แก้วเมืองฝาง [46] ได้นำพืชสมุนไพร 12 ชนิด คือ ผักกาดขาว เสลดพังพอนตัวเมีย กระเทียม ขมิ้นชัน ทองพันชั่ง พ้าทะลายโจร มะระเข็ง กะหรี่เพ็ด กล้วยน้ำว้า ชุมเห็ดเทศ บัวบกและกระชาย มาสกัดด้วยเอทานอล 95% และได้คลอโรเมทีน ตามลำดับ แล้วนำสารสกัดดังกล่าวมาตรวจสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา 4 ชนิด ซึ่งแยกจากผู้ป่วยโรคเออดส์ ในตระกูล *Saccharomyces cerevisiae* *Candida albicans* *Penicillium marneffei* และ *Cryptococcus neoformans* โดยวิธี Agar disc diffusion จากการศึกษาพบว่า สารสกัดของกระเทียม จะมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราทุกชนิด สารสกัดจากกระชาย ทองพันชั่ง มะระเข็ง ขมิ้น มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรานิด *Penicillium marneffei* เพียงอย่างเดียว ส่วนสมุนไพรอื่นไม่สามารถยับยั้งเชื้อราทุกชนิดได้

ในปี พ.ศ. 2543 อุ่รวรรณ ดิลกคุณานันท์ และคณะ [47] ได้ทำการสกัดในพลุแห้ง (*Piper betel* Linn.) ด้วยตัวทำละลาย 6 ชนิด คือ เยกเซน คลอโรฟอร์ม ไดเอทิลออกไซด์ อะซ్ตีโนน เอทานอล และเมทานอล และทดสอบการออกฤทธิ์ของสารสกัดที่ได้ต่อเชื้อราที่แยกได้จากเปลือกตันนนทรีแห้ง (*Peltophorum dasyrachis* (Miq.) Kurz.ex Baker) 4 ชนิด คือ *Aspergillus niger* *Aspergillus flavus* *Aspergillus japonicas* และ *Penicillium monotichillate* โดยใช้เทคนิค disc diffusion และใช้ความเข้มข้นของสารสกัด 10,000, 100,000 และ 250,000 พีพีเอ็ม พบว่า สารสกัดในพลุที่ได้จากตัวทำละลายทั้ง 6 ชนิด ที่ความเข้มข้น 100,000 และ 250,000 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราดังกล่าวทั้ง 4 ชนิดได้ เมื่อนำสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลาย เอทานอลมาทดสอบการออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่แยกได้จากห้องน้ำและห้องอับชื้น 7 ชนิด คือ *Aspergillus flavus* (Group) *Penicillium* sp. *Fusarium* sp. 1 *Fusarium* sp. 2 *Phoma* sp. *Cladosporium* sp. และ *Curvularia lunata* โดยใช้ความเข้มข้นของสารสกัด 10,000, 100,000

และ 200,000 พีพีเอ็ม พบว่า สารสกัดที่ความเข้มข้น 100,000 และ 200,000 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรากต่างๆได้ เช่นเดียวกัน

ในปี ค.ศ. 2004 S. Phongpaichit et al. [48] ได้ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราของสารสกัดเมทานอลจากใบชุมเห็ดเทศ (*Cassia alata* L.) ซัยพุกง (Cassia fistula L.) และชุมเห็ดไทย (*Cassia tora* L.) ต่อเชื้อราก่อโรค 3 ชนิด (*Microsporum gypseum* *Trichophyton rubrum* และ *Penicillium marneffei*) พบว่า สารสกัดจากใบชุมเห็ดเทศมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้ง *Trichophyton rubrum* และ *Microsporum gypseum* ส่วนสารสกัดจากใบซัยพุกงมีฤทธิ์ยับยั้ง *Penicillium marneffei* ได้ดีที่สุด

ในปี พ.ศ. 2548 อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และคณะ [49] ได้ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* *Eurotium sp.* *Penicillium chrysogenum* และเชื้อ *Rhizopus stolonifer* ของน้ำมันหอมระ夷จากการพลุ ชิง และอบเชย ด้วยวิธี disc agar diffusion พบว่า น้ำมันอบเชยออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Eurotium sp.* *Penicillium chrysogenum* และ *Aspergillus flavus* ได้ดีกว่าน้ำมันกานพลูและน้ำมันชิงในระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันอบเชยในการยับยั้งเชื้อราทั้ง 3 ชนิดนี้ คือ 12,500, 12,500 และ 50,000 พีพีเอ็ม ตามลำดับ น้ำมันอบเชยและน้ำมันชิงไม่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Rhizopus stolonifer* ในขณะที่น้ำมันกานพลูออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรากชนิดนี้ได้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันกานพลูในการยับยั้งเชื้อรากนิดนี้ คือ 100,000 พีพีเอ็ม

ในปี พ.ศ. 2549 นิรัติศา แซ่ตัน [50] ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากพีช 6 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข้าว ขิงตะไคร้ ห้อมแดง และหอมหัวใหญ่ ซึ่งสกัดโดยใช้น้ำ เอทานอล หรือ เมทานอล ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรากจำนวน 6 ไอโซเลต ได้แก่ *Aspergillus niger* 1 *Aspergillus niger* 2 *Penicillium sp.* 1 *Penicillium sp.* 2 *Penicillium sp.* 3 และ *Penicillium sp.* 4 ใช้การทดสอบด้วยวิธี Well diffusion บนอาหาร PDA และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนใส่ที่เกิดขึ้น พบว่าสารสกัดจากกระเทียมสดที่สกัดด้วยน้ำให้ผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 6 ไอโซเลต ดีกว่าสารสกัดด้วยน้ำจากพีชชนิดอื่น ๆ ในขณะที่สารสกัดจากข้าวแห้งที่สกัดด้วยเอทานอลให้ผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 6 ไอโซเลต ดีกว่าสารสกัดจากข้าวแห้งและขิงแห้งที่สกัดด้วยเมทานอลให้ผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 6 ไอโซเลต ดีกว่าสารสกัดเมทานอลจากพีชชนิดอื่น ๆ

ในปี พ.ศ. 2550 ปิยะวดี เจริญวัฒนา [51] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดพลุในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยการนำสารสกัดเมทานอลจากใบพลุ (*Piper betle* L.) ละลายในตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ อะซิติดน ไดคลอโรเมเทน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ซึ่งเป็นเชื้อราที่

สามารถผลิตสารอะฟลาโทกซินและเป็นปีอ่อนในผลิตผลเกษตรและวัตถุดิบต่าง ๆ โดยการทดสอบด้วยวิธี Paper disc diffusion พบว่าสารสกัดขยายจากใบพลูที่ได้จากการตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิดที่ความเข้มข้น 500,000 พีพีเอ็ม ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา มีค่าของบริเวณการยับยั้งเท่ากับ 19.5, 21.0, 22.5 และ 12.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยอะซิโนเคน ไดคลอโรเมเทน และเอทิโลอะซิเตท สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* A748 ในระดับที่ใกล้เคียงกับการใช้สารเคมี

ในปี พ.ศ. 2553 ประภัสสร รักถาวร และคณะ [52] ได้ศึกษาถึงของสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูในการต้านเชื้อจุลทรรศน์ปนเปื้อนในห้องน้ำสาธารณณะ โดยการสกัดสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยพลูด้วยวิธีการสกัดเย็นตัวyle เอทานอลและกลั่นตัวyle Water steam distillation จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราที่ปนเปื้อนในห้องสาธารณณะ 7 สายพันธุ์ ได้แก่ *Aspergillus niger* *Aspergillus flavus* *Penicillium* sp. *Cladosporium cladosporioides* *Chaetomium globosum* *Rhizopus oligosporus* และ *Curvularia lunata* ด้วยวิธี Contact assay พบว่าสารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูสามารถยับยั้งเชื้อราที่ทำการทดสอบได้ทุกสายพันธุ์

ในปี พ.ศ. 2553 วริศรา ชื่นอรามย์ และคณะ [53] ได้ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืช 4 ชนิด คือ ยูคาลิปตัส แฟก มะกรูด และอบเชย ในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus terreus* *Aspergillus* sp. *Rhizopus stolonifer* และ *Penicillium* sp. โดยศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อราด้วยวิธี Disc diffusion method โดยใช้น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 0 (Control) 100 และ 200 พีพีเอ็ม ปริมาตร 10 ไมโครลิตร หยดลงบนกระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยที่ความเข้มข้น 200 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus terreus* *Aspergillus* sp. *Rhizopus stolonifer* และ *Penicillium* sp. ได้ดีที่สุด คือ มีค่า Inhibition zone เฉลี่ยเท่ากับ 20.00, 16.83, 22.00 และ 20.67 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2553 ภัสสนันท์ หิรัญ และคณะ [54] ได้ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลู และอบเชยที่สกัดโดยการต้มกลัน ในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* *Aspergillus terreus* *Aspergillus fumigatus* และ *Aspergillus* sp. โดยวิธี disc diffusion assay พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยสามารถยับยั้งเชื้อ *Aspergillus* spp. ได้ดีใกล้เคียงกับน้ำมันหอมระเหยจากการพลู โดยความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยอบเชย 100 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งเชื้อ *Aspergillus niger* *Aspergillus terreus* และ *Aspergillus* sp. ได้มี clear zone เท่ากับ 72.7, 65.33 และ 78.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *Aspergillus fumigates* พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยเข้มข้น 30 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรากนิดนี้ได้ดีโดยไม่เกิดการเจริญของเชื้อรากบนอาหารเลี้ยง

ในปี พ.ศ. 2554 H. sukorini และสมศิริ แสงโชค [55] ได้ศึกษาการควบคุมโรคผลเน้าราสีเขียวที่เกิดจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* (Pers.: Fr.) Sacc. ซึ่งเป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลส้ม โดยใช้สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ ตะไคร้ ขิง มะระ ขมิ้น กานพลู อบเชย และบอร์เพ็ด พบร้า สารสกัดหยาบจากการพลุที่ระดับความเข้มข้น 5,000-20,000 พีพีเอ็ม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium digitatum* ได้ 100%

ในปี พ.ศ. 2555 กัลทิมา พิชัย [56] ได้ศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรในพื้นที่สะลงว อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ในการควบคุมการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum sp.* ทำการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจากพืช 12 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กระเทียม ข่า ขมิ้น ตีบลี พลุ พลุคาว ฟ้าทะลายโจร มะกรูด ส้มป่อย สะระแหน่ และสาบเสือ โดยทำการสกัดด้วยเอทานอล 95% และน้ำกลันน ทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Poisoned food technique โดยผสานสารสกัดในอาหาร PDA ที่ความเข้มข้น 1,000, 2,000 และ 3,000 พีพีเอ็ม พบร้า สารสกัดจากข่าให้ผลในการยับยั้งตีที่สุดทั้งที่สกัดด้วยเอทานอลที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 95.13, 96.08 และ 99.39% ตามลำดับ และน้ำกลันนที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 61.02, 62.73 และ 63.09% ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2555 กนกพร พุลผล [57] ได้ศึกษาความสามารถของสารสกัดพืชสมุนไพร 10 ชนิด ได้แก่ กานพลู ขิง ตะไคร้หอม พริกไทยดำ พริกหอม พลุ ราชพฤกษ์ สีเสียดเทศ หม่อนและอบเชย ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด (น้ำ เอทานอล คลอโรฟอร์ม และเอกไซน) ในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราที่ผลิต อะฟลาโทกซิน ได้แก่ *Aspergillus flavus* TISTR 3366 และ *Aspergillus parasiticus* TISTR 3276 ด้วยวิธี Agar diffusion พบร้า สารสกัดเอทานอลและเอกไซนของกานพลู สารสกัดพลุด้วยตัวทำละลายทุกชนิด สารสกัดราชพฤกษ์ด้วยน้ำ สามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อราทดสอบได้ทุกชนิดอย่างสมบูรณ และสารสกัดหม่อนด้วยน้ำสามารถยับยั้งการเติบโตของ *Aspergillus flavus* TISTR 3366 ได้อย่างสมบูรณเพียงชนิดเดียว

ในปี พ.ศ. 2557 ฤทธิ์ ไทยสุชาติ และคณะ [58] ได้ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราของสารสกัดจากการพลุ พลุ และขมิ้นต่อเชื้อรา 3 ชนิด คือ *Aspergillus sp.* *Fusarium sp.* และ *Penicillium sp.* พบร้า สารสกัดจากพืชทั้งหมดที่ทดสอบมีฤทธิ์การยับยั้งเชื้อรา โดยสารสกัดจากการพลุที่ความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยยับยั้งเชื้อราทั้งหมดที่ทดสอบได้อย่างสมบูรณ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พืชสมุนไพร

พืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยพืชสมุนไพรจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า พลุ ตะไคร้ กานพลู อบเชย ชุมเห็ดเทศ ซึ่งรวบรวมจากตลาดห้องถินในจังหวัดอุบลราชธานีในเดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2556 โดยข้อมูลของพืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดลองแต่ละชนิด ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดลอง [33, 36, 59]

พืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่ออื่นๆ	วงศ์	ส่วนที่ใช้
กระเทียม	<i>Allium sativum</i> Linn.	Garlic Allium	Alliaceae	หัว
กานพลู	<i>Syzygium aromaticum</i> Linn. Merr. & Perry.	Clove	Myrtaceae	ดอกตูม
ข่า	<i>Alpinia galanga</i> (Linn.) Swartz.	Galanga	Zingiberaceae	เหง้า
ชุมเห็ดเทศ	<i>Cassia alata</i> Linn.	Ringworm Bush	Leguminosae	ใบ
ตะไคร้	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC) Stapf.	Lemongrass	Gramineae	ลำต้น
พลุ	<i>Piper betle</i> Linn.	Betel Pepper	Piperaceae	ใบ
อบเชย	<i>Cinnamomum verum</i> J.S. Presl	Cinnamon	Lauraceae	เปลือกต้น

3.2 สารเคมีและอาหารเตี้ยงเชื้อรา

สารเคมีและอาหารเตี้ยงเชื้อราที่ใช้ในการวิจัย ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สารเคมีและอาหารเตี้ยงเชื้อรา

สารเคมี	ความบริสุทธิ์ (%)	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
Potato dextrose agar	-	HiMedia Laboratories
D (+) Glucose anhydrous	-	Carlo Erba
Peptone	-	HiMedia Laboratories
Tween 20	-	Acros Organics
Dichloromethane	99.9	Carlo Erba
Dimethylsulphoxide	99.9	Carlo Erba
Sodium sulphate anhydrous	99	Carlo Erba
Acetic acid	99.8	Carlo Erba
Chloramphenicol	99	Fluka
Agar	-	Italmar
Hexane	95	Italmar
Ethyl acetate	95	Italmar
Methanol	95	Italmar
Ethanol	95	Italmar
Captan ((3aR,7aS)-2- [(trichloromethyl)thio]-3a, 4, 7, 7a-tetrahydro-1 <i>H</i> -isoindole- 1,3(2 <i>H</i>)-dione))	50	ที.พี.ฟาร์เมอร์ จำกัด
Zinc oxide	-	Wizard chemical Co., Ltd.
Stearic acid	-	Wizard chemical Co., Ltd.
Sulfur	-	Wizard chemical Co., Ltd.
<i>N</i> - <i>tert</i> -butyl-2-benzothiazole sulfenamide	-	Wizard chemical Co., Ltd.
Carbon black (N330)	-	Wizard chemical Co., Ltd.

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
Autoclave	ALP รุ่น KT-30L บริษัท Sithiphorn Associates Co., Ltd.
Laminar air flow	Telstar รุ่น Bio-II-A/G
Analytical balances	Sartorius บริษัท Lab Leader Co., Ltd.
Hot air oven	Memmert รุ่น UF บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd.
Micropipette	Biohit รุ่น Proline
Platform shaker	New brunswick scientific innova 2000 บริษัท Scientific promotion Co., Ltd.
pH meter	Metrohm
Light microscope with digital camera	กล้อง Zeiss และ Canon รุ่น Primo star บริษัท Rushmore Precision Co., Ltd.
Rotary evaporator	Heidolph บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd.
Freeze dryer	Flexi-dry รุ่น FD-3-55D-MP บริษัท Science engineer international Co., Ltd.
Shore durometer	Sundoo Instruments รุ่น SLX-A บริษัท B.N.C. Tooling Co., Ltd.
Universal tensile tester	tensiTECH+ รุ่น A024A บริษัท CG Engineering Ltd., Part.
Two roll-mill	บริษัท LABTECH
Tissue growth chamber	Contherm รุ่น 610R บริษัท Lab focus Co., Ltd.
Moving die rheometer	TECHPRO รุ่น rheoTECH MD+
Filter paper	Whatman
Paper disc	Whatman บริษัท GE Healthcare Life Sciences
Loop	-

ตารางที่ 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ (ต่อ)

เครื่องมือและอุปกรณ์	ผู้ผลิต/ผู้จำหน่าย
Slide and cover slide	-
Measuring pipette	-
Forceps	-
Round bottom flask	-
Thermometer	-
Three way adapter	-
Plate	-
Erlenmeyer flask	-
Test tube	-
Condenser	-
Haemacytometer	-

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างยางแผ่นที่มีเชื้อราจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นจำนวน 4 แหล่งในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอเชียงใน อำเภอตระการพีชผล และอำเภอโนนสัก

3.4.2 การวิเคราะห์สมบัติของยางแผ่น

3.4.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสิ่งระเหย (Volatile matter content)

สิ่งระเหยในยางส่วนใหญ่เป็นความชื้น ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้ยางเกิดราได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น โดยมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

- 1) นำยางแผ่นที่ต้องการวิเคราะห์ไปบดด้วยเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง (Two-roll mill)
- 2) ซึ่งยางแผ่นที่ผ่านการบดแล้วให้เดินหนัก 10 ± 0.0001 กรัม
- 3) เรียงตัวอย่างยางแผ่นลงบนตะแกรงอะลูมิเนียม นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ± 3 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง
- 4) นำยางออกจากตู้อบ และนำยางแต่ละชิ้นใส่ลงในถุงพลาสติก พับปากถุง 3 ครั้ง พับครึ่งอีกครั้ง และนำไปบนไฟกับที่หนีบ

5) ปล่อยยางในถุงพลาสติกให้เย็นโดยเก็บไว้ในตู้เดซิเคเตอร์ ใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นนำยางแผ่นที่ได้ไปซึ่งหน้าหนักหลังอบ

6) คำนวณหาปริมาณสิ่งระเหยจากการ

$$\text{ปริมาณสิ่งระเหย} = (\text{น้ำหนักสิ่งระเหย}/\text{น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนอบ}) \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{หรือ} = [(A-B)/A] \times 100\%$$

เมื่อ A = น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนอบ (กรัม)

B = น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังอบ (กรัม) [40]

3.4.2.2 การวัดค่าพีเอช (pH)

นำยางแผ่นที่ต้องการทดสอบหาค่าพีเอช มาแตะด้วยกระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH paper) ที่จุ่มด้วยน้ำกลิ้น เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของกระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง

3.4.3 การแยกเชื้อราจากยางแผ่น

3.4.3.1 นำยางแผ่นที่เก็บมาได้จากทั้ง 4 แหล่ง มาตัดให้มีขนาดประมาณ 5×5 ตารางมิลลิเมตร นำมาซึ่งให้ได้น้ำหนักประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในน้ำกลิ้นปลดดเชื้อปริมาตร 90 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที

3.4.3.2 นำสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อรามาทำการเจือจางแบบสิบเท่า (Ten-fold serial dilutions) จะได้ระดับความเจือจางที่ 10^{-1} ถึง 10^{-4}

3.4.3.3 ปีเปตสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อรามาที่ระดับความเจือจางต่าง ๆ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมคลอแรม芬ิกอล (Chloramphenicol) ทำการกระจายเชื้อด้วยเทคนิค Spread plate และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโนнеเชื้อรานานาอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.4.3.4 จากนั้นทำการบ่มเชื้อต่อที่อุณหภูมิห้องจนครบ 72 ชั่วโมง ทำการแยกเชื้อราให้บริสุทธิ์ด้วยการตัดชิ้นวุ้นบริเวณที่มีปลายเส้นใยของเชื้อรา แล้วนำไปวางไว้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA นานใหม่ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5-7 วันทำซ้ำจนได้เชื้อราระบิสุทธิ์

3.4.3.5 เก็บรักษาราเชื้อราบริสุทธิ์ในหลอดอาหารเอียง (PDA slant) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็น Stock culture ตัดแปลงจากงานวิจัยของสุพรรษา [9]

3.4.4 การจำแนกชนิดของเชื้อรา

จำแนกชนิดของเชื้อราโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยการตรวจดูลักษณะโคโนเน ของเชื้อราด้วยตาเปล่า (Macroscopic morphology) และการตรวจดูลักษณะภายในตัวกล้องจุลทรรศน์

(Microscopic morphology) จากนั้นทำการคัดเลือกเชื้อราที่พบรากที่สุด 3 อันดับแรกบันย่างแผ่นไปตรวจหาลำดับเบส โดยอาศัยวิธีการทางอนุชีววิทยาระดับโมเลกุล ณ ห้องปฏิบัติการราวิทยา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

3.4.5 การเตรียมสารสกัดหมายابจากพีชสมุนไพร

3.4.5.1 พีชสมุนไพรสดได้แก่ กระเทียม ข่า พลู ชุมเห็ดเทศ และตะไคร้ นำมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

3.4.5.2 จากนั้นนำพีชสมุนไพรที่แห้งแล้ว และดอกตูมของกานพลู มาบดให้ละเอียด ซึ่งพีชสมุนไพรเดียวจำนวน 7 ชนิด คือ กระเทียม ข่า พลู กานพลู อบเชย ชุมเห็ดเทศ และตะไคร้มาตัวอย่างละ 100 กรัม และพีชสมุนไพรผสม (อัตราส่วน 1: 1) จำนวน 3 ชนิด คือ ข้าวผัดกานพลู ผสมอบเชย และกานพลูผสมตะไคร้ ใส่ในขวดเก็บสาร

3.4.5.3 นำไปแช่เพื่อสกัด โดยวิธี Sequential solvent extraction ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด โดยเรียงลำดับจากตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำไปขึ้นขั้วสูง คือ เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ตามลำดับ โดยเริ่มจากการเติมตัวทำละลายเชกเซน ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ลงในขวดสมุนไพรแต่ละชนิด ปิดฝา แช่ไว้เป็นเวลา 7 วัน

3.4.5.4 สารสกัดที่ได้นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง สำลี และกระดาษกรองเบอร์ 1 ตามลำดับ จากนั้นนำไประเหยเอาราดตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดหมายابของชั้นเชกเซน

3.4.5.5 นำกาพีชที่เหลือจากการสกัดด้วยตัวทำละลายเชกเซน ไปสกัดต่อด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท โดยทำการทดลองเหมือนกับข้อ (3) และ (4) จะได้สารสกัดหมายابของชั้นเอทิลอะซิเตท

3.4.5.6 นำกาพีชที่เหลือจากการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ไปสกัดต่อด้วยตัวทำละลายเมทานอลโดยทำการทดลองเหมือนกับข้อ (3) และ (4) จะได้สารสกัดหมายابของชั้นเมทานอล

3.4.5.7 นำสารสกัดหมายابเชกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล มาระเหยเอาราดตัวทำละลายออกอีกครั้งในตู้ดูดควัน นำไปแช่แข็งในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียสและทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dryer

3.4.5.8 สารสกัดหมายابเชกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ที่แห้งแล้วไปซึ่งหน้าหักและคำนวนหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณสารสกัดหมายابที่ได้ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสารสกัดหมายابแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของพีชสมุนไพรแห้งที่ใช้สกัด (กรัม)}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.4.6 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่แยกได้จากยางแผ่น โดยวิธี Paper disc diffusion

3.4.6.1 นำเชื้อราที่พบรากที่สุด 3 อันดับแรกบนยางแผ่น ได้แก่ *A. flavus*, *P. citrinum* และ *A. tamarii* มาเลี้ยงบนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน

3.4.6.2 จากนั้นเตรียมสารแ xenoloyของสปอร์เชื้อรา (Spore suspension) ทั้ง 3 ชนิด ด้วยการเติมน้ำกลั่นปลดเชือลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วใช้ห่วงเขี้ยวขดสปอร์บนผิวน้ำอาหาร นำไปกรองด้วยผ้าขาวบางปลดเชือเพื่อแยกเอาเส้นใยของเชื้อราออก เติม Tween 20 จำนวน 2-3 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำสารแ xenoloyของสปอร์เชื้อราไปตรวจนับจำนวนสปอร์ด้วย Haemacytometer แล้วปรับด้วยน้ำกลั่นปลดเชือให้มีความเข้มข้นของสปอร์ที่ 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร

3.4.6.3 ปีเปตสารแ xenoloyของสปอร์เชื้อราทดสอบทั้ง 3 ชนิด ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลง ในหลอดอาหาร Sabouraud's dextrose agar (SDA) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกันด้วย เครื่อง Vortex mixer จากนั้นเทหัวลงบนอาหาร SDA ที่แข็งตัวแล้วในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ให้อาหารแข็งและผิวน้ำอาหารแห้ง

3.4.6.4 นำ Paper disc ที่หยดสารสกัดหยาบแล้วที่ความเข้มข้น 10% (ภาคผนวก ๑) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร มาวางบนผิวน้ำอาหาร โดยมี Paper disc ที่หยดตัวทำละลายได้แก่ เอกเซน เอทิโลอะซิตेट และไดเมทิลชัลฟอกไซด์ เป็น Negative control และ Paper disc ที่หยดกรดอะซิติก ความเข้มข้น 10% เป็น Positive control ทำการทดลองจำนวน 3 ชุด

3.4.6.5 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ทำการบันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโต (Inhibition zone) ของเชื้อรา ดัดแปลงจากการวิจัยของปี่ยะวดี [51]

3.4.7 การทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)

การทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Two-fold dilution โดยการนำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่พบรากที่สุด 3 อันดับแรก มาเลี้ยงบนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน แล้วนำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ที่หยดตัวทำละลายมาทำการเจือจางด้วยตัวทำละลายเอกเซน เอทิโลอะซิตेट และเมทานอลที่ระดับความเข้มข้น 5, 2.5, 1.25, 0.63, 0.31, 0.16, 0.08, 0.04 และ 0.02% ตามลำดับ จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธี Paper disc diffusion โดยมี Paper disc ที่หยดตัวทำละลายได้แก่ เอกเซน เอทิโลอะซิตेट และเมทานอล เป็น Negative control และ Paper disc ที่หยดสารป้องกันกำจัดเชื้อราแคปแทน เป็น Positive control โดยใช้

ความเข้มข้นของแคปแทน 0.31% ทำการทดลองจำนวน 3 ชั้้า แล้วนำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ทำการบันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโต (Inhibition zone) ของเชื้อรา ดัดแปลงจากการวิจัยของแสงระวี และปิยะวดี และ Pompimol and et al. [46, 51, 60]

3.4.8 การเตรียมน้ำมันหอมระ夷

นำข้าและอบเชยซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราได้ดีในชั้นเยกเซน มาสกัดเป็นน้ำมันหอมระ夷 เนื่องจากตัวทำละลายเยกเซนไม่สามารถนำไปใช้ฉีดพ่นบนยางแผ่นได้โดยตรง เพราะจะทำให้ยางแผ่นมีลักษณะบวม โดยนำเหง้าข้าสตที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และเปลือกต้นอบเชยแห้งที่บดละเอียดแล้วมาทำการสกัดน้ำมันหอมระ夷ด้วยวิธีการกลั่น ในอัตราส่วนสมุนไพรต่อน้ำกกลั่น 1: 10 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นสกัดน้ำมันหอมระ夷ออกจากชั้นน้ำโดยใช้ตัวทำละลายไดคลอร์มีเทน นำไปกำจัดน้ำที่เหลืออยู่ด้วยการเติมโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส นำไปกรองและระ夷เอตัวทำละลายออกด้วยเครื่ององกลั่นระ夷สารแบบหมุน (Rotary evaporator) แล้วนำไปซึ่งหาน้ำหนักและคำนวณหาปริมาณยาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ (%Yield) นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อร่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในขั้นตอนต่อไป ดัดแปลงจากการวิจัยของ Li and et al. และ Kasim and et al. [61-62]

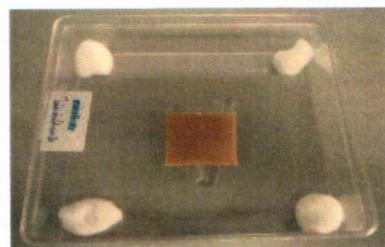
3.4.9 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระ夷ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระ夷ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Two - fold dilution ด้วยการนำน้ำมันหอมระ夷อบเชยและข้ามาทำการเจือจางด้วยตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 5, 2.5, 1.25, 0.63, 0.31, 0.16, 0.08, 0.04, และ 0.02% ตามลำดับ จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของของน้ำมันหอมระ夷ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธี Paper disc diffusion โดยมี Paper disc ที่หยดตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ เป็น Negative control และ Paper disc ที่หยดสารเคมีแคปแทน ความเข้มข้น 0.31% เป็น Positive control ทำการทดลองจำนวน 3 ชั้้า บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ทำการบันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโต (Inhibition zone) ของเชื้อรา ดัดแปลงจากการวิจัยของแสงระวี และปิยะวดี และ Pompimol et al. [46, 51, 60]

3.4.10 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น

นำสารสกัดหยาบจากอบเชยและข้าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทมาเตรียมที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราแต่ละชนิดด้วยตัวทำละลาย

เอทิลอะซิเตท จากนั้นนำมาฉีดพ่นบนยางแผ่นที่มีขนาดประมาณ 5×5 ตารางเซนติเมตร ทั้ง 2 ด้านให้ทั่วทั้งแผ่น ด้านละ 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง เตรียมกล่องพลาสติกใส โดยวางแท่งแก้วของในกล่อง จากนั้นใส่สำลีและเติมน้ำกําลังปริมาตร 6 มิลลิลิตร นำยางแผ่นที่ฉีดพ่นสารสกัดหยาบไว้แล้ววางลงในกล่อง ปิดฝากล่อง (ภาพที่ 3.1) และนำไปบ่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90% อุณหภูมิห้อง สังเกตผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อราเป็นเวลา 30 วัน เปรียบเทียบกับยางแผ่นที่ไม่ได้ฉีดพ่นตัวทำละลายหรือสารสกัดหยาบจากสมุนไพร ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทและยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31%



ภาพที่ 3.1 ยางแผ่นในกล่องควบคุมความชื้น

3.4.11 การทดสอบผลของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่มีต่อสมบัติของยางแผ่น

3.4.11.1 การทดสอบสมบัติของยางดิบ

นำยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทหรือสารสกัดหยาบจากสมุนไพร ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตทที่ความเข้มข้น 1.25% ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทนที่ความเข้มข้น 0.31% ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางดิบ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางดิบ

สมบัติ	มาตรฐาน
1. การทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก	ASTM D 1278-91a
2. การทดสอบปริมาณเน้า	ASTM D 1278-91a
3. การทดสอบปริมาณไนโตรเจน	ASTM D 3533-90
4. การทดสอบปริมาณสิ่งระเหย	ASTM D 1278-91a
5. การทดสอบดัชนีความอ่อนตัว	ASTM D 3194-84
6. การทดสอบสี	ASTM D 3157-84
7. การทดสอบความหนืด	ASTM D 1646-94

3.4.11.2 การเตรียมยางคอมพาวด์

นำยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทหรือสารสกัดหยาบจากพีชสมุนไพร ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตทที่ความเข้มข้น 1.25% ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% มาบดผสมกับสารเคมีชนิดต่างๆ โดยใช้เครื่องผสมระบบปิด (Brabender) ชนิดของโรเตอร์ที่ใช้คือ Cam blade rotor ค่า Fill Factor ที่ใช้ คือ 0.75 อุณหภูมิเริ่มต้น 70 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบโรเตอร์ 50 รอบต่อนาที โดยใช้ระยะเวลาในการผสม 10 นาที จากนั้นนำไปผสมต่อด้วยเครื่องบดยางแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) โดยใช้ระยะเวลาในการผสม 5 นาที โดยเตรียมเป็นยางคอมพาวด์ 2 สูตร คือ สูตรที่ 1 ไม่เติมเขม่าดำ และสูตรที่ 2 เติมเขม่าดำ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สูตรยางคอมพาวด์

ยางและสารเคมี	หน้าที่	ปริมาณ (phr*)	
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
ยางธรรมชาติ (Natural rubber: NR)	ยาง	100.00	100.00
ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide: ZnO)	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	5.00	5.00
กรดสเตียริก (Stearic acid)	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	2.00	2.00
กำมะถัน (Sulfur)	สารทำให้ยางคงรูป	2.25	2.25
บิวทิลเบนโซไทด์โซลฟีนามีด (N-tert-butyl-2-benzothiazole sulfenamide: TBBS)	สารตัวเร่งปฏิกิริยา	0.70	0.70
น้ำมันอะโรมาติก (Aromatic oil)	สารทำให้ยางนิ่ม	-	3.50
เขม่าดำ (Carbon black เกรด N330)	สารตัวเติมเสริมแรง	-	35.00

*phr: Part per hundred of rubber

3.4.11.3 การทดสอบลักษณะการวัลภาชนะของยางคอมพาวด์

วัดลักษณะการวัลภาชนะของยางคอมพาวด์ทั้ง 2 สูตร ด้วยเครื่อง Moving die rheometer (MDR) (ภาพที่ 3.2) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยเครื่องทดสอบจะรายงานผลเป็นค่าทอร์กต่ำสุด (M_L) ค่าทอร์กสูงสุด (M_H) ค่า Scorch time ($t_s 2$) และ Cure time ($t_c 90$)



ภาพที่ 3.2 เครื่อง Moving die rheometer (MDR)

3.4.11.4 การเตรียมและทดสอบสมบัติเชิงกลของยางวัลคานีซ์

เตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับทดสอบโดยการนำยางคอมพาวด์ไปขึ้นรูปด้วยการใส่เข้าไปในแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปชิ้นทดสอบแบบต่าง ๆ และอัดเบ้าด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก (Compression moulding machine) (ภาพที่ 3.3) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการขึ้นรูปตามระยะเวลาการวัลคานีซ์ของยางคอมพาวด์แต่ละสูตร (Cure time) ที่ได้จากเครื่อง MDR จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้ไปทดสอบสมบัติเชิงกลในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 3.3 เครื่องอัดไฮดรอลิก (Compression moulding machine)

1) การทดสอบความแข็ง (Hardness) (ASTM D 2240)

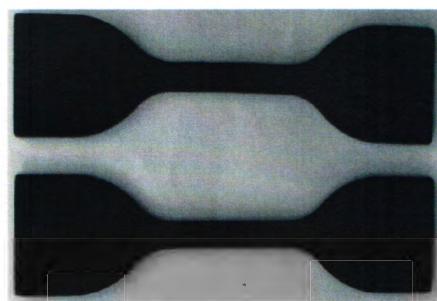
เตรียมชิ้นทดสอบที่มีความหนาอย่างน้อย 6 มิลลิเมตร นำชิ้นทดสอบไปวัดค่าความแข็งด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer) แบบ Shore A อ่านค่าความแข็งหลังจากที่ได้กดน้ำหนักลงไป 1 วินาที (ภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.4 เครื่องดูромิเตอร์ (Durometer) แบบ Shore A

2) การทดสอบสมบัติความทนทานต่อแรงดึง (Tensile properties) (ASTM D 412)

นำแผ่นยางที่อัดขึ้นรูปแล้วมาตัดเป็นชิ้นทดสอบรูปดัมเบล (ภาพที่ 3.5) ด้วยเครื่องตัดชิ้นทดสอบแบบ Die C วัดความหนาของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องไมโครมิเตอร์ จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบเพื่อหาค่าความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) โดยคุณลักษณะที่จะได้ 100% และ 300% (100% Modulus, 300% Modulus) ด้วยเครื่อง Universal tensile tester (ภาพที่ 3.6) โดยกำหนดอัตราเร็วในการดึงเท่ากับ 500 มิลลิเมตรต่อนาที



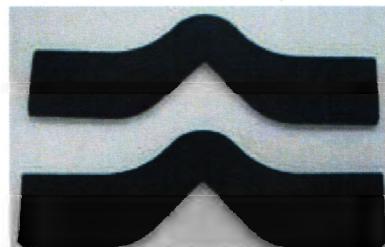
ภาพที่ 3.5 ลักษณะชิ้นตัวอย่างทดสอบรูปดัมเบล



ภาพที่ 3.6 เครื่อง Universal tensile tester

3) การทดสอบสมบัติความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear strength) (ASTM D 624)

นำแผ่นยางที่อัดขึ้นรูปแล้วมาตัดเป็นชิ้นทดสอบแบบมุ่ม (ภาพที่ 3.7) ด้วยเครื่องตัดชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาดแบบมุ่ม (Die C) วัดความหนาของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องไมโครมิเตอร์ จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบเพื่อหาค่าความทนทานต่อการฉีกขาดด้วยเครื่อง Universal tensile tester โดยกำหนดอัตราเร็วในการดึงเท่ากับ 500 มิลลิเมตรต่อนาที



ภาพที่ 3.7 ลักษณะชิ้นตัวอย่างทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาดแบบมุ่ม

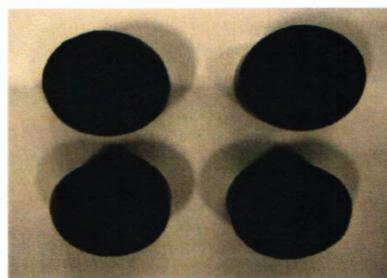
4) การทดสอบสมบัติความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องจากความร้อน (Thermal ageing) (ASTM D 573)

นำชิ้นทดสอบที่ตัดเป็นรูปดัมเบล ตามมาตรฐาน ASTM D 412 แบบ Die C และชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาดแบบมุ่ม ตามมาตรฐาน ASTM D 624 แบบ Die C เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่ได้ไปทดสอบเพื่อหาค่าความแข็ง ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) การยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) และค่าโมดูลัสที่ร้อยละ 100% และ 300% (100% Modulus, 300% Modulus)

และความหนาแนนต่อการฉีกขาด (Tear strength) ด้วยเครื่อง Universal tensile tester โดยกำหนดอัตราเร็วในการดึงเท่ากับ 500 มิลลิเมตรต่อนาที

5) การทดสอบการเสียรูปหลังการกด (Compression set) (ASTM D 395)

เตรียมชิ้นทดสอบรูปทรงกรวยบอก (ภาพที่ 3.8) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.0 ± 0.5 มิลลิเมตร มีความหนา 12.5 ± 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปทดสอบการเสียรูปหลังการกด ตามมาตรฐาน ASTM D 395 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง



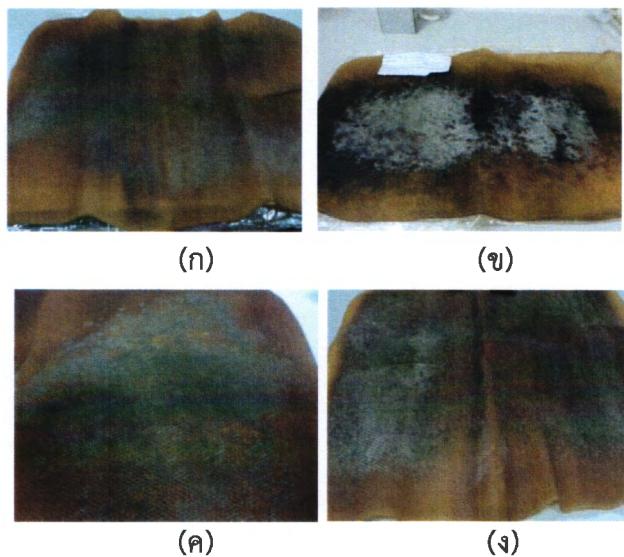
ภาพที่ 3.8 ลักษณะชิ้นทดสอบการเสียรูปหลังการกด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะของตัวอย่างยางแผ่น

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างยางแผ่นที่มีเชื้อราจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นจำนวน 4 แหล่งในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอเชียงใน อำเภอตระการพีชผล และอำเภอโนนสัก พบว่า ลักษณะของยางแผ่นที่สุ่มเก็บมาได้ในแต่ละแหล่ง มีลักษณะดังนี้ คือ ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอเมือง มีลักษณะเป็นสีดำและมีบริเวณที่เป็นสีขาวเกือบทั่งแผ่น ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอเชียงใน มีลักษณะเป็นสีดำเกือบทั่งแผ่นและมีบริเวณที่เป็นสีขาว ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอตระการพีชผล มีลักษณะเป็นสีเทาและมีบางบริเวณที่เป็นสีขาวปนเหลือง ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอโนนสัก มีลักษณะเป็นสีดำและมีบริเวณที่เป็นสีขาวเกือบทั่งแผ่น แสดงดังภาพที่ 4.1

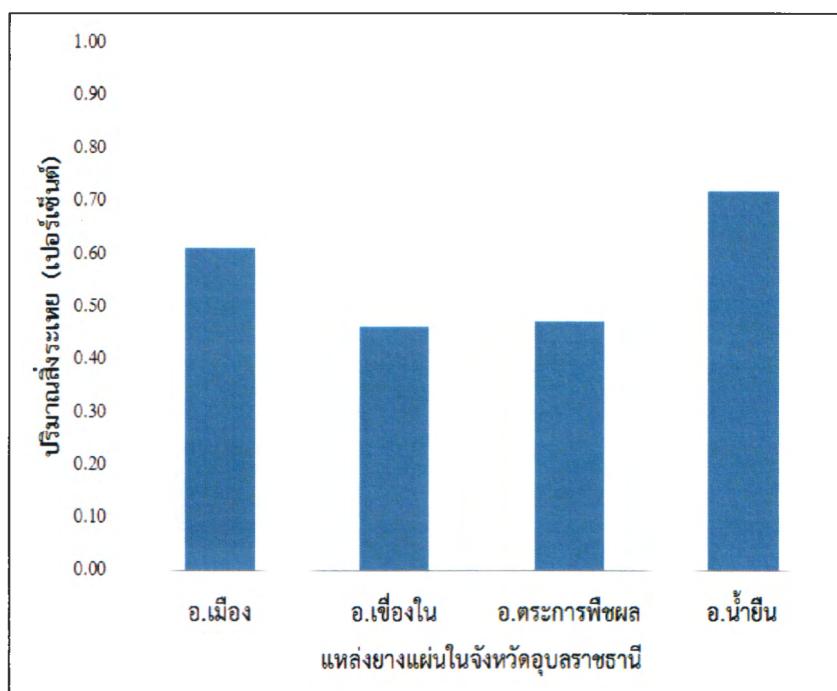


ภาพที่ 4.1 ลักษณะของยางแผ่นจากแหล่งต่าง ๆ (ก) ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอเมือง (ข) ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอเชียงใน (ค) ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอตระการพีชผล และ (ง) ยางแผ่นจากแหล่งอำเภอโนนสัก

4.2 การวิเคราะห์สมบัติของยางแผ่น

4.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสิ่งระเหย (Volatile matter content)

เมื่อนำตัวอย่างยางแผ่นที่มีเชื้อราจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นจำนวน 4 แหล่งในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อัมเภอเชียงใน อัมแพตและพีชผล และอำเภอน้ำยืน มาวิเคราะห์หาปริมาณสิ่งระเหย พบร่วมกันว่ามีปริมาณสิ่งระเหยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.46-0.72% (ภาพที่ 4.2) โดยยางแผ่นที่เก็บจากอำเภอน้ำยืนมีค่าปริมาณสิ่งระเหยสูงที่สุดคือ 0.72% ส่วนยางแผ่นที่เก็บจากอำเภอเชียงในมีค่าปริมาณสิ่งระเหยต่ำสุด คือ 0.46%



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสิ่งระเหยของยางแผ่นที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ

4.2.2 การวัดค่าพีเอช (pH)

จากการวัดค่าพีเอชของตัวอย่างยางแผ่นจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นทั้ง 4 แหล่ง พบร่วมกันว่ายางแผ่นมีค่าเฉลี่ยของ pH อยู่ระหว่าง 6-7 (ตารางที่ 4.1) สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพรรษา ที่รายงานว่า ยางแผ่นที่มีเชื้อราเจริญมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6-8 [9]

ตารางที่ 4.1 ค่าพีอีของตัวอย่างยางแผ่นจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่ง	พีอี (pH)
1. อำเภอเมือง	7
2. อำเภอเชื่องใน	6
3. อำเภอตระการพีชผล	7
4. อำเภอน้ำยืน	7

4.3 การแยกเชื้อราจากยางแผ่น

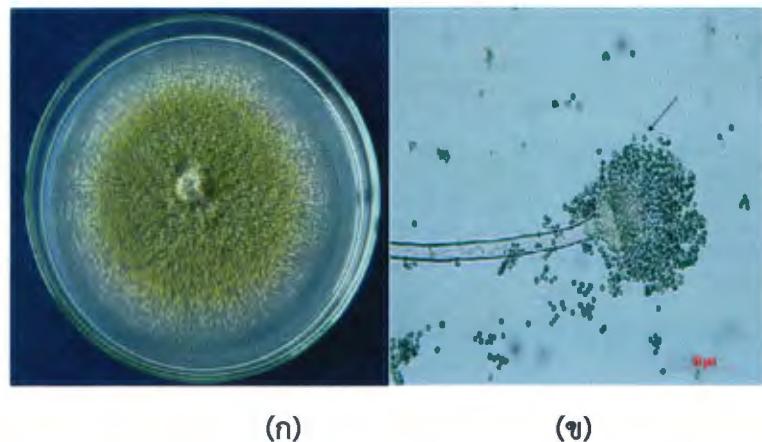
เมื่อนำตัวอย่างยางแผ่นจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นทั้ง 4 แหล่ง มาทำการแยกเชื้อราบนยางแผ่น พบร้า ปริมาณของเชื้อราที่พบบนยางแผ่นมีค่าอยู่ในช่วง 3.37×10^3 - 3.13×10^6 CFU/mL (ตารางที่ 4.2) โดยแหล่งที่มีปริมาณเชื้อรากมากที่สุดคือ อำเภอเชื่องใน รองลงมาคือ อำเภอเมือง อำเภอตระการพีชผล และอำเภอเชื่องใน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของเชื้อราที่พบบนยางแผ่นจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่ง	ปริมาณของเชื้อรา (CFU/mL)
1. อำเภอเมือง	3.37×10^3
2. อำเภอเชื่องใน	3.13×10^6
3. อำเภอตระการพีชผล	3.77×10^4
4. อำเภอเชื่องใน	6.55×10^5

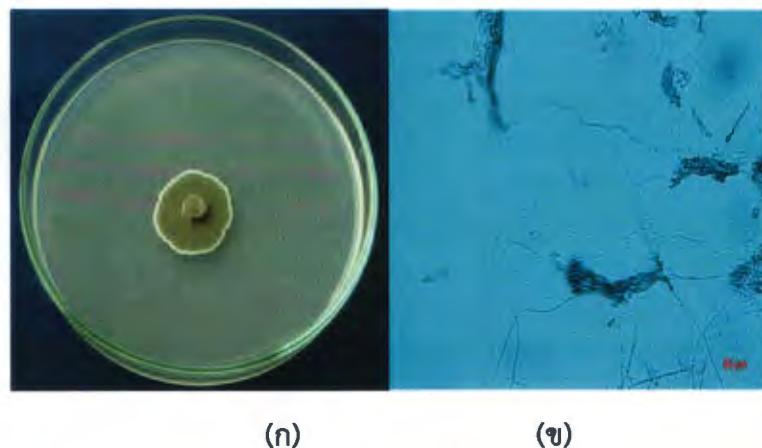
นอกจากนี้จากการแยกเชื้อราจากตัวอย่างยางแผ่นจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นทั้ง 4 แหล่ง พบร้า สามารถแยกเชื้อราได้ทั้งหมด 354 ไอโซเลต และเชื้อราที่แยกได้มีลักษณะโคลoniที่เลี้ยงบนอาหาร PDA แตกต่างกัน 38 ลักษณะ (ตารางที่ 4.3 และภาคผนวก ก) จากนั้นเมื่อนำเชื้อราทั้ง 38 ลักษณะ (38 ไอโซเลต) มาทำการตรวจดูลักษณะภายนอกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ พบร้ามีรายละเอียดของเชื้อราแต่ละไอโซเลตดังต่อไปนี้

4.3.1 ไอโซเลต T42 ลักษณะโคลoniสีเขียว ด้านล่างโคลoniสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายนอกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เส้นใยมีผนังกั้น บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีเดีย (Conidiophore) จะพองออกเป็นกระเพาะ (Vesicle) โคนิดีเดีย (Conidia) มีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.3)



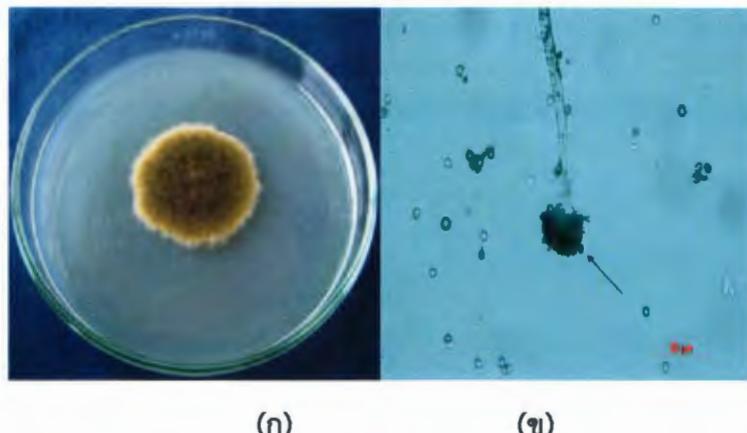
ภาพที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T42 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.2 ไอโซเลต NY39 ลักษณะโคโลนีสีเขียวอมเทา ขอบโคโลนีสีเหลือง อ่อน ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน ก้านชูconiเดียมีลักษณะยาว บริเวณปลายก้านชู มี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขวด (Flask-shaped) อยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง (Brush-like) โคนิเดียม (Conidia) มีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.4)



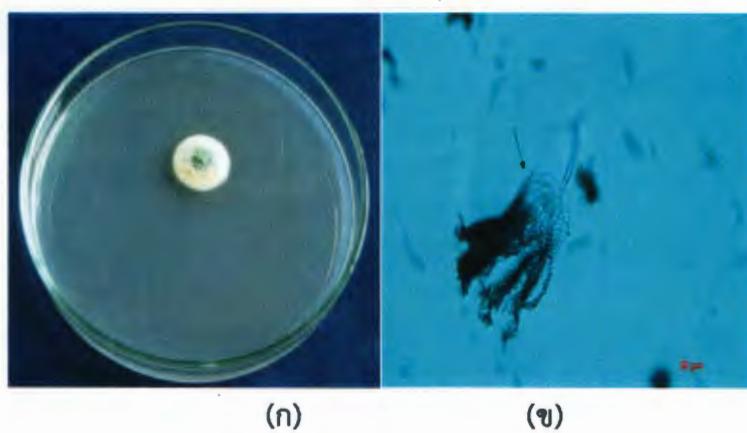
ภาพที่ 4.4 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY39 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.3 ไอโซเลต K42 ลักษณะโคโลนีสีเขียวเข้ม ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดียะจะพองออกเป็นกระเพาะ โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.5)



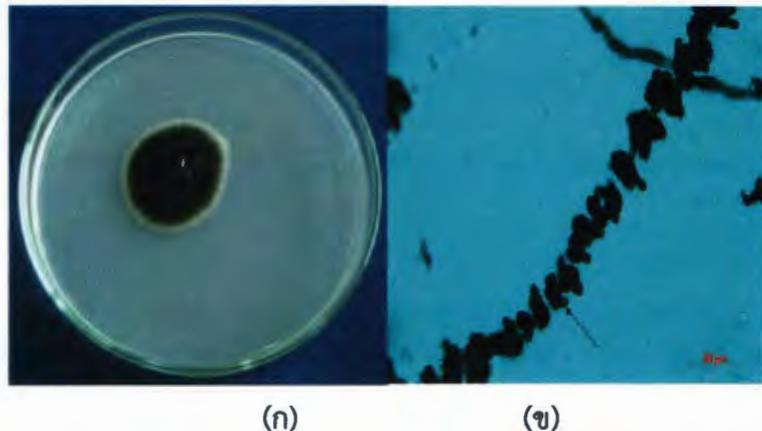
ภาพที่ 4.5 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K42 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.4 ไอโซเลต K16 ลักษณะโคโลนีสีเขียว ขอบโคโลนีสีส้ม ด้านล่างโคโลนีสีส้ม ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดียะจะพองออกเป็นกระเพาะ โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K16 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

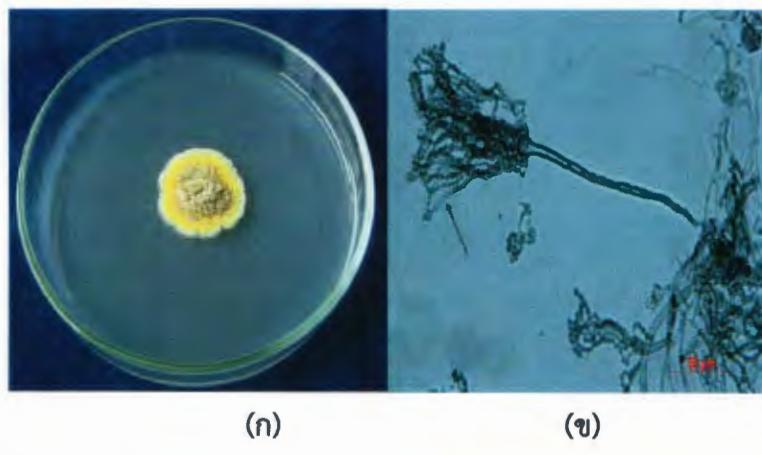
4.3.5 ไอโซเลต T72 โคโลนีมีลักษณะเป็นเส้นใยสีดำ ด้านล่างโคโลนีสีดำ ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ สปอร์มี 2 แบบ คือ มีรูปร่างรีขนาดเล็กใส และมีรูปร่างรีขนาดใหญ่สีน้ำตาล (ภาพที่ 4.7)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.7 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T72 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

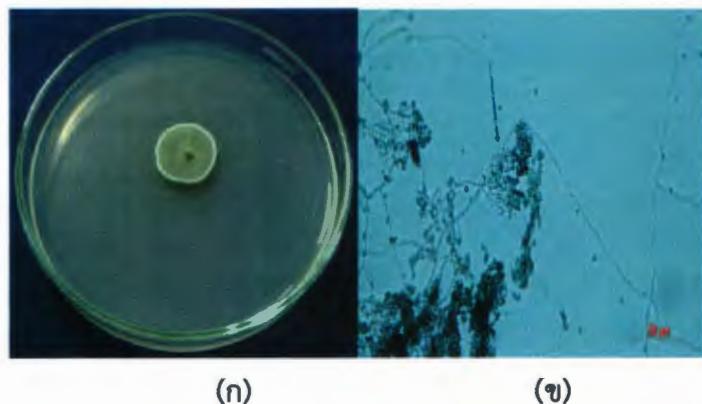
4.3.6 ไอโซเลต NY25 ลักษณะโคโลนีสีเหลือง ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านซุกอนีเดียจะพองออกเป็นรูประباء โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.8)



(ก) (ข)

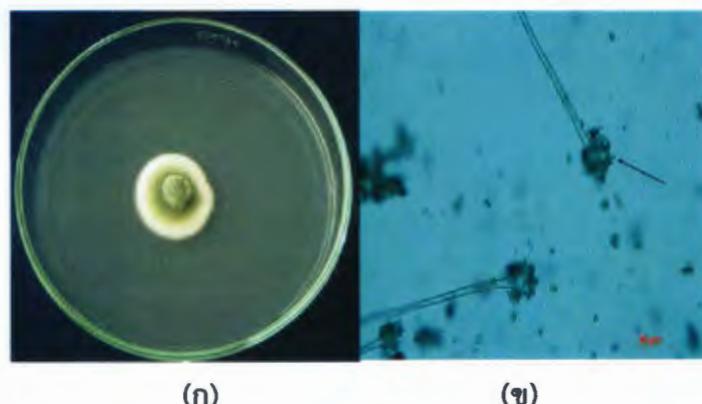
ภาพที่ 4.8 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY25 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.7 ไอโซเลต M77 ลักษณะโคโลนีสีเขียวอมเทา ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายในใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกั้น บริเวณปลายก้านชูโคนิดีมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขวดอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.9)



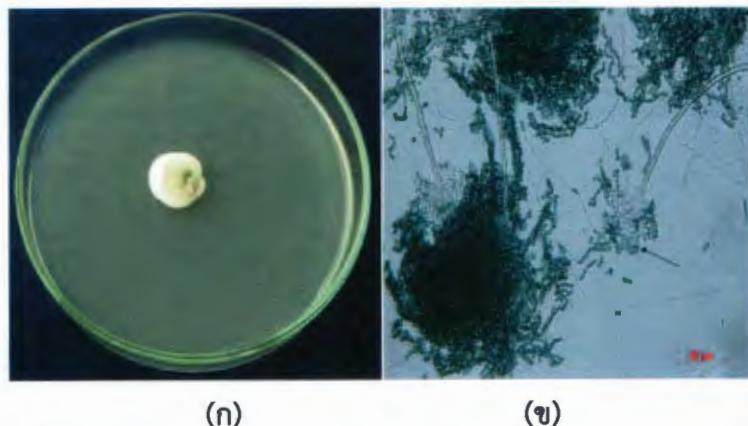
ภาพที่ 4.9 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต M77 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.8 ไอโซเลต NY60 ลักษณะโคโลนีสีเขียว ขอบโคโลนีสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกั้น บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีจะพองออกเป็นกระเพาะ โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.10)



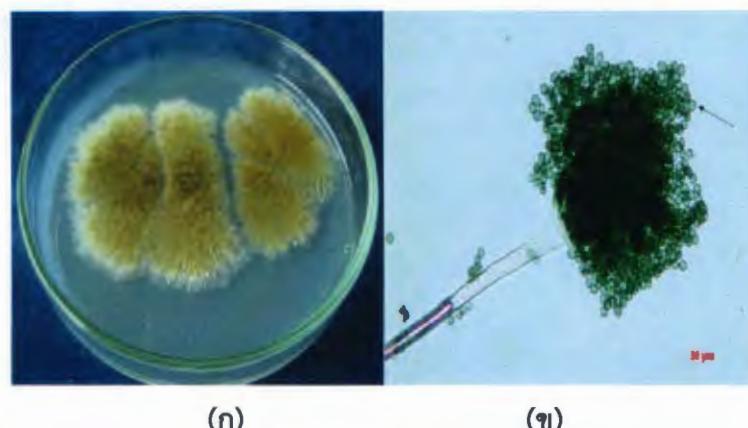
ภาพที่ 4.10 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY60 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.9 ไอโซเลต NY107 ลักษณะโคโนนีสีเขียว ขอบโคโนนีสีขาว ด้านล่างโคโนนีสีเหลือง ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดียะจะพองออกเป็นกระเพาะ โคนิดียะมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.11)



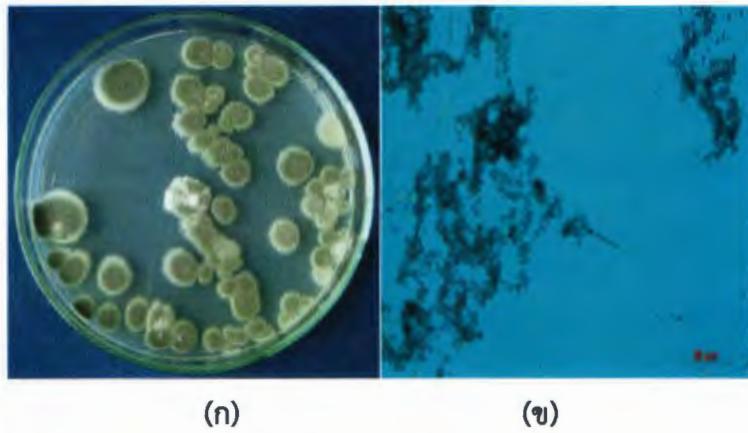
ภาพที่ 4.11 ลักษณะโคโนนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY107 (ก) ลักษณะโคโนนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.10 ไอโซเลต NY120 ลักษณะโคโนนีสีเขียว ด้านล่างโคโนนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดียะจะพองออกเป็นกระเพาะ โคนิดียะมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.12)



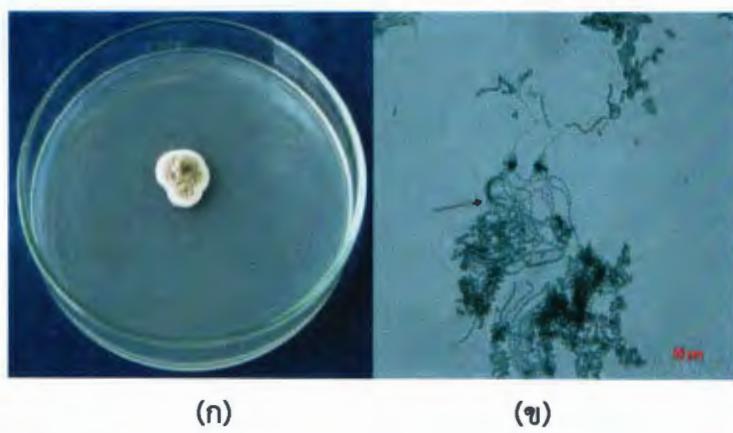
ภาพที่ 4.12 ลักษณะโคโนนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY120 (ก) ลักษณะโคโนนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.11 ไอโซเลต K4 ลักษณะโคโลนีสีเขียวอมเทา ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เสนนไขมีผนังกัน โคนิดีย์มีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.13)



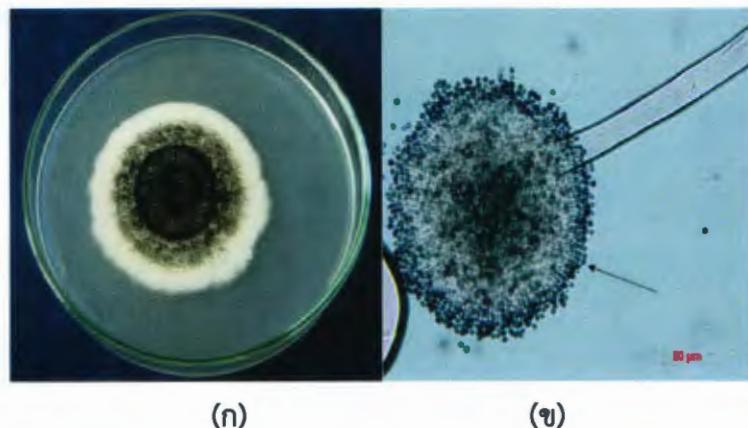
ภาพที่ 4.13 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K4 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.12 ไอโซเลต NY100 ลักษณะโคโลนีสีเหลืองอมส้ม ด้านล่างโคโลนีสีน้ำตาล ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เสนนไขมีผนังกัน บริเวณปลายก้านชูโคนิดีย์มี Phialide หลาย ๆ อันอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีย์มีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.14)



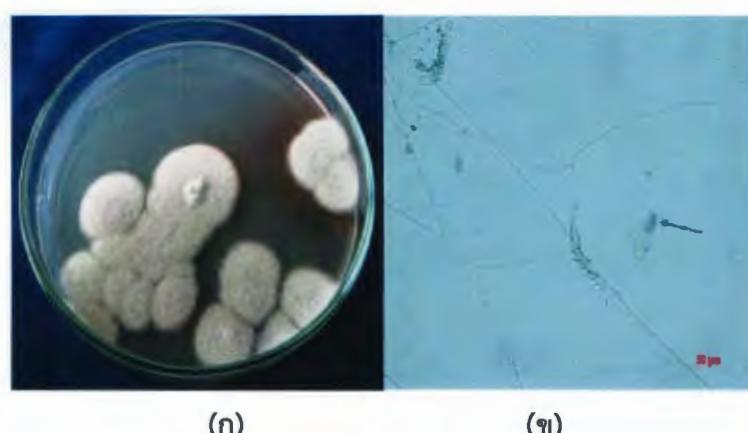
ภาพที่ 4.14 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY100 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.13 ไอโซเลต NY51 ลักษณะโคโลนีสีดำ ขอบโคโลนีสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิเดียมีพองออกเป็น กระเพาะ โคนิเดียมีรูปร่างกลมสีดำ (ภาพที่ 4.15)



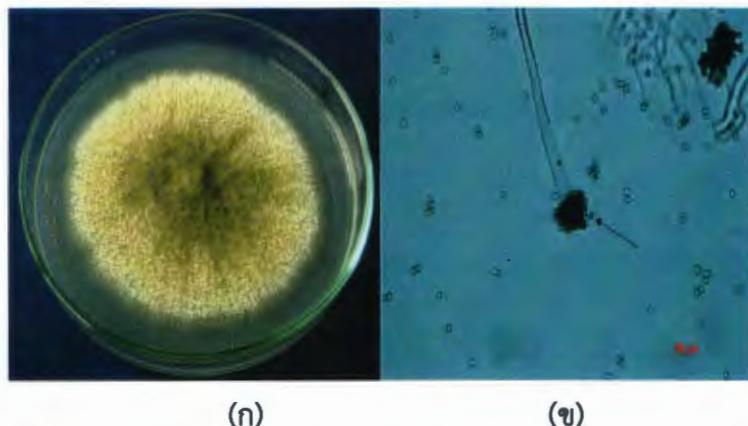
ภาพที่ 4.15 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY51 (g) ลักษณะโคโลนีของ เชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (x) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.14 ไอโซเลต K40 ลักษณะโคโลนีสีเทา ด้านล่างโคโลนีสีฟ้า ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ บริเวณปลายก้านชูโคนิเดียมี Phialide หลาย ๆ อันอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมี ลักษณะคล้ายแปรง โคนิเดียมีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.16)



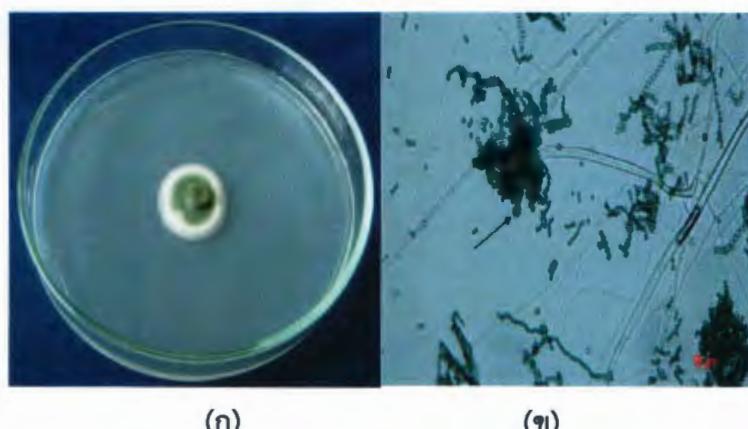
ภาพที่ 4.16 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K40 (g) ลักษณะโคโลนีของ เชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (x) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.15 ไอโซเลต M41 ลักษณะโคโลนีสีเขียวปนเหลือง ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดียะจะพองออกเป็นกระเพาะโคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.17)



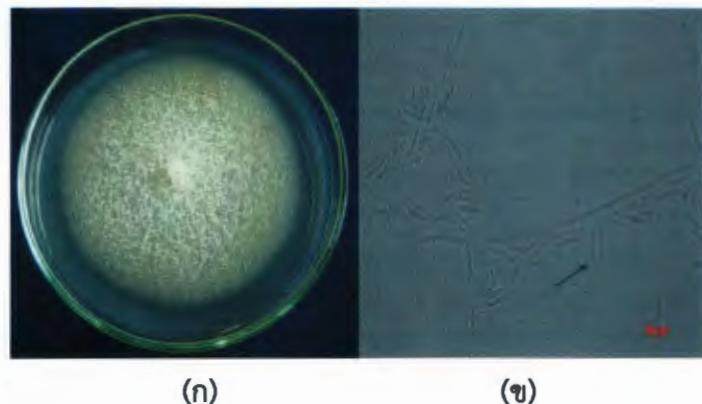
ภาพที่ 4.17 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต M41 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.16 ไอโซเลต M3 ลักษณะโคโลนีสีเขียว ขอบโคโลนีสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดียะจะพองออกเป็นกระเพาะโคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.18)



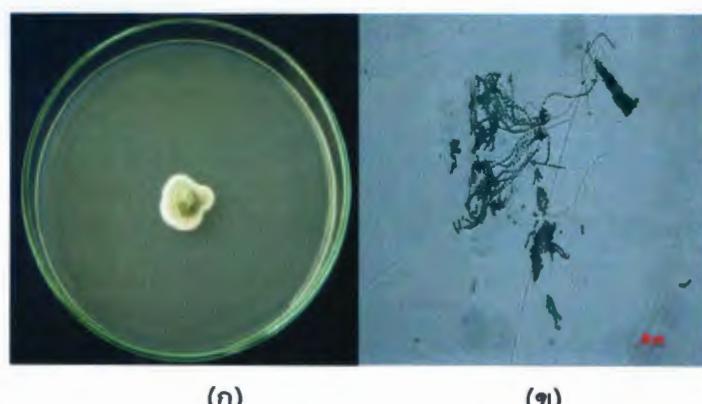
ภาพที่ 4.18 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต M3 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.17 ไอโซเลต T66 ลักษณะโคโลนีสีครีม ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผังกัน มีการสร้างโคนิดีญาดใหญ่ (Macroconidia) มีหลายเซลล์ รูปร่างโค้ง และโคนิดีญาดเล็ก (Microconidia) มีเซลล์เดียว รูปร่างรี (ภาพที่ 4.19)



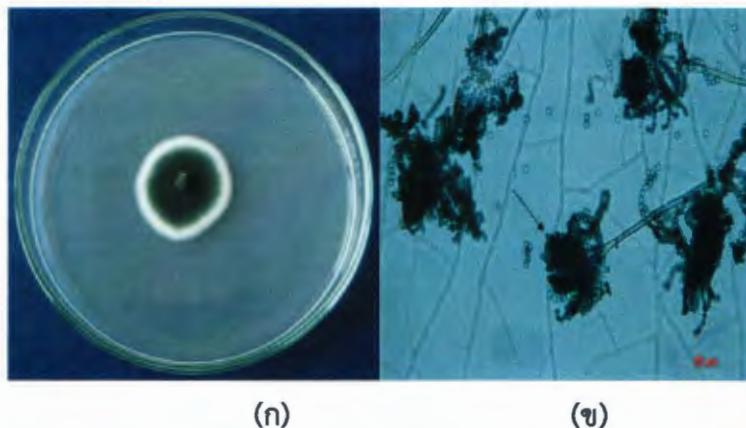
ภาพที่ 4.19 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T66 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.18 ไอโซเลต NY58 ลักษณะโคโลนีสีเขียว ขอบโคโลนีสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผังกัน บริเวณปลายก้านชูโคนิดีมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขาดอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีมีรูปร่างรีสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.20)



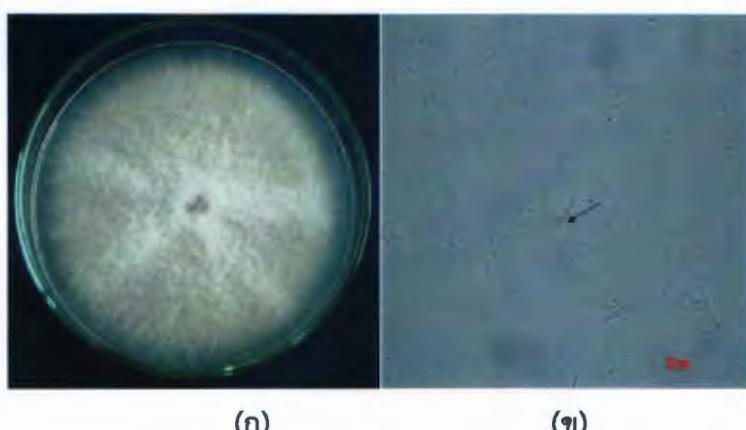
ภาพที่ 4.20 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY58 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.19 ไอโซเลต T47 ลักษณะโคโลนีสีเขียวอมน้ำเงิน ขอบโคโลนีสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีขาว ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านซูโคโนเดียจะพองออกเป็น กระเพาะ โคนิดีย์มีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.21)



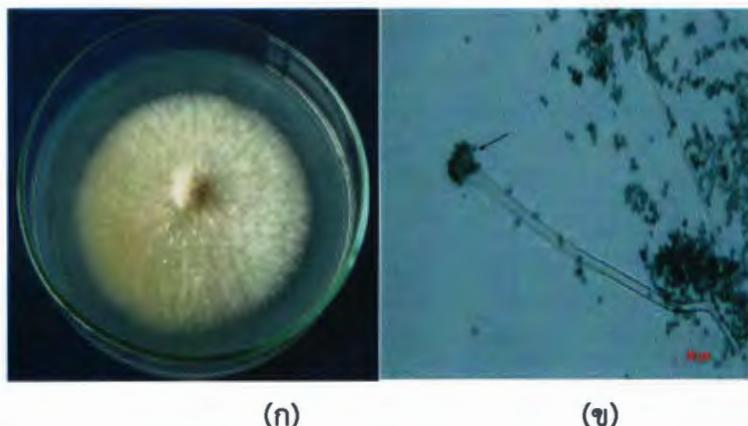
ภาพที่ 4.21 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T47 (ก) ลักษณะโคโลนีของ เชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.20 ไอโซเลต T61 ลักษณะโคโลนีสีขาวปนม่วงอ่อน ด้านล่างโคโลนีสีม่วงอ่อน ลักษณะ ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน มีการสร้างโคนิดีย์ขนาดใหญ่ (Macroconidia) มีหลายเซลล์ รูปร่างโค้ง และโคนิดีย์ขนาดเล็ก (Microconidia) มีเซลล์เดียว รูปร่างรี (ภาพที่ 4.22)



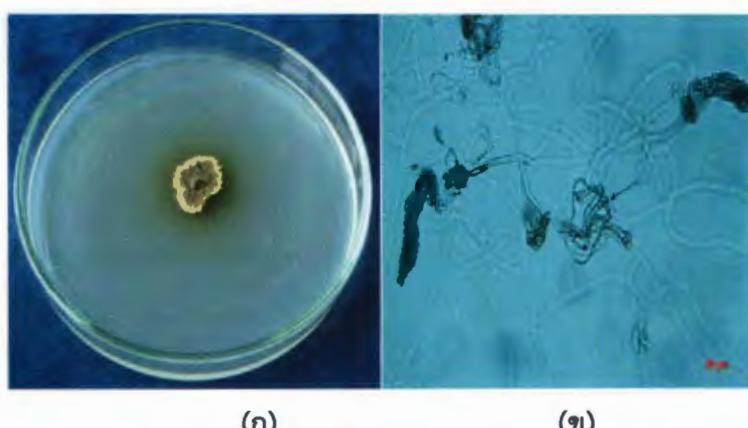
ภาพที่ 4.22 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T61 (ก) ลักษณะโคโลนีของ เชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.21 ไอโซเลต K26 ลักษณะโคโลนีเส้นใยฟุสิเหลืองอ่อน ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิเดียจะพองออกเป็นกระباء โคนิเดียมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.23)



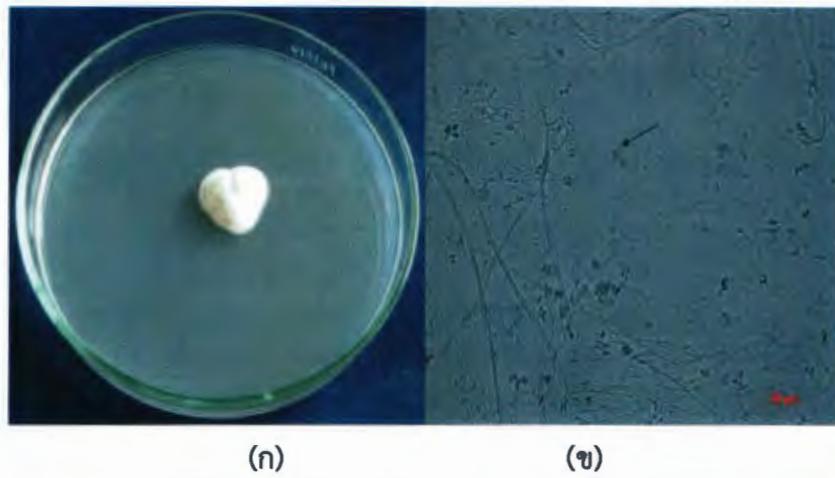
ภาพที่ 4.23 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K26 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.22 ไอโซเลต NY37 ลักษณะโคโลนีสีน้ำตาลเข้ม ด้านล่างโคโลนีสีน้ำตาล ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิเดียจะพองออกเป็นกระباء โคนิเดียมีรูปร่างกลมสีน้ำตาล (ภาพที่ 4.24)



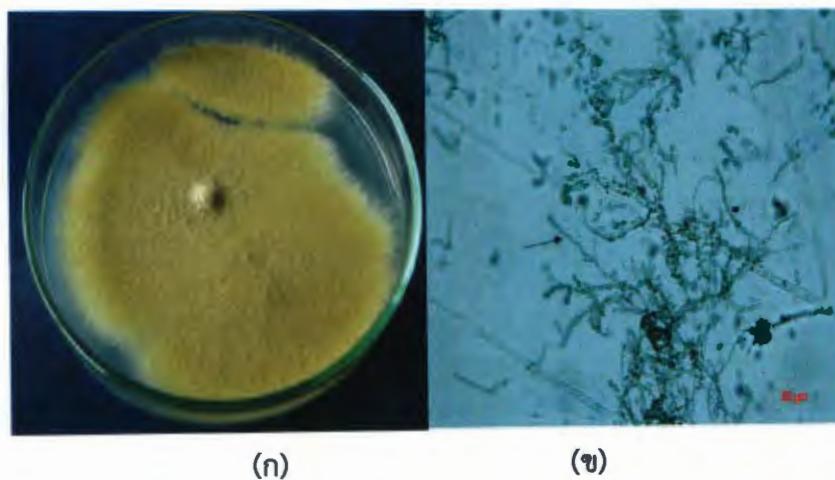
ภาพที่ 4.24 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY37 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.23 ไอโซเลต K22 ลักษณะโคโลนีสีขาวฟู ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ โคนิดีเมรูปร่างรีสีเขียว (ภาพที่ 4.25)



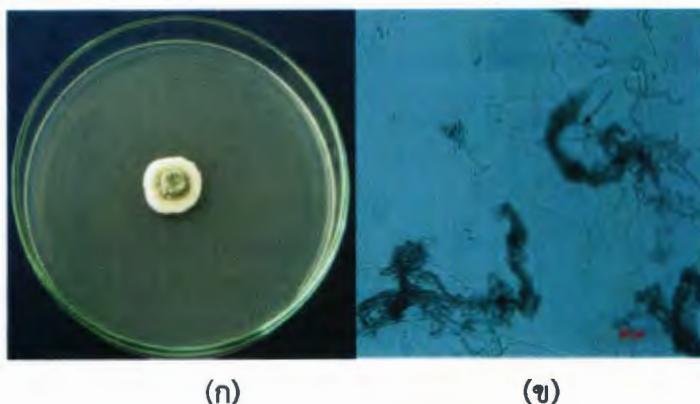
ภาพที่ 4.25 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K22 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.24 ไอโซเลต NY94 ลักษณะโคโลนีสีเหลือง ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน โคนิดีเมรูปร่างรีสีเขียว (ภาพที่ 4.26)



ภาพที่ 4.26 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY94 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

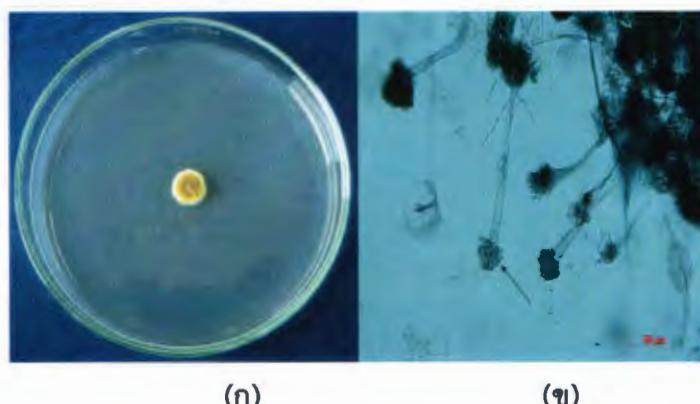
4.3.25 ไอโซเลต NY124 ลักษณะโคลนีสีเขียวอมเทา ขอบโคลนีสีน้ำตาล ลักษณะภายในตัวกล้องจุลทรรศน์ เสน่ห์ไม่นั่งกั้น บริเวณปลายก้านชูโคนิดีมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขดดอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.27)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.27 ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY124 (ก) ลักษณะโคลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

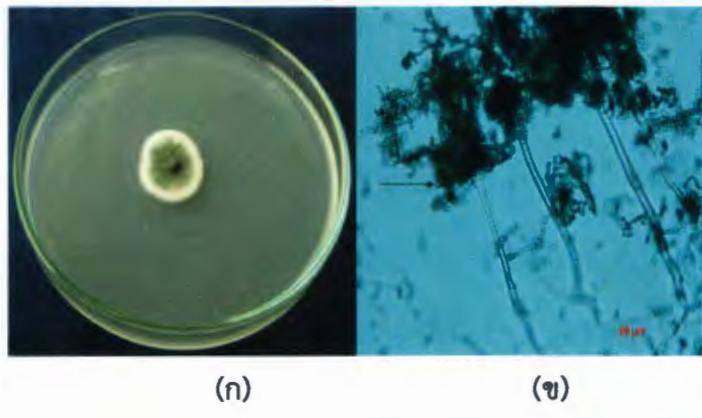
4.3.26 ไอโซเลต M8 ลักษณะโคลนีสีเหลือง ขอบโคลนีสีขาว ด้านล่างโคลนีสีเหลือง ลักษณะภายในตัวกล้องจุลทรรศน์ เสน่ห์ไม่นั่งกั้น บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีจะพองออกเป็นกระเพาะโคนิดีมีรูปร่างรีสีเขียว (ภาพที่ 4.28)



(ก) (ข)

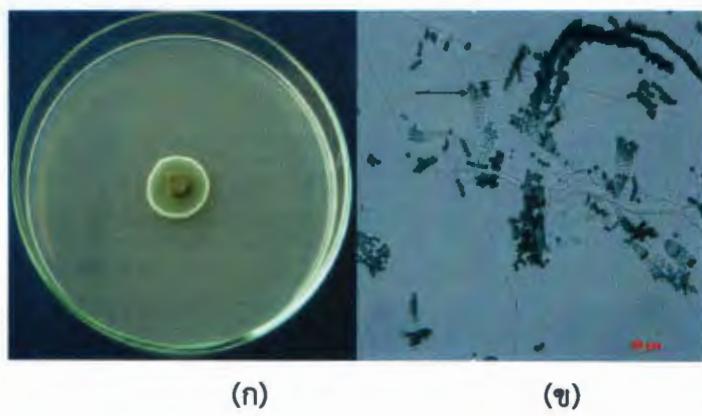
ภาพที่ 4.28 ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต M8 (ก) ลักษณะโคลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.27 ไอโซเลต M76 ลักษณะโคลนีสีเขียว ขอบโคลนีสีขาว ด้านล่างโคลนีสีครีม ลักษณะภายในใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีเยจะพองออกเป็นกระเพาะโคนิดีเยมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.29)



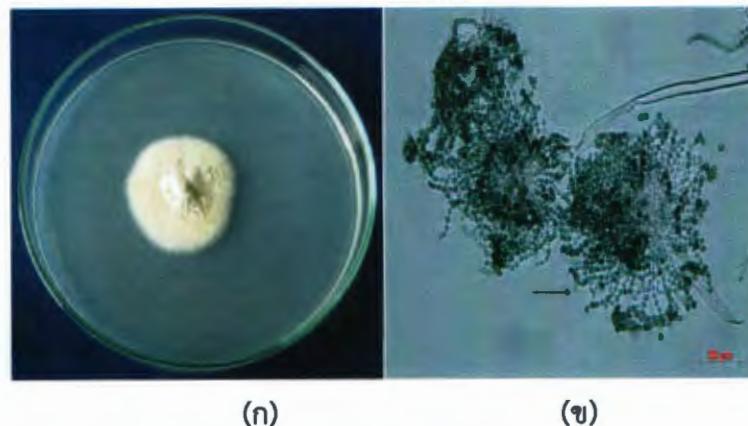
ภาพที่ 4.29 ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต M76 (ก) ลักษณะโคลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.28 ไอโซเลต NY88 ลักษณะโคลนีสีเขียว ขอบโคลนีสีขาว ด้านล่างโคลนีสีเหลือง ลักษณะภายในใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณปลายก้านชูโคนิดีเยมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขาดอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีเยมีรูปร่างกลมสีเขียวอยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.30)



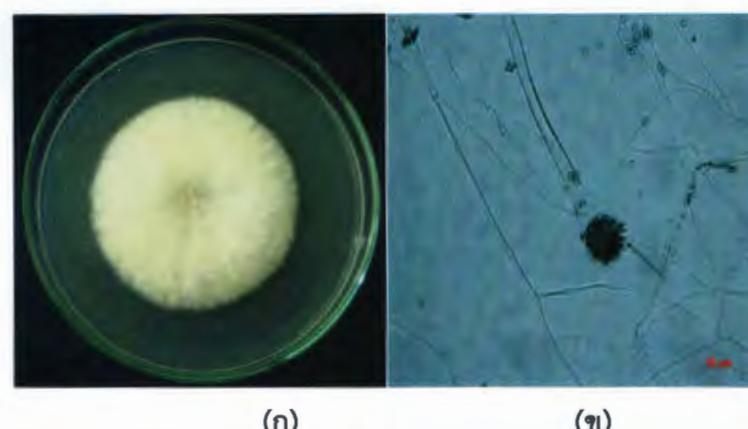
ภาพที่ 4.30 ลักษณะโคลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY88 (ก) ลักษณะโคลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.29 ไอโซเลต T10 ลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อน ด้านล่างโคโลนีสีครีม ลักษณะภายในได้กล้อง
จุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีดี้จะพองออกเป็นกระباء โคนิดีมี
รูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.31)



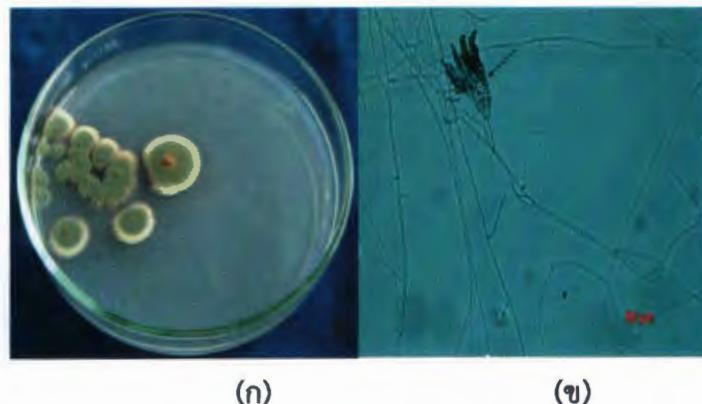
ภาพที่ 4.31 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T10 (ก) ลักษณะโคโลนีของ
เชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.30 ไอโซเลต T36 โคโลนีมีลักษณะเป็นเส้นใยฟูสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะ
ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีดี้จะพองออกเป็นกระباء
โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.32)



ภาพที่ 4.32 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T36 (ก) ลักษณะโคโลนีของ
เชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
กำลังขยาย 400 เท่า

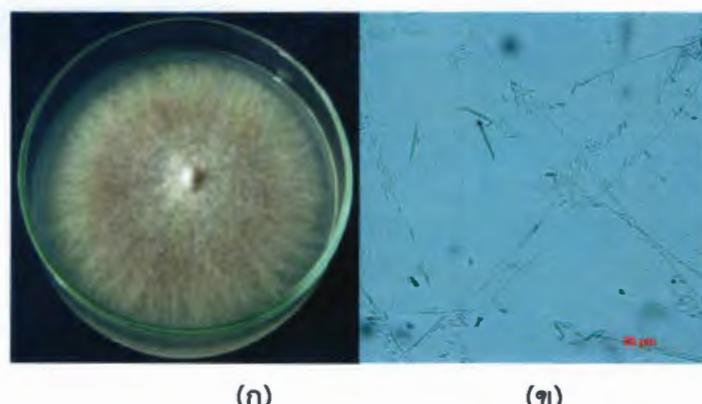
4.3.31 ไอโซเลต K8 ลักษณะโคโลนีสีเขียวอมน้ำเงิน ด้านล่างโคโลนีสีส้ม ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ บริเวณปลายก้านชูโคนิดีมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขดอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีมีรูปร่างรีสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.33)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.33 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K8 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

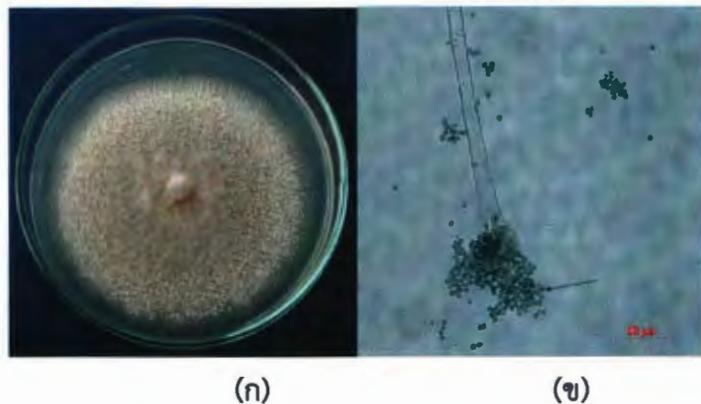
4.3.32 ไอโซเลต K53 ลักษณะโคโลนีสีม่วง ด้านล่างโคโลนีสีม่วง ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน มีการสร้างโคนิดีขนาดใหญ่ (Macroconidia) มีหอยเซล์ รูปร่างโค้ง และโคนิดีขนาดเล็ก (Microconidia) มีเซลล์เดียว รูปร่างรี (ภาพที่ 4.34)



(ก) (ข)

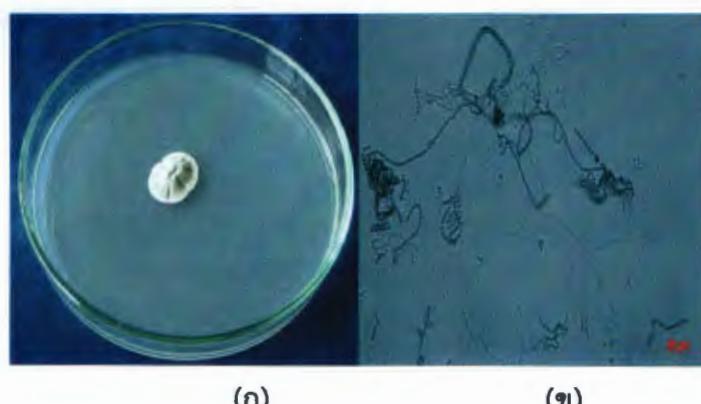
ภาพที่ 4.34 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K53 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.33 ไอโซเลต NY66 โคโลนีมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวฟู สร้างสปอร์สีส้มอ่อน ด้านล่างโคโลนีสีส้มอ่อน ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีแผ่นกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูconiเดียจะพองออกเป็นกระباء โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.35)



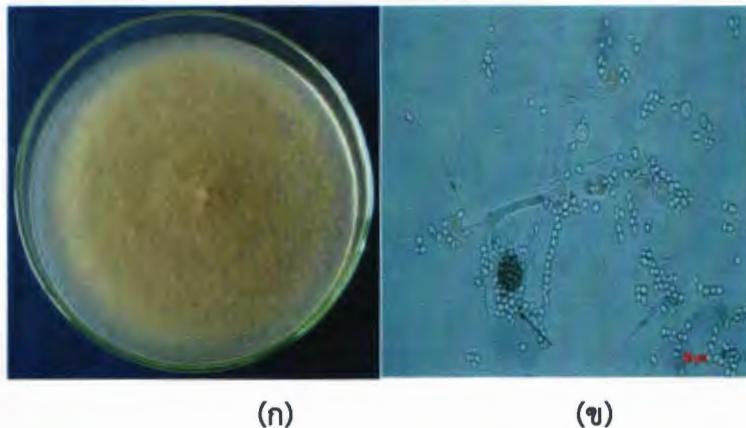
ภาพที่ 4.35 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY66 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.34 ไอโซเลต NY96 ลักษณะโคโลนีสีเขียวอมเทา ด้านล่างโคโลนีสีม่วง ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีแผ่นกัน บริเวณปลายก้านชูconiเดียมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขวดอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.36)



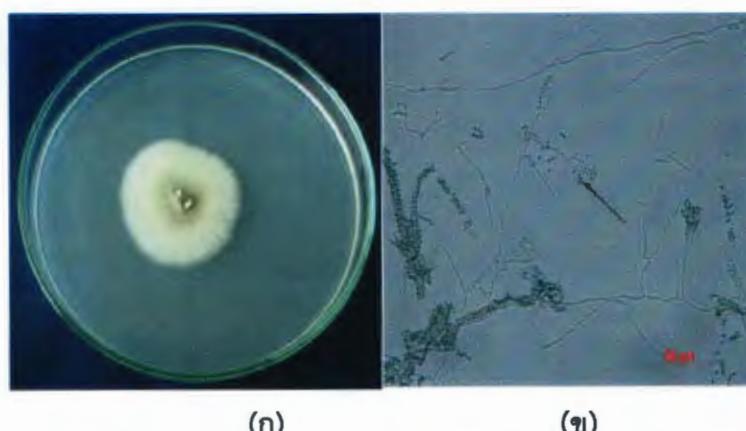
ภาพที่ 4.36 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต NY96 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายในได้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.35 ไอโซเลต T35 ลักษณะโคโลนีสีน้ำตาลอ่อน ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน (ภาพที่ 4.37)



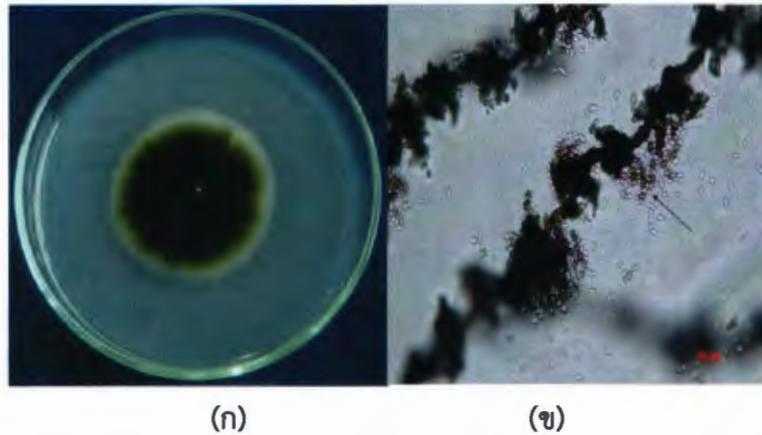
ภาพที่ 4.37 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T35 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.36 ไอโซเลต T3 ลักษณะโคโลนีสีเทา ด้านล่างโคโลนีสีครีม ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณปลายก้านชูโคนิดีมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขวดอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีมีรูปร่างรีสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.38)



ภาพที่ 4.38 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T3 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.37 ไอโซเลต T60 โคโลนีมีลักษณะเป็นสีดำ ด้านล่างโคโลนีสีดำ ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์สปอร์มี 2 แบบ คือ มีรูปร่างรีขนาดเล็กใส และมีรูปร่างรีขนาดใหญ่สีน้ำตาล (ภาพที่ 4.39)

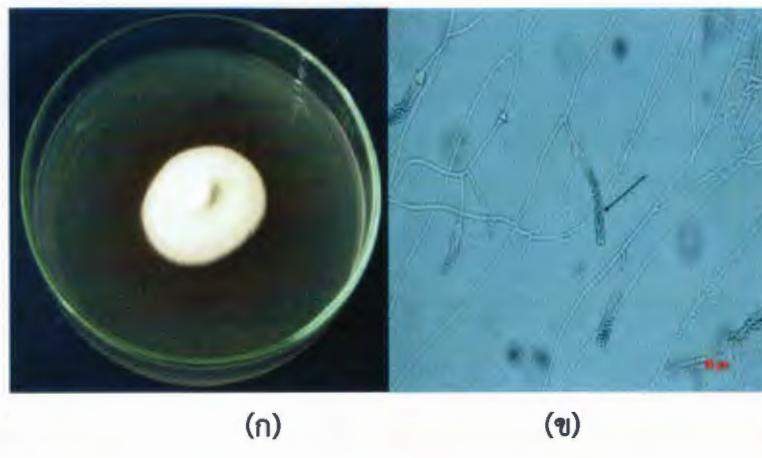


(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.39 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต T60 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

4.3.38 ไอโซเลต K45 ลักษณะโคโลนีสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีฟ้า ลักษณะภายในได้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนิดีมีรูปร่างกลม สีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.40)

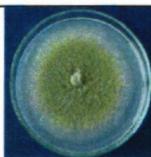
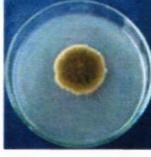
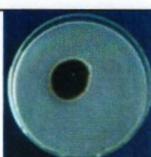


(ก)

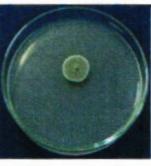
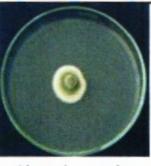
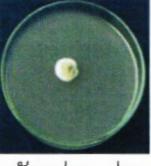
(ข)

ภาพที่ 4.40 ลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา ไอโซเลต K45 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน (ข) ลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

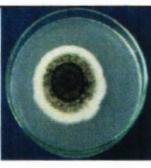
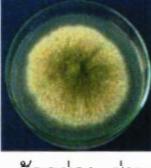
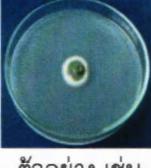
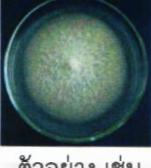
ตารางที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อร้าที่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง

ลำดับ	ลักษณะโคโลนี	จำนวนไอโซเลต					รวม
		อ.เมือง	อ.เขื่องใน	อ.ตระการพีชผล	อ.น้ำยืน		
1	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T42	13	5	20	16	54	
2	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY39	15	2	3	21	41	
3	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K42	32	2	2	3	39	
4	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K16	3	7	-	17	27	
5	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T72	-	2	2	4	8	
6	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY25	-	-	17	7	24	

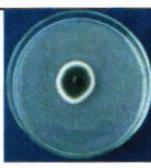
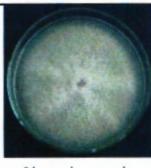
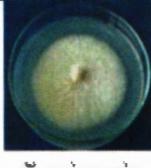
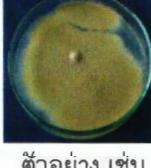
ตารางที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อร้าที่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะโคโลนี	จำนวนไอโซเลต				
		อ.เมือง	อ.เขื่องใน	อ.กระบวนการพิชผล	อ.น้ำยืน	รวม
7	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต M77	4	-	-	11	15
8	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY60	-	-	1	10	11
9	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY107	-	5	-	5	10
10	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY120	-	5	-	4	9
11	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K4	-	5	-	1	6
12	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY100	-	1	-	5	6

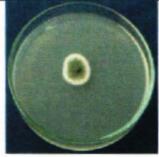
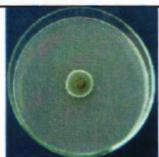
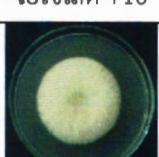
ตารางที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราที่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะโคโลนี	จำนวนไอโซเลต					รวม
		อ.เมือง	อ.เขื่องใน	อ.ตระการพีชผล	อ.น้ำยืน		
13	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY51	1	-	-	4	5	
14	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K40	3	2	-	-	5	
15	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต M41	3	-	-	1	4	
16	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต M3	1	-	-	1	2	
17	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T66	-	-	10	-	10	
18	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY58	-	-	-	7	7	

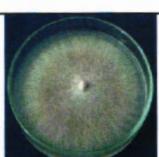
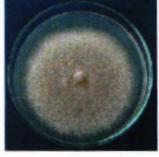
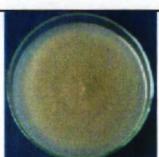
ตารางที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อร้าที่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะโคโลนี	จำนวนไอโซเลต					รวม
		อ.เมือง	อ.เขื่องใน	อ.ตราการพิชผล	อ.น้ำยืน		
19	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T47	-	-	6	-	6	
20	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T61	-	-	6	-	6	
21	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K26	-	6	-	-	6	
22	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY37	-	-	-	5	5	
23	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K22	-	5	-	-	5	
24	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY94	-	-	-	4	4	

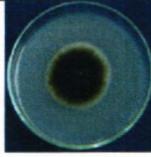
ตารางที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อร้าที่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะโคโลนี	จำนวนไอโซเลต				
		อ.เมือง	อ.เขื่องใน	อ.ตระการพิชผล	อ.น้ำยืน	รวม
25	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY124	-	-	-	4	4
26	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต M8	4	-	-	-	4
27	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต M76	4	-	-	-	4
28	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY88	-	-	-	3	3
29	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T10	-	-	3	-	3
30	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T36	-	-	3	-	3

ตารางที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อรاثี่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะโคโลนี	จำนวนไอโซเลต				
		อ.เมือง	อ.เขื่องใน	อ.ตระการพิชผล	อ.น้ำยืน	รวม
31	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K8	-	3	-	-	3
32	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K53	-	3	-	-	3
33	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY66	-	-	-	2	2
34	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต NY96	-	-	-	2	2
35	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T35	-	-	2	-	2
36	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T3	-	-	2	-	2

ตารางที่ 4.3 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราที่แยกได้จากห้อง 4 แหล่ง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะโคโลนี	จำนวนไอโซเลต				
		อ.เมือง	อ.เขื่องใน	อ.กระการพิชผล	อ.น้ำยืน	รวม
37	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต T60	-	-	2	-	2
38	 ตัวอย่าง เช่น ไอโซเลต K45	-	2	-	-	2
รวม		83	55	79	137	354

จากตารางที่ 4.3 และภาพแสดงลักษณะโคโลนีและลักษณะสปอร์ของเชื้อรา (ภาพที่ 4.3-4.40) พบว่า เชื้อราที่สามารถพบได้มากที่สุดในยางแผ่นจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นห้อง 4 แหล่ง มีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ เชื้อราที่มีลักษณะโคโลนีสีเขียว ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีจะพองออกเป็นกระเบ้า โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ไอโซเลต T42) ซึ่งพบมากที่สุดจำนวน 54 ไอโซเลต ซึ่งลักษณะดังกล่าวคล้ายกับ เชื้อรา *Aspergillus* spp. รองลงมาคือ เชื้อราที่มีลักษณะโคโลนีสีเขียวอมเทา ขอบโคโลนีสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน ก้านชูโคนิดีมีลักษณะยาว บริเวณปลายก้านชูมี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขวด (Flask-shaped) อยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง (Brush-like) โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ไอโซเลต NY39) พบรอบจำนวน 41 ไอโซเลต ลักษณะดังกล่าวคล้ายกับเชื้อรา *Penicillium* spp. และเชื้อราที่มีลักษณะโคโลนีสีเขียวเข้ม ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผนังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านชูโคนิดีจะพองออกเป็นกระเบ้า โคนิดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ไอโซเลต K42) พบรอบจำนวน 39 ไอโซเลต ลักษณะดังกล่าวคล้ายกับเชื้อรา *Aspergillus* spp.

จากนั้นนำเชื้อราห้อง 3 ลักษณะ ได้แก่ ไอโซเลต T42 ไอโซเลต NY39 และ ไอโซเลต K42 ไปทำการจำแนกชนิดโดยการตรวจหาลำดับเบสนิวคลีอิคอล์ฟอิที โดยอาศัยวิธีการทางอนุชีววิทยาระดับโมเลกุล ณ ห้องปฏิบัติการราวิทยา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ภาควิชานวัตฯ) ซึ่งจาก

ข้อมูลการเปรียบเทียบความเหมือนของลำดับเบสนิวคลีโอไทด์ Beta-tubulin ของเชื้อรา ไอโซเลต T42 พบว่ามี เปอร์เซ็นต์ความเหมือนกับเชื้อรา *Aspergillus flavus* เท่ากับ 100% ส่วน ไอโซเลต NY39 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความเหมือนกับเชื้อรา *Penicillium citrinum* เท่ากับ 99% และ ไอโซเลต K42 พบว่ามี เปอร์เซ็นต์ความเหมือนกับเชื้อรา *Aspergillus tamarii* เท่ากับ 99% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีรายงานเกี่ยวกับชนิดของเชื้อราที่พบได้บ่อยนยางแ芬 สุพรรษา รายงานว่า เชื้อราที่พบได้บ่อยบ่อยนยางแ芬อยู่ในจีนส *Aspergillus spp.* *Penicillium spp.* *Fusarium spp.* *Cladosporium spp.* *Mucor sp.* *Trichoderma sp.* *Rhizopus sp.* *Geotrichum sp.* *Tritirachium sp.* *Daldinia eschscholtzii* และ *Schizophyllum commune* [9] กิตติกานต์ กุ嘎้ว รายงานว่า พบรเชื้อราจากยาง แผ่นดิน คือ *Penicillium sp.* 3 สายพันธุ์ และ *Aspergillus sp.* 5 สายพันธุ์ [11] นอกจากนี้จากงานวิจัยของ Esuruoso ได้รายงานว่า เชื้อราที่แยกได้จากการบ่อบีโอนของเชื้อราในภาคตะวันตกของประเทศไทยเรียก คือ *A. fumigatus* *A. flavus* และ *A. aculeatus* [12] Roy et al รายงานว่า พบรเชื้อรา *P. digitatum* และ *A. flavus* บนยางแ芬 [42] S. Shamsi and P. Chowdhury รายงานว่า เชื้อราที่สามารถแยกได้จากการบ่อบีโอนของเชื้อรา คือ *A. Flavus* *A. fumigatus* *A. niger* *C. cladosporioides* *Corynespora cassiicola* *Colletotrichum sp.* *Fusarium sp.* *Mucor sp.* *Penicillium sp.* และ *T. viride* [13] และจากการวิจัยของ W.C. Dayaratne and H. L. Munasinghe รายงานว่า เชื้อราที่พบได้บ่อยบ่อบีโอนของเชื้อรา คือ *P. citrinum* *A. niger* *A. ochraceus* *P. frequentans* และ *Paecilomyces varioti* [14]

4.4 ปริมาณสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร

จากการนำพืชสมุนไพรเดียวจำนวน 7 ชนิด คือ กระเทียม ข้าว พลู การพลู อบเชย ชุมเห็ดเทศ ตะไคร้ และพืชสมุนไพรผสม (อัตราส่วน 1: 1) จำนวน 3 ชนิด คือ ข้าวสมพลู การพลูผสมอบเชย และ การพลูผสมตะไคร้ มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เอกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ตามลำดับ พบว่าสารสกัดหยาบจากการพลูด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 11.34% รองลงมา คือ สารสกัดหยาบจากตะไคร้ด้วยตัวทำละลายเมทานอล เท่ากับ 9.89% ในขณะที่สารสกัดหยาบจากการกระเทียมด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ต่ำสุด เท่ากับ 0.18% (ตารางที่ 4.4) ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าพืชสมุนไพรชนิดเดียวกันเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายต่างกันจะให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดหยาบที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในพืชสมุนไพรแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกัน ทำให้มีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่พบว่า สารสกัดหยาบที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดหยาบสูงที่สุด เนื่องจากสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่ใช้ในการทดลองมีสารที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีข้าว เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย

ซึ่งมีข้าสูงกว่าเอทิลอะซิเตท และเอกเซน เมทานอลจึงสกัดสารออกจากพืชสมุนไพรได้ดีกว่า ตัวทำละลายเอกเซนและเอทิลอะซิเตท [47, 63-64]

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

ลำดับ	พืชสมุนไพร	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (%Yield)		
		เอกเซน	เอทิลอะซิเตท	เมทานอล
1	กระเทียม	0.27	0.18	2.29
2	ข่า	1.29	0.71	1.90
3	พลู	1.53	5.30	5.81
4	กานพลู	7.79	4.09	11.34
5	อบเชย	0.75	1.35	7.49
6	ขุมเห็ดเทศ	0.94	1.55	6.49
7	ตะไคร้	0.66	0.66	9.89
8	กานพลูผสมอบเชย	4.76	3.11	6.41
9	กานพลูผสมตะไคร้	2.42	2.29	8.23
10	ข้าวสมพลู	1.38	3.32	2.90

4.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่แยกได้ จากยางแผ่น โดยวิธี Paper disc diffusion

นำเชื้อราที่สามารถพบรได้ในยางแผ่นจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นทั้ง 4 แหล่ง ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ ได้แก่ *P. citrinum* (ไอโซเลต NY39) *A. flavus* (ไอโซเลต T42) และ *A. tamarii* (ไอโซเลต K42) มาทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ได้ผลดังนี้

4.5.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรทั้งแบบเดียว 7 ชนิดและแบบผสมในตัวทำละลายเอกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ที่ระดับความเข้มข้น 10% พบรว่า มีสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน 7 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า กานพลู อบเชย ข้าวสมพลู กานพลูผสมอบเชย และ กานพลูผสมตะไคร้ สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท 6 ชนิด ได้แก่

ข่า พลู การพลู อบเชย ข้าพสมพลู และการพลูผสมอบเชย สารสกัดที่ยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล 2 ชนิด ได้แก่ ข่า และพลู ที่สามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่ายังสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนแต่มีขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง ตั้งตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาที่ 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดที่ยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 41.50 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่สารสกัดที่ยาบจากพลูที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 40.87 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ความเข้มข้น 10% พบว่า สารสกัดที่ยาบจากพืชสมุนไพรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่ากรดอะซิติก ยกเว้น สารสกัดที่ยาบจากชูมเห็ดเทศในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดที่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา สำหรับตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ พบว่า ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเดิบโดยเชื้อรา สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่าสารสกัดจากกระเทียม ข่า พลู การพลูและอบเชย มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ [51, 65-76]

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของสารสกัดที่ยาบจากพืชสมุนไพร ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10%

สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	เยกเซน		เอทิลอะซิเตท		เมทานอล	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
กระเทียม	22.17 \pm 1.26 ^e	9.83 \pm 2.47 ^{cd}	19.67 \pm 2.36 ^d	15.50 [*] \pm 1.73 ^e	0 ^a	0 ^a
ข่า	28.50 \pm 1.80 ^f	27.83 \pm 0.76 ^b	28.67 \pm 0.76 ^e	27.00 \pm 0.50 ^f	21.77 \pm 0.68 ^b	13.43 \pm 1.21 ^e
พลู	8.00 \pm 0.00 ^b	7.00 [*] \pm 0.71 ^b	19.67 \pm 1.04 ^c	13.67 \pm 2.25 ^d	17.50 \pm 0.00 ^f	7.37 \pm 0.12 ^b
การพลู	15.84 \pm 1.05 ^d	9.67 \pm 0.76 ^{cd}	11.50 \pm 0.71 ^c	7.75 \pm 0.35 ^b	8.87 \pm 0.60 ^b	8.53 [*] \pm 0.93 ^c
อบเชย	40.87 \pm 1.37 ^g	36.87 \pm 2.38 ^h	41.50 \pm 1.80 ^f	34.50 \pm 0.50 ^g	9.75 [*] \pm 0.35 ^c	8.75 [*] \pm 0.35 ^c
ชูมเห็ดเทศ	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
ตะไคร้	9.50 \pm 0.71 ^{bc}	7.25 [*] \pm 0.35 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
ข้าพสมพลู	28.00 \pm 1.32 ^f	23.67 \pm 0.29 ^f	18.17 \pm 0.58 ^d	11.50 \pm 0.50 ^c	12.90 \pm 0.85 ^e	11.90 [*] \pm 1.56 ^d
การพลูผสม อบเชย	24.17 \pm 1.53 ^e	16.17 \pm 1.53 ^e	20.17 \pm 1.26 ^d	11.83 \pm 1.61 ^c	9.63 [*] \pm 0.58 ^c	0 ^a
การพลูผสม ตะไคร้	15.25 \pm 1.77 ^d	11.50 \pm 0.00 ^d	8.67 \pm 0.76 ^b	7.50 [*] \pm 0.50 ^b	0 ^a	0 ^a
กรดอะซิติก	10.83 \pm 0.58 ^c	9.00 \pm 0.50 ^{bc}	10.83 \pm 0.58 ^c	9.00 \pm 0.50 ^b	10.83 \pm 0.58 ^d	9.00 \pm 0.50 ^c
เยกเซน	0 ^a	0 ^a	-	-	-	-

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ในตัวทำละลายหั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10%
(ต่อ)

สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	เอกเซน		เอทธิโลอะซิเตท		เมทานอล	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
เอทธิโลอะซิเตท	-	-	0 ^a	0 ^a	-	-
ไดเมทิลชัลฟอกไซด์	-	-	-	-	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชั้้า ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c, d, e, f, g และ h ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นใยสีขาว

4.5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรหั้งแบบเดียว 7 ชนิดและแบบผสมในตัวทำละลายเอกเซน เอทธิโลอะซิเตท และเมทานอล ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ที่ระดับความเข้มข้น 10% พบร้า มีสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน 6 ชนิด ได้แก่ ข่า กานพลู อบเชย ข้าวผัดกับข้าว กานพลู กานพลูผัดกับข้าว และกานพลูผัดกับข้าว สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทธิโลอะซิเตท 5 ชนิด ได้แก่ ข่า พลู อบเชย ข้าวผัดกับข้าว กานพลู กานพลูผัดกับข้าว และกานพลูผัดกับข้าว สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล 1 ชนิด ได้แก่ ข่า ที่สามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบร้า ยังสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนแต่เมื่อนำมาดูในบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง ดังตารางที่ 4.6 โดยสารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทธิโลอะซิเตทให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ กว้างที่สุด เท่ากับ 25.93 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 22.77 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ความเข้มข้น 10% พบร้า สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่ากรดอะซิติก ยกเว้น สารสกัด

หมายจากชุมเห็ดเทศในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดที่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา สำหรับตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ พบว่า ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพร ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10%

สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	เชกเซน		เอทิลอะซิเตท		เมทานอล	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
กระเทียม	8.67* \pm 0.29 ^{bc}	0 ^a	8.67* \pm 0.29 ^c	0 ^a	0 ^a	0 ^a
ข้าว	18.50 \pm 1.32 ^e	16.67 \pm 1.15 ^c	16.67 \pm 1.26 ^f	15.33 \pm 1.53 ^d	14.67 \pm 0.58 ^e	10.83 \pm 0.29 ^c
พุด	10.50* \pm 2.00 ^c	8.83* \pm 1.15 ^b	12.83 \pm 0.76 ^e	10.33 \pm 0.29 ^c	9.25 \pm 0.35 ^d	9.00* \pm 2.83 ^b
กานพลู	14.17 \pm 1.04 ^d	9.17 \pm 0.29 ^b	10.67* \pm 0.29 ^d	7.50* \pm 0.00 ^b	7.75 \pm 0.35 ^c	9.25* \pm 1.06 ^b
อบเชย	22.77 \pm 2.36 ^f	17.27 \pm 1.91 ^c	25.93 \pm 0.40 ^g	19.67 \pm 0.29 ^e	9.00* \pm 0.50 ^d	0 ^a
ชุมเห็ดเทศ	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
ตะไคร้	7.17* \pm 0.29 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
ข้าวสมพุด	18.00 \pm 1.32 ^e	17.00 \pm 2.18 ^c	12.00 \pm 1.73 ^d	10.00 \pm 0.50 ^c	7.67 \pm 0.29 ^c	8.67* \pm 0.76 ^b
กานพลูผสม อบเชย	12.67 \pm 0.76 ^d	10.50 \pm 0.50 ^b	11.83 \pm 1.89 ^d	10.17 \pm 1.76 ^c	0 ^a	0 ^a
กานพลูผสม ตะไคร้	12.67 \pm 0.76 ^d	9.50 \pm 1.32 ^b	11.00* \pm 0.00 ^d	9.50* \pm 0.17 ^c	0 ^a	0 ^a
กรดอะซิติก	6.67* \pm 0.29 ^b	0 ^a	6.67* \pm 0.29 ^b	0 ^a	6.67* \pm 0.29 ^b	0 ^a
เยกเซน	0 ^a	0 ^a	-	-	-	-
เอทิลอะซิเตท	-	-	0 ^a	0 ^a	-	-
ไดเมทิลซัล ฟอกไซด์	-	-	-	-	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชั้ว ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e, f และ g ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นใยสีขาว

4.5.3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii*

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรทั้งแบบเดี่ยว 7 ชนิดและแบบผสมในตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ที่ระดับความเข้มข้น 10% พบว่า มีสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลาย

เอกเซน 6 ชนิด ได้แก่ ข่า กานพลู อบเชย ข้าวสมพลู กานพลูผสมอบเชย และกานพลูผสมตะไคร้ สารสกัด hairy จากพีชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท 6 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า พลู อบเชย ข้าวสมพลู และกานพลูผสมอบเชย สารสกัด hairy จากพีชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เมทานอล 3 ชนิด ได้แก่ ข่า กานพลูและข้าวสมพลู ที่สามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบร่วมกันสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนแต่มีขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง ดังตารางที่ 4.7 โดยสารสกัด hairy จากข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตทให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 25.83 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่สารสกัด hairy จากข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 24.37 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ความเข้มข้น 10% พบร่วมกัน สารสกัด hairy จากพีชสมุนไพรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่ากรดอะซิติก ยกเว้น สารสกัด hairy จากชุมเห็ดเทศและตะไคร้ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดที่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา สำหรับตัวทำละลายเอกเซน เอทิลอะซิเตท และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ พบร่วมกันไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ของสารสกัด hairy จากพีชสมุนไพร ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10%

สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	เอกเซน		เอทิลอะซิเตท		เมทานอล	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
กระเทียม	8.50* \pm 0.00 ^{bc}	7.83* \pm 0.29 ^{bc}	9.50 \pm 0.71 ^c	8.75 \pm 0.35 ^{cd}	0 ^a	0 ^a
ข่า	24.37 \pm 0.60 ⁱ	23.27 \pm 0.75 ⁱ	25.83 \pm 0.58 ^h	25.67 \pm 0.76 ^h	20.17 \pm 2.57 ^d	18.83 \pm 2.84 ^d
พลู	17.50* \pm 1.00 ^f	11.83* \pm 0.29 ^d	16.67 \pm 0.29 ^f	15.17 \pm 0.76 ^f	15.00* \pm 1.41 ^c	9.25* \pm 1.06 ^c
กานพลู	10.75 \pm 1.06 ^e	8.75 \pm 1.06 ^c	9.65* \pm 0.49 ^c	7.55* \pm 0.35 ^{bc}	8.00 \pm 0.71 ^b	7.25 \pm 0.35 ^b
อบเชย	19.50 \pm 1.32 ^g	18.17 \pm 1.61 ^e	20.00 \pm 1.32 ^g	19.17 \pm 1.61 ^g	0 ^a	0 ^a
ชุมเห็ดเทศ	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
ตะไคร้	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
ข้าวสมพลู	20.83 \pm 0.58 ^h	20.83 \pm 0.58 ^f	13.37 \pm 0.90 ^e	11.33 \pm 1.04 ^e	8.00 \pm 0.00 ^b	7.00 \pm 0.00 ^b
กานพลูผสมอบเชย	9.67 \pm 0.58 ^{de}	8.67 \pm 0.58 ^c	11.17 \pm 1.15 ^d	9.67 \pm 1.15 ^d	0 ^a	0 ^a
กานพลูผสมตะไคร้	9.33 \pm 0.29 ^{cd}	7.67 \pm 0.58 ^b	9.77* \pm 0.93 ^c	7.33* \pm 0.29 ^b	0 ^a	0 ^a
กรดอะซิติก	7.50 \pm 0.50 ^b	7.00* \pm 0.00 ^b	7.50 \pm 0.50 ^b	7.00* \pm 0.00 ^b	7.50 \pm 0.50 ^b	7.00* \pm 0.00 ^b
เอกเซน	0 ^a	0 ^a	-	-	-	-
เอทิลอะซิเตท	-	-	0 ^a	0 ^a	-	-

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ของสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพร ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10% (ต่อ)

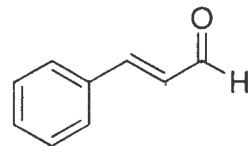
สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	夷เกชэн		เอทธิโลซิเตท		เมทานอล	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
ไดเมทิลชัลฟอกไซด์	-	-	-	-	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชั้้า ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e, f, g, h และ i ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

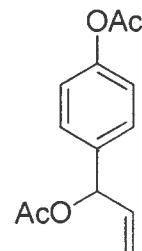
* คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นใยสีขาว

4.6 ผลการทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)

ทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (MICs) ด้วยวิธี Two-fold dilution โดยการเลือกสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทดสอบทั้ง 3 ชนิด ได้ดีในแต่ละตัวทำละลายมาทำการทดสอบ โดยในเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* พบว่า อบเชย (夷เกชэн) อบเชย (เอทธิโลซิเตท) และช่า (เมทานอล) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้งสองชนิดได้ดีที่สุด ส่วนเชื้อรา *A. tamarii* พบว่า ชา (夷เกชэн) ชา (เอทธิโลซิเตท) และช่า (เมทานอล) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด ทดสอบองค์ประกอบที่มีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 4.41 ซึ่งเป็นสารที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา [65] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ชา มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus spp.* และ *Penicillium spp.* ได้ เนื่องจากในเหง้าชา มีสาร 1'-Acetoxychavicol acetate ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 4.42 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา [66-69] ดังนั้นเมื่อนำสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรในแต่ละตัวทำละลายที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแต่ละชนิดได้มาทดสอบหาความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในระดับต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา



ภาพที่ 4.41 สูตรโครงสร้างของ (E) – Cinnamaldehyde

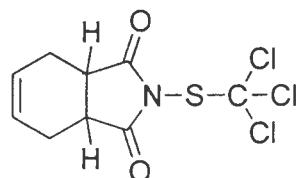


ภาพที่ 4.42 สูตรโครงสร้างของ 1'-Acetoxychavicol acetate

4.6.1 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*

ในเชื้อรา *P. citrinum* สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิตेटสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 1.25% โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 10.73 มิลลิเมตร โดยสามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบร่วงสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจน แต่มีขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรากลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิตेटมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรากลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิตेटมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรานไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% ซึ่งใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ 48 ชั่วโมง ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 4.43 ในขณะที่สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิตेटมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 2.5% โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 8.77 และ 6.61 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยสามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบร่วงสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจน แต่มีขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรากลดลง และมีประสิทธิภาพ

ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารเคมีแคปแทน ที่ระดับความเข้มข้น 0.31% ซึ่งใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ 48 ชั่วโมง สำหรับตัวทำละลายเซกเซน เอทิลอะซิเตท เมทานอลและน้ำกลั่น พบร่วมกันที่ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (ตารางที่ 4.8)



ภาพที่ 4.43 สูตรโครงสร้างของสารเคมีแคปเทน

4.6.2 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของสารสกัดหยาบจากอบเชยและข้าว ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	อบเชย (เยกเซน)		อบเชย (เอทิลอะซิเตท)		ข้าว (เมทานอล)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
5	31.50 \pm 0.28 ^e	23.29 \pm 0.60 ^d	35.46 \pm 0.56 ^e	30.54 \pm 0.43 ^d	10.66 \pm 0.33 ^e	7.76 \pm 0.25 ^c
2.5	16.17 \pm 0.21 ^d	8.77 \pm 0.54 ^b	25.51 \pm 0.26 ^d	16.40 \pm 0.41 ^c	9.12 \pm 0.33 ^d	6.61 \pm 0.24 ^b
1.25	9.06* \pm 0.40 ^b	0 ^a	19.29 \pm 0.60 ^c	10.73 \pm 0.72 ^b	7.98* \pm 0.21 ^c	0 ^a
0.63	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	7.14* \pm 0.23 ^b	0 ^a
0.31	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
0.31 (แคปแทน)	12.76 \pm 0.03 ^c	10.86 \pm 0.04 ^c	12.76 \pm 0.03 ^b	10.86 \pm 0.04 ^b	12.76 \pm 0.03 ^f	10.86 \pm 0.04 ^d
เยกเซน	0 ^a	0 ^a	-	-	-	-
เอทิลอะซิเตท	-	-	0 ^a	0 ^a	-	-
เมทานอล	-	-	-	-	0 ^a	0 ^a
น้ำกลั่น	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชั้้น ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e, และ f ที่ตามหลัง ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นไปสีขาว

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ของสารสกัดหยาบจากอบเชยและข้าว ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	อบเชย (เอกเซน)		อบเชย (เอทิลอะซิเตท)		ข้าว (เมทานอล)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
5	16.00 \pm 0.32 ^d	11.57 \pm 0.20 ^c	19.35 \pm 0.24 ^e	14.73 \pm 0.31 ^d	12.90 \pm 1.04 ^e	8.65 \pm 0.65 ^{cd}
2.5	6.72 \pm 0.38 ^b	0 ^a	16.35 \pm 0.76 ^d	11.61 \pm 1.45 ^c	9.34 \pm 0.22 ^d	9.35 \pm 0.77 ^d
1.25	8.54 \pm 0.25 ^c	0 ^a	6.97 \pm 0.54 ^b	0 ^a	8.64 \pm 0.43 ^{cd}	7.98 \pm 0.63 ^{bc}
0.63	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	6.33 \pm 0.34 ^b	0 ^a
0.31	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	7.92 \pm 0.53 ^c	0 ^a
0.31 (แคปแทน)	8.35 \pm 0.01 ^c	7.28 \pm 0.01 ^b	8.35 \pm 0.01 ^c	7.28 \pm 0.01 ^b	8.35 \pm 0.01 ^c	7.28 \pm 0.01 ^b
เอกเซน	0 ^a	0 ^a	-	-	-	-
เอทิลอะซิเตท	-	-	0 ^a	0 ^a	-	-
เมทานอล	-	-	-	-	0 ^a	0 ^a
น้ำกลั่น	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชั้น ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d และ e ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นໄสีขาว

4.6.3 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii*

ในส่วนของเชื้อรา *A. tamarii* พบว่า สารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน และเมทานอล สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 0.08 และ 0.31% ตามลำดับ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 6.58 และ 6.70 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยสามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบร่วมกันสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจน แต่มีขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% ซึ่งใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ 48 ชั่วโมง ในขณะที่สารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 0.04% โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการ

เจริญที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 6.26 มิลลิเมตร โดยสามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่า ยังสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจน แต่มีขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% ซึ่งใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ 48 ชั่วโมง สำหรับตัวทำละลายเยกเซน เอทิโลอะซิเตท เมทานอลและน้ำกลันน์ พบร่วมกันไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ของสารสกัดหยาบช่า ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)					
	ช่า (เยกเซน)		ช่า (เอทิโลอะซิเตท)		ช่า (เมทานอล)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
63.0	15.32 \pm 0.47 ^f	12.84 \pm 0.56 ^e	16.73 \pm 0.35 ^f	14.61 \pm 0.27 ^g	9.34 \pm 0.91 ^d	8.06 \pm 0.84 ^c
0.31	13.75 \pm 0.83 ^e	11.18 \pm 0.78 ^d	15.06 \pm 0.71 ^e	12.63 \pm 0.22 ^f	7.84 \pm 0.19 ^c	6.70 \pm 0.33 ^b
0.16	9.85 \pm 0.28 ^d	7.63 \pm 0.12 ^c	12.38 \pm 0.57 ^d	10.18 \pm 0.37 ^e	0 ^a	0 ^a
0.08	8.27 \pm 0.44 ^c	6.58 \pm 0.33 ^b	10.62 \pm 0.44 ^c	8.61 \pm 0.39 ^d	0 ^a	0 ^a
0.04	7.78 \pm 0.19 ^c	6.34 \pm 0.13 ^b	7.37 \pm 0.62 ^b	6.26 \pm 0.15 ^b	0 ^a	0 ^a
0.02	6.72 \pm 0.21 ^b	0 ^a	7.14 \pm 0.37 ^b	6.30 \pm 0.11 ^b	0 ^a	0 ^a
0.31 (แคปแทน)	7.12 \pm 0.05 ^b	6.85 \pm 0.01 ^b	7.12 \pm 0.05 ^b	6.85 \pm 0.01 ^c	7.12 \pm 0.05 ^b	6.85 \pm 0.01 ^b
เยกเซน	0 ^a	0 ^a	-	-	-	-
เอทิโลอะซิเตท	-	-	0 ^a	0 ^a	-	-
เมทานอล	-	-	-	-	0 ^a	0 ^a
น้ำกลันน์	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ช้ำ ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e, f และ g ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

* คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นใยสีขาว

4.7 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยอบเชยและข่า

เนื่องจากข่าและอบเชยเป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราได้ดีในชั้นเซกเชน ซึ่งเซกเชน เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีข้าวจะละลายสารสำคัญที่ไม่มีข้าว เช่น ไขมัน น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น จึงนำข่า และอบเชยมาสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่น (Hydro-distillation) พบว่า อบเชยให้ปริมาณ น้ำมันหอมระเหย 0.88% และข่าให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 0.14% (ตารางที่ 4.11) สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Li และ คณะ ที่รายงานว่า เปรอร์เซ็นต์ผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่สกัดด้วย วิธีการกลั่นด้วยน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.72-3.08% ซึ่งเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งของ อบเชยที่นำมาใช้ในการสกัด [61]

ตารางที่ 4.11 ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยอบเชยและข่า

ชนิดของสมุนไพร	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของ น้ำมันหอมระเหย (%)	สีของน้ำมันหอมระเหย
อบเชย	0.88	สีเหลือง
ข่า	0.14	สีเหลืองอ่อน

4.8 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)

จากการทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs) แต่ละชนิดได้ผลดังนี้

4.8.1 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ระดับความเข้มข้น 5, 2.5, 1.25, 0.63 และ 0.31% ตามลำดับ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 2.5% โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 14.47 มิลลิเมตร โดยสามารถ สังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่ายังสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อนำดของ บริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีฤทธิ์ในการ ยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบน้ำมันหอมระเหยอบเชยกับ สารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% ซึ่งใช้เป็นสารเคมีควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหย อบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าสารเคมี แคปแทน โดยมีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนตัวทำลายได้เมทิลซัลฟอกไซด์ และน้ำกลั่นที่ใช้เป็นสารควบคุมไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* กับน้ำมันหอมระ夷อบ夷ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
5	36.63 \pm 0.20 ^e	28.97 \pm 0.59 ^e
2.5	25.70 \pm 0.93 ^d	14.47 \pm 0.64 ^c
1.25	17.36 \pm 0.84 ^c	16.58* \pm 0.50 ^d
0.63	11.70* \pm 0.15 ^b	0 ^a
0.31	0 ^a	0 ^a
0.31 (แคปแทน)	12.17 \pm 0.44 ^b	10.81 \pm 0.45 ^b
ไดเมทิลซัลฟอกไซด์	0 ^a	0 ^a
น้ำกลั่น	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชั้า ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e, และ f ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นໄสีขาว

4.8.2 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระ夷อบ夷ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระ夷อบ夷ที่ระดับความเข้มข้น 5, 2.5, 1.25, 0.63 และ 0.31% ตามลำดับ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* พบร้า น้ำมันหอมระ夷อบ夷สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 2.5% โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 9.62 มิลลิเมตร โดยสามารถสังเกตเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจนที่ 24 ชั่วโมง และเมื่อวัดผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมงพบร้ายังสามารถมองเห็นบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างชัดเจน แต่มีขนาดของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการน้ำมันหอมระ夷อบ夷มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญ

ของเชื้อราลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบน้ำมันหอมระเหยอบเชยกับสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% ซึ่งใช้เป็นสารเคมีควบคุม พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าสารเคมีแคปแทน โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนตัวทำละลาย ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ และน้ำกลันที่ใช้เป็นสารควบคุมไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* กับน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
5	21.32 \pm 0.25 ^e	14.06 \pm 0.51 ^e
2.5	16.79 \pm 1.36 ^d	9.62 \pm 0.85 ^d
1.25	14.63* \pm 0.93 ^c	7.26* \pm 0.49 ^b
0.63	9.81* \pm 0.46 ^b	0 ^a
0.31	0 ^a	0 ^a
0.31 (แคปแทน)	9.27 \pm 0.01 ^b	8.16 \pm 0.27 ^c
ไดเมทิลซัลฟอกไซด์	0 ^a	0 ^a
น้ำกลัน	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ช้า ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e, และ f ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นไขสีขาว

4.8.3 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยข้าวที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii*

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.63, 0.31, 0.16, 0.08, 0.04 และ 0.02% ตามลำดับ ใน การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* จากงานวิจัยในครั้งนี้พบว่า น้ำมันหอมระเหยข้าวทุกระดับความเข้มข้นไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* เมื่อทำการเปรียบเทียบกับสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% ซึ่งใช้เป็นสารเคมี

ควบคุมที่พบว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 6.89 มิลลิเมตร ส่วนตัวทำละลายได้เมทิลซัลฟอกไซด์และน้ำกลันที่ใช้เป็นสารควบคุมไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarici* กับน้ำมันหอมระ夷ข่าที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง \pm SD (มิลลิเมตร)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
0.63	0 ^a	0 ^a
0.31	0 ^a	0 ^a
0.16	0 ^a	0 ^a
0.08	0 ^a	0 ^a
0.04	0 ^a	0 ^a
0.02	0 ^a	0 ^a
0.31 (แคปแทน)	7.15 \pm 0.08 ^b	6.89 \pm 0.16 ^b
ไดเมทิลซัลฟอกไซด์	0 ^a	0 ^a
น้ำกลัน	0 ^a	0 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจาก 3 ช้ำ ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e, และ f ที่ตามหลัง ตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ เชื่อมั่น 95%

* คือ บริเวณยับยั้งมีเส้นไขสีขาว

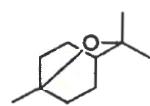
ซึ่งจากการทดลองดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระ夷อบเชยที่ดีที่สุดคือ 2.5% สอดคล้องกับรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ระบุว่า น้ำมันหอมระ夷อบเชยมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* ได้ เนื่องจากในน้ำมันหอมระ夷อบเชย มีสาร Cinnamaldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา [65, 77-79] โดย Cinnamaldehyde ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบถาวรของลักษณะทางสัณฐานวิทยาและโครงสร้างขนาดเล็ก เช่น การสูญเสียความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของผนังเซลล์ การสร้างพลาสมาเมมเบรนเกิดการหยุดชะงัก ไมโตคอนเดรียถูกทำลาย เกิดการพับกันของเซลล์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดจากการที่ Cinnamaldehyde

อาจจะไปรบกวนปฏิกิริยาของเอนไซม์ของการสังเคราะห์ผนังเซลล์จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและการเจริญเติบโตของเชื้อรา [80] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ K. Bang et al. ที่พบว่า *trans-Cinnamaldehyde* มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา โดยการควบคุมการสังเคราะห์ β -(1, 3)-Glucan และไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อรา [81]

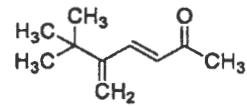
4.9 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Paper disc diffusion พบว่า สารสกัดหยาบจากพิชสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* ได้กว้างที่สุด คือ สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* ได้ที่ 48 ชั่วโมงคือ 1.25 และ 2.5% ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้กว้างที่สุดโดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ที่ 48 ชั่วโมงคือ 0.04%

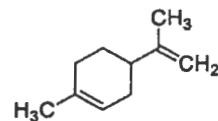
สำหรับการทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราพบว่า ในเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* ความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ที่ 48 ชั่วโมง คือ 2.5% แต่ในเชื้อรา *A. tamarii* พบว่า น้ำมันหอมระเหยข้าวทุกความเข้มข้นไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยข้าวมีสารประกอบคือ 1, 8-Cineole, 5-t-Butyl-hexa-3, 5-dien-2-one และ dl-Limonene ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังภาพที่ 4.44 [82] ในขณะที่สารสกัดหยาบข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซนพนสารประกอบคือ Methyleugenol p-Coumaryl diacetate 1'- Acetoxychavicol acetate 1'- Acetoxyeugenol acetate และ *trans-p-Acetoxycinnamyl alcohol* สูตรโครงสร้างดังภาพที่ 4.45 ซึ่งจากการที่สารสำคัญที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยข้าวและสารสกัดหยาบข้าวในตัวทำละลายเอกเซนมีสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกัน จึงมีผลทำให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้แตกต่างกัน [83]



(n)



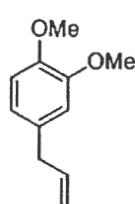
(x)



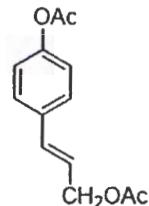
(c)

ภาพที่ 4.44 สูตรโครงสร้างของสารประกอบที่พบในน้ำมันหอมระ夷ข่า (ก) 1, 8-Cineole

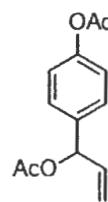
(ข) 5-t-Butyl-hexa-3, 5-dien-2-one (ค) dl-Limonene



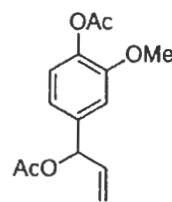
(n)



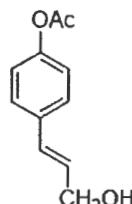
(x)



(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 4.45 สูตรโครงสร้างของสารประกอบที่พบในสารสกัดหยาบช่าในตัวทำละลายເຊັກເຊນ

(ก) Methyl Eugenol (ข) *p*-Coumaryl diacetate (ค) 1'- Acetoxychavicol acetate (ง) 1'- Acetoxyeugenol acetate (ຈ) *trans-p*-Acetoxycinnamyl alcohol

ซึ่งจากการทดลองดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า สำหรับเชื้อรา *P. citrinum* สารสกัดหยาบอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเต阴谋ในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าน้ำมันหอมระ夷อบเชย เนื่องจากมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า ส่วนเชื้อรา *A. flavus* สารสกัดหยาบอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเต阴谋ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้เท่ากัน ในขณะที่เชื้อรา *A. tamarii* พบว่า สารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตษามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ในขณะที่น้ำมันหอมระ夷ข้าวทุกระดับความเข้มข้นไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตระหว่างสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรอบเชยและข้าวกับน้ำมันหอมระ夷อบเชยและข้าว พบว่าน้ำมันหอมระ夷ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ค่อนข้างต่ำกว่าดังนั้นในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่น จึงเลือกนำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรมาทำการศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป โดยเลือกความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรอบเชยและข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราแต่ละชนิดมาทดสอบ

ซึ่งจากการทดสอบหาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ระดับความเข้มข้น 1.25 และ 2.5% สารสกัดหยาบจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.04, 0.08, 0.16, 0.31, 0.63, 1.25 และ 2.5% ใน การยับยั้งการเกิดของเชื้อราบนยางแผ่น พบว่า ยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท หรือสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.08% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 2 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.16% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 6 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.31 และ 0.63% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 13 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 1.25 และ 2.5% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 15 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยที่ระดับความเข้มข้น 1.25 และ 2.5% และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารแคปแทนซ์ใช้เป็นสารเคมีควบคุม ที่ระดับความเข้มข้น 0.31% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 30 วัน นอกจากนี้จากการทดลองจะเห็นได้ว่า สารสกัดหยาบจากอบเชยมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากข้าว (ตารางที่ 4.15) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีรายงานว่า สารสกัดจากอบเชยและข้ามน้ำมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา [65-66, 84-88] นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ ที่พบว่า การซับยางแผ่นด้วยสารเคมีแคปแทนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดของเชื้อราต่ำมาก [10] ดังนั้นในการทดสอบสมบัติของยางแผ่นดิบและในขั้นตอนการเตรียมยางคอมพาวด์ เพื่อศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรและสารเคมีแคปแทนที่มีต่อสมบัติของยาง จึงเลือกนำ

สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทที่ความเข้มข้น 1.25% มาฉีดพ่นบนยางแผ่นเปรียบเทียบกับยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่น ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทหรือสารสกัดหยาบจากสมุนไพร ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทน

ตารางที่ 4.15 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในการยับยั้งการเกิดของเชื้อราบนยางแผ่นที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

สารสกัดหยาบจากสมุนไพร	จำนวนวันที่ยังไม่พบเชื้อราบนยางแผ่น (วัน)
ตัวควบคุม	2
เอทิลอะซิเตท	2
ข้า 0.04%	2
ข้า 0.08%	2
ข้า 0.16%	6
ข้า 0.31%	13
ข้า 0.63%	13
ข้า 1.25%	15
ข้า 2.5%	15
อบเชย 1.25%	30
อบเชย 2.5%	30
แคปแทน 0.31%	30

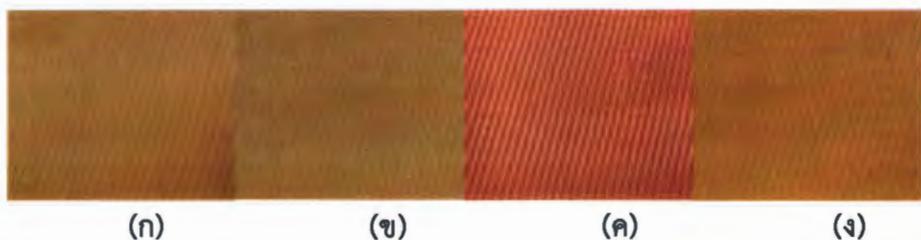
หมายเหตุ: ตัวควบคุม คือ ยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทหรือสารสกัดหยาบจากสมุนไพร

4.10 การทดสอบผลของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่มีต่อสมบัติของยางแผ่น

4.10.1 สมบัติของยางแผ่นดิบ

จากการศึกษาสมบัติของยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทหรือสารสกัดหยาบจากสมุนไพร (ตัวควบคุม) ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทที่ความเข้มข้น 1.25% ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมี แคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 0.31% เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานยางแท่ง (STR 5 และ STR 20) พบร่วม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชย ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทน มีสมบัติทางกายภาพส่วนใหญ่

ใกล้เคียงกันกับตัวควบคุม ยกเว้น สี ที่ย่างแผ่นที่อีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยให้ค่าสีเท่ากับ 12.0 ซึ่งสูงกว่ายางแผ่นที่อีดพ่นด้วยตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตท ย่างแผ่นที่อีดพ่นด้วยสารเคมี แคปแทนและยางแผ่นดิบ เนื่องจากสารสกัดหยาบจากอบเชยในชั้นเอทิลอะซิเตทค่อนข้างมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อนำมาอีดพ่นลงบนแผ่นยางจึงทำให้แผ่นยางมีสีน้ำตาลเข้มเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 4.46) นอกจากนี้ยังพบว่าสมบัติของยางแผ่นทั้ง 4 ชนิด มีค่าไม่เกินมาตรฐานยางแท่ง STR 5 และ STR 20 [40] ดังตารางที่ 4.16



ภาพที่ 4.46 สีของยางแผ่น (ก) ตัวควบคุม (ข) ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท (ค) สารสกัดหยาบจากอบเชย (ง) สารเคมีแคปแทน

ตารางที่ 4.16 สมบัติของยางแผ่นดิบ

สมบัติ	ค่ามาตรฐานยางแท่ง		ชนิดของยางแผ่นดิบ			
	STR 5	STR 20	1	2	3	4
ปริมาณสิ่งสกปรก (%wt)	ไม่เกิน 0.04	ไม่เกิน 0.16	0.023	0.014	0.021	0.072
ปริมาณสิ่งระเหย (%wt)	ไม่เกิน 0.80	ไม่เกิน 0.80	0.65	0.61	0.71	0.64
ปริมาณถ้า (%wt)	ไม่เกิน 0.60	ไม่เกิน 0.80	0.53	0.49	0.55	0.53
ปริมาณในໂຕເຈນ (%wt)	ไม่เกิน 0.60	ไม่เกิน 0.60	0.28	0.49	0.50	0.32
ความอ่อนตัวเริ่มแรก (P_0)	ไม่ต่ำกว่า 30	ไม่ต่ำกว่า 30	49.3	49.0	46.0	47.0
ต้นน้ำความอ่อนตัว (PRI)	ไม่ต่ำกว่า 60	ไม่ต่ำกว่า 40	79.7	78.6	76.1	79.8
ความหนืด ML (1+4) 100°C	-	-	72.7	71.5	71.3	72.5
สี	-	-	6.0	6.0	12.0	8.0

- หมายเหตุ: 1 คือ ตัวควบคุม
2 คือ ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท
3 คือ สารสกัดหยาบจากอบเชย
4 คือ สารเคมีแคปแทน

4.10.2 สมบัติของยางคอมพาวด์และสมบัติเชิงกลของยางวัลคайнซ์

4.10.2.1 สมบัติของยางคอมพาวด์

การศึกษาลักษณะการวัลคайнซ์ของยางคอมพาวด์ทั้ง 2 สูตร ด้วยเครื่อง Moving Die Rheometer (MDR) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส พบว่า ยางทั้ง 4 ชนิดให้ค่าระยะเวลาสกอร์ช (Sorch time) ระยะเวลาวัลคайнซ์ (Cure time) และผลต่างของแรงบิดไกล์เดียงกัน ทั้งในยางสูตรที่ไม่เติม (สูตรที่ 1) และเติมเข้ามา 2 ยกเว้น ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทนในยางคอมพาวด์สูตรที่ 1 ที่มีค่า Cure time สูงกว่ายางแผ่นอีก 3 ชนิด

นอกจากนี้ยังพบว่า ยางสูตรที่ 2 มีค่าระยะเวลาสกอร์ชและระยะเวลาวัลคайнซ์ สั้นกว่ายางสูตรที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเข้ามาร่วมกันของสารตัวเร่งให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งความร้อนที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็นตัวเร่งให้สารเคมีทำปฏิกิริยากับยางได้เร็วขึ้น จึงส่งผลให้ยางสูตรที่ 2 สามารถเกิดการวัลคайнซ์ได้เร็วกว่า ยางสูตรที่ 1 [89-90] ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 สมบัติของยางคอมพาวด์

ชนิดของสาร ที่ฉีดพ่น ^a บนยางแผ่น	Sorch time, t _{s2} (นาที)		Cure time, t _{c90} (นาที)		MH-ML (เดือนวัตถุ-เมตร)	
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
ตัวควบคุม (NR)	5.90±0.19	2.62±0.12	9.29±0.21	7.47±0.15	4.38±0.25	8.70±0.30
ตัวทำละลาย เอทิลอะซีเทต (NREt)	5.16±0.14	.248±0.06	9.37±0.62	7.45±0.05	4.72±0.06	9.03±0.19
สารสกัดหยาบจากอบเชย (NRCi)	6.03±0.12	2.66±0.06	9.50±0.22	7.65±0.04	4.40±0.08	8.91±0.05
สารเคมีแคปแทน (NRCap)	5.91±0.28	2.68±0.06	12.53±0.81	7.71±0.05	4.98±0.06	8.93±0.12

4.10.2.2 สมบัติเชิงกลของยางวัลคайнซ์

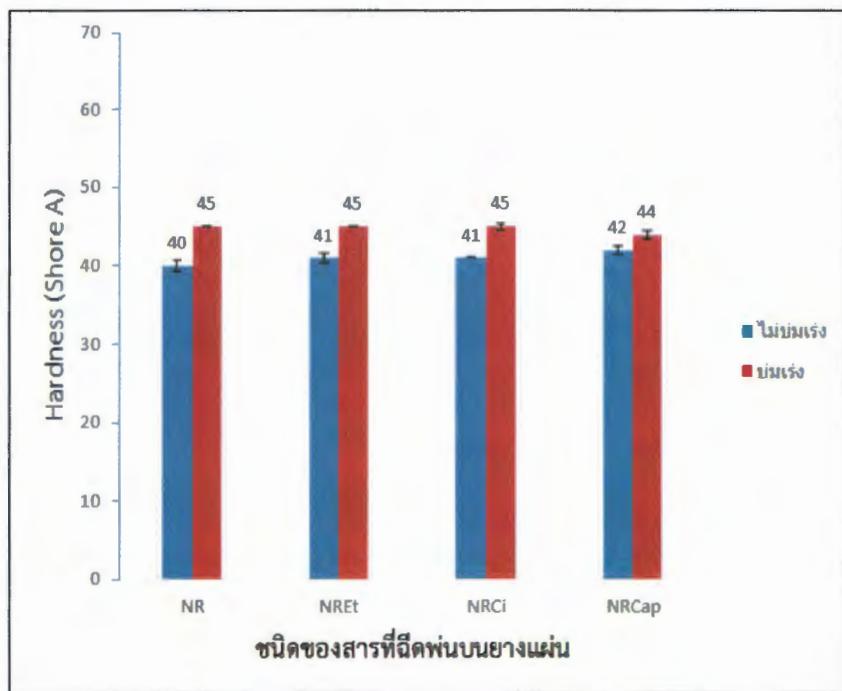
1) ความแข็ง

จากการศึกษาค่าความแข็งของยางวัลคайнซ์ดังแสดงในตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.47-4.48 พบว่า ยางสูตรที่ 1 ที่ไม่ผ่านการบ่มเร่งจะมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 40-42 ชอร์โอ ในขณะที่หลังบ่มเร่งมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 44-45 ชอร์โอ ยางสูตรที่ 2 ที่ไม่ผ่านการบ่มเร่งมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 56-57 ชอร์โอ ในขณะที่หลังบ่มเร่งมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 60-61 ชอร์โอ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ยางสูตรเดียวกันจะมีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน โดยที่ไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของยาง ผลการทดลองบ่งชี้ว่า ชนิดของสารที่ฉีดพ่นบนยางแผ่นไม่มีผลต่อค่าความแข็งของยางแผ่นเมื่อ

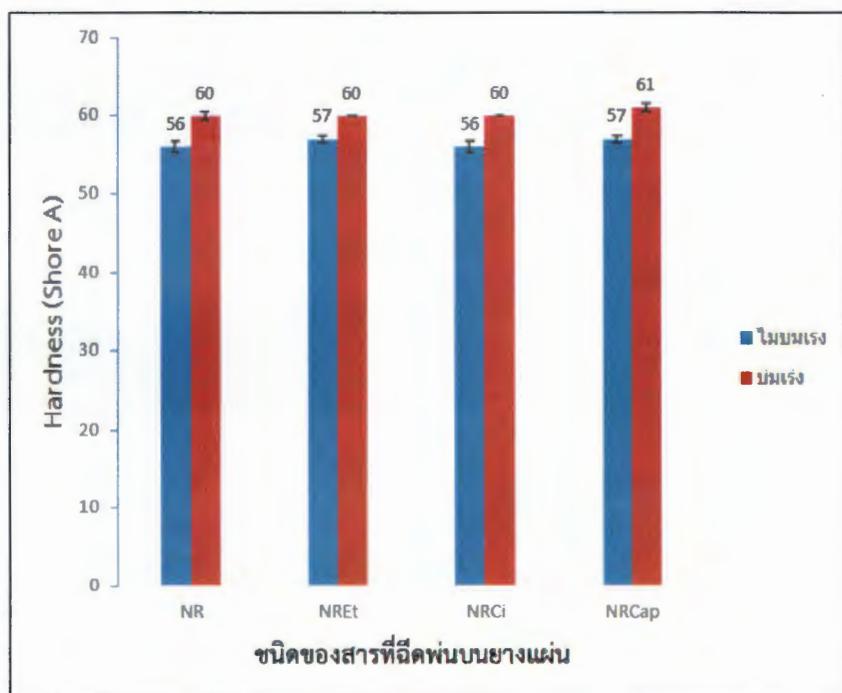
เปรียบเทียบกับตัวควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของยางหลังบ่มเร่งกับก่อนบ่มเร่ง พบร่วมกันว่า ความแข็งของยางหลังบ่มเร่งมีค่าสูงกว่าก่อนบ่มเร่ง อาจเนื่องมาจากผลของการสุกตัวหลังการเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันที่เกิดขึ้นระหว่างการขึ้นรูป หรือเรียกว่า การเกิด Post curing ซึ่งส่งผลให้สายโซ่เชื่อมโยงหรือพันธะกำมะถันระหว่างโมเลกุลเปลี่ยนจากสายโซ่เย้ายาว (Polysulfidic) เป็นสายโซ่มีขนาดสั้นลง (Mono-หรือ Disulfidic) และส่งผลทำให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมข้างเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้ค่าความแข็งหลังบ่มเร่งสูงกว่าก่อนบ่มเร่ง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางสูตรที่ 1 และยางสูตรที่ 2 พบร่วมกันว่า ยางสูตรที่ 2 ที่เติมเข้ามาดำเนินการแข็งสูงกวายางสูตรที่ 1 เนื่องจากเข้ามาดำเนินการอนุภาคของแข็งที่มีขนาดอนุภาคเล็ก มีพื้นที่ผิวมาก เมื่อเติมลงไปในยางจะทำให้สัดส่วนของเนื้อยาง (ซึ่งเป็นส่วนที่นิ่ม) ในขั้นตอนสอดลดลง ยางจึงแข็งขึ้น ซึ่งในทางเทคนิคจะเรียกการเพิ่มของความแข็งตามปริมาณสารตัวเติมว่าเป็นผลมาจากการเจือจางหรือ Dilution effect นอกจากนี้ การที่เข้ามาดำเนินการอันตรกิริยากับยางได้ดี ก็จะส่งผลทำให้โมเลกุลของยางที่เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของเข้ามาดำเนินการที่ดีเกาะแน่นอยู่บนพื้นผิวของเข้ามาดำเนินการทำให้สามารถเป็นส่วนหนึ่งของเข้ามาดำเนินการลักษณะเดียวกันไม่มีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทำให้ยางซึ่งเป็นเมทริกซ์มีปริมาณน้อยลง ซึ่งจะส่งผลทำให้ยางวัลคาไนซ์มีความแข็งสูงขึ้นเช่นกัน [89, 91]

ตารางที่ 4.18 ความแข็งของยางวัลคาไนซ์สูตรที่ไม่เติมเข้ามาดำเนินการ (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้ามาดำเนินการ (สูตรที่ 2)

ชนิดของสารที่ฉีดพ่น บนยางแผ่น	ความแข็ง (ชอร์ต)				เปอร์เซ็นต์การ เปลี่ยนแปลง	
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง		
ตัวควบคุม (NR)	40±0.7	45±0.0	56±0.7	60±0.6	12.5	7.1
ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท (NREt)	41±0.6	45±0.0	57±0.5	60±0.0	9.8	5.3
สารสกัดหยาบจากอบเชย (NRCi)	41±0.0	45±0.5	56±0.7	60±0.0	9.8	7.1
สารเคมีแคปแทน (NRCap)	42±0.5	44±0.6	57±0.5	61±0.6	4.8	7.0



ภาพที่ 4.47 ความแข็งของยางวัลคานิซสูตรที่ไม่เติมเข้าม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง



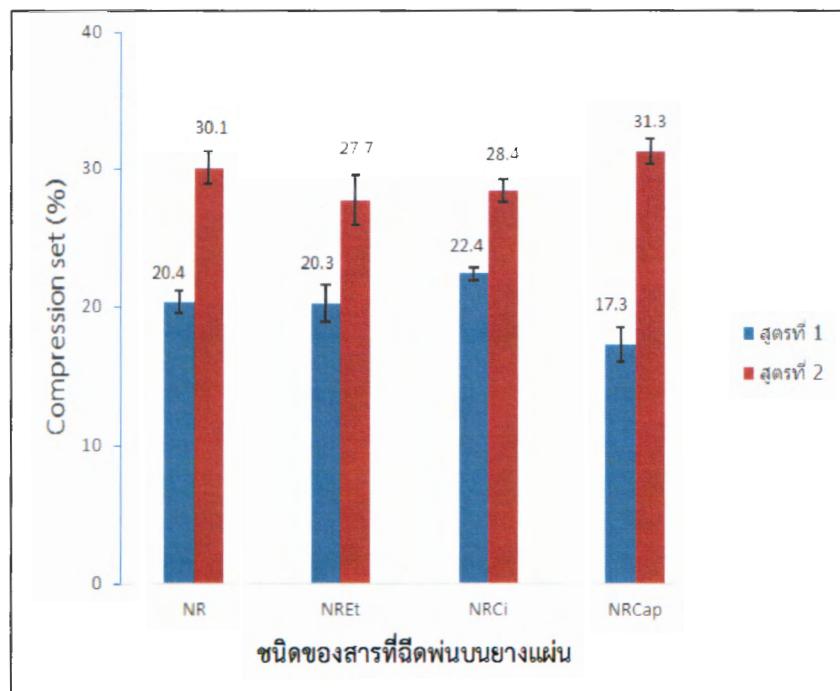
ภาพที่ 4.48 ความแข็งของยางวัลคานิซสูตรที่เติมเข้าม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง

2) การเสียรูปหลังการกด

จากการศึกษาการเสียรูปหลังการกดของยางวัลคานีซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.19 และภาพที่ 4.49 พบว่า ในกรณีของยางสูตรที่ 1 ค่าการเสียรูปหลังการกดของตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน เท่ากับ 20.4, 20.3, 22.4 และ 17.3% ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทนมีการคืนตัวของยางตี่ที่สุด (มีค่าการเสียรูปหลังการกดต่ำสุด) ส่วนในกรณีของยางสูตรที่ 2 พบว่า ค่าการเสียรูปหลังการกดของตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน เท่ากับ 30.1, 27.7, 28.4 และ 31.3% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทมีการคืนตัวของยางตี่ที่สุด (มีค่าการเสียรูปหลังการกดต่ำสุด) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางสูตรที่ 1 และ ยางสูตรที่ 2 พบว่า ยางสูตรที่ 2 ที่เติมเขาม่าดำเกิดการยุบตัวอย่างถาวรมากกว่ายางสูตรที่ไม่เติมเขาม่าดำ ซึ่งเป็นผลมาจากการเจือจางส่วนของเนื้อยางดังนี้ที่อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ จึงส่งผลทำให้ขั้นทดสอบมีความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการคืนตัวลดลง ทำให้มีค่าการเสียรูปหลังการกดที่สูงขึ้น [39, 89, 92]

ตารางที่ 4.19 การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคานีซ์สูตรที่ไม่เติมเขาม่าดำ (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเขาม่าดำ (สูตรที่ 2)

ชนิดของสารที่ฉีดพ่น บนยางแผ่น	การเสียรูปหลังการกด (เปอร์เซ็นต์)	
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
ตัวควบคุม (NR)	20.4 ± 0.8	30.1 ± 1.2
ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท (NREt)	20.3 ± 1.3	27.7 ± 1.8
สารสกัดหยาบจากอบเชย (NRCi)	22.4 ± 0.5	28.4 ± 0.8
สารเคมีแคปแทน (NRCap)	17.3 ± 1.2	31.3 ± 0.9



ภาพที่ 4.49 การเสียรูปหลังการกดของยางวัลคานีซ์สูตรที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2)

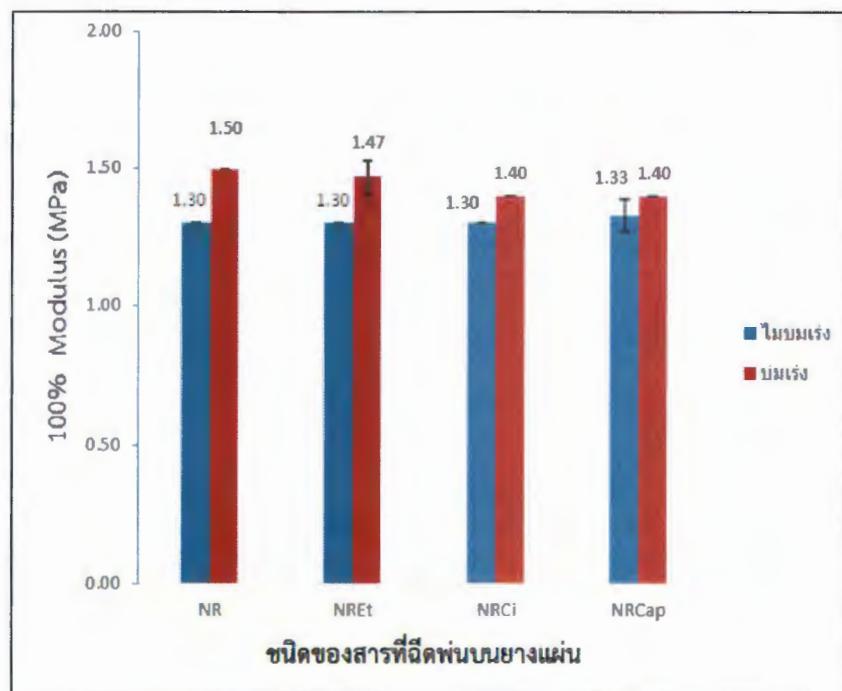
3) โมดูลัสที่ระระยะ 100%

จากการศึกษาโมดูลัสที่ระระยะ 100% ของยางวัลคานีซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.20 และภาพที่ 4.50-4.51 พบว่า ในกรณีที่ไม่มีการเติมเข้มข้น (ยางสูตรที่ 1) ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าโมดูลัสที่ระระยะ 100% เท่ากับ 1.30, 1.30, 1.30 และ 1.33 เมกะปascal ตามลำดับ ในขณะที่การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าโมดูลัสสูงขึ้นคือ มีค่าเท่ากับ 1.50, 1.47, 1.40 และ 1.40 เมกะปascal ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในยางสูตรที่มีการเติมเข้มข้น (ยางสูตรที่ 2) ก็จะพบว่ายางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าโมดูลัสที่ระระยะ 100% เท่ากับ 2.43, 2.40, 2.37 และ 2.37 เมกะปascal ตามลำดับ ในขณะที่การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าโมดูลัสสูงขึ้นคือ มีค่าเท่ากับ 2.90, 2.93, 3.00 และ 3.13 เมกะปascal ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าโมดูลัสที่ระระยะ 100% ของยางขึ้นอยู่กับสูตรเคมียางเท่านั้น แต่ไม่ขึ้นกับชนิดของยางแผ่นที่นำมาใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า หลังบ่มเร่งค่าโมดูลัสที่ระระยะ 100% ของยางทั้ง 2 สูตร มีค่าสูงขึ้นกว่าก่อนบ่มเร่ง อาจเนื่องมาจากการผลของการสูญตัวหลังการเกิดปฏิกิริยาวัลคานีเซชันที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มเร่ง ซึ่งส่งผลให้สายโซ่เชื่อมโยงหรือพันธะกำมะถันระหว่างโมเลกุลเปลี่ยนจากสายโซ่ที่มี

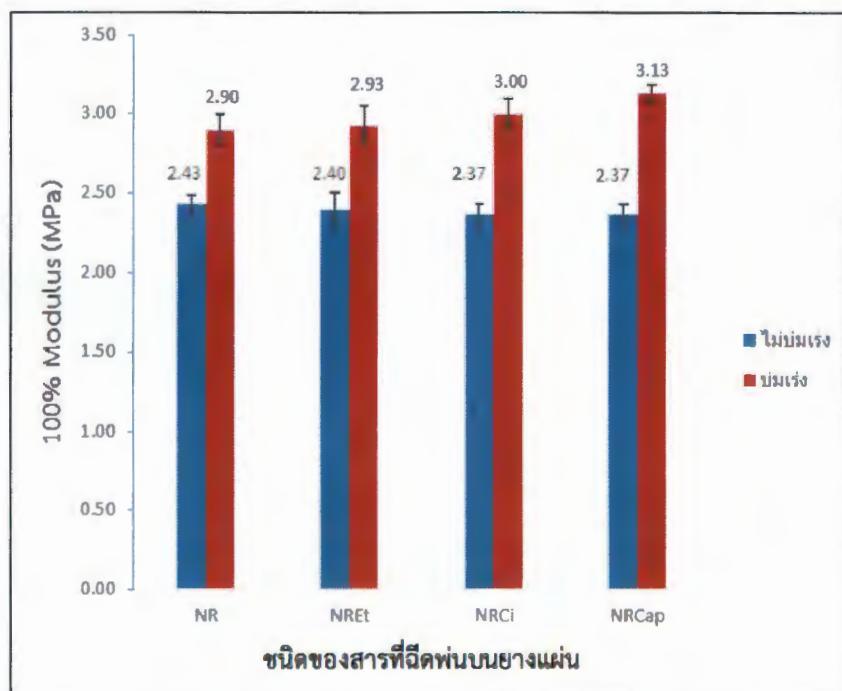
ขนาดสั้นลง (Mono- หรือ Disulfidic) และส่งผลทำให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมขวางเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ยังมีค่าโมดูลัสสูงขึ้น นอกจ้านี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางสูตรที่ 1 และยางสูตรที่ 2 พบว่า ยางสูตรที่ 2 ที่เติมเขม่าดำมีค่าโมดูลัสที่ระยะยีด 100% สูงกว่ายางสูตรที่ 1 เนื่องจากผลของการเจือ จางและเป็นผลจากการมีอันตรกิริยาที่ตีระหว่างยาง และเขม่าดำดังที่ได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ [91, 93]

ตารางที่ 4.20 โมดูลัสที่ระยะยีด 100% ของยางวัลคาไนซ์สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) และ สูตรที่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 2)

ชนิดของสารที่ฉีดพ่น บนยางแผ่น	โมดูลัสที่ระยะยีด 100% (เมกะปานาล)				เปอร์เซ็นต์การ เปลี่ยนแปลง	
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง		
ตัวควบคุม (NR)	1.30±0.00	1.50±0.00	2.43±0.06	2.90±0.10	15.38	19.34
ตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตท (NREt)	1.30±0.00	1.47±0.06	2.40±0.10	2.93±0.12	13.08	22.08
สารสกัดหยาบจาก อบเชย (NRCi)	1.30±0.00	1.40±0.00	2.37±0.06	3.00±0.10	7.69	26.58
สารเคมีแคปแทน (NRCap)	1.33±0.06	1.40±0.00	2.37±0.06	3.13±0.06	5.26	32.07



ภาพที่ 4.50 โมดูลัสที่ระยะยิด 100% ของยางวัลคาไนซ์สูตรที่ไม่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่ง และไม่บ่มเร่ง



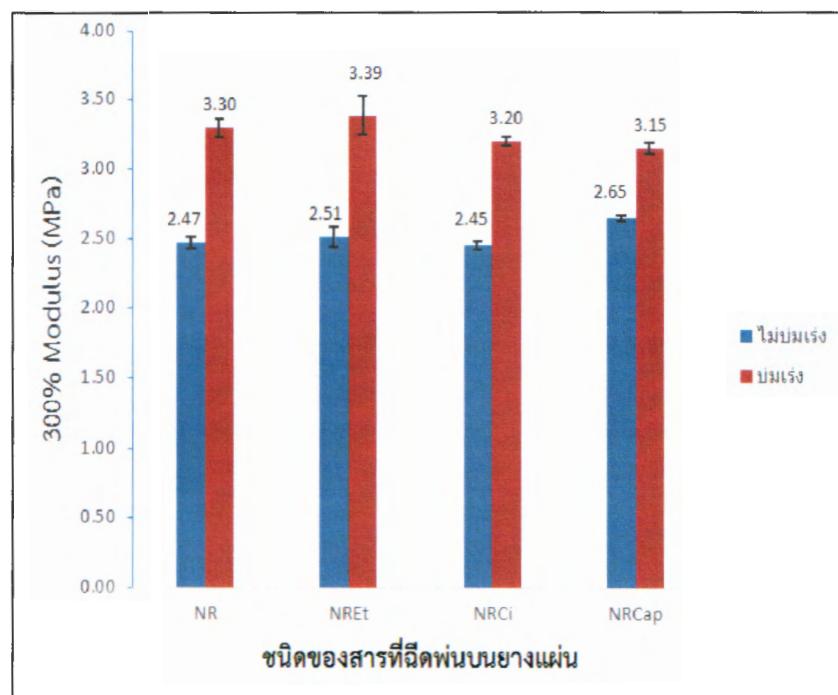
ภาพที่ 4.51 โมดูลัสที่ระยะยิด 100% ของยางวัลคาไนซ์สูตรที่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง

4) โมดูลัสที่ระยะยืด 300%

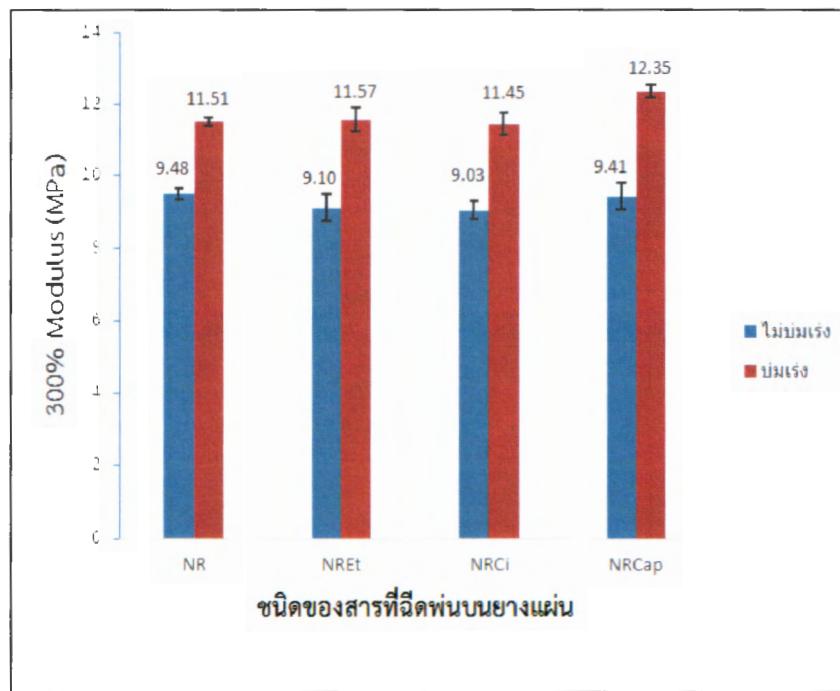
จากการศึกษาโมดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางวัลคานิซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.21 และภาพที่ 4.52-4.53 พบว่า ในกรณีที่ไม่มีการเติมเข้ามาตัวเดียว (ยางสูตรที่ 1) ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหมายอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% เท่ากับ 2.47, 2.51, 2.45 และ 2.65 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ในขณะที่ การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าโมดูลัสสูงขึ้นคือ มีค่าเท่ากับ 3.30, 3.39, 3.20 และ 3.15 เมกะปาสคาล ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในยางสูตรที่มีการเติมเข้ามาตัวเดียว (ยางสูตรที่ 2) ก็จะพบว่า ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหมายอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% เท่ากับ 9.48, 9.10, 9.03 และ 9.41 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ในขณะที่ การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าโมดูลัสสูงขึ้นคือมีค่าเท่ากับ 11.51, 11.57, 11.45 และ 12.35 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 100% ของยางขึ้นอยู่กับสูตรเคมียาง เท่านั้น แต่ไม่ขึ้นกับชนิดของยางแผ่นที่นำมาใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า หลังบ่มเร่งค่าโมดูลัส ที่ระยะยืด 300% ของยางทั้ง 2 สูตร มีค่าสูงขึ้นกว่าก่อนบ่มเร่ง อาจเนื่องมาจากผลของการสูญตัวหลัง การเกิดปฏิกิริยาวัลคานไซเซชันที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มเร่ง ซึ่งส่งผลให้สายโซ่เชื่อมโยงหรือพันธะ กำมะถันระหว่างโมเลกุลเปลี่ยนจากสายโซ่ยาว (Polysulfidic) เป็นสายโซ่ที่มีขนาดสั้นลง (Mono- หรือ Disulfidic) และส่งผลทำให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมขวางเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ยางมีค่าโมดูลัส สูงขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางสูตรที่ 1 และยางสูตรที่ 2 พบร่วมกันว่า ยางสูตรที่ 2 ที่เติมเข้ามาตัวเดียว มีค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% สูงกว่ายางสูตรที่ 1 เนื่องจากผลของการเจือจางและเป็นผลจากการมีอันตรกิริยาที่ต้องระวังยางและเข้ามาตัวเดียวที่ได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ [91, 93]

ตารางที่ 4.21 โมดูลัสที่ระยับ 300% ของยางวัลคานิซสูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) และ สูตรที่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 2)

ชนิดของสารที่จัดพันบนยางแผ่น	โมดูลัสที่ระยับ 300 % (เมกะปascal)				เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง		
ตัวควบคุม (NR)	2.47±0.04	3.30±0.07	9.48±0.16	11.51±0.13	33.60	21.41
ตัวทำละลาย เอทิลอะซิเทท (NREt)	2.51±0.07	3.39±0.14	9.10±0.37	11.57±0.32	35.06	26.70
สารสกัดหยาบจาก อบเชย (NRCi)	2.45±0.03	3.20±0.03	9.03±0.26	11.45±0.31	30.61	26.80
สารเคมีแคปแทน (NRCap)	2.65±0.02	3.15±0.04	9.41±0.37	12.35±0.18	18.87	31.24



ภาพที่ 4.52 โมดูลัสที่ระยับ 300% ของยางวัลคานิซสูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่ง และไม่บ่มเร่ง



ภาพที่ 4.53 โมดูลัสที่ระยะยืด 300% ของยางวัลคานอีซ์สูตรที่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง

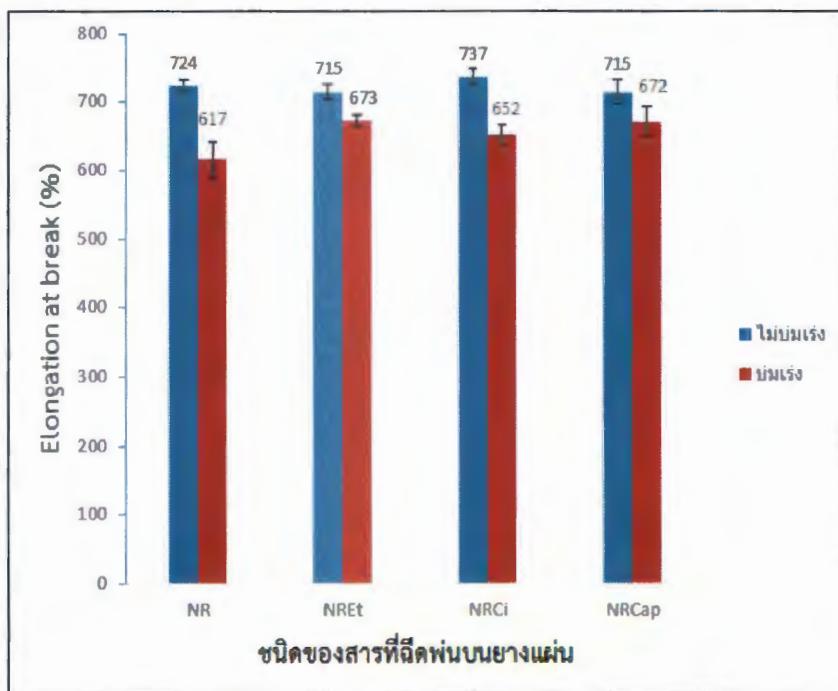
5) การยืดตัว ณ จุดขาด

จากการศึกษาการยืดตัว ณ จุดขาดของยางวัลคานอีซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.22 และภาพที่ 4.54-4.55 พบร้า ในกรณีที่ไม่มีการเติมเข้ม่าดำ (ยางสูตรที่ 1) ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุมยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด เท่ากับ 724, 715, 737 และ 715% ตามลำดับ ในขณะที่การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดลดลงคือ มีค่าเท่ากับ 617, 673, 652 และ 672% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในยางสูตรที่มีการเติมเข้ม่าดำ (ยางสูตรที่ 2) ก็จะพบว่า ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดลดลงคือ มีค่าเท่ากับ 613, 594, 608 และ 595% ตามลำดับ ในขณะที่การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดลดลงคือ มีค่าเท่ากับ 529, 526, 539 และ 523% ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของยางขึ้นอยู่กับสูตรเคมียางเท่านั้น แต่ไม่ขึ้นกับชนิดของยางแผ่นที่นำมาใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า หลังบ่มเร่งค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของยางทั้ง 2 สูตร มีค่าลดลงกว่าก่อนบ่มเร่ง เนื่องจากพันธะคู่ในยางเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างรวดเร็ว โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งทำให้ยางเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ทำให้ยางมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดลดลง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางสูตรที่ 1 และยางสูตรที่ 2 พบร้า ยางสูตรที่ 2 ที่เติมเข้ม่าดำมีค่าการยืดตัว

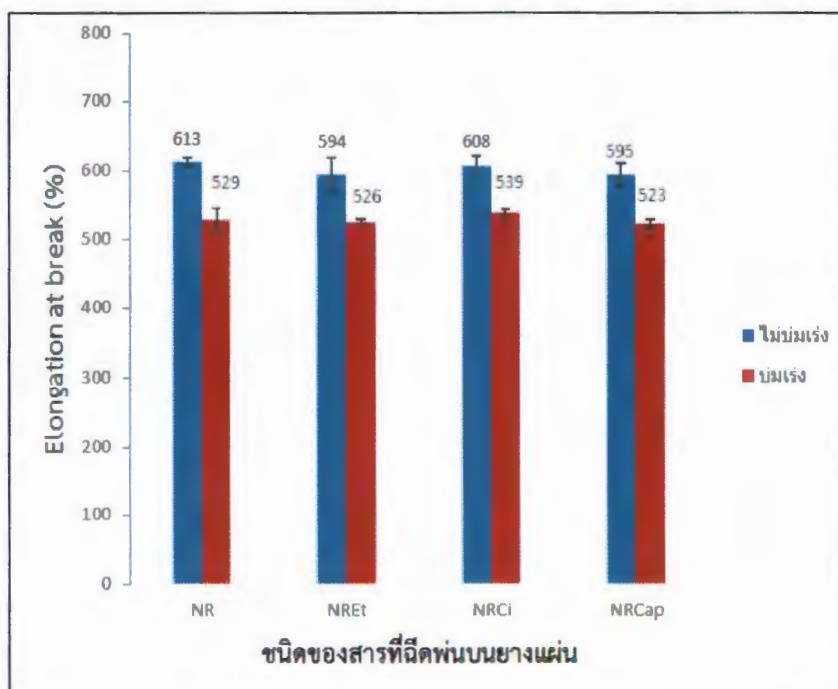
ณ จุดขาดต่ำกว่ายางสูตรที่ 1 เนื่องจากผลของการเจือจางและเป็นผลจากการมีอันตรกิริยาที่ดีระหว่างยางและเข็ม่าดำดังที่ได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ [39, 89, 94]

ตารางที่ 4.22 การยึดตัว ณ จุดขาดของยางวัสดุไนซ์สูตรที่ไม่เติมเข็ม่าดำ (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเข็ม่าดำ (สูตรที่ 2)

ชนิดของสารที่ฉีดพ่น บนยางแผ่น	การยึดตัว ณ จุดขาด (เบอร์เซ็นต์)				เบอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง		
ตัวควบคุม (NR)	724±8	617±26	613±6	529±17	-14.78	-13.70
ตัวทำละลาย เอทิลอะซีเตท (NREt)	715±12	673±8	594±25	526±4	-5.87	-11.45
สารสกัดทวยาบจาก อบเชย (NRCi)	737±12	652±15	608±13	539±5	-11.53	-11.35
สารเคมีแแคปเทน (NRCap)	715±18	672±21	595±16	523±7	-6.01	-12.10



ภาพที่ 4.54 การยืดตัว ณ จุดขาดของยางวัลค่าในชุดสูตรที่ไม่เติมเข้ามาคำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่ง และไม่บ่มเร่ง



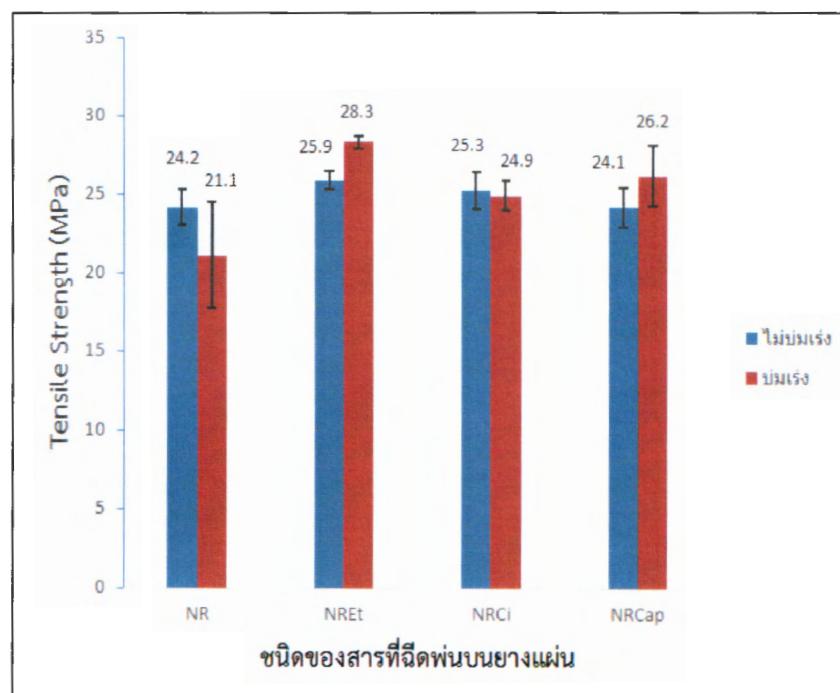
ภาพที่ 4.55 การยืดตัว ณ จุดขาดของยางวัลค่าในชุดสูตรที่เติมเข้ามาคำ (สูตรที่ 2) บ่มเร่ง และไม่บ่มเร่ง

6) ความทนทานต่อแรงดึง

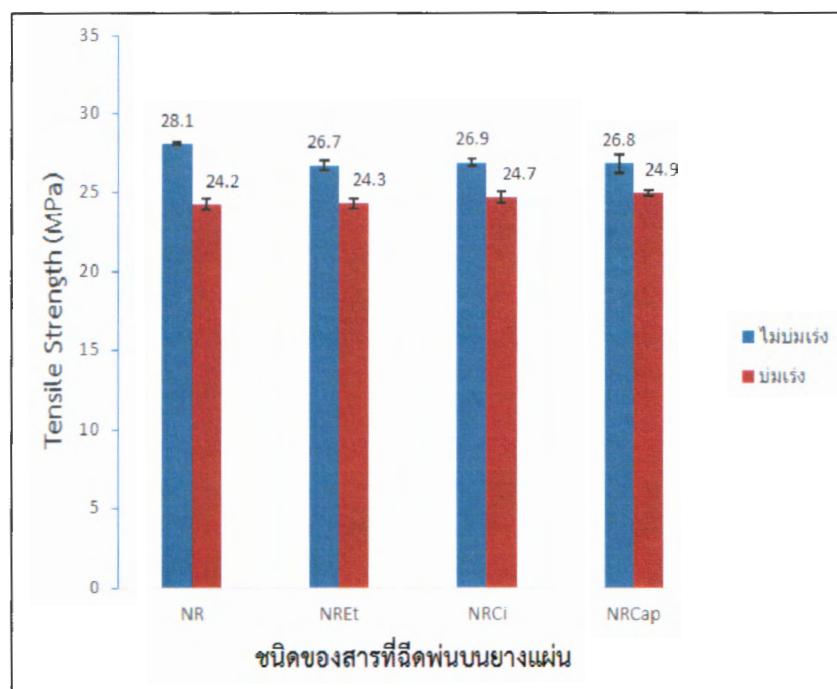
จากการศึกษาความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคานาเซ็ต ดังแสดงในตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.56-4.57 พบว่า ในกรณีที่ไม่มีการเติมเข้ามาคำ (ยางสูตรที่ 1) ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าความทนทานต่อแรงดึง เท่ากับ 24.2, 25.9, 25.3 และ 24.1 เมกะปาสคอล ตามลำดับ ในขณะที่ การบ่มเร่งจะทำให้ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าความทนทานต่อแรงดึง เท่ากับ 21.1, 28.3, 24.9 และ 26.2 เมกะปาสคอล ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในยางที่มีการเติมเข้ามาคำ (ยางสูตรที่ 2) ก็จะพบว่า ยางแผ่นที่ เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วย ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมี แคปแทน มีค่าความทนทานต่อแรงดึง เท่ากับ 28.1, 26.7, 26.9 และ 26.8 เมกะปาสคอล ตามลำดับ ในขณะที่การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าความทนทานต่อแรงดึงลดลงคือ มีค่าเท่ากับ 24.2, 24.3, 24.7 และ 24.9 เมกะปาสคอล ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่าความทนทานต่อแรงดึงของยาง ขึ้นอยู่กับสูตรเคมียางเท่านั้น แต่ไม่ขึ้นกับชนิดของยางแผ่นที่นำมาใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า หลังบ่มเร่งค่าความทนทานต่อแรงดึงของยางทั้ง 2 สูตร มีค่าลดลงกว่าก่อนบ่มเร่ง อาจเนื่องมาจาก ความร้อนเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในยาง ซึ่งมีพันธะคู่ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาทำให้ยาง เสื่อมสภาพเร็วขึ้น ทำให้ยางมีค่าความทนทานต่อแรงดึงลดลง ยกเว้น ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำ ละลายเอทิลอะซิเตทและสารเคมีแคปแทน ในยางสูตรที่ 1 มีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงกว่าก่อนบ่ม เร่ง อาจเนื่องมาจากผลของการสกัดหลังการเกิดปฏิกิริยาวัลคานาเซ็นเซชันที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มเร่ง ซึ่งส่งผลให้สายโซ่เชื่อมโยงหรือพันธะกำมะถันระหว่างโมเลกุลเปลี่ยนจากสายโซ่ยาว (Polysulfidic) เป็นสายโซ่ที่มีขนาดสั้นลง (Mono- หรือ Disulfidic) และส่งผลทำให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อม ข้างเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ยางมีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยาง สูตรที่ 1 และยางสูตรที่ 2 พบร้า ยางสูตรที่ 2 ที่เติมเข้ามาคำมีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงกวายางสูตร ที่ 1 เนื่องจากผลของการเจือจางและเป็นผลจากการมีอันตรกิริยาที่ต้องห่วงยางและเข้ามาร้ำดังที่ได้ อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ [91, 93, 95]

ตารางที่ 4.23 ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 2)

ชนิดของสารที่ฉีดพ่นบนยางแผ่น	ความทนทานต่อแรงดึง (เมกะปานascal)				පරෝරේන්ත්ගරාප්ලියනපෙං	
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
	ไม่ปั่นเร่ง	บ่มเร่ง	ไม่ปั่นเร่ง	บ่มเร่ง		
ตัวควบคุม (NR)	24.2±1.2	21.1±3.4	28.1±0.1	24.2±0.4	-12.6	-13.8
ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท (NREt)	25.9±0.6	28.3±0.4	26.7±0.3	24.3±0.3	9.4	-9.0
สารสกัดทรายจากอบเชย (NRCi)	25.3±1.2	24.9±1.0	26.9±0.2	24.7±0.3	-1.4	-8.2
สารเคมีแคปแทน (NRCap)	24.1±1.2	26.2±1.9	26.8±0.6	24.9±0.2	8.4	-7.0



ภาพที่ 4.56 ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคาไนซ์สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) บ่มเร่ง และไม่ปั่นเร่ง



ภาพที่ 4.57 ความทนทานต่อแรงดึงของยางวัลคานีซสูตรที่เติมเข้ม่าดำ (สูตรที่ 2)
บ่มเร่งและไม่บ่มเร่ง

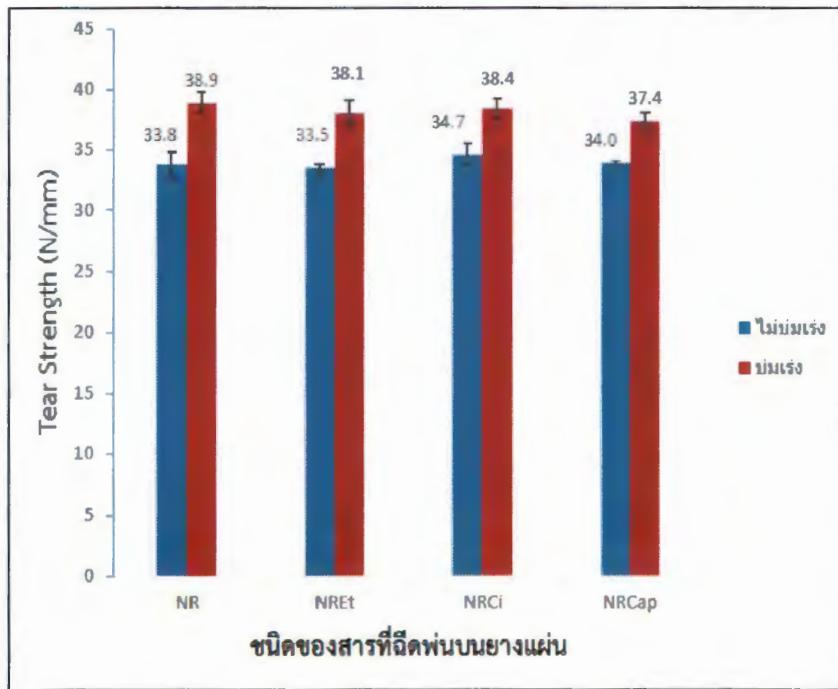
7) ความทนทานต่อการฉีกขาด

จากการศึกษาความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคานีซ ดังแสดงตารางที่ 4.24 และภาพที่ 4.58-4.59 พบร่วมกันว่า ในกรณีที่ไม่มีการเติมเข้ม่าดำ (ยางสูตรที่ 1) ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าความทนทานต่อการฉีกขาด เท่ากับ 33.8, 33.5, 34.7 และ 34.0 นิวตัน/มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงขึ้นคือ มีค่าเท่ากับ 38.9, 38.1, 38.4 และ 37.4 นิวตัน/มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในยางที่มีการเติมเข้ม่าดำ (ยางสูตรที่ 2) ก็จะพบว่า ยางแผ่นที่เป็นตัวควบคุม ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดหยาบอบเชย และสารเคมีแคปแทน มีค่าความทนทานต่อการฉีกขาด เท่ากับ 116.9, 119.2, 117.2 และ 119.9 นิวตัน/มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่การบ่มเร่งจะทำให้ยางมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดลดลงคือ มีค่าเท่ากับ 74.1, 75.9, 74.9 และ 72.9 นิวตัน/มิลลิเมตร ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความทนทานต่อการฉีกขาดของยางขึ้นอยู่กับสูตรเคมียางเท่านั้น แต่ไม่ขึ้นกับชนิดของยางแผ่นที่นำมาใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า หลังบ่มเร่งค่าความทนทานต่อการฉีกขาดของยางสูตรที่ 1 มีค่าสูงขึ้นกว่าก่อนบ่มเร่ง อาจเนื่องมาจากการสกัดตัวหลังการเกิดปฏิกิริยาวัลคานีซขึ้น ที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มเร่ง ซึ่งส่งผลให้สายโซ่เชื่อมโยงหรือพันธะกำมะถันระหว่างโมเลกุลเปลี่ยน

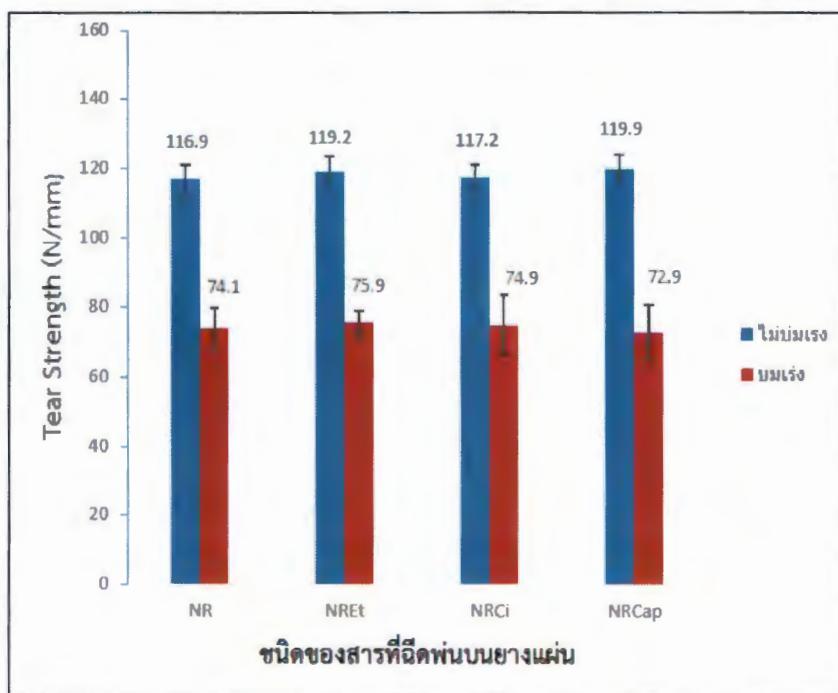
จากสายโซ่ยิรา (Polysulfidic) เป็นสายโซ่ที่มีขนาดสั้นลง (Mono- หรือ Disulfidic) และส่งผลทำให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมขวางเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ยางมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงขึ้น ส่วนในกรณีของยางสูตรที่ 2 พบว่า หลังบ่มเร่งค่าความทนทานต่อการฉีกขาดมีค่าลดลงกว่าก่อนบ่มเร่ง อาจเนื่องมาจากความร้อนเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในยาง ซึ่งมีพันธะคู่ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาทำให้ยางเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ทำให้ยางมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดลดลง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยางสูตรที่ 1 และยางสูตรที่ 2 พบว่า ยางสูตรที่ 2 ที่เติมเขม่าดำมีค่าความทนทานต่อการฉีกขาดสูงกว่ายางสูตรที่ 1 เนื่องจากผลของการเจือจางและเป็นผลจากการมีอันตรกิริยาที่ดีระหว่างยางและเขม่าดำดังที่ได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้านี้ [89, 91, 96]

ตารางที่ 4.24 ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัสดุไนซ์สูตรที่ไม่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 1) และสูตรที่เติมเขม่าดำ (สูตรที่ 2)

ชนิดของสารที่ฉีดพ่นบนยางแผ่น	ความทนทานต่อการฉีกขาด (นิวตัน /มิลลิเมตร)				เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง	ไม่บ่มเร่ง	บ่มเร่ง		
ตัวควบคุม (NR)	33.8±1.1	38.9±0.9	116.9±4.3	74.1±5.8	15.3	-36.7
ตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตท (NRET)	33.5±0.3	38.1±1.0	119.2±4.2	75.9±3.4	13.7	-36.4
สารสกัดขยายจากอบเชย (NRCi)	34.7±0.9	38.4±0.9	117.2±3.7	74.9±8.7	10.8	-36.1
สารเคมีแคปแทน (NRCap)	34.0±0.2	37.4±0.7	119.9±4.3	72.9±7.7	10.1	-39.2



ภาพที่ 4.58 ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาในซ์สูตรที่ไม่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 1) บ่มเร่ง และไม่บ่มเร่ง



ภาพที่ 4.59 ความทนทานต่อการฉีกขาดของยางวัลคาในซ์สูตรที่เติมเข้มข้น (สูตรที่ 2) บ่มเร่ง และไม่บ่มเร่ง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า เมื่อนำยางแผ่นไปทดสอบสมบัติของยางแผ่นดิบ พบร่วมกันว่า ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดขยายจากอบเชย เอทิลอะซิเตท และแคนป์แทน มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับยางแผ่นตัวควบคุม ยกเว้น สี ที่พบว่ายางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดขยายอบเชยมีค่าสูงกว่ายางแผ่นชนิดอื่น เมื่อนำยางแผ่นไปทดสอบสมบัติของยางคอมพาวด์ (2 สูตร: สูตรที่เติมและไม่เติมเข้ามาคำนึง ความแข็ง ความทนทานต่อการฉีกขาดการเสียรูปหลังการกด ความทนทานต่อแรงดึง การยึดตัวณ จุดขาด โมดูลัสใกล้เคียงกัน ยกเว้น ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคนป์แทนในยางคอมพาวด์สูตรที่ไม่เติมเข้ามาคำนึง มีค่า Cure time สูง ในขณะที่มีค่าการเสียรูปหลังการกดต่ำกว่ายางแผ่นชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่าชนิดของสารที่ฉีดพ่นบนยางแผ่นไม่มีผลต่อสมบัติของยางคอมพาวด์และสมบัติเชิงกลของยาง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาชนิดของเชื้อราที่มีการปนเปื้อนบนยางแผ่นและการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่นด้วยสมุนไพร ได้ผลสรุปดังนี้

จากการนำตัวอย่างยางแผ่นที่มีเชื้อราจากแหล่งรับซื้อยางแผ่นจำนวน 4 แหล่งในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอเชียงใหม่ อำเภอตระการพีชผล และอำเภอคำเขื่อน มหาวิเคราะห์หาปริมาณสิ่งระเหยพบว่า มีปริมาณสิ่งระเหยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.46-0.72% มีค่าเฉลี่ยของ pH อยู่ระหว่าง 6-7 มีปริมาณของเชื้อราที่พบบนยางแผ่นมีค่าอยู่ในช่วง 3.37×10^3 - 3.13×10^6 CFU/mL เมื่อแยกชนิดของเชื้อราจากตัวอย่างยางแผ่นจากทั้ง 4 แหล่ง พบร้า เชื้อราส่วนใหญ่ที่พบได้บนยางแผ่นมี 3 ลักษณะ โดยพบเชื้อรา *A. flavus* มากที่สุด รองลงมาได้แก่ *P. citrinum* และ *A. tamarii* ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีรายงานว่า เชื้อราที่พบได้บ่อยบนยางแผ่นอยู่ในจีนส *Aspergillus spp.* และ *Penicillium spp.*

เมื่อนำพิชสมุนไพรเดียวจำนวน 7 ชนิด คือ กระเทียม ข้าว พลู กานพลู ขบเชย ชุมเห็ดเทศ ตะไคร้ และพิชสมุนไพรผสม (อัตราส่วน 1: 1) จำนวน 3 ชนิด คือ ข้าวผัดสมุนไพร กานพลูผัดสมุนไพร และกานพลูผัดตะไคร้ มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เขกเซน เอทิโลอะซิเตท และเมทานอล ตามลำดับ พบร้าสารสกัดท้ายาบจากกานพลูด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 11.34% รองลงมา คือ สารสกัดท้ายาบจากตะไคร้ด้วยตัวทำละลายเมทานอล เท่ากับ 9.89% ในขณะที่สารสกัดท้ายาบจากการเทียมด้วยตัวทำละลายเอทิโลอะซิเตทมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ต่ำสุดเท่ากับ 0.18%

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดท้ายาบจากพิชสมุนไพรเดียวและพิชสมุนไพรผสม ในตัวทำละลายเขกเซน เอทิโลอะซิเตท และเมทานอล ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทดสอบ 3 ชนิด คือ เชื้อรา *A. flavus*, *P. citrinum* และ *A. tamarii* ที่แยกได้จากยางพาราแผ่น โดยวิธี Paper disc diffusion เมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ความเข้มข้น 10% พบร้า ในกรณีของเชื้อรา *P. citrinum* สารสกัดท้ายาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิโลอะซิเตทให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 41.50 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่สารสกัดท้ายาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเขกเซน ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 40.87 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมี

ควบคุมที่ความเข้มข้น 10% พบว่า สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่ากรดอะซิติก ยกเว้น สารสกัดหยาบจากชุมเห็ดเทศในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดที่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา สำหรับตัวทำละลายเอกเซน เอทิโลอะซิเตท และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ พบว่า ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา สำหรับเชื้อรา *A. flavus* พบว่า สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิโลอะซิเตทให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 25.93 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 22.77 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ความเข้มข้น 10% พบว่า สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่ากรดอะซิติก ยกเว้น สารสกัดหยาบจากชุมเห็ดเทศในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดที่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา สำหรับตัวทำละลายเอกเซน เอทิโลอะซิเตท และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ พบว่า ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และสำหรับในกรณีของเชื้อรา *A. tamarii* พบว่า สารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิโลอะซิเตทให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 25.83 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน ให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 24.37 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ความเข้มข้น 10% พบว่า สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่ากรดอะซิติก ยกเว้น สารสกัดหยาบจากชุมเห็ดเทศและตะไคร้ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดที่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา สำหรับตัวทำละลายเอกเซน เอทิโลอะซิเตท และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ พบว่า ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

จากนั้นทำการทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (MICs) ด้วยวิธี two-fold dilution โดยการเลือกสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่ากรดอะซิติก ยกเว้น สารสกัดหยาบจากชุมเห็ดเทศและตะไคร้ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้ดีในแต่ละตัวทำละลายมาทำการทดสอบ พบว่า ในกรณีของเชื้อรา *P. citrinum* สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เอทิโลอะซิเตท สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 1.25% ในขณะที่สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซนและสารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 2.5% สำหรับในกรณีของเชื้อรา *A. flavus* พบว่า สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซน สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิโลอะซิเตท และสารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 5, 2.5 และ 5% ตามลำดับ และในกรณีของเชื้อรา *A. tamarii* พบว่า สารสกัดหยาบจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซนและเมทานอล สามารถยับยั้ง

การเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 0.08 และ 0.31% ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดหอยนางรมจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 0.04%

เนื่องจากข้าวและอบเชยเป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา และละลายได้ในน้ำเยกเซน ซึ่งเยกเซนเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีข้าวจะละลายสารสำคัญที่ไม่มีข้าว เช่น ไขมัน น้ำมันหอมระ夷 เป็นต้น จึงนำข้าวและอบเชยมาสกัดน้ำมันหอมระ夷ด้วยวิธีการกลั่น (Hydro-distillation) พบว่า อบเชยให้ปริมาณน้ำมันหอมระ夷 0.88% และข้าวให้ปริมาณน้ำมันหอมระ夷 0.14% จากนั้นทำการทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระ夷ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราแต่ละชนิด พบว่า น้ำมันหอมระ夷อบเชยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 2.5% สำหรับเชื้อรา *A. flavus* น้ำมันหอมระ夷อบเชยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด คือ 2.5% ในขณะที่น้ำมันหอมระ夷ข้าวทุกระดับความเข้มข้นไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้

เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหอยนางรมพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรานานยางแผ่น พบว่า ยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทหรือสารสกัดหอยนางรมพืชสมุนไพร (ตัวควบคุม) ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหอยนางรมจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.04 และ 0.08% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 2 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหอยนางรมจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.16% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 6 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหอยนางรมจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 0.31 และ 0.63% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 13 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหอยนางรมจากข้าวที่ระดับความเข้มข้น 1.25 และ 2.5% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 15 วัน ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหอยนางรมจากอบเชยที่ระดับความเข้มข้น 1.25 และ 2.5% และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารแคปแทนซ์ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ระดับความเข้มข้น 0.31% สามารถยับยั้งการเกิดของเชื้อราได้ 30 วัน ดังนั้นในการทดสอบสมบัติของยางแผ่นดีบและในขั้นตอนการเตรียมยางคอมพาวด์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดหอยนางรมสมุนไพรและสารเคมีแคปแทนที่มีต่อสมบัติของยาง จึงเลือกนำสารสกัดหอยนางรมจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทที่ความเข้มข้น 1.25% มาฉีดพ่นบนยางแผ่นเปรียบเทียบกับยางแผ่นที่ไม่มีการฉีดพ่นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทหรือสารสกัดหอยนางรมจากสมุนไพร (ตัวควบคุม) ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแคปแทน พบว่า เมื่อนำยางแผ่นไปทดสอบสมบัติของยางแผ่นดีบ ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหอยนางรมจากอบเชย เอทิลอะซิเตท และแคปแทน มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับยางแผ่นตัวควบคุม ยกเว้น สี ที่ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหอยนางรมจากอบเชยมีค่าสูงกว่ายางแผ่นชนิดอื่น เมื่อนำยางแผ่นไปทดสอบสมบัติของยางคอมพาวด์ (2 สูตร สูตรที่เติมและไม่เติมเข้ม่าดำ) และสมบัติเชิงกล พบว่า ยางสูตรที่เติมเข้ม่าดำและที่ไม่เติมเข้ม่า

คำมีค่า Scorch time Cure time ความแข็ง ความทนทานต่อการฉีกขาด การเสียรูปหลังการกด ความทนทานต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด โมดูลัสไกล์เคียงกัน ยกเว้น ยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมี แคบแทนในยางคอมพาวด์สูตรที่ไม่เติมเข้ามาทำให้มีค่า Cure time สูง ในขณะที่มีค่าการเสียรูปหลังการกดต่ำกว่ายางแผ่นชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่าชนิดของสารที่ฉีดพ่นบนยางแผ่นไม่มีผลต่อสมบัติของยาง คอมพาวด์และสมบัติเชิงกลของยาง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากสารสกัดที่แยกจากสมุนไพรเป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพร ซึ่งจะมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ดังนั้น จะต้องทำการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยการใช้วิธี Column chromatography จากนั้นนำสารบริสุทธิ์ที่แยกได้ในแต่ละส่วน ไปทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา เพื่อหาว่าสารในส่วนใดที่เป็นสารที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา

5.2.2 เนื่องจากสารสกัดจากอบเชยในชั้นเอทิลอะซิเตทค่อนข้างมีสีน้ำตาลเข้ม ทำให้เวลาที่นำไปฉีดพ่นบนแผ่นยางทำให้แผ่นยางมีสีเข้มตามไปด้วย ดังนั้นควรหาวิธีการในการทำให้สีของสารสกัดที่แยกได้ในแต่ละส่วน ไปทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา โดยที่ยังคงมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา

5.2.3 ควรมีการศึกษาการนำสารสกัดจากสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อรากับยางแผ่น ไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตยางแผ่น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยยาง. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2553.
- [2] สถาบันวิจัยยาง. “ผลผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทย”, สติวิจัยไทย.
http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm. 12 เมษายน, 2560.
- [3] สถาบันวิจัยยาง. “ปริมาณการส่งออกยางไปยังประเทศผู้ซื้อปลายทาง”, สติวิจัยไทย.
http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm. 12 เมษายน, 2560.
- [4] สถาบันวิจัยยาง. “ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติในประเทศไทยแยกตามผลิตภัณฑ์”, สติวิจัยไทย.
http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm. 12 เมษายน, 2560.
- [5] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ยางพารา”, สติวิจัยของประเทศไทย ปี 2557.
http://www.oae.go.th/download/download_journal/2558/yearbook57.pdf.
12 เมษายน, 2560.
- [6] สำนักพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. “ผลของการศึกษายางพารา ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ”, สถานการณ์ยางพาราและการปรับตัวของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. <http://eris.nesdb.go.th/pdf>. 12 เมษายน, 2560.
- [7] สำนักงานตลาดกลางยางพาราบุรีรัมย์. คู่มือตลาดกลางยางพารา. บุรีรัมย์:
สำนักงานตลาดกลางยางพาราบุรีรัมย์, 2554.
- [8] เสาร์นีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. การผลิตยางธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. ปัตตานี: สำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2547.
- [9] สุพรรชา ชาญด้วยกิจ. การควบคุมการเจริญของเชื้อรากนยางพาราแผ่นโดยใช้สารเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2551.
- [10] ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และคณะ. “ศึกษาวิธีการผลิตยางแผ่นดิบเพื่อป้องกันกำจัดเชื้อราก”, lib.doa. <http://lib.doa.go.th/multim/BB00659.pdf>. 12 เมษายน, 2560.
- [11] กิตติภานต์ กุเก้า. ความเป็นไปได้ในการใช้สารเคมียับยั้งการเจริญของราบനยางแผ่นดิบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.
- [12] O. F. Esuruoso. “Fungi that cause mouldiness of processed sheet rubber in western Nigeria”, Mycopathologia et Mycologia applicata. 42: 187-189; December, 1970.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [13] S. Shamsi and P. Chowdhury. “Mycoflora associated with rubber sheets and its management by common salt (sodium chloride)”, *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh Science.* 40 (1): 79-87; June, 2014.
- [14] W. C. Dayaratne and H. L. Munasinghe. “Mould contamination of rubber”, *Journal of the Rubber Research Institute of Ceylon.* 48: 136-146, 1971.
- [15] G. Nayanashree and B. Thippeswamy. “Natural rubber degradation by *Aspergillus niger* and *Penicillium* sp.”, *International Journal of Recent Scientific Research.* 4: 1337-1341; September, 2013.
- [16] M. Borel, A. Kergomard and M. F. Renard. “Degradation of natural rubber by fungi imperfecti”, *Agricultural and Biological Chemistry.* 46(4): 877-881; April, 1982.
- [17] N. K. Abd-Ali. “Deterioration the properties of contaminated natural rubber with some species of microorganisms”, *Industrial Engineering Letters.* 4(4): 23-29; April, 2014.
- [18] ประภัสสร อักษรพันธ์, วีระพร ศุทธากรณ์ และวรารณ์ เลิศพูนวิจุล. “ปัจจัยคุกคามสุขภาพจากการทำงานและภาวะสุขภาพตามความเสี่ยงของคนงานโรงงานยางแผ่นร่มควัน”, *วารสารพยาบาลสาร.* 39(3): 26-37; กรกฎาคม-กันยายน, 2555.
- [19] Y. Baimark and N. Niamsa. “Study on wood vinegars for use as coagulating and antifungal agents on the production of natural rubber sheets”, *Biomass and Bioenergy.* 33: 994-998; May, 2009.
- [20] สายสมร ลำลอง และอภิชิต สายวัน. “การยับยั้งการเจริญของราบบันแผ่นยางพาราโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ”, *วารสารนเรศวรพะ夷า.* 8(1): 11-14; มกราคม-เมษายน, 2558.
- [21] สายสมร ลำลอง และพงษ์นรินทร์ ยอดสิงห์. “การใช้น้ำมันหอมระ夷จากสมุนไพรไทยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร่าที่พืชบันแผ่นยางพารา”, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.* 18(1): 30-38; มกราคม-เมษายน, 2559.
- [22] ผู้จัดการออนไลน์. “กลยุทธ์แก้ปัญหายางพาราแบบยั่งยืน ชีพีเสนอตัวผลิตสร้างถนนแทนคอนกรีต”, *manager.* <http://www.manager.co.th/Home/ViewNews.aspx?NewsID=9580000048960>Html=1>TabID=2>>. 12 เมษายน, 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [23] พงษ์ธร แซ่อย. “ชนิดของยางและการใช้งาน”, rubbercenter.
<http://www.rubbercenter.org/files/technologys.pdf>. 12เมษายน, 2560.
- [24] พงษ์ธร แซ่อย. ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค), 2548.
- [25] อาคม สอสม. การพัฒนาแผ่นการติดผิวนังจากยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2553.
- [26] K. Nawamawat and et al. “Surface nanostructure of Hevea brasiliensis natural
rubber latex particles”, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and
Engineering Aspects*. 390: 157-166; September, 2011.
- [27] นุชนารถ กังพิสدار และคณะ. เอกสารวิชาการ ยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:
ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2548.
- [28] สถาบันวิจัยยาง. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร
แห่งประเทศไทย, 2550.
- [29] สถาบันวิจัยยาง. “มาตรฐานคุณภาพยางแผ่นดิบ”, rubberthai.
<http://www.rubberthai.com/service/market/regulations/QC.pdf>. 12 เมษาฯ,
2560.
- [30] นฤกุล อินทร์สังข. วิทยาเชื้อร้า. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ทักษิณ, 2553.
- [31] กิตติพันธุ์ เสมอพิทักษ์. วิทยาเชื้อร้าพื้นฐาน. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.
- [32] ศูนย์พัฒนาตำราการแพทย์แผนไทย มูลนิธิการแพทย์แผนไทยพัฒนา. การดูแลสุขภาพแบบ
พึ่งตนเอง ด้วยยาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน. กรุงเทพมหานคร: สามเจริญ
พานิชย์ (กรุงเทพฯ), 2548.
- [33] วันดี กฤษณพันธ์. สมุนไพรน่ารู้. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2537.
- [34] นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ และนงลักษณ์ เรืองวิเศษ. คุณภาพเครื่องยาไทยจากงานวิจัยสู่การ
พัฒนาอย่างยั่งยืน. กรุงเทพมหานคร: คอนเซ็ปท์ เมดิคัล, 2551.
- [35] กองการแพทย์ทางเลือก กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวง
สาธารณสุข. ตำราวิชาการสุคนธบำบัด. กรุงเทพมหานคร: องค์การส่งเสริมฯทหาร
ผ่านศึก, 2550.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [36] สุนทรี สิงหบุตรฯ. สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พรินติ้งเข้าส์, 2536.
- [37] อรัญญา มโนสร้อย และจีรเดช มโนสร้อย. น้ำมันหอมระ夷และสารสกัดจากสมุนไพรไทย: การใช้ทางยาและเครื่องสำอาง. เชียงใหม่: ครองซ่าง, 2548.
- [38] รัตน์ อินทราনุปกรณ์. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- [39] พงษ์ธร แซ่อย. สารเคมียาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี, 2550.
- [40] กองการยาง กรมวิชาการเกษตร. การทดสอบตามมาตรฐานยางแท่งเอสทีอาร์. กรุงเทพมหานคร, 2544.
- [41] พงษ์ธร แซ่อย และชาคริต สิริสิงห. ยาง กระบวนการผลิตและการทดสอบ. ปทุมธานี, 2550.
- [42] S. Roy and B.K. Dutta. “Fungal infestation of fresh rubber sheets and its control”, *Indian Phytopathology*. 56(2): 207-209, 2003.
- [43] A. Linos and A. Steinbüchel. *Biopolymers*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2001.
- [44] A. A. Shah and et al. “Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review”, *International Biodeterioration > Biodegradation*. 83: 145-157; June, 2013.
- [45] พรพิพิญ ชุมภูมิeng. การใช้สารสกัดพืชสมุนไพรพืชสมุนไพรเครื่องเทศควบคุม *Aspergillus flavus* สลินก. และสารพิษอฟลาโทกซิน (aflatoxin) ในเม็ดข้าวโพดภายใต้สภาพโรงเก็บ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหิดล, 2536.
- [46] แสงระวี แก้วเมืองฝาง. การตรวจหาสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรานในพืชสมุนไพร 12 ชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543.
- [47] อุ่รวรรณ ดิลกคุณานันท์ และคณะ. “การออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรากของสารสกัดจากพุด”, ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 38. (สาขาประมงและสาขาวิทยาศาสตร์). น. 515-522. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.
- [48] S. Phongpaichit and et al. “Antifungal activity from leaf extracts of *Cassia alata* L., *Cassia fistula* L. and *Cassia tora* L.”, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 26(5): 741-748: September-October, 2004.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [49] อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ, วิชัย ฤทธิอรรถานันท์ และอุ่รวรรณ ดิลกคุณานันท์. “การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระ夷จากพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์นมอบ”, ใน เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น.634-640. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.
- [50] นิรติศา แซ่ตัน. การควบคุมเชื้อราบนหัวหอมด้วยสารสกัดจากพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [51] ปิยะวดี เจริญวัฒนา. “ประสิทธิภาพของสารสกัดพูลในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus flavus*”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 38(6): 50-53; พฤษภาคม, 2550.
- [52] ประภัสสร รักถาวร, อุ่รวรรณ ดิลกคุณานันท์ และอุดมลักษณ์ สุขอัตตะ. “การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดและน้ำมันหอมระ夷จากใบพูลในการต้านเชื้อจุลทรรศน์ปนเปื้อนในห้องน้ำสาธารณะ”, วารสารสำนักการแพทย์ทางเลือก. 3(2): 22-32; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2553.
- [53] วริศรา ชื่นอารมย์ และคณะ. “การใช้น้ำมันหอมระ夷 เพื่อยับยั้งเชื้อราที่เจริญบนวัสดุที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบสูง”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/1) (พิเศษ): 625-628; กันยายน-ธันวาคม, 2553.
- [54] ภัสจันทร์ ทิรัญ, อรพิน เกิดชูชื่น และณัฏฐา เลาหกุจิตต์. “การยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus spp.* โดยน้ำมันหอมระ夷กานพลูและอบเชย”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/1)(พิเศษ): 21-24; กันยายน-ธันวาคม, 2553.
- [55] H. sukorini และสมศิริ แสงโชค. “การควบคุมโรคผลเน่าราสีเขียวบนผลส้มโดยใช้เชื้อยีสต์ปฏิปักษ์ และสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42(3)(พิเศษ): 21-24; กันยายน-ธันวาคม, 2554.
- [56] กัลทิมา พิชัย. รายงานวิจัยการศึกษาการใช้สารสกัดพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา สาเหตุโรคพืชที่สำคัญ ในพื้นที่สะลวง อำเภอแมรีม จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 2555.
- [57] กนกพร พูลผล. การยับยั้งการเดิบโตและการผลิตอะฟลาโทกซินของเชื้อราในถั่ลิสต์ด้วยสารสกัดสมุนไพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [58] ฤทธิ์ ไทยสุชาติ และพรอนันต์ บุญก่อน. “การควบคุมเชื้อรากในกระเทียมด้วยสารสกัดจากพืชและจุลินทรีย์บีบีกซ์ในสภาพห้องทดลอง”, วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 42(4): 771-780; ตุลาคม-ธันวาคม, 2557.
- [59] อุทัย โสธนะพันธุ์ และคณะ. เภสัชพฤกษ์. นครปฐม: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2544.
- [60] W. Pompimon and et al. “Anti-*Phytophthora capsici* activities and potential use as antifungal in agriculture of *Alpinia galanga* Swartz, *Curcuma longa* Linn, *Boesenbergia pandurata* Schut and *Chromolaena odorata*: bioactivities guided isolation of active ingredients”, American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(1): 83-91; March, 2009.
- [61] Y. Li, D. Kong and H. Wu. “Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC-MS and FTIR spectroscopy”, Industrial Crops and Products. 41: 269-278; January, 2013.
- [62] N. Kasim and et al. “Extraction and potential of cinnamon essential oil towards repellency and insecticidal activity”, International Journal of Scientific and Research Publications. 4(7):612-617; July, 2014.
- [63] permawati สกุลสม. พีชต้านมะเร็งและกลไกการออกฤทธิ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549.
- [64] อุดมเดชา พลเยี่ยม. รายงานการวิจัยการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากมะเดื่อ. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2556.
- [65] G. Singh and et al. “A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents.”, Food and Chemical Toxicology. 45: 1650-1661; September, 2007.
- [66] J. Jariyanusorn. Formulation development of extracts from galanga (*Alpinia galangal* Sw.), sweetflag (*Acorus calamus* L.) and *Rhinacanthus nasutus* (Kurz.) for controlling anthracnose postharvest disease of mango. The degree of doctor of philosophy in horticulture: Chiang Mai University, 2002.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [67] N. Sae-tan. Control of fungi on *Allium* by various plant extracts. The degree of master of science in biotechnology: Chiang Mai University, 2006.
- [68] S. Ghosh and L. Rangan. “*Alpinia*: the gold mine of future therapeutics.”, *3 Biotech.* 3: 173-185; June, 2013.
- [69] P. Tan-a-ram and et al. “Antimicrobial activities of Zingiberaceae extracts against fungi producing aflatoxin isolated from stored rice seeds and grains of Khoa Dawk Mali 105”, In. *Proceedings of the International Bioscience Conference and the 5th Joint International PSU-UNS Bioscience Conference*. p. 323-327. Phuket: Thailand, 2014.
- [70] ศานติ สวัสดิ์กัญจน์, สิริวรรณ สมทิอักษร์ และธีราพร แสนสุด. “ประสิทธิภาพของสารสกัด hairy จากพืช 20 ชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum musae* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกล้วย”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(3)(พิเศษ): 138-141 ; กันยายน-ธันวาคม, 2556.
- [71] G. J. Yeole and et al. “*Cinnamomum zeylanicum* extracts and their formulations control early blight of tomato.”, *Journal of Biopesticides*. 7(2): 110-123, 2014.
- [72] วีแลร์ตัน ศรีนนท์, จีรพล วันพิตัย และเกษม สร้อยทอง. “การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราก *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงของสารสกัดจากพืชสมุนไพรด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 40(1)(พิเศษ): 75-78; มกราคม-เมษายน, 2552.
- [73] ชาลีศ ตรีกรุณा�สวัสดิ์ และวิชัย ก่อประดิษฐ์สกุล. “ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อรากสาเหตุโรคเน่าของแบ่งขิงระหว่างการเก็บรักษา”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33(6)(พิเศษ): 16-22; พฤษภาคม-ธันวาคม, 2545.
- [74] R. K. Pundir, P. Jain and C. Sharma. “Antimicrobial activity of ethanolic extracts of *Syzygium aromaticum* and *Allium sativum* against food associated bacteria and fungi”, *Ethnobotanical Leaflet*. 14: 344-360; March, 2010.
- [75] D. L. Aulifa, I. N. P. Aryantha and Sukrasno. “Antifungal *Phytophthora palmivora* from clove buds (*Syzygium aromaticum* L.)”, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 7(7): 325-328; July, 2015.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [76] วลีรัตน์ ทองรักษ์. ผลของสารสกัดสมุนไพรบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อราก *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.
- [77] ชุติมณฑน์ พโลยประดับ, ดุษณี ธนาบริพัฒน์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. “ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อรากของน้ำมันหอมระ夷ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Aspergillus flavus* IMI 242684”, ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15. น. 677-683. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2557.
- [78] A. Simic and et al. “The chemical composition of some Lauraceae essential oils and their antifungal activities”, *Phytotherapy Research*. 18: 713-717; September, 2004.
- [79] N. Tabassum. and G.M. Vidyasagar. “Antifungal investigations on plant essential oil. a review”, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 5(2): 19-28; May, 2013.
- [80] F. Xing and et al. “Growth inhibition and morphological alterations of *Fusarium verticillioides* by cinnamon oil and cinnamaldehyde”, *Food Control*. 46: 343-350; June, 2014.
- [81] K. Bang and et al. “Inhibition of fungal cell wall synthesizing enzymes by trans-cinnamaldehyde”, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 64(5): 1061-1063, 2000.
- [82] W. Sripor and N. Jinda. “Effect of *Alpinia galanga* essential oil on bacteria spoilage”, In. *The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference*. P. 382-387. Chiang Rai: Mae Fah Luang University, 2014.
- [83] A. Kaur and et al. “Antileishmanial phenylpropanoids from *Alpinia galanga* (Linn.) Willd.”, *Indian Journal of Experimental Biology*. 48: 314-317, March 2010.
- [84] S. Morozumi. “Isolation, Purification, and Antibiotic Activity of o-Methoxycinnamaldehyde from Cinnamon”, *Applied and Environmental Microbiology*. 36(4): 577-583; October, 1978.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [76] วลีรัตน์ ทองรักษ์. ผลของสารสกัดสมุนไพรบางชนิดต่อการเจริญของเชื้อราก *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.
- [77] ชุดมณฑน พโลยประดับ, ดุษณี รณะบริพัฒน์ และจำรูญ เล้าสินวัฒนา. “ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อรากของน้ำมันหอมระ夷ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราก *Aspergillus flavus* IMI 242684”, ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15. น. 677-683. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2557.
- [78] A. Simic and et al. “The chemical composition of some Lauraceae essential oils and their antifungal activities”, *Phytotherapy Research*. 18: 713-717; September, 2004.
- [79] N. Tabassum. and G.M. Vidyasagar. “Antifungal investigations on plant essential oil. a review”, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 5(2): 19-28; May, 2013.
- [80] F. Xing and et al. “Growth inhibition and morphological alterations of *Fusarium verticillioides* by cinnamon oil and cinnamaldehyde”, *Food Control*. 46: 343-350; June, 2014.
- [81] K. Bang and et al. “Inhibition of fungal cell wall synthesizing enzymes by trans-cinnamaldehyde”, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 64(5): 1061-1063, 2000.
- [82] W. Sripor and N. Jinda. “Effect of *Alpinia galanga* essential oil on bacteria spoilage”, In. *The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference*. P. 382-387. Chiang Rai: Mae Fah Luang University, 2014.
- [83] A. Kaur and et al. “Antileishmanial phenylpropanoids from *Alpinia galanga* (Linn.) Willd.”, *Indian Journal of Experimental Biology*. 48: 314-317, March 2010.
- [84] S. Morozumi. “Isolation, Purification, and Antibiotic Activity of o-Methoxycinnamaldehyde from Cinnamon”, *Applied and Environmental Microbiology*. 36(4): 577-583; October, 1978.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [85] อนุศักดิ์ ศรีศรกำพล. สารต้านเชื้อราจากข่า (*Languas galangal* Linn.) พีชสกุลปุ่ด (*Achrasma* sp.) และสะค้าน (*Piper ribesoides* Wall.). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.
- [86] G. Jham and et al. "Identification of the Major Fungitoxic Component of Cinnamon Bark Oil.", *Fitopatologia Brasileira*. 30(4): 404-408; July-August, 2005.
- [87] C. Gupta and et al. "Comparative analysis of the antimicrobial activity of cinnamon oil and cinnamon extract on some food-borne microbes", *African Journal of Microbiology Research*. 2(9): 247-251; September, 2008.
- [88] S.Mahmoud. "Antifungal Activity of *Cinnamomum zeylanicum* and *Eucalyptus microtheca* Crude Extracts Against Food Spoilage Fungi", *Euphrates Journal of Agriculture Science*. 4(3): 26-39; July-September, 2012.
- [89] โอบเอ้อ อิ่มวิทยา. ผลของขนาดอนุภาคและปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ผ่านการวัดค่าในซี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- [90] เบญจพร หนูคล้าย. วัสดุผสมสามองค์ประกอบทำจากยางธรรมชาติและตัวเติมนาโนเป็นตัวตรวจรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษากรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2551.
- [91] นภาลัย คงวานิช และคณะ. "สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของวัสดุยางผสมยางธรรมชาติและยางคลอร์ฟรีนทึมแก้กลอย เป็นสารตัวเติมภายใต้สภาวะบ่มเร่งด้วยความร้อนและน้ำมัน", *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.* 33(1): 25-37; มกราคม-มีนาคม, 2553.
- [92] A. Mostafa and et al. "Effect of carbon black loading on the swelling and compression set behavior of SBR and NBR rubber compounds.", *Materials and Design*. 30: 1561-1568, 2009.
- [93] ชิตชาติ ดอกรัก, วัชรพงษ์ ชูแก้ว และสมเจตน์ พัชรพันธ์. "การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุความล้าของผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ", ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51. สาขาวิชาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์. น.99-134 กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [94] สายสมร ลำลอง และสมนภา คำนัน. “การใช้น้ำมักซีวภาพเปลือกสับปะรดผสมใบเตยเป็นสารจับตัวยางธรรมชาติ”, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 16(2): 55-62; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2557.
- [95] M. Iqbal and et al. “The effects of Plasticizer and Filler on the Curing Characteristic and Mechanical Properties of (SBR) Styrene Butadiene Rubber and (CR) Chloroprene Rubber Blends.”, Journal of the Chemical Society of Pakistan. 30(4): 507-511; August, 2008.
- [96] สายสมร ลำลอง และ Jarvis นามวิชัย. “การใช้น้ำมักซีวภาพจากมะเฟืองหัวเชื้อและส้มโนเป็นสารจับตัวยางและผลต่อสมบัติของยางคอมพาวด์และยางวัลค่าไนซ์”, วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 1: 21-30; มกราคม-ธันวาคม, 2554.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ลักษณะของเชื้อรา แหล่งที่พบร& และไอโซเลตที่แยกได้

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อร้า แหล่งที่พบ และไออกซิเดตที่แยกได้

ลักษณะ แหล่งที่พบและไออกซิเดต	อ.เมือง	อ.เขื่อนใน	อ.ตระการพีชุด	อ.น้ำยืน	ไออกซิเดต
1. ลักษณะโคลนีสีเขียว ต้านล้างโคลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในตัวล้องจุลทรรศน์สีน้ำเงินมันเงา บริเวณส่วนปลายของก้านชโคลนิดี (Conidiophore) จะพองออกเป็นกรวยๆ (Vesicle) โคนิดี (Conidia) มีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.3)	✓	✓	✓	✓	M1, M3, M5, M6, M9, M14, M17, M23, M24, M27, M29, K3, K14, K37, K52, K54, T25, T26, T27, T29, T30, T31, T33, T34, T37, T38, T39, T40, T42, T49, T54, T55, T63, T69, T77, T79, NY4, NY6, NY10, NY12, NY13, NY14, NY21, NY29, NY38, NY54, NY57, NY63, NY64, NY71, NY80, NY132
2. ลักษณะโคลนีสีขาว ต้านล้างโคลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในตัวล้องจุลทรรศน์สีน้ำเงิน มีรูปร่าง ก้านชโคลนิดี โคนิดีมีลักษณะยาว บริเวณปลายก้านชโคลนีสีฟ้า Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขาด (Flask-shaped) อยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง (Brush-like) โคนิดี มีรูปร่างกลมสีเขียว อยู่ริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.4)	✓	✓	✓	✓	M11, M18, M22, M32, M43, M50, M56, M60, M61, M65, M67, M70, M71, M75, M78, K36, K49, T2, T5, T8, NY3, NY7, NY11, NY16, NY19, NY33, NY39, NY42, NY44, NY48, NY49, NY73, NY89, NY90, NY92, NY106, NY118, NY129, NY133, NY135, NY136

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของชื้อร้า เหลืองพับ และไโอลิเตต์และยาได้ (ต่อ)

ลักษณะ แหล่งที่พบและ/oxytetra	อ.เมือง	อ.เชียงใหม่	อ.เชียงราย	อ.ตระการพีชุมคร	อ.น่าน	โอลิเตต
3. ลักษณะโคโลนีสีเขียวเข้ม ด้านล่าง โคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายในใต้กล้อง จุลทรรศน์ เส้นใยมีผังกัน บริเวณส่วน ปลายของก้านซูโคโนเดียจะของออกเป็น กรวยเปาะ โคนนีดีลมีรูปรางกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.5)	✓	✓	✓	✓	✓	M10, M15, M19, M25, M26, M28, M30, M33, M35, M37, M39, M40, M42, M44, M49, M53, M54, M55, M59, M62, M63, M64, M68, M69, M72, M73, M74, M79, M80, M81, M82, M83 K42, K50 T53, T74
4. ลักษณะโคโนเนสีเขียว ขอบโคโนเนสีเข้ม ด้านล่างโคโนเนสีเข้ม ลักษณะภายในใต้กล้อง จุลทรรศน์ เส้นใยมีผังกัน บริเวณส่วน ปลายของก้านซูโคโนเดียจะของออกเป็น กรวยเปาะ โคนนีดีลมีรูปรางกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.6)	✓	✓	✓	-	✓	M46, M48, M52 K7, K16, K17, K28, K32, K39, K41 NY95, NY97, NY102, NY105, NY109, NY110, NY111, NY112, NY113, NY114, NY116, NY117, NY122, NY123, NY125, NY127, NY128
5. โคโนเนสีกากน้ำเป็นเส้นในสีดำ ด้านล่างโคโนเนสีดำ ลักษณะภายในใต้กล้อง จุลทรรศน์เป็นรูมี 2 แบบ คือ มีรูปร่างรี ขบตาลสีใส และมีรูปรางรีขนาดใหญ่สี น้ำตาล (ภาพที่ 4.7)	-	✓	✓	✓	✓	K38, K51 T72, T78 NY1, NY27, NY31, NY43

ตารางที่ ก.1 สักษณะของเชื้อรา เมล็ดพืช และเมล็ดแบบต่างๆ (ต่อ)

ลักษณะ	แหล่งที่พบและสำคัญ	อ.เมือง	อ.เชียงใหม่	อ.ตระการพิชัย	อ.น่าน	ไอโซเลต
6. ลักษณะโคโนเดรี้ส์เหลือง ต้านล่างโคโนเดร์สเหลือง สีเข้มน้ำเงิน เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณส่วนปลายของก้านโพรงโคนิดจะมีห้องออกอากาศเป็นรูประปา โคนิดมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.8)	-	-	✓	✓	T4, T6, T7, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T50 NY18, NY20, NY22, NY25, NY41, NY46, NY47	
7. ลักษณะโคโนเดร์สีเขียวอมเขียว ต้านล่างโคโนเดร์สเหลือง สีเข้มน้ำเงิน เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณปลายของก้านโพรงโคนิดมีห้องออกอากาศเป็นรูประปา คล้ายๆ ลักษณะ Phialide ซึ่งมีรูปร่างโค้ง 弧 นิ่ง Phialide (ภาพที่ 4.9)	✓	-	-	-	M21, M38, M57, M77 NY5, NY17, NY26, NY28, NY32, NY34, NY50, NY53, NY55, NY83	

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา แห่งพังพอน และไออกซ์ิเดตที่พบได้ (ต่อ)

ลักษณะ แหล่งที่มาและไออกซ์ิเดต	ว.เมือง	อ.ชื่อใน	อ.ตราก พชผล	อ.น้ำยืน	ไออกซ์ิเดต
8. ลักษณะโคโลนีสีเทียว ขุบໂคໂຄโนสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะ ภายในตัวกล้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำขึ้น บริเวณส่วนปลายของก้านปูนเดียวกับ พองออกเป็นกรวยเบ้าะ โคนเดียวนูปร่าง กลมลึกลียว (ภาพที่ 4.10)	-	-	✓	✓	T43 NY59, NY60, NY61, NY67, NY69, NY82, NY91, NY108, NY121
9. ลักษณะโคโลนีสีเทียว ขุบໂคໂຄโนสีขาว ด้านล่างโคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายในตัว กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำขึ้น บริเวณ ส่วนปลายของก้านปูนเดียวกับพอง ออกเป็นกรวยเบ้าะ โคนเดียวนูปร่างกลมลึก ลียว (ภาพที่ 4.11)	-	✓	-	✓	K20, K21, K29, K34, K43 NY72, NY78, NY81, NY85, NY107

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) สักษณะของเชื้อรา แพร่กระจาย แคร์โนไซเตต์เมยาได้

ลักษณะ	แหล่งที่พบและโดยสาร	อ.เมือง	อ.เชื่อใจ	อ.ตะราชารีผล	อ.น้ำ ยืน	ไออกซเลด
10. ลักษณะโคโลนิสีเขียว ต้านทานต่อโลหะ สีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในตัวกล้อง จุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดผงนั้นกัน บริเวณส่วน ปลายของก้านซึ่คันเดียวยังพองออกเป็น กรวยๆ โคนนี้มีปรับร่าง (ภาพที่ 4.12)	-	✓	-	-	✓	K1, K2, K23, K33, K35 NY93, NY119, NY120, NY137
11. ลักษณะโคโลนิสีเขียวอมเทา ด้านล่าง โคลอนี้เหลือง ลักษณะภายในตัวกล้อง จุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดผงนั้นโคนนี้ดียิ่ง ^{รูปร่างกลมสีเขียว(ภาพที่ 4.13)}	-	✓	-	-	✓	K4, K12, K30, K31, K46 NY30
12. ลักษณะโคโลนิสีเหลืองอมส้ม ต้านทานต่อโลหะน้ำตาล สีษะมะภายในตัว กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดผงนั้น บริเวณ ปลายของก้านซึ่คันเดียวย Phialide หลาຍๆ อันอยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนนี้ดียิ่งรูปร่าง กลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.14)	-	✓	-	-	✓	K27 NY98, NY99, NY100, NY101, NY104

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา เมหล์ทีพ แคลบ์โซโลตี้ไฮไทด์ (ต่อ)

ลักษณะ	แหล่งที่พบและอิฐเดด	อ.เมือง	อ.เชือใน	อ.ตะราชารพชล	อ.น้ำเงิน	ไอโซเลต
13. ลักษณะโคโลนีสีดำ ขอบโคโลนีสีขาว ต้านต่างโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในได้ กล้องจุลทรรศน์ เส้นใยมีผ่านกัน บริเวณส่วน ปลายของก้านโคโนนีเดีย จะพองยอกเป็น กรงเปาะ โคโนดี้มีรูปร่างกลมสี่เหลี่า (ภาพที่ 4.15)	✓	-	-	-	✓	M4 NY2, NY5, NY51, NY70
14. ลักษณะโคโลนีสีเหลา ตันต่างโคโลนีสีเข้ม ^{สีเข้มจะหายไปตั้งแต่กล้องจุลทรรศน์ บริเวณปลายน ก้านชู โคโนดี้มี Phialide หลาๆ อันอยู่ ตัวชั้นของการรวมตัวของ Phialide จะมี ลักษณะคล้ายแบบปรง โคนดี้มีรูปร่างกลมสี่ เหลี่ยว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.16)}	✓	✓	-	-	-	M2, M7, M16 K40, K44
15. ลักษณะโคโลนีสีเขียวปนเหลือง ตันต่าง ^{โคโลนีสีเหลือง ลักษณะภายในได้ตั้งต้อง^{จุลทรรศน์ เส้นใยมีผ่านกัน บริเวณส่วนปลาย ของก้านชู โคโนดี้จะพองออกเป็นกรงเปาะ โคโนดี้มีรูปร่างกลมสี่เหลี่ยว (ภาพที่ 4.17)}}	✓	-	-	-	✓	M34, M36, M41 NY75

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อร้า แหล่งที่พบ และข้อมูลที่ได้ (ต่อ)

ลักษณะ แหล่งที่พบและ/oxydol	อ.เมือง	อ.ชื่องาม	อ.ตรังการพัชผล	อ.น้ำดีบุ	ไม่ระบุ
16. ลักษณะโคลนนิสเขียว ขอบโคลนสีขาว ด้านล่างโคลนสีเหลือง สีษะน้ำใส่ตักลง จุลทรรศน์ เส้นไนโmen กัน บริเวณส่วนปลาย ของก้านถุงคุณเจียจะพองออกเป็นรูปแป้ง โคล นดีมีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.18)	✓	-	-	✓	M3 NY103
17. ลักษณะโคลนนิสครีม ตัวน้ำล่างโคลนนิสเหลือง อ่อน ลักษณะภายในตัวล่องจุลทรรศน์ เส้นไนโmen กัน มีกราฟรากโคนเดียวขนาดใหญ่ (Macroconidia) มีคล้ายเชลล์ รูปร่างโค้ง และโคล นดีขนาดเล็ก (Microconidia) มีเซลล์เดียว รูปร่างรี (ภาพที่ 4.19)	-	-	✓	-	T57, T58, T59, T64, T66, T67, T70, T71, T73, T76

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อร้า แหล่งที่พำน และไอยุค�헤ตี้เบยาได้ (ต่อ)

ลักษณะ แหล่งที่พำนและไอยุค�헤ตี้	อ.เมือง	อ.เชือใน	อ.ตรังการพิชชาติ	อ.น้ำเงิน	ไอยุค�헤ตี้
18. ลักษณะโคโลนีสีเขียว ขอบโคโลนีเขียว ด้านล่างโคโลนีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในต้อง จุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณปลายน้ำบูด น้ำดีบูด Phialide ซึ่งมีรูร่างคล้ายขวดอุป ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะ คล้ายแปรรูปโคโนเดียร์รีส์ทีญา อยู่บริเวณ ส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.20)	-	-	-	✓	NY56, NY58, NY62, NY68, NY77, NY86, NY87
19. ลักษณะโคโลนีสีเขียวอ่อน ขอบโคโลนีสี ขาว ด้านล่างโคโลนีสีขาว ลักษณะภายในต้อง จุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณส่วนปลายของ ก้านโคโนเดียจะพองออกเป็นกรวยปะ โคนเดียม รูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.21)	-	-	-	✓	T41, T44, T45, T46, T47, T48

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อร้า และอุบัติเหตุที่แยกได้ (ต่อ)

ลักษณะ	แหล่งที่พบและโภชนาศ	อ.เมือง	อ.เขื่อนใน	อ.ตะกร้าพิเศษ	อ.น้ำมัน	ไอโซเลต
20. สักษณะโดยไม่เป็นสีขาวปนม่วงอ่อน ด้านล่างโคลนสีเขียวปะอ่อน สักษณะภายในตีกลับของจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดผังกัน มีการสร้างโคนเดียวนำไปยัง (Microconidium) มีหัวแยกออก รูปร่างตั้ง และโคนเดียว (Microconidia) มีขนาดเล็ก (Microconidia) มีขนาดเล็ก (Microconidia) มีขนาดเล็ก (Microconidia) รูปร่างเรียวยาว (ภาพที่ 4.22)	-	-	✓	-	-	T56, T61, T62, T65, T68, T75
21. สักษณะโดยไม่เป็นสีเขียวปะอ่อน ด้านล่างโคลนสีเขียวปะอ่อน สักษณะภายในตีกลับของจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดผังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านญ่าโค นิเดียจะหงอกออกเป็นรูปเปลือกโคนเดียวนี้รูปร่างกายน้ำเสือเขียว (ภาพที่ 4.23)	-	✓	-	-	-	K6, K10, K11, K19, K24, K26
22. สักษณะโดยไม่เป็นสีเขียวปะอ่อน ด้านล่างโคลนสีเขียวปะอ่อน สักษณะภายในตีกลับของจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดผังกัน บริเวณส่วนปลายของก้านญ่าโค นิเดียหงอกออกเป็นรูปเปลือกโคนเดียวนี้รูปร่างกายน้ำตาล (ภาพที่ 4.24)	-	-	-	-	✓	NY24, NY35, NY37, NY40, NY45

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา แหล่งที่พบ และออกซิเดทที่แยกได้ (ต่อ)

ลักษณะ	แหล่งที่พบและออกซิเดท	อ.เมือง	อ.เชียงใหม่	อ.ตระการพิชผล	อ.น่าน	ไอโซเลต
23. ลักษณะโคลนีสีขาว ด้านล่างโคลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในตัวกล้องจุลทรรศน์โค้งเดียวปรับร่างรีเซีย (ภาพที่ 4.25)	-	✓	-	-	-	K13, K15, K18, K22, K25
24. ลักษณะโคลนีสีเหลือง ด้านล่างโคลนีสีเหลืองจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน โคนเตี้ยปรับร่างรีเซีย (ภาพที่ 4.25)	-	-	-	-	✓	NY52, NY74, NY94, NY115
25. ลักษณะโคลนีสีเขียวอ่อน metaphase ขอบโคลนีสีขาว ด้านล่างโคลนีสีดำ สีษะมะภาไยตื้อกล้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน โคนเตี้ยปรับร่างรีเซีย (ภาพที่ 4.26)	-	-	-	-	✓	NY124, NY126, NY131, NY134

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา แหล่งพัฒนา และอิโซเดตที่แนะนำ (ต่อ)

ลักษณะ แหล่งที่พัฒนาโดยเดต	อ.เมือง	อ.เชียงใหม่	อ.ตระการพีชผล	อ.น้ำดีน	ไอโซเดต
26. ลักษณะโคลนสีเหลือง ขอบโคลนสีขาว ด้านล่างโคลนสีเหลือง ลักษณะภายในได้ถังอง จุหรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณส่วนปลายของ ก้านขูดมีเตี้ยจะพองออกเป็นกรงเปล่า โคนเตี้ยมี รูปร่างรีสีเขียว (ภาพที่ 4.28)	✓	-	-	-	M8, M12, M13, M20
27. ลักษณะโคลนสีเขียว ขอบโคลนสีขาว ด้านล่างโคลนสีครีม ลักษณะภายในได้ถังอง จุหรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณส่วนปลายของ ก้านขูดมีเตี้ยจะพองออกเป็นกรงเปล่า โคนเตี้ยมี รูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.29)	✓	-	-	-	M45, M47, M51, M76

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา แห่งพืช แคร์โนโอลต์และไทร์ (ต่อ)

ลักษณะ แหล่งที่พบและโรค	อ.เมือง	อ.เชื่อใน	อ.ตรังการพืชผล	อ.น้ำดื่ม	ไคร์แลค
28. ลักษณะโคลนิสเชื้อรา ขอบโคลนสีขาว ต้านลงโคลนิสเชื้อรา ลักษณะภายนอกตั้งต้อง [*] จุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณปลายน้ำซูโค นิตี้มี Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายชาตวย ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะ คล้ายประง โคนเดียวน้ำร่องกลมสีเขียวอ่อน [*] บริเวณ ส่วนปลากะชือ กะ Phialide (ภาพที่ 4.30)	-	-	-	✓	NY76, NY79, NY88
29. ลักษณะโคลนิสเหลืองอ่อน ต้านลงโคลนสี ครีม ลักษณะภายนอกตั้งต้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำ [*] จุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณส่วนปลากะชือโคนเดียวน้ำ [*] ออกเป็นร่องเปาะ โคนเดียวน้ำร่องกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.31)	-	-	✓	-	T1, T10, T11
30. โคลนิสลักษณะเป็นเส้นใยพืชฯ ต้านลง โคลนิสเหลืองอ่อน ลักษณะภายนอกตั้งต้อง [*] จุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน บริเวณส่วนปลากะชือ [*] กานซูโคนเดียวน้ำร่องกลมสีเขียว รูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.32)	-	-	✓	-	T28, T32, T36

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา และองค์ประกอบ และประโยชน์และโทษต่อมนุษย์ (ต่อ)

ลักษณะ	แหล่งที่พบและออก子弹	อ.เมือง	อ.เชื่อมโยง	อ.ผลกระทบพิเศษ	อ.น้ำดื่ม	ประโยชน์
31. ลักษณะโคโลนีสีเขียวอ่อนน้ำเงิน ต้านทานโคโลนีสีฟ้า ลักษณะภายนอกตัวกลอนจุลทรรศน์ บริเวณปลาย ก้านชูโคโนเดียม Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายขดด้วย ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะ คล้ายแปรง โคนโดยมีรูปร่างเรียบ อยู่บริเวณ ส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.33)	-	✓	-	-	-	K5, K8, K9
32. ลักษณะโคโลนีสีม่วง ต้านทานโคโลนีส้ม่วง ลักษณะภายนอกตัวกลอนจุลทรรศน์ เส้นใยมีเนื้องอก การสร้างโคโนเดียมขนาดใหญ่ (Macroconidia) มีหลัก เซลล์ รูปร่างโค้ง แตะโคนเดียวขนาดเล็ก (Microconidia) มีเซลล์เดียว รูปร่างรี (ภาพที่ 4.34)	-	✓	-	-	-	K48, K53, K55
33. โคโลนีสีลักษณะเป็นสันไส้เขียวฟู สร้างสปอร์ส ส้มอ่อน ต้านทานโคโลนีสีส้มอ่อน ลักษณะภายนอก ตัวกลอนจุลทรรศน์ เส้นใยมีเนื้องอก บริเวณส่วนปลาย ของก้านชูโคโนเดียมพ้องออกเป็นรูปเปลือกหอย มีรูปร่างกลมสีเขียว (ภาพที่ 4.35)	-	-	-	-	✓	NY65, NY66

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา แหล่งพัฒนา และโภชนาญาติ (ต่อ)

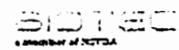
ลักษณะ	แหล่งที่พบแบคทีเรีย	อ.เมือง	อ.เขื่อนใน	อ.ตระการพิชัย	อ.น้ำยืน	โภชนาญาติ
34. ลักษณะโคลินส์เชียร์สเทา ด้านล่างโคงโคโลนีสีน้ำเงิน ลักษณะภายในตัวกล้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำ ก้น บริเวณปลายก้านข้อโคโนเดียม Phialide ซึ่งมีรูปร่างคล้ายตาดออยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนเตี้ยปรูร่าง กลมสีเขียว อยู่บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.36)	-	-	-	-	✓	NY96, NY130
35. ลักษณะโคลินส์น้ำตาลอ่อน ด้านล่างโคงโคโลนีสีเหลืองอ่อน ลักษณะภายในตัวกล้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำเงิน (ภาพที่ 4.37)	-	-	-	✓	-	T35, T51
36. ลักษณะโคลินส์เทา ด้านล่างโคงโคโลนีสีรุ้ง ลักษณะภายในตัวกล้องจุลทรรศน์ เส้นใยเม็ดน้ำ ก้น บริเวณปลายก้านข้อโคโนเดียม Phialide ซึ่งมีรูร่างคล้ายตาดออยู่ ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะคล้ายแปรง โคนเตี้ยปรูร่าง บริเวณส่วนปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.38)	-	-	-	✓	-	T3, T9

ตารางที่ ก.1 ลักษณะของเชื้อรา แหล่งที่มา และวิธีแยกตัวแยก (ต่อ)

ลักษณะ	แหล่งที่พบและออกผล	อ.เมือง	อ.เชียงใหม่	อ.ตระการพืชผล	อ.น่าน	ไอโซเลต
37. โคโนเดนเมล็ดกลมเป็นสันไปสีดำ ต้านล่างโคลนีสีดำ ลักษณะภายในตัว กล้องจุลทรรศน์สบปอร์ซ 2 แบบ คือ มีรูปร่างรูปหนาตื้นๆ แต่มีรูปร่างรี ข้นๆ ให้สันน้ำดี (ภาพที่ 4.39)		-	-	✓	-	T52, T60
38. ลักษณะโคลนีสีขาว ต้านล่างโคลนีสีเข้ม ลักษณะภายในตัวลักษณะ จุลทรรศน์ เส้นไขมีเนินขึ้น ลักษณะการรวมตัวของ Phialide จะมีลักษณะ คล้ายแปรง โคนนีเตียร์มีรูปร่างกลมสีขาว อุบัติภัยเริ่มต้นปลายของ Phialide (ภาพที่ 4.40)		-	✓	-	-	K45, K47

ภาคผนวก ข
รายงานผลการจำแนกจุลินทรีย์

Mycology Laboratory
113 Thailand Science Park, Pathumchit Road,
Zone 1, Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand
Tel: +66-2-564-6700 Fax: +66-2-564-6707



รายงานผลการจำแนกเชื้อรา

IDENTIFICATION'S REPORT

ลูกค้าที่มาปฎิบัติ / Customer's name: ผู้ชำนาญการฯ สำนักงาน	เลขที่ / No.: NY02-01			
สถานที่ที่อยู่ / Institute and address: ภาควิชาเคมี กศน.-วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภาคใต้ วิภาวดีรังสิต จ.ฉะเชิงเทรา 34190	วันที่ได้รับเชื้อ / Sample receive date : 13 มกราคม 2558 วันที่รายงานผล / Report date: 16 มี.ค. 2558			
<hr/>				
<hr/>				
หมายเลขตัวอย่าง / Sample No.: NY1_40	วิธีการจำแนกเชื้อรา / Method of identification:			
1	ชนิดเชื้อรา	Penicillium citrinum	99%	802a/82b
2	ชนิดเชื้อรา	Aspergillus flavus var. flavus	100%	802a/82b
3	ชนิดเชื้อรา	Aspergillus tamarii	99%	802a/82b

โปรดทราบเช่นดังนี้ ✓ ให้ผล O ที่ถูกต้อง

เงื่อนไขข้อบ่งชี้: ห้องปฏิบัติการ ✓ ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองที่มีมาตรฐานของสำนักงานที่ออกใบอนุญาต
④ เช่น (ป.ส.ท.ว.)

ห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการ

(นางสาวกานดา ธรรมนิตย์เจริญ)

ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง

ห้องปฏิบัติการ

(นางสาวกานดา ธรรมนิตย์เจริญ)

Disclaimer:

ผลการตรวจที่ได้รับมาเป็นเพียงผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองที่มีมาตรฐานเท่านั้น ไม่สามารถใช้เป็นหลักฐานทางกฎหมายได้ แต่ถ้ามีความต้องการใช้ผลการตรวจเป็นหลักฐานทางกฎหมาย ห้องปฏิบัติการขอสงวนสิทธิ์ไม่รับผิดชอบในกรณีที่มีความผิดพลาด

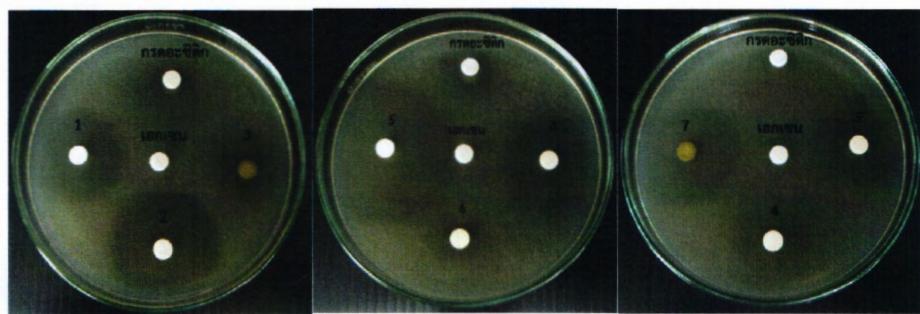
The results reported herein are for the test specimen and selected condition only and cannot be used to certify the goods not tested. National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC) will not take any responsibility for any consequence or damage which may result from the information. Please note that BIOTEC is not a certification body. Use of the Center name or symbol logo in any case without written permission is prohibited.

ภาคผนวก ค

ภาพบริเวณการยับยั้งการเจริญของเชื้อราของสารสกัดหยาบจากพีชสมุนไพร
ที่ความเข้มข้น 10%

1. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่แยกได้จากรากแคน โดยวิธี Paper disc diffusion

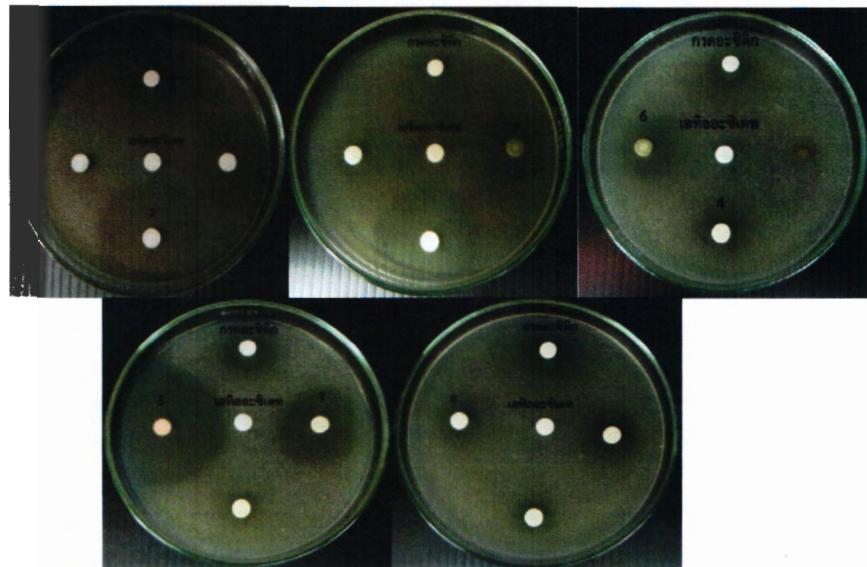
1.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซนในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*



ภาพที่ ค.1 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอกเซน ความเข้มข้น 10%

- | | | | |
|---------------------|------------|---------------|--------------------|
| (1) กระเทียม | (2) ข่า | (3) พลู | (4) กานพลู |
| (5) อบเชย | (6) ตะไคร้ | (7) ข้าวสมพูด | (8) กานพลูผสมอบเชย |
| (9) กานพลูผสมตะไคร้ | | | |

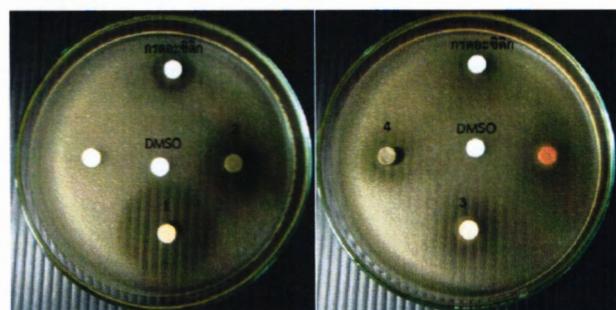
1.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*



ภาพที่ ค.2 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ความเข้มข้น 10%

- | | | |
|--------------------|-------------------|----------------|
| (1) กระเทียม | (2) ข่า | (3) พลู |
| (4) กานพลู | (5) อบเชย | (6) ข้าวผัดพลู |
| (7) กานพลูผัดอบเชย | (8) กานพลูผัดไคร้ | |

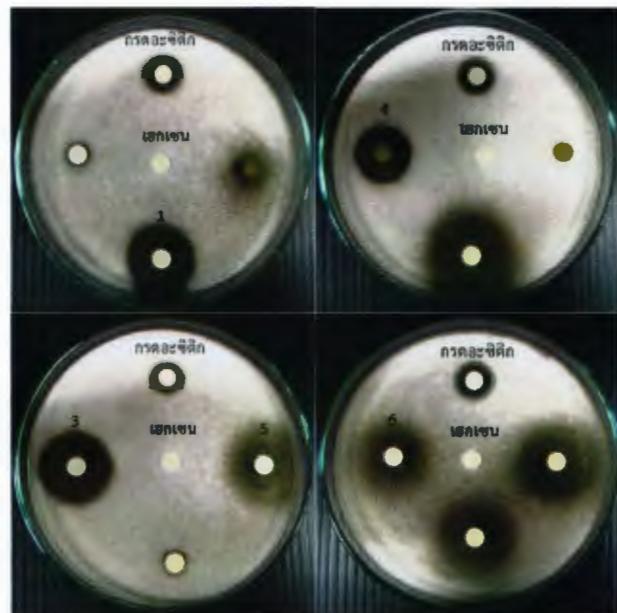
1.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*



ภาพที่ ค.3 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 10%

- | | | | |
|--------|--------|-----------|---------------|
| 1) ข่า | 2) พลู | 3) กานพลู | 4) ข้าวผัดพลู |
|--------|--------|-----------|---------------|

1.4 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกเซนในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*



ภาพที่ ค.4 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอกเซน ความเข้มข้น 10%

- | | | |
|------------------|--------------------|---------------------|
| (1) ข่า | (2) กานพลู | (3) อบเชย |
| (4) ข้าวผัดสมพลู | (5) กานพลูผสมอบเชย | (6) กานพลูผสมตะไคร้ |

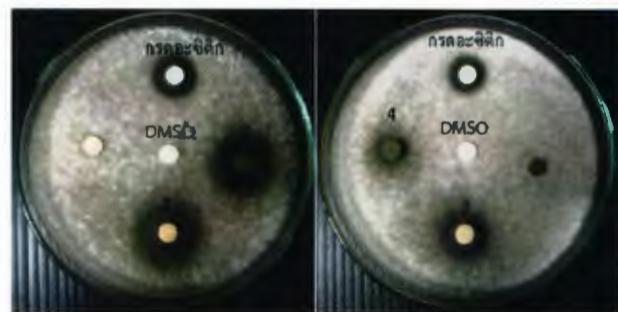
1.5 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*



ภาพที่ ค.5 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ความเข้มข้น 10%

- | | | | | |
|---------|---------|-----------|------------------|--------------------|
| (1) ข่า | (2) พลู | (3) อบเชย | (4) ข้าวผัดสมพลู | (5) กานพลูผสมอบเชย |
|---------|---------|-----------|------------------|--------------------|

1.6 ประสิทธิภาพของสารสกัดขยายจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*



ภาพที่ ค.6 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อร่า *A. flavus* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพร ในตัวทำละลายไดเมทธิลซัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 10%

(1) ข่า (2) พล (3) กานพล (4) ข่าผลพล

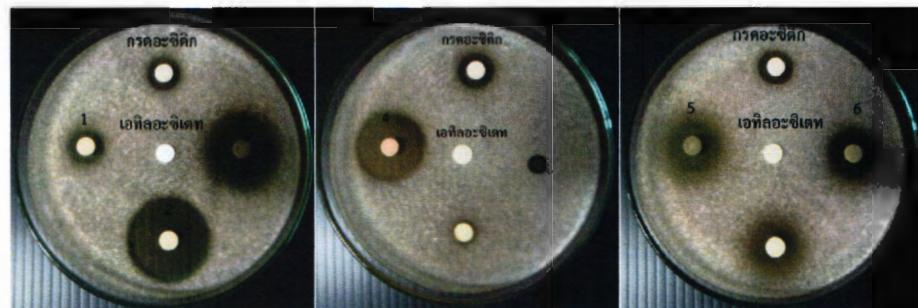
1.7 ประสิทธิภาพของสารสกัดทวยabraจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอกซ์เพรสในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า *A. tamarii*



ภาพที่ ค.7 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า *A. tamarii* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมนไพรในตัวทำละลายเขกเซน ความเข้มข้น 10%

(1) ข่า	(2) กานพ្យុ	(3) ឧបមេ
(4) ខាងសមផ្លូ	(5) ការពលសមុទ្ធមេ	(6) ការពលសមតំក្រី

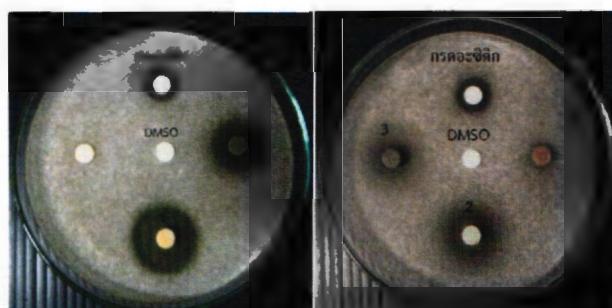
1.8 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii*



ภาพที่ ค.8 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ความเข้มข้น 10%

- | | | |
|--------------|---------------|------------------|
| (1) กระเทียม | (2) ข่า | (3) พุด |
| (4) อบเชย | (5) ข้าวสมพุด | (6) กาลูบสมอบเชย |

1.9 ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii*



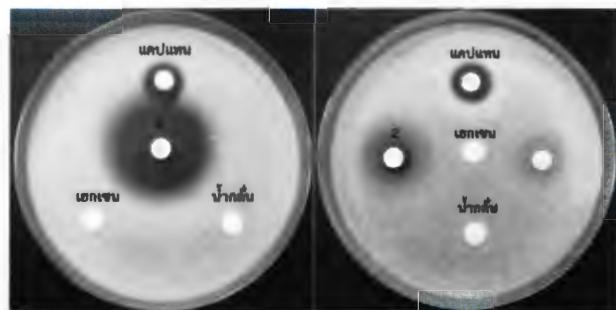
ภาพที่ ค.9 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* บนอาหาร SDA ของสารสกัดสมุนไพรในตัวทำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ความเข้มข้น 10%

- | | | |
|---------|-----------|---------------|
| (1) ข่า | (2) กาลูบ | (3) ข้าวสมพุด |
|---------|-----------|---------------|

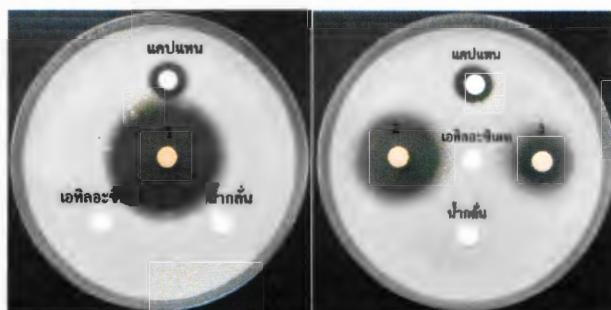
ภาคผนวก ง
ภาพบริเวณการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า
ของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

1. การทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)

1.1 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*



ภาพที่ 4.1 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของสารสกัดหยาบอบเชยในตัวทำละลายเซกเซนทีความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของสารสกัดหยาบอบเชยในตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ที่ความเข้มข้น 1) 5, 2) 2.5 และ 3) 1.25% ตามลำดับ

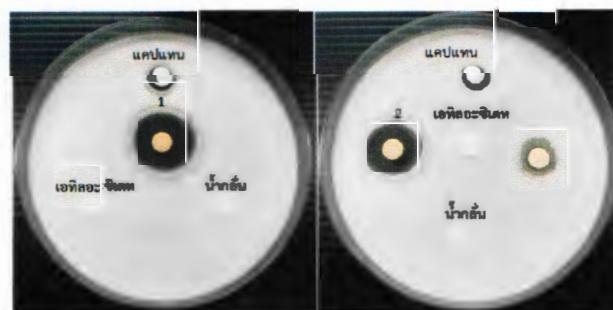


ภาพที่ 4.3 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของสารสกัดหยาบข่าในตัวทำละลายเมทานอล ที่ความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ

1.2 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสนุนเพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*



ภาพที่ 4.4 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ของสารสกัดหยาบอบเชยในตัวทำละลายเชกเชนที่ความเข้มข้น 5%

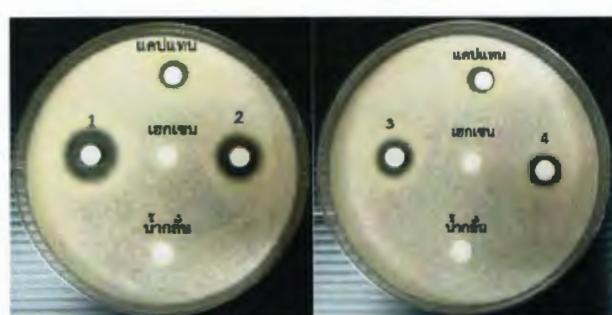


ภาพที่ 4.5 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ของสารสกัดหยาบอบเชยในตัวทำละลายเอทิลอะซิตेत ที่ความเข้มข้น 1) 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ

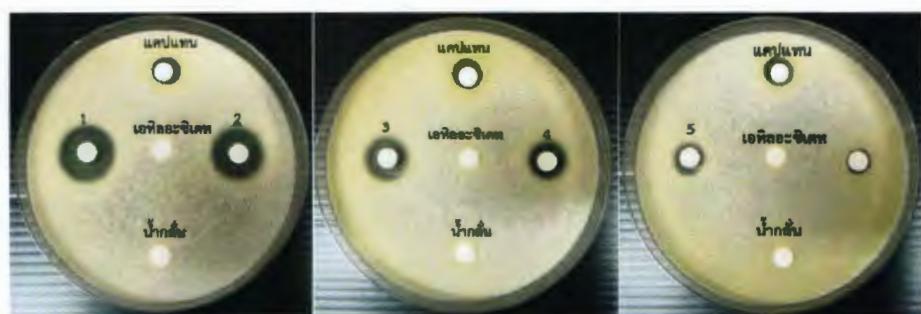


ภาพที่ 4.6 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ของสารสกัดขยายบ่ำในตัวทำละลาย เมทานอล ที่ความเข้มข้น 5%

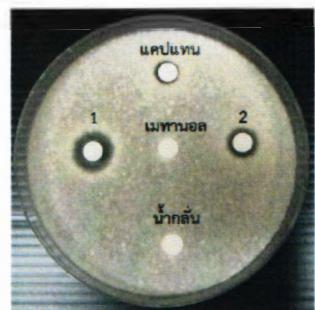
1.3 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดขยายจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii*



ภาพที่ 4.7 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ของสารสกัดขยายบ่ำในตัวทำละลาย เอกเซน ที่ความเข้มข้น 1) 0.63, 2) 0.31 , 3) 0.16 และ 4) 0.08% ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ของสารสกัดขยายบ่ำในตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตท ที่ความเข้มข้น 1) 0.63, 2) 0.31, 3) 0.16, 4) 0.08 และ 5) 0.04% ตามลำดับ

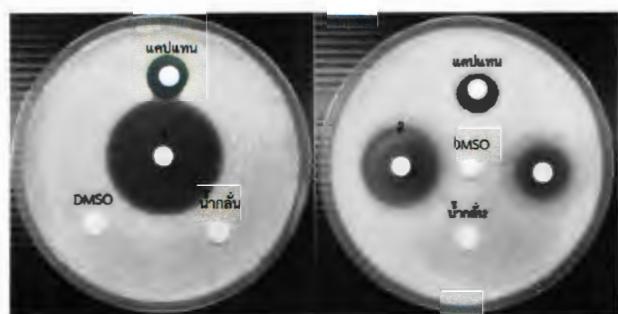


ภาพที่ ๔.๙ บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ของสารสกัดหยาบช่าในตัวทำละลาย เมทานอล ที่ความเข้มข้น 1) 0.63 และ 2) 0.31% ตามลำดับ

ภาคผนวก จ
ภาพบริเวณการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า
ของน้ำมันหอมระ夷ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

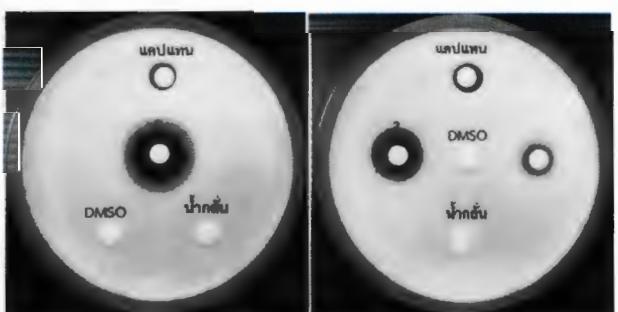
1. การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระ夷ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentrations: MICs)

1.1 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระ夷อบเชยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum*



ภาพที่ จ.1 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของน้ำมันหอมระ夷อบเชย
ที่ความเข้มข้น 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ

1.2 การทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระ夷อบเชยที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*

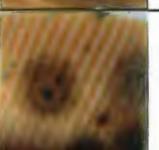
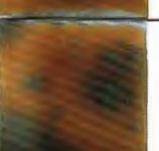
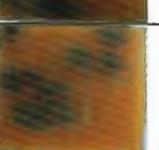


ภาพที่ จ.2 บริเวณที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ของน้ำมันหอมระ夷อบเชย
ที่ความเข้มข้น 5 และ 2) 2.5% ตามลำดับ

ภาคผนวก ฉ

ลักษณะของเชื้อราบนยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยและข่า
ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ ฉ.1 ลักษณะของเชื้อราบนยางแผ่นที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยและข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในวันที่ 30 ของการสังเกต

สารสกัดหยาบจากสมุนไพร	ลักษณะของเชื้อราบนยางแผ่น
ตัวควบคุม	
เอทิลอะซิเตท	
ข่า 0.04%	
ข่า 0.08%	
ข่า 0.16%	
ข่า 0.31%	
ข่า 0.63%	
ข่า 1.25%	
ข่า 2.5%	
อบเชย 1.25%	

ตารางที่ ฉ.1 ลักษณะของเชื้อรานนยางแผ่นที่อีดพ่นด้วยสารสกัดหยาบจากอบเชยและ
ข่าที่สกัดด้วย ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในวันที่ 30
ของการสังเกต (ต่อ)

สารสกัดหยาบจากสมุนไพร	ลักษณะของเชื้อรานนยางแผ่น
อบเชย 2.5%	
แคปแทน 0.31%	

ภาคผนวก ๗

การเตรียมสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่ความเข้มข้น 10%

1. การเตรียมสารสกัดหยาบจากพีชสมุนไพรที่ความเข้มข้น 10%

ชั้งสารสกัดหยาบของพีชสมุนไพรแต่ละชนิดมา 0.1 กรัม ละลายในตัวทำละลายได้แก่ เอทิลอะซิเตท และไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ช
บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์



ที่ กต 0530.1(9.4.1)/539

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลชานเรียง อำเภอแก้งคร้อวีชัย^{จังหวัดมหาสารคาม 44150}

๑๙ ตุลาคม ๒๕๕๙

เรื่อง ตอบรับการส่งบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เรียน ดร.สายสมร ลำลอง

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัย เรื่อง “ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรากของน้ำมันหอมระเหยอบเชย
ต่อเชื้อรา *Penicillium citrinum* และ *Aspergillus flavus* ที่แยกได้จากยางแผ่นในพื้นที่
จังหวัดอุบลราชธานี ” ทางกองบรรณาธิการได้รับเอกสารเรียบร้อยแล้ว ด้วยความขอบคุณใน
ขณะนี้บทความวิจัยดังนี้เป็นที่น่าสนใจต่อการตรวจสอบถูกต้องทางวิชาการโดยก่อกรบรรณาธิการและ
ผู้ทรงคุณวุฒิแล้วกองบรรณาธิการยินดีที่จะตีพิมพ์บทความวิจัยของท่านลงใน วารสารวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ISSN : 1686-9664 ปีที่ 36 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-
ธันวาคม 2560)

อนึ่งกองบรรณาธิการอาจมีการเปลี่ยนแปลงบทความวิจัยเรื่องดังกล่าวลงในฉบับถัดไปของ
วารสารตามความเหมาะสมของมติที่ประชุม

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ปรีชา ประเทศา)
บรรณาธิการ

กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ
โทรศัพท์ : 043754416
E-mail : ssawi1981@gmail.com



วารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ๔๐๐๐๒
KKU SCIENCE JOURNAL
FACULTY OF SCIENCE, KHON KAEN UNIVERSITY, KHON KAEN 40002, THAILAND
โทรศัพท์ ๐ ๔๓๖๐ ๒๖๗๗ โทรสาร ๐ ๔๓๖๐ ๒๖๗๙ E-mail : kku_scijournal@kku.ac.th

ที่ สค 0514.2.1/๒. 2849

วันที่ 19 มิถุนายน 2560

เรื่อง รับรองการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เรียน คุณสายสมร ล่ำล่อง

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ขอรับรองว่า บทความวิจัยเรื่อง “ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium citrinum Aspergillus flavus var. flavus* และ *Aspergillus tamarii* ที่แยกได้จากยางพาราแผ่น (Efficiency of Herb Crude Extracts to Inhibit the Growth of *Penicillium citrinum Aspergillus flavus* var. *flavus* and *Aspergillus tamarii* Isolated from the Rubber Sheet)” โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยวัฒน์ รุ่งโรจน์, สมจินตนา ทวีพานิชย์, พิชญาภรณ์ สุวรรณภูมิ และสายสมร ล่ำล่อง ได้ผ่านขั้นตอนการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และบทความตั้งกล่าวจะได้รับตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ฉบับที่ 2 ปีที่ 45 ซึ่งมีกำหนดออกภายในเดือนเมษายน – มิถุนายน ปี พ.ศ. 2560

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์สุจิตรา ยังมี)

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.



ประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของ เชื้อรา *Penicillium citrinum Aspergillus flavus* var. *flavus*

และ *Aspergillus tamarii* ที่แยกได้จากยางพาราแผ่น

Efficiency of Herb Crude Extracts to Inhibit the Growth of
Penicillium citrinum Aspergillus flavus var. *flavus* and
Aspergillus tamarii Isolated from the Rubber Sheet

รัญญาเรือง ชูตันนี¹ สมจินตนา ทวีพาณิชย์² พิชญากรน์ สุวรรณภูมิ² และ สายสมร คำลอน^{1*}

¹ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190

*Corresponding Author, E-mail: g3936619@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium citrinum Aspergillus flavus* var. *flavus* และ *Aspergillus tamarii* ซึ่งเป็นเชื้อราที่แยกได้จากยางพาราแผ่น โดยนำพืชสมุนไพรจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ กะเพริม ช่า หลุ กาโนพุด อ่อนเขียว ข้าวตีด เท้า ตะไคร้ มาแกัดด้วยตัวทำละลาย เอกไซน์ เอทิลอะซิเดท และเมทานอล นำสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรที่ได้ไปทดลองประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ด้วยวิธี paper disc diffusion พบว่า สารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรที่ความเข้มข้น 100,000 ppm ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* และ *A. flavus* var. *flavus* ได้มากที่สุด คือ สารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเดท โดยมีค่าเฉลี่ย เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 41.50 และ 25.93 mm ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดหมายจากช่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเดท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ได้มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 25.83 mm จากนั้นนำไปทดสอบหาความเข้มข้นของสารสกัดหมายจากสมุนไพรในระดับต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญ ของเชื้อรา (MIC) พบว่า สารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเดทและตัวทำละลายเอทิลอะซิเดท สารสกัดหมายจากช่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ได้โดยมีค่า

MIC เท่ากับ 25,000, 12,500 และ 25,000 ppm ตามลำดับ สารสกัดจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเซกเซนและตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท สารสกัดจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีประสิทธิภาพในการขับยั้งการเจริญของเชื้อร้า *A. flavus* var. *flavus* ได้โดยมีค่า MIC เท่ากับ 50,000, 25,000 และ 50,000 ppm ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากข้าวที่สกัดด้วยตัวทำละลายเซกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล มีประสิทธิภาพในการขับยั้งการเจริญของเชื้อร้า *A. tamarii* ได้โดยมีค่า MIC เท่ากับ 781.25, 390.63 และ 3,125 ppm ตามลำดับ

ABSTRACT

This research studied the efficiency of crude extracts from herbs to inhibit the growth of *Penicillium citrinum*, *Aspergillus flavus* var. *flavus* and *Aspergillus tamarii*. These fungi were isolated from rubber sheet. Seven herbs including garlic, galangal, betel, clove, cinnamon, ringworm bush and lemon grass were extracted by hexane, ethyl acetate and methanol. The crude extracts were tested the efficiency for inhibiting fungal growth by paper disc diffusion method. It was found that the most effective crude herb extract to inhibit the growth of *P. citrinum* and *A. flavus* var. *flavus* at concentration 100,000 ppm was cinnamon which was extracted with ethyl acetate. The average diameters of the inhibition were of 41.50 and 25.93 mm, respectively. While the crude extract of galangal extraction with ethyl acetate was the most effective for inhibiting the growth of *A. tamarii* with the average diameter of the inhibition of 25.83 mm. The minimum inhibitory concentration (MIC) of cinnamon extraction with hexane and ethyl acetate, galangal extraction with methanol was effective in inhibiting the growth of *P. citrinum* by the MIC were 25,000, 12,500 and 25,000 ppm, respectively. In addition, cinnamon extraction with hexane and ethyl acetate, galangal extraction with methanol was effective in inhibiting the growth of *A. flavus* var. *flavus* by the MIC was 50,000, 25,000 and 50,000 ppm, respectively. Galangal extract with hexane, ethyl acetate and methanol was effective in inhibiting the growth of *A. tamarii* by the MIC was 781.25, 390.63 and 3,125 ppm, respectively.

คำสำคัญ : ขับยั้ง เชื้อร้า สมุนไพร อบเชย ข้าว

Keywords : Inhibit, Fungi, Herbs, Cinnamon, Galangal

บทนำ

ยางพาราจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดของโลกมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 โดยในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตยางธรรมชาติ 4.32 ล้านเมตริกตัน และมีปริมาณการส่งออก 3.77 ล้านเมตริกตัน การส่งออกยางธรรมชาติของไทยส่วนใหญ่ส่งออกในรูปของวัตถุคงได้แก่ ยางแท่ง ยางแผ่นรวมครัวน้ำยางข้น และยาง

ชนิดอื่นๆ (สถาบันวิจัยยาง, 2553; สถาบันวิจัยยาง, 2557) แต่ยางพาราแผ่นที่ผลิตได้ในบางครั้งไม่ได้มีมาตรฐานเนื่องจากมีการปนเปื้อนของเชื้อร้า ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการแย่งถูกน้ำฝน ผึ่งยางแห่นกินไป ห้องสีงับอากาศถ่ายเทไม่สะดวกหรือการสีงยางในที่อับชื้น การล้างแผ่นยางไม่สะอาด นำแผ่นยางที่มีความชื้นสูงมาวางเรียงชั้นกันหรือการปนเปื้อนของเชื้อร้าในระหว่างกระบวนการขนส่ง ตลอดจนการเก็บยางแผ่นของเกษตรกรที่มีกระบวนการแย่งถูกน้ำฝน ทำให้มีปริมาณมากพอสมควรหรืออิหร่าค่ายางสูงจึงออกจำหน่ายซึ่งใช้ระยะเวลานานกินไปหรือกระบวนการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดเชื้อร้าขึ้น การที่มีเชื้อร้าปนเปื้อนบนแผ่นยางเป็นผลทำให้แผ่นยางมีคุณภาพลดลง (เสวานิษฐ์, 2547; สำนักงานตลาดกลางยางพาราบุรีรัมย์, 2554; Dayaratne and Munasinghe, 1971; Abd-Ali, 2014) และส่งผลกระบวนการต่อสุขภาพของเกษตรกรและคนงานที่ทำงานในโรงงานยางแผ่น เช่น โรคเยื่อบุมูกอักเสบ โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด และการติดเชื้อบริเวณเล็บและผิวนัง (ประภัสสร, 2555) จากปัญหาดังกล่าว จึงมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อร้านมีแผ่นยาง เช่น สารพารา ในโตรฟินอล และสารแคปเพน เป็นต้น (ณพัชร์นัน คณะ, 2536; เสวานิษฐ์, 2547) การใช้สารเคมีป้องกันเชื้อร้านมีแผ่นยางอาจจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพของเกษตรกร มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและอาจเกิดการทาก้างของสารเคมีบนแผ่นยางได้

ในปัจจุบันจึงมีการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรหลายชนิดมาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดเชื้อร้า เช่น ปิยะชาติ (2550) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากใบพุด ใบตัวทำลายที่แตกต่างกัน ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า *Aspergillus flavus* A748 ตัววิธี paper disc

diffusion พบว่า สารสกัดหมายจากใบพุดที่ได้จากตัวทำลายอะเซติดน ไดคลอโรเมเทน และเอทิลอะเซติด ที่ความเข้มข้น 500,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อร้า *A. flavus* A748 ได้ใกล้เคียง กับการใช้สารเคมีบนไมมิล วิเครตัน คณะ (2552) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร 10 ชนิด คือ กระเทียม ชา ชิง ตีปี ตะไคร้ หม้อหัวใหญ่ หน่อไม้ สาบเสือ กะเพราป่า และรักใน การยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสมะม่วง ตัวตัวทำลายที่แตกต่างกัน พบว่าสารสกัดจากชาที่สกัดตัวตัวทำลายเชกเซน ไดคลอโรเมเทน เอทิลอะเซติด อะเซติดน และเอทานอล มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อได้ 100% แต่เนื่องจากยังไม่มีรายงานการนำพืชสมุนไพรเหล่านี้มาใช้ในการยับยั้งเชื้อร้า *Penicillium citrinum*, *Aspergillus flavus* var. *flavus* และ *Aspergillus tamarii* ซึ่งเป็นเชื้อร้าที่แยกมาจากแผ่นยาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อร้าที่แยกได้จากแผ่นยางพารา โดยนำมาใช้เปรียบเทียบกับสารเคมีที่ใช้เป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อร้า เพื่อเป็นแนวทางในการนำพืชสมุนไพรมาใช้ป้องกันเชื้อร้านมีแผ่นยาง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพร

นำพืชสมุนไพร 7 ชนิด ได้แก่ หัวกระเทียม (Garlic: *Allium sativum* Linn.) เหง้าชา (Galangal: *Alpinia galanga* (Linn.) Swartz) ใบพุด (Betel Pepper: *Piper betle* Linn.) ตอกกานพุด (Clove: *Syzygium aromaticum* (Linn.) Merr. & Perry.) เปลือกตันอบเชย (Cinnamon: *Cinnamomum verum* J. Presl) ใบชุมเห็ดเทศ (Ringworm Bush:

Cassia alata Linn.) และ ลำต้นตะไคร้ (Lemon-grass: *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.) มาทั้นให้เป็นชิ้นเล็กๆและนำไปบนไฟแห้งที่อุณหภูมิ 45°C นำมานำบดให้ละเอียด แซ่สมุนไพรในตัวทำละลายใน อัตราส่วน (1:4) ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด คือ เยกเซน (Hexane) เอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate) และเมทานอล (Methanol) ตามลำดับ โดยวิธี sequential solvent extraction นำสารสกัดหยาบ จากสมุนไพรที่ได้ไปแช่แข็งในถุงเย็นที่อุณหภูมิ -4 °C และทำให้แห้งด้วยเครื่อง freeze dryer จากนั้นนำไปซึ่งหน้าหักและคำนวนหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จาก การสกัด (96 yield) นำสารสกัดหยาบที่ได้ไปเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 4°C เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจาก พืชสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

นำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่เตรียมได้ มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญโดยใช้ตัวอย่างเชื้อรา *P. citrinum* A. *flavus* var. *flavus* และ *A. tamarii* ที่แยกได้จากแผ่นยางพารา โดยการนำเชื้อราหั้ง 3 ชนิด มาเสียบลงอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อรา (spore suspension) หั้ง 3 ชนิด ให้มีความเข้มข้นของสปอร์ที่ 10^6 spores/mL ปีเปթสารแขวนลอยของสปอร์เชื้อราทดสอบหั้ง 3 ชนิด ปริมาตร 1 mL ลงในหลอดอาหาร Sabouraud's Dextrose Agar (SDA) ปริมาตร 9 mL เช่นเดียวกับสมกันด้วยเครื่อง vortex mixer จากนั้นเททับลงบนอาหาร SDA ที่แข็งตัวแล้วในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ทึ้งไว้ให้อาหารแข็งและผิวน้ำอาหารแห้ง นำ paper disc ที่หยดสารสกัดหยาบแล้วที่ความเข้มข้น 100,000 ppm ปริมาตร 10 μ L มาวางบนผิวน้ำอาหาร โดยมี paper disc ที่หยดตัวทำละลายได้แก่

เยกเซน เอทิลอะซิเตท และไนโตรฟลักฟอกไซด์ เป็น negative control และ paper disc ที่หยดสารต้องอ่อนตัว ความเข้มข้น 100,000 ppm เป็น positive control ทำการทดสอบจำนวน 3 ชั้้า บ่มเชื้อที่ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 hr ทำการบันทึกผลโดยวัด เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญโดยใช้ (inhibition zone) ของเชื้อรา (ปิยะวัต, 2550; สุพรรษา, 2551)

3. การทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสาร สกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญ ของเชื้อรา

ทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสาร สกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญ ของเชื้อรา (Minimum inhibitory concentration: MIC) ด้วยวิธี two - fold dilution โดยการนำสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญ ของเชื้อราทดสอบหั้ง 3 ชนิด ได้ศึกษาแต่ละตัวทำละลาย มาทำการเจาะจงด้วยตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ที่ระดับความเข้มข้น 50,000, 25,000, 12,500, 6,250, 3,125, 1,562.50, 781.25, 390.63 และ 195.31 ppm ตามลำดับ จากนั้นนำไปทดสอบหาค่า MIC ของเชื้อราหั้ง 3 ชนิด ด้วยวิธี paper disc diffusion โดยมี paper disc ที่หยดตัวทำละลายได้แก่ เยกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล เป็น negative control และ paper disc ที่หยดสาร ป้องกันกำจัดเชื้อราแคปแทน เป็น positive control โดยใช้ความเข้มข้นของแคปแทน 3,125 ppm ทำการทดสอบจำนวน 3 ชั้้า บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 48 hr ทำการบันทึกผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของบริเวณยับยั้งการเจริญโดยใช้ (inhibition zone) ของเชื้อรา (แสงระวี, 2543; ปิยะวัต, 2550; Pompimon et al., 2009)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลการวิจัย

1. ปริมาณสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพร

จากการนำพืชสมุนไพรจำนวน 7 ชนิด คือ กระเทียม ข่า พลู กานพลู อบเชย ขุมเห็ดเทศ และ ตะไคร้ มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เอ็กเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล พบร้า สารสกัดหมายจากการพอกด้วยตัวทำละลายเมทานอล มี เปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 11.34% รองลงมา คือ สารสกัดหมายจากหน่อกครัวด้วยตัวทำละลายเมทานอล เท่ากับ 9.89% ในขณะที่สารสกัดหมายจากกระเทียมด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเต้มีเปอร์เซ็นต์

ผลผลิตที่ต่ำสุด เท่ากับ 0.18% ตั้งตารางที่ 1 ซึ่งจะแสดง การทดลองจะเห็นได้ว่าพืชสมุนไพรชนิดเดียวกันเมื่อ สกัดด้วยตัวทำละลายต่างกันจะให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต ของสารสกัดหมายที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและ ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในพืชสมุนไพร แต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกัน ทำให้มีความสามารถ ในกระบวนการละลายในตัวทำละลายแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่ พบร้า สารสกัดหมายที่สกัดด้วยตัวทำ ละลายเมทานอลมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัด หมายสูงที่สุด เนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่มีข้อสูงกว่า เอทิลอะซิเตท และเอ็กเซน ทำให้มีประสิทธิภาพในการ ละลายสารกรั่วจราจร ทำให้สารสกัดออกจากพืช สมุนไพรได้ดีกว่าตัวทำละลายเอ็กเซนและ เอทิลอะซิเตท (อุรุวรรณ และคณะ, 2543; ประมวลี, 2549; อุตมเดชา, 2556)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

ลำดับ	สมุนไพร	เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (%yield)		
		เอ็กเซน	เอทิลอะซิเตท	เมทานอล
1.	กระเทียม	0.27	0.18	2.29
2.	ข่า	1.29	0.71	1.90
3.	พลู	1.53	5.30	5.81
4.	กานพลู	7.79	4.09	11.34
5.	อบเชย	0.75	1.35	7.49
6.	ขุมเห็ดเทศ	0.94	1.55	6.49
7.	ตะไคร้	0.66	0.66	9.89

2. ประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพร ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้ายที่แยกได้จาก ยางพาราແย่น

การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหมาย จากพืชสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ในตัวทำละลายเอ็กเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ต่อการยับยั้งการเจริญ

ของเชื้อรา *P. citrinum* ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm พบร้า มีสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรที่สกัด ด้วยตัวทำละลาย เอ็กเซน 6 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า พลู กานพลู อบเชย และตะไคร้ สารสกัดหมายจากพืช สมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท 5 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ข่า พลู กานพลู และอบเชย สารสกัด

หยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล 3 ชนิด ได้แก่ ช่า พลู และกาบันพลู ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ เกิดปฏิวัตย์ขึ้นได้อย่างชัดเจน ตั้งแตาระที่ 2 โดยสารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอลซิเตทให้ค่าเอลี่เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่สุด เท่ากับ 25.83 mm รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน ให้ค่าเอลี่เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 24.37 mm ตั้งแตาระที่ 4 3. ผลการทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า

ทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า (MIC) ด้วยวิธี two - fold dilution โดยการเลือกสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้าทดสอบทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ช่า พลู และอบเชย สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล 3 ชนิด ได้แก่ ช่า พลู และกาบันพลู ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ ตั้งแตาระที่ 3 โดยสารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอลซิเตทให้ค่าเอลี่เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญที่สุด เท่ากับ 25.93 mm รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน ให้ค่าเอลี่เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 22.77 mm ส่วนเชื้อร้า *A. tamarii* พบว่า มีสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน 3 ชนิด ได้แก่ ช่า กาบันพลู และอบเชย สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอลซิเตท 4 ชนิด ได้แก่ กระเทียม ช่า พลู และอบเชย สารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล 2 ชนิด ได้แก่ ช่า และกาบันพลู ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ โดยสารสกัดหยาบจากช่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอลซิเตทให้ค่าเอลี่เส้นผ่าน

ศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญกว้างที่สุด เท่ากับ 25.83 mm รองลงมาได้แก่สารสกัดหยาบจากช่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน ให้ค่าเอลี่เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญ เท่ากับ 24.37 mm ตั้งแตาระที่ 4 ทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า ทดสอบหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า (MIC) ด้วยวิธี two - fold dilution โดยการเลือกสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรที่พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้าทดสอบทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ในแต่ละตัวทำละลายมาทำการทดสอบโดยในเชื้อร้า *P. citrinum* และ *A. flavus* var. *flavus* พบว่า อบเชย (เยกเซน) อบเชย (เอทิลอลซิเตท) และช่า (เมทานอล) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้าทั้งสองชนิดได้ดีที่สุด ส่วนเชื้อร้า *A. tamarii* พบว่า ช่า (เยกเซน) ช่า (เอทิลอลซิเตท) และช่า (เมทานอล) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้าได้ดีที่สุด ดังนั้นมีอนสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพรในแต่ละตัวทำละลายที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้าแต่ละชนิดได้ดีมากทดสอบหาความเข้มข้นของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรในระดับต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อร้า พบว่า ในเชื้อร้า *P. citrinum* สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอลซิเตท ก่อให้เกิดปฏิวัตย์ขึ้นได้ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 12,500 ppm ขึ้นไปและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อร้าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเข้มข้น 95% กับสารเคมีแคปแทนที่ระดับความเข้มข้น 3,125 ppm ที่ใช้เป็นสารควบคุม ในขณะที่สารสกัดหยาบจากอบเชยที่สกัด

ด้วยตัวทำละลายเยกเซนและสารสกัดหมายจากชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายมีเทานอล ก่อให้เกิดบริเวณยับยั้งได้ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 25,000 ppm ขึ้นไป และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารเคมีแคปแทน ส่าหรับเชื้อรา *A. flavus var. flavus* พบว่าสารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน สารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท และสารสกัดหมายจากชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ก่อให้เกิดบริเวณยับยั้งได้ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 50,000, 25,000 และ 50,000 ppm ตามลำดับ ขึ้นไป โดยสารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซนที่ความเข้มข้น 50,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทที่ความเข้มข้น 25,000 ppm นอกจากนี้พบว่าสารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน สารสกัดหมายจากอบเชยที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท เมียกิลอะซิเตท มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารสกัดหมายจากชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลและสารเคมีแคปแทน ในส่วนของเชื้อรา *A. tamarii* พบว่าสารสกัดหมายจากชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ก่อให้เกิดบริเวณยับยั้งได้ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 781.25, 390.63 และ 3,125 ppm ตามลำดับ ขึ้นไป โดยสารสกัดหมายจากชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

95% นอกจากนี้สารสกัดหมายจากชาที่สกัดด้วยตัวทำละลายเยกเซน เมทานอล มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับสารเคมีแคปแทน (ตารางที่ 5)

สรุปและเสนอแนะ

จากการนำพืชสมุนไพรจำนวน 7 ชนิด คือ กระเพิ่ม ช่า พุด กำนังพุด อุบเชย ชุมเห็ดเทศ และตะไคร้ มาทำการสกัดด้วย ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เยกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล พบว่าสารสกัดหมายจากภูเขาพูลดี้ตัวทำละลายเมทานอลมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 11.34% รองลงมาคือ สารสกัดหมายจากตะไคร้ด้วยตัวทำละลายเมทานอล เท่ากับ 9.89% ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรทั้ง 7 ชนิด ในตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรากศดอห์ทั้ง 3 ชนิด ที่แยกได้จากยาราแฟนแนล โดยวิธี paper disc diffusion เมื่อเปรียบเทียบกับกรดอะซิติกที่ใช้เป็นสารเคมีควบคุมที่ความเข้มข้น 100,000 ppm พบว่าสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าการทดลองอะซิติก ยกเว้น สารสกัดหมายจากชุมเห็ดเทศที่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรากศดอห์ 3 ชนิด ส่าหรับตัวทำละลายเยกเซน เอทิลอะซิเตท และไวนิลมิลลิล็อกไชต์ พบว่าไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญติดโตรของเชื้อรากศดอห์ 3 ชนิด จากการทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหมายจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา พบว่า ในเชื้อรา *P. citrinum* สารสกัดหมายจากอบเชย (เอทิลอะซิเตท) ที่ระดับความเข้มข้น 12,500 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุดและไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารเคมีแคปแทน ส่าหรับ

เชื้อรา *A. flavus* var. *flavus* พบร่วมสารสกัดขยายจากอบเชย (เอทิลอะซิเตท) มีประสิทธิภาพในการขับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารเคมีแคปแทนในส่วนของเชื้อรา *A. tamarii* พบร่วมสารสกัดขยายจากชา (เอทิลอะซิเตท) มีประสิทธิภาพในการขับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารเคมีแคปแทน สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่าอบเชย มีประสิทธิภาพในการขับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *P. citrinum*

ได้เนื่องจากในเปลือกต้นอบเชย มีสาร (*E*)-cinnamaldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารที่ออกฤทธิ์ในการขับยั้งเชื้อรา (Singh et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ชา มีประสิทธิภาพในการขับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. ได้เนื่องจากในเห้าชา มีสาร 1'-Acetoxychavicol acetate ซึ่งมีประสิทธิภาพในการขับยั้งเชื้อรา (Jariyapanusom, 2002; Sae-tan, 2006; Ghosh and Rangan, 2013; Tan-a-ram et al., 2014)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณขับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. citrinum* ของสารสกัดขยายจากพืชสมุนไพร ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 100,000 ppm

ลำดับ	สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณขับยั้ง ± SD (mm) ^{✓/2}		
		เอกเซน	เอทิลอะซิเตท	เมทานอล
1.	กระเทียม	22.17±1.26 ^c	19.67±2.36 ^c	0
2.	ชา	28.50±1.80 ^b	28.67±0.76 ^b	21.77±0.68 ^b
3.	พรุ	8.00±0.00 ^f	19.67±1.04 ^c	17.50±0.00 ^b
4.	กาบพรุ	15.84±1.05 ^d	11.50±0.71 ^d	8.87±0.60 ^d
5.	อบเชย	40.87±1.37 ^a	41.50±1.80 ^a	9.75±0.35 ^d
6.	ชุมพีต๊อก	0	0	0
7.	ตะไคร้	9.50±0.71 ^{ef}	0	0
8.	กรดอะซิติก	10.83±0.58 ^e	10.83±0.58 ^d	10.83±0.58 ^c
9.	เชกเฉน	0	-	-
10.	เอทิลอะซิเตท	-	0	-
11.	ไดเมทิลซัลฟอโนไซด์	-	-	0

[✓] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ชิ้น ในสมุนไพรเดียวกันบิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c d, e และ f ที่ต่างหลังตัวเลขที่หนึ่งยกกับในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ^{✓/2} คือ บริเวณขับยั้งมีลักษณะขาว

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณขับชั้นการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* var. *flavus* ของสารสกัดทรายจากพืชสมุนไพร ในตัวห้ามลามทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 100,000 ppm

ลำดับ	สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณขับชั้น \pm SD (mm) ^{1/2}		
		เชกเชน	เอทิลอะซิติก	เมทานอล
1.	กระเทียม	8.67 ^a ±0.29 ^{de}	8.67 ^a ±0.29 ^{de}	0
2.	ข่า	18.50 ^b ±1.32 ^b	16.67 ^b ±1.26 ^b	14.67 ^b ±0.58 ^b
3.	พุด	10.50 ^c ±2.00 ^d	12.83 ^c ±0.76 ^c	9.25 ^b ±0.35 ^b
4.	กานพลู	14.17 ^c ±1.04 ^c	10.67 ^d ±0.29 ^d	7.75 ^c ±0.35 ^c
5.	อบเชย	22.77 ^a ±2.36 ^a	25.93 ^a ±0.40 ^a	9.00 ^b ±0.50 ^b
6.	ชุมเห็ดเทศ	0	0	0
7.	ตะไคร้	7.17 ^e ±0.29 ^e	0	0
8.	กรดอะซิติก	6.67 ^e ±0.29 ^e	6.67 ^e ±0.29 ^e	6.67 ^e ±0.29 ^e
9.	เชกเชน	0	-	-
10.	เอทิลอะซิติก	-	0	-
11.	ไคเมกัลล์ฟอกไซด์	-	-	0

^a ค่าเฉลี่ยจาก 3 จุด ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c, d, e และ f ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ^b คือ บริเวณขับชั้นเมล็ดในสีขาว

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณขับชั้นการเจริญของเชื้อรา *A. tamarii* ของสารสกัดทรายจากพืชสมุนไพร ในตัวห้ามลามทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 100,000 ppm

ลำดับ	สมุนไพร	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณขับชั้น \pm SD (mm) ^{1/2}		
		เชกเชน	เอทิลอะซิติก	เมทานอล
1.	กระเทียม	8.50 ^a ±0.00 ^a	9.50 ^a ±0.71 ^d	0
2.	ข่า	24.37 ^b ±0.60 ^b	25.83 ^b ±0.58 ^b	20.17 ^b ±2.57 ^b
3.	พุด	17.50 ^c ±1.00 ^c	16.67 ^b ±0.29 ^c	15.00 ^b ±1.41 ^b
4.	กานพลู	10.75 ^d ±1.06 ^d	9.65 ^d ±0.49 ^d	8.00 ^c ±0.71 ^c
5.	อบเชย	19.50 ^b ±1.32 ^b	20.00 ^b ±1.32 ^b	0
6.	ชุมเห็ดเทศ	0	0	0
7.	ตะไคร้	0	0	0
8.	กรดอะซิติก	7.50 ^e ±0.50 ^e	7.50 ^e ±0.50 ^e	7.50 ^e ±0.50 ^e
9.	เชกเชน	0	-	-
10.	เอทิลอะซิติก	-	0	-
11.	ไคเมกัลล์ฟอกไซด์	-	-	0

^a ค่าเฉลี่ยจาก 3 จุด ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b, c, d, e และ f ที่ตามหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ^b คือ บริเวณขับชั้นเมล็ดในสีขาว

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหมากจากสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อรา *P. citrinum*, *A. flavus* var. *flavus* และ *A. tamarii* ที่ 48 ชม.

สมุนไพร	MIC (ppm)/ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง ± SD (cm) ^{a/b}		
	<i>P. citrinum</i>	<i>A. flavus</i> var. <i>flavus</i>	<i>A. tamarii</i>
อบเชย (เชกเซน)	25,000/0.88±0.05 ^b	50,000/1.16±0.02 *	-
อบเชย (เอทิลอะซิตेट)	12,500/1.07±0.08 *	25,000/1.16±0.15 *	-
ข้าว (เชกเซน)	-	-	781.25/0.66±0.03 *b
ข้าว (เอทิลอะซิตेट)	-	-	390.63/0.63±0.02 *b
ข้าว (เมทานอล)	25,000/0.66±0.03 *c	50,000/0.87±0.07 * ^b	3,125/0.67±0.03 * ^b
แคปแพน (3,125 ppm)	1.09±0.01 *b	0.73±0.00 * ^b	0.69±0.01 *b
เชกเซน	0	0	0
เอทิลอะซิตेट	0	0	0
เมทานอล	0	0	0

^{a/b} MIC = ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหมากจากสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อรา

^c ค่าเฉลี่ยจาก 3 ขั้น ในสมุนไพรแต่ละชนิด โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษร a, b และ c ที่ความหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุน จากคณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

- ณพรัตน์ วิจิทธสินธุ ฤทธิ์ สอนสุข หิรัญกิตติ อนุสิริ บุญช่วย
หน่องวนิด พงษ์วิร ครีสอัม แล้ว เสมอ สมนาค.
(2536). ศึกษาวิธีการผลิตยางพาราป้องกัน
กำจัดเชื้อรา. กลุ่มวิจัยการประรูปและทดสอบยาง
ศูนย์วิจัยยางและเชิงเทรา สถาบันวิจัยยาง กรม
วิชาการเกษตร.
- ประภัสสร อังกฤษพันธ์ วีระพร คุณรากานต์ และ วรารถน์ เลิศพูน
วีไลกุล. (2555). ปัจจัยดึงความสูงยางพาราจากการ
ทำงานและภาวะสุขภาพตามความเสี่ยงของคนงาน
โรงงานยางพารา. วารสารพยาบาลสาร 39(3):
26-37.
- ปิยะวดี เจริญวัฒนา. (2550). ประสิทธิภาพของสารสกัดพูนใน
การยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus flavus*. วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตร. 38(6) (พิเศษ): 50-53.

เปริมาตี สกุลสม. (2549). พัฒนามะเร็งและกลไกการออกฤทธิ์.

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย
ศิลปากร. นครปฐม: 90 หน้า.

ไวรัตน์ ศรีนันท์ ชีรพล วันพิทย์ และ เกษม สร้อยทอง. (2552).

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) สาเหตุโรคแอนแทรค
ในสมุนไพรของสารสกัดจากพืชสมุนไพรตัวตัวท่า
ละลายที่แตกต่างกัน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร
40(1) (พิเศษ): 75-78.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. (2553). ข้อมูลวิชาการ
ยางพารา 2553, แฟ้มข้อมูล: <http://www.rubberthai.com/book/file/69.pdf>. ค้นเมื่อวันที่ 7
มิถุนายน 2559.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. (2557). ผลผลิตยาง
ธรรมชาติของประเทศไทย, แหล่งข้อมูล:
http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm ค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2559.

สำนักงานตลาดกลางยางพาราบุรีรัมย์ สถาบันวิจัยยาง กรม
วิชาการเกษตร. (2554). คู่มือตลาดกลางยางพารา.
บุรีรัมย์. หน้า 14-16.

- สุธรรมรา ชาญวิทยกิจ. (2551). การควบคุมการเจริญของเชื้อรากบนยางพารานั่นโดยใช้สารเคมี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา: 119 หน้า.
- เสาวนีย์ ก่ออุปัต្យลุงชัย. (2547). การผลิตยาดีรวมชาติ. ที่มี 4. ปัจจานี: สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 125-132.
- แสงระพี แก้วเมืองฟ่าง. (2543). การตรวจสอบเชื้อรากทึบบั้งเชือร้านพิชมุนไพร 12 ชนิด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่: 58 หน้า.
- อุดมเดชา พลเยี่ยม. (2556). การศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากมะเดื่อ. ใน: รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ. 6-13.
- อุรุวรรณ ติลกคุณนันท์ งาม่อ่อง คงคำพิพย์ อุดมลักษณ์ สุข อัชตะ สุกนิตา บัวบาน นาวนองค์ นาคcon และ สุวรรณ กลัตตัพันธุ์. (2543). การออกฤทธิ์บั้งการเจริญของเชื้อรากบางชนิดของสารสกัดจากพุด. ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38 (สาขาวัฒน์และสาขาวิทยาศาสตร์)มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 515-522.
- Abd-Ali, N. K. (2014). Deterioration the properties of contaminated natural rubber with some species of microorganisms. Industrial Engineering Letters 4(4): 23-29.
- Dayaratne, W.C. and Munasinghe, H.L. (1971). Mould contamination of rubber. Quarterly Journal of Rubber Research Institute of Ceylon 48: 136-146.
- Ghosh, S. and Rangan, L. (2013). *Alpinia* : the gold mine of future therapeutics. 3 Biotech. 3: 173-185.
- Jariyanusorn, J. (2002). Formulation development of extracts from galanga (*Alpinia galanga* Sw.). sweetflag (*Acorus calamus* L.) and *Rhinacanthus nasutus* (Kurz.) for controlling anthracnose postharvest disease of mango. The degree of doctor of philosophy in horticulture, Chiang Mai University. Chiang Mai. 207 pages.
- Pompimon, W., Jomduang, J., Prawat, U. and Mankhetkorn, S. (2009). Anti-*phytophthora capsici* activities and potential use as antifungal in agriculture of *Alpinia galanga* Swartz, *Curcuma longa* Linn, *Boesenbergia pandurata* Schut and *Chromolaena odorata*: Bioactivities guided isolation of active ingredients. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4(1): 83-91.
- Sae-tan, N. (2006). Control of fungi on Allium by various plant extracts. The degree of master of science in biotechnology, Chiang Mai University. Chiang Mai. 86 pages.
- Singh, G., Maurya, S., deLampasona, M.P. and Catalan, C.A.N. (2007). A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. Food and Chemical Toxicology 45: 1650-1661.
- Tan-a-ram, P., Maolee, P., Janklang, A., Chokmongkon, A. and Faina, O. (2014). Antimicrobial activities of Zingiberaceae extracts against fungi producing aflatoxin isolated from stored rice seeds and grains of Khoa Dawk Mali 105. In: Proceedings of the International Bioscience Conference and the 5th Joint International PSU-UNS Bioscience Conference. Phuket, Thailand. 323-327.



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางธัญญาริน ชูวัฒน์วรกุล

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2539-2542, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี เกียรนิยมอันดับ 2
พ.ศ. 2543-2547, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปิโตรเคมีและเคมีของไฮโดรคาร์บอน

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2551-ปัจจุบัน
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม

ตำแหน่ง อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม