การปรับปรุงสมบัติต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่า

นางสาวจิตต์โสภา เฉลียวศักดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPROVEMENT OF ANTIMICROBIAL PROPERTY OF COTTON FABRIC WITH GALANGAL ESSENTIAL OIL AND GALANGAL EXTRACTS

Miss Jitsopa Chaliewsak

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงสมบัติต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายด้วยน้ำมันหอมระเหย ข่าและสารสกัดข่า
โดย	นางสาวจิตต์โสภา เฉลียวศักดิ์
สาขาวิชา	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรีรัตน์ จารุจินดา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริธันว์ เจียมศิริเลิศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิรีรัตน์ จารุจินดา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร)

จิตต์โสภา เฉลียวศักดิ์ : การปรับปรุงสมบัติต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่า. (IMPROVEMENT OF ANTIMICROBIAL PROPERTY OF COTTON FABRIC WITH GALANGAL ESSENTIAL OIL AND GALANGAL EXTRACTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. สิรีรัตน์ จารุจินดา, 95 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการใช้สมุนไพรไทย (ข่า) ในการปรับปรุงสมบัติต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้าย ข่าที่นำมาตกแต่งบนผ้าฝ้ายมี 2 ชนิดได้แก่ น้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าและสารสกัดข่าที่เตรียมได้จากงานวิจัยโดยใช้เทคนิคจุ่มอัด-อบให้แห้ง จากนั้นนำมาทดสอบสมบัติต้านจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999 ได้ทำการศึกษาการสกัดข่าแห้งและข่าสดด้วยเอทานอลที่ภาวะต่างกัน ได้แก่ 1) อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน 2) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปตกแต่งบนผ้าฝ้ายด้วยความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 และ 1 พบว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ตกแต่งด้วยสารสกัดข่ามีการลดลงของจุลินทรีย์เพียง ร้อยละ 56.3 ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งมีการลดลงของจุลินทรีย์มากถึง 72.9 และ 99.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และสารสกัดข่าสดที่ ร้อยละ 1 มีการลดลงของจุลินทรีย์ ร้อยละ 95.6 ดังนั้นเมื่อพิจารณาส่วนประกอบของสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิค GC-MS ประกอบกับการลดลงของจุลินทรีย์ที่สูงถึง ร้อยละ 99.9 และพลังงานที่ใช้ในการสกัดแล้ว วิธีที่เหมาะสมในการสกัดข่าคือการสกัดข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และความเข้มข้นของสารสกัดข่าแห้งที่เหมาะสมในการตกแต่งบนผ้าฝ้ายคือ ร้อยละ 1 และในทำนองเดียวกันสำหรับน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าได้นำมาตกแต่งบนผ้าฝ้ายที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 1, 3, 5 และ 10 พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นการลดลงของจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกันที่ ร้อยละ 85.4, 91.9, 91.8 และ 99.3 แต่เมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยจากการระคายเคืองของผิวหนังของผู้ใช้ที่ห้ามใช้สารดังกล่าวมากกว่า ร้อยละ 5 ดังนั้นความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยข่าที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 3 นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาความคงทนของสมบัติต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าจากข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อการซักล้าง ต่อการอาบแสง ต่อเหงื่อ ต่อการรีดร้อน และการเปลี่ยนสีภายหลังการตกแต่ง พบว่าสารต้านจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดมีความคงทนต่อการซักล้างดี แต่ไม่ทนต่อเหงื่อ สารสกัดข่าแห้งมีความคงทนต่อแสงและการรีดร้อนดีกว่าน้ำมันหอมระเหยข่า แต่ทำให้ผ้าเหลืองขึ้นมากกว่าน้ำมันหอมระเหยข่า

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2552 .....

##5072234823: MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEYWORDS : GALANGAL / ESSENTIAL OIL / EXTRACTS / COTTON FABRIC / ANTIMICROBIAL AGENT

JITSOPA CHALIEWSAK: IMPROVEMENT OF ANTIMICROBIAL PROPERTY OF COTTON FABRIC WITH GALANGAL ESSENTIAL OIL AND GALANGAL EXTRACTS. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SIREERAT CHARUCHINDA, Ph.D, 95 pp.

The utilization of Thai herbs (galangal) on improvement of the antimicrobial property on cotton fabric was investigated. Two different types of galangal (commercial galangal essential oil and prepared galangal extracts) were treated onto cotton fabric by using pad-dry technique. The antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* according to AATCC Test Method 100-1999 was then evaluated. The galangal extracts were prepared by extracting dried rhizomes and fresh rhizomes with ethanol at 2 different conditions 1) room temperature for 1 day 2) 60°C for 45 min. The prepared galangal extracts was then finished on cotton fabric at various concentrations of 0.5 and 1%. It was found that percentage of reduction of bacteria of the unfinished cotton fabric was only 56.3%, whereas, the percentage of reduction of bacteria of the finished cotton fabrics with galangal extracts from dried rhizome at the concentration of 0.5 and 1% were 72.9 and 99.9%, respectively. In case of galangal extracts from fresh rhizome, the percentage of reduction of bacteria of the finished was only 95.6%. Thus, when the composition of the antibacterial agent determined by GC-MS technique, the high percentage of reduction of bacteria (99.9%) and the energy consumption were considered, the extraction of galangal from dried rhizomes by soaking with ethanol at room temperature for 1 day and the concentration of 1% finished on cotton fabric was appropriate. Similarly, when cotton fabrics were finished with commercial galangal essential oil at various concentrations of 1, 3, 5 and 10%, the percentage of reduction of bacteria were 85.4, 91.9, 91.8 และ 99.3, respectively. Since the usage of essential oil has a restriction not over 5% due to a skin irritation to the user, the optimal concentration of essential oil for applying onto cotton fabric in this study is 3% concentration. In addition, durability of antimicrobial performance of the finished cotton fabric with essential oil and galangal extracts from dried rhizome to washing, to light, to perspiration, to hot press and color change of cotton fabric after finishing were also examined. It was found that both types of antimicrobial agents were durable to washing but non-durable to perspiration. Galangal extracts from dried rhizome was more durable to light and hot press than essential oil but caused the color of finished fabric more yellow than essential oil.

Department : Materials Science ..... Student's Signature .....

Field of Study : Applied Polymer Science and Textile Technology ..... Advisor's Signature .....

Academic Year : 2009 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างสมบูรณ์เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางวิชาการ ความเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือ วัตถุดิบและสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ เป็นอย่างนี้ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบคุณบุคคล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังรายนาม ต่อไปนี้

1. ผศ. ดร. สิรีรัตน์ จารุจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาที่ดีเยี่ยมในการแก้ไขปัญหา แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ และการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ รวมทั้งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา

2. ผศ. ดร.ศิริธันว์ เจียมศิริเลิศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ และ รศ. ดร. เข็มชัย เหมะจันทร กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

5. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. ศูนย์วิจัยเฉพาะทางด้านวัสดุเซรามิกส์ และพอลิเมอร์ขั้นสูง ศูนย์ความเป็นเลิศด้านปิโตรเลียม ปิโตรเคมีและวัสดุขั้นสูง ที่ให้ทุนการศึกษาและทุนสนับสนุนในการวิจัย

7. ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าจนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3
   - 2.1 ฝ้าย (Cotton)..... 3
     - 2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ..... 3
     - 2.1.2 โครงสร้างทางเคมี..... 4
     - 2.1.3 สมบัติทางกายภาพ..... 5
     - 2.1.4 สมบัตทางเคมี..... 6
   - 2.2 ข่า (Galangal)..... 6
     - 2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์..... 6
     - 2.2.2 องค์ประกอบทางเคมี..... 7
     - 2.2.3 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและการทดสอบทางคลินิก..... 13
   - 2.3 สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากพืช..... 14
     - 2.3.1 สารสกัด (Extracts)..... 14
     - 2.3.2 น้ำมันหอมระเหย (Essential Oil)..... 16
     - 2.3.3 วิธีการสกัดสารจากพืช..... 16
   - 2.4 สารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ (Antimicrobial Agents for Textiles)..... 19
     - 2.4.1 การเลือกสารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ..... 19
     - 2.4.2 กลไกของการทำงานของสารต้านจุลินทรีย์..... 20

หน้า

2.4.3 สารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอที่ใช้ในปัจจุบัน..... 22
2.4.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพ..... 22
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 23
3. วิธีการทดลอง..... 26
3.1 ขอบเขตการทดลอง..... 26
3.2 วัสดุและสารเคมี..... 26
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 27
3.4 การดำเนินการวิจัย..... 29
3.4.1 การสกัดข่า..... 30
3.4.1.1 การสกัดข่าสด..... 30
3.4.1.2 การสกัดข่าแห้ง..... 30
3.4.2 การปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยสารประจุบวก..... 31
3.4.3 การตกแต่งต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย..... 32
3.4.3.1 การเตรียมสารละลายของน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า..... 32
3.4.3.2 การเตรียมสารละลายของสารสกัดข่า..... 32
3.4.3.3 การตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่า
โดยวิธีจุ่มอัด..... 33
3.5 การวิเคราะห์และการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ..... 33
3.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในสารสกัดข่าด้วยเทคนิค GC-MS..... 33
3.5.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์ก่อนและหลังซัก ด้วยเทคนิค FTIR..... 34
3.5.3 การทดสอบสมบัติต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายตามมาตรฐาน AATCC 100-1999..... 34
3.5.4 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายภายหลังการใช้งาน. 36
3.5.4.1 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อการซักล้าง..... 36
3.5.4.2 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อแสง..... 36

หน้า

3.5.4.3 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ... 37
3.5.4.4 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน..... 38
3.5.5 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าด้วยเทคนิค SEM…….. 38
3.5.6 การวัดความขาวของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยสารต้านจุลินทรีย์….. 39
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 41
4.1 สารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่า..... 41
4.2 สมบัติการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าบนผ้าฝ้าย…… 42
4.2.1 การต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย..... 42
4.2.1.1 ผลของความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยข่า…….. 42
4.2.2 การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้าย..... 44
4.2.2.1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดข่าสดและแห้ง…….…. 44
4.2.2.2 ผลของความเข้มข้นของข่าแห้ง..... 46
4.3 พื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งด้วย SEM…….. 48
4.4 ความคงทนของสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย…….. 50
4.4.1 ความคงทนต่อการซักล้าง……..... 50
4.4.1.1 ทดสอบการต้านจุลินทรีย์……..... 50
4.4.1.2 ศึกษาโครงสร้างทางเคมีโดยใช้ ATR –FTIR …… 54
4.4.2 ความคงทนต่อแสง……..... 57
4.4.3 ความคงทนต่อเหงื่อ…… 59
4.4.4 ความคงทนต่อการรีดร้อน……..… 61
4.5 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้ง…….. 63
4.5.1 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังซัก……..... 63
4.4.2 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังอาบแสง…..... 64

หน้า

4.4.3 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังผ่านการแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม..... 65
4.4.4 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังผ่านการรีดร้อน 66
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ..... 67
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 67
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 68
รายการอ้างอิง..... 69
ภาคผนวก..... 72
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 95

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2.1	สูตรโครงสร้างและสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในข่า.....	8
ตารางที่ 3.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
ตารางที่ 4.1	องค์ประกอบทางเคมีของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าที่สกัดจากข่าสดและข่าแห้ง ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆกัน.....	41
ตารางที่ 4.2	ประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย ที่ความเข้มข้นต่างกัน ก่อนซัก ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999..	43
ตารางที่ 4.3	ประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้ายที่สกัดจากข่าสดและข่าแห้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆก่อนซัก.....	45
ตารางที่ 4.4	การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้ายที่สกัดด้วยวิธีการใช้ข่าแห้งสกัดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้อง ในเวลา และความเข้มข้นต่างๆ.....	47
ตารางที่ 4.5	ความคงทนต่อการซักล้างของน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 บนผ้าฝ้ายที่ไม่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวก.....	51
ตารางที่ 4.6	ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 บนผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกต่อการซักล้าง.....	52
ตารางที่ 4.7	ความคงทนของสารสกัดข่าร้อยละ 1 บนผ้าฝ้ายต่อการซักล้าง.....	53
ตารางที่ 4.8	หมู่ฟังก์ชันของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้ง……..	56
ตารางที่ 4.9	ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อแสง…….....	58
ตารางที่ 4.10	ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ…….....	60
ตารางที่ 4.11	ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน….....	62
ตารางที่ 4.12	การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังซัก.....	63

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังอาบแสง..... 64
ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังการแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม..... 65
ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังผ่านการรีดร้อน..... 66

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้ายตามภาคตัดขวางและตามความยาว..... 4

รูปที่ 2.2 การเจริญเติบโตของเส้นใยฝ้าย……..... 4

รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลเซลลูโลส..... 5

รูปที่ 2.5 ลักษณะของต้นข่า..... 7

รูปที่ 2.6 เหง้าข่า..... 7

รูปที่ 2.7 วิธีที่ใช้ในการสกัดสารจากพืช..... 17

รูปที่ 2.8 กลไกการทำงานของสารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ..... 21

รูปที่ 2.9 แนวความคิดในการปลดปล่อยสารต้านจุลินทรีย์จากแคปซูลที่เกิดพันธะโควาเลนท์กับผ้าฝ้าย..... 23

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง…… 29

รูปที่ 3.2 การระเหยสารสกัดข่าออกจากเอทานอลด้วยเครื่อง Rotary Evaporator…….. 31

รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบสีของสารละลายข่า..... 32

รูปที่ 3.4 เครื่อง GC-MS ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดข่าที่เตรียมได้..... 33

รูปที่ 3.5 เครื่อง ATR –FTIR ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์ก่อนและหลังซัก..... 34

รูปที่ 3.6 เครื่อง Gyrowash ที่ใช้ในการซักล้างผ้าฝ้าย..... 36

รูปที่ 3.7 เครื่อง Atlas Xenon Arc Weather-Ometer ที่ใช้ในการอาบแสง..... 37

รูปที่ 3.8 เครื่อง Perspirometer ที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ…… 37

รูปที่ 3.9 เครื่องรีดร้อน (Scorch Tester) ที่ใช้ในการทดสอบของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน…… 38

รูปที่ 3.10 เครื่อง SEM ที่ใช้ในการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาพื้นผิวของผ้าฝ้าย..... 39

รูปที่ 3.11 เครื่องวัดสีของ Macbeth Color–Eye 7000 ที่ใช้ในการวัดความขาวของผ้าฝ้าย..... 40

รูปที่ 4.1 พื้นผิวของผ้าฝ้ายก่อนซักที่ไม่ได้ตกแต่งต้านจุลินทรีย์..... 48

รูปที่ 4.2 พื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ผ่านตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยข่า..... 49

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.3 พื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ผ่านตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดข่า..... 49

รูปที่ 4.4 โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสารต้านจุลินทรีย์โดยใช้ ATR –FTIR ก่อนและหลังซัก 5 รอบ เปรียบเทียบกับผ้าฝ้าย..... 55

รูปที่ 4.5 โครงสร้างทางเคมีของสารต้านจุลินทรีย์โดยใช้ ATR –FTIR ของสารสกัดข่า ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ก่อนและหลังการซักล้างเปรียบเทียบกับผ้าฝ้าย..... 55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพอนามัยมากขึ้น ผู้ผลิตสิ่งทอจึงพยายามที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้มีสมบัติพิเศษที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยได้มีการเพิ่มสมบัติการต้านจุลินทรีย์ลงบนผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เนื่องจากจุลินทรีย์บนสิ่งทอเป็นสาเหตุของโรคทางผิวหนัง เช่น กลากเกลื้อน และผิวหนังอักเสบ เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของสิ่งทอ โดยทำให้ความแข็งแรงของสิ่งทอลดลง หรือสีของผ้าเปลี่ยนแปลง ผ้ามีตำหนิเกิดขึ้น และยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นอับบนสิ่งทอโดยเฉพาะผ้าฝ้าย เนื่องจากเป็นเส้นใยธรรมชาติซึ่งเป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของผ้าฝ้ายให้มีสมบัติต้านจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง สารที่ใช้ในการตกแต่งสิ่งทอเพื่อเพิ่มสมบัติต้านจุลินทรีย์มักเป็นสารที่ได้จากโลหะและสารเคมีสังเคราะห์ เช่น เงิน ทองแดง ไตรคลอโรฟีนอล และสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม [1] ซึ่งการใช้โลหะและสารเคมีสังเคราะห์อาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม โดยการปล่อยโลหะเหล่านี้จากโรงงานอุตสาหกรรมสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดิน และอากาศได้ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมตามมา [2]

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆไม่ว่าจะเป็น ปัญหาภาวะโลกร้อน มลภาวะจากสารเคมีและโลหะที่เจือปนในอากาศ ดิน และน้ำ งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการนำสารจากพืชสมุนไพรไทยซึ่งมีความปลอดภัยต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมมาใช้แทนโลหะและสารเคมีสังเคราะห์ในการตกแต่งต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายขึ้น ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าและความสำคัญของสมุนไพรไทยให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากลมากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมไปด้วยพืชสมุนไพรหลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้แก่ ขมิ้น ข่า ขิง กระชาย เร่วหอม และมะขามป้อม และพบว่าข่ามีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ได้ดี นอกจากนี้ข่ายังมีสรรพคุณทางยาอีกมากมาย เช่น สรรพคุณในการช่วยย่อยอาหาร แก้ปวดท้อง รักษาโรคบิด โรคกลากเกลื้อน ใช้ฆ่าพยาธิ แก้ปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อและข้อ [6,7]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดข่า เพื่อใช้เป็นสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย
2. ศึกษาภาวะและปริมาณของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าที่เหมาะสมในการตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย
3. ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และการต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่า

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้คือ การสกัดข่าด้วยวิธีแช่ในเอทานอล และการตกแต่งน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าและสารสกัดข่าที่ได้ลงบนผ้าฝ้ายเท่านั้น ยังไม่รวมถึงการใช้วิธีการสกัดข่าด้วยวิธีอื่น หรือการใช้ตัวทำละลายชนิดอื่น และยังไม่รวมถึงการตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมหรือการตกแต่งทางเคมีแล้ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ คือได้สารต้านจุลินทรีย์ที่เป็นสารธรรมชาติสกัดจากข่าซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่มีมากและหาได้ง่ายในประเทศไทยสำหรับตกแต่งผ้าฝ้าย นับเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภคอีกด้วย

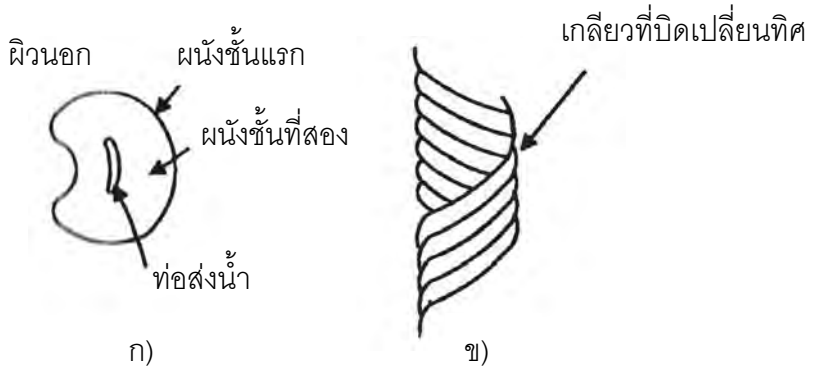
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝ้าย (cotton)

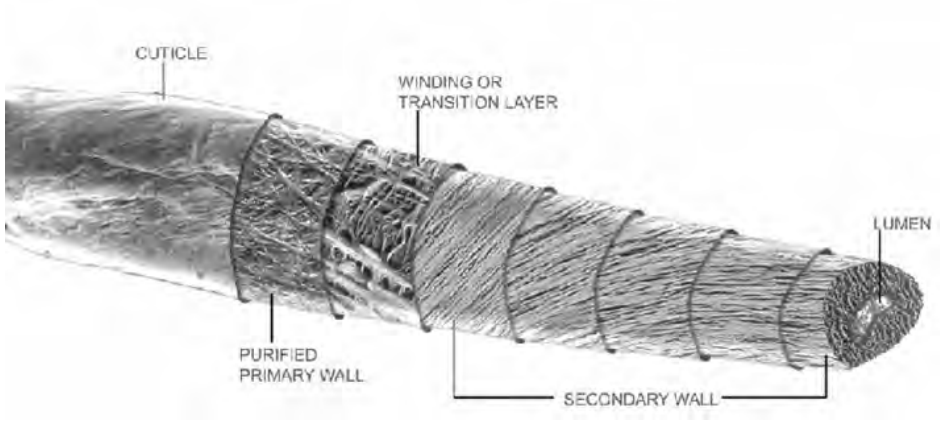
ฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืชที่สำคัญและมีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ หลากหลายมากที่สุด ขั้นตอนการผลิตเส้นใยฝ้ายนั้นจะนำเมล็ดฝ้าย (สมอฝ้าย) มาผ่านกระบวนการหีบฝ้ายเพื่อแยกเส้นใยและเมล็ดออกจากกัน จะได้ส่วนที่เป็นเส้นใยหรือขนที่มีลักษณะเป็นปุย จากนั้นจะนำเส้นใยไปอัดเป็นเบล (bale) เพื่อนำไปผ่านกระบวนการปั่นด้ายและผลิตเป็นเส้นด้ายฝ้ายต่อไป เนื่องจากฝ้ายสามารถเจริญเติบโตได้ในหลายพื้นที่ของโลก ทำให้เส้นใยฝ้ายมีความแตกต่างกันอย่างมากขึ้นอยู่กับแหล่งเพาะปลูก โดยคุณภาพของเส้นใยฝ้ายสามารถวัดได้จากความขาว ความยาว ความละเอียด ตลอดจนความแข็งแรง ซึ่งปกติเส้นใยยิ่งยาวมากยิ่งมีความละเอียดและมีความแข็งแรงสูง [1,3]

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ

ฝ้ายเป็นเส้นใยสั้น (staple fibres) เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่ามีลักษณะภายนอกหยาบและค่อนข้างแบน มีการบิดเป็นเกลียวในทิศทางต่างกันเป็นระยะๆ แต่มีขนาดที่สม่ำเสมอตลอดเส้นใย ส่วนลักษณะภาคตัดขวางคล้ายเมล็ดถั่ว หรือรูปไต ที่มีช่องตรงกลางกลวงที่เป็นท่อส่งน้ำ (lumen) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เมื่อเส้นใยมีอายุมากขึ้นผนังชั้นแรกจะเริ่มหนาเพิ่มขึ้นขยายจากผิวเข้าสู่ส่วนกลางเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นที่เจริญเติบโตประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดที่เกิดจากการเรียงต่อกันของสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และในบางครั้งมีทิศทางการเรียงที่สลับสวนทางกัน ทำให้เกิดเกลียวฝ้ายขึ้นตามความยาวของเส้นใย ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงถึงการเจริญเติบโตตามธรรมชาติอย่างเต็มที่ของฝ้าย เมื่อปุยฝ้ายเปิดออกเส้นใยที่แห้งตัวลงบริเวณรูส่งน้ำตรงกลาง และช่องเล็กๆในผนังเซลล์หดตัวลง ทำให้ผนังของเส้นใยมีการบิดเปลี่ยนทิศทางเกิดการบิดงอ ทำให้เส้นใยฝ้ายมีการยึดเกาะกันได้ดีสามารถปั่นเป็นเส้นด้ายได้ง่าย และมีความสามารถในการยืดตัวสูง [1,3]



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย ก) ตามภาคตัดขวางและ ข) ตามความยาว [3]

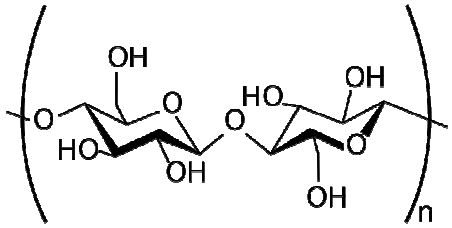


รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย [4]

2.1.2 **โครงสร้างทางเคมี**

ฝ้ายจัดเป็นเส้นใยประเภทเซลลูโลสที่มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยธาตุหลัก คือ คาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และออกซิเจนร้อยละ 49.4 มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วยขั้นพื้นฐานเรียกว่า anhydro-D-glucose ($C_6H_{10}O_5$) ต่อกันเป็นสายโซ่โมเลกุลยาว ซึ่งในแต่ละหน่วยของกลูโคสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทั้งหมด 3 หมู่ด้วยกัน (เป็น primary group 1 หมู่ และ secondary group 2 หมู่) เหมือนกับโครงสร้างของน้ำตาลทั่วไป แต่เนื่องจากโมเลกุลต่อกันเป็นสายโซ่ทำให้ไม่ละลายน้ำ ในกรณีของฝ้ายมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 100,000 ไปจนถึง 1-2 ล้าน น้ำหนักโมเลกุลนี้โดยทั่วไปมักคำนวณในลักษณะของค่าเฉลี่ยหน่วยย่อยที่เป็นกลูโคสแล้วคูณด้วยหน่วยย่อยที่ซ้ำกัน ทำให้เขียนสูตรทางเคมีได้เป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ โดย n คือ ค่าระดับชั้นของการเกิด

พอลิเมอร์และฝ้าย มีชื่อเรียกทางเคมี คือ poly(1,4-β-D-anhydroglucopyranose) [3,6] ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลเซลลูโลส [5]

ลักษณะโครงสร้างทางเคมีนี้ ทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงสูง เส้นใยฝ้ายมีความเป็นผลึก (crystalline) สูงประมาณร้อยละ 65-70 และมีส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (amorphous) ประมาณร้อยละ 30-35 ส่วนโครงสร้างบริเวณที่เป็นการต่อกันของธาตุ –C-O-C- จะเป็นบริเวณที่ถูกทำลายได้ด้วยการเกิดออกซิเดชัน หรือจากการถูกทำลายด้วยสภาพภูมิอากาศ ทำให้โมเลกุลขาดลงกลายเป็นส่วนเล็กๆคล้ายน้ำตาล และสลายเป็นอาหารของพืชและสัตว์ต่อไป [1,3,6]

ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยฝ้ายประกอบด้วยเซลลูโลสร้อยละ 94.0 โปรตีนร้อยละ 1.3 สารเพกตินร้อยละ 1.2 เถ้า (ash) ร้อยละ 1.2 และขี้ผึ้ง (wax) ร้อยละ 0.6 [3]

2.1.3 **สมบัติทางกายภาพ**

ลักษณะภายนอกของฝ้ายปกติมีสีขาวครีม บางชนิดอาจพบเป็นสีน้ำตาลหรือเทา ผิวของเส้นใยไม่เรียบและทึบแสง มีความมันน้อย มีความสามารถในการยืดตัวประมาณร้อยละ 3-7 สามารถคืนตัวจากแรงอัดได้น้อย เกิดการยับได้ง่าย มีความถ่วงจำเพาะ 1.5 สามารถดูดซึมความชื้นประมาณร้อยละ 8.5 ที่สภาวะมาตรฐาน สามารถทนความร้อนได้ดี เส้นใยมีความแข็งแรงปานกลาง มีความทนแรงดึง ณ จุดขาดมีค่าประมาณ 3-5 กรัมต่อดีเนียร์ แต่เมื่อเปียกน้ำจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 10-20 [1,3,6]

2.1.4 **สมบัติทางเคมี**

ฝ้ายทนต่อกรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่าย เช่น กรดแอซิติก แต่จะไม่ทนกรดอนินทรีย์ที่เข้มข้น เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก ทนสารละลายอินทรีย์ จึงสามารถซักแห้งได้ และทนสารละลายด่างได้ดี แต่จะไม่ทนสารซักฟอกประเภทออกซิไดซ์ที่แก่ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ซึ่งทำให้ฝ้ายเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นออกซีเซลลูโลส ฝ้ายจะขาดง่ายเมื่อเปียก และมีสีเหลือง ฝ้ายสามารถรับสีย้อมได้หลายชนิด เช่น สีรีแอคทีฟ แว๊ต ไดเร็ก ฝ้ายจะมีสีเหลืองเมื่อโดนแสงแดด และคุณภาพเสื่อมลง ฝ้ายจะติดไฟได้ง่ายและลุกไหม้อย่างรวดเร็ว มีกลิ่นคล้ายกระดาษไหม้ และมีเถ้าเบานุ่มและมีสีเทา ฝ้ายเกิดราได้ง่าย เนื่องจากแป้งที่ตกค้างจากการลงแป้ง ซึ่งแก้ไขได้โดยทำการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายภายหลัง ส่วนแมลงจะกัดกินแป้งที่ตกค้างจากการลงแป้งเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาจากแบคทีเรียซึ่งจะทำให้ผ้าที่หมักแช่ไว้นานๆมีกลิ่นเหม็นและเปื่อยขาดได้ง่าย [1,3,6]

2.2 **ข่า** (Galangal)

ข่ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Alpinia galanga* (Linn.) Swartz. โดยมีชื่อพ้องคือ *Languas galanga* (Linn.) Stuntz. อยู่ในวงศ์ *Zingiberaceae* เป็นพืชสมุนไพรซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปของประเทศไทย นอกจากนี้ข่ายังมีชื่อเรียกอื่นๆตามท้องถิ่น ได้แก่ กฎุกกโรหิณี, ข่าหยวก, ข่าแดง, ข่าหลวง, สะเอเซย, เสะเออเคย [7,8,9]

2.2.1 **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

ข่าเป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นเป็นกอ มีเหง้าอยู่ใต้ดิน เหง้ามีสีน้ำตาลอมแสด มีเส้นแบ่งข้อเป็นช่วงสั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และ 2.6 เนื้อในเหง้ามีสีเหลือง รสขมเผ็ดร้อน แต่ไม่เผ็ดเหมือนกับขิง มีกลิ่นหอมฉุนเฉพาะตัว ข่าเป็นพืชใบเดี่ยว ใบเรียวยาวปลายใบมนขอบใบเรียบ ก้านใบยาวเป็นกาบหุ้มซ้อนกัน ดอกออกที่ยอดเป็นช่อรูปกรวยสีขาวนวล ผลกลมสีแดงส้ม เมื่อแก่จัดมีสีดำ มีรสเผ็ดร้อน [7,8,9]

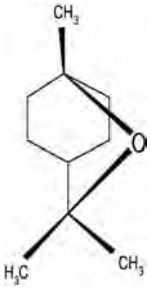
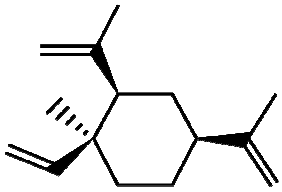
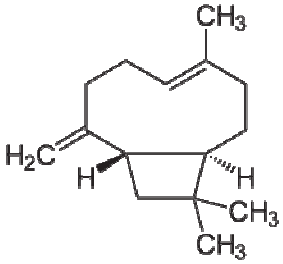
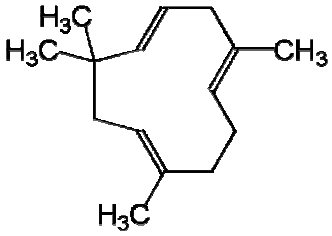
รูปที่ 2.5 ลักษณะของต้นข่า [10]

รูปที่ 2.6 เหง้าข่า [11]

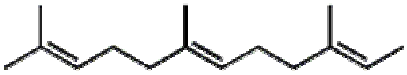
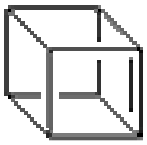
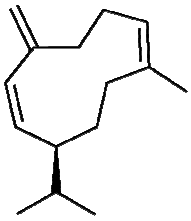
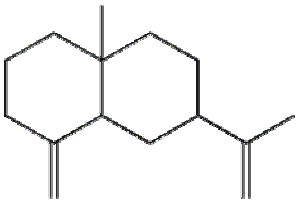
2.2.2 **องค์ประกอบทางเคมี**

เหง้าข่ามีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 1.5 ประกอบด้วย 1,8-cineol, caryophyllene, farnesene, α-selinene และgermacrene B ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เหง้าข่าใช้เป็นเครื่องเทศในการแต่งกลิ่นอาหาร เนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหยอยู่จึงทำให้มีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ นอกจากนี้ในเหง้าอ่อนยังมีสารอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต ธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม และวิตามินซี [7,8,9,16]

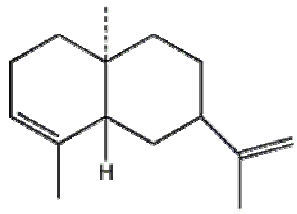
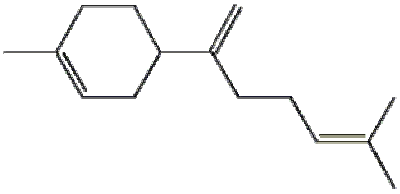
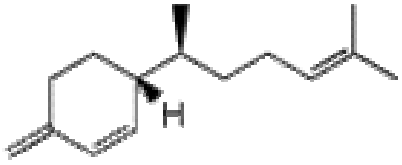
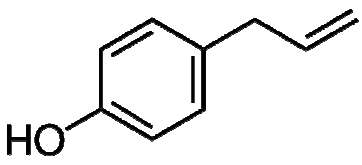
ตารางที่ 2.1 สูตรโครงสร้างและสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในข่า [12,16]

สูตรโครงสร้าง	สมบัติ
1,8-cineol 	เป็นสารกลุ่มออกไซด์ เกิดจากสารประกอบของแอลกอฮอล์ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ (50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ลดการอักเสบ ขับเสมหะ และกระตุ้นระบบหายใจ
β-elemene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ป้องกันการติดเชื้อ ลดการอักเสบ ลดความดัน
caryophyllene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อบรรเทาปวด
α-humulene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ (MIC=10-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ

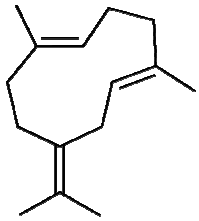
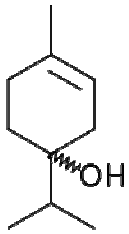
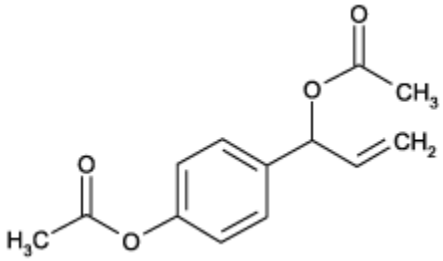
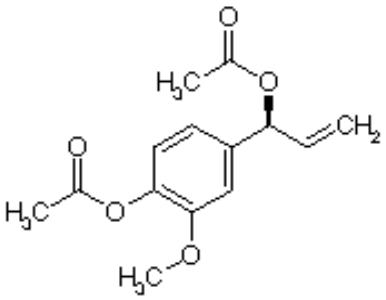
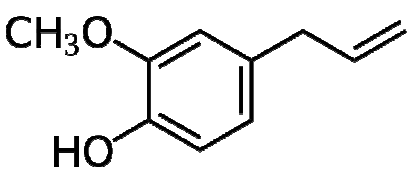
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) สูตรโครงสร้างและสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในข่า

สูตรโครงสร้าง	สมบัติ
Farnesene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ป้องกันการติดเชื้อ ลดการอักเสบ
ß-cubene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ
germacrene D 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ
ß-selinene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ

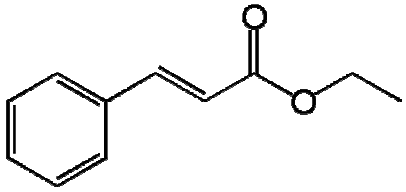
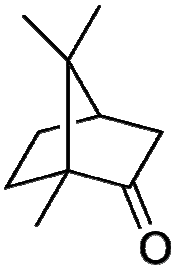
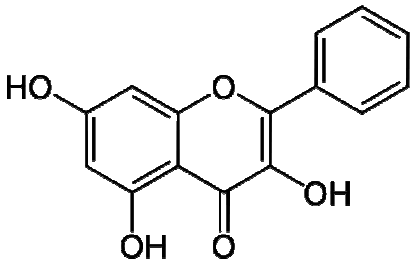
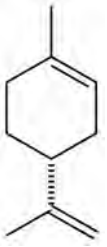
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) สูตรโครงสร้างและสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในข่า

สูตรโครงสร้าง	สมบัติ
α-selinene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ
Pentadecane	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ
β-bisabolene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ
β-sesquiphellandrene 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ
Chavicol 	เป็นสารกลุ่มฟีนอล ค่อนข้างเป็นกรด จึงทำปฏิกิริยามากและรุนแรง ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะมีโอกาสเป็นพิษต่อตับ ระคายเคืองต่อผิวหนังและเซลล์กล้ามเนื้อ มีฤทธิ์ป้องกันการติดเชื้อ ต้านจุลินทรีย์ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน กระตุ้นระบบประสาท

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) สูตรโครงสร้างและสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในข่า

สูตรโครงสร้าง	สมบัติ
germacrene B 	เป็นสารกลุ่มเซสคิวเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ เกิดการออกซิไดซ์น้อยระเหยยาก มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ
terpinene-4-ol 	เป็นสารกลุ่มแอลกอฮอล์ มีพิษต่ำ ไม่ระคายเคือง มีฤทธิ์ป้องกันการติดเชื้อ ต้านจุลินทรีย์ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ให้ความอบอุ่นกับร่างกาย
1'-acetoxychavicol acetate 	เป็นสารกลุ่มเอสเทอร์ ปลอดภัย และมีพิษต่ำ มีฤทธิ์อ่อนคล้ายแอลกอฮอล์ แต่มีกลิ่นหอมหวาน กลิ่นผลไม้ มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ แก้กล้ามเนื้อกระตุก ระงับประสาท แก้ผื่นคันและลมพิษ
1'-acetoxyeugenol acetate 	เป็นสารกลุ่มเอสเทอร์ ปลอดภัย และมีพิษต่ำ มีฤทธิ์อ่อนคล้ายแอลกอฮอล์ แต่มีกลิ่นหอมหวาน กลิ่นผลไม้ มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ แก้กล้ามเนื้อกระตุก ระงับประสาท แก้ผื่นคันและลมพิษ
eugenol 	เป็นสารกลุ่มฟีนอล ค่อนข้างเป็นกรด จึงทำปฏิกิริยามากและรุนแรง ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะมีโอกาสเป็นพิษต่อตับ ระคายเคืองต่อผิวหนังและเซลล์กล้ามเนื้อ มีฤทธิ์ป้องกันการติดเชื้อ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน กระตุ้นระบบประสาท

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) สูตรโครงสร้างและสมบัติขององค์ประกอบทางเคมีที่พบในข่า

สูตรโครงสร้าง	สมบัติ
ethyl trans-cinnamate 	เป็นสารกลุ่มเอสเทอร์ ปลอดภัย และมีพิษต่ำ มีฤทธิ์อ่อนคล้ายแอลกอฮอล์ แต่มีกลิ่นหอมหวาน กลิ่นผลไม้ มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ลดการอักเสบ แก้กล้ามเนื้อกระตุก ระงับประสาท แก้ผื่นคันและลมพิษ
camphor 	เป็นสารกลุ่มคีโตน มีสมบัติค่อนข้างรุนแรง ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง ใช้อย่างเจือจาง ในความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 2 ใช้ภายนอกเท่านั้น และใช้ในระยะเวลาสั้นๆ ห้ามใช้ในคนท้อง มีฤทธิ์ช่วยระงับประสาท ขับเสมหะ บรรเทาปวด ช่วยย่อย รักษาบาดแผล
galangin 	เป็นสารกลุ่มคีโตน มีสมบัติค่อนข้างรุนแรง ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง ใช้อย่างเจือจาง ในความเข้มข้นไม่เกินร้อยละ 2 ใช้ภายนอกเท่านั้น และใช้ในระยะเวลาสั้นๆ ห้ามใช้ในคนท้อง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยระงับประสาท ขับเสมหะ บรรเทาปวด ช่วยย่อย รักษาบาดแผล
limonene 	เป็นสารกลุ่มโมโนเทอร์ปีน เป็นสารประเภทไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลเล็ก ระเหยเร็วมาก เกิดการออกซิไดซ์กับอากาศง่าย เกิดการระคายเคืองต่อผิว มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ป้องกันการติดเชื้อ บรรเทาปวด และขับเสมหะ

2.2.3 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและการทดสอบทางคลินิก

2.2.3.1 ฤทธิ์ต้านเชื้อรา (Antifungal)

น้ำมันหอมระเหยที่แยกได้จากข่ามีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราได้แก่ กลุ่ม yeast (*Candida albicans*), กลุ่ม molds (*Aspergillus niger* และ *Aspergillus fumigatus*) และกลุ่ม dermatophytes (*Microsporum gypseum* และ *Trichophyton mentagrophytes*) เมื่อนำสารสกัดข่าที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม และปิโตรเลียมอีเธอร์ ไปทดสอบการฆ่าเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคกลาก (*Microporum gypseum* และ *Trichophyton rubrum*) พบว่าได้ผลดี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารต้านเชื้อรา (tolnaftate) [7,12]

2.2.3.2 ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (Antibacteria)

สารสกัดข่าด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำมีฤทธิ์ฆ่า *Paramecium caudatum* ภายในเวลา 5 นาที ที่ความเข้มข้น 0.1-0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีฤทธิ์ฆ่า *Mycobacterium tuberculosis* ที่ความเข้มข้น 25 กรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดข่าที่สกัดด้วยอีเธอร์ มีประสิทธิภาพในการฆ่า *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) และ *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae)* ได้ดีกว่าสารสกัดข่าที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตท [7,12,19,23]

2.2.3.3 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidation)

เมื่อนำสารสกัดข่ามาทดสอบการจับอนุมูลอิสระ (free radical scavenging) และการยับยั้งเอนไซม์ที่สลายไทโรซีน (tyrosinase inhibition) พบว่ามีอัตราของสารที่เหลืออยู่หลังการดูดกลืน (residual rate of absorbance) เท่ากับร้อยละ 76.70 เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินซีและวิตามินอี ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.7 และ 18 ตามลำดับ ข่ามีการยับยั้งเอนไซม์ที่สลายไทโรซีนเท่ากับร้อยละ 44.8 ของชุดควบคุม ในขณะที่ kojic acid มีค่าเท่ากับร้อยละ 100 สารสกัดข่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก มีฤทธิ์ในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ tocopherol และ butylated hydroxytoluene ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 และ 0.20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ [7,12]

2.2.3 4 ฤทธิ์ลดการอักเสบ

ข่ามีสารออกฤทธิ์ คือ 1'-acetoxychavicol acetate, 1'-acetoxyeugenol acetate และ eugenol ช่วยลดการอักเสบและตำรับยาสมุนไพรที่มีข่าเป็นส่วนประกอบมีฤทธิ์ลดอักเสบได้ [7,12]

2.2.3.5 **ฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง** (Anticarcinogen)

ethyl trans-cinnamate ที่สกัดได้จากข่ามีฤทธิ์ยับยั้งการเพิ่มขึ้นของ glutathinone-s-transferase ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง 1'-acetoxychavicol acetate จากข่ามีฤทธิ์ยับยั้ง azoxymethane ที่จะไปเหนี่ยวนำการเกิดมะเร็งในหนู โดยอาจใช้ 1'-acetoxychavicol acetate เป็นสารประเภท Chemopreventive เพื่อต้านการเกิดมะเร็งในลำไส้ได้ [7,12]

2.2.3.6 **ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้**

ข่ามีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ โดยพบสารออกฤทธิ์ คือ cineole, camphor และ eugenol [7,12]

2.2.3.7 **ฤทธิ์ยับยั้งแผลในกระเพาะอาหาร**

ข่ามีสารออกฤทธิ์คือ 1'-acetoxychavicol acetate และ1'-acetoxyeugenol acetate จึงช่วยยับยั้งแผลในกระเพาะอาหารได้ [7,12]

2.2.3.8 **หลักฐานความเป็นพิษและการทดสอบความเป็นพิษ**

<u>การทดสอบความเป็นพิษ</u>

เมื่อป้อนหรือฉีดเข้าใต้ผิวหนังด้วยสารสกัดข่าที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 ปริมาณ 10 กรัมต่อกิโลกรัม ในหนูถีบจักร พบว่าไม่มีพิษ จากการทดสอบพิษเฉียบพลันโดยป้อนสารสกัดข่าที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ให้หนูถีบจักรในปริมาณ 0.5, 1 และ 3 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าไม่มีสัตว์ทดลองตาย [7,12]

<u>ความเป็นพิษต่อเซลล์</u>

สารสกัดเมทานอลจากเหง้าข่าที่ความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นพิษต่อเซลล์ตัวอย่าง ในขณะที่สารสกัดข่าที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 50 จากเหง้าข่า ไม่เป็นพิษต่อเซลล์นี้ [7,12]

2.3 **สารสกัดและน้ำมันหอมระเหยจากพืช**

2.3.1 **สารสกัด** (extracts)

เป็นการคัดหรือสกัดเอาเฉพาะส่วนที่มีประโยชน์ของพืชซึ่งเป็นสารเคมีจากธรรมชาติออกมา จัดว่าเป็นการแปรรูปพืชสมุนไพรในขั้นแรกก่อนการนำสารสกัดดังกล่าวไปใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อื่นๆต่อไป เช่น สารสกัดที่เป็นน้ำมันหอมระเหย สารสกัดที่ใช้เป็นยารับประทาน สารสกัดที่ใช้เป็นยาทาภายนอก สารสกัดที่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารและเครื่องดื่ม สารสกัดที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช [13,14]

ประเภทของสารที่สกัดได้ แยกตามลักษณะทางเคมีได้เป็น 7 กลุ่ม ดังนี้

1. **คาร์โบไฮเดรต** (carbohydrate) เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน พืชจะสร้างคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์แสงและเก็บสะสมไว้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางอาหาร ยา และเครื่องสำอาง คาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้นอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น แป้ง (starch) กัม (gum) เซลลูโลส (cellulose) วุ้น (agar) และสารเมือก (mucilage) [14]

2. **ไขมัน** (fat) มีองค์ประกอบสำคัญคือ กรดไขมัน ซึ่งแบ่งออกเป็นกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว น้ำมันจากพืชแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันตามองค์ประกอบของกรดไขมัน [14]

3. **น้ำมันหอมระเหย** (volatile oils หรือ essential oils) เป็นน้ำมันชนิดหนึ่งแต่ระเหยที่อุณหภูมิปกติ เมื่อระเหยจะมีกลิ่นหอม เป็นสารที่พืชสร้างขึ้นเพื่อใช้ดึงดูดแมลง ไล่แมลง และป้องกันตัวเองจากเชื้อรา ไวรัส แบคทีเรีย นำมาใช้ประโยชน์ในการทำน้ำหอม ประโยชน์ทางยาใช้เป็นสุคนธบำบัด (aromatherapy) [14]

4. **เรซิน** (resins) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีรูปร่างไม่แน่นอน กึ่งแข็งกึ่งเหลว ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในแอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม และอีเธอร์ ใช้เป็นสารช่วยให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัว ใช้เตรียมขี้ผึ้ง เรซินในธรรมชาติอาจรวมตัวกับสารอื่นทำให้เกิดสารใหม่ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น สารประกอบระหว่าง เรซินกับกัม เรียกว่า กัมเรซิน (gumresin) เรซินกับน้ำมันหอมระเหย เรียกว่า โอลีโอเรซิน (oleoresin) [14]

5. **แอลคาลอยด์** (alkaloids) เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ มักมีรสขม มีฤทธิ์เป็นด่าง ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ นำมาใช้ประโยชน์ทางยา ไม่นิยมใช้ในเครื่องสำอาง [14]

6. **ไกลโคไซด์** (glycosides) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วย เจนนิน (genin) หรืออะไกลโคน (aglycone) กับไกลโคน (glycone) ซึ่งเป็นน้ำตาลหรืออนุพันธ์ของน้ำตาล เป็นสารสำคัญที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ทางยาและเครื่องสำอาง เช่น แทนนิน (tannins) ฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ (flavonoid glycosides) แอนทราควิโนนไกลโคไซด์ (anthraquinone glycosides) และซาโปนินไกลโคไซด์ (saponin glycosides) [14]

7. **เทอร์ปีนอยด์** (terpenoids) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบในพืชชั้นสูง มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย นิยมนำมาใช้ประโยชน์ทางยา [14]

การนำสารสกัดไปใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับว่าต้องการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านใด ต้องการสารประเภทใด เนื่องจากในสารสกัดประกอบด้วยสารหลายชนิดรวมกันอยู่ การนำไปใช้งานอาจต้องมีการแยกประเภทของสารที่ต้องการอีกครั้งหนึ่ง

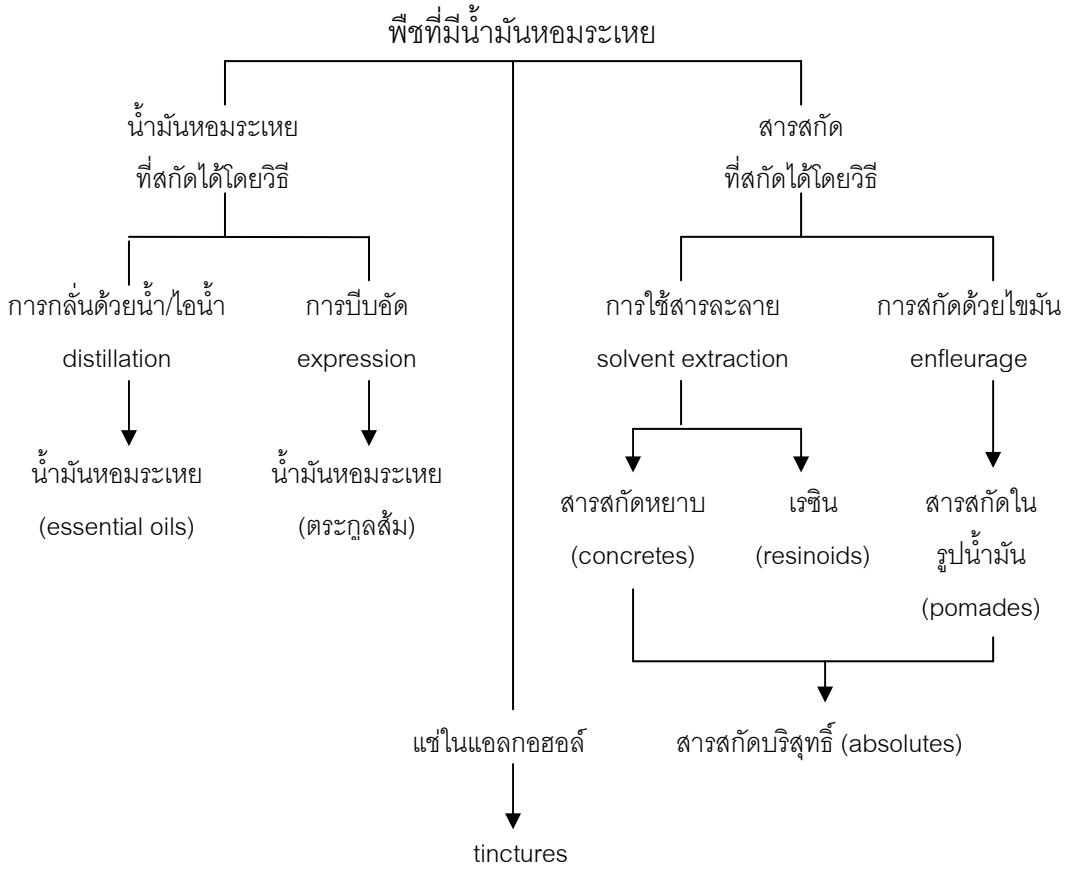
2.3.2 **น้ำมันหอมระเหย** (essential oil)

เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่ได้จากการสกัดแยกเอาน้ำมันที่พืชสมุนไพรสร้างขึ้น โดยเก็บไว้ในผนังเซลล์ในส่วนต่างๆของพืชสมุนไพร เช่น เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือก ลำต้น หรือที่รากและเหง้า น้ำมันหอมระเหยนี้มีสมบัติระเหยได้ที่อุณหภูมิปกติ เมื่อโดนความร้อนจะระเหยส่งกลิ่นหอม พืชผลิตน้ำมันหอมระเหยขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการดึงดูดแมลงให้มาช่วยผสมเกสร หรือไม่ก็ส่งกลิ่นเพื่อไล่แมลงศัตรูพืช รวมทั้งช่วยในการรักษาความชุ่มชื้น น้ำมันหอมระเหยมีลักษณะเป็นของเหลว ใส ไม่มีสี หรือมีสีอ่อน ๆ ส่วนใหญ่จะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ เมื่อได้รับความร้อนน้ำมันจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น น้ำมันหอมระเหยจะมีสมบัติที่แตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชสมุนไพรแต่ละชนิด [15,16]

การนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้งานนั้น นิยมนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ผลิตน้ำหอม ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นในเครื่องสำอางและอาหาร นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยยังมีสรรพคุณทางยา เช่น สรรพคุณช่วยขับลมของน้ำมันหอมระเหยจากเหล้าขิง ผลดีปลี ใบกะเพรา และใบสะระแหน่ สรรพคุณในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราของน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าขมิ้น เหง้าข่า และยังใช้น้ำมันหอมระเหยในการเป็นสารควบคุมแมลงอีกด้วย [14,15,16]

2.3.3 **วิธีการสกัดสารจากพืช**

สารจากพืชที่ต้องการไม่ว่าจะเป็นน้ำมันหอมระเหยหรือสารสกัดสามารถที่จะสกัดแยกจากพืชได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งมีความยากง่ายแตกต่างกันไป วิธีการสกัดแต่ละวิธีก็จะมีความสอดคล้องเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด หรือแต่ละส่วนของพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย หรือสารสำคัญอยู่ นอกจากนั้นวิธีการสกัดสารจากพืชยังมีผลโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของสารที่จะสกัดได้ ซึ่งการจำแนกวิธีการสกัดสารจากพืชสามารถจำแนกได้หลายวิธี ดังแสดงในรูปที่ 2.7 [16]



รูปที่ 2.7 วิธีที่ใช้ในการสกัดสารจากพืช [16]

2.3.3.1 **การสกัดด้วยการบีบ** (expression)

เป็นการแยกสารโดยการใช้แรงจักรกลหรือแรงมนุษย์ในการคั้นแยกของเหลวออกจากเซลล์พืช ใช้ได้กับไขมันหรือสารละลายน้ำที่สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน นิยมใช้ในการสกัดพืชในตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว เบอร์กามอท ที่น้ำมันหอมระเหยจะถูกสะสมอยู่ในต่อมใต้ผิวของเปลือก ซึ่งจะแตกออกได้ง่ายเมื่อถูกบีบ นอกจากนี้ยังใช้ในการสกัดสารจากกระเทียมด้วย ซึ่งวิธีนี้ใช้เฉพาะพืชสด มีต้นทุนต่ำ และเครื่องมือมีราคาถูก [14,16]

2.3.3.2 **การกลั่นน้ำมันหอมระเหย** (distillation)

เป็นการแยกน้ำมันชนิดที่ระเหยได้ออกจากส่วนกากโดยใช้ความร้อนทำให้น้ำมันหอมระเหยถูกสกัดออกมาพร้อมกับไอน้ำ แล้วทำให้เย็นเพื่อควบแน่น ไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยจะกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง หลังจากทิ้งไว้ น้ำและน้ำมันหอมระเหยจะแยกตัวออกจากกัน สามารถแยกด้วยเครื่องมือแยก วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช เพราะทำได้ง่ายและประหยัด นอกจากนี้การกลั่นยังแบ่งย่อยออกเป็น 3 วิธี คือ [15,16]

1. **การกลั่นด้วยน้ำ** (water distillation) เป็นการกลั่นที่พืชจะแช่อยู่ในน้ำขณะต้ม มักใช้กับพืชแห้ง และสารในพืชคงทนต่อความร้อน ไม่สลายไปเมื่อถูกความร้อน

2. **การกลั่นด้วยน้ำ และไอน้ำ** (water and steam distillation) พืชจะไม่แช่อยู่ในน้ำขณะต้ม น้ำต้มเดือดจะต้มอยู่ด้านล่าง พืชจะอยู่บนตะแกรงลอยอยู่เหนือน้ำต้มเดือด ใช้กับพืชสดหรือพืชแห้งที่มีสารไม่คงทนต่อความร้อน และอาจสลายตัวไปเมื่อถูกความร้อนสูงๆ

3. **การกลั่นด้วยไอน้ำ** (steam distillation) หม้อต้มน้ำจะแยกออกไปต่างหาก ไอน้ำจะถูกส่งผ่านทางท่อมายังพืช ใช้กับพืชสดที่สารไม่คงทนต่อความร้อน จะสลายไปได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน

2.3.3.3 **การสกัด** (extraction)

เป็นการละลายสารเคมีในพืชออกจากเซลล์พืชด้วยตัวทำละลาย การสกัดที่ดีต้องใช้เวลาน้อย สกัดสารสำคัญได้มาก มีความสม่ำเสมอของสารสกัดในแต่ละครั้งของการผลิต และต้นทุนต่ำ วิธีนี้จะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีความเข้มข้นสูง แต่คุณภาพไม่ดีเนื่องจากจะมีสารอื่นปะปนออกมาด้วย วิธีนี้จะใช้กับพืชสมุนไพรที่ทนความร้อนสูงไม่ได้ เช่น มะลิ และหลังจากการสกัดต้องระเหยสารละลายที่ใช้เป็นตัวสกัดออกให้หมด ตัวทำละลายที่นิยมใช้ ได้แก่ น้ำ เอทานอล กลีเซอรีน โพรพิลีนไกลคอล สารละลายผสมระหว่างน้ำและตัวทำละลายอื่น ตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งที่ยาไทยใช้คือ น้ำมันพืช วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย มี 2 วิธี ดังนี้ [14]

1. **การสกัดที่ต้องผ่านความร้อน** (hot extract)

1.1 **การต้ม** (decoction) เป็นการนำสมุนไพรสดหรือแห้งมาย่อยขนาดเป็นชิ้นเล็กๆ เติมตัวทำละลายขณะเย็น ทิ้งให้ตัวทำละลายซึมเข้าไปในสมุนไพรจนเปียกทั่ว แล้วยกขึ้นตั้งไฟ 10-30 นาที กรอง

1.2 **การตุ๋น** (digestion) ทำโดยนำสมุนไพรใส่ภาชนะ เติมน้ำ และนำขึ้นตั้งบนหม้ออังไอน้ำหรือใช้หม้อประเภทเพิ่มความดัน พืชสมุนไพรจะถูกสกัดที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส แต่เป็นการสกัดที่ใช้เวลานานกว่าการต้ม สารสกัดที่ได้บูดเสียง่ายเช่นกัน

1.3 **การสกัดแบบต่อเนื่อง** เป็นการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายน้อย ไหลผ่านพืชสมุนไพรทีละน้อยและทำให้เกิดการสกัดแบบต่อเนื่องได้สารสกัดเข้มข้น เครื่องมือที่ใช้ระดับอุตสาหกรรมมีหลายชนิดได้แก่ การสกัดด้วยเครื่องมือ soxhlet apparatus สารละลายที่ใช้สกัดมักเป็นแอลกอฮอล์ วิธีนี้ไม่สิ้นเปลืองตัวทำละลายเหมือนการหมัก สามารถสกัดสารได้มากกว่า และใช้เวลาสั้นกว่า แต่สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า วิธีนี้ใช้ความร้อนจึงอาจทำให้สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้ สารสกัดที่ได้ต้องทนความร้อนในการสกัดด้วย

2. **การสกัดโดยไม่ใช้ความร้อน** (cold extraction)

2.1 **การชงหรือแช่** (infusion)

2.2 **การหมัก** (maceration) เหมาะสำหรับสารที่ไม่ทนต่อความร้อน ตัวทำละลายที่ใช้มักเป็นเอทานอล หรือโพรพิลีนไกลคอล หรือสารผสมระหว่างกลีเซอรีนกับน้ำ ใช้เวลานานกว่าการต้มหรือการแช่ ไม่นิยมใช้น้ำเพราะต้องทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องตั้งแต่ 3 วันขึ้นไปทำให้ขึ้นราได้ง่าย วิธีนี้มีข้อดีคือ สารไม่ถูกความร้อน แต่เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองตัวทำละลาย เนื่องจากต้องสกัดซ้ำหลายๆ ครั้ง

2.4 **สารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ** (Antimicrobial agents for textiles)

สารต้านจุลินทรีย์ คือ สารที่สามารถฆ่าหรือยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ไม่ให้เกิดการเจริญเติบโตหรือแพร่พันธุ์ออกไป สารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอมีการพัฒนาขึ้นมากมายเพื่อนำมาควบคุมจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย เห็ดรา และยีสต์ ไม่ให้เจริญเติบโต เพื่อประโยชน์การใช้งานต่างๆในวงการแพทย์ อุตสาหกรรม หรือในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม สิ่งทอที่ใช้ตกแต่งที่อยู่อาศัย ซึ่งสารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอควรจะมีสมบัติที่ประกอบไปด้วย [17]

1. มีความคงทนต่อการซักและการใช้งานหลายๆครั้งและทนต่อการซักแห้ง
2. สามารถยับยั้งและฆ่าจุลินทรีย์ที่ไม่พึงปราถนาได้
3. สามารถใช้ร่วมกับสารตกแต่งสิ่งทอชนิดอื่นๆได้เป็นอย่างดี
4. มีสมบัติในการถ่ายเทความชื้นได้เป็นอย่างดี
5. มีความปลอดภัยในการใช้งานและต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย
6. ใช้งานได้ง่ายและสะดวก
7. ไม่ควรมีผลกระทบในทางลบต่อสมบัติของสิ่งทอ

2.4.1 **การเลือกสารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ**

สารต้านจุลินทรีย์มีมากมายหลากหลายชนิดเพราะฉะนั้นการเลือกใช้สารต้านจุลินทรีย์ควรที่จะเข้าใจถึงความแตกต่างของสารต้านจุลินทรีย์เพื่อที่จะเลือกและนำสารต้านจุลินทรีย์มาใช้งานได้อย่างเหมาะสมตรงกับความต้องการ ทั้งนี้เพราะการทำงานของสารต้านจุลินทรีย์แต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ความแตกต่างของสารต้านจุลินทรีย์แต่ละชนิดประกอบไปด้วย [17]

1. ธรรมชาติทางเคมีของสารต้านจุลินทรีย์ หมายถึง สารต้านจุลินทรีย์นั้นสามารถสร้างพันธะหรือไม่สร้างพันธะกับสิ่งทอ

2. รูปแบบการทำงาน หมายถึง สารต้านจุลินทรีย์สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้โดยวิธีใด

3. ความคงทนต่อการซัก ควรจะมีความคงทนต่อการซักล้างได้หลายๆครั้ง เพื่อรักษาสมบัติต้านจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์สิ่งทอไว้ให้นาน

4. ประสิทธิภาพของสารต้านจุลินทรีย์ ควรมีประสิทธิภาพในการฆ่าหรือยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลากหลายชนิด ทั้งที่เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (gram positive) เช่น *S. aureus* หรือแกรมลบ (gram negative) เช่น *K. pneumoniae* เชื้อรา หรือยีสต์ รวมทั้งความว่องไวของสารต้านจุลินทรีย์ในการฆ่าหรือยับยั้งจุลินทรีย์ว่ามีมากน้อยอย่างไร

5. ความปลอดภัย สารต้านจุลินทรีย์จะต้องไม่มีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษ เช่น สารหนู สารฟอร์มาลดีไฮด์ หรือโลหะหนัก และจะต้องไม่ทำให้เกิดการแพ้หรือเกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังของผู้บริโภค

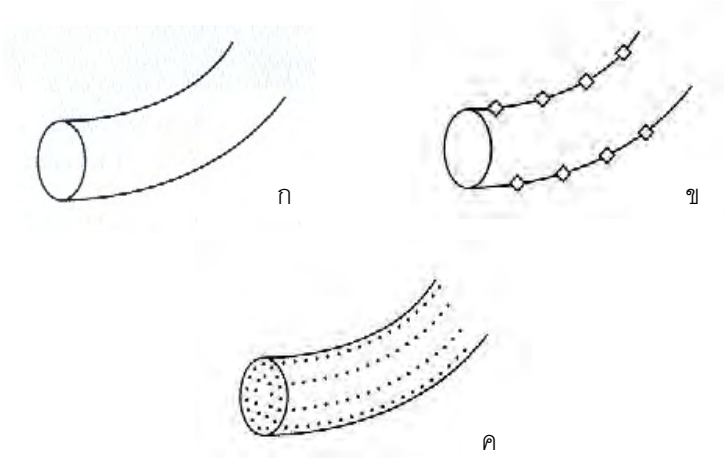
6. ราคาของสารต้านจุลินทรีย์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่

2.4.2 กลไกของการทำงานของสารต้านจุลินทรีย์

การที่จะเลือกใช้สารต้านจุลินทรีย์ได้อย่างเหมาะสม ควรเข้าใจกลไกของการทำงานของสารต้านจุลินทรีย์ ซึ่งกลไกการทำงานของสารต้านจุลินทรีย์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.8 สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีด้วยกัน ดังนี้

1. การทำงานของสารต้านจุลินทรีย์บนพื้นผิวของเส้นใย (surface application) จะเป็นการเคลือบสารต้านจุลินทรีย์ลงบนผิวเส้นใยชนิดต่างๆ ซึ่งการเคลือบอาจจะใช้หรือไม่ใช้พอลิเมอร์ที่ทำหน้าที่ยึดสารต้านจุลินทรีย์ให้ติดกับเส้นใย ซึ่งความคงทนต่อการซักของสารต้านจุลินทรีย์แบบกลไกการทำงานชนิดนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการใกล้ชิดระหว่างสารต้านจุลินทรีย์กับเส้นใย ความแข็งแรงของพอลิเมอร์ในการยึดติดสารกับพื้นผิวเส้นใย และพันธะไอออนิกที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างสารต้านจุลินทรีย์กับเส้นใยบางชนิด

2. การทำงานของสารต้านจุลินทรีย์ที่เกิดจากการสร้างพันธะทางเคมีขึ้นระหว่างเส้นใย (chemical bonding) ตามทฤษฎีเชื่อว่าการเกิดพันธะทางเคมีขึ้นระหว่างสารต้านจุลินทรีย์กับเส้นใยจะมีผลทำให้ความคงทนต่อการซักของสารต้านจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งกลไกการทำงานแบบนี้ต้องการหมู่ที่มีปฏิกิริยาตอบโต้หรือสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับเส้นใย เพื่อให้เกิดเป็นพันธะทางเคมีขึ้น ซึ่งกลไกการทำงานแบบนี้สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพบนเส้นใยฝ้าย ขนสัตว์ และพอลิเอไมด์



รูปที่ 2.8 กลไกการทำงานของสารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ ก) คือ การทำงานของสารบนพื้นผิวเส้นใย ข) คือ การทำงานของสารที่เกิดจากการเกิดพันธะทางเคมีกับเส้นใย ค) คือ การทำงานของสารที่เกิดจากการปลดปล่อยสารจากโครงสร้างภายในของเส้นใย [17]

3. การทำงานของสารต้านจุลินทรีย์ที่เกิดจากการปลดปล่อยสารต้านจุลินทรีย์ออกมาจากภายในโครงสร้างของเส้นใย (internal antimicrobial release) เป็นกลไกที่เลือกใช้สำหรับเส้นใยสังเคราะห์ การตกแต่งสารต้านจุลินทรีย์เข้าไปภายในเส้นใยสามารถทำได้โดยการใส่สารเข้าไปในขั้นตอนการปั่นเส้นใย หรือใช้สารต้านจุลินทรีย์เหมือนกับการใช้งานของสีดิสเพิร์ส ซึ่งกรรมวิธีดังกล่าวนี้ไม่ค่อยเหมาะสมที่จะใช้กับเส้นใยธรรมชาติ ทำให้มีการคิดค้นและดัดแปรเพื่อนำเอาแนวความคิดนี้ไปใช้กับเส้นใยฝ้ายหรือเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ โดยการทำไมโครแคปซูล (encapsulation technology) ซึ่งจะสร้างแคปซูลที่ใช้เป็นแหล่งเก็บสารต้านจุลินทรีย์ แล้วดัดแปรแคปซูลให้มีหมู่ที่มีปฏิกิริยาตอบโต้หรือสามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้กับเส้นใยฝ้าย ทำให้เกิดการสร้างพันธะโควาเลนต์ขึ้นระหว่างพื้นผิวเส้นใยกับแคปซูล ซึ่งแคปซูลที่จะใช้ในกระบวนการนี้ควรมีขนาดเล็กพอสมควรเพื่อจะได้ไม่มีผลกระทบต่อผิวสัมผัส และความแข็งแรงของแคปซูลต้องมีเพียงพอในระดับหนึ่ง เพื่อที่แคปซูลสามารถจะทนต่อแรงกระแทกที่เกิดจากกระบวนการตกแต่งสำเร็จบนผ้า [17]

2.4.3 สารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอที่ใช้ในปัจจุบัน

สารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอที่ใช้ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด [18] ได้แก่

1. **โลหะและเกลือของโลหะ** (metals and metal salts) โลหะหนักส่วนมากจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ ถึงแม้จะใช้ในความเข้มข้นต่ำ ได้แก่ ทองแดง (copper) สังกะสี (zinc) โคบอลต์ (cobalt) และเงิน (silver) ซึ่งนิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันในรูปของอนุภาคนาโน (silver nano)

2. **สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม** (quaternary ammonium compound) มีสมบัติฆ่าและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นิยมใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ ซึ่งเมื่อใช้ไปนานๆจะส่งผลต่อไต ตับ ปอด หัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจ ระบบประสาทส่วนกลาง และอวัยวะที่สัมผัสจะถูกทำลาย

3. **polyhexamethylene biguanide (PHMB)** มีความเป็นพิษต่ำ นิยมใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อในอุตสาหกรรมอาหาร สระว่ายน้ำ น้ำยาบ้วนปาก และผ้าปิดแผล

4. **ไคโตซาน** (chitosan) มีสมบัติฆ่าและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นสารธรรมชาติจึงสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ (biodegradable) ไม่สะสมและตกค้างในร่างกาย จึงทำให้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานได้ในหลายด้านทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร ด้านการแพทย์ การบำบัดน้ำเสีย เครื่องสำอาง และด้านการเกษตร

5. **ไตรโคลซาน** (triclosan) มีสมบัติยับยั้งแบคทีเรีย จึงนิยมใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เพื่อความสะอาดหลายชนิด เช่น สบู่ ครีมอาบน้ำ ผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นกาย ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก และน้ำยาล้างจาน ซึ่งมีงานวิจัยว่า ไตรโคลซานสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนในน้ำประปา (chlorinated water) เกิดเป็นคลอโรฟอร์ม (chloroform) ซึ่งอาจถูกดูดซึมผ่านผิวหนังหรือเมื่อสูดดมเข้าสู่ร่างกาย อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

2.4.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ

การตรวจสอบสมบัติต้านจุลินทรีย์มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิด ลักษณะ และสมบัติของตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ วัตถุประสงค์การใช้งานของตัวอย่าง และชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ตรวจสอบ มาตรฐานที่ใช้ในการการประเมินประสิทธิภาพของสารต้านจุลินทรีย์บนผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ได้แก่

AATCC Method 30 เป็นวิธีทดสอบการต้านเชื้อราสำหรับสิ่งทอเชิงคุณภาพ

AATCC Method 100 เป็นวิธีทดสอบการต้านแบคทีเรียเชิงปริมาณ

AATCC Method 147 เป็นวิธีทดสอบการต้านแบคทีเรียเชิงคุณภาพ

JIS Z 2801 เป็นวิธีมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่นใช้ตรวจสอบการต้านแบคทีเรียสำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์สิ่งทอด้วย ทั้งนี้ใช้แบคทีเรียในการตรวจสอบสองชนิด ได้แก่ *S. aureus* และ *Escherichia coli* (*E. coli)* [17,19]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่แสดงประสิทธิภาพของสมุนไพรไทยในการต้านจุลินทรีย์

ในปี ค.ศ. 2006 Oonmetta-aree, J. และคณะ [20] ได้ศึกษาสารสกัดจากพืชในตระกูล *Zingiberaceae* คือ ข่า ขิง ขมิ้น และกระชาย ที่สกัดด้วยเอทานอลเพื่อนำมาใช้เป็นสารต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่าสารสกัดจากข่ามีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *S. aureus* มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากขิง ขมิ้น และกระชาย โดยความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ขึ้นกับเวลาที่ทิ้งสารสกัดไว้และความเข้มข้นของเซลล์จุลินทรีย์

ในปี ค.ศ. 2007 Khantha, B. และคณะ [21] ได้ศึกษาผลของการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A.flavus* ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในตระกูล *Zingiberaceae* 5 ชนิดได้แก่ ขิง ข่า ขมิ้นชัน กระชาย และเร่วหอมที่สกัดด้วยวิธีต้มกลั่น (hydrodistillation) และสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเธอร์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยข่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา และการงอกของสปอร์ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชอีก 4 ชนิด

ในปี ค.ศ. 2007 Khewkhom, N. และคณะ [22] ได้ศึกษาความสามารถในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Botrytis cinerea* (*B. cinerea*) ของสารสกัดจากข่า (*Alpinia galangal*) กานพลู (*Syzygium aromaticum*) ออลสไปซ์ (*Pimenta dioica*) และอบเชย (*Cinnamomum zeylanicum*) พบว่าส่วนเหง้าของข่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา

ในปี ค.ศ. 2004 นพัต จันทรวิสูตร และ เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์ [23] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของข่าในการยืดอายุการเก็บรักษาของเค้ก พบว่าข่าสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเค้กได้เป็นอย่างดีด้วยการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยที่เค้กที่มีส่วนผสมของผงข่าในปริมาณที่มากขึ้นจะมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นตามลำดับ

ในปี ค.ศ. 2007 Mayachiew, P. และ Devahastin, S. [24] ได้ศึกษาการต้านจุลินทรีย์และการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดมะขามป้อมและข่า โดยการสกัดสารจากมะขามป้อมและข่าด้วยเอทานอลร้อยละ 95 แล้ววิเคราะห์ส่วนประกอบหลักของสารสกัดข่าและมะขามป้อมด้วยเทคนิค GC–MS และเทคนิค UV–HPLC ตามลำดับ พบว่าส่วนประกอบหลักของสารสกัดข่าคือ 1,8-cineole, ß–bisabolene, caryophyllene และ ß–selinene ส่วนประกอบหลักของสาร

สกัดมะขามป้อม คือ สารประกอบ phenolic เป็นจำนวนมาก จากการทดสอบความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ พบว่าสารสกัดข่ามีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* มากกว่าสารสกัดมะขามป้อม เนื่องจากในสารสกัดข่ามี 1,8-cineole ซึ่งจะไปหยุดยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก จากการทดสอบความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชัน พบว่าสารสกัดมะขามป้อมมีการต้านการเกิดออกซิเดชันมากกว่าสารสกัดข่า เนื่องจากในสารสกัดมะขามป้อมมีสารประกอบ phenolic ซึ่งสามารถต้านการเกิดออกซิเดชันเป็นองค์ประกอบหลัก

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสกัดสมุนไพร

ในปี ค.ศ. 2005 Chaisawadi, S. และคณะ [25] ได้ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากข่าและตะไคร้ โดยใช้วิธีกลั่นไอน้ำด้วยเครื่องกลั่นไอน้ำที่พัฒนาขึ้น กับการสกัดน้ำมันหอมระเหย (absolutes) ด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่อง rotary evaporator ระเหยแอลกอฮอล์ออก พบว่าวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่อง rotary evaporator ระเหยแอลกอฮอล์ออก ให้ผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยข่าสูงกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ ด้วยเครื่องกลั่นที่พัฒนาขึ้นถึง 19.4 และ 9 เท่าตามลำดับ แต่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์คุณภาพของของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรเป็นสารต้านจุลินทรีย์บนสิ่งทอ

ในปี ค.ศ. 2005 Hana, S. และYanga, Y. [26] ได้ศึกษาการต้านจุลินทรีย์ของผ้าขนสัตว์ที่ย้อมด้วยสีย้อมจากขมิ้น โดยทดสอบการต้านจุลินทรีย์ *E. coli* และ *S. aureus* ด้วยวิธี AATCC Test Method 100-1999 พบว่าสีย้อมจากขมิ้นสามารถต้านจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดได้ อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นของสีย้อมสูงกว่าร้อยละ 0.2 ไม่ได้ทำให้การต้านจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทดสอบความคงทนของการต้านจุลินทรีย์ต่อการซักล้างด้วยวิธี AATCC Test Method 124-2001 เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสีและการต้านจุลินทรีย์ของผ้าหลังการซัก พบว่าหลังการซักครั้งแรกประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ไม่ลดลงแต่เมื่อทำการซักล้างมากขึ้นสมบัติต้านจุลินทรีย์จะลดลง และอัตราการต้าน *E. coli* จะลดลงมากกว่า *S. aureus* และเมื่อทดสอบความคงทนต่อแสงด้วยวิธี AATCC Test Method 16 E-1998 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีและการต้านจุลินทรีย์ของผ้าหลังผ่านการทดสอบความคงทนต่อแสง พบว่าการต้านจุลินทรีย์ลดลงเมื่อผ่านแสงมากขึ้น โดยอัตราการต้าน *E. coli* จะลดลงมากกว่า *S. aureus*

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่ามีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์หลากหลายชนิด ได้แก่ *S. aureus*, *A. flavus* และ *B. cinerea* และยังมีประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ดีกว่าพืชในตระกูลเดียวกันและเครื่องเทศอื่นๆ

นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาการนำสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่ามาใช้เป็นสารต้านจุลินทรีย์บนสิ่งทอ แต่ได้มีการศึกษาการนำขมิ้นซึ่งเป็นพืชในตระกูลเดียวกันมาใช้เป็นสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าขนสัตว์แล้วและได้ผลดีในการต้านจุลินทรีย์

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 ขอบเขตการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การสกัดข่าด้วยเอทานอล และการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสกัดข่าด้วยเทคนิค GC-MS

ส่วนที่ 2 การปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยสารประจุบวก เพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดติดของสารต้านจุลินทรีย์กับผ้าฝ้าย

ส่วนที่ 3 การตกแต่งต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายโดยวิธีจุ่มอัดด้วยสารต้านจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า และสารสกัดข่าที่เตรียมได้จากการทดลองส่วนที่ 1

ส่วนที่ 4 การนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์มาศึกษาโครงสร้างทางเคมี ศึกษาพื้นผิวของผ้าก่อนและหลังซัก วัดสี อีกทั้งทดสอบความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999 ต่อการซัก ต่อแสง และต่อการรีดร้อน เพื่อประเมินคุณภาพและสมบัติต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายภายหลังการนำไปใช้งานทั่วไป

3.2 วัสดุและสารเคมี

1) ผ้าฝ้าย เป็นผ้าทอลายขัด (plain weave) มีด้ายพุ่งและด้ายยืนเป็นฝ้ายร้อยละ 100 ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวโดยไม่ได้ทำการซุบมัน มีน้ำหนักผ้าต่อพื้นที่ 120 กรัมต่อตารางเมตร มีจำนวนด้ายพุ่ง 137 เส้นต่อ 25 มิลลิเมตร และด้ายยืน 69 เส้นต่อ 25 มิลลิเมตร จากบริษัทบุญช่วยอุตสาหกรรมฟอกย้อม จำกัด

2) น้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า เป็นน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าซึ่งสกัดด้วยการกลั่นไอน้ำ และมีสารสำคัญ ได้แก่ 1,8-cineole ร้อยละ 55, caryophyllene ร้อยละ 5, terpinene-4-ol ร้อยละ 3.5 จากบริษัทเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด (ภาคผนวก ก)

3) ข่าแก่สด อายุ 6 เดือนขึ้นไป จากตลาดสดในกรุงเทพมหานคร เป็นข่าที่ปลูกในประเทศ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Alpinia galanga* (Linn.)

4) เอทานอลร้อยละ 95 (ethanol 95%) เกรดทางการค้า จากบริษัท Merck

5) Tween20 เป็นสาร Polysorbate 20 ใช้เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ช่วยให้น้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่ากระจายตัวในน้ำได้ดี จาก Sigma-Aldrich Co.

6) Neofix E-117 เป็นสาร cationic polyethylene polyamine resin ไม่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์และโลหะเจือปน ใช้เป็นสารประจุบวกในการตกแต่งผ้าฝ้าย จากบริษัท NICCA U.S.A.,INC.

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

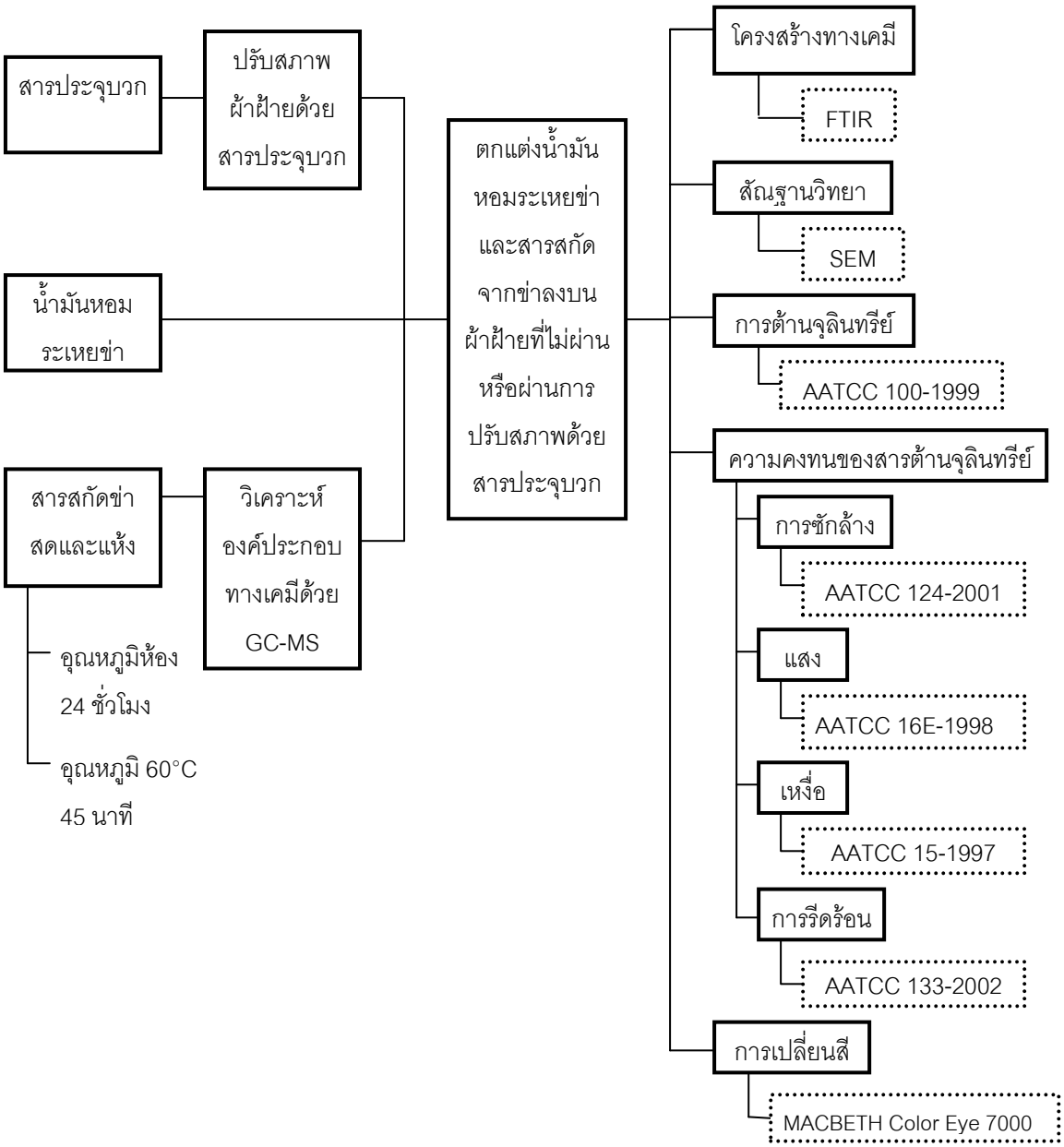
ชื่อเครื่องมือ/อุปกรณ์	รุ่น / บริษัทผู้ผลิต
1. เครื่องตัดผ้าเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.3 เซนติเมตร	JEN-Haur Co., Ltd, Taiwan
2. เครื่องปั่น (Blender)	รุ่น MX645/ Moulinex, French
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)	รุ่น 8540 / Schwabachw, Germany
4. เครื่องระเหยแห้ง (Rotary Evaporator)	รุ่น R205 / BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland
5. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ/แมสสเปกโทรมิเตอร์ (Gas Chromatography-Mass Spectrometry : GC-MS)	รุ่น 6890 / Hewlett-Packard Co., Ltd, United States
6. เครื่องจุ่มอัด (Padder)	Labtec. NewAve Lab equipment Co., Ltd.
7. ตู้อบ (Isotemperature Oven)	Thermo Fisher Scientific Inc., United States
8. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)	รุ่น JSM 5800 LV / JEOL Ltd., Japan
9. เครื่องวัดสี (Reflectance Spectrophotometer)	รุ่น Macbeth color – eye 7000 / X-Rite, Incorporated, United States

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อเครื่องมือ/อุปกรณ์	**รุ่น / บริษัทผู้ผลิต**
10. เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer : FTIR)	Nicolet 6700 FT-IR Spectrometer / Thermo Fisher Scientific Inc., United States
11. เครื่องทดสอบความคงทนต่อเหงื่อ (Perspirometer)	M231 / SDL Atlas, Inc., England
12. เครื่องวัดความคงทนของสีต่อแสงซีนอนอาร์ก (Xenon Arc Weather-Ometer)	Model CI-3000 / SDL Atlas, Inc., England
13. เครื่องรีดร้อน (Scorch Tester)	M247A / SDL Atlas, Inc., England
14. เครื่องซักผ้า (Gyrowash)	James H. Heal & Co.Ltd, England

3.4 การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ แสดงได้ด้วยแผนภาพดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การสกัดข่า

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสกัดข่าแก่สดและข่าแก่แห้งด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1.1 การสกัดข่าสด

ที่อุณหภูมิห้อง

1. ล้างข่าแก่สดให้สะอาด หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นให้เป็นผงละเอียด

2. สกัดผงข่าสด 10 กรัม ด้วยเอทานอล 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดแล้วนำไประเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง rotary evaporator และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

1. ล้างข่าแก่สดให้สะอาด หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปปั่นให้เป็นผงละเอียด

2. สกัดผงข่าสด 10 กรัม ด้วยเอทานอล 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นกรองสารสกัดแล้วนำไประเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง rotary evaporator และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.4.1.2 การสกัดข่าแห้ง

ที่อุณหภูมิห้อง

1. ล้างข่าแก่สดให้สะอาด หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปปั่นให้เป็นผงละเอียด

2. สกัดผงข่าแห้ง 10 กรัม ด้วยเอทานอล 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดแล้วนำไประเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง rotary evaporator และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

1. ล้างข่าแก่สดให้สะอาด หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำไปปั่นให้เป็นผงละเอียด

2. สกัดผงข่าแห้ง 10 กรัม ด้วยเอทานอล 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นกรองสารสกัดแล้วนำไประเหยเอทานอลออกด้วยเครื่อง rotary evaporator และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.2 การระเหยสารสกัดข่าออกจากเอทานอลด้วยเครื่อง rotary evaporator

3.4.2 การปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยสารประจุบวก

1. นำผ้าฝ้ายหนัก 5 กรัม มาปรับสภาพด้วยสารประจุบวก NEOFIX ที่ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตรโดยการจุ่มอัด ให้มี % wet pick up ประมาณ 90 คำนวณได้จากสมการ 3.1

$$\% \text{ wet pick up} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \qquad \text{.....(3.1)}$$

โดยที่ W_0 = น้ำหนักผ้าแห้งก่อนปรับสภาพด้วยสารประจุบวก

W_1 = น้ำหนักผ้าเปียกหลังปรับสภาพด้วยสารประจุบวก

2. อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปหา % add–on คำนวณได้จากสมการ 3.2

$$\% \text{ add–on} = \frac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100 \qquad \text{.....(3.2)}$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักผ้าแห้งก่อนปรับสภาพด้วยสารประจุบวก

W_2 = น้ำหนักผ้าแห้งหลังปรับสภาพด้วยสารประจุบวก

3.4.3 การตกแต่งต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตกแต่งจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายโดยใช้สารต้านจุลินทรีย์ 2 ชนิดได้แก่ น้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า และสารสกัดข่าที่เตรียมได้จาก 3.4.1

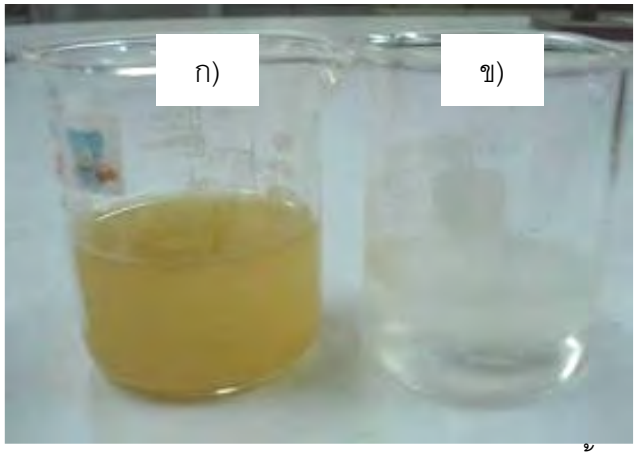
3.4.3.1 การเตรียมสารละลายของน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า

ละลายน้ำมันหอมระเหยข่าในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 1, 3, 5 และ 10 โดยน้ำหนัก ลงในน้ำกลั่น พร้อมกับเติมสารอิมัลซิฟายเออร์ (Tween 20) ปริมาณร้อยละ 1 ต่อน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 1 ปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายให้กระจายตัวอย่างดีเป็นเวลา 15 นาที

3.4.3.2 การเตรียมสารละลายของสารสกัดข่า

ละลายสารสกัดข่าในปริมาณที่ต่างๆกัน คือ ร้อยละ 0.5 และ 1 โดยน้ำหนัก ลงในน้ำกลั่น พร้อมกับเติมสารอิมัลซิฟายเออร์ (Tween 20) ปริมาณร้อยละ 1 ต่อสารสกัดข่าร้อยละ1 ปรับปริมาตรของสารละลายด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 100 มิลลิลิตร กวนสารละลายให้กระจายตัวอย่างดีเป็นเวลา 15 นาที

สีของสารละลายข่าที่เตรียมได้จากสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบสีของสารละลายข่า ก) สารสกัดข่า และ ข) น้ำมันหอมระเหยข่า

3.4.3.3 การตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าโดยวิธีจุ่มอัด

1 นำผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับสภาพด้วยสารประจุบวกมาจุ่มอัดด้วยสารละลายของน้ำมันหอมระเหยข่าที่เตรียมได้ในข้อ 3.4.3.1 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3, 5 และ 10 หรือจุ่มอัดด้วยสารละลายของสารสกัดข่าที่เตรียมได้ในข้อ 3.4.3.2 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 3 โดยให้มี % wet pick up ประมาณ 90

2. นำผ้าที่ผ่านการจุ่มอัดไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปหา % add–on

3.5 การวิเคราะห์และการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

3.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในสารสกัดข่าด้วยเทคนิค GC-MS

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์นี้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดข่าที่เตรียมได้จากข้อ 3.4.1 ด้วยเครื่อง GC-MS โดยละลายสารสกัดข่าที่เตรียมได้ในเอทานอลให้มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใช้ปริมาณของตัวอย่างในการวิเคราะห์ 1 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่อง GC-MS รุ่น Hewlett-Packard 6890 แสดงดังรูปที่ 3.4 ใช้คอลัมน์ J&W Scientific รุ่น ZB-5MSi (30 มิลลิเมตร x 0.25 มิลลิเมตร x 0.25 ไมโครเมตร) อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส ค้างไว้ 5 นาที เพิ่มอุณภูมิในอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่ 200 องศาเซลเซียส และใช้อัตราส่วนในการแยกสาร (split ratio) เท่ากับ 1.10 ในการวิเคราะห์

รูปที่ 3.4 เครื่อง GC-MS ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดข่าที่เตรียมได้ [27]

3.5.2 **การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์ก่อนและหลังซัก ด้วยเทคนิค** FTIR

นำผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าทั้งก่อนและหลังซัก มาวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของโดยใช้เทคนิค ATR–FTIR ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่อง ATR–FTIR ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์ก่อนและหลังซัก

3.5.3 **การทดสอบสมบัติต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายตามมาตรฐาน** AATCC 100-1999

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ *S. aureus* เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถพบได้ทั่วไปในบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของการอักเสบของแผล หนองและการติดเชื้อบนผิวหนัง

การทดสอบเริ่มต้นจากการเตรียมตัวอย่างโดยตัดชิ้นตัวอย่างเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร โดยแบ่งเป็นชุดควบคุมที่ไม่มีสารต้านการเจริญของจุลินทรีย์และชุดตัวอย่างที่มีสารต้านจุลินทรีย์ จากนั้นทำการฆ่าเชื้อชุดตัวอย่างและชุดควบคุมโดยวิธีที่ใช้ขึ้นกับชนิดของตัวอย่าง เช่น ถ้าเป็นผ้าฝ้ายสามารถฆ่าเชื้อได้โดยการนึ่งด้วยความร้อนจากไอน้ำ จากนั้นใส่หัวเชื้อจากจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ (1-2 x 10^5 CFU/mL) ลงบนชุดตัวอย่างและชุดควบคุม แล้วเติม neutralizing solution ลงบนชุดตัวอย่างและชุดควบคุมทันที นับเป็นเวลาที่ 0 ชั่วโมง เขย่าขวดแก้วเป็นเวลา 1 นาที แล้วทำการเจือจางเชื้อและเพาะเลี้ยงเชื้อในจานเลี้ยงเชื้อโดยทำสองซ้ำ

สำหรับอีกชุดการทดลองเมื่อใส่หัวเชื้อเริ่มต้นแล้วให้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาจึงเติม neutralizing solution และทำการเจือจางเชื้อและเพาะเลี้ยงเชื้อเช่นเดียวกัน โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อนี้ให้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สำหรับการประเมินผลให้รายงานเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อตัวอย่าง หากไม่มีเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นในการเพาะเลี้ยงเมื่อเจือจางจุลินทรีย์ที่ 10 องศาเซลเซียส ให้รายงานว่ามีเชื้อน้อยกว่า 100

โดย CFU หมายถึง หน่วยวัดจำนวนหรือปริมาณจุลินทรีย์ โดยอาศัยสมมติฐานว่าจุลินทรีย์หนึ่งตัวสร้างโคโลนีได้หนึ่งโคโลนี (colony–forming unit)

ส่วนการคำนวณเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ทำได้โดยใช้สูตรในการคำนวณดังสมการที่ 3.3

$$R = \frac{(B - A)}{B} \times 100 \qquad \text{.....(3.3)}$$

โดย R = จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่ลดลง (reduction) เป็นร้อยละ (หมายถึง จำนวนของจุลินทรีย์ที่ลดลงเมื่อทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง โดยถ้าค่า R มีค่าสูง แสดงว่า สามารถต้านจุลินทรีย์ได้ดี)

A = จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่นับได้จากชิ้นทดสอบที่ตกแต่งด้วยสารต้านจุลินทรีย์ ซึ่งบ่มเพาะเชื้อไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

B = จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่นับได้จากชิ้นทดสอบที่ตกแต่งด้วยสารต้านจุลินทรีย์ที่เวลา 0 ชั่วโมง

3.5.4 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายภายหลังการใช้งาน

3.5.4.1 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อการซักล้าง

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่สารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้ายหลังจากนำไปซักล้างภายหลังการใช้งาน โดยนำผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์มาซักตามมาตรฐาน AATCC 124-2001 ด้วยเครื่อง Gyrowash แสดงในรูปที่ 3.6 โดยใช้ผงซักฟอกตามมาตรฐาน 1993 AATCC Standard Reference Detergent 20.0±0.1 กรัม ละลายในน้ำ 7.57±0.06 ลิตร ที่อุณหภูมิ 41±3 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน L:R เท่ากับ 1:50 หลังจากนั้นนำผ้ามาซะล้างด้วยน้ำที่ไหลผ่านตลอด แล้วตากให้แห้ง จากนั้นนำผ้าฝ้ายก่อนและหลังการซักมาทดสอบสมบัติต้านจุลินทรีย์ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999 ในข้อ 3.5.2 แล้วเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ที่ลดลงร่วมกับการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังซักโดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FTIR)

รูปที่ 3.6 เครื่อง Gyrowash ที่ใช้ในการซักล้างผ้าฝ้าย

3.5.4.2 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อแสง

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ 2 ชนิดได้แก่ สารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้ายต่อแสงหลังจากนำไปใช้งาน โดยอาบแสงซีนอนอาร์ก (xenon arc) ซึ่งมีการกระจายพลังงานแสงใกล้เคียงกับแสงแดดตามมาตรฐาน AATCC 16E-1998 ด้วยเครื่อง Atlas Xenon Arc Weather-Ometer Model Ci 3000 แสดงในรูปที่ 3.7 เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายตามหัวข้อ 3.5.3

รูปที่ 3.7 เครื่อง Atlas Xenon Arc Weather-Ometer ที่ใช้ในการอาบแสง [28]

3.5.4.3 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ 2 ชนิดได้แก่ สารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อภายหลังการนำไปใช้งาน โดยนำผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์มาทดสอบความคงทนต่อเหงื่อตามมาตรฐาน AATCC 15-1997 เริ่มจากนำผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์มาแช่ในสารละลายเหงื่อเทียม ในอัตราส่วน L:R เท่ากับ 1:50 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นวางไว้ระหว่างแผ่นอะคริลิกเรซินของเครื่อง perspirometer แสดงในรูปที่ 3.8 แล้วใช้แท่งน้ำหนักกดทับ จากนั้นนำเครื่อง perspirometer เข้าไปวางในตู้อบที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบและผึ่งให้แห้งโดยการแขวนตากที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายตามหัวข้อ 3.5.3 เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ

รูปที่ 3.8 เครื่อง perspirometer ที่ใช้ในการทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ

3.5.4.4 การทดสอบความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์ 2 ชนิดได้แก่ สารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน โดยนำผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์มารีดร้อนด้วยวิธี AATCC133-2002 ที่อุณหภูมิ 150±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที ด้วยเครื่องรีดร้อน (scorch tester) แสดงดังรูป 3.9 จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายตามหัวข้อ 3.5.3 เพื่อศึกษาความคงทนของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน

รูปที่ 3.9 เครื่องรีดร้อน (scorch tester) ที่ใช้ในการทดสอบของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน

3.5.5 การตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าด้วยเทคนิค SEM

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของลักษณะพื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่าทั้งก่อนและหลังซักด้วยเครื่อง SEM ดังแสดงในรูปที่ 3.10 โดยตัดผ้าให้มีขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร และยาว 1 เซนติเมตร แล้วเคลือบผิวด้วยทองโดยใช้ sputter-coater ที่ใช้ศักย์ไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์ โดยทองจะถูกทำให้แตกตัวเพื่อให้เกิดการนำไฟฟ้าขณะตรวจสอบในภาวะที่เป็นสุญญากาศ จากนั้นนำตัวอย่างไปตรวจสอบพื้นผิวด้วย SEM

รูปที่ 3.10 เครื่อง SEM ที่ใช้ในการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาพื้นผิวของผ้าฝ้าย

3.5.6 การวัดการเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยสารต้านจุลินทรีย์

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดข่าและน้ำมันหอมระเหยข่า โดยนำผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์มาวัดสีของผ้าที่เปลี่ยนแปลงไปหลังการทดสอบความคงทนต่อภาวะต่างๆ ภายหลังการใช้งาน ตามหัวข้อ 3.5.4 โดยใช้เครื่องวัดสีของ Macbeth Color–Eye 7000 แสดงดังรูปที่ 3.11 โดยภาวะที่ใช้ในการวัดสีเป็นการวัดในโหมดที่ไม่รวมความมันเงา (specular exclude, SPE) แต่รวมแสง UV (UV include) เลือกใช้ Illuminant Daylight 6500 K (D65) และ 10° Standard observer ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นจะวัดสี 3 ตำแหน่งแล้วนำมาเฉลี่ยเป็นดัชนีความขาว (CIE whiteness index) คำนวณได้จากสมการที่ 3.4 และดัชนีความเหลือง (Yellowness Index per ASTM Method E313) คำนวณได้จากสมการที่ 3.5 ซึ่งจะคำนวณอัตโนมัติโดยใช้สมการดังนี้

$$W = Y + 800(0.3138 - x) + 1700(0.3310 - y) \quad \text{..... (3.4)}$$

โดย W = ดัชนีความขาว (CIE whiteness index)

Y = CIE Tristimulus value

x, y = chromaticity coordinate

$$YIE313 = \frac{100(C_xX - C_zZ)}{Y} \quad \text{..... (3.5)}$$

โดย YIE313 = ดัชนีความเหลือง (Yellowness Index per ASTM Method E313)

X,Y,Z = CIE Tristimulus values

C_x, C_z = เลขสัมประสิทธิ์ ซึ่งจะขึ้นกับ Illuminant และ observer ที่ใช้

รูปที่ 3.11 เครื่องวัดสีของ Macbeth Color–Eye 7000 ที่ใช้ในการวัดความขาวของผ้าฝ้าย

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 สารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่า

องค์ประกอบทางเคมีของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าที่สกัดจากข่าสดและข่าแห้ง ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆกัน แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าที่สกัดจากข่าสดและข่าแห้ง ด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆกัน (ภาคผนวก ข)

องค์ประกอบทางเคมีของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์	ปริมาณ (ร้อยละ)				
	น้ำมันหอมระเหยข่า* (ทางการค้า)	ข่าสด		ข่าแห้ง	
		อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง	60°ซ 45 นาที	อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง	60°ซ 45 นาที
1,8-cineole	55	ไม่พบ	1.34	7.32	ไม่พบ
ß-elemene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	1.15	ไม่พบ
caryophyllene	5	ไม่พบ	3.23	7.91	9.04
α-humulene	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	3.27	7.77
farnesene	ไม่พบ	4.24	8.07	6.55	10.34
ß-cubene	ไม่พบ	ไม่พบ	1.55	ไม่พบ	ไม่พบ
germacrene D	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	1.28	ไม่พบ
ß-selinene	ไม่พบ	ไม่พบ	4.65	7.6	10.11
α-selinene	ไม่พบ	ไม่พบ	3.6	5.4	7.29
pentadecane	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2.32	2.83
ß-bisabolene	ไม่พบ	7.89	9.21	10.27	12.29
ß-sesquiphellandrene	ไม่พบ	ไม่พบ	1.7	1.61	ไม่พบ
germacrene B	ไม่พบ	3.24	3.76	3.3	4.93
terpinene-4-ol	3.5	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
รวม (ร้อยละ)	63.5	15.37	37.11	48.92	64.6

* ข้อมูลจากจากบริษัทเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ในน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าและสารสกัดข่าจากข่าสดและข่าแห้งด้วยเอทานอลที่ภาวะต่างๆกันในตารางที่ 4.1 แสดงว่า สารสกัดข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที มีองค์ประกอบทางเคมีของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์มากที่สุดถึงร้อยละ 64.6 ของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ และใกล้เคียงกับที่มีในน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า (ร้อยละ 63.5) ถึงแม้ในสารสกัดข่าแห้งจะไม่พบ 1,8-cineole ในขณะที่ในน้ำมันหอมระเหยข่ามี 1,8-cineole สูงถึงร้อยละ 55 นอกจากนี้สารสกัดข่าแห้งจะมีสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์มากกว่าสารสกัดข่าสด และทั้งสารสกัดข่าสดและข่าแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้สารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์มากกว่าที่สกัดที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามในการเลือกวิธีการสกัดข่าที่เหมาะสมสำหรับนำมาตกแต่งต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายควรพิจารณาปริมาณของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่สกัดได้ควบคู่กับพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในการสกัดและสมบัติต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้ายด้วย

ดังนั้นในขั้นตอนเบื้องต้น จึงได้ทำศึกษาการสกัดข่าสดและข่าแห้งที่อุณหภูมิห้อง และ 60 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งศึกษาสมบัติการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายด้วยสารสกัดข่าที่ได้ที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อให้ได้วิธีการสกัดข่าที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่จะนำข่าที่สกัดได้ไปปรับปรุงสมบัติต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย และศึกษาเปรียบเทียบความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าและสารสกัดข่าต่อการต้านจุลินทรีย์ภายหลังการใช้งานต่อไป

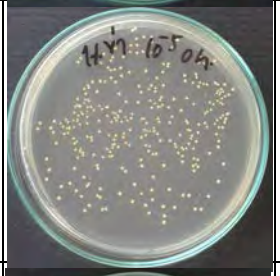
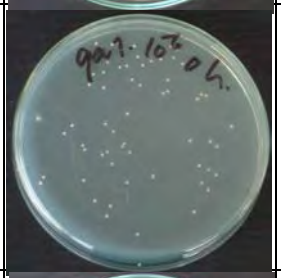
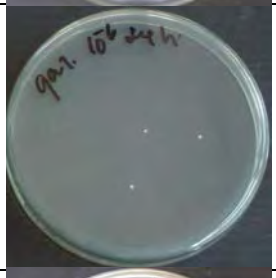
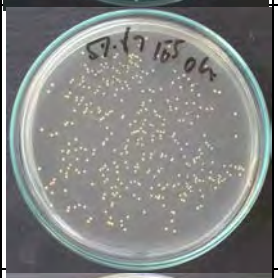
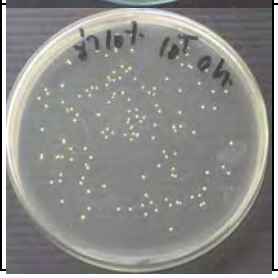
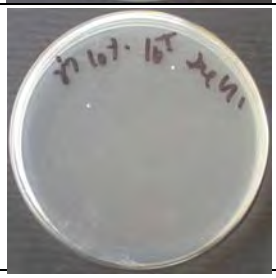
4.2 สมบัติการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าบนผ้าฝ้าย

4.2.1 การต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย

4.2.1.1 ผลของความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยข่า

ใช้สารละลายน้ำมันหอมระเหยข่าที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ ร้อยละ 1, 3, 5 และ 10 ตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายจากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย ที่ความเข้มข้นต่างกัน ก่อนซัก ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง			56.32
1			85.35
3			91.95
5			91.75
10			99.33

จากตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ของน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้ายที่ความเข้มข้นต่างกัน ก่อนซัก เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่ง พบว่าผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าสามารถต้านจุลินทรีย์ได้มากกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ตกแต่ง และสมบัติต้านจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อความความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยข่าเพิ่มขึ้น โดยความความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 10 สามารถต้านจุลินทรีย์ได้มากที่สุดถึงร้อยละ 99.33 ในขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 3 และ 5 สามารถต้านจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 85.35, 91.95 และ 91.75 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำมันหอมระเหยข่าสามารถต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mayachiew และ Devahastin ว่าข่ามีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *S.aureus* มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นในวงศ์ *Zingiberaceae* เนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยข่ามีสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ถึงร้อยละ 63.5 จึงทำให้สามารถต้านจุลินทรีย์ได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Oonmetta-areea และคณะ ว่าสาร 1,8-cineole ซึ่งเป็นสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่พบในน้ำมันหอมระเหยข่า สามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ *S. aureus* ได้

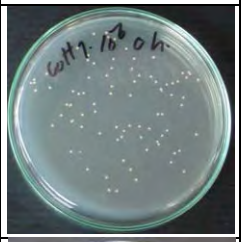
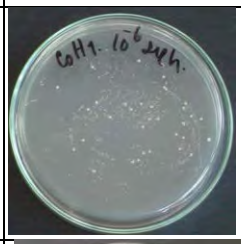
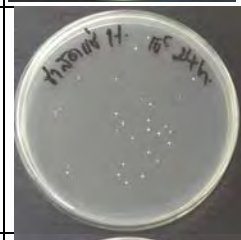
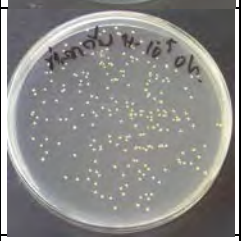
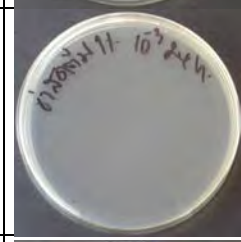
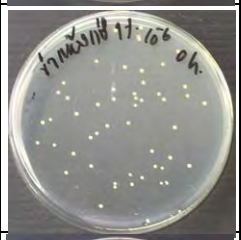
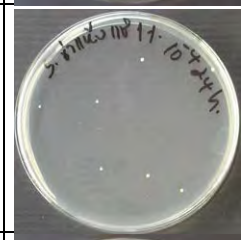
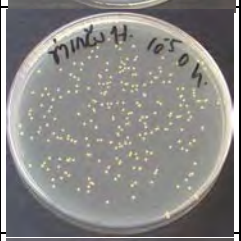
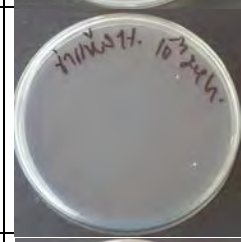
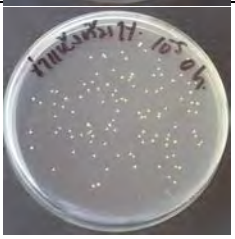
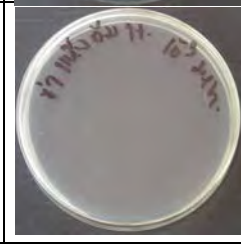
แม้ว่าน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 10 จะทำให้ผ้าฝ้ายต้านจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดก็ตาม แต่เนื่องจากมีข้อบ่งใช้ของน้ำมันหอมระเหยข่าไม่ควรเกินร้อยละ 5 เพราะจะทำให้เกิดความระคายเคือง [5] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกความเข้มข้นร้อยละ 3 ที่สามารถต้านจุลินทรีย์ได้สูงถึงร้อยละ 91.95 เช่นกัน มาใช้ในการตกแต่งต้านจุลินทรีย์เพื่อศึกษาการปรับปรุงสมบัติต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายและศึกษาเปรียบเทียบความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าและสารสกัดข่าต่อการต้านจุลินทรีย์ภายหลังการใช้งาน

4.2.2 การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้าย

4.2.2.1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดข่าสดและแห้ง

ใช้สารละลายของสารสกัดที่สกัดจากข่าสดและข่าแห้งที่ความเข้มข้น ร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิห้อง (24 ชั่วโมงและ 72 ชั่วโมง) และ 60 องศาเซลเซียส (45 นาที) ตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย จากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้ายที่สกัดจากข่าสดและข่าแห้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ก่อนซัก

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดข่า		จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง				56.32
ข่าสด	อุณหภูมิห้อง (24 ชั่วโมง)			95.55
	60°ซ (45 นาที)			100
ข่าแห้ง	อุณหภูมิห้อง (24 ชั่วโมง)			99.98
	อุณหภูมิห้อง (72 ชั่วโมง)			99.99
	60°ซ (45 นาที)			100

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการสกัดข่าโดยใช้ข่าสดและข่าแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสได้สารสกัดข่าที่สามารถต้านจุลินทรีย์ได้มากเท่ากันถึงร้อยละ 100 ในขณะที่การสกัดข่าโดยใช้ข่าสดและข่าแห้งที่อุณหภูมิห้องได้สารสกัดข่าที่สามารถต้านจุลินทรีย์ได้น้อยกว่า คือร้อยละ 95.55 และ 99.98 เห็นได้ว่าสารสกัดจากข่าแห้งที่อุณหภูมิห้องก็สามารถต้านจุลินทรีย์ได้สูงเกือบเท่าสารสกัดข่าจากข่าสดและข่าแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mayachiew และ Devahastin ว่าข่ามีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *S.aureus* มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นในวงศ์ *Zingiberaceae* เนื่องจากในสารสกัดข่าแห้งที่อุณหภูมิห้องมีสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ร้อยละ 48.92 จึงทำให้สามารถต้านจุลินทรีย์ได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Oonmetta-areea และคณะ ว่าสาร 1,8-cineole ซึ่งเป็นสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่พบในสารสกัดข่าแห้งที่อุณหภูมิห้องสามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ *S. aureus* ได้ ในขณะที่สารสกัดข่าแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ถึงร้อยละ 64.6 แต่ไม่พบสาร 1,8-cineole เลยแต่ยังสามารถต้านจุลินทรีย์ได้มากถึงร้อยละ 100 เนื่องจากมีสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์อื่นๆที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้เช่นกันในปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้

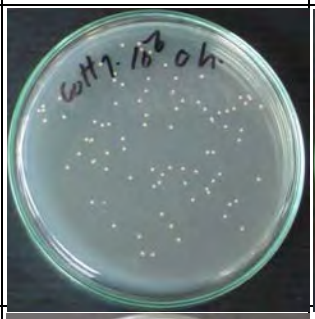
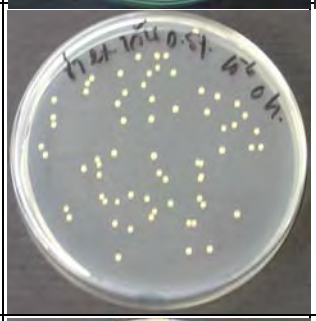
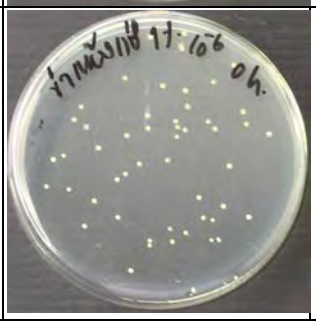
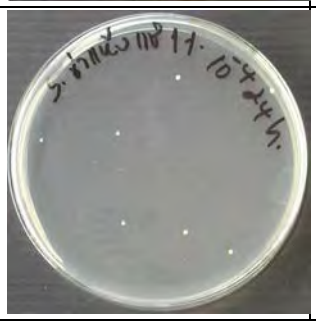
การตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยสารสกัดข่าที่สกัดจากทั้งข่าสดและข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิสูง (60 องศาเซลเซียส) ให้ผลการต้านจุลินทรีย์ที่ดีมาก แต่การตกแต่งด้วยสารสกัดข่าที่สกัดจากข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้องก็ให้ผลการต้านจุลินทรีย์ที่ดีมากใกล้เคียงกัน ดีกว่าสารที่สกัดจากข่าสด ซึ่งก็สอดคล้องกับปริมาณของสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้

เมื่อพิจารณาปริมาณของสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่มีอยู่ อีกทั้งสมบัติต้านจุลินทรีย์ที่ดีและการลดพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในการสกัดแล้ว งานวิจัยนี้จึงเลือกวิธีการสกัดข่าจากข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้องเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่จะนำมาใช้สกัดข่าเพื่อปรับปรุงสมบัติต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายและศึกษาเปรียบเทียบความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้าและสารสกัดข่าต่อการต้านจุลินทรีย์ภายหลังการใช้งานต่อไป

4.2.2.2 **ผลของความเข้มข้นของข่าแห้ง**

ใช้สารละลายของสารสกัดที่สกัดจากข่าแห้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 ที่อุณหภูมิห้อง (24 ชั่วโมง) ตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย จากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

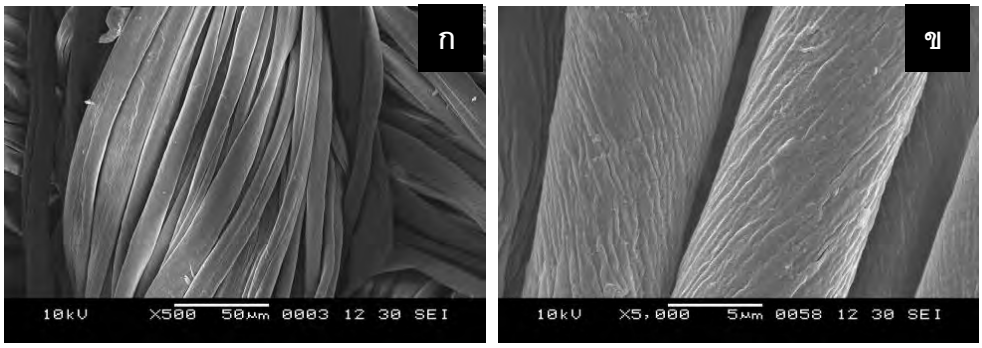
ตารางที่ 4.4 การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้ายที่สกัดด้วยวิธีการใช้ข่าแห้งสกัดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้อง ในเวลา และความเข้มข้นต่างๆ

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ผ้าฝ้ายที่ไม่ตกแต่ง			56.32
0.5 (แช่ 24 ชั่วโมง)			72.97
1 (แช่ 24 ชั่วโมง)			99.98

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 0.5 และ1 สามารถต้านจุลินทรีย์ได้มากกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ตกแต่งและสมบัติต้านจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อความความเข้มข้นของสารสกัดข่าแห้งเพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 สามารถต้านจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 72.9 และ 99.98 ตามลำดับ ดังนั้นความเข้มข้นของสารสกัดข่าแห้งที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารต้านจุลินทรีย์สำหรับตกแต่งบนผ้าฝ้ายคือ ร้อยละ 1

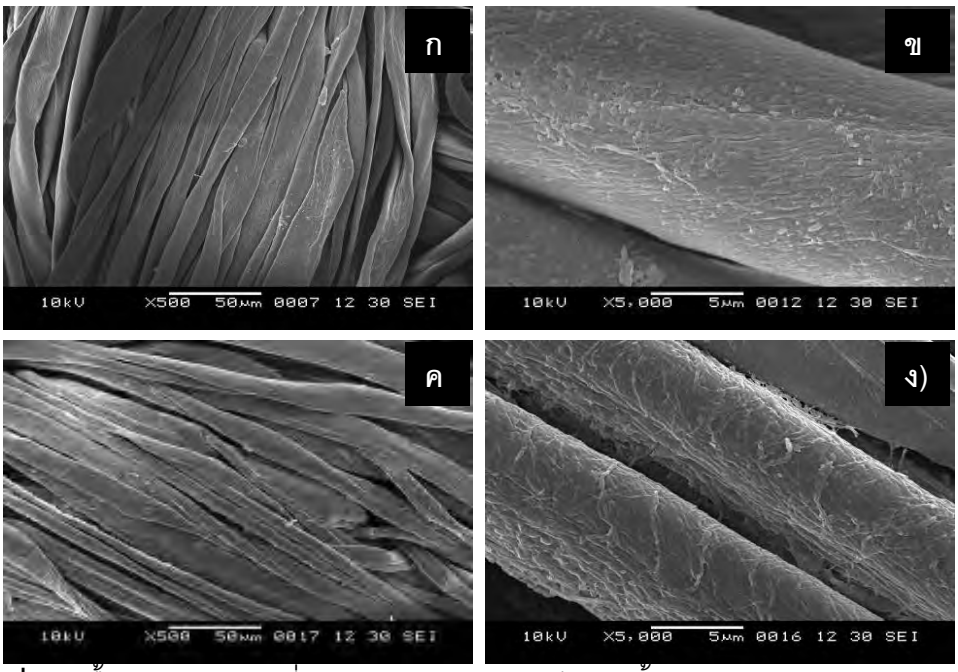
4.3 พื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้ง วิเคราะห์ด้วย SEM

ผลที่ได้จากการส่องดูพื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่ง แสดงดังรูปที่ 4.1 พบว่าพื้นผิวของเส้นใยฝ้ายจะดูสะอาด มองเห็นลักษณะพื้นผิวได้ชัดเจน ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังซัก 5 รอบ แสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับพบว่าบนเส้นใยฝ้ายจะมีสารมาเกาะติด การเกาะติดค่อนข้างบาง เพราะยังสามารถมองเห็นลักษณะของเส้นใยฝ้ายที่ยังไม่ได้ตกแต่งได้แต่ไม่ชัดเจน เมื่อผ่านการซักเส้นใยฝ้ายจะมีการแตกออก ทำให้ลักษณะพื้นผิวของเส้นใยเปลี่ยนไป แต่ยังสามารถมองเห็นการเกาะติดของสารบางๆอยู่บนเส้นใยที่แตกออก แสดงว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนซัก มีการเกาะติดของสารต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย และหลังผ่านการซัก 5 รอบ ยังมีสารต้านจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่บนผ้าฝ้าย



รูปที่ 4.1 พื้นผิวของผ้าฝ้ายก่อนซักที่ไม่ได้ตกแต่งต้านจุลินทรีย์

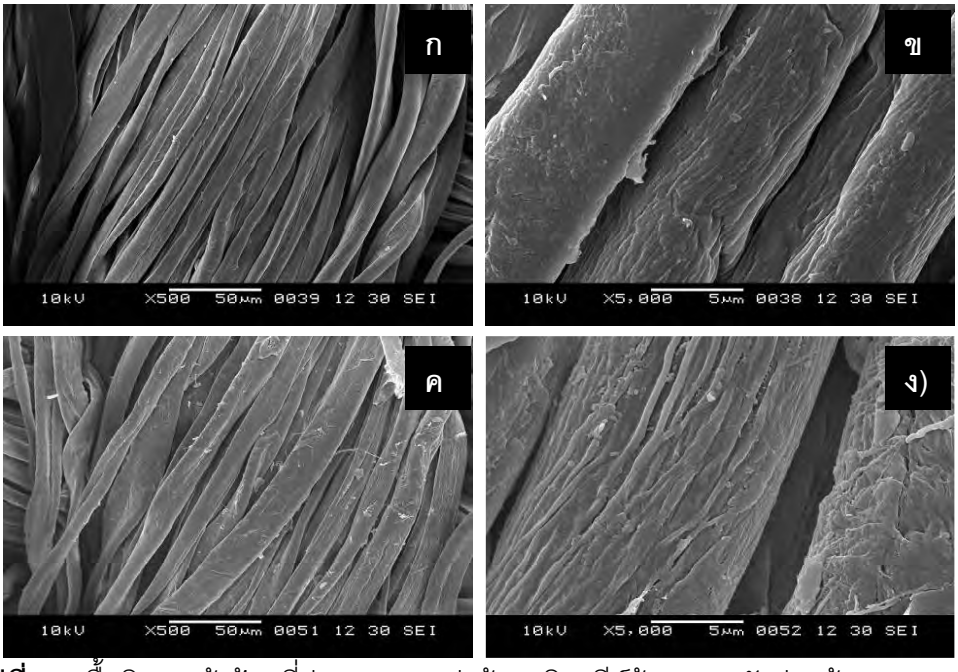
ก) กำลังขยาย 500 ข) กำลังขยาย 5,000



รูปที่ 4.2 พื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ผ่านตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยข่า

ก) พื้นผิวของผ้าฝ้ายก่อนซัก (x500) ข) พื้นผิวของผ้าฝ้ายก่อนซัก (x5,000)

ค) พื้นผิวของผ้าฝ้ายหลังซัก (x500) ง) พื้นผิวของผ้าฝ้ายหลังซัก (x5,000)



รูปที่ 4.3 พื้นผิวของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดข่าแห้ง

ก) พื้นผิวของผ้าฝ้ายก่อนซัก (x500) ข) พื้นผิวของผ้าฝ้ายก่อนซัก (x5,000)

ค) พื้นผิวของผ้าฝ้ายหลังซัก (x500) ง) พื้นผิวของผ้าฝ้ายหลังซัก (x5,000)

4.4 ความคงทนของสารสกัดข่าแห้งและน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย

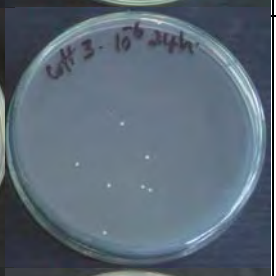
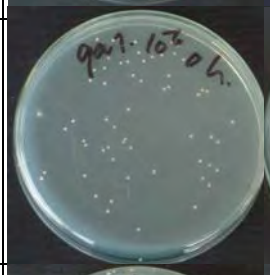
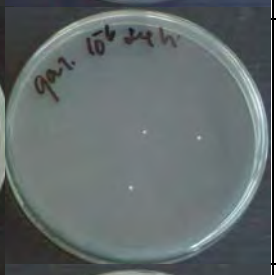
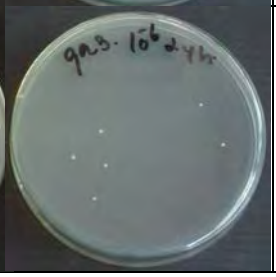
4.4.1 ความคงทนต่อการซักล้าง

4.4.1.1 ทดสอบการต้านจุลินทรีย์

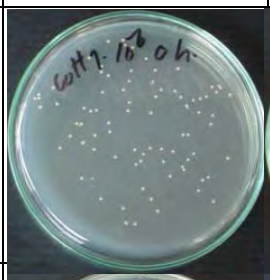
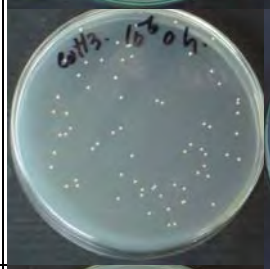
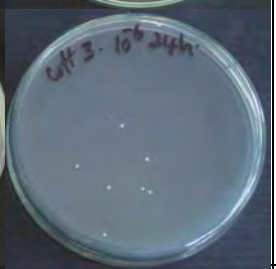
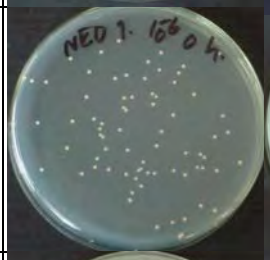
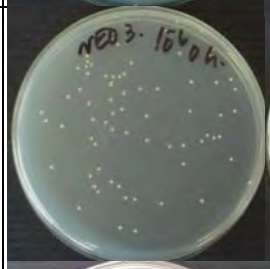
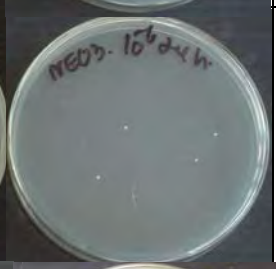
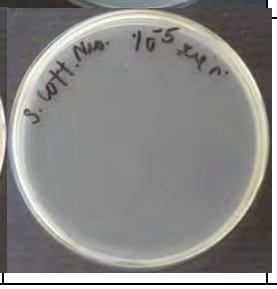
1) **น้ำมันหอมระเหยข่า** โดยใช้น้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 ตกแต่งบนผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับสภาพด้วยสารประจุบวก จากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารประจุบวกก่อนซักสามารถต้านจุลินทรีย์ได้เพียงร้อยละ 56.32 แต่เมื่อผ่านการซัก 5 รอบ สามารถต้านจุลินทรีย์ได้มากถึงร้อยละ 89.5 เนื่องจากการซักจะไปกำจัดสิ่งสกปรกซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 เมื่อผ่านการซัก 5 รอบ สามารถต้านจุลินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 92.54 ซึ่งเป็นการต้านจุลินทรีย์ที่ใกล้เคียงกับก่อนการซักล้าง และจาก %add-on ของผ้าฝ้ายที่ไม่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกแล้วตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าหลังจากผ่านการซักล้างแล้ว พบว่ายังมีน้ำมันหอมระเหยข่าติดบนผ้าฝ้ายที่ไม่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกหลังซัก 5 รอบ และจากตารางที่ 4.6 พบว่า ผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกแล้วตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าสามารถต้านจุลินทรีย์ก่อนซัก และหลังซัก 5 รอบได้ถึงร้อยละ 98.48 และ 96.02 ตามลำดับ แต่ผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกก่อนซักสามารถต้านจุลินทรีย์ได้ดีมากถึงร้อยละ 100 ดังนั้นการต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยข่าที่ตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกจึงไม่อาจยืนยันได้ว่าเป็นผลจากน้ำมันหอมระเหยข่าหรือสารประจุบวก แต่เมื่อเทียบกับผลจากตารางที่ 4.5 พบว่าน้ำมันหอมระเหยข่ามีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ได้ดี และจาก %add-on ของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกแล้วตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าหลังจากผ่านการซักล้างแล้ว พบว่าสารประจุบวกไม่ได้ช่วยให้น้ำมันหอมระเหยข่าติดบนผ้าฝ้ายมากขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยข่ามีความคงทนต่อการซักล้างได้ดีโดยไม่ต้องใช้สารประจุบวกเป็นตัวช่วยในการยึดติดบนผ้าฝ้าย ซึ่งเป็นผลดีเนื่องจากสารประจุบวกนั้นเป็นสารเคมีซึ่งอาจมีผลต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ นอกจากนี้ยังประหยัดต้นทุนและเวลาในการผลิตด้วย ดังนั้นในการทดสอบต่อไปจากนี้ไปจะไม่ใช้ผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวกในการทดสอบ

ตารางที่ 4.5 ความคงทนต่อการซักล้างของน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 บนผ้าฝ้ายที่ไม่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวก

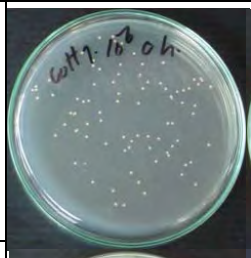
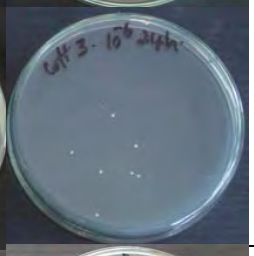
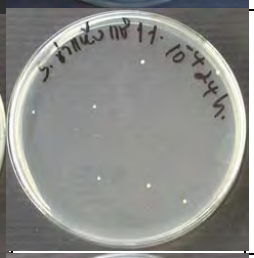
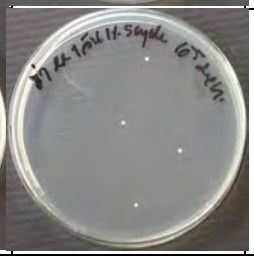
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)	%add-on
ไม่ตกแต่งก่อนซัก			56.32	-
ไม่ตกแต่งหลังซัก 5 รอบ			89.5	-
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนซัก			91.95	0.82
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังซัก 5 รอบ			92.54	0.41

ตารางที่ 4.6 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 บนผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวก ต่อการซักล้าง

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)	%add-on
ไม่ตกแต่ง ก่อนซัก			56.32	-
ไม่ตกแต่ง หลังซัก 5 รอบ			89.5	-
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% + สารประจุบวก ก่อนซัก			98.48	2.98
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% + สารประจุบวก หลังซัก 5 รอบ			96.02	0.2
สารประจุบวก ก่อนซัก			100	-

2) **สารสกัดข่าแห้ง** โดยใช้สารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 ตกแต่งบนผ้าฝ้าย จากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

ตารางที่ 4.7 ความคงทนของสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 บนผ้าฝ้ายต่อการซักล้าง

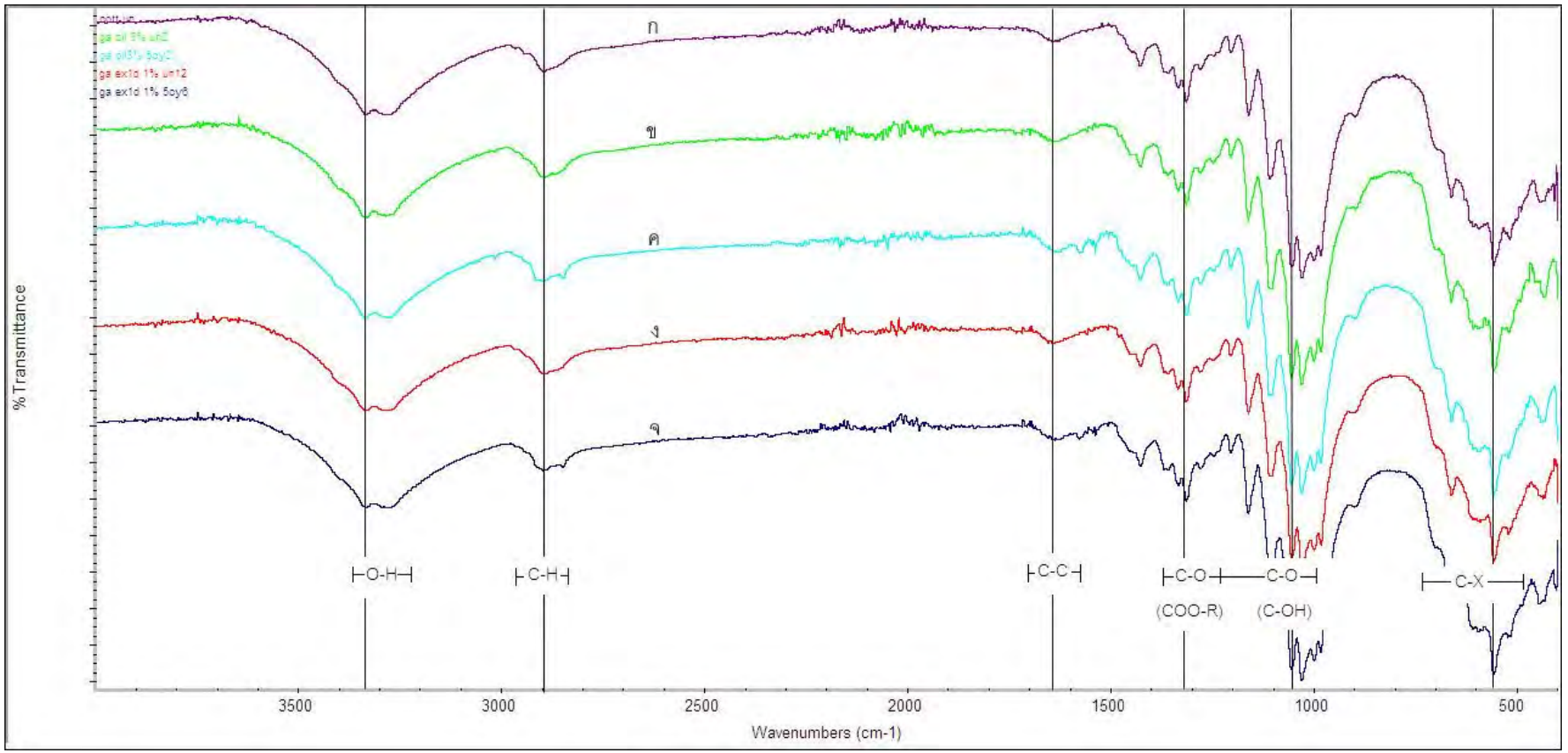
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)	%add-on
ไม่ตกแต่ง ก่อนซัก			56.32	-
ไม่ตกแต่ง หลังซัก 5 รอบ			89.5	-
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนซัก			99.98	4.17
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังซัก 5 รอบ			98.75	2.05

จากตารางที่ 4.7 พบว่าสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 เมื่อผ่านการซักล้างจำนวน 5 รอบ ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งยังสามารถต้านจุลินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 98.75 ซึ่งเป็นการต้านจุลินทรีย์ที่ใกล้เคียงกับก่อนการซักล้าง และจาก %add-on ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งหลังจากผ่านการซักล้างแล้ว พบว่ายังมีสารสกัดข่าแห้งติดบนผ้าฝ้ายหลังซัก 5

รอบ แสดงว่าสารสกัดข่าแห้งสามารถต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายได้ อีกทั้งสารสกัดข่าแห้งยังติดทนบนผ้าฝ้ายแม้จะผ่านการซักล้างถึง 5 รอบ จึงสามารถสรุปได้ว่าสารสกัดข่าแห้งมีความคงทนต่อการซักล้างได้ดี และหลังจากผ่านการซักล้างแล้วยังมีสารสกัดข่าแห้งติดอยู่บนผ้าฝ้าย

4.4.1.2 **ศึกษาโครงสร้างทางเคมีโดยใช้** ATR –FTIR

จากรูป 4.4 (ภาคผนวก ค) และตารางที่ 4.8 พบว่า FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งแสดงหมู่ฟังก์ชัน C-O, C-C, C-H และO-H ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่พบในผ้าฝ้าย ในขณะที่ FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนซักและหลังซัก 5 รอบแสดงหมู่ฟังก์ชัน C-O, C-C, C-H และO-H เช่นกัน ซึ่งใกล้เคียงกับ FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่ง และไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมเลย เนื่องจากสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่พบในน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และมีองค์ประกอบของแอลกอฮอล์ สเปกตรัมของสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์จึงมีหมู่ฟังก์ชัน C-O, C-C, C-H และO-H เช่นเดียวกับผ้าฝ้าย จึงอาจมีการซ้อนทับกันกับสเปกตรัมของผ้าฝ้าย ดังนั้น ATR – FTIR จึงไม่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าที่ตกแต่งบนผ้าฝ้ายกับผ้าฝ้ายได้ แต่จากการต้านจุลินทรีย์ และ % add-on ของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายหลังการทดสอบความคงทนต่อการซักล้าง ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่าน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าที่ตกแต่งบนผ้าฝ้ายสามารถต้านทานจุลินทรีย์ได้ดี และน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งยังติดอยู่บนผ้าฝ้ายหลังการซัก 5 รอบ และยังมีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์อยู่ จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่ามีความคงทนต่อการซักล้าง



รูปที่ 4.4 โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสารต้านจุลินทรีย์โดยใช้ ATR –FTIR ก่อนและหลังซัก 5 รอบ เปรียบเทียบกับผ้าฝ้าย ก) ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง ข) ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าก่อนซัก ค) ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าหลังซัก 5 รอบ ง) ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งก่อนซัก จ) ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งหลังซัก 5 รอบ

ตารางที่ 4.8 หมู่ฟังก์ชันของผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านและผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้ง

Functional group	Wavenumber (cm^{-1})					
	Reported*	ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่ง	น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนซัก	น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังซัก 5 รอบ	สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนซัก	สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังซัก 5 รอบ
C-X	760 - 500	555	551	555	551	555
C-O	1300 – 1050 (C-OH) 1250 – 1300 (COO-R)	1058 1307	1054 1312	1054 1312	1054 1316	1054 1312
C-C	1650 - 1600	1637	1646	1632	1641	1628
C-H	2925 - 2890	2896	2892	2900	2892	2892
O-H	3560 - 3000	3301	3305	3310	3292	3296

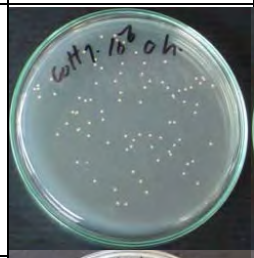
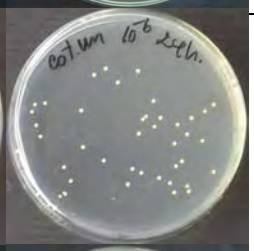
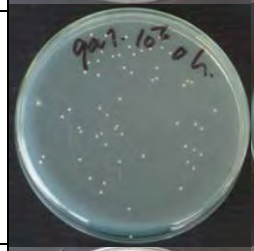
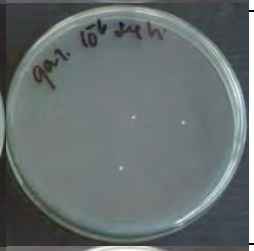
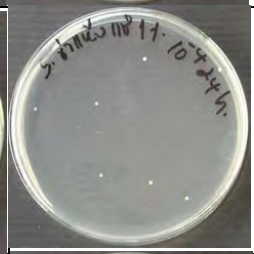
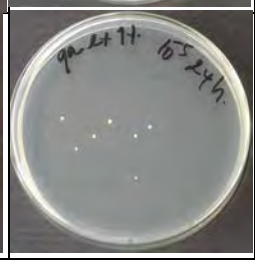
Reported* จากหนังสือ การประยุกต์สเปคโตรสโคปีในเคมีอินทรีย์ [29]

4.4.2 ความคงทนต่อแสง

โดยใช้น้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 และสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 ตกแต่งบนผ้าฝ้ายแล้วอาบแสงตามวิธี AATCC 16E-1998 จากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

จากตารางที่ 4.9 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 เมื่อผ่านการอาบแสง เป็นเวลา 20 ชั่วโมงแล้ว ยังสามารถต้านจุลินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 98.63 ซึ่งเป็นการต้านจุลินทรีย์ที่ใกล้เคียงกับก่อนการอาบแสง คือ ร้อยละ 99.98 ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 และผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งจะมีความต้านทานจุลินทรีย์ลดลง คือ ร้อยละ 91.95 เป็นร้อยละ 39.68 และร้อยละ 56.32 เป็นร้อยละ 38.09 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าไม่ต้านจุลินทรีย์ จึงสรุปได้ว่าสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 มีความคงทนต่อแสงดีมาก แต่น้ำมันหอมระเหยข่าไม่มีความคงทนของสารต่อแสง

ตารางที่ 4.9 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อแสง

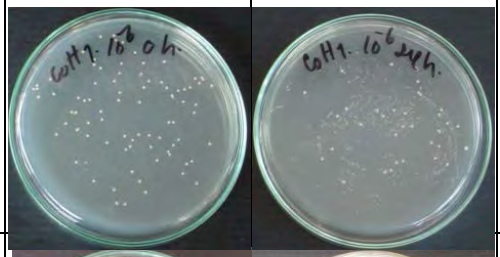
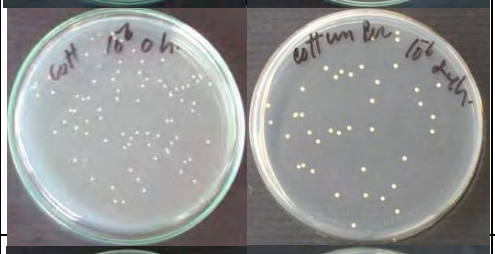
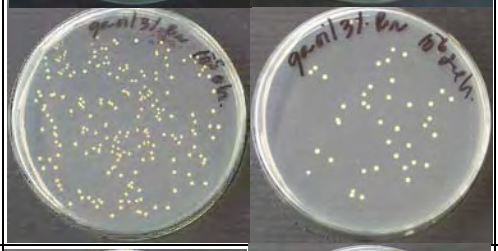
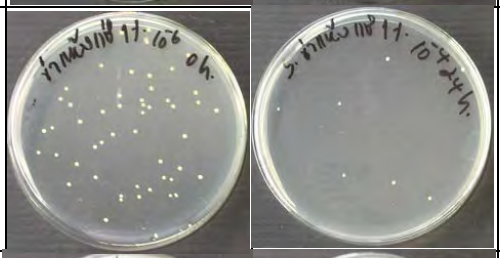
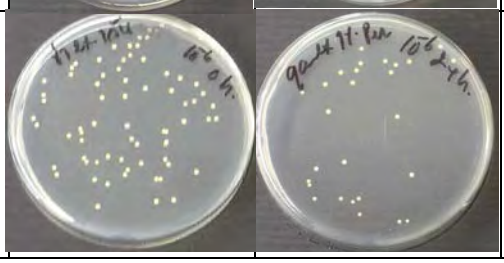
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนอาบแสง			56.32
ไม่ตกแต่ง หลังอาบแสง			38.09
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนอาบแสง			91.95
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังอาบแสง			39.68
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนอาบแสง			99.98
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังอาบแสง			98.63

4.4.3 **ความคงทนต่อเหงื่อ**

โดยใช้น้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 และสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 ตกแต่งบนผ้าฝ้ายแล้วแช่ในเหงื่อเทียมซึ่งเตรียมด้วยวิธี AATCC 15-1997 จากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

จากตารางที่ 4.10 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 เมื่อผ่านการแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมแล้ว ยังสามารถต้านจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 70.96 ซึ่งเป็นการต้านจุลินทรีย์ที่ลดลงจากก่อนแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม คือ ร้อยละ 99.98 ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 มีการต้านจุลินทรีย์ลดลง คือ จากร้อยละ 91.95 เป็นร้อยละ 54.16 ซึ่งถือว่าไม่ต้านจุลินทรีย์ แต่ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งหลังแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมมีการต้านจุลินทรีย์ใกล้เคียงกับก่อนแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม คือ จากร้อยละ 56.32 เป็นร้อยละ 57.77 ซึ่งถือว่าไม่แตกต่าง จึงสรุปได้ว่าสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 มีความคงทนต่อเหงื่อปานกลาง แต่น้ำมันหอมระเหยข่ามีความคงทนต่อเหงื่อต่ำ

ตารางที่ 4.10 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ

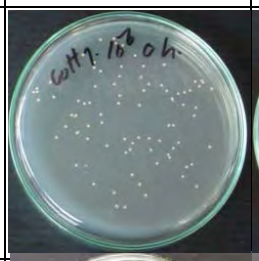
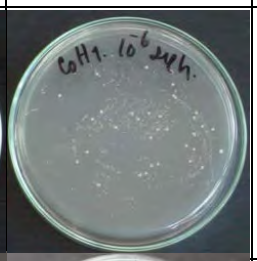
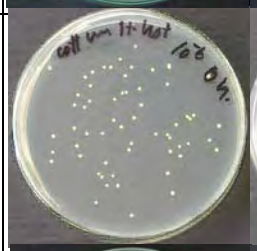
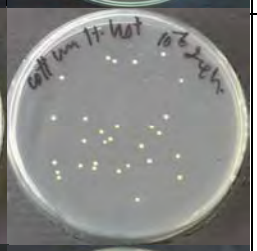
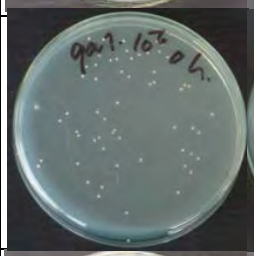
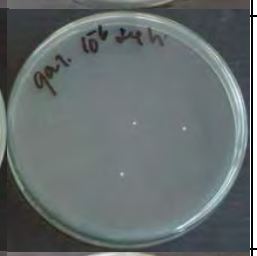
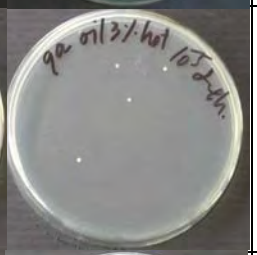
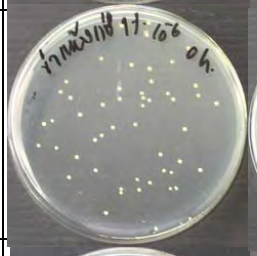
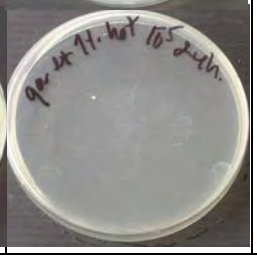
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนแช่เหงื่อเทียม			56.32
ไม่ตกแต่ง หลังแช่เหงื่อเทียม			57.77
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนแช่เหงื่อเทียม			91.95
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังแช่เหงื่อเทียม			54.16
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนแช่เหงื่อเทียม			99.98
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังแช่เหงื่อเทียม			70.96

4.4.4 ความคงทนต่อการรีดร้อน

โดยใช้น้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 และสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 ตกแต่งบนผ้าฝ้าย แล้วรีดร้อนด้วยวิธี AATCC133- 2002 จากนั้นนำไปทดสอบการต้านจุลินทรีย์โดยใช้เชื้อ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 และสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 เมื่อผ่านการรีดร้อนแล้ว ยังสามารถต้านจุลินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 99.55 และ 99.98 ตามลำดับ ซึ่งเป็นการต้านจุลินทรีย์ที่ใกล้เคียงกับก่อนผ่านการรีดร้อน คือ ร้อยละ 91.95 และ 99.98 ตามลำดับ ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งเมื่อผ่านการรีดร้อนแล้วจะมีการต้านจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น คือ จากร้อยละ 56.32 เป็นร้อยละ 71.42 เนื่องจากความร้อนเป็นการฆ่าเชื้อบนผ้าฝ้ายทำให้สามารถต้านจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น จึงสรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 และสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 มีความคงทนต่อการรีดร้อนดีมาก

ตารางที่ 4.11 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนรีดร้อน			56.32
ไม่ตกแต่ง หลังรีดร้อน			71.42
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนรีดร้อน			91.95
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังรีดร้อน			99.55
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนรีดร้อน			99.98
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังรีดร้อน			99.98

4.5 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้ง

4.5.1 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังซัก

จากตารางที่ 4.12 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งก่อนซักจะมีสีออกเหลืองเล็กน้อย โดยจะมีค่า b* สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุมีสีโทนเหลือง มีค่า YI-E313 ซึ่งเป็นค่าดัชนีความเหลืองของผ้าสูงที่สุด ในขณะที่ค่า WI-CIE ซึ่งเป็นค่าดัชนีความขาวของผ้าต่ำที่สุด และมีค่า ΔE มากกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสี ถ้ามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีความแตกต่างของสีมาก เนื่องจากสีของสารสกัดข่าแห้งมีสีน้ำตาลออกเหลือง ส่วนผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าทั้งก่อนและหลังซัก 5 รอบ และผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งหลังซัก 5 รอบ มีสีใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง โดยผ้าทุกผืนหลังผ่านการซักผ้าจะมีสีขาวขึ้น โดยการเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังซักแสดงในภาคผนวก จ

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังซัก

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	L*	a*	b*	WI-CIE	YI-E313	ΔE
ไม่ตกแต่ง ก่อนซัก	84.88	- 0.20	0.72	62.17	1.36	0
ไม่ตกแต่ง หลังซัก 5 รอบ	84.98	- 0.17	0.33	64.33	0.56	0.54
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนซัก	84.74	- 0.12	0.72	61.87	1.44	0.11
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังซัก 5 รอบ	85.25	- 0.20	0.37	64.63	0.62	0.49
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนซัก	84.60	- 0.29	1.50	57.71	2.92	1.19
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังซัก 5 รอบ	84.93	- 0.15	0.44	63.67	0.81	0.38

4.5.2 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังอาบแสง

จากตารางที่ 4.13 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งก่อนอาบแสงจะมีสีออกเหลืองเล็กน้อย โดยจะมีค่า b* สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุมีสีโทนเหลือง มีค่า YI-E313 ซึ่งเป็นค่าดัชนีความเหลืองของผ้าสูงที่สุด ในขณะที่ค่า WI-CIE ซึ่งเป็นค่าดัชนีความขาวของผ้าต่ำที่สุด และมีค่า ΔE มากกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสี ถ้ามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีความแตกต่างของสีมาก เนื่องจากสีของสารสกัดข่าแห้งมีสีน้ำตาลออกเหลือง ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งหลังอาบแสงจะมีสีเหลืองขึ้น โดยจะมีค่า b* และค่า YI-E313 สูงขึ้น ในขณะที่ค่า WI-CIE ต่ำลงใกล้เคียงกับสารสกัดข่าแห้งก่อนอาบแสง และมีค่า ΔE มากกว่า 1 แสดงว่ามีความแตกต่างของสีมาก ส่วนผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งสีหลังอาบแสงไม่แตกต่าง โดยการเปลี่ยนลีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังอาบแสงแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังอาบแสง

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	L*	a*	b*	WI-CIE	YI-E313	ΔE
ไม่ตกแต่ง ก่อนอาบแสง	84.89	- 0.17	0.73	62.17	1.39	0
ไม่ตกแต่ง หลังอาบแสง	84.87	- 0.14	0.70	62.25	1.36	0
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนอาบแสง	84.98	- 0.23	1.29	59.56	2.51	0.87
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังอาบแสง	84.96	- 0.36	1.51	58.38	2.88	1.23
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนอาบแสง	84.81	- 0.35	1.43	58.49	2.72	1.11
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังอาบแสง	84.94	- 0.22	1.34	59.19	2.64	0.95

4.4.3 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังผ่านการแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม

จากตารางที่ 4.14 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งก่อนแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมจะมีสีออกเหลืองเล็กน้อย โดยจะมีค่า b* สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุมีสีโทนเหลือง มีค่า YI-E313 ซึ่งเป็นค่าดัชนีความเหลืองของผ้าสูงที่สุด ในขณะที่ค่า WI-CIE ซึ่งเป็นค่าดัชนีความขาวของผ้าต่ำที่สุด และมีค่า ΔE มากกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสี ถ้ามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีความแตกต่างของสีมาก เนื่องจากสีของสารสกัดข่าแห้งมีสีน้ำตาลออกเหลือง ส่วนผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าทั้งก่อนและหลังแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม และผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งหลังแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมมีสีใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง โดยผ้าทุกผืนหลังผ่านการแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมผ้าจะมีสีขาวขึ้น โดยการเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังการแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	L*	a*	b*	WI-CIE	YI-E313	ΔE
ไม่ตกแต่ง ก่อนแช่เหงื่อเทียม	84.89	- 0.17	0.73	62.17	1.39	0
ไม่ตกแต่ง หลังแช่เหงื่อเทียม	84.68	-0.16	0.8	61.38	1.56	0.18
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนแช่เหงื่อเทียม	84.98	- 0.23	1.29	59.56	2.51	0.87
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังแช่เหงื่อเทียม	84.83	-0.15	0.75	61.92	1.47	0.09
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนแช่เหงื่อเทียม	84.81	- 0.35	1.43	58.49	2.72	1.11
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังแช่เหงื่อเทียม	84.72	-0.14	1.16	59.63	2.34	0.69

4.4.4 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังผ่านการรีดร้อน

จากตารางที่ 4.15 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งก่อนผ่านการรีดร้อนจะมีสีออกเหลืองเล็กน้อย โดยจะมีค่า b* สูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าวัตถุมีสีโทนเหลือง มีค่า YI-E313 ซึ่งเป็นค่าดัชนีความเหลืองของผ้าสูงที่สุด ในขณะที่ค่า WI-CIE ซึ่งเป็นค่าดัชนีความขาวของผ้าต่ำที่สุด และมีค่า ΔE มากกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสี ถ้ามีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีความแตกต่างของสีมาก เนื่องจากสีของสารสกัดข่าแห้งมีสีน้ำตาลออกเหลือง ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งหลังผ่านการรีดร้อนจะมีสีเหลืองขึ้น โดยจะมีค่า b* และค่า YI-E313 สูงขึ้น ในขณะที่ค่า WI-CIE ต่ำลงใกล้เคียงกับสารสกัดข่าแห้งก่อนการรีดร้อน และมีค่า ΔE มากกว่า 1 แสดงว่ามีความแตกต่างของสีมาก ส่วนผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งสีหลังผ่านการรีดร้อนไม่แตกต่าง โดยการเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งทั้งก่อนและหลังผ่านการรีดร้อนแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังผ่านการรีดร้อน

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	L*	a*	b*	WI-CIE	YI-E313	ΔE
ไม่ตกแต่ง ก่อนรีดร้อน	84.89	- 0.17	0.73	62.17	1.39	0
ไม่ตกแต่ง หลังรีดร้อน	84.88	-0.19	0.81	61.73	1.55	0.17
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนรีดร้อน	84.98	- 0.23	1.29	59.56	2.51	0.87
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังรีดร้อน	84.86	-0.4	1.5	58.22	2.83	1.24
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนรีดร้อน	84.81	- 0.35	1.43	58.49	2.72	1.11
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังรีดร้อน	85	-0.22	1.4	59	2.77	1.04

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. องค์ประกอบทางเคมีของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที มีมากที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดข่าแห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สารสกัดข่าสดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที, สารสกัดข่าสดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณของสารมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ที่สกัดได้และการลดพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในการสกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกการสกัดข่าจากข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับทำการทดลองต่อไป

2. ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งที่เหมาะสมในการตกแต่งต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้ายคือร้อยละ 3 และ 1 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยคำนึงถึงสมบัติต้านจุลินทรีย์และการระคายเคืองของผิวหนังที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อใช้ปริมาณสารดังกล่าวมากกว่าร้อยละ 5 ซึ่งทั้งสารสกัดข่าแห้งและน้ำมันหอมระเหยข่ามีประสิทธิภาพดีมากในการต้านจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย

3. น้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งที่ตกแต่งบนผ้าฝ้ายมีความคงทนต่อการซักดีเมื่อเทียบกับความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งก่อนซัก โดยไม่ต้องใช้สารประจุบวกช่วยในการยึดติดบนผ้าฝ้าย และมีความคงทนต่อการรีดร้อนใกล้เคียงกัน ในขณะที่สารสกัดข่าแห้งที่ตกแต่งบนผ้าฝ้ายมีความคงทนต่อแสงดี และมีความคงทนต่อเหงื่อดีกว่าน้ำมันหอมระเหยข่า

4. ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าก่อนและหลังซักและหลังแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมจะมีความขาวใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง แต่หลังจากผ่านการอาบแสงและการรีดร้อนผ้าจะมีสีเหลืองขึ้น ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งก่อนซัก หลังจากผ่านการอาบแสงและการรีดร้อนจะมีความเหลืองกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง แต่เมื่อผ่านการซักและแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียมจะมีสีใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สารสกัดข่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากวิธีการสกัดโดยการแช่ในตัวทำละลายเอทานอลเท่านั้น จึงควรศึกษาการสกัดด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ soxhlet apparatus เพื่อให้ได้สารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์มากกว่านี้ นอกจากนี้ควรศึกษาในด้านปริมาณ ค่าใช้จ่าย และการเก็บรักษาสารสกัดที่ได้เพื่อให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

2. จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบการต้านจุลินทรีย์ในงานวิจัยนี้ คือ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (gram positive) เท่านั้น จึงควรศึกษาการต้านจุลินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ เช่น *K. pneumoniae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ (gram negative) เพื่อให้ได้สารต้านจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพครอบคลุมจุลินทรีย์หลากหลายชนิด

รายการอ้างอิง

[1] มณฑา จันทร์เกตุเลี้ยด. วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : หอรัตนชัยการพิมพ์, 2541.

[2] Hansen, J. Toxic Chemicals in Building Materials. Healthy Building Network. May 2008 : 1-14.

[3] วีรศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[4] United States Department of Agriculture. Cotton[Online]. Available from : http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm [4 June 2009].

[5] Wikipedia, the free encyclopedia. Cellulose-2D-skeletal[Online]. Available from : http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cellulose-2D-skeletal.svg [4 June 2009].

[6] อภิชาต สนธิสมบัติ. Textile processing กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2545.

[7] บริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด. Galangal oil. Certificate of analysis 2008 : 1-5.

[8] วันดี กฤษณพันธ์. สมุนไพรสารพัดประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2538.

[9] พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และคณะ. โครงการทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกฉียงใต้. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.

[10] Mukul Z. Galangal[Online]. Find Me A Cure Alternative Medicine, 2007. Available from : http://findmeacure.com/2007/07/02/galangal/ [4 June 2009].

[11] กุศล เอี่ยมอรุณ. ข่า[ออนไลน์]. โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี แหล่งที่มา : http://www.skn.ac.th/skl/project/spice87/a12.htm [25 พฤษภาคม 2552].

[12] สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. ข่า[ออนไลน์]. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. แหล่งที่มา : http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/alpinia.html [15 กรกฎาคม 2552].

[13] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. สารสกัดจากสมุนไพร โครงการศึกษาและจัดทำแบบอย่างการลงทุนอุตสาหกรรมเฉพาะเรื่อง,รายงานฉบับสมบูรณ์.. 1-14. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2546.

[14] รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล. การเตรียมสารสกัดสมุนไพร. เกษตรกรรมธรรมชาติ 11(2549) : 28-39.

[15] สิริลักษณ์ มาลานิยม. น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย. สมอ สาร ปีที่ 28 เล่มที่ 325(กรกฎาคม 2545) : 3-6.

[16] คมสัน หุตะแพทย์. การสกัดน้ำมันหอมระเหย การใช้ประโยชน์ และการทำผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2551.

[17] สิริวรรณ กิติเนาวรัตน์. สารต้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ. Colourway 8 No.46 (May-June 2003) : 58-62.

[18] Gao. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. Textile Research Journal (Jan 2008).

[19] อรฤทัย ภิญญาคง. การตรวจสอบสมบัติการต้านการเจริญของจุลินทรีย์สำหรับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ. Colourway 45 No.68 (January-February 2007) : 399-342.

[20] Oonmetta-aree, J., et al. Antimicrobial properties and action of galangal (Alpinia galanga Linn.) on *Staphylococcus aureus*. Food Science and Technology 39 (2006) : 1214-1220.

[21] Khantha, B.,et al. Inhibitory effects of five essential oil extracted from Zingiberaceae on growth of *Aspergillus flavus*. Agriculture Science Journal 38 No.6 (2007) : 29-32.

[22] Khewkhom, N., et al. In vitro Antifungal Activity of some Well-Known Spices against Plant Pathogenic Fungi. Agriculture Science Journal 38 No.6 (2007) : 70-74.

[23] นพัต จันทรวิสูตร และ เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์. การยับยั้งการเจริญของเชื้อราจากข่าที่ผสมในเค้ก. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) ปีที่ 3 เล่มที่ 1 (2547/2004) : 19 - 34.

[24] Mayachiew, P. and Devahastin, S. Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. Food Science and Technology 41 (2007) : 1153-1159.

[25] Chaisawadi, S., et al. Comparative study on oil extraction process of Thai's herb: galangal and lemon grass by using steam distillation and alcohol extraction. 31st Congress on Science and Technology of Thailand. Suranaree University of Technology, 18-20 October 2005.

[26] Hana, S. and Yanga, Y. Antimicrobial activity of wool fabric treated with curcumin. Dye and Pigments 64(2005) : 157-161.

[27] Caer Equipment, University of Kentucky [Online]. Available from : http://www.caer.uky.edu/services/equipmentpages/catalysisequip images.html

[28] Chinaplas [Online]. Available from : http://www.chinaplasonline.com/ExhibitorDB/lang-eng/NewExhibits.aspx [15 July 2009].

[29] วิชัย ริ้วตระกูล และคณะ. การประยุกต์สเปกโตรสโครปีในเคมีอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ห้องเรียน, 2526.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

น้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า จากบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย – จีน จำกัด

Cetificate of analysis [7]

Date : 17/12/2008

Product name : Galangal oil

Product code : 3350 – 40018

Reference no. : 0004/2008

Batch no. : 5112436/1812

Production : This essential oil is obtained by steam distillation of *Alpinia galanga*

Colour and Appearance : Colourless to lemon-yellow and clear liquid

Odour : Fresh, Spicy – camphoraceous odour

Specific gravity (20/20°C) : 0.8950 – 0.9150

Refractive index (20°C) : 1.4610 – 1.4810

Principal Constituents : 1,8 – cineole 55%, caryophyllene 5%, terpinene – 4 – ol 3.5%

Solubility : Very soluble in ethanol

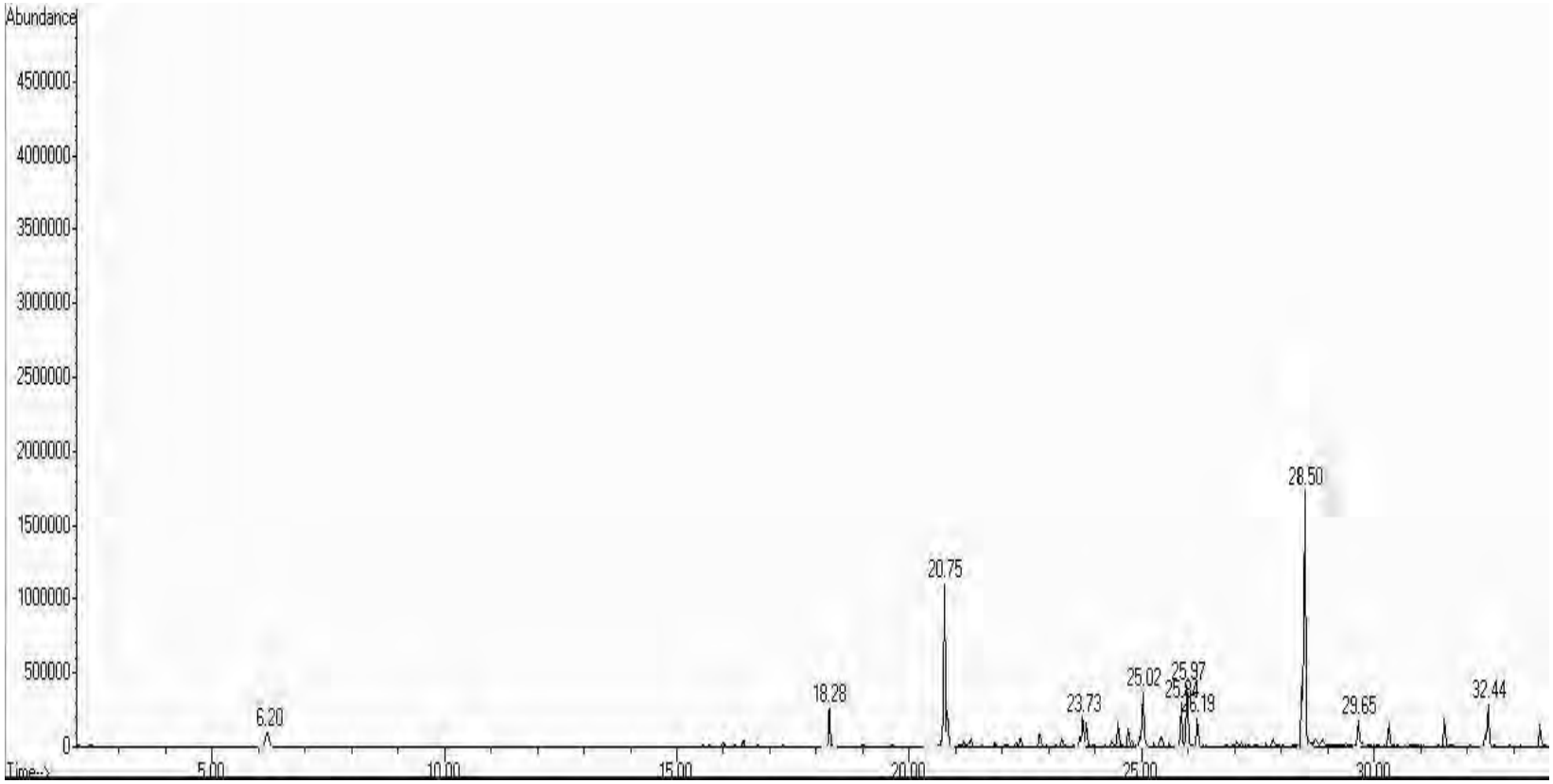
Uses : 0.5-5.0 %

Storage : Keep in cool preferably at about 20 -25°C, dry place at and protect from light. Keep containers tightly sealed.

Shelf life : 24 months quality should be checked visually and olfactory before each use and fully checked after the shelf life period.

ภาคผนวก ข

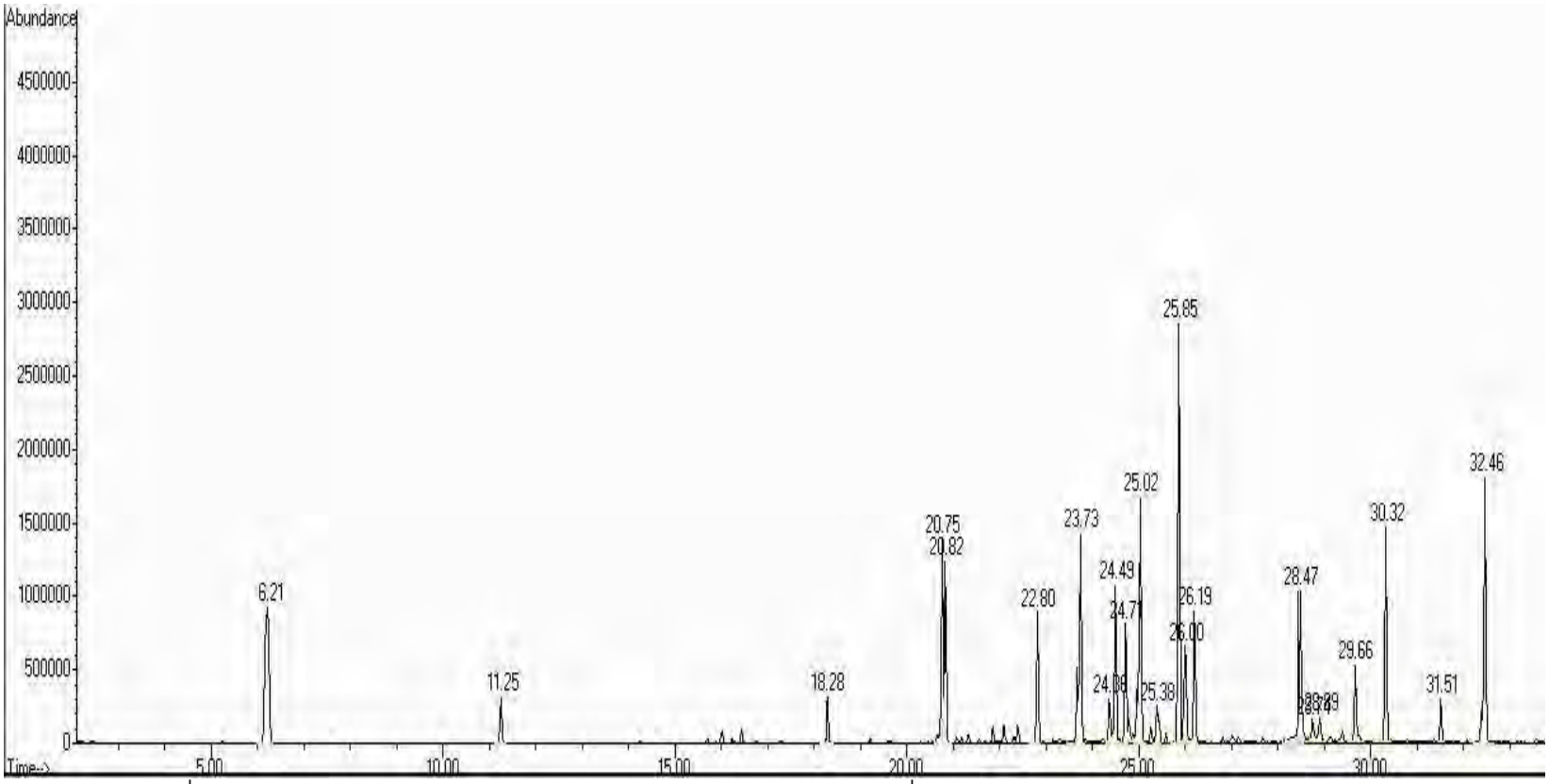
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดข่าด้วยเทคนิค GC-MS



รูปที่ ข.1 โครมาโตแกรมจาก GC-MS ของสารสกัดข่าสดด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ ข.1 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดข่าสดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

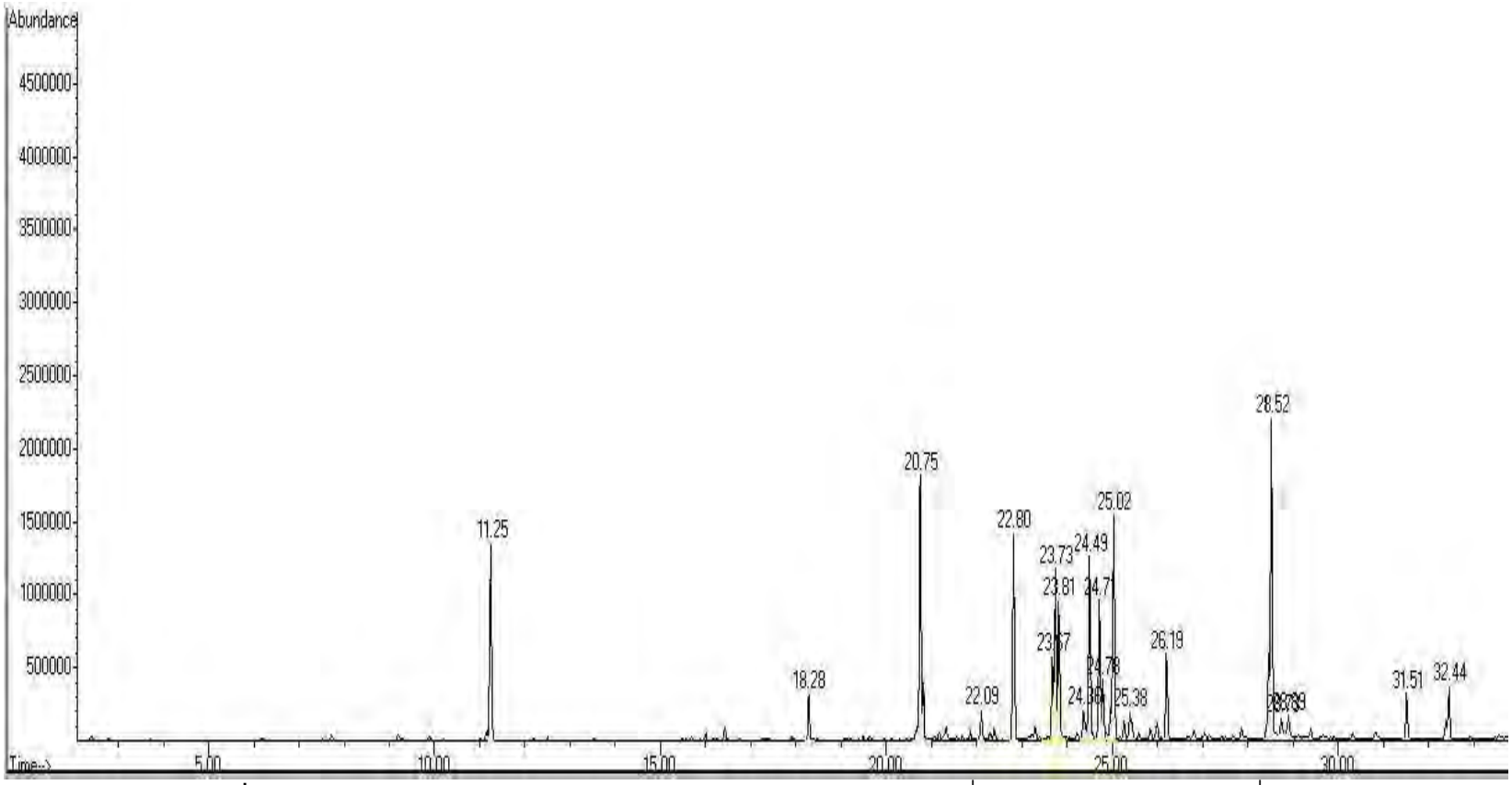
ลำดับที่	Retention Time (นาที)	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณองค์ประกอบ (ร้อยละ)
1	6.2	Bicycle-octa-1,3,5-triene (CAS) Cinnaminol Ci	3.25
2	18.28	chavicol	3.81
3	20.75	2-cyclopenten-1-one, 4-hydroxy-3-methyl-2-(2-propenyl)- (CAS)	21.66
4	23.73	farnesene	4.24
5	25.02	ß-bisabolene	7.89
6	25.84	benzenamine, N,N-diethyl-4-nitroso (CAS)	4.57
7	25.97	imidazole, 5-methyl-4-trifluoromethyl	8.03
8	26.19	germacrene B	3.24
10	28.5	2-(2-ethylphenyl)-1,3-dioxolane	34.15
11	29.65	phenol, 4-(3-hydroxy-1-propenyl) (CAS)	3.4
12	32.44	benzofurancarboxylic acid, 2,3-dihydro-2-methyl-, methyl ester (CAS)	5.77



รูปที่ ข.2 โครมาโตแกรมจาก GC-MS ของสารสกัดข่าสดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

ตารางที่ ข.2 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดข่าสดด้วยเอทานอลที่ 60 องศาเซลเซียส 45 นาที

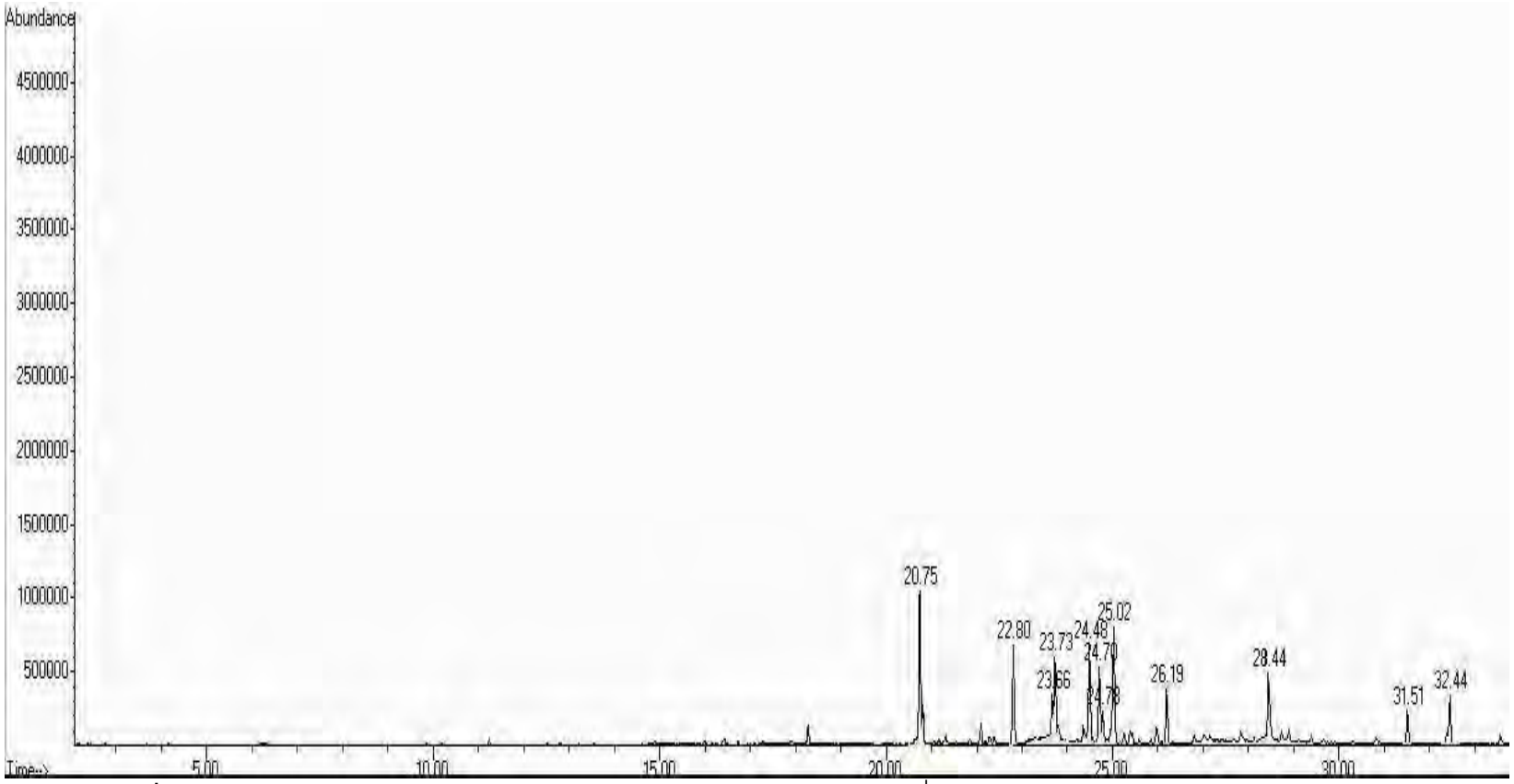
ลำดับที่	Retention Time (นาที)	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณองค์ประกอบ (ร้อยละ)
1	6.22	styrene ethenylbenzene vinyl benzene	9.04
2	11.25	1,8-cineole	1.34
3	18.28	chavicol	1.23
4	20.75	2-(2-propenyl)- (CAS)	6.25
5	20.82	4-allylphenyl acetate	4.54
6	22.8	caryophyllene	3.23
7	23.73	farnesene	8.07
8	24.36	ß-cubene	1.55
9	24.49	.ß-selinene	4.65
10	24.71	α-selinene	3.6
11	25.02	ß-bisabolene	9.21
12	25.38	ß-sesquiphellandrene	1.7
13	25.86	benzenamine, N,N-diethyl-4-nitroso	12.35
14	26	2,4,6-trimethyl-1,3-benzenediamine	4.11
15	26.19	germacrene B	3.76
16	28.47	3-methoxyacetanilide acetamide,	4.85
17	28.74	6(E),8(E)-heptadecadiene	0.91
18	28.9	8-heptadecene	1.13
19	29.66	phenol, 4-(3-hydroxy-1-propenyl)-(CAS)	2.39
20	30.32	2-(2-ethylphenyl)-1,3-dioxolane	5.99
21	31.51	5-ethyl-5-(2-furyl)barbituric acid	1.16
22	32.46	methyl 2,3-dihydro-2-methylbenzofuran-4-carboxylate	8.43



รูปที่ ข.3 โครมาโตแกรมจาก GC-MS ของสารสกัดข่าแห้งด้วยเอทานอล ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ ข.3 ส่วนประกอบของสารสกัดข่าแห้งด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

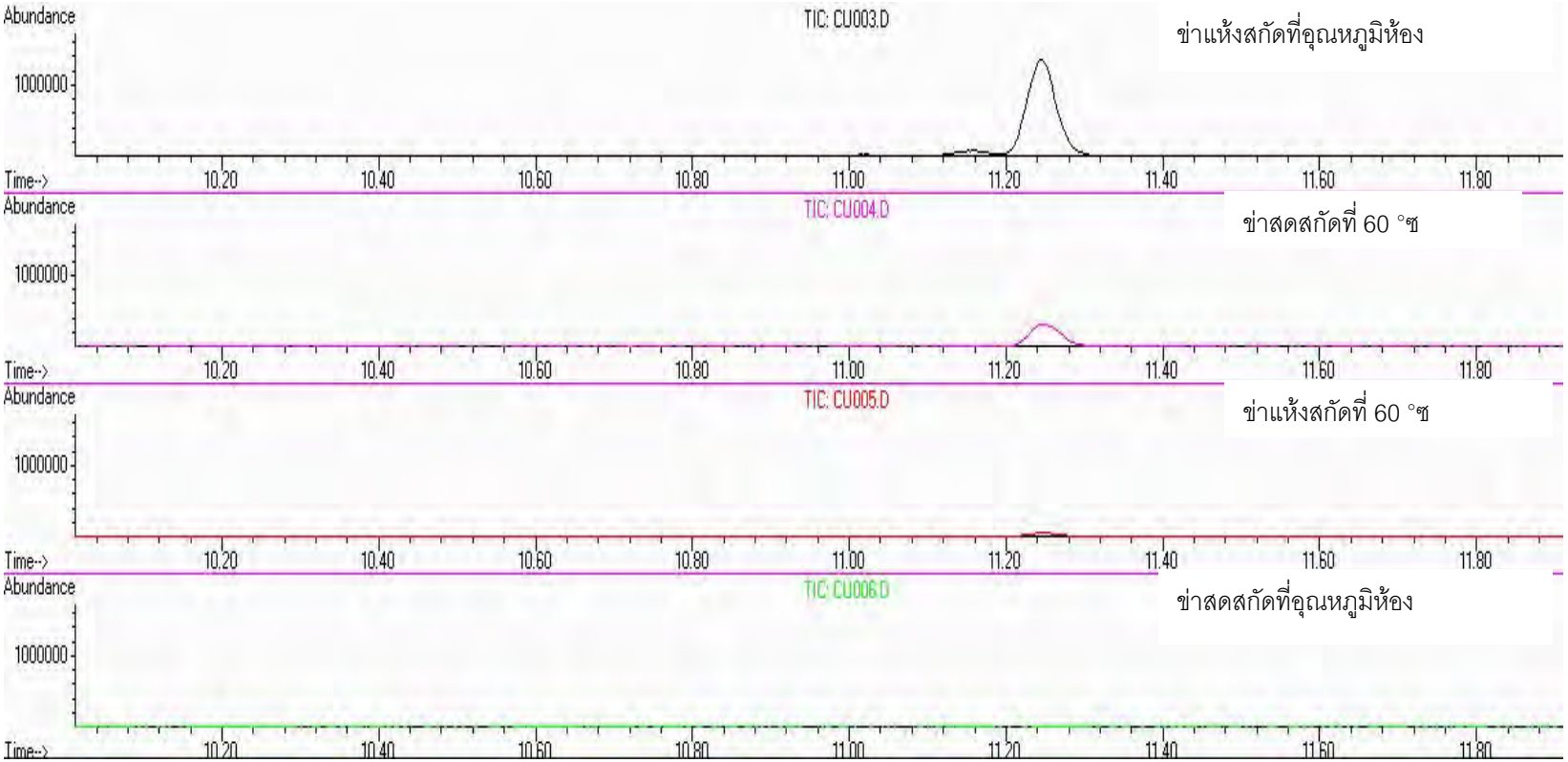
ลำดับที่	Retention Time (นาที)	องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณองค์ประกอบ (ร้อยละ)
1	11.25	1,8-cineole	7.32
2	18.28	chavicol	1.6
3	20.75	7,7-dimethyl-2-methoxy norborn	12.45
4	22.09	ß-elemene	1.15
5	22.8	caryophyllene	7.91
6	23.66	α-humulene	3.27
7	23.73	farnesene	6.55
8	23.81	ethyl-6-oxo-3aH-indene-3a-carbaldehyde	5.49
9	24.36	germacrene D	1.28
10	24.48	ß-selinene	7.6
11	24.71	α-selinene	5.4
12	24.78	pentadecane (CAS), n-pentadecane	2.32
13	25.02	ß-bisabolene	10.27
14	25.38	ß-sesquiphellandrene	1.61
15	26.19	germacrene B	3.3
16	28.51	2-(2-ethylphenyl)-1,3-dioxolane	15.07
17	28.73	6(E),8(E)-heptadecadiene	1.12
18	28.89	8-heptadecene	1.39
19	31.51	2-n-propoxy-6-methoxy-7-methyl-7H purine	1.57
20	32.44	methyl 2,3-dihydro-2-methylbenzofu ran-4-carboxylate	1.86
21	34.73	hexadecanoic acid (CAS), palmitic acid	1.47



รูปที่ ข.4 โครมาโตแกรมจาก GC-MS ของสารสกัดข่าแห้งสกัดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

ตารางที่ ข.4 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดข่าแห้งด้วยเอทานอลที่ 60 องศาเซลเซียส 45 นาที

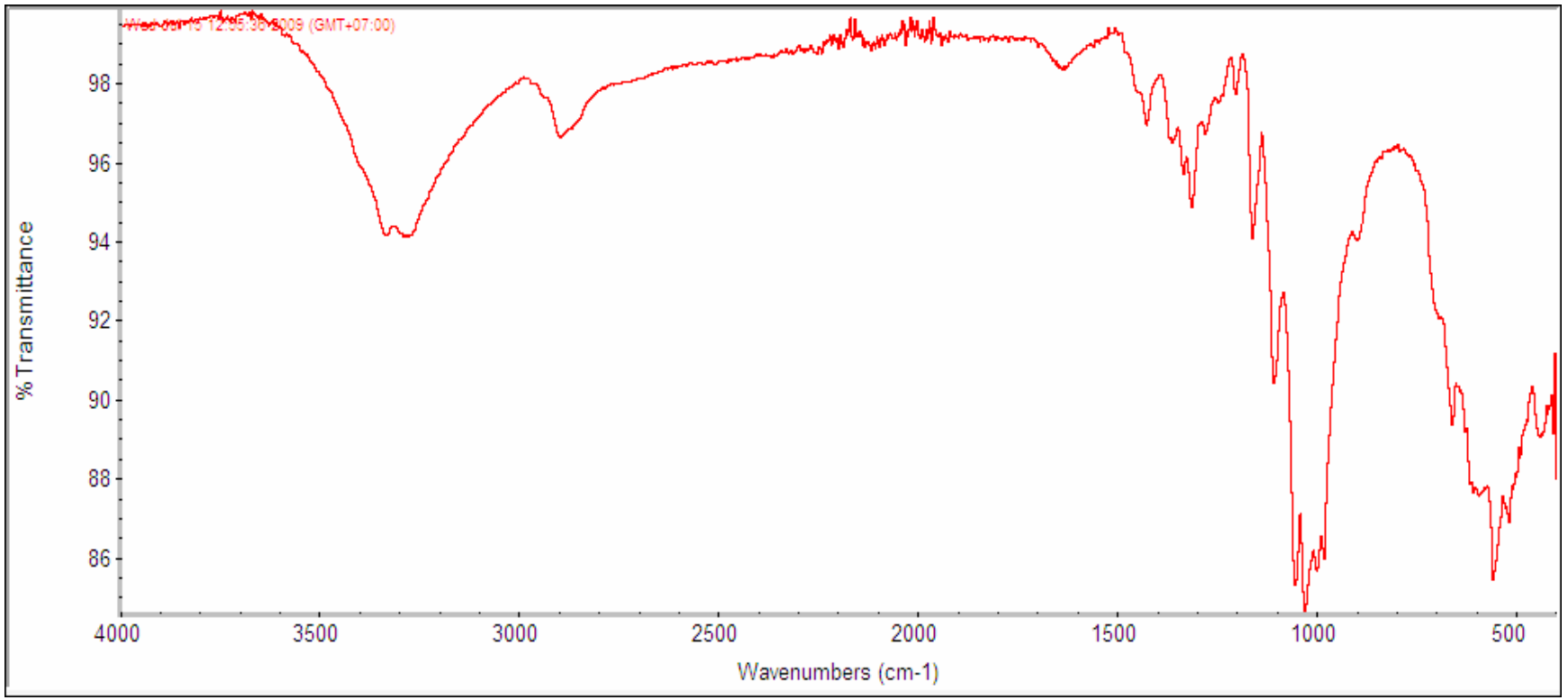
ลำดับที่	Retention Time(นาที)	ส่วนประกอบ	ปริมาณส่วนประกอบ (ร้อยละ)
1	20.75	7,7-dimethyl-2-methoxy norborn	18.7
2	22.8	caryophyllene	9.04
3	23.66	α-humulene	7.77
4	23.73	farnesene	10.34
5	24.48	ß-selinene	10.11
6	24.7	α-selinene	7.29
7	24.78	pentadecane	2.83
8	25.02	ß-bisabolene	12.29
9	26.19	germacrene B	4.93
10	28.44	5-methyl-2-(propylamino)oxazole-4-carbonitrile	8.16
11	31.51	2-n-propoxy-6-methoxy-7-methyl-7H-purine	2.9
12	32.44	2-Propyl-4,7-dimethylindanone	5.65



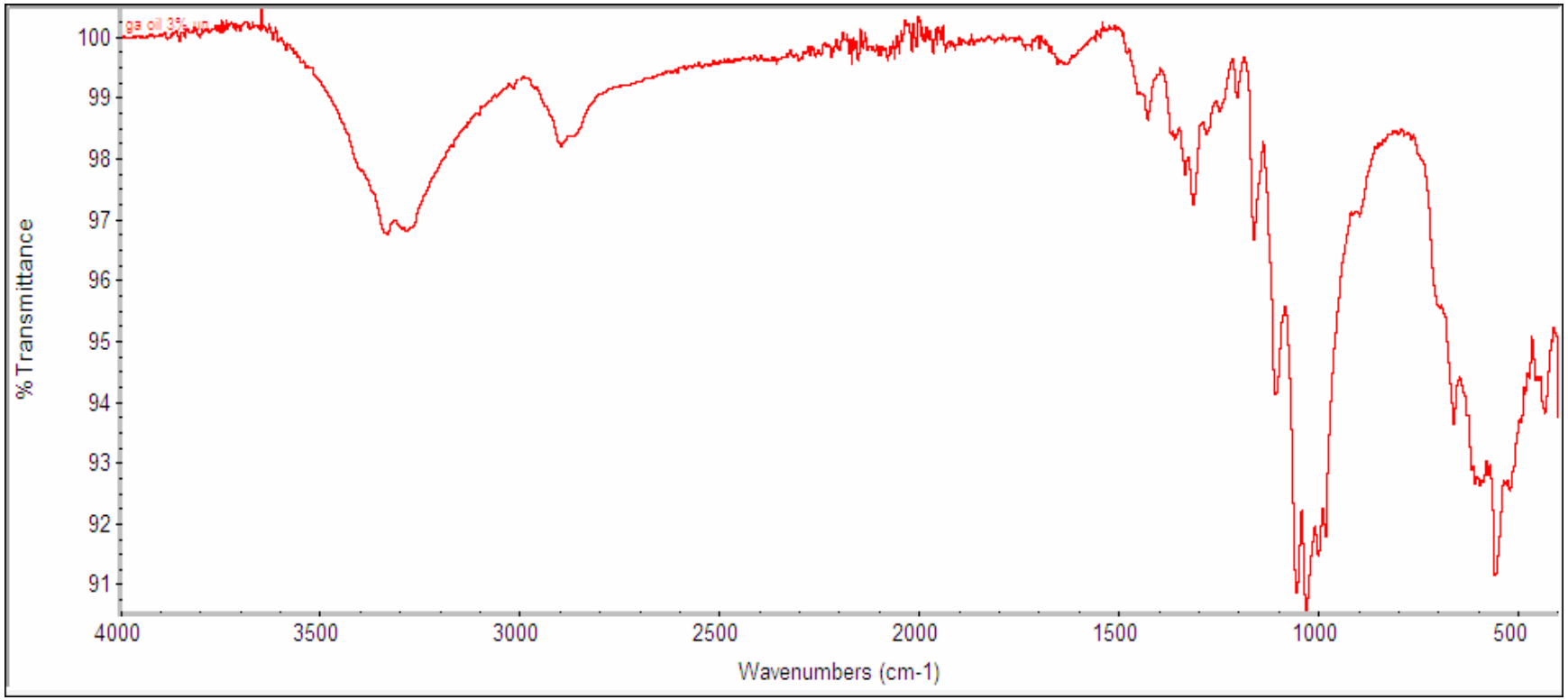
รูปที่ ข.5 โครมาโตแกรมจาก GC-MS ของสารสกัดข่าที่สกัดด้วยวิธีต่างๆ โดยเปรียบเทียบปริมาณของสาร 1,8-cineole ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยข่าทางการค้า

ภาคผนวก ค

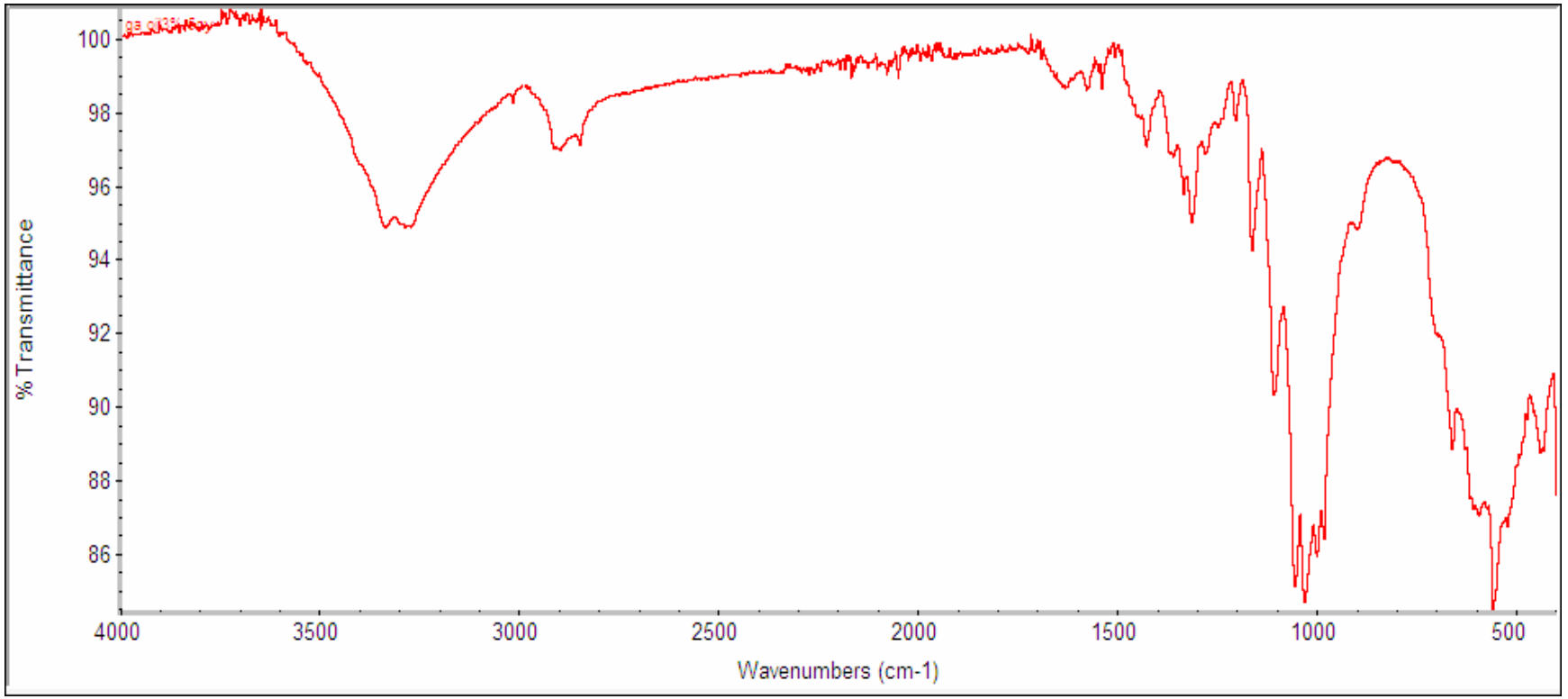
การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์ก่อนและหลังซัก ด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)



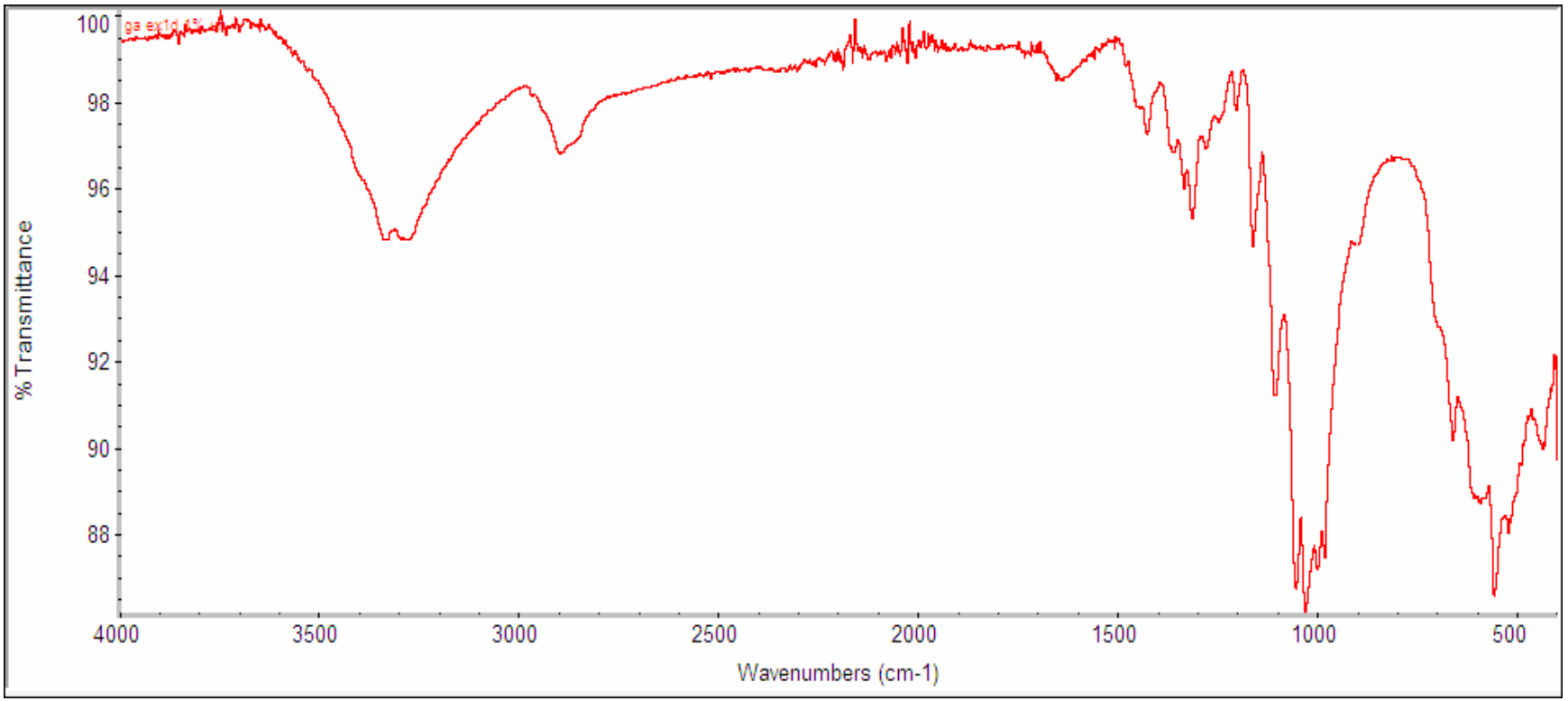
รูปที่ ค.1 FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์



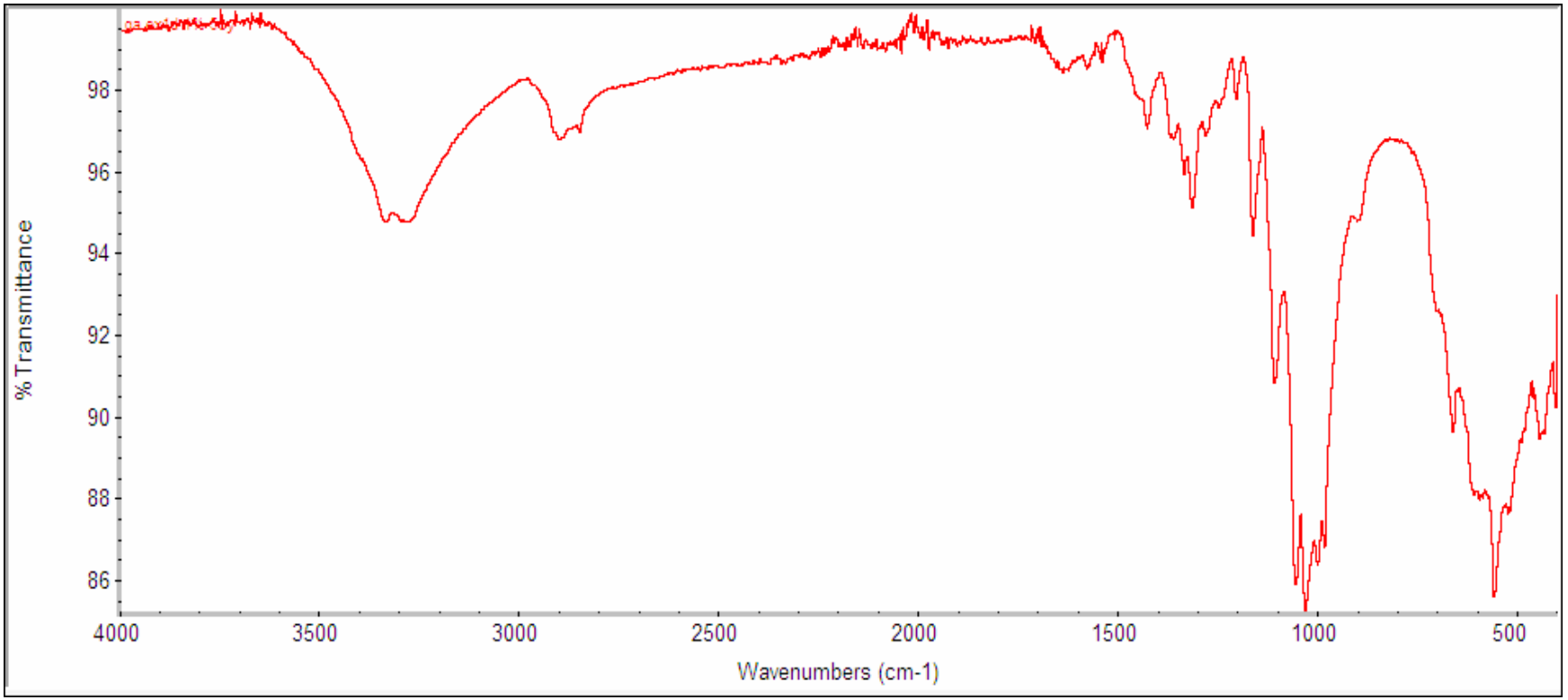
รูปที่ ค.2 FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าก่อนซัก



รูปที่ ค.3 FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าหลังซัก 5 รอบ



รูปที่ ค.4 FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งก่อนซัก



รูปที่ ค.5 FT-IR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสกัดข่าแห้งหลังซัก 5 รอบ

ภาคผนวก ง

ประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ *S. aureus* ตามมาตรฐาน AATCC 100-1999 ของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งต้านจุลินทรีย์

ตารางที่ ง.1 การต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยข่าบนผ้าฝ้าย ที่ความเข้มข้นต่างกัน ก่อนซัก

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
1	2.8×10^8	4.1×10^7	85.35
3	4.1×10^8	$3.3x\ 10^7$	91.95
5	4.0×10^8	3.3×10^7	91.75
10	1.5×10^8	1.0×10^6	99.33

ตารางที่ ง.2 การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้ายที่สกัดจากข่าสดและข่าแห้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ก่อนซัก

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดข่า		จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง		8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
ข่าสด	อุณหภูมิห้อง (24 ชั่วโมง)	5.4×10^8	2.4×10^7	95.55
	60°ซ (45 นาที)	2.2×10^8	0	100
ข่าแห้ง	อุณหภูมิห้อง (24 ชั่วโมง)	8.3×10^8	9.0×10^4	99.98
	อุณหภูมิห้อง (72 ชั่วโมง)	2.6×10^8	2.0×10^4	99.99
	60°ซ (45 นาที)	1.1×10^8	0	100

ตารางที่ ง.3 การต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดข่าบนผ้าฝ้ายที่สกัดด้วยวิธีการใช้ข่าแห้งสกัดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้อง ในเวลา และความเข้มข้นต่างๆ

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ผ้าฝ้ายที่ไม่ตกแต่ง	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
0.5 (แช่ 24 ชั่วโมง)	3.7×10^8	1.0×10^8	72.97
1 (แช่ 24 ชั่วโมง)	8.3×10^8	9.0×10^4	99.98

ตารางที่ ง.4 ความคงทนต่อการซักล้างของน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 บนผ้าฝ้ายที่ไม่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวก

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนซัก	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
ไม่ตกแต่ง หลังซัก 5 รอบ	6.2×10^8	6.5×10^7	89.5
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนซัก	4.1×10^8	3.3×10^7	91.95
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังซัก 5 รอบ	5.9×10^8	4.4×10^7	92.54

ตารางที่ ง.5 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าร้อยละ 3 บนผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยสารประจุบวก ต่อการซักล้าง

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนซัก	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
ไม่ตกแต่ง หลังซัก 5 รอบ	6.2×10^8	6.5×10^7	89.5
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% + สารประจุบวก ก่อนซัก	7.9×10^8	1.2×10^7	98.48
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% + สารประจุบวก หลังซัก 5 รอบ	8.3×10^8	3.3×10^7	96.02
สารประจุบวกก่อนซัก	4.0×10^7	0	100

ตารางที่ ง.6 ความคงทนของสารสกัดข่าแห้งร้อยละ 1 บนผ้าฝ้ายต่อการซักล้าง

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนซัก	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
ไม่ตกแต่ง หลังซัก 5 รอบ	3.7×10^8	1.0×10^8	89.5
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนซัก	8.3×10^8	9.0×10^4	99.98
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังซัก 5 รอบ	2.4×10^8	3.0×10^6	98.75

ตารางที่ ง.7 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อแสง

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนอาบแสง	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
ไม่ตกแต่ง หลังอาบแสง	6.3×10^8	3.9×10^8	38.09
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนอาบแสง	4.1×10^8	3.3×10^7	91.95
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังอาบแสง	8.2×10^8	2.8×10^8	39.68
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนอาบแสง	8.3×10^8	9.0×10^4	99.98
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังอาบแสง	5.5×10^8	8.6×10^6	98.63

ตารางที่ ง.8 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อเหงื่อ

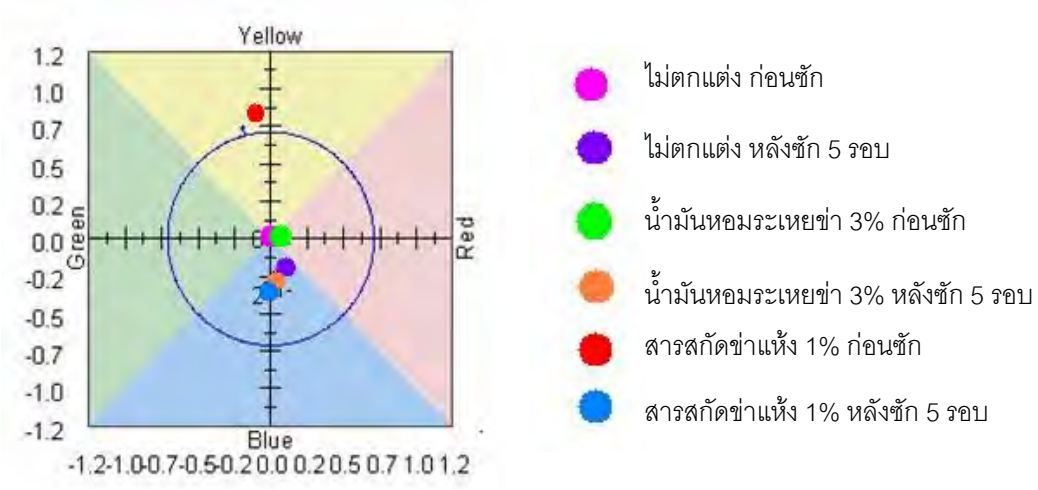
ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนแช่เหงื่อเทียม	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
ไม่ตกแต่ง หลังแช่เหงื่อเทียม	9.0×10^8	3.8×10^8	57.77
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนแช่เหงื่อเทียม	4.1×10^8	3.3×10^7	91.95
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังแช่เหงื่อเทียม	9.6×10^8	4.4×10^8	54.16
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนแช่เหงื่อเทียม	8.3×10^8	9.0×10^4	99.98
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังแช่เหงื่อเทียม	9.3×10^8	2.7×10^8	70.96

ตารางที่ 4.10 ความคงทนของน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งบนผ้าฝ้ายต่อการรีดร้อน

ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งต้านจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 0 ชั่วโมง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/mL) ที่ 24 ชั่วโมง	การลดลงของจุลินทรีย์ (ร้อยละ)
ไม่ตกแต่ง ก่อนรีดร้อน	8.7×10^8	3.8×10^8	56.32
ไม่ตกแต่ง หลังรีดร้อน	9.8×10^8	2.8×10^8	71.42
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% ก่อนรีดร้อน	4.1×10^8	3.3×10^7	91.95
น้ำมันหอมระเหยข่า 3% หลังรีดร้อน	8.3×10^8	3.7×10^6	99.55
สารสกัดข่าแห้ง 1% ก่อนรีดร้อน	8.3×10^8	9.0×10^4	99.98
สารสกัดข่าแห้ง 1% หลังรีดร้อน	9.0×10^8	2.0×10^5	99.98

ภาคผนวก จ

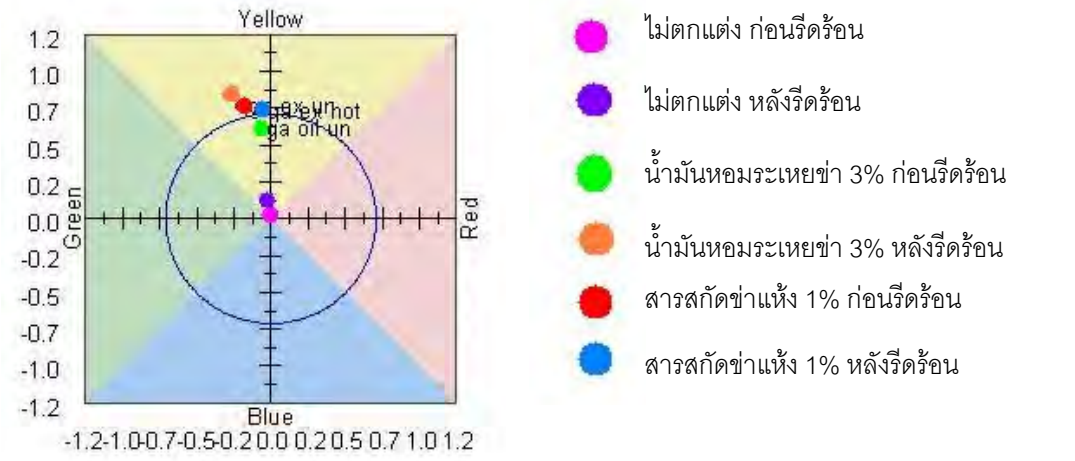
การเปลี่ยนสีของผ้าฝ้ายก่อนและหลังตกแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้ง



รูปที่ จ.1 CIELab ของผ้าฝ้ายก่อนและภายหลังการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังซัก

รูปที่ จ.2 CIELab ของผ้าฝ้ายก่อนและภายหลังการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังอาบแสง

รูปที่ จ.3 CIELab ของผ้าฝ้ายก่อนและภายหลังการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังการแช่ด้วยสารละลายเหงื่อเทียม



รูปที่ จ.4 CIELab ของผ้าฝ้ายก่อนและภายหลังการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันหอมระเหยข่าและสารสกัดข่าแห้งทั้งก่อนและหลังการรีดร้อน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจิตต์โสภา เฉลียวศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งทอ จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2549 หลังจากนั้นศึกษาหลังจากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550 และสำเร็จการศึกษาในภาคต้นปีการศึกษา 2552