



การพัฒนาโรมาเธอราปีคอมพอสิตจากเศษผ้าเหลือทิ้ง
The Development of Aromatherapy Composite from
Textile Waste

นิศาชล เกตุสุวรรณ
Nisachon Ketsuwan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การพัฒนาโรมาเธอราปีคอมพอลิตจากเศษผ้าเหลือทิ้ง

นิศาชล เกตุสุวรรณ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏกรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏกรุงเทพมหานคร

THE DEVELOPMENT OF AROMATHERAPY COMPOSITE FROM
TEXTILE WASTE

NISACHON KETSUWAN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE MASTER DEGREE OF SCIENCE DEPARTMENT OF TEXTILE
INNOVATION FACULTY OF TEXTILE INDUSTRIES
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP
ACADEMIC YEAR 2018
COPYRIGHT OF RAJAMANGALA UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP

หน้าลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะ
อุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์
ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ และข้อความต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่
มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า



นางสาวนิศาชล เกตุสุวรรณ
(ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์)

COPYRIGHT © 2018

ลิขสิทธิ์ พ.ศ 2561

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP

FACULTY OF TEXTILE INDUSTRIES

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาโอโรมาเธอราปีคอมพอสิตจากเศษผ้าเหลือทิ้ง

โดย

นางสาวนิศาชล เกตุสุวรรณ

สาขาวิชา

นวัตกรรมสิ่งทอ

ปีการศึกษา

2561

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อนุมัติให้
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานวัตกรรมสิ่งทอ

..... คณบดีคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทรานิษฐ์ สิทธิพันธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ ไชยยะ)

..... กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ปราบพาล)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ ไชยยะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ปราบพาล และรองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ ประธานและกรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ที่ร่วมเรียนมาด้วยกัน คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทดลองทำวิจัยนี้ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโรรามาเธอราปีคอมพอสิตจากเศษผ้าเหลือทิ้ง
นักศึกษา	นางสาวนิศาชล เกตุสุวรรณ
สาขาวิชา	นวัตกรรมสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ การพัฒนาโรรามาเธอราปีคอมพอสิตจากเศษผ้าเหลือทิ้ง ทดลอง โดยนำเศษผ้ามาผ่านกระบวนการฉีกและสับเพื่อให้ได้เส้นใย ศึกษาอัตราส่วนของใยผ้าจากเศษผ้า (10-30 กรัม) กับสารละลายแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 2-3) ในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิต ศึกษาความเข้มข้นของน้ำยางพาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตจากใยเศษผ้า (ร้อยละ 10-50) ศึกษารูปแบบการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพารา (อิมัลชัน และไมโครเอนแคปซูเลชัน) ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นคอมพอสิต คือใช้เส้นใยจากเศษผ้า 10 กรัม ขึ้นรูปด้วย สารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 2 อัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที เคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 30 โดย น้ำหนัก แผ่นคอมพอสิตที่ได้มีผิวหน้าเรียบ มีสมบัติกันน้ำ และมีค่าการยึดติดของแผ่นคอมพอสิตที่ดี มากในระดับ 5 โดยไม่มีเศษวัสดุหลุดจากผิวหน้า มีค่าการดูดซึมน้ำในเวลา 416.20 ± 12.95 วินาที มีความหนาแน่น 0.24 ± 0.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การผสมน้ำมันหอมระเหยในรูปอิมัลชัน สามารถกักเก็บน้ำมันหอมระเหยในแผ่นคอมพอสิตได้ดีกว่าการผสมน้ำมันหอมระเหยในรูปไมโคร แคปซูล โดยที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลาหนึ่งชั่วโมงมีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 30.69 ± 2.75

คำสำคัญ : วัสดุคอมพอสิต เศษผ้าเหลือทิ้ง น้ำยางพารา น้ำมันหอมระเหย สุกคนธำบัต

Thesis Title	The Development of Aromatherapy Composite from Textile Waste
Student	Miss Nisachon Ketsuwan
Advisor	Asst. Prof. Khanittha Charoenlarp
Academic Year	2018

Abstract

The objective of this research was to develop aromatherapy composite from textile waste. Experiment by bringing the rag through the shred and chopping process to get the fiber. Studied the ratio of cotton fiber from rag (10-30 grams) with tapioca starch solution (2-3 percent) in forming a composite sheet. Studied the concentration of latex that is suitable for composite coating. And studied the method of mixing essential oils with latex (emulsions and micro-encapsulation). The results showed that the optimum condition for preparing the composite sheet was to use 10 grams of fiber forming with 2 percent concentrated tapioca starch solution at a pressure of 600 kg per square centimeter and coating it with latex at a concentration of 30 percent by weight. The cotton fiber composite sheet has a smooth surface with waterproof properties and has a very good adhesion. Composite sheets had good adhesion at level 5 with no debris from the surface. This composite sheet absorbed water at a time of 416.20 ± 12.95 seconds and a density of 0.24 ± 0.04 grams per cubic centimeter. The combination of essential oils in the form of emulsions could store essential oils in the composite sheet better than the mixing of essential oils in the form of microcapsules. At a temperature of 45 degrees Celsius for one hours, the composites coated with an emulsion essential oil release 30.69 ± 2.75 percent essential oil.

Keywords: Composite Material; Textile Waste, Latex, Essential oil, Aromatherapy

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เศษวัสดุสิ่งทอเหลือทิ้ง (textile material waste)	4
2.2 วัสดุคอมพอสิต	11
2.3 สุนทรบำบัด (aromatherapy)	16
2.4 อิมัลชัน	32
2.5 ไมโครเอนแคปซูเลชัน	35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	42
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	42
3.2 วิธีดำเนินการ	43
3.3 การทดสอบ	45
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	48
4.1 การเตรียมใยจากเศษผ้าฝ้ายปลายไม้	48
4.2 การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า	49
4.3 รูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยาล้างจานในการเคลือบ ผิวนคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุป	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	77
ประวัติผู้เขียน	93



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การจัดการกากอุตสาหกรรม	8
ตารางที่ 2.2 ระดับกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย	19
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกลุ่มน้ำมันหอมระเหยตามระดับการระเหย	23
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกลุ่มน้ำมันหอมระเหยตามระดับความเข้มข้นของกลิ่น	24
ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรส	37
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอม ทวิน 20	44
ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การแบ่งระดับ(level of rating)จากระดับ 0-5 มาตรฐานASTM D-3359-90	46
ตารางที่ 4.1 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3 ที่ปริมาณใยฝ้าย จากเศษผ้าต่างกัน	49
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่อปริมาณใยฝ้ายที่ต่างกัน	50
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตต่อปริมาณใยฝ้ายที่ต่างกัน	50
ตารางที่ 4.4 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 2-3	51
ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่อความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่างกัน	52
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นของสารละลายแป้งมัน สำปะหลังต่างกัน	52
ตารางที่ 4.7 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อปริมาตรน้ำยางพาราที่ต่างกัน	54
ตารางที่ 4.8 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อน้ำยางพาราที่ความเข้มข้นต่างกัน	55
ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำต่อความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ต่างกัน	57
ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่อความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ต่างกัน	57
ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยการยืดยึดของแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ต่างกัน	58
ตารางที่ 4.12 ลักษณะอัตราส่วนของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่ อัตราส่วนต่างกัน	60
ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งต่ออัตราส่วนที่ต่างกัน	61
ตารางที่ 4.14 ความเป็นกรดต่างต่ออัตราส่วนที่ต่างกัน	61
ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เวลาต่างกัน	62
ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่ ระยะเวลาต่างกัน	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.17 ลักษณะเม็ดแคปซูล ที่ค่าพีเอชต่างกัน	65
ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลที่เวลาต่างกัน	66
ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	67
ตารางที่ ก.1 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 3	78
ตารางที่ ก.2 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2-3	79
ตารางที่ ก.3 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่างกัน	80
ตารางที่ ก.4 ลักษณะอัตราส่วนของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่อัตราส่วนต่างกัน	83
ตารางที่ ก.5 น้ำหนักอัตราส่วนก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน	84
ตารางที่ ก.6 ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เวลาต่างกัน	84
ตารางที่ ก.7 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เวลาต่างกัน	85
ตารางที่ ก.8 น้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิต ที่เวลาต่างกัน	86
ตารางที่ ก.9 ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	86
ตารางที่ ก.10 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	87
ตารางที่ ก.11 น้ำหนักของไมโครแคปซูลก่อนอบและหลังอบที่เวลาต่างกัน	88
ตารางที่ ก.12 ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลที่เวลาต่างกัน	88
ตารางที่ ก.13 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลที่เวลาต่างกัน	89
ตารางที่ ก.14 น้ำหนักของไมโครแคปซูลหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	90
ตารางที่ ก.15 ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	90
ตารางที่ ก.16 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	91
ตารางที่ ก.17 ปริมาณการระเหยของแผ่นคอมพอสิตที่เคลือบด้วยการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยารูปแบบในการผสมที่ต่างกัน	92

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1	แนวโน้มการจัดการขยะมูลฝอย ปี 2551 - 2559 6
รูปที่ 2.2	การจำแนกประเภทของวัสดุคอมพอสิตตามชนิดของเมทริกซ์ และลักษณะของสารเสริมแรง 12
รูปที่ 2.3	เส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติจากส่วนต่าง ๆ ของพืช 14
รูปที่ 2.4	โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส 15
รูปที่ 2.5	โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส 16
รูปที่ 2.6	ชนิดของอิมัลชัน 33
รูปที่ 2.7	โครงสร้างของไมโครแคปซูล 36
รูปที่ 2.8	ส่วนประกอบของไมโครพาร์ติเคิล 36
รูปที่ 2.9	กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิคCoacervation-phase separation 39
รูปที่ 4.1	ลักษณะผ้าหลังผ่านเครื่องฉีกสับผ้า 48
รูปที่ 4.2	เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า 64
รูปที่ 4.3	เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยรูปไมโครแคปซูลและปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า 68
รูปที่ 4.4	ลักษณะแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยในรูปแบบต่างกัน 69
รูปที่ 4.5	เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าที่อยู่ในรูปอิมัลชันและไมโครแคปซูล 70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

บริษัทटनाแอฟแฟร์แลคร์จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิต และจำหน่ายผลิตภัณฑ์สิ่งทอสำหรับสถานพยาบาล เช่น ชุดผู้ป่วย ชุดแพทย์ เครื่องนอนสำหรับผู้ป่วย ผ้าในท้องผ่าตัด เป็นต้น ในกระบวนการผลิตจะมีเศษผ้าเหลือจากการตัดออกไปแล้ว รวมถึงผ้าหัวและปลายไม้ เป็นจำนวนมาก เศษผ้าดังกล่าวหากเป็นผ้าที่ถูกตัดเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยจะถูกนำไปทิ้งเป็นขยะวันละประมาณ 5 - 8 กิโลกรัม หากเป็นผ้าชิ้นใหญ่จะถูกรวบรวมเก็บไว้จำหน่ายปีละครั้ง จำนวนประมาณ 4,000 กิโลกรัม ราคา กิโลกรัมละ 1 - 2 บาท (ข้อมูลการซื้อขายในปี 2561 ของบริษัทटनाแอฟแฟร์แลคร์จำกัด) การขายเป็นการขายเหมาไม่ได้คัดแยกประเภทและชนิดของผ้า โดยพบว่าขยะเศษผ้าที่เกิดขึ้นยังมีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสถานการณ์ปัจจุบันของการผลิตสินค้าสิ่งทอพบว่าปัจจุบันมีการผลิตสินค้าแฟชั่นต่าง ๆ ออกมาอย่างรวดเร็ว ในราคาต่ำ (fast fashions) เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีความต้องการซื้อสินค้าแฟชั่นบ่อยๆ (Haule, Carr, and Rigout 2016) ทำให้อายุการใช้งานของเสื้อผ้าสั้นลง ส่งผลให้มีเสื้อผ้าที่ถูกทิ้งรวมไปกับขยะชุมชนในปริมาณมากขึ้น (DEFRA n.d.) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการหาทางเลือกต่างๆ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุของเสียสิ่งทอ และแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างยั่งยืน จากการทบทวนเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการแก้ไขปัญหายุ่งยากในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การรีไซเคิลโดยส่งออกเป็นเสื้อผ้ามือสองไปยังประเทศกำลังพัฒนา (DEFRA n.d.; Hawley 2006; Baden and Barber 2005) วิธีนี้พบว่าส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอในท้องถิ่น (Hawley 2006; Baden and Barber 2005; Amankwah-Amoah 2015) การนำเศษผ้ามาแปรรูปเป็นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ (กมลวรรณ พชรพรพัฒน์ 2560; จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง et al. 2559; ตยานิตย์ มิตรแปง and ไอลดา พรหมสั 2559; พิราอร อำนวยพรสกุล 2557) การรีไซเคิลโดยใช้เครื่องจักรกลดัดเศษผ้าให้เป็นเส้นใย แล้วนำไปผลิตเป็นเส้นด้ายชิ้นใหม่ หรือการนำเส้นใยที่ได้ไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผ้าไม่ทอเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่นพรม วัสดุดูดซับเสียง วัสดุกั้นความร้อน วัสดุสิ่งทอเทคนิค และวัสดุคอมพอสิต อื่น ๆ (DEFRA n.d.) (Oksman, Skrifvars, and Selin 2003; John and Thomas 2008) เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีสมบัติด้านความแข็งแรงสูง และความหนาแน่นต่ำทำให้วัสดุที่ได้มีน้ำหนักเบา นอกจากความตื่นตัวด้านสิ่งแวดล้อมปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความเครียดมากขึ้น น้ำมันหอมระเหยเป็นสารเคมีที่สกัดได้จากพืชถูกนำมา

ประยุกต์ใช้งานด้านสุขภาพ โดยเฉพาะกลิ่น และสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของพืช นำมาใช้บำบัดรักษาทั้งร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ ซึ่งเรียกกันว่า สุนทรบำบัด (Kim & Watanuki, 2003) โดยกลิ่นจะทำให้สมองปล่อยสารต่างๆ ได้แก่เอนโดรฟิน ซึ่งช่วยลดความเจ็บปวด เอนเคฟาลิน (enkephaline) ช่วยทำให้อารมณ์ดี และซีโรโทนิน (serotonin) ซึ่งช่วยให้สงบ เยือกเย็นและผ่อนคลาย (Edmund, 2001) มีงานวิจัยหลายเรื่อง (Kim & Watanuki, 2003; Masago et al., 2003; Satoh & Sugawara, 2003; Watanuki & Kim, 2005) ที่ศึกษาเกี่ยวกับกลิ่นในการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่พอใจ การตอบสนองต่อกลิ่นที่มีผลต่อการบำบัดรักษา การผ่อนคลาย ทำให้น้ำมันหอมระเหยถูกนำมาใช้บำบัดโรคที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์และจิตใจ ตลอดจนการหลังฮอร์โมนบางชนิดด้วย งานวิจัยนี้สนใจการนำเศษผ้าเหลือทิ้งมาผลิตเป็นคอมพอสิตเคลือบน้ำยาพาราสมน้ำมันหอมระเหย เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทำให้ความสดชื่น มีสมบัติคลายเครียด เพิ่มความผ่อนคลาย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตจากเส้นใยที่ได้จากเศษผ้าเหลือทิ้งด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง
- (2) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตจากเส้นใยที่ได้จากเศษผ้าเหลือทิ้งด้วยน้ำยาพารา
- (3) ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยาพาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตจากเส้นใยที่ได้จากเศษผ้าเหลือทิ้ง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- (1) วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ เศษผ้าฝ้ายปลายไม้
- (2) วัสดุเชื่อมประสาน ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง
- (3) น้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันตะไคร้หอม น้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันหญ้าแฝก
- (4) สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตจากเส้นใยที่ได้จากเศษผ้าเหลือทิ้งด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

ตัวแปรต้น อัตราส่วนของใยฝ้ายจากเศษผ้าปลายไม้ (10-30 กรัม)

สารละลายแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 2-3)

ตัวแปรตาม ปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต

ตัวแปรควบคุม ขนาดคอมพอสิต 20 x 26 เซนติเมตร

อัดที่ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

- (5) สภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตจากเส้นใยที่ได้เศษผ้าเหลือทิ้งด้วยน้ำ
ยางพารา

ตัวแปรต้น ความเข้มข้นของน้ำยางพารา

ตัวแปรตาม ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ (มาตรฐาน มอก.321) การยึดติดของ
แผ่นคอมพอสิต (ASTM D 3359-90)

ตัวแปรควบคุม ขนาดคอมพอสิต 20 x 26 เซนติเมตร

อัดที่ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

- (6) รูปแบบการเคลือบแผ่นคอมพอสิตจากเส้นใยที่ได้จากเศษผ้าเหลือทิ้งด้วยน้ำ ยางพารา
ผสมน้ำมันหอมระเหย

ตัวแปรต้น น้ำมันหอมระเหยในลักษณะอิมัลชัน และในลักษณะไมโครแคปซูล

ตัวแปรตาม ปริมาณการระเหย

ตัวแปรควบคุม อุณหภูมิในการระเหย (40 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาการระเหย (1-6
ชั่วโมง)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) ผลิตภัณฑ์ใหม่จากเศษผ้าเหลือใช้ผ้าห้วไม้และปลายไม้
- (2) เพิ่มมูลค่าให้กับเศษผ้าเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตวัสดุเหลือทิ้ง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เศษวัสดุสิ่งทอเหลือทิ้ง (textile material waste)

ความหมายของเศษวัสดุสิ่งทอ (ราชบัณฑิตยสถาน 2546) อธิบายความหมายของ เศษ หมายถึง ส่วนที่เหลือใช้การไม่ได้ตามวัตถุประสงค์ ส่วนที่เหลือซึ่งไม่ต้องการ โดยพบว่าขยะเศษผ้าที่เกิดขึ้นยังมีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสถานการณ์ปัจจุบันของการผลิตสินค้าสิ่งทอ พบว่าปัจจุบันมีการผลิตสินค้าแฟชั่นต่างๆออกมาอย่างรวดเร็ว ในราคาต่ำ (fast fashions) เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีความต้องการซื้อสินค้าแฟชั่นบ่อยๆ (Haule, Carr, and Rigout 2016) ทำให้อายุการใช้งานของเสื้อผ้าสั้นลง ส่งผลให้มีเสื้อผ้าที่ถูกทิ้งรวมไปกับขยะชุมชนในปริมาณมากขึ้น (DEFRA n.d.) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการหาทางเลือกต่างๆ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุของเสียสิ่งทอ และแก้ปัญหาดังกล่าวอย่างยั่งยืน จากการทบทวนเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการแก้ไขปัญหaxyesสิ่งทอในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ได้แก่การรีไซเคิล โดยส่งออกเป็นเสื้อผ้ามือสองไปยังประเทศกำลังพัฒนา (DEFRA n.d.; Hawley 2006; Baden and Barber 2005) วิธีนี้พบว่าส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอในท้องถิ่น (Hawley 2006; Baden and Barber 2005; Amankwah-Amoah 2015) การนำเศษผ้ามาแปรรูปเป็นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ (กมลวรรณ พัชรพรพิพัฒน์ 2560; จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง et al. 2559; ตยานิตย์ มิตรแปง and ไอลดา พรหมสัก 2559; พิราอร อำนวยพรสกุล 2557) การผลิตไมโครเซลลูโลสจากเศษผ้าฝ้าย (Haule, Carr, and Rigout 2016) การรีไซเคิลโดยใช้เครื่องจักรกลดัดเศษผ้าให้เป็นเส้นใย แล้วนำไปผลิตเป็นเส้นด้ายชิ้นใหม่ โดยมีการจดสิทธิบัตรกระบวนการผลิตเส้นด้ายฝ้ายรีไซเคิล จากผ้าฝ้ายเหลือทิ้ง (US5331801A) (Heifetz 1994) เส้นด้ายฝ้ายรีไซเคิลที่ได้มีคุณภาพเหมาะสมสามารถที่จะนำไปใช้ในการผลิตเสื้อผ้าใหม่ได้ (Esteve-Turrillas and de la Guardia 2017) รวมทั้งมีรายงานวิจัยเพิ่มเติมว่าการผสมเส้นใยฝ้ายจากวัสดุเหลือทิ้งในอัตราส่วนร้อยละ 10-25 กับเส้นใยฝ้ายที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน จะได้เส้นด้ายที่มีคุณภาพเหมาะสมและไม่มีผลต่อการทำงานของเครื่องจักร (Halimi, Hassen, and Sakli 2008) การผลิตผืนผ้าด้วยเส้นด้ายพิเศษจากเศษเส้นใยไหมผสมกับเส้นใยฝ้ายในอัตราส่วนต่างๆ โดยพบว่าเส้นด้ายจากเศษใยไหม 100 เปอร์เซ็นต์ เส้นด้ายจะมีความเหนียว มีขนาดเล็ก ผิวด้านมีความเรียบ และแข็งแรงกว่าเส้นด้ายที่ได้จากการผสมเศษเส้นใยไหมผสมกับเส้นใยฝ้ายในอัตราส่วน 50 : 50 (อัชชา, บุขรา, and ประพาฬภรณ์ 2014) อย่างไรก็ตามพบว่าการรีไซเคิล

วัสดุสิ่งทอเหลือทิ้งยังมีจำนวนน้อย และพบว่าร้อยละ 85 ของวัสดุสิ่งทอจะถูกนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ และร้อยละ 5 ของพื้นที่ฝังกลบคือขยะจากวัสดุสิ่งทอ (“Textiles Recycling” 2008)

2.1.1 สถานการณ์ปัจจุบันด้านขยะมูลฝอย

ปัญหาขยะมูลฝอย (หมายถึง ขยะทั่วไปที่เกิดจากการอุปโภค บริโภค กิจกรรมทั้งหลายของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นบ้านเรือน ชุมชน ตลาด ร้านค้า และโรงงาน) ในประเทศไทยถือเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ ซึ่ง มีปัญหาที่เกี่ยวข้องกันในหลายแง่มุม ไม่ว่าจะเป็นพฤติกรรมกรรมการบริโภคและการแยกขยะจากต้นทาง การจัดการขยะที่ไม่ได้มาตรฐานก่อให้เกิดมลพิษและไม่เกิดการนำกลับมาใช้ซ้ำ ปัญหามลพิษและสิ่งแวดล้อม เช่น ปฏิกริยาเรือนกระจกที่มีสาเหตุจากขยะเทกองที่ปล่อยก๊าซมีเทน ซัลเฟอร์กับคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ปัญหาขยะในทะเลที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและชีวิตความเป็นอยู่ของสัตว์ในทะเล เป็นต้น

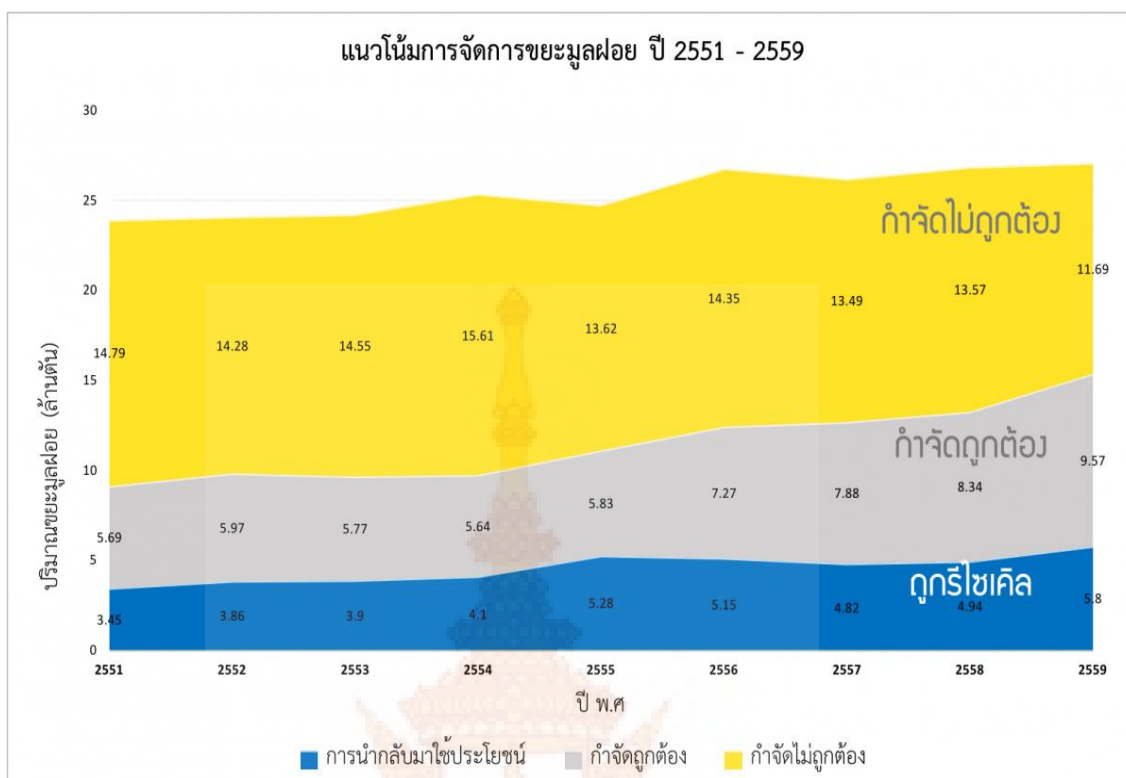
ประเทศไทยมีปริมาณขยะสูงขึ้นต่อเนื่องขึ้นทุกปี จากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี 2559 (สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ 2560) พบว่ามีปริมาณการเกิดขยะรวมกันทั้งประเทศ 27.06 ล้านตันต่อปี เทียบเท่าตึกไบฮอก 2 จำนวน 140 ตึก คิดเป็นประมาณ 74,130 ตันต่อวัน เฉลี่ยเป็นปริมาณขยะ 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ยังไม่รวมขยะตกค้างสะสมที่เพิ่มขึ้นทุกปีไม่ต่ำกว่าปีละ 10 ล้านตัน

ขยะมูลฝอยสามารถแบ่งแยกตามประเภทได้ทั้งหมด 4 ประเภท โดยมีสัดส่วนดังนี้ (ปี 2559) (สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ 2560)

- (1) ขยะอินทรีย์ หรือขยะที่ย่อยสลายได้ คิดเป็นร้อยละ 64 จากขยะทั้งหมด ส่วนใหญ่มาจากอาหารเหลือทิ้ง
- (2) ขยะรีไซเคิล เป็นที่ขยะสามารถนำมาหลอมใช้ใหม่ได้หากมีการแยกขยะอย่างถูกต้องและทำความสะอาดก่อนทิ้ง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30 ของขยะทั้งหมด
- (3) ขยะทั่วไป เป็นย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก หรือนำไปรีไซเคิลแล้วไม่คุ้มทุน ต้องนำไปกำจัด ได้แก่ของขนม กล่องโฟม กระจกพลาสติก ร้อยละ 3 ของขยะทั้งหมด
- (4) ขยะอันตราย เป็นขยะที่ต้องนำไปกำจัดหรือบำบัดด้วยวิธีเฉพาะ เช่น หลอดไฟ ขวดยา ถ่านไฟฉาย ยาฆ่าแมลง กระป๋องสี ขยะจากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3

2.1.2 การจัดการขยะมูลฝอย

ปัจจุบันมีความพยายามในการรีไซเคิลและกำจัดขยะอย่างถูกต้องมากขึ้น แต่จากรายงานของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ ดังรูปที่ 2.1 ยังพบว่าแนวโน้มปริมาณขยะที่ยังเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี รวมทั้งยังพบว่าปริมาณขยะมากกว่าครึ่งยังถูกกำจัดอย่างไม่ถูกวิธี



รูปที่ 2.1 แนวโน้มการจัดการขยะมูลฝอย ปี 2551 - 2559

ที่มา: (สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ 2560)

จากการตรวจสอบเพื่อปรับปรุงสถานที่กำจัดขยะขององค์กรปกครองท้องถิ่นทั่วประเทศ 7,777 แห่ง (กรมควบคุมมลพิษ 2016) พบว่ามีเพียง 328 แห่งหรือไม่ถึงร้อยละ 5 ของสถานที่กำจัดขยะทั้งหมด ที่สามารถนำขยะไปใช้ประโยชน์และกำจัดได้อย่างถูกต้อง ปริมาณขยะที่ถูกกำจัดอย่างถูกต้องจากสถานที่เหล่านี้คิดเป็นร้อยละ 26.34 ของปริมาณขยะเกิดใหม่รวมกับขยะตกค้างทั้งหมด และขยะที่เหลือกว่าร้อยละ 73.26 นั้นถูกกำจัดด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้อง เกิดสภาพเทกอง เฝากลางแจ้ง เฝาในเตาที่ไม่มีระบบกำจัดมลพิษทางอากาศ และฝังหลบแบบเทกองควบคุม หรือไม่ถูกจัดการเลย จึงนำมาซึ่งปัญหาสุขภาพ ปัญหาเศรษฐกิจ และที่สำคัญ ปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม

อุปสรรคของการกำจัดขยะให้ถูกวิธี เช่น งบประมาณในการทำสถานที่กำจัดขยะแบบถูกต้อง มีค่าใช้จ่ายสูง มีขั้นตอนและเกี่ยวข้องกับบุคลากรหลายฝ่าย ทั้งในแง่ของการมาตรฐานการกำจัด และการขออนุญาตให้ถูกต้อง การหาพื้นที่ที่เหมาะสม การเตรียมพื้นที่ การดูแลผลกระทบที่เกิดขึ้นจากขยะและคนในชุมชนใกล้เคียง จุดคุ้มทุนของการลงทุนระบบ เนื่องจากเตาเผาขยะ มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง หากแต่บางที่เปิดไปแล้วก็ต้องปิด เพราะไม่มีจำนวนขยะ “ดี” เพียงพอเอามาเปลี่ยนเป็นพลังงานหรือไฟฟ้า เป็นต้น

ปัจจุบัน แนวคิดในการจัดการขยะมีจำนวนมาก ตั้งแต่ 3R ไปจนถึง 7R ตามความเหมาะสมของแต่ละบริบทของพื้นที่ ซึ่งแนวคิดการจัดการขยะที่สากลนิยมใช้ คือ 4R4 โดยเรียงลำดับตามความสำคัญเริ่มจาก reduce การลดปริมาณขยะจากต้นทาง reuse การใช้ซ้ำ recycle การนำกลับมาใช้ใหม่ ตามด้วย recovery หรือการแปรรูปเป็นพลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า และสิ้นสุดที่ การฝังกลบ (landfill) ซึ่งเป็นการจัดการปลายทางด้วยการฝังดินอย่างถูกต้อง

2.1.3 กากอุตสาหกรรม

โดยทั่วไป กากอุตสาหกรรมของแต่ละโรงงาน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

(1) กากอุตสาหกรรมจากกระบวนการผลิตหลัก สำหรับโรงงานลำดับที่ 28 จะเป็นกากอุตสาหกรรมเกี่ยวกับของเสียจากอุตสาหกรรมเครื่องหนัง ขนสัตว์ และอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งอยู่ในหมวด 04 หากโรงงานมี กระบวนการผลิต การผสมตามสูตร การจัดส่ง และการใช้งานของสี สารเคลือบเงา สารเคลือบผิว กาว สาร ตัดฉนวน และหมึกพิมพ์ จะพบกากอุตสาหกรรมในหมวด 08 หากโรงงานมีกระบวนการใช้ความร้อน จะพบกากอุตสาหกรรมในหมวด 10 และหากโรงงานมีกระบวนการตัดแต่ง ปรับสภาพผิวโลหะ พลาสติก ด้วยกระบวนการทางกายภาพ หรือเชิงกล จะพบกากอุตสาหกรรมในหมวด 12 ด้วย

(2) กากอุตสาหกรรมจากกระบวนการสนับสนุน เช่นหากมีการใช้น้ำมัน และเชื้อเพลิงเหลว ไม่รวมน้ำมันที่บริโภคได้ จะพบกากอุตสาหกรรมในหมวด 13 หากมีการใช้งานบรรจุภัณฑ์วัสดุ ดูดซับ ผ้าสำหรับเช็ด วัสดุตัวกรอง และชุดป้องกัน พบกากอุตสาหกรรมในหมวด 15 หากพบของเสียประเภทต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุในรหัสอื่น เช่น ของเสียจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แบตเตอรี่ และตัวสะสมประจุ เป็นต้น จะพบกากอุตสาหกรรมในหมวด 16 และหากมีการก่อสร้าง และการรื้อทำลายสิ่งก่อสร้าง (รวมถึงดินที่ขุดจากพื้นที่ปนเปื้อน) จะพบกากอุตสาหกรรมในหมวด 17 และหากมีโรงปรับปรุงสภาพของเสีย โรงงานบำบัดน้ำเสีย โรงงานผลิตน้ำประปา และโรงงานผลิตน้ำใช้ อุตสาหกรรมจะพบกากอุตสาหกรรมในหมวด 19

(3) กากอุตสาหกรรมอันตรายที่เกิดจากสำนักงาน บ้านพักอาศัย โรงอาหารที่อยู่ภายในบริเวณโรงงาน

ประเภทโรงงาน โรงงานลำดับที่ 28 ตามพระราชบัญญัติโรงงานพ.ศ. 2535 หมายถึง โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องแต่งกาย ซึ่งมีใช้รองเท้า อย่างใด อย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การตัด หรือการเย็บเครื่องนุ่งห่ม เข็มขัด ผ้าเช็ดหน้า ผ้าพันคอ เนกไท หูกระด้าย ปลอกแขน ถุงมือ ถุงเท้า จากผ้าหนังสัตว์ ขนสัตว์ หรือวัสดุอื่น

(2) การทำหมวก

โดยมีรายละเอียดการจัดการกากอุตสาหกรรมแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การจัดการกากอุตสาหกรรม

รหัสของ เสีย	ลักษณะของกาก อุตสาหกรรม	วิธีการจัดการที่เคยมีการอนุญาตในปี พ.ศ. 2558	หมายเหตุ
04 02 21	เศษเส้นใย สิ่งทอที่ยัง ไม่ได้ผ่านการฟอกย้อม	- คัดแยกประเภทเพื่อจำหน่ายต่อ (011) - ทำเชื้อเพลิงผสม (042) - นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วย วิธีอื่นๆ (049)	
04 02 22	เศษเส้นใย สิ่งทอที่ ผ่าน การฟอกย้อมแล้ว	- คัดแยกประเภทเพื่อจำหน่ายต่อ (011) - ทำเชื้อเพลิงผสม (042) - นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วย วิธีอื่นๆ (049) - ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล เฉพาะ สิ่ง ปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วที่ไม่ เป็นของ เสียอันตรายเท่านั้น (071) - ฝังกลบอย่างปลอดภัย (072) - เผาทำลายในเตาเผาขยะทั่วไป เฉพาะ สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่ แล้วที่ไม่เป็น ของเสียอันตราย เท่านั้น (074)	

ที่มา : (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม, n.d.)

ข้อมูลจากตารางการจัดการกากอุตสาหกรรม มีรายละเอียดดังนี้

รหัสของเสีย ประกอบด้วยเลขหลัก

- เลขสองหลักแรก (หมวด) แสดงประเภทของ การประกอบกิจการ หรือชนิดของสิ่ง
ปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว
- เลขสองหลักกลาง (หมู่) แสดง กระบวนการเฉพาะที่ทำให้เกิดของเสีย หรือชนิด
- เลขสองหลักสุดท้าย (หมู่ย่อย) แสดงลักษณะ เฉพาะของของเสีย

รหัสวิธีกำจัด ประกอบด้วยเลขสามหลัก

- รหัสกำจัด 041 ใช้กับของเสียที่มีค่าความร้อนขั้นต่ำมากกว่า 2800 kcal/kg โดย เป็น
การเผาตรงเป็นเชื้อเพลิง

- รหัสกำจัด 042 ใช้กับกากอุตสาหกรรมที่มีค่าความร้อนต่ำกว่า 2800 kcal/kg มาทำเป็นเชื้อเพลิงเพื่อเผาต่อ
- รหัสกำจัด 075 ใช้กับกากอุตสาหกรรมที่สามารถเผาทำลายเพื่อลดความเป็น อันตรายได้
- รหัสกำจัด 076 ใช้กับกากอุตสาหกรรมที่สามารถเผาทำลายได้ แต่มีค่าความร้อน หรือ มีค่าออกไซด์ของ 4 ธาตุหลัก ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2.1.4 หลัก 3 R กับการจัดการของเสียในโรงงาน

หลัก “3Rs” ประกอบด้วย

R1-Reduce คือ การลดหรือใช้น้อยเท่าที่จำเป็น

R2-Reuse คือ การใช้ซ้ำ

R3-Recycle คือ การแปรรูปมาใช้ใหม่

การจัดการ “ของเสีย” ตามหลัก 3Rs หมายถึง การจัดการของเสียที่มีความสำคัญในการลดการเกิดของเสียให้เหลือน้อยที่สุดเป็นลำดับแรก โดยมุ่งเน้น การใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ต่อมาเมื่อเกิด ของเสียแล้วต้องพยายามหาแนวทางการนำกลับไปใช้ซ้ำหรือใช้ใหม่ให้ได้มากที่สุด โดยพิจารณาถึงศักยภาพการใช้ประโยชน์ของของเสียแต่ละประเภท และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เหลือของเสียที่จะต้องบำบัด/กำจัดในปริมาณน้อยที่สุด โดยเลือกใช้วิธีการกำจัดของเสียเป็นวิธีสุดท้าย (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2555)

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการจัดการของเสียที่ดีภายในโรงงานตามหลัก 3Rs จะต้องมีการดำเนินการ โดยมีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานทั้งในส่วนของการผลิตและกิจกรรมสนับสนุนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการเกิดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด และเมื่อเกิดของเสียขึ้นแล้ว ใช้วิธีจัดการกับของเสียแต่ละประเภทตามศักยภาพการใช้ประโยชน์ ของเสียเหล่านั้น เพื่อให้มีของเสียที่ต้องถูกส่งไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบในปริมาณน้อยที่สุด รวมทั้งมีการจัดการของเสียเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ตั้งแต่การจัดเก็บของเสีย การนำไปใช้ ประโยชน์ภายในโรงงาน และการนำออกไปบำบัด/กำจัดภายนอกโรงงาน

ในการเลือกวิธีการจัดการของเสียแต่ละชนิด ผู้ประกอบการควรพิจารณา ศักยภาพในการนำของเสียนั้นๆ ไปใช้ประโยชน์ก่อนเป็นลำดับแรก ทั้งการใช้ประโยชน์ภายในโรงงาน หรือส่งไปใช้ประโยชน์ที่โรงงานอื่น หากไม่สามารถ นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ได้แล้วจึงพิจารณาคัดเลือกวิธีการบำบัด/กำจัด ที่เหมาะสมกับลักษณะสมบัติของเสียนั้นๆ

2.1.4.1 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้หลัก 3Rs

โรงงานอุตสาหกรรมที่จะนำหลัก 3Rs ไปประยุกต์ใช้จัดการของเสียภายในโรงงานนั้น จะต้องเริ่มจากการที่ผู้บริหารมีความมุ่งมั่นและให้ความสำคัญ มีการกำหนดแนวทางและผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน ดำเนินงานอย่างเป็นระบบ และมีการติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

(1) มีความมุ่งมั่นในการดำเนินงาน

องค์กรจะต้องตระหนักถึงความสำคัญ ในการจัดการของเสียตามหลัก 3Rs โดยผู้บริหารให้การสนับสนุนและกำหนดผู้รับผิดชอบที่ทำหน้าที่ดูแล กิจกรรมด้านการจัดการของเสีย ภายในโรงงาน รวมถึงกำหนดนโยบาย และเป้าหมายที่ชัดเจนในการลด ปริมาณของเสียที่ต้องกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด

(2) กำหนดแนวทางและเป้าหมายชัดเจน

องค์กรจะต้องมีการวิเคราะห์การเกิดของเสียที่ครอบคลุมในทุกขั้นตอน การผลิต และทุกกิจกรรมภายใน โรงงาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ และคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการจัดการของเสีย รวมถึงจัดลำดับความสำคัญ หรือความเร่งด่วนของแนวทางที่คัดเลือก และจัดทำแผนงานการจัดการของเสียภายในโรงงานเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่ผู้บริหารประกาศไว้

(3) มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ

องค์กรจะต้องกำหนด และนำมาตราฐานมาใช้สำหรับวิธีการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย รวมถึงพัฒนาและส่งเสริมให้พนักงานทุกระดับมีการดำเนินการจัดการของเสีย ตามหลัก 3Rs เพื่อให้เกิดการพัฒนาการ ด้านการจัดการของเสียอย่างต่อเนื่อง

(4) มีการติดตามตรวจสอบและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง

องค์กรจะต้องประเมินประสิทธิภาพ การจัดการของเสียในโรงงาน และ วิเคราะห์สาเหตุหรือข้อบกพร่องต่างๆ ที่ทำให้การจัดการของเสียของโรงงานยัง ไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่บรรลุตามเป้าหมาย รวมทั้งมีการปรับปรุงและ พัฒนากิจกรรมด้านการจัดการของเสีย ภายในโรงงานตามหลัก 3Rs อย่าง ต่อเนื่อง

2.1.4.2 การรีไซเคิลเศษวัสดุสิ่งทอเหลือทิ้ง

การรีไซเคิลตามความหมายของ ASTM D5033-90 คือ การนำวัสดุที่ผ่านกระบวนการผลิต หรือที่ผ่านการใช้งานแล้วมาผ่านกระบวนการผลิตเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ขึ้นมาอีกครั้งในสภาพเดิม หรือสภาพอื่นก็ได้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด (The American Society for Testing and Materials 1990) แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

(1) primary recycle เป็นการนำเศษวัสดุที่เกิดจากกระบวนการผลิตมาผ่านกระบวนการผลิตอีกครั้งหนึ่งเพื่อนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์เดิม ซึ่งมักไม่มีวัสดุชนิดอื่นปนเปื้อนอยู่ด้วย

(2) secondary recycle เป็นการนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วมาผ่านกระบวนการผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์แบบอื่นที่แตกต่างจากการใช้งานครั้งแรก มักพบว่ามีวัสดุชนิดอื่นๆ ปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมาก

(3) tertiary recycle เป็นการนำขยะมาใช้ผลิตสารเคมีพื้นฐานทั่วไป โดยมุ่งเน้นที่ขยะจากแหล่งชุมชน หรือขยะที่ผ่านการคัดแยก ซึ่งกระบวนการนี้มักใช้เป็นกระบวนการไพโรไลซิส (pyrolysis) และกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis)

(4) quaternary recycling เป็นการนำพลังงานที่ได้จากการเผาขยะมาใช้งานการรีไซเคิล มีสองแบบ คือ

- การรีไซเคิลทางกายภาพ (physical recycling)
- การรีไซเคิลทางเคมี (chemical recycling)

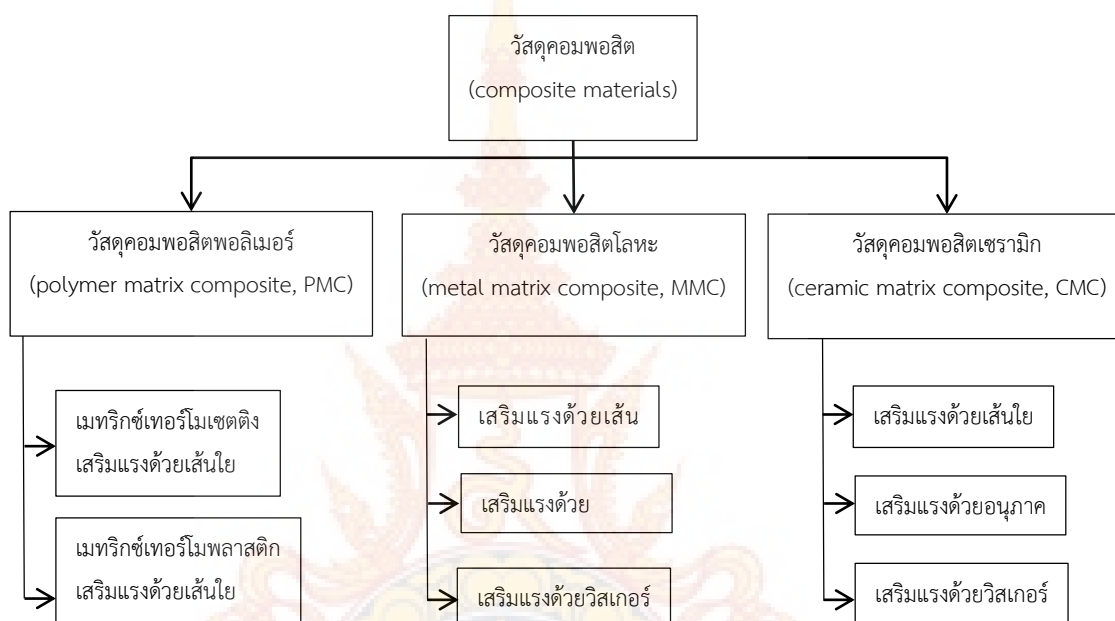
ในงานวิจัยนี้จะรีไซเคิลเศษริมผ้าพอลิเอสเตอร์ เศษผ้าทีซี เศษริมผ้าทีซี เพื่อให้ได้เส้นใยพอลิเอสเตอร์ และเส้นใยฝ้าย และนำมาผลิตเป็นเส้นด้ายใยผสม

2.2 วัสดุคอมโพสิต

คอมโพสิต คือ การนำวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่ามาประกอบกันเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีกว่าวัสดุเดิม องค์ประกอบหลักของ วัสดุคอมโพสิตมี 2 ส่วน คือ สารพื้น (เมตริกซ์, matrix) และส่วนเสริมแรง (reinforcement) ส่วนที่เป็นสารพื้นของวัสดุคอมโพสิตที่นิยมเรียกว่าเมตริกซ์นั้น ทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างส่วนเสริมแรงเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดโครงข่าย 3 มิติ รองรับและรักษาดำเนินวัสดุเสริมแรงให้อยู่ ในรูปที่กำหนด (Vilay et al. 2008) วัสดุคอมโพสิตเป็นวัสดุที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีการใช้ใน ชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติโดดเด่นกว่าวัสดุอื่นคือ มีน้ำหนักเบา สามารถ นำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องบิน อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ (Mohanty, Misra, and Drzal 2005) เมตริกซ์ที่นิยมนำมาผลิตเป็นวัสดุคอมโพสิต ได้แก่ พลาสติกจากปิโตรเลียมรวมถึงพลาสติกชีวภาพ ในอุตสาหกรรมนิยมใช้พอลิเอสเตอร์ (polyester) ฟีนอลิก (phenolic) อีพอกซี (epoxy) พอลิยูเรเทน (polyurethanes) ส่วนเสริมแรงที่นิยมใช้ ได้แก่ ใยแก้ว (glass fibers) เส้นใยคาร์บอน (carbon fiber) และเส้นใยเคฟลาร์ (kevlar Fiber) (Riedel and Nickel 2003) เส้นใยเป็นส่วนเสริมแรงใน วัสดุคอมโพสิต ทำให้วัสดุมีการประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย มากขึ้น เส้นใยจากธรรมชาติเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ทดแทนเส้นใยสังเคราะห์เนื่องจากมี น้ำหนักเบากว่าและสามารถย่อยสลายได้ ตามธรรมชาติ ราคาถูก เมื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตจะ สามารถลดแรงเสียดสีระหว่างวัสดุได้ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีลักษณะพื้นผิวที่อ่อนนุ่มกว่าเส้นใยสังเคราะห์

2.2.1 ประเภทของวัสดุคอมพอสิต

วัสดุคอมพอสิตจำแนกตามชนิดของวัสดุที่เป็นเมทริกซ์จะจำแนกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุคอมพอสิตพอลิเมอร์ (polymer matrix composite, PMC) วัสดุคอมพอสิตโลหะ (metal matrix composite, MMC) และวัสดุคอมพอสิตเซรามิก (ceramic matrix composite, CMC) และสามารถจำแนกย่อยต่อไปได้อีกตามลักษณะของสารเสริมแรง ได้แก่ อนุภาค (particle) เส้นใย (fiber) และวิสเกอร์ (whisker) (Kelly and Zweben 2000a) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การจำแนกประเภทของวัสดุคอมพอสิตตามชนิดของเมทริกซ์ และลักษณะของสารเสริมแรง

ที่มา: (Kelly and Zweben 2000b)

สารเสริมแรงในวัสดุคอมพอสิตจำแนกตามลักษณะเป็นอนุภาคเส้นใย และวิสเกอร์ อนุภาคเสริมแรงจะมีลักษณะเป็นเม็ด หรือผง เช่น ผงถ่านดำ ซิลิกอนคาร์ไบด์ เป็นต้น และถ้าพิจารณาอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (aspect ratio) ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมากกว่า 100 ขึ้นไปจะเรียกสารเสริมแรงนั้นเป็นเส้นใย (Buschow 2001) ซึ่งอาจจำแนกตามความยาวเป็นเส้นใยต่อเนื่อง (continuous fiber) และเส้นใยไม่ต่อเนื่อง (discontinuous fiber) และยังสามารถจำแนกเส้นใยไม่ต่อเนื่องตามอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางได้เป็นเส้นใยยาว (long fiber) ซึ่งมีอัตราส่วนมากกว่า 1,000 ขึ้นไป และเส้นใยสั้น (short fiber) ซึ่งมีอัตราส่วนน้อยกว่า 1,000 (Kelly and Zweben 2000b) เส้นใยมีทั้งที่เป็นเส้นใยอินทรีย์ และเส้นใยอนินทรีย์ ตัวอย่างเส้นใย

อินทรีย เช่น เส้นใยอะรามิด เส้นใยเซลลูโลส เป็นต้น ส่วนเส้นใยอินทรีย อาจเป็นเส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน หรือเส้นใยโลหะ เช่น เส้นใยโบรอน เส้นใยทองแดง เป็นต้น ส่วนวิสเกอร์เป็นลักษณะของเส้นใยขนาดเล็กมากที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางในหน่วยไมโครเมตร และมีความยาว เพียงไม่กี่มิลลิเมตร ซึ่งเกิดจากการก่อตัวทางยาวของผลึกเดี่ยว (elongated single crystal) จึงมีแนวโน้มที่จะเป็นผลึกสมบูรณ์ที่ปราศจากการเคลื่อน (dislocation) ทำให้วิสเกอร์มีความแข็งแรงสูงมาก เช่น วิสเกอร์ซิลิกอนคาร์ไบด์ (Buschow 2001)

2.2.2 เส้นใยธรรมชาติเสริมแรงในวัสดุคอมพอสิต

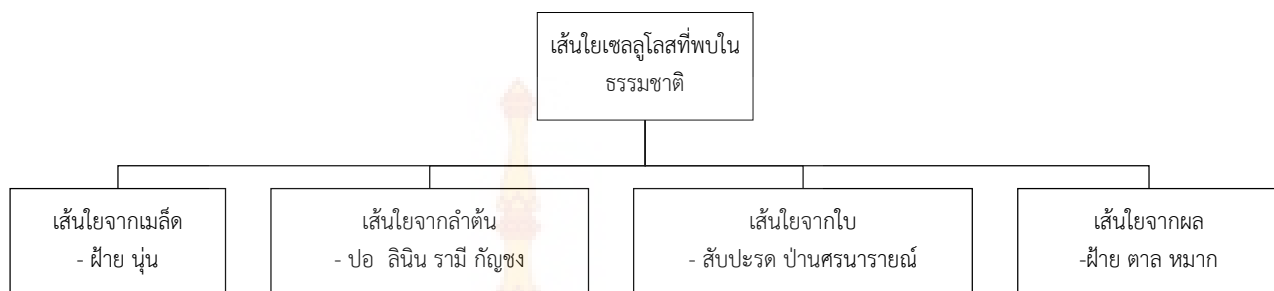
โดยธรรมชาติพอลิเมอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ขนาดใหญ่ที่มี โครงสร้างเป็นหน่วยซ้ำ เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว ทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรงไม่สูงนัก มีความหนาแน่นต่ำ และมีความทนทานต่อการกัดกร่อน การเสริมแรงให้พอลิเมอร์ทำได้โดยการเติมเส้นใยเสริมแรงลงในพอลิเมอร์ให้เกิดเป็นวัสดุคอมพอสิตที่มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยทั่วไปเส้นใยเสริมแรงสำหรับวัสดุคอมพอสิตพอลิเมอร์มักเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูงเพื่อทำหน้าที่ในการรับและกระจายแรงกระทำ

เส้นใย หมายถึง วัสดุหรือสารใดๆ ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผืนผ้าได้ และเป็นองค์ประกอบสามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก วัสดุเส้นใยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านสิ่งทอ แต่ปัจจุบันหน่วยงานองค์กรต่างๆ ให้ความสนใจและใส่ใจสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผลจากมลภาวะของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป ในหลายประเทศและประเทศไทยได้มีการสนับสนุนส่งเสริมมาตรการ การกำหนดข้อกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับรองฉลากสีเขียว การนำวัสดุจากธรรมชาติมาใช้จึงมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ ดังนั้นวัสดุเส้นใยธรรมชาติจึงเป็นวัสดุที่น่าสนใจในการนำมาใช้เป็นวัสดุคอมพอสิตพอลิเมอร์ แบ่งชนิดของวัสดุคอมพอสิตพอลิเมอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้ 2 ประเภท คือ 1) คอมพอสิตจากวัสดุสังเคราะห์ ได้แก่ เส้นใยจำพวกพอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีน 2) คอมพอสิตจากวัสดุธรรมชาติ เช่น เส้นใยยูคาลิปตัส ไก่กัญชง กล้วยาแฟก ไผ่ เส้นใยจากไม้ยางพารา ไผ่ปอ ป่านศรนารายณ์ เส้นใยผักตบชวา ไผ่สับปะรด ไผ่กล้วย เป็นต้น

สมบัติของพืชเส้นใย ที่สามารถนำมาใช้งานสิ่งทอได้คือ สามารถปั่นได้ (can be spun) มีความแข็งแรง และทน (strength and durability) มีความสามารถในการดูดซับดี (absorbency)

เส้นใยธรรมชาติเป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ โดยเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อม และต้นทุนการผลิตต่ำกว่าเส้นใยสังเคราะห์ เส้นใยที่ได้มาจากธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยจากพืช สัตว์ และสารอินทรีย์หรือแร่ธาตุ โดยเส้นใยพืชที่ได้มาจากส่วนลำต้น เช่น เส้นใยกัญชง ปอ ลินิน เป็นต้น ส่วนเส้นใยที่ได้มาจากใบ เช่น เส้นใยป่านศรนารายณ์ กล้วย เส้นใยจากผล เช่น เส้นใยฝ้าย เส้นใยจากเมล็ด เช่น เส้นใยฝ้าย นุ่น เส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ ไหมพรมที่ได้มาจากขนแกะ เป็นต้น

ในธรรมชาติจะพบเส้นใยเซลลูโลสจากส่วนต่าง ๆ ของพืชแตกต่างกันได้หลากหลาย บางประเภทเป็นเส้นใยที่ได้จากเมล็ด บางประเภทเป็นเส้นใยที่ได้จากลำต้น เส้นใยจากใบ หรือจากผล ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติจากส่วนต่าง ๆ ของพืช

เส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดเป็นเส้นใยเซลลูโลส (cellulose) มีองค์ประกอบของธาตุหลัก คือ คาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และออกซิเจนร้อยละ 49.4

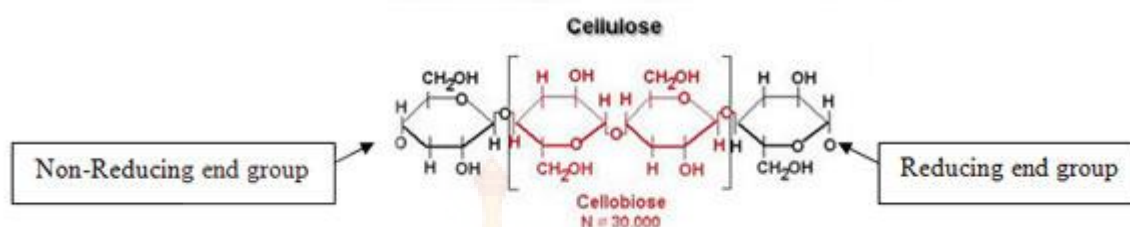
องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ มีความหลากหลายขึ้นกับชนิดของเส้นใย โดยเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยพอลิเมอร์หลัก 4 ชนิด คือ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เพกทิน (pectin) และลิกนิน (lignin) สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลถึงสมบัติของเส้นใย

ผนังเซลล์ของพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งเป็นวัสดุเสริมแรงภายในผนังเซลล์โดยเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (linear polymer) ส่วนเฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เมื่อกำจัดลิกนินออกไป องค์ประกอบที่ยังคงเหลืออยู่กับเซลลูโลสคือ เฮมิเซลลูโลส ซึ่งสมบัติทั่วไปของเฮมิเซลลูโลสคือมีมวลโมเลกุลต่ำกว่าเซลลูโลส และเนื่องจากมันเป็นพอลิเมอร์ชอบน้ำ (hydrophilic polymer) ดังนั้นจึงส่งผลต่อสมบัติการสลายตัวตามธรรมชาติการดูดความชื้นและการสลายตัวโดยความร้อน องค์ประกอบที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือลิกนินทำหน้าที่เป็นสารยึดติดภายในผนังเซลล์มีความเสถียรทางความร้อนสูงแต่มีผลกระทบกับการย่อยสลายโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet) ส่วนองค์ประกอบสุดท้ายคือเพกทินเป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharides) เป็นเมทริกซ์ภายในผนังเซลล์ (Winter, 2008)

(1) เซลลูโลส (cellulose)

เซลลูโลส คือองค์ประกอบส่วนใหญ่ของผนังเซลล์ มีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็กเรียกว่า ไมโครไฟเบอร์ (microfiber) เกิดจากการพอลิเมอร์ไรเซชัน ของหน่วยพื้นฐานคือกลูโคส สูตรโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ จะซ้ำกันใน 2 ลักษณะ เรียกว่า cellobiose unit ซึ่งส่วน

ปลายของทั้งสองข้าง คือ reducing end group เป็นส่วนที่ทำปฏิกิริยาได้ง่าย และ non-reducing end group เป็นส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยา



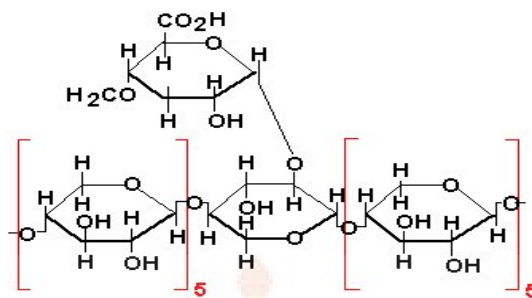
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

เซลลูโลสมีความเหนียว น้ำหนักโมเลกุลสูง มีความเป็นผลึกสูง เป็นส่วนประกอบหลักของไม้ที่ส่งผลต่อความแข็งแรง และความสม่ำเสมอของเส้นใย และปริมาณของเซลลูโลสในเส้นใยจะส่งผลต่อสมบัติ ความคุ้มค่าคุ้มทุนในการผลิตเส้นใย โดยเส้นใยที่มีปริมาณเซลลูโลสมากจะเหมาะกับการนำไปใช้งานสิ่งทอและกระดาษ

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อการกำหนดสมบัติของเส้นใย กล่าวคือหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จะเป็นตัวดึงดูดน้ำ ทำให้มีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดี ลักษณะการเรียงตัวเป็นลูกโซ่ยาว ทำให้มีความแข็งแรงสูงตามไปด้วย นอกจากนั้นในโครงสร้างบริเวณที่เป็นการต่อกันของธาตุ -C-O-C- จะเป็นบริเวณที่ถูกทำลายได้ด้วยผลจากการเกิดออกซิเดชัน หรือจากการถูกทำลายโดยสภาพภูมิอากาศ ทำให้โมเลกุลขาดลงเป็นส่วนเล็ก ๆ คล้ายน้ำตาล และกลายเป็นอาหารของพืชและสัตว์ต่อไป

(2) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

สารกึ่งเซลลูโลส หรือเฮมิเซลลูโลส จะแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลลูโลสและลิกนิน ประกอบด้วยน้ำตาล ได้แก่ เฮกโซส (hexoses, จำนวน C = 6) : กลูโคส (glucose), แมนโนส (mannose), กาแลกโทส (galactose) และ เพนโทส (pentose, จำนวน C = 5) : ไซโลส (xylose), อะราไบโนส (arabinose), กรดกลูโคโรนิก (glucuronic acid) ในทางเชิงกล เฮมิเซลลูโลสช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 2. 5 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส

(3) ลิกนิน (lignin)

ลิกนินเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนกว่าเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ที่มีมากรองจากเซลลูโลส ลิกนินทำหน้าที่เป็นเหมือนกาวที่เชื่อมระหว่างเส้นใยกับผนังเซลล์ ช่วยให้เส้นใยมีสมบัติต้านทานต่อแรงกด และป้องกันไม่ให้เส้นใยได้รับผลกระทบจากปฏิกิริยาทางกายภาพและทางเคมี ปริมาณของลิกนินในเส้นใยจะส่งผลต่อโครงสร้าง สมบัติ ความยืดหยุ่น และอัตราการย่อยสลายของเส้นใย

(4) สารแทรก (extractive)

สารแทรก คือ สารที่ไม่ใช่องค์ประกอบของโครงสร้างของผนังเซลล์ มีตั้งแต่ สารไอโซพรีน สารเทอร์พีน สารประกอบเฮตเทอโรไซคลิก กรด เรซิน สารพอลิฟีนอลต่าง ๆ และอัลคาลอยด์ เป็นต้น เป็นสารประกอบที่แสดงถึงสมบัติของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด สารประกอบเหล่านี้จะทำให้พืชแต่ละชนิดมีสี กลิ่น รส และความแข็งแรงที่แตกต่างกัน มีประมาณร้อยละ 5-30 โดยมวล รวมไปถึง สารส่วนน้อย (minor constituent) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ก่อให้เกิดเถ้า ได้แก่ สารประกอบแคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสเฟส และซิลิกา เป็นต้น สารส่วนน้อยมีประมาณร้อยละ 0.1-3 โดยมวล การใช้ประโยชน์ของสารแทรกขึ้นกับสมบัติทางเคมีของสารนั้น เช่น สารแทรกพวกเทอร์พีนนำมาใช้เป็นตัวทำละลาย น้ำหอม ยา สบู่ กาว และใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ สารพวกพอลิฟีนอลใช้ในการฟอกหนัง สักเคราะห์กาว ส่วนพวกอัลคาลอยด์ ส่วนใหญ่มีประโยชน์ทางเภสัชกรรม

2.3 สุนทรบำบัด (aromatherapy)

อะโรมาเทอราพี (aromatherapy) มาจากรากศัพท์ 2 คำ คือ aroma ซึ่งหมายถึง กลิ่นหอมจากน้ำมันหอมระเหย และ therapy ซึ่งหมายถึง การบำบัด ดังนั้น จึงหมายความว่า ศาสตร์ของการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชเพื่อส่งเสริมให้สุขภาพจิตและสุขภาพกาย ให้ดีขึ้น และมีชื่อเป็นทางการคือ คันธบำบัด จัดได้ว่าเป็นศาสตร์เก่าแก่ของโลก เริ่มจากสมัยอียิปต์เมื่อ 6,000 ปีที่ผ่านมา นอกจากนี้ยังมีการใช้ในจีนและอินเดีย เมื่อประมาณ 3,000 ปีมาแล้ว การใช้ประโยชน์ของน้ำมันหอม

ระเหยต่อร่างกายและจิตใจส่วนใหญ่มักจะทำได้โดยการสูดดมและการใช้ผ่านผิวหนัง ในกรณีการใช้ผ่านผิวหนังมักจะมีการเจือจางก่อนเสมอในน้ำมันพืช เช่น sweet almond oil, apricot kernel oil และ grapeseed oil เป็นต้น (สุพจน์ 2548)

ความเครียดที่เกิดจากสถานที่ทำงานมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะของงานที่ก่อให้เกิดความเครียด บทบาทหน้าที่ในงาน สัมพันธภาพในงานกับผู้อื่น ความเครียดจากอาชีพ ความเครียดจากโครงสร้างบรรยากาศในองค์กร จิตใจที่เครียดขึ้นก็จะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ไม่พึงประสงค์ นานๆเข้าอาจทำให้เกิดโรคประจำตัว และโรคที่พบบ่อยในคนที่ทำงานนั่งโต๊ะ นักบริหาร หรือคนที่มีอารมณ์เครียดเป็นประจำ คือ โรคกระเพาะอาหารเป็นแผล โรคความดันโลหิตสูง โรคเส้นเลือดหัวใจ ด้วยภาวะความเครียดดังกล่าว มนุษย์จึงค้นหาวิธิตลายเครียด โดยการบำบัดด้วยกลิ่นหอมเป็นแนวทางที่สามารถนำมาใช้ให้ร่างกายสดชื่น โดยไม่ต้องพึ่งยาเคมีที่อาจมีผลข้างเคียงต่อร่างกาย

2.3.1 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นน้ำมันที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ เก็บไว้ตามส่วนต่างๆ เช่น กลีบดอก ใบ ผิวของผล เกสร รากหรือเปลือกของลำต้น เวลาที่ได้รับความร้อนอนุภาคเล็กๆ จะระเหยออกมาเป็นกลุ่มไอรอบๆ ทำให้เราได้กลิ่นหอม ช่วยดึงดูดแมลงให้มาผสมเกสรดอกไม้ ปกป้องการรุกรานจากศัตรู และรักษาความชุ่มชื้นแก่พืช สำหรับประโยชน์ต่อมนุษย์นั้น น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบหรือลดบวม คลายเครียด หรือกระตุ้นให้สดชื่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

กลิ่นของน้ำมันหอมระเหย

กลิ่นที่ต่างกันสะท้อนถึงองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันซึ่งจับกับตัวรับและแปรรหัสสัญญาณไปยังสมองได้ต่างกัน พืชต้นเดียวกันจากส่วนที่ต่างกันจะให้น้ำมันหอมระเหยซึ่งมีกลิ่นต่างกันด้วย (พิมพร) เช่นต้นส้ม (orange tree) ถ้าสกัดจากดอกส้ม (orange blossom) จะได้น้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่า Neroli oil ถ้าสกัดจากกิ่งอ่อน (twigs) ลำต้นหรือผลดิบจะได้น้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่า Petigrain ถ้าสกัดจากเปลือกผลจะได้ orange oil เป็นต้น

น้ำมันหอมระเหยมักมีองค์ประกอบเป็นสารประกอบจำพวก ester aldehyde ketone กรด และแอลกอฮอล์ แบ่งกลิ่นได้เป็นหลายกลิ่นได้แก่

- กลิ่นดอกส้ม ได้จากส้ม มะนาว เบอร์กามอต จัดเป็นกลิ่นที่สดชื่นและสะอาด จัดอยู่ในกลุ่ม top note
- กลิ่นเครื่องเทศ ได้จากอบเชย กานพลู เป็นกลิ่นหนัก และหวานลึก
- กลิ่นดอกไม้จากดอกไม้ต่างๆ เช่น กุหลาบ มะลิ เจอรานิยม เป็นกลิ่นกึ่งเบากึ่ง หวาน
- กลิ่นป่า เป็นกลิ่นที่ได้จากเปลือกไม้ เนื้อไม้ และรากไม้ ได้แก่ แก่นจันทน์ rosewood sandalwood cedarwood

- กลิ่นสมุนไพร ได้แก่ โหระพา เซจ มาจจอแรม มีกลิ่นเย็นของเมนทอล และกลิ่นสีเขียวของใบไม้ปนกัน

หลักการเลือกกลิ่นน้ำมันหอมระเหย ผู้ชายและผู้หญิงจะมีรสนิยมของกลิ่นน้ำมันหอมระเหยต่างกัน สามารถใช้ข้อมูลต่อไปนี้เป็นแนวทางในการเลือกชนิดเพื่อผสมน้ำมันหอมระเหยได้

- กลิ่นที่ผู้ชายชอบ ได้แก่ basil, bergamot, eucalyptus, frankincense, jasmine, lavender, lemon, patchouli, pine, sandalwood
- กลิ่นที่ผู้หญิงชอบ ได้แก่ bergamot, geranium, jasmine, lavender, neroli, patchouli, peppermint, rose, sage, ylang-ylang

แบ่งน้ำมันหอมระเหยตามคุณสมบัติของการระเหยเป็น 3 กลุ่ม คือ (สำนักงานแพทย์ทางเลือก 2550; AromaWeb n.d.)

(1) กลุ่มที่ระเหยง่าย (top note)

เป็นกลุ่มที่ระเหยได้เร็ว ทำให้ได้กลิ่นครั้งแรกที่ดม

มีกลิ่นหอมแหลม ในการสูดดมจะได้รับกลิ่นก่อนน้ำมันชนิดอื่นๆ มีลักษณะกระตุ้นมาก แทรกซึมดี มักให้ความรู้สึกร้อนหรือเย็น ทำให้จิตใจเบิกบาน มักใช้ร้อยละ 5-20 ในตำรับของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด เช่น น้ำมันโหระพา เบอร์กามอต ยูคาลิปตัส เกรฟฟรุต มะนาว ตะไคร้ เปปเปอร์มินต์ โรสแมรี่ ชินนามอน ลาเวนเดอร์ ที-ทรี กานพลู อบเชย เป็นต้น

(2) กลุ่มที่ระเหยได้เร็วปานกลาง (middle note)

เป็นสารกลุ่มที่ระเหยได้ปานกลาง

มีกลิ่นหอมนุ่มนวล ให้ความรู้สึกอบอุ่น มีผลต่อการเผาผลาญพลังงานและการทำงานของร่างกาย มักใช้ในปริมาณสูงตั้งแต่ร้อยละ 50-80 ของตำรับ เช่น คาโมไมล์ เจอราเนียม โรสแมรี่ จูนิเปอร์ ลาเวนเดอร์ ส้ม สน กุหลาบ กระดังงา ไร่ย์ เป็นต้น

(3) กลุ่มที่ระเหยได้ช้า (basic note)

ระเหยได้ช้า ดูดซึมสู่ผิวหนังได้ดี มีกลิ่นติดทน

มีกลิ่นจะมีลักษณะหนัก ทึบ ติดทน และดูดซึมสู่ผิวหนังได้ดี เป็นน้ำมันที่ระงับความวุ่นวาย และช่วยผ่อนคลาย ใช้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 5 ของตำรับ เช่น ซีดาร์วูด มะลิ มาร์จจอแรม เนโรลี ไม้จันทน์ เป็นต้น

ตารางที่ 2. 2 ระดับกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย

Top notes	Top Middle	Middle notes	Middle-Base notes	Base notes
Basil	Anise Seed	Allspice	Carrot seed	Angelica root
Bay	Cajuput	Bergamot	Copaiba	Balsam Peru
Camphor	cardamom	Bay	Frangipani	Benzoin
Citronella	Clary Sage	Black Pepper	Frankincense	Cassia
Coriander	Fennel sweet	Carnation	Jasmine	Cedarwood atlas
Eucalyptus	Ginger	Carrot seed	Rose otto	Cedarwood virginian
Grapefruit	Manuka	Celery seed	Tagetes	Cinnamon leaf/Bark
Hyssop	Melissa	Chamomile German	Valerian	Cistus
Lemon	Nutmeg	Chamomile roman	Vanilla	Clove
Lemongrass	Petitgrain	Cypress	Ylang Ylang	Hiba
Lime	Ravensara	Dill		Hinoki
Mandarin	Rose Geranium	Geranium		Hops
Niaouli	Star Anise	Immortelle		Linden
Neroli	Tuberose	Ho Leaf		Lotus
Verbena		Ho Wood		Lovage
Niaouli		Juniper berry		Mimosa
Orange sweet		Lavandin		Myrrh
Palmarosa		Lavender		Patchouli
Peppermint		Marjoram		Rose
Sage		Melissa		Oakmoss
Spearmint		Myrtle		Rosewood
Tangerine		Neroli		Sandalwood
Tea Tree		Neem		Spikenard
Thyme		Nutmeg		Tarragon
		Parsley		Vetiver
		Pine		

Top notes	Top Middle	Middle notes	Middle-Base notes	Base notes
		Rosemary		
		Rosewood		
		St.John's wort		
		Violet leaf		
		Yarrow		

นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยบางชนิดยังใช้ประโยชน์ได้เพิ่มเติมดังนี้ (พิมพร ลีลาพิสิฐ 2547)

(1) ตัวปรับสมดุล (blend equalizers) เพื่อปรับความนุ่มละมุนของกลิ่น และช่วยลดความแรงหรือความฉุนของกลิ่นบางชนิดได้ เช่นการใช้ส้ม ส้มเปลือกบาง ปรับความนุ่มละมุนให้กลิ่นมะนาว กานพลูอบเชย ลูกจันทน์ มะลิ กระดังงา กุหลาบ เจอราเนียม

(2) ตัวปรับปรุงส่วนผสม (blend modifiers หรือ personifiers) เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นหอมเป็นพิเศษ ใช้ไม่เกินร้อยละ 2 - 3 ของตำรับ จะช่วยเสริมให้กลิ่นอื่นแรงขึ้น เช่น กานพลูอบเชย เปปเปอร์มินต์ ไทม์ แพทชูรี

(3) ด้วยกระดับส่วนผสม (blend enhancers) เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นน่าพึงพอใจ ใช้เพื่อเพิ่มความพึงพอใจต่อผู้สูดดม มักมีกลิ่นระหว่าง modifiers และ equalizers เช่นเจอราเนียม ลาเวนเดอร์ มะนาวไทย เลมอน จันทน์ กระดังงา มะลิ ในกรณีใช้บำบัดโดยการสูดดมอย่างเดียวอาจใช้ยูคาลิปตัส โรสแมรี่

2.3.2 การผสมน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีสมบัติต่างกันแล้วแต่โครงสร้างทางเคมี ดังนั้นการเลือกใช้ น้ำมันหอมระเหยชนิดใดขึ้นกับจุดประสงค์ที่ต้องการของตำรับ โดยต้องเลือกให้เหมาะกับบุคคลที่จะใช้ด้วย ถ้าเพื่อจุดประสงค์ในการรักษาโรคยังต้องเพิ่มข้อควรระวังในการห้ามใช้ ต้องทำโดยผู้ชำนาญเท่านั้น โดยคำนึงความปลอดภัยเป็นหลัก ส่วนการใช้เพื่อจุดประสงค์ด้านความสวยงามและเครื่องสำอาง โดยทั่วไปควรทราบสรรพคุณของน้ำมันหอมระเหย ทราบชนิดผิวของผู้ที่จะใช้ ควรหลีกเลี่ยงน้ำมันหอมระเหยที่มีผลเสียต่อผิวหนัง เช่นทำให้แพ้ ระคายเคืองหรือแพ้แสงแดด โดยทั่วไปการใช้กับใบหน้ามักใช้ในความเข้มข้นที่ต่ำกว่าร่างกาย (ใบหน้าใช้ร้อยละ 0.5 – 2 ร่างกายใช้ร้อยละ 0.5 – 3) และผู้ที่ผิวแพ้ง่ายต้องลดความเข้มข้นลงจากปกติ

การผสม (blend) น้ำมันหอมระเหยควรคำนึงถึงหลักการเสริมฤทธิ์กัน และให้มีความสมดุล (synergy) ของกลิ่นเป็นที่พอใจ ให้ประโยชน์การเก็บรักษาที่ดี โดยมีเทคนิคการผสมน้ำมันหอมระเหย ดังนี้ (สำนักการแพทย์ทางเลือก 2550; AromaWeb n.d.)

(1) การผสมล่วงหน้า (pre-prepared blends) เป็นการผสมไว้ล่วงหน้าเพื่อความสะดวกรวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งาน ต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดเป็นอย่างดี และเลือกใช้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ จากนั้นผสมน้ำมันหอมระเหยเข้าด้วยกัน โดยผสมตัวที่มีปริมาณมากที่สุดในตำรับและรองมาจนครบ จากนั้นปล่อยให้ทิ้งไว้ในขวดปิดสนิท กันแสง เก็บในที่เย็นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำมาผสมกับตัวพา (ถ้ามีหลายชนิดควรผสมน้ำมันพาเข้าด้วยกันก่อน โดยทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงเช่นกัน) จากนั้นจึงบรรจุไว้ในภาชนะปิดสนิทกันแสงอย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนนำมาใช้

(2) การผสมทันทีก่อนใช้ (immediate individual client blends) การผสมทันทีก่อนใช้เพื่อให้ได้ตำรับที่เหมาะสมกับผู้ที่จะใช้จริงๆ ต้องทำโดยนักสุนทรบำบัดที่มีความชำนาญ

(3) การผสมเพื่อใช้ในบ้าน (home-use blends) เป็นการผสมเพื่อให้ผู้ใช้นำไปทำเองที่บ้าน มักมีความเข้มข้นร้อยละ 50 ของการใช้ โดยนักสุนทรบำบัด เพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียที่เกิดขึ้น เพราะการใช้ที่บ้านไม่สามารถควบคุมขนาดการใช้ได้

การผสมน้ำมันหอมเป็นศิลปะแขนงหนึ่งที่จะต้องอาศัยการฝึกทักษะและความเข้าใจ ในการผสมผู้ผสมจะต้องทราบก่อนว่าต้องการบำบัดอะไร และสิ่งที่ทำให้ต้องบำบัดนั้นเกิดจากสาเหตุอะไร ต้องการบำบัดอาการอักเสบ การอักเสบนั้นเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ต้องการน้ำมันหอมระเหยที่มีคุณสมบัติในการบำบัดการอักเสบ และการต่อต้านการติดเชื้อที่เกิดจากแบคทีเรียมาผสมเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มศักยภาพ ในการบำบัดให้มากขึ้น นอกจากนี้ต้องคำนึงการบำบัดด้านจิตใจและอารมณ์ควบคู่ไปกับการบำบัดร่างกายด้วย

การผสมน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดเข้าด้วยกันให้ระลึกลักษณะว่าน้ำมันหอมระเหยที่เลือกมาตามสรรพคุณที่ต้องการนั้นมีการระเหยที่ต่างกัน โดยการผสมน้ำมันหอมระเหยที่เป็น base note และ top note ตามลำดับ นอกจากนี้อาจมีการใช้ blend equalizer, blend modifier หรือ blend enhancers ร่วมด้วย ขึ้นกับความชำนาญของนักสุนทรบำบัด

ในการผสมเพื่อให้เกิดความสมดุลของการผสมน้ำมันหอมระเหย ควรจะเลือกน้ำมันที่มีฤทธิ์การรักษากลุ่มอาการเดียวกัน และเลือกกลิ่นที่ชอบมากที่สุดออกมา น้ำมันหอมระเหยบางชนิดที่กลิ่นแรง เช่น มะลิ และแฟรงค์กินเซ็น ควรจะใช้ปริมาณน้อย เมื่อผสมเสร็จแล้วจะต้องดมได้ทุกกลิ่นที่ผสมเข้าด้วยกัน ไม่มีกลิ่นใดกลิ่นหนึ่งเด่นออกมา มีน้ำมันหอมระเหยบางชนิด เช่น ลาเวนเดอร์ จีราเนียม กุหลาบ และองุ่น จะก่อให้เกิดความสุนทรีภาพของกลิ่นมากขึ้น มีความละมุนละไม

หลักการผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้ในการรักษาควรผสมน้ำมันได้ถึงสามชนิด (หรืออย่างมากสี่) เข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากกลิ่นอ่อนสุด 2 กลิ่นก่อน โดยเริ่มจากอัตราส่วนเท่ากัน (อาจจะนับจำนวนหยด เช่น อย่างละ 5 หยด) แล้วดมดูว่ามีกลิ่นใดเด่นหรือไม่ ถ้ากลิ่นใดเด่นควรจะหยดอีกกลิ่นหนึ่ง ผสมเข้าไปที่ละหยดและดมดู จนกระทั่งไม่มีกลิ่นใดเด่น นั่นหมายถึงสมดุลแล้ว (มี synergy) จากนั้น จึงค่อยๆ เติมกลิ่นที่สามลงไปทีละหยดอย่างระมัดระวัง ดมดูหลังการเติมแต่ละครั้ง จนกระทั่ง

สมดุล คือไม่มีกลิ่นใดเด่น การผสมที่ดีคือ แต่ละครั้งของการหยดควรจะเขย่าผสมให้เข้ากันดี และดมทดสอบดูก่อนเติมหยดต่อไป เมื่อผสมได้ที่แล้วให้ทิ้งไว้ 2 วัน แล้วลองดมอีกครั้งหนึ่ง กลิ่นไม่ควรเปลี่ยนแปลงจากเดิม การผสมที่ดีอาจจะต้องใช้เวลาและใจเย็น การเติมแต่ละหยดให้เขียนบันทึกทุกครั้ง เพื่อจะได้ ทำซ้ำอีกครั้งได้ การผสมที่สมดุล จะได้กลิ่นของทุกชนิดที่ผสมเข้าด้วยกัน

แนวทางการผสมที่นิยมใช้ในสุนทรบำบัดมีดังนี้ (สำนักการแพทย์ทางเลือก 2550; พิมพรลีลาพิสิฐ 2547) คือการผสมโดยใช้คุณสมบัติของกลิ่นเป็นปัจจัยหลัก และ-การผสมเพื่อการบำบัดโดยใช้องค์ประกอบด้านเคมี

2.3.2.1 การผสมโดยใช้คุณสมบัติของกลิ่นเป็นปัจจัยหลัก มีแนวทางดังนี้

การผสมโดยใช้คุณสมบัติของกลิ่นเป็นปัจจัยหลัก มีแนวทางดังนี้

- การใช้ระดับการระเหยของน้ำมันหอมระเหยมาเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งได้แก่ การระเหยเร็วมาก การระเหยเร็ว การระเหยปานกลาง และการระเหยช้า (ตารางที่ 2.2.2)
- การใช้ระดับความเข้มข้นของกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยมาเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งได้แก่ กลิ่นหอม หนักแน่นมากที่สุด กลิ่นหอมหนักแน่นมาก กลิ่นหอมหนักแน่นปานกลาง และกลิ่นหอมหนักแน่น
- การใช้ระดับกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยเป็นองค์ประกอบ เช่น กลิ่นชัดเจน กลิ่นหอมละมุนนุ่มนวล กลิ่นหอมล้ำลึก

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างกลุ่มน้ำมันหอมระเหยตามระดับการระเหย

ระเหยเร็วมากที่สุด	ระเหยเร็วมาก	ระเหยปานกลาง	ระเหยช้า
Grape fruit	Basil	Bay laurel	Blue cypress
Lemon	Cardamom	Black pepper	Carrot seed
Mandarin	Clary sage	Roman chamomile	cedarwood
melissa	eucalyptus	cinnamon	German chamomile
peppermint	Hyssop	cypress	cumin
	Juniper	fennel	frankincense
	Spike lavender	fir	Ginger
			(CO2extraction)
	Palmarosa	geranium	jasmine
	Rosemary	ginger	sandalwood
	Sweet birch	helichrysum	turmeric
	Tea tree	inula	vetiver
		lavender	
		majoram	
		neroli	
		nutmeg	
		Ylang ylang	

ที่มา: (สำนักการแพทย์ทางเลือก 2550)

การผสมโดยแนวทางนี้จะเป็นการผสมระหว่างความแตกต่างของระดับการระเหย โดยการนำน้ำมันหอมระเหยในกลุ่มระเหยเร็วมากมาผสมกับกลุ่มที่ระเหยช้า ปริมาณที่นำมาผสมขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้น้ำมันหอมระเหยนั้น ๆ เช่น ถ้าต้องการผสมน้ำมันหอมระเหย Everlasting กับ Lavender เข้าด้วยกัน Everlasting มีความเข้มข้นของกลิ่นมากกว่า Lavender ถ้าผสมในอัตราส่วนที่เท่ากันจะไม่สามารถรับรู้กลิ่นของทั้งสองกลิ่นได้ ดังนั้นอาจ หยด Lavender 3 หยด ต่อ Everlasting 1 หยด เพื่อให้กลิ่นสมดุลมากขึ้น

ตารางที่ 2. 4 ตัวอย่างกลุ่มน้ำมันหอมระเหยตามระดับความเข้มข้นของกลิ่น

กลิ่นหอมหนักแน่นมากที่สุด	กลิ่นหอมหนักแน่นมาก	กลิ่นหอมหนักแน่นปานกลาง	กลิ่นหอมหนักแน่นอ่อนๆ
Cumin	Basil	Bergamot	Cedar wood
Cinnamon	Carrot seed	Bay laurel	cypress
Clove	Eucalyptus globulus	Black pepper	fir
German chamomile	Fennel	Cardamom	grapefruit
Roman chamomile	ginger	Clary sag	rosalina
peppermint	Helichrysum	frankincense	sandalwood
	Jasmine	juniper	
	Neroli	lavender	
	Nutmeg	lemon	
	Patchouli	majoram	
	Rose	melissa	
	Absolute	myrrh	
	Vetiver	palmarosa	
	Ylang ylang	petitgrain	
		pine	
		Tea tree	

การผสมด้วยการนำความเข้มข้นของกลิ่นมาเป็นปัจจัย จะคล้ายกับแนวทางการผสมของระดับการระเหยที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งสามารถนำการผสมดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับการผสมในหัวข้อนี้ได้ ตัวอย่างเช่น หากต้องการผสมน้ำมันโรมันคาร์โมไมล์ น้ำมันมะนาว และน้ำมันแซนดัลวูดเข้าด้วยกัน ปริมาณที่แนะนำให้ใช้คือ Chamomile 1 หยด Lemon 4 หยด และ Sandalwood 7 หยด จะได้น้ำมันผสมที่มีความสมดุลของกลิ่น

ตารางที่ 2.3.1 ตัวอย่างกลุ่มน้ำมันหอมระเหยตามระดับกลิ่น

กลุ่มระเหยเร็ว	กลุ่มระเหยปานกลาง	กลุ่มระเหยช้า
Bergamot	Geranium chamomile	Carrot seed
Clove	Cardamom	Cedarwood
Cinnamon	Geranium	Clary
Grapefruit	Ginger	Sage
Lemon	lavender	Frankincense
Lemongrass	Sweet marjoram	myrrh
Lime	Palmarosa	Patchouli
Mandarin	Pine	Peru balsam
Neroli	Rosemary	Sandalwood
Petitgrain	Rosewood	Spikenard
Sweet orange	lavender	vetiver
Peppermint		
thyme		

แนวทางปฏิบัติของการผสมโดยวิธีนี้เป็นการนำเอาหลักการของการผสมน้ำหอมมาใช้เพื่อสร้างสรรค์ความสมดุลของกลิ่นหอม เพื่อไม่ต้องการให้มีกลิ่นใดกลิ่นหนึ่งโดดเด่นมากเกินไป โดยจะเป็นการนำน้ำมันหอมระเหยของทั้ง 3 กลุ่มมาผสมกันในอัตราที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดพลังแห่งการบำบัดมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้รับเช่น การผสมของน้ำมันหอมระเหย Sandalwood เป็นน้ำมันหอมในกลุ่มกลิ่นล้าลึกคงทน Lavender เป็นน้ำมันหอมระเหยกลุ่มกลิ่นนุ่มนวล และ Lemon เป็นน้ำมันหอมระเหยกลุ่มกลิ่นแหลมชัดเจน

แนวทางการกำหนดสัดส่วนการผสมน้ำมันหอมระเหยของแต่ละกลุ่มมีดังนี้

- กลุ่มน้ำมันหอมระเหยที่จะได้กลิ่นในลำดับต้นๆ (top note) ประมาณร้อยละ 20- 30
- กลุ่มน้ำมันหอมระเหยที่จะได้กลิ่นถัดมาจากกลุ่มแรก (middle note) ประมาณร้อยละ 40-80
- กลุ่มน้ำมันหอมระเหยที่จะได้กลิ่นเป็นลำดับสุดท้าย (base note) ประมาณร้อยละ 10- 25

ตัวอย่างเช่นกรณีที่ต้องการน้ำมันหอมระเหยที่มีคุณสมบัติในการช่วยผ่อนคลาย ให้เลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีคุณสมบัติช่วยในการผ่อนคลายจากกลุ่มระเหยเร็ว (Lemon 30%) ปานกลาง (Lavender 50%) และกลุ่มระเหยช้า (Sandalwood 20%) ในสัดส่วนที่ระบุไว้ข้างต้นมาผสมกันจะได้น้ำมันหอมที่เหมาะสมในการนำมาใช้บำบัดการช่วยผ่อนคลาย

2.3.2.2 การผสมเพื่อการบำบัดโดยใช้องค์ประกอบด้านเคมี

น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีโครงสร้างเคมีที่แตกต่างกัน จึงทำให้คุณสมบัติในการบำบัดแตกต่างกันด้วยในการผสมโดยใช้หลักการขององค์ประกอบทางด้านเคมีย่อมต้องคำนึงถึงผลลัพธ์ที่พึงจะได้ และข้อควรระวังในการเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด การผสมด้วยวิธีนี้จะเป็นการนำเอาวัตถุประสงค์ของการบำบัดคือความผิดปกติ และสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติมาเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา ตัวอย่างเช่น หากต้องการบำบัดโรคเท้าเหม็นซึ่งโรคนี้เกิดจากเชื้อราเป็นสาเหตุ ดังนั้นจะต้องนำน้ำมันหอมระเหยที่มีโครงสร้างโมเลกุลของ Phenols ซึ่งมีสรรพคุณต่อต้านเชื้อรา มาผสมแต่เนื่องจาก Phenols สามารถทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังได้ ดังนั้นอาจหลีกเลี่ยงการใช้ น้ำมันหอมระเหยที่มี Phenols หรือใช้เป็นจำนวนน้อยหรือนำไปผสมกับน้ำมันหอมชนิดอื่นๆ และหรือพิจารณาใช้น้ำมันหอมระเหยที่มีโครงสร้างโมเลกุลของ Alcohol ซึ่งมีสรรพคุณต่อต้านเชื้อรา เช่น น้ำมันหอมระเหย Thyme Lavandin และ Geranium มาผสมกันซึ่งน้ำมันทั้งสามตัวมีโครงสร้างโมเลกุลของ Phenol และ Alcohol ด้วย

2.3.4 น้ำมันหอมระเหยที่เกี่ยวข้อง

2.3.4.1 น้ำมันตะไคร้ lemon grass oil

ตะไคร้

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร n.d.; Parirat 2012)

ชื่อวิทยาศาสตร์ Cymbopogon citratus (De ex Nees) Stapf.

ชื่อวงศ์ Poaceae (Gramineae)

ชื่อพ้อง ไม่มี

ชื่ออังกฤษ Lapine, Lemon grass, West Indian lemongrass, Sweet rush, Ginger grass

ชื่อท้องถิ่น คาหอม, ไคร, จะไคร, เชิดเกรย, หัวสิงไค, เหลอะเกรย

ตะไคร้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นไม้ล้มลุกจำพวกหญ้า ลำต้นแตกจากเหง้าใต้ดินเป็นกอ มีความสูงประมาณ 1 เมตร มีใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ ใบรูปขอบขนานปลายแหลมก้านใบเป็นกาบซ้อนกันแน่นสีเขียวปนม่วงแดง แผ่นใบกว้าง ยาว และนิ่ม กว่าตะไคร้บ้าน ต้นและใบมีกลิ่นฉุนจนรับประทานเป็นอาหารไม่ได้ ดอกออกเป็นช่อออกที่ปลายยอด แต่ละช่อมีดอกย่อยจำนวนมาก ดอกย่อยสีเหลืองเป็นพืชที่ออกดอกยาก ผลเป็นผลแห้ง ไม่แตก เหง้า ใบ และกาบ นำมากลั่นได้น้ำมันหอมระเหย ใช้เป็นเครื่องหอม เช่น สบู่ หรือพ่นทาผิวหนังกันยุงหรือแมลง

ตะไคร้สดประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 80 เป็นน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.2 – 0.4 อาจพบได้ถึงร้อยละ 3 ขึ้นกับวิธีการสกัดและแหล่งปลูก ที่เหลือเป็นสารที่ไม่ใช่น้ำมันหอมระเหย

สรรพคุณของน้ำมันหอมระเหย (สำนักการแพทย์ทางเลือก 2550)

ฆ่าเชื้อโรค เชื้อแบคทีเรีย ลดไข้ ดับกลิ่น (deodorant) ไล่แมลง บำรุงร่างกาย (tonic)

ข้อบ่งใช้

- ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ - ปวดข้อ ข้ออักเสบ ข้อรูมาตอยด์ กล้ามเนื้อ อักเสบ ปวดตามเส้นประสาท
- ระบบประสาทและอารมณ์ - ทำให้กระปรี้กระเปร่า ลดอาการอ่อนล้า เหน็ดเหนื่อย
- ระบบทางเดินหายใจ - มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เหมาะกับการรักษา อาการหวัด หรือติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ
- การบำรุงผิวพรรณ - ใช้ผสมกับน้ำมันนวดตัว ช่วยบำรุงผิว ลดความ มันและลดเหี่ยว เหมาะกับผู้ที่ผิวเหี่ยวออกมาก
- ข้อมูลด้านความปลอดภัย - ไม่พบข้อมูลความเป็นพิษและการระคายเคือง แต่ในบางรายที่แพ้อาจก่อให้เกิด อาการระคายเคืองได้ สตรีมีครรภ์ควรหลีกเลี่ยง

การใช้น้ำมันตะไคร้ในการลดความเครียด

น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ (lemongrass oil) ระดับกลิ่น (note) คือ middle to Top องค์ประกอบที่สำคัญคือ Citral ประโยชน์คือ ช่วยลดความเครียด วิดกกังวล เพิ่มความกระปรี้กระเปร่า ช่วยให้สดชื่น โล่งแมลง ฆ่าเชื้อและดับกลิ่น ตะไคร้บ้านช่วยผ่อนคลายความเครียด (stress) ลดความท้อแท้หดหู่ (depression) บรรเทาอาการปวดศีรษะ ลดไข้ ผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ทำให้หายใจสะดวก ช่วยให้หลับสบาย ช่วยขับลมแก้จุกเสียด ลดการตึงเครียดของระบบประสาท (Blanco et al. 2009) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ต่อพฤติกรรมในหนูขาว พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ เพิ่มระยะเวลานอน เพิ่มความทนต่อการเกิดลมชัก

2.3.4.2 น้ำมันยูคาลิปตัส

ข้อมูลทางพิษศาสตร์ (MedThai 2014)

- ชื่อวิทยาศาสตร์ Eucalyptus globulus Labill.
- ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์ Eucalyptus gigantea Dehnh., Eucalyptus glauca A.Cunn. ex DC., Eucalyptus globulosus St.-Lag., Eucalyptus globulus subsp. globulus, Eucalyptus maidenii subsp. globulus (Labill.) J.B.Kirkp., Eucalyptus perfoliata Desf., Eucalyptus pulverulenta Link
- ชื่อวงศ์ MYRTACEAE
- ชื่ออื่น โกรฐจุฬารส น้ำมันเขียว มันเขียว ยูคาลิป (ไทย) อันเยียะ หานอัน (จีนกลาง)

ถิ่นกำเนิด

ทางเหนือของออสเตรเลีย

หมายเหตุ : ต้นยูคาลิปตัสที่ปลูกกันทั่วไปจะมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. ซึ่งเป็นคนละชนิดกับยูคาลิปตัสที่นำมาใช้ทำยา (ชนิดทำยามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eucalyptus globulus* Labill.)

ลักษณะของยูคาลิปตัส

ต้นยูคาลิปตัส จัดเป็นไม้ยืนต้น ลำต้นตั้งตรง มีความสูงได้ประมาณ 10 - 25 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มหนาที่ค่อนข้างกลม แตกกิ่งก้านมาก เปลือกต้นบางเรียบเป็นมันและลอกออกง่าย เปลือกต้นเป็นสีน้ำตาลอ่อนปนขาว หรือมีสีเทาสลับสีขาวและสีน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตกร่อนเป็นแผ่น ๆ และหลุดออกจากผิวของลำต้น เมื่อแห้งจะลอกได้ง่าย กิ่งก้านเล็กเป็นเหลี่ยม มีจุดด่างกลม

ใบยูคาลิปตัส ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับเป็นคู่ ใบห้อยลง ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ปลายใบแหลม ใบมีขนาดกว้างประมาณ 2 - 7 เซนติเมตรและยาวประมาณ 12 - 30 เซนติเมตร แผ่นใบหนาเป็นสีเขียวอมสีน้ำตาล มีผงคล้ายแป้งปกคลุม เส้นใบมองเห็นได้ชัดเจน ก้านใบสั้น ก้านใบยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

ดอกยูคาลิปตัส ออกดอกเดี่ยวหรือออกเป็นกระจุกตามง่ามใบ มีดอกประมาณ 2-3 ดอก ดอกเป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร ดอกมีเกสรเพศผู้หลายก้าน ออกดอกเกือบตลอดทั้งปี

ผลยูคาลิปตัส ผลมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมหรือคล้ายรูปถ้วย ปลายผลแหลม ผลอ่อนเป็นสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8-2 เซนติเมตร เปลือกผลหนา มีรอยเส้นสีเหลี่ยม 4 เส้น เมื่อผลแก่ปลายผลจะแยกออก

สรรพคุณของยูคาลิปตัส

ใบและเปลือกกราก มีรสขมเผ็ด กลิ่นหอม เป็นยาเย็น ออกฤทธิ์ต่อปอด ลำไส้ และทางเดินปัสสาวะ

ใบ เป็นยาแก้ไข้ ใช้หัดติดเชื้อ ใช้หัดใหญ่ (ใบ) ใช้เป็นยาแก้ไข้ ด้วยการใช้น้ำมันที่กลั่นได้จากใบสด 0.5 มิลลิเมตร (ประมาณ 8 หยด) นำมารับประทานหรือทำเป็นยาอมช่วยบรรเทาอาการข้ออักเสบ ช่วยรักษาลำไส้อักเสบ แก้บิด ช่วยแก้กระเพาะปัสสาวะอักเสบ ใช้แก้โรคผิวหนัง กลากเกลื้อน ผดผื่นคัน ผื่นหนังอักเสบ ติดเชื้อไวรัสบริเวณผิวหนัง ช่วยแก้ฝีมีหนองอักเสบ ฝีหัวช้าง

น้ำมัน ใช้ทาคอช่วยแก้ไข้ หรือใช้ผสมแก้หัดคัดจุมูก ใช้ทาตามอวัยวะต่าง ๆ เพื่อแก้อาการฟกช้ำ

ข้อมูลทางเภสัชวิทยาของยูคาลิปตัส

ในใบยูคาลิปตัสพบน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.92 - 2.89 Oleum Eucalypti ประกอบด้วยสาร เช่น Aromadendrene, Cineole, Pinene, Pinocarvon, Pinocarveol, Cuminaldehyde, 1-Acetyl 1-4 isopropylidene-cyclopentene, Quercitrin, Quercetin, Rutin ใบพบ Eucalyptin, Tannin และ Guaiacol Globulol.

สาร Oleum Eucalypti ความเข้มข้นร้อยละ 6 จะสามารถช่วยยับยั้งเชื้อวัณโรค H37, Rv ได้

สารที่สกัดได้จากยูคาลิปตัสมีฤทธิ์ขับพยาธิปากขอได้

สารสกัดจากยูคาลิปตัส สามารถยับยั้งเชื้อ Staphylo coccus ได้ โดยฤทธิ์ที่ยับยั้งเชื้อได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัด

สารสกัดจากยูคาลิปตัส สามารถดับพิษจากเชื้อบาดทะยักและเชื้อคอตีบได้ โดยนำสารที่สกัดได้มาทำเป็นยาฉีดยาให้กระต่ายที่ติดเชื่อบาดทะยักหรือเชื้อคอตีบ ในอัตราส่วน 0.2 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม พบว่ามีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการติดเชื้อมากกว่าได้ และไม่มีอาการแสดงพิษของเชื้อที่ติดอยู่ในร่างกายเป็นเวลานานถึง 2 สัปดาห์

ข้อควรระวังในการใช้สมุนไพรยูคาลิปตัส

น้ำมันที่สกัดได้จากยูคาลิปตัส ห้ามรับประทานเกิน 3.5 ซีซีต่อ 1 ครั้ง เพราะจะทำให้เกิดอาการเป็นพิษต่อร่างกายได้

การใช้เกินขนาดจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อทางเดินอาหาร^[2]

ประโยชน์ของยูคาลิปตัส

ใช้ทำเป็นยาไล่ยุง ฆ่ายุง และแมลง ด้วยการใช้ใบสดประมาณ 1 กำมือ นำมาขยี้ กลิ่นของน้ำมันจะออกมา ซึ่งจะช่วยไล่ยุงและแมลงได้^[2]

ใบสามารถนำมาสกัดเป็นน้ำมัน น้ำยาหอมระเหย ไอรระเหยแก้หวัด^[4]

เนื้อไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ทำกระดาน ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ทำเสาเข็ม สร้างบ้าน ทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สอยต่าง ๆ ทำรั้ว ทำเสา คอกเลี้ยงสัตว์ นั่งร้านในการก่อสร้าง (แต่ต้องมีการอาบน้ำยาเพื่อรักษาเนื้อไม้ไว้ก่อนถึงจะยืดอายุการใช้งานได้นานยิ่งขึ้น) ฯลฯ^[6]

เปลือกไม้นำมาบดให้ละเอียดผสมกับขี้เลื่อยและกาว ใช้ทำเป็นรูป และผสมกำมะถัน ใช้ทำเป็นยากันยุงได้ดี

นำมาใช้เผาถ่าน โดยฟืนจากไม้ยูคาลิปตัสจะให้พลังงานความร้อนสูงถึง 4,800 แคลอรีต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัสจะให้พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีความใกล้เคียงกับไม้โกงกางซึ่งเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด ฯลฯ

ประโยชน์ของน้ำมันยูคาลิปตัส

ช่วยบรรเทาอาการไอ ภูมิแพ้ หวัด ไข้หวัดใหญ่ บรรเทาอาการคัดจมูก เป็นยาธาตุ แก้อาการปวดศีรษะจากหวัดไซนัส ทำให้หายใจโล่ง ช่วยให้อารมณ์สดชื่น ช่วยแก้อาการเจ็บคอ ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน บรรเทาแผลสด แผลไฟไหม้และแผลติดเชื้อ หรือนำมาใช้ทาถูวนวดแก้ปวดกล้ามเนื้อ

วิธีใช้น้ำมันยูคาลิปตัส สามารถนำมาใช้ผสมกับน้ำมันพื้นฐาน น้ำมันนวด และน้ำมันหอมระเหยต่าง ๆ ได้เกือบทุกชนิด เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันเมล็ดมะรุม น้ำมันฝ้ายบริสุทธิ์ น้ำมันองุ่น น้ำมันโจโจบา น้ำมันสวีทอัลมอนด์หรือน้ำมันพีชอื่นที่เป็น Cosmetic grade เป็นต้น (อัตราส่วนการใช้ น้ำมันยูคาลิปตัส หากนำมาใช้กับผิวหนังไม่ควรใช้เกิน 1% ส่วนผิวทาไม่ควรใช้เกิน 3%) หรือใช้หยดลงในอ่างอาบน้ำอุ่นเพื่อช่วยลดอาการหวัด แก้อาการไซนัส ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ ปวดข้อ และเมื่อยล้า ใช้ผสมในครีมหรือโลชั่นนำมาใช้ทาเพื่อลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อและช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น และใช้ใส่ในโคมไฟฟาร์มาซูมา หรือผ้าเช็ดหน้า เพื่อไอระเหยจะช่วยลดอาการจามจากการแพ้อากาศหรือเป็นหวัดได้ดี และช่วยทำให้หายใจโล่งขึ้น ทำให้เกิดสมาธิที่ดีขึ้น และช่วยขับไล่แมลง เป็นต้น

คำแนะนำในการใช้น้ำมันยูคาลิปตัส ให้ใช้ภายนอก ไม่ควรนำมารับประทาน ห้ามนำมาสูดดม หรือสัมผัสกับผิวหนังโดยตรง แต่ต้องนำมาทำให้เจือจางก่อน เนื่องจากมีความเข้มข้นสูง หากเข้าตาให้รีบล้างออกด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้งก่อนไปพบแพทย์ ถ้าหากถูกผิวหนังให้รีบล้างออกด้วยน้ำสบู่ มิฉะนั้นอาจเกิดอาการแพ้ได้ และไม่ควรนำมาใช้ในปริมาณมากเกินไป เพราะจะทำให้ปวดศีรษะ ส่วนผู้ที่เป็โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูงหรือต่ำ ผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ต้องพึ่งอินซูลิน (เพราะอาจทำให้ระดับน้ำตาลผิดปกติ) ผู้ป่วยเรื้อรังที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับตับ ไต กระเพาะอาหาร รวมถึงสตรีมีครรภ์หรืออยู่ระหว่างให้นมบุตรอายุต่ำกว่า 5 ปีก็ไม่ควรนำมาใช้

2.3.4.3 น้ำมันหญ้าแฝก (vetiver essential oil)

หญ้าแฝก (MedThai 2014)

ชื่อสามัญ	Vetiver grass, Khuskhus, Cuscus, Sevendara grass
ชื่อวิทยาศาสตร์	Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty
ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์	Vetiveria zizanioides (L.) Nash
วงศ์หญ้า	(POACEAE หรือ GRAMINEAE)
ชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ	หญ้าแฝกหอม (นครราชสีมา, ภาคกลาง), แงงหอม แคมหอม (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) เป็นต้น

หญ้าแฝกมีอยู่ในโลกประมาณ 11-12 ชนิด แต่ในประเทศไทยพบว่ามีอยู่เพียง 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกหอมหรือหญ้าแฝกลุ่ม (Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty) และหญ้าแฝกดอน (ชื่อวิทยาศาสตร์ Chrysopogon nemoralis (Balansa) Holttum (ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์ Vetiveria

nemoralis (Balansa) A.Camus)) ในธรรมชาติจะพบหญ้าแฝกทั้งสองชนิดนี้ได้ทั่วไป เพราะขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ทั้งที่ลุ่มและที่ดอน ในดินสภาพต่าง ๆ จากความสูงใกล้กับระดับน้ำทะเลไปจนถึงระดับประมาณ 800 เมตร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เป็นหญ้าสูง 2.1-2.4 เมตร ออกดอก เป็นช่อ 6-12 ก้าน ใบยาว บาง แหลม และคม ใช้ปลูกเพื่อกันการพังทลายของ หน้าดิน รากบางและมีกลิ่นหอม

การสกัด

กลั่นโดยใช้ไอน้ำ หรือสกัดด้วยตัวทำละลายจากราก จะได้น้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.3-1.0 องค์ประกอบทางเคมี

khusimol, vetiselinol, cyclocopancamphan-12-ol, a-cadinol, a-vetivone, B-vetivenene (Champagnat et al. 2006)

ข้อมูลทางเภสัชวิทยาของหญ้าแฝก

น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ ทำให้ผิวหนังร้อนแดงอย่างอ่อน ทำให้นอนหลับ ทำให้สงบ

จากการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันของสารสกัดจากรากหญ้าแฝกด้วยเอทานอล 50% โดยให้หนูทดลองกินในขนาด 10 กรัมต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 7,143 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดที่ใช้รักษาในคน และให้โดยวิธีการฉีดเข้าทางใต้ผิวหนังของหนูทดลองในขนาด 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ไม่พบว่ามีความเป็นพิษ (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2010) สรรพคุณของน้ำมันหอมระเหย (สำนักการแพทย์ทางเลือก 2550)

ฆ่าเชื้อ ทำให้นอนหลับ ทำให้สงบ ทำให้ผิวหนังร้อนแดงอย่างอ่อน (mild rubefacient)

บำรุงร่างกาย (tonic)

ข้อบ่งใช้

ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ

ทำให้ผิวหนังร้อนแดงอย่างอ่อน ทำให้บรรเทาอาการ ปวดกล้ามเนื้อ ข้ออักเสบ ข้อรูมาตอยด์

ระบบประสาทและอารมณ์

ทำให้ผ่อนคลาย บรรเทาเครียด วิตกกังวล นอนไม่หลับ ซึมเศร้า เหมาะกับผู้ที่อ่อนล้า ทำงานหนัก และไม่ได้พักผ่อน

ระบบสืบพันธุ์

ช่วยปรับสมดุลการหลั่งฮอร์โมนเพศหญิงเอสโตรเจน (estrogen) และโปรเจสเตอโรน (Progesterone) จึงลดอาการร้อนวูบวาบ และอาการอื่นๆ ของสตรีวัยหมดประจำเดือน นอกจากนั้นยังมีประโยชน์ ช่วยบรรเทาอาการก่อน มีประจำเดือน ลดอาการหงุดหงิด และซึมเศร้าก่อนมีประจำเดือน

การบำรุงผิวพรรณ	เสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เหมาะกับผู้ที่มี ปัญหาผิว
อื่น ๆ	หย่อนคล้อย ไม่กระชับ ลดปัญหาผิวมัน เพิ่มการไหลเวียนเลือด
ข้อมูลด้านความปลอดภัย	ใช้เป็นตัวตรึงกลิ่นในอุตสาหกรรมน้ำหอม
	ไม่พบข้อมูลความเป็นพิษและการระคายเคือง

2.4 อิมัลชัน

อิมัลชัน (emulsion) หมายถึง ระบบคอลลอยด์ (colloid) ที่ประกอบด้วยเหลวตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป ซึ่งปกติไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำมัน ผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้โดยไม่แยกชั้น โดยของเหลวส่วนหนึ่งแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ เรียกว่า วัฏภาคภายใน หรือส่วนที่กระจายตัว (internal or dispersed phase) ซึ่งจะกระจายตัวแทรกอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า วัฏภาคภายนอก (external or continuous phase) ส่วนที่ต่อเนื่อง

2.4.1 ประเภทของอิมัลชัน

อิมัลชันเป็นหยดของเหลวเล็กๆ มีขนาดประมาณ 0.05 – 1.00 ไมครอน (50-1000 นาโนเมตร) กระจายตัวอยู่ในของเหลวตัวกลางที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน (immiscible liquid) เนื่องจากความแตกต่างกันมากของแรงดึงดูดของของเหลวทั้งสอง หยดเล็กๆ ที่กระจายตัวอยู่นั้นเรียกว่า วัฏภาคภายใน (inner phase) หรือเรียกอีกอย่างว่าวัฏภาคตัวกระจาย (dispersed phase) ส่วนของเหลวที่เป็นตัวกลางเรียกว่าวัฏภาคภายนอก (external phase) หรือวัฏภาคตัวกลาง (medium phase) การแบ่งชนิดของอิมัลชัน อาจมีได้หลายลักษณะ ดังนี้ (Bakry et al., 2016)

2.4.1.1 ประเภทของอิมัลชันแบ่งตามลักษณะภายนอกที่มองเห็น

(1) แมคโครอิมัลชัน (macroemulsion) คือ อิมัลชันลักษณะขุ่นขาวที่พบโดยทั่วไป อนุภาคของวัฏภาคภายในของอิมัลชันชนิดนี้ มีขนาดตั้งแต่ 0.25 – 10 ไมครอน (โดยทั่วไปจะใหญ่กว่า 1 ไมครอน) จึงทำให้เกิดความแตกต่างในค่าดัชนีการหักเหของแสงของวัฏภาคทั้งสอง และเกิดการกระจายแสงทำให้ดูมอมขุ่นขาว อิมัลชันนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็น อิมัลชันเนื้อหยาบ (coarse emulsion) ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างใหญ่ และอิมัลชันเนื้อละเอียด (fine emulsion) ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างเล็กหรือเล็กกว่า 5 ไมครอน แมคโครอิมัลชัน เป็นอิมัลชันชนิดที่พบมากที่สุด ทั้งในอาหาร ยา และเครื่องสำอาง (เช่น ไอศกรีม สลัดครีม ครีมรักษาโรคผิวหนัง ครีมกันแดด โลชั่นทาผิว ฯลฯ)

(2) ไมโครอิมัลชัน (microemulsion) มีลักษณะโปร่งใส เนื่องจากอนุภาคของวัฏภาคภายในเล็กมาก ประมาณ 10 – 75 นาโนเมตร (0.01 - 0.75 ไมครอน) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นแสงที่มองเห็นได้ (visible light) จึงไม่หักเหหรือกระจายแสง แสงทะลุผ่านได้ ทำให้ดูโปร่งใส หยดของวัฏภาคภายในมีลักษณะกลม ถูกล้อมรอบด้วยฟิล์มของตัวทำอิมัลชัน

2.4.1.2 ประเภทของอิมัลชันแบ่งตามชนิดของของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายใน และวัฏภาค

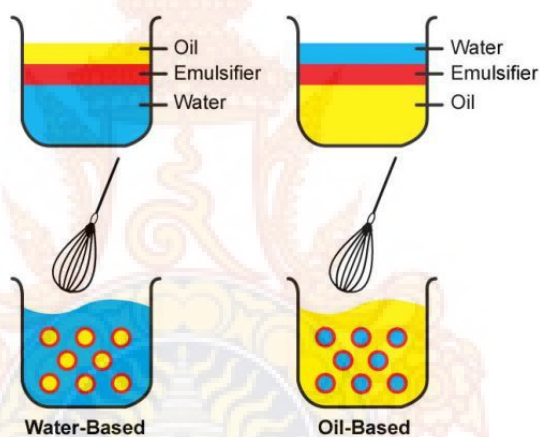
ภายนอก (Bakry et al., 2016)

(1) อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion, O/W)

มีน้ำมันเป็นวัฏภาคภายใน และน้ำเป็นวัฏภาคภายนอก เช่น นม (milk) ข้อสังเกต หรือวิธีทดสอบอิมัลชันประเภทนี้คือ สามารถทำให้เจือจางได้ด้วยการเติมน้ำ มีค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) สูงกว่า ผสมได้กับสีชนิดที่ละลายน้ำ (water soluble dye)

(2) อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in-oil emulsion, W/O)

มีน้ำเป็นวัฏภาคภายใน และน้ำมันเป็นวัฏภาคภายนอก เช่น เนย (butter) มายองเนส (mayonnaise) น้ำสลัด (salad dressing) ไส้กรอก (sausage) ข้อสังเกต หรือวิธีทดสอบอิมัลชันประเภทนี้คือ สามารถทำให้เจือจางได้ด้วยการเติมน้ำมัน มีค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ต่ำกว่า ผสมได้กับสีชนิดที่ละลายน้ำมัน (oil soluble dye)



รูปที่ 2. 6 ชนิดของอิมัลชัน

ที่มา: (OmniDerm, 2012)

(3) อิมัลชันเชิงซ้อน (multiple emulsion) เป็นอิมัลชันที่มีวัฏภาคภายในซ้อนกันอยู่ ซึ่งเป็นของเหลวต่างชนิดกัน เช่น W/O/W หรือ O/W/O อิมัลชันเชิงซ้อนเหล่านี้ สามารถกลับกลายเป็นอิมัลชันชนิดธรรมดาได้ เช่น W/O/W ซึ่งมีน้ำเป็นวัฏภาคภายนอก แต่วัฏภาคภายในเป็นน้ำมัน จะมีหยดเล็กๆ ของหยดน้ำซ้อนอยู่อีกชั้น เมื่อกลับกลายเป็นอิมัลชันธรรมดาก็จะกลายเป็นชนิด O/W

2.4.2 ส่วนประกอบของอิมัลชัน

อิมัลชัน มีส่วนประกอบหลักสำคัญ 3 ส่วน คือ

(1) วัฏภาคน้ำ (water phase) ได้แก่ น้ำ และสารต่างๆ ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลวที่ละลายได้ในน้ำ อาจเป็นสารเพิ่มความหนืด เช่น acacia, gum, methylcellulose, carbopol สารอิมัลซิฟิเคชัน เช่น glycerin, propylene glycol หรือ glycol สารกันเสีย เช่น methylparaben, sodium benzoate สารลดแรงตึงผิว เช่น tween, sodium lauryl sulfate สีที่ละลายในน้ำ สารต้านออกซิเดชัน เช่น sodium metabisulfite นอกจากนี้ อาจเป็นสารออกฤทธิ์อื่นที่ละลายน้ำได้ เช่น cetyl pyridinium chloride, benzalkonium chloride เป็นต้น

(2) วัฏภาคน้ำมัน (oil phase) ได้แก่ น้ำมันต่างๆ เช่น olive oil, mineral oil, castor oil ไขมัน เช่น stearyl alcohol, stearic acid, cetyl alcohol, lanolin ไขแข็ง เช่น bee wax, paraffin wax, carnauba wax สีที่ละลายในน้ำมัน น้ำหอมต่างๆ สารกันหืน เช่น BHT, BHA สารลดแรงตึงผิว เช่น span, emulgin C 1000 หรือสารออกฤทธิ์ต่างๆ เช่น ฮอโมน วิตามิน เป็นต้น

(3) ตัวทำอิมัลชัน (emulsifier) ได้แก่ สารลดแรงตึงผิว (surface tension) ช่วยป้องกันอิมัลชันไม่ให้แยกเป็นชั้น ซึ่งโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ มีทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยจะหันส่วนที่ชอบน้ำเข้าหาน้ำ และหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้าหาน้ำมัน เกิดเป็นฟิล์มส่วนที่เป็นวัฏภาคภายในไว้

กลุ่มตัวประสานระหว่างวัฏภาคน้ำกับน้ำมัน

- สเปน (span) เป็นเอสเทอร์ ระหว่าง sorbitol และ anhydrides ของ oleic acid ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ นิยมใช้เป็นสารก่ออิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันและสารทำให้เปียก สเปนมีหลายชนิดแบ่งตามความยาวของสายโซ่ไฮโดรเจน สเปน 20 และ สเปน 80 อยู่ในสถานะของเหลว สเปน 40 และ สเปน 60 อยู่ในสถานะของแข็ง
- พอลิซอร์เบต (polysorbate) เป็นสารอนุพันธ์ระหว่าง polyethylene oxide (PEO) และ sorbitan ester เข้ากันได้ดีกับน้ำ นิยมใช้เป็นสารก่ออิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ หรือที่นิยมเรียกว่าทวิน tween ซึ่งเป็นที่นิยมในทางเภสัชกรรมเนื่องจากมีค่า hydrophilic-lipophilic balance (HLB) มากกว่า 15 จึงสามารถใช้เป็นตัวละลายในน้ำ เช่นการใช้ tween 60 และ tween 80 เป็นตัวช่วยให้ essential oil และวิตามินที่ละลายในไขมันละลายได้ในตำรับยาน้ำและช่วยในการเพิ่มการละลายของตัวยาสำคัญ

โดยมีการรายงานการวิจัยการผสมน้ำมันหอมระเหยในรูปอิมัลชัน ได้แก่ การศึกษาหาค่าของ required hydrophilic-lipophilic balance (rHLB) ของน้ำมันตะไคร้หอม และการพัฒนาสูตรครีมที่มีความเสถียร โดยเตรียมอิมัลชันของน้ำมันตะไคร้หอมด้วยเทคนิค phase inversion

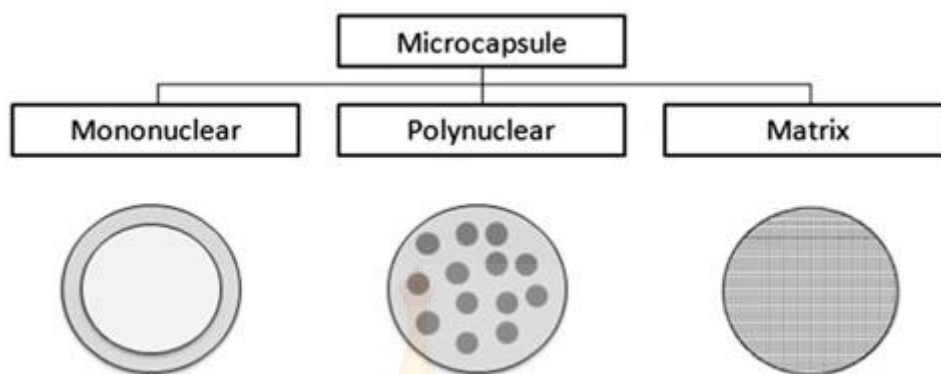
temperature โดยใช้น้ำ Tween 80 และ Span 80 ประเมินการเกิดครีม ขนาดหยด และความขุ่น เพื่อตรวจสอบหาค่า rHLB เพื่อใช้ค่า rHLB ในการเตรียมสูตรครีมน้ำมันตะไคร้หอม และประเมินผล เนื้อสัมผัส พบว่า rHLB ของน้ำมันตะไคร้หอมและของพาราฟินเหลว มีค่าเป็น 11.80 และ 12.60 ตามลำดับ ครีมน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้มีความเสถียร โดยการผสมกับสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 10 (Meher, Yadav, Sahu, & Sinha, 2013)

2.5 ไมโครเอนแคปซูล

ไมโครเอนแคปซูล (microencapsulation) เป็นกระบวนการห่อหุ้มสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของแคปซูลขนาดเล็ก เรียกว่าไมโครแคปซูล มีขนาดตั้งแต่ 1 จนถึง 800 ไมโครเมตร เป็นกระบวนการห่อหุ้มสารที่มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันการระเหย การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการถูกทำลายโดยความร้อน แสง ความชื้น และอากาศ จึงช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษา อีกทั้งช่วยเปลี่ยนสถานะสารจากของเหลวเป็นของแข็งจึงช่วยเพิ่มความเสถียร ในกระบวนการขนส่งและเก็บรักษา นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณสมบัติในการควบคุมการปลดปล่อย สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการนำส่งยาได้ ด้วยเหตุนี้ทำให้ไมโครเอนแคปซูลเป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรม ยา และอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นต้น (Kausadikar, Gadhave, & Waghmare, 2015; Kaushik & Roos, 2007)

2.5.1 ส่วนประกอบของไมโครแคปซูล

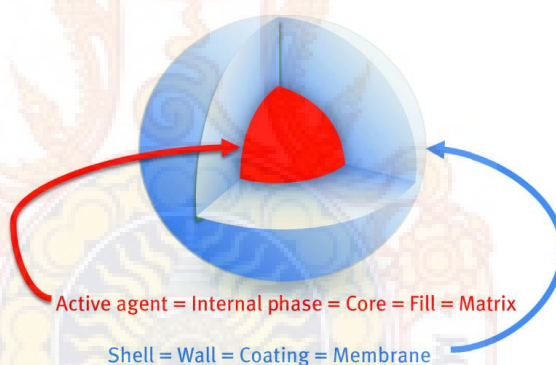
โครงสร้างของไมโครแคปซูล ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ สารที่ถูกห่อหุ้มซึ่งเป็นของเหลวหรือของแข็ง เรียกว่า สารแกนกลาง (core หรือ internal phase) และสารที่ใช้ห่อหุ้มซึ่งมีผนังบาง ๆ เรียกว่า สารห่อหุ้ม (wall หรือ coating material) ไมโครแคปซูลแบ่งตามโครงสร้างได้ 3 ประเภท คือ โครงสร้างอนุภาคเดี่ยว (mononuclear) โครงสร้างอนุภาครวม (polynuclear) และโครงสร้างอนุภาคลายชั้น (matrix) (Barbosa-Cánovas, 2005)



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของไมโครแคปซูล

ที่มา: (Ghosh, 2006)

ส่วนประกอบของไมโครแคปซูล ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นผนัง (coating wall) และส่วนที่เป็นแกน (core) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2. 8 ส่วนประกอบของไมโครพาร์ติเคิล

ที่มา: (Trojanowska, Nogalska, Valls, Giamberini, & Tylkowski, 2017)

(1) สารแกนกลาง (core materials)

สารแกนกลาง เป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลว อาจมีสารหนึ่งชนิดหรือหลายชนิดผสมกันอยู่ เช่น วิตามินต่าง ๆ เกลือแร่ ยารักษาโรค ยาฆ่าแมลง

(2) สารห่อหุ้ม (wall หรือ coating material)

การเลือกใช้สารห่อหุ้มที่ไม่เหมาะสมกับสารแกนกลางอาจมีปัญหาดต่อการปลดปล่อยสารได้ ถ้าสารสำคัญละลายได้ดีในน้ำ ควรเลือกสารห่อหุ้มที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ถ้าสารสำคัญไม่ละลายน้ำควรเลือกสารห่อหุ้มที่ละลายได้ดีในน้ำ

ตัวอย่างของสารห่อหุ้มที่นิยมใช้ เช่น กัมอารบิก โปรตีนไฮโดรไลเสท (protein hydrolysate) ถั่วเหลืองที่อยู่ในรูปละลายน้ำ (soluble soybean) คาราจีแนน (carrageenan) ฟอสโฟลิพิด (phospholipids) พอลิไวนิลไพร์โรลิโดน (polyvinylpyrrolidone) เป็นต้น สารห่อหุ้มที่ดีควรมีคุณสมบัติที่สามารถแผ่เป็นฟิล์มบางๆ ได้ มีความยืดหยุ่นและความแข็งแรงเพียงพอ สามารถทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion) ยึดติดกับสารแกนกลางได้ดีโดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารแกนกลาง รวมทั้งต้องมีความหนืดต่ำเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นของแข็ง และไม่ขึ้นง่าย

ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลชันสารโกลีโนรส

ชนิดของสารเคลือบ	คุณลักษณะเฉพาะ
Maltodextrin (DE<20)	Film forming
Corn syrup solid (DE>20)	Film forming
Modified starch	Very good emulsifier
Gum Arabic	Emulsifier, film forming
Modified cellulose	Film forming
Gelatin	Emulsifier, film forming
Cyclodextrin	Encapsulant, Emulsifier
Lecithin	Emulsifier
Whey protein	Good emulsifier
Hydrogenated fat	Barrier to oxygen and water

ที่มา: (Madene, Jacquot, Scher, & Desobry, 2006)

2.5.2 เทคนิคที่ใช้การเอนแคปซูเลชัน

ความเป็นมาของการผลิตไมโครแคปซูลซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ เริ่มในปี ค.ศ. 1953 Lowell Schl eicher และ Barry Green ได้คิดค้นกระดาศสำเนาที่ไม่ต้องมีกระดาศคาร์บอน (Agnihotri, Mishra, Goda, & Arora, 2012) โดยการเคลือบไมโครแคปซูลที่มีหมึกพิมพ์ไว้ด้านหลังของกระดาศแผ่นแรก และใส่กระดาศที่ต้องการใช้เป็นสำเนาไว้ด้านล่าง เมื่อมีแรงกดทับจาก

การเขียนบนกระดาษแผ่นแรก ทำให้แคปซูลนั้นแตกออกและปรากฏรอยเขียนบนกระดาษสำเนาด้านล่าง ปัจจุบันกระบวนการผลิตไมโครแคปซูลมีหลายเทคนิค แบ่งออกตามลักษณะของการผลิตได้เป็น กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางกายภาพ

(1) วิธีการผลิตไมโครแคปซูลทางเคมี

วิธีการผลิตไมโครแคปซูลทางเคมี มีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารแกนกลาง และสารห่อหุ้ม ความคงตัวที่ต้องการในการปลดปล่อยสาร วิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการผลิตกระดาษสำเนาเรียกว่า วิธี coacervation เป็นวิธีที่อาศัยความสามารถในการแตกตัวของประจุของพอลิเมอร์ (รูปที่ 2.8) โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดต่าง ทำให้เกิดจับกันของพอลิเมอร์ที่มีประจุแตกต่างกัน ด้วยแรงทางไฟฟ้า (electrostatic interaction) เกิดเป็น coacervative wall ลักษณะโครงสร้างที่เกิดขึ้นเป็นแบบแกนกลางเดี่ยว มีขนาดตั้งแต่ 30-800 ไมครอน (Nesterenko, Alric, Silvestre, & Durrieu, 2013)

(2) วิธีการผลิตไมโครแคปซูลทางกายภาพ

วิธีการผลิตไมโครแคปซูลทางกายภาพ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการผลิตครั้งละมากๆ ซึ่งต้องใช้เครื่องมือในการผลิต ตัวอย่างที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น spray drying เป็นวิธีการผลิตไมโครแคปซูลด้วยเครื่อง spray dryer โดยการผสมอนุภาคแกนกลางซึ่งมักเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำกับสารละลายผนังห่อหุ้ม และฉีดผ่านหัวพ่น (atomizer) โดยมีลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 100-160 °C ร่วมด้วย ทำให้ได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กขนาดประมาณ 10-150 ไมครอน (Agnihotri et al., 2012; Gharsallaoui, Roudaut, Chambin, Voilley, & Saurel, 2007) ซึ่งนิยมใช้มากในอุตสาหกรรมอาหาร การผลิตยารักษาโรค เนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตด้วยวิธีอื่นๆ

เทคนิคไมโครเอนแคปซูลเลชันแบบต่างๆ จะสามารถเตรียมไมโครแคปซูลได้ขนาดและลักษณะต่างกัน แต่ละเทคนิคเหมาะสม และสามารถเตรียมไมโครแคปซูลจากสารเคลือบและสารสำคัญบางชนิดเท่านั้น ดังนั้นการเลือกเทคนิคไมโครเอนแคปซูลเลชันจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการกำหนดลักษณะของไมโครแคปซูล สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยวิธี coacervation phase หรือ separation phase

การเตรียมไมโครแคปซูลด้วยวิธี coacervation phase หรือ separation phase

เป็นวิธีการเตรียมไมโครแคปซูลที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยหลักการของวิธีนี้คือ การเปลี่ยนแปลงสภาวะการละลายของระบบคอลลอยด์ซึ่งประกอบด้วย สองวัฏภาค ประกอบด้วยวัฏภาคของสารแกนและวัฏภาคของสารหุ้ม ทำให้สารหุ้มแข็งตัวและหุ้มสารแกน ไว้ กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามรูปที่ 2.9 คือ

(1) การก่อตัวของระบบที่ประกอบด้วย 2-3 วัสดุ ประกอบด้วย วัสดุของเหลวที่ไม่เข้ากัน 2 วัสดุและ/หรือวัสดุของสารแก่

(2) การก่อตัวของสารละลายพอลิเมอร์ในการหุ้มสารแก่ไมโครแคปซูล

(3) การเกิดการแข็งตัวของสารหุ้ม เกิดเป็นผนังไมโครแคปซูล ประเภทของ coacervation ประกอบด้วย simple และ complex coacervation โดย simple coacervation จะใช้หลักการเปลี่ยนสภาวะการละลายของสารเคลือบ เช่น

- salting out โดยใช้สารอิเล็กโทรไลต์ เช่น sodium sulfate
- ใช้สารละลายที่สารหุ้มมีการละลายต่ำ (desolvation) เช่น ethanol
- ใช้การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของระบบเพื่อทำการตกตะกอนหรือลดค่าการละลายของสารหุ้มเพื่อหวังผลให้เกิดการหุ้มสารแก่ สำหรับ complex coacervation จะเป็นเทคนิคที่ใช้พอลิเมอร์ที่มีประจุตรงข้ามกันทำปฏิกิริยากันจนเกิดผนังหุ้มสารแก่ไว้



รูปที่ 2. 9 กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation

ที่มา: (K.M, Shivakumar, & Kumar, 2010)

2.5.3 การกักเก็บน้ำมันหอมระเหยด้วยไมโครเอนแคปซูเลชัน

จากข้อจำกัดในการใช้งานของน้ำมันหอมระเหย ที่ออกฤทธิ์ได้เพียงระยะสั้น ๆ เนื่องจากระเหยได้ง่าย (Cassella, Cassella, & Smith, 2002) และมีกลิ่นเฉพาะที่เข้มข้น ทำให้มีการพัฒนาวิธีการหรือเทคโนโลยีเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยให้คงอยู่ได้นานขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้แม้ใช้ในปริมาณเล็กน้อย (Rattanapitigorn, Arakawa, & Tsuro, 2006) โดยการเก็บน้ำมันหอมระเหยไว้ในชั้นของฟิล์มเคลือบ โดยฟิล์มหรือสารเคลือบหรือสารห่อหุ้มจะทำหน้าที่ เป็นตัวกั้นการระเหยของน้ำมันหอมระเหย และทำให้เกิดการปลดปล่อยออกอย่างช้าๆ ช่วยควบคุมกลไกการทำงานหรือการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยได้ การเตรียมฟิล์มเคลือบมักเตรียมในรูปแบบของฟิล์มอิมัลชัน ร่วมกับสารไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มของโปรตีน และพอลิแซ็กคาไรด์ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีสมบัติไม่ละลายในน้ำ ฟิล์มเคลือบที่ได้มีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้มากขึ้น ส่งผลต่อสมบัติในด้านการต้านแรงดึงขาดของฟิล์ม ความโปร่ง แสงหรือโปร่งใส และโครงสร้างฟิล์ม (Atarés & Chiralt, 2016)

การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอม มีการนำไปใช้ในประโยชน์อย่างหลากหลาย ได้แก่

- การเตรียมไมโครแคปซูลน้ำมันตะไคร้หอมด้วยการพ่นแห้งจาก Tamarind gum (TG) and carboxymethylated tamarind gum (CTG) (Khounvilay et al., 2017)
- การศึกษาอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยโดยเตรียมไมโครแคปซูล ด้วยวิธี coacervation โดยใช้เจลาตินและโซเดียมซัลเฟตเป็น coacervating agent และศึกษาผลกระทบของตัวแปร ได้แก่ อัตราการกวน ปริมาณน้ำมัน และปริมาณของการคลอสิลค์ต่อประสิทธิภาพการกักเก็บ พบว่าการเตรียมไมโครแคปซูลให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 60 และจากการสังเกตการปลดปล่อยสารที่ถูกกักเก็บพบว่าร้อยละ 70 ของสารที่ถูกกักเก็บถูกปลดปล่อยใน 10 ชั่วโมง โดยไมโครแคปซูลช่วยลดการซึมผ่านของน้ำมันหอมระเหยอย่างน้อยร้อยละ 50 (Solomon, Sahle, Gebre-Mariam, Asres, & Neubert, 2011)
- การใช้ น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ไโลยุง 11 ชนิด ทดสอบประสิทธิภาพในการไโลยุง โดยเตรียมเป็นไมโครแคปซูล โดยใช้เจลาตินร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก และกัมอาราบิกร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก (เพนวิสต์ดุณัง) และน้ำมัน Herba Schizonepetae (HSO) (เพนวิสต์ดุหลัก) พบว่าปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ 5 ไมโครลิตร อัตราการขับไโลยุงของน้ำมันอบเชยคิดเป็นร้อยละ 87.5 ในเวลา 10 นาที และน้ำมัน Herba Schizonepetae (HSO) อัตราการขับไโลยุงร้อยละ 98.0 ในเวลา 3 นาที และมีประสิทธิภาพนาน 4-5 ชั่วโมง (Wu, Tseng, & Juang, 2005)

- การสังเคราะห์ไมโครแคปซูลของน้ำมันโหระพา และน้ำมันผักชีโดยเทคนิค complex coacervation ศึกษาการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยด้วยเครื่อง GC/MS พบว่าสูตรที่มีคอลลาเจนไฮโดรไลเสต 12 กรัม กลูตาร์ลดีไฮด์ 8 กรัมและน้ำมันหอมระเหย 30 กรัม พบว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไมโครแคปซูล มีอัตราการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยต่ำที่สุด อัตราการปล่อยน้ำมันขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Lachance & Grange, 2014)



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

- เศษผ้าฝ้ายปลายไม้
- น้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันตะไคร้ น้ำมันยูคาลิปตัส และน้ำมันหญ้าแฝก

3.1.2 อุปกรณ์

- บล็อกขึ้นรูปแผ่นคอมโพสิต
- เครื่องฉีกสับผ้า
- เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ยี่ห้อ IKA รุ่น C-MAG HS7
- เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดตศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น XS204
- เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดตศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น XP
- เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Binder รุ่น FD115
- เครื่องรีดร้อน (Model MHT-56002L)
- โถดูดความชื้นแก้ว ยี่ห้อ Schott Duran
- เครื่องปั่น ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2068
- ตู้ควบคุมความชื้น ยี่ห้อ Sanplatec รุ่น Auto C-3BS
- กะละมัง
- ถาด
- อุปกรณ์เครื่องแก้ว ได้แก่ ขวดวัดปริมาตร ขวดรูปชมพู่ ปิเปต บิวเรต กระบอกตวง ปีกเกอร์ หลอดหยด และแท่งแก้วคน เป็นต้น

3.2 วิธีดำเนินการ

3.2.1 การสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

(1) การเตรียมเส้นใยฝ้ายจากเศษผ้า

นำเศษผ้าฝ้ายปลายไม้ มาผ่านกระบวนฉีกและสับผ้าด้วยเครื่องฉีกสับผ้า เพื่อให้ได้เส้นใยฝ้าย

(2) การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตเส้นใยฝ้ายจากเศษผ้า

ศึกษาอัตราส่วนของใยฝ้ายจากเศษผ้า (10 – 30 กรัม) สารละลายแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 2 – 3) ที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นขนาดคอมพอสิต 20 x 26 เซนติเมตร นำส่วนผสมแต่ละสูตรไปอัดที่ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง วัดปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต เลือกแผ่นคอมพอสิตที่มีปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนน้อยที่สุดไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.2.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยางพารา

เลือกแผ่นคอมพอสิตที่ได้จากการทดลองตามข้อ 3.2.1 มาเคลือบด้วยน้ำยางพารา ที่ปริมาตร 0-7 มิลลิลิตร และที่ความเข้มข้นร้อยละ 0-30 ต่อน้ำหนักแผ่นคอมพอสิต ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง วัดความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ (มาตรฐาน มอก.321) การยึดติดของแผ่นคอมพอสิต (ASTM D 3359-90) เลือกปริมาณน้ำยางพาราที่ให้ค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดและการยึดติดผิวที่ดีไปทดลองในขั้นต่อไป

3.2.3 รูปแบบการเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหย

3.2.3.1 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหย

อิมัลชัน

(1) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวินที่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยแปรผันอัตราส่วนน้ำมันหอมระเหย ทวิน และน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 30 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอม ทวิน 20

สูตร	น้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 30 (มิลลิลิตร)	น้ำมันหอมระเหย (มิลลิลิตร)	ทวิน 20 (มิลลิลิตร)
1	3.0	0.0	0.0
2	2.5	0.5	0.0
3	2.0	0.5	0.5
4	1.0	0.5	1.5

ศึกษาปริมาณของแข็ง (solid content) ความเป็นกรดต่าง ลักษณะปรากฏ (ดูการเปลี่ยนแปลงหลังทิ้งไว้ 1 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงสี สังเกตการแยกชั้น)

(2) นำสัดส่วนที่เหมาะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยมาเคลือบแผ่นคอมพอสิต ทิ้งให้แห้ง 1 วัน ชั่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมงจนครบ 6 ชั่วโมง

3.2.3.2 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตใฝ่ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

(1) การผลิตไมโครแคปซูลกลิ่นหอมด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเอเซอร์เวชัน

การผลิตไมโครแคปซูลด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเอเซอร์เวชัน โดยประยุกต์จากวิธีการของ Dong et al. (2007) และ Liu et al. (2010) มีขั้นตอนดังนี้

(1.1) เตรียมสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยชั่งผงเจลาติน 5 กรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 500 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

(1.2) เตรียมสารละลายกัมอะคาเซียความเข้มข้นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยชั่งผงกัมอะคาเซีย 5 กรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 500 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

(1.3) ชั่งน้ำมันหอมระเหยจำนวน 10 กรัม (น้ำมันตะไคร้หอม 6 กรัม น้ำมันยูคาลิปตัส 3 กรัม น้ำมันหญ้าแฝก 1 กรัม) ผสมลงในสารละลายเจลาติน ปั่นผสมด้วยเครื่อง โฮโมจีไนเซอร์ ความเร็ว 3200 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จากนั้นเติมสารละลายกัมอะคาเซีย และกวนต่อด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า

(1.4) เพิ่มอุณหภูมิของส่วนผสมให้เป็น 40 องศาเซลเซียส ก่อนปรับค่าพีเอชของส่วนผสม ด้วย สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 N เนื่องจากค่า pH เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการตกตะกอน เป็นเม็ดแคปซูล การศึกษานี้จึงทดลองปรับค่า pH ที่ 3 ระดับ ได้แก่ 3.0, 3.5 และ 4.0

(1.5) เมื่อเริ่มสังเกตเห็นอนุภาคไมโครแคปซูลเกิดขึ้น ให้กวนต่ออีก 15 นาที แล้วจึงลดอุณหภูมิของ ส่วนผสมให้เหลือต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส โดยนำไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง และกวนด้วย เครื่องกวนสารแบบแม่เหล็กตลอดเวลา เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังของไมโครแคปซูล

(1.6) รอจนกระทั่งไมโครแคปซูลตกตะกอน แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่น 3-5 ครั้ง จากนั้นกรอง เอาเฉพาะไมโครแคปซูล

(1.7) นำไมโครแคปซูลที่มีการคงรูปดีที่สุด มาผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาณ เท่ากับปริมาตรร้อยละ 70 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง

3.3 การทดสอบ

(1) ปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต

นับจำนวนช่องว่างของแผ่นคอมพอสิตในพื้นที่ขนาด 20 x 26 เซนติเมตร

(2) น้ำหนักแผ่นคอมพอสิต

น้ำหนักเป็นกรัมต่อพื้นที่แผ่นคอมพอสิต

(3) การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นใย (water absorption of fiber composite)

การดูดซึมน้ำของแผ่นใย (water absorption of fiber composite) หมายถึงเวลาที่ กระดาษจะดูดซึมน้ำปริมาตร 0.05 มิลลิลิตรได้หมด มีหน่วยเป็นวินาที คำนี้อธิบายถึงความสามารถ ในการดูดซึมน้ำของแผ่นใยคอมพอสิต อุปกรณ์ที่ใช้คือ บิวเรต นาฬิกาจับเวลา วิธีการทดสอบใช้ มาตรฐาน มอก.321

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2530. การกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษทำ ลูกฟูก มอก 321-2530 หน้า 1-13

วิธีทดสอบ

- การเตรียมชิ้นทดสอบ โดยการเลือกชิ้นทดสอบจากตัวอย่างอย่างน้อย 5 ชิ้นทดสอบ ตัดชิ้นทดสอบขนาด 10 x 10 เซนติเมตร
- ใส่น้ำกลั่นในบิวเรต วางชิ้นทดสอบบนกระจก จัดบิวเรตให้อยู่ในแนวตั้งฉากปลาย ของ บิวเรตห่างจากชิ้นทดสอบ ประมาณ 10 มิลลิเมตร
- หยดน้ำกลั่น 1 หยด (ประมาณ 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ลงตรงส่วนกลางของชิ้นทดสอบ
- เริ่มต้นจับเวลาทันทีเมื่อน้ำกลั่นกระทบชิ้นทดสอบ จนกระทั่งชิ้นทดสอบดูดซึมน้ำจนหมด บันทึกเวลาเป็นวินาที (ถ้าคิดว่าการดูดซึมน้ำใช้เวลาเกิน 2 นาที ให้ใช้กระจก นาฬิกาครอบหยดน้ำไว้)
- ทำซ้ำ 5 ครั้ง รายงานผลเป็นวินาที

(4) การทดสอบการยึดติด

นำแผ่นใยที่เคลือบด้วยน้ำยางจำนวนรอบต่างกัน และไม่ได้เคลือบ มาทดสอบการยึดติดตามมาตรฐาน ASTM D 3359-90 (standard measuring adhesion) โดยการตัดเทปใสยี่ห้อ 3M เบอร์ 500 หน้ากว้าง 1 นิ้ว ความยาว 2 นิ้ว มาติดบนตัวอย่างแล้วดึงออกทันที จากนั้นประเมินร้อยละของพื้นที่ที่มีสิ่งหลุดติดเทปใสออกมา โดยใช้ตารางจำนวน 100 ช่อง วางทับบนเทปใส นับจำนวนช่องที่มีสิ่งหลุดติดเทปใสออกมา จากนั้นนำร้อยละที่ได้ไปประเมินคะแนนจาก 0-5 มาตรฐาน ASTM D-3359-90 โดยมีเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การแบ่งระดับ (level of rating) จากระดับ 0-5 มาตรฐาน ASTM D-3359-90

ระดับคะแนน	ร้อยละของพื้นที่ที่มีสิ่งหลุดออกจากตัวอย่าง
0	>65%
1	35 – 65 %
2	15 – 35 %
3	5 – 15 %
4	< 5%
5	0%

(5) การทดสอบปริมาณการระเหย

นำแผ่นทดสอบไปอบที่ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักแผ่นทดสอบที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง

ปริมาณการระเหย =

$$\text{ปริมาณการระเหย} = \frac{\text{น้ำหนักแผ่นก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักแผ่นหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแผ่นก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$



บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การเตรียมใยจากเศษผ้าฝ้ายปลายไม้

นำเศษผ้าฝ้ายปลายไม้ มาผ่านกระบวนการฉีกและสับผ้าด้วยเครื่องฉีกสับผ้า เพื่อให้ได้เส้นใยฝ้าย

ลักษณะของเศษผ้าที่ผ่านเครื่องจักรแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1

ลักษณะผ้าหลังผ่านเครื่องฉีกสับผ้า

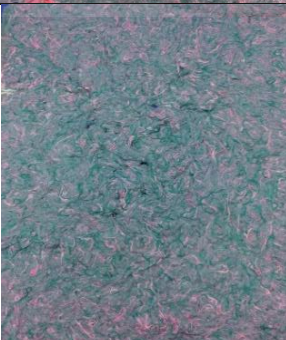
จากการนำผ้าเข้าเครื่องฉีกสับผ้าได้เป็นเส้นใยฝ้าย ใช้เวลาทั้งหมด 504.20 นาที ซึ่งน้ำหนักเศษผ้าก่อนและหลังเข้าเครื่องฉีกสับผ้า คิดเป็นผลผลิตร้อยละ 97.00 จากผลผลิตเริ่มต้นน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ได้ผลผลิตจริงน้ำหนัก 9.70 กิโลกรัม

4.2 การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า

4.2.1 ศึกษาปริมาณใยฝ้ายจากเศษผ้าที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

นำใยฝ้ายจากเศษผ้าปลายไม้ (10-30 กรัม) ขึ้นรูปขนาด 20 x 26 เซนติเมตร ด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ผึ่งให้แห้งแล้วลอกแผ่นคอมพอสิต ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3 ที่ปริมาณใยฝ้ายจากเศษผ้าต่างกัน

ปริมาณใยฝ้ายจาก เศษผ้า (กรัม)	แผ่นคอมพอสิตที่ได้	การกระจาย ใยตอนขึ้นรูป	การยึดเกาะ ของแผ่น	การลอก แผ่น
10		กระจายใยได้ ง่าย	ขึ้นรูปได้	ลอกได้ง่าย
20		กระจายใยได้ ง่าย	ขึ้นรูปได้	ลอกได้ยาก
30		กระจายใยได้ ยาก	ขึ้นรูปได้	ลอกได้ยาก

การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตด้วยใยฝ้ายจากเศษผ้าในปริมาณต่างกันด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3.0 พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้นทำให้เส้นใยมีการกระจายตัวลดลงในช่วงขั้นตอนการขึ้นรูป ทำให้ต้องใช้เวลาในการกระจายเส้นใยนานขึ้น และหลังจากปล่อยให้เส้นใยแห้งบนบล็อกที่ใช้ขึ้นรูป พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้นการลอกแผ่นคอมพอสิตออกจากบล็อกยากขึ้น นำแผ่นคอมพอสิตที่เตรียมจากการใช้ใยฝ้ายจากเศษผ้าที่ปริมาณต่างกัน อัตราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นคอมพอสิตในด้านความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.1 นำค่าเฉลี่ยความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2 – 4.3

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่อปริมาณใยฝ้ายที่ต่างกัน

ปริมาณใยฝ้ายจากเศษผ้า (กรัม)	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	SD	F	P
10	0.133	0.004	145.7745	<0.001
20	0.162	0.004		
30	0.180	0.002		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 5.1433

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตต่อปริมาณใยฝ้ายที่ต่างกัน

ปริมาณใยฝ้ายจากเศษผ้า (กรัม)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุน (จำนวน)	SD	F	P
10	28.33	1.53	244.4667	<0.001
20	10.67	1.53		
30	6.33	0.58		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 5.1433

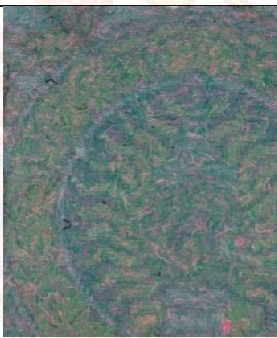
ผลการทดลองพบว่าปริมาณเส้นใยฝ้ายมีผลต่อความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนของแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าปริมาณใยฝ้ายมากขึ้นมีผลทำให้แผ่นคอมพอสิตมีความหนาแน่นมากขึ้น และจำนวนรูพรุนลดลง แต่อย่างไรก็ตามการใช้ใยฝ้ายในปริมาณ 10 กรัม ขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิต

สีตขนาด 20 x 26 ตารางเซนติเมตร สามารถทำการขึ้นรูปและการลอกแผ่นได้ง่าย ดังนั้นในการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังในการทดลองชั้นต่อไป งานวิจัยนี้เลือกใช้ปริมาณเส้นใยฝ้ายที่ 10 กรัม

4.2.2 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า

นำใยฝ้ายจากเศษผ้าปลายไม้ปริมาณ 10 กรัม ขึ้นรูปขนาด 20 x 26 เซนติเมตร แปรผันด้วยความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังในช่วงร้อยละ 2-3 โดยน้ำหนัก ฝั่งให้แห้งแล้วลอกแผ่นคอมพอสิต นำไปอัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 2-3

ความเข้มข้น สารละลายแป้งมัน สำปะหลัง (ร้อยละโดย น้ำหนักต่อปริมาตร)	แผ่นคอมพอสิตที่ได้	การกระจาย ใยตอนขึ้น รูป	การยึดเกาะ ของแผ่น	การลอก แผ่น
2		กระจายใย ได้ง่าย	ขึ้นรูปได้	ลอกได้ง่าย
3		กระจายใย ได้ง่าย	ขึ้นรูปได้	ลอกได้ง่าย

การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตด้วยใยฝ้ายปริมาณ 10 กรัม ด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นต่างกัน (ร้อยละ 2-3) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังมากขึ้น ทำให้เส้นใยมีการกระจายตัวลดลงในช่วงขั้นตอนการขึ้นรูป ทำให้ต้องใช้เวลาในการกระจายเส้นใยนานขึ้น หลังจากลอกแผ่นคอมพอสิตแล้วนำไปอัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นคอมสิตในด้านความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.2 นำค่าเฉลี่ยความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ t-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.5 – 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่อความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่างกัน

ความเข้มข้นของ สารละลายแป้งมัน สำปะหลัง (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อ ปริมาตร)	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	SD	F	P
2	0.12	0.000	-6.738*	0.011
3	0.13	0.004		

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่างกัน

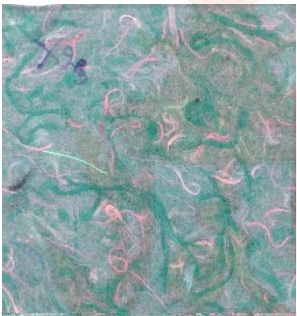
ความเข้มข้นของ สารละลายแป้งมัน สำปะหลัง (ร้อยละโดยน้ำหนักต่อ ปริมาตร)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุน (จำนวน)	SD	F	P
2	23.33	1.53	-4.009*	0.008
3	28.33	1.53		

ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนของแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นมีผลทำให้แผ่นคอมพอสิตมีความหนาแน่นมากขึ้น และจำนวนรูพรุนมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเข้มข้นแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2 การกระจายตัวของเส้นใยในขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยสามารถกระจายตัวได้มากกว่า มีผลทำให้จำนวนรูพรุนน้อยกว่าการขึ้นรูปด้วยแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ดังนั้นในการศึกษาผลของการเคลือบด้วยน้ำยางพาราในการทดลองขั้นต่อไป งานวิจัยนี้เลือกใช้ปริมาณเส้นใยที่ 10 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 2

4.2.3 ศึกษาปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ที่เหมาะสมในการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า

นำแผ่นคอมพอสิตที่เตรียมไยฝ้ายจากเศษผ้าปริมาณ 10 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 2 อัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ตัดให้มีขนาด 5 x 5 เซนติเมตร แล้วนำไปเคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ในปริมาณที่ต่างกัน ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อปริมาณน้ำยางพาราที่ต่างกัน

น้ำยางพาราความ เข้มข้นร้อยละ 20 (มิลลิลิตร)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต	คราบน้ำ ยางพารา บนแผ่น	ช่องว่างหรือรู พรุนภายใน แผ่นคอมพอสิต	ลักษณะ สังเกต
0		ไม่เกิด คราบ	มี	-
3		ไม่เกิด คราบ	ไม่มี	พอดี
5		เกิดคราบ	ไม่มี	มาก เกินไป เล็กน้อย
7		เกิดคราบ	ไม่มี	มาก เกินไป มาก

การเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า (ใยฝ้าย 10 กรัม สารละลายแป้งมันสำปะหลัง ความเข้มข้นร้อยละ 2) ด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ที่ปริมาตรแตกต่างกันทำให้ปริมาณรูพรุนของแผ่นคอมพอสิตลดลง และพบว่าน้ำยางพาราร้อยละ 20 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร สามารถใช้เคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้าย 10 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 2 อัตราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ขนาด 5 x 5 เซนติเมตร ได้พอดี จึงเลือกปริมาตรน้ำยางพารา 3 มิลลิลิตร ไปศึกษาความเข้มข้นของน้ำยางพาราร้อยละ 10-50 ว่ามีผลต่อการเกิดช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการยึดติดของแผ่นคอมพอสิต หรือไม่

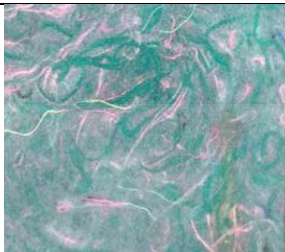
ดังนั้นในการศึกษาความเข้มข้นของน้ำยางพาราเข้มข้นที่เหมาะสมในการเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าในการทดลองขั้นต่อไป งานวิจัยนี้เลือกใช้ปริมาณเส้นใยที่ 10 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตรน้ำยางพาราที่ใช้เคลือบ 3 มิลลิลิตร

4.2.4 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำยางพาราเข้มข้นที่เหมาะสมในการเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า

นำแผ่นคอมพอสิตที่เตรียมใยฝ้ายจากเศษผ้าปริมาณ 10 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 2 อัตราที่ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แล้วนำไปเคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราปริมาตร 3 มิลลิลิตร ในความเข้มข้นที่ต่างกัน ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อน้ำยางพาราที่ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำ ยางพาราปริมาตร 3 มิลลิลิตร (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต	ช่องว่างหรือรู พรุนภายในแผ่น คอมพอสิต	การดูด ซึมน้ำ (วินาที)	การยึดติด (คะแนน)
0		มี	< 1	5
10		ไม่มี	225.40	5

ความเข้มข้นน้ำ ยางพาราปริมาตร 3 มิลลิลิตร (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต	ช่องว่างหรือรู พรุนภายในแผ่น คอมพอสิต	การดูด ซึมน้ำ (วินาที)	การยึดติด (คะแนน)
20		ไม่มี	244.00	5
30		ไม่มี	416.20	5
40		ไม่มี	415.80	5
50		ไม่มี	416.80	5

การเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า (ใยฝ้าย 10 กรัม สารละลายแป้งมันสำปะหลัง ความเข้มข้นร้อยละ 2) ด้วยน้ำยางพาราปริมาตร 3 มิลลิลิตร ด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณรูพรุนของแผ่นคอมพอสิตลดลง นำแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายที่เคลือบด้วยน้ำยางพาราที่มีความเข้มข้นต่างกัน ไปศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นคอมพอสิตในด้านความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการยึดติด ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.3 นำค่าเฉลี่ยความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ และการยึดติดของแผ่นคอมพอสิตไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.9 – 4.2.11

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำต่อความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำยางพารา (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ (วินาที)
0 (ก่อนเคลือบ)	< 1
10	225
20	244
30	416
40	416
50	417

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่อความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำยางพารา (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	SD	F	P
0 (ก่อนเคลือบ)	0.130	0.014	30.0823	<0.001
10	0.215	0.018		
20	0.189	0.026		
30	0.240	0.042		
40	0.280	0.013		
50	0.275	0.009		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 2.6207

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยการยึดติดของแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นน้ำยางพาราที่ต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำยางพารา (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยการยึดติดของแผ่นคอมพอสิต (คะแนน)
0 (ก่อนเคลือบ)	5
10	5
20	5
30	5
40	5
50	5

ผลการทดลองพบว่า การเคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราทำให้แผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้ามีความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลง ซึ่งจะช่วยป้องกันคุณสมบัติของแผ่นคอมพอสิตที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งจะดูดซึมน้ำและความชื้นได้ดี (Lee & Mariatti, 2008) ทั้งนี้เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ชนิดไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) (สุวดี ก้องพารากุล, 2556)

ในการเคลือบผิวของแผ่นคอมพอสิตด้วยน้ำยางพารา ความเข้มข้นน้ำยางพารามีผลต่อความหนาแน่น โดยความเข้มข้นน้ำยางพารามากขึ้น มีผลทำให้แผ่นคอมพอสิตมีความหนาแน่นมากขึ้น และค่าในการดูดซึมน้ำลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่าการยึดติดของแผ่นคอมพอสิต โดยอยู่ที่ระดับ 5 การเคลือบผิวแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าขนาด 5×5 เซนติเมตร ด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณในการเคลือบ 3 มิลลิลิตร ได้แผ่นคอมพอสิตที่มีความหนาแน่น 0.275 ± 0.009 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความสามารถในการป้องกันการดูดซึมน้ำ 416.800 วินาที แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการป้องกันการดูดซึมน้ำของแผ่นคอมพอสิตพบว่า การใช้ความเข้มข้นน้ำยางพาราร้อยละ 30 มีความสามารถในการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างจากการเคลือบน้ำยางพาราที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยที่มีความหนาแน่นของแผ่นมากกว่าการเคลือบน้ำยางที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 เล็กน้อย

ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้น้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เคลือบผิวคอมพอสิตขนาดพื้นที่ 5×5 เซนติเมตร แผ่นคอมพอสิตที่ได้มีการยึดติดที่ดีในระดับ 5 โดยไม่มีเศษวัสดุหลุดจากผิวหน้าเส้นใยดูดซึมน้ำได้น้อย มีความหนาแน่น 0.240 ± 0.042 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4.3 รูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยาฟาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า

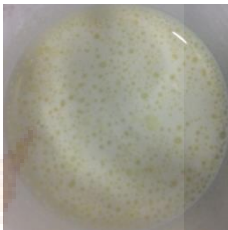
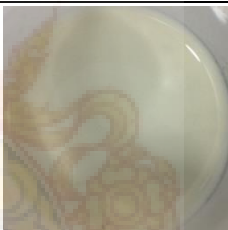
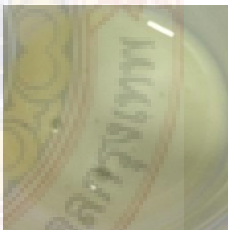
4.3.1 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยาฟาราผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน

4.3.1.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาฟาราผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน ที่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยแปรผันอัตราส่วนน้ำยาเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่ปริมาณต่างกัน นำส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนไปศึกษาปริมาณของแข็ง (solid content) ความเป็นกรดต่าง ลักษณะปรากฏ (ดูการเปลี่ยนแปลงหลังทิ้งไว้ 1 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงสี สังเกตการแยกชั้น) ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.4 นำค่าเฉลี่ยความปริมาณของแข็ง และความเป็นกรดต่างไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.12 – 4.13



ตารางที่ 4.12 ลักษณะอัตราส่วนของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่อัตราส่วนต่างกัน

อัตราส่วนที่	น้ำยางพารา ร้อยละ 30 (กรัม)	น้ำมันหอมระเหย (กรัม)	ทวิน 20 (กรัม)	ลักษณะที่ได้	
				หลังผสมเสร็จทันที	หลังผสมเสร็จแล้วทิ้งไว้ 1 วัน
1	3.0	0.0	0.0		
2	2.5	0.5	0.0		
3	2.0	0.5	0.5		
4	1.5	0.5	1.0		
5	1.0	0.5	1.5		

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งต่ออัตราส่วนที่ต่างกัน

อัตราส่วนที่	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	SD	F	P
1	186.346	3.517	926.4409	<0.001
2	175.595	2.014		
3	300.419	12.074		
4	412.756	14.458		
5	546.208	5.349		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 3.4780

ตารางที่ 4.14 ความเป็นกรดต่างต่ออัตราส่วนที่ต่างกัน

อัตราส่วนที่	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่าง	SD
1	7	0
2	7	0
3	7	0
4	7	0
5	7	0

ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่ปริมาณต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่างของของผสม โดยของผสมทั้งหมดมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 แต่มีผลต่อปริมาณของแข็งของส่วนผสม โดยพบว่าปริมาณของทวิน 20 มากขึ้น มีผลทำให้มีปริมาณของแข็งมากขึ้นดังตารางที่ 4.13 อย่างไรก็ตามการเลือกใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมนั้น สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือการรวมเป็นเนื้อเดียวกันของของผสม และไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ ซึ่งพบว่าการผสมน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน 2.0 : 0.5 : 0.5 นั้นมีลักษณะเกิดอิมัลชัน สีเข้มข้นเล็กน้อย ของผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่แยกชั้นเมื่อทิ้งไว้ 1 วัน ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้สัดส่วนนี้ในการนำไปเคลือบผิวแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า

4.3.1.2 ศึกษาปริมาณการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหย

ศึกษาปริมาณการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหย โดยนำสัดส่วนที่เหมาะสมของอิมัลชันที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน 2.0 : 0.5 : 0.5 ปริมาณ 3 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.5 – ก.6 นำค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เวลาต่างกัน

เวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหย (ร้อยละ)	SD	F	P
1	41.257	2.377	651.1568	<0.001
2	22.464	1.592		
3	10.690	1.405		
4	3.943	0.722		
5	2.699	0.493		
6	2.262	0.244		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 2.6207

ผลการทดลองพบว่าปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันลดลงตามระยะเวลา โดยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจะลดลงไปอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 1 และ 2 และปริมาณการระเหยจะเริ่มลดลงจนคงที่ในชั่วโมง 4 เป็นต้นไป ทั้งนี้จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยรายคู่ในตารางผนวกที่ ก.7 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยในชั่วโมงที่ 5 และ 6 ไม่แตกต่างกัน

4.3.1.3 ศึกษาปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า

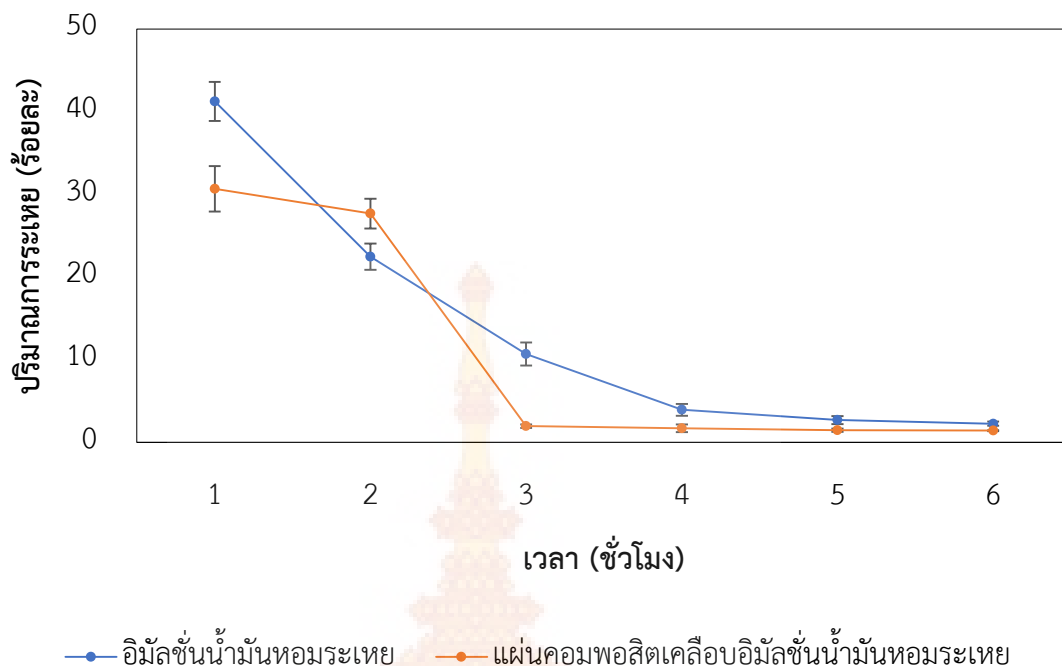
ศึกษาปริมาณการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า ทดลองโดยนำอิมัลชัน (น้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน 2.0 : 0.5 : 0.5) เคลือบแผ่นคอมพอสิตไยในปริมาตร 3 มิลลิลิตร ซึ่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.8 – ก.9 นำค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่ระยะเวลาต่างกัน

เวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหย (ร้อยละ)	SD	F	P
1	30.688	2.745	550.8149	<0.001
2	27.687	1.798		
3	1.977	0.217		
4	1.715	0.459		
5	1.480	0.197		
6	1.423	0.044		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 2.6207

ผลการทดลองพบว่าปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าอิมัลชันเริ่มลดลงตามระยะเวลา โดยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจะลดลงไปอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 1 และ 2 และปริมาณการระเหยจะเริ่มลดลงจนคงที่ในชั่วโมง 3 เป็นต้นไป เมื่อพิจารณาจากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยรายคู่ในตารางผนวกที่ ก.10 พบว่าพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยในชั่วโมงที่ 4, 5 และ 6 ไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน และปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า

น้ำมันหอมระเหยอิมัลชันมีปริมาณการระเหยที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง และเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 4 ในขณะที่ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตนั้นลดลงเช่นเดียวกัน แต่เริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากขนาดหยดที่เล็กทำให้อิมัลชันสามารถกระจายตัวบนพื้นผิวและแทรกซึมเข้าสู่ภายในเนื้อเส้นใยฝ้ายของแผ่นคอมพอสิตจากเศษผ้าได้อย่างสม่ำเสมอ จากการมีแรงดึงผิวต่ำ อาจช่วยเพิ่มความสามารถในการแผ่กระจาย และการซึมผ่านของน้ำมันหอมระเหยได้ดี

4.3.2 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยาพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

4.3.2.1 ค่าพีเอชที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

การผลิตไมโครแคปซูลกลิ่นหอมด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเอเซอร์เวชัน โดยเตรียมสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และสารละลายกัมมะเคเซียความเข้มข้นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจำนวน 10 กรัม (น้ำมันตะไคร้หอม 6 กรัม น้ำมันยูคาลิปตัส 3 กรัม น้ำมันหญ้าแฝก 1 กรัม) ผสมลงในสารละลายเจลาติน ปั่นผสมด้วยเครื่อง โฮโมจีไนเซอร์ ความเร็ว 3200 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จากนั้นเติมสารละลายกัมมะเคเซีย และกวนต่อด้วยเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็ก เพิ่มอุณหภูมิของส่วนผสมให้เป็น 40 องศาเซลเซียส ก่อนปรับค่าพีเอชของส่วนผสมด้วย สารละลายกรด

ไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอล เนื่องจากค่า pH เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นเม็ดแคปซูล การศึกษานี้จึงทดลองปรับค่า pH ที่ 3 ระดับ ได้แก่ 3.0, 3.5 และ 4.0 หลังจากปรับพีเอชเมื่อเริ่มสังเกตเห็นอนุภาคไมโครแคปซูลเกิดขึ้น ให้กวนต่ออีก 15 นาที แล้วจึงลดอุณหภูมิของ ส่วนผสมให้เหลือต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส โดยนำไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง และกวนด้วยเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็ก ตลอดเวลา เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังของไมโครแคปซูล ร่อนกระທังไมโครแคปซูลตกตะกอน แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่น 3-5 ครั้ง จากนั้นกรองเอาเฉพาะไมโครแคปซูล ทิ้งไว้ 1 วัน สังเกตลักษณะเม็ดแคปซูล ได้ผลแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ลักษณะเม็ดแคปซูล ที่ค่าพีเอชต่างกัน

ค่า pH	ลักษณะไมโครแคปซูลหลัง ทำเสร็จทันที	ลักษณะไมโครแคปซูลหลัง ทิ้งไว้ 1 วัน	การคงรูป
3.0			ไมโครแคปซูลเกาะกัน เป็นเจลแข็ง
3.5			สามารถคงรูปได้
4.0			ไมโครแคปซูลเกาะกัน เป็นเจลแข็ง

ผลการทดลองพบว่าพีเอชมีผลต่อการผลิตไมโครแคปซูล ที่ค่าพีเอชต่างกันเมื่อดังทิ้งไว้ 1 วัน ลักษณะของไมโครแคปซูลที่ได้จะต่างกัน โดยที่พีเอช 3 และพีเอช 4 เมื่อดังทิ้งไว้ 1 วันไมโครแคปซูลเกาะกันเป็นเจลแข็ง ส่วนที่ค่า pH 3.5 ไมโครแคปซูลที่ได้มีความแข็งแรงที่สุด สามารถคงรูปอยู่ได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากพีเอชมีผลต่อความหนาแน่นของประจุ (charge density) ของสารและชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของทั้งโปรตีนและพอลิแซ็กคาไรด์ (Jun-xia, Hai-yan, & Jian, 2011;

Turgeon, Schmitt, & Sanchez, 2007) โดยการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเจลาตินและกัมอะคาเซีย มีจุดสมดุลทางประจุไฟฟ้า (electrical equivalence point, EEP) ที่พีเอช 3.5 โดยที่ค่าพีเอชไม่เหมาะสม สารห่อหุ้มจะมีความแข็งแรงลดลง เกิดการแยกเฟสออกมาและมีการเชื่อมต้อล้อมรอบหยดน้ำมันไว้กลายเป็นเจลแข็ง ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้เม็ดแคปซูลที่ค่า pH 3.5 นำมาผสมกับน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 ที่ปริมาตรร้อยละ 70 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ของส่วนผสมทั้งหมด

4.3.2.2 ศึกษาปริมาณการระเหยของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

ศึกษาปริมาณการระเหยของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยนำส่วนผสมที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล ปริมาตรร้อยละ 70 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ของส่วนผสมทั้งหมด ปริมาตร 3 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.11 – ก.12 นำค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลที่เวลาต่างกัน

เวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหย (ร้อยละ)	SD	F	P
1	37.001	3.351	800.4121	<0.001
2	57.622	1.755		
3	34.845	0.852		
4	14.288	2.119		
5	0.607	0.053		
6	0.611	0.045		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 2.6207

ผลการทดลองพบว่าเวลามีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยระยะเวลาขึ้นปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลจะลดลง ปริมาณการระเหยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 2 มีปริมาณการระเหยร้อยละ 57.622 ± 1.755 แสดงว่าในชั่วโมงที่สองไมโครแคปซูลมีการระเหยมากที่สุด และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยรายคู่ในตารางผนวกที่ 13 ก พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยในชั่วโมงที่ 5 และ 6 ไม่แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าไมโครแคปซูล

pH 3.5 สามารถเก็บกักน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ประมาณสี่ชั่วโมง ที่ปริมาตรร้อยละ 70 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ของส่วนผสมทั้งหมด และน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 อบที่ 45 องศาเซลเซียส

4.3.2.3 ศึกษาปริมาณการระเหยของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า

ศึกษาปริมาณการระเหยของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยนำส่วนผสมที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 ผสมกับน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล ปริมาตรร้อยละ 70 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ของส่วนผสมทั้งหมด ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เคลือบแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า ชั่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ก.14 – ก.15 นำค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.19

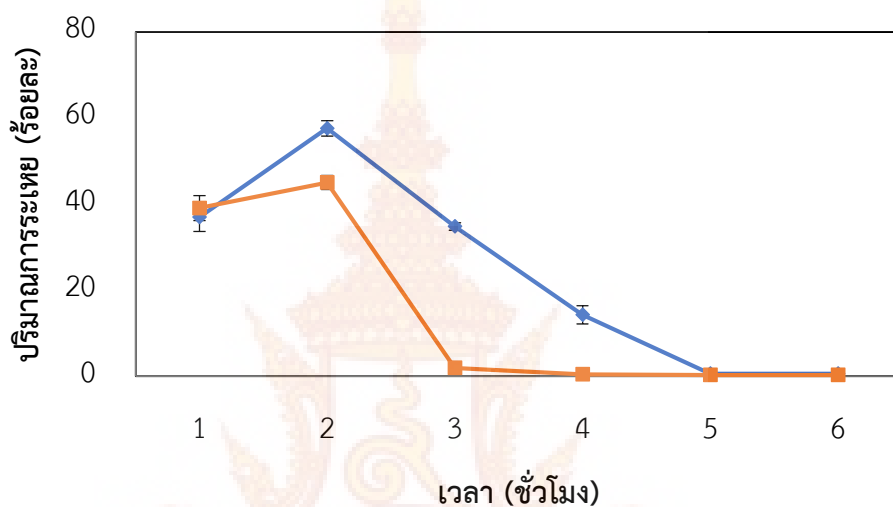
ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยที่เวลาต่างกัน

เวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหย (ร้อยละ)	SD	F	P
1	39.107	2.894	1219.1596	<0.001
2	45.044	1.651		
3	1.938	0.343		
4	0.472	0.259		
5	0.317	0.050		
6	0.318	0.104		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 2.6207

ผลการทดลองพบว่าเวลามีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยด้วยไมโครแคปซูล โดยระยะเวลาขึ้นปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยมีแนวโน้มลดลง ในชั่วโมงที่สองปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจะมากที่สุดคือมีปริมาณการระเหยร้อยละ 45.044 ± 1.651 ปริมาณการระเหยเริ่มลดลงในชั่วโมงที่สามจนคงที่ในชั่วโมงที่สี่ และจากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยรายคู่ในตารางผนวกที่ 16 ก พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยในชั่วโมงที่ 4, 5 และ 6 ไม่แตกต่างกัน การที่น้ำมันหอมระเหยอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่สอง เนื่องจากไมโคร

แคปซูลสามารถแทรกเข้าไปในเนื้อคอมพอสิตและเก็บกักน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในการทดลองพบว่าแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าที่เคลือบด้วยไมโครแคปซูล พีเอช 3.5 สามารถเก็บกักน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ประมาณสามชั่วโมง ที่ปริมาตรร้อยละ 70 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ของส่วนผสมทั้งหมด ผสมกับน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล และปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.3



—●— ไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย

—■— แผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้าเคลือบไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย

รูปที่ 4.3

เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยรูปไมโครแคปซูล และปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า

ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยมีค่ามากกว่าไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า โดยปริมาณการระเหยจะมีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 2 และเริ่มลดลงจนคงที่ในเวลาต่อมา ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นคอมพอสิตที่เคลือบไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยทำให้การระเหยของไมโครแคปซูลเร็วขึ้น ทำให้ไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตก็เก็บรักษาน้ำมันหอมระเหยไว้ได้แค่ 3 ชั่วโมง

4.3.3 เปรียบเทียบการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและไมโครแคปซูล

เปรียบเทียบผลการศึกษาปริมาณการระเหยระหว่างแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าที่เคลือบด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน และแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายที่เคลือบด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยนำส่วนผสมแต่ละชนิด ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เคลือบแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า ขนาด 5×5 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.4 – 4.5



ก่อนเคลือบ



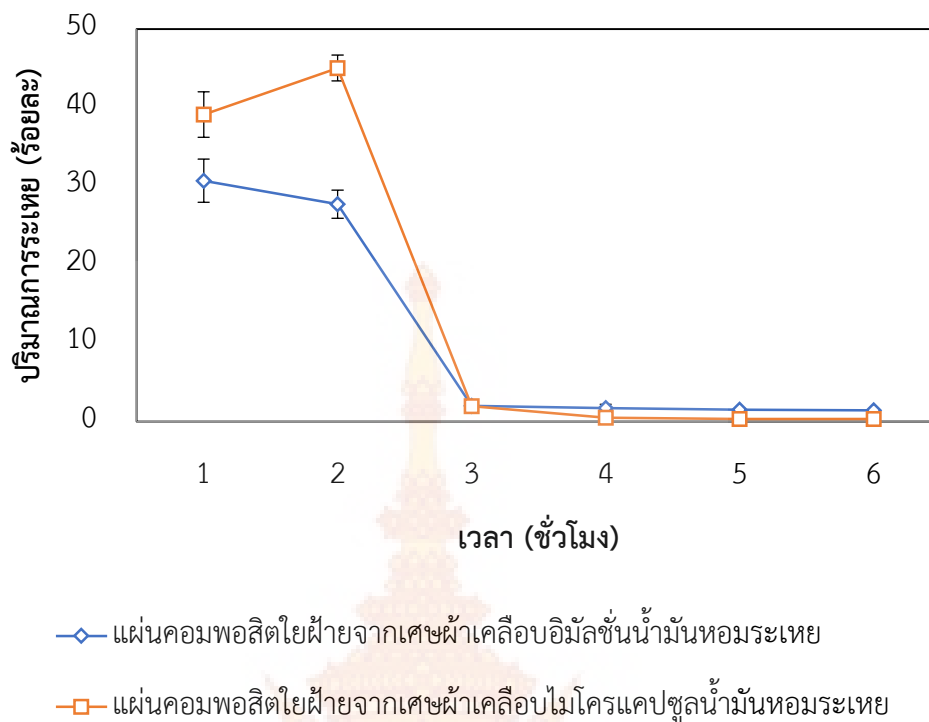
น้ำยางพาราร้อยละ 30 ผสม
น้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน



น้ำยางพาราร้อยละ 30 ผสม
น้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

รูปที่ 4.4

ลักษณะแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยในรูปแบบต่างกัน



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าที่อยู่ในรูปอีพ็อกซีและไมโครแคปซูล

น้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในรูปไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยจะมีปริมาณการระเหยมากกว่าน้ำมันหอมระเหยอีพ็อกซี แสดงว่าไมโครแคปซูลปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยออกมามากกว่าในรูปของไมโครอีพ็อกซี โดยน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยในรูปไมโครอีพ็อกซีมีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยสูงสุดในชั่วโมงที่ 1 ในปริมาณร้อยละ 30.688 ± 2.744 น้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยในรูปไมโครแคปซูลมีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยมีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยสูงสุดในชั่วโมงที่ 2 ในอัตราร้อยละ 45.044 ± 1.651 ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในรูปไมโครอีพ็อกซีมีขนาดเล็กกว่าน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในรูปไมโครแคปซูลทำให้น้ำมันหอมระเหยถูกดูดซับเข้าไปในเส้นใยฝ้ายของแผ่นคอมพอสิตไยจากเศษผ้าและปลดปล่อยกลิ่นออกมาได้ช้า และนานกว่า

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าขนาด 20×26 ตารางเซนติเมตร สภาวะที่เหมาะสมคือใช้ไยฝ้าย 10 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 2 อัตราอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ได้แผ่นคอมพอสิตที่มีความหนาแน่น 0.133 ± 0.004 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีจำนวนรูพรุน 28.333 ± 1.528 ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า ได้แก่ ปริมาณเส้นใยฝ้าย และความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

5.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยางพารา

การเคลือบผิวคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าด้วยน้ำยางพารา สภาวะที่เหมาะสม คือน้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เคลือบผิวคอมพอสิตขนาดพื้นที่ 5×5 เซนติเมตร แผ่นคอมพอสิตที่ได้มีการยึดติดที่ดีในระดับ 5 โดยไม่มีเศษวัสดุหลุดจากผิวหน้า ดูดซึมน้ำได้ 416.200 ± 12.95 วินาที มีความหนาแน่น 0.240 ± 0.042 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลือบได้แก่ ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำยางพารา

5.1.3 รูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้า

(1) การผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน

ผสมน้ำมันหอมระเหยในรูปอิมัลชัน โดยนำสัดส่วนที่เหมาะสมของอิมัลชันที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน $2.0 : 0.5 : 0.5$ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าผลการทดลองพบว่าเวลาที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตอิมัลชัน โดยระยะเวลาขึ้นปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตมีแนวโน้มลดลง ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าอิมัลชันเริ่มลดลงตามระยะเวลา ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจะลดลงไปอย่างรวดเร็วตั้งแต่ในช่วงที่ 1 โดยมีปริมาณการระเหยร้อยละ 30.688 ± 2.744

(2) การผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

การผลิตไมโครแคปซูลกลิ่นหอมด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเอเซอร์เวชัน โดยเตรียมสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และสารละลายกัมอะคาเซียความเข้มข้นร้อยละ 1 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) น้ำมันหอมระเหยจำนวน 10 กรัม (น้ำมันตะไคร้หอม 6 กรัม น้ำมันยูคาลิปตัส 3 กรัม น้ำมันหญ้าแฝก 1 กรัม) แล้วนำไมโครแคปซูลที่ได้ผสมกับน้ำยาพาราความเข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาตรร้อยละ 70 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เคลือบบนผิวคอมพอสิต ผลการทดลองพบว่าเวลาที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตด้วยไมโครแคปซูล โดยระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตมีแนวโน้มลดลง ในช่วงที่สองปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจะมากที่สุดคือมีปริมาณการระเหยร้อยละ 45.044 ± 1.651 ปริมาณการระเหยเริ่มลดลงในช่วงที่สาม จนคงที่ในช่วงที่สี่

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ศึกษาการเพิ่มเสถียรของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยในน้ำยาพารา โดยศึกษาในปัจจัยต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ได้แก่

- การลดขนาดของอนุภาคน้ำมันโดยใช้แรงปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง high pressure homogenizer
- การใช้สารก่ออิมัลชันอื่น ๆ

(2) ศึกษาการเพิ่มความเสถียรของไมโครแคปซูล โดยศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มอื่น ๆ เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โซเดียมอัลจิเนต ไคโตซาน

บรรณานุกรม

- AromaWeb. n.d. “Essential Oil Top Notes | AromaWeb.” Accessed March 2, 2019a. <https://www.aromaweb.com/articles/essential-oil-top-notes.asp>.
- . n.d. “Lime Essential Oil Uses and Benefits | AromaWeb.” Accessed March 3, 2019b. <https://www.aromaweb.com/essential-oils/lime-oil.asp>.
- . n.d. “Sandalwood Essential Oil Uses and Benefits | AromaWeb.” Accessed March 3, 2019c. <https://www.aromaweb.com/essential-oils/sandalwood-oil.asp>.
- Bae, E. K., and S. J. Lee. 2008. “Microencapsulation of Avocado Oil by Spray Drying Using Whey Protein and Maltodextrin.” *Journal of Microencapsulation* 25 (8): 549–60. <https://doi.org/10.1080/02652040802075682>.
- Blanco, M.M., C.A.R.A. Costa, A.O. Freire, J.G. Santos, and M. Costa. 2009. “Neurobehavioral Effect of Essential Oil of Cymbopogon Citratus in Mice.” *Phytomedicine* 16 (2–3): 265–70. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2007.04.007>.
- Champagnat, Pascal, Gilles Figueredo, Jean-Claude Chalchat, André-Paul Carnat, and Jean-Marie Bessière. 2006. “A Study on the Composition of Commercial Vetiveria Zizanioides Oils from Different Geographical Origins.” *Journal of Essential Oil Research* 18 (4): 416–22. <https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699129>.
- MedThai. 2014. “หญ้าแฝก สรรพคุณและประโยชน์ของหญ้าแฝกหอม 20 ข้อ !” Medthai. May 1, 2014. <https://medthai.com/>
- Parirat, Khonsung. 2012. “ตะไคร้.” *Thai J Pharmacol* 2012 (2): 37–51.
- Price, Shirley. 1993. *The Aromatherapy Workbook: Understanding Essential Oils from Plant to Bottle*. London: Thorsons.
- Ross, Ivan A. 2003. “Cymbopogon Citratus.” In *Medicinal Plants of the World: Volume 1 Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses*, edited by Ivan A. Ross, 197–208. Totowa, NJ: Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-59259-365-1_9.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Shah, Gagan, Richa Shri, Vivek Panchal, Narender Sharma, Bharpur Singh, and A. S. Mann. 2011. "Scientific Basis for the Therapeutic Use of Cymbopogon Citratus, Stapf (Lemon Grass)." *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research* 2 (1): 3–8. <https://doi.org/10.4103/2231-4040.79796>.
- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2010a. "แฟกหอม - ฐานข้อมูลเครื่องยา คณะเภสัชศาสตร์ ม.อุบล : Thaicrudedrug.Com." 2010. <http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=89>.
- . 2010b. "มะนาว - ฐานข้อมูลเครื่องยา คณะเภสัชศาสตร์ ม.อุบล : Thaicrudedrug.Com." 2010. <http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=105>.
- พิมพ์, ลีลาพรพิสิฐ. 2547. *สுகนธบำบัด (Aromatherapy)*. 2nd ed. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ราชกิจจานุเบกษา. 2535. "พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 | ระบบข้อมูลกฎหมายด้านบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ -." 2535. <http://hydrolaw.thaiwater.net/web/2016/03/15/>
- วีระศักดิ์, อุดมกิจเดชา. 2542. *วิทยาศาสตร์เส้นใย = Fiber science*. Vol. 2542. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักการแพทย์ทางเลือก. 2550. "ตำราวิชาการ สுகนธบำบัด." ศูนย์ข้อมูลการแพทย์ทางเลือก. 2550. http://thaicamdb.info/article_doc.php?article=184.
- สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. n.d. "ตะไคร้." สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. Accessed March 3, 2019. <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/cymbopo.html>.
- สุพจน์, วงศ์ใหญ่. 2548. "Aromatherapy กลิ่นบำบัดเพื่อสุขภาพ." 2548. <http://www.thaicam.go.th/index.php>.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง



ตารางที่ ก.1 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 3

ปริมาณใย ฝ้ายจาก เศษผ้า (กรัม)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า						
	ครั้งที่	กว้าง × ยาว (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น (กรัม/ ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ช่องว่างหรือรู พรุนภายในแผ่น คอมพอสิต (จุด)
10	1	20 × 26	13.33	0.20	104.00	0.128	30.00
	2		14.04	0.20	104.00	0.135	27.00
	3		14.03	0.20	104.00	0.135	28.00
	Mean		13.80	0.20	104.00	0.133	28.33
	SD		0.41	0.00	0.00	0.004	1.53
20	1	20 × 26	25.76	0.30	156.00	0.165	11.00
	2		24.50	0.30	156.00	0.157	9.00
	3		25.35	0.30	156.00	0.163	12.00
	Mean		25.20	0.30	156.00	0.162	10.67
	SD		0.64	0.00	0.00	0.004	1.53
30	1	20 × 26	37.40	0.40	208.00	0.180	6.00
	2		37.04	0.40	208.00	0.178	7.00
	3		37.68	0.40	208.00	0.181	6.00
	Mean		37.37	0.40	208.00	0.180	6.33
	SD		0.32	0.00	0.00	0.002	0.58

ตารางที่ ก.2 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อสารละลายแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2-3

สารละลาย แป้งมัน สำปะหลัง (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิตไผ่ฝ้ายจากเศษผ้า						
	ครั้งที่	กว้าง × ยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น (กรัม/ ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ช่องว่างหรือรู พรุนภายในแผ่น คอมพอสิต (จุด)
2	1	20 × 26	12.21	0.20	104.00	0.12	23.00
	2		12.19	0.20	104.00	0.12	25.00
	3		12.24	0.20	104.00	0.12	22.00
	Mean		12.21	0.20	104.00	0.12	23.33
	SD		0.03	0.00	0.00	0.00	1.53
3	1	20 × 26	13.33	0.20	104.00	0.13	30.00
	2		14.04	0.20	104.00	0.14	27.00
	3		14.03	0.20	104.00	0.13	28.00
	Mean		13.80	0.20	104.00	0.13	28.33
	SD		0.41	0.00	0.00	0.00	1.53

ตารางที่ ก.3 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำ ยางพารา ปริมาตร 3 มิลลิ ลิตร (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า						
	ครั้งที่	น้ำหนัก แผ่นก่อน เคลือบ (กรัม)	น้ำหนัก แผ่นหลัง เคลือบ (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น	การดูดซึม น้ำ (วินาที)	การยึดติด (คะแนน)
0 (ก่อนเคลือบ)	1	0.5824	0.5824	5.00	0.1165	< 1	5
	2	0.7665	0.7665	5.00	0.1533	< 1	5
	3	0.6211	0.6211	5.00	0.1242	< 1	5
	4	0.6458	0.6458	5.00	0.1292	< 1	5
	5	0.6348	0.6348	5.00	0.1270	< 1	5
	Mean	0.6501	0.6501	5.0000	0.1300	< 1	5.00
	SD	0.0693	0.0693	0.0000	0.0139	0.00	0.00
10	1	0.6537	1.0079	5.00	0.2016	227	5
	2	0.6489	1.0322	5.00	0.2064	232	5
	3	0.7144	1.1075	5.00	0.2215	223	5
	4	0.8204	1.2169	5.00	0.2434	222	5
	5	0.6133	1.0024	5.00	0.2005	223	5
	Mean	0.6901	1.0734	5.0000	0.2147	225.40	5.00
	SD	0.0814	0.0905	0.0000	0.0181	4.16	0.00

ตารางที่ ก.3 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่างกัน (ต่อ)

ความเข้มข้นน้ำ ยางพารา ปริมาตร 3 มิลลิ ลิตร (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า						
	ครั้งที่	น้ำหนัก แผ่นก่อน เคลือบ (กรัม)	น้ำหนัก แผ่นหลัง เคลือบ (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น	การดูดซึม น้ำ (วินาที)	การยึดติด (คะแนน)
20	1	0.5667	0.9438	5.00	0.1888	234	5
	2	0.4759	0.8746	5.00	0.1749	247	5
	3	0.5242	0.9184	5.00	0.1837	246	5
	4	0.7747	1.1684	5.00	0.2337	248	5
	5	0.4626	0.8317	5.00	0.1663	245	5
	Mean	0.5608	0.9474	5.0000	0.1895	244.00	5.00
	SD	0.1265	0.1307	0.0000	0.0261	5.70	0.00
30	1	0.4548	0.9355	5.00	0.1871	404	5
	2	0.6667	1.1879	5.00	0.2376	415	5
	3	0.6299	1.1557	5.00	0.2311	407	5
	4	0.6608	1.1922	5.00	0.2384	437	5
	5	0.9773	1.5199	5.00	0.3040	418	5
	Mean	0.6779	1.1982	5.0000	0.2396	416.20	5.00
	SD	0.1885	0.2088	0.0000	0.0418	0.00	0.00

ตารางที่ ก.3 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตต่อความเข้มข้นสารละลายแป้งมันต่างกัน (ต่อ)

ความเข้มข้นน้ำ ยางพารา ปริมาตร 3 มิลลิ ลิตร (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษผ้า						
	ครั้งที่	น้ำหนัก แผ่นก่อน เคลือบ (กรัม)	น้ำหนัก แผ่นหลัง เคลือบ (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น	การดูดซึม น้ำ (วินาที)	การยึดติด (คะแนน)
40		0.7552	1.4985	5.00	0.2997	415	5
		0.6328	1.3725	5.00	0.2745	438	5
		0.5259	1.3296	5.00	0.2659	409	5
		0.6788	1.427	5.00	0.2854	409	5
		0.6220	1.3666	5.00	0.2733	408	5
		0.6429	1.3988	5.0000	0.2798	415.80	5.00
		0.0839	0.0657	0.0000	0.0131	12.72	0.00
50		0.5553	1.3961	5.00	0.2792	404	5
		0.4997	1.34	5.00	0.2680	402	5
		0.5222	1.3455	5.00	0.2691	426	5
		0.5873	1.4398	5.00	0.2880	424	5
		0.5016	1.3508	5.00	0.2702	428	5
		0.5332	1.3744	5.0000	0.2749	416.80	5.00
		0.0376	0.0428	0.0000	0.0086	12.70	0.00

ตารางที่ ก.4 ลักษณะอัตราส่วนของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 30 น้ำมันหอมระเหย และพรีน 20 ที่อัตราส่วนต่างกัน

อัตราส่วน ที่	ครั้งที่	ปริมาณของแข็ง ทั้งหมด มก./ล.	พีเอช	ลักษณะปรากฏหลังทิ้งไว้ 1 วัน		
				สี	การเกิดอิมัลชัน	การแยกชั้น
1	1	182.2858	7.00	สีไม่เปลี่ยน	ไม่เกิดอิมัลชัน	ไม่แยกชั้น
	2	188.2937	7.00			
	3	188.4590	7.00			
	Mean	186.3462	7.00			
	SD	3.5173	0.00			
2	1	174.8449	7.00	สีเปลี่ยน	ไม่เกิดอิมัลชัน	แยกชั้น
	2	177.8766	7.00			
	3	174.0634	7.00			
	Mean	175.5950	7.00			
	SD	2.0142	0.00			
3	1	286.5209	7.00	สีเปลี่ยน	เกิดอิมัลชัน	ไม่แยกชั้น
	2	306.4019	7.00			
	3	308.3328	7.00			
	Mean	300.4185	7.00			
	SD	12.0744	0.00			
4	1	396.0718	7.00	สีเปลี่ยน	เกิดอิมัลชัน	แยกชั้น
	2	420.5948	7.00			
	3	421.6008	7.00			
	Mean	412.7558	7.00			
	SD	14.4575	0.00			
5	1	543.6231	7.00	สีเปลี่ยน	ไม่เกิดอิมัลชัน	แยกชั้น
	2	552.3584	7.00			
	3	542.6435	7.00			
	Mean	546.2083	7.00			
	SD	5.3486	0.00			

ตารางที่ ก.5 น้ำหนักอัตราส่วนก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักสารเคลือบ ก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักสารเคลือบหลังอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	3.0284	1.7634	1.4014	1.2474	1.1938	1.1523	1.1219
2	3.0447	1.7902	1.3581	1.2135	1.1742	1.1462	1.1209
3	3.0272	1.8039	1.3777	1.2268	1.1781	1.1494	1.1269
4	3.0242	1.8699	1.4403	1.2620	1.1996	1.1648	1.1386
5	3.0300	1.6746	1.3220	1.2099	1.1704	1.1435	1.1177
Mean	3.0309	1.7804	1.3799	1.2319	1.1832	1.1512	1.1252
SD	0.0080	0.0710	0.0446	0.0223	0.0128	0.0083	0.0082

ตารางที่ ก.6 ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอีมีลชันที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณการระเหยของอีมีลชันน้ำมันหอมระเหยหลังเคลือบ อบที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	41.7712	20.5285	10.9890	4.2969	3.4763	2.6382
2	41.2027	24.1370	10.6472	3.2386	2.3846	2.2073
3	40.4103	23.6266	10.9530	3.9697	2.4361	1.9575
4	38.1688	22.9745	12.3794	4.9445	2.9010	2.2493
5	44.7327	21.0558	8.4796	3.2647	2.2984	2.2562
Mean	41.2571	22.4645	10.6896	3.9429	2.6993	2.2617
SD	2.3771	1.5922	1.4054	0.7220	0.4933	0.2436

ตารางที่ ก.7 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอีมีลชันที่เวลาต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ	ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศา เซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	1	กับ	2	18.79 *	1.77	0.000
2	2	กับ	3	11.77 *	1.77	0.000
3	3	กับ	1	30.57 *	1.77	0.000
4	4	กับ	1	37.31 *	1.77	0.000
5	4	กับ	2	18.52 *	1.77	0.000
6	4	กับ	3	6.75 *	1.77	0.000
7	5	กับ	1	38.56 *	1.77	0.000
8	5	กับ	2	19.77 *	1.77	0.000
9	5	กับ	3	7.99 *	1.77	0.000
10	5	กับ	4	1.24 *	1.77	0.015
11	6	กับ	1	39.00 *	1.77	0.000
12	6	กับ	2	20.20 *	1.77	0.000
13	6	กับ	3	8.43 *	1.77	0.000
14	6	กับ	4	1.68 *	1.77	0.005
15	6	กับ	5	0.44	1.77	0.127

ตารางที่ ก.8 น้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิต ที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักแผ่นก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักแผ่นหลังอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	3.2726	2.3372	1.6480	1.6112	1.5917	1.5693	1.5473
2	3.2321	2.2408	1.6394	1.6044	1.5722	1.5505	1.5284
3	3.3577	2.4214	1.7022	1.6736	1.6408	1.6198	1.5977
4	3.3269	2.1678	1.6107	1.5792	1.5598	1.5319	1.5092
5	3.2622	2.2358	1.6387	1.6079	1.5730	1.5487	1.5264
Mean	3.2903	2.2806	1.6478	1.6153	1.5875	1.5640	1.5418
SD	0.0509	0.0992	0.0335	0.0350	0.0319	0.0339	0.0340

ตารางที่ ก.9 ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณการระเหยของแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าหลังเคลือบอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	28.5828	29.4883	2.2330	1.2103	1.4073	1.4019
2	30.6705	26.8386	2.1349	2.0070	1.3802	1.4253
3	27.8852	29.7018	1.6802	1.9598	1.2799	1.3644
4	34.8402	25.6989	1.9557	1.2285	1.7887	1.4818
5	31.4634	26.7063	1.8795	2.1705	1.5448	1.4399
Mean	30.6884	27.6868	1.9767	1.7152	1.4802	1.4227
SD	2.7446	1.7985	0.2171	0.4594	0.1967	0.0437

ตารางที่ ก.10 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ	ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	1	กับ	2	3.00	1.77	0.081
2	2	กับ	3	25.71 *	1.77	0.000
3	3	กับ	1	28.71 *	1.77	0.000
4	4	กับ	1	28.97 *	1.77	0.000
5	4	กับ	2	25.97 *	1.77	0.000
6	4	กับ	3	0.26	1.77	0.296
7	5	กับ	1	29.21 *	1.77	0.000
8	5	กับ	2	26.21 *	1.77	0.000
9	5	กับ	3	0.50 *	1.77	0.005
10	5	กับ	4	0.24	1.77	0.338
11	6	กับ	1	29.27 *	1.77	0.000
12	6	กับ	2	26.26 *	1.77	0.000
13	6	กับ	3	0.55 *	1.77	0.004
14	6	กับ	4	0.29	1.77	0.228
15	6	กับ	5	0.06	1.77	0.555

ตารางที่ ก.11 น้ำหนักของไมโครแคปซูลก่อนอบและหลังอบที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักสารเคลือบก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักสารเคลือบหลังอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	3.0009	1.9717	0.8454	0.5430	0.4735	0.4707	0.4679
2	3.0082	1.9790	0.8529	0.5503	0.4808	0.4778	0.4747
3	3.0039	1.8979	0.8278	0.5375	0.4414	0.4385	0.4360
4	3.0065	1.8875	0.7414	0.4902	0.4212	0.4190	0.4166
5	3.0057	1.7296	0.7441	0.4909	0.4219	0.4192	0.4164
Mean	3.0050	1.8931	0.8023	0.5224	0.4478	0.4450	0.4423
SD	0.0028	0.1004	0.0551	0.0294	0.0281	0.0279	0.0277

ตารางที่ ก.12 ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยและน้ำยาฟาราอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	34.2964	57.1233	35.7700	12.7993	0.5913	0.5949
2	34.2132	56.9025	35.4790	12.6295	0.6240	0.6488
3	36.8188	56.3834	35.0689	17.8791	0.6570	0.5701
4	37.2194	60.7205	33.8818	14.0759	0.5223	0.5728
5	42.4560	56.9785	34.0277	14.0558	0.6400	0.6679
Mean	37.0007	57.6216	34.8455	14.2879	0.6069	0.6109
SD	3.3513	1.7547	0.8520	2.1191	0.0531	0.0449

ตารางที่ ก.13 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลที่เวลาต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ	ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	1	กับ	2	20.62 *	2.36	0.000
2	2	กับ	3	22.78 *	2.36	0.000
3	3	กับ	1	2.16	2.36	0.228
4	4	กับ	1	22.71 *	2.36	0.000
5	4	กับ	2	43.33 *	2.36	0.000
6	4	กับ	3	20.56 *	2.36	0.000
7	5	กับ	1	36.39 *	2.36	0.000
8	5	กับ	2	57.01 *	2.36	0.000
9	5	กับ	3	34.24 *	2.36	0.000
10	5	กับ	4	13.68 *	2.36	0.000
11	6	กับ	1	36.39 *	2.36	0.000
12	6	กับ	2	57.01 *	2.36	0.000
13	6	กับ	3	34.23 *	2.36	0.000
14	6	กับ	4	13.68 *	2.36	0.000
15	6	กับ	5	0.00	2.36	0.901

ตารางที่ ก.14 น้ำหนักของไมโครแคปซูลหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักหลังเคลือบก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังเคลือบอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	3.3363	2.0062	1.1253	1.1069	1.1042	1.1008	1.0975
2	3.4222	1.9465	1.1086	1.0858	1.0839	1.0800	1.0776
3	3.7972	2.3246	1.2267	1.2031	1.1936	1.1894	1.1856
4	3.5736	2.3214	1.2751	1.2544	1.2465	1.2424	1.2392
5	3.4354	2.1051	1.1375	1.1096	1.1038	1.1012	1.0958
Mean	3.5129	2.1408	1.1746	1.1520	1.1464	1.1428	1.1391
SD	0.1802	0.1757	0.0724	0.0730	0.0703	0.0699	0.0699

ตารางที่ ก.15 ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณการระเหยของแผ่นคอมพอสิตไยฝ้ายจากเศษผ้าหลังเคลือบอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	39.8675	43.9089	1.6351	0.2439	0.3079	0.2998
2	43.1214	43.0465	2.0566	0.1750	0.3598	0.2222
3	38.7812	47.2296	1.9239	0.7896	0.3519	0.3195
4	35.0397	45.0724	1.6234	0.6298	0.3289	0.2576
5	38.7233	45.9646	2.4527	0.5227	0.2355	0.4904
Mean	39.1066	45.0444	1.9384	0.4722	0.3168	0.3179
SD	2.8935	1.6510	0.3428	0.2591	0.0498	0.1035

ตารางที่ ก.16 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยของไมโครแคปซูลหลังเคลือบผ่านคอมพอสิตที่
เวลาต่างกัน

คู่เปรียบเทียบ	ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศา เซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	1	กับ	2	5.94 *	1.79	0.006
2	2	กับ	3	43.11 *	1.79	0.000
3	3	กับ	1	37.17 *	1.79	0.000
4	4	กับ	1	38.63 *	1.79	0.000
5	4	กับ	2	44.57 *	1.79	0.000
6	4	กับ	3	1.47 *	1.79	0.000
7	5	กับ	1	38.79 *	1.79	0.000
8	5	กับ	2	44.73 *	1.79	0.000
9	5	กับ	3	1.62 *	1.79	0.000
10	5	กับ	4	0.16	1.79	0.254
11	6	กับ	1	38.79 *	1.79	0.000
12	6	กับ	2	44.73 *	1.79	0.000
13	6	กับ	3	1.62 *	1.79	0.000
14	6	กับ	4	0.15	1.79	0.269
15	6	กับ	5	0.00	1.79	0.984

ตารางที่ ก.17 ปริมาณการระเหยของแผ่นคอมพอสิตที่เคลือบด้วยการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำ
ยางพาราที่รูปแบบในการผสมที่ต่างกัน

ชนิดของ ตัวอย่าง	ครั้งที่	ปริมาณการระเหยของแผ่นหลังเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยฝ้ายจากเศษ ผ้าอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
น้ำยางพารา ผสมน้ำมันหอม ระเหยอีมีลชั่น	1	28.5828	29.4883	2.2330	1.2103	1.4073	1.4019
	2	30.6705	26.8386	2.1349	2.0070	1.3802	1.4253
	3	27.8852	29.7018	1.6802	1.9598	1.2799	1.3644
	4	34.8402	25.6989	1.9557	1.2285	1.7887	1.4818
	5	31.4634	26.7063	1.8795	2.1705	1.5448	1.4399
	Mean	30.6884	27.6868	1.9767	1.7152	1.4802	1.4227
	SD	2.7446	1.7985	0.2171	0.4594	0.1967	0.0437
น้ำยางพารา ผสมน้ำมันหอม ระเหยไมโคร แคปซูล	1	39.8675	43.9089	1.6351	0.2439	0.3079	0.2998
	2	43.1214	43.0465	2.0566	0.1750	0.3598	0.2222
	3	38.7812	47.2296	1.9239	0.7896	0.3519	0.3195
	4	35.0397	45.0724	1.6234	0.6298	0.3289	0.2576
	5	38.7233	45.9646	2.4527	0.5227	0.2355	0.4904
	Mean	39.1066	45.0444	1.9384	0.4722	0.3168	0.3179
	SD	2.8935	1.6510	0.3428	0.2591	0.0498	0.1035

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนิศาชล เกตุสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด 15 พฤษภาคม 2529
ที่อยู่ บ้านเลขที่ 83/116 ม.6 หมู่บ้านมิตรประชาวิลล่า โครงการ15 ซอย20 ถนน
 บางกรวย-ไทรน้อย ตำบล/อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110
ประวัติการศึกษา 2550 คณะกรรมการบัณฑิต สาขาวิชาผ้าและเครื่องแต่งกาย-ธุรกิจเสื้อผ้า
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ความชำนาญเฉพาะด้าน 1.) การวิเคราะห์เนื้อผ้าที่ใช้ในโรงพยาบาล
 2.) กระบวนการขายผลิตภัณฑ์ผ้าที่ใช้ในโรงพยาบาล
 3.) การบริหารและวางแผนการจัดการสินค้า
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย
พ.ศ.2552 - 2554 ตำแหน่ง สโตร์
พ.ศ. 2554-2556 ตำแหน่งบริหารงานทั่วไป
พ.ศ.2556 - ปัจจุบัน ตำแหน่งประสานงานขาย

