



การพัฒนาโรมาเธอราปีคอมพอสิตจากไยมะพร้าว
The Development of Aromatherapy Composite from Coir

ธัญลักษณ์ ศรีสุข
TANYALAK SRISUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การพัฒนาโรมาเธอราปีคอมพอสิตจากไยมะพร้าว

ธัญลักษณ์ ศรีสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

THE DEVELOPMENT OF AROMATHERAPY COMPOSITE FROM COIR

TANYALAK SRISUK



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



นางสาวธัญลักษณ์ ศรีสุข
(ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์)

COPYRIGHT © 2018

ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY KRUNGTHEP

FACULTY OF TEXTILE INDUSTRIES

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโรมาเธอราปีคอมพอสิตจากไยมะพร้าว
โดย	นางสาวธัญลักษณ์ ศรีสุข
สาขาวิชา	นวัตกรรมสิ่งทอ
ปีการศึกษา	2561

คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อนุมัติให้นับ
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานวัตกรรมสิ่งทอ

..... คณบดีคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภัทรานิษฐ์ สิทินพันธ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ)

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ปราบพาล ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ ไชยยะ รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ปราบพาล ประธานกรรมการและกรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านช่วยตรวจสอบให้ข้อชี้แนะ และแนะนำเพิ่มเติมทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีระดับปริญญาโทให้กับนักศึกษา รวมถึงเจ้าหน้าที่หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ช่วยประสานงานให้ความสะดวกแก่นักศึกษาเสมอมา ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา และขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ที่ร่วมเรียนมาด้วยกัน คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทดลองทำวิทยานิพนธ์นี้ สำหรับความงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโรรามาเธอราปีคอมพอสิตจากไยมะพร้าว
นักศึกษา	นางสาวธัญลักษณ์ ศรีสุข
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ชนิษฐา เจริญลาภ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมทิพย์ ปราบพาล
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ การพัฒนาโรรามาเธอราปีคอมพอสิตจากไยมะพร้าว ทดลองโดยศึกษาอัตราส่วนของไยมะพร้าว 10-30 กรัม กับสารละลายแป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 2-3 ในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิต ศึกษาความเข้มข้นของน้ำยางพาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยมะพร้าวร้อยละ 20-30 ศึกษารูปแบบการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพารา แบบอิมัลชัน และไมโครเอนแคปซูเลชัน ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นคอมพอสิต คือใช้เส้นใย 30 กรัมขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3 อัตราอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ได้แผ่นคอมพอสิตที่ได้มีการยึดติดที่ดีในระดับ 5 โดยไม่มีเศษวัสดุหลุดจากผิวหน้า เส้นใยดูดซึมน้ำได้น้อย มีความหนาแน่น 0.27 ± 0.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน สามารถกักเก็บน้ำมันหอมระเหยในแผ่นคอมพอสิตได้ดีกว่าการผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลาสองชั่วโมงมีปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 40.974 ± 0.660

คำสำคัญ : วัสดุคอมพอสิต ไยมะพร้าว น้ำยางพารา น้ำมันหอมระเหย สุกคนรบำบัด

Thesis Title	The Development of Aromatherapy Composite from Coir
By	Miss Tanyalak Srisuk
Major	Textiles Innovation
Advisor	Asst. Prof. Khanittha Charoenlarp
Academic Year	2018

Abstract

The objective of this research was to develop aromatherapy composite from Coir. Experiment by studied the ratio of coconut fiber (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 30 grams of fiber forming with 3 percent concentrated tapioca starch solution at a pressure of 600 kg per square centimeter and coating it with latex at a concentration of 20 percent by weight. The coconut 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, less water absorption and a density of 0.27 ± 0.05 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 two hours, the amount of essential oil evaporation was 40.974 ± 0.660 .

Keywords: Composite Material; Coconut Fiber; Latex, Essential oil, Aromatherapy

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 มะพร้าว	4
2.2 วัสดุคอมพอสิต	5
2.3 สุนทรบำบัด	8
2.4 อิมัลชัน	22
2.5 ไมโครแคปซูลและไมโครเอนแคปซูเลชัน	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	34
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	34
3.2 วิธีดำเนินการ	35
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	40
4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตจากใยมะพร้าวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง	40
4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตใยมะพร้าวด้วยน้ำ ยางพารา	45
4.3 รูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพาราในการเคลือบ ผิวคอมพอสิตใยมะพร้าว	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	63
5.1 สรุป	63
5.2 ข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ข้อมูล	75
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลอง	83
ประวัติผู้เขียน	99



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สถิติการผลิต	4
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลทสาร ไฮกลีนิรส	28
ตารางที่ 3.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในตำรับที่ใช้	36
ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20	36
ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การแบ่งระดับ (level of rating) จากระดับ 0–5 มาตรฐาน ASTM D-3359-90	39
ตารางที่ 4.1 ผลของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อการขึ้นรูป	41
ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อค่าความหนาแน่น	42
ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อค่าปริมาณรูพรุน	42
ตารางที่ 4.4 ผลของความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อการขึ้นรูป	43
ตารางที่ 4.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อค่าความหนาแน่น	44
ตารางที่ 4.6 ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อค่าปริมาณรูพรุน	44
ตารางที่ 4.7 ผลของน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิต ใยมะพร้าว	46
ตารางที่ 4.8 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิต	48
ตารางที่ 4.9 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อค่าการดูดซึมน้ำ	49
ตารางที่ 4.10 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อค่าความหนาแน่น	49
ตารางที่ 4.11 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อค่าการยึดติดของแผ่นคอมพอสิต	49
ตารางที่ 4.12 ผลของปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และ ทวิน 20 ต่อลักษณะส่วนผสมที่ได้	52
ตารางที่ 4.13 ผลของอัตราส่วนต่อค่าปริมาณของแข็งของ	53
ตารางที่ 4.14 ผลของอัตราส่วนต่อค่าความเป็นกรดต่าง	53
ตารางที่ 4.15 ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม	54
ตารางที่ 4.16 ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม	55
ตารางที่ 4.17 ลักษณะเม็ดแคปซูล ที่ค่าพีเอชต่างกัน	57
ตารางที่ 4.18 ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม	58

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.19	ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม
ตารางที่ ข.1	ลักษณะเส้นใยมะพร้าวก่อนและหลังปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดนาน 5 นาที
ตารางที่ ข.3	ปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตของใยมะพร้าว
ตารางที่ ข.4	ความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตของใยมะพร้าว
ตารางที่ ข.5	ความเข้มข้นน้ำยาล้างจานปริมาตร 7 มิลลิลิตร ต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตของใยมะพร้าว
ตารางที่ ข. 6	อัตราส่วนต่อลักษณะของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และเทียน 20
ตารางที่ ข.7	น้ำหนักของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.8	ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.9	เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหย ที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.10	น้ำหนักของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.11	ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.12	เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.13	น้ำหนักของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.14	ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน
ตารางที่ ข.15	เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย ที่เวลาต่างกัน

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ ข.16	
น้ำหนักของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิต ก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน	96
ตารางที่ ข.17	
ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเคลือบบน แผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	96
ตารางที่ ข.18	
เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน	97
ตารางที่ ข.19	
ปริมาณการระเหยสะสมของแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวที่เคลือบด้วยการ ผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพาราที่รูปแบบในการผสมที่ต่างกัน	98



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของผลมะพร้าว และสัดส่วนน้ำหนัก	5
รูปที่ 2.2 การจำแนกประเภทของวัสดุคอมพอสิตตามชนิดของเมทริกซ์และลักษณะของสารเสริมแรง	6
รูปที่ 2.3 ชนิดของอิมัลชัน	24
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของไมโครแคปซูล	27
รูปที่ 2.5 ชนิดของไมโครแคปซูล	30
รูปที่ 2.6 กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation	31
รูปที่ 4.1 ลักษณะเส้นใยมะพร้าวหลังผ่านเครื่องบดละเอียด	40
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต	56
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล และปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต	60
รูปที่ 4.4 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าวที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยในรูปแบบการผสมที่ต่างกัน	61
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ทำให้นักวิจัยทั่วโลกมีแนวคิดที่จะพัฒนาวัสดุผสมชนิดใหม่ที่เกิดจากแหล่งวัตถุดิบที่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ ราคาถูก เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญคือ ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ วัสดุผสมที่มีสมบัติดังกล่าวเรียกว่าคอมพอสิต (composites) ซึ่งเป็นวัสดุผสมที่เกิดจากการรวมกันของเส้นใยธรรมชาติกับเรซินธรรมชาติ โดยเส้นใยธรรมชาติที่ใช้ อาจจะเป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืชหรือสัตว์ก็ได้ แต่โดยส่วนใหญ่จะใช้เส้นใยพืช เช่น กัญชง (hemp) ลินิน (flax) ปอ (jute) มากกว่าเส้นใยจากสัตว์ เนื่องจากเส้นใยพืชมีปริมาณมากกว่าและหาได้ง่ายกว่า ดังนั้นการนำเส้นใยจากมะพร้าวมาผลิตเป็นวัสดุคอมพอสิต และนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากมะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ปัจจุบันอุตสาหกรรมมะพร้าวมีความต้องการใช้วัตถุดิบสูงขึ้น ทำให้มีวัสดุเส้นใยจากเปลือกมะพร้าวซึ่งมีปริมาณมากพอที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อีกมาก และจากผลการศึกษาโดย ธัญวรรณ ก.ศรีสุวรรณ (ก.ศรีสุวรรณ, n.d.) รายงานว่า เปลือกมะพร้าว 1 ตัน สามารถแปรรูปเป็นเส้นใยมะพร้าว ได้เส้นใยมะพร้าวเฉลี่ย 279.07 กิโลกรัม ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเส้นใยมะพร้าวและขุยมะพร้าว ไปใช้งานด้านต่าง ๆ ได้แก่ การเตรียมคอมพอสิตจากใยมะพร้าว (Dong et al., 2014; Lomeli Ramirez et al., 2011; W. Wang & Huang, 2009) การผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษจากใยมะพร้าว (Main, Talib, Ibrahim, Rahman, & Mohamed, 2014) การศึกษาสมบัติของใยมะพร้าวและแผ่นไม้อัดใยมะพร้าว (Essabir, Bensalah, Rodrigue, Bouhfid, & Qaiss, 2016; Zhang & Hu, 2014) การปรับปรุงเส้นใยมะพร้าวด้วยสารเคมีชนิดต่าง (W. Wang & Huang, 2009) การนำไปใช้เป็นฉนวน (Lertwattanaruk & Suntijitto, 2015; กิตติชาติ โหมาศวิน, โสภภาพรรณ แสงศัพท์, & สิงห์ อินทรชูโต, 2550) การใช้เป็นวัสดุเสริมแรง (Dong et al., 2014; ประชุม คำพุฒ, 2550; อุดมศักดิ์ บัวงาม, จิราวัฒน์ มานิตย์, สุชาติ จันทรมณีย์, & ดนุพล ตันนโยภาส, 2557) จากงานวิจัยที่กล่าวมาส่วนใหญ่จะเป็นการเตรียมแผ่นคอมพอสิต หรือแผ่นไม้อัดจากใยมะพร้าว โดยใช้สถานะต่าง ๆ และศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นคอมพอสิต หรือแผ่นไม้อัดจากใยมะพร้าว เพื่อนำไปใช้ในงานเสริมแรงด้านต่าง ๆ นอกจากประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมปัจจุบันความตื่นตัวเรื่องการดูแลสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติ (essential oil) เพื่อบำบัด หรือบรรเทาอาการของโรค ทำให้สุขภาพดีทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ น้ำมันหอมระเหยเป็นสารเคมีที่

สกัดได้จากพืชถูกนำมาประยุกต์ใช้งานด้านสุขภาพ โดยเฉพาะกลิ่น และสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของพืช นำมาใช้บำบัดรักษาทั้งร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ ซึ่งเรียกกันว่า สุนทรบำบัด (Kim & Watanuki, 2003) การสูดดมน้ำมันหอมระเหย โมเลกุลของน้ำมันหอมระเหยจะซึมผ่านเยื่อหุ้มช่องจมูกหรือลงสู่ปอดและเข้าสู่กระแสเลือดได้เช่นกัน ขณะเดียวกัน โมเลกุลของน้ำมันหอมระเหยที่สูดดมเข้าไปจะไปจับกับตัวรับ (receptor) บนเยื่อหุ้มช่องจมูก และแปรสัญญาณเป็นสื่อระบบประสาทหรือสัญญาณทางไฟฟ้าเคมีผ่านไปยังส่วนของสมองที่เรียกว่า ลิมบิกซิสเต็ม (limbic system) (อภิชัย ชัยตรุณ, 2551) ซึ่งเป็นส่วนที่ควบคุมการเรียนรู้ ความจำ ความรู้สึกสัมผัส อารมณ์และระบบย่อยอาหาร มีผลกระทบหรือกระตุ้นหรือยับยั้งระบบประสาทและสมอง รวมทั้งระบบต่อมไร้ท่อต่าง ๆ แล้วแต่โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยชนิดนั้น ๆ โดยกลิ่นที่เข้ามาระดับ ลิมบิกซิสเต็มจะทำให้สมองปล่อยสารเอนเคอร์ฟิน ซึ่งช่วยลดความเจ็บปวด เอนเคฟาลิน (enkephaline) ช่วยทำให้อารมณ์ดี และซีโรโทนิน (serotonin) ซึ่งช่วยให้สงบเยือกเย็นและผ่อนคลาย (Edmund, 2001) มีงานวิจัยหลายเรื่อง (Kim & Watanuki, 2003; Masago et al., 2003; Satoh & Sugawara, 2003; Watanuki & Kim, 2005) ที่ศึกษาเกี่ยวกับกลิ่นในการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่พอใจ การตอบสนองต่อกลิ่นที่มีผลต่อการบำบัดรักษา การผ่อนคลาย ทำให้น้ำมันหอมระเหยถูกนำมาใช้บำบัดโรคที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์และจิตใจ ตลอดจนการหลังฮอร์โมนบางชนิดด้วย น้ำมันหอมระเหยเป็นสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ มีราคาแพง และระเหยหมดไปอย่างรวดเร็วในอุณหภูมิห้อง ซึ่งไม่สะดวกในการใช้งาน งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาเป็นแผ่นคอมพอสิตจากไยมะพร้าวที่เคลือบด้วยน้ำยางผสมน้ำมันหอมระเหยเพื่อลดอัตราเร็วในการระเหยของน้ำมันหอมระเหย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตจากไยมะพร้าวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง
- (2) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยน้ำยางพารา
- (3) ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยมะพร้าว

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

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

ตัวแปรต้น	อัตราส่วนของใยฝ้ายจากเศษผ้าปลายไม้ (10 - 30 กรัม)
	สารละลายแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 2 - 3)
ตัวแปรตาม	ปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต
ตัวแปรควบคุม	ขนาดคอมพอสิต 20 x 26 เซนติเมตร
	อัดที่ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- (5) สภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยน้ำยางพารา

ตัวแปรต้น	ความเข้มข้นของน้ำยางพารา
ตัวแปรตาม	ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ (มาตรฐาน มอก.321) การยึดติดของแผ่นคอมพอสิต (ASTM D 3359-90)
ตัวแปรควบคุม	ขนาดคอมพอสิต 20 x 26 เซนติเมตร
	อัดที่ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- (6) รูปแบบการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยน้ำยางพาราสมน้ำมันหอมระเหย

ตัวแปรต้น	น้ำมันหอมระเหยในลักษณะอิมัลชัน และในลักษณะไมโครแคปซูล
ตัวแปรตาม	อัตราการระเหย
ตัวแปรควบคุม	อุณหภูมิในการระเหย (40 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาการระเหย (1-6 ชั่วโมง)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) ผลิตภัณฑ์ใหม่จากวัสดุทางการเกษตรเป็นแผ่นหอมโรมาเธอราปีที่มีการหอมของน้ำมันหอมระเหย และส่งกลิ่นได้นาน มีความปลอดภัย
- (2) เป็นแนวทางสำหรับการนำพืชเส้นใยอื่น ๆ มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะพร้าว

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cocos nucifera* Linn.

แหล่งผลิต

ภาคเหนือ: ตาก เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิจิตร โลก

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: นครราชสีมา ศรีสะเกษ บุรีรัมย์

ภาคตะวันออก: ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ฉะเชิงเทรา

ภาคตะวันตก: ราชบุรี สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์

ภาคใต้: ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ปัตตานี นราธิวาส

จังหวัดที่ปลูกมากได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยใช้น้ำมันมะพร้าว ในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคน้ำมันมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

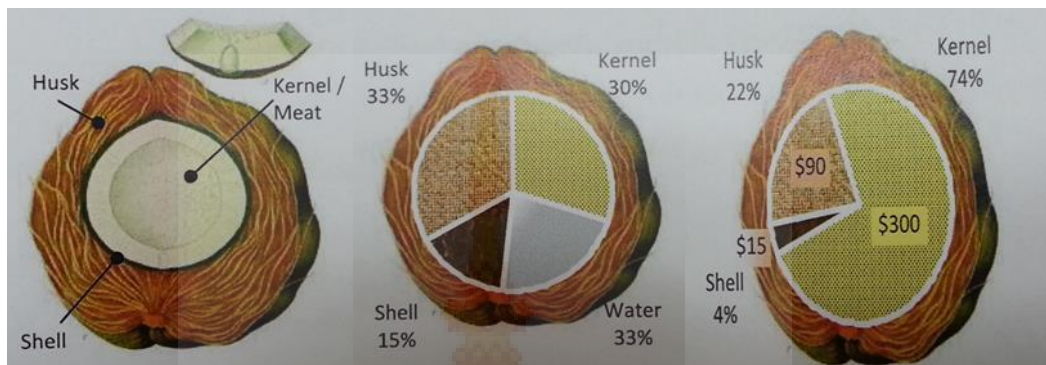
ตารางที่ 2.1 สถิติการผลิต

ปี พ.ศ.	2554	2555	2556	2557
จำนวนผู้ปลูก (ครัวเรือน)	286,829	280,344	273,085	268,984
พื้นที่ให้ผล (ล้านไร่)	1.349	1.332	1.303	1.29
ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	782	793	775	773
ผลผลิตรวม (ล้านตัน)	1.055	1.056	1.01	1.0

ที่มา: (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

จากตารางจะเห็นว่าประเทศไทยมีผลผลิตของมะพร้าวจำนวนมาก ผลมะพร้าวนอกจากจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการบริโภคโดยตรงแล้ว ส่วนที่เป็นเปลือกสามารถนำไปแปรรูปเพื่อประโยชน์

ใช้สอยอย่างอื่น โดยส่วนของเปลือกแยกได้สองส่วน ประกอบด้วยเส้นใยมะพร้าว และขุยมะพร้าว งานวิจัย (Smith et al., 2009) พบว่าโดยเฉลี่ยน้ำหนักเนื้อมะพร้าวจะมีปริมาณร้อยละ 30 ของ น้ำหนักผล โดยมีโครงสร้างของผลมะพร้าว และสัดส่วนน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของผลมะพร้าว และสัดส่วนน้ำหนัก

ที่มา: (Smith et al., 2009)

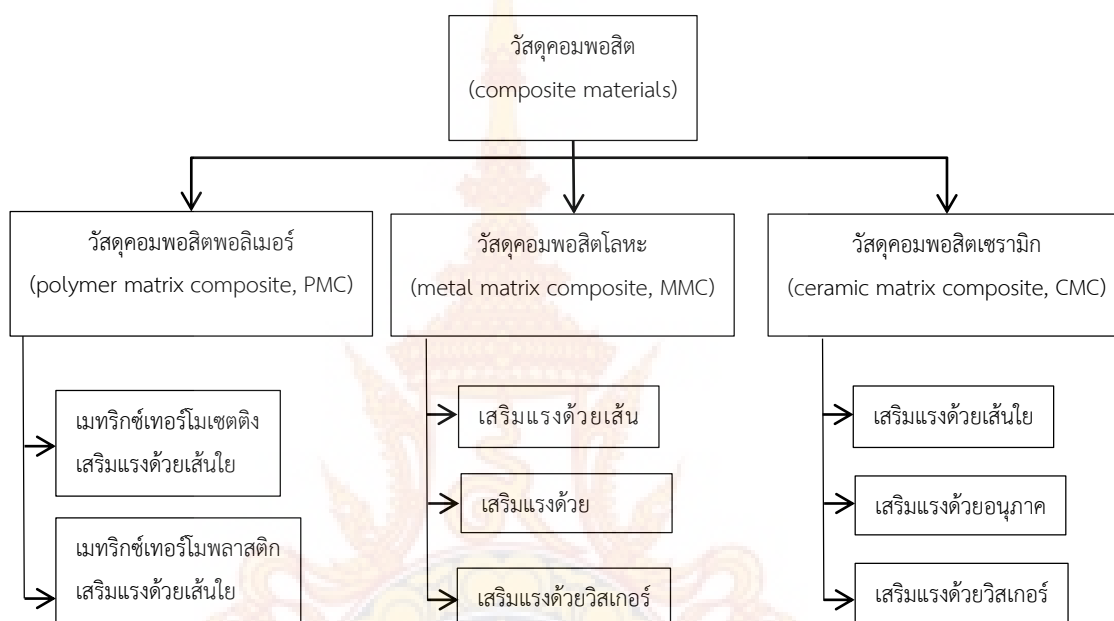
2.2 วัสดุคอมพอสิต

2.2.1 ประเภทของวัสดุคอมพอสิต

คอมพอสิต คือ การนำวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่ามาประกอบกันเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีกว่าวัสดุเดิม (บุญรักษ์, 2551) องค์ประกอบหลักของวัสดุคอมพอสิตมี 2 ส่วน คือ สารพื้น (เมทริกซ์, matrix) และส่วนเสริมแรง (reinforcement) ส่วนที่เป็นสารพื้นของวัสดุคอมพอสิตที่นิยมเรียกว่าเมทริกซ์นั้น ทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างส่วนเสริมแรงเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดโครงข่าย 3 มิติ รองรับและรักษาตำแหน่งวัสดุเสริมแรงให้อยู่ในรูปที่กำหนด (Vilay, Mariatti, Mat Taib, & Todo, 2008) วัสดุคอมพอสิตเป็นวัสดุที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีการใช้ในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติโดดเด่นกว่าวัสดุอื่นคือ มีน้ำหนักเบา สามารถ นำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องบิน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Mohanty, Misra, & Drzal, 2005)

วัสดุที่เป็นเมทริกซ์จะรองรับวัสดุเสริมแรงให้อยู่ในรูปร่างที่กำหนด ขณะที่วัสดุเสริมแรงจะช่วยเพิ่มหรือปรับปรุงสมบัติเชิงกลของเมทริกซ์ให้สูงขึ้น ซึ่งวัสดุเสริมแรงอาจมี ลักษณะเป็นเส้น ก้อน อนุภาค หรือเกล็ด แทรกอยู่ในวัสดุเมทริกซ์ เช่น พอลิเมอร์ เซรามิก หรือ โลหะ ผลของการรวมวัสดุต่างกัน 2 ประเภทเข้าด้วยกันทำให้คอมพอสิตมีความแข็งแรงโดยรวม มากกว่าเมื่อเทียบกับความแข็งแรงของวัสดุแต่ละประเภทโดยลำพัง (บุญรักษ์, 2551)

ดังนั้นถ้าจำแนกวัสดุคอมโพสิตตามชนิดของวัสดุที่เป็นเมทริกซ์จะสามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ วัสดุคอมโพสิตพอลิเมอร์ (polymer matrix composite, PMC) วัสดุคอมโพสิตโลหะ (metal matrix composite, MMC) และวัสดุคอมโพสิตเซรามิก (ceramic matrix composite, CMC) และสามารถจำแนกย่อยต่อไปได้อีกตามลักษณะของสารเสริมแรง ได้แก่ อนุภาค (particle) เส้นใย (fiber) และวิสเกอร์ (whisker) (Kelly & Zweben, 2000a) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การจำแนกประเภทของวัสดุคอมโพสิตตามชนิดของเมทริกซ์และลักษณะของสารเสริมแรง

ที่มา: (Kelly & Zweben, 2000b)

สารเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิตจำแนกตามลักษณะเป็นอนุภาคเส้นใย 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 & 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 วัสดุคอมพอสิตพอลิเมอร์

โดยธรรมชาติ พอลิเมอร์เป็นสารประกอบอินทรียขนาดใหญ่ที่มีโครงสร้างเป็นหน่วยซ้ำเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว ทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรงไม่สูงนัก มีความหนาแน่นต่ำ และมีความทนทานต่อการกัดกร่อน การเสริมแรงให้พอลิเมอร์ทำได้โดยการเติมเส้นใยเสริมแรงลงในพอลิเมอร์ให้เกิดเป็นวัสดุคอมพอสิตที่มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยทั่วไปเส้นใยเสริมแรงสำหรับวัสดุคอมพอสิตพอลิเมอร์มักเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูงเพื่อทำหน้าที่ในการรับและกระจายแรงกระทำ

สมบัติเชิงกลนี้จะเป็นสมบัติรวมที่เกิดจากสมบัติของเมทริกซ์พอลิเมอร์ และสมบัติของเส้นใยเสริมแรงประกอบกัน ทำให้วัสดุคอมพอสิตมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่าวัสดุพอลิเมอร์ เนื่องจากเส้นใยเสริมแรงทำหน้าที่รับแรงกระทำ แต่สำหรับระยะยืดสูงสุดนั้น วัสดุคอมพอสิตจะมีความสามารถในการยืดสูงสุดได้ไม่เกินระยะยืดสูงสุดของเส้นใยเสริมแรง สำหรับเมทริกซ์พอลิเมอร์ควรมีความเหนียวทนทานมากพอที่จะห่อหุ้มเส้นใยเสริมแรงไว้ สารเสริมแรงในรูปอนุภาคมีส่วนเสริมความแข็งแรงได้ไม่ดีเท่ากับรูปเส้นใยเนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของสารเสริมแรงส่งผลต่อการกระจายแรง จึงนิยมเรียกสารเสริมแรงในรูปอนุภาคว่า สารเติม (filler) (Kelly & Zweben, 2000b) วัสดุคอมพอสิตจะมีความแข็งแรงมากขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยทำให้ความแข็งแรงจำเพาะ (specific strength) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความแข็งแรงต่อความหนาแน่นของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้สามารถนำวัสดุคอมพอสิตมาใช้สำหรับงานโครงสร้างบางชนิดที่ต้องรับแรงกระทำที่ไม่สูงมากนักได้ เช่น เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ สำหรับเมทริกซ์พอลิเมอร์ แบ่งย่อยออกเป็นเมทริกซ์เทอร์โมเซตติง (thermosetting matrix) และเมทริกซ์เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic matrix) ที่มีความแตกต่างกันในพฤติกรรมเชิงความร้อนของพอลิเมอร์ โดยเทอร์โมเซตติงเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแห และมีสมบัติแข็งเปราะเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงโมเลกุล หรือการบ่มแล้ว จะเกิดการคงรูป และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้อีก ส่วนเทอร์โมพลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้น หรือแบบกิ่งสามารถหลอมเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน เหนืออุณหภูมิหลอมเหลว มีสมบัติ เหนียว และทนทานต่อสิ่งแวดล้อม พฤติกรรมเชิงความร้อนนี้มีผลต่อกระบวนการขึ้นรูปวัสดุคอมพอสิต สำหรับเมทริกซ์เทอร์โมเซตติงการขึ้นรูปวัสดุคอมพอสิตจะเป็นการผสมสารเสริมแรงให้เข้ากับมอนอเมอร์ในแม่พิมพ์ ก่อนที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เชื่อมโยงเป็นโครงสร้างแบบร่างแห และ

หลังจากที่ปฏิกิริยาสิ้นสุดวัสดุคอมพอสิตจะเกิดการคงรูปซึ่งจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้อีก ในขณะที่การขึ้นรูปวัสดุคอมพอสิตที่เมทริกซ์เป็นเทอร์โมพลาสติกนั้น จะใช้หลักการให้ความร้อนเหนืออุณหภูมิหลอมเหลว และขึ้นรูปก่อนที่จะทำให้เย็นตัวลงเพื่อเกิดการคงรูป โดยถ้าหลังจากคงรูปแล้วได้รับความร้อนอีกครั้ง ส่วนที่เป็นเมทริกซ์ก็จะสามารถหลอมเหลวได้อีก การที่จะเลือกใช้เมทริกซ์ชนิดใดนั้นขึ้นกับสมบัติในการประยุกต์ใช้งานเป็นสำคัญ

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุคอมพอสิต

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุคอมพอสิต ได้แก่

- (1) คุณสมบัติของเส้นใยเสริมแรง
- (2) คุณสมบัติของพอลิเมอร์
- (3) การกระจายของเส้นใย
- (4) ความแข็งแรงของพันธะระหว่างเส้นใยและเมทริกซ์
- (5) สัดส่วนของเส้นใยเสริมแรง

เนื่องจากวัสดุที่เป็นเส้นใยเสริมแรงมักมีสมบัติเชิงกลสูงกว่าพอลิเมอร์ ดังนั้นหากคอมพอสิตมีเส้นใยเสริมแรงมากขึ้นจะทำให้วัสดุคอมพอสิต มีคุณสมบัติเชิงกลสูงขึ้น แต่การผสมเส้นใยเสริมแรงกับพอลิเมอร์ก็มีขีดจำกัดเนื่องจากเส้นใยเสริมแรงควรมีเนื้อห่อหุ้มอยู่โดยรอบ

การจัดเรียงตัวของเส้นใยในคอมพอสิต เนื่องจากเส้นใยเสริมแรงให้ค่าสมบัติ เชิงกลตามแนวยาวสูงกว่าแนวขวาง ดังนั้นหากเส้นใยคอมพอสิตมีการจัดเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันแล้วคุณสมบัติเชิงกลของคอมพอสิตที่แสดงออกจะมีค่าแตกต่างกันตามแนวแรงที่กระทำ สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณาตั้งแต่การออกแบบคือขนาดและลักษณะแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน

2.3 สุนทรบำบัด

ปัจจุบันความตื่นตัว เรื่องการดูแลสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชสมุนไพร หรือสารที่สกัดจากธรรมชาติ เพราะมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้สารเคมีสังเคราะห์ และมีผลข้างเคียงที่เป็นอันตรายน้อยกว่าหรือไม่เลย รวมถึงนโยบายของรัฐบาลในการสนับสนุนการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมุนไพร เพื่อพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ทั้งในระดับอุตสาหกรรมและระดับผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำมันหอมระเหยเป็นสารเคมีที่สกัดได้จากพืชถูกนำมาประยุกต์ใช้งานด้านสุขภาพ โดยเฉพาะกลิ่น และสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของพืช นำมาใช้บำบัดรักษาทั้งร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ ซึ่งเรียกกันว่า สุนทรบำบัด (Ali et al., 2015)

สุนทรบำบัด (aromatherapy) หมายถึงศาสตร์ของการใช้กลิ่นโดยเฉพาะกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยจากพืช สุนทรบำบัดถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2471 โดยนักเคมีชาวฝรั่งเศส เรเน่มัว

ริส กาเต้ฟอสเซ (Rene Maurice Gattefosse) ซึ่งได้ค้นพบคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อของน้ำมันลาเวนเดอร์โดยบังเอิญ และได้รับฉายาว่า "บิดาแห่งสุนทรบำบัด" (Cawthorn, 1995) องค์ประกอบสำคัญที่ใช้ในสุนทรบำบัดคือน้ำมันหอมระเหย (essential oil) และต้องเป็นน้ำมันหอมระเหยที่สกัดมาจากพืชเท่านั้น หากเป็นน้ำหอมที่สังเคราะห์ขึ้นจะไม่ส่งผลต่อการบำบัดรักษา หรือฆ่าเชื้อ หรือทำให้จิตใจสงบ การสูดดมน้ำมันหอมระเหย โมเลกุลของน้ำมันหอมระเหยจะซึมผ่านเยื่อหุ้มจมูกหรือลงสู่ปอด และเข้าสู่กระแสเลือดได้เช่นกัน ขณะเดียวกัน โมเลกุลของน้ำมันหอมระเหยที่สูดดมเข้าไปจะไปจับกับตัวรับ (receptor) บนเยื่อหุ้มจมูก และแปรสัญญาณเป็นสื่อระบบประสาทหรือสัญญาณทางไฟฟ้าเคมีผ่านไปยังส่วนของสมองที่เรียกว่า ลิมบิกซิสเต็ม (limbic system) (อภิชัย ชัยตระกูล, 2551) ซึ่งเป็นส่วนที่ควบคุมการเรียนรู้ ความจำ ความรู้สึกสัมผัส อารมณ์และระบบย่อยอาหาร มีผลกระทบหรือกระตุ้นระบบประสาทและสมอง รวมทั้งระบบต่อมไร้ท่อต่างๆ แล้วแต่โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยชนิดนั้นๆ โดยกลืนที่เข้ามาระดับ ลิมบิกซิสเต็มจะทำให้สมองปล่อยสารเอนโดรฟิน ซึ่งช่วยลดความเจ็บปวด เอนเคฟาลิน (enkephaline) ช่วยทำให้อารมณ์ดี และซีโรโทนิน (serotonin) ซึ่งช่วยให้สงบเยือกเย็นและผ่อนคลาย (Edmund, 2001) มีงานวิจัยหลายเรื่อง (Kim & Watanuki, 2003; Masago et al., 2003; Satoh & Sugawara, 2003; Watanuki & Kim, 2005) ที่ศึกษาเกี่ยวกับกลไกในการเหนี่ยวนำให้เกิดอารมณ์ที่พอใจ การตอบสนองต่อกลิ่นที่มีผลต่อการบำบัดรักษา การผ่อนคลาย ทำให้น้ำมันหอมระเหยถูกนำมาใช้บำบัดโรคที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์และจิตใจ ตลอดจนการหลั่งฮอร์โมนบางชนิดด้วย น้ำมันหอมระเหยสามารถนำไปใช้ในการสูดดม หรือปรับอากาศในห้องภายในบ้าน เช่น ห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องครัว ห้องน้ำ ตู้เสื้อผ้า หรือในรถยนต์ ทำได้หลายวิธีโดยการใช้ aroma diffuser เป็นอุปกรณ์กระจายกลิ่นไปยังผู้สูดดม ซึ่งนิยมใช้ความร้อนในการช่วยกระจายกลิ่น แต่การให้น้ำมันหอมระเหยมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะลดประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย เนื่องจากความร้อนทำให้มีปฏิกิริยาเคมีในน้ำมันหอมระเหย เกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทของสารที่อยู่ในน้ำมัน และอาจจะทำให้เกิดผลที่แพ้ได้ วิธีที่ปลอดภัยในการกระจายน้ำมันหอมระเหยคือการกระจายโดยใช้ความเย็น และไม่ใช้ความร้อนใดๆ งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาแผ่นสมุนไพรสุนทรบำบัดจากไยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุทางการเกษตรผสมกับพืชสมุนไพรพัฒนาเป็นแผ่นคอมพอสิตที่สามารถดูดซับน้ำมันหอมระเหยได้ดี และเก็บน้ำมันหอมระเหยไว้ได้นาน โดยอาศัยการระเหยตามธรรมชาติของน้ำมันหอมระเหย สามารถใช้ซ้ำใหม่โดยเติมน้ำมันหอมระเหยได้อีกหลังจากที่หมดกลิ่นลง

2.3.1 น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารอินทรีย์ที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ เก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ เช่น กลีบดอก ผิวของผล เกสร ราก เปลือกของลำต้น หรือยางที่ออกมาจากเปลือก (Al-Hilphy, 2014) มีองค์ประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อนและแตกต่าง โดยเป็นของผสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งแบบอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ เอสเทอร์ อีเทอร์ ดีโตน ฟีนอลออกไซด์ และเทอร์

พินส์ ทำให้ มีกลิ่นที่แตกต่างกันมากมาย (Ali et al., 2015; H.-F. Wang, Yih, Yang, & Huang, 2017) น้ำมันมีลักษณะเป็นของเหลวไม่เหนียวเหนอะหนะเหมือนน้ำมันพืช มีกลิ่นหอม ระบายง่าย เมื่อได้รับความร้อนอนุภาคเล็ก ๆ ของน้ำมันหอมระเหยจะระเหยเป็นไอทำให้ได้กลิ่นหอม กลิ่นของ น้ำมันหอมระเหยในส่วนของดอกไม้มีบทบาทสำคัญในการช่วยดึงดูดแมลงมาผสมเกสร ปกป้องการรุกรานจากศัตรู และรักษาความชุ่มชื้นแก่พืช สำหรับประโยชน์ต่อมนุษย์ น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบ หรือลดบวม คลายเครียด หรือกระตุ้นให้สดชื่น ทั้งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด (Evans, Evans, & Trease, 2002; Svoboda & Deans, 1995) น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด เมื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบด้วยกระบวนการทางเคมี จะพบว่าประกอบด้วยสารประกอบธรรมชาติหลักที่มีปริมาณประมาณร้อยละ 60 - 80 อยู่ประมาณ 3 - 10 ชนิด และมีสารประกอบอื่นๆ อีกมากกว่าสิบชนิดในปริมาณที่ลดน้อยลงไป หรืออาจมีมากกว่า 100 ชนิดในน้ำมันหอมระเหยของพืชบางชนิด ซึ่งทั้งหมดเป็นส่วนประกอบที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหย ทำให้น้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะเป็นพืชชนิดเดียวกัน ความแตกต่างนี้เนื่องจากวิธีการเพาะปลูก การดูแลรักษา ดิน ปุ๋ย และสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูก ซึ่งความหลากหลายในด้านองค์ประกอบนี้ ทำให้น้ำมันหอมระเหยแท้ที่ได้มาจากพืช มีคุณสมบัติทางด้านการให้กลิ่นหอมพึงพอใจ คุณสมบัติทางการแพทย์ในการบำบัดรักษาทั้งร่างกายและจิตใจ (H.-F. Wang et al., 2017; สำนักการแพทย์ทางเลือก, 2550) ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติอื่นๆ แตกต่างจากน้ำมันหอมสังเคราะห์ที่สังเคราะห์จากสารต่างๆ ไม่เกิน 10 ชนิดจากห้องปฏิบัติการ และมีผลต่อผู้ใช้เพียงกลิ่นที่น่าพึงพอใจ โดยไม่มีผลด้านการรักษา

น้ำมันหอมระเหยมีผลต่อร่างกายต่าง ๆ มากมาย แตกต่างกันตามแต่ละชนิด ดังนี้ (Ali et al., 2015)

- มีผลกระตุ้นการไหลเวียนของระบบเลือด ช่วยให้ร่างกายสามารถขจัดของเสียได้มากขึ้น
- ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันต้านทานร่างกาย และชะลอการเหี่ยวเฉาของผิว
- มีผลต่อระบบการทำงานของน้ำเหลือง เม็ดเลือดขาว ที่ขจัดเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกาย ช่วยรักษาอาการอักเสบ
- ช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ บรรเทาอาการปวดเมื่อย และกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ
- มีผลต่อระบบย่อยอาหาร กล้ามเนื้อในระบบย่อยอาหาร ช่วยขับลม ลดแก๊ส
- มีผลต่อระบบประสาท กระตุ้นความจำ อารมณ์ ช่วยผ่อนคลายหรือกระตุ้นความรู้สึก

- มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ ฮอร์โมนเพศ เช่นรักษาสมดุลของรอบเดือน หรือกระตุ้นความรู้สึกทางเพศ
- มีผลต่อโครงสร้างร่างกาย รักษาแผล สร้างเซลล์ใหม่
- มีผลต่อการรักษาผิว ลดเลือนรอยแผลเป็นหรือใช้สมานแผลเพื่อป้องกันรอยแผลเป็น

2.3.1.1 ประเภทของน้ำมันหอมระเหยในเชิงอโรมาเธอราปี

การนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ในการบำบัดทางเลือกด้วยกลิ่นหอม (aromatherapy) หรือที่เรียกว่าสุนทรบำบัด แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (Ali et al., 2015; สำนักการแพทย์ทางเลือก, 2550)

(1) การนำไปใช้ในเชิงจิตบำบัด (psycho aromatherapy)

เป็นการใช้น้ำมันหอมระเหยเพื่อความสมดุลของจิตใจ โดยน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะออกฤทธิ์แตกต่างกัน โดยหลักการคือเมื่อสูดดมน้ำมันหอมระเหย กลิ่นหอมจะไปกระทบกับเซลล์ประสาทบริเวณโพรงจมูกซึ่งส่งสัญญาณไปยังสมองให้สั่งให้ต่อมต่างๆ หลั่งฮอร์โมนที่แตกต่างกันออกมา ช่วยให้รู้สึกสงบ ช่วยผ่อนคลายหรือกระตุ้นการทำงานของสมอง ช่วยบรรเทาความรู้สึกที่สับสนหรือหงุดหงิด ผ่อนคลายความเครียดจากการทำงานและความกังวล ให้ความรู้สึกมีพลังและสดชื่นกระปรี้กระเปร่า ให้ความรู้สึกอบอุ่น มั่นคง แก้อาการซึมเศร้า และอาการป่วยทางจิตต่างๆ คุณสมบัติจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสารประกอบธรรมชาติที่มีในน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด เช่น ลาเวนเดอร์ ช่วยให้ผ่อนคลาย ยูคาลิปตัสและโรสแมรี่ช่วยให้สดชื่น เป็นต้น (Sowndhararajan & Kim, 2016)

(2) การนำไปใช้เพื่อความสวยงาม (beauty aromatherapy)

เป็นการนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้กับร่างกายภายนอก ได้แก่ ผิวกาย เส้นผม และใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางเพื่อความสวยงามต่างๆ โดยนำไปผสมกับน้ำมันพื้นฐาน เช่น น้ำมันโรสฮิป น้ำมันมะรุม น้ำมันเมล็ดทับทิม หรือผสมกับ Base อื่นๆ เพื่อใช้สำหรับทาผิว หรือนำไปใช้หมักผม มีสรรพคุณช่วยบำรุงผิว ชะลอริ้วรอยแห่งวัย ช่วยให้เซลล์ผิวเปล่งปลั่งมีน้ำมีนวล ลดเลือนริ้วรอยที่เกิดจากแดดเผา หรือแผลเป็นต่างๆ ดูแลสุขภาพเส้นผมและหนังศีรษะ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีสารประกอบตามธรรมชาติที่ช่วยขจัดเซลล์ที่ตายแล้ว ซึ่งแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น ลาเวนเดอร์ ช่วยฟื้นฟูผิวจากแผลไฟไหม้หรือน้ำร้อนลวก อิมมอคเคล และโรสแมรี่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ผิวใหม่ เป็นต้น (Lis-Balchin, 2005)

(3) การนำไปใช้เพื่อการรักษาร่างกาย (medical aromatherapy)

น้ำมันหอมระเหยสามารถนำไปใช้ในการบำบัดรักษาโรคภัยต่างๆ ได้ น้ำมันหอมระเหยหลายชนิด เช่น ลาเวนเดอร์ ทีทรี มีสารต้านเชื้อโรค แก้ปวด แก้อักเสบ ช่วยกระตุ้นระบบการไหลเวียนของเลือด รักษาโรคทางระบบทางเดินหายใจ และทางเดินอาหาร การนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ในเชิงรักษา ผู้ใช้ควรเรียนรู้ให้ชัดเจนเสียก่อน หรือปรึกษาแพทย์ก่อนใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เนื่องจากน้ำมัน

หอมระเหยมีความเข้มข้นสูงมาก จึงไม่ควรรับประทานหรือผสมน้ำมันหอมระเหย ลงไปในอาหารหรือยาใดๆ ควรใช้เป็นการรักษาภายนอกเท่านั้น (Dunning, 2013)

2.3.1.2 กลไกการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย

กลไกการออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของระบบประสาทส่วนกลางจะเป็นไปตามทฤษฎีของตัวรับ (receptor) โดยการแสดงฤทธิ์ต่างๆ ขึ้นกับลักษณะของโครงสร้างทางโมเลกุลของสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย (Broughan, 2002; อุทัย โสธนะพันธุ์, 2560)

กลไกการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยต่อระบบประสาทส่วนกลาง (neuropharmacological mechanism)

น้ำมันหอมระเหยจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มตามสรรพคุณ (อุทัย โสธนะพันธุ์, 2560) ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาแตกต่างกัน ดังนี้

(1) น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ทำให้สงบ (sedative) ได้แก่ lavender, rose, orange, lemon, sandalwood, bergamot, clary sage, chamomile, melissa เป็นต้น กลไกการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้จำแนกตามผลต่อระบบของสารสื่อประสาทชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- การยับยั้งการทำงานของระบบ glutamatergic สารสื่อประสาทที่สำคัญ คือ glutamate ทำหน้าที่กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง
- การกระตุ้นการทำงานของระบบ GABAergic สารสื่อประสาท คือ GABA (gamma-aminobutyric acid) ทำหน้าที่ยับยั้งภาวะถูกกระตุ้นในระบบประสาทส่วนกลาง
- การกระตุ้นการทำงานของระบบ dopaminergic สารสื่อประสาทในระบบนี้คือ dopamine (DA) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจ ความเข้าใจอารมณ์ เป็นต้น
- การกระตุ้นการทำงานของระบบ serotonergic สารสื่อประสาท คือ serotonin (5-hydroxytryptamine, 5-HT) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับความวิตกกังวล การนอนหลับ ความอยากอาหาร เป็นต้น
- การกระตุ้นการทำงานของระบบ cholinergic ทำให้สงบ ตานซึมเศร้า และช่วยให้ความจำดีขึ้น

(2) น้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์กระตุ้น (stimulant) ได้แก่ rosemary, jasmine, eucalyptus, peppermint, basil, clove, sage, pine, thyme, ylang ylang เป็นต้น

กลไกการออกฤทธิ์ทางจิตวิทยา (psychological mechanism)

การแสดงฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยด้วยกลไกทางจิตวิทยาเกิดขึ้นเมื่อประสาทสัมผัสรับรู้ถึงกลิ่น เมื่อโมเลกุลของสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจับกับตัวรับที่อยู่บน cilia ที่ปกคลุมบนเซลล์ประสาทรับกลิ่น สัญญาณเคมีจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า เกิดเป็นกระแส ประ

สาทส่งไปยัง olfactory bulb ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับรู้กลิ่น การส่งกระแสประสาทนี้แตกต่างจากประสาทสัมผัสอื่น ๆ คือ ไม่นานสมองส่วน thalamus ซึ่งเป็นศูนย์รวมกระแสประสาทไปยังสมอง และ เนื่องจาก olfactory bulb อยู่ในสมองบริเวณที่มีการเชื่อมโยงกับ limbic system กลิ่นจึงสามารถ แสดงผลทางจิตวิทยาได้อย่างชัดเจน และแสดงผลอย่างรวดเร็วในทันที (อุทัย โสธนะพันธุ์, 2560) สารประกอบแต่ละชนิดในน้ำมันหอมระเหยจะทำให้เกิดสัญญาณที่ส่งไปที่สมองแตกต่างกัน ทำให้สมองมีการสั่งงานไปที่จิตใจหรือหลังฮอร์โมนสั่งงานร่างกายแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของอารมณ์ ความรู้สึก การตอบสนองของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย เช่นน้ำมันหอมระเหยเปปเปอร์มินต์มีฤทธิ์กระตุ้นให้ร่างกายรู้สึกตื่นตัว สดชื่น ในทางกลับกัน น้ำมันหอมระเหยจากวาเลเรียน มีฤทธิ์ทำให้เกิดความรู้สึกง่วงนอน

2.3.1.3 ประเภทของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยแบ่งตามคุณสมบัติของการระเหยเป็น 3 กลุ่ม คือ (AromaWeb, n.d.; พิมพร ลีลาพิสิฐ, 2547; สำนักการแพทย์ทางเลือก, 2550)

(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 ทีทรี 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 ไร่ เป็นต้น

(3) กลุ่มที่ระเหยได้ช้า (basic note)

ระเหยได้ช้า ดูดซึมสู่ผิวหนังได้ดี มีกลิ่นติดทน มีกลิ่นจะมีลักษณะหนัก ทึบ ติดทน และดูดซึมสู่ผิวหนังได้ดี เป็นน้ำมันที่ระงับความวุ่นวายและช่วยผ่อนคลาย ใช้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 5 ของตำรับ เช่น ซีดาร์วูด มะลิ มาร์จอแรม เนโรลี ไม้จันทน์ เป็นต้น

นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยบางชนิดยังใช้ประโยชน์ได้เพิ่มเติมดังนี้ (พิมพร ลีลาพิสิฐ, 2547)

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

(2) ตัวปรับปรุงส่วนผสม (blend modifiers หรือ personifies) เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นหอมเป็นพิเศษ ใช้ไม่เกินร้อยละ 2 - 3 ของตำรับ จะช่วยเสริมให้กลิ่นอื่นแรงขึ้น เช่น กานพลู อบเชย เปปเปอร์มินต์ ไทม์ แพทชูรี

(3) ตัวยกระดับส่วนผสม (blend enhancers) เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นนำพึงพอใจ ใช้เพื่อเพิ่มความพึงพอใจต่อผู้สูดดม มักมีกลิ่นระหว่าง modifiers และ equalizers เช่น เจอรานิยม ลาเวนเดอร์ มะนาวไทย เลมอน จันทน์ กระดังงา มะลิ ในกรณีใช้บำบัดโดยการสูดดมอย่างเดียวยาจ ใช้ยูคาลิปตัส โรสแมรี่

2.3.1.5 องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยค่อนข้างซับซ้อน แปรผันตามระยะเวลาในการปลูก ฤดูกาล ช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยวพืช ส่วนของพืชที่นำมาใช้ ชนิดของดิน ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ นอกจากนี้กระบวนการได้มาซึ่งน้ำมันหอมระเหยมีผลต่อคุณภาพน้ำมันหอมระเหย คุณภาพสูงได้จากการสกัดเย็นและการกลั่น ซึ่งเหมาะในการนำมาใช้ในสัคนธบำบัด น้ำมันหอมระเหยจัดเป็นสารประกอบแอโรมาติก (aromatic compounds) แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามองค์ประกอบที่เป็นโครงสร้างโมเลกุล (Ali et al., 2015; สำนักการแพทย์ทางเลือก, 2550)

(1) ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbons) มีองค์ประกอบในโมเลกุลของวงแหวนอะโรแมติก เป็นสารคาร์บอนและไฮโดรเจน ได้แก่ terpenes และ sesquiterpenes หรือเรียกว่า terpenoid essential oils

น้ำมันหอมระเหยกลุ่มนี้ อาจมี side chain หรือ functional group ต่าง ๆ แบ่งได้เป็น

ketonic volatile oils มีสาร ketone เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ thujone, camphor, methone, carvone, piperidone, pulegone พบในเปปเปอร์มินต์ โรสแมรี่ เป็นต้น สารกลุ่มนี้ใช้เสริมสร้างเนื้อเยื่อ ลดการอักเสบ และละลายเสมหะ แต่อาจเป็นพิษต่อระบบประสาทได้ ต้องใช้อย่างระมัดระวัง ห้ามใช้ในสตรีมีครรภ์

aldehyde volatile oils มีสาร aldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ citral, citronellal, neral และ geranial พบในเลมอน มะนาวไทย ตะไคร้หอม ยูคาลิปตัส เป็นต้น สารกลุ่มนี้ใช้ฆ่าเชื้อโรค ลดการอักเสบ ลดความดัน ขยายหลอดเลือด ระบายประสาท ยกระดับจิตใจ อาจทำให้แพ้หรือระคายเคืองได้

alcoholic volatile oils (terpene alcohol) มีสาร alcohol เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ linalool, borneol, citronellol, geraniol, santalol, estragol และ nerol พบในลาเวนเดอร์ ทีทรี เจอรานิยม เป็นต้น สารกลุ่มนี้ใช้ฆ่าเชื้อโรค ต้านเชื้อไวรัส มีฤทธิ์กระตุ้น มีฤทธิ์ผัดสมานผิว ไม่มีพิษ และไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง

ester volatile oils มีสาร ester เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ linalyl acetate, geranyl acetate, bornyl acetate, methyl salicylate พบในกลิ่นผลไม้และดอกไม้ เช่นมะกรูด ยูคาลิปตัส ลาเวนเดอร์ โรสแมรี่ กระดังงา เป็นต้น มีคุณสมบัติระงับประสาท สงบอารมณ์ ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ลดการอักเสบ และต้านเชื้อรา

oxides and peroxides มีสาร oxide เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ cineol (eucalyptol), linalool oxide พบใน ยูคาลิปตัส โรสแมรี่ เป็นต้น มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และการกระตุ้นระบบประสาท ขับเสมหะ ละลายเสมหะ แต่ระคายเคืองต่อผิวหนัง โดยเฉพาะในเด็ก

phenolic volatile oils มีสาร phenol เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ thymol, carvacrol และ eugenol พบในกานพลู อบเชย เป็นต้น มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นระบบประสาท และภูมิคุ้มกันของร่างกาย ห้ามใช้ในปริมาณที่สูงเพราะอาจเป็นพิษต่อดับ และระคายเคืองผิวหนัง

terpenes มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อและลดการอักเสบ ประกอบด้วย cadinene, caryophyllene camphene, limonene, myrcene, alpha-pinene, beta-pinene, sabinene, alpha-terpinene และ gamma-terpinene พบใน เลมอน มะกรูด มะนาวไทย โรสแมรี่ พริกไทยดำ เป็นต้น ใช้ฆ่าเชื้อโรค มีฤทธิ์กระตุ้น และบำรุงร่างกาย

sesquiterpenes เช่น chamazulene farnesol มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบและต้านเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ chamazulene, bisabolol, santalol zingiberol, carotol, carophyllen และ farnesol พบในขิง แพทชูรี เป็นต้น ใช้ลดการเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ฆ่าเชื้อโรค สงบระงับ ลดการอักเสบ

(2) ฟีนิลโพรเพน (phenylpropanes) โดยมีองค์ประกอบในโมเลกุลของ aromatic ring เป็นสารคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน อาจเรียกว่า phenylpropane derived essential oils เช่น eugenol, anethol, safrol, cinnamic aldehydes, methylchavicol เป็นต้น

Phenylpropanane derived essential oils น้ำมันหอมระเหยกลุ่มนี้แบ่งตามโครงสร้างอนุพันธ์ ดังต่อไปนี้

eugenol และ cinnamic aldehyde พบในกานพลูและอบเชย มีฤทธิ์ฆ่าเชื้ออย่างแรง และทำให้ชาเฉพาะที่ สามารถต้านมะเร็งบางชนิดได้ ระคายเคืองต่อผิวหนัง

anethol และ methylchavicol พบในจันทร์แปดกลีบ โหระพา เป็นต้น ใช้ลดการเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ขับเสมหะ

safrol, myristcin และ apiol พบใน nutmeg พาสลีย์ เป็นต้น ใช้ลดการเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง

2.3.2 น้ำมันหอมระเหยที่เกี่ยวข้อง

2.3.2.1 น้ำมันตะไคร้ lemon grass oil

ตะไคร้

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ (Parirat, 2012; สำนักงานข้อมูลสมุนไพร, n.d.)

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 ไคร้ จะไคร้ เขียดเกรย หัวสิงโค เหลอะเกรย

ตะไคร้เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นไม้ล้มลุกจำพวกหญ้า ลำต้นแตกจากเหง้าใต้ดินเป็นกอ มีความสูงประมาณ 1 เมตร มีใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ ใบรูปขอบขนานปลายแหลมก้านใบเป็นกาบซ้อนกันแน่นสีเขียวปนม่วงแดง แผ่นใบกว้าง ยาว และนิ่มกว่าตะไคร้บ้าน ต้นและใบมีกลิ่นฉุนจนรับประทานเป็นอาหารไม่ได้ ดอกออกเป็นช่อออกที่ปลายยอด แต่ละช่อมีดอกย่อยจำนวนมาก ดอกย่อยสีเหลือง เป็นพืชที่ออกดอกยาก ผลเป็นผลแห้ง ไม่แตก เหง้า ใบ และกาบ นำมากลั่นได้น้ำมันระเหย ใช้เป็นเครื่องหอม เช่น สบู่ หรือพ่นทาผิวหนังกันยุงหรือแมลง

ตะไคร้สดประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 80 เป็นน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 0.2 – 0.4 อาจพบได้ถึงร้อยละ 3 ขึ้นกับวิธีการสกัดและแหล่งปลูก ที่เหลือเป็นสารที่ไม่ใช่น้ำมันหอมระเหย รวมถึงแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม สารที่ไม่ใช่น้ำมันระเหยได้แก่ caffeic acid, chlorogenic acid, p-coumaric acid, cymbopogonol, cymbopogone, cymbopogonol, cynaroside, fructose, isoscoparin, luteolin, luteolin-7-O-neohesperidoside, octacosanol, orientin, orientin, iso, 2"-Orhamnosyl, saponin, β -sitosterol (hexacosanol, triacontanol), sucrose, swertiajaponin (Ross, 2003; Shah et al., 2011)

น้ำมันหอมระเหยที่พบเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ monoterpene hydrocarbons, oxygenated monoterpene hydrocarbons, oxygenated monoterpenes, sesquiterpene hydrocarbons และ oxygenated sesquiterpenes สารเคมีในน้ำมันหอมระเหยที่พบเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ α -citral หรือ geranial, β -citral หรือ neral, limonene, nerol, neryl acetate และ 6-methylhepten-2-one สารอื่นที่พบได้แก่ borneol, camphene, camphor, (+)- β -cardinene, γ -cadinene, car-3-ene, Z-carveol, β -caryophyllene, caryophyllene oxide, cineal, cineole, citronellal, β -citronellal, citronellol, citronellol acetate, epicubenol, α -cyclocitral, farnesol, fenchone, geranial butyrate, geraniol, geraniol acetate, D-

germacrene, heptan-2-one, 3-methyl, humulene, isoeugenol, D-limonene, linalool, linalool oxide, menthol, menthone, myrcene, β -myrcene, myrtanal, nerolic acid, ocimene, β -ocimene, n-octanal, α -pinene, β -pinene, sabinol, terpinene, terpinol, tricyclene, verbenone, zingiberene (Shah et al., 2011)

สรรพคุณของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ (สำนักงานแพทย์ทางเลือก, 2550)

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

ข้อบ่งใช้

ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ	ปวดข้อ ข้ออักเสบ ข้อรูมาตอยด์ กล้ามเนื้อ อักเสบ ปวดเส้นประสาท
ระบบประสาทและอารมณ์	ทำให้กระปรี้กระเปร่า ลดอาการอ่อนล้า เหน็ดเหนื่อย
ระบบทางเดินหายใจ	มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เหมาะกับการรักษา อาการหวัด หรือติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ
การบำรุงผิวพรรณ	ใช้ผสมกับน้ำมันนวดตัว ช่วยบำรุงผิว ลดความมันและลดเหี่ยว เหมาะกับผู้ที่มีเหงื่อออกมาก
ข้อมูลด้านความปลอดภัย	ไม่พบข้อมูลความเป็นพิษและการระคายเคือง แต่ในบางรายที่แพ้อาจก่อให้เกิด อาการระคายเคืองได้ สตรีมีครรภ์ควรหลีกเลี่ยง

การใช้น้ำมันตะไคร้ในการลดความเครียด

น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ (lemongrass oil) ระดับกลิ่น (note) คือ middle to Top องค์ประกอบที่สำคัญคือ Citral ประโยชน์คือ ช่วยลดความเครียด วิตกกังวล เพิ่มความกระปรี้กระเปร่า ช่วยให้สดชื่น โล้แมลง ฆ่าเชื้อและดับกลิ่น ตะไคร้บ้านช่วยผ่อนคลายความเครียด (stress) ลดความท้อแท้หดหู่ (depression) บรรเทาอาการปวดศีรษะ ลดไข้ ผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ทำให้หายใจสะดวก ช่วยให้หลับสบาย ช่วยขับลมแก้อุจจาระเสียด ลดการตึงเครียดของระบบประสาท (Blanco, Costa, Freire, Santos, & Costa, 2009) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ ต่อพฤติกรรมในหนูขาว พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ เพิ่มระยะเวลานอน เพิ่มความทนต่อการเกิดลมชัก

2.3.1.2 น้ำมันยูคาลิปตัส

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ (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

โกฐจุฬารศ น้ำมันเขียว มั่นเขียว ยูคาลิป (ไทย) อันเยียะ หนานอัน (จีนกลาง)

ถิ่นกำเนิด

ทางเหนือของออสเตรเลีย

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

ลักษณะของยูคาลิปตัส

ต้นยูคาลิปตัส เป็นไม้ยืนต้น ลำต้นตั้งตรง มีความสูงได้ประมาณ 10 - 25 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มหนาพืชม้วนข้างกลม แตกกิ่งก้านมาก เปลือกต้นบางเรียบเป็นมันและลอกออกง่าย เปลือกต้นเป็นสีน้ำตาลอ่อนปนขาว หรือมีสีเทาสลับสีขาวและสีน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตกออกเป็นแผ่น ๆ และหลุดออกจากผิวของลำต้น เมื่อแห้งจะลอกได้ง่าย กิ่งก้านเล็กเป็นเหลี่ยม มีจุดด่างกลม

ใบยูคาลิปตัส ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับเป็นคู่ ใบห้อยลง ลักษณะของใบเป็นรูปหอกปลายใบแหลม ใบมีขนาดกว้างประมาณ 2 - 7 เซนติเมตรและยาวประมาณ 12 - 30 เซนติเมตร แผ่นใบหนาเป็นสีเขียวอมสีน้ำเงิน มีผงคล้ายแป้นปกคลุม เส้นใบมองเห็นได้ชัดเจน ก้านใบสั้น ก้านใบยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

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

ผลยูคาลิปตัส ผลมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมหรือคล้ายรูปถ้วย ปลายผลแหลม ผลอ่อนเป็นสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8-2.0 เซนติเมตร เปลือกผลหนา มีรอยเส้นสีเหลี่ยม 4 เส้น เมื่อผลแก่ปลายผลจะแยกออก

สรรพคุณของยูคาลิปตัส

ใบและเปลือกกรากมีรสขมเผ็ด กลิ่นหอม เป็นยาเย็น ออกฤทธิ์ต่อปอด ลำไส้ และทางเดินปัสสาวะ ใช้ใบเป็นยาแก้ไข้ ไข้หวัดติดเชื้อ ไข้หวัดใหญ่ (ใบ)

ใช้เป็นยาแก้ไอ ด้วยการใช้น้ำมันที่กลั่นได้จากใบสด 0.5 มิลลิเมตร (ประมาณ 8 หยด) นำมารับประทานหรือทำเป็นยาอม (ใบ)

น้ำมันยูคาลิปตัสนำมาใช้ทาคอ จะช่วยแก้ไอ หรือใช้อมแก้หวัดคัดจมูก (น้ำมันยูคาลิปตัส)

ช่วยขับเสมหะ ด้วยการใช้น้ำมันที่กลั่นได้จากใบสด 0.5 มิลลิเมตร (ประมาณ 8 หยด) นำมา
รับประทานหรือทำเป็นยาอม (ใบ)

ช่วยบรรเทาอาการข้ออักเสบ (ใบ)

ช่วยรักษาลำไส้อักเสบ แก้กิด (ใบ)

ช่วยแก้กระเพาะปัสสาวะอักเสบ (ใบ)

ใช้แก้โรคผิวหนัง กลากเกลื้อน ผดผื่นคัน ผื่นอักเสบ ติดเชื้อไวรัสบริเวณผิวหนัง (ใบ)

ช่วยแก้ฝีมีหนองอักเสบ ฝีหัวช้าง (ใบ)

ใช้ทาตามอวัยวะต่าง ๆ เพื่อแก้อาการฟกช้ำ (น้ำมันยูคาลิปตัส)

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 โดยฤทธิ์ที่ยับยั้งเชื้อได้
ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัด

สารสกัดจากยูคาลิปตัส สามารถดับพิษจากเชื้อบาดทะยักและเชื้อคอตีบได้ โดยนำสารที่สกัด
ได้มาทำเป็นยาฉีดให้กระต่ายที่ติดเชื้อบาดทะยักหรือเชื้อคอตีบ ในอัตราส่วน 0.2 มิลลิกรัมต่อ 1
กิโลกรัม พบว่ามีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการติดเชื้อดังกล่าวได้ และไม่มีอาการแสดงพิษของเชื้อที่ติดอยู่ใน
ร่างกายเป็นเวลานานถึง 2 สัปดาห์

ข้อควรระวังในการใช้สมุนไพรยูคาลิปตัส

น้ำมันที่สกัดได้จากยูคาลิปตัส ห้ามรับประทานเกิน 3.5 ซีซีต่อ 1 ครั้ง เพราะจะทำให้เกิด
อาการเป็นพิษต่อร่างกายได้

การใช้เกินขนาดจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อทางเดินอาหาร

ประโยชน์ของยูคาลิปตัส

ใช้ทำเป็นยาไอลู่ง ฆ่ายุง และแมลง ด้วยการใบสดประมาณ 1 กำมือ นำมาขยี้ กลิ่นของ
น้ำมันจะออกมา ซึ่งจะช่วยไล่ยุงและแมลงได้

ใบสามารถนำมาสกัดเป็นน้ำมัน น้ำยาหอมระเหย ไอรระเหยแก้หวัด⁽⁴⁾

เนื้อไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ทำกระดาษ ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ทำเสาเข็ม สร้างบ้าน ทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สอยต่าง ๆ ทำรั้ว ทำเสา คอกเลี้ยงสัตว์ นั่งร้านในการก่อสร้าง (แต่ต้องมีการอาบน้ำยาเพื่อรักษาเนื้อไม้ไว้ก่อนถึงจะยืดอายุการใช้งานได้นานยิ่งขึ้น) ฯลฯ

เปลือกไม้นำมาบดให้ละเอียดผสมกับขี้เลื่อยและกาว ใช้ทำเป็นรูป และผสมกัมมะถัน 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 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ น้ำมันงู่น้ำมันโจโจบา น้ำมันสวีทอัลมอนต์หรือน้ำมันพืชอื่นที่เป็น Cosmetic grade เป็นต้น (อัตราส่วนการใช้น้ำมันยูคาลิปตัส หากนำมาใช้กับผิวหนังไม่ควรใช้เกินร้อยละ 1 ส่วนผิวไม่ควรใช้เกินร้อยละ 3 หรือใช้หยดลงในอ่างอาบน้ำอุ่นเพื่อช่วยลดอาการหวัด แก้อาการไซนัส ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ ปวดข้อและเมื่อยล้า ใช้ผสมในครีมหรือโลชั่นนำมาใช้ทาเพื่อลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อและช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น และใช้ใส่ในคอมไฟฟ้าวโรมาบูหงา หรือผ้าเช็ดหน้า เพื่อไอระเหยจะช่วยลดอาการจามจากการแพ้อากาศหรือเป็นหวัดได้ดี และช่วยให้หายใจได้โล่งขึ้น ทำให้เกิดสมาธิที่ดีขึ้น และช่วยขับไล่แมลง เป็นต้น

2.3.1.3 น้ำมันหญ้าแฝก (vetiver essential oil)

หญ้าแฝก	(MedThai, 2014)
ชื่อสามัญ	Vetiver grass, Khushkus, Cuscus, Sevendara grass
ชื่อวิทยาศาสตร์	Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty
ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์	Vetiveria zizanioides (L.) Nash
วงศ์หญ้า	(POACEAE หรือ GRAMINEAE)

ชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า หญ้าแฝกหอม (นครราชสีมา, ภาคกลาง), แกงหอม แคมหอม (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) เป็นต้น

หญ้าแฝกมีอยู่ในโลกประมาณ 11-12 ชนิด แต่ในประเทศไทยพบว่ามีอยู่เพียง 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกหอมหรือหญ้าแฝกกลุ่ม (Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty) และหญ้าแฝกดอน (ชื่อ

วิทยาศาสตร์ *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, Figueredo, Chalchat, Carnat, & Bessière, 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	ทำให้ผิวร้อนแดงอย่างอ่อน ทำให้บรรเทาอาการปวด ข้ออักเสบ ข้อรูมาตอยด์
ระบบประสาทและอารมณ์	ทำให้ผ่อนคลาย บรรเทาเครียด วิดกกังวล นอนไม่หลับ ซึมเศร้า เหมาะ กับผู้ที่อ่อนล้า ทำงานหนัก และไม่ได้พักผ่อน
ระบบสืบพันธุ์	ช่วยปรับสมดุลการหลั่งฮอร์โมนเพศหญิงเอสโตรเจน (estrogen) และโปรเจสเตอโรน (progesterone) จึงลดอาการร้อนวูบวาบ และอาการอื่น ๆ ของสตรีวัยหมดประจำเดือน นอกจากนั้นยังมีประโยชน์ ช่วยบรรเทา

	อาการก่อน มีประจำเดือน ลดอาการหงุดหงิดและ ซึมเศร้าก่อนมีประจำเดือน
การบำรุงผิวพรรณ	เสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เหมาะกับผู้ที่ มีปัญหาผิวหย่อน คล้อย ไม่กระชับ ลดปัญหาผิวมัน เพิ่ม การไหลเวียนเลือด
อื่น ๆ	ใช้เป็นตัวตรึงกลิ่นในอุตสาหกรรมน้ำหอม
ข้อมูลด้านความปลอดภัย	ไม่พบข้อมูลความเป็นพิษและการระคายเคือง

2.4 อิมัลชัน

อิมัลชัน (emulsion) หมายถึง ระบบคอลลอยด์ (colloid) ที่ประกอบด้วยเหลวตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป ที่มีสมบัติแตกต่างกัน โดยที่ชนิดหนึ่งมีความเป็น hydrophilic สูง อีกชนิดมีความเป็น hydrophobic สูง ทำให้ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ เช่น น้ำกับน้ำมัน การจะทำให้ระบบเป็นเนื้อเดียวกันได้ต้องอาศัยการตีปั่นเพื่อให้ไขมันแตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กกระจายตัวในน้ำ แต่เมื่อหยุดแรงกลในการปั่นอนุภาคที่กระจายก็จะกลับมารวมกันและเกิดการแยกชั้นเหมือนเดิม เนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับน้ำมันที่สูง ดังนั้นการเติมสารลดแรงตึงผิว (surface active agent หรือ surfactant) หรือตัวทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifier) ทำให้ของผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้โดยไม่แยกชั้น โดยของเหลวส่วนหนึ่งแตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็ก เรียกว่าวัฏภาคภายใน หรือส่วนที่กระจายตัว (internal or dispersed phase) ซึ่งจะกระจายตัวแทรกอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า วัฏภาคภายนอกหรือวัฏภาคต่อเนื่อง (external or continuous phase) ขนาดของอนุภาคในวัฏภาคกระจายส่วนใหญ่มีขนาด 0.1 - 10 ไมโครเมตร ในระบบคอลลอยด์มีขนาด 0.001 - 1 ไมโครเมตร อิมัลชันจึงจัดอยู่ในระบบคอลลอยด์ (EDinformatics, 1999)

2.4.1 ประเภทของอิมัลชัน

การแบ่งชนิดของอิมัลชัน แบ่งได้หลายลักษณะ ดังนี้ (Bakry et al., 2016)

2.4.1.1 ประเภทของอิมัลชันแบ่งตามลักษณะของขนาดอนุภาคกระจาย

(1) แมคโครอิมัลชัน (macroemulsion) คือ อิมัลชันลักษณะขุ่นขาวที่พบโดยทั่วไป อนุภาคของวัฏภาคภายในของอิมัลชันชนิดนี้ มีขนาดตั้งแต่ 0.25 - 10 ไมโครเมตร (โดยทั่วไปจะใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตร) จึงทำให้เกิดความแตกต่างในค่าดัชนีการหักเหของแสงของวัฏภาคทั้งสอง และเกิดการกระจายแสงทำให้ดูมอมขุ่นขาว อิมัลชันนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็น อิมัลชันเนื้อหยาบ (coarse emulsion) ซึ่งมีอนุภาคค่อนข้างใหญ่ และอิมัลชันเนื้อละเอียด (fine emulsion) ซึ่งมีอนุภาค

ค่อนข้างเล็กหรือเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร 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 ไมโครเมตร) ซึ่งมีความน้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นแสงที่มองเห็นได้ (visible light) จึงไม่หักเหหรือกระจายแสง แสงทะลุผ่านได้ ทำให้ดูโปร่งใส หยตของวัฏภาคภายในมีลักษณะกลม ถูกล้อมรอบด้วยฟิล์มของตัวทำอิมัลชัน มีความเสถียรด้านเทอร์โมไดนามิกส์

(3) นานอิมัลชัน (nanoemulsion) มีลักษณะโปร่งใส เนื่องจากอนุภาคของวัฏภาคภายในมีขนาดเล็กมาก ประมาณ 0.02 – 0.20 ไมโครเมตร ทำให้มีความเสถียรต่อการแยกชั้นของอิมัลชัน

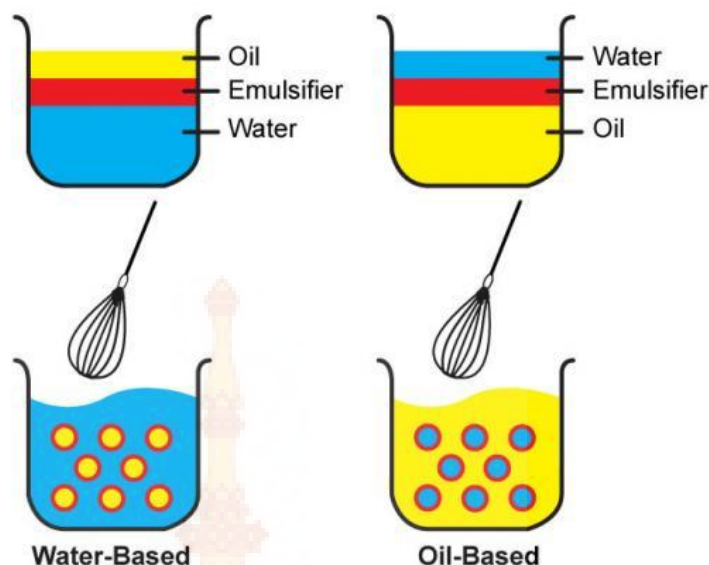
2.4.1.2 ประเภทของอิมัลชันแบ่งตามชนิดของของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายใน และวัฏภาคภายนอก (Bakry et al., 2016)

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

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

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

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



รูปที่ 2.3 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 จะมีหยดเล็ก ๆ ของหยดน้ำซ้อนอยู่อีกชั้น เมื่อกลับกลายเป็นอิมัลชันธรรมดาจะกลายเป็นชนิด 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 สารอิมัลซิไฟเออร์ 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 เกิดเป็นฟิล์มหุ้มส่วนที่เป็นวัฏภาคภายในไว้

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

2.4.3 การใช้ประโยชน์น้ำมันหอมระเหยในรูปอิมัลชัน

จากข้อจำกัดด้านการใช้งานของน้ำมันหอมระเหย ทำให้มีการพัฒนาวิธีการหรือเทคโนโลยีเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยให้คงอยู่ได้นานขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้แม้ใช้ในปริมาณเล็กน้อย (Rattanapitigorn, Arakawa, & Tsuru, 2006) จากข้อจำกัดในการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยที่ออกฤทธิ์ได้เพียงระยะสั้น ๆ เนื่องจากเกิดการระเหยได้ง่าย (Cassella, Cassella, & Smith, 2002) และการที่มีกลิ่นเฉพาะที่เข้มข้น หรือฉุน จึงมีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย เทคโนโลยีหนึ่งคือการเตรียมน้ำมันหอมระเหยในรูปไมโครอิมัลชัน โดยทำให้เกิดอิมัลชันของน้ำมันหอมระเหยที่เสถียร ทั้งนี้ความเสถียรของอิมัลชันเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

- ขนาดของอนุภาคในวัฏภาคกระจายที่มีขนาดเล็กมาก (Nirmala, Allanki, Mukherjee, & Chandrasekaran, 2013)
- ความหนาและความแข็งแรงของชั้นฟิล์มที่ตัวทำอิมัลชันจัดเรียงตัวล้อมรอบอนุภาคของวัฏภาคกระจาย (Dai, Tarimala, Wu, Guttula, & Wu, 2008)
- การละลายของน้ำมันส่งผลให้อนุภาคในวัฏภาคกระจายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Rao & McClements, 2012)

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 และประเมินผลเนื้อสัมผัส พบว่า rHLB ของน้ำมันตะไคร้หอมและของพาราฟินเหลว มีค่าเป็น 11.80 และ 12.60 ตามลำดับ ครีมน้ำมันตะไคร้หอมที่ได้มีความเสถียร โดยการผสมกับสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 10 (Meher, Yadav, Sahu, & Sinha, 2013)
- การใช้ทวิน 20 เป็นตัวทำอิมัลชันสำหรับอิมัลชันน้ำมันอบเชยในน้ำ พบว่าที่องค์ประกอบของอิมัลชันน้ำมันอบเชย ทวิน 20 และน้ำ เท่ากับร้อยละ 5, 25 และ 70 โดยปริมาตรตามลำดับ มีขนาดอนุภาคน้ำมันขนาด 0.100 – 0.045 ไมโครเมตร และอิมัลชันที่ได้มีความเสถียร (Nirmala et al., 2013)
- การใช้ทวิน 80 เป็นตัวทำอิมัลชันสำหรับอิมัลชันน้ำมันอบเชยในน้ำ พบว่าที่องค์ประกอบของอิมัลชันน้ำมันอบเชยในปริมาณที่เหมาะสม มีขนาดอนุภาคน้ำมันขนาด 0.065 ไมโครเมตร (Ghos และคณะ 2013)

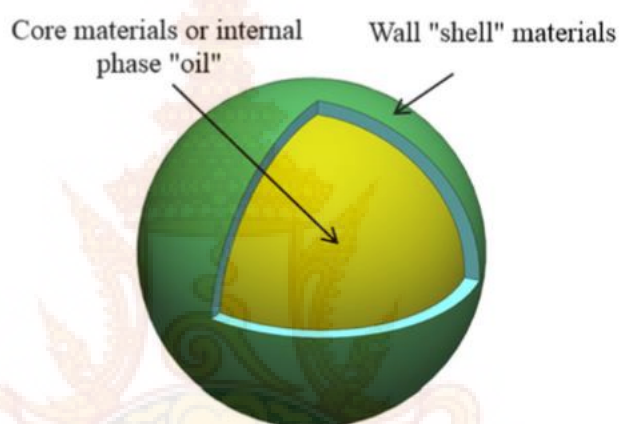
2.5 ไมโครแคปซูลและไมโครเอนแคปซูเลชัน

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

2.5.1 ส่วนประกอบของไมโครแคปซูล

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

ส่วนประกอบของไมโครแคปซูล ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นผนัง (coating wall) และส่วนที่เป็นแกน (core) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของไมโครแคปซูล

ที่มา: (Bakry et al., 2016)

(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 สารห่อหุ้มที่ดีควร

มีคุณสมบัติที่สามารถแผ่เป็นฟิล์มบางๆ ได้ มีความยืดหยุ่นและความแข็งแรงเพียงพอ สามารถทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion) ยึดติดกับสารแกนกลางได้ดีโดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารแกนกลาง รวมทั้งต้องมีความหนืดต่ำเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็ง และไม่ขึ้นง่าย

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรส

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 Schlicher และ Barry Green ได้คิดค้นกระดาษสำเนาที่ไม่ต้องมีกระดาษคาร์บอน (Agnihotri, Mishra, Goda, & Arora, 2012) โดยการเคลือบไมโครแคปซูลที่มีหมึกพิมพ์ไว้ด้านหลังของกระดาษแผ่นแรก และใส่กระดาษที่ต้องการใช้เป็นสำเนาไว้ด้านล่าง เมื่อมีแรงกดทับจากการเขียนบนกระดาษแผ่นแรก ทำให้แคปซูลนั้นแตกออกและปรากฏรอยเขียนบนกระดาษสำเนาด้านล่าง ปัจจุบันกระบวนการผลิตไมโครแคปซูลมีหลายเทคนิค แบ่งออกตามลักษณะของการผลิตได้เป็น กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางกายภาพ

(1) วิธีการผลิตไมโครแคปซูลทางเคมี

วิธีการผลิตไมโครแคปซูลทางเคมี มีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของสารแกนกลาง และสารห่อหุ้ม ความคงตัวที่ต้องการในการปลดปล่อยสาร วิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการผลิตกระดาษสำเนาเรียกว่า วิธี coacervation เป็นวิธีที่อาศัยความสามารถในการแตกตัวของประจุของพอลิเมอร์ (รูปที่ 2.5) โดย

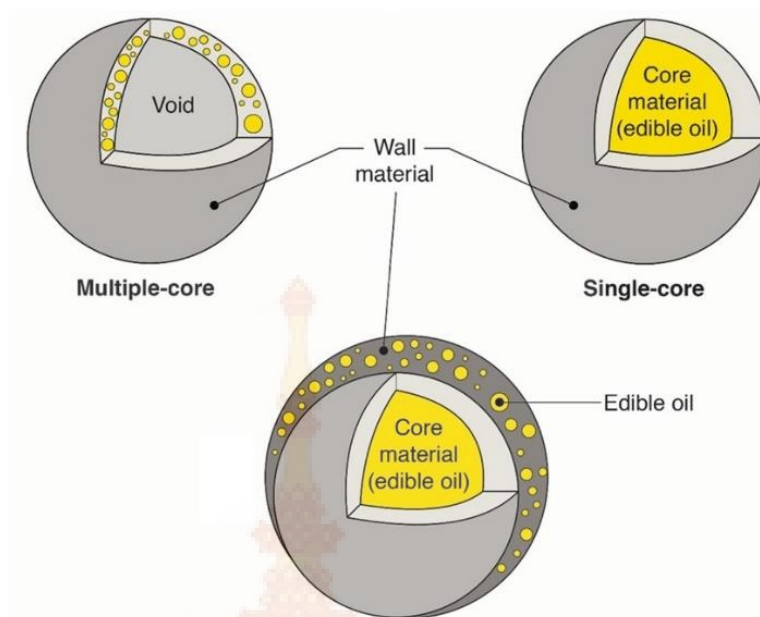
อาศัยการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดต่าง ทำให้เกิดจับกันของพอลิเมอร์ที่มีประจุแตกต่างกัน ด้วยแรงทางไฟฟ้า (electrostatic interaction) เกิดเป็น coacervative wall ลักษณะโครงสร้างที่เกิดขึ้นเป็นแบบแกนกลางเดี่ยว มีขนาดตั้งแต่ 30-800 ไมโครเมตร (Nesterenko, Alric, Silvestre, & Durrieu, 2013)

(2) วิธีการผลิตไมโครแคปซูลทางกายภาพ

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

เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันแบบต่าง ๆ จะสามารถเตรียมไมโครแคปซูลได้ขนาดและลักษณะต่างกัน แต่ละเทคนิคเหมาะสม และสามารถเตรียมไมโครแคปซูลจากสารเคลือบและสารสำคัญบางชนิดเท่านั้น ดังนั้นการเลือกเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการกำหนดลักษณะของไมโครแคปซูล ดังนั้นชนิดของไมโครแคปซูลที่ผลิตได้จะแตกต่างกันตามเทคนิคเอนแคปซูเลชันที่ใช้ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 3 ชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.5





รูปที่ 2.5 ชนิดของไมโครแคปซูล

ที่มา: (Gharibzahedi et al., 2018)

จากรูปที่ 2.5 ไมโครแคปซูลแบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้

(1) single core (true encapsulation)

เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลที่ได้จากการเอนแคปซูเลตโดยใช้เทคนิค coacervation

(2) muliti-core หรือ matrix encapsulation

เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลของสารให้กลิ่นรสส่วนใหญ่ที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย สเปรย์ซิลลิง สเปรย์คูลลิง เอ็กซ์ทูรชันในการเอนแคปซูเลต

(3) Multi-wall หรือ control release

เป็นรูปแบบของไมโครแคปซูลของสารให้กลิ่นรสที่มีการเคลือบผิวครั้งที่สองโดยใช้เทคนิค fluidized bed หรือ centrifugal coating ทำให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในสภาวะที่ต้องการได้

สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยวิธี coacervation phase หรือ separation phase

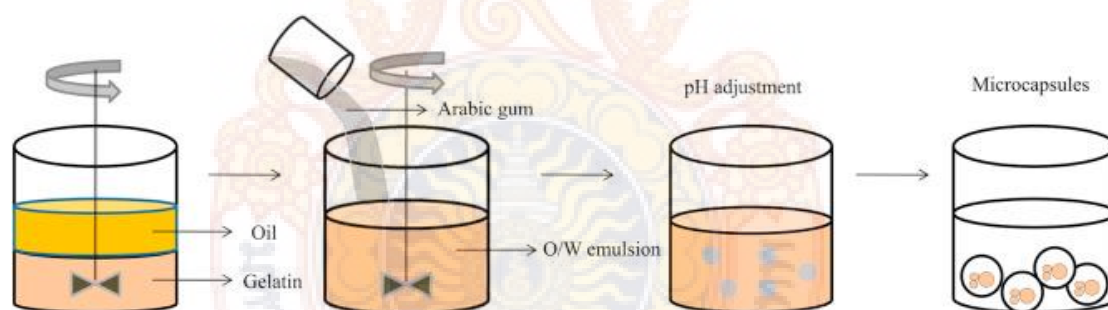
2.5.3 การเตรียมไมโครแคปซูลด้วยวิธี coacervation phase หรือ separation phase

เป็นวิธีการเตรียมไมโครแคปซูลที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยหลักการของวิธีนี้คือ การเปลี่ยนแปลงสภาวะการละลายของระบบคอลลอยด์ซึ่งประกอบด้วย สองวัฏภาค ประกอบด้วยวัฏ

ภาคของสารแก่นและวัฏภาคของสารหุ้ม ทำให้สารหุ้มแข็งตัวและหุ้มสารแก่น ไว้ กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามรูปที่ 2.6 คือ

- (1) การก่อตัวของระบบที่ประกอบด้วย 2-3 วัฏภาค ประกอบด้วย วัฏภาคของเหลวที่ไม่เข้ากัน 2 วัฏภาคและ/หรือวัฏภาคของสารแก่น
- (2) การก่อตัวของสารละลายพอลิเมอร์ในการหุ้มสารแก่นไมโครแคปซูล
- (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
- ใช้การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของระบบเพื่อทำการตกตะกอนหรือลดค่าการละลายของสารหุ้มเพื่อหวังผลให้เกิดการหุ้มสารแก่น สำหรับ complex coacervation จะเป็นเทคนิคที่ใช้พอลิเมอร์ที่มีประจุตรงข้ามกันทำปฏิกิริยากันจนเกิดผนังหุ้มสารแก่นไว้



รูปที่ 2.6 กระบวนการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเทคนิค Coacervation-phase separation

ที่มา: (Comunian & Favaro-Trindade, 2016)

2.5.4 การกักเก็บน้ำมันหอมระเหยด้วยไมโครเอนแคปซูเลชัน

จากข้อจำกัดในการใช้งานของน้ำมันหอมระเหย ที่ออกฤทธิ์ได้เพียงระยะสั้น ๆ เนื่องจากระเหยได้ง่าย (Cassella et al., 2002) และมีกลิ่นเฉพาะที่เข้มข้น ทำให้มีการพัฒนาวิธีการหรือเทคโนโลยีเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยให้คงอยู่ได้นานขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้แม้ใช้ในปริมาณเล็กน้อย (Rattanapitigorn et al., 2006) โดยการเก็บน้ำมันหอมระเหยไว้ในชั้นของฟิล์มเคลือบ โดยฟิล์มหรือสารเคลือบหรือสารห่อหุ้มจะทำหน้าที่ เป็นตัวกั้นการระเหยของ

น้ำมันหอมระเหย และทำให้เกิดการปลดปล่อยออกอย่างช้าๆ ช่วยควบคุมกลไกการทำงานหรือการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยได้ การเตรียมฟิล์มเคลือบมักเตรียมในรูปแบบของฟิล์มอิมัลชัน ร่วมกับสารไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มของโปรตีน และพอลิแซ็กคาไรด์ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมีสมบัติไม่ละลายในน้ำ ฟิล์มเคลือบที่ได้มีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้มากขึ้น ส่งผลต่อสมบัติในด้านการต้านแรงดึงขาดของฟิล์ม ความโปร่งแสงหรือโปร่งใสและโครงสร้างฟิล์ม (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 (เป็นวัสดุผ่น) และน้ำมัน Herba Schizonepetae (HSO) (เป็นวัสดุหลัก) 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)

- การห่อหุ้มน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ ที่เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติที่ให้กลิ่นหอมด้วยเทคนิค complex coacervation เช่น การห่อหุ้มน้ำมันกานพลู น้ำมันมะกอก น้ำมันวานิลลา โดยใช้สารห่อหุ้มในกลุ่มโปรตีน-พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดต่าง ๆ ในการเตรียมไมโครแคปซูล เช่น เจลาติน-กัม เจลาติน-คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เจลาติน-ไคซาน และ เจลาติน-โซเดียมอัลจิเนต (N. Devi & Maji, 2011; Nirmala Devi, Hazarika, Deka, & Kakati, 2012; Thimma & Tammishetti, 2003)



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

- ไยมะพร้าว
- แป้งมันสำปะหลัง
- น้ำยางพารา
- น้ำมันหอมระเหย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันตะไคร้ น้ำมันยูคาลิปตัส และน้ำมันหญ้าแฝก
- เจลาติน
- กัมอะคราเซีย
- ทวีน 20

3.1.2 อุปกรณ์

- บล็อกขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิต
- เครื่องบดเส้นใย
- เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ยี่ห้อ IKA รุ่น C-MAG HS7
- เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น XS204
- เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 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 ขวดรูปชมพู ปีเปต บิวเรต กระจกตวง ปีกเกอร์ หลอดหยด และแท่งแก้วคน เป็นต้น

3.2 วิธีดำเนินการ

3.2.1 การสภาวะที่เหมาะสมในการการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

(1) การเตรียมไยมะพร้าว

นำเส้นใยมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด เป็นเวลา 5 นาที จนมีเส้นใยขนาดที่ค้ำตะแกรงขนาด 30 – 100 mesh และผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

(2) การเตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

นำแป้งมันสำปะหลังมาชั่งน้ำหนัก 2–3 กรัม ต่อปริมาตรน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส จนสารละลายแป้งมันสำปะหลังสุก และสีสารละลายใส

(3) การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว

ศึกษาอัตราส่วนของไยมะพร้าวปริมาณ 10–30 กรัม สารละลายแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2–3 ที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นขนาดคอมพอสิต 20 x 26 เซนติเมตร นำส่วนผสมแต่ละสูตรไปอัดที่ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง วัดความหนาแน่น และปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต เลือกแผ่นคอมพอสิตที่มีปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนน้อยที่สุดไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.2.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยน้ำยางพารา

(1) ศึกษาปริมาตรน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ที่เหมาะสมในการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว

เลือกแผ่นคอมพอสิตที่ได้จากการทดลองตามข้อ 3.2.1 มาเคลือบด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตวงน้ำยางพาราด้วยกระบอกตวงที่ปริมาตร 0-7 มิลลิลิตร เทลงบนแผ่นคอมพอสิตขนาด 5 x 5 เซนติเมตร ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยดูลักษณะการดูดซับน้ำยางพาราของแผ่นคอมพอสิต เลือกแผ่นคอมพอสิตที่สามารถดูดซับน้ำยางพาราได้ทั้งหมดและไม่มีส่วนเกินของน้ำยางพารารอกมา

(2) ศึกษาความเข้มข้นของน้ำยางพาราปริมาตร 0-7 มิลลิลิตร ที่เหมาะสมในการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว

เลือกแผ่นคอมพอสิตที่ได้จากการทดลองตามข้อ 3.2.1 มาเคลือบด้วยน้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 0-30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่ปริมาตร 0-7 มิลลิลิตร บนแผ่นคอมพอสิตขนาด 5 x 5 เซนติเมตร ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยชั่งน้ำยางพาราหล่อแบบ 0-30 กรัม คนให้เข้ากันในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำน้ำยางพาราที่เตรียมไปเคลือบผิวคอมพอสิตโดยตวงน้ำยางพาราด้วยกระบอกตวง

ปริมาตร 0-7 มิลลิลิตร เทลงบนแผ่นคอมพอสิต เพื่อให้แผ่นคอมพอสิตดูดซับน้ำอย่างพาราเข้าไปในแผ่น นำแผ่นคอมพอสิตที่ได้หลังจากการเคลือบผิวด้วยน้ำอย่างพาราวัดความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ (มาตรฐาน มอก.321) การยืดยึดของแผ่นคอมพอสิต (ASTM D 3359-90) เลือกปริมาณน้ำอย่างพาราที่ให้ค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดและการยืดยึดผิวที่ดีไปทดลองในขั้นต่อไป

3.3.3 รูปแบบการเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าวด้วยน้ำอย่างพาราผสมน้ำมันหอมระเหย

3.3.3.1 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าวด้วยน้ำอย่างพาราผสมน้ำมันหอมระเหยด้วยระบบอิมัลชัน

(1) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำอย่างพาราเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหยตามตำรับที่แสดงในตารางที่ 3.1 และทวิน 20 ที่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยแปรผันอัตราส่วนน้ำมันหอมระเหย ทวิน และน้ำอย่างพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในตำรับที่ใช้

ชนิดของน้ำมันหอมระเหย	ปริมาณที่ใช้
น้ำมันตะไคร้	6 ส่วน
น้ำมันยูคาลิปตัส	3 ส่วน
น้ำมันหญ้าแฝก	1 ส่วน

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนน้ำอย่างพาราเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20

สูตร	น้ำอย่างพาราเข้มข้นร้อยละ 20 (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 ลักษณะปรากฏของส่วนผสมที่ได้ โดยดูการเปลี่ยนแปลงหลังทิ้งไว้ 1 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงสี สังเกตการแยกชั้น

(2) นำสัดส่วนที่เหมาะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยมาเคลือบแผ่นคอมพอสิต ทิ้งให้แห้ง 1 วัน ชั่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมงจนครบ 24 ชั่วโมง

3.3.3.2 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าวด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยในรูปของไมโครแคปซูล

(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 เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมสารละลายกัมอะคาเซีย และกวนต่อด้วยเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็ก

(1.4) เพิ่มอุณหภูมิของส่วนผสมให้เป็น 40 องศาเซลเซียส ก่อนปรับค่าพีเอชของส่วนผสม ด้วย สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอล เนื่องจากค่าความเป็นกรดต่าง เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นเม็ดแคปซูล การศึกษานี้จึงทดลองปรับค่าความเป็นกรดต่างที่ 3 ระดับ ได้แก่ 3.0, 3.5 และ 4.0

(1.5) เมื่อเริ่มสังเกตเห็นอนุภาคไมโครแคปซูลเกิดขึ้น ให้กวนต่ออีก 15 นาที แล้วจึงลดอุณหภูมิของส่วนผสมให้เหลือต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส โดยนำไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง และกวนด้วยเครื่องกวนสารแบบแม่เหล็กตลอดเวลา เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังของไมโครแคปซูล

(1.6) ร่อนกระทั่งไมโครแคปซูลตกตะกอน แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่น 3-5 ครั้ง จากนั้นกรองเอาเฉพาะไมโครแคปซูล

(1.7) ชั่งน้ำหนักไมโครแคปซูลที่ได้ นำไมโครแคปซูลที่ได้ที่สภาวะพีเอชต่างกันไปศึกษาอัตราการระเหย โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง

(1.8) นำไมโครแคปซูลที่มีอัตราการระเหยต่ำที่สุดปริมาณเท่ากับร้อยละ 70 มาผสมกับน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ทิ้งให้แห้ง 1 วัน ซึ่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง

3.2.4 การทดสอบ

(1) ปริมาณช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต

นับจำนวนช่องว่างของแผ่นคอมพอสิตในพื้นที่ขนาด 20 x 26 เซนติเมตร โดยการถ่ายรูปแผ่นคอมพอสิตที่ได้ นับจำนวนจุดของช่องว่างจากที่เห็นพื้นหลังฉากถ่ายรูป

(2) น้ำหนักแผ่นคอมพอสิต

น้ำหนักเป็นกรัมต่อพื้นที่แผ่นคอมพอสิต

(3) ความหนาแน่นของแผ่นคอมพอสิต

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักแผ่นคอมพอสิต (กรัม)}}{\text{ปริมาตรแผ่นคอมพอสิต (ลูกบาศก์เซนติเมตร)}}$$

$$\text{ปริมาตร} = \text{ขนาดของแผ่น (ตร.ซม.)} \times \text{ความหนาของแผ่น (ซม.)}$$

(4) การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นใย (water absorption of fiber composite)

การดูดซึมน้ำของแผ่นใย (water absorption of fiber composite) หมายถึงเวลาที่กระดาศจะดูดซึมน้ำปริมาตร 0.05 มิลลิเมตรได้หมด มีหน่วยเป็นวินาที ค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการดูดซึมน้ำของแผ่นใยคอมพอสิต อุปกรณ์ที่ใช้คือ บิวเรต นาฬิกาจับเวลา วิธีการทดสอบใช้มาตรฐาน มอก.321

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2530.การกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาศทำลูกฟูก มอก 321-2530 หน้า 1-13

วิธีทดสอบ

- การเตรียมชิ้นทดสอบ โดยการเลือกชิ้นทดสอบจากตัวอย่างอย่างน้อย 5 ชิ้นทดสอบ ตัดชิ้นทดสอบขนาด 10 x 10 เซนติเมตร
- ใส่ น้ำกลั่นในบิวเรต วางชิ้นทดสอบบนกระดาศ จัดบิวเรตให้อยู่ในแนวตั้งฉากปลาย ของบิวเรตห่างจากชิ้นทดสอบ ประมาณ 10 มิลลิเมตร
- หยด น้ำกลั่น 1 หยด (ประมาณ 0.05 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ลงตรงส่วนกลางของชิ้นทดสอบ

- เริ่มต้นจับเวลาทันทีเมื่อน้ำกลั่นกระทบชิ้นทดสอบ จนกระทั่งชิ้นทดสอบดูดซึมน้ำจนหมด บันทึกเวลาเป็นวินาที (ถ้าคิดว่าการดูดซึมน้ำใช้เวลาเกิน 2 นาที ให้ใช้กระจกนาฬิกาครอบหยดน้ำไว้)
- ทำซ้ำ 5 ครั้ง รายงานผลเป็นวินาที

(5) การทดสอบการยึดติด

นำแผ่นใยที่เคลือบด้วยน้ำยางพาราความเข้มข้นต่างกัน 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 3.3 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

(6) การทดสอบการระเหย

นำแผ่นทดสอบไปอบที่ 45 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแผ่นทดสอบที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนถึง 6 ชั่วโมง

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

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 สถานะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตจากใยมะพร้าวด้วยสารละลาย แป้งมันสำปะหลัง

4.1.1 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

นำเส้นใยมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด เป็นเวลา 5 นาที แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะเส้นใยมะพร้าวหลังผ่านเครื่องบดละเอียด

จากการนำเส้นใยมะพร้าวขนาดความยาว 11-19 เซนติเมตร เข้าเครื่องบดละเอียดเป็นเวลา 5 นาที ทำให้ได้เส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดความยาว 2-5 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักเส้นใยก่อนและหลังปั่น

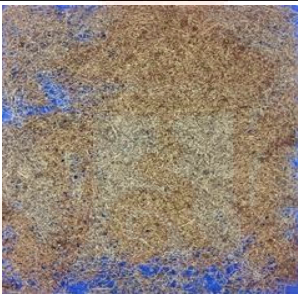
ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.1 คิดเป็นผลผลิตร้อยละ 96.51 จากค่าเฉลี่ยผลผลิตเริ่มต้น น้ำหนัก 50 กรัม ได้ค่าเฉลี่ยผลผลิตจริงน้ำหนัก 48.26 กรัม

4.1.2 การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว

4.1.2.1 ศึกษาปริมาณไยมะพร้าวที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

นำไยมะพร้าว 10–30 กรัม ขึ้นรูปขนาด 20 x 26 เซนติเมตร ด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผึ่งให้แห้ง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อการขึ้นรูป

ปริมาณเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	แผ่นคอมพอสิตที่ได้	ลักษณะปรากฏ	การลอกแผ่น
10		ขึ้นรูปได้ไม่เต็ม แผ่น	ลอกได้ยาก
20		ขึ้นรูปได้เต็ม แผ่น แต่ยังมี ช่องว่างบ้าง เล็กน้อย	ลอกได้ยาก
30		ขึ้นรูปได้เต็ม แผ่น	ลอกได้ง่าย

การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตด้วยไยมะพร้าวที่ปริมาณต่างกัน ขนาด 20 x 26 เซนติเมตร ด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3 พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้นทำให้เส้นใยมีพื้นที่เกาะติดกันมากขึ้น การใช้เส้นใยปริมาณ 10 กรัมยังไม่เหมาะสมกับขนาดของแผ่นคอมพอสิต และการใช้

เส้นใยปริมาณ 20 และ 30 กรัม สามารถขึ้นรูปได้เต็มแผ่น และหลังจากปล่อยให้เส้นใยแห้งบนบล็อกที่ใช้ขึ้นรูป พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยมากขึ้นการลอกแผ่นคอมพอสิตออกจากบล็อกง่ายขึ้น นำแผ่นคอมพอสิตที่เตรียมจากการใช้เส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณต่างกัน อัตราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นคอมสิตในด้านความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.2 นำค่าเฉลี่ยความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2–4.3

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อค่าความหนาแน่น

ปริมาณเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	SD	F	P
10	0.07	0.001	1486.404	<0.001
20	0.11	0.003		
30	0.16	0.002		

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

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อค่าปริมาณรูพรุน

ปริมาณเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุน (ช่องว่างต่อขนาดพื้นที่)	SD	F	P
10	33	1.000	190.182	<0.001
20	22	1.528		
30	16	0.577		

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

ผลการทดลองพบว่าปริมาณเส้นใยมะพร้าวมีผลต่อความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนของแผ่นคอมพอสิตของใยมะพร้าว พบว่าปริมาณใยฝ้ายมากขึ้นมีผลทำให้แผ่นคอมพอสิตมีความหนาแน่นมากขึ้น และปริมาณรูพรุนลดลง โดยการใช้ใยมะพร้าว 30 กรัม ขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตขนาด 20 x 26

ตารางเซนติเมตร มีความหนาแน่นของแผ่นคอมพอสิตสูงที่สุด คือ 0.16 ± 0.002 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีรูพรุนน้อยที่สุดด้วยโดยมีจำนวนรูพรุน 16 ± 0.577

ดังนั้นในการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังในการทดลองขั้นตอนต่อไปงานวิจัยนี้เลือกใช้ปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่ 30 กรัม

4.1.3 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าว

นำใยมะพร้าวปริมาณ 30 กรัม ขึ้นรูปขนาด 20×26 เซนติเมตร แปรผันความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังในช่วงร้อยละ 2,3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผึ่งให้แห้งแล้วลอกแผ่นคอมพอสิต อัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อการขึ้นรูป

ความเข้มข้นสารละลาย แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	แผ่นคอมพอสิตที่ได้	ลักษณะปรากฏ	การลอกแผ่น
2		ขึ้นรูปได้เต็มแผ่น	ลอกได้ยาก
3		ขึ้นรูปได้เต็มแผ่น	ลอกได้ง่าย

การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตด้วยใยมะพร้าวปริมาณ 30 กรัม ขนาด 20×26 เซนติเมตรด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้นต่างกัน พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแป้งมัน

สำหรับที่ร้อยละ 3 ทำให้แผ่นคอมพอสิตที่ได้มีความแข็งแรงขึ้นสามารถดึงลอกเป็นแผ่นได้ง่ายกว่า การขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 2 หลังจากลอกแผ่นคอมพอสิตแล้วนำไปอัดที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วศึกษา สมบัติทางกายภาพของแผ่นคอมพอสิตในด้านความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.3 นำค่าเฉลี่ยความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนในแผ่นคอมพอสิตไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ t-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.5-4.6

ตารางที่ 4.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อค่าความหนาแน่น

ความเข้มข้นของสารละลาย แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)	SD	t	P
2	0.14	0.001	-16.994	<0.001
3	0.16	0.002		

ตารางที่ 4.6 ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อค่าปริมาณรูพรุน

ความเข้มข้นของสารละลาย แป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ยปริมาณรูพรุน (ช่องว่างต่อขนาดพื้นที่)	SD	t	P
2	25	1.528	10.253	<0.001
3	16	0.577		

ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อความหนาแน่น และปริมาณรูพรุนของแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว โดยพบว่าความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นมีผลทำให้แผ่นคอมพอสิตมีความหนาแน่นมากขึ้น และจำนวนรูพรุนลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังทำหน้าที่เป็นสารประสานให้เส้นใยเชื่อมติดกัน เมื่อความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นทำให้การยึดเกาะกันของเส้นใยมะพร้าวมีความแข็งแรงมากมากขึ้นด้วย

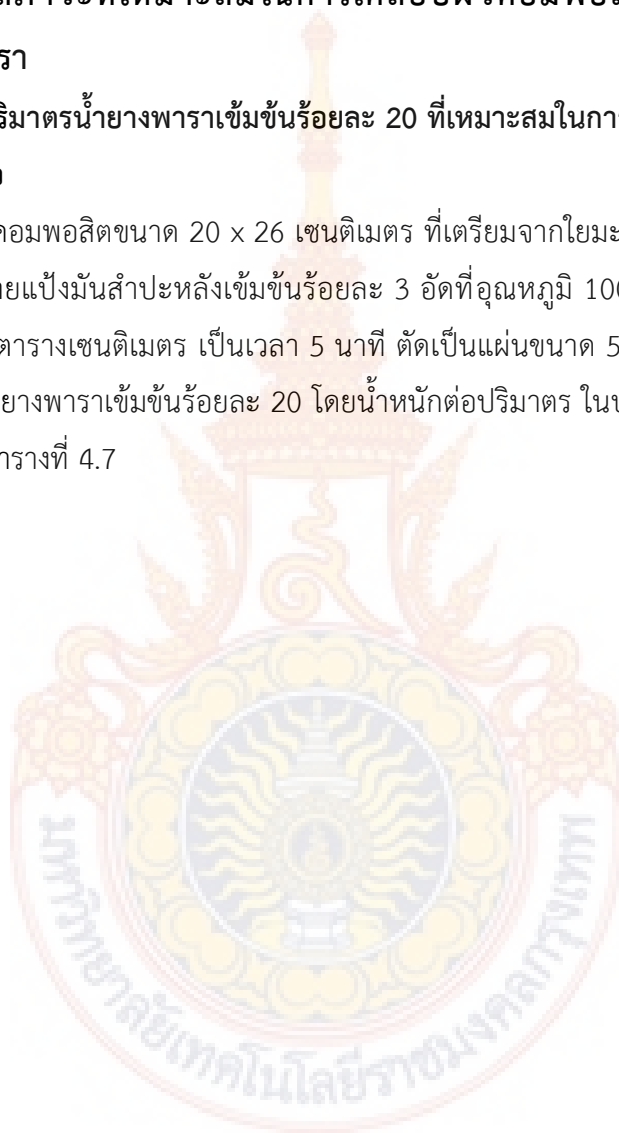
สรุปได้ว่าการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวขนาด 20 x 26 ตารางเซนติเมตร สภาวะที่เหมาะสมคือใช้ไยมะพร้าว 30 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3 อัดที่

อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ได้แผ่นคอมพอสิตที่มีความหนาแน่น 0.16 ± 0.002 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีจำนวนรูพรุน 16 ± 0.577

4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยน้ำยางพารา

4.2.1 ศึกษาปริมาตรน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ที่เหมาะสมในการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว

นำแผ่นคอมพอสิตขนาด 20×26 เซนติเมตร ที่เตรียมจากไยมะพร้าวปริมาณ 30 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3 อัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ตัดเป็นแผ่นขนาด 5×5 เซนติเมตร แล้วนำไปเคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในปริมาตรที่ต่างกัน ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7



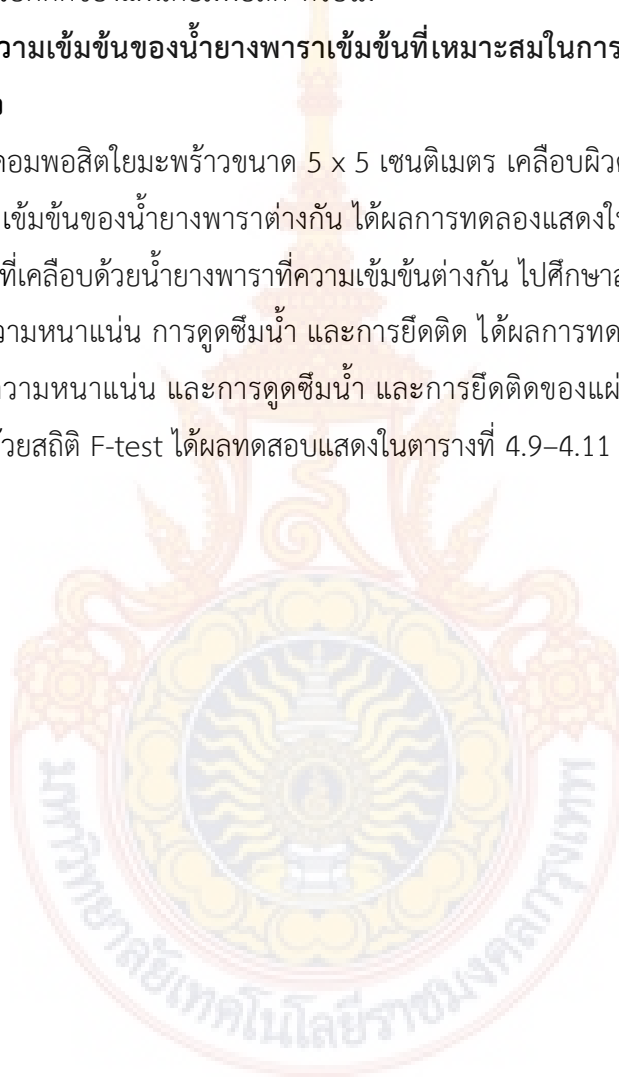
ตารางที่ 4.7 ผลของน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว

น้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 (มิลลิลิตร)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต	ลักษณะสังเกต
0 (ก่อนเคลือบ)		-
3		น้อยเกินไปไม่สามารถเคลือบ ผิวแผ่นคอมพอสิตได้ทั้งหมด
5		น้อยเกินไปไม่สามารถเคลือบ ผิวแผ่นคอมพอสิตได้ทั้งหมด
7		พอดี น้ำยางสามารถเคลือบ ผิวแผ่นคอมพอสิตได้ทั้งหมด

การเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว ขนาด 5×5 เซนติเมตร ด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 ที่ปริมาตรแตกต่างกัน พบว่าน้ำยางพาราร้อยละ 20 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร สามารถใช้เคลือบแผ่นคอมพอสิตได้พอดี ครอบคลุมพื้นที่ผิวทั้งหมดของแผ่นคอมพอสิต ดังนั้นในการเคลือบผิวแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวขนาด 5×5 เซนติเมตร จึงเลือกปริมาตรน้ำยางพารา 7 มิลลิลิตร นำไปศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำยางพาราว่ามีผลต่อการเกิดคราบน้ำยางพาราบนแผ่น ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการยึดติดของแผ่นคอมพอสิต หรือไม่

4.2.2 ศึกษาความเข้มข้นของน้ำยางพาราเข้มข้นที่เหมาะสมในการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว

นำแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวขนาด 5×5 เซนติเมตร เคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราปริมาตร 7 มิลลิลิตร ที่ความเข้มข้นของน้ำยางพาราต่างกัน ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8 นำแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวที่เคลือบด้วยน้ำยางพาราที่มีความเข้มข้นต่างกัน ไปศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นคอมพอสิตในด้านความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการยึดติด ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.4 นำค่าเฉลี่ยความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ และการยึดติดของแผ่นคอมพอสิตไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.9–4.11



ตารางที่ 4.8 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิต

ความเข้มข้น น้ำยางพารา (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต	ลักษณะ สังเกต	การดูดซึมน้ำ (วินาที)	การยึดติด (คะแนน)
0 (ก่อนเคลือบ)		ไม่มีคราบน้ำยาง	< 1	2
10		ไม่มีคราบน้ำยาง	>3600	5
20		ไม่มีคราบน้ำยาง	>3600	5
30		มีคราบน้ำยาง	>3600	5

*ถูกครีบน้ำยางพาราที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.9 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ความเข้มข้นน้ำยางพารา (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ (วินาที)
0 (ก่อนเคลือบ)	< 1
10	> 3600
20	> 3600
30	> 3600

ตารางที่ 4.10 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อค่าความหนาแน่น

ความเข้มข้นน้ำยางพารา (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	SD	F	P
0 (ก่อนเคลือบ)	0.16	0.030	10.0233	0.001
10	0.26	0.037		
20	0.27	0.053		
30	0.28	0.026		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 3.2389

ตารางที่ 4.11 ผลของความเข้มข้นน้ำยางพาราต่อค่าการยึดติดของแผ่นคอมพอสิต

ความเข้มข้นน้ำ ยางพารา (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ยการยึดติดของแผ่นคอมพอสิต (คะแนน)	SD	F	P
0 (ก่อนเคลือบ)	2	0.000	139.3333	<0.001
10	5	0.548		
20	5	0.000		
30	5	0.000		

critical value ($\alpha=0.005$) F table = 3.2389

ผลการทดลองพบว่าการเคลือบผิวด้วยน้ำยางพาราทำให้แผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวมีความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลง ซึ่งจะช่วยป้องกันคุณสมบัติของแผ่นคอมพอสิตที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติซึ่งจะดูดซึมน้ำและความชื้นได้ดี (Lee & Mariatti, 2008) ทั้งนี้เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นพอลิเมอร์ชนิดไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) (สุวดี ก้องพารากุล, 2556)

ในการเคลือบผิวของแผ่นคอมพอสิตด้วยน้ำยางพารา ความเข้มข้นน้ำยางพารามีผลต่อความหนาแน่น และการยึดติดของแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว โดยความเข้มข้นน้ำยางพารามากขึ้น มีผลทำให้แผ่นคอมพอสิตมีความหนาแน่น และการยึดติดของแผ่นคอมพอสิตมากขึ้น โดยการเคลือบผิวแผ่นคอมพอสิตขนาด 5×5 เซนติเมตร ด้วยน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาตรในการเคลือบ 7 มิลลิลิตร ได้แผ่นคอมพอสิตที่มีความสามารถในการป้องกันการดูดซึมน้ำ มีความหนาแน่น 0.278 ± 0.026 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยการยึดติดของแผ่นคอมพอสิตอยู่ในระดับ 5 กล่าวคือไม่มีเศษเส้นใยหลุดจากผิวหน้าเส้นใย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาพื้นผิวของแผ่นคอมพอสิตพบว่าการใช้ความเข้มข้นน้ำยางพาราร้อยละ 30 จะเกิดคราบของน้ำยางบนพื้นผิว และเมื่อพิจารณาการใช้น้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 20 พบว่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ และการยึดติดผิวของแผ่นคอมพอสิตไม่แตกต่างจากการเคลือบน้ำยางที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยที่มีความหนาแน่นของแผ่นน้อยกว่าการเคลือบน้ำยางที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 เล็กน้อย

ผลการทดลองพบว่าปริมาณเส้นใยทำให้แผ่นคอมพอสิต มีเนื้อคอมพอสิตแน่นขึ้น ส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำลดลงมากยิ่งขึ้น และเมื่อเพิ่มน้ำยางพาราในปริมาณที่มากขึ้นพบว่า อัตราการดูดซึมน้ำจะเพิ่มมากขึ้นไปดวยตามลำดับ โดยน้ำยางพาราในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้โมเลกุลของเนื้อยางยึดเกาะกับโมเลกุลของเนื้อคอมพอสิตได้อย่างเหนียวแน่นพอดี แต่ถ้าน้ำยางพาราในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เนื้อยางเกาะยึดกันเองเป็นกลุ่มก้อนและแยกตัวออกจากเนื้อแผ่นคอมพอสิต

ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้น้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร เคลือบผิวคอมพอสิตขนาดพื้นที่ 5×5 เซนติเมตร แผ่นคอมพอสิตที่ได้มีการยึดติดที่ดีในระดับ 5 โดยไม่มีเศษวัสดุหลุดจากผิวหน้าเส้นใยดูดซึมน้ำได้น้อย มีความหนาแน่น 0.27 ± 0.053 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4.3 รูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยาฟาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตไยมะพร้าว

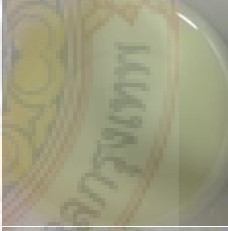
4.3.1 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยน้ำยาฟาราผสมน้ำมันหอมระเหยด้วยระบบอิมัลชัน

4.3.1.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยแปรผันอัตราส่วนน้ำยาเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่ปริมาณต่างกัน นำส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนไปศึกษาปริมาณของแข็ง (solid content) ความเป็นกรดต่าง ลักษณะปรากฏ (ดูการเปลี่ยนแปลงหลังทิ้งไว้ 1 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงสี สังเกตการแยกชั้น) ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.5 นำค่าเฉลี่ยความปริมาณของแข็ง และความเป็นกรดต่าง ไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.12-4.14



ตารางที่ 4.12 ผลของปริมาณน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ต่อลักษณะส่วนผสมที่ได้

อัตราส่วน ที่	น้ำยางพารา ร้อยละ 20 (กรัม)	น้ำมันหอม ระเหย (กรัม)	ทวิน 20 (กรัม)	ลักษณะที่ได้	
				หลังผสมเสร็จ ทันที	หลังผสมเสร็จแล้ว ทิ้งไว้ 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 ผลของอัตราส่วนต่อค่าปริมาณของแข็งของ

อัตราส่วนที่	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	SD	F	P
1	128.738	1.058	32453.760	<0.001
2	120.479	1.603		
3	256.681	0.661		
4	386.340	2.452		
5	494.997	1.467		

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

ตารางที่ 4. 14 ผลของอัตราส่วนต่อค่าความเป็นกรดต่าง

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

ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ที่ปริมาณต่างกัน ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่างของของผสม โดยของผสมทั้งหมดมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.00 แต่มีผลต่อปริมาณของแข็งของส่วนผสม โดยพบว่าปริมาณของทวิน 20 มากขึ้น มีผลทำให้มีปริมาณของแข็งมากขึ้น อย่างไรก็ตามการเลือกใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมนั้น สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือการรวมเป็นเนื้อเดียวกันของของผสม และไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ ซึ่งพบว่าการผสมน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน 2.0 : 0.5 : 0.5 นั้นมีลักษณะเกิดอิมัลชัน สีเข้มข้นเล็กน้อย ของผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่แยกชั้นเมื่อทิ้งไว้ 1 วัน ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราส่วนนี้ในการนำไปเคลือบผิวแผ่นคอมพอสิต

4.3.1.2 ศึกษาปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหย

ศึกษาปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหย โดยนำอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิมัลชันที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน 2.0 : 0.5 : 0.5 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.6-ก.7 นำค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม

เวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยปริมาณการ ระเหยสะสม (ร้อยละ)	SD	F	P
1	49.243	3.466	116.226	<0.001
2	61.985	1.010		
3	65.318	0.421		
4	66.444	0.187		
5	67.532	0.234		
6	68.718	0.386		

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

ผลการทดลองพบว่าปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยจะเพิ่มขึ้นไปอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 1 และ 2 และปริมาณการระเหยสะสมจะเริ่มเพิ่มขึ้นจนไม่แตกต่างกันมากในชั่วโมง 3 เป็นต้นไป ทั้งนี้จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมรายคู่ในตารางผนวกที่ ข.8 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยที่ 1-6 ชั่วโมง มีความแตกต่างกัน

4.3.1.3 ศึกษาปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต

ศึกษาปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต ทดลองโดยนำอิมัลชันน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน 2.0 : 0.5 : 0.5 เคลือบแผ่นคอมพอสิต ซึ่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.9-ก.10 นำ

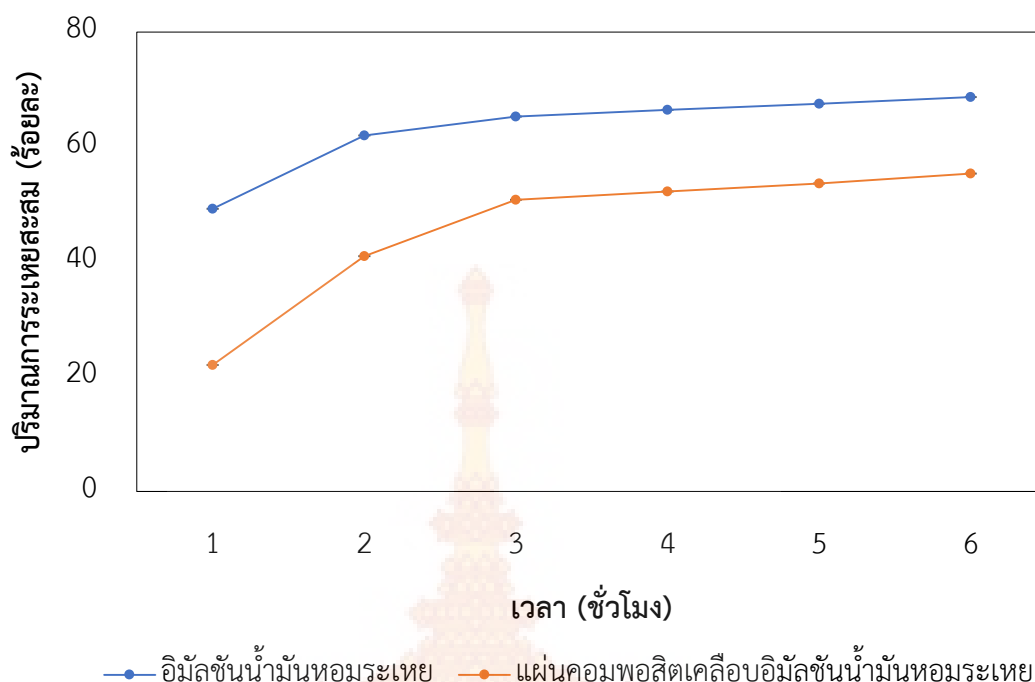
ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม

เวลาในการอบที่ 45 องศา เซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยอัตราการ ระเหย (ร้อยละ)	SD	F	P
1	22.018	1.708	183.254	<0.001
2	40.974	0.660		
3	50.821	2.248		
4	52.223	1.799		
5	53.666	2.447		
6	55.392	2.977		

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

ผลการทดลองพบว่าปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยอิมัลชันเริ่มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยจะเพิ่มขึ้นไปอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 2 โดยมีปริมาณการระเหยสะสมร้อยละ 40.974 ± 0.660 อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้นปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยเริ่มคงที่ และเมื่อพิจารณาจากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยรายคู่ในตารางผนวกที่ ข.11 พบว่าพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยในชั่วโมงที่ 5 และ 6 ไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน และอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต

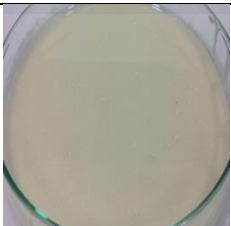
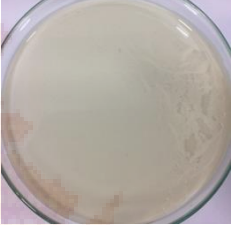
น้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในรูปอิมัลชันมีปริมาณการระเหยสะสมมากกว่าน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต ทั้งนี้เนื่องจากขนาดหยดที่เล็กทำให้อิมัลชันสามารถกระจายตัวบนพื้นผิวและแทรกซึมเข้าสู่ภายในเนื้อเส้นใยของแผ่นคอมพอสิตได้อย่างสม่ำเสมอ จากการมีแรงดึงดูดผิวต่ำ อาจช่วยเพิ่มความสามารถในการแผ่กระจาย และการซึมผ่านของน้ำมันหอมระเหยได้ดี

4.3.2 การเคลือบแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าวด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยในรูปของไมโครแคปซูล

4.3.2.1 ค่าพีเอชที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยในรูปของไมโครแคปซูล

การผลิตไมโครแคปซูลกลิ่นหอมด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเอเซอร์เวชัน ด้วยสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสารละลายกัมมะเคาเซียความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร น้ำมันหอมระเหยจำนวน 10 กรัม ปั่นผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ กรองเอาเฉพาะไมโครแคปซูล 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 ที่ค่าพีเอชต่างกันเมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 วัน ลักษณะของไมโครแคปซูลที่ได้จะต่างกัน โดยที่พีเอช 3 และพีเอช 4 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 วันไมโครแคปซูลเกาะกันเป็นเจลแข็ง ส่วนที่ค่าพีเอช 3.5 ไมโครแคปซูลที่ได้มีความแข็งแรงที่สุด สามารถคงรูปอยู่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากพีเอชมีผลต่อความหนาแน่นของประจุ (charge density) ของสารและชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของทั้งโปรตีนและพอลิแซ็กคาไรด์ (Jun-xia, Hai-yan, & Jian, 2011; Turgeon, Schmitt, & Sanchez, 2007) โดยการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยเจลาตินและกัมอะคาเซีย มีจุดสมดุลทางประจุไฟฟ้า (electrical equivalence point, EEP) ที่พีเอช 3.5 โดยที่ค่าพีเอชไม่เหมาะสม สารห่อหุ้มจะมีความแข็งแรงลดลง เกิดการแยกเฟสออกมาและมีการเชื่อมต้อล้อมรอบหยดนํ้ามันไว้กลายเป็นเจลแข็ง ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้เม็ดแคปซูลที่ค่า pH 3.5 นำมาผสมกับนํ้ายางเข้มข้นร้อยละ 20 ที่ปริมาตรร้อยละ 70 โดยนํ้าหนักต่อปริมาตร ของส่วนผสมทั้งหมด

4.3.2.2 ศึกษาปริมาณการระเหยสะสมของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยนำส่วนผสมที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหยในรูปของไมโครแคปซูล ปริมาตรร้อยละ 70 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ของส่วนผสมทั้งหมด ปริมาตร 7 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.12-ก. 13 นำค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม

เวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหย สะสม (ร้อยละ)	SD	F	P
1	56.422	0.656	10325.447	<0.001
2	83.875	0.121		
3	88.238	0.113		
4	88.506	0.082		
5	88.618	0.101		
6	88.673	0.075		

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

ผลการทดลองพบว่าเวลามีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การระเหยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 2 โดยมีอัตราการระเหยร้อยละ 83.875 ± 0.121 ปริมาณการระเหยสะสมเริ่มเพิ่มขึ้นจนคงที่ในชั่วโมงที่ 3 และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยรายคู่ในตารางผนวกที่ ข.14 พบว่าพบค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยในชั่วโมงที่ 4, 5, และ 6 ไม่แตกต่างกัน การที่น้ำมันหอมระเหยอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่สอง เนื่องจากไมโครแคปซูลสามารถเก็บกักน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในการทดลองพบว่าไมโครแคปซูลสามารถเก็บกักน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ประมาณสามชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

4.3.2.3 ศึกษาปริมาณการระเหยสะสมของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต

ศึกษาปริมาณการระเหยสะสมของน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยนำส่วนผสมที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 ผสมกับน้ำมันหอมระเหยในรูปของไมโครแคปซูล ปริมาตรร้อยละ 70 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ของส่วนผสมทั้งหมด ปริมาตร 7 มิลลิลิตร เคลือบแผ่นคอมพอสิต ชั่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ ข.15-ก.16 นำค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมไปทดสอบค่าความแปรปรวนด้วยสถิติ F-test ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.19

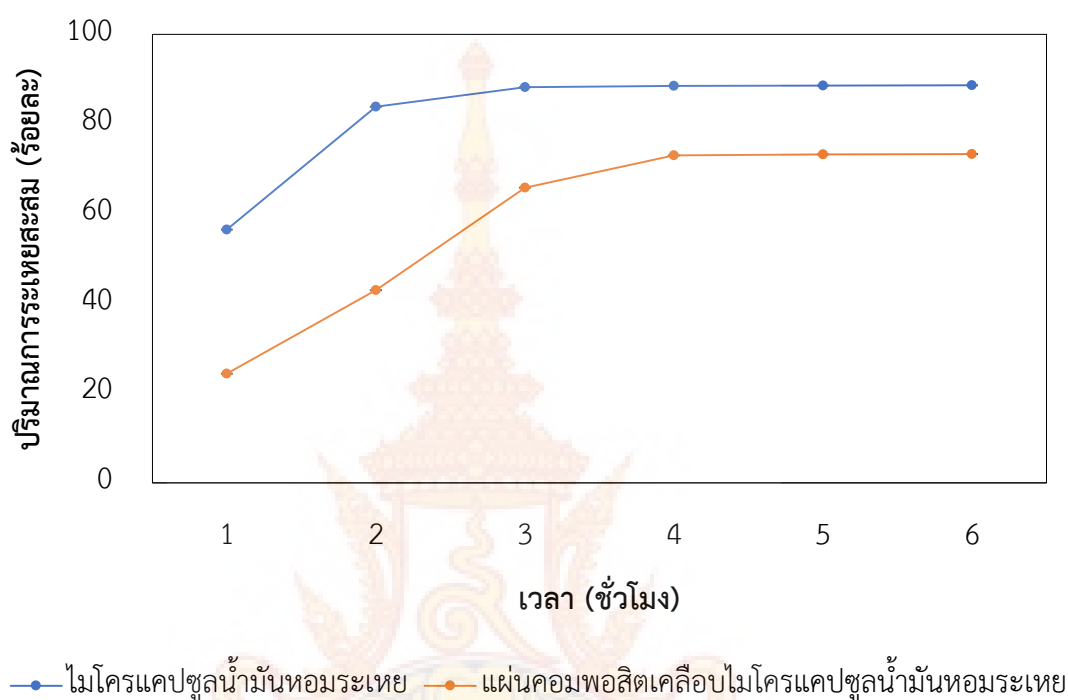
ตารางที่ 4.19 ผลของเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียสต่อค่าปริมาณการระเหยสะสม

เวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสม (ร้อยละ)	SD	F	P
1	24.328	2.176	242.795	<0.001
2	42.957	3.820		
3	65.816	2.608		
4	73.024	2.950		
5	73.217	2.987		
6	73.325	2.893		

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

ผลการทดลองพบว่าเวลามีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตด้วยไมโครแคปซูล โดยระยะเวลาการขึ้นปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตเพิ่มขึ้นด้วย ในชั่วโมงที่สามปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีอัตราการระเหยร้อยละ 65.816 ± 2.608 และปริมาณการระเหยสะสมจะเพิ่มขึ้นจนคงที่ในชั่วโมงที่สี่ จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยรายคู่ในตารางผนวกที่ ข.17 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยในชั่วโมงที่ 4, 5 และ 6 ไม่แตกต่างกัน การที่น้ำมันหอมระเหยอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่สาม เนื่องจากไมโครแคปซูลสามารถแทรกเข้าไปในเนื้อคอมพอสิตและเก็บกักน้ำมันหอมระเหยไว้ได้ ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในการทดลองพบว่าแผ่นคอมพอสิตที่เคลือบด้วยไมโครแคปซูลสามารถเก็บกัก

น้ำมันหอมระเหยไวกฤได้ปริมาณสี่ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน และปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล และปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต

น้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตจะมีปริมาณการระเหยสะสมน้อยกว่าน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล ทั้งนี้เนื่องจากไมโครแคปซูลสามารถแทรกเข้าไปในเนื้อแผ่นคอมพอสิตทำให้สามารถเก็บรักษาน้ำมันหอมระเหยได้นานขึ้น

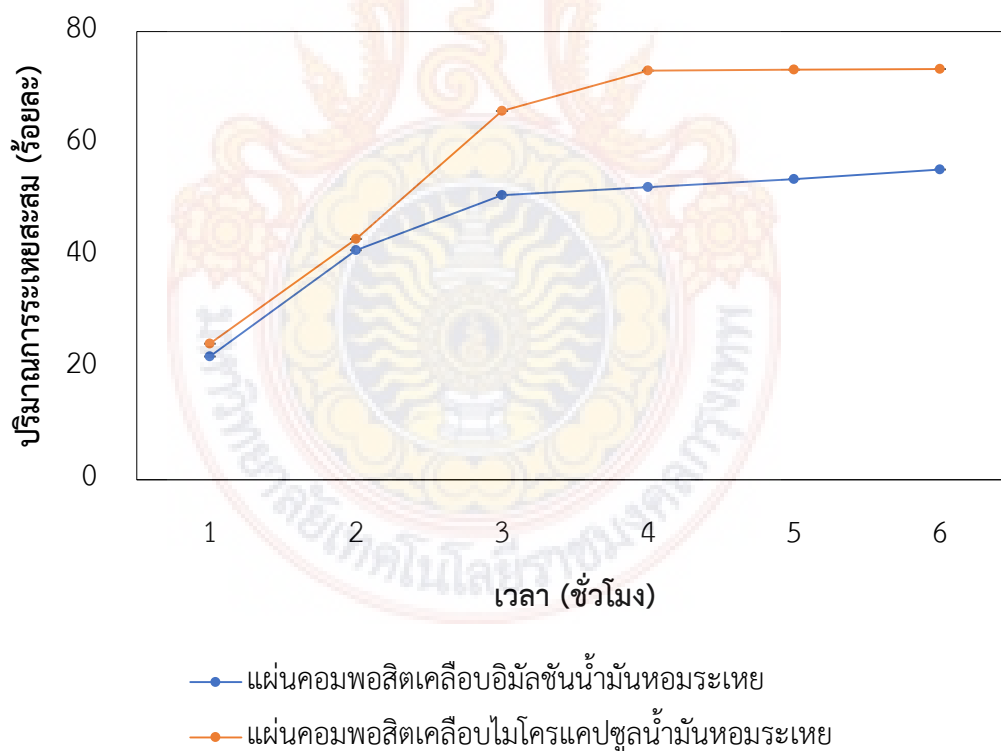
4.3.3 เปรียบเทียบการเคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและไมโครแคปซูล

เปรียบเทียบผลการศึกษาปริมาณการระเหยสะสมระหว่างแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวที่เคลือบด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน และแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวที่เคลือบด้วยน้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล โดยนำส่วนผสมแต่ละชนิด ปริมาตร 7 มิลลิลิตร เคลือบแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าว ขนาด 5 x 5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 45

องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมง จนครบ 6 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.4- 4.5



รูปที่ 4.4 ลักษณะแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยในรูปแบบการผสมที่ต่างกัน



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันและไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต

น้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตจะมีปริมาณการระเหยสะสมมากกว่าน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน แสดงว่าไมโครแคปซูลปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยออกมามากกว่าไมโครอิมัลชัน โดยน้ำมันหอมระเหยไมโครอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตมีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาที่ 2 ในปริมาณร้อยละ 40.974 ± 0.660 น้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตมีการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาที่ 3 ในปริมาณร้อยละ 65.816 ± 2.608 ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยไมโครอิมัลชันมีขนาดเล็กกว่าการนำน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลทำให้น้ำมันหอมระเหยถูกดูดซับเข้าไปในเส้นใยของแผ่นคอมพอสิตและปลดปล่อยกลิ่นออกมาได้ช้ากว่า



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตจากใยมะพร้าวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

การขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าวขนาด 20×26 ตารางเซนติเมตร สภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้ใยมะพร้าว 30 กรัม ขึ้นรูปด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังเข้มข้นร้อยละ 3 อัตราอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ความดัน 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที ได้แผ่นคอมพอสิตที่มีความหนาแน่น 0.16 ± 0.002 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีจำนวนรูพรุน 16 ± 0.577 ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปแผ่นคอมพอสิตจากใยมะพร้าว ได้แก่ ปริมาณเส้นใยมะพร้าว และความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

5.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคอมพอสิตใยมะพร้าวด้วยน้ำยางพารา

การเคลือบผิวคอมพอสิตใยมะพร้าวด้วยน้ำยางพารา สภาวะที่เหมาะสม คือน้ำยางพารา ความเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร เคลือบผิวคอมพอสิตขนาดพื้นที่ 5×5 เซนติเมตร แผ่นคอมพอสิตที่ได้มีการยึดติดที่ดีในระดับ 5 โดยไม่มีเศษวัสดุหลุดจากผิวหน้าเส้นใยดูดซึมน้ำได้น้อย มีความหนาแน่น 0.27 ± 0.053 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลือบได้แก่ ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำยางพารา

5.1.3 รูปแบบที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพาราในการเคลือบผิวคอมพอสิตใยมะพร้าว

(1) การผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน

ผสมน้ำมันหอมระเหยอิมัลชัน โดยนำสัดส่วนที่เหมาะสมของอิมัลชันที่ได้คือน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และทวิน 20 ในอัตราส่วน 2.0 : 0.5 : 0.5 ปริมาตร 7 มิลลิลิตร อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าเวลาที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันโดยระยะเวลาขึ้นปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยอิมัลชันที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตใยมะพร้าวเริ่มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยจะเพิ่มขึ้นไปอย่างรวดเร็วในช่วงโมเมนต์ที่ 2 โดยมีปริมาณการระเหยสะสมร้อยละ 40.974 ± 0.660

(2) การผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล

การผลิตไมโครแคปซูลกลิ่นหอมด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเอเซอร์เวชัน โดยเตรียมสารละลายเจลาตินความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสารละลายกัมมะเคาเซียความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร น้ำมันหอมระเหยจำนวน 10 กรัม (น้ำมันตะไคร้หอม 6 กรัม น้ำมันยูคาลิปตัส 3 กรัม น้ำมันหญ้าแฝก 1 กรัม) แล้วนำไมโครแคปซูลที่ได้ผสมกับน้ำยาพาราปริมาตรร้อยละ 70 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เคลือบบนผิวคอมพอสิต ผลการทดลองพบว่าเวลาที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูลที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิต โดยระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยที่เคลือบบนแผ่นคอมพอสิตมีการเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในช่วงที่สามปริมาณการระเหยสะสมของน้ำมันหอมระเหยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วคือมีปริมาณการระเหยสะสมร้อยละ 65.816 ± 2.608 ปริมาณการระเหยสะสมเริ่มเพิ่มขึ้นจนคงที่ในช่วงเวลาที่ 4

5.2 ข้อเสนอแนะ

- (1) ศึกษาการเพิ่มเสถียรของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยในน้ำยาพารา โดยศึกษาในปัจจัยต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ได้แก่
 - การลดขนาดของอนุภาคน้ำมันโดยใช้แรงปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง high pressure homogenizer
 - การใช้สารก่ออิมัลชันอื่น ๆ
- (2) ศึกษาการเพิ่มความเสถียรของไมโครแคปซูล โดยศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มอื่น ๆ เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โซเดียมอัลจิเนต ไคโตซาน

บรรณานุกรม

- Agnihotri, N., Mishra, R., Goda, C., & Arora, M. (2012). *Microencapsulation – A Novel Approach in Drug Delivery: A Review*. 2(1), 1–20.
- Al-Hilphy, A. R. S. (2014). A practical study for new design of essential oils extraction apparatus using ohmic heating. *International Journal of Agricultural Sciences*, 4(12), 351–366.
- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601–611. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>
- AromaWeb. (n.d.). Essential Oil Top Notes | AromaWeb. Retrieved March 2, 2019, from <https://www.aromaweb.com/articles/essential-oil-top-notes.asp>
- Atarés, L., & Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.001>
- Bakry, A., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Y Abouelwafa, M., Mousa, A., & Liang, L. (2016, January 6). *Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. Volume 15, Issue 1, pages 143–182, January 2016*.
- Barbosa-Cánovas, G. V. (Ed.). (2005). *Food powders: physical properties, processing, and functionality*. New York; London: Kluwer Academic/Plenum.
- Blanco, M. M., Costa, C. A. R. A., Freire, A. O., Santos, J. G., & Costa, M. (2009). Neurobehavioral effect of essential oil of *Cymbopogon citratus* in mice. *Phytomedicine*, 16(2–3), 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2007.04.007>
- Broughan, C. (2002). Odours, emotions, and cognition - How affect cognitive performance. *International Journal of Aromatherapy*, 12, 92–98. [https://doi.org/10.1016/S0962-4562\(02\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0962-4562(02)00033-4)

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Buschow, K. H. J. (Ed.). (2001). *Encyclopedia of materials: science and technology*. Amsterdam; New York: Elsevier.
- Cassella, S., Cassella, J. P., & Smith, I. (2002). Synergistic antifungal activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils against dermatophyte infection. *International Journal of Aromatherapy*, 12(1), 2–15. <https://doi.org/10.1054/ijar.2001.0127>
- Cawthorn, A. (1995). A review of the literature surrounding the research into aromatherapy. *Complementary Therapies in Nursing and Midwifery*, 1(4), 118–120. [https://doi.org/10.1016/S1353-6117\(05\)80053-8](https://doi.org/10.1016/S1353-6117(05)80053-8)
- Champagnat, P., Figueredo, G., Chalchat, J.-C., Carnat, A.-P., & Bessière, J.-M. (2006). A Study on the Composition of Commercial Vetiveria zizanioides Oils from Different Geographical Origins. *Journal of Essential Oil Research*, 18(4), 416–422. <https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699129>
- Comunian, T. A., & Favaro-Trindade, C. S. (2016). Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols and omega-3 fatty acids: A review. *Food Hydrocolloids*, 61, 442–457. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.003>
- Dai, L. L., Tarimala, S., Wu, C., Guttula, S., & Wu, J. (2008). The Structure and Dynamics of Microparticles at Pickering Emulsion Interfaces. *Scanning*, 30(2), 87–95. <https://doi.org/10.1002/sca.20087>
- Devi, N., & Maji, T. K. (2011). Study of Complex Coacervation of Gelatin A with Sodium Carboxymethyl Cellulose: Microencapsulation of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) Seed Oil (NSO). *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 60(13), 1091–1105. <https://doi.org/10.1080/00914037.2011.553851>
- Devi, Nirmala, Hazarika, D., Deka, C., & Kakati, D. (2012). Study of Complex Coacervation of Gelatin A and Sodium Alginate for Microencapsulation of

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Olive Oil. *Journal of Macromolecular Science*, 49. <https://doi.org/10.1080/10601325.2012.722854>
- Dong, Y., Ghataura, A., Takagi, H., Haroosh, H. J., Nakagaito, A. N., & Lau, K.-T. (2014). Polylactic acid (PLA) biocomposites reinforced with coir fibres: Evaluation of mechanical performance and multifunctional properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 63, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2014.04.003>
- Dunning, T. (2013). Aromatherapy: Overview, safety and quality issues. *OA Alternative Medicine*, 1(1).
- EDinformatics. (1999). What is the difference between suspensions, emulsions and colloids? Retrieved May 13, 2019, from https://www.edinformatics.com/math_science/suspensions-emulsions-and-colloids.html
- Essabir, H., Bensalah, M. O., Rodrigue, D., Bouhfid, R., & Qaiss, A. (2016). Structural, mechanical and thermal properties of bio-based hybrid composites from waste coir residues: Fibers and shell particles. *Mechanics of Materials*, 93, 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2015.10.018>
- Evans, W. C., Evans, D., & Trease, G. E. (2002). *Trease and Evans' pharmacognosy*. Edinburgh; New York: WB Saunders.
- Gharibzahedi, S. M. T., George, S., Greiner, R., Estevinho, B. N., Frutos Fernández, M. J., McClements, D. J., & Roohinejad, S. (2018). New Trends in the Microencapsulation of Functional Fatty Acid-Rich Oils Using Transglutaminase Catalyzed Crosslinking: New trends in the microencapsulation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2), 274–289. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12324>
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107–1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Jun-xia, X., Hai-yan, Y., & Jian, Y. (2011). Microencapsulation of sweet orange oil by complex coacervation with soybean protein isolate/gum Arabic. *Food Chemistry*, 125(4), 1267–1272. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.063>
- Kausadikar, S., Gadhave, A. D., & Waghmare, J. T. (2015). *Microencapsulation of lemon oil by spray drying and its application in flavour tea*.
- Kaushik, V., & Roos, Y. H. (2007). Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic–sucrose–gelatin systems. *LWT - Food Science and Technology*, 40(8), 1381–1391. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.10.008>
- Kelly, A., & Zweben, C. H. (Eds.). (2000a). *Comprehensive composite materials*. Amsterdam; New York: Elsevier.
- Kelly, A., & Zweben, C. H. (Eds.). (2000b). *Comprehensive composite materials*. Amsterdam; New York: Elsevier.
- Khounvilay, K., Estevinho, B. N., Rocha, F. A., Oliveira, J. M., Vicente, A., & Sittikijyothin, W. (2017). Microencapsulation of Citronella Oil with Carboxymethylated Tamarind Gum. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 15(7), 515–527. <https://doi.org/10.14456/vol15iss4pp%p>
- Lachance, S., & Grange, G. (2014). Repellent effectiveness of seven plant essential oils, sunflower oil and natural insecticides against horn flies on pastured dairy cows and heifers. *Medical and Veterinary Entomology*, 28(2), 193–200. <https://doi.org/10.1111/mve.12044>
- Lee, S. C., & Mariatti, M. (2008). The effect of bagasse fibers obtained (from rind and pith component) on the properties of unsaturated polyester composites. *Materials Letters*, 62(15), 2253–2256. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.11.097>
- Lertwattanaruk, P., & Suntijitto, A. (2015). Properties of natural fiber cement materials containing coconut coir and oil palm fibers for residential building applications. *Construction and Building Materials*, 94, 664–669. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.154>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Lis-Balchin, D. M. (2005). *Aromatherapy Science: A Guide for Healthcare Professionals* (1 edition). Pharmaceutical Press.
- Lomelí Ramírez, M. G., Satyanarayana, K. G., Iwakiri, S., de Muniz, G. B., Tanobe, V., & Flores-Sahagun, T. S. (2011). Study of the properties of biocomposites. Part I. Cassava starch-green coir fibers from Brazil. *Carbohydrate Polymers*, 86(4), 1712–1722. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.07.002>
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(1), 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>
- Main, N. M., Talib, R. A., Ibrahim, R., Rahman, R. A., & Mohamed, A. Z. (2014). Suitability of Coir Fibers as Pulp and Paper. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.043>
- MedThai. (2014, May 1). หญ้าแฝก สรรพคุณและประโยชน์ของหญ้าแฝกหอม 20 ข้อ ! Retrieved March 3, 2019, from Medthai website: <https://medthai.com/>
- Meher, J. G., Yadav, N. P., Sahu, J. J., & Sinha, P. (2013). Determination of required hydrophilic-lipophilic balance of citronella oil and development of stable cream formulation. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 39(10), 1540–1546. <https://doi.org/10.3109/03639045.2012.719902>
- Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (Eds.). (2005). *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Nesterenko, A., Alric, I., Silvestre, F., & Durrieu, V. (2013). Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. *Industrial Crops and Products*, 42, 469–479. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.035>
- Nirmala, J., Allanki, S., Mukherjee, A., & Chandrasekaran, N. (2013). Enhancing the solubility of fluconazole using a new essential oil based microemulsion system. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5, 697–699.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- OmniDerm. (2012). How Other Ranges Work | Dr. Spiller Biocosmetic. Retrieved May 12, 2019, from Biomimetic Skin Care website:
<http://www.biomimetic.com.au/your-skin/how-other-ranges-work>
- Parirat, K. (2012). ตะไคร้. *Thai J Pharmacol*, 2012(2), 37–51.
- Rao, J., & McClements, D. J. (2012). Impact of lemon oil composition on formation and stability of model food and beverage emulsions. *Food Chemistry*, 134(2), 749–757. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.174>
- Rattanapitigorn, P., Arakawa, M., & Tsuru, M. (2006). Vanillin enhances the antifungal effect of plant essential oils against *Botrytis cinerea*. *International Journal of Aromatherapy*, 16(3), 193–198. <https://doi.org/10.1016/j.ijat.2006.09.003>
- Ross, I. A. (2003). *Cymbopogon citratus*. In I. A. Ross (Ed.), *Medicinal Plants of the World: Volume 1 Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses* (pp. 197–208). https://doi.org/10.1007/978-1-59259-365-1_9
- Shah, G., Shri, R., Panchal, V., Sharma, N., Singh, B., & Mann, A. S. (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>
- Smith, N., Nguyen, M. H., Hoang, D., Nguyen, T. S., Baulch, B., & Nguyen, T. L. T. (2009, August 1). Coconut in the Mekong Delta: An Assessment of Competitiveness and Industry Potential [Monograph]. Retrieved February 27, 2016, from <http://eprints.leedsbeckett.ac.uk/1434/>
- Solomon, B., Sahle, F., Gebre-Mariam, T., Asres, K., & Neubert, R. (2011). Microencapsulation of citronella oil for mosquito-repellent application: Formulation and in vitro permeation studies. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics: Official Journal of Arbeitsgemeinschaft Für Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V*, 80, 61–66. <https://doi.org/10.1016 /j.ejpb.2011.08.003>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Sowndhararajan, K., & Kim, S. (2016). Influence of Fragrances on Human Psychophysiological Activity: With Special Reference to Human Electroencephalographic Response. *Scientia Pharmaceutica*, 84(4), 724–752. <https://doi.org/10.3390/scipharm84040724>
- Svoboda, K. P., & Deans, S. G. (1995). BIOLOGICAL ACTIVITIES OF ESSENTIAL OILS FROM SELECTED AROMATIC PLANTS. *Acta Horticulturae*, (390), 203–209. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.390.28>
- Thimma, R. T., & Tammishetti, S. (2003). Study of complex coacervation of gelatin with sodium carboxymethyl guar gum: microencapsulation of clove oil and sulphamethoxazole. *Journal of Microencapsulation*, 20(2), 203–210.
- Turgeon, S. L., Schmitt, C., & Sanchez, C. (2007). Protein–polysaccharide complexes and coacervates. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 12(4), 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2007.07.007>
- Vilay, V., Mariatti, M., Mat Taib, R., & Todo, M. (2008). Effect of fiber surface treatment and fiber loading on the properties of bagasse fiber–reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology*, 68(3), 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2007.10.005>
- Wang, H.-F., Yih, K.-H., Yang, C.-H., & Huang, K.-F. (2017). Anti-oxidant activity and major chemical component analyses of twenty-six commercially available essential oils. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(4), 881–889. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.05.007>
- Wang, W., & Huang, G. (2009). Characterisation and utilization of natural coconut fibres composites. *Materials & Design*, 30(7), 2741–2744. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.11.002>
- Wu, F.-C., Tseng, R.-L., & Juang, R.-S. (2005). Comparisons of porous and adsorption properties of carbons activated by steam and KOH. *Journal of Colloid and Interface Science*, 283(1), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.037>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Zhang, L., & Hu, Y. (2014). Novel lignocellulosic hybrid particleboard composites made from rice straws and coir fibers. *Materials & Design*, 55, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.09.066>
- ก.ศรีสุวรรณ, ธ. (n.d.). การจัดการห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยมะพร้าว จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.
- กิตติชาติ โหมาศวิน, โสภภาพรณ แสงศัพท์, & สิงห์ อินทรชูโต. (2550). การใช้ใยมะพร้าวร่วมกับยางพาราเพื่อเป็นฉนวนดูดซับเสียง. Retrieved February 26, 2016, from http://kucon.lib.ku.ac.th/cgi-bin/kucon.exe?rec_
- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (2010). แฝกหอม - ฐานข้อมูลเครื่องยา คณะเภสัชศาสตร์ ม.อุบล : thaicrudedrug.com. Retrieved March 3, 2019, from <http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=89>
- ประชุม คำพุด. (2550). การใช้เส้นใยอ้อยและเส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุเสริมแรงในแผ่นยิปซัม. Retrieved February 26, 2016, from http://kukr.lib.ku.ac.th/ku_proceed/KUCON/
- พิมพ์ร ลีลาพิสิฐ. (2547). *สுகนธบำบัด (Aromatherapy)* (2nd ed.). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- สำนักงานแพทย์ทางเลือก. (2550). ตำราวิชาการ สுகนธบำบัด. Retrieved March 3, 2019, from ศูนย์ข้อมูลการแพทย์ทางเลือก website: http://thaicamdb.info/article_doc.php?article=184
- สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. (n.d.). ตะไคร้. Retrieved March 3, 2019, from สำนักงานข้อมูลสมุนไพร website: <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/cymbopo.html>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. Retrieved March 3, 2019, from <http://www.oae.go.th/view/>
- สุวดี ก้องพารากุล. (2556). เทคโนโลยีการดัดแปร ยางธรรมชาติและการประยุกต์ใช้. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 41(3), 567–581.
- อุดมศักดิ์ บัวงาม, จิราวัฒน์ มานิตย์, สุชาติ จันทรมณีย์, & ดนุพล ตันนโยภาส. (2557). สมบัติของวัสดุซีเมนต์ใส่หินฟอสเฟตผสมเถ้าปาล์มน้ำมันเสริมกำลังด้วยเส้นใยมะพร้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 13(2), 76–92.

บรรณานุกรม (ต่อ)

อุทัย โสธนะพันธุ์. (2560). กลไกการออกฤทธิ์ของสுகนธบำบัดต่อระบบประสาทส่วนกลาง. *บทความ
พื้นฟูวิชาการ ออนไลน์ สำหรับการศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์*, (1-13).



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ข้อมูล



การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้เก็บหรือรวบรวมข้อมูลและดำเนินการจัดระเบียบข้อมูลให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อยพร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ได้แล้ว งานในขั้นต่อไปของผู้วิจัยคือการตัดสินใจว่าจะนำสถิติอะไรมาใช้ ซึ่งในการนี้ผู้วิจัยจะต้องทราบตั้งแต่แรกว่าข้อมูลที่มีอยู่ในลักษณะใดและต้องการเสนอผลการวิเคราะห์อะไร

ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาได้บางครั้งยังมีรูปแบบที่กระจัดกระจายเป็นรายบุคคล ไม่เป็นระบบ จำเป็นต้องมีกระบวนการจัดกระทำข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นระบบหรือเป็นหมวดหมู่เกิดเป็นสารสนเทศที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อสรุปอ้างอิงไปยังประชากรต่อไป ศาสตร์ที่ถูกนำมาเข้ามาช่วยในขั้นตอนของการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือไปจนถึงการอ้างอิงเหล่านี้ เรียกว่า สถิติ

ความหมายของสถิติ

คำว่าสถิติ (Statistics) มาจากภาษาเยอรมันว่า Statistics มีรากศัพท์มาจาก Stat หมายถึง ข้อมูลหรือสารสนเทศ ซึ่งจะอำนวยความสะดวกต่อการบริหารประเทศในด้านต่าง ๆ เช่น การทำสำมะโนครัวเพื่อจะทราบจำนวนพลเมืองในประเทศทั้งหมด ในสมัยต่อมา คำว่า สถิติ ได้หมายถึง ตัวเลขหรือข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม เช่น จำนวนผู้ประสบอุบัติเหตุบนท้องถนน อัตราการเกิดของเด็กทารก ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี เป็นต้น สถิติในความหมายที่กล่าวมานี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ข้อมูลทางสถิติ (Statistical data)

อีกความหมายหนึ่ง สถิติ หมายถึง วิธีการที่ว่าด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการตีความหมายข้อมูล สถิติในความหมายนี้เป็นทั้งวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ เรียกว่า สถิติศาสตร์

ประเภทของสถิติ

สถิติแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics)

เป็นสถิติที่ใช้อธิบายคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการศึกษากลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ไม่สามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มอื่น ๆ ได้ สถิติที่อยู่ในประเภทนี้ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าฐานนิยม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าพิสัย ฯลฯ

2. สถิติอ้างอิง (Inferential statistics)

เป็นสถิติที่ใช้อธิบายคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการศึกษากลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือหลายกลุ่ม แล้วสามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรได้ โดยกลุ่มที่นำมาศึกษาจะต้องเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ตัวแทนที่ดีของประชากรได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง และตัวแทนที่ดีของประชากรเรียกว่า กลุ่มตัวอย่าง สถิติอ้างอิงแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 สถิติพารามิเตอร์ (Parametric Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่จะต้องเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น 3 ประการ ดังนี้

- (1) ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จะต้องอยู่ในระดับช่วงขึ้นไป (Interval Scale)
- (2) ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ
- (3) กลุ่มประชากรแต่ละกลุ่มที่นำมาศึกษาจะต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน สถิติที่อยู่ในประเภทนี้ เช่น t-test, Z-test, ANOVA, Regression ฯลฯ

2.2 สถิติไร้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่สามารถนำมาใช้ได้โดยปราศจากข้อตกลงเบื้องต้นทั้ง 3 ประการข้างต้น สถิติที่อยู่ในประเภทนี้ เช่น ไคสแควร์, Median Test, Sign test ฯลฯ

แนวความคิดพื้นฐานทางสถิติอ้างอิง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยสิ่งแรกที้นักวิจัยจะต้องกำหนดคือ ประชากรที่ต้องการศึกษา จากนั้นนักวิจัยต้องพิจารณาต่อไปว่าสามารถรวบรวมข้อมูลจากประชากรทั้งหมดหรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ต้องทำการศึกษาเพียงบางส่วนของประชากรเท่านั้น การที่ประชากรที่นักวิจัยสนใจมีขนาดใหญ่คือมีจำนวนมากไม่สามารถศึกษาทุกหน่วยของประชากรได้และจะต้องเป็นเหตุให้ต้องเลือกกลุ่มตัวแทนของประชากรมาใช้ในการศึกษา ซึ่งเราเรียกกันโดยทั่วไปว่า กลุ่มตัวอย่าง โดยที่ค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้จึงมีชื่อเรียกตามกลุ่มตัวอย่างและประชากรที่ใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

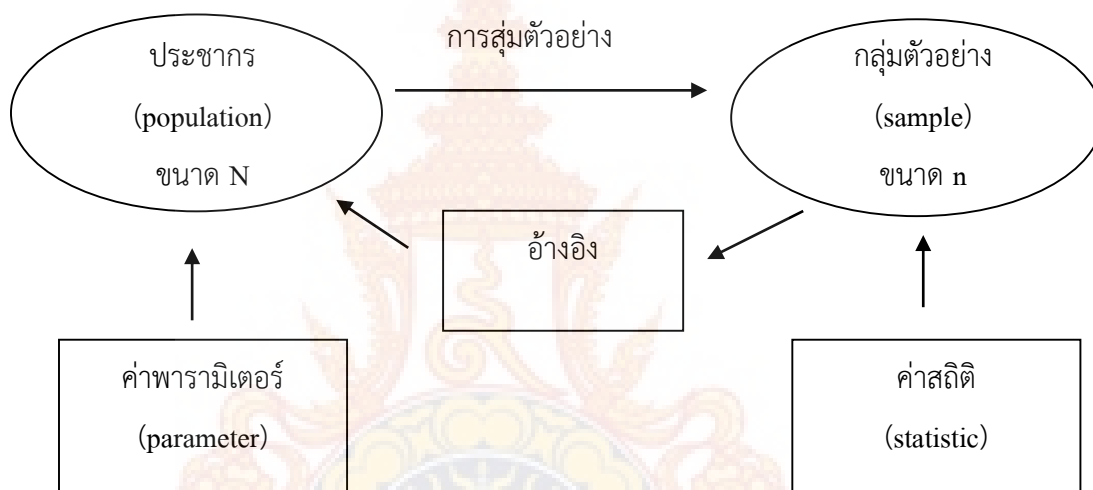
(1) พารามิเตอร์ (Parameter) คือ ค่าต่าง ๆ ที่รวบรวมมาจากประชากรหรือคำนวณได้จากประชากร ใช้อักษรกรีกเป็นสัญลักษณ์ ได้แก่

μ	แทนค่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
σ	แทนค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
σ^2	แทนค่า ความแปรปรวน
ρ	แทนค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) ค่าสถิติ (Statistic) คือค่าต่าง ๆ ที่รวบรวมมาจากกลุ่มตัวอย่างหรือคำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่าง ใช้ตัวภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์ ได้แก่

$\bar{x}$	แทนค่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
s	แทนค่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
s^2	แทนค่า ความแปรปรวน
r	แทนค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

แนวคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ



สิ่งที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้ชนิดทางสถิติ

ในการพิจารณาในการเลือกใช้ชนิดทางสถิตินั้น จะต้องมีการคำนึงถึงจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

(1) เพื่อบรรยายลักษณะตัวแปรในกลุ่มตัวอย่างหรือประชากร เป็นการนำสถิติบรรยายมาบรรยายภาพรวมของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

- การแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ และนำผลจากการแจกแจงความถี่หรือค่าร้อยละ เพื่อแสดงภาพรวมของข้อมูลที่ได้ ในการนำเสนอนิยมใช้ตารางและแผนภูมิมากกว่า คำบรรยายเพียงอย่างเดียว
- การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม
- การวัดการกระจาย ได้แก่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(2) เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่าง และสรุปอ้างอิงหาความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง กลับไปยังประชากรที่ศึกษา ได้แก่

- การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกันด้วย Independent t-test
- การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันด้วย pair t-test
- การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 2 กลุ่มด้วย Anova
- การเปรียบเทียบความถี่และสัดส่วนด้วยไคสแควร์

(3) เพื่อบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ได้แก่ การใช้สหสัมพันธ์อย่างง่าย ในการบรรยายความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร เช่น การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment coefficient of correlation) และสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's Correlation) และการใช้สหสัมพันธ์พหุคูณ ในการบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป

การวิเคราะห์ข้อมูล (สถิติอนุมาน)

การทดสอบ t-test

กระบวนการทางสถิติ t-test เป็นการแจกแจงแบบ Student's สำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ค่า นอกจากนั้นยังแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในแต่ละตัวแปรด้วย ซึ่งสถิติ t-test สามารถแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ไม่สัมพันธ์กัน (อิสระต่อกัน) เรียกว่า Independent t-test

ถ้ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ไม่สัมพันธ์กัน (อิสระต่อกัน) ในการทดสอบสมมุติฐานที่ต้องการหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่งว่าแตกต่างจากอีกกลุ่มหนึ่งหรือไม่ เช่น ต้องการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติกับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบพิเศษว่าจะมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันหรือไม่ ในกรณีนี้กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มเป็นอิสระจากกัน เราสามารถตั้งสมมุติฐานได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{สมมุติฐาน 1} \quad H_0 : \mu_1 &= \mu_2 \\ H_1 : \mu_1 &\neq \mu_2 \quad \text{หรือ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สมมุติฐาน 2} \quad H_0 : \mu_1 &= \mu_2 \\ H_1 : \mu_1 &> \mu_2 \quad \text{หรือ} \end{aligned}$$

สมมุติฐาน 3 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 < \mu_2$

สูตรคำนวณ

ขั้นแรก คำนวณหาว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความแปรปรวนแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยสูตร F-test มีสมมุติฐานดังนี้

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

คำนวณด้วยสูตร

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}; \quad df_1 = n_1 - 1; df_2 = n_2 - 1$$

พิจารณาค่า F-test ถ้า F-test ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} > \alpha$) นั้นคือยอมรับ H_0 แสดงว่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มเท่ากัน จะใช้สูตรที่ 1 (Pooled Variance) ถ้าค่า F-test ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} < \alpha$) นั่นคือปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากัน จะใช้สูตรที่ 2 แทน (Separate Variance)

ขั้นที่สอง เลือกใช้สูตรคำนวณค่า t-test

สูตรที่ 1 เมื่อ $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

สูตรที่ 2 เมื่อ $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}}$$

การพิจารณาหาค่าสถิติ t ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} > \alpha$) นั่นคือยอมรับ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ถ้าค่า t ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} < \alpha$) นั่นคือปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มแตกต่างกัน (มากกว่า หรือน้อยกว่า)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว One - way ANOVA

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) เป็นการทดสอบความแตกต่างของประชากรที่มีลักษณะที่สนใจลักษณะเดียวแต่มีข้อมูลจากหลายประชากร

จากความหมายดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่าเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่สองประชากรขึ้นไปที่มีลักษณะที่ต้องการทดสอบเพียงลักษณะเดียว เช่น การทดสอบระหว่างคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่สอบคัดเลือกเข้ามหาวิทยาลัย 4 โรงเรียน ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตัวแปรตามจะต้องมีระดับการวัดอยู่ในระดับอันตรภาค (Interval scale) ขึ้นไป ส่วนตัวแปรอิสระจะมีเพียงตัวเดียวและต้องอยู่ในระดับนามบัญญัติ (Nominal scale) ซึ่งจะแบ่งออกเป็น k ระดับ

ส่วนการทดสอบจะใช้สถิติ F-test ในการทดสอบ ซึ่งลักษณะการตั้งสมมติฐานจะเป็นดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \text{ค่า } \mu \text{ อย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน}$$

สถิติที่ใช้ทดสอบ

$$F = \frac{MS_b}{MS_w} \quad df = k - 1 \text{ และ } n - k$$

การพิจารณาหาค่าสถิติ F ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} > \alpha$) นั่นคือยอมรับ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{Sig} < \alpha$) นั่นคือปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน หากต้องการทราบว่าคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันให้ดำเนินการเปรียบเทียบต่อไป ซึ่งก็มีวิธีเปรียบเทียบหลายวิธีดังนี้

1. วิธี Least significance difference
2. วิธี Duncan's multiple-range test
3. วิธี Student-Newman-Keuls test
4. วิธี Turkey's alternate test
5. วิธี Scheffe's test เป็นต้น



ภาคผนวก ข

ข้อมูลผลการทดลอง



ตารางที่ ข.1 ลักษณะเส้นใยมะพร้าวก่อนและหลังปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดนาน 5 นาที

ครั้งที่	ขนาดเส้นใย ก่อนปั่นต่อ 1 เส้น (ซม.)	ขนาดเส้นใย หลังปั่นต่อ 1 เส้น (ซม.)	น้ำหนักก่อน ปั่น (กรัม)	น้ำหนักหลังปั่น (กรัม)	ร้อยละผลผลิต
1	14.00	5.00	50.00	47.96	95.92
2	11.00	3.50	50.00	48.54	97.08
3	11.00	5.00	50.00	46.97	93.94
4	15.00	3.00	50.00	48.21	96.42
5	18.50	4.50	50.00	48.28	96.56
6	19.30	2.00	50.00	48.59	97.18
7	27.50	2.50	50.00	48.72	97.44
8	29.00	5.00	50.00	48.31	96.62
9	17.50	2.00	50.00	48.08	96.16
10	19.50	2.00	50.00	48.89	97.78
Mean	18.23	3.45	50.00	48.26	96.51
SD	6.13	1.32	0.00	0.54	1.07

ตารางที่ ข.2 ปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตของใยมะพร้าว

ปริมาณเส้นใยมะพร้าว (กรัม)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต						
	ครั้งที่	กว้าง × ยาว (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ช่องว่างหรือรูพรุนภายในแผ่นคอมพอสิต (จุด)
10	1	20 × 26	11.24	0.30	156.00	0.07	32
	2		11.26	0.30	156.00	0.07	34
	3		11.08	0.30	156.00	0.07	33
	Mean		11.20	0.30	156.00	0.07	33
	SD		0.10	0.00	0.00	0.00	1
20	1	20 × 26	22.97	0.40	208.00	0.11	22
	2		21.83	0.40	208.00	0.11	20
	3		22.30	0.40	208.00	0.11	23
	Mean		22.37	0.40	208.00	0.11	22
	SD		0.57	0.00	0.00	0.00	2
30	1	20 × 26	33.30	0.40	208.00	0.16	16
	2		32.67	0.40	208.00	0.16	16
	3		32.61	0.40	208.00	0.16	15
	Mean		32.86	0.40	208.00	0.16	16
	SD		0.38	0.00	0.00	0.00	1

ตารางที่ ข.3 ความเข้มข้นสารละลายแป้งมันสำปะหลังต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตของไยมะพร้าว

ความเข้มข้น สารละลาย แป้งมัน สำปะหลัง (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต						
	ครั้งที่	กว้าง × ยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น (กรัม/ ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ช่องว่างหรือรู พรุนภายในแผ่น คอมพอสิต (จุด)
2	1	20 × 26	28.91	0.40	208.00	0.14	25
	2		28.58	0.40	208.00	0.14	27
	3		28.80	0.40	208.00	0.14	24
	Mean		28.76	0.40	208.00	0.14	25
	SD		0.17	0.00	0.00	0.00	2
3	1	20 × 26	33.30	0.40	208.00	0.16	16
	2		32.67	0.40	208.00	0.16	16
	3		32.61	0.40	208.00	0.16	15
	Mean		32.86	0.40	208.00	0.16	16
	SD		0.38	0.00	0.00	0.00	1

ตารางที่ ข.4 ความเข้มข้นน้ำยางพาราปริมาตร 7 มิลลิลิตร ต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตของใยมะพร้าว

ความเข้มข้นน้ำ ยางพารา ปริมาตร 7 มิลลิลิตร (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต						
	ครั้งที่	น้ำหนัก แผ่นก่อน เคลือบ (กรัม)	น้ำหนัก แผ่นหลัง เคลือบ (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น	การดูดซึมน้ำ (วินาที)	การยืดหด (คะแนน)
0 (ก่อนเคลือบ)	1	1.2182	1.2182	10.00	0.12	< 1	2
	2	1.7977	1.7977	10.00	0.18	< 1	2
	3	1.4525	1.4525	10.00	0.15	< 1	2
	4	1.5742	1.5742	10.00	0.16	< 1	2
	5	1.9958	1.9958	10.00	0.20	< 1	2
	Mean	1.6077	1.6077	10.00	0.16	< 1	2
	SD	0.3015	0.3015	0.00	0.03	0	0
10	1	1.8546	2.9104	10.00	0.29	>3600	5
	2	1.4267	2.4335	10.00	0.24	>3600	4
	3	1.0497	1.9735	10.00	0.20	>3600	5
	4	1.693	2.7035	10.00	0.27	>3600	5
	5	1.6603	2.7913	10.00	0.28	>3600	4
	Mean	1.5369	2.5624	10.00	0.26	>3600	5
	SD	0.3123	0.3731	0.00	0.04	0	1

ตารางที่ ข.4 ความเข้มข้นน้ำยางพาราปริมาตร 7 มิลลิลิตร ต่อลักษณะแผ่นคอมพอสิตของใบมะพร้าว (ต่อ)

ความเข้มข้นน้ำ ยางพารา ปริมาตร 7 มิลลิลิตร (ร้อยละ)	ลักษณะแผ่นคอมพอสิต						
	ครั้งที่	น้ำหนัก แผ่นก่อน เคลือบ (กรัม)	น้ำหนัก แผ่นหลัง เคลือบ (กรัม)	ปริมาตร (ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น	การดูดซึม น้ำ (วินาที)	การยืดหด (คะแนน)
20	1	2.2097	3.2370	10.00	0.32	>3600	5
	2	1.8843	3.136	10.00	0.31	>3600	5
	3	1.5639	2.5540	10.00	0.26	>3600	5
	4	1.3811	2.3513	10.00	0.23	>3600	5
	5	0.9372	1.9954	10.00	0.20	>3600	5
	Mean	1.5952	2.6547	10.00	0.27	>3600	5
	SD	0.4850	0.5262	0.00	0.05	0	0
30	1	1.7617	3.1590	10.00	0.32	>3600	5
	2	1.576	2.9312	10.00	0.29	>3600	5
	3	1.3275	2.6222	10.00	0.26	>3600	5
	4	1.3791	2.6718	10.00	0.27	>3600	5
	5	1.1277	2.5199	10.00	0.25	>3600	5
	Mean	1.4344	2.7808	10.00	0.28	>3600	5
	SD	0.2428	0.2602	0.00	0.03	0	0

ตารางที่ ข. 5 อัตราส่วนต่อลักษณะของน้ำยางเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำมันหอมระเหย และพรีน 20

อัตราส่วนที่	ครั้งที่	ปริมาณของแข็งทั้งหมด มก./ล.	พีเอช	ลักษณะปรากฏหลังทิ้งไว้ 1 วัน		
				สี	การเกิดอิมัลชัน	การแยกชั้น
1	1	129.4250	7	สีไม่เปลี่ยน	ไม่เกิดอิมัลชัน	ไม่แยกชั้น
	2	127.5194	7			
	3	129.2681	7			
	Mean	128.7375	7			
	SD	1.0578	0			
2	1	118.6336	7	สีเปลี่ยน	ไม่เกิดอิมัลชัน	แยกชั้น
	2	121.5231	7			
	3	121.2804	7			
	Mean	120.4790	7			
	SD	1.6028	0			
3	1	255.9188	7	สีเปลี่ยน	เกิดอิมัลชัน	ไม่แยกชั้น
	2	257.0944	7			
	3	257.0301	7			
	Mean	256.6811	7			
	SD	0.6610	0			
4	1	389.0076	7	สีเปลี่ยน	เกิดอิมัลชัน	ไม่แยกชั้น
	2	385.8301	7			
	3	384.1829	7			
	Mean	386.3402	7			
	SD	2.4525	0			
5	1	494.2932	7	สีเปลี่ยน	ไม่เกิดอิมัลชัน	แยกชั้น
	2	496.6831	7			
	3	494.0148	7			
	Mean	494.9970	7			
	SD	1.4668	0			

ตารางที่ ข.6 น้ำหนักของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักสารเคลือบก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักสารเคลือบหลังอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	3.0253	1.6665	1.1455	1.0543	1.0169	0.9856	0.9503
2	3.0049	1.4594	1.1178	1.0523	1.0170	0.9727	0.9322
3	3.0226	1.4488	1.1526	1.0489	1.0119	0.9729	0.9346
4	3.0177	1.4559	1.1229	1.0247	1.0063	0.9900	0.9623
5	3.0138	1.6261	1.1955	1.0513	1.0096	0.9764	0.9393
Mean	3.0169	1.5313	1.1469	1.0463	1.0123	0.9795	0.9437
SD	0.0080	0.1060	0.0309	0.0122	0.0047	0.0079	0.0125

ตารางที่ ข.7 ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	อัตราการระเหยของแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวหลังเคลือบ อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	44.9146	31.2631	7.9616	3.5474	3.0780	3.5816
2	51.4327	23.4069	5.8597	3.3546	4.3559	4.1637
3	52.0678	20.4445	8.9971	3.5275	3.8541	3.9367
4	51.7546	22.8725	8.7452	1.7956	1.6198	2.7980
5	46.0449	26.4805	12.0619	3.9665	3.2884	3.7997
Mean	49.2429	24.8935	8.7251	3.2383	3.2393	3.6559
SD	3.4658	4.1587	2.2362	0.8373	1.0339	0.5241

ตารางที่ ข.8 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยที่เวลาต่างกัน

ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	กับ	2	12.74 *	1.95	0.001
2	กับ	3	3.33 *	1.95	0.001
3	กับ	1	16.08 *	1.95	0.000
4	กับ	1	17.20 *	1.95	0.000
4	กับ	2	4.46 *	1.95	0.000
4	กับ	3	1.13 *	1.95	0.002
5	กับ	1	18.29 *	1.95	0.000
5	กับ	2	5.55 *	1.95	0.000
5	กับ	3	2.21 *	1.95	0.000
5	กับ	4	1.09 *	1.95	0.000
6	กับ	1	19.48 *	1.95	0.000
6	กับ	2	6.73 *	1.95	0.000
6	กับ	3	3.40 *	1.95	0.000
6	กับ	4	2.27 *	1.95	0.000
6	กับ	5	1.19 *	1.95	0.001

ตารางที่ ข.9 น้ำหนักของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักแผ่นก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักแผ่นหลังอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	6.3813	5.1002	3.8089	3.1135	3.0200	2.9579	2.8840
2	5.9037	4.6202	3.4221	2.8059	2.7474	2.6807	2.6097
3	6.0925	4.8686	3.6062	2.8855	2.8267	2.7665	2.6917
4	6.0627	4.7586	3.5707	2.8696	2.7871	2.7057	2.6419
5	5.8596	4.5719	3.4020	2.7531	2.6835	2.6137	2.5509
Mean	6.0600	4.7839	3.5620	2.8855	2.8129	2.7449	2.6756
SD	0.2055	0.2119	0.1644	0.1379	0.1273	0.1311	0.1272

ตารางที่ ข.10 ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณการระเหยสะสมของแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวหลังเคลือบ อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	20.0758	25.3186	18.2572	3.0031	2.0563	2.4984
2	21.7406	25.9318	18.0065	2.0849	2.4277	2.6486
3	20.0886	25.9294	19.9850	2.0378	2.1297	2.7038
4	21.5102	24.9632	19.6348	2.8750	2.9206	2.3580
5	21.9759	25.5889	19.0741	2.5281	2.6011	2.4027
Mean	21.0782	25.5464	18.9915	2.5057	2.4271	2.5223
SD	0.9240	0.4150	0.8540	0.4417	0.3535	0.1506

ตารางที่ ข.11 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	กับ	2	18.96 *	2.74	0.000
2	กับ	3	9.85 *	2.74	0.000
3	กับ	1	28.80 *	2.74	0.000
4	กับ	1	30.20 *	2.74	0.000
4	กับ	2	11.25 *	2.74	0.000
4	กับ	3	1.40	2.74	0.309
5	กับ	1	31.65 *	2.74	0.000
5	กับ	2	12.69 *	2.74	0.000
5	กับ	3	2.85	2.74	0.092
5	กับ	4	1.44	2.74	0.322
6	กับ	1	33.37 *	2.74	0.000
6	กับ	2	14.42 *	2.74	0.000
6	กับ	3	4.57 *	2.74	0.027
6	กับ	4	3.17	2.74	0.084
6	กับ	5	1.73	2.74	0.347

ตารางที่ ข.12 น้ำหนักของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักสารเคลือบก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักสารเคลือบหลังอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	3.0031	1.3294	0.4846	0.3495	0.3427	0.3385	0.3363
2	3.0061	1.2817	0.4804	0.3504	0.3428	0.3389	0.3368
3	3.0003	1.3242	0.4813	0.3573	0.3460	0.3430	0.3400
4	3.0054	1.3059	0.4897	0.3546	0.3467	0.3430	0.3412
5	3.0058	1.3045	0.4861	0.3549	0.3483	0.3442	0.3420
Mean	3.0041	1.3091	0.4844	0.3533	0.3453	0.3415	0.3393
SD	0.0025	0.0189	0.0038	0.0033	0.0025	0.0026	0.0026

ตารางที่ ข.13 ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	55.7324	63.5475	27.8787	1.9456	1.2256	0.6499
2	57.3634	62.5185	27.0608	2.1689	1.1377	0.6197
3	55.8644	63.6535	25.7636	3.1626	0.8671	0.8746
4	56.5482	62.5010	27.5883	2.2279	1.0672	0.5248
5	56.6006	62.7367	26.9903	1.8597	1.1771	0.6392
Mean	56.4218	62.9914	27.0563	2.2729	1.0949	0.6616
SD	0.6558	0.5649	0.8116	0.5202	0.1400	0.1289

ตารางที่ ข.14 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยที่เวลาต่างกัน

ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศาเซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	กับ	2	27.45 *	0.37	0.000
2	กับ	3	4.36 *	0.37	0.000
3	กับ	1	31.82 *	0.37	0.000
4	กับ	1	32.08 *	0.37	0.000
4	กับ	2	4.63 *	0.37	0.000
4	กับ	3	0.27 *	0.37	0.003
5	กับ	1	32.20 *	0.37	0.000
5	กับ	2	4.74 *	0.37	0.000
5	กับ	3	0.38 *	0.37	0.001
5	กับ	4	0.11	0.37	0.091
6	กับ	1	32.25 *	0.37	0.000
6	กับ	2	4.80 *	0.37	0.000
6	กับ	3	0.44 *	0.37	0.000
6	กับ	4	0.17 *	0.37	0.010
6	กับ	5	0.05	0.37	0.361

ตารางที่ ข.15 น้ำหนักของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตก่อนอบและหลังอบ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	น้ำหนักสารเคลือบก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักสารเคลือบหลังอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	5.7899	4.5658	3.2900	1.8871	1.6062	1.6015	1.5971
2	5.7617	4.3571	3.2973	1.9004	1.6286	1.6241	1.6203
3	5.9812	4.5031	3.2625	1.9357	1.6479	1.6412	1.6377
4	5.7185	4.2950	3.2340	1.9227	1.6288	1.6248	1.6189
5	5.3406	4.0584	2.9331	1.7997	1.5287	1.5248	1.5190
Mean	5.7184	4.3559	3.2034	1.8891	1.6080	1.6033	1.5986
SD	0.2339	0.1987	0.1531	0.0534	0.0467	0.0461	0.0468

ตารางที่ ข.16 ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเคลือบบนแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

ครั้งที่	ปริมาณการระเหยสะสมของแผ่นคอมพอสิตหลังเคลือบ อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (ร้อยละ)					
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
1	21.1420	27.9425	42.6413	14.8853	0.2926	0.2747
2	24.3782	24.3235	42.3650	14.3023	0.2763	0.2340
3	24.7124	27.5499	40.6682	14.8680	0.4066	0.2133
4	24.8929	24.7031	40.5473	15.2858	0.2456	0.3631
5	24.0085	27.7277	38.6417	15.0581	0.2551	0.3804
Mea	23.8268	26.4494	40.9727	14.8799	0.2952	0.2931
SD	1.5384	1.7779	1.6148	0.3641	0.0649	0.0754

ตารางที่ ข.17 เปรียบเทียบรายคู่ปริมาณการระเหยสะสมของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเคลือบ
บนแผ่นคอมพอสิตที่เวลาต่างกัน

ระยะเวลาในการอบที่ 45 องศา เซลเซียส (ชั่วโมง)			$ d $	LSD	p
1	กับ	2	18.63 *	3.85	0.000
2	กับ	3	22.86 *	3.85	0.000
3	กับ	1	41.49 *	3.85	0.000
4	กับ	1	48.70 *	3.85	0.000
4	กับ	2	30.07 *	3.85	0.000
4	กับ	3	7.21 *	3.85	0.004
5	กับ	1	48.89 *	3.85	0.000
5	กับ	2	30.26 *	3.85	0.000
5	กับ	3	7.40 *	3.85	0.003
5	กับ	4	0.19	3.85	0.921
6	กับ	1	49.00 *	3.85	0.000
6	กับ	2	30.37 *	3.85	0.000
6	กับ	3	7.51 *	3.85	0.003
6	กับ	4	0.30	3.85	0.875
6	กับ	5	0.11	3.85	0.955

ตารางที่ ข.18 ปริมาณการระเหยสะสมของแผ่นคอมพอสิตไยมะพร้าวที่เคลือบด้วยการผสมน้ำมันหอมระเหยกับน้ำยางพาราที่รูปแบบในการผสมที่ต่างกัน

ชนิดของตัวอย่าง	ครั้งที่	ปริมาณการระเหยสะสมของแผ่นหลังเคลือบอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (กรัม)					
		1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
น้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยอีมีลชัน	1	24.7771	40.3115	50.2688	51.4206	52.0803	53.6552
	2	21.7406	42.0347	47.2212	49.5672	50.3582	51.2221
	3	20.0886	40.8092	52.6385	53.6036	54.5917	56.8043
	4	21.5102	41.1038	52.6680	54.0287	54.7116	56.4237
	5	21.9759	40.6103	51.3090	52.4968	56.5892	58.8556
	Mean	22.0185	40.9739	50.8211	52.2234	53.6662	55.3922
	SD	1.7082	0.6596	2.2481	1.7985	2.4470	2.9774
น้ำยางพาราผสมน้ำมันหอมระเหยไมโครแคปซูล	1	21.1420	43.1769	67.4070	72.2586	72.3398	72.4676
	2	24.3782	42.7721	67.7109	71.7340	72.0378	72.1697
	3	27.2203	37.3119	61.2837	70.1080	70.2200	70.4056
	4	24.8929	43.4467	66.3775	73.0908	73.3182	73.4738
	5	24.0085	48.0751	66.3015	77.9294	78.1710	78.1073
	Mean	24.3284	42.9566	65.8161	73.0242	73.2173	73.3248
	SD	2.1760	3.8205	2.6084	2.9505	2.9872	2.8933

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธัญลักษณ์ ศรีสุข
วัน เดือน ปีเกิด	26 ธันวาคม 2537
ที่อยู่	อาคารติคอนโด ห้อง 339/12 สาธุประดิษฐ์ 49 แขวงบางโพงพาง เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร 10120
ประวัติการศึกษา	2560 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) การย้อมสีสิ่งทอ 2.) การทดสอบสิ่งทอ 3.) การตกแต่งสิ่งทอ
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2559 - 2560	ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่วางแผนและควบคุมการผลิต
พ.ศ.2558 - ปัจจุบัน	ผู้ช่วยวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยใยธรรมชาติจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา งบประมาณ 2558 การผลิตไบโอฟิล์มจากเปลือกกล้วยเพื่อลดการดูดซับน้ำมัน ในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร บ้านฉาปก ต.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา งบประมาณ 2559 การกำจัดสีย้อมด้วยเม็ดปิดถ่านกัมมันต์จากกะลาแมคคาเดเมีย งบประมาณแผ่นดิน 2559 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกรีนคอมพอสิตไยมะพร้าว งบประมาณเงินรายได้ 2560 การผลิตกรีนคอมพอสิตจากแป้งมันสำปะหลังกับนาโนเซลลูโลส งบประมาณแผ่นดิน 2560 การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวจากกากมะพร้าวเหลือทิ้ง งบประมาณเงินรายได้ 2561 การพัฒนาผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนเกษตรสวนนอก: การพัฒนาผลิตภัณฑ์กากเนื้อมะพร้าวจากกระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าว งบประมาณเงินรายได้ 2561 การกำจัดสัณกะสี ไอออนจากน้ำเสียเส้นด้ายยางยืดโดยใช้เทคนิครวมตะกอนด้วยเคมีและไฟฟ้าเคมี สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ 2561