การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ

Development of Eco-Packaging Using the Composites of Water Hyacinth Fibers, Rice Husk, and Coconut Fibers for Temperature Preservation

ภัทรพร ครุฑสุธา

อดิทัศน เอี่ยมรักษา

ศุภนิดา ธีรชัยเกื้อกูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ

ชื่อ นามสกุล นางสาวภัทรพร ครุฑสุธา
นายอดิทัศน เอี่ยมรักษา
นางสาวศุภนิดา ธีรชัยเกื้อกูล

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ

คณะกรรมการสอบได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ)

.....กรรมการ
(อาจารย์มาโนช หลักฐานดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
วันที่ 10 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2562

ชื่อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ

ชื่อ นามสกุล นางสาวภัทรพร ครุฑสุธา
นายอดิทัศน เอี่ยมรักษา
นางสาวศุภนิดา ธีรชัยเกื้อกูล

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ เพื่อทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์จากโฟม ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยใช้วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 ที่ผ่านการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ใช้กาวไอโซไซยาเนตเป็นตัวประสาน ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเพื่อผลิตบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิ และศึกษาการถ่ายเทความร้อนเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พบว่าวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 เหมาะสมมากที่สุด มีความหนาแน่น 0.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความแข็งแรง 26.76 เมกะปาสกาล ร้อยละความชื้นร้อยละ 3.8 ร้อยละการพองตัวร้อยละ 26.63 ไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อราเมื่ออยู่ในสภาวะแห้งที่อุณหภูมิห้อง และสามารถเก็บความร้อนได้นาน 2 ชั่วโมง และสามารถเก็บกักความเย็น โดยมีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 4 องศาเซลเซียส เป็น 30.7 องศาเซลเซียส ภายใน 2 ชั่วโมง งานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอแนวทางเลือกใหม่ของการนำวัสดุคอมโพสิตจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการรักษาอุณหภูมิ เพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้กล่องโฟม และเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งทางชีวภาพในธรรมชาติ

คำสำคัญ วัสดุคอมโพสิต บรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิ การเก็บกักความร้อน

Thesis title Development of Eco-Packaging Using the Composites of Water Hyacinth Fibers, Rice Husk, and Coconut Fibers for Temperature Preservation

Author Phattaraporn Krutsutha
Aditad Eamrucksa
Supanida Teerachaigeuagool

Degree Bachelor of Science
Major program Environmental Science and Natural Resources
Faculty of Science and Technology
Academic Year 2019

ABSTRACT

The research was to develop environmental packaging from composite materials, hyacinth fiber, rice husk and coconut fiber for temperature preservation to replace the use of foam packaging that cannot be degraded naturally. In the composite materials, water hyacinth fiber, rice husk and coconut fiber at the ratios 7: 1: 2, 1 : 1 : 2 and 1: 1: 1 were extruded by heat using isocyanate glue as a solder and testing the physical and biological properties of composite materials as fiberboard. For testing of temperature preservation of the bio packaging, heat transfer test to obtain the bio-packaging for the environment, the composite materials of fiber, water hyacinth, rice husk and coconut fiber at the ratio of 7 : 1 : 2 was the most appropriate type. Since it had a density of 0.7 grams per cubic centimeter, strength of 26.76 MPa, moisture content of 3.8 percent ages, and swelling of 26.63 percent ages. In dry condition at room temperature, it could store heat for 2 hours and could retain the cold temperature as shown for the temperatures rising from 4 to 30.7 degree Celsius within 2 hours. This research, therefore, presents a new alternative method of natural fiber composite materials application for temperature preservation in order to reduce the use of foam containers and increase cost value to natural bio waste materials.

Keywords: Composite materials, Temperature preserving packaging, Heat retention

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของคณาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ ประธานสอบปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์มาโนช หลักฐานดี กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตลอดจนให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพระคุณอาจารย์มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ และคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่การทำวิจัย ให้คำปรึกษาแนะนำ และอบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณพระคุณอาจารย์สัมภาษณ์ สุวรรณคีรี ที่ได้ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำเรื่องวิธีการผลิตเส้นใยผักตบชวา

ขอขอบพระคุณกรมป่าไม้ ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในการอัดและขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ

ขอขอบพระคุณทุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เพื่อสนับสนุนในการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเป็นกำลังใจ ให้คำชี้แนะ ให้การสนับสนุน ตลอดจนเป็นแรงผลักดัน และกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ภัทรพร ครุฑสุธา
อดิทัศน เอี่ยมรักษา
ศุภนิดา ธีรชัยเกื้อกูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก

Abstract ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญภาพ ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและปัญหาการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ 2

1.3 ขอบเขตโครงการ 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

1.6 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ 5

1.7 ระยะเวลาดำเนินโครงการ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ 7

2.2 คุณสมบัติของผักตบชวา 13

2.3 คุณสมบัติของแกลบ 18

2.4 คุณสมบัติของใยมะพร้าว 19

2.5 วัสดุคอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติ 20

2.6 บรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิ 23

2.7 จุลินทรีย์ธรรมชาติที่พบในอากาศ 26

2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการ

3.1 เครื่องมือ 30
3.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยผักตบชวา 31
3.3 อัตราส่วนผสมวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 34
3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ 36
3.5 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต 40

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปราย

4.1 คุณลักษณะของเส้นใยที่ผ่านกระบวนการแยกเส้นใย 49
4.2 คุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 50
4.3 คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 67
4.4 บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ 81

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 82
5.2 ข้อเสนอแนะ 83

เอกสารอ้างอิง 85

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สูตรคำนวณการอัดขึ้นรูป และการศึกษาคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

ภาคผนวก ข มาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2554)

ภาคผนวก ค คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

ประวัติการศึกษา

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

1.1 ระยะเวลาการดำเนินโครงการและแผนการดำเนินการตลอดโครงการ 6
4.1 ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 55
4.2 ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 56
4.3 ร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 58
4.4 ร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 59
4.5 ความร้อนที่สูญเสียโดยการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง 70
4.6 ความร้อนที่ได้รับโดยการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง 73
4.7 ความร้อนที่ได้รับโดยการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง 76
4.8 ความร้อนที่สูญเสียโดยการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ในระยะเวลา 24 ชั่วโม 79

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

1.1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย 5
2.1 โครงสร้างของเซลลูโลส 11
2.2 โครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส 12
2.3 โครงสร้างลิกนิน 13
2.4 ลำต้นผักตบชวา 14
2.5 ใบผักตบชวา 15
2.6 ดอกผักตบชวา 16
2.7 เมล็ดผักตบชวา 16
2.8 ลักษณะเชื้อ *Rhizopus* sp. 26
2.9 ลักษณะเชื้อ *Penicillium* sp. 27
2.10 ลักษณะเชื้อ *Aspergillus* sp. 28
3.1 การเตรียมเส้นใยผักตบชวา 32
3.2 แกลบ 33
3.3 ใยมะพร้าว 34
3.4 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ 35
3.5 การอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุคอมโพสิตด้วยความร้อน 37
3.6 การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แลบ และใยมะพร้าว 39
3.7 การศึกษาความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต 40
3.8 การศึกษาร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิต 41
3.9 การศึกษาร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิต 42
3.10 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะแห้งของวัสดุคอมโพสิต 43
3.11 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะเปียกของวัสดุคอมโพสิต 43
3.12 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราจำเพาะของวัสดุคอมโพสิต 44
3.13 การศึกษาการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 45
3.14 การศึกษาการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 46
3.15 การศึกษาการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 47
3.16 การศึกษาการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

4.1 ตัวอย่างเส้นใยที่ได้ผ่านกระบวนการแยกเส้นใยและอบจนน้ำหนักคงที่ 50
4.2 แผ่นวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 52
4.3 ลักษณะพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิตจากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ 53
4.4 ความหนาแน่นของแผ่นวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 55
4.5 ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 57
4.6 ร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 58
4.7 ร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว 60
4.8 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราโดยธรรมชาติของวัสดุคอมโพสิต 61
4.9 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราของวัสดุคอมโพสิต เมื่อแช่น้ำ 7 วัน 62
4.10 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อรา *Rhizopus* sp. 63
4.11 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อรา *Penicillium* sp. 65
4.12 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus* sp. 67
4.13 บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 68
4.14 การเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 71
4.15 การเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 74
4.16 การนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 77
4.17 การนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต 80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันวิกฤตการณ์ด้านขยะจากการทิ้งกล่องโฟมมีปริมาณมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีการกระจายตัวของขยะจากกล่องโฟมอยู่ทั่วไปทั้งในพื้นดิน แหล่งน้ำธรรมชาติ แม่น้ำลำคลอง หรือทะเล ซึ่งทำลายทัศนียภาพ ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบด้านมลพิษขยะในระดับต้นๆ ของประเทศจากการใช้เวลาย่อยสลายนานก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และมลพิษอากาศจากการเผาทำลาย ผลกระทบจากปัญหาขยะจากกล่องโฟมยังส่งผลกระทบทางด้านการเป็นอยู่ของประชาชน ด้านสุภาพอนามัย ด้านสาธารณะสุข และปัจจุบันการนำโฟมกลับมาใช้ใหม่ยังไม่เป็นที่นิยม และโฟมบางชนิดไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้

โฟมหรือโฟมพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยใช้สารช่วยการขยายตัว (Blowing agent) เพื่อให้พลาสติกมีลักษณะฟูและเบา มีหลากหลายขนาด กล่องโฟมเป็นบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการขนส่ง และเก็บรักษาสินค้าในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น กล่องโฟมใส่ของสด พืชผัก และผลไม้ทางการเกษตร อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง อุตสาหกรรมสินค้าเหล่านี้ ล้วนเป็นสินค้าอุปโภคระดับต้นๆ ในประเทศ

ผักตบชวาเป็นวัชพืชที่พบทั่วไปตามแหล่งน้ำ เป็นอีกปัญหาหนึ่งสำคัญ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ผักตบชวาลดอัตราการไหลของน้ำ กระทบต่อการระบายน้ำ ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ เป็นสาเหตุของน้ำเน่าเสีย ทำลายทัศนียภาพ เป็นปัญหาในการกำจัดหรือการทำลาย สิ้นเปลืองงบประมาณพื้นที่ฝังกลบ

จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของทีมวิจัยที่ต้องการนำผักตบชวาที่เป็นวัชพืชที่ขึ้นอยู่ตามแหล่งน้ำลำคลอง มาพัฒนาทดแทนการใช้กล่องโฟม ในการนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิที่ทำจากวัสดุคอมโพสิต (Composite) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นกล่องที่ทำจากพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Compostable plastics) เน้นการรักษาสิ่งแวดล้อม ลดการใช้สารเคมี และลดขยะที่ใช้เวลายาวนานในการย่อยสลาย ด้วยคุณสมบัติของความเหนียวและการอุ้มน้ำ ความสามารถในการเก็บกักความร้อนที่ค่อนข้างดี ด้วยเหตุผลนี้จึงนำมาเป็นองค์ประกอบในงานวิจัย เพื่อศึกษาพัฒนาวัสดุเพื่อ

ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ โดยผสมกับวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นอย่าง แกลบ และใยมะพร้าว เพื่อเพิ่มคุณสมบัติการเป็นฉนวน การกักเก็บและคายความร้อน เพื่อใช้งานการเก็บรักษาอุณหภูมิภายในให้คงอุณหภูมิได้นาน ซึ่งควรสามารถรักษาอุณหภูมิได้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

1.2.2 เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิร้อน-เย็น จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ

1.3 ขอบเขตโครงการ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิต เส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ มีขอบเขตการศึกษาดังนี้

1.3.1 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.3.2 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1.3.2.1 ผักตบชวาที่นำมาใช้ในงานวิจัย ต้นผักตบชวาที่มีอายุการเจริญเติบโตตั้งแต่ 4 เดือน นำมาจาก บ้านคลองญี่ปุ่น ต.ไทรงาม อ.บางเลน จ.นครปฐม 73130

1.3.2.2 แกลบ และใยมะพร้าวที่นำมาทำวิจัยนำมาจาก ต.คลองพระอุดม อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.3.3.1 กระดาษลิตมัส

1.3.3.2 เทอร์โมมิเตอร์

1.3.3.3 เครื่องปั่น

1.3.3.4 เครื่องชั่ง

1.3.3.5 เครื่องอัดด้วยความร้อน

1.3.3.6 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของแผ่นวัสดุ

1.3.3.7 กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

1.3.3.8 บีกเกอร์

1.3.4 การทดลอง การตรวจและหลักการในการประเมินคุณภาพดังนี้

1.3.4.1 ศึกษากระบวนการแยกเส้นใยผักตบชวา

1.3.4.2 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

1.3.4.3 ศึกษาและพัฒนาการเก็บรักษาอุณหภูมิร้อนและเย็น ของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว ในระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้น ถึง 24 ชั่วโมง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบกระบวนการทำบรรจุภัณฑ์เก็บอุณหภูมิจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบและใยมะพร้าว ที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ สามารถทดแทนการใช้โฟม

1.4.2 ได้บรรจุภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.4.3 ได้แนวทางการใช้ประโยชน์จากผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว เพื่อเพิ่มมูลค่าอย่างสร้างสรรค์และลดปริมาณการใช้กล่องโฟม

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

วัสดุคอมโพสิต หมายถึง การรวมของวัสดุที่มากกว่าสองประเภทเข้าด้วยกัน โดยมีวัสดุหลักคือเส้นใยผักตบชวา และวัสดุเสริมคือ แกลบ และใยมะพร้าว โดยใช้กาวเป็นตัวผสานรวมกันของวัสดุ

บรรจุภัณฑ์เก็บอุณหภูมิ หมายถึง วัตถุภายนอกที่ทำหน้าที่ปกป้อง หรือห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ภายในไม่ให้เกิดความเสียหาย มีคุณสมบัติพิเศษคือช่วยเก็บรักษาอุณหภูมิ ทั้งความร้อนและความเย็นอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

เส้นใยผักตบชวา หมายถึง วัสดุส่วนลำต้นของผักตบชวาที่มีอายุการเจริญเติบโตตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป ตัดเป็นเส้นสั้นๆ เพื่อการนำไปใช้เป็นวัสดุคอมโพสิตในการผลิตบรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิ

แกลบ หมายถึง เปลือกแข็งของเมล็ดข้าวที่ได้จากการสีข้าว ที่นำมาผสมกับเส้นใยผักตบชวาเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุคอมโพสิตในการผลิตบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการเก็บรักษาอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์

ใยมะพร้าว หมายถึง เส้นใยที่ได้จากส่วนที่เป็นเปลือกชั้นใน ที่อยู่ระหว่างผลและเปลือกชั้นนอกของมะพร้าว เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุคอมโพสิตในการผลิตบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิ

โฟม หมายถึง เป็นบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาอุณหภูมิชนิดตัวควบคุม ที่มาจากพลาสติกฟูที่ขยายตัวด้วยกระบวนการใช้สารขยายตัว (Blowing agent) จนกลายเป็นโฟม มีคุณสมบัติในการรักษาอุณหภูมิร้อนและเย็น

การถ่ายเทความร้อน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิระหว่างสองตำแหน่งผ่านตัวกลางชนิดของเหลวและของแข็ง โดยมีการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิสูงไปอุณหภูมิต่ำ

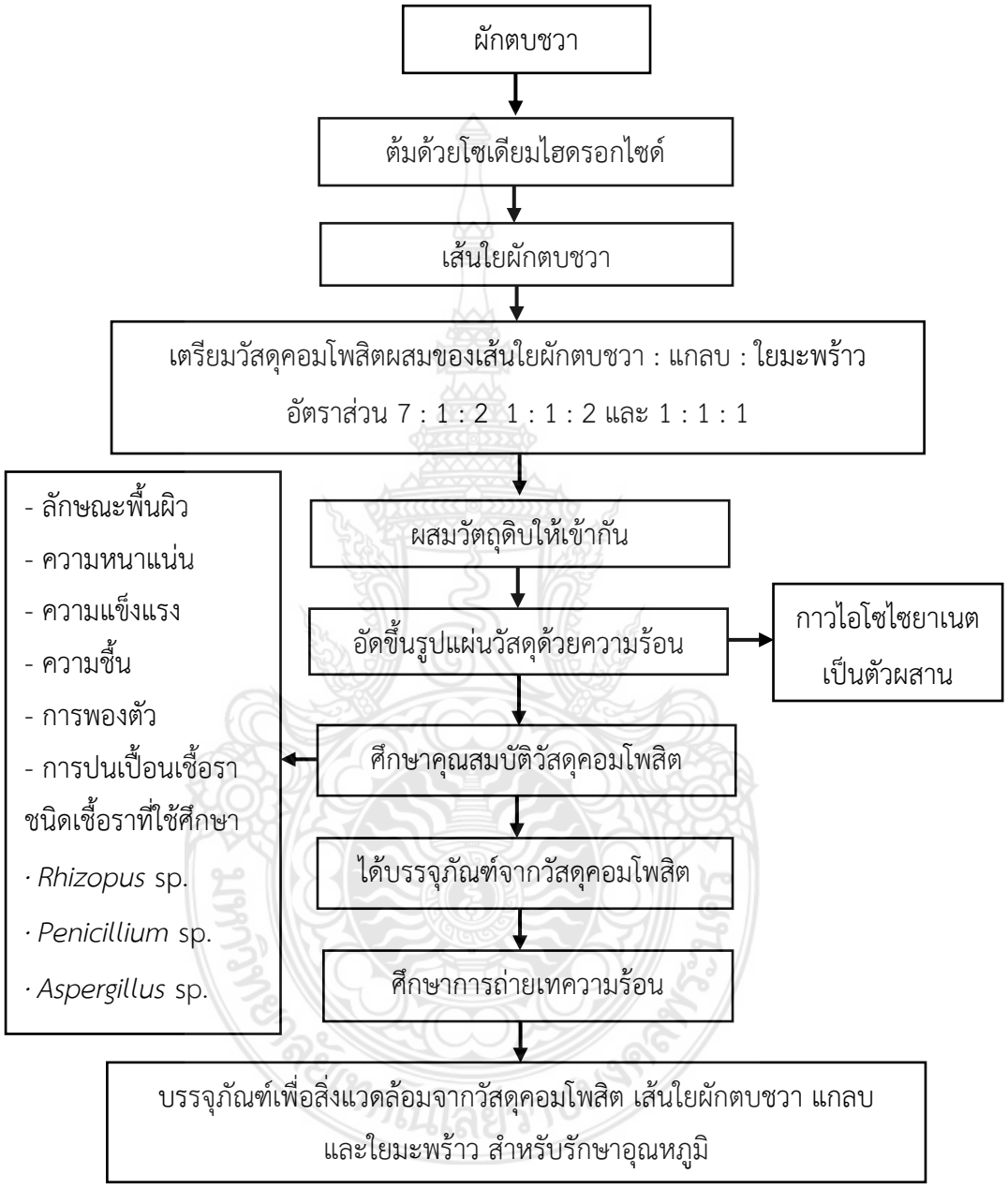
การเก็บกักความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว โดยของเหลวที่ได้รับความร้อนจะเคลื่อนที่พาความร้อนไป ความหนาแน่นของอนุภาคน้อยลง ขยายตัวลอยตัวสูงขึ้นพร้อมทั้งพาความร้อนไป ขณะเดียวกันส่วนอื่นที่ยังไม่ได้รับความร้อนยังมีความหนาแน่นของอนุภาคมากกว่า จะเคลื่อนมาแทนที่เป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนสสารนั้นได้รับความร้อนทั่วกัน

การเก็บกักความเย็น หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากต่ำไปสูง โดยการได้รับความร้อนของสสารผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลว ถ่ายเทความร้อนเข้าไปในสสาร สัมผัสได้ว่าสสารมีความร้อนเพิ่มขึ้น

การนำความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนโดยมีวัตถุของแข็งเป็นตัวกลาง ไม่มีการเคลื่อนที่ของสสาร มีเพียงพลังงานที่ถูกถ่ายโอนไปอย่างต่อเนื่อง จากอุณหภูมิสูงภายในบรรจุภัณฑ์ออกสู่อุณหภูมิต่ำภายนอกบรรจุภัณฑ์ ทำให้อุณหภูมิภายนอกได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น

การนำความเย็น หมายถึง การถ่ายเทความร้อนโดยมีวัตถุของแข็งเป็นตัวกลาง ไม่มีการเคลื่อนที่ของสสาร มีเพียงพลังงานที่ถูกถ่ายโอนไปอย่างต่อเนื่อง จากอุณหภูมิสูงภายนอกบรรจุภัณฑ์เข้าสู่อุณหภูมิต่ำภายในบรรจุภัณฑ์ ทำให้อุณหภูมิภายนอกสูญเสียความร้อน

1.6 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ



ภาพ 1.1 กรอบแนวความคิดของงานวิจัย

1.7 ระยะเวลาดำเนินโครงการ

ตาราง 1.1 ระยะเวลาการดำเนินโครงการและแผนการดำเนินการตลอดโครงการ

การดำเนินงาน	2561							2562	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. สืบค้น รวบรวมข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	→					
2. กระบวนการแยกเส้นใยผักตบชวา และการผสมผักตบชวากับวัสดุคอมโพสิต			←	—	→				
3. กระบวนการขึ้นรูปแผ่นวัสดุด้วยการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน				←	—	→			
4. กระบวนการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นวัสดุ					←	—	→		
5. กระบวนการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิด้วยการอัดด้วยความร้อน					←	—	→		
6. วิเคราะห์คุณสมบัติการเก็บรักษาอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบกับกล่องโฟม						←	—	→	
7. สรุปผลการทดลอง							←	→	
8. จัดทำเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์								←	→

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยเรื่องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ ทีมผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาอ้างอิงในการทำงานวิจัย เพื่อความรู้ในด้านต่างๆ โดยมีหัวข้อความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 คุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ

2.2 คุณสมบัติของผักตบชวา

2.3 คุณสมบัติของแกลบ

2.4 คุณสมบัติของใยมะพร้าว

2.5 วัสดุคอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติ

2.6 บรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิ

2.7 จุลินทรีย์ธรรมชาติที่พบในอากาศ

2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ

2.1.1 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers)

เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุพอลิเมอร์จากธรรมชาติ (Natural polymer) สามารถแบ่งแยกประเภทของเส้นใยได้โดยตามแหล่งกำเนิดของเส้นใย เป็นสองประเภทคือ เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยประดิษฐ์ โดยเส้นใยธรรมชาติสามารถแบ่งย่อยได้เป็นเส้นใยที่มาจากพืช จากสัตว์ และจากแร่ ส่วนเส้นใยประดิษฐ์แบ่งเป็น เส้นใยที่ประดิษฐ์จากธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยที่ประดิษฐ์จากวัสดุอื่นๆ ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย คือ เส้นใยเซลลูโลสจากส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่

2.1.1.1 เส้นใยที่หุ้มเมล็ด (Surface fibers) เช่น ฝ้าย

2.1.1.2 เส้นใยจากเปลือกไม้ (Soft fibers) เช่น ลินิน ปอ

2.1.1.3 เส้นใยจากใบ (Hard fibers) เช่น สับปะรด ป่านศรนารายณ์ กล้วย ย่านลิเภา เส้นใยที่ได้จากสัตว์ซึ่งเป็นสารประเภทโปรตีน เช่น ขนแกะ และเส้นใยจากรังไหม เส้นใยเหล่านี้มีสมบัติทั่วไปคล้ายโปรตีนอื่นๆ คือเมื่อเปียกน้ำจะมีความเหนียว และความแข็งแรงลดลงเมื่อถูกแสงแดดเป็นเวลานาน จะสลายหรือกรอบ (เส้นใยจากธรรมชาติ, 2560)

2.1.2 ประเภทของเส้นใย

เส้นใยจากธรรมชาติมี 4 ประเภท ได้แก่

2.1.2.1 เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ (Natural cellulose fibers)

เส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติเป็นเส้นใยที่ได้จากพืช ได้แก่ ฝ้าย ลินิน ป่าน ปอ โครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ ประกอบด้วยกลุ่มแอนไฮโดรกลูโคสที่เกาะเกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาวโมเลกุลใหญ่ สายโมเลกุลนี้รวมกันจำนวนมากจะเกิดเป็นเส้นใยที่มีความยาวมาก ทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น โซ่โมเลกุลจะยาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลกลูโคส กลูโคสแต่ละหน่วยประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 1.2 และออกซิเจนร้อยละ 49.4

การเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสในบางช่วงเรียงกันเป็นระเบียบเรียบร้อย แต่ในบางช่วงเรียงกันไม่เป็นระเบียบ พันกันไปมา การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลเซลลูโลสทำให้เกิดช่องว่างระหว่างโมเลกุล ทำให้การยึดเกาะระหว่างโมเลกุลน้อย ขาดความแข็งแรง ส่วนโมเลกุลเซลลูโลสที่เรียงตัวกันเป็นระเบียบ เส้นใยมีความแข็งแรงยืดตัวได้น้อย มีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลข้างเคียง ความยาวของหน่วยโมเลกุลเซลลูโลสที่ต่อกันขึ้นอยู่กับชนิดและพื้นฐานดั้งเดิมของเซลลูโลส

โครงสร้างโมเลกุลกลูโคสที่ยึดเกาะกันเป็นสายโมเลกุลเซลลูโลส โมเลกุลกลูโคสมีหมู่ - OH หลายแห่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใยได้ เช่น การทำปฏิกิริยากับสีย้อม การดูดความชื้นโดยหมู่ - OH จับกับโมเลกุลของน้ำที่ผ่านเข้ามาในเส้นใยได้ดี

2.1.2.2 เส้นใยโปรตีนจากธรรมชาติ (Protein fibers)

1) เส้นใยไหม เป็นเส้นใยที่เกิดจากการที่ตัวไหมขับสารชนิดหนึ่งออกมาจากต่อมใกล้ปาก เพื่อสร้างรังห่อหุ้มให้กับตัวเองให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ในการนำรังไหมมาใช้ต้อง

นำมาใช้ก่อนที่ตัวหนอนไหมจะเจาะทะลุรังออกมา เพราะเมื่อไหมทะลุรังออกมาทำให้เส้นใยไหมขาดเป็นท่อนๆ ได้เส้นใยไหมที่คุณภาพต่ำ

2) เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ (Natural protein fibers) เป็นเส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ ใยไหม และใยขนสัตว์ เส้นใยขนสัตว์คือใยที่ได้จากขนที่ปกคลุมตัวสัตว์ ได้จากพวกขนแกะ แพะ อูฐ ลา ม้า แอลปาคา วิคินา ขนจากสัตว์เหล่านี้เรียกว่า Hair fiber และมีขนสัตว์อีกประเภทหนึ่งที่มีขนาดลำตัวเล็ก เช่น ขนมิงค์ กระต่าย บีเวอร์ เส้นใยมีลักษณะอ่อนนุ่ม เรียกว่า Fur fiber

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติประกอบด้วยกรดอะมิโนซึ่งจับกันเป็นโซ่ในรูปของโพลิเปปไทค์ (Polypeptide chains) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน เส้นใยขนสัตว์จะมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ การเรียงตัวของกรดอัลฟาอะมิโน (Alpha amino acid) จะเป็นกากตกอยู่ทั่วไปในระหว่างเส้นใย

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติ มีความหนาแน่นน้อยกว่าเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติมีน้ำหนักเบากว่าเมื่อเทียบในปริมาณที่เท่ากัน เส้นใยโปรตีนคืนตัวและยืดหยุ่นได้ดี ในปัจจุบันเส้นใยโปรตีนธรรมชาติมีการนำมาใช้งานน้อย เนื่องจากมีการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ไนลอน โพลิเอสเตอร์ อะคริลิค ขึ้นมามาก และสามารถสังเคราะห์ให้มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับเส้นใยโปรตีนจากธรรมชาติได้ด้วย

เส้นใยโปรตีนธรรมชาติมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ดี ให้ความอบอุ่นมากกว่าเส้นใยเซลลูโลส เป็นตัวนำไฟฟ้าไม่ดี ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต ละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 เมื่อเดือด ทนต่อกรดได้ดี แต่ไม่ทนต่อการฟอกขาวจากสารประเภทคลอรีน และไม่ทนต่อแสงแดด เมื่อถูกแสงแดดนานๆ จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง เมื่อเส้นใยเปียกชื้นความเหนียวจะลดลงตาม การติดไฟจะลุกไหม้ช้าๆ และดับเองเมื่อเอาออกจากไฟ ขี้เถ้าเป็นเม็ดก้อนกลม แข็ง เปราะง่าย มีกลิ่นไหม้คล้ายเส้นผมคน หรือเนื้อไหม้ไฟ

2.1.2.3 เส้นใยธรรมชาติจากแร่ (Mineral fibers)

1) เส้นใยหิน (Asbestos) เป็นใยธรรมชาติที่แยกจากหินชนิดหนึ่งที่มีสีเขียว เรียกว่า Serpentine หรือ Amphibole rock ลักษณะเป็นชั้นลื่นเหมือนสบู่ ใยหินที่ได้มาจะถูกนำไปทำความสะอาด แยกประเภทตามความยาว จากนั้นถูกส่งต่อไปยังโรงงานสิ่งทอ เส้นใยหินที่ต้องการทำเป็นเส้นใยผ้านั้นจะต้องผสมกับใยผ้าฝ้าย ร้อยละ 5-20 และขนสัตว์ เพื่อปั่นให้เป็นเส้นด้ายและทอเป็นผืนผ้า ผ้าที่ผลิตจากใยหินนั้นมีคุณสมบัติทนไฟ สามารถทอเป็นผ้าได้หลากหลายชนิด

ใช้ทำผ้าม่านกันไฟ ชุดเสื้อผ้ากันไฟที่ใช้สำหรับพนักงานดับเพลิง ผ้าฉนวนป้องกันไฟฟ้า และคุณสมบัติของใยหินคือ แข็งแรง ทนต่อสารเคมีได้ดี และทนความร้อนสูงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ

2) เส้นใยโลหะ (Metallic fibers) หรือเรียกว่าด้ายโลหะ (Metallic yarns) เพราะมีลักษณะเป็นใยยาวเดี่ยว คล้ายริบบิ้น สามารถผลิตขนาดตามต้องการได้ อาจใช้พันสลับกับเส้นด้ายโลหะ มีลักษณะกลม นิยมทำด้วยโลหะแท้ เช่น ทอง เงิน ทองแดง อลูมิเนียม ส่วนใยโลหะสังเคราะห์ทำจากโลหะอลูมิเนียม หรือโลหะหุ้มพลาสติก สารที่พ่นทับโลหะ ได้แก่ สารโพลีเอสเตอร์ เช่น Mylar หรือสารเซลลูโลส มีหลายสี สดใส แวววาว สวยงาม เช่น สีน้ำเงิน สีทอง ถูกผลิตขึ้นเพื่อเลียนแบบโลหะแท้ ใยโลหะหุ้มพลาสติกใช้ประโยชนได้ดีคือ ไม่ดำเมื่อสัมผัสกับอากาศ ความเค็มคลอรีนจากน้ำและต่างจากผงซักฟอก เส้นใยโลหะมีคุณสมบัติคือไม่เหนียว ถูกนำมาใช้ในการตกแต่งเสื้อผ้า ใยโลหะถ้าหุ้มหรือชุบด้วยโพลีเอสเตอร์ เส้นใยมีความเหนียว และทนทานมากขึ้น

2.1.2.4 เส้นใยยางธรรมชาติ (Natural rubber fiber) เส้นใยยางยืดได้มาจากยางธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ การนำเส้นใยยางมาใช้ในเสื้อผ้านั้นมักจะใช้เป็นเส้นแถบยางยืดโดยภายในมีเส้นด้ายหรือเส้นใยประเภทอื่นๆ เช่น เส้นใยฝ้าย เรยอน หรือไนลอน มาหุ้มอยู่โดยรอบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานที่ผ้าที่ใช้ และป้องกันไม่ให้ใยยางเสื่อมคุณภาพเร็วเมื่อถูกความร้อนและแสงแดด

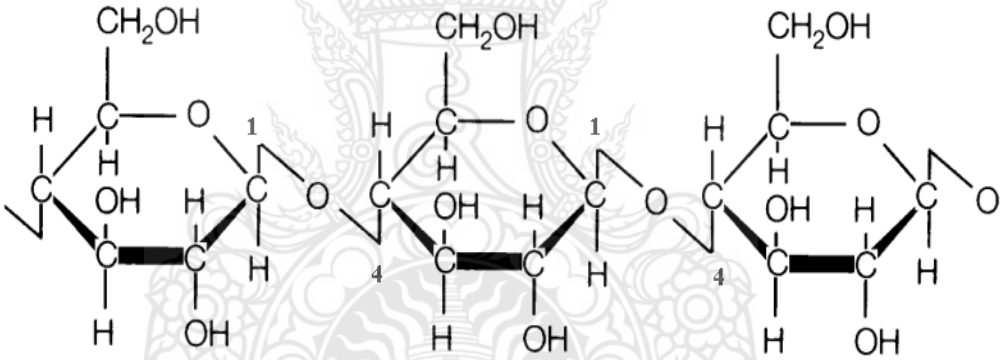
คุณสมบัติที่ดีของเส้นใยยางต่อการนำมาใช้ประโยชน์ คือ สามารถยืดหดได้ดี มีความโค้งงอ มีความคงรูปปานกลาง เหนียวแข็งแรง ทนต่อน้ำและอากาศได้ดี ตัดหรือฉีกขาดยาก ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ใช้ตัดทำชุดอาบน้ำ ผ้าพันกล้ามเนื้อ ผ้าบุรองในรองเท้า ขอบถุงเท้า ถุงมือ และแถบขอบยางยืด เป็นต้น

คุณสมบัติที่ไม่ดีของเส้นใยยางต่อการนำมาใช้ประโยชน์คือ น้ำมันหรือเหงื่อไคลจากร่างกาย และแสงแดด ทำให้ยางเสื่อมคุณภาพจะยืดเสียรูปทรง ใยยางนั้นไม่ทนความร้อน ถ้าความร้อนสูงเกิน 93 องศาเซลเซียส จะเริ่มสลายตัวเมื่อเก็บไว้นานๆความเหนียวจะลดลง การยืดหยุ่นจะเสียไปตามกาลเวลา และสารซักฟอกบางชนิดทำให้เส้นใยเสื่อมคุณภาพได้ (เส้นใยจากธรรมชาติ, 2560)

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติเกิดจากการรวมตัวขององค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของเส้นใย องค์ประกอบของเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่

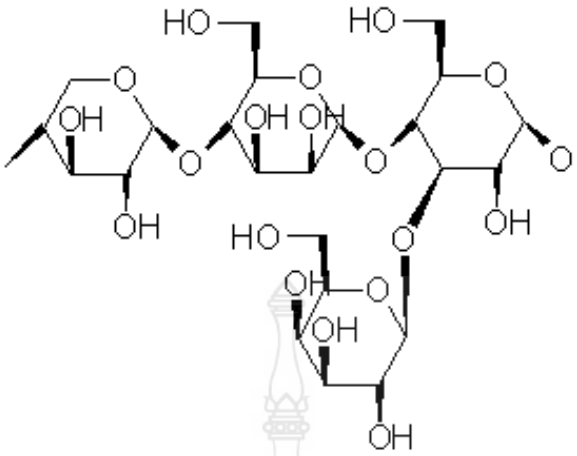
2.1.4.1 เซลลูโลส (Cellulose) ลักษณะเป็นคาร์โบไฮเดรท (Carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ประเภทฮอโมพอลิแซ็กคาไรด์ (Homopolysaccharide) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ตำแหน่งบีต้า-1,4 (b-1,4) เป็นสายยาวซึ่งยาวมากกว่า 2,000 โมเลกุล เซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช (ภาพ 2.1) โดยอยู่รวมกับเฮมิเซลลูโลส และเพกทิน เซลลูโลสจัดเป็นเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ และไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว และของมนุษย์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (ก))



ภาพ 2.1 โครงสร้างของเซลลูโลส

(ที่มา : (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (ก))

2.1.4 2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลของน้ำตาลที่มีจำนวนคาร์บอน 5-6 อะตอมต่อโมเลกุล เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีโครงสร้างแบบกิ่งก้าน (ภาพ 2.2) มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าเซลลูโลส และปริมาณที่พบในเส้นใยมีค่าน้อยกว่าเซลลูโลส หน้าหลักของเฮมิเซลลูโลส คือช่วยยึดโครงสร้างส่วนเซลลูโลสไว้ด้วยกัน ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในการเพิ่มความหนืดในอุตสาหกรรม (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (ข))



ภาพ 2.2 โครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส

(ที่มา : สุรีย์วัลย์ สิทธิจันดา, 2560)

2.1.4.3 ลิกนิน (Lignin) เป็นคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ประเภทใยอาหาร (Dietary fiber) ไม่ให้พลังงาน โครงสร้างโมเลกุลของลิกนินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ขนาดโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลของออกซิจิเนตเตตฟีนิลโพรเพน (Oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000-4,500 ดาลตัน สังเคราะห์จากอนุพันธ์ของแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ได้แก่ คูมาริล (Coumaryl) โคนิเฟอริล (Coniferyl) และไซนาพิล (Sinapyl) ไม่สลายในกรด-ด่างแก่ (ภาพ 2.3) ลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพืช พบในส่วนของผนังเซลล์ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง อยู่ร่วมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เป็นส่วนประกอบของเปลือกซังเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นปริมาณลิกนินจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบมากในผลไม้สุกมากกว่าผลไม้ดิบ (ลิกนิน, ม.ป.ป.)

ลิกนินและอนุพันธ์ของลิกนินมีการนำใช้ประโยชน์หลากหลาย ดังนี้

1) ใช้เป็นสารยึดติด (Adhesives) เช่น สารเชื่อมติด (Binders) สารกันซึม (Waterproofing agent) และสารเคลือบ (Coatings) ในอุตสาหกรรมกระดาษ

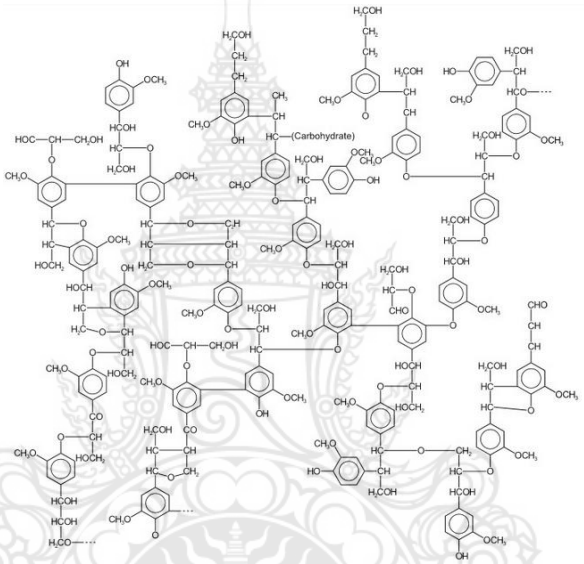
2) ใช้ในด้านเคมีภัณฑ์เกษตร (Agricultural chemicals) เช่น เคมีปรับปรุงดิน เคมีภัณฑ์ควบคุมฝุ่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลงและกำจัดวัชพืช และใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์

3) ใช้ทำเคมีภัณฑ์สำหรับผลิตน้ำให้บริสุทธิ์ และเคมีในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) ใช้ทำเคมีภัณฑ์สำหรับผลิตน้ำให้บริสุทธิ์ และเคมีภัณฑ์

4) ใช้ผสมในซีเมนต์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติ เช่น ช่วยให้การแข็งตัวของซีเมนต์ดีขึ้น เพิ่มความแข็งแรง

5) ใช้ในอุตสาหกรรม ยางเป็นสารเติมแต่ง สารเร่งปฏิกิริยา สารช่วยให้มีการยืด (Elastomer) และสารช่วยให้ความเป็นพลาสติกดีขึ้น (Plasticizer)

6) ใช้เป็นสารช่วยกระจาย (Dispersing agent) มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายอย่างเช่น การกำจัดหมึกในอุตสาหกรรมกระดาษ การชุบเคลือบ และอุตสาหกรรมสิ่งทอ ได้แก่ การฟอกย้อม เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (ค))



ภาพ 2.3 โครงสร้างของลิกนิน

(ที่มา : รายละเอียดข้อมูลสารเคมีชีวภาพประเภทลิกนิน, 2561)

2.2 คุณสมบัติของผักตบชวา

2.2.1 ประวัติของผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชพื้นเมืองของทวีอเมริกาใต้ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศบราซิล ปัจจุบันผักตบชวาเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่เอกสารทางพฤกษศาสตร์ไม่เคยมีบันทึกเรื่องผักตบชวาจนกระทั่งปี พ.ศ. 2367 นักพฤกษศาสตร์และนายแพทย์ชาวเยอรมันชื่อ Karl von Martius ได้พบกับผักตบชวาในขณะที่ทำการสำรวจพันธุ์พืชในบราซิล ในประเทศต่างๆ ของทวีปอเมริกาใต้ ผักตบชวาไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษใดๆ เพราะว่าในถิ่นกำเนิดของของผักตบชวานั้นมีศัตรูธรรมชาติ เช่น แมลง

และศัตรูอื่นๆ คอยควบคุมการระบาด แต่เมื่อถูกนำไปถิ่นกำเนิดอื่น ซึ่งปราศจากศัตรูธรรมชาติ ผักตบชวาจึงเจริญเติบโตออย่างรวดเร็วและทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ประวัติการแพร่กระจายของผักตบชวา จากถิ่นเดิมในอเมริกาใต้ไปยังส่วนต่างๆ ของโลก ในระยะเวลาไม่ถึง 100 ปี ถือเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ควรแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง (ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา, 2560)

2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักตบชวา

ชื่ออื่นๆ : บัวลอย ผักปง ผักตบ ผักปอด ผักป่อง สวะ ผักยะวา ผักอีโยก

ชื่อทางพฤกษศาสตร์ : *Eichlornia crassipes* (Mart.) Solms

ชื่อสามัญ : Water hyacinth, Floating water hyacinth

ชื่อวงศ์ : Pontederiaceae

2.2.2.1 ลำต้นต้นผักตบชวา

ผักตบชวาจัดเป็นพืชน้ำล้มลุกมีอายุหลายฤดู มีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอ ลอยไปตามน้ำ มีการไหล ลำต้นมีลักษณะอวบน้ำ ก้านใบจะพองออกตรงช่องกลาง ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน ช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำ มีความสูงประมาณ 3-90 เซนติเมตร ขนาดของลำต้นขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำ ผิวลำต้นเรียบเป็นสีเขียวอ่อนและเข้ม รากจะแตกออกจากลำต้น บริเวณข้อรากมักมีสีม่วงดำ ซึ่งลำต้นลอยอยู่บนผิวน้ำ หรือบางต้นอาจจะขึ้นอยู่ตามโคลนในที่น้ำตื้น ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี แต่จะไม่ทนน้ำเค็ม ผักตบชวาเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยการแยกกอหรือใช้ไหล พบได้ทั่วไปตามริมน้ำ ดังภาพ 2.4 (ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา, 2560)

ภาพ 2.4 ลำต้นผักตบชวา

2.2.2.2 ใบผักตบชวา

ใบผักตบชวามีลักษณะเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวแตกจากลำต้นออกเป็นกอ รูปร่างใบเป็นรูปไข่ ลักษณะคล้ายใบโพธิ์แต่ขนาดใบกว้างกว่าและปลายใบป้านเล็กน้อย แผ่นใบมีสีเขียวสด มีปลายเส้นโค้งทั้งใบ ก้านใบอวบน้ำ ตรงกลางพองออกเพื่อช่วยให้ลอยตัวอยู่ในน้ำได้ภายในเป็นช่องอากาศคล้ายฟองน้ำ ใบผักตบชวาประกอบด้วยสารแคโรทีนในปริมาณที่ค่อนข้างสูง มีหูใบ ขนาดและความกว้างของใบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ดังภาพ 2.5 (ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา, 2560)

ภาพ 2.5 ใบผักตบชวา

2.2.2.3 ดอกผักตบชวา

ดอกผักตบชวาดอกเป็นสีชมพูอมฟ้าหรือสีม่วง ออกดอกเป็นช่ออยู่กลางกอไม่มีก้านดอก ในช่อหนึ่งจะประกอบไปด้วยดอกขนาดเล็กหลายดอก ประมาณ 3-25 ดอก มีกลีบดอก 6 กลีบ กลีบบนสุดจะมีขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่นๆ และมีจุดหรือแต้มสีเหลืองที่กลางกลีบ กลีบดอกมีลักษณะบาง เมื่อช่อดอกเจริญ ก้านช่อดอกจะค่อยๆ ยาวพองใหญ่ขึ้น ทำให้ภายในที่หุ้มก้านช่อดอกกับก้านใบขาดออก เมื่อก้านช่อดอกเจริญมากขึ้นดันกาบในก้านใบขาด ก้านช่อดอกจะแทงชูช่อดอกเจริญโผล่ขึ้น โดยมีใบเล็กๆ ที่ปลายก้านใบและภายในทำหน้าที่เป็นใบประดับรองรับช่อดอกอีกหนึ่ง เมื่อเจริญเต็มที่แล้วดอกจะบานพร้อมกันหมดทั้งช่อ โดยจะออกดอกช่วงปลายฤดูหนาวถึงต้นฤดูร้อน และเนื่องจากช่อดอกของผักตบชวามีลักษณะคล้ายคลึงกับดอกไฮยาซินธ์ จึงเป็นที่มาชื่อสามัญว่า Water Hyacinth ดังภาพ 2.6 (ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา, 2560)

ภาพ 2.6 ดอกผักตบชวา

2.2.2.4 เมล็ดผักตบชวา

เมล็ดผักตบชวามีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกแบบแคปซูลแห้งและแตกได้ แบ่งออกเป็น 3 พู เมื่อแก่พูตรงกลางจะแตกออก ภายในมีเมล็ดจำนวนมาก ซึ่งเมล็ดมีลักษณะเป็นรูปกลมขนาดเล็ก ดังภาพ 2.7 (ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา, 2560)

ภาพ 2.7 เมล็ดผักตบชวา

(ที่มา : ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา, 2560)

2.2.2.5 ประโยชน์ของผักตบชวา

ผักตบชวามีการนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ดังนี้

1) ใช้ในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ และแก๊สมีเทน

2) ใช้ทำปุ๋ยหมัก สำหรับการปลูกพืชผักต่างๆ เนื่องจากมีโพแทสเซียมอยู่มาก ส่วนฟอสฟอรัสและไนโตรเจนรองลงมา

3) ใช้คลุมต้นไม้ที่ปลูกไว้ให้เกิดความชุ่มชื้น เนื่องจากผักตบชวามีคุณสมบัติ ในการอุ้มน้ำได้ดี

4) ใช้ทำเป็นกระถางต้นไม้ชนิดพิเศษที่เป็นปุ๋ยในตัวเอง โดยต้นกล้าที่จะนำมาเพาะชำสามารถขุดหลุมปลูกได้เลย เพราะกระถางจะย่อยสลายได้เองและเป็นปุ๋ยให้กับพืช

5) ใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับแกลบอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงโดยมีค่าพลังงานความร้อนที่ได้ก็ใกล้เคียงกับแกลบอัด

6) ใช้บำบัดน้ำเสีย เนื่องจากผักตบชวาสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพน้ำ โดยทำหน้าที่เป็นตัวกรองให้ของแข็งหรือสารแขวนลอยต่างๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำถูกสกัดไว้ และราก ผักตบชวาที่มีจำนวนมาก สามารถช่วยกรองสารอินทรีย์และจุลินทรีย์ที่เกาะอาศัยอยู่ที่รากได้

7) ใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จักสานหรือสินค้าอื่นๆเช่น กล่องใส่กระดาษทิชชู ตะกร้าผักตบชวา เก้าอี้ผักตบชวา เปลญวน รองเท้า ถาด แจกันสาน เสื่อผักตบชวา และกระดาษจากผักตบชวา (ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา, 2560)

2.2.3 คุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา

เส้นใยจากผักตบชวาเป็นเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยเซลลูโลส ลักษณะของเส้นใยค่อนข้างหยาบคล้ายลินิน ในตัวเส้นใยจะประกอบด้วยเส้นใยกลวงเล็กๆ เกาะติดกัน โดยส่วนที่พบว่ามีปริมาณเส้นใยค่อนข้างมากจะเป็นในส่วนของลำต้น มีคุณสมบัติเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีรูพรุนจึงมีคุณสมบัติที่ดูดความชื้นได้ดี สามารถทำการแปรรูปจากเส้นใยผักตบชวามาเป็นเส้นด้าย ซึ่งจากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเส้นใยผักตบชวา เนื่องจากเส้นใยเป็นเส้นใยจากธรรมชาติมีรูพรุนสูง มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ดีและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะเปียกชื้น และสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (เส้นใยผักตบชวา, ม.ป.ป.)

2.3 คุณสมบัติของแกลบ

2.3.1 ลักษณะของแกลบ

แกลบ (Rice husk) เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือก ทำให้เกิดเศษของเปลือกข้าวออกมา แกลบที่ได้มีประมาณร้อยละ 22-25 โดยน้ำหนัก เมล็ดข้าวเปลือกมีสีเหลืองทอง สีเหลืองอ่อน สีน้ำตาลแดงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าว แกลบประกอบด้วยสารอินทรีย์ และซิลิกา ปริมาณสารอินทรีย์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ร้อยละ 51 ออกซิเจน ร้อยละ 42 ที่เหลือเป็นไฮโดรเจนและไนโตรเจน ส่วนซิลิกาพบมากบริเวณผิวนอกของแกลบ ทำให้แกลบมีความแข็งสูง สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุขัดผิวได้ ทำให้การสีข้าวเปลือกแต่ละครั้งจะเกิดแกลบจำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันมีการนำแกลบมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในหลายด้านด้วยกัน (แกลบ, ม.ป.ป.)

2.3.2 คุณสมบัติของแกลบ

แกลบ เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งได้จากกระบวนการสีข้าวในแต่ละปี มีปริมาณแกลบสูงถึงประมาณ 5,878.14 พันตัน จากการสำรวจโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2540 แกลบถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ย วัสดุปูรองนอนในโรงเรือนเลี้ยงเป็ดเลี้ยงไก่ และในยุคที่ประเทศมีความต้องการพลังงานสูง แกลบถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนพลังงานจากน้ำมันดิบ จากสถิติการใช้พลังงานในประเทศไทยในรายงานพลังงานของประเทศไทยปี 2539 โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานพบว่าทดแทนพลังงานได้เทียบเท่าน้ำมันดิบ 0.63 ล้านตัน นอกจากนี้ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบสามารถส่งออกขายต่างประเทศได้ ในราคากิโลกรัมละ 3-4 บาท ซึ่งนับว่าเป็นผลพลอยได้นอกเหนือจากการใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน (แกลบ, ม.ป.ป.)

2.3.3 การประยุกต์ใช้แกลบ

ในปัจจุบันแกลบได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ดังนี้

1) ใช้เป็นฉนวนความร้อนป้องกันน้ำแข็งหลอมละลาย

2) ใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในภาคครัวเรือน เช่น เชื้อเพลิงในเตาประหยัดพลังงาน เชื้อเพลิงอัดแท่ง

3) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวล เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องจักรไอน้ำของโรงสีข้าว เชื้อเพลิงโรงงานเครื่องปั้นดินเผา โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น

4) ใช้เป็นวัสดุขัดผิวทั้งในภาคครัวเรือน และอุตสาหกรรม

5) ใช้ในการเผาถ่านเพื่อลดและควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมสำหรับการเผาถ่าน ป้องกันการลุกไหม้เป็นเปลวไฟ

6) ใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง เช่น อิฐบล็อก อิฐมอญ รวมถึงผสมดินเหนียวสำหรับงานก่อสร้างต่างๆ

7) ใช้ในการปรับปรุงดินในหลายด้าน เช่น การปรับปรุงดินเค็ม เพิ่มความร่วนซุยของดิน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และแร่ธาตุอาหารในดิน เป็นต้น

8) ใช้ประโยชน์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ใช้รองพื้นสำหรับฟาร์มไก่หรือสุกร (แกลบ, ม.ป.ป.)

2.4 คุณสมบัติของใยมะพร้าว

2.4.1 ลักษณะของใยมะพร้าว

ใยมะพร้าว เป็นเส้นใยที่ได้จากส่วนที่เป็นเปลือกชั้นในที่อยู่ระหว่างผลและเปลือกชั้นนอก ถือเป็นเส้นใยที่ได้จากเมล็ด (Seed fiber) มะพร้าวเป็นพืชตระกูลปาล์ม สีธรรมชาติของใยมะพร้าวเป็นสีน้ำตาล เส้นใยมะพร้าวมีลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติ คือเป็นเส้นใยที่เหนียว แข็งแรง ทนทาน ทนต่อความชื้นและน้ำได้ดี ทนต่อการขัดสี มีอายุการใช้งานยาวนาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ ใยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่ (ใยมะพร้าว, 2559)

2.4.2 การประยุกต์ใช้ใยมะพร้าว

เส้นใยมะพร้าวมีการนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ดังนี้

1) ใช้ผลิตเป็นวัสดุป้องกันการกระเทือน เหมาะสำหรับสินค้าประเภทเฟอร์นิเจอร์

2) ใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น การใช้เป็นฐานรองเพื่อการยึดเกาะของต้นกล้าและต้นกล้วยไม้ หรือใช้แทนหญ้าและฟางคลุมพื้นดินรอบๆ ต้นไม้เพื่อใช้รักษาความชื้น

3) ใช้ปกคลุมพื้นของสนามกอล์ฟเพื่อเก็บกักความชื้น และรักษาพื้นหญ้าให้เขียว

4) ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันการพังทลายของดินริมตลิ่ง และเขื่อนป้องกันการซัดของคลื่น

5) ใช้ผลิตเชือกเกลียวที่มีความเหนียว แข็งแรง ทนทาน คุณสมบัติใกล้เคียงกับเชือกปอ

6) ใช้ผลิตแปรง ไม้กวาด และพรมเก็บดักฝุ่นภายนอกอาคาร

7) ใช้ผลิตเป็นแผ่นกรองหยาบ เช่น ฝุ่นเหนียว ฟิงโคท สีฝุ่น เรซิ่น กาวยาง

8) ใยมะพร้าวสามารถใช้เป็นส่วนประกอบในการทำปุ๋ย และเชื้อเพลิงชีวมวล

9) ใช้ในการผลิตเป็นส่วนประกอบของอิฐมวลเบา

10) ใช้เป็นวัสดุหลักในสินค้าประเภทที่นอนเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีคุณสมบัติการหมุนเวียนอากาศสูง (ใยมะพร้าว, 2559)

2.5 วัสดุคอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติ

ในปัจจุบันหน่วยงานองค์กรต่างๆ ที่ให้ความสนใจและใส่ใจสิ่งแวดล้อมทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ ได้มีการสนับสนุนส่งเสริมมาตรการกำหนด ข้อกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงได้มีการนำวัสดุจากธรรมชาติมาใช้กันมากขึ้นเช่นเดียวกัน

วัสดุคอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติมีบทบาทสำคัญในการนำมาใช้ผลิตวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต เป็นสารเสริมแรงแทนเส้นใยสังเคราะห์โดยวัตถุดิบสามารถหาได้ทั่วไปในประเทศไทย บางชนิดเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร วัสดุคอมโพสิตที่ได้จะมีน้ำหนักเบา ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับผลิตภัณฑ์ ไม่เป็นอันตรายผู้ผลิตและผู้บริโภค มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ส่วนข้อเสียของวัสดุเส้นใยธรรมชาติคือ ไม่ทนความร้อน ไม่คงทน มีการดูดซึมความชื้น จึงต้องมีการปรับปรุงผิวของวัสดุคอมโพสิต ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

การเติมสารเสริมแรง เพื่อเพิ่มสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน สารเติมแต่งให้ขึ้นรูปได้ง่าย เช่น การเพิ่มความหล่อลื่น เพิ่มความเสถียร สารเพิ่มความแข็งแรง การนำวัสดุเส้นใยธรรมชาติที่เหมาะสมมาใช้ขึ้นรูปเป็นวัสดุคอมโพสิต ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง เช่น ต้นทุนของการผลิตผลิตภัณฑ์ แหล่งผลิตของวัสดุเช่น ใยกัญชงมีแหล่งผลิตปลูกมากในบริเวณภาคเหนือของประเทศ ผักตบชวาพบมากในบริเวณหนองบึง แม่น้ำลำคลอง เส้นใยหลายชนิดพบได้โดยทั่วไปในประเทศไทย วัสดุแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ใยมะพร้าว มีสมบัติความยืดหยุ่น ความเหนียวแข็งแรง มีความทนทาน อายุการใช้งานนาน การขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ในเส้นใยธรรมชาติบางชนิดมีการขึ้นรูปได้ไม่ดีเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเส้นใยคอมโพสิตมากเกินไป การใส่เส้นใยให้มีการกระจายตัวให้อยู่ในเฟสของยางธรรมชาติทำการกระจายตัวพลังงานลดลง เพราะเส้นใยจะเข้าไปลดความสามารถในการเคลื่อนที่อย่างอิสระของโมเลกุลยางธรรมชาติ (สมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอไทย, 2560)

2.5.1 ลักษณะของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติ

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติได้ถูกเลือก เป็นตัวเลือกสำคัญที่ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer composite) แบ่งชนิดของวัสดุพอลิเมอร์คอมโพลิตที่ใช้งานอุตสาหกรรมได้ 2 ประเภท วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ เป็นแนวทางที่สำคัญถูกนำมาใช้เป็นวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตแบ่งชนิดของวัสดุพอลิเมอร์คอมโพลิตที่ใช้งานอุตสาหกรรมได้ 2 ประเภท

2.5.1.1 คอมโพสิตจากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยยูคาลิปตัส ใยกัญชง หญ้าแฝก ใยไผ่ เส้นใยจากไม้ยางพารา ใยปอ ป่านศรนารายณ์ เส้นใยผักตบชวา ใยสับปะรด ใยกล้วย เป็นต้น

วัสดุที่มาจากธรรมชาติสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานดังนี้

1) เส้นใยถูกนำมาใช้งานโดยตรง ได้แก่ ใยกัญชง ใยปอ ใยสับปะรด ใยกล้วย ใยไผ่ ป่านศรนารายณ์ ผักตบชวา ฯลฯ

2) เศษของวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติ ได้แก่ ชานอ้อย ฟางข้าว ซางข้าวโพด ขุยมะพร้าว หญ้าแฝก ฯลฯ

2.5.1.2 คอมโพสิตจากวัสดุสังเคราะห์ ได้แก่ เส้นใยพอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีน (HDPE) (สมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอไทย, 2560)

2.5.2 หลักการทำวัสดุคอมโพสิต

วัสดุคอมโพสิตเป็นการรวมกันของสารตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ขั้นตอนการทำคอมโพสิตคือการนำเอาโครงสร้างทางเคมีหรือโครงสร้างเส้นใยตั้งแต่สองชนิดที่แตกต่างกันมาผสมกันในเมทริกซ์ (Matrix) วัสดุที่ทำหน้าที่เป็นแกนหลัก และวัสดุอีกชนิดที่ทำหน้าที่เป็นเฟสที่กระจายตัวอยู่ (Dispersed phase) ในเมทริกซ์นั้น หรือเรียกว่าเป็นเฟสเสริมแรง ซึ่งมีผลต่อสมบัติคอมโพสิต เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุคอมโพสิต เช่น เส้นใยชนิดหนึ่งมีข้อดีไปใช้ทดแทนข้อด้อยของเส้นใยอีกชนิดหนึ่งได้ทั้งปริมาณ การจัดเรียงตัวของเส้นใยที่แตกต่างกัน การยึดติดระหว่างกันของเส้นใยและเมทริกซ์ ผลจากงานวิจัยอัตราส่วนเส้นใยธรรมชาติมีบทบาทสำคัญในการนำมาใช้ในการผลิตวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตเป็นสารเสริมแรงแทนเส้นใยสังเคราะห์ วัสดุเหล่านี้มีอยู่โดยทั่วไปในประเทศไทย บางชนิดก็เป็นวัสดุเหลือใช้จากงานด้านการเกษตร การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จึงเป็นส่วนสำคัญ ทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้วยวัสดุหาได้ง่าย ราคาถูก เป็นการเพิ่มปริมาณการผลิต เพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับผลิตภัณฑ์ วัสดุคอมโพสิตที่ได้จะมีน้ำหนักเบา ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และผู้ผลิต สามารถเป็นฉนวนกันความร้อน ย่อยสลายง่าย ส่วนข้อด้อยของวัสดุ

เส้นใยธรรมชาติคือมีความไม่คงที่ ไม่ทนความร้อน ความแข็งแรงไม่สูงมาก การดูดซึมความชื้น จึงต้องมีการปรับปรุงผิวของวัสดุคอมโพสิต ให้เหมาะสมกับการใช้งาน (สมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอไทย, 2560)

2.5.3 โครงสร้างของวัสดุคอมโพสิตผลิตภัณฑ์

การทำให้ยึดเกาะติดกันระหว่างเส้นใยธรรมชาติหรือในการก่อรูปเป็นวัสดุผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธีการ ดังนี้

2.5.3.1 การดัดแปรพื้นผิวของเส้นใย

วิธีการดัดแปรพื้นผิวของเส้นใยสามารถดัดแปรทางเคมีและทางกายภาค มีผลทำให้สามารถปรับปรุงการยึดติดระหว่างเส้นใยและเมทริกซ์ได้ เนื่องจากการเพิ่มความขรุขระของพื้นผิวของเส้นใยและการเพิ่มแรงตึงผิวของเส้นใยได้

2.5.3.2 การดัดแปรเมทริกซ์

การดัดแปรเมทริกซ์ เป็นการนำวัสดุจากธรรมชาติที่มีสมบัติทางด้านความยาวเป็นตัวหลักมาผสมเพื่อให้คอมโพสิตมีความแข็งแรง หรือยืดหยุ่นตัวดีขึ้น

2.5.3.3 การใส่สารช่วยให้เข้ากัน

การเติมสารเสริมแรง เพื่อเพิ่มสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน สารเติมแต่งให้ขึ้นรูปได้ง่าย เช่น การเพิ่มความหล่อลื่น เพิ่มความเสถียร สารเพิ่มความแข็งแรง การเกิดค่ามอดูลัส การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (สมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอไทย, 2560)

2.5.4 ปัจจัยการเลือกใช้วัสดุคอมโพสิต

การนำวัสดุเส้นใยธรรมชาติที่เหมาะสมมาใช้ขึ้นรูปเป็นวัสดุคอมโพสิต ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงคือ ต้นทุนของการผลิตผลิตภัณฑ์ แหล่งผลิตของวัสดุ เช่น ผักตบชวาพบมากในบริเวณหนองบึง แม่น้ำลำคลอง เส้นใยหลายชนิดพบได้โดยทั่วไปในประเทศไทย วัสดุแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ใยมะพร้าวมีคุณสมบัติความยืดหยุ่น มีความเหนียว แข็งแรง มีความทนทาน อายุการใช้งานค่อนข้างนาน การขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ในเส้นใยธรรมชาติบางชนิดมีการขึ้นรูปได้ไม่ดีเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเส้นใยคอมโพสิตมากเกินไป เช่น การใส่เส้นใยให้มีการกระจายตัวให้อยู่ในเฟสของยางธรรมชาติทำการกระจายตัวพลังงานลดลง เพราะเส้นใยจะเข้าไปลดความสามารถในการเคลื่อนที่อย่างอิสระของโมเลกุลยางธรรมชาติ (สาวิตรี ปานเพียร และ กัญฐณา พงษ์พุฒ, 2561)

2.6 บรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิ

บรรจุภัณฑ์มีบทบาทสำคัญในขั้นตอนสุดท้ายที่ทำหน้าที่ช่วยรักษาคุณภาพสินค้าให้คงอยู่ได้นาน ซึ่งทำหน้าที่ปกป้องสินค้าหรือวัตถุดิบจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การสัมผัสกับอากาศ ความชื้น และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป วัตถุประสงค์หลักที่สำคัญ คือ การยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารให้ยาวนานขึ้น และสามารถรักษาคุณภาพ

ผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการแปรรูปและการบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจัดส่งแต่ละครั้งมีคุณภาพคงที่ ซึ่งบรรจุภัณฑ์ไม่สามารถเพิ่มคุณภาพของสินค้า แต่สามารถรักษาคุณค่าของสินค้าให้อยู่ได้นานมากขึ้น (บรรจุภัณฑ์อาหาร, 2541)

2.6.1 ลักษณะของบรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิ

บทบาทของบรรจุภัณฑ์เป็นเครื่องมือในการช่วยรักษาคุณค่าของอาหาร และทำหน้าที่ในการรักษาคุณภาพอาหารหรือผลิตภัณฑ์ ทำหน้าที่เป็นตัวกั้นผลิตภัณฑ์ไม่ให้สัมผัสกับบรรยากาศภายนอก บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่ในการปกป้องผลิตภัณฑ์จากสิ่งเหล่านี้ไม่ให้สัมผัสกับอากาศ

คุณสมบัติการป้องกันทางกายภาพ

2.7.1.1 การรั่ว การหลุดรอดของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาเป็นสิ่งที่ไม่ควรเกิดขึ้น ซึ่งจะเกิดจากการปิดผนึกที่ไม่แข็งแรงพอที่จะรองรับแรงกระแทกหรือแรงดันทะลุระหว่างการส่ง อีกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในแถบประเทศเขตร้อน คือการทำลายบรรจุภัณฑ์ที่เกิดจากการชอนไชของแมลงทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ในเวลาต่อมา

2.7.1.2 การซึมผ่านวัสดุ การซึมผ่านของผลิตภัณฑ์อาจเกิดขึ้นได้ทั้งในสถานะของเหลวหรือในสภาวะที่เป็นก๊าซ ในกรณีของเหลวมีการรั่วซึมส่วนมากจะพบเห็นที่รอยปิดผนึกและรอยเชื่อมของบรรจุภัณฑ์ทั่วๆ ไป (บรรจุภัณฑ์อาหาร, 2541)

2.6.2 คุณสมบัติในการรักษาอุณหภูมิ

คุณสมบัติการถ่ายเทพลังงาน

การถ่ายเทพลังงานมีพลังงาน 2 ประเภท ที่สามารถถ่ายเทผ่านบรรจุภัณฑ์เข้าไปถึงผลิตภัณฑ์ได้ คือ แสงและความร้อน พลังงานทั้ง 2 ประเภทนี้อาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี และเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุเกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ภายในบรรจุภัณฑ์ได้เร็วขึ้น

2.6.2.1 แสง ผลิตภัณฑ์หลายชนิดมีความไวต่อแสงซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี และส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์อาหารซีดลง สูญเสียวิตามิน และเกิดการแปรสภาพของกรดอะมิโน

2.6.2.2 ความร้อน การส่งผ่านความร้อนเกิดขึ้นในรูปแบบของการแผ่รังสี การนำพาความร้อน และการเหนี่ยวนำความร้อน การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเสี่ยงต่อความร้อนสูงจำต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ระหว่างการเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย (บรรจุภัณฑ์อาหาร, 2554)

2.6.2.3 การพา (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัย อากาศหรือของเหลว เป็นตัวกลาง ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งกำเนิด จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและลอยตัวขึ้น และจะมีอากาศหรือของเหลวส่วนอื่น ไหลที่เย็นกว่าเข้ามาแทนที่ส่วนที่ลอยขึ้นไป ก่อนที่จะได้รับความร้อน และลอยตัวขึ้นไป เกิดเป็นวัฏจักรในการถ่ายเทความร้อน หมุนเวียนต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา (สุรศักดิ์ ไวทยวงศ์สกุล, ม.ป.ป.)

2.6.3 วัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิ

2.6.3.1 โฟม

บรรจุภัณฑ์โฟม ถูกผลิตขึ้นโดยการนำเม็ดพลาสติกมาเติมสารเร่งฟู จำพวกไฮโดรคาร์บอน เช่น เพนเทน ฟรีออน แล้วผ่านกระบวนการให้ความร้อน เมื่อความร้อนถึงจุดหนึ่งสารเร่งฟูจะเกิดการสลายตัวเป็นก๊าซ เกิดการพองตัวแทรกตามจุดต่างๆ ในเนื้อพลาสติก ทำให้เกิดเป็นโพรง จากนั้นนำมารีดอัดเป็นแผ่นโฟมดิบ แล้วผ่านขั้นตอนการบ่ม โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 36 วัน เพื่อให้โฟมเกิดการพองตัวมีความนุ่มและยืดหยุ่นอย่างถาวร และเนื่องจากโฟมมีคุณสมบัติที่เด่นตรงที่มีความหนาแน่นต่ำ มีความยืดหยุ่นป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี มีขั้นตอนขึ้นรูปทรงต่างๆ ง่ายใช้เงินทุนไม่สูงมาก บรรจุภัณฑ์โฟมนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยเฉพาะสำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยใช้กล่องโฟมเป็นภาชนะบรรจุอาหารเนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว ซึ่งการนำภาชนะโฟมบรรจุอาหารจำเป็นต้องระมัดระวัง เนื่องจากการสัมผัสกับอาหารร้อนจัดเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้ภาชนะเสียรูปและอาจหลอมละลายจนมีสารสไตรีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งออกมาปนเปื้อนกับอาหารที่บรรจุอยู่ได้

ข้อดีของบรรจุภัณฑ์โฟมคือ น้ำหนักเบาช่วยประหยัดค่าขนส่ง มีความยืดหยุ่นช่วยป้องกันการกระแทก หรือกระทบกระเทือนที่อาจเกิดกับผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง หาซื้อง่ายราคาไม่แพง พื้นผิวเรียบดูสะอาดและน่าใช้ สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิร้อนและเย็นของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ ไม่ดูดน้ำและน้ำมัน มีความเป็นกลางและปลอดภัยในการสัมผัสอาหาร

ข้อเสียของบรรจุภัณฑ์โฟม คือ ไม่เหมาะกับการใช้บรรจุอาหารร้อนจัด หรืออาหารที่เป็นน้ำมันล้วนๆ โฟมเป็นบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียวทิ้งการนำไปใช้บรรจุอาหารใหม่จะไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค ฝุ่นเกาะติดได้ง่าย จึงต้องระมัดระวังในการเก็บรักษา รัฐบาลควรมีมาตรการการทำลายบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วเหล่านี้ก่อนที่ในอนาคตปริมาณการใช้บรรจุภัณฑ์โฟม ที่เพิ่มสูงขึ้นจะก่อให้เกิดปัญหามลภาวะเป็นพิษได้ (มยุรี ภาคลำเจียก, 2552)

2.6.3.2 ขวดดีวาร์ (Dewar flask)

อุปกรณ์รักษาอุณหภูมิมีเรียกตามชื่อของเซอร์เจมส์ ดีวาร์ (Sir James Dewar) ผู้ประดิษฐ์ขวดชนิดนี้เมื่อปี ค.ศ. 1892 ภายในขวดดีวาร์จะมีชั้นของสุญญากาศบางๆ คั่นอยู่ระหว่างผิวด้านนอก กับผิวด้านในของขวด มีคุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทอุณหภูมิ ได้ดีที่สุด ตัวขวดทำจากแก้ว โลหะหรือพลาสติกที่ทนแรงกดได้ดีและฉาบด้วยโลหะเพื่อลดการดูดกลืนความร้อน ขวดชนิดนี้ในระยะแรก ถูกใช้ในการเก็บแก๊สเหลว (Liquid gas) ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ก่อนจะเริ่มมีการผลิต เพื่อจำหน่ายในการใช้งานทั่วไปเมื่อปี ค.ศ. 1904 (สุรศักดิ์ ไวทยวงศ์สกุล, ม.ป.ป.)

2.6.3.3 กระติก สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิทั้งร้อนและเย็น เนื่องจากกระติกทุกใบมีผนังแยกเป็น 2 ส่วน คือ ผนังชั้นนอก กับผนังชั้นในอากาศอยู่ระหว่างสองส่วน จะถูกดูดออกให้เป็นสุญญากาศ ซึ่งความร้อนความเย็นไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ เมื่อเราใส่อาหารที่เป็นของร้อนหรือเย็นเข้าไปแล้วปิดฝา ฝากระติกจะถูกดูดปิดไว้ด้วยสุญญากาศโดยรอบ อากาศในกระติกจะไม่สามารถแทรกทะลุผ่านสุญญากาศออกมาได้ จึงรักษาอุณหภูมิไว้ได้ตลอดจนกระทั่งเมื่อคุณเปิดฝาออกไอความร้อนความเย็น จึงกระจายออกมาภายนอกทำให้อาหารที่คุณเก็บไว้ภายในมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลง (กระติกเก็บความร้อนความเย็นได้อย่างไร, 2556)

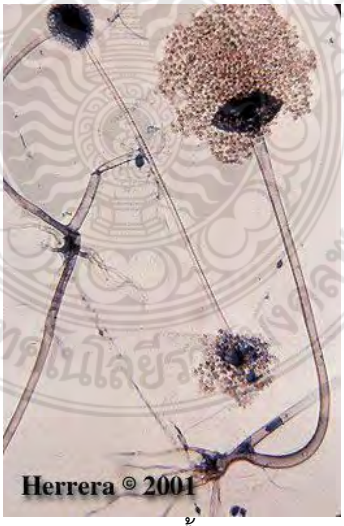
2.6.3.4 ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ คือ ฉนวนสะท้อนความร้อนที่มีลักษณะผิวมันวาว มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ สามารถป้องกันความร้อนได้โดยการสะท้อนรังสีความร้อนออกไปก่อนที่ความร้อนจะเข้ามาสะสมในเนื้อวัสดุ อีกทั้งลักษณะของฉนวนที่เป็นแผ่นบางทำให้ฉนวนไม่เกิดการสะสมความร้อน คุณสมบัติของฉนวนประเภทอลูมิเนียมฟอยล์ที่สำคัญอีก คือ การที่ฉนวนสามารถแผ่รังสีความร้อนออกมาได้น้อย (คุณสมบัติฉนวนกันความร้อนอลูมิเนียมฟอยล์, 2560)

2.7 จุลินทรีย์ธรรมชาติที่พบในอากาศ

รา หรือ เชื้อรา (Mold) คือ จุลินทรีย์ในกลุ่มฟังไจ (Fungi) ราเจริญได้ในภาวะที่มีอากาศเท่านั้น จึงพบราบริเวณผิวหน้าของอาหาร ซึ่งราเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสีย แต่ในอุตสาหกรรมอาหารนำรามาใช้ประโยชน์เพื่อการหมัก ราไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ไม่มีคลอโรฟิลล์ ต้องได้รับพลังงานและสารอาหารจากแหล่งอาหารอื่นด้วยการออกซิไดส์สารอินทรีย์ ดูดซับสารจากสิ่งแวดล้อม หรือเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) พบในเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) หรือ ไคติน (Chitin) รามีลักษณะเป็นเส้นใย หรือไฮฟา (Hypha) เส้นใยของรามีหน้าที่ยึดติดกับอาหาร และสืบพันธุ์ รวมทั้งสร้างอวัยวะสืบพันธุ์ คือสปอร์ (Spore) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (ง))

2.7.1 *Rhizopus* sp.

Rhizopus เป็นชื่อจีนัสของเชื้อรา (Mold) ซึ่งเป็นฟังไจในไฟลัม Zygomycota เป็นราแบบเส้นใยไม่มีผนังกั้น สร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศคือ สปอร์แรงจิโอปอร์ (Sporangiospore) รวมกันอยู่ใน Sporangium ที่มีรูปร่างกลม ที่ฐานของสปอร์แรงจิโอสปอร์ (Sporangiophore) เป็นก้านชูสปอร์ มีไรซอยด์ (Rhizoid) คือ ส่วนประกอบของเชื้อรามีลักษณะคล้ายรากพืชยื่นออกมาเพื่อยึดให้ติดกับผิวอาหารและช่วยดูดซึมอาหารด้วย และสโตลอน (Stolon) ซึ่งเป็นเส้นใยที่เชื่อมสปอร์แรงจิโอปอร์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (จ))

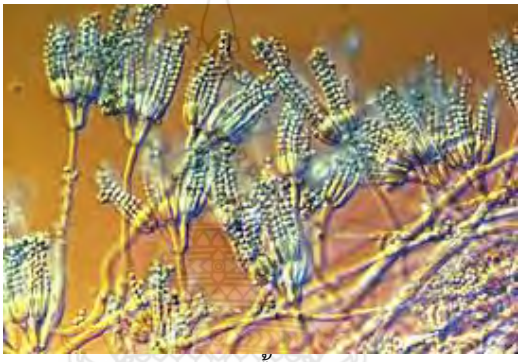


ภาพ 2.8 ลักษณะเชื้อ *Rhizopus* sp.

(ที่มา : (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (จ))

2.7.2 *Penicillium* sp.

Penicillium เป็นชื่อจีนัสของเชื้อราชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในอาณาจักรฟังไจ เป็นราที่พบได้ทั่วไปทุกหนทุกแห่ง มีชื่อเรียกกันว่า Green Mold และ Blue Mold ตามสีสปอร์ของรา สปอร์แบบไม่อาศัยเพศของ *Penicillium* เป็นแบบ Codinia และเป็นสาเหตุทำให้อาหารเสีย เช่น ผลไม้ อาหารกึ่งแห้ง แต่นำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารหมัก เช่น เนยแข็ง (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป.(ฉ))



ภาพ 2.9 ลักษณะเชื้อ *Penicillium* sp.
(ที่มา : เพนิซิเลียม *Penicillium*, 2556)

2.7.3 *Aspergillus* sp.

Aspergillus เป็นชื่อจีนัสของเชื้อราชนิดหนึ่งที่มีความหลากหลายมากกว่า 100 สายพันธุ์ พบทั่วไปในในสิ่งแวดล้อม เป็นสาเหตุทำให้อาหารเสีย ทั้งเนื้อสัตว์ น้ำนม ผักผลไม้ เพราะสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด เช่น เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ย่อยโมเลกุลของสตาร์ชให้เป็นน้ำตาล เอนไซม์โปรตีเอส (Protease) ย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้เป็นกรดแอมิโน และเชื้อราบางสายพันธุ์ยังสร้างสารพิษ (Mycotoxin) ซึ่งเป็นอันตรายในอาหาร

ลักษณะทั่วไปจัดเป็นราในกลุ่ม Ascomycetes เป็นเชื้อราที่พบในรูปของการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและแบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ จะสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศเรียกว่า Condinia ไฮฟา (Hyphae) เป็นแบบไม่ผนังกั้น มีเส้นใยแตกแขนง เส้นใยของเชื้อราไม่มีสี แต่ละส่วนที่กั้นแล้วมีนิวเคลียสหลายอัน ก้านชูสปอร์ (Conidiophore) เกิดจาก Foot cell ก้านชูสปอร์อาจมีผนังกั้นหรือไม่มี ที่ส่วนปลายของก้านชูสปอร์จะโป่งออกเป็น เวสซิเคิล (Vesicle) และมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็นสเตอริกมา (Sterigma) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (ช))

ภาพ 2.10 ลักษณะเชื้อ *Aspergillus* sp.

(ที่มา : (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป. (ช))

2.8 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรสลีนา จาราแว (2559) ได้ศึกษาการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติ โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยหญ้าคา ใยมะพร้าว กาบกล้วย ฟางข้าว และกาบหมาก ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวผสานให้วัสดุสามารถยึดติดแผ่นฉนวนที่ผลิต มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ มีขนาด 15 x 15 x 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการทดสอบพบว่าฉนวนกันความร้อนฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.020-0.021 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถนำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อน

ฐิติวัลคุ์ เลื่อมกาญจนพันธ์ (2555) ได้ศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงความร้อน ของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกช้างโดยใช้กาวโพลิเมอริคเมทิลีนไดฟีนิลไดไอโซไซยาเนตเป็นสารยึดติดผ่านกระบวนการอัดร้อน แผ่นที่ผลิตได้นั้นมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบขนาด 350 x 350 x 350 มิลลิเมตร การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดพบว่าสมบัติเชิงกายภาพ คือปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น สมบัติเชิงกลคือ ความต้านทานแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึง ตั้งฉากกับผิวหน้าเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ผลทดสอบสมบัติเชิงความร้อนพบว่า เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนเพิ่มขึ้น แผ่นฉนวนกันความร้อนที่มีความหนาแน่น 200-400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าการนำความร้อนในช่วง 0.0438-0.0606 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ใช้วัสดุต่างชนิดกัน เช่นฟางข้าว เส้นใยก้านฝ้าย โดยพิจารณาที่ความหนาแน่นเดียวกัน

พบว่าแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยของต้นกกช้าง มีการนำความร้อนที่ต่ำกว่า เห็นว่าแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตได้มีสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบภายในอาคารเพื่อกันความร้อน ช่วยอนุรักษ์พลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

กาญจนา ลือพงษ์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนากระดาษผักตบชวาเพื่องานบรรจุภัณฑ์ เป็นการนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ เพิ่มปริมาณด้วย สับปะรด และกล้วย โดยทดลองเตรียมเส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเพิ่มสารคุณสมบัติด้านการกระจายเยื่อ และสารเพิ่มความแข็งแรงกระดาษที่มีคุณสมบัติต่อการนำไปใช้งานในบรรจุภัณฑ์ได้ มีองค์ประกอบปริมาณเส้นใยผักตบชวา ร้อยละ 70 เส้นใยสับปะรด ร้อยละ 10 เส้นใยกล้วย ร้อยละ 20 เพิ่มคุณสมบัติด้านการกระจายตัวด้วยสาร Acramin เพิ่มความแข็งแรงด้วยน้ำถ่านกัมมันต์ กระดาษที่ได้มีคุณสมบัติเทียบเท่ากระดาษคราฟท์ เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเป็นกล่องสินค้าสำเร็จรูป

สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล (2560) ได้ศึกษาวิธีการป้องกันการเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์ผักตบชวาได้เป็นเวลานาน ปลอดภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม วิธีการไม่ยุ่งยาก และได้รับการจดอนุสิทธิบัตร โดยการนำก้านผักตบชวาแห้งที่เป็นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ มาล้างน้ำให้สะอาดผึ่งน้ำให้พอหมาด จากนั้นนำก้านผักตบชวาแช่ลงในสารละลายโซเดียมเบนโซเอต หรือสารกันบูด ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง แล้วนำก้านผักตบชวาไปผึ่งลมให้แห้งสนิท จึงนำไปจักสานเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

การศึกษาวิจัยพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) สำหรับรักษาอุณหภูมิ ด้วยวิธีการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน และศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต และพัฒนาบรรจุภัณฑ์รักษาอุณหภูมิร้อนและเย็น โดยทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์จากโฟมที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

3.1 เครื่องมือ

3.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยผักตบชวา

3.3 ปริมาณส่วนผสมวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

3.5 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติวัสดุคอมโพสิต

3.1 เครื่องมือ

3.1.1 วัสดุ

3.1.1.1 เส้นใยผักตบชวา

3.1.1.2 แกลบ

3.1.1.3 ใยมะพร้าว

3.1.1.4 กาวไอโซไซยาเนต

3.1.4.5 กาวลาเท็กซ์

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.2.1 ตู้อบลมร้อน

3.1.2.2 เครื่องชั่ง

3.1.2.3 เครื่องปั่น

3.1.2.4 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.2.5 กระดาษลิตมัส

3.1.2.6 บีกเกอร์

3.1.2.7 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของแผ่นวัสดุ

3.1.2.8 ปืนฉีดกาว

3.1.2.9 เครื่องอัดด้วยความร้อน

3.1.2.10 เครื่องผสมกาว

3.1.2.11 เลื่อยไฟฟ้า

3.1.2.12 เครื่องขัดไม้

3.1.2.13 ปืนยิงตะปู

3.1.2.14 เวอร์เนีย คาลิปเปอร์

3.1.2.15 กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

3.1.2.16 เดซิเคเตอร์

3.1.2.17 กล่องโฟม

3.1.3 สารเคมี

3.1.3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)

3.1.3.2 โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate)

3.1.4 สถานที่ทดลอง

3.1.4.1 ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

3.1.4.2 ห้องปฏิบัติการวัสดุทดแทนไม้จากเศษไม้และเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

3.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยผักตบชวา

3.2.1 ขั้นตอนการเก็บผักตบชวาและการเตรียมเส้นใยผักตบชวา

1) เก็บต้นผักตบชวา ดังภาพ 3.1 ก) ที่มีอายุการเจริญเติบโตตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป

2) ตัดเฉพาะส่วนลำต้นผักตบชวาหั่นให้ได้ขนาด 2 เซนติเมตร ดังภาพ 3.1 ข)

3) นำผักตบชวาที่หั่นมาต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร จนได้เส้นใยผักตบชวา ดังภาพ 3.1 ค)

4) ล้างเส้นใยผักตบชวาด้วยน้ำเปล่า ดังภาพ 3.1 ง)

5) วัดค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัสให้ได้ pH 7 ดังภาพ 3.1 จ)

6) แช่เส้นใยผักตบชวาในสารละลายโซเดียมเบนโซเอต 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันเชื้อรา เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

7) นำเส้นใยที่ได้ไปตากแดดจนแห้ง

8) อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ดังภาพ 3.1 ฉ)

9) ปั่นเส้นใยผักตบชวาที่แห้งด้วยเครื่องปั่น ดังภาพ 3.1 ช)

10) นำไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ (แห้งสนิท)

ก) เก็บต้นผักตบชวา

ข) หั่นต้นผักตบชวา

ค) ต้มผักตบชวาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ง) ล้างเส้นใยผักตบชวาด้วยน้ำเปล่า

ภาพ 3.1 การเตรียมเส้นใยผักตบชวา

จ) วัดค่า pH

ฉ) อบเส้นใยผักตบชวาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ช) ปั่นเส้นใยผักตบชวาให้ละเอียด

ภาพ 3.1 การเตรียมเส้นใยผักตบชวา (ต่อ)

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมแกลบ

นำแกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกมาตากแดดให้แห้งสนิท ดังภาพ 3.2

ภาพ 3.2 แกลบ

3.2.3 การเตรียมใยมะพร้าว

ตัดใยมะพร้าวให้สั้นขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร

ภาพ 3.3 ใยมะพร้าว

3.3 อัตราส่วนผสมวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

3.3.1 นำเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว ผสมกันในอัตราส่วนดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ผักตบชวา (WF)

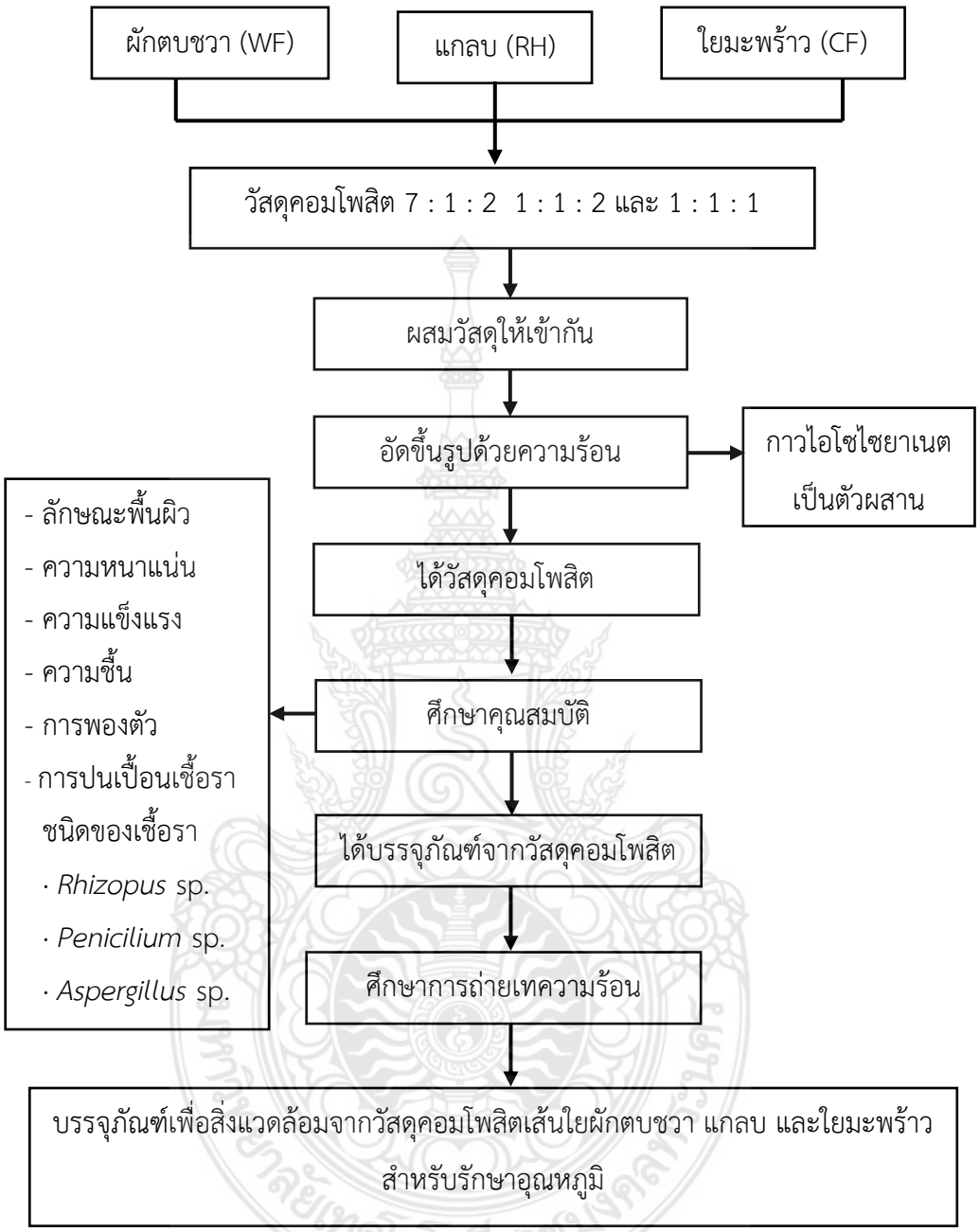
ตัวอย่างที่ 2 แกลบ (RH)

ตัวอย่างที่ 3 ใยมะพร้าว (CF)

ตัวอย่างที่ 4 WF : RH : CF (7 : 1 : 2)

ตัวอย่างที่ 5 WF : RH : CF (1 : 1 : 2)

ตัวอย่างที่ 6 WF : RH : CF (1 : 1 : 1)



ภาพ 3.4 ขั้นตอนการผลิตบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ

3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

3.4.1 ขั้นตอนการอัดด้วยความร้อน

1) คำนวณอัตราส่วนวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าวกับกาว และความหนาแน่นของแผ่นวัสดุ ดังภาคผนวก ก ข้อ 1

2) ชั่งน้ำหนักวัสดุคอมโพสิต และกาวไอโซไซยาเนต ตามที่คำนวณไว้ ดังภาพ 3.5 ก) นำวัสดุเข้าเครื่องผสมกาว และนำกาวมาใส่ปืนฉีดกาว

3) เปิดวาล์วถังลมเพื่อใช้ลมในการฉีดกาวเข้าเครื่องผสมกาวและเปิดเครื่องผสมกาว 3 - 5 นาที เมื่อฉีดกาวจนหมดให้ปิดเครื่องผสมกาว ดังภาพ 3.5 ข)

4) นำแผ่นเหล็กรองอัดวางลงบนโต๊ะ และวางทับด้วยแผ่นเทปลอนนำบล็อกแม่พิมพ์ขนาด 25 × 25 เซนติเมตร วางทับบนแผ่นเทปลอน และนำวัสดุที่ผสมกาวมาโรยใส่ในบล็อก ดังภาพ 3.5 ค) เมื่อเสร็จนำแผ่นไม้กดลงบนวัสดุที่ใส่ลงไปแล้วนำบล็อกออก ดังภาพ 3.5 ง)

5) นำเทปลอนวางลงบนวัสดุ ดังภาพ 3.5 จ) นำแผ่นเหล็กลองอัดทับลงไปตามลำดับ ดังภาพ 3.5 ฉ) และนำแท่งเหล็กที่ใช้กำหนดความหนาของแผ่นวัสดุ วางลงบนแผ่นรองอันด้านล่างทั้งสองข้าง (ซ้าย-ขวา) ดังภาพ 3.5 ช)

6) เปิดเครื่องอัดร้อนตั้งอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและความดัน 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ยกไฮดรอลิกขึ้น เมื่อความดันถึงที่ตั้งค่าไว้ ตั้งเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลาแล้วนำวัสดุคอมโพสิตออกจากเครื่องดังภาพ 3.5 ซ)

7) นำแผ่นวัสดุที่อัดออกจากเทปลอนและแผ่นรองอัดมาปรับสภาพเพื่อให้มีการคืนตัวทางด้านความหนาและให้ยึดตัวของกาวสมบูรณ์เมื่อแผ่นเย็นตัวลง ดังภาพ 3.5 ญ)

8) นำแผ่นที่อัดร้อนเสร็จมาวางบนตะแกรงที่สามารถระบายอากาศ ให้แผ่นวัสดุเย็น ดังภาพ 3.5 ฎ)

ก) ชั่งน้ำหนักกาว

ข) ฉีดกาวเข้าเครื่องผสม

ค) นำวัสดุมาโรยใส่ในบล็อกไม้

ง) นำแผ่นไม้กดลงบนวัสดุแล้วนำบล็อกออก

จ) นำแผ่นเทปลอนวางลงบนวัสดุ

ฉ) นำแผ่นเหล็กวางลงบนแผ่นเทปลอน

ภาพ 3.5 การอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุคอมโพสิตด้วยความร้อน

ช) นำแท่งเหล็ก ใส่ข้างซ้ายและขวา

ซ) เปิดเครื่องอัด

ญ) นำแผ่นเทปลอนออกจากวัสดุคอมโพสิต

ฎ) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตมาวางบนตะแกรง

ภาพ 3.5 การอัดขึ้นรูปแผ่นวัสดุคอมโพสิตด้วยความร้อน (ต่อ)

3.4.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

1) ตัดแผ่นวัสดุคอมโพสิตให้ได้ขนาด 20 × 20 เซนติเมตร ด้วยเลื่อยไฟฟ้าความเร็วสูง ดังภาพ 3.6 ก)

2) เตรียมแผ่นวัสดุคอมโพสิต ขนาด 20 × 20 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร ดังภาพ 3.6 ข) จำนวน 1 แผ่น สำหรับทำพื้นบรรจุภัณฑ์

3) เตรียมแผ่นวัสดุคอมโพสิต ขนาด 20 × 20 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น ขนาด 18 × 20 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น เพื่อประกอบเป็นด้านข้างของบรรจุภัณฑ์ โดยใช้กาวลาเท็กซ์เป็นตัวประสาน ดังภาพ 3.6 ค) และใช้ปืนยิงตะปูยิงประกอบบรรจุภัณฑ์ ดังภาพ 3.6 ง)

4) เตรียมแผ่นวัสดุคอมโพสิต ขนาด 20 × 20 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น เพื่อทำฝากล่องโดยติดบานพับ ขนาด 1 นิ้ว ที่ฝาบรรจุภัณฑ์ และตัวบรรจุภัณฑ์ให้เรียบร้อย ดังภาพ 3.6 จ)

ก) ตัดแผ่นวัสดุคอมโพสิต

ข) แผ่นวัสดุคอมโพสิตขนาด 20 × 20 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร

ค) ทากาวลาเท็กซ์

ง) ยิงตะปูติดประกอบบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

จ) ติดบานพับฝากบรรจุภัณฑ์

ภาพ 3.6 การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

3.5 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต

3.5.1 การศึกษาความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิต

1) ชั่งน้ำหนักของแผ่นวัสดุคอมโพสิต

2) วัดความกว้าง ความยาว และความหนา แผ่นวัสดุคอมโพสิต

3) คำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิต ดังภาคผนวก ก ข้อ 2

3.5.2 การศึกษาความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต

1) วัดความกว้าง และความหนาของแผ่นวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 3.7 ก) และ ข)

2) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตวางลงบนแท่นรองรับ ดังภาพ 3.7 ค)

3) ปรับให้แรงกดลงกึ่งกลางของแผ่นวัสดุ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ ดังภาพ 3.7 ง)

4) คำนวณค่าความสามารถการทนต่อแรงดัดสูงสุด ดังภาคผนวก ก ข้อ 3

ก) วัดความกว้าง

ข) วัดความหนา

ค) นำวางแผ่นวัสดุคอมโพสิตวางลงบนเครื่อง

ง) เปิดเครื่องให้แรงกดลงกึ่งกลางแผ่นวัสดุคอมโพสิต

ภาพ 3.7 การศึกษาความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต

3.5.3 การศึกษาร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิต

1) ชั่งน้ำหนักแผ่นวัสดุคอมโพสิต และบันทึกค่าน้ำหนักของชิ้นวัสดุ ดังภาพ 3.8 ก)

2) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตมาอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้น้ำหนักคงที่ ดังภาพ 3.8 ข)

3) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตออกจากเตาอบ มาใส่ในเดซิเคเตอร์เพื่อให้ชิ้นวัสดุเย็นตัวลงและไม่ดูดความชื้นเข้าไป ดังภาพ 3.8 ค)

4) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตออกจากเดซิเคเตอร์ มาชั่งน้ำหนักโดยแห้ง จดบันทึกน้ำหนักของชิ้นวัสดุ

5) คำนวณร้อยละความชื้น ดังภาคผนวก ก ข้อ 4

ก) ชั่งน้ำหนักแผ่นวัสดุคอมโพสิต

ข) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตเข้าตู้อบลมร้อน

ค) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตใส่เดซิเคเตอร์

ภาพ 3.8 การศึกษาร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิต

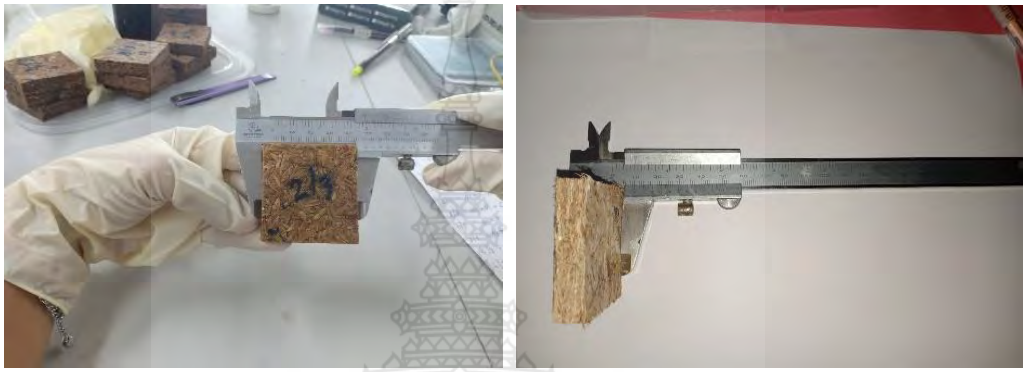
3.5.4 การศึกษาร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิต

1) วัดความกว้าง และความหนาของชิ้นวัสดุ ดังภาพ 3.9 ก)

2) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ดังภาพ 3.9 ข)

3) วัดความกว้าง และความหนาของวัสดุคอมโพสิตหลังแช่น้ำ

4) คำนวณร้อยละการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ภาคผนวก ก ข้อ 5



ก) วัดขนาดของแผ่นวัสดุคอมโพสิต

ข) นำวัสดุคอมโพสิตแช่น้ำในอุณหภูมิห้อง

ภาพ 3.9 การศึกษาร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิต

3.5.5 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราของวัสดุคอมโพสิต

3.5.5.1 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะแห้งของวัสดุคอมโพสิต

1) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตวางลงในถาด ที่อุณหภูมิห้อง ดังภาพ 3.10 ก)

2) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทุกวัน เป็นเวลานาน 7 วัน

3) สังเกตการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิวของแผ่นวัสดุคอมโพสิต โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ดังภาพ 3.10 ข)

ก) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตวางลงในถาด ที่อุณหภูมิห้อง

ข) สังเกตการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

ภาพ 3.10 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะแห้งของวัสดุคอมโพสิต

3.5.5.2 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะเปียกของวัสดุคอมโพสิต

1) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตใส่ลงในถุงพลาสติก เติมน้ำปริมาตร 20 มิลลิลิตร ดังภาพ 3.11 ก)

2) มัดถุงพลาสติกให้หลวมๆ เพื่อให้อากาศสามารถเข้าได้ วางที่อุณหภูมิห้อง ดังภาพ 3.11 ข)

3) บันทึกการเปลี่ยนแปลงทุกวัน เป็นเวลานาน 7 วัน

4) สังเกตการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิวของแผ่นวัสดุคอมโพสิต โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

ก) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตใส่ลงในถุงพลาสติก เติมน้ำ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

ข) มัดถุงพลาสติกให้หลวมๆ เพื่อให้อากาศสามารถเข้าไปได้ วางที่อุณหภูมิห้อง

ภาพ 3.11 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะเปียกของวัสดุคอมโพสิต

3.5.5.3 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราจำเพาะของวัสดุคอมโพสิต

โดยศึกษากับเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Rhizopus* sp. *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. ซึ่งมีขั้นตอนในการทดลองเหมือนกัน ดังต่อไปนี้

1) เติมน้ำกลั่นลงในถุงพลาสติก ขนาด 8 × 16 นิ้ว ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2) นำลูปเขี่ยเชื้อราลงในถุงพลาสติก ที่เตรียมสปอร์ที่ความเข้มข้น 10^6 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังภาพ 3.12 ก) แล้วมัดถุงหลวมๆ เพื่อให้อากาศเข้าได้

3) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตแช่ในถุงพลาสติกที่มีสารละลายของเชื้อรา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังภาพ 3.12 ข)

4) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตขึ้นจากสารละลายของเชื้อรา และแยกใส่ถุงพลาสติกใหม่ที่ขนาดเท่าเดิม ดังภาพ 3.12 ค)

5) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทุกวัน เป็นเวลานาน 7 วัน และสังเกตการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิวของแผ่นวัสดุคอมโพสิต โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

ก) ใช้ลูปเขี่ยเชื้อราใส่ในถุงพลาสติก

ข) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตแช่ในสารละลายของเชื้อรา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ค) นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตแยกใส่ถุงใหม่ และสังเกตการปนเปื้อนเชื้อรา

ภาพ 3.12 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราจำเพาะของวัสดุคอมโพสิต

3.5.6 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

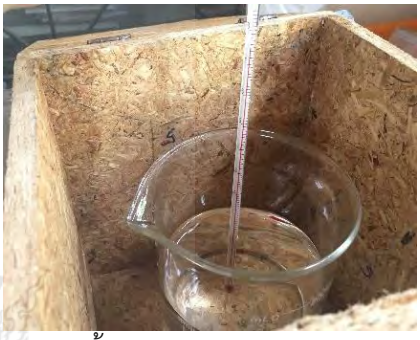
3.5.6.1 การเก็บกักความร้อน

1) นำบีกเกอร์ใส่ลงในบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 3.13 ก)

2) เติมน้ำอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ดังภาพ 3.13 ข)

3) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และวัดอุณหภูมิน้ำในบีกเกอร์ เป็นเวลา 0.25 ชั่วโมง 0.5 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลองที่ได้ ดังภาพ 3.13 ค)

ก) นำบีกเกอร์ใส่ลงในบรรจุภัณฑ์



ข) เติมน้ำอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ค) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และวัดอุณหภูมิน้ำในบีกเกอร์เป็นเวลา 0.25-24 ชั่วโมง

ภาพ 3.13 การศึกษาการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

3.5.6.2 การเก็บกักความเย็น

1) นำบีกเกอร์ ใส่ลงในบรรจุภัณฑ์ ดังภาพ 3.14 ก)

2) เติมน้ำอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ดังภาพ 3.14 ข)

3) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และวัดอุณหภูมิน้ำในบีกเกอร์ เป็นเวลา 0.25 ชั่วโมง 0.5 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลองที่ได้ ดังภาพ 3.14 ค)

ก) นำบีกเกอร์ใส่ลงในกล่องบรรจุภัณฑ์

ข) เติมน้ำอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ค) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และวัดอุณหภูมิน้ำในบีกเกอร์

ภาพ 3.14 การศึกษาการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

3.5.6.3 การนำความร้อน

1) นำกล่องโฟมวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำลงในกล่องโฟม ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ดังภาพ 3.15 ก)

2) ห่อบรรจุภัณฑ์ด้วยถุงพลาสติก และวางในกล่องโฟมที่มีน้ำ ดังภาพ 3.15 ข)

3) นำบีกเกอร์วางลงในบรรจุภัณฑ์ เติมน้ำอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ปิดฝาบรรจุภัณฑ์และกล่องโฟม ดังภาพ 3.15 ค)

4) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และวัดอุณหภูมิน้ำในกล่องโฟม เป็นเวลา 0.25 ชั่วโมง 0.5 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลองที่ได้ ดังภาพ 3.15 ง)

ก) เติมน้ำลงในกล่องโฟม
ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ข) ห่อบรรจุภัณฑ์ด้วยถุงพลาสติก
และวางในกล่องโฟมที่มีน้ำ

ค) เติมน้ำอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส
ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์

ง) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
และวัดอุณหภูมิน้ำในกล่องโฟม

ภาพ 3.15 การศึกษาการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

3.5.6.4 การนำความเย็น

1) นำกล่องโฟมวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำลงในกล่องโฟม ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ดังภาพ 3.16 ก)

2) ห่อบรรจุภัณฑ์ด้วยถุงพลาสติก และวางในกล่องโฟมที่มีน้ำ ดังภาพ 3.16 ข)

3) นำบีกเกอร์วางลงในบรรจุภัณฑ์ เติมน้ำอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปิดฝาบรรจุภัณฑ์และกล่องโฟม ดังภาพ 3.16 ค)

4) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และวัดอุณหภูมิน้ำที่อยู่ในกล่องโฟม เป็นเวลา 0.25 ชั่วโมง 0.5 ชั่วโมง 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลองที่ได้ ดังภาพ 3.16 ง)

ก) เติมน้ำลงในกล่องโฟม
ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

ข) ห่อบรรจุภัณฑ์ด้วยถุงพลาสติก และวางใน
กล่องโฟมที่มีน้ำ

ค) เติมน้ำอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส
ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์

ง) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
และวัดอุณหภูมิน้ำในกล่องโฟม

ภาพ 3.16 การศึกษาการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

จากการศึกษาเรื่องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ ได้ทำการเตรียมวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 โดยศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต ได้แก่ ลักษณะพื้นผิว ความหนาแน่น ความแข็งแรง ร้อยละความชื้น ร้อยละการพองตัว และการปนเปื้อนเชื้อรา เพื่อนำมาผลิตบรรจุภัณฑ์แล้วศึกษาการถ่ายเทความร้อน ซึ่งมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

4.1 คุณลักษณะของเส้นใยที่ผ่านกระบวนการแยกเส้นใย

4.2 คุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

4.3 คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

4.4 บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เก็บรักษาอุณหภูมิ

4.1 คุณลักษณะของเส้นใยที่ผ่านกระบวนการแยกเส้นใย

เส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) ที่ผ่านกระบวนการแยกเส้นใย เพื่อนำไปผลิตเป็นวัสดุคอมโพสิตจากเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว พบว่าเส้นใยมีลักษณะดังนี้

4.1.1 เส้นใยผักตบชวา เส้นใยผักตบชวาได้จากการแยกเส้นใยออกจากต้นผักตบชวา ได้ผ่านการต้ม และอบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และนำไปปั่นให้เส้นใยแตกเป็นเส้นสั้น เพื่อนำไปเป็นวัสดุคอมโพสิต พบว่าเส้นใยมีสีครีมปนน้ำตาล รวมตัวกันเป็นก้อน ไม่แยกตัวออกจากกัน ดังภาพ 4.1 ก)

4.1.2 แกลบ แกลบได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือก เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ มีสีเหลือง ภายในมีช่องว่าง ถูกนำไปใช้โดยไม่มีการตัดหรือบด ดังภาพ 4.1 ข)

4.1.3 ใยมะพร้าว ใยมะพร้าวได้จากเปลือกของมะพร้าว นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ พบว่าน้ำหนักก่อนอบและหลังอบไม่แตกต่างกัน มีสีน้ำตาลเข้ม เส้นใยร่วน แยกตัวจากกัน ดังภาพ 4.1 ค)

ก) WF

ข) RH

ค) CF

ภาพ 4.1 ตัวอย่างเส้นใยที่ได้ผ่านกระบวนการแยกเส้นใยและอบจนน้ำหนักคงที่
WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

4.2 คุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) จากการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน เพื่อพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตสำหรับรักษาอุณหภูมิ โดยการศึกษาลักษณะพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิต ความหนาแน่น ความแข็งแรง ร้อยละความชื้น ร้อยละการพองตัว การปนเปื้อนเชื้อราที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในสิ่งแวดล้อม และชนิดของเชื้อรา จำเพาะ 3 ชนิด ได้แก่ *Rhizopus* sp. *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.2.1 ลักษณะของวัสดุคอมโพสิตจากเส้นใยผักตบชวาแกลบ และใยมะพร้าว

วัสดุคอมโพสิตจากเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) เมื่อถูกผลิตขึ้นในสภาวะอัดด้วยความร้อน โดยมีกาวไอโซไซยาเนตเป็นตัวประสาน ด้วยเครื่องอัดร้อนวัสดุชีวภาพที่ความร้อน 150 องศาเซลเซียส และความดัน 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 โดยศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต ก่อนการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต มีลักษณะที่ได้ดังนี้

1) สภาพพื้นผิวจากการสังเกตเห็น

- เส้นใยผักตบชวา (WF) จากการสังเกตพบว่า ลักษณะของแผ่นวัสดุคอมโพสิตมีสีครีมปนน้ำตาล เป็นสีของเส้นใยผักตบชวา มองเห็นเส้นใยที่ซ้อนทับกัน เมื่อสัมผัสผิวของวัสดุมีลักษณะเรียบ ดังภาพ 4.2 ก)

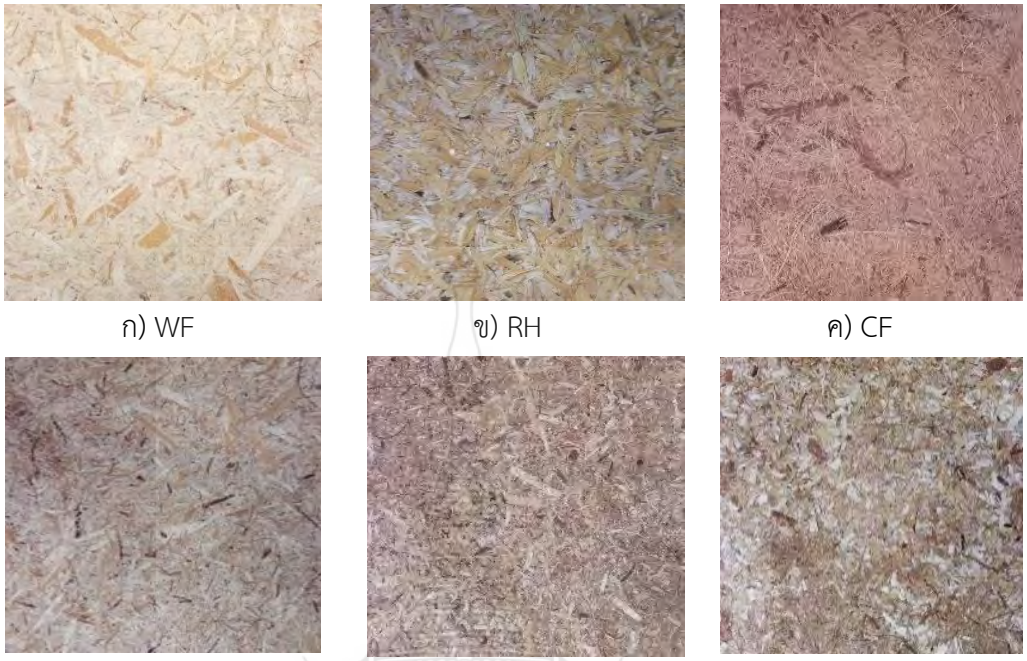
- แกลบ (RH) จากการสังเกตพบว่า ลักษณะของแผ่นวัสดุคอมโพสิตมีสีครีมปนน้ำตาลมองเห็นมีลักษณะวัสดุทับซ้อนกัน เมื่อสัมผัสผิวของวัสดุมีลักษณะหยาบ ดังภาพ 4.2 ข)

- ใยมะพร้าว (CF) จากการสังเกตพบว่า ลักษณะของวัสดุคอมโพสิตมีสีน้ำตาลเข้ม มองเห็นเส้นใยที่ทับซ้อนกันแน่น เมื่อสัมผัสผิวของวัสดุมีลักษณะหยาบเล็กน้อย ดังภาพ 4.2 ค)

- เส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 จาการสังเกตพบว่า วัสดุคอมโพสิตมีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาล มีการเรียงตัวของวัสดุคอมโพสิตที่ซ้อนทับกัน เมื่อสัมผัสพื้นผิวของวัสดุมีลักษณะค่อนข้างเรียบ ดังภาพ 4.2 ง)

- เส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 2 จากการสังเกตพบว่า วัสดุคอมโพสิตมีสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน มีการเรียงตัวของวัสดุคอมโพสิตที่ซ้อนทับกัน เมื่อสัมผัสพื้นผิวของวัสดุมีลักษณะค่อนข้างหยาบ ดังภาพ 4.2 จ)

- เส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 จากการสังเกตพบว่า วัสดุคอมโพสิตมีสีน้ำตาลปนครีม มีการเรียงตัวของวัสดุคอมโพสิตที่ซ้อนทับกัน เมื่อสัมผัสพื้นผิวของวัสดุมีลักษณะหยาบ ดังภาพ 4.2 ฉ)



ก) WF ข) RH ค) CF

ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2) จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2) ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.2 แผ่นวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

2) ลักษณะพื้นผิวจากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

- เส้นใยผักตบชวา (WF) จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่าวัสดุมีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาลอ่อน ซึ่งเป็นสีของเส้นใยผักตบชวา จากกระบวนการแยกเส้นใย ด้านข้างมีความหนาแน่นไม่มีช่องว่าง เนื่องจากเส้นใยผักตบชวามีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา เมื่ออัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ดังภาพ 4.3 ก)

- แกลบ (RH) จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่าวัสดุมีสีเหลืองอ่อน ซึ่งเป็นสีของเปลือกเมล็ดข้าว ลักษณะของวัสดุมีขนาดเล็ก มีการซ้อนทับกัน เมื่อมีการซ้อนทับกันของวัสดุ จึงมีช่องว่างภายในมาก เนื่องจากชิ้นวัสดุมีความโปร่ง ดังภาพ 4.3 ข)

- ใยมะพร้าว (CF) จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่าวัสดุมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งเป็นสีของใยมะพร้าว ลักษณะของใยมะพร้าวทั้งแบบหยาบและละเอียดซ้อนทับกัน ด้านข้างมีความหนาแน่นมากที่สุด เนื่องจากใยมะพร้าวมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักมากทำให้ไม่เกิดช่องว่าง ดังภาพ 4.3 ค)

- เส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่ามีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาล ซึ่งมีการผสมกันของวัสดุคอมโพสิต

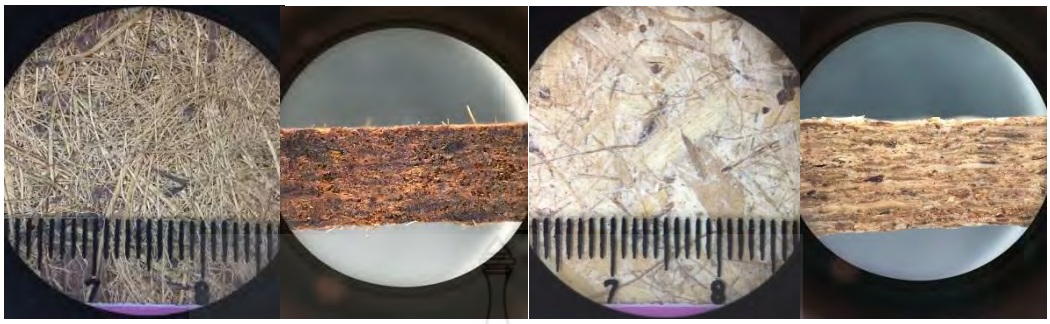
มองเห็นเส้นใยผักตบชวามากที่สุด มีแกลบและใยมะพร้าวปนอยู่เล็กน้อย และมีการเรียงตัวของวัสดุคอมโพสิตที่ซ้อนทับกัน ด้านข้างมีความหนาแน่นน้อย เนื่องจากอัตราส่วนของเส้นใยผักตบชวา และแกลบที่มาก จึงทำให้เกิดช่องว่าง ดังภาพ 4.3 ง)

- เส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 2 จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่ามีสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน ซึ่งมีการผสมกันของวัสดุคอมโพสิต แต่มีสีน้ำตาลมากกว่า เนื่องจากมีส่วนผสมของใยมะพร้าวมากที่สุด และมีการเรียงตัวของวัสดุคอมโพสิตที่ซ้อนทับกัน ด้านข้างมีความหนาแน่นน้อย เนื่องจากอัตราส่วนของแกลบ ที่มากจึงทำให้เกิดช่องว่าง ดังภาพ 4.3 จ)

- เส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่ามีสีน้ำตาลปนครีม ซึ่งมีการผสมกันของวัสดุคอมโพสิตเท่ากัน และมีการเรียงตัวของวัสดุคอมโพสิตที่ซ้อนทับกัน ด้านข้างมีความหนาแน่นปานกลางเมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตชนิดอื่น 4.3 ฉ)

ก) WF ข) RH

ภาพ 4.3 ลักษณะพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิตจากกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ
WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว
ภาพซ้าย คือพื้นผิวด้านบน ภาพขวา คือภาพพื้นผิวด้านข้างตามความหนา



ค) CF　　ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2)

จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2)　　ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.3 ลักษณะพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิตจากล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (ต่อ)

WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

ภาพซ้าย คือพื้นผิวด้านบน ภาพขวา คือภาพพื้นผิวด้านข้างตามความหนา

4.2.2 ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิต

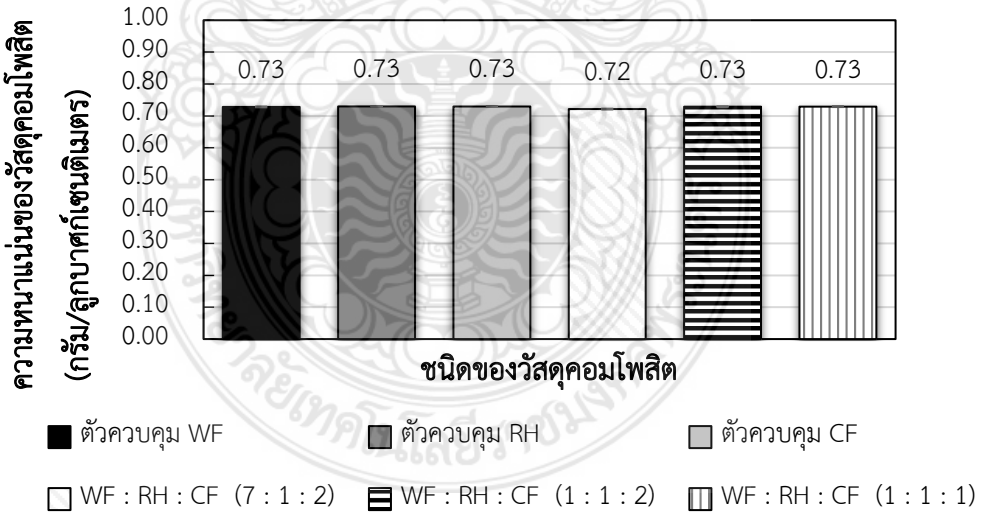
วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) ที่ผ่านขั้นตอนการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน โดยกำหนดความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิตให้คงที่ ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิตที่ได้ หลังจากขั้นตอนการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

พบว่าวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7:1:2 มีความหนาแน่นต่ำที่สุดคือ 0.72 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตชนิดอื่น ที่มีความหนาแน่น 0.73 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เป็นผลมาจากเส้นใยผักตบชวามีขนาดเล็ก และเบา เกิดการฟุ้งกระจายหายไปขณะผสมกาว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบค่าความหนาแน่นกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ ที่กำหนดค่าความหนาแน่นไว้ไม่ควรต่ำกว่า 0.4-0.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังภาคผนวก ข วัสดุคอมโพสิตที่ได้จึงถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทั้งนี้

ค่าความหนาแน่นปานกลาง 0.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จัดเป็นความหนาแน่นที่เหมาะสำหรับนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ ดังตาราง 4.1 และ ภาพ 4.4

ตาราง 4.1 ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

วัสดุคอมโพสิต	**ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)**
ตัวควบคุม WF	0.73±0.00
ตัวควบคุม RH	0.73±0.00
ตัวควบคุม CF	0.73±0.00
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	0.72±0.01
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	0.73±0.00
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	0.73±0.00



ภาพ 4.4 ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

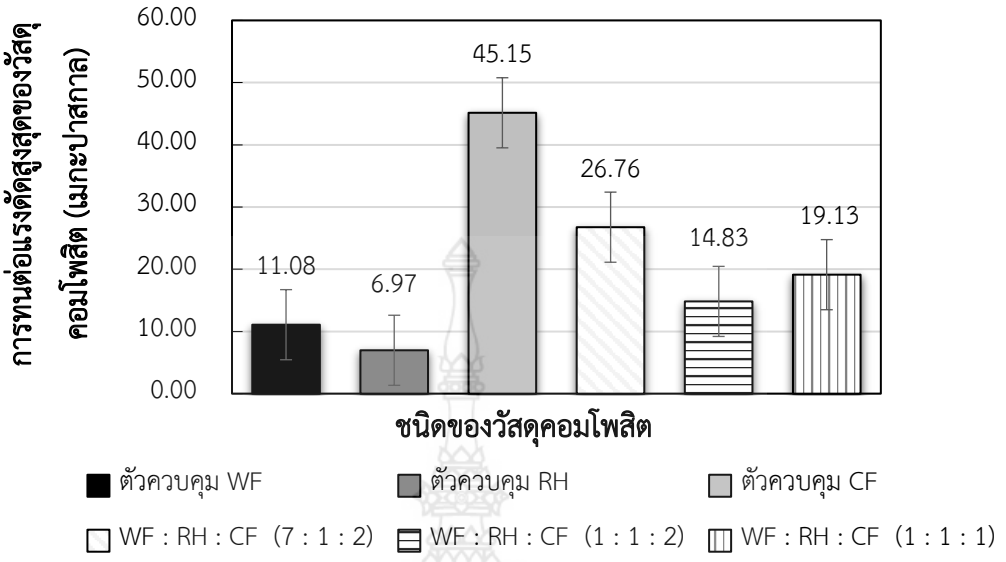
4.2.3 ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต

ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และ ใยมะพร้าว (CF) สามารถวัดจากค่าความคงทนต่อการเปลี่ยนรูปของวัสดุเมื่อมีแรงกดลงบนแผ่นวัสดุคอมโพสิต ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงของแผ่นวัสดุคอมโพสิต จากการวิเคราะห์ผลวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 ได้ผลการศึกษา ดังนี้

จากการศึกษาความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต บ่งบอกได้จากความสามารถการทนต่อแรงดัดสูงสุด จากเครื่องทดสอบความแข็งแรงของแผ่นวัสดุ เมื่อให้แรงกดบนกึ่งกลางของแผ่นวัสดุคอมโพสิต พบว่าตัวควบคุมใยมะพร้าว (CF) มีความแข็งแรงมากที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยผักตบชวา (WF) และแกลบ (RH) ซึ่งวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 มีความแข็งแรงมากที่สุด 26.76 เมกะปาสกาล เมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตอัตราส่วนอื่น วัสดุคอมโพสิต อัตราส่วน 1 : 1 : 1 คือ 19.13 เมกะปาสกาล และ 1 : 1 : 2 คือ 14.83 เมกะปาสกาล ทั้งนี้ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว ไม่ได้เพิ่มตามอัตราส่วนที่มีเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่ขึ้นกับความสามารถประสานกันเป็นเนื้อเดียวกัน ดังตาราง 4.2 และ ภาพ 4.5

ตาราง 4.2 ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	**การทนต่อแรงดัดสูงสุด (เมกะปาสกาล)**
ตัวควบคุม WF	11.08±1.20
ตัวควบคุม RH	6.97±1.08
ตัวควบคุม CF	45.15±10.96
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	26.76±4.76
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	14.83±3.35
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	19.13±1.95



ภาพ 4.5 ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

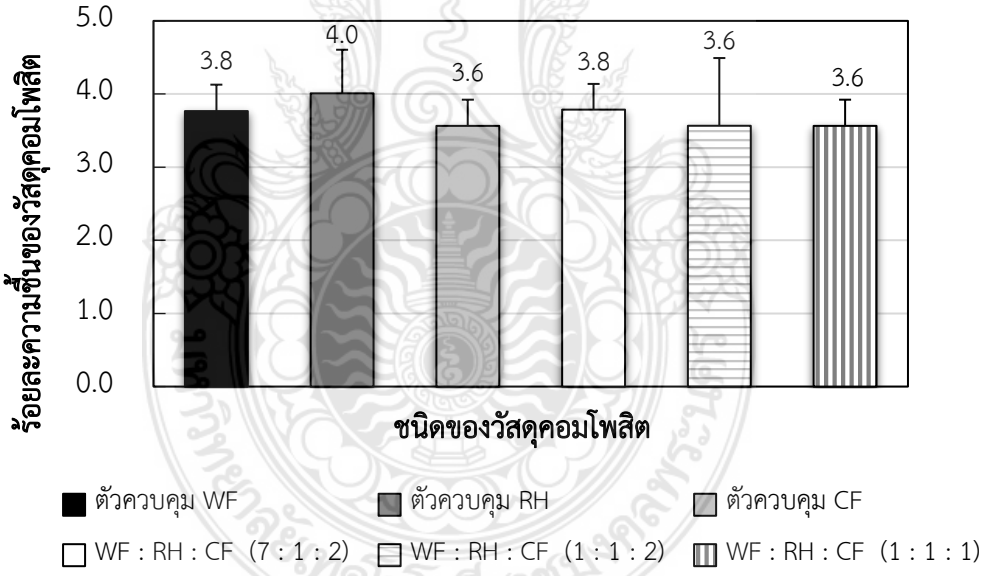
4.2.4 ร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิต

เนื่องจากวัสดุคอมโพสิตแต่ละชนิดมีความชื้นเฉพาะตัว ในการศึกษาการดูดความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) จึงมีความชื้นแตกต่างกัน ซึ่งแสดงในรูปของร้อยละความชื้น ความชื้นที่เกิดขึ้นส่งผลต่อคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาความชื้น และควบคุมปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นให้เหมาะสม เพื่อการใช้งานของผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

จากการศึกษาความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 มีร้อยละความชื้นสูงสุด คือ ร้อยละ 3.8 วัสดุคอมโพสิต อัตราส่วน 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 มีร้อยละความชื้น เท่ากันคือ ร้อยละ 3.6 สาเหตุที่วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 มีการดูดความชื้นสูงสุด เนื่องจากเส้นใยผักตบชวา เป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ ซึ่งสามารถดูดความชื้นได้ดี แต่เมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ ที่กำหนดไว้ว่า ร้อยละความชื้นต้องอยู่ระหว่าง ร้อยละ 4-13 ดังภาคผนวก ข จากการศึกษาร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว มีร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิตอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ดังตาราง 4.3 และภาพ 4.6

ตาราง 4.3 ร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	ร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิต
ตัวควบคุม WF	3.8±1.59
ตัวควบคุม RH	4.0±0.60
ตัวควบคุม CF	3.6±0.36
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	3.8±0.35
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	3.6±0.93
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	3.6±0.36



ภาพ 4.6 ร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

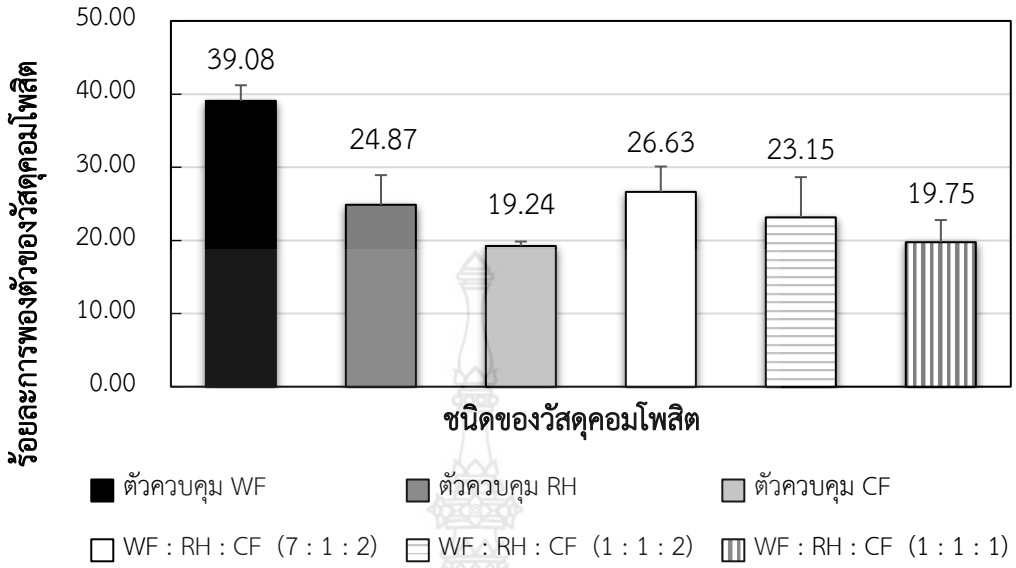
4.2.5 ร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิต

การศึกษาร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) ทำโดยแช่วัสดุคอมโพสิตลงในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วสังเกตการพองตัวของวัสดุคอมโพสิต ด้วยการวัดความกว้าง ความยาว ความหนา ก่อนและหลังการแช่น้ำ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

การศึกษาร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) พบว่ามีการพองตัวหลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 มีร้อยละการพองตัวน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 19.75 และวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 มีร้อยละการพองตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 26.63 ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยผักตบชวามีเซลลูโลสในปริมาณสูง มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มาก จึงทำให้เกิดการพองตัวของวัสดุคอมโพสิตมากที่สุด แต่ในวัสดุคอมโพสิตชนิดอื่นๆ ที่มีองค์ประกอบของเส้นใยผักตบชวาน้อย จะพองตัวน้อยกว่า ดังตาราง 4.4 และภาพ 4.7

ตาราง 4.4 ร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	ร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิต
ตัวควบคุม WF	39.08±2.13
ตัวควบคุม RH	24.87±4.05
ตัวควบคุม CF	19.24±0.61
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	26.63±3.47
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	23.15±5.50
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	19.75±3.03



ภาพ 4.7 ร้อยละการพองตัวของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

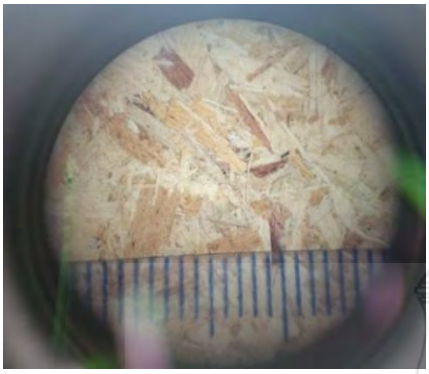
4.2.6 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราของวัสดุคอมโพสิต

4.2.6.1 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราโดยธรรมชาติของวัสดุคอมโพสิต

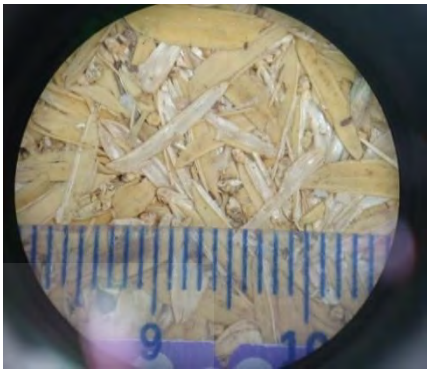
ก. การปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะแห้ง

จากการศึกษาการปนเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) เมื่อนำวัสดุคอมโพสิตวางไว้ในสภาวะแห้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราในอากาศ พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิต จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 100 เท่า ไม่พบเส้นใยสปอร์ของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิตทุกชนิด แม้ว่าพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิตจะมีความแตกต่างที่หลากหลาย ดังภาพ 4.8

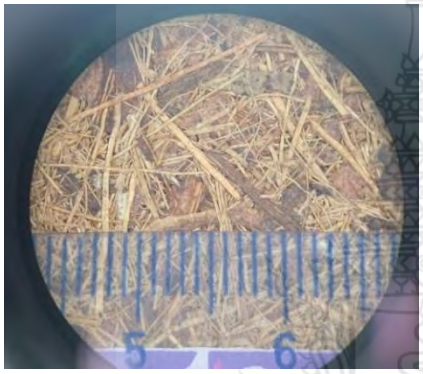
จึงสรุปได้ว่าวัสดุคอมโพสิตเมื่ออยู่ในสภาวะแห้ง ไม่มีความชื้น ลดโอกาสการปนเปื้อนเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิตได้ แต่ทั้งนี้ไม่สามารถบ่งบอกถึงว่ามีเชื้อราปนเปื้อนอยู่ก่อนหรือไม่ เพราะหากมีเชื้อราปนเปื้อนในปริมาณน้อยมาก จะไม่สามารถเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์



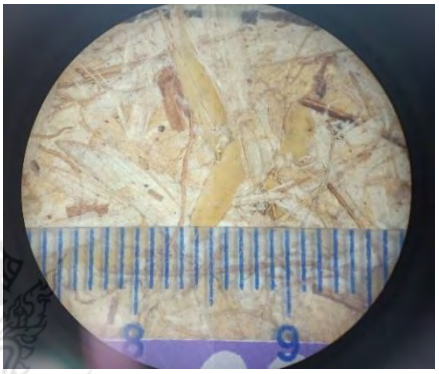
ก) WF



ข) RH

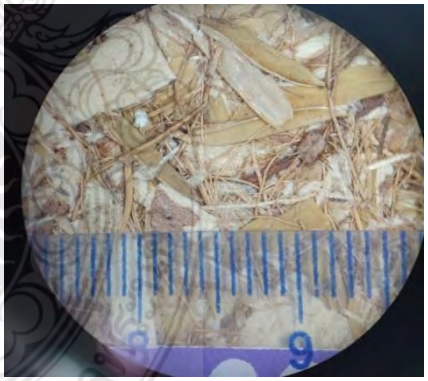


ค) CF



ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2)

จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2)



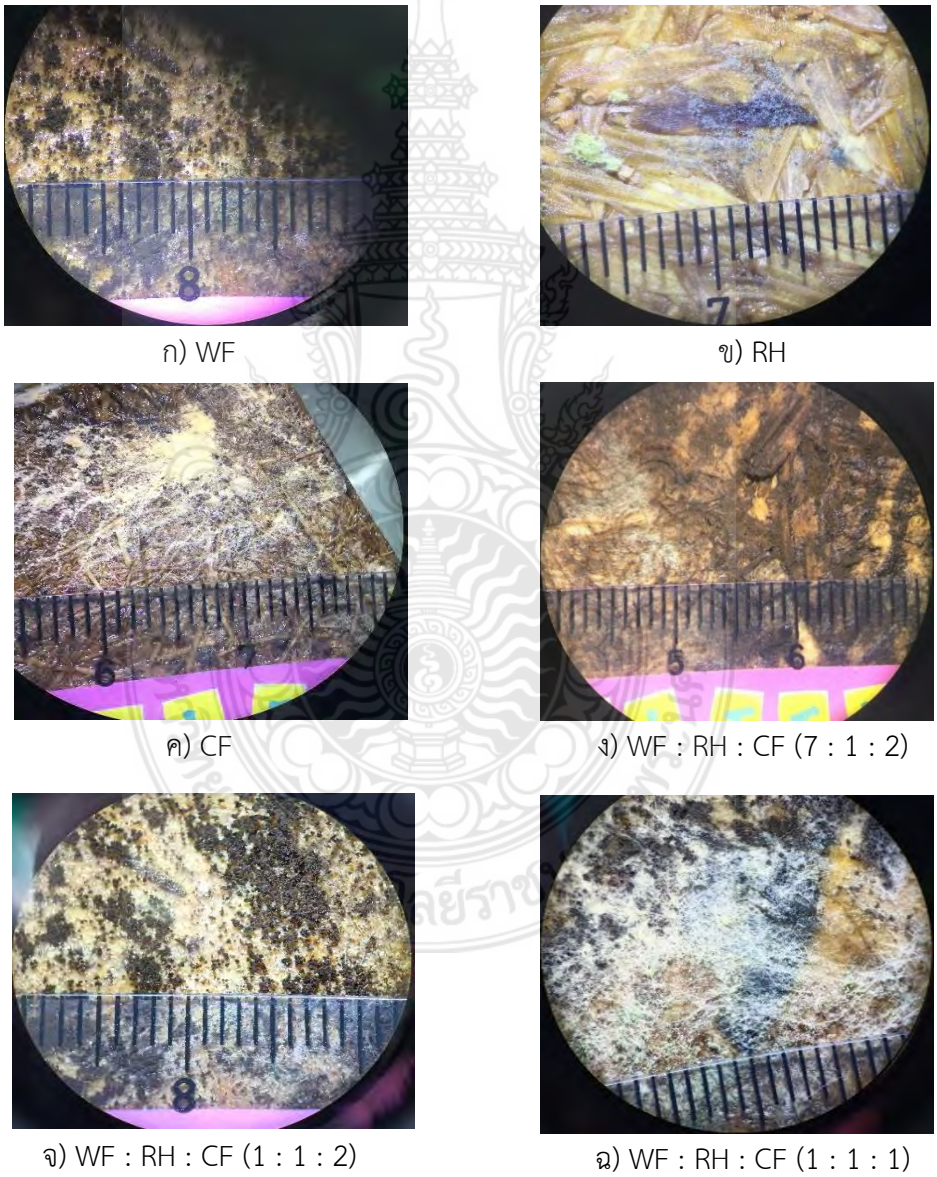
ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.8 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราโดยธรรมชาติของวัสดุคอมโพสิต

WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

ข. การปนเปื้อนเชื้อราในสภาวะเปียก

จากการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) เมื่อนำวัสดุคอมโพสิตแช่น้ำเป็นเวลานาน 7 วัน จากการส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิตทุกชนิด ซึ่งมาจากเชื้อราตามธรรมชาติในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสภาวะความชื้นนี้สามารถเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อราในธรรมชาติบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิตได้โดยไม่คำนึงถึงชนิดของเส้นใย และอัตราส่วนใดๆ ดังภาพ 4.9



ก) WF ข) RH

ค) CF ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2)

จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2) ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.9 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราของวัสดุคอมโพสิต เมื่อแช่น้ำ 7 วัน

WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

4.2.6.2 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราจำเพาะของวัสดุคอมโพสิต

จากการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อราชนิดเฉพาะที่ใส่ลงไปของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) โดยการศึกษากับเชื้อราทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Rhizopus* sp. *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. เนื่องจากเป็นเชื้อราที่พบบนเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยเซลลูโลส โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ก. *Rhizopus* sp.

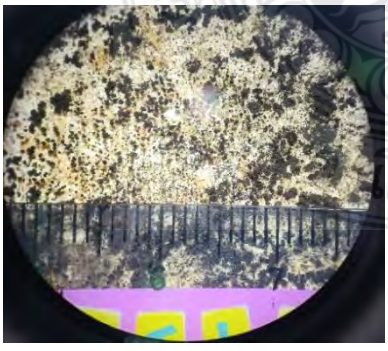
การปนเปื้อนของเชื้อ *Rhizopus* sp. หลังจากการแช่วัสดุคอมโพสิตด้วยสารละลายสปอร์ที่ความเข้มข้น 10^6 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตแยกใส่ถุงพลาสติกใบใหม่ และสังเกตการปนเปื้อนเชื้อรา ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 วัน พบได้ดังนี้

- ใยมะพร้าว (CF) วัสดุคอมโพสิตอัตราส่วน 7 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 2 ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา ดังภาพ 4.10 ค) ง) และ จ) ในขณะที่อัตราส่วนอื่นพบการปนเปื้อนของเชื้อราทั้งหมด

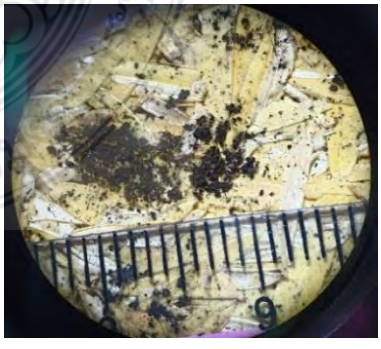
- เส้นใยผักตบชวา (WF) พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรามากที่สุด โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีดำทั่วผิวของวัสดุคอมโพสิตดังภาพ 4.10 ก)

- แกลบ (RH) พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการมีการรวมตัวของสปอร์สีดำอยู่บริเวณกึ่งกลางบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.10 ข)

- วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการมีการรวมตัวของสปอร์สีดำอยู่บนผิววัสดุ ดังภาพ 4.10 ฉ)



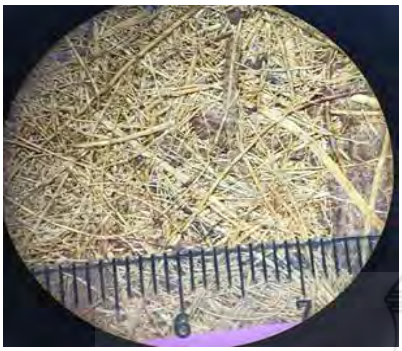
ก) WF



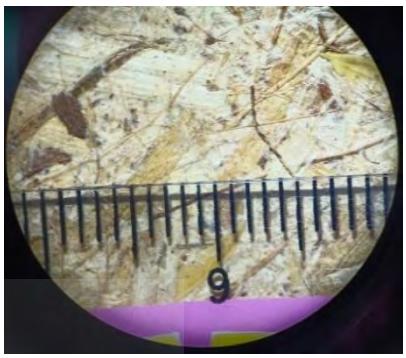
ข) RH

ภาพ 4.10 การปนเปื้อนเชื้อรา *Rhizopus* sp.

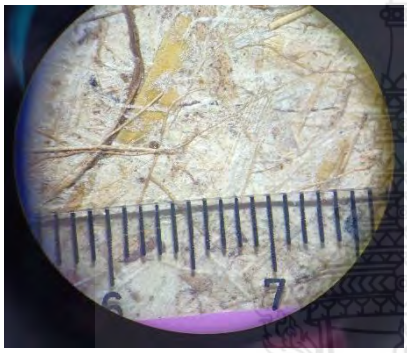
WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว



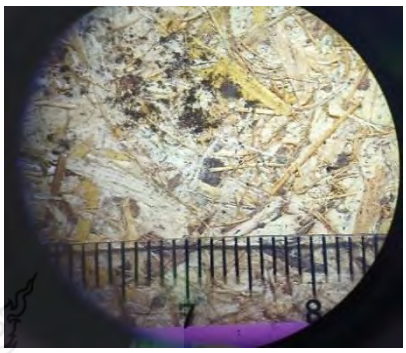
ค) CF



ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2)



จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2)



ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.10 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อรา *Rhizopus* sp. (ต่อ)
WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

ข. *Penicillium* sp.

จากการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อ *Penicillium* sp. หลังจากการแช่วัสดุคอมโพสิตด้วยสารละลายสปอร์ที่ความเข้มข้น 10^6 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตแยกใส่ถุงพลาสติกใบใหม่ และสังเกตการปนเปื้อนเชื้อรา ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 วัน พบได้ดังนี้

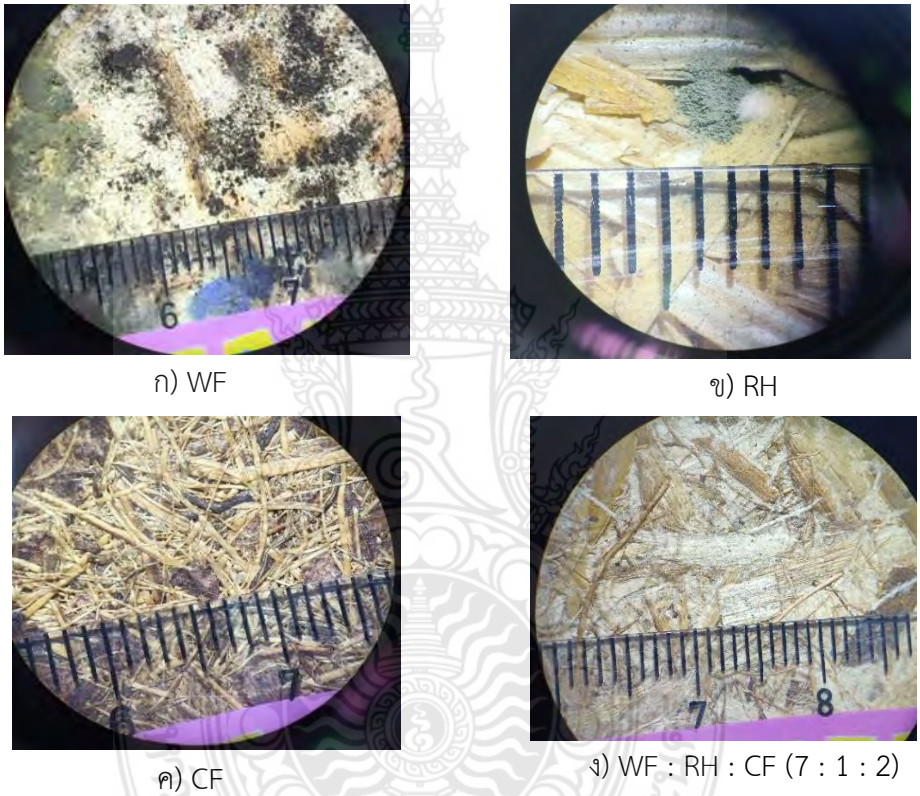
- ใยมะพร้าว (CF) และวัสดุคอมโพสิตอัตราส่วน 7 : 1 : 2 ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา ดังภาพ 4.11 ค) และ ง) ในขณะที่อัตราส่วนอื่นพบการปนเปื้อนของเชื้อราทั้งหมด

- เส้นใยผักตบชวา (WF) พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรามากที่สุด โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีดำ ทั่วผิวของวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.11 ก)

- แกลบ (RH) พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการรวมตัวของสปอร์สีเขียวอยู่บริเวณกึ่งกลางบนผิวของวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.11 ข)

- วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 2 พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีดำ บนพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.11 จ)

- วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีดำบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.11 ฉ)

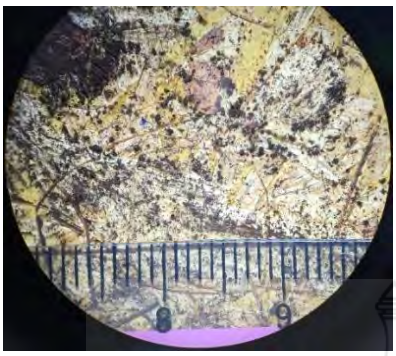


ก) WF ข) RH

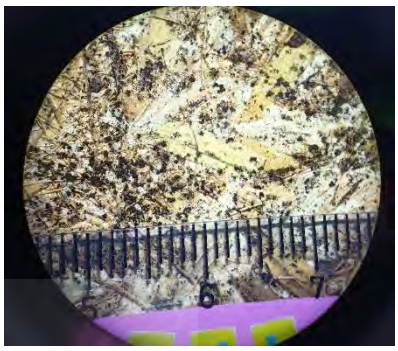
ค) CF ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2)

ภาพ 4.11 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อรา *Penicillium* sp.

WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว



จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2)



ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.11 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อรา *Penicillium* sp. (ต่อ)

WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

ค. *Aspergillus* sp.

จากการสังเกตการปนเปื้อนเชื้อ *Aspergillus* sp. หลังจากการแช่วัสดุคอมโพสิตด้วยสารละลายสปอร์ที่ความเข้มข้น 10^6 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำแผ่นวัสดุคอมโพสิตแยกใส่ถุงพลาสติกใบใหม่ และสังเกตการปนเปื้อนเชื้อรา ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 วัน พบได้ดังนี้

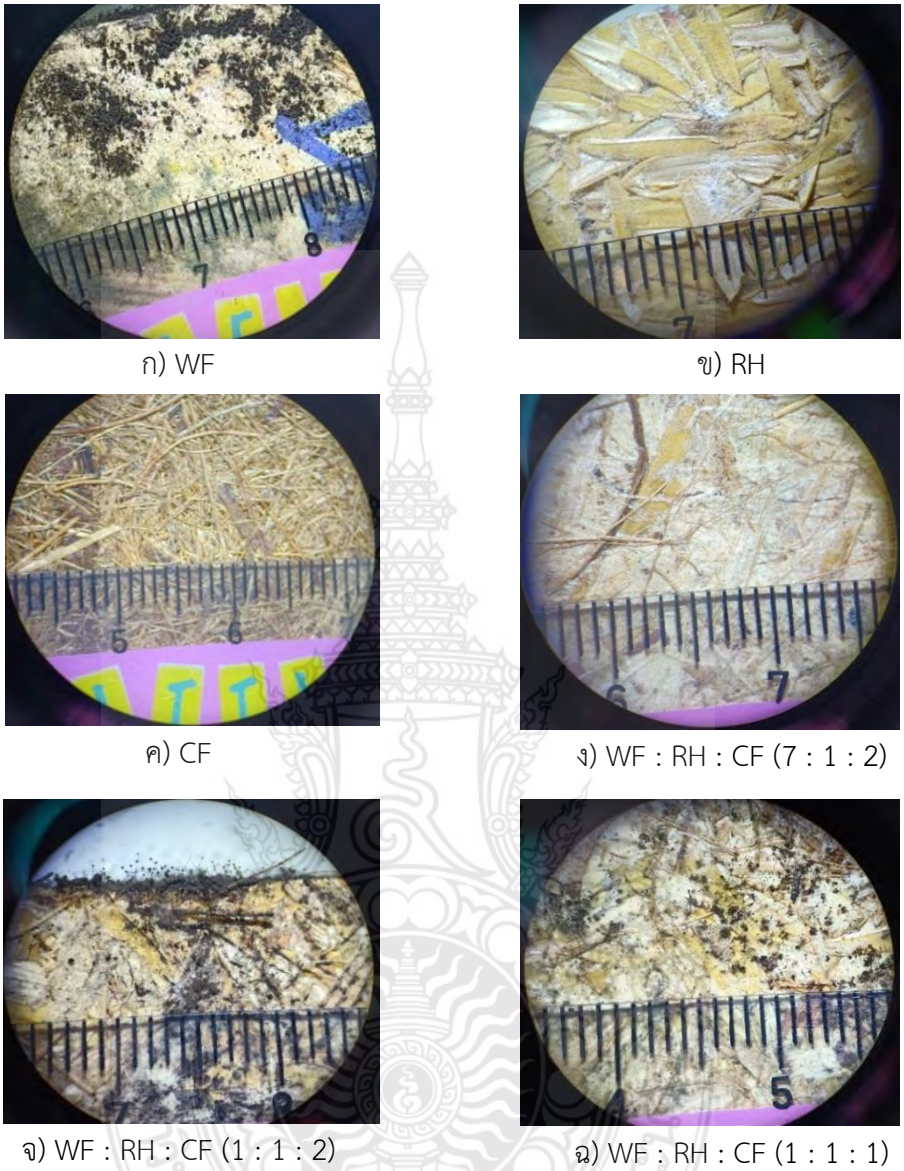
- ใยมะพร้าว (CF) และวัสดุคอมโพสิตอัตราส่วน 7 : 1 : 2 ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา ดังภาพ 4.12 ค) และ ง) ในขณะที่อัตราส่วนอื่นพบการปนเปื้อนของเชื้อราทั้งหมด

- เส้นใยผักตบชวา (WF) พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรามากที่สุด โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีดำ ทั่วผิวของวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.12 ก)

- แกลบ (RH) พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีเทารวมตัวอยู่บริเวณกึ่งกลางบนพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.12 ข)

- วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 2 พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีดำบนพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิต ดังภาพ 4.12 จ)

- วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยมีการกระจายตัวของสปอร์สีดำบนพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิตเล็กน้อย ดังภาพ 4.12 ฉ)



ก) WF ข) RH

ค) CF ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2)

จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2) ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.12 การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อรา *Aspergillus* sp.
WF = เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

4.3 คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) สำหรับรักษาอุณหภูมิ โดยการนำแผ่นวัสดุคอมโพสิตประกอบเป็นบรรจุภัณฑ์ ด้วยกาวลาเท็กซ์และปืนยิงตะปู เป็นตัวช่วยในการประกอบบรรจุภัณฑ์ ซึ่งบรรจุภัณฑ์มีลักษณะดังนี้

- บรรจุภัณฑ์จากเส้นใยผักตบชวา (WF) พบว่าวัสดุมีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาลอ่อน ซึ่งเป็นสีของเส้นใยผักตบชวา จากกระบวนการแยกเส้นใย ดังภาพ 4.13 ก)

- บรรจุภัณฑ์จากแกลบ (RH) พบว่าวัสดุมีสีเหลืองอ่อน ซึ่งเป็นสีของเปลือกเมล็ดข้าว ดังภาพ 4.13 ข)

- บรรจุภัณฑ์จากใยมะพร้าว (CF) พบว่าวัสดุมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งเป็นสีของใยมะพร้าว ดังภาพ 4.13 ค)

- บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 พบว่ามีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาล ซึ่งมีการผสมกันของวัสดุคอมโพสิตมองเห็นเส้นใยผักตบชวามากที่สุด มีแกลบและใยมะพร้าวปนอยู่เล็กน้อย ดังภาพ 4.13 ง)

- บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 2 พบว่ามีสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน ซึ่งมีการผสมกันของวัสดุคอมโพสิต แต่มีสีน้ำตาลมากกว่า เนื่องจากมีส่วนผสมของใยมะพร้าวมากที่สุด ดังภาพ 4.13 จ)

- บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 : 1 พบว่ามีสีน้ำตาลปนครีม ซึ่งมีการผสมกันของวัสดุคอมโพสิตเท่ากัน ดังภาพ 4.13 ฉ)

ก) WF ข) RH ค) CF

ภาพ 4.13 บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

WF= เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

ง) WF : RH : CF (7 : 1 : 2) จ) WF : RH : CF (1 : 1 : 2) ฉ) WF : RH : CF (1 : 1 : 1)

ภาพ 4.13 บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต (ต่อ)

WF= เส้นใยผักตบชวา RH = แกลบ CF = ใยมะพร้าว

4.3.1 การเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

การศึกษาการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 ด้วยการวัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ เป็นเวลา 0.25-24 ชั่วโมง จากอุณหภูมิเริ่มต้น 75 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณค่าความร้อนที่สูญเสีย ซึ่งบรรจุภัณฑ์จะสามารถเก็บกักความร้อนได้ดี ถ้ามีการสูญเสียความร้อนน้อย

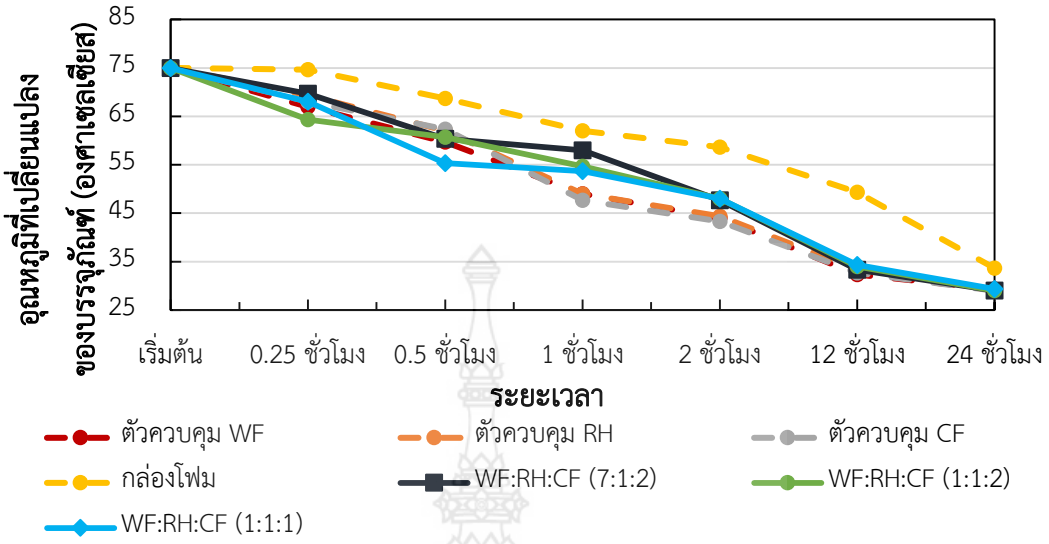
เมื่อระยะเวลาผ่านไป 02.5 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิลดลงอยู่ในช่วง 64.3-69.7 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 2.7-3.5 กิโลแคลอรี่ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 0.5-1 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิลดลงอยู่ในช่วง 53.7-60.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 7.2-10.7 กิโลแคลอรี่ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิลดลงอยู่ในช่วง 47.6-48 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 13.5-13.7 กิโลแคลอรี่ เมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์มีการลดลงมาก อยู่ในช่วง 33.3-34.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 20.3-20.8 กิโลแคลอรี่ เมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ มีการลดลงจนเข้าใกล้อุณหภูมิห้อง อยู่ในช่วง 29-29.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 22.8-23 กิโลแคลอรี่ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บกักความร้อนของกล่องโฟม กล่องโฟมสามารถเก็บกักความร้อนได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในทุกช่วงเวลา ดังภาคผนวก ค

ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 2 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำลดลงมาก ทำให้อัตราการสูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้นมาก จนเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง บรรจุภัณฑ์ไม่สามารถเก็บกักความร้อนไว้ได้อีกต่อไป เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิห้อง

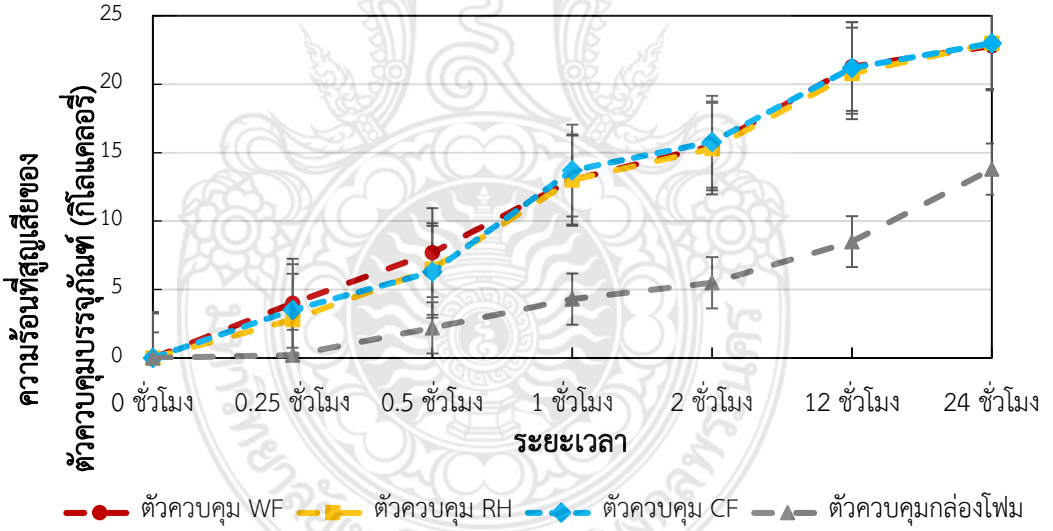
ดังนั้นช่วงเวลา 2 ชั่วโมง จึงเป็นช่วงเวลาที่เก็บกักความร้อนได้ดีที่สุด โดยเวลา 2 ชั่วโมง บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในแต่ละอัตราส่วน มีความสามารถในการเก็บกักความร้อนไม่แตกต่างกันมากนัก และยังคงเก็บกักความร้อนได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกล่องโฟม กล่องโฟมยังคงเก็บกักความร้อนได้ดีกว่า ดังตาราง 4.5 และภาพ 4.14

ตาราง 4.5 ความร้อนที่สูญเสียโดยการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุคอมโพสิต	ความร้อนที่สูญเสีย (กิโลแคลอรี่)					
	ระยะเวลาที่สูญเสียความร้อน (ชั่วโมง)					
	0.25	0.5	1	2	12	24
ตัวควบคุม WF	4.0±0.0	7.7±0.3	13.0±1.5	15.5±2.8	21.3±0.3	22.8±0.3
ตัวควบคุม RH	2.8±0.7	6.5±0.4	13.0±0.8	15.3±1.4	20.8±0.3	23.0±0.0
ตัวควบคุม CF	3.5±1.6	6.3±0.9	13.7±0.9	15.8±1.7	21.2±0.3	23.0±0.0
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	2.7±0.7	7.3±0.3	8.5±1.2	13.7±0.3	20.8±0.5	23.0±0.0
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	5.3±2.1	7.2±0.7	10.2±0.3	13.5±0.0	20.5±0.4	23.0±0.0
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	3.5±0.8	9.8±0.3	10.7±0.3	13.5±0.0	20.3±0.3	22.8±0.3
กล่องโฟม	0.2±0.3	2.2±1.7	4.3±3.4	5.5±42.7	8.5±6.6	13.8±10.7

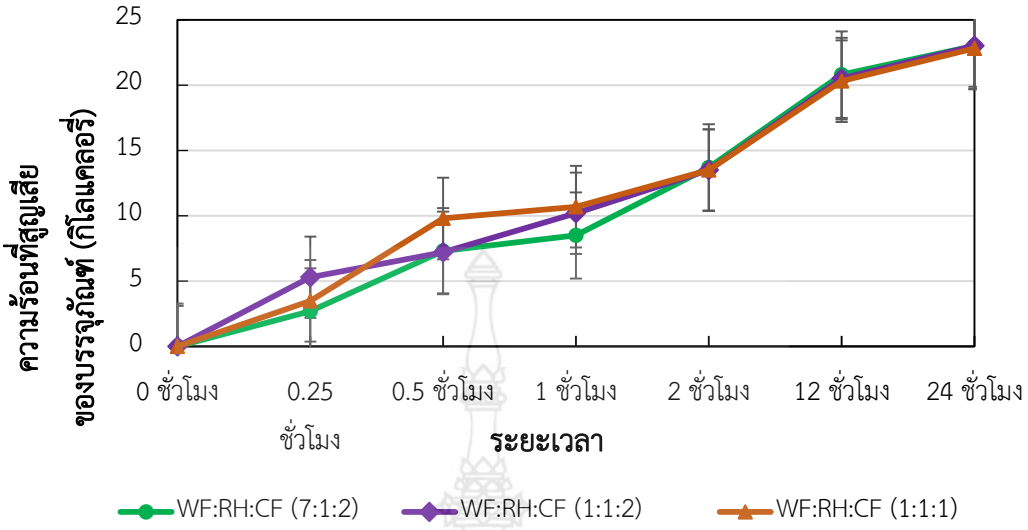


ก) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์



ข) ค่าความร้อนที่สูญเสียของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์

ภาพ 4.14 การเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต



ค) ค่าความร้อนที่สูญเสียของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

ภาพ 4.14 การเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต (ต่อ)

4.3.2 การเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

การศึกษาการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 จากการวัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลงภายในบรรจุภัณฑ์ เป็นเวลา 0.25-24 ชั่วโมง จากอุณหภูมิเริ่มต้น 4 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณค่าความร้อนที่ได้รับ ซึ่งบรรจุภัณฑ์จะสามารถเก็บกักความเย็นได้ดี ถ้าได้รับความร้อนน้อย

พบว่าการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันมาก เมื่อระยะเวลาผ่านไป 0.25-1 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิ เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 7.3-13.0 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่ได้รับอยู่ในช่วง 1.7-4.5 กิโลแคลอรี่ เมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 15.3-16 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่ได้รับอยู่ในช่วง 5.7-6.0 กิโลแคลอรี่ และเมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์มีการเพิ่มขึ้นมาก อยู่ในช่วง 25.7-26.0 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่ได้รับอยู่ในช่วง 10.8-11 กิโลแคลอรี่ และเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ มีการเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้อุณหภูมิห้อง อยู่ในช่วง 29.0-29.7 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่ได้รับอยู่ในช่วง 12.5-12.8 กิโลแคลอรี่ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บ

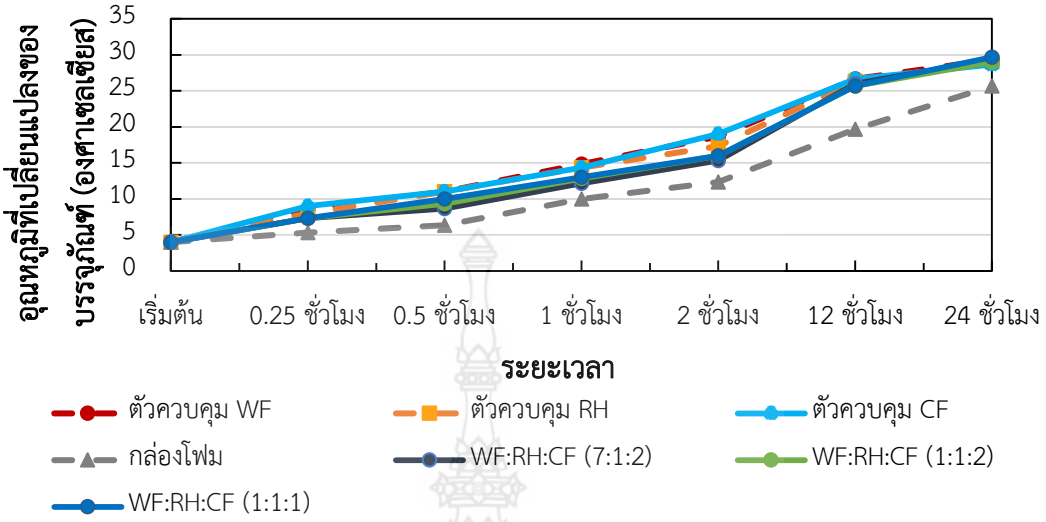
กักความเย็นของกล่องโฟม กล่องโฟมสามารถเก็บกักความเย็นได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในทุกช่วงเวลา ดังภาคผนวก ค

เมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 2 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้อัตราความร้อนที่บรรจุภัณฑ์ได้รับเพิ่มขึ้นมาก จนเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง บรรจุภัณฑ์ไม่สามารถเก็บกักความเย็นไว้ได้อีกต่อไป เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำมีค่าเข้าใกล้อุณหภูมิห้อง

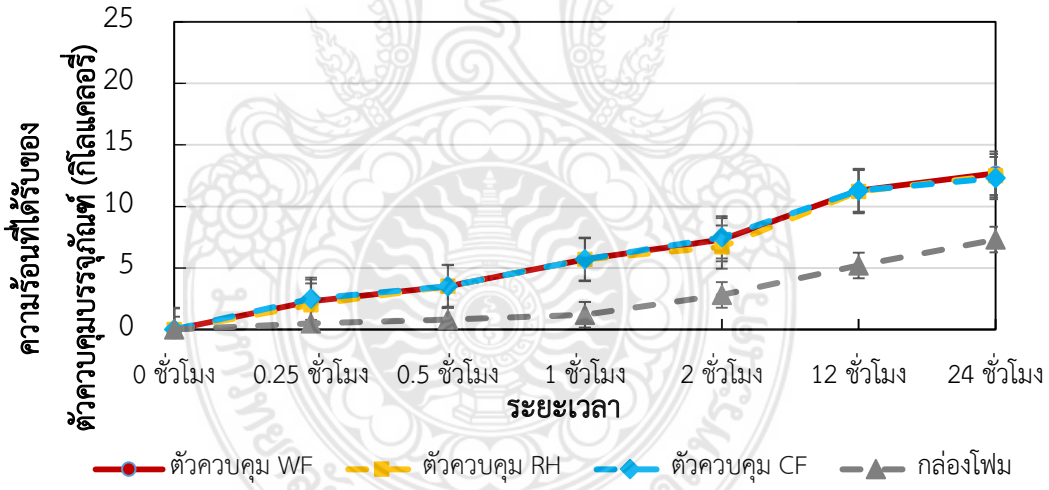
ดังนั้นช่วงเวลา 2 ชั่วโมง จึงเป็นช่วงเวลาที่เก็บกักความเย็นได้ดีที่สุด โดยเวลา 2 ชั่วโมง บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในแต่ละอัตราส่วน มีความสามารถในการเก็บกักความเย็นไม่แตกต่างกันมาก และยังคงเก็บกักความเย็นได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม WF, RH และ CF แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกล่องโฟม พบว่ากล่องโฟมยังคงเก็บกักความเย็นได้ดีกว่า ดังแสดงในตาราง 4.6 และภาพ 4.15

ตาราง 4.6 ความร้อนที่ได้รับโดยการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุคอมโพสิต	**ความร้อนที่ได้รับ (กิโลแคลอรี่)**					
	ระยะเวลาที่ได้รับความร้อน (ชั่วโมง)					
	0.25	**0.5**	**1**	**2**	**12**	**24**
ตัวควบคุม WF	2.0±0.4	3.5±0.0	5.7±0.3	7.3±0.3	11.3±0.3	12.7±0.3
ตัวควบคุม RH	2.3±0.3	3.5±0.4	5.7±0.3	6.7±0.3	11.2±0.3	12.5±0.0
ตัวควบคุม CF	2.5±0.0	3.5±0.4	5.7±0.3	7.5±0.0	11.3±0.3	12.3±0.3
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	1.7±0.3	2.3±0.3	3.8±0.3	5.7±0.3	11.0±0.0	12.7±0.3
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	1.7±0.3	2.7±0.3	4.3±0.3	6.0±0.4	10.8±0.3	12.5±0.0
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	1.7±0.5	3.0±0.0	4.5±0.4	6.0±0.4	10.8±0.4	12.8±0.3
กล่องโฟม	0.5±0.4	0.8±0.7	1.2±0.9	2.8±2.2	5.3±4.1	7.3±5.7

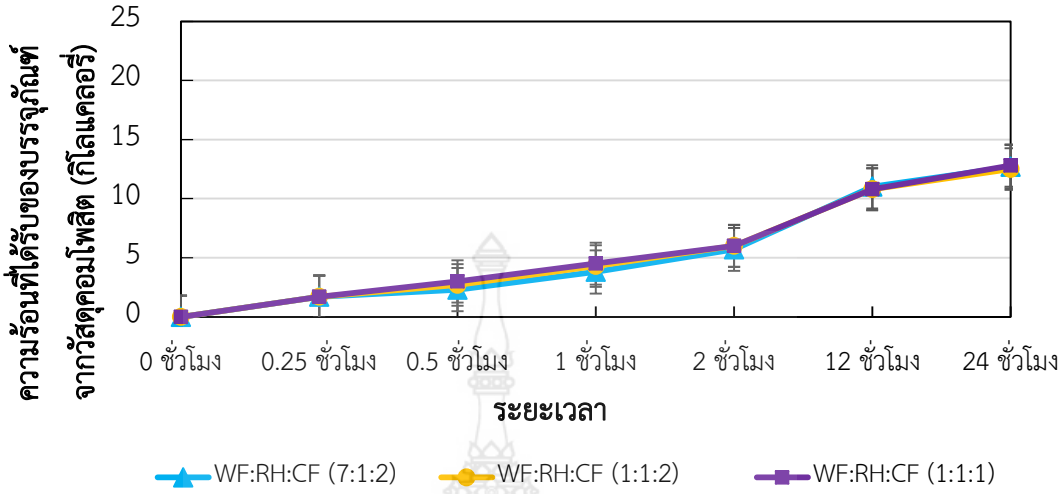


ก) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์



ข) ค่าความร้อนที่ได้รับของตัวควบคุมของบรรจุภัณฑ์

ภาพ 4.15 การเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต



ค) ค่าความร้อนที่ได้รับของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

ภาพ 4.15 การเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต (ต่อ)

4.3.3 การนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

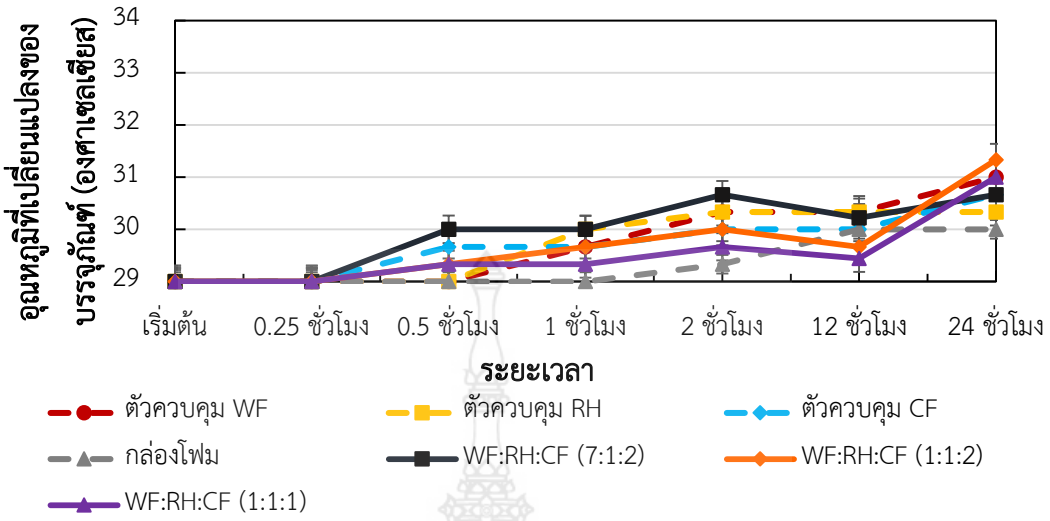
การศึกษาการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 จากการนำน้ำอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ใส่ในบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต และนำไปวางในกล่องโฟมที่มีน้ำอุณหภูมิห้อง วัดอุณหภูมิน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลง เป็นเวลา 0.25-24 ชั่วโมง จากอุณหภูมิเริ่มต้น 29 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณค่าความร้อนที่ได้รับ

พบว่าการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตแต่ละชนิด เมื่อระยะเวลาผ่านไป 0.5-1 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 29.3-30.0 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่ได้รับอยู่ในช่วง 0.2-0.5 กิโลแคลอรี่ เมื่อผ่านไป 2 ชั่วโมง อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 29.7-30.7 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่ได้รับอยู่ในช่วง 0.3-0.8 กิโลแคลอรี่ เมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์มีการลดลงเพียงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 29.7-30.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 0.5-0.7 กิโลแคลอรี่ และเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์อยู่ในช่วง 30.7-31.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่ได้รับอยู่ในช่วง 0.8-1.2 กิโลแคลอรี่ ดังภาคผนวก ค

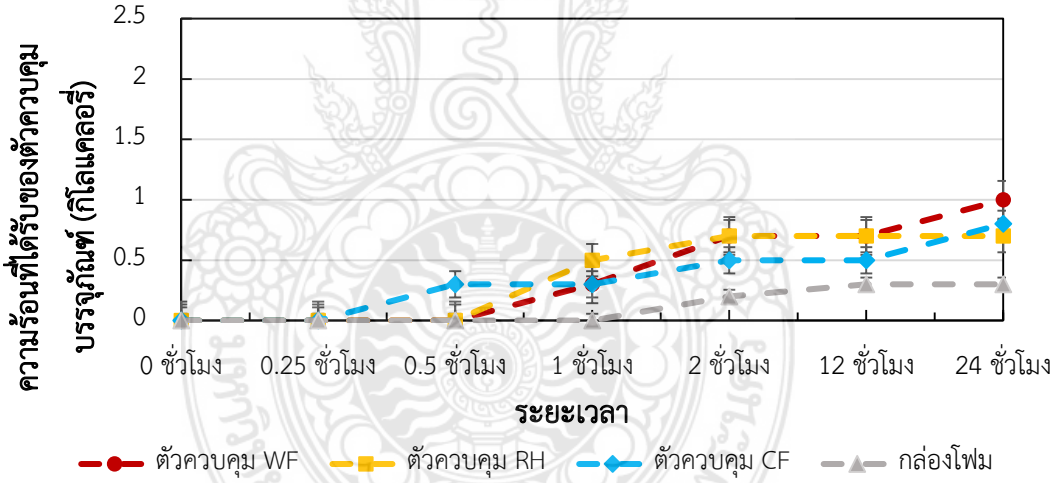
บรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนทำให้มีการนำความร้อนต่ำ เมื่อความร้อนส่งผ่านออกมาได้ยาก น้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์จึงควรมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อย บรรจุภัณฑ์ถึงจะสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดี จากการวัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 0.25-24 ชั่วโมง น้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์มีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียง 1-2 องศาเซลเซียส การที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อย จึงสรุปได้ว่าบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตทุกอัตราส่วนสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกล่องโฟม กล่องโฟมสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในทุกช่วงเวลา ดังตาราง 4.7 และภาพ 4.16

ตาราง 4.7 ความร้อนที่ได้รับโดยการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุคอมโพสิต	**ความร้อนที่ได้รับ (กิโลแคลอรี่)**					
	ระยะเวลาที่ได้รับความร้อน (ชั่วโมง)					
	0.25	**0.5**	**1**	**2**	**12**	**24**
ตัวควบคุม WF	0.0	0.0	0.3±0.3	0.7±0.3	0.7±0.3	1.0±0.0
ตัวควบคุม RH	0.0	0.0	0.5±0.0	0.7±0.3	0.7±0.3	0.7±0.3
ตัวควบคุม CF	0.0	0.3±0.3	0.3±0.3	0.5±0.0	0.5±0.0	0.8±0.3
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	0.0	0.5±0.0	0.5±0.0	0.8±0.3	0.7±0.3	0.8±0.3
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	0.0	0.2±0.3	0.3±0.3	0.5±0.4	0.5±0	1.2±0.3
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	0.0	0.2±0.3	0.2±0.3	0.3±0.3	0.7±0.3	1.0±0.4
กล่องโฟม	0.0	0.0	0.0	0.2±0.3	0.3±0.3	0.3±0.3

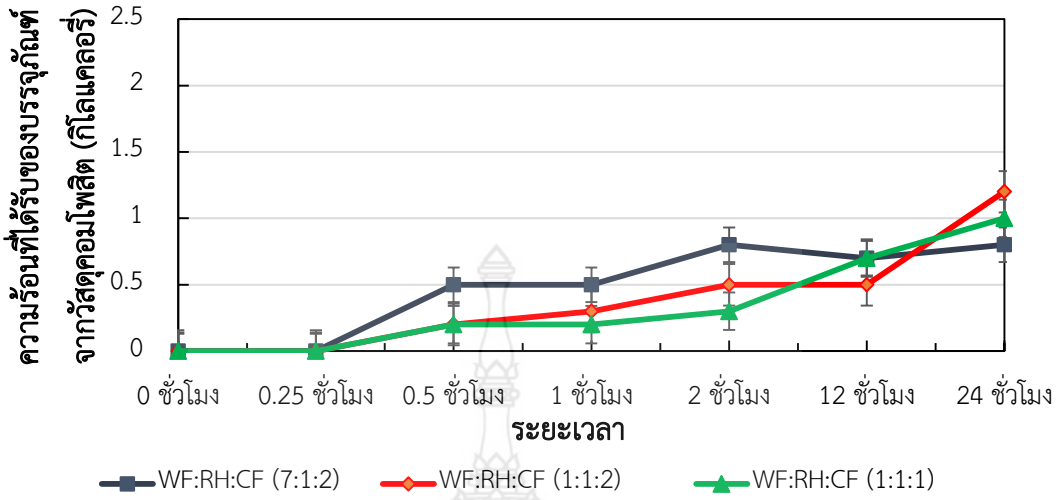


ก) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์



ข) ค่าความร้อนที่ได้รับของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์

ภาพ 4.16 การนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์วัสดุคอมโพสิต



ค) ค่าความร้อนที่ได้รับของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

ภาพ 4.16 การนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์วัสดุคอมโพสิต (ต่อ)

4.3.4 การนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

การศึกษาการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา (WF) แกลบ (RH) และใยมะพร้าว (CF) อัตราส่วน 7 : 1 : 2 1 : 1 : 2 และ 1 : 1 : 1 จากการนำน้ำอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใส่ในบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต และนำไปวางในกล่องโฟมที่มีน้ำอุณหภูมิห้อง วัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลง เป็นเวลา 0.25-24 ชั่วโมง จากอุณหภูมิเริ่มต้น 29 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณค่าความร้อนที่สูญเสีย

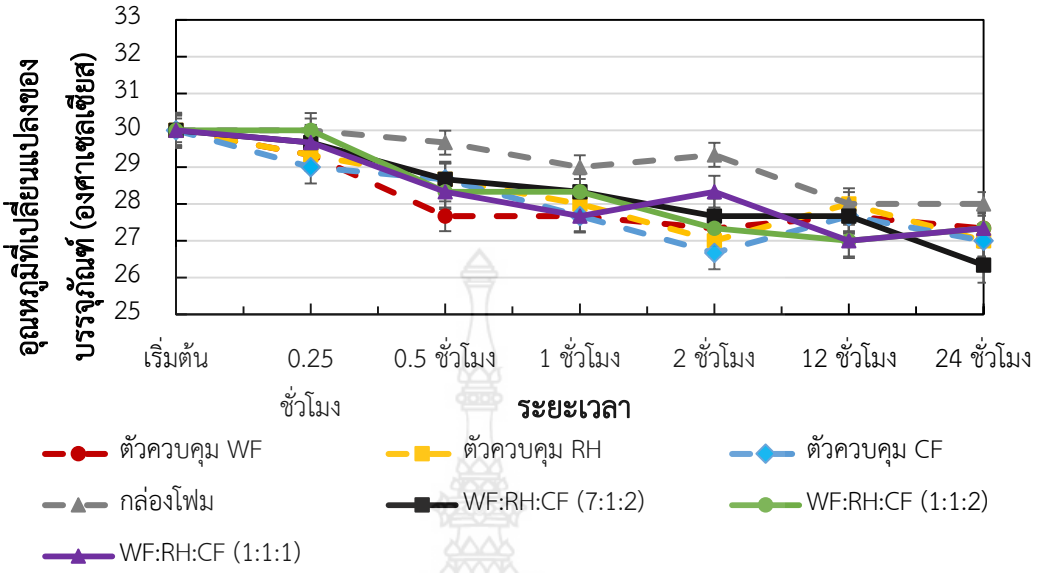
พบว่าการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตแต่ละชนิด เมื่อระยะเวลาผ่านไป 0.25 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 29.7-30.0 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 0.0-0.2 กิโลแคลอรี่ เมื่อเวลาผ่านไป 0.5-1 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์ทุกอัตราส่วน มีอุณหภูมิลดลงอยู่ในช่วง 27.7-28.7 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 0.7-1.2 กิโลแคลอรี่ เมื่อผ่านไป 2 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์ลดลงอยู่ในช่วง 27.3-28.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 0.8-1.3 กิโลแคลอรี่ เมื่อผ่านไป 12 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์มีการลดลงเพียงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 27.7-27.0 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 1.2-1.5

กิโลแคลอรี่ และเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมงอุณหภูมิของน้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์มีการเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 26.3-28.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าความร้อนที่สูญเสียอยู่ในช่วง 1.3-1.8 กิโลแคลอรี่ ดังภาคผนวก ค

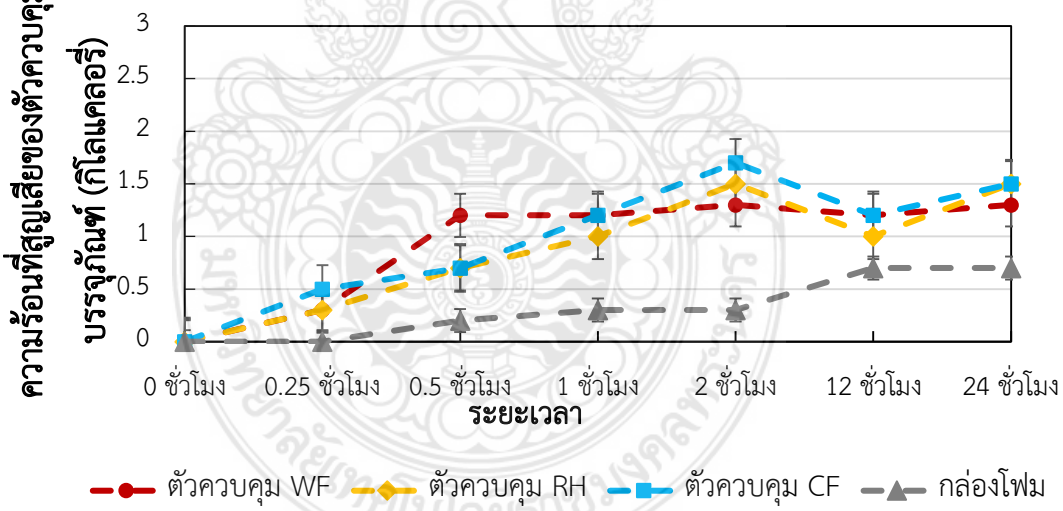
บรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนทำให้มีการนำความร้อนต่ำ เมื่อความร้อนส่งผ่านเข้าไปได้ยาก น้ำภายนอกบรรจุภัณฑ์จึงควรมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อย บรรจุภัณฑ์ถึงจะสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดี จากการวัดอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 0.25-24 ชั่วโมง ภายนอกบรรจุภัณฑ์มีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียง 1-3 องศาเซลเซียส การที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อย จึงสรุปได้ว่าบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตทุกอัตราส่วนสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกล่องโฟม กล่องโฟมสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในทุกช่วงเวลา ดังตาราง 4.8 และภาพ 4.17

ตาราง 4.8 ความร้อนที่สูญเสียโดยการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุคอมโพสิต	**ความร้อนที่สูญเสีย (กิโลแคลอรี่)**					
	ระยะเวลาในการสูญเสียความร้อน (ชั่วโมง)					
	0.25	**0.5**	**1**	**2**	**12**	**24**
ตัวควบคุม WF	0.3±0.3	1.2±0.3	1.2±0.3	1.3±0.3	1.2±0.3	1.3±0.3
ตัวควบคุม RH	0.3±0.3	0.7±0.3	1.0±0.0	1.5±0.0	1.0±0.0	1.5±0.0
ตัวควบคุม CF	0.5±0.4	0.7±0.3	1.2±0.3	1.7±0.3	1.2±0.3	1.5±0.0
WF : RH : CF (7 : 1 : 2)	0.2±0.3	0.7±0.5	0.8±0.3	1.2±0.3	1.2±0.3	1.8±0.3
WF : RH : CF (1 : 1 : 2)	0.0	0.8±0.3	0.8±0.3	1.3±0.3	1.5±0.0	1.3±0.3
WF : RH : CF (1 : 1 : 1)	0.2±0.3	0.8±0.3	1.2±0.3	0.8±0.3	1.5±0.0	1.3±0.3
กล่องโฟม	0.0	0.2±0.3	0.3±0.3	0.2±0.3	0.7±0.5	0.7±0.5

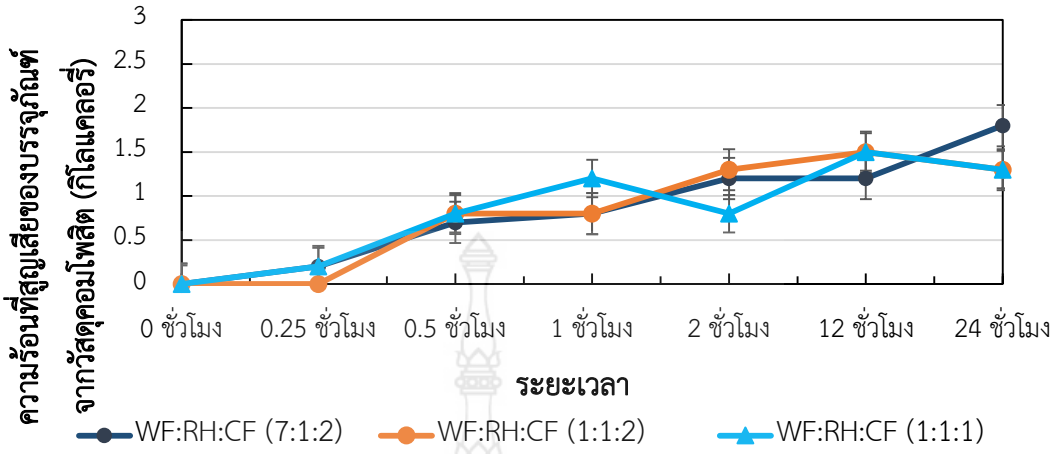


ก) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์



ข) ค่าความร้อนที่สูญเสียของตัวควบคุมของบรรจุภัณฑ์

ภาพ 4.17 การนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต



ค) ค่าความร้อนที่สูญเสียของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

ภาพ 4.17 การนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต (ต่อ)

4.4 บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้

วัสดุคอมโพสิตที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับรักษาอุณหภูมิ คือวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ ใยมะพร้าว อัตราส่วน 7 : 1 : 2 จากการศึกษาคุณสมบัติพบว่า มีความแข็งแรงมากที่สุด ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราทั้งในธรรมชาติที่สภาวะแห้ง และเชื้อราจำเพาะ (*Rhizopus* sp. *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp.) ค่าร้อยละความชื้นอยู่ในค่ามาตรฐาน สามารถเก็บความร้อนได้นาน 0.25-2 ชั่วโมง และสามารถเก็บกักความเย็น โดยมีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 4 องศาเซลเซียส เป็น 30.7 องศาเซลเซียส ภายใน 2 ชั่วโมง บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต อัตราส่วน 7 : 1 : 2 จึงเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ จากผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว แล้วทำการผลิตแผ่นวัสดุคอมโพสิต ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต สำหรับเก็บรักษาอุณหภูมิ ศึกษาการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ พบว่ามีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

5.1.1 คุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิต

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตที่ผ่านการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน โดยมีกาวไอโซไซยาเนตเป็นตัวประสาน แล้วอัดด้วยเครื่องอัดร้อนวัสดุชีวภาพ มีผลดังนี้

ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิต 0.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งได้เลือกมาใช้เป็นวัสดุคอมโพสิตในงานวิจัย เป็นค่าความหนาแน่นปานกลาง ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ, 2547)

ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต สามารถบ่งบอกได้จากการทนต่อแรงดัดสูงสุด ซึ่งพบว่าวัสดุคอมโพสิต อัตราส่วน 7 : 1 : 2 ซึ่งมีค่าการทนต่อแรงดัด 26.76 เมกะปาสกาล ทนต่อแรงดัดได้มากที่สุด เนื่องจากมีการยึดเกาะกันของวัสดุคอมโพสิต ประสานได้ดีระหว่างเส้นใยทั้งสามชนิด โดยมีผักตบชวามาก ในอัตราส่วน ร้อยละ 70

ร้อยละความชื้นของวัสดุคอมโพสิต อัตราส่วน 7 : 1 : 2 มีค่าร้อยละความชื้น ร้อยละ 3.8 มากที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตอัตราส่วนอื่น ทั้งนี้วัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว ทั้งสามชนิด มีค่าร้อยละความชื้นอยู่ในเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตาม หากวัสดุคอมโพสิต มีความชื้นสูงจะนำไปสู่การเจริญโตของเชื้อราได้

การพองตัวของวัสดุคอมโพสิต พบว่าอัตราส่วน 7 : 1 : 2 มีการพองตัว ร้อยละ 26.63 มากที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตอัตราส่วนอื่น เนื่องจากคุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา เป็นเส้นใยเซลลูโลส จึงสามารถดูดซึมน้ำได้ดี ส่งผลให้วัสดุคอมโพสิตมีการพองตัวมาก

การปนเปื้อนเชื้อราโดยธรรมชาติ ในสภาวะแห้งไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิตทุกอัตราส่วน เนื่องจากมีความชื้นต่ำ ส่วนในสภาวะเปียก พบการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิตทุกอัตราส่วน เมื่อระยะเวลาผ่านไป 7 วัน เนื่องจากความชื้นช่วยเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

การปนเปื้อนเชื้อราจำเพาะ (*Rhizopus* sp. *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp.) อัตราส่วน 7 : 1 : 2 ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิต ในขณะที่อัตราส่วนอื่น พบการปนเปื้อนของเชื้อราบนพื้นผิววัสดุคอมโพสิต

นอกจากนั้นยังพบว่าในการเก็บหรือใช้วัสดุคอมโพสิตที่จำเป็นต้องเจอสภาวะเปียกชื้น ควรมีการเช็ดและเก็บทำความสะอาดให้แห้ง เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุคอมโพสิตสัมผัสกับความชื้นหรือน้ำนานเกิน 7 วัน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ง่ายเพิ่มมากขึ้น

5.1.2 คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต

การเก็บรักษาอุณหภูมิของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต อัตราส่วน 7 : 1 : 2 สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิร้อนและเย็นได้ดีนานที่สุดอย่างน้อย 2 ชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกับวัสดุคอมโพสิตในอัตราส่วนอื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกล่องโฟม กล่องโฟมยังคงสามารถรักษาอุณหภูมิได้ดีกว่า

5.1.3 บรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิตที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เก็บรักษาอุณหภูมิ

จากการศึกษาพบว่าวัสดุคอมโพสิต อัตราส่วน 7 : 1 : 2 มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับรักษาอุณหภูมิเพื่อสิ่งแวดล้อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว สำหรับรักษาอุณหภูมิ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 ควรเก็บผักตบชวาในฤดูกาลเพราะมีจำนวนมาก และลำต้นมีขนาดใหญ่ทำให้ได้เส้นใยผักตบชวาในปริมาณมาก

5.2.2 ควรใช้วัตถุดิบทั้งหมดในสภาวะแห้ง เนื่องจากความชื้นที่เกิดขึ้นส่งผลให้น้ำหนักของวัสดุคลาดเคลื่อนเมื่อนำมาอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ทำให้แผ่นวัสดุคอมโพสิตเกิดการพองตัว และเกิดการปนเปื้อนของเชื้อราได้ง่าย

5.2.3 ควรใช้ Silver Nano ฉีดพ่นบนพื้นผิวของวัสดุคอมโพสิตเพื่อยับยั้งการปนเปื้อนเชื้อรา

5.2.4 ควรบุแผ่นฟอยล์ หรือวัสดุป้องกันความร้อน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการรักษาอุณหภูมิได้นานมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กระติกเก็บความร้อนความเย็นได้อย่างไร. 2556. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://guru.sanook.com/9680, 5 มกราคม 2562.

กาญจนา ลือพงษ์ และคณะ. 2554. **การผลิตกระดาษผักตบชวาเพื่องานบรรจุภัณฑ์.** อุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

แกลบ. ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://puechkaset.com/แกลบ, 2 ธันวาคม 2561

คุณสมบัติฉนวนกันความร้อนอลูมิเนียมฟอยล์. 2560. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.panelhoszigeteles.com/คุณสมบัติฉนวนกันความร้อน, 7 มกราคม 2562.

ฐิติวัลคุ์ เลื่อมกาญจนพันธ์. 2555. **การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพสมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงความร้อนจากเส้นใยกกช้าง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามาบัณฑิต. (ภาควิชาฟิสิกส์). คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมสมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย, กรุงเทพมหานคร.

ผักตบชวา สรรพคุณและประโยชน์ของผักตบชวา. 2560. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://medthai.com/ผักตบชวา, 1 ธันวาคม 2561.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.) (ก) **เซลลูโลส**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose-เซลลูโลส, 15 พฤศจิกายน 2561.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.) (ข) **เฮมิเซลลูโลส**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3154/hemicellulose-เฮมิเซลลูโลส, 15 พฤศจิกายน 2561.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.) (ง) **เชื้อรา.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0831/mold-รา, 5 เมษายน 2562.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.) (ค) **ลิกนิน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3289/lignin-ลิกนิน, 15 พฤศจิกายน 2561.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.) (จ) ***Rhizopus.*** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1819/rhizopus- ***Rhizopus***, 5 เมษายน 2562.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.) (ฉ) ***Penicillium.*** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1497/penicillium- ***Penicillium***, 5 เมษายน 2562.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (ม.ป.ป.) (ช) ***Aspergillus.*** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1438/aspergillus, 5 เมษายน 2562.

เพนิซิลเลียม (Penicillium). 2556. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.clipmass.com/story/72448, 5 เมษายน 2562.

มยุรี ภาคลำเจียก. 2552. **บรรจุภัณฑ์กล่องโฟม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://thaipackaging.blogspot.com/2009/06/blog-post_7865.html, 9 ธันวาคม 2561.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ. 2561. **รายละเอียดข้อมูลสารเคมีชีวภาพประเภทลิกนิน.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร

ใยมะพร้าว. 2559. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.victoryindustrial.co.th/products.html, 2 ธันวาคม 2561.

โรสลีนา จาราแว. 2559. **การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น.** (ภาควิชาวิทยาศาสตร์). คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2555. **วัสดุทดแทนไม้**. โรงพิมพ์ สกสค, กรุงเทพมหานคร.

สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล. 2560. **การป้องกันการเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์ผักตบชวา**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.most.go.th/main/th/flagship/111-dss/1638-2010-06-02-07-40-15.html, 15 ธันวาคม 2561.

สมาคมอุตสาหกรรมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสิ่งทอไทย. 2560. **คอมโพสิตวัสดุเส้นใยธรรมชาติในงานด้านนวัตกรรมทางอุตสาหกรรมในเชิงพาณิชย์.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.atdp-textiles.org/blog_fiber_composite, 4 ธันวาคม 2561.

สุรศักดิ์ ไวทยวงศ์สกุล. ม.ป.ป. **กล่องรักษาอุณหภูมิ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.material.chula.ac.th/RADIO44/DECEMBER/radio12-5.htm, 4 ธันวาคม 2561.

สุรีย์วัลย์ สิทธิจันดา. 2560. “หญ้าเนเปียร์กับการผลิตพลังงานทดแทน.” **วารสารสิ่งแวดล้อม**. 21, 1 (มกราคม-มีนาคม) : 22.

สาวิตรี ปานเพียร และ กัญฐณา พงษ์พุฒ. 2561. **การพัฒนาวัสดุคอมโพสิตด้วยเส้นใยผักตบชวาและป่านศรนารายณ์เพื่อใช้ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์**. ปริญญานิพนธ์. (สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

เส้นใยจากธรรมชาติ. 2560. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.ruedee.com/th/fabric/natural_fibers, 5 พฤศจิกายน 2561.

เส้นใยธรรมชาติ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/ngamsaenngamsaenhlwng/hnwy-thi-2-senyi-thrrmchati, 3 พฤศจิกายน 2561.

เส้นใยผักตบชวา. ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/a/thaitextile.org/textile-transformation-service/senyi-phak-tb-chwa, 2 ธันวาคม 2561.

ภาคผนวก ก

สูตรคำนวณการอัดขึ้นรูป และการศึกษาคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม จากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

1. การคำนวณในการผลิตแผ่นวัสดุ

การศึกษาคุณสมบัติความหนาแน่น เพื่อต้องการทราบถึงลักษณะของเส้นใยที่ดี ที่ช่วยให้แผ่นวัสดุคอมโพสิตมีช่องว่างภายในน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากรูปร่าง ลักษณะ และความแข็งแรงคงทนของแผ่นวัสดุ

การคำนวณในการผลิตแผ่นวัสดุความหนาแน่นปานกลาง

กำหนดให้ แผ่นวัสดุอัดมีความหนาแน่น (แห้ง) 0.7 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร

แผ่นวัสดุอัดมีขนาด 200 × 200 มิลลิเมตร

แผ่นวัสดุอัดมีความหนา 10 มิลลิเมตร

ใช้ปริมาณน้ำหนักกาวติดวัสดุ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักวัสดุแห้ง

วัสดุมีความชื้น ร้อยละ 5

จากสูตร ความหนาแน่น = มวลหรือน้ำหนัก / ปริมาตร

จะได้ มวล (วัสดุ + กาว) = ปริมาตร × ความหนาแน่น

= (กว้าง × ยาว × หนา) × ความหนาแน่น

= (20 × 20 × 1.0) × 0.7 = 280 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้วัสดุแห้ง 90 กรัม

แผ่นประกอบมวล 280 กรัม ใช้วัสดุมวลแห้ง $\frac{90 \times 280}{100}$ = 252 กรัม

ดังนั้น จะใช้วัสดุมวลแห้ง 252 กรัม

แผ่นประกอบมวล 100 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล 10 กรัม

แผ่นประกอบมวล 280 กรัม ใช้เนื้อกาวมวล $\frac{10 \times 280}{100}$ = 28 กรัม

ดังนั้น จะใช้มวลกาว 28 กรัม

เพราะฉะนั้น ปริมาณวัสดุที่ใช้ 280 × 1.05 = 294.0 กรัม

เผื่อ ร้อยละ 10 = 617.4 กรัม

ปริมาณกาวที่ใช้ 28 กรัม เผื่อ ร้อยละ 10 = 58.8 กรัม

หมายเหตุ 1.05 คือ มวลวัสดุรวมกับความชื้นร้อยละ 5

2. สูตรการทดสอบความหนาแน่น

$$p = \frac{m}{v}$$

เมื่อ p คือ ความหนาแน่น มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

m คือ มวลสาร มีหน่วยเป็น กรัม หรือ กิโลกรัม

v คือ ปริมาตร มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3. สูตรการทดสอบความต้านแรงดัด

$$fm = \frac{3\ F_{max}\ l_1}{2\ B\ t^2}$$

เมื่อ fm คือ ความต้านแรงดัด มีหน่วยเป็น เมกะพาสคัล

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ มีหน่วยเป็น นิวตัน

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

4. สูตรการทดสอบหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(m1 - m2)\ \times 100}{m1}$$

เมื่อ m1 คือ น้ำหนักก่อนดูดความชื้น มีหน่วยเป็น กรัม

m2 คือ น้ำหนักหลังดูดความชื้น มีหน่วยเป็น กรัม

5. สูตรการทดสอบการพองตัว

$$\text{การพองตัวตามความหนา (ร้อยละ)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

6. สูตรการทดสอบการถ่ายเทความร้อน

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

เมื่อ ΔQ คือ ปริมาณความร้อนที่ได้รับหรือสูญเสียไป มีหน่วยเป็น แคลอรี

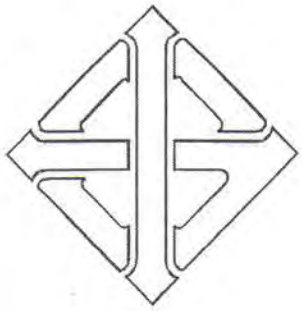
m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น กรัม

c คือ ความจุความร้อนจำเพาะ มีหน่วยเป็น แคลอรีต่อกรัมองศาเซลเซียส

Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2554)



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 876– 2547

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

FLAT PRESSED PARTICLEBOARDS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 79.060.20

ISBN 974-687-210-9

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

มอก. 876 – 2547

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนที่ 63ง
วันที่ 5 สิงหาคม พุทธศักราช 2547

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120
มาตรฐานแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายนิคม แหลมสัก	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรรมการ

นายวินัย สีเที่ยงธรรม	กรมโยธาธิการและผังเมือง
นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย	กรมป่าไม้
นายวิทยา วุฒิจำนงค์	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายสมุทร พรหมเกษตรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
นายสุรินทร์ กาญจนกุญชร	สำนักงานมาตรฐานสินค้า
นายชุมพล เพี้ยนภักตร์	บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด
นายชัยพร มังกรเดชไชยกุล	บริษัท เดอะ วนชัย กรุ๊ป ออฟ คอมปานีส์ จำกัด
-	บริษัท สตาร์บล็อก กรุ๊ป จำกัด
นายอนุชา ราญรอน	บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด
นายทรวง ทิมบุญธรรม	บริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวนิลเนตร ไพรพิสุทธิ์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบนี้ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มาตรฐานเลขที่ มอก.876-2532 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 146 วันที่ 5 กันยายน พุทธศักราช 2532

ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงในสาระสำคัญของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว เพื่อให้ทันสมัย และเหมาะสมกับขีดความสามารถของผู้ทำและความต้องการของผู้ใช้ จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิม และกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

EN 120 : 1991	Wood based panels - Determination of formaldehyde content - Extraction method called the perforator method
EN 311-1992	Particleboards - Surface soundness of particleboards - test method
EN 312-1 : 1996	Particleboards - Specifications - Part 1 : General requirements for all board types
EN 312-2 : 1996	Particleboards - Specifications - Part 2 : Requirements for general purpose boards for use in dry conditions
EN 312-3 : 1996	Particleboards - Specifications - Part 3 : Requirements for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions
JIS A 5908-1994	Particleboards
มอก.499-2526	ตะปูเกลียวหัวผ่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3261 (พ.ศ. 2547)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มาตรฐานเลขที่ มอก.876-2532

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1523 (พ.ศ.2532) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง ลงวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ.2532 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มาตรฐานเลขที่ มอก.876-2547 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 90 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2547

พินิจ จารุสมบัติ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับ แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 400 kg/m^3 ถึง 900 kg/m^3 สำหรับใช้งานทั่วไปในสภาวะแห้ง (dry condition)

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึง แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบซึ่งมีไม้บางหรือวัสดุอื่นปิดทับหน้า

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (flat pressed (FP) particleboards) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "แผ่นชิ้นไม้อัด" หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่น ทำจากชิ้นไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic material) อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัดตั้งฉากกับระนาบของแผ่น การทำอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำต่อเนื่อง ชิ้นไม้ส่วนใหญ่นอนตัวขนานกับระนาบของแผ่น แผ่นชิ้นไม้อัดอาจทำให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นกันก็ได้ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400 kg/m^3 ถึง 900 kg/m^3

2.2 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่ง(additive) อย่างเดียวกัน ตลอดความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็นสามชั้นตลอดความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกันกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

2.4 แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีลักษณะตามข้อ 2.3 แต่มีจำนวนชั้นมากกว่า 3 ชั้น

2.5 แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น (graduated particleboard) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนา จากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กลงไปหาผิวทั้งสองด้าน โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.6 ชิ้นไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

2.6.1 เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บาง ๆ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

2.6.2 เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

2.6.3 แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

2.6.4 ขี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

2.6.5 แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยน ไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

2.6.6 เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

2.6.7 ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัด

2.7 ไม้บาง (veneer) หมายถึง แผ่นเนื้อไม้บาง ๆ ที่ได้จากการปอกหรือฝาน

2.8 วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้ และพืชต่าง ๆ ได้แก่ ชานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

2.9 กาว หมายถึง สารอินทรีย์ที่ใช้ติดชิ้นไม้ในแผ่นชิ้นไม้อัด โดยปกติเป็นกาวเรซินสังเคราะห์

2.10 สารเติมแต่ง หมายถึง สารที่ใช้เติมในการทำแผ่นชิ้นไม้อัด เพื่อให้มีสมบัติพิเศษขึ้น ซึ่งรวมทั้งสารรักษาเนื้อไม้ด้วย

3. แบบและชั้นคุณภาพ

3.1 แผ่นชิ้นไม้อัด แบ่งตามลักษณะโครงสร้าง ออกเป็น 4 แบบ คือ

3.1.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว

3.1.2 แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น

3.1.3 แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น

3.1.4 แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น

3.2 แผ่นชิ้นไม้อัด แต่ละแบบ แบ่งตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ

3.2.1 ชั้นคุณภาพ 1 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 8 mg/100 g

3.2.2 ชั้นคุณภาพ 2 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 8 mg/100 g ถึง 30 mg/100 g

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 5 mm
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.1

4.2 ความหนา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก แต่ต้องไม่น้อยกว่า 3 mm และไม่เกิน 50 mm โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 0.3 mm
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.2

4.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้ง 2 เส้น จะมีได้ไม่เกิน 0.25 % ของเส้นสั้น
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.3

4.4 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรงได้ไม่เกิน 3.0 mm
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.4

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชิ้นไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสสำหรับทำแผ่นชิ้นไม้อัด

5.1.2 กาว

5.2 การทำ

5.2.1 ย่อยวัสดุที่จะทำเป็นชิ้นไม้ตามลักษณะที่ต้องการ แล้วอบจนได้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมด้วยเครื่องอบ แยกชิ้นไม้ออกเป็นขนาดต่าง ๆ ตามที่ต้องการ แล้วนำไปคลุกกับกาวตามอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยเครื่องจักร โดยผสมสารเติมแต่งลงไปด้วยก็ได้ และต้องควบคุมให้ปริมาณความชื้นของชิ้นไม้ หลังจากผสมกาวและสารเติมแต่งแล้ว อยู่ในระดับที่เหมาะสม นำชิ้นไม้ไปทำเป็นแผ่นชิ้นไม้ (particle mat) ด้วยเครื่องทำแผ่น แล้วนำแผ่นชิ้นไม้ไปอัดด้วยเครื่องอัดร้อนในแนวราบทั้งนี้ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิแรงอัดและระยะเวลาอัดร้อน

5.2.2 ในกรณีที่เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น ต้องทำให้เกิดโครงสร้างที่สมดุล หากเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียวต้องโรยชิ้นไม้ที่มีขนาดแตกต่างให้คละกันอย่างสม่ำเสมอ

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป
แผ่นชิ้นไม้อัดต้องมีความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่น
ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 400 mg/m^3 ถึง 900 mg/m^3 และความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ละแผ่นจะคลาดเคลื่อนจากค่าความหนาแน่นเฉลี่ยได้ไม่เกิน 10%
การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.3 ปริมาณความชื้น (moisture content)

ปริมาณความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 4 % ถึง 13 %

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.5

6.4 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

6.4.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นคุณภาพ 1

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 8 mg/100 g

6.4.2 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นคุณภาพ 2

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 8 mg/100 g ถึง 30 mg/100 g

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.6

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด							วิธีทดสอบตาม
		ความหนา มิลลิเมตร							
		3.0 ถึง 6.0	เกิน 6.0 ถึง 13.0	เกิน 13.0 ถึง 20.0	เกิน 20.0 ถึง 25.0	เกิน 25.0 ถึง 32.0	เกิน 32.0 ถึง 40.0	เกิน 40.0 ถึง 50.0	
1	การพองตัวตามความหนา % ไม่เกิน	12	12	12	12	12	12	12	ข้อ 9.7
2	ความต้านแรงดัด MPa *								ข้อ 9.8
	ไม่น้อยกว่า	15	14	13	11.5	10	8.5	7	
3	มอดุลัสยืดหยุ่น MPa ไม่น้อยกว่า	1 950	1 800	1 600	1 500	1 350	1 200	1 050	ข้อ 9.8
4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า								ข้อ 9.9
	MPa ไม่น้อยกว่า	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.20	
5	ความยึดแน่นของผิวหน้า MPa								EN 311
	ไม่น้อยกว่า	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
6	ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว N								ข้อ 9.10
	ไม่น้อยกว่า								
	- ด้านผิว	-	-	360**	360	360	360	360	
	- ด้านขอบ	-	-	360**	360	360	360	360	

หมายเหตุ * *1 MPa เท่ากับ 1 N/mm²*

** *หมายถึง ทดสอบเฉพาะที่ความหนา 15.0 mm ถึง 20.0 mm*

\- *หมายถึง ไม่ต้องทดสอบ*

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นชิ้นไม้อัดทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามชื่อมาตรฐาน

(2) แบบ และ ชั้นคุณภาพ

(3) ขนาด (ความกว้าง x ความยาว x ความหนา) เป็น มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร

(4) ข้อความหรือรหัสแสดงเดือน ปีที่ทำ หรือรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ตามภาคผนวก ก. ให้ไว้เป็นเพียงข้อแนะนำ

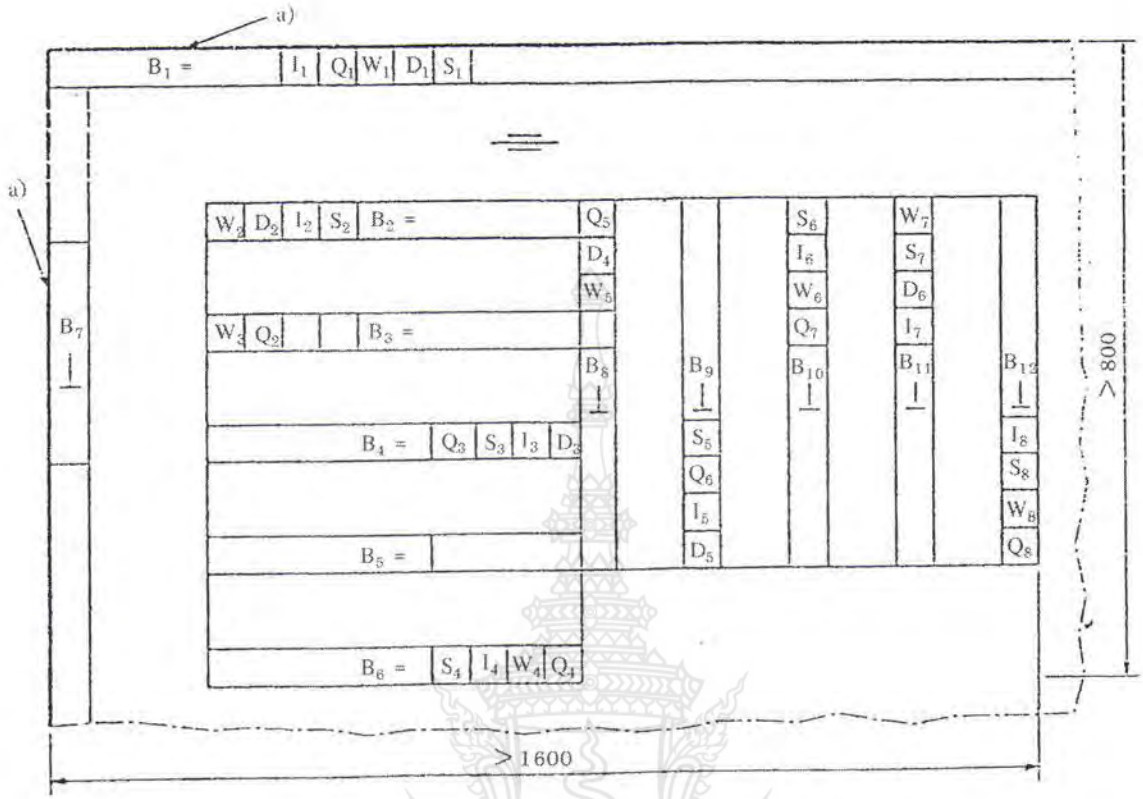
9. การทดสอบ

9.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างแต่ละแผ่น เป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1 ดังนี้

- ชิ้นทดสอบ D_1 ถึง D_6 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 6 ชิ้น สำหรับทดสอบความหนาแน่นและความชื้น
- ชิ้นทดสอบ Q_1 ถึง Q_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา
- ชิ้นทดสอบ B_1 ถึง B_{12} ขนาด 50 mm x L mm จำนวน 12 ชิ้น สำหรับทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

  L = 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ไม่น้อยกว่า 150 mm บวก 50 mm)
- ชิ้นทดสอบ I_1 ถึง I_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า
- ชิ้นทดสอบ S_1 ถึง S_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้า
- ชิ้นทดสอบ W_1 ถึง W_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

= หมายถึง ทิศทางของแนวแกนด้านยาวของชิ้นทดสอบขนานกับทิศทางของเครื่อง

⊥ หมายถึง ทิศทางแนวแกนด้านยาวของชิ้นทดสอบตั้งฉากกับทิศทางของเครื่อง

a) หมายถึง ขอบด้านนอก

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ

(ข้อ 9.1)

9.2 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงตัด มอดุลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความยึดแน่นของผิวหน้า และความยืดเหนี่ยวของตะปูเกลียว ไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C ความชื้นสัมพัทธ์ (65 ± 5) % จนมีมวลคงที่ คือ มวลของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้ง ห่างกัน 24 h ต่างกันไม่เกิน 0.1 % แล้วทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่น และปริมาณความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

9.3 ขนาด

9.3.1 ความกว้าง และความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 mm วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดประมาณ 100 mm ดังรูปที่ 2

9.3.2 ความหนา

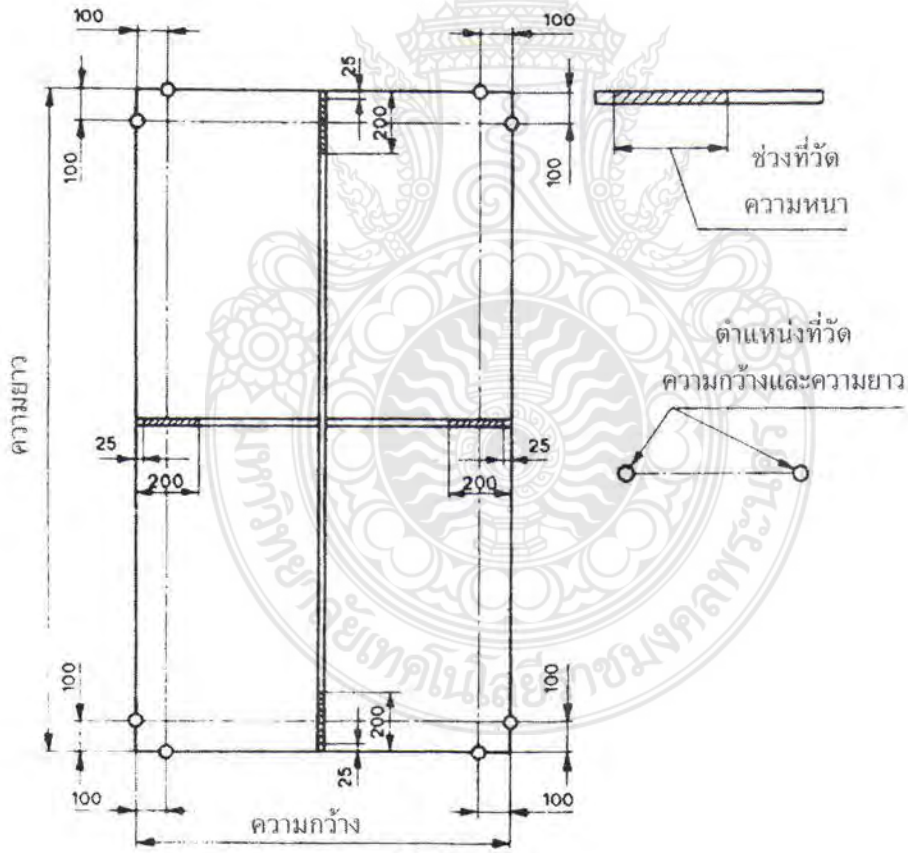
ใช้ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm ให้วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 mm ถึง 200 mm ดังรูปที่ 2

9.3.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.3.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.3.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกันของแผ่นชิ้นไม้อัด แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และ ความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด
(ข้อ 9.3.1 และข้อ 9.3.2)

9.4 ความหนาแน่น

9.4.1 เครื่องมือ

9.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

9.4.1.2 ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

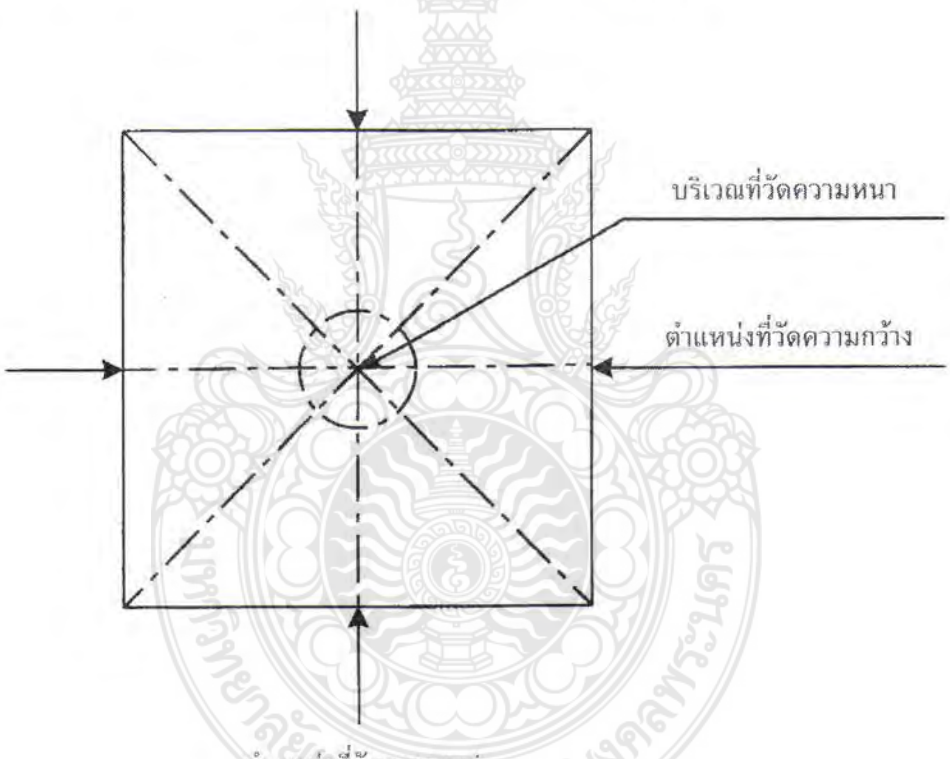
9.4.1.3 แคลิเปอร์แบบเลื่อน (sliding caliper) หรือเครื่องวัดอื่นที่เทียบเท่า อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 mm

9.4.2 วิธีทดสอบ

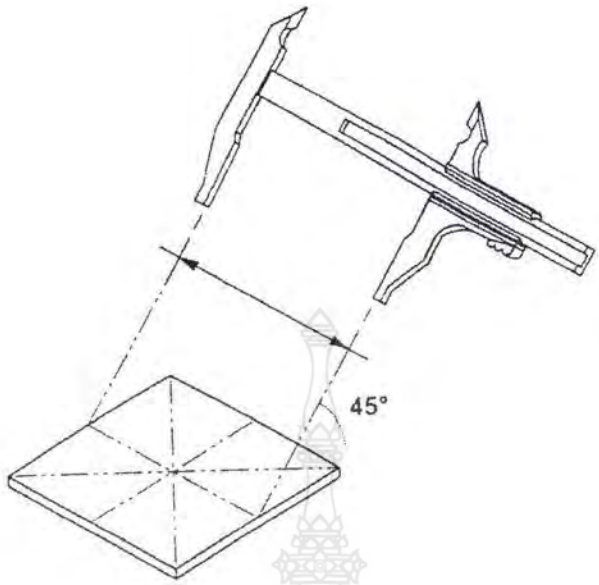
9.4.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบให้ได้มวลที่แน่นอนถึง 0.01 g

9.4.2.2 ใช้เครื่องมือตามข้อ 9.4.1.2 วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบตามรูปที่ 3

9.4.2.3 ใช้เครื่องมือตามข้อ 9.4.1.3 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ 3 โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° ตามรูปที่ 4



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.4.2.2 ข้อ 9.4.2.3 และข้อ 9.7.2.1)



รูปที่ 4 แสดงวิธีวัดความกว้าง ความยาวของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.4.2.3)

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{m}{V} \times 10^6$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็น กรัม

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ เป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นและความหนาแน่นเฉลี่ย

9.5 ปริมาณความชื้น

9.5.1 เครื่องมือ

(1) เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

(2) ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ $(103 \pm 2)^{\circ}C$

(3) เดซิเคเตอร์

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.4 แล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 g เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ

9.5.2.2 อบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $(103 \pm 2)^{\circ}C$ จนได้มวลคงที่ คือมวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 h ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 % ของมวลของชิ้นทดสอบ

9.5.2.3 นำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น

9.5.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละ} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ เป็น กรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง เป็น กรัม

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น

9.6 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

9.6.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นทดสอบกว้าง 25 mm ยาว 25 mm ให้ได้มวลประมาณ 500 g

9.6.2 วิธีทดสอบ

ให้ปฏิบัติตาม BS EN 120

หมายเหตุ *การทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าได้ โดยใช้เกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบ (รวมทั้งการเตรียมชิ้นทดสอบ) ต้องสอดคล้องกันดังในภาคผนวก ข. ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีตาม BS EN 120 เป็นวิธีตัดสิน*

9.7 การพองตัวตามความหนา

9.7.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.7.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ (20 ± 2) °C โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 mm แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ ไม่น้อยกว่า 10 mm

9.7.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 h แล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

9.7.2.4 ปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 h แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวตามความหนา จากสูตร

$$\text{การพองตัวตามความหนา ร้อยละ} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของการพองตัวตามความหนา เป็นร้อยละ

9.8 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.8.1 เครื่องมือ

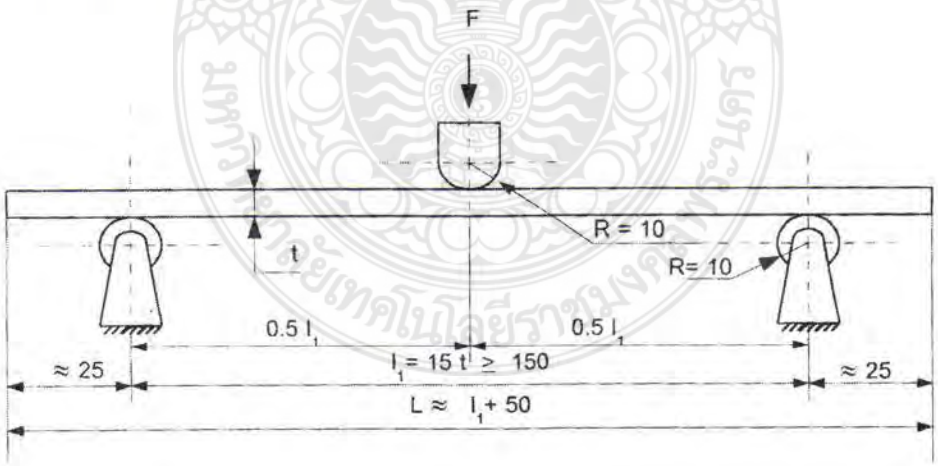
9.8.1.1 เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 N หรือ 5 % ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ แท่งกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งกดไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.2 แท่งรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งรองรับไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.3 เครื่องวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 mm

9.8.2 วิธีทดสอบ

9.8.2.1 วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม ของ 10 mm) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 mm ตามรูปที่ 5 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 mm



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.8.2.1)

9.8.2.2 ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการกดประมาณ 10 mm/min)

9.8.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว ดังรูปที่ 6

9.8.3 วิธีคำนวณ

9.8.3.1 ความต้านแรงดัด

หาค่าความต้านแรงดัด จากสูตร

$$fm = \frac{3\ F_{max}\ l_1}{2\ b\ t^2}$$

เมื่อ fm คือ ความต้านแรงดัด เป็น เมกะพาสคัล

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็น นิวตัน

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็น มิลลิเมตร

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

9.8.3.2 มอดุลัสยืดหยุ่น

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร

$$E_m = \frac{l_1^{\,3}\ (F_2 - F_1)}{4\ b\ t^3\ (a_2 - a_1)}$$

เมื่อ E_m คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็น เมกะพาสคัล

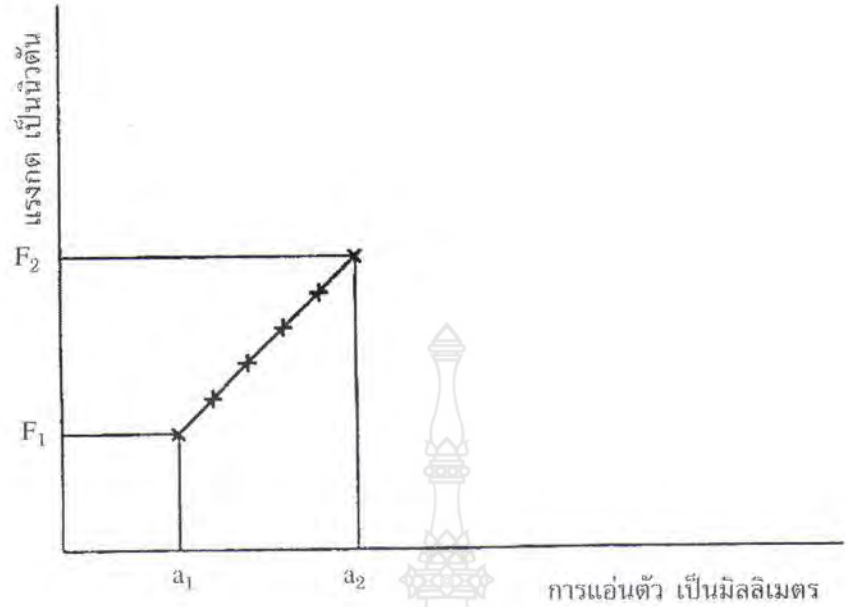
l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็น มิลลิเมตร

$F_2 - F_1$ คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 6 เป็น นิวตัน

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

$a_2 - a_1$ คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรงตามรูปที่ 6 เป็น มิลลิเมตร



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว
(ข้อ 9.8.2.3 และข้อ 9.8.3.2)

9.8.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.9 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.9.1 เครื่องมือ

9.9.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.9.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 mm x 50 mm ความหนาตามความเหมาะสม

9.9.2 วิธีทดสอบ

9.9.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ

9.9.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการดึงประมาณ 2 mm/min)

9.9.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล} = \frac{F}{W \times L}$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด เป็น นิวตัน

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

9.9.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.10 ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

9.10.1 เครื่องมือ

9.10.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อถอนตะปูเกลียวออกจากชิ้นทดสอบในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.10.1.2 ตะปูเกลียว ชนิดหัวจมแบบผ่าที่เป็นไปตาม มอก. 499 ขนาดระบุ 4.1 ความยาว 40 mm หรือที่มีขนาดใกล้เคียง

9.10.2 วิธีทดสอบ

9.10.2.1 ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ทดสอบ 3 แห่ง คือ ที่กึ่งกลางผิวหน้า 1 แห่ง และที่กึ่งกลางของขอบ 2 ขอบที่ประชิดกัน

9.10.2.2 ขันตะปูเกลียวลงในชิ้นทดสอบ ซึ่งได้เจาะรูนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 mm ลึก 6 mm ไว้แล้ว ขันตะปูเกลียวจนกระทั่งส่วนเกลียวที่สมบูรณ์จมลึกลงไปถึง 13 mm ไม่นับความยาวส่วนปลายเรียวของตะปูเกลียว

9.10.2.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบ แรงที่ใช้ดึงจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับตะปูเกลียว และตั้งฉากกับผิวหน้าหรือผิวขอบของชิ้นทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่กกว่า 90 s (ความเร็วในการดึง ประมาณ 2 mm/min)

9.10.3 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.)

ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัด ที่มีแบบ ชั้นคุณภาพและความหนาเดียวกัน ทำจากกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ ก.1

ก.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ ก.1 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัด รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ก.1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

(ข้อ ก.2.1)

ขนาดรุ่น แผ่น	ขนาดตัวอย่าง แผ่น	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 150	3	0
151 ถึง 500	13	1
501 ขึ้นไป	20	2

ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

ก.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากแผ่นชิ้นไม้อัด ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาดและลักษณะทั่วไปแล้ว ให้มีมวลประมาณ 500 g

ก.2.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.4 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ก.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากแผ่นชิ้นไม้อัด ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาดและลักษณะทั่วไปแล้ว จำนวน 3 แผ่น

ก.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 และข้อ 6.5 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชิ้นไม้อัด ต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1 ข้อ ก.2.2 และข้อ ก.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ข.

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

(ข้อ 9.6)

ข.1 ข้อแนะนำเกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ โดยวิธีใดวิธีหนึ่งตามตารางวิธีทดสอบเทียบเท่าดังนี้

ชั้นคุณภาพ	เกณฑ์กำหนด		วิธีทดสอบ
1	ไม่เกิน 8 mg/100g		วิธี Perforator ตาม BS EN 120
	ไม่เกิน 0.5 mg/l	E_0	วิธี Desiccator ตาม JIS A 5908
	มากกว่า 0.5 mg/l ถึง 1.5 mg/l	E_1	
2	มากกว่า 8 mg/100g ถึง 30 mg/100g		วิธี Perforator ตาม BS EN 120
	มากกว่า 1.5 mg/l ถึง 5.0 mg/l	E_2	วิธี Desiccator ตาม JIS A 5908

หมายเหตุ *E_0 E_1 E_2 หมายถึง ปริมาณการปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์*

ภาคผนวก ค

คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

ตารางภาคผนวก ค 1 ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	ความหนาแน่นของวัสดุคอมโพสิต (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	0.73	0.73	0.73	0.73±0.00
ตัวควบคุม RH	0.73	0.73	0.73	0.73±0.00
ตัวควบคุม CF	0.73	0.73	0.73	0.73±0.00
WF:RH:CF (7:1:2)	0.75	0.73	0.76	0.75±0.01
WF:RH:CF (1:1:2)	0.73	0.73	0.73	0.73±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	0.73	0.73	0.73	0.73±0.00

ตารางภาคผนวก ค 2 ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าว

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	ความแข็งแรงของวัสดุคอมโพสิต(เมกะปาสกาล)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	0.9	11.97	11.75	11.08±1.20
ตัวควบคุม RH	5.66	7.42	8.02	6.97±1.08
ตัวควบคุม CF	56.43	46.90	32.11	45.15±10.96
WF:RH:CF (7:1:2)	30.33	29.30	20.64	26.76±4.76
WF:RH:CF (1:1:2)	19.15	12.59	12.74	14.83±3.35
WF:RH:CF (1:1:1)	20.00	16.64	20.74	19.13±1.95

ตารางภาคผนวก ค 3 ความชื้นของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าวเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	ความชื้นของวัสดุคอมโพสิต (ร้อยละ)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	6.7	7.3	4.0	6.00±1.59
ตัวควบคุม RH	4.0	4.7	3.3	4.00±0.60
ตัวควบคุม CF	4.0	3.3	3.3	3.60±0.36
WF:RH:CF (7:1:2)	4.0	4.0	3.3	3.80±0.35
WF:RH:CF (1:1:2)	4.7	3.3	2.7	3.60±0.93
WF:RH:CF (1:1:1)	4.0	3.3	3.3	3.60±0.36

ตารางภาคผนวก ค 4 การพองตัวของวัสดุคอมโพสิตเส้นใยผักตบชวา แกลบ และใยมะพร้าวเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	การพองตัวของวัสดุคอมโพสิต (ร้อยละ)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	37.7	41.83	37.70	39.08±2.13
ตัวควบคุม RH	25.97	28.75	19.89	24.87±4.05
ตัวควบคุม CF	19.63	19.63	18.45	19.24±0.64
WF:RH:CF (7:1:2)	30.03	27.46	22.40	26.63±3.47
WF:RH:CF (1:1:2)	26.07	27.29	16.08	23.15±5.50
WF:RH:CF (1:1:1)	23.60	18.45	17.20	19.75±3.03

ตารางภาคผนวก ค 5 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	67	67	67	67.00 ±0.00
ตัวควบคุม RH	71	69	68	69.33±1.53
ตัวควบคุม CF	72	67	65	68.00±3.61
กล่องโฟม	75	75	74	74.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 6 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	70	68	71	69.67±1.53
WF:RH:CF (1:1:2)	59	67	67	64.33±4.62
WF:RH:CF (1:1:1)	69	69	66	68.00±1.73

ตารางภาคผนวก ค 7 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	60	60	59	59.67±0.57
ตัวควบคุม RH	63	62	61	62.00±1.00
ตัวควบคุม CF	63	64	60	62.33±2.08
กล่องโฟม	69	68	69	68.67±0.57

ตารางภาคผนวก ค 8 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	60	61	60	60.33±0.57
WF:RH:CF (1:1:2)	59	62	61	60.67±1.52
WF:RH:CF (1:1:1)	55	56	55	55.33±0.57

ตารางภาคผนวก ค 9 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	53	47	47	49.00±3.46
ตัวควบคุม RH	51	48	48	49.00±1.73
ตัวควบคุม CF	50	46	47	47.67±2.08
กล่องโฟม	62	62	62	62.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 10 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	55	59	60	58.00±2.64
WF:RH:CF (1:1:2)	54	55	55	54.67±0.57
WF:RH:CF (1:1:1)	54	53	54	53.67±0.57

ตารางภาคผนวก ค 11 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	37	49	46	44.00±6.24
ตัวควบคุม RH	41	47	45	44.33±3.05
ตัวควบคุม CF	39	46	45	43.33±3.78
กล่องโฟม	59	58	59	58.67± 0.57

ตารางภาคผนวก ค 12 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	47	48	48	47.67±0.57
WF:RH:CF (1:1:2)	48	48	48	48.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	48	48	48	48.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 13 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	32	32	33	32.33±0.57
ตัวควบคุม RH	33	34	33	33.33±0.57
ตัวควบคุม CF	32	33	33	32.67±0.57
กล่องโฟม	49	51	48	49.33±1.52

ตารางภาคผนวก ค 14 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	34	34	32	33.33±1.15
WF:RH:CF (1:1:2)	33	34	35	34.00±1.00
WF:RH:CF (1:1:1)	34	35	34	34.33±0.57

ตารางภาคผนวก ค 15 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	30	29	29	29.33±0.57
ตัวควบคุม RH	29	29	29	29.00±0.00
ตัวควบคุม CF	29	29	29	29.00±0.00
กล่องโฟม	34	33	34	33.67±0.57

ตารางภาคผนวก ค 16 อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	29	29	29	29.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:2)	29	29	29	29.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	30	29	29	29.33±0.57

ตารางภาคผนวก ค 17 อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	29	29	29	29.00±0.00
ตัวควบคุม RH	29	29	29	29.00±0.00
ตัวควบคุม CF	29	29	29	29.00±0.00
กล่องโฟม	29	29	29	29.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 18 อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	29	29	29	29.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:2)	29	29	29	29.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	29	29	29	29.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 19 อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	29	29	29	29.0±0.00
ตัวควบคุม RH	29	29	29	29.0±0.00
ตัวควบคุม CF	29	30	30	29.7±0.60
กล่องโฟม	29	29	29	29.0±0.00

ตารางภาคผนวก ค 20 อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	30	30	30	30.0±0.00
WF:RH:CF (1:1:2)	29	29	30	29.3±0.60
WF:RH:CF (1:1:1)	29	29	30	29.3±0.60

ตารางภาคผนวก ค 21 อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	29	30	30	29.7±0.60
ตัวควบคุม RH	30	30	30	30.0±0.00
ตัวควบคุม CF	29	30	30	29.7±0.60
กล่องโฟม	29	29	29	29.0±0.60

ตารางภาคผนวก ค 22 อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	30	30	30	30.0±0.00
WF:RH:CF (1:1:2)	29	30	30	29.7±0.60
WF:RH:CF (1:1:1)	29	29	30	29.3±0.60

ตารางภาคผนวก ค 23 อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	30	30	31	30.3±0.60
ตัวควบคุม RH	29	30	29	29.3±0.60
ตัวควบคุม CF	30	30	30	30.0±0.60
กล่องโฟม	29	30	29	29.3±0.60

ตารางภาคผนวก ค 24 อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	31	31	30	30.7±0.60
WF:RH:CF (1:1:2)	29	30	31	30.0±1.00
WF:RH:CF (1:1:1)	29	30	30	29.7±0.60

ตารางภาคผนวก ค 25 อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	30	30	31	30.3±0.60
ตัวควบคุม RH	30	31	30	30.3±0.60
ตัวควบคุม CF	30	30	30	30.0±0.00
กล่องโฟม	30	30	30	30.0±0.00

ตารางภาคผนวก ค 26 อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	31	30	30	30.3±0.60
WF:RH:CF (1:1:2)	30	30	30	30.0±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	30	31	30	30.3±0.60

ตารางภาคผนวก ค 27 อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	31	31	31	31.0±0.00
ตัวควบคุม RH	31	30	30	30.3±0.60
ตัวควบคุม CF	31	31	30	30.7±0.60
กล่องโฟม	30	30	30	30.0±0.00

ตารางภาคผนวก ค 28 อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	30	31	31	30.7±0.60
WF:RH:CF (1:1:2)	31	31	32	31.3±0.60
WF:RH:CF (1:1:1)	31	32	30	31.0±1.00

ตารางภาคผนวก ค 29 อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	8	9	9	8.67 ±0.58
ตัวควบคุม RH	7	9	8	8.00±1.00
ตัวควบคุม CF	9	9	9	9.00±0.00
กล่องโฟม	5	5	6	5.33±0.58

ตารางภาคผนวก ค 30 อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความร้อนของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	7	7	8	7.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	7	8	7	7.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:1)	6	8	8	7.33±1.15

ตารางภาคผนวก ค 31 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	11	11	11	11.00±0.58
ตัวควบคุม RH	10	12	11	11.00±1.00
ตัวควบคุม CF	10	11	12	11.00±0.00
กล่องโฟม	6	7	6	6.33±0.58

ตารางภาคผนวก ค 32 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	9	9	8	8.67±0.00
WF:RH:CF (1:1:2)	9	10	9	9.33±1.00
WF:RH:CF (1:1:1)	10	10	10	10.00±1.00

ตารางภาคผนวก ค 33 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	15	15	16	14.83±0.58
ตัวควบคุม RH	14	15	14	14.33±0.58
ตัวควบคุม CF	14	14	15	14.33±0.58
กล่องโฟม	10	9	11	10.00±1.00

ตารางภาคผนวก ค 34 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	12	12	11	12.17±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	13	13	12	12.83±0.58
WF:RH:CF (1:1:1)	12	13	14	13.00±1.00

ตารางภาคผนวก ค 35 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 2 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 3 (องศาเซลเซียส)	
ตัวควบคุม WF	18	19	19	18.67±0.58
ตัวควบคุม RH	17	18	17	17.33±0.58
ตัวควบคุม CF	19	19	19	19.00±0.00
กล่องโฟม	12	13	12	12.33±0.58

ตารางภาคผนวก ค 36 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	15	16	15	15.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	15	17	16	16.00±1.00
WF:RH:CF (1:1:1)	17	16	15	16.00±1.00

ตารางภาคผนวก ค 37 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	27	27	26	26.67±0.58
ตัวควบคุม RH	27	26	26	26.33±0.00
ตัวควบคุม CF	27	26	27	26.67±0.00
กล่องโฟม	19	20	20	19.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 38 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 2 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 3 (องศาเซลเซียส)	
WF:RH:CF (7:1:2)	26	26	26	26.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:2)	26	25	26	25.67±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	25	26	26	25.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 39 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	29	29	30	29.33±0.58
ตัวควบคุม RH	29	29	29	29.00±0.00
ตัวควบคุม CF	29	28	29	28.67±0.58
กล่องโฟม	25	26	26	25.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 40 อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการเก็บกักความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	29	29	30	29.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	29	29	29	29.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	30	29	30	29.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 41 อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	29	30	29	29.33±0.58
ตัวควบคุม RH	30	29	29	29.33±0.58
ตัวควบคุม CF	30	28	29	29.00±1.00
กล่องโฟม	30	30	30	30.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 42 อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.25 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	30	29	30	29.67±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	30	30	30	30.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	30	29	30	29.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 43 อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	28	27	28	27.67±0.58
ตัวควบคุม RH	28	29	29	28.67±0.58
ตัวควบคุม CF	28	29	29	28.67±0.58
กล่องโฟม	30	30	29	29.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 44 อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 0.5 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	30	28	28	28.67±1.15
WF:RH:CF (1:1:2)	29	28	28	28.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:1)	29	28	28	28.33±0.58

ตารางภาคผนวก ค 45 อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	28	27	28	27.67±0.58
ตัวควบคุม RH	28	28	28	28.00±0.00
ตัวควบคุม CF	27	28	28	27.67±0.58
กล่องโฟม	29	29	29	29.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 46 อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 1 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	29	28	28	28.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	28	29	28	28.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:1)	28	28	27	27.67±0.58

ตารางภาคผนวก ค 47 อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 2 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 3 (องศาเซลเซียส)	
ตัวควบคุม WF	28	27	27	27.33±0.58
ตัวควบคุม RH	27	27	27	27.00±0.00
ตัวควบคุม CF	27	26	27	26.67±0.58
กล่องโฟม	29	29	30	29.33±0.58

ตารางภาคผนวก ค 48 อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 2 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	28	27	28	27.67±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	27	27	28	27.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:1)	28	28	29	28.33±0.58

ตารางภาคผนวก ค 49 อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 2 (องศาเซลเซียส)	ครั้งที่ 3 (องศาเซลเซียส)	
ตัวควบคุม WF	27	28	28	27.67±0.58
ตัวควบคุม RH	28	28	28	28.00±0.00
ตัวควบคุม CF	28	28	27	26.67±0.58
กล่องโฟม	28	28	28	28.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 50 อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 12 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	28	28	27	27.67±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	27	27	27	27.00±0.00
WF:RH:CF (1:1:1)	27	27	27	27.00±0.00

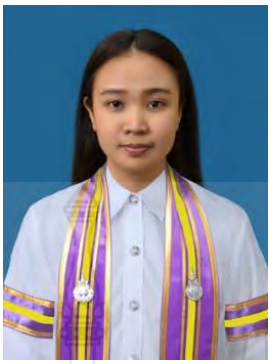
ตารางภาคผนวก ค 51 อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของตัวควบคุมบรรจุภัณฑ์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ตัวควบคุม WF	28	27	27	27.33±0.58
ตัวควบคุม RH	27	27	27	27.00±0.00
ตัวควบคุม CF	27	27	27	27.00±0.00
กล่องโฟม	28	28	28	28.00±0.00

ตารางภาคผนวก ค 52 อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง

วัสดุจากเส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิการนำความเย็นของบรรจุภัณฑ์จากวัสดุคอมโพสิต ที่เวลา 24 ชั่วโมง (องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
WF:RH:CF (7:1:2)	26	26	27	26.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:2)	27	27	28	27.33±0.58
WF:RH:CF (1:1:1)	28	27	27	27.33±0.58

ประวัติการศึกษา



ชื่อ นามสกุล นางสาวภัทรพร ครุฑสุธา

วัน เดือน ปีเกิด 3 มิถุนายม พ.ศ. 2539

ภูมิลำเนา อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	พ.ศ. 2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนวัดทรงธรรม	พ.ศ. 2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทศบาลวัดทรงธรรม	พ.ศ. 2554
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลวัดแค	พ.ศ. 2551

ตำแหน่งและสถานที่อยู่ปัจจุบัน

88/470 หมู่ 5 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร 74130

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายอดิทัศน เอี่ยมรักษา

วัน เดือน ปีเกิด 22 ตุลาคม พ.ศ. 2539

ภูมิลำเนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	พ.ศ. 2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นนทบุรี	พ.ศ. 2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นนทบุรี	พ.ศ. 2554
ประถมศึกษา	โรงเรียนนันทนวรวิทย์	พ.ศ. 2551

ตำแหน่งและสถานที่อยู่ปัจจุบัน

165/153 หมู่ 1 ตำบลพิมลราช อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวศุภนิดา ธีรชัยเกื้อกูล

วัน เดือน ปีเกิด 20 เมษายน พ.ศ. 2539

ภูมิลำเนา อำเภอปัว จังหวัดน่าน

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	พ.ศ. 2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเทพศิรินทร์ สมุทรปาการ	พ.ศ. 2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปัว	พ.ศ. 2554
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านไร่	พ.ศ. 2551

ตำแหน่งและสถานที่อยู่ปัจจุบัน

7/560 หมู่ 1 ตำบลบางเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปาการ 10270

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร