รายงานการวิจัย

กระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้

Flower Pot from Empty Fruit Bunch Fiber of Oil Palm and Wood Dust

นศพร ธรรมโชติ Nasaporn Thammachot

ชวกร มุกสาน Chavakorn Muksan

ชโลธร ศักดิ์มาศ Chalotron Sakmas

คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2562

กระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้

นศพร ธรรมโชติ ชวกร มุกสาน และชโลธร ศักดิ์มาศ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัตราส่วนผสมเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระถางต้นกล้าไม้ ที่ขึ้นรูปได้ง่าย มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และต้านทานการดูดซับน้ำได้ดี วิธีการวิจัยแบ่งออกเป็นสองช่วง ช่วงแรกเป็นการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มต่อผงขี้เลื่อย 30:70, 50:50, 70:30 และ 100:0 แต่ละสูตรขึ้นรูป 3 ความหนา ประกอบด้วย 2, 5 และ 6 มิลลิเมตร และใช้เวลา 10, 15 และ 20 นาที ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดระบบไฮโดรลิคที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และความดัน 1800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้ในช่วงที่สอง โดยออกแบบกระถางต้นกล้าไม้ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากกระถาง 12 เซนติเมตร ความสูง 10 เซนติเมตร และความหนา 5 มิลลิเมตร พิจารณาการขึ้นรูป ทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำและการระเหย การย่อยสลายทางชีวภาพ ปลูกต้นไม้ 3 ชนิดในกระถาง ผลการทดสอบช่วงแรก อัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อยที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปกระถาง ได้แก่ อัตราส่วน 30:70 50:50 70:30 และ 100:0 ความหนา 5 มิลลิเมตร และใช้เวลาในการขึ้นรูป 20 นาที รวมทั้งหมด 4 สูตร ผลการทดสอบช่วงที่สอง พบว่าสามารถขึ้นรูปกระถางได้เพียง 3 สูตร ได้แก่ 50:50 70:30 และ 100:0 ผลการทดสอบสรุปได้ว่าอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อยทั้ง 3 สูตรสามารถขึ้นรูปได้ดี อัตราส่วนผสม 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำได้ดีที่สุด โดยใช้เวลา 65 นาที เท่ากัน อัตราส่วนผสม 100:0 สามารถระเหยน้ำได้มากที่สุดในเวลา 144 ชั่วโมง การย่อยสลายกระถางทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะแห้ง รดน้ำทุก 7 วัน และรดน้ำทุกวัน มีแนวโน้มเดียวกัน คืออัตราส่วนผสม 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายมากที่สุด และการทดสอบปลูกต้นไม้ในกระถางพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกระถางทั้ง 3 ชนิด พบทุกอัตราส่วนมีสภาพกระถางพองตัวเพิ่มขึ้นจากเดือนแรก อัตราส่วน 100:0 กระถางที่การพองตัวมากสุด ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำข้อมูลไปเผยแพร่แก่เกษตรกร หรือผู้ประกอบการที่สนใจ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเศษเหลือได้

คำสำคัญ: กระถางต้นกล้าไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน ขี้เลื่อย

Flower Pot from Empty Fruit Bunch Fiber of Oil Palm and Wood Dust

Nasaporn Thammachot Chalotron Sakmas and Chalotron Sakmas

Abstract

The aim of this research were to develop the suitable ratio of empty fruit bunch fiber of oil palm, wood dust and binder for production of flower pot. That was easily to forming, good mechanical properties and good resistance to water absorption. The methods were divided into two parts. The first part, forming the specimens that had the ratio of empty fruit bunch fiber of oil palm: wood dust of 30:70, 50:50, 70:30 and 100: 0. Each experiment was formed with 3 thicknesses consist of 2, 5 and 6 millimeters and taken 10, 15 and 20 minutes for the extrusion. The specimens were formed with hydraulic press at 180 degrees Celsius and pressure 1800 psi. Selected optimum ratios for forming flower pot in second part. The flower pot was designed with 12 cm in diameter, 10 cm in height and 5 mm in thickness. Considered forming flower pots, tested for water absorption and evaporation resistance, biological degradation and planted 3 plants in a pot. The results of first part shown that optimum ratio of pot forming was the four ratios consists of 30:70, 50:50, 70:30 and 100: 0. They were 5 mm in thickness and taken 20 minutes to forming. The results of second part found that only 3 ratios could be forming pot, 50:50 70:30 and 100: 0 and all ratios were suitable for forming well. The best water absorption was 70:30 ratio in 65 minutes. The most evaporate water was 100: 0 ratio in 144 hours. The biological degradation of pots in all 3 conditions, including dry condition, watering every 7 days and watering every day had the same trend. The highest percentage of degradation was 70:30 ratio. Planting 3 type plants tests in the pots showed that the swelling of all ratios increased. The highest swelling was 100: 0 ratio. From this study able to share information with farmers or interested entrepreneurs to add value to the agricultural waste.

Keywords: flower pot, agricultural waste, empty fruit bunch fiber, wood dust

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2562 เป็นงานวิจัย กระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้อนุเคราะห์ใช้เครื่องจักรสำหรับดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.ชาตรี หอมเขียว อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาส นี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน	4
2.2. ขี้เลื่อยไม้ปาล์มน้ำมัน	6
2.3. ตัวประสาน	6
2.4. การย่อยสลายทางชีวภาพ	6
2.5. การทดสอบสมบัติเชิงกล	8
2.6 การทดสอบทางกายภาพ	11
2.7 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	16
3.1. ขั้นตอนการดำเนินงานช่วงที่ 1	16
3.2. ขั้นตอนการดำเนินงานช่วงที่ 2	19
3.3. ขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้ช่วงที่ 2 ตามอัตราส่วนผสมจำนวน 3 สูตรที่ได้จากช่วงที่ 1	20
3.4. ทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำและการระเหย	20
3.5. ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถางต้นกล้าไม้	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6. ทดสอบปลูกต้นกล้าไม้ เพื่อสังเกตการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของกระถาง	20
3.7 สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	21
3.8 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	21
3.9 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	22
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	23
4.1. ผลการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง	23
4.2. ผลการทดสอบคุณสมบัติชิ้นงานตัวอย่าง	23
4.3. ผลการขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้	41
4.4. ผลการทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำและการระเหย	43
4.5 ผลการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถางต้นกล้าไม้	46
4.6 ผลการทดสอบปลูกต้นกล้าไม้ เพื่อสังเกตการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของกระถาง	53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการวิจัย	57
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก	62
ภาคผนวก ก. การออกแบบแม่พิมพ์กระถาง	63
ภาคผนวก ข. ขั้นตอนการหาความชื้นของวัสดุ	64
ภาคผนวก ค. ขั้นตอนการทดสอบความต้านทานการดูดซึมน้ำและการทดสอบการระเหยน้ำของกระถาง	66
ภาคผนวก ง. ขั้นตอนการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถาง	68
ประวัติผู้วิจัย	69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการผลิตและจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกในประเทศไทย 1

ตารางที่ 2.1 สมบัติเชิงกลของบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาลม และกากตะกอนเยื่อ กระดาษจากบอบำบัดน้ำเสีย 10

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง 18

ตารางที่ 3.2 ชื่อตัวแปรแต่ละสภาวะที่ทำการขึ้นรูป 18

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม. 24

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม. 25

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม. 27

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม. 29

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม. 30

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม. 31

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม. 33

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม. 34

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม. 36

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม. 38

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม. 39

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม. 40

ตารางที่ 4.13 แสดงลักษณะกระถางที่ขึ้นรูปได้แต่ละอัตราส่วนผสม 42

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 43

ตารางที่ 4.15 ผลการการระเหยน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 44

ตารางที่ 4.16 ภาพกระถางที่ผ่านการทดสอบการย่อยสลายในสภาวะแห้งระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน 46

ตารางที่ 4.17 ภาพกระถางที่ผ่านการทดสอบการย่อยสลายในสภาวะรดน้ำทุก 7 วัน ระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน 48

ตารางที่ 4.18 ภาพกระถางที่ผ่านการทดสอบการย่อยสลายในสภาวะรดน้ำทุกวัน ระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน 49

ตารางที่ 4.19 ผลการย่อยสลายของกระถางในระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน 51

ตารางที่ 4.20 ตารางเฉลี่ยน้ำหนักการย่อยสลายของกระถางในระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน 52

ตารางที่ 4.21 ผลการเปลี่ยนแปลงของกระถางที่ทดสอบการปลูกต้นไม้ 53

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 สัดส่วนของน้ำมันปาล์มที่สกัดได้ (โดยเปรียบเทียบจากทะลายปาล์มสด 1 ทะลาย) จากส่วนต่างๆ ของปาล์มน้ำมัน	5
ภาพที่ 2.2 กราฟความเค้น-ความเครียด แสดงพฤติกรรมของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึง	9
ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานช่วงที่ 1	16
ภาพที่ 3.2 ทะลายปาล์มหลังลดขนาด	17
ภาพที่ 3.3 ขี้เลื่อยหลังร่อน	17
ภาพที่ 3.4 แผนผังการดำเนินงานช่วงที่ 2	19
ภาพที่ 4.1 ภาพตัวอย่างชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้	23
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง	24
ภาพที่ 4.3 กราฟค่าMax Force ของชิ้นงานตัวอย่างขนาด 2 มม.	29
ภาพที่ 4.4 กราฟค่า Max Force ของชิ้นงานตัวอย่างขนาด 5 มม.	30
ภาพที่ 4.5 กราฟค่า Max Force ของชิ้นงานตัวอย่างขนาด 6 มม.	31
ภาพที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบแรงสูงสุดชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 3 ความหนา	32
ภาพที่ 4.7 ชิ้นงานทดสอบขนาด 1.5*1.5 นิ้ว	32
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่างขนาด 2 มม.	38
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่างขนาด 5 มม.	39
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่างขนาด 6 มม.	40
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่าง	41
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง	44
ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการระเหยน้ำของชิ้นงาน	45
ภาพที่ 4.14 กราฟเปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย	52
ภาพที่ ก.1 แบบกระถาง	63
ภาพที่ ก.2 แบบแม่พิมพ์กระถาง	63
ภาพที่ ข.1 ตัวอย่างขี้เลื่อยที่ใช้ในการอบหาความชื้น	64
ภาพที่ ข.2 ตัวอย่างขี้เลื่อยที่ใช้ในการอบหาความชื้น	64
ภาพที่ ข.3 ตัวอย่างชิ้นงานทั้ง 10 ตัวอย่าง	65
ภาพที่ ข.4 ตู้อบแห้งวัสดุ	65
ภาพที่ ค.1 ชิ้นงานทดสอบขนาด 1.5*1.5 นิ้ว	66
ภาพที่ ค.2 ลักษณะชิ้นงานทดสอบ	67

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การเพาะพันธุ์ต้นกล้าไม้มีความสำคัญกับเกษตรกรเป็นอย่างมาก เพราะเป็นกระบวนเริ่มต้นของการขยายพันธุ์เพื่อการเพาะปลูกต่อไป อุปกรณ์หลักสำหรับการเพาะพันธุ์ต้นกล้าไม้ส่วนใหญ่นิยมใช้ถุงพลาสติก ซึ่งเมื่อเกษตรกรปลูกลงดินก็จะนำต้นกล้าไม้ออกจากถุงเพาะก่อน ปัญหาหลักที่ตามมาคือปัญหาด้านมลภาวะที่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมเป็นผลมาจากกรรมวิธีการกำจัด เช่นการเผาทำลายหรือฝังกลบ และจากข้อมูลการผลิตและการจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกในประเทศไทย พบว่าตั้งแต่ปีพ.ศ. 2555 ถึง 2558 มีปริมาณการผลิตและจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกเพิ่มขึ้นทุกปีดังแสดงในตารางที่ 1.1 (ที่มา: ฐานข้อมูลอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม)

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการผลิตและจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกในประเทศไทย

ปีพ.ศ.	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการจำหน่ายในประเทศ (ตัน)
2555	1,411,831	1,051,461
2556	1,519,995	1,131,018
2557	1,562,436	1,142,576
2558	1,725,177	1,271,138

(ที่มา: ฐานข้อมูลอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม)

ปัจจุบันการผลิตวัสดุผสมชีวภาพกำลังเป็นที่สนใจ ประกอบกับภาครัฐมีการสนับสนุนการใช้วัสดุทางธรรมชาติหรือวัสดุเศษเหลือทางจากอุตสาหกรรมเกษตรมาทดแทนวัสดุพลาสติก จากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการนำวัสดุทางธรรมชาติหรือวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรมาใช้หลายชนิดได้แก่ ฟางข้าว ผักตบชวา และขี้เลื่อยผลิตเป็นกระถาง (ปทุมทิพย์ และคณะ, 2548) ไม้ยูคาลิปตัส(ฉกาจ 2556) ไม้ปาล์มน้ำมัน(ณัฏฐ์ชญาภา และคณะ, 2554) และผงไม้ยางพารา(ชาตรี, 2558; ชาตรีและธเนศ, 2014) ร่วมกับ HDPE ผลิตเป็นไม้พลาสติกผสม ภาคใต้ของประเทศไทยมีเนื้อที่ให้ผลมากที่สุดเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ เนื้อที่ให้ผลในปีพ.ศ. 2558 จำนวน 3,698,161 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2557 ที่มีพื้นที่ให้ผลจำนวน 3,548,308 ไร่ แต่ผลผลิตปาล์มน้ำมันในปีพ.ศ. 2558 ปริมาณ 9,893,836 ตัน ลดลงจากปีพ.ศ. 2557 ปริมาณ 11,346,491 ตัน เนื่องจากปรากฏการณ์เอลนีโญที่ส่งผลให้มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ ก่อให้เกิดภาวะแห้งแล้งในหลายพื้นที่ของประเทศตั้งแต่ช่วง

ปลายปี 2558 (ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) ดังนั้นวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปน้ำมันปาล์ม มีปริมาณมากตามปริมาณผลผลิตของปาล์มน้ำมัน ปัจจุบันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้ 1)ทลายปาล์ม สามารถนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์ ผลิตกระแสไฟฟ้า และเชื้อเพลิงเพื่อผลิตน้ำมันจากผลปาล์ม 2) กะลา สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ 3)ใยปาล์ม สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ 4)น้ำเสีย ผลิตไบโอแก๊ส 5)กากผลปาล์ม นำไปเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไบโอดีเซล (“อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย”, ม.ป.ป.) นอกจากนี้มีการนำวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปน้ำมันปาล์มมาทำกระถางต้นไม้ย่อยสลายได้ เช่น กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาลมและเยื่อกระดาษ (พรฤดี, 2552) และกระถางต้นไม้จากใยปาล์มน้ำมันกับเถ้าปาล์มน้ำมัน(อดิศร, 2554) แต่ยังพบปัญหากระถางที่ผลิตได้ไม่สามารถกันความชื้น ทำให้ขึ้นรูปยาก เกิดการบวม และมีรอยแตกที่กระถาง และยังทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย ดังนั้นทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษาและผลิตกระถางต้นไม้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้ โดยเน้นการปรับปรุงความแข็งแรง การต้านทานการดูดซับน้ำ และมีความสามารถในการย่อยสลายได้ เพื่อมาทดแทนกระถางพลาสติกที่มีใช้ในปัจจุบัน และเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1. เพื่อพัฒนาอัตราส่วนผสมเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระถางต้นกล้าไม้ ที่ขึ้นรูปได้ง่าย มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และต้านทานการดูดซับน้ำได้ดี

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลโดยการทดสอบความต้านทานแรงดึง การทนแรงกระแทก ความต้านทานการตกกระแทกของกระถางต้นกล้าไม้

1.3.2. ศึกษาความต้านทานการดูดซึมน้ำของกระถางต้นกล้าไม้

1.3.3. ศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถางต้นกล้าไม้

1.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวคิดของแผนงานวิจัย คือต้องการวิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาลม เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า กับขี้เลื่อยไม้ สำหรับการผลิตกระถางต้นไม้ เพื่อทดแทนกระถางต้นไม้และถุงพลาสติกที่เป็นปัญหาด้านขยะและส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. ได้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้จากวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน

1.5.2. เป็นการส่งเสริมการนำวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.5.3. เป็นการช่วยลดปัญหาขยะพลาสติก ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.5.4. ผลการวิจัยที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จะถูกนำไปเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการระดับชาติ พร้อมทั้งได้ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (Oil Palm) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Elaeis guineensis Jacq เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิด อยู่ในแถบแอฟริกาตะวันตก จากเซียร์ราลีโอน ไลบีเรีย ไอวอรี่โคสต์ กานา และแคเมอรูน ตลอดจนแถบเส้นศูนย์สูตรของสาธารณรัฐคองโกและซาอีร์ ปาล์มน้ำมัน จัดเป็นพืชตระกูลปาล์มใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นไม้ยืนต้น ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี และมีอายุยืนยาวที่สำคัญพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมที่สุดในโลกควรอยู่ระหว่างเส้นละรุ้งที่ 10 องศาเหนือ-ใต้ เส้นศูนย์สูตร หรืออย่างสูงไม่เกินเส้นรุ้งที่ 20 องศาเหนือถึงใต้เส้นศูนย์สูตร เนื่องจากมีอากาศ ชุ่มชื้น และมีฝนตกชุก ทำให้ปาล์มน้ำมันเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง ด้วยเหตุนี้ ทำให้ปาล์มน้ำมันปลูกได้เพียงประมาณ 43 ประเทศทั่วโลกเท่านั้น และทำให้ประเทศในอาเซียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาเลเซียและอินโดนีเซียกลายเป็นแหล่งผลิตปาล์มน้ำมันหลักของโลก โดยประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในประเทศที่อยู่บริเวณที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ตรงจุดที่ได้เปรียบและสามารถปลูกได้ดีเช่นกัน ปาล์มน้ำมันเริ่มมีผู้นำเข้ามาปลูกในสวนพฤกษชาติโบกอร์ บนเกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งเป็นปาล์มน้ำมันพันธุ์ดูราต่อมาในปี พ.ศ. 2484 เกิดปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอร่า ซึ่งเป็นพันธ์ที่ผสมกันระหว่างพันธุ์ดูรา และพันธุ์ พิสิเฟอร่า และยังมีลูกผสมใหม่เกิดขึ้นระหว่างพันธุ์ดูรากับเทเนอร่า แต่พันธุ์เทเนอร่ากลับให้ผลผลิตน้ำมันต่อขนาดพื้นที่ปลูกสูงกว่าพันธุ์ลูกผสมดูรากับเทเนอร่า จึงทำให้พันธุ์เทเนอร่าได้รับความนิยม กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มเริ่มจากการนำเอาทะลายผลปาล์มสดผ่านหม้อนึ่งที่มีความดันไอน้ำประมาณ 3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร นาน 1 ชั่วโมง เพื่อทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในผลปาล์มที่เป็นสาเหตุให้เกิดกรดไขมันอิสระ และสามารถให้การตีทะลายและปลิดผลสามารถกระทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งโรงงานหีบน้ำมันปาล์มจะให้ผลผลิต 2 ชนิด (พรฤดี, 2552) คือ

(1) ผลผลิตโดยตรง หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ได้จาก

(1.1) เปลือกผลปาล์มเรียกว่า palm oil โดยน้ำมันปาล์มที่ได้จะมีสีเข้ม และมีความเหนียวในระดับปานกลางถึงมาก

(1.2) เนื้อในเมล็ดปาล์มเรียกว่า palm kernel oil ซึ่งจะให้น้ำมันปาล์มที่มีสีอ่อนกว่าชนิดแรก คือมีสีเหลืองถึงเหลืองน้ำตาล และมีความเหนียวปานกลาง

(2) ผลผลิตโดยอ้อม ซึ่งมีได้หลายชนิดคือ ทะลายปาล์ม (bunch trash) กากเยื่อใยปาล์ม (palm press fiber, PPF) กากเมล็ดปาล์มน้ำมัน (oil palm seed meal, PSM) เนื้อในเมล็ดปาล์ม (palm kernel) กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (palm kernel cake, PKC) กากผลปาล์ม (oil palm meal,

OPM) กะลา (nut shell) และกากตะกอนน้ำมันปาล์ม (palm oil sludge, POS) ซึ่งแต่ละส่วนของทะลายปาล์มสด 1 ทะลายสามารถสกัดปริมาณน้ำมันปาล์มได้แตกต่างกันดังภาพที่ 2.1

(2.1) ทะลายปาล์ม (bunch trash) จะถูกแยกออกมาหลังจากถูกอบนึ่งแล้ว มีประมาณ 55-58 % ของปาล์มทั้งทะลาย และจะถูกนำไปเข้าเตาเผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ออกมาเป็นขี้เถ้าเพื่อใช้เป็นปุ๋ย

(2.2) กากเยื่อใยปาล์ม (palm press fiber, PPF) เป็นส่วนเปลือกของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้วมีประมาณ 12 % ของปาล์มทั้งทะลาย ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงงาน

(2.3) กากเมล็ดปาล์มน้ำมัน (oil palm seed meal, PSM) ซึ่งได้จากการสกัดน้ำมันของเมล็ดปาล์ม ประกอบด้วยทั้งที่เป็นส่วนของกะลาและเนื้อปาล์ม 6

(2.4) เนื้อในเมล็ดปาล์ม (palm kernel) เป็นส่วนที่แยกเอาเปลือกและกะลาออกแล้ว มีประมาณ 4-5 % ซึ่งจะมีวิธีการสกัดน้ำมันออก 2 วิธี คือ

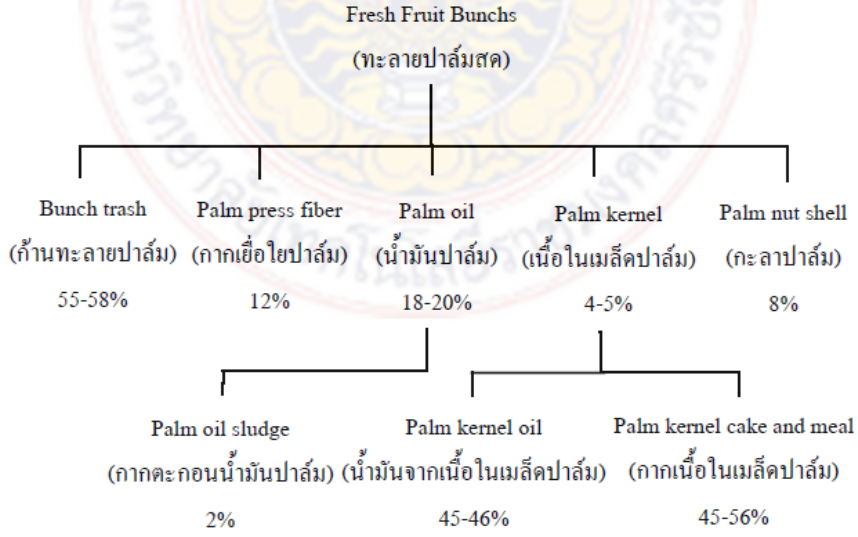
- การหีบน้ำมัน (expeller pressed type) โดยการใช้สกรูเป็นเกลียวบีบให้น้ำมันออก วิธีนี้จะยังมีน้ำมันเหลืออยู่มากประมาณ 5-10 %

- การใช้สารเคมีสกัดน้ำมัน (solvent extracted type) โดยการใช้สารเฮกเซน (hexane) วิธีนี้จะทำให้กากที่ได้มีน้ำมันเหลืออยู่น้อยประมาณ 1-3 % และจะมีคุณภาพดีกว่าวิธีแรก

(2.5) กากผลปาล์ม (oil palm meal, OPM) ประกอบด้วยเปลือกนอก (husk) กะลา (nut shell) และเนื้อในของเมล็ดปาล์ม (palm kernel)

(2.6) กะลา (nut shell) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานมีประมาณ 8 % ของผลปาล์มทั้งทะลาย

(2.7) กากตะกอนน้ำมันปาล์ม (palm oil sludge, POS) มีประมาณ 2 % ลักษณะเป็นของเหลวที่เหลือทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน



ภาพที่ 2.1 สัดส่วนของน้ำมันปาล์มที่สกัดได้ (โดยเปรียบเทียบจากทะลายปาล์มสด 1 ทะลาย) จากส่วนต่างๆ ของปาล์มน้ำมัน (พรฤดี, 2552)

2.2 ขี้เลื่อยไม้ปาล์มน้ำมัน

ขี้เลื่อยไม้ปาล์มน้ำมันเป็นเศษเหลือจากกระบวนการเลื่อยไม้ปาล์มน้ำมัน โดยในการปลูกปาล์มน้ำมันทางการค้า ลำต้นไม่ควรมีความสูงเกิน 15 - 18 เมตร หรืออายุประมาณ 25 ปี (“ปาล์มน้ำมัน วิกิพีเดีย” 2016)

2.3 ตัวประสาน

1. แป้งมันสำปะหลัง (ปทุมทิพย์และคณะ, 2548) แป้งมันสำปะหลัง หมายถึง แป้งที่ทำจากหัวมันสำปะหลัง ลักษณะของแป้งเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ประกอบด้วยเม็ดแป้งตั้งแต่ 2-8 เม็ดรวมกัน แต่ละเม็ดยาวตั้งแต่ 5-35 μm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 15 μm ลักษณะของแป้งมันสำปะหลังเป็นผงละเอียดสีขาวหรือ สีครีมอ่อน ไม่เกิดการหมัก ไม่เหม็นอับหรือมีกลิ่นน่ารังเกียจ ไม่มีแมลงหรือสารแปลกปลอมอื่นๆ ปะปน แป้งมันสำปะหลังมีอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสกับอะไมโลเพคตินประมาณ 17 ต่อ 83 โดยน้ำหนัก สมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งมันสำปะหลัง เมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่าเม็ดแป้งมีขนาดตั้งแต่ 3-35 μm รูปร่างต่างๆกัน การดูดซับน้ำของเม็ดแป้งที่ละลายในน้ำเย็นเกิดจากปฏิกิริยาของหมู่ไฮดรอกซิลระหว่างโมเลกุลแป้งในบริเวณอสัณฐานกับโมเลกุลน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพันธะไฮโดรเจนที่ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจะอ่อนตัวลง ทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำและพองตัวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งกำลังพองตัวเพิ่มขึ้นเร็วมาก เมื่อแป้งพองตัวเต็มที่จะสูญเสียลักษณะการหักเหสองแนว และน้ำแป้งก็เปลี่ยนเป็นแป้งเปียกที่มีลักษณะเหนียวหนืดมากขึ้น ปรากฏการณ์เป็นการสุกของแป้งเรียกว่าการเกิดเจลาติน แป้งมันสำปะหลังมีช่วงอุณหภูมิการเกิดประมาณ 58.5-70° C แป้งเปียกที่ได้ใสและเหนียวยืดมากเมื่อใช้ช้อนตัก

2.4 การย่อยสลายทางชีวภาพ (สุกัญญา, 2553)

การย่อยสลายทางชีวภาพเกิดจากการย่อยสลายของพอลิเมอร์ด้วยการทำงานของจุลินทรีย์ โดยมีกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การย่อยสลายภายนอกเซลล์โดยการปลดปล่อยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ซึ่งเกิดได้ทั้งแบบ endo-enzyme หรือ เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะภายในสายโซ่พอลิเมอร์อย่างไม่เป็นระเบียบ และแบบ exo-enzyme หรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกหักของพันธะทีละหน่วยจากหน่วยซ้ำที่เล็กที่สุดที่อยู่ด้านปลายของสายโซ่พอลิเมอร์ เมื่อพอลิเมอร์มีขนาดเล็กพอจะแพร่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์ และเกิดการย่อยสลายต่อในขั้นที่ 2 ได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้าย (Ultimate biodegradation) คือพลัง และสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ (Mineralization) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน น้ำ แร่ธาตุต่างๆ และมวลชีวภาพ (Biomass)

2.4.1 การย่อยสลายทางชีวภาพของพอลิเมอร์ แบ่งเป็น 4 ประเภท

1) การย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) เป็นกระบวนการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี อันเนื่องมาจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์สิ่งสำคัญคือ ควร

เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์ สะอาด ไม่เป็นพิษ ในช่วงเวลาและสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบขนาดเล็กที่มีความเสถียร และพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และน้ำ

2) การคอมโพสท์ (Composting) เป็นกระบวนการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนภายใต้สภาวะที่มีการควบคุม โดยการย่อยสลายกลายเป็นสารที่มีลักษณะคล้ายฮิวมัส หรือดินดำ นอกจากนี้ยังมีคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน น้ำ แร่ธาตุต่างๆ เป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ไม่เหลือเศษวัสดุขนาดใหญ่ตกค้างและไม่เป็นพิษ สามารถนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

3) การย่อยสลายได้ทางชีวภาพด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (Hydrobiodegradation) เป็นการย่อยสลาย 2 ขั้นตอนโดยผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสก่อนแล้วจึงเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพ

4) การย่อยสลายได้ทางชีวภาพด้วยแสง (Photo-biodegradation) เป็นการย่อยสลาย 2 ขั้นตอนโดยผ่านปฏิกิริยาย่อยสลายโดยแสงก่อนแล้วจึงเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพ

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

พอลิเมอร์จะเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็วมีปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายทางชีวภาพ คือโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ ชนิดของจุลินทรีย์ และสภาวะแวดล้อม

1) โครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์จะต้องมีโครงสร้างโมเลกุลที่เอื้ออำนวยต่อการทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ซึ่งง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการแตกหักน้ำหนักโมเลกุลลดลงเรื่อยๆ จนละลายได้ดีในน้ำและสามารถแพร่ผ่านผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ได้โครงสร้างที่มีกิ่งก้าน (branching) หากมีมากเกินไปจะทำให้อัตราการย่อยสลายช้าลงได้เนื่องจากเกิดการกีดขวางจากขนาด การเข้ามาสัมผัสโดยเอนไซม์จึงเป็นไปได้ยากในขณะที่พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงวัสดุที่มีพื้นที่ผิวหยาบจะรับการเข้ามาของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าวัสดุผิวเรียบเนื่องจากเอนไซม์สามารถเข้าไปสัมผัสกับพื้นที่ผิวได้มากจึงส่งผลกระทบต่ออัตราการย่อยสลายได้มากกว่า

2) ชนิดของจุลินทรีย์ ในธรรมชาติมีความหลากหลายของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์แต่ละชนิดสามารถสังเคราะห์เอนไซม์ที่มีความเฉพาะและเหมาะสมต่อการย่อยสลายของพอลิเมอร์ แต่ละประเภทได้แตกต่างกัน เนื่องจากมีสมบัติในการยึดเกาะของพันธะในโครงสร้างของเอนไซม์ที่แตกต่างกันในสภาวะแวดล้อมที่ไม่มีจุลินทรีย์การย่อยสลายได้ทางชีวภาพแทบจะไม่เกิดขึ้นได้เลย ซึ่งพอลิแซคคาไรด์ เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายเนื่องจากมีจุลินทรีย์จำนวนมากในธรรมชาติที่สามารถสังเคราะห์เอนไซม์ที่ย่อยสลายพอลิแซคคาไรด์ได้

3) สภาวะแวดล้อม เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ การปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้พอลิเมอร์เกิดการย่อยสลายได้เร็วโดยมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้แก่

อุณหภูมิปริมาณก๊าซออกซิเจน ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เป็นต้น

2.5 การทดสอบสมบัติเชิงกล

2.51 การทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Testing) (นิลุบล, 2550)

การทดสอบการทนต่อแรงดึง ตามกฎของอุค (Hook's) สำหรับวัสดุอุดมคติที่มีสมบัติยืดหยุ่น ความเค้นเป็นสัดส่วนกับความเครียด อัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียดนี้เป็นค่าคงที่ เรียกว่ามอดูลัส (Modulus; E) สำหรับการให้ความเค้นใดๆ กับวัสดุที่มีมอดูลัสต่ำ วัสดุนั้นจะแสดงค่าความเครียดหรือระยะยืดหรือการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงานได้สูงกว่าวัสดุที่มีมอดูลัสสูงดังนั้นมอดูลัสของวัสดุจึงหมายถึงความสามารถในการต้านทานต่อการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงาน ในความเป็นจริงพลาสติกและอิลาสโตเมอร์ส่วนใหญ่จะประพฤติตัวตามแบบฮุคเยน (Hookean's Behavior) เฉพาะเมื่อทดสอบด้วยอัตราเร็วในการยืดตัวต่ำ บางครั้งเรียกมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นว่า อิลาสติกมอดูลัส (Elastic Modulus) หรือมอดูลัสของยังส์ (Young's Modulus) การวัดมอดูลัสนี้ทำได้โดยการสร้างส่วนตรงสัมผัสกับช่วงต้นของเส้นโค้งความเค้น-ความเครียด คำนวณค่าความชันของเส้นสัมผัสดังสมการ (2.1) (นิลุบล, 2550)

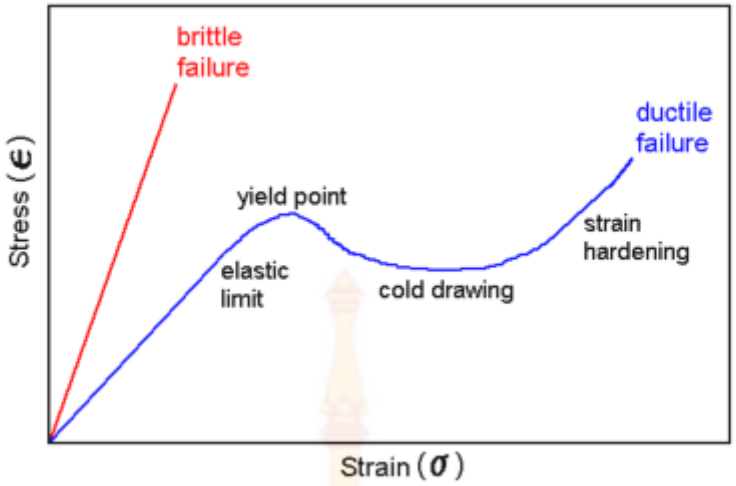
$$E=\Delta\sigma/\Delta\varepsilon \qquad (2.1)$$

เมื่อ E = มอดูลัส (Nm2, Pa)

$\Delta\sigma$ = ความแตกต่างของความเค้นระหว่างสองตำแหน่งบนเส้นตรง

$\Delta\varepsilon$ = ความแตกต่างของความเครียดระหว่างสองตำแหน่งบนเส้นตรง

การเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับแรงดึงของพอลิเมอร์แต่ละชนิด ไม่ว่าจะเป็นเทอร์โมพลาสติก เทอร์โมเซตพอลิเมอร์ผสม พอลิเมอร์คอมโพสิต และอิลาสโตเมอร์ จะแตกต่างกันตามลักษณะการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ สมบัติด้านความเป็นผลึก และความแข็งแรงในการยึดติดกันระหว่างผิวสัมผัสของพอลิเมอร์แต่ละชนิดกับวัสดุผสม (Adhesive Strength of Interface) ซึ่งแสดงให้เห็นความแตกต่างจากกราฟความเค้น-ความเครียด ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กราฟความเค้น-ความเครียด แสดงพฤติกรรมของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึง (นิลุบล, 2550)

สุกัญญา (2553) ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงขาด (tensile strength) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 5937-1996 โดยตัดตัวอย่างยาว 39 มิลลิเมตร กว้าง 6 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 35 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ โดยใช้ความเร็วในการตัด 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการทดลอง 5 ซ้ำ

2.5.2 การทดสอบการทนต่อแรงกระแทก (Impact Testing) (นิลุบล, 2550)

การทดสอบการทนต่อแรงกระแทก เป็นการใช้แรงกระทำเคลื่อนที่ด้วยความเร็วกระแทกชิ้นงานทดสอบให้แตกหักในเวลาอันสั้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมของวัสดุเมื่อถูกแรงกระแทก ซึ่งการทดสอบแรงกระแทกตามมาตรฐานสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 วิธีการ คือการทดสอบโดยใช้เครื่องมือที่มีตุ้มน้ำหนักซึ่งทราบพลังงานในการพุ่งเข้าชนชิ้นงานที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆ ตามมาตรฐาน วิธีการนี้เรียกว่าการทดสอบแรงกระแทกแบบลูกตุ้มเหวี่ยง (Pendulum Impact Test) อีกวิธีการหนึ่งเป็นการทดสอบโดยใช้น้ำหนักหรือหัวกระแทก (Impactor Test) ซึ่งปล่อยให้ตกอย่างอิสระจากความสูงที่ทราบค่าลงสู่ชิ้นงาน แล้วนำมาคำนวณความเค้นกระแทกสูงสุด หรือความแกว่งต่อการกระแทก (Impact Strength) การทดสอบแบบนี้เรียกว่าการทดสอบแรงกระแทกแบบอาศัยการตกของน้ำหนัก (Falling Weight Impact Testing) พรฤดี (2552) ศึกษาความต้านทานการตกกระแทก (drop resistance) ของบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกดัดแปลงจากมาตรฐาน ASTM D 5276 ที่มีการปล่อยให้ตกกระแทก ณ ความสูงคงที่ โดยกำหนดความสูงของการตกกระแทกที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 เซนติเมตร ทำการตกกระแทกจนกระทั่งบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกไม่สามารถใช้งานได้

2.5.3 ความต้านทานแรงกด (compression strength)

ค่าความต้านทานแรงกดของบรรจุภัณฑ์ คือ แรงที่ใช้ในการกดบรรจุภัณฑ์จน เสียหาย (พรชัย, 2550) จากการทดสอบความต้านทานแรงกดของบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกจากกากตะกอน น้ำมันปาล์มและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียที่การเสียรูปที่ระดับ 15 มิลลิเมตร (ตารางที่ 15) ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยสูตรที่ 1 (POS100+AS0+F0) สูตรที่

5 (POS100+AS0+F2) และสูตรที่ 3 (POS100+AS0+F1) ซึ่งเป็นเยื่อใยกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่อนละ 100 มีค่าความต้านทานแรงกดต่ำที่สุด เนื่องจากบรรจุภัณฑ์กระถางที่มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียวอาจจะมีลักษณะความพรุนในโครงสร้างสูงภายใน ดังนั้น การเสียรูปจึงเกิดได้ง่ายกว่าบรรจุภัณฑ์กระถางที่มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงกดสูงที่สุด เนื่องจากเกิดการยึดเกาะกันของเยื่อใยจากกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียภายในช่องว่างของโครงสร้างเพิ่มขึ้น ดังนั้นความต้านทานแรงกดจึงมีค่าสูงขึ้น

ตารางที่ 2.1 สมบัติเชิงกลของบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาลม และกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบอบำบัดน้ำเสีย

สูตร	ความต้านทานแรงกด (N) ที่การเสียรูปที่ระดับ 15 mm	ความต้านทานการตกกระแทก (cm)	
		กนบรรจุภัณฑ	ขอบกนบรรจุภัณฑ
T1=POS100+AS0+F0	1483.212b+52.838	53.60b+0.48	62.30c+0.26
T2=POS75+AS25+F0	2541.712a+30.048	56.20a+0.20	64.50ab+0.45
T3=POS100+AS0+F1	1487.412b+59.909	53.00b+0.47	62.10c+0.23
T4=POS75+AS25+F1	2543.012a+38.995	56.30a+0.21	64.20b+0.33
T5=POS100+AS0+F2	1486.212b+42.760	53.30b+0.45	62.20c+0.25
T6=POS75+AS25+F2	2544.412a+25.395	56.40a+0.22	65.20a+0.25
F-testที่ได้จาก Anova	**	**	**
CV (%)	27.259	3.42	2.47

ที่มา: (พรชัย, 2550)

2.5.4 ความต้านทานการดูดซึมน้ำ (water absorption)

ค่าความต้านทานการดูดซึมน้ำ เป็นการวัดระยะเวลาที่บรรจุภัณฑ์กระถางจาก กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และ/หรือกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียใช้ในการดูดซึมน้ำที่ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 นาที ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ ข1) กล่าวคือ ในช่วง 20 นาทีแรก สูตรที่ มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาล์ม คือ สูตรที่ไม่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อ บำบัดน้ำเสียเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ สูตรที่ 1 (POS100+AS0+F0) สูตรที่ 3 (POS100+AS0+F1) และสูตร ที่ 5 (POS100+AS0+F2) มีค่าความต้านทานการดูดซึมน้ำสูงกว่าสูตรที่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อ กระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาในการดูดซึมน้ำสูงกว่า 20 นาที สูตรที่มี ส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียร่วมด้วย ซึ่งได้แก่ สูตรที่ 2 (POS75+AS25+F0) สูตรที่ 4 (POS75+AS25+F1) และสูตรที่ 6

(POS75+AS25+F2) มีค่าความต้านทานการ ดูดซึมน้ำสูงกว่าสูตรที่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากเส้นใย จากกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียเริ่มมีการดูดซึมน้ำทำให้ปริมาณการดูดซึมน้ำสูงขึ้น

2.5.5 สมบัติทางกายวิภาคของบรรจุภัณฑ์กระถางจากวัสดุเหลือทิ้งจากกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy, SEM)

จากการศึกษาสมบัติทางกายวิภาคของบรรจุภัณฑ์กระถางจากวัสดุเหลือทิ้งที่ ไม่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 สูตร เปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์กระถางจากวัสดุเหลือทิ้งที่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 สูตร โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า บรรจุภัณฑ์กระถางจากวัสดุเหลือ ทิ้งที่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 สูตร มีลักษณะเรียบขึ้น ช่องว่างระหว่างโครงสร้างภายในลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์กระถางจากวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่ มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ทั้ง 3 สูตร เนื่องจากกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียที่เติมลงไปทำหน้าที่ยึดเกาะบนพื้นผิวของโครงสร้างภายใน ส่งผลให้ โครงสร้างภายในยึดเกาะกันได้ดี ช่องว่างระหว่างโครงสร้างภายในลดลง ดังนั้น การเติมกากตะกอน เยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสีย จึงเป็นผลทำให้ช่องว่างระหว่างโครงสร้างภายในของบรรจุภัณฑ์ ลดลงและส่วนผสมของวัสดุเข้ากันได้ดี บรรจุภัณฑ์จึงมีผิวที่เรียบขึ้น ส่งผลให้สมบัติเชิงกลดีกว่า กระถางที่ไม่ได้เติมกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

2.6 การทดสอบทางกายภาพ

2.6.1 การทดสอบการต้านการดูดซับน้ำ (water absorption) พรฤดี (2552) ศึกษาความต้านทานการดูดซึมน้ำ ของบรรจุภัณฑ์กระถางดัดแปลงจากมาตรฐาน TAPPI T441 om-90 โดยการนำวัสดุ (โอเอซิส) มาตัดให้มีขนาดเท่ากับมิติภายในของบรรจุภัณฑ์กระถาง จากนั้นนำวัสดุดังกล่าวไปแช่น้ำให้วัสดุอิ่มตัว จากนั้นนำวัสดุดังกล่าววางลงด้านในของบรรจุภัณฑ์กระถาง แล้วทิ้งไว้ที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 และ 150 นาที ชั่งและบันทึกน้ำหนักที่ได้ ส่วนสุกัญญา (2553) ทดสอบการดูดซับความชื้น โดยตัดตัวอย่างให้มีความยาว 40 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตร โดยทดสอบการดูดซับความชื้นภายใต้สภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทดสอบที่ระยะเวลา 0, 24, 48, 72, 96, 120 และ 144 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนและหลังการทดสอบการดูดซับความชื้น ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย ค่าการดูดซับความชื้นที่ระยะเวลาต่างๆ คำนวณจากสมการที่ (2)

$$M\ (\%) = (W1-W0)/W0 \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ M (%) คือ ร้อยละการดูดซับความชื้น

W1 คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการดูดซับความชื้น

W0 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

2.6.2 ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ สุกัญญา (2553) ทดลองในสภาวะอุณหภูมิปกติ โดยฝังตัวอย่างที่มีขนาดความยาว 40 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตร ที่ความลึก 10 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินในกระบะขนาด กว้าง 16 ยาว 80 สูง 16 เซนติเมตร ให้ความชื้นโดยการรดน้ำปริมาตร 2 ลิตรให้ชุ่มทุกวันเป็นเวลา 60 วัน นำตัวอย่างมาตรวจสอบที่เวลา 20, 40 และ 60 วัน โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเปรียบเทียบน้ำหนักก่อนการทดสอบทำ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยและค่าน้ำหนักตัวอย่างที่หายไป (Weight loss) ตามวิธีของ Wan et al., 2009 ดังสมการที่ (3)

$$\text{Weight loss (\%)} = (W0-W1) \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ Weight loss (%) คือ ร้อยละน้ำหนักที่หายไป

W0 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

W1 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังการทดสอบ

2.7 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ปทุมทิพย์ และคณะ (2548) ศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความพรุนและความแข็งแรงของกระถาง วัสดุที่ใช้ในการผลิตกระถางต้นไม้ ประกอบด้วย ฟางข้าว ผักตบชวา และขี้เลื่อย และตัวประสาน คือ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี ขึ้นรูปกระถางด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก ที่ความดัน 800 psig พบว่าความพรุนและความแข็งแรงของกระถางขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ และกระถางจะมีการย่อยสลายและเกิดการแทงรากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ มีข้อแนะนำจากการวิจัยนี้คือ ควรศึกษาตัวประสาน และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นที่มีผลต่อความพรุน และความแข็งแรง

พรฤดี (2552) ศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับกล้าไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปของกระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาลมและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบอบำบัดน้ำเสีย ปรับปรุงคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของกระถางโดยใช้สารเติมแต่ง ศึกษาผลที่ได้รับจากกระบวนการยอยสลายของกระถางที่สงผลตอสมบัติทางเคมีของดินบางประการ และการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้าไม้ที่ผลิตในบรรจุภัณฑกระถาง พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของกากตะกอนน้ำมันปาลมตอกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบอบำบัดน้ำเสีย = 100:0 และ 75:25 % (w/w) สารละลายแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้นเทากับ 25% (w/v) เปนสารเติมแตงเพื่อเพิ่มสมบัติด้านความแข็งแรงและการยึดเกาะของกระถาง กระถางสามารถต้านทานแรงกดสูงสุดเทากับ 2,544 นิวตัน และมีความต้านทานการตกกระแทกที่ความสูงเทากับ 65.20 เซนติเมตร กระถางสามารถยอยสลายได 48.05-54.05% ซึ่งสูงกว่าการย่อยสลายในดินที่มีสภาพรดน้ำทุก 7 วัน (38.98-41.95 %) และสภาพแหง (7.06 -7.71 %) ซึ่งให้ผลแตกต่างกันอยางมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ปัญหาที่พบจากการ

วิจัยนี้คือ การใช้สารละลายแป้งเปียก ยึดเกาะดี แต่ไม่สามารถกันความชื้น และทำให้เกิดเชื้อรา ควรเปลี่ยนเป็นขี้ผึ้ง สารกันเชื้อรา หรือผสมเส้นใย การที่กระถางดูดซับความชื้นและน้ำได้ดี ทำให้ขึ้นรูปยาก เกิดการบวม และมีรอยแตกที่กระถาง

สุกัญญา (2553) ศึกษาการผลิตกระถางย่อยสลายได้จากเซลลูโลสแบคทีเรีย พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายหมดในกากน้ำตาล 7 °Brix และค่า pH 4 มีความเหมาะสมต่อการผลิตเซลลูโลสจาก Acetobacter xylinum เมื่อเปรียบเทียบความหนา และน้ำหนักเปียกของเซลลูโลสจากวัตถุดิบต้นทุนต่ำระหว่าง กากน้ำตาล น้ำเวย์เต้าหู้ และกล้วยน้ำหว้าสุก เมื่อใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่า PH ที่เหมาะสมกับวัสดุแต่ละชนิด พบว่าน้ำเวย์เต้าหู้ให้ผลผลิตเซลลูโลสมีความหนามากที่สุด 28 มม. กล้วยน้ำหว้าสุกให้ปริมาณเซลลูโลสมากที่สุดในรูปน้ำหนักเปียก 441.62 กรัมต่อลิตร ขึ้นรูปกระถางจากเซลลูโลสจากวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ใช้แป้งมันสำปะหลัง 5% ขี้ผึ้ง 3% ช่วยลดการดูดซับน้ำและเพิ่มการคงตัวของกระถาง และเติม benzoic acid 0.05% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราใต้สภาวะที่มีความชื้นสูง จากการทดสอบคุณสมบัติทั้ง 3 ชนิด พบว่ามีค่าความต้านทานต่อแรงดึงขาดต่ำ ค่าการดูดซับความชื้นสูง และย่อยสลายภายใน 60 วัน

อดิศร (2554) ศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม วัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้จากใยปาล์มน้ำมัน และเถ้าปาล์มน้ำมัน ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือการดูดซับน้ำ และการระเหยน้ำ พบว่ากระถางที่มีเส้นใยปาล์ม มีอัตราการดูดซับน้ำมากกว่ากระถางที่มีเส้นใยปาล์มน้ำมัน และเถ้าปาล์มน้ำมัน แต่เกิดการอิ่มตัวของการดูดซับ 35 นาที เท่ากัน กระถางที่มีเส้นใยปาล์ม มีอัตราการระเหยของน้ำมากกว่ากระถางที่มีเส้นใยปาล์มน้ำมัน และเถ้าปาล์มน้ำมัน แปรผกผันกับระยะเวลาในการระเหยน้ำ และระเหยน้ำหมดในเวลา 132 ชั่วโมง 156 ชั่วโมง ตามลำดับ

กิตติชัย โสพันนา และคณะ (2557) ได้การประดิษฐและหาสมบัตของกระถางชีวภาพ อัตราสวนของวัสดุตอกาวแปงเปยกเปน 1:2 1:3 และ 1:4 โดยน้ำหนัก ทดสอบคาความแข็งแรง คาการดูดซับน้ำ นอกจากนั้นยังทดสอบหาคาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จากการทดสอบพบว่าอัตราสวน 1:4 มีคาความแข็งแรงมากที่สุด โดยที่ความแข็งแรงของผักตบชวา ขุยมะพร่าว และฟางข่าว มีคาเปน 16.39 x 103 15.04 x 103 และ 3.56 x 103 N/m2 ตามลำดับ สวนคาการดูดซับน้ำพบวาที่อัตราสวน 1:2 มีคามากที่สุด โดยที่คาการดูดซับน้ำของขุยมะพร่าว ผักตบชวา และฟางข่าว มีคาเปน 75.60% 72.33% และ 66.51% ตามลำดับ สำหรับคาปริมาณไนโตรเจนที่มากที่สุดของขุยมะพร่าว ฟางขาว และผักตบชวา คืออัตราสวน 1:4 1:4 และ 1:2 โดยมีคาเทากับ 0.22% 0.21% และ 0.21% ตามลำดับ อัตราสวนที่มีคาปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุดของขุยมะพร่าว ฟางข่าว และ ผักตบชวา คืออัตราสวน 1:2 1:3 และ 1:2 โดยมีคาเทากับ 38.62 117.13 และ 103.74 mg/kg ตามลำดับ สำหรับอัตราสวนที่มีคา ปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดของขุยมะพร่าว ฟางข่าว และผักตบชวา คืออัตราสวน 1:2 1:4 และ 1:4 โดยมีคาเทากับ 0.56 6.46 และ 6.39 mg/kg ตามลำดับ

I. Jirapornvaree et al., (2017) ได้ประเมินความเหมาะสมของกระถางเพาะชำจากวัสดุเศษเหลือสับปะรด มีออกแบบการทดลองด้วยการสุ่ม และ 3 ซ้ำ ทั้งหมด 18 สูตร ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเศษเหลือสับปะรด : ตัวประสาน ได้แก่ 2:1, 1:0, 1:1, 1:1.5 และ 1:2 ประกอบด้วย 3 ความหนา ได้แก่ 0.5, 1 และ 1.5 ซม. ทำการทดสอบทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ผลการทดสอบพบว่ากระถางที่มีอัตราส่วน 1:0 ความหนา 1 ซม. มีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีดีที่สุด เมื่อระยะเวลา 45 วัน สามารถวัดค่า N และ P ได้ 0.49% และ 7.97 mg-P/kg ตามลำดับ อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 258.43%. ในเวลา 45 นาที และการระเหยน้ำใน 444 ชั่วโมง และต้นทุนการผลิตต่อกระถางเท่ากับ 0.0075 เหรียญสหรัฐ หรือประมาณ 0.24 บาท (คิดจาก 1 เหรียญเท่ากับ 32 บาท) สำหรับกระถางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสามนิ้วครึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าจะวัสดุเศษเหลือได้

วรรณวิภา ไชยชาญ และคณะ (2560) ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ ทางเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป และประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำระหว่างการเพาะชำกล้าพืช อัตราส่วนของกากกาแฟ:ปูนขาวจากเปลือกหอย:ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเท่ากับ 3:0:0, 0:3:0, 0:0:3, 1.5:1.5:0, 1.5:0:1.5, 0:1.5:1.5 และ 1:1:1 และกาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน แต่ละอัตราส่วนจะขึ้นรูปโดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:0.70, 1:0.85, 1:10, 1:1.15, 1:1.30, 1:1.45, 1:1.60,1:1.75 และ 1:1.90 ขึ้นรูปกระถางโดยใช้เครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ ใช้แรงอัดช่วง 1,600-1,800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำแสดงพบว่าที่อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เท่ากับ 1.5:1.5:0 ขึ้นรูปได้ดีกว่าอัตราส่วนอื่นโดยขึ้นรูปได้ในช่วงอัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:0.70 ถึง 1:1.75 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกระถางเพาะชำ พบว่า กระถางเพาะชำที่ผลิตได้ทุกอัตราส่วน มีความเป็นด่าง กระถางเพาะชำมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

วรรณวิภา ไชยชาญ และคณะ (2560) ศึกษาธาตุอาหารของพืชและระยะเวลาในการย่อยสลายของ กระถางเพาะชำชีวภาพที่มีส่วนประกอบของกากกาแฟผสมปูนขาวจากเปลือกหอย โดยใช้กาวแป้งเปียก เป็นวัสดุประสาน ในอัตราส่วนของกากกาแฟ:ปูนขาวจากเปลือกหอย:กาวแป้งเปียกเท่ากับ 8:2:3 7:3:3 6:4:3 5:5:3 และ 4:6:3 ขึ้นรูปกระถางเพาะชำด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิคแบบโยกใช้แรงอัดที่ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาในการกวนผสมประมาณ 10-15 นาที โดยแต่ละครั้งในการอัดใช้วัตถุดิบกระถางละ 400 กรัม ทำการอัดกระถางๆ ละ 5 วินาที วิเคราะห์ธาตุอาหารหลักและธาตุองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชของกระถางเพาะชำชีวภาพ ในการทดลองจะรดน้ำแต่ละกระถาง เท่ากับ 100 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ธาตุโซเดียม (Na)

โพแทสเซียม (K) ลิเทียม (Li) และแคลเซียม (Ca) ด้วย เครื่อง Flame atomic absorption spectrophotometer ผลการย่อยสลายของกระถางเพาะชำพบว่ากระถางเพาะชำทุกอัตราส่วน เริ่มไม่คงรูปเมื่อระยะเวลาผ่านไป 30 วัน และเมื่อผ่านไป 60 วัน กระถางเพาะชำในอัตราส่วนกากกาแฟ: ปูนขาวจากเปลือกหอย:กาวแป้งเปียก เท่ากับ 8:2:3 มีแนวโน้มย่อยสลายเร็วที่สุด กล่าวได้ว่า กระถาง เพาะชำที่มีปริมาณกากกาแฟมากกว่าปูนขาวจากเปลือกหอยสามารถย่อยสลายได้เร็ว

เตือนใจ ปิยัง และคณะ (2561) ได้ผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดโดยใช้ตัวประสานเป็นกาวแป้งเปียก โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปและคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ทำการศึกษาทั้งหมด 6 ชุดการทดลองที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด ได้แก่ 5:0 4:1 3:2 2:3 1:4 และ 0:5 โดยน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปกระถางด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกช่วง 100-150 นิวตัน ซึ่งทำการศึกษาคุณสมบัติค่าการดูดซับน้ำ ค่าการพองตัว ค่าความพรุน และการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ผลการศึกษาพบว่า กระถางต้นไม้ที่ใช้วัสดุประสานกาวแป้งเปียกสามารถขึ้นรูปได้ทุกชุดการทดลอง สำหรับคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ พบว่าค่าการดูดซับน้ำ ค่าการพองตัว ค่าความพรุนและการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของวัสดุผสมอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วนผสมที่ 1:4 เหมาะต่อการขึ้นรูปได้ดี และคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าการดูดซับน้ำ 91.18± 1.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าการพองตัว 91.67± 1.11 เปอร์เซ็นต์ ค่าความพรุน 79.00± 3.25 เปอร์เซ็นต์ และมีการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ย่อยสลายได้ช้าที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาของการผลิตกระถางย่อยสลายได้สำหรับกล้าไม้ที่สามารถทดแทนถุง และกระถางพลาสติก ยังเจอปัญหาการดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี ซึ่งจะทำให้ขึ้นรูปยากเกินการบวม และมีรอยแตกที่กระถาง และการใช้ตัวประสานที่เป็นแป้งเปียก ยึดเกาะดี จากที่กล่าวมาข้างต้นประกอบกับประเทศไทยโดยเฉพาะภาคใต้มีการปลูกปาล์มน้ำมัน และมีอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มค่อนข้างมาก จึงมีแนวคิดที่จะศึกษากระถางย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน กับผงขี้เลื่อยไม้ ที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง เป็นตัวประสาน

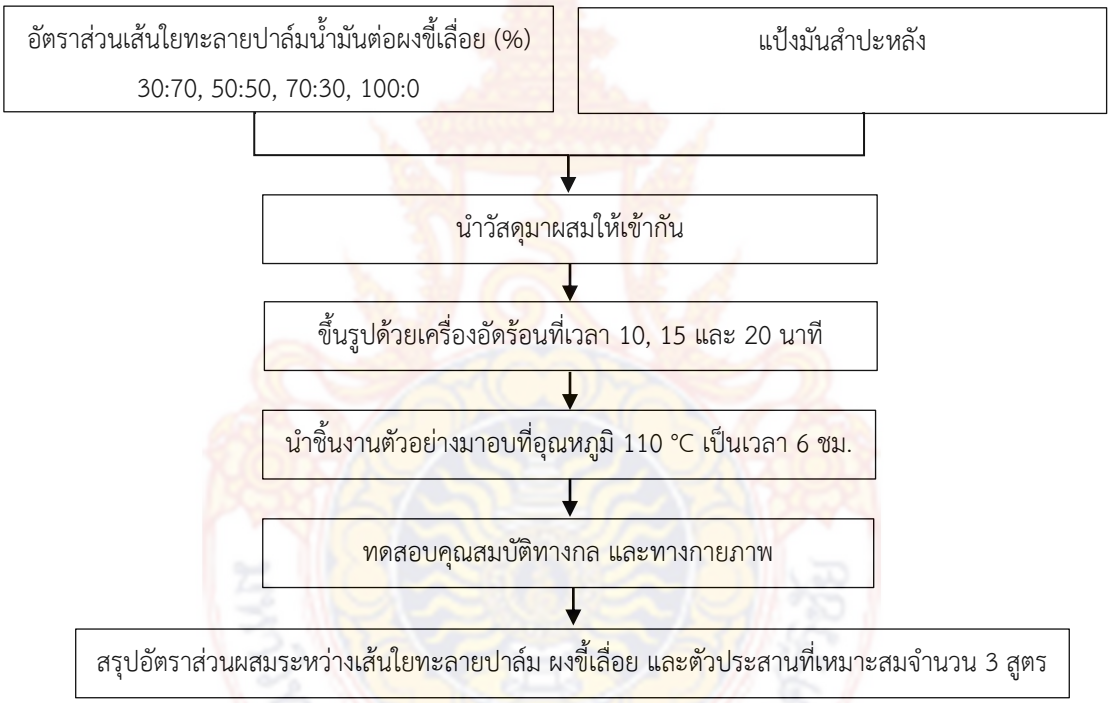
บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องกระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 2 ช่วง ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานช่วงที่ 1

เป็นการทดสอบหาอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานสำหรับขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง โดยการหาคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกล เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมมีขั้นตอนต่อไปนี้ และแสดงผังขั้นตอนการดำเนินงานช่วงที่ 1 ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานช่วงที่ 1

1. จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

   1) จัดหาวัสดุที่เป็นส่วนผสมของการขึ้นรูปกระถาง เช่น เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า และผงขี้เลื่อย แป้งมันสำปะหลัง วัสดุทำแม่พิมพ์เป็นต้น

   2) จัดหาอุปกรณ์ในการวิจัย เช่น เครื่องชั่ง ตะแกรงร่อน เตาแก๊ส หม้อสำหรับทำตัวประสาน ภาชนะผสม และแม่พิมพ์ขึ้นรูปตัวอย่าง เป็นต้น ส่วนแม่พิมพ์กระถางดำเนินการออกแบบและสร้างตามขนาดที่เหมาะสมแก่การใช้เพาะกล้าไม้ รายละเอียดดังภาคผนวก ก.

3) ติดต่อขอใช้สถานที่ ขอใช้เครื่องบดย่อยวัสดุ เครื่องผสมวัสดุ เครื่องทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปชิ้นงานและขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้

2. ขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างช่วงที่ 1 เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนระหว่างทะลายปาล์มเปล่า และขี้เลื่อยที่เหมาะสม

1) นำทะลายปาล์มเปล่า ผ่านเครื่องบดย่อยให้มีขนาดเล็กลงไม่เกิน 2 ซม. แล้วร่อนด้วยตะแกรงให้ได้ขนาดที่สามารถขึ้นรูปได้ ดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 ทะลายปาล์มหลังลดขนาด

2) นำผงขี้เลื่อยมาร่อนด้วยตะแกรงขนาดเล็กกว่า 12 เมช หรือ 2 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ขนาดที่สามารถขึ้นรูปได้ ดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 ขี้เลื่อยหลังร่อน

3) ทดสอบหาความชื้นของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างช่วง 4-5 กรัม ทั้งขี้เลื่อยและทะลายปาล์มเปล่า นำวัสดุที่เตรียมไว้ไปอบลดความชื้น ที่อุณหภูมิ 103° C และนำ

ออกมาชั่งทุก 30 นาที เพื่อใช้หาค่าความชื้นของวัสดุ ภาพแสดงขั้นตอนการหาความชื้นของวัสดุ ในภาคผนวก ข.

2) นำวัสดุประสานแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:6 โดยน้ำหนัก แป้งเปียก คือ การผสมแป้งมันสำปะหลังกับน้ำ แล้วนำไปเคี่ยวไฟอ่อนๆ จนสีแป้งเปียกใสๆ แล้วพักไว้ให้เย็นก่อนนำไปใช้งาน

3) นำเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมไว้มาผสมกับขี้ผึ้งตามสูตร เป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดกระจายตัวทั่วกัน

4) นำวัสดุที่ผ่านการผสมใส่บล็อคขนาดความหนาขนาด 2, 5 และ 6 มม. แล้วอัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานตัวอย่าง โดยใช้เวลาอัด คือ 10, 15, และ 20 วินาที สามารถสรุปปัจจัยและเงื่อนไขได้ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งกำหนดสภาวะการอัดร้อนเป็นค่าคงที่ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และความดัน 1800 psi

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง

ปัจจัย	ระดับ			
	1	2	3	4
ทะลายปาล์มเปล่า : ขี้เลื่อยไม้ (%โดยน้ำหนัก)	30:70	50:50	70:30	100: 0
ความหนาชิ้นงาน (มม.)	2	5	6	
เวลาในการอัด	10	15	20	

การกำหนดชื่อตัวแปรแต่ละสภาวะที่ทำการขึ้นรูปทั้ง 3 ความหนา ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ชื่อตัวแปรแต่ละสภาวะที่ทำการขึ้นรูป

ความหนาชิ้นงาน	อัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่า : ขี้เลื่อยไม้ (%โดยน้ำหนัก)											
	30:70			50:50			70:30			100: 0		
	10 นาที	15 นาที	20 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที
2 มม.	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
5 มม.	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
6 มม.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12

6) นำชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วมาอบ ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

3. ทดสอบคุณสมบัติเชิงกล และทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง

   1) ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (tensile strength) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 5937-1996 ซึ่งการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบขนาด 15x130 มม.

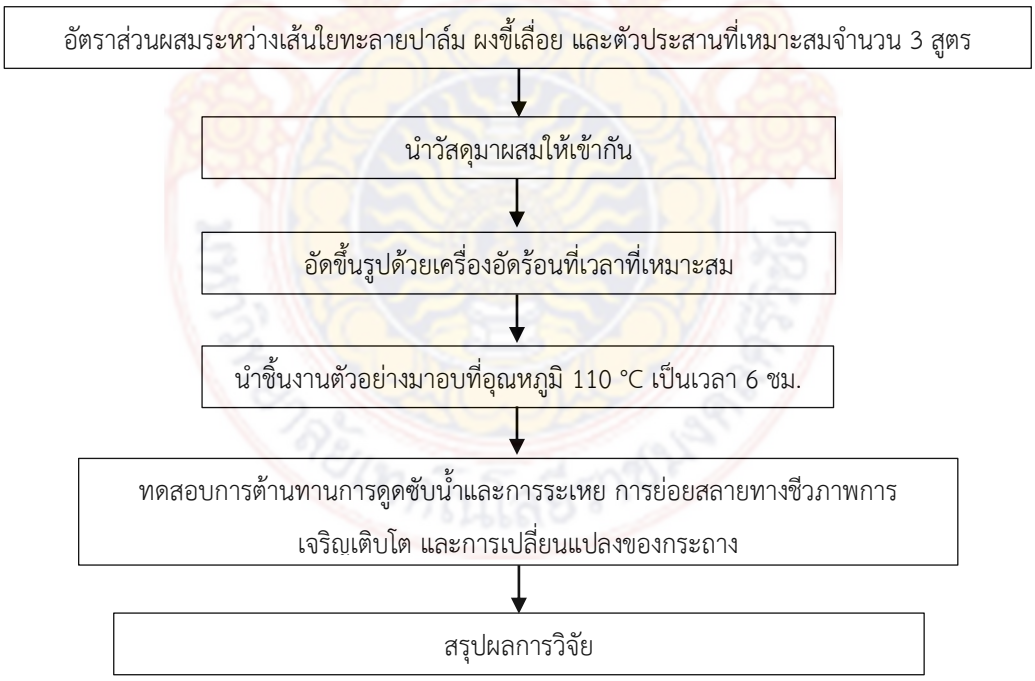
   2) ทดสอบความต้านทานการดูดซึมน้ำ ของบรรจุภัณฑ์กระถางดัดแปลงจากมาตรฐาน TAPPI T441 om-90 ซึ่งการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบขนาด 1.5x1.5 นิ้ว

   3) การทดสอบการระเหยน้ำ การเตรียมชิ้นงานทดสอบสำหรับทดสอบการระเหยขนาด 1.5x1.5 นิ้ว

4. สรุปหาอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสม 3 สูตร
5. สรุปผลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกล และทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง เพื่อหาอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสมจำนวน 3 สูตร สำหรับนำไปขึ้นรูปกระถางเพื่อทดสอบการย่อยสลายต่อไป

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานช่วงที่ 2

ขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจากช่วงแรก เพื่อทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำ การระเหยน้ำ การต้านทานการตกกระแทก การย่อยสลายในสภาวะต่างๆ การแทงราก และมีขั้นตอนต่อไปนี้ และแสดงผังขั้นตอนการดำเนินงานช่วงที่ 2 ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แผนผังการดำเนินงานช่วงที่ 2

3.3 ขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้ช่วงที่ 2 ตามอัตราส่วนผสมจำนวน 3 สูตรที่ได้จากช่วงที่ 1

1) นำทะลายปาล์มเปล่าผ่านเครื่องย่อยให้มีขนาดเล็กลงไม่เกิน 2 ซม. อบให้แห้ง แล้วร่อนด้วยตะแกรงให้ได้ขนาดที่สามารถขึ้นรูปได้

2) นำผงขี้เลื่อยมาอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำร่อนด้วยตะแกรงขนาดเล็กกว่า 12 เมช เพื่อให้ได้ขนาดที่สามารถขึ้นรูปได้

3) นำวัสดุประสานแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:6 โดยน้ำหนัก หลังแป้งกระจายตัวในน้ำ แล้วนำไปให้ความร้อนพร้อมทั้งกวนจนแป้งเปลี่ยนเป็นเจล แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

4) นำเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมไว้มาผสมกับขี้ผึ้งตามสูตรทั้ง 3 สูตร เพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดกระจายตัวทั่วกัน

5) นำวัสดุที่ผ่านการผสมใส่เครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง โดยใช้เวลาอัดตามผลสรุป ใส่ถุงซิปล็อครอการทดสอบ

3.4 ทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำและการระเหย

การทดสอบความต้านทานการดูดซึมน้ำของกระถางดัดแปลงจากมาตรฐาน TAPPI T441 om-90 และการทดสอบการระเหยน้ำของกระถาง มีการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบขนาด 1.5x1.5 นิ้ว ขั้นตอนการทดสอบรายละเอียดดังภาคผนวก ค.

3.5 ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถางต้นกล้าไม้

การทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถางต้นกล้าไม้จะทำการทดสอบโดยการฝังกระถางทั้ง 3 สูตรๆ ละ 3 กระถางไว้ในดินที่มีการเตรียมขึ้นมา การทดสอบจะแบ่งเป็น 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะแห้ง สภาวะรดน้ำทุก 7 วัน และ สภาวะรดน้ำทุกวัน และหาค่าน้ำหนักของกระถางที่หายไปทุก 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือน โดยทำการอบให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน หรือ 48 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนัก ขั้นตอนการทดสอบรายละเอียดดังภาคผนวก ง.

3.6 ทดสอบปลูกต้นกล้าไม้ เพื่อสังเกตการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของกระถาง

ปลูกพืชในกระถาง โดยนำกระถางต้นกล้าไม้ที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วทั้ง 3 สูตร ปลูกพืช 3 ชนิด ได้แก่ ต้นตะเคียนทอง ต้นโปร่งฟ้า และต้นมะละกอ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกระถาง และวัดการเจริญเติบโตของต้นไม้ทุกเดือน เป็นเวลา 3 เดือน

สรุปผลจากการปลูกต้นกล้าไม้ จากการสังเกตการแทงรากและการเปลี่ยนแปลงของกระถาง เพื่อหาอัตราระหว่างเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปกระถาง

3.7 สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

สรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์การวิจัย และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

สถานที่ทำการวิจัย

ในประเทศ/ต่างประเทศ	ชื่อประเทศ/จังหวัด	พื้นที่ที่ทำวิจัย	ชื่อสถานที่
ในประเทศ	นครศรีธรรมราช	ห้องปฏิบัติการ	สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศกรรมศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย สาขาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย
ในประเทศ	นครศรีธรรมราช	สำนักงาน	คณะเกษตรศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย

ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนอย่างละเอียด)

ระยะเวลาโครงการ 1 ปี

วันที่เริ่มต้น 1 ตุลาคม 2561 วันที่สิ้นสุด 30 กันยายน 2562

3.8 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ปี	กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2561	1. จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย	X	X										
2561-2562	2. ขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างช่วงที่ 1 เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนระหว่างทะลายปาล์มเปล่า และขี้เลื่อยที่เหมาะสม		X	X	X								
2562	3. ทดสอบคุณสมบัติเชิงกล และทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง					X	X						
2562	4. สรุปหาอัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสม 3 สูตร						X						

ปี	กิจกรรม	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
2562	5. ขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้ช่วงที่ 2 ตามอัตราส่วนผสมจำนวน 3 สูตรที่ได้จากกิจกรรมที่ 4						X	X					
2562	6. ทดสอบการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นกล้าไม้								X	X			
2562	7. สรุปผลจากการปลูกต้นกล้าไม้ จากการสังเกตการแทงรากและการเปลี่ยนแปลงของกระถาง									X			
2562	8. สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์										X	X	X

ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะปัจจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

- ไม่มี

3.9 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

ปี	ผลสำเร็จที่คาดว่าจะได้รับ	ประเภท
2562	ได้สูตรอัตราส่วนผสมเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระถางต้นกล้าไม้ ที่ขึ้นรูปได้ง่าย มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และต้านทานการดูดซับน้ำได้ดี ที่ส่งผลทางบวกต่อสิ่งแวดล้อม และลดการใช้พลาสติก	Primary Result
2562	ได้นำเสนอและเผยแพร่งานวิชาการระดับชาติ	Intermidiate Result

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง

ผลการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 36 กรณี ประกอบด้วย 4 อัตราส่วนผสม 3 ความหนา 3 เวลาในการอัดขึ้นรูป ได้ผลการขึ้นรูปดังภาพตัวอย่างชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งทุกกรณีสามารถขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างได้

ภาพที่ 4.1 ภาพตัวอย่างชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติชิ้นงานตัวอย่าง

4.2.1. การทดสอบคุณสมบัติทางกล

การทดสอบคุณสมบัติทางกล เป็นการทดสอบความต้านทานแรงดึง ซึ่งมีการตัดชิ้นงานขนาด 15 x 100 มม. และวัดขอบซ้าย ขวา ข้างละ 10 มม. เพื่อเป็นพื้นที่จับของเครื่องทดสอบ ดังภาพตัวอย่างที่ 4.2 และแสดงผลการทดสอบชิ้นงานที่มีความหนา 2, 5 และ 6 มม. ดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ดังภาพที่ 4.2 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม.

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
A1	30	10	2.50	8.32
	30	10	2.50	9.31
	30	10	2.40	10.18
A2	30	15	2.30	10.40
	30	15	2.30	9.90
	30	15	2.20	11.45
A3	30	20	2.60	14.16
	30	20	2.60	10.29
	30	20	2.60	11.23
A4	50	10	2.20	20.56
	50	10	2.00	26.72
	50	10	2.00	25.58
A5	50	15	2.30	30.22
	50	15	2.20	28.91
	50	15	2.30	27.16
A6	50	20	2.30	50.75
	50	20	2.30	42.05
	50	20	2.20	30.88

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
A7	70	10	2.00	21.03
	70	10	2.00	17.67
	70	10	2.00	13.58
A8	70	15	2.60	29.42
	70	15	2.50	22.97
	70	15	2.50	21.17
A9	70	20	2.05	37.89
	70	20	2.00	33.73
	70	20	2.00	28.03
A10	100	10	2.00	8.98
	100	10	2.00	7.88
	100	10	2.00	10.15
A11	100	15	2.00	13.14
	100	15	2.00	17.96
	100	15	2.00	11.17
A12	100	20	2.10	21.90
	100	20	2.00	20.25
	100	20	2.05	29.35

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม.

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
B1	30	10	5.50	30.50
	30	10	5.50	40.25
	30	10	5.65	35.63

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
B2	30	15	5.60	42.35
	30	15	5.60	40.75
	30	15	5.65	36.82
B3	30	20	6.80	45.00
	30	20	7.55	38.20
	30	20	7.60	43.52
B4	50	10	5.30	48.55
	50	10	5.30	50.24
	50	10	5.40	40.38
B5	50	15	5.30	55.48
	50	15	5.45	70.25
	50	15	5.80	60.58
B6	50	20	5.60	75.96
	50	20	5.70	89.58
	50	20	5.50	137.76
B7	70	10	5.20	60.50
	70	10	5.30	70.23
	70	10	5.50	59.80
B8	70	15	5.30	81.47
	70	15	5.30	70.59
	70	15	5.30	71.18
B9	70	20	5.50	90.52
	70	20	5.40	100.45
	70	20	5.40	80.68
B10	100	10	5.50	20.15

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
	100	10	5.40	18.75
	100	10	5.20	25.41
B11	100	15	5.20	30.55
	100	15	5.40	20.15
	100	15	5.40	25.17
B12	100	20	5.60	30.15
	100	20	5.50	33.52
	100	20	5.30	45.58

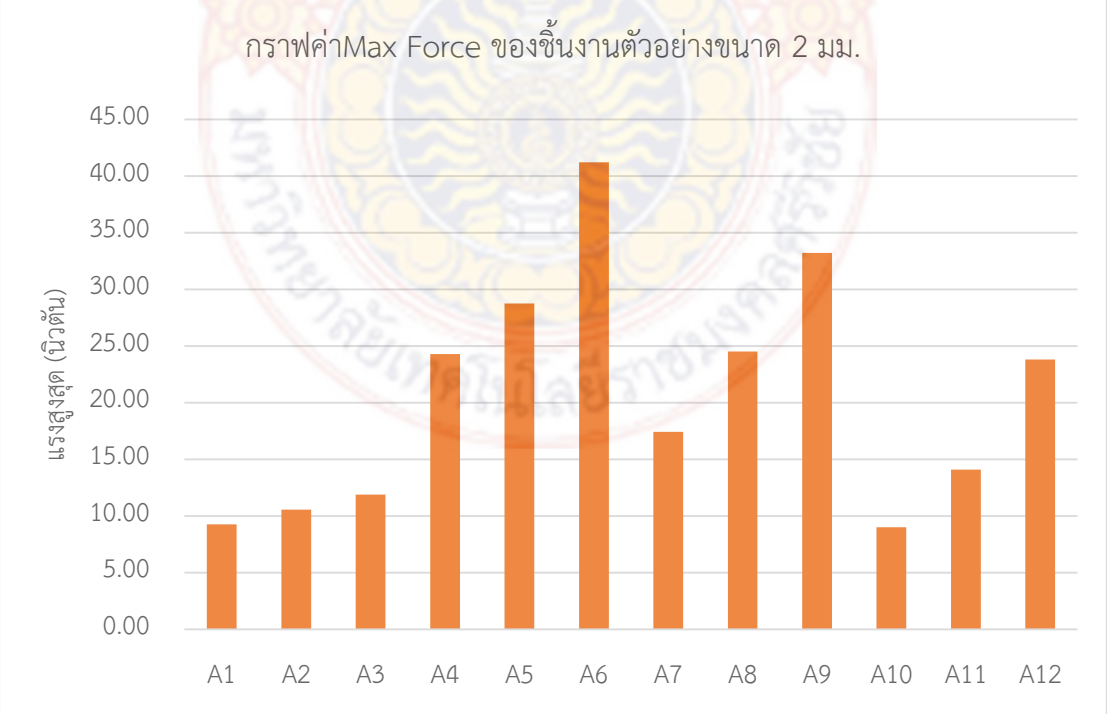
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม.

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
D1	30	10	6.60	117.20
	30	10	6.70	115.42
	30	10	6.70	126.05
D2	30	15	6.45	120.52
	30	15	6.45	124.40
	30	15	6.45	131.41
D3	30	20	6.45	156.20
	30	20	6.45	145.31
	30	20	6.45	165.25
D4	50	10	6.50	95.05
	50	10	6.50	133.38
	50	10	6.50	131.85
D5	50	15	6.20	140.54

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
	50	15	6.20	137.54
	50	15	6.20	137.10
D6	50	20	6.50	171.71
	50	20	6.30	165.57
	50	20	6.45	172.36
D7	70	10	6.30	125.49
	70	10	6.30	90.85
	70	10	6.35	126.59
D8	70	15	6.15	137.98
	70	15	6.15	133.38
	70	15	6.15	113.01
D9	70	20	6.25	166.89
	70	20	6.25	148.36
	70	20	6.25	155.28
D10	100	10	6.55	30.25
	100	10	7.65	29.28
	100	10	7.20	35.00
D11	100	15	7.50	45.60
	100	15	7.15	40.25
	100	15	7.60	46.75
D12	100	20	6.55	56.25
	100	20	6.80	60.25
	100	20	6.70	45.05

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม.

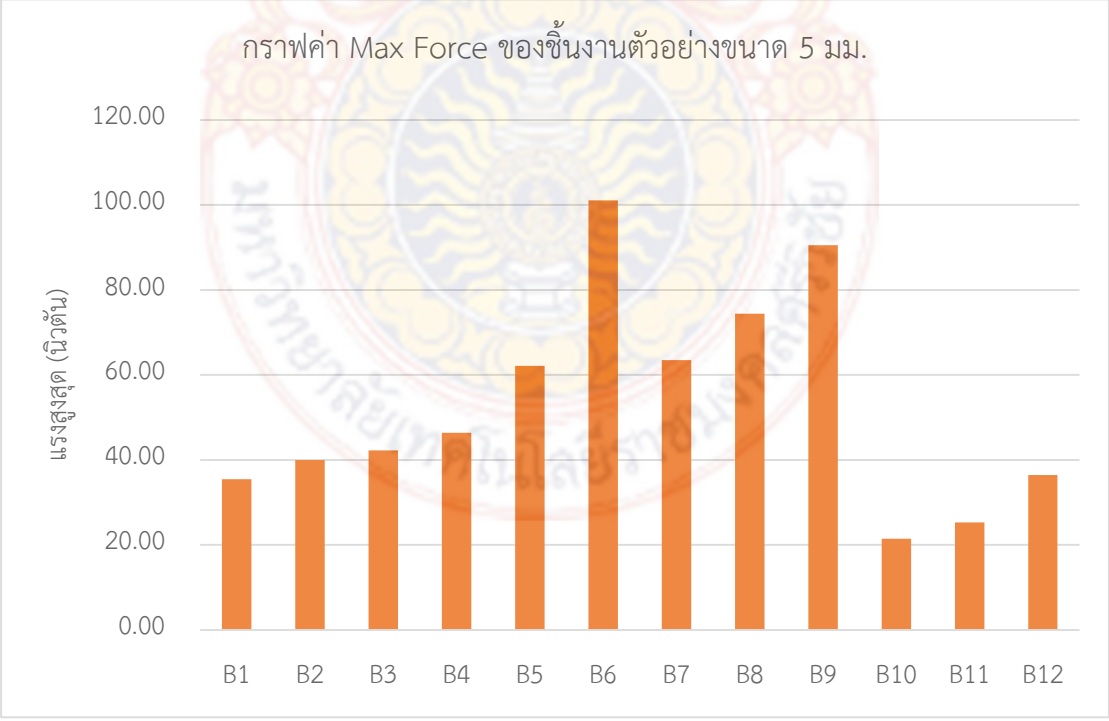
สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงสูงสุด (Max Force) (นิวตัน)
A1	30	10	2.47	9.27
A2	30	15	2.27	10.58
A3	30	20	2.60	11.89
A4	50	10	2.07	24.29
A5	50	15	2.27	28.76
A6	50	20	2.27	41.23
A7	70	10	2.00	17.43
A8	70	15	2.53	24.52
A9	70	20	2.02	33.22
A10	100	10	2.00	9.00
A11	100	15	2.00	14.09
A12	100	20	2.05	23.83



ภาพที่ 4.3 กราฟค่าMax Force ของชิ้นงานตัวอย่างขนาด 2 มม.

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม.

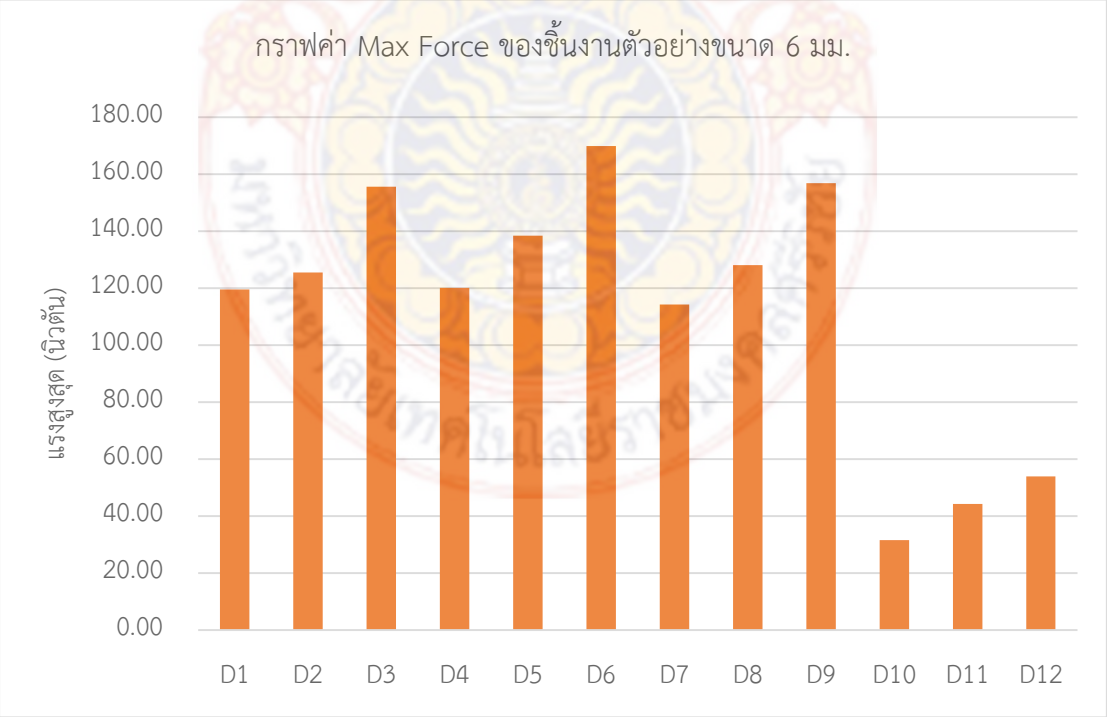
สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงดึงมากสุด (Max Force) (นิวตัน)
B1	30	10	5.55	35.46
B2	30	15	5.62	39.97
B3	30	20	7.32	42.24
B4	50	10	5.33	46.39
B5	50	15	5.52	62.10
B6	50	20	5.60	101.10
B7	70	10	5.33	63.51
B8	70	15	5.30	74.41
B9	70	20	5.43	90.55
B10	100	10	5.37	21.44
B11	100	15	5.33	25.29
B12	100	20	5.47	36.42



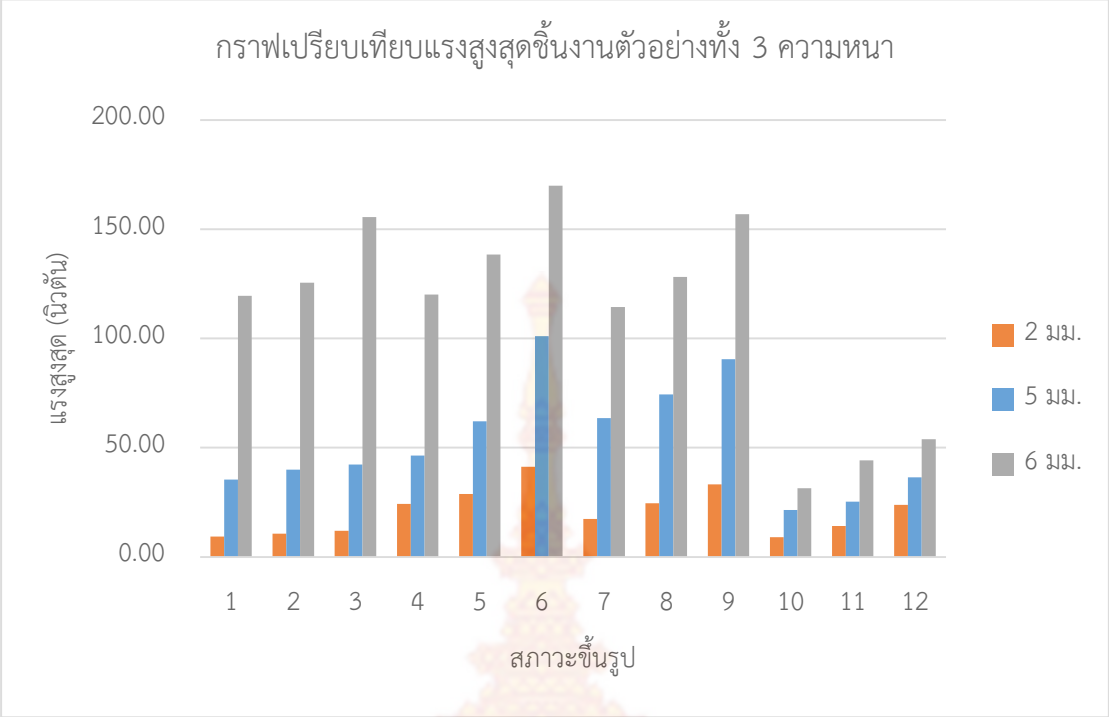
ภาพที่ 4.4 กราฟค่า Max Force ของชิ้นงานตัวอย่างขนาด 5 มม.

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม.

สภาวะขึ้นรูป	ปริมาณทะลายปาล์มเปล่า (%)	เวลา (นาที)	ความหนาที่วัดได้ (มม.)	แรงดึงมากสุด (Max Force) (นิวตัน)
D1	30	10	6.67	119.56
D2	30	15	6.45	125.44
D3	30	20	6.45	155.59
D4	50	10	6.50	120.09
D5	50	15	6.20	138.39
D6	50	20	6.42	169.88
D7	70	10	6.32	114.31
D8	70	15	6.15	128.12
D9	70	20	6.25	156.84
D10	100	10	7.13	31.51
D11	100	15	7.42	44.20
D12	100	20	6.68	53.85



ภาพที่ 4.5 กราฟค่า Max Force ของชิ้นงานตัวอย่างขนาด 6 มม.



ภาพที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบแรงสูงสุดชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 3 ความหนา

จากกราฟภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าทุกความหนาที่อัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าเท่ากับ 30, 50, 70 และ 100 % ใช้เวลาอัด 20 นาที คือสภาวะขึ้นรูปที่ 3, 6, 9, 12 ในกราฟ พบว่าให้ค่าแรงสูงสุด (Max force) และพบว่าสภาวะขึ้นรูปที่ 6 คือการขึ้นรูปที่มีส่วนผสมทะลายปาล์มเปล่า 50 % ใช้เวลาอัดขึ้นรูป 20 นาทีให้ค่าแรงสูงสุด (Max force) มากสุดทั้ง 3 ความหนา

4.2.2. ผลการทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำ

การทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำ เป็นการเพื่อหาว่าส่วนผสมใดสามารถต้านทานการดูดซับน้ำได้ดีที่สุด ซึ่งการทดสอบจะใช้ชิ้นงานขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว ดังภาพตัวอย่างที่ 4.7 และแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ภาพที่ 4.7 ชิ้นงานทดสอบขนาด 1.5*1.5 นิ้ว

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม.

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
A1	1	2.10	2.50	2.08	2.50	0.95	4.12	4.10	1.60	2.02	98.08
	2	2.29	2.50	2.28	2.50	0.44	4.50	3.90	1.40	2.21	97.37
	3	2.10	2.40	2.08	2.40	0.95	4.15	4.00	1.60	2.05	99.52
A2	1	2.34	2.30	2.33	2.30	0.43	4.49	3.70	1.40	2.15	92.70
	2	1.81	2.30	1.80	2.30	0.55	3.48	3.10	0.80	1.67	93.33
	3	2.22	2.20	2.21	2.20	0.45	3.16	3.70	1.50	0.94	42.99
A3	1	2.24	2.60	2.21	2.60	1.34	3.95	4.00	1.40	1.71	78.73
	2	2.12	2.60	2.11	2.60	0.47	3.75	3.80	1.20	1.63	77.73
	3	1.96	2.60	1.94	2.60	1.02	3.25	3.70	1.10	1.29	67.53
A4	1	1.91	2.20	1.90	2.10	0.52	3.69	3.60	1.50	1.78	94.21
	2	2.14	2.00	2.13	2.10	0.47	3.91	3.00	0.90	1.77	83.57
	3	2.05	2.00	2.05	2.10	0.00	3.85	3.20	1.10	1.80	87.80
A5	1	2.39	2.30	2.28	2.20	4.60	4.17	3.10	0.90	1.78	82.89
	2	2.52	2.20	2.51	2.20	0.40	4.37	3.10	0.90	1.85	74.10
	3	2.17	2.30	2.16	2.20	0.46	4.01	3.10	0.90	1.84	85.65
A6	1	2.39	2.30	2.37	2.30	0.84	4.30	3.50	1.20	1.91	81.43
	2	2.48	2.30	2.48	2.30	0.00	4.32	3.40	1.10	1.84	74.19
	3	2.06	2.20	2.04	2.10	0.97	3.78	3.00	0.90	1.72	85.29
A7	1	2.10	2.00	2.09	2.00	0.48	3.80	3.30	1.30	1.70	81.82
	2	2.08	2.00	2.07	2.00	0.48	3.83	3.10	1.10	1.75	85.02
	3	1.55	2.00	1.54	2.00	0.65	3.08	3.30	1.30	1.53	100.00
A8	1	2.16	2.60	2.16	2.60	0.00	3.84	4.40	1.80	1.68	77.78
	2	1.84	2.50	1.79	2.50	2.72	3.51	4.50	2.00	1.67	96.09
	3	1.92	2.50	1.92	2.40	0.00	3.61	4.10	1.70	1.69	88.02

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
A9	1	2.05	1.90	2.04	1.90	0.49	3.79	2.70	0.80	1.74	85.78
	2	2.38	2.00	2.37	2.00	0.42	4.16	2.80	0.80	1.78	75.53
	3	2.04	2.00	2.04	2.00	0.00	3.69	2.80	0.80	1.65	80.88
A10	1	1.93	1.90	1.90	1.90	1.55	3.40	3.50	1.60	1.47	78.95
	2	1.92	2.00	1.90	2.00	1.04	3.38	3.50	1.50	1.46	77.89
	3	1.61	1.90	1.59	1.90	1.24	2.98	2.90	1.00	1.37	87.42
A11	1	1.91	2.00	1.91	2.20	0.00	3.49	3.90	1.70	1.58	82.72
	2	1.93	2.00	1.91	2.00	1.04	3.50	3.50	1.50	1.57	83.25
	3	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	3.52	3.00	1.00	1.52	76.00
A12	1	1.96	1.80	1.95	1.80	0.51	3.50	2.90	1.10	1.54	79.49
	2	1.99	1.90	1.98	1.90	0.50	3.51	2.90	1.00	1.52	77.27
	3	1.84	1.90	1.84	1.90	0.00	3.31	2.80	0.90	1.47	79.89

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม.

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
B1	1	3.75	5.50	3.69	5.60	1.60	8.30	9.00	3.40	4.55	124.93
	2	4.25	5.50	4.16	5.30	2.12	9.66	9.20	3.90	5.41	132.21
	3	4.67	5.65	4.61	5.70	1.28	10.25	9.00	3.30	5.58	122.34
B2	1	4.28	5.60	4.28	5.50	0.00	9.09	9.00	3.50	4.81	112.38
	2	4.35	5.60	4.34	5.60	0.23	9.02	8.65	3.05	4.67	107.83
	3	4.25	5.65	4.25	5.80	0.00	8.83	8.20	2.40	4.58	107.76
B3	1	3.38	6.80	3.35	6.70	0.89	7.17	9.35	2.65	3.79	114.03
	2	3.77	7.55	3.73	7.60	1.06	7.51	10.30	2.70	3.74	101.34

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
	3	4.07	7.60	4.05	7.50	0.49	8.92	10.90	3.40	4.85	120.25
B4	1	2.67	5.30	2.57	5.30	3.75	4.82	8.25	2.95	2.15	87.55
	2	3.75	5.30	3.64	4.70	2.93	7.69	7.90	3.20	3.94	111.26
	3	2.27	5.40	2.21	5.30	2.64	4.58	8.20	2.90	2.31	107.24
B5	1	2.78	5.30	2.61	5.15	6.12	5.38	7.45	2.30	2.60	106.13
	2	2.91	5.45	2.84	5.45	2.41	5.68	7.50	2.05	2.77	100.00
	3	3.05	5.80	3.00	5.80	1.64	6.07	7.35	1.55	3.02	102.33
B6	1	6.28	5.60	6.20	5.60	1.27	11.61	8.60	3.00	5.33	87.26
	2	5.29	5.70	5.23	5.70	1.13	10.31	8.30	2.60	5.02	97.13
	3	4.83	5.50	4.78	5.50	1.04	9.95	8.10	2.60	5.12	108.16
B7	1	4.44	5.20	4.42	5.20	0.45	9.02	7.90	2.70	4.58	104.07
	2	4.20	5.30	4.19	5.30	0.24	8.83	8.30	3.00	4.63	110.74
	3	4.18	5.50	4.17	5.50	0.24	8.85	8.60	3.10	4.67	112.23
B8	1	4.94	5.30	4.83	5.30	2.23	9.90	8.70	3.40	4.96	104.97
	2	4.62	5.30	4.52	5.30	2.16	9.62	8.60	3.30	5.00	112.83
	3	4.76	5.30	4.68	5.30	1.68	9.73	8.30	3.00	4.97	107.91
B9	1	5.36	5.50	5.28	5.50	1.49	10.44	9.00	3.50	5.08	97.73
	2	3.49	5.40	3.48	5.40	0.29	7.16	6.70	1.30	3.67	105.75
	3	5.02	5.40	4.99	5.30	0.60	9.53	7.70	2.40	4.51	90.98
B10	1	3.72	5.50	3.70	5.50	0.54	8.26	9.50	4.00	4.54	123.24
	2	4.80	5.40	4.80	5.20	0.00	10.00	9.50	4.30	5.20	108.33
	3	5.09	5.20	5.09	5.20	0.00	10.60	9.70	4.50	5.51	108.25
B11	1	4.21	5.20	4.17	5.20	0.95	8.75	8.80	3.60	4.54	109.83
	2	4.14	5.40	4.08	5.40	1.45	8.72	8.50	3.10	4.58	113.73
	3	5.45	5.40	5.40	5.40	0.92	11.02	9.70	4.30	5.57	104.07

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
B12	1	3.63	5.60	3.62	5.60	0.28	7.57	7.80	2.20	3.94	109.12
	2	3.93	5.50	3.93	5.50	0.00	8.08	7.80	2.30	4.15	105.60
	3	4.66	5.30	4.64	5.20	0.43	9.19	7.60	2.40	4.53	98.06

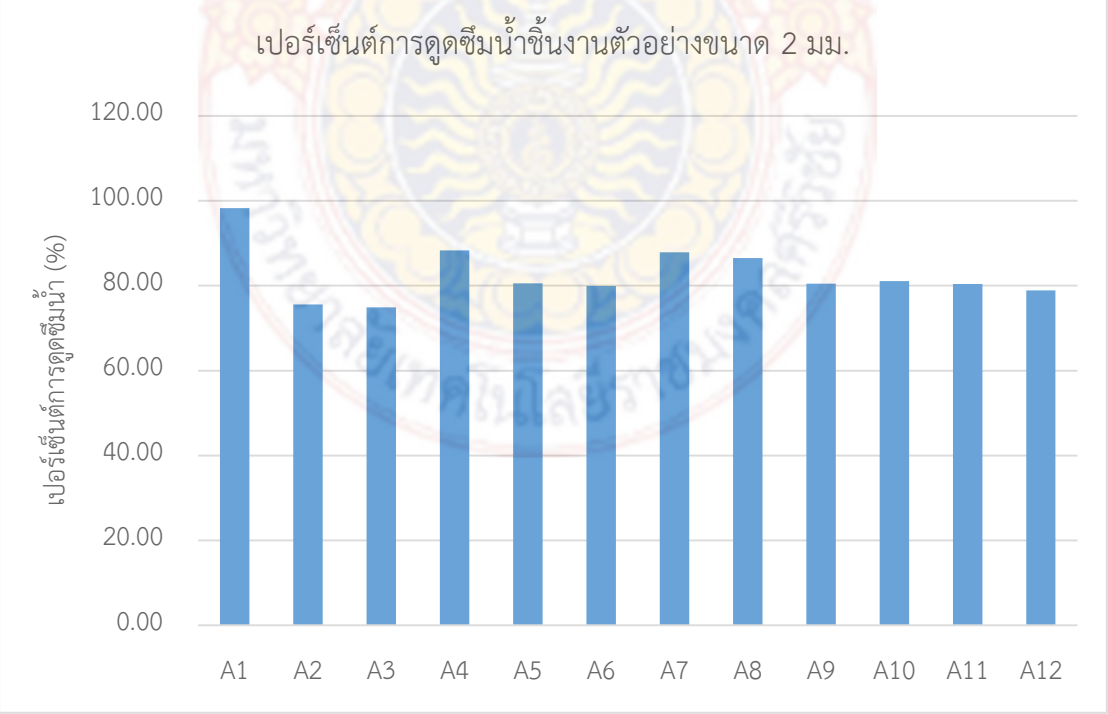
ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม.

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
D1	1	6.11	6.60	5.85	6.60	4.26	12.57	12.00	5.40	6.46	114.87
	2	6.87	6.70	6.53	6.65	4.95	13.56	11.40	4.70	6.69	107.66
	3	6.61	6.70	6.30	6.70	4.69	13.28	11.90	5.20	6.67	110.79
D2	1	6.66	6.45	6.57	6.45	1.35	13.03	9.50	3.05	6.37	98.33
	2	6.34	6.45	6.27	6.45	1.10	12.87	10.15	3.70	6.53	105.26
	3	6.90	6.45	6.83	6.45	1.01	13.49	9.90	3.45	6.59	97.51
D3	1	6.90	6.45	6.84	6.45	0.87	13.09	9.70	3.25	6.19	91.37
	2	6.91	6.45	6.85	6.45	0.87	13.54	10.50	4.05	6.63	97.66
	3	7.03	6.45	6.96	6.45	1.00	13.41	9.85	3.40	6.38	92.67
D4	1	6.82	6.50	6.50	6.50	4.69	13.90	11.90	5.40	7.08	113.85
	2	7.78	6.50	7.45	6.50	4.24	14.88	11.45	4.95	7.10	99.73
	3	6.52	6.50	6.25	6.60	4.14	13.42	11.70	5.20	6.90	114.72
D5	1	6.93	6.20	6.80	6.20	1.88	13.65	10.20	4.00	6.72	100.74
	2	6.53	6.20	6.41	6.20	1.84	13.17	10.40	4.20	6.64	105.46
	3	7.08	6.20	6.94	6.20	1.98	13.90	10.35	4.15	6.82	100.29
D6	1	7.17	6.50	7.09	6.50	1.12	13.71	9.15	2.65	6.54	93.37

ตัวอย่าง	ครั้งที่	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
	2	6.69	6.30	6.60	6.30	1.35	12.96	9.40	3.10	6.27	96.36
	3	7.40	6.45	7.31	6.45	1.22	13.83	9.15	2.70	6.43	89.19
D7	1	7.09	6.30	6.91	6.30	2.54	13.57	10.80	4.50	6.48	96.38
	2	6.70	6.30	6.56	6.30	2.09	13.17	10.75	4.45	6.47	100.76
	3	7.08	6.35	6.94	6.35	1.98	13.80	11.00	4.65	6.72	98.85
D8	1	7.11	6.15	7.02	6.15	1.27	13.87	10.20	4.05	6.76	97.58
	2	6.51	6.15	6.43	6.15	1.23	12.74	10.30	4.15	6.23	98.13
	3	7.13	6.15	7.05	6.15	1.12	13.64	10.40	4.25	6.51	93.48
D9	1	6.90	6.25	6.82	6.30	1.16	13.28	9.75	3.50	6.38	94.72
	2	6.34	6.25	6.26	6.25	1.26	12.27	9.70	3.45	5.93	96.01
	3	6.60	6.25	6.52	6.30	1.21	12.67	9.65	3.40	6.07	94.33
D10	1	6.33	6.55	6.09	6.50	3.79	12.02	13.15	6.60	5.69	97.37
	2	4.67	7.65	4.35	7.50	6.85	9.57	13.40	5.75	4.90	120.00
	3	4.38	7.20	4.12	7.40	5.94	8.60	12.85	5.65	4.22	108.74
D11	1	3.91	7.50	3.81	7.40	2.56	7.86	11.50	4.00	3.95	106.30
	2	3.73	7.15	3.65	6.80	2.14	7.19	10.30	3.15	3.46	96.99
	3	4.36	7.60	4.27	7.60	2.06	8.53	12.30	4.70	4.17	99.77
D12	1	3.73	6.55	3.73	6.40	0.00	7.69	9.60	3.05	3.96	106.17
	2	3.80	6.80	3.77	6.65	0.79	7.51	10.50	3.70	3.71	99.20
	3	4.39	6.70	4.38	6.60	0.23	8.50	10.35	3.65	4.11	94.06

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 2 มม.

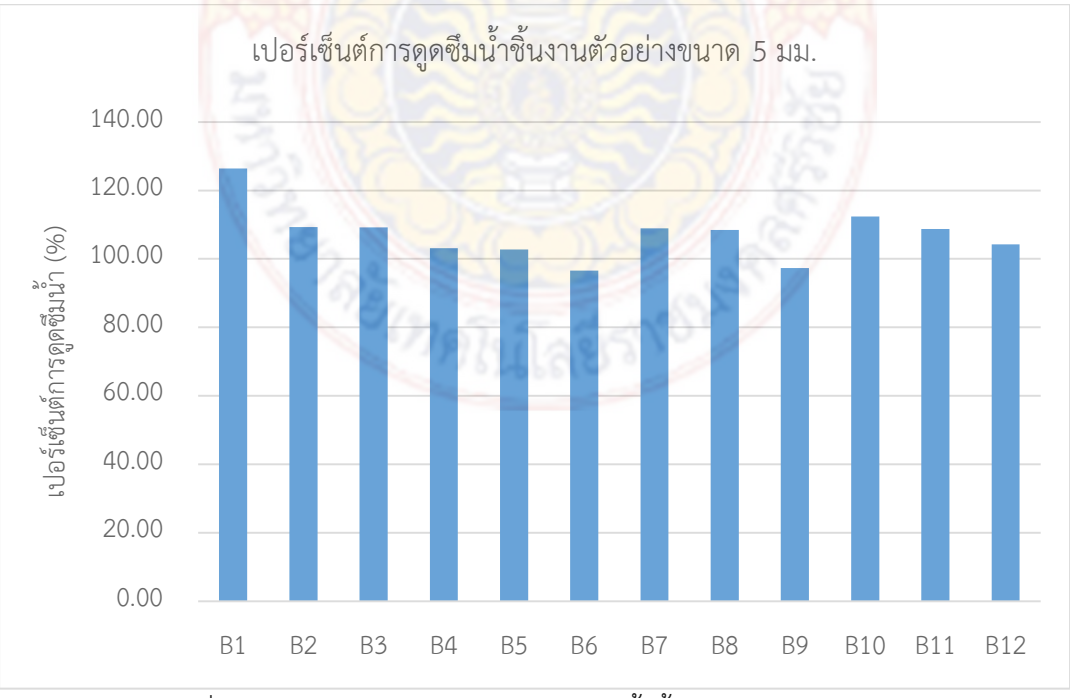
ตัวอย่าง	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ(%)
	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
A1	2.16	2.47	2.15	2.47	0.78	4.26	4.00	1.53	2.11	98.29
A2	2.12	2.27	2.11	2.27	0.48	3.71	3.50	1.23	1.60	75.55
A3	2.11	2.60	2.09	2.60	0.94	3.65	3.83	1.23	1.56	74.92
A4	2.03	2.07	2.03	2.10	0.33	3.82	3.27	1.17	1.79	88.32
A5	2.36	2.27	2.32	2.20	1.82	4.18	3.10	0.90	1.87	80.58
A6	2.31	2.27	2.30	2.23	0.60	4.13	3.30	1.07	1.84	79.97
A7	1.91	2.00	1.90	2.00	0.53	3.57	3.23	1.23	1.67	87.89
A8	1.97	2.53	1.96	2.50	0.91	3.65	4.33	1.83	1.69	86.54
A9	2.16	1.97	2.15	1.97	0.30	3.88	2.77	0.80	1.73	80.47
A10	1.82	1.93	1.80	1.93	1.28	3.25	3.30	1.37	1.46	81.08
A11	1.95	2.00	1.94	2.07	0.35	3.50	3.47	1.40	1.56	80.41
A12	1.93	1.87	1.92	1.87	0.34	3.44	2.87	1.00	1.52	78.86



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่างขนาด 2 มม.

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 5 มม.

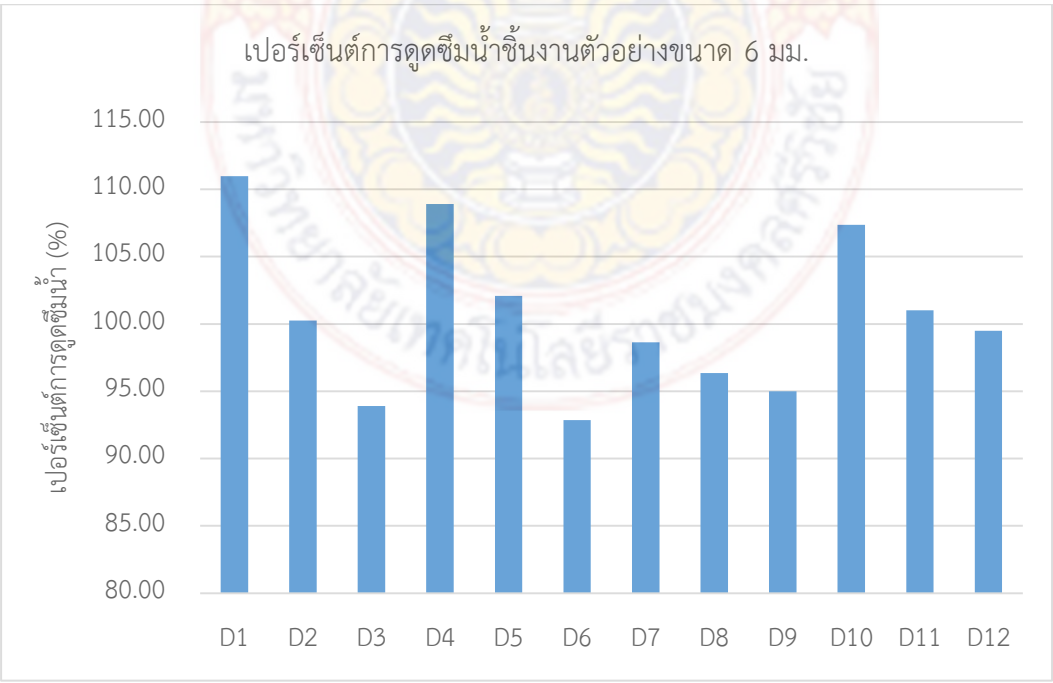
ตัวอย่าง	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ(%)
	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
B1	4.22	5.55	4.15	5.53	1.67	9.40	9.07	3.53	5.18	126.50
B2	4.29	5.62	4.29	5.63	0.08	8.98	8.62	2.98	4.69	109.33
B3	3.74	7.32	3.71	7.27	1.98	7.76	10.18	2.92	4.05	109.16
B4	2.90	5.33	2.81	5.10	3.11	5.70	8.12	3.02	2.89	103.09
B5	2.91	5.52	2.82	5.47	3.39	5.71	7.43	1.97	2.89	102.72
B6	5.47	5.60	5.40	5.60	1.15	10.62	8.33	2.73	5.22	96.61
B7	4.27	5.33	4.26	5.33	0.31	8.90	8.27	2.93	4.64	108.92
B8	4.77	5.30	4.68	5.30	2.02	9.75	8.53	3.23	5.07	108.48
B9	4.62	5.43	4.58	5.40	0.79	9.04	7.80	2.40	4.42	98.15
B10	4.54	5.37	4.53	5.30	0.18	9.62	9.57	4.27	5.08	113.28
B11	4.60	5.33	4.55	5.33	1.11	9.50	9.00	3.67	4.90	109.21
B12	4.07	5.47	4.06	5.43	0.23	8.28	7.73	2.30	4.21	104.26



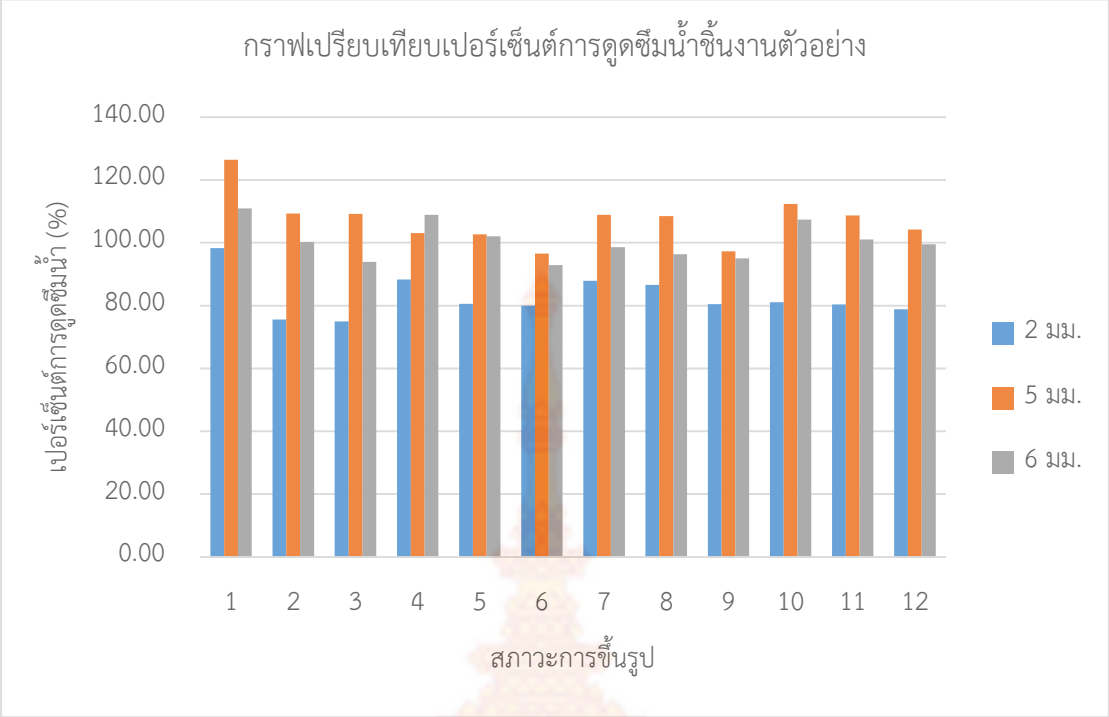
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่างขนาด 5 มม.

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง 6 มม.

ตัวอย่าง	ก่อนอบแห้ง		หลังอบแห้ง 8 ชม. ที่ 60 องศา		% ความชื้น (ต่อน้ำหนักเปียก)	หลังแช่น้ำ 8 ชม.		ความหนาที่เพิ่มขึ้น (มม.)	น้ำหนักการดูดซับน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)
	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)		น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (มม.)			
D1	6.53	6.67	6.23	6.65	4.63	13.14	11.77	5.10	6.91	110.97
D2	6.63	6.45	6.56	6.45	1.16	13.13	9.85	3.40	6.57	100.25
D3	6.95	6.45	6.88	6.45	0.91	13.35	10.02	3.57	6.46	93.90
D4	7.04	6.50	6.73	6.53	4.36	14.07	11.68	5.18	7.33	108.91
D5	6.85	6.20	6.72	6.20	1.90	13.57	10.32	4.12	6.86	102.08
D6	7.09	6.42	7.00	6.42	1.23	13.50	9.23	2.82	6.50	92.86
D7	6.96	6.32	6.80	6.32	2.20	13.51	10.85	4.53	6.71	98.63
D8	6.92	6.15	6.83	6.15	1.21	13.42	10.30	4.15	6.58	96.34
D9	6.61	6.25	6.53	6.28	1.21	12.74	9.70	3.45	6.21	95.00
D10	5.13	7.13	4.85	7.13	5.53	10.06	13.13	6.00	5.21	107.35
D11	4.00	7.42	3.91	7.27	2.26	7.86	11.37	3.95	3.95	101.02
D12	3.97	6.68	3.96	6.55	0.34	7.90	10.15	3.47	3.94	99.49



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่างขนาด 6 มม.



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่าง

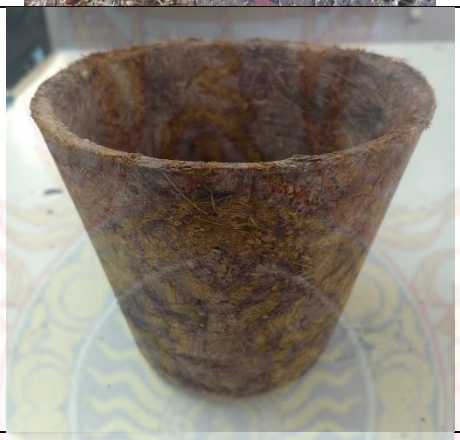
จากภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำชิ้นงานตัวอย่างทั้ง 3 ความหนา พบว่าชิ้นงานตัวอย่างที่มีความหนา 5 มม. มีว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำได้ดีกว่าชิ้นงานที่มีความหนา 3 และ 6 มม. และทุกสภาวะการขึ้นรูปจะพบว่าการใช้เวลาอัดขึ้นรูปน้อยจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมากกว่าการใช้เวลาอัดขึ้นรูปมาก

ดังนั้นจากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทั้งการทดสอบแรงดึง คือค่าแรงดึงสูงสุด (Mac force) และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ สามารถสรุปได้ว่าชิ้นงานตัวอย่างขนาด 5 มม.ให้ค่าการดูดซับน้ำดีที่สุด และชิ้นงานที่ใช้เวลาอัดขึ้นรูป 20 นาที ให้ค่า Mac force ดีที่สุด ดังนั้นสามารถสรุปอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย และสภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 30:70 50:50 70:30 และ 100:0 ที่มี 5 มม. และใช้เวลาในการขึ้นรูป 20 นาที รวมทั้งหมด 4 สูตร เพื่อใช้ขึ้นรูปกระถางในหัวข้อถัดไป

4.3 ผลการขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้

การขึ้นรูปกระถางต้นกล้าไม้ที่ได้จากผลการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง พบว่ามีเพียง 3 สูตรที่สามารถขึ้นรูปกระถางได้ โดยใช้เวลา 20 นาที และความหนา 5 มม. ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงลักษณะกระถางที่ขึ้นรูปได้แต่ละอัตราส่วนผสม

อัตราส่วนผสม ทะลายปาล์มเปล่า: ขี้เลื่อย	กระถางที่ขึ้นรูปได้	ลักษณะทางกายภาพ
30:70		ขึ้นรูปไม่ได้ ติดแม่พิมพ์
50:50		ขึ้นรูปได้ดี
70:30		ขึ้นรูปได้ดี

อัตราส่วนผสม ทะลายปาล์มเปล่า: ขี้เลื่อย	กระถางที่ขึ้นรูปได้	ลักษณะทางกายภาพ
100:0		ขึ้นรูปได้ดี

4.4 ผลการทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำและการระเหย

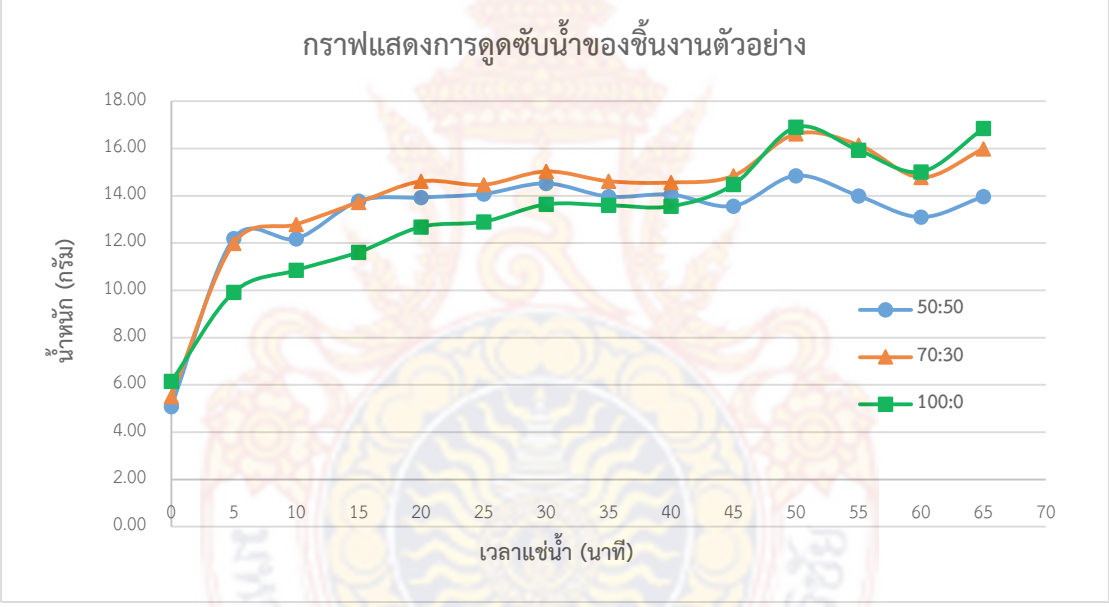
การทดสอบการดูดซับน้ำและการระเหยน้ำของชิ้นงานตัวอย่างขนาด 1 X 1 นิ้ว ซึ่งตัดชิ้นงานตัวอย่างจากกระถางที่ขึ้นรูปได้ทั้ง 3 สูตร จำนวนสูตรละ 3 ชิ้น ได้ผลการทดสอบการดูดซับน้ำดังตารางที่ 4.14 และผลการการระเหยน้ำดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง

	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)											
	อัตราส่วนผสม 50:50				อัตราส่วนผสม 70:30				อัตราส่วนผสม 100:0			
เวลาแช่น้ำ (นาที)	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
0	4.53	4.92	5.81	5.09	5.31	5.18	6.04	5.51	5.84	6.46	6.15	6.15
5	11.77	11.88	12.94	12.20	11.75	11.47	12.75	11.99	9.16	10.39	10.22	9.92
10	10.69	12.29	13.56	12.18	12.80	12.36	13.21	12.79	10.13	10.98	11.44	10.85
15	13.50	13.24	14.58	13.77	13.72	13.30	14.15	13.72	10.94	11..91	12.29	11.62
20	13.40	13.28	15.10	13.93	14.29	14.48	15.06	14.61	12.00	12.72	13.34	12.69
25	13.36	13.79	15.08	14.08	14.32	14.14	14.94	14.47	12.15	13.03	13.53	12.90
30	13.94	14.32	15.31	14.52	14.73	14.64	15.72	15.03	12.71	13.78	14.42	13.64
35	13.05	13.70	15.15	13.97	14.23	14.43	15.19	14.62	12.56	13.87	14.37	13.60
40	13.39	13.69	15.07	14.05	14.36	14.44	14.88	14.56	12.74	13.85	14.08	13.56
45	12.80	13.14	14.76	13.57	14.71	14.34	15.49	14.85	13.55	14.65	15.23	14.48
50	14.75	14.17	15.64	14.85	16.21	16.19	17.46	16.62	15.77	16.54	18.39	16.90
55	13.44	13.19	15.36	14.00	15.76	15.80	16.90	16.15	15.13	16.35	16.32	15.93
60	12.27	12.31	14.71	13.10	14.14	14.61	15.58	14.78	14.30	15.75	14.99	15.01
65	12.97	13.42	15.50	13.96	15.49	15.53	16.93	15.98	16.25	17.88	16.41	16.85
น้ำหนักดูดซับน้ำ	8.44	8.50	9.69	**8.87**	10.18	10.35	10.89	**10.47**	10.41	11.42	10.26	**10.70**
การดูดซับน้ำ (%)	186.31	172.76	166.78	**174.26**	191.71	199.81	180.30	**190.02**	178.25	176.78	166.83	**173.98**

จากตารางที่ 4.14 แสดงน้ำหนักชิ้นงานที่สามารถดูดซับน้ำทุกๆ 5 นาที เมื่อแช่ครบ 65 นาที พบว่าชิ้นงานที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 70:30, 50:50 และ100:0 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำเฉลี่ย 190.02%, 174.26% และ 173.98% กรัม ตามลำดับ พบว่าชิ้นงานที่ดูดซับน้ำได้ดีที่สุดคืออัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 70:30 รองลงมาคือ อัตราส่วนผสม 50:50 และน้อยสุดคือ อัตราส่วนผสม 100:0

กราฟที่ 4.12 แสดงการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นน้ำหนักชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และพบว่าเมื่อชิ้นงานตัวอย่างแช่น้ำเป็นเวลา 65 นาที ชิ้นงานที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 100:0 มีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 70:30 และน้อยสุดคืออัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 50:50



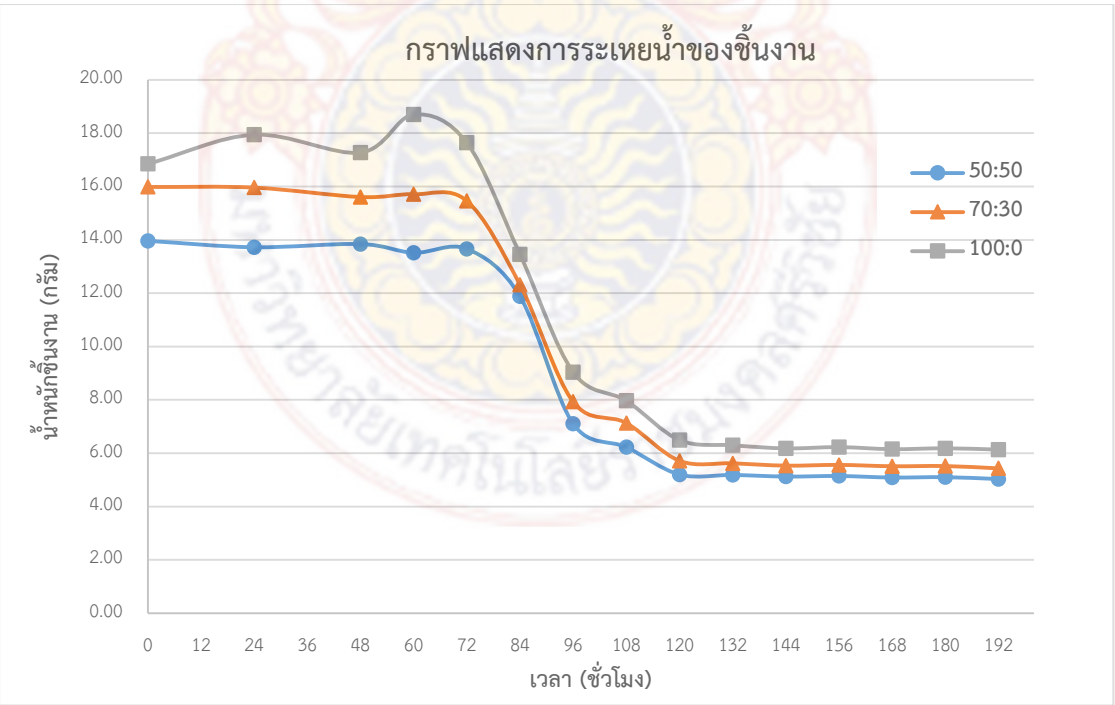
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงการดูดซับน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง

ตารางที่ 4.15 ผลการการระเหยน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง

เวลาระเหย (ชม.)	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)											
	อัตราส่วนผสม 50:50				อัตราส่วนผสม 70:30				อัตราส่วนผสม 100:0			
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
0	12.97	13.42	15.50	13.96	15.49	15.53	16.93	15.98	16.25	17.88	16.41	16.85
24	12.53	13.19	15.45	13.72	15.53	15.38	16.97	15.96	17.32	19.31	17.20	17.94
48	12.65	13.25	15.63	13.84	15.22	14.67	16.93	15.61	16.93	19.19	15.70	17.27
60	12.23	12.75	15.57	13.52	15.08	14.85	17.20	15.71	17.85	20.86	17.38	18.70
72	12.21	13.07	15.70	13.66	14.83	14.66	16.89	15.46	16.80	19.46	16.67	17.64
84	10.31	11.44	13.90	11.88	12.03	11.71	13.22	12.32	10.09	15.95	14.33	13.46
96	5.93	6.67	8.71	7.10	7.29	7.47	9.02	7.93	8.54	9.90	8.68	9.04

เวลาระเหย (ชม.)	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)											
	อัตราส่วนผสม 50:50				อัตราส่วนผสม 70:30				อัตราส่วนผสม 100:0			
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
108	5.20	5.83	7.65	6.23	6.50	6.73	8.16	7.13	7.41	8.89	7.60	7.97
120	4.58	4.99	6.03	5.20	5.39	5.38	6.37	5.71	6.03	7.03	6.41	6.49
132	4.60	5.00	5.95	5.18	5.39	5.29	6.18	5.62	5.95	6.66	6.28	6.30
144	4.56	4.96	5.85	5.12	5.34	5.20	6.06	5.53	5.87	6.49	6.18	6.18
156	4.58	4.97	5.88	5.14	5.36	5.22	6.10	5.56	5.92	6.54	6.22	6.23
168	4.53	4.92	5.81	5.09	5.31	5.18	6.04	5.51	5.84	6.46	6.15	6.15
180	4.56	4.91	5.83	5.10	5.31	5.19	6.05	5.52	5.87	6.50	6.18	6.18
192	4.50	4.85	5.74	5.03	5.23	5.10	5.96	5.43	5.84	6.45	6.11	6.13
ปริมาณน้ำที่ระเหย	**8.47**	**8.57**	**9.76**	**8.93**	**10.26**	**10.43**	**10.97**	**10.55**	**10.41**	**11.43**	**10.30**	**10.71**

จากตารางที่ 4.15 แสดงน้ำหนักชิ้นงานที่ระเหยน้ำ พบว่าชิ้นงานที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 50:50, 70:30 และ100:0 มีการระเหยน้ำได้เฉลี่ย 8.93, 10.55 และ 10.71 กรัม ตามลำดับ พบว่าชิ้นงานที่สามารถระเหยน้ำได้มากที่สุดในเวลาเท่ากันคืออัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 100:0 รองลงมาคือ ชิ้นงานที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 70:30 และน้อยสุดคือชิ้นงานที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 50:50



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการระเหยน้ำของชิ้นงาน

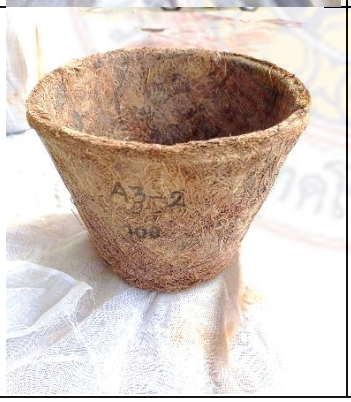
กราฟที่ 4.13 แสดงการระเหยน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง ซึ่งพบว่าชิ้นงานทั้ง 3 สูตรมีลักษณะการระเหยน้ำเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และในช่วง 72-86 ชั่วโมงมีการระเหยน้ำอย่างรวดเร็ว และลดลงเรื่อยๆ ตั้งแต่ 120 ชั่วโมง จนถึง 144 ชั่วโมงชิ้นงานทั้ง 3 สูตรจะไม่มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและลดลงไปเรื่อยๆ แสดงว่าชิ้นงานมีการดูดความชื้นภายนอกเข้ามาและระเหยออกไป

4.5 ผลการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถางต้นกล้าไม้

การทดสอบการย่อยสลายของกระถางในดินทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะแห้ง สภาวะรดน้ำทุก 7 วัน และ สภาวะรดน้ำทุกวัน เก็บผลทุก 1 เดือน เป็นจำนวน 3 เดือน ได้ผลการย่อยสลายของกระถางจากการชั่งน้ำหนักดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ภาพกระถางที่ผ่านการทดสอบการย่อยสลายในสภาวะแห้งระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
A1-1 50:50			
A1-2 50:50			

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
A2-1 70:30			
A2-2 70:30			
A3-1 100:0			
A3-2 100:0			

ตารางที่ 4.17 ภาพกระถางที่ผ่านการทดสอบการย่อยสลายในสภาวะรดน้ำทุก 7 วัน ระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
A1-3 50:50			
A1-4 50:50			
A2-3 70:30			
A2-4 70:30			

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
A3-3 100:0			
A3-4 100:0			

ตารางที่ 4.18 ภาพกระถางที่ผ่านการทดสอบการย่อยสลายในสภาวะรดน้ำทุกวัน ระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
A1-5 50:50			

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
A1-6 50:50			
A2-5 70:30			
A2-6 70:30			
A3-5 100:0			

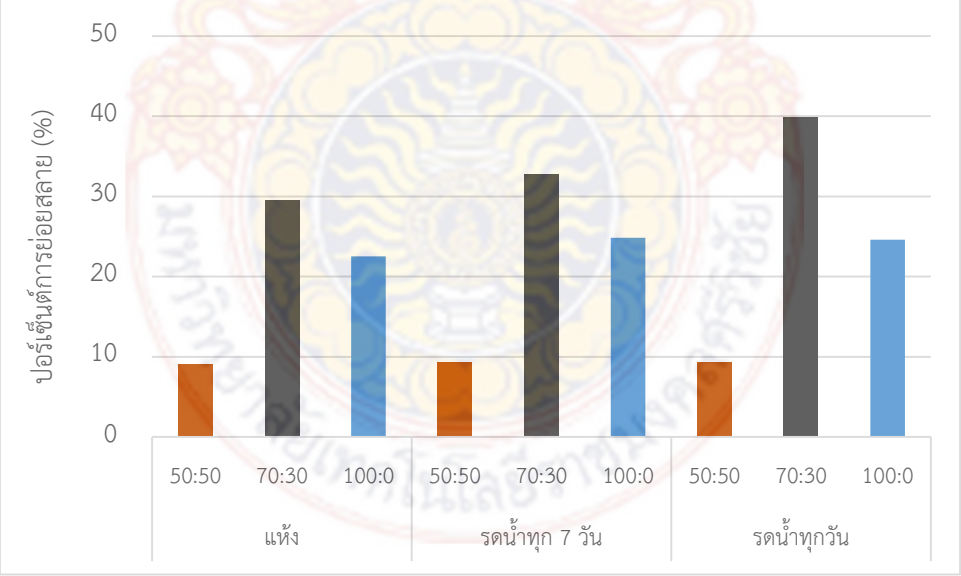
ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
A3-6 100:0			

ตารางที่ 4.19 ผลการย่อยสลายของกระถางในระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน

สภาวะ	ตัวอย่าง	น้ำหนักกระถาง (กรัม)	น้ำหนักกระถางรวมผ้า (กรัม)				น้ำหนักกระถางที่ย่อยสลาย (กรัม)			เปอร์เซ็นต์การย่อย
			ก่อนทดลอง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	
แห้ง	50:50	184.93	200.15	189.33	183.50	182.57	10.82	5.83	0.93	8.78
	50:50	194.67	210.02	198.50	192.29	190.37	11.52	6.21	1.92	9.36
	70:30	177.74	193.27	157.73	138.59	130.81	35.54	19.14	7.78	32.32
	70:30	149.77	165.44	139.25	125.14	121.40	26.20	14.11	3.74	26.62
	100:0	177.65	193.60	166.36	151.69	150.36	27.24	14.67	1.33	22.33
	100:0	177.97	193.38	166.48	151.99	149.43	26.90	14.49	2.56	22.73
รดน้ำทุก 7 วัน	50:50	201.46	217.09	204.44	197.63	195.34	12.65	6.81	2.29	10.02
	50:50	188.86	204.73	194.19	188.51	186.91	10.54	5.68	1.60	8.70
	70:30	178.10	193.53	155.95	135.72	128.11	37.58	20.23	7.61	33.80
	70:30	213.94	229.56	186.14	162.76	156.57	43.42	23.38	6.19	31.80
	100:0	210.42	226.45	190.77	171.56	168.80	35.68	19.21	2.76	25.46
	100:0	186.77	202.19	170.52	153.47	153.22	31.67	17.05	0.25	24.22
รดน้ำทุกวัน	50:50	219.03	234.80	223.53	217.46	214.86	11.27	6.07	2.60	8.49
	50:50	184.02	199.40	187.56	181.18	179.29	11.84	6.38	1.89	10.09
	70:30	173.31	188.95	148.33	126.45	117.11	40.63	21.88	9.34	38.02
	70:30	208.35	224.14	171.26	142.79	130.44	52.88	28.47	12.35	41.80
	100:0	178.20	194.09	166.85	152.18	143.68	27.24	14.67	8.50	25.97
	100:0	183.34	198.89	169.76	154.07	152.68	29.13	15.69	1.39	23.23

ตารางที่ 4.20 ตารางเฉลี่ยน้ำหนักการย่อยสลายของกระถางในระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน

สภาวะ	ตัวอย่าง	น้ำหนักกระถาง (กรัม)	น้ำหนักกระถางรวมผ้า (กรัม)				น้ำหนักกระถางที่ย่อยสลาย (กรัม)			เปอร์เซ็นต์การย่อย
			ก่อนทดลอง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	
แห้ง	50:50	189.8	205.09	193.92	187.90	186.47	11.17	6.02	1.425	9.07
	70:30	163.76	179.36	148.49	131.87	126.11	30.87	16.63	5.76	29.47
	100:0	177.81	193.49	166.42	151.84	149.90	27.07	14.58	1.945	22.53
รดน้ำทุก 7 วัน	50:50	195.16	210.91	199.32	193.07	191.13	11.60	6.245	1.945	9.36
	70:30	196.02	211.55	171.05	149.24	142.34	40.5	21.81	6.9	32.80
	100:0	198.60	214.32	180.65	162.52	161.01	33.68	18.13	1.51	24.84
รดน้ำทุกวัน	50:50	201.53	217.1	205.55	199.32	197.08	11.56	6.23	2.25	9.29
	70:30	190.83	206.55	159.80	134.62	123.775	46.76	25.18	10.85	39.91
	100:0	180.77	196.49	168.31	153.13	148.18	28.19	15.18	4.95	24.60



ภาพที่ 4.14 กราฟเปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย

จากตารางที่ 4.20 และกราฟภาพที่ 4.14 ผลการทดสอบพบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายกระถางระยะเวลา 3 เดือน ที่สภาวะแห้งอัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย เท่ากับ 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายมากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 100:0 และน้อยสุดคือ อัตราส่วน 50:50

เท่ากับ 29.47%, 22.53% และ9.07% ตามลำดับ ที่สภาวะรดน้ำทุก 7 วัน อัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย เท่ากับ 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายมากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 100:0 และน้อยสุดคือ อัตราส่วน 50:50 เท่ากับ 32.80%, 24.84% และ9.36% ตามลำดับ และสภาวะรดน้ำทุกวัน อัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย เท่ากับ 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายมากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วน 100:0 และน้อยสุดคือ อัตราส่วน 50:50 เท่ากับ 39.91%, 24.60% และ 9.29% ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 สภาวะ อัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย เท่ากับ 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายมากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย เท่ากับ 100:0 และเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายน้อยสุดคืออัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย เท่ากับ 50:50

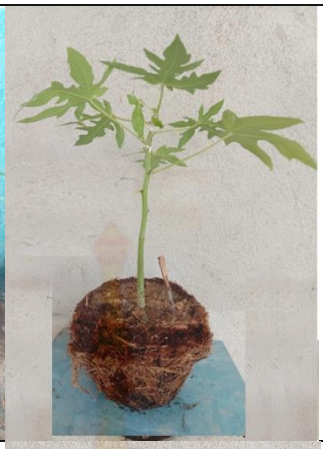
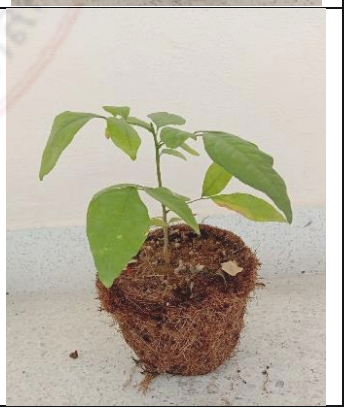
4.6 ผลการทดสอบปลูกต้นกล้าไม้ เพื่อสังเกตการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของกระถาง

จากการทดลองปลูกพืช 3 ชนิด ได้แก่ ต้นตะเคียนทอง ต้นมะละกอ และต้นโปร่งฟ้า ในกระถางทั้ง 3 สูตรที่มีความหนา 5 มม. และขึ้นรูปด้วยเวลา 20 นาที มีอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย เท่า 50:50 70:30 และ 100:0 พบว่ามีการเจริญเติมโตของพืชที่ระยะเวลา 1,2 และ 3 เดือน ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการเปลี่ยนแปลงของกระถางที่ทดสอบการปลูกต้นไม้

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
50:50			

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
70:30			
100:0			
50:50			
70:30			

ตัวอย่าง	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
100:0			
50:50			
70:30			
100:0			

จากตารางที่ 4.21 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของกระถางที่ทดลองปลูกด้วยต้นไม้ทั้ง 3 ชนิด ทุกอัตราส่วนมีสภาพกระถางพองตัวเพิ่มขึ้นจากเดือนแรกถึงเดือนที่ 3 ดังภาพ ซึ่งกระถางที่การพองตัวมากสุด คืออัตราส่วน 100:0 รองลงมาคือ 70:30 และน้อยสุด คือ50:50

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราส่วนผสมเส้นใยทะลายปาล์ม ผงขี้เลื่อย และตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับผลิตกระถางต้นกล้าไม้ ที่ขึ้นรูปได้ง่าย มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และต้านทานการดูดซับน้ำได้ดี ซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปกรถาง โดยทดสอบค่าแรงดึงสูงสุด (Mac force) การต้านการดูดซึมน้ำ และการระเหยน้ำ พบว่าค่าแรงดึงสูงสุด (Mac force) และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ สามารถสรุปได้ว่าชิ้นงานตัวอย่างขนาด 5 มม.ให้ค่าการดูดซับน้ำดีที่สุด และชิ้นงานที่ใช้เวลาอัดขึ้นรูป 20 นาที ให้ค่า Mac force ดีที่สุด ดังนั้นสามารถสรุปอัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย และสภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 30:70 50:50 70:30 และ 100:0 ที่มี 5 มม. และใช้เวลาในการขึ้นรูป 20 นาที รวมทั้งหมด 4 สูตร ส่วนผลการทดสอบช่วงที่ 2 พบว่าสามารถขึ้นรูปกระถางได้เพียง 3 สูตร ได้แก่ 50:50 70:30 และ 100:0 และผลการทดสอบการดูดซับน้ำ อัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 50:50 และน้อยสุดคือ 100:0 เท่ากับ 190.02%, 174.26% และ 173.98% ตามลำดับ โดยใช้เวลา 65 นาที ผลการทดสอบการระเหยน้ำพบว่าชิ้นงานที่สามารถระเหยน้ำได้มากที่สุดคืออัตราส่วนผสมระหว่างทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 100:0 รองลงมาคือ 70:30 และน้อยสุดคือ 50:50 ซึ่งมีผลการระเหยน้ำเฉลี่ย 10.71, 10.55 และ 8.93 กรัม ตามลำดับ ในเวลา 144 ชั่วโมง ผลการย่อยสลายกระถางทั้ง 3 สภาวะ ได้แก่ สภาวะแห้ง รดน้ำทุก 7 วัน และรดน้ำทุกวัน มีแนวโน้มเดียวกันคือที่อัตราส่วนทะลายปาล์มเปล่าต่อขี้เลื่อย 70:30 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายมากที่สุด รองลงมาคือ 100:0 และน้อยสุดคือ 50:50 และผลการทดสอบปลูกต้นไม้ในกระถางพบว่าการเปลี่ยนแปลงของกระถางทั้ง 3 ชนิด ทุกอัตราส่วนมีสภาพกระถางพองตัวเพิ่มขึ้นจากเดือนแรกถึงเดือนที่ 3 ซึ่งกระถางที่การพองตัวมากสุด คืออัตราส่วน 100:0 รองลงมาคือ 70:30 และน้อยสุด คือ 50:50

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการวิเคราะห์วิเคราะห์ธาตุอาหารหลักและธาตุองค์ประกอบต่าง ๆ ในกระถางที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้

5.2.2 ควรมีการทดสอบการย่อยสลายในทุกสภาวะให้นานขึ้น เช่น 6 เดือน ถึง 1 ปี

5.2.3 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของกระถางขณะปลูกพืชควรทดสอบให้ใกล้เคียงการใช้งานจริง เช่น ลักษณะดินปลูก และการผสมปุ๋ย เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และเพิ่มระยะเวลาทดสอบเป็น 6 เดือน หรือ 1 ปี

บรรณานุกรม

กิตติชัย โสพันนา วิชชุดา ภาโสม กนกวรรณ วรดง และ อนันตสิทธิ์ ไชยวังราช. 2557. “การประดิษฐและสมบัติของกระถางชวีภาพ”. SNRU Journal of Science and Technology 7(2) July – December (2015) 1-7.

ฉกาจ จบนุช. 2556. “การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัสและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชาตรี หอมเขียว. 2558. “ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการดูดซับน้ำของวัสดุเชิงประกอบพลาสติกและไม้”. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 11 (2): 94–111.

ชาตรี หอมเขียว, และธเนศ รัตนวิไล. 2014. “ส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุผสมระหว่างพอลิโพรพีลีนและผงไม้ยางพาราหลังการแช่น้ำโดยใช้การออกแบบการทดลอง”. KKU Res. J. 9 (6): 780–93.

ฐานข้อมูลอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. ข้อมูลการผลิต-จำหน่ายในประเทศ. ประเภทบรรจุภัณฑ์พลาสติก; เข้าถึงได้จาก http://packaging.oie.go.th/index.php; เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน 2559.

ณัฏฐ์ชญาภา ธนวัฒนาศิริกุล, ธเนศ รัตนวิไล และกลางเดือน โพชนา. 2554. “วัสดุไม้พลาสติกจากไม้ปาล์มและ HDPE”. วิศวกรรมสาร มข. 38 (3): 285–96.

เตือนใจ ปิยัง วรรณวิภา ไชยชาญ และกัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์. 2561. “การผลิตกระถางต้นไม้ฟางข้าวเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจาก กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด”. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย10(3) :497-511

นิลุบล เผือกบัวขาว. 2550. “สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่โดยมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเติมแต่ง”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, สุรัตน์ บุญพึ่ง, จิรพล กลิ่นบุญ, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์. 2548. “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร”. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

“ปาล์มน้ำมัน”ใน วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี; (มูลนิธิวิกิมีเดีย, อัปเดต 14 พฤษภาคม 2559) [สารานุกรมออนไลน์]; เข้าถึงได้จาก http://th.wikipedia.org/wiki/ปาล์มน้ำมัน; เข้าถึงเมื่อ 10 มิถุนายน 2559.

พรชัย ราชตนะพันธุ. 2550. พลศาสตรการบรรจุ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม, เชียงใหม.

พรฤดี สงวนสุข. 2552. “การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับกล้าไม้”. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทยากร ลิ่มทอง, วรรณลดา สุนันทพงศศักดิ์, เสียงแจ่ว พิริยพฤนต, ประโสด ธรรมเขต, ชูศรี ยสินทร และปรัชญา ธัญญาดี. 2534. ผลของวิธีการระบายอากาศตอกจิกรรมของจุลินทรีย ใน กองปุยหมกัจากฟางข่าว, น. 35-43. ใน รายงานผลการวิจัยการปรับปรุงบำรุงดนิด่วย อินทรียวัตถุ. กรมพัฒนาที่ดนิ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ, กรุงเทพฯ

วรรณวิภา ไชยชาญ เอนก สาวะอินทร์ และ วีระศักดิ์ ไชยชาญ. 2560. “กระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา”. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

วรรณวิภา ไชยชาญ เอนก สาวะอินทร์ และ วีระศักดิ์ ไชยชาญ. 2560. “ธาตุอาหารของพืชและระยะเวลาการย่อยสลายของกระถางเพาะชำชีวภาพ”. วารสารวิชชา มหาวทิยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. 12-26.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. ปาล์มน้ำมัน ; เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/production.html; เข้าถึงเมื่อ 20 มิถุนายน 2559.

สุกัญญา ศรีดี. 2553. “การผลิตกระถางย่อยสลายได้จากเซลลูโลสแบคทีเรีย”. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อดิศร ไกรนรา. 2554. “การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม”. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

“อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย”. ม.ป.ป. รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน (ยุทธศาสตร์การพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรม ภายใต้กรอบโครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่ายอินโดนีเซีย – มาเลเซีย – ไทย : IMT – GT). ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

Gaur, A.C. 1980. Fundamentals of composting, pp. 7-14. In Compost Technology, FAO/UNDP regional project. Project field document no. 13.

I. Jirapornvaree, T. Suppadit and A. Popan. 2017. Use of pineapple waste for production of decomposable pots. Int J Recycl Org Waste Agricult. 6:345–350.

Jiminez, E.T. and V.P. Garcia. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: A review. Biological Wastes. 27: 115-142.

Thongjoo, C., Miyagawa, S. and Kawakubo, N. 2005. Effects of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste materials from agriculture and agro-industry. Plant Prod. Sci. 8:475-181.

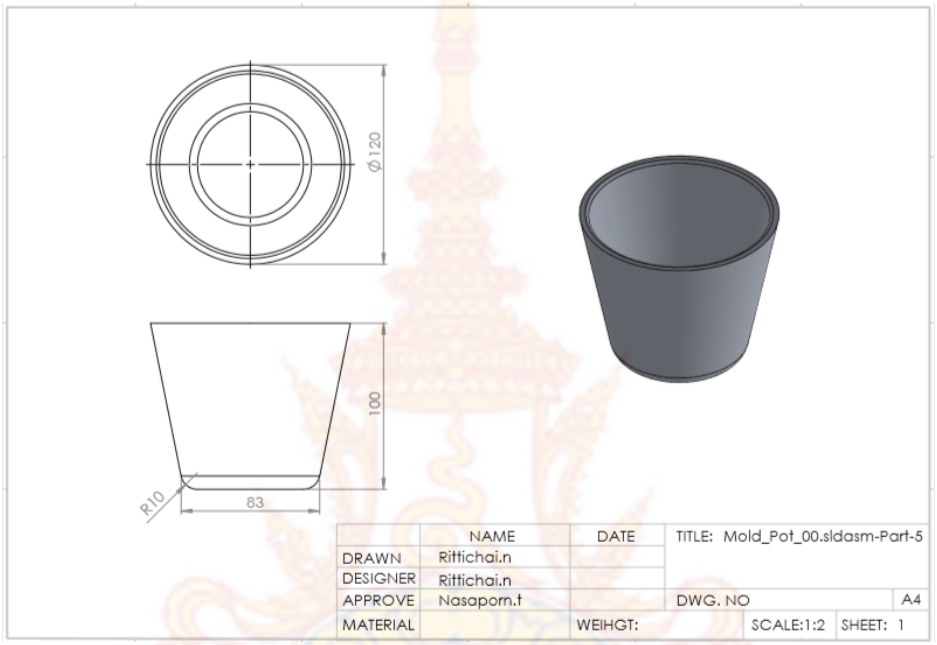
Vinneras, B. 2007. Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitizing of faecal matter and manure. Bioresour. Technol. 98:3317–3321.

ภาคผนวก

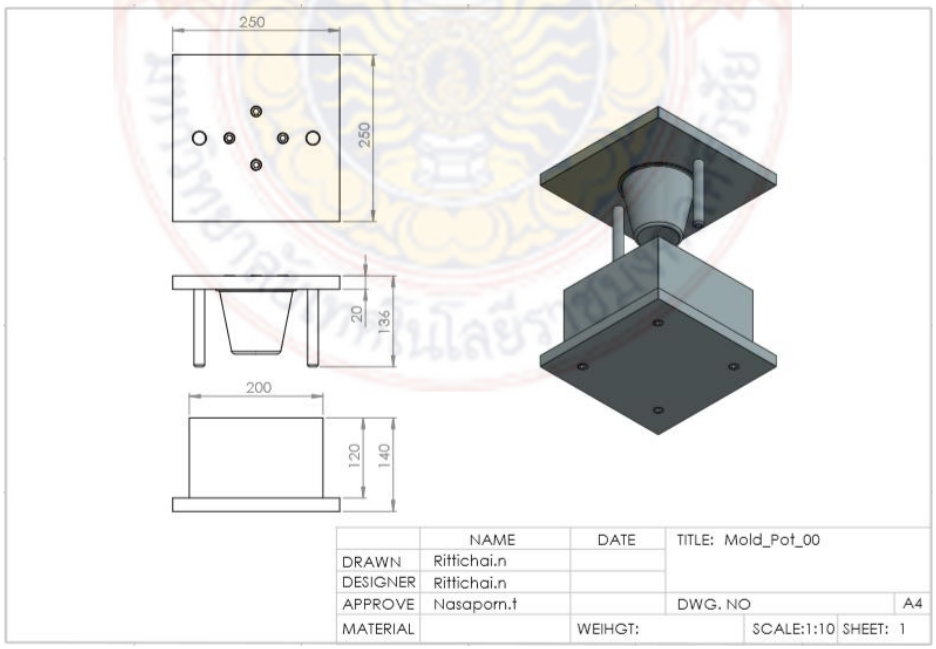
ภาคผนวก ก.

การออกแบบแม่พิมพ์กระถาง

การออกแบบกระถางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากกระถาง 12 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้นกระถาง 8.3 เซนติเมตร ความสูง 10 เซนติเมตร และความหนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ ก.1 เพื่อนำมาใช้ออกแบบแม่พิมพ์ รายละเอียดดังภาพที่ ก.2



ภาพที่ ก.1 แบบกระถาง



ภาพที่ ก.2 แบบแม่พิมพ์กระถาง

ภาคผนวก ข.

ขั้นตอนการหาความชื้นของวัสดุ

การทดสอบหาความชื้นของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างช่วง 4-5 กรัม ทั้งขี้เลื่อย และทะลายปาล์มเปล่าที่ผ่านการย่อยแล้ว นำวัสดุที่เตรียมไว้ไปอบลดความชื้น ที่อุณหภูมิ 105°C และนำออกมาชั่งทุกๆ 30 นาที เพื่อใช้หาค่าความชื้นของวัสดุ ดังภาพที่ ข.1-ข.4

ภาพที่ ข.1 ตัวอย่างขี้เลื่อยที่ใช้ในการอบหาความชื้น

ภาพที่ ข.2 ตัวอย่างทะลายปาล์มเปล่าที่ใช้ในการอบหาความชื้น

ภาพที่ ข.3 ตัวอย่างชิ้นงานทั้ง 10 ตัวอย่าง

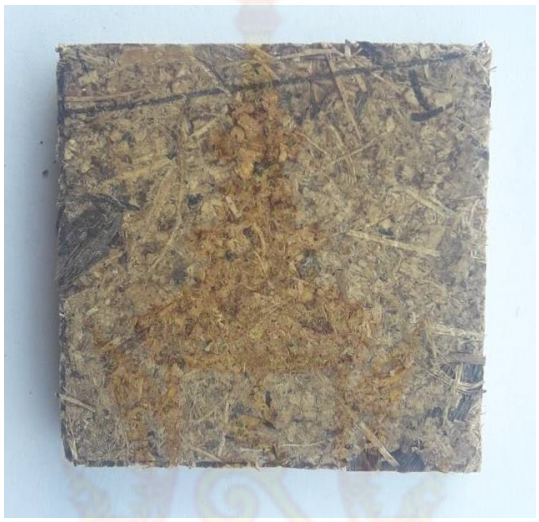
ภาพที่ ข.4 ตู้อบแห้งวัสดุ

ภาคผนวก ค.

ขั้นตอนการทดสอบความต้านทานการดูดซึมน้ำและการทดสอบการระเหยน้ำของกระถาง

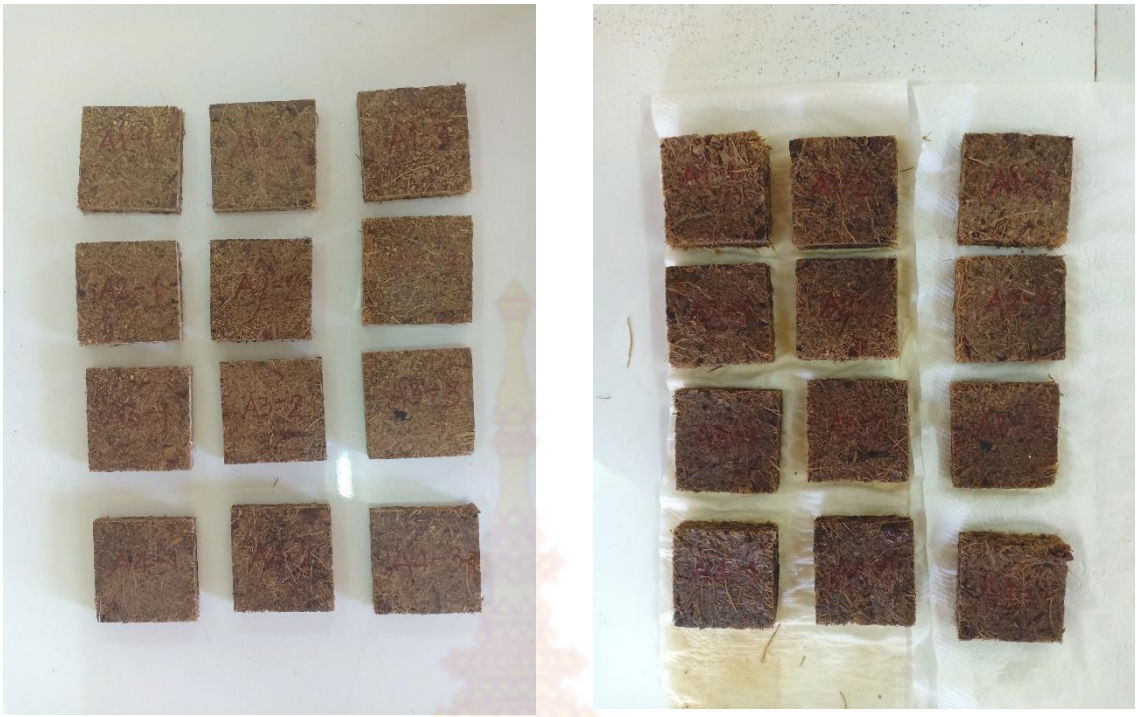
1. การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบการต้านทานการดูดซับน้ำ

1) ตัดชิ้นงานทดสอบขนาด 1.5*1.5 นิ้ว ทุกสภาวะๆ ละ 3 ชิ้น ดังภาพที่ ค.1



ภาพที่ ค.1 ชิ้นงานทดสอบขนาด 1.5*1.5 นิ้ว

2) ชั่งน้ำหนักชิ้นงานทดสอบทุกชิ้น
3) นำไปอบแห้ง 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
4) ชั่งน้ำหนักหลังอบชิ้นงานทดสอบทุกชิ้น
5) นำชิ้นงานที่ทั้งหมด แช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง
6) นำชิ้นงานมาซับน้ำกับกระดาษทิชชูให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักชิ้นงานทดสอบทุกชิ้น
7) บันทึกผล ดังตารางข้อมูลทั้งหมด และถ่ายภาพเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังแช่น้ำ



ก) ก่อนแช่น้ำ ข) หลังแช่น้ำ

ภาพที่ ค.2 ลักษณะชิ้นงานทดสอบ ก) ก่อนแช่น้ำ และ ข) หลังแช่น้ำ

ภาคผนวก ง.

ขั้นตอนการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของกระถาง

1) มาตรฐานการทดสอบ ดัดแปลงจาก TAPPI T412 om-88

2) อุปกรณ์และสารเคมี

2.1) ตัวอย่างดิน มทร. ศรีวิชัย

2.2) ชุดบดดิน

2.3) ตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร

2.4) ถุงผ้า

2.5) ตาชั่ง

2.6) พรั่ว

2.7) เทอร์โมมิเตอร์

2.8) กระถางพลาสติก

3) วิธีการทดสอบ

3.1) นำบรรจุภัณฑ์กระถางจากทะลายปาล์มน้ำมัน และขี้เลื่อยไม้ยางพารา ทั้ง 3 สูตร อย่างละ 3 ซ้ำ มาศึกษาการย่อยสลายโดยการฝัง (burial test) ภายใต้โรงเรือนระบบเปิดโดยวิธีของ Thongjoo et al. (2005) ซึ่ง ดัดแปลงจาก Moritrulka et al. (2000)

3.2) ชั่งบรรจุภัณฑ์กระถางทั้ง 6 สูตร โดยบรรจุกระถางในถุงผ้า (mesh bag) ขนาด 20 x 30 ตารางเซนติเมตร จากนั้นชั่งและบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น (m1) ไว้

3.3) นำถุงผ้าดังกล่าวไปฝังในดินที่เก็บตัวอย่างมาบรรจุในกระถางพลาสติกสีแดงอิฐ โดย ในแต่ละกระถางจะประกอบด้วยถุงผ้าที่บรรจุกระถางจำนวน 1 ถุง ที่ระดับความลึก 3 เซนติเมตร จากผิวดิน โดยทำการย่อยสลายที่จำลองสภาพความชื้นดิน 3 สภาพ คือ สภาพแห้ง สภาพรดน้ำทุก 7 วัน และสภาพรดน้ำทุกวัน แล้วทำการเก็บข้อมูลการย่อยสลายที่ระยะ 1, 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ

3.4) ขุดถุงผ้าด้วยพลั่วมือในแต่ละกระถาง (ตามสูตร) เมื่อครบระยะเวลาการย่อยสลายที่ 1 , 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ

3.5) นำถุงผ้าไปทำความสะอาดด้วยน้ำ แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 วัน ชั่ง และบันทึกน้ำหนักอีกครั้ง (m2)

3.6) คำนวณการย่อยสลาย (decomposition) ของบรรจุภัณฑ์กระถางโดย Thongjoo et al., (2005)

4) การคำนวณการย่อยสลาย

$$\text{Decomposition} = [(m1-m2)/m1] \times 100$$

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนศพร ธรรมโชติ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nasaporn Thammachot

2. ตำแหน่ง อาจารย์

3. หน่วยงาน
   สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช 109 ม.2 ต.ถ้ำใหญ่ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110
   โทรศัพท์: 075-773131-2 ต่อ 102, โทรสาร: 075-329936
   Email: nasaporn.t@rmutsv.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	วุฒิปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2557	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2554	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมการผลิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   การประมวลผลภาพ ห่วงโซ่อุปทาน เครื่องจักรกลเกษตร

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ชื่อเรื่องโครงการวิจัย	**ปีที่ทำ(พ.ศ)**	**แหล่งทุน**	**สถานภาพในการวิจัย**
การศึกษาห่วงโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ใบจากสำหรับมวนบุหรี่ และผลิตภัณฑ์จักสานก้านจาก ตั้งแต่เกษตรกรถึงผู้บริโภค ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง	2561	งบประมาณเงินรายได้คณะ	หัวหน้าโครงการ

ชื่อเรื่องโครงการวิจัย	ปีที่ทำ(พ.ศ)	แหล่งทุน	สถานภาพในการวิจัย
การศึกษากลไกราคาของผลิตภัณฑ์จาก ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง	2561	งบประมาณเงินรายได้คณะ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
การพัฒนาเครื่องย่อยต้นปาล์มหมดอายุโดยใช้ต้นกำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์	2561	งบประมาณแผ่นดิน	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
การออกแบบและสร้างเครื่องอัดข้าวยำ	2561	งบประมาณเงินรายได้คณะ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
การมีส่วนร่วมพัฒนาชุมชนของประชาชนบ้านวังไทร ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช	2561	งบประมาณเงินรายได้คณะ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
ศึกษาการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อหยุดยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยดพัทลุง	2562	งบประมาณเงินรายได้คณะ	ผู้ร่วมโครงการ
กระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้	2562	งบประมาณแผ่นดิน	หัวหน้าโครงการ
การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกผลลูกตาลอ่อน	2562	งบประมาณเงินรายได้คณะ	หัวหน้าโครงการ

6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

Thammachot N., Chaiprapat S., Waiyakan K. (2013) Development of an Image Processing System in Splendid Squid Grading. In: Meesad P., Unger H., Boonkrong S. (eds) The 9th International Conference on Computing and InformationTechnology (IC2IT2013). Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 209. Springer, Berlin, Heidelberg.

ผลงานที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ

เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์ ชโลธร ศักดิ์มาศ นศพร ธรรมโชติ และจิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ. 2561. ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยใช้ลมร้อนร่วมกับการเป่าอากาศแวดล้อม. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย “ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”, 1-3 สิงหาคม: 288-295.

Nootcharee Thammachot, Supapan Chaiprapat, and Kriangkrai Waiyakan. 2013. Development of an Image Processing System in Splendid Squid Grading.The 9th International Conference on Computing and Information Technology (IC2IT2013).Advances in Intelligent Systems and Computing.Vol. 209. May 9-10, 2013. Bangkok, Thailand. pp. 175–183.

นศพร ธรรมโชติ จารีพร เพชรชิต สาธิต บัวขาว เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์ และชโลธร ศักดิ์มาศ. 2561.การศึกษาห่วงโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ใบจากสำหรับมวนบุหรี่ ตั้งแต่เกษตรกรถึงผู้บริโภค ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 11: 2561 “การบูรณาการภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมและการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน”, 20 ธันวาคม 2561: 79-87.

6.3 งานวิจัยที่กำลังทำ :

การจำแนกโรคพืชที่ปรากฏทางใบมะนาวด้วยวิธีการประมวลผลภาพบน สมาร์ทโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ งบประมาณเงินรายได้คณะ ประจำปี 2563 หัวหน้าโครงการ

ประวัติคณะผู้วิจัย (ต่อ)

ผู้ร่วมโครงการ (1)

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) : นายชวกร มุกสาน
   ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) : Mr. Chavakorn Muksan

2. ตำแหน่งปัจจุบัน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) :
   สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ไสใหญ่ 109 หมู่ที่ 2 ตำบล ถ้ำใหญ่ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110
   โทรศัพท์ 0-7577-3131 ต่อ 211 โทรสาร 0-7532-9936
   e-mail : Chavakorn1@gmail.com

4. ประวัติการศึกษา

วุฒิปริญญา	สาขา	สถาบันการศึกษา	ปีที่จบ
วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	พัฒนาการเกษตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2546
วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เกษตรศึกษา-เกษตรกลวิธาน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตบางพระ ชลบุรี	2531

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - แทรกเตอร์และเครื่องทุ่นแรงฟาร์ม
   - การจัดการเครื่องทุ่นแรงฟาร์มและชลประทานเพื่อการเกษตร
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัยผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

6.1 หัวหน้าโครงการ หรือผู้ร่วมวิจัย :

ชื่อเรื่องโครงการวิจัย	ปีที่ทำ(พ.ศ)	แหล่งทุน	สถานภาพในการวิจัย
เครื่องอัดขึ้นรูปกระถาปลุกพืชจากปาล์มน้ำมันโดยใช้เพลาอำนวยกำลังรถแทรกเตอร์	2561	งบประมาณแผ่นดิน	หัวหน้าโครงการ
กระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้	2562	งบประมาณแผ่นดิน	ผู้ร่วมโครงการ

6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องตัดแยกและสับย่อยใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยใช้ต้นกำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ งบประมาณแผ่นดิน ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปี 2556 หัวหน้าโครงการ

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องสับย่อยและอัดแท่งใบปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้ต้นกำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ งบประมาณแผ่นดิน ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปี 2557 หัวหน้าโครงการ

โครงการวิจัยเรื่อง เครื่องสับย่อยทะลายปาล์มน้ำมันโดยใช้ต้นกำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ งบประมาณแผ่นดิน ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปี 2559 หัวหน้าโครงการ

6.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ประวัติคณะผู้วิจัย (ต่อ)

ผู้ร่วมโครงการ (2)

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายชโลธร ศักดิ์มาศ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Chalotron Sakmas

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาเกษตรประยุกต์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ไสใหญ่) 109 หมู่ 2 ต. ถ้าใหญ่ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช 80110
โทรศัพท์ 0-7577-3131 ต่อ 102
E-mail : chalotron.s@rmutsv.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	วุฒิปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2545	อนุปริญญา	ปวส.	ช่างยนต์	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
2547	ปริญญาตรี	ค.อ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2552	ปริญญาโท	ค.อ.ม.	เครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องยนต์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
- ระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็คทรอนิคส์
- การส่งถ่ายกาลัง
- การทดสอบสมรรถนะเครื่องจักรกลเกษตร

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

ชื่อเรื่องโครงการวิจัย	ปีที่ทำ(พ.ศ)	แหล่งทุน	สถานภาพในการวิจัย
การออกแบบและสร้างเครื่องอัดข้าวยำ	2561	งบประมาณเงินรายได้คณะ	หัวหน้าโครงการ
การหาสภาวะที่เหมาะสมของพริกขี้หนูอบแห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบอินฟราเรดร่วมกับการสั่นสะเทือน	2561	งบประมาณแผ่นดิน	หัวหน้าโครงการ
ศึกษาการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อหยุดยั้งการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวในข้าวสังข์หยดพัทลุง	2562	งบประมาณเงินรายได้คณะ	หัวหน้าโครงการ
กระถางต้นกล้าไม้ย่อยสลายได้จากเส้นใยทะลายปาล์มและขี้เลื่อยไม้	2562	งบประมาณแผ่นดิน	ผู้ร่วมโครงการ
การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกผลลูกตาลอ่อน	2562	งบประมาณเงินรายได้คณะ	ผู้ร่วมโครงการ

6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

ยื่นขอจดอนุสิทธิบัตร เครื่องอัดข้าวยำ

ผลงานที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ

เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์ ชโลธร ศักดิ์มาศ นศพร ธรรมโชติ และจิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ. 2561. ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยใช้ลมร้อนร่วมกับการเป่าอากาศแวดล้อม. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย “ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”, 1-3 สิงหาคม: 288-295.

นศพร ธรรมโชติ จารีพร เพชรชิต สาธิต บัวขาว เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์ และชโลธร ศักดิ์มาศ. 2561.การศึกษาห่วงโซ่อุปทานของผลิตภัณฑ์ใบจากสำหรับมวนบุหรี่ ตั้งแต่เกษตรกรถึงผู้บริโภค ตำบลวังวน อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 11: 2561 “การบูรณาการภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมและการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน”, 20 ธันวาคม 2561: 79-87.

6.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : -