การพัฒนาแม่พิมพ์และชิ้นงานต้นแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม สำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะด้วยเส้นใยธรรมชาติ

Development of 3D Printed Mold of a Natural-Fiber Enrichment Prototype for Laboratory Rodents.

นายเตชิษฐ์ นาคประสงค์ รหัส 57362071

นายภัทรกร กันยา รหัส 57362347

นายสุทธิพงษ์ สุขขันทอง รหัส 57362583

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การพัฒนาแม่พิมพ์และชิ้นงานต้นแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะด้วยเส้นใยธรรมชาติ	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเตชิษฐ์ นาคประสงค์	รหัส 57362071
	นายภัทรกร กันยา	รหัส 57362347
	นายสุทธิพงษ์ สุขขันทอง	รหัส 57362583
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ศลิษา วีรพันธุ์	
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ดร.นพวรรณ โม้ทอง	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2560	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน

(ดร.นพวรรณ โม้ทอง)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ

(อ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน การพัฒนาแม่พิมพ์และชิ้นงานต้นแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะด้วยเส้นใยธรรมชาติ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายเตชิษฐ์ นาคประสงค์ รหัส 57362071
นายภัทรกร กันยา รหัส 57362347
นายสุทธิพงษ์ สุขขันทอง รหัส 57362583

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.ศลิษา วีรพันธุ์

ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน ดร.นพวรรณ โม้ทอง

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2560

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการพัฒนาแม่พิมพ์และชิ้นงานต้นแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะด้วยเส้นใยธรรมชาติ มีวัตถุประสงค์ คือ 1) พัฒนากระบวนเตรียมเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ใช้สารเคมี และการขึ้นรูปเส้นใยกล้วย 2) พัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ 3) พัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่ขึ้นรูปจากเส้นใยกล้วย

โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 10 ส่วน คือ 1) ศึกษากระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วย 2) ศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองทางด้านพฤติกรรม ขนาด และลักษณะของกรงเลี้ยง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร 3) ออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสถาพแวดล้อมต้นแบบและขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จากนั้นจัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นด้านรูปแบบจากผู้ใช้ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข 4) ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ 5) ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน 6) ขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วย เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติ และหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงาน 7) ขึ้นรูปชิ้นงานจากแม่พิมพ์ 3 มิติ ด้วยการกดไล่น้ำและหลังจากการอบแห้งจะทำการตัดแต่งส่วนเกินของชิ้นงานให้สมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปอบฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ จากนั้นแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงาน โดยตัวแปรควบคุมคือ แรงดัน อุณหภูมิ และระยะเวลาในการกดอัด 8) ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นเส้นใยและชิ้นงาน โดยการทดสอบแรงดึง ทดสอบแรงกด และเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำของเส้นใย 9) ทดสอบความคงตัวของโครงสร้าง โดยการทดสอบแรงกด 10) นำส่งชิ้นงานต้นแบบให้กับสถานสัตว์ทดลอง เพื่อทดสอบการใช้งานจริง

จากการทดสอบ พบว่าค่าความดัน 1,500 Psi อุณหภูมิ 160 ^{o}C และระยะเวลาการกดอัดชิ้นงาน 8 นาที เป็นค่าที่เหมาะสมที่ได้ผลการทดสอบความแข็งแรง โดยสามารถรับแรงกดได้ 316.97 นิวตัน และมีค่าอัตราการซึมน้ำ 900.17 % ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานจริง

Project title Development of 3D Printed Mold of a Natural-Fiber Enrichment Prototype for Laboratory Rodents.

Name Mr.Techit Nakprasong ID. 57362071

Mr.Pattarakorn Kunya ID. 57362347

Mr.Sutthiphong Sukkhanthong ID. 57362583

Project advisor Dr.Salisa Veerapun

Co-advisor Dr.Noppawan Motong

Major Mechanical Engineering

Department Mechanical Engineering

Academic year 2017

.....

Abstract

This project is a development of mold and prototype of enrichment for laboratory rodents. The objective have 1) develop a process of non chemical natural fibers and banana fiber forming, 2) develop of enrichment molding for laboratory rodents, 3) develop of enrichment for laboratory rodents with banana fiber

The division is divided into 10 parts have, 1) Study on fiber preparation from banana tree, 2) Study on rodent species data in methods, size and characteristics of the cage at Center for animal research Naresuan University, 3) Design prototype enrichment and create by 3D printer. then create a user feedback questionnaire to summarize suggestion to modify enrichment design, 4) Design and develop of molds for fiber forming with 3D printers, 5) Design and develop of molds for workpiece repairs by pressure and heat, 6) Form a banana fiber sheet to test the properties and find the best condition for molding workpiece repairs mold, 7) Forming workpiece from 3D mold by pressing and After drying, the excess part of the workpiece will be completely cut before being steam sterilized. Then forming enrichment with workpiece repairs mold. Control variables are pressure, temperature and time, 8) Test the properties of fiber sheets and workpieces by tensile testing and percentage of water permeability of fiber, 9) Structural stability test by pressure testing, 10) Deliver the prototype to Center for animal research for test the actual use.

From experiment, We were found that the pressure of 1,500 Psi at 160 °C and the compression time of 8 minutes were the optimum values for the strength test. The pressure can be 316.97 N and has a water permeability of 900.17%, which is enough to use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของหลายฝ่าย ทางคณะผู้ดำเนินโครงงาน ต้องขอขอบพระคุณ ดร.ศลิษา วีรพันธุ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างการดำเนินโครงงาน รวมทั้งช่วยอบรมณ์สั่งสอนทักษะ ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงาน และการใช้ชีวิต ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.นพวรรณ โม้ทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน ที่ช่วยชี้แนะข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และดูแลให้คำปรึกษาขณะดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยให้ความอนุเคราะห์สำหรับข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับสัตว์ทดลอง

ขอขอบพระคุณ ป้าม่วย และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ รวมทั้งเกษตรกรผู้เพาะปลูกกล้วยในระแวกใกล้เคียง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการทดสอบโครงงาน

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงาน

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่อบรม สั่งสอน สนับสนุน และคอยให้กำลังใจอยู่เสมอมา และขอบคุณเพื่อน พี่ น้องทุกคน ที่เป็นส่วนหนึ่งของการช่วยเหลือซึ่งกันและกันตลอดมา ผู้ดำเนินโครงงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วง และสำเร็จการศึกษาไปได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงาน
นายเตชิษฐ์ นาคประสงค์
นายภัทรกร กันยา
นายสุทธิพงษ์ สุขขันทอง
กรกฎาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 3
1.4 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 3
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 3
1.6 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 9
2.1 วรรณกรรมปริทรรศน์การใช้เส้นใยกล้วยมาขึ้นรูป 9
2.2 เส้นใย 10
2.3 กระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนและแรงดัน 13
2.4 กระบวนการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ 16
2.5 กระบวนการขึ้นรูปเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการขึ้นรูปด้วยการเติมเนื้อวัสดุ 18

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 21
3.1 แผนการดำเนินงาน 21
3.2 กระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วย 23
3.3 ศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ 24
3.4 ออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะต้นแบบ 25
3.5 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ 26
3.6 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดัน และความร้อน 27
3.7 การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วย 28
3.8 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากแม่พิมพ์ 3 มิติ 31
3.9 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล 34
3.10 ทดสอบกำรใช้งาน 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงานและวิเคราะห์ผล..... 37
4.1 กระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วย..... 37
4.2 การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทแทะ..... 39
4.3 การออกแบบและพัฒนาแบบแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ..... 45
4.4 การออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน..... 48
4.5 การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วย..... 52
4.6 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของแผ่นเส้นใยกล้วย..... 54
4.7 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม..... 67
4.8 ทดสอบการใช้งาน..... 68

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 70
5.1 บทสรุป..... 70
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 71

เอกสารอ้างอิง..... 73

ภาคผนวก ก 75
ภาคผนวก ข 81
ภาคผนวก ค 85
ภาคผนวก ง 90

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาการเนินงาน..... 5
ตารางที่ 2.1 ตารางกำหนดสภาวะในการเตรียมและขึ้นรูปแผ่นเส้นใย..... 9
ตารางที่ 4.1 ตารางข้อมูลน้ำหนักและเส้นรอบวงเฉลี่ยของต้นกล้วยที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นเส้นใย..... 38
ตารางที่ 4.2 ขนาดของหนูเมาส์และหนูแรท..... 39
ตารางที่ 4.3 ประเภทกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ..... 40
ตารางที่ 4.4 ผลการจำลองก่อนและหลังให้น้ำหนัก..... 42
ตารางที่ 4.5 สรุปการพิมพ์ชิ้นส่วนแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ 47
ตารางที่ 4.6 สรุปการผลิตชุดแม่พิมพ์โลหะ 53
ตารางที่ 4.7 ค่าทดสอบสำหรับจัดทำแผ่นทดสอบคุณสมบัติเส้นใย 53
ตารางที่ 4.8 แสดงผลค่าความแข็งแรง (Stress) และค่าความแข็งแรงจำเพาะ (Specific Stress) จากการทดสอบแรงดึงของค่าทดสอบทั้ง 27 ค่าทดสอบ 56
ตารางที่ 4.9 แสดงผลค่าความยืดหยุ่น (Modulus) และค่าความยืดหยุ่นจำเพาะ (Specific Modulus) จากการทดสอบแรงดึงของค่าทดสอบทั้ง 27 ค่าทดสอบ 57
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณแรงที่การยุบตัวเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ 62
ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการซึมน้ำของเส้นใยกล้วยในแต่ละค่าการทดสอบ 64
ตารางที่ ง.1 ภาพถ่ายแผ่นเส้นใยกล้วยในแต่ละตัวแปรควบคุม 91

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสาหรับสัตว์ทดลองที่นาเข้าต่างประเทศ แบบวัสดุพลาสติก (ซ้าย) และแบบวัสดุกระดาษ (ขวา) 1
รูปที่ 1.2 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสาหรับสัตว์ทดลอง จากการศึกษางานวิจัยเรื่องการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง 2
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกาบกล้วย 12
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบเครื่องอัด 13
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนกระบวนการอัด 14
รูปที่ 2.4 แม่พิมพ์อัดชิ้นงานแบบราบ (Flat form) หรือชนิดบาง (Flash mold) 14
รูปที่ 2.5 แม่พิมพ์ปิดอัด (Sealed mold) หรือแม่พิมพ์ชนิดบวก (Fully positive mold) 15
รูปที่ 2.6 แม่พิมพ์ฝาประกบ (split mold) หรือแม่พิมพ์ชนิดกึ่งบวก (Fully positive mold) . 15
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์ 17
รูปที่ 2.8 แม่พิมพ์ขึ้นรูปเยื่อกระดาษ 18
รูปที่ 2.9 เครื่องจักรผลิตเยื่อกระดาษ 19
รูปที่ 2.10 โมเดล 3 มิติ แม่พิมพ์เยื่อกระดาษ 19
รูปที่ 2.11 ภาพตัดขวางของโมเดล 3 มิติ แม่พิมพ์เยื่อกระดาษ 20
รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน 22
รูปที่ 3.2 สวนกล้วยน้าว้าสายพันธุ์มะลิอ่อง 23
รูปที่ 3.3 หั่นต้นกล้วยออกเป็นท่อนละ 5 เซนติเมตร และสับตามแนวยาวของเส้นใย..... 23
รูปที่ 3.4 ปั่นให้ละเอียดด้วยระยะเวลา 20-30 นาที..... 24
รูปที่ 3.5 เส้นใยกล้วยที่กดไล่น้ำแล้ว..... 24
รูปที่ 3.6 สัตว์ทดลองประเภทฟันแทะและกรงเลี้ยง..... 24
รูปที่ 3.7 สร้างชิ้นงานต้นแบบ แบบดิจิตอล 3 มิติด้วยโปรแกรมฟิวส์ชัน360 (Fusion360)..... 25
รูปที่ 3.8 การวิเคราะห์การเสียรูปเนื่องจากแรง..... 25
รูปที่ 3.9 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ..... 26
รูปที่ 3.10 นำเสนอรูปแบบของชิ้นงานและสอบถามความคิดเห็นจากผู้ดูแลสัตว์ทดลอง.....26
รูปที่ 3.11 การออกแบบแม่พิมพ์ 3 มิติ..... 26
รูปที่ 3.12 แบบดิจิตอล 3 มิติของกรอบแม่พิมพ์ด้านนอก (ซ้าย) และส่วนตะแกรงด้านใน (ขวา). 27
รูปที่ 3.13 การออกแบบแม่พิมพ์ในรูปแบบดิจิตอล..... 27
รูปที่ 3.14 การวิเคราะห์การกระจายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนแม่พิมพ์..... 28
รูปที่ 3.15 แบบแปลนการออกแบบชิ้นงาน..... 28
รูปที่ 3.16 ชั่งน้ำหนักเส้นใยบนตาชั่ง..... 28
รูปที่ 3.17 ต้มเส้นใยกล้วยในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส..... 29
รูปที่ 3.18 ปั่นเส้นใยกล้วยให้ละเอียด..... 29
รูปที่ 3.19 กดไล่น้ำ..... 30
รูปที่ 3.20 อบแผ่นเส้นใยด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง..... 30

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.21 กดอัดด้วยแรงดันและความร้อน..... 30
รูปที่ 3.22 ชั่งน้ำหนักเส้นใยบนตาชั่ง..... 31
รูปที่ 3.23 ต้มเส้นใยกล้วยในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส..... 31
รูปที่ 3.24 ปั่นเส้นใยกล้วยให้ละเอียด..... 31
รูปที่ 3.25 บรรจุเส้นใยลงในแม่พิมพ์ 3 มิติ และกดไล่น้ำเป็นระยะเวลา 5 นาที..... 32
รูปที่ 3.26 อบลดความชื้น 105 องศาเซลเซียส..... 32
รูปที่ 3.27 ชิ้นงานที่ตัดแต่งขอบส่วนเกินออกแล้ว..... 32
รูปที่ 3.28 การเรียงชิ้นงานในตะแกรงก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ..... 33
รูปที่ 3.29 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ..... 33
รูปที่ 3.30 ตู้ควบคุมการปรับตั้งอุณหภูมิและเปิด/ปิดเครื่องอัดไฮดรอลิก..... 33
รูปที่ 3.31 กดอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก..... 34
รูปที่ 3.32 ใบมีดตัดชิ้นงานทดสอบ..... 34
รูปที่ 3.33 การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติ (Universal Testing Machine)..... 34
รูปที่ 3.34 การทดสอบแรงกดที่มีต่อชิ้นงาน..... 35
รูปที่ 3.35 ชิ้นงานทดสอบการซึมน้ำา..... 35
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของเส้นใยกับเวลา..... 38
รูปที่ 4.2 หนูเมาส์ (ซ้าย) , หนูแรท (ขวา)..... 40
รูปที่ 4.3 โมเดล 3มิติ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ แบบที่ 1 (ก), แบบที่ 2 (ข), แบบที่ 3 (ค), แบบที่ 4 (ง)..... 42
รูปที่ 4.4 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบที่ 1 (ก), แบบที่ 2 (ข), แบบที่ 3 (ค), แบบที่ 4 (ง)..... 44
รูปที่ 4.5 กราฟแท่งสรุปคะแนนแบบสอบถาม..... 44
รูปที่ 4.6 โมเดล 3 มิติ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม..... 45
รูปที่ 4.7 ลำดับการพัฒนาของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม..... 45
รูปที่ 4.8 กระบวนการพัฒนาแบบก้นหอย ของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ..... 46
รูปที่ 4.9 เครื่องพิมพ์ 3มิติ Prusa i3 Mk2..... 46
รูปที่ 4.10 แม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ..... 47
รูปที่ 4.11 ภาพตัดขวางแสดงชิ้นส่วนของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ รุ่นที่ 1..... 47
รูปที่ 4.12 ชิ้นส่วนที่เสียหาย ชิ้นส่วนที่ 2 (ซ้าย), ชิ้นส่วนที่ 3 (ขวา)..... 47
รูปที่ 4.13 ภาพตัดขวางแสดงชิ้นส่วนของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ รุ่นที่ 2..... 48
รูปที่ 4.14 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ รุ่นที่ 2 แม่พิมพ์ตัวผู้ (ก), ส่วนตะแกรงด้านใน (ข), กรอบแม่พิมพ์ด้านนอก (ค)..... 48
รูปที่ 4.15 กระบวนการพัฒนาแบบก้นหอย ของแม่พิมพ์ปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน..... 49

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.16 โมเดล 3 มิติ ของแม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 1 50
รูปที่ 4.17 แม่พิมพ์โลหะตัวผู้ (ซ้าย), แม่พิมพ์โลหะตัวเมีย (ขวา) 50
รูปที่ 4.18 การกระจายตัวของความร้อนในแม่พิมพ์ความร้อน ที่อุณหภูมิ 160 ℃ 50
รูปที่ 4.19 การกระจายตัวของความร้อนในแม่พิมพ์โลหะตัวผู้ ที่อุณหภูมิ 160 ℃ 51
รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของความร้อนในแม่พิมพ์โลหะตัวเมีย ที่อุณหภูมิ 160 ℃ 51
รูปที่ 4.21 การกระจายตัวของความร้อนในสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม ที่อุณหภูมิ 160 ℃ 51
รูปที่ 4.22 แผ่นเหล็กอัด สำหรับติดตั้งแม่พิมพ์กับตัวเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน 51
รูปที่ 4.23 ช่องใส่แผ่นให้ความร้อน ด้านล่างแผ่นเหล็กอัด 52
รูปที่ 4.24 รูสำหรับใส่ตัววัดอุณหภูมิ ด้านหลังแผ่นเหล็กอัด 52
รูปที่ 4.25 ประกอบแผ่นเหล็กอัดกับแม่พิมพ์โลหะ 52
รูปที่ 4.26 ประกอบแม่พิมพ์โลหะเข้ากับเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน 52
รูปที่ 4.27 วิธีอ่านชื่อชิ้นงานทดสอบ 54
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงจำเพาะกับความดัน 57
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงจำเพาะกับระยะเวลา 58
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นจำเพาะกับความดัน 59
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นจำเพาะกับระยะเวลา 60
รูปที่ 4.32 ชิ้นทดสอบก่อนเริ่มทดสอบ 61
รูปที่ 4.33 ชิ้นทดสอบขณะเริ่มทดสอบ 61
รูปที่ 4.34 ชิ้นทดสอบหลังการทดสอบเสร็จ 62
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มากดอัดกับเปอร์เซ็นต์การยุบตัวที่ 10 เปอร์เซ็นต์ 63
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำกับความดัน 65
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำกับระยะเวลา 66
รูปที่ 4.38 การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปเส้นใยจากแม่พิมพ์ 3 มิติ 67
รูปที่ 4.39 ชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้งแล้ว 67
รูปที่ 4.40 ลักษณะของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมในแต่ละด้าน ด้านหน้า (ก), ด้านข้าง (ข), ด้านล่าง (ค), ด้านบน (ง) 68
รูปที่ 4.41 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านการใช้งาน 1 วัน 69
รูปที่ 4.42 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านการใช้งาน 3 วัน 69

บทที่ 1
บทนำ

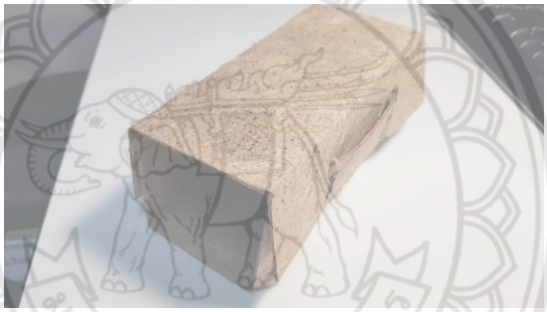
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้นำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมมาใช้กับกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ เพื่อเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมกรงเลี้ยงให้มีความใกล้เคียงกับธรรมชาติของสัตว์ประเภทฟันแทะ โดยสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะนั้นจะมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกกลม ทำจากวัสดุที่เป็นพลาสติก โดยมีราคาค่อนข้างสูงเนื่องจากการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจากงานวิจัยการศึกษาผลกระทบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่มีต่อสัตว์ทดลอง พบว่าสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมมีผลต่อการลดการหลั่งสารความเครียดของสัตว์ทดลองที่เป็นผลให้การรวบรวมข้อมูลในการวิจัยมีความคาดเคลื่อนจากที่ควรจะเป็น สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจึงมีความสำคัญกับงานวิจัยที่ใช้ศึกษาในสัตว์ทดลอง [1]

รูปที่ 1.1 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองที่นำเข้าต่างประเทศ
แบบวัสดุพลาสติก (ซ้าย) และแบบวัสดุกระดาษ (ขวา)

เส้นใยธรรมชาติที่นำมาศึกษา คือ เส้นใยกล้วย จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมชุมชนผลิตกล้วยตากที่นำผลไม้ท้องถิ่นมาแปรรูป เพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน ซึ่งในการผลิตนั้นจะมีจะมีการตัดแต่งต้นกล้วยภายในสวนปลูกเพื่อนำกล้วยมาแปรรูปเป็นกล้วยตากและสินค้าประเภทอื่น ๆ ดังนั้นจึงได้นำต้นกล้วยที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรมาผ่านกระบวนการผลิตเยื่อ เพื่อผลิตเส้นใยสำหรับสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งปริมาณการผลิตกล้วยน้ำว้าของประเทศไทยนั้น จากข้อมูลสถานการณ์การปลูกกล้วยน้ำว้า ปี 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยน้ำว้าทั้งหมด 417,001 ไร่ ผลผลิตรวม 918,314 ตัน ซึ่งครอบคลุมทั้งหมด 75 จังหวัด โดยจังหวัดพิษณุโลกเป็นแหล่งผลิตกล้วยน้ำว้าที่สำคัญแห่งหนึ่งของเขตพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งมีครัวเรือนเกษตรกร 2,931 ครัวเรือน มีเนื้อที่เพาะปลูก 17,074 ไร่ เนื้อที่ให้ผลผลิต 11,413 ไร่ ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 2,948,656 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อเนื้อที่ให้ผลผลิต 258 กิโลกรัม/ไร่ [2]

การขึ้นรูปเส้นใยธรรมชาตินั้น จากการศึกษางานวิจัยเรื่องการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง พบว่ากระบวนการเตรียมเส้นใยมีกรรมวิธีที่ซับซ้อนและหลากหลายขั้นตอน ส่งผลให้กระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วยต้องใช้ระยะเวลาที่ค่อนข้างนานหลายวัน อีกทั้งรูปแบบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดสำหรับสัตว์ทดลองที่มีลักษณะเป็นแผ่นเส้นใยที่นำมาพับและประกอบเข้ากันเป็นทรงกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งมีความแข็งแรงที่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากชิ้นงานที่มีรูปทรงกล่องสี่เหลี่ยมที่ไม่มีส่วนค้ำจุนให้โครงสร้างสามารถคงสภาพปกติได้เมื่อมีแรงมากระทำ [2] โดยโครงงานนี้จะพัฒนาแม่พิมพ์และชิ้นงานต้นแบบเพื่อขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ ด้วยการปรับปรุงกระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วยให้มีขั้นตอนและกรรมวิธีที่มีความซับซ้อนน้อยลง เพื่อลดระยะเวลาในขั้นกระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วย และในส่วนของรูปแบบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมนั้นจะทำการขึ้นรูปด้วยการพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานที่จะขึ้นรูปชิ้นงานให้มีขนาดและลักษณะตามแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 1.2 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลอง จากการศึกษางานวิจัยเรื่องการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง [2]

ดังนั้นโครงงานนี้จะพัฒนาแม่พิมพ์และชิ้นงานต้นแบบเพื่อขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะด้วยเส้นใยธรรมชาติจากต้นกล้วย ซึ่งจะทำการศึกษารวบรวมข้อมูลของสัตว์ทดลองประเภทแทะ กระบวนการผลิตเส้นใยธรรมชาติจากต้นกล้วย และออกแบบแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับขึ้นรูปและปรับสภาพชิ้นงานเส้นใยกล้วย เพื่อสร้างสิ่งเพิ่มพูนสถาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองให้สามารถนำมาใช้งานได้จริง ซึ่งเป็นการนำสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติมาสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และช่วยเพิ่มพูนมูลค่าของสิ่งที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรที่มีมาใช้ให้เกิดคุณค่าและประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 พัฒนากระบวนการเตรียมเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ใช้สารเคมี และการขึ้นรูปเส้นใยกล้วย

1.2.2 พัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ

1.2.3 พัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่ขึ้นรูปจากเส้นใยกล้วย

1.3 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.3.1 ศึกษากระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วย เพื่อการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์

1.3.2 พัฒนาแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

1.3.3 พัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน

1.3.4 พัฒนากระบวนการขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

1.3.5 พัฒนากระบวนการปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน

1.3.6 ทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยและชิ้นงาน เพื่อหาตัวแปรที่เหมาะสมในการปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน

1.4 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.4.1 อาคารภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

1.4.2 ห้องปฏิบัติการ IE 111

1.4.3 ห้องปฏิบัติการ IE 502

1.4.4 กลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2561

1.6 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

1.6.1 ศึกษากระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วย

1.6.2 ศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะทางด้านพฤติกรรม ขนาด และลักษณะของกรงเลี้ยง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.3 รวบรวมข้อมูลที่ได้มาใช้สำหรับออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสถาพแวดล้อมต้นแบบ และขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสถาพแวดล้อมต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3มิติ เมื่อได้ชิ้นงานต้นแบบแล้วจัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นด้านรูปแบบจากผู้ใช้ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาสรุปและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบก่อนออกแบบแม่พิมพ์

1.6.4 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปเส้นใยจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

1.6.5 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน

1.6.6 ขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วยตามค่าการทดลองที่กำหนด เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติ และหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงาน

1.6.7 ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นเส้นใยและชิ้นงาน โดยการทดสอบแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำของเส้นใย เพื่อสรุปและหาสภาวการณ์ขึ้นรูปชิ้นงานที่เหมาะสม

1.6.8 ขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ด้วยการกดไล่น้ำ และหลังจากการอบแห้งจะทำการตัดแต่งส่วนเกินของชิ้นงานให้สมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปอบฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ เพื่อฆ่าเชื้อโรคและทำให้ชิ้นงานมีลักษณะอ่อนตัวลง จากนั้นขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมด้วยแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงาน โดยตัวแปรควบคุมคือ แรงดัน อุณหภูมิ และระยะเวลาในการกดอัด

1.6.9 ทดสอบความคงตัวของโครงสร้าง โดยการทดสอบแรงกด

1.6.10 นำส่งชิ้นงานต้นแบบให้กับสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อทดสอบการใช้งานจริง

1.6.11 วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้

1.6.12 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

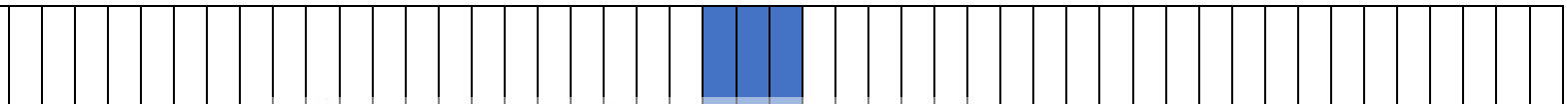
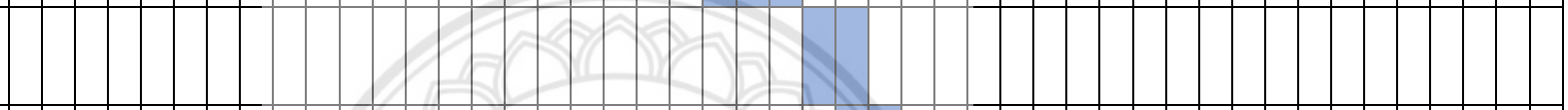
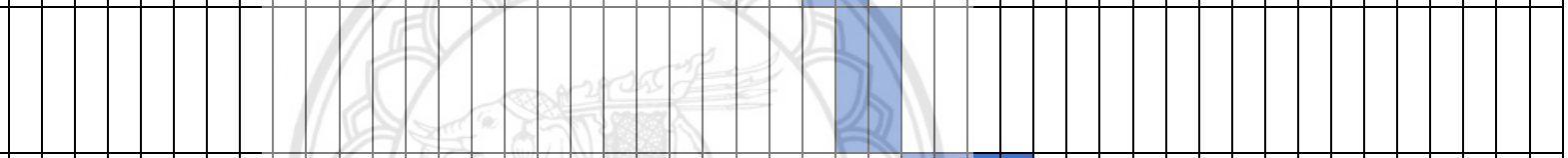
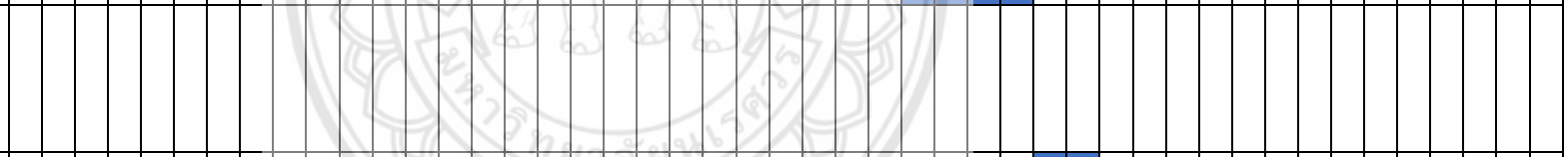
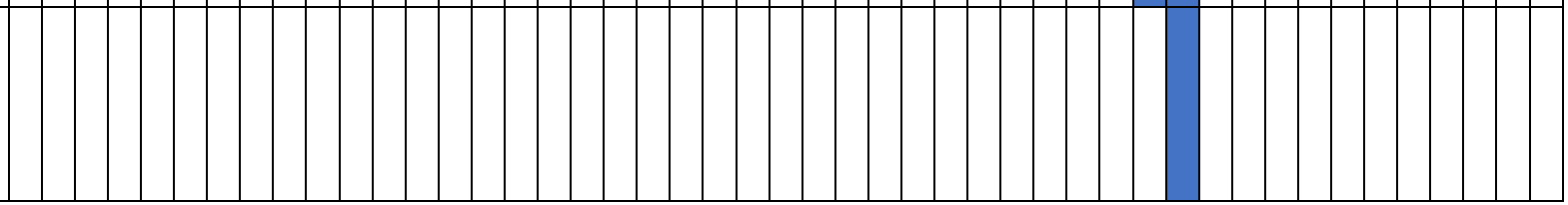
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรม	2560																				2661																															
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ษ.				พ.ค.				มิ.ย.				ก.ค			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1.ศึกษากระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วย																																																		
2.ศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร																																																	
3.ออกแบบและพัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ																																																	
3.1 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากสถานสัตว์ทดลอง																																																	
3.2 ออกแบบชิ้นงานต้นแบบ																																																	
3.3 วิเคราะห์การเสียในโปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ																																																	
3.4 สร้างชิ้นงานต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ																																																	

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน (ต่อ)

3.5 สอบถามความคิดเห็นด้านรูปแบบจากผู้ใช้ปรับรูปแบบ																																															
4.ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ																																															
4.1 ออกแบบแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ																																															
4.2 ปรับปรุงและวิเคราะห์แม่พิมพ์ขึ้นรูป																																															
4.3 จัดทำแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยที่สร้างด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ																																															
5.ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน																																															

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน (ต่อ)

5.1 ออกแบบแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน	
5.2 ปรับปรุงและวิเคราะห์แม่พิมพ์ปรับสภาพชิ้นงาน	
5.3 จัดทำแบบแปลนแม่พิมพ์ปรับสภาพและสั่งทำ	
6.กระบวนการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วย	
7.ทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของแผ่นเส้นใยกล้วย	
7.1 ทดสอบแรงดึง	
7.2 ทดสอบการซึมน้ำ	
7.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	
7.4 สรุปค่าการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยแรงดันและความร้อน	

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน (ต่อ)

8.ขึ้นรูปและปรับสภาพสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม																																															
8.1 ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ																																		■	■	■	■									
8.2 ปรับสภาพชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์ปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน																																				■	■									
9.ทดสอบความคงตัวของโครงสร้างชิ้นงาน																																						■								
10.ทดสอบการใช้งานจริง																																							■	■	■					
11.วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้																																									■	■				
12.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์																																											■	■	■	■

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในบทนี้จะเป็นหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน โดยกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวกับวรรณกรรมปริทรรศน์ เส้นใย หลักการที่เกี่ยวข้อง กระบวนการอัดขึ้นรูป การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ การขึ้นรูปเส้นใย และการขึ้นรูปเยื่อกระดาษด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบเติมเนื้อวัสดุ (Fused Deposition Modeling, FDM) ดังต่อไปนี้

2.1 วรรณกรรมปริทรรศน์

กฤตลักษณ์ ช้างรบ และ จริยา ก่อน้อย [2] ได้การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการนำวัสดุจากธรรมชาติ คือ ต้นกล้วยและชานอ้อย มาต้มด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใย ซึ่งกระบวนการเตรียมเส้นใยนั้นจะนำกาบกล้วยสดที่อบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน มาตัดให้เป็นชิ้นที่มีขนาด 2-3 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นแล้วนำไปต้มด้วยหม้อแรงดันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และเวลาที่กำหนดตามตารางที่ 2.1 และนำมาปั่นซ้ำ เพื่อให้เส้นใยฟูละเอียด เมื่อต้มเสร็จแล้วจะทำการอบแห้งเส้นใยและต้มซ้ำดังตารางที่ 2.1 โดยการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยจะนำเยื่อมาตีในตะแกรงตะแกรงขนาด 20 × 20 เซนติเมตร ที่วางในอ่างช้อนเยื่อ เพื่อให้เยื่อมีความหนาเท่ากันทั้งแผ่น กระบวนการถัดไปจะนำเยื่อออกจากตะแกรงแล้ววางลงบนผ้าดิบ และนำฟองน้ำมากดซับน้ำ จากนั้นทำการกดเพื่อไล่น้ำ แล้วอบแผ่นเยื่อเปียกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เมื่อแผ่นเส้นใยผ่านการอบแล้วจะนำมาเข้าสู่กระบวนการกดอัดด้วยความร้อน ด้วยเครื่องขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกดอัด (Compression molding) โดยให้อุณหภูมิตามสภาวะที่กำหนดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางกำหนดสภาวะในการเตรียมและขึ้นรูปแผ่นเส้นใย

สภาวะที่	เวลาต้ม (ชั่วโมง)	อุณหภูมิในการกดอัด (^{o}C)
1	3	100
2		150
3		200
4	5	100
5		150
6		200
7	8	100
8		150
9		200

2.2 เส้นใย

เส้นใย (Fiber) หมายถึง สิ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียว มีองค์ประกอบของเซลล์ส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส ซึ่งโมเลกุลของเซลลูโลสจะเรียงตัวกันในผนังเซลล์ของพืช และเกิดการจับตัวกันเกิดเป็นเส้นใย โดยสามารถแบ่งประเภทของเส้นใยออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ เส้นใยสังเคราะห์ เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ และเส้นใยธรรมชาติ

2.2.1 เส้นใยสังเคราะห์

เป็นเส้นใยที่เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นจากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ โดยการสร้างและปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยให้มีคุณสมบัติตามความต้องการหรือการใช้งาน เช่น การนำเส้นใยสังเคราะห์โพลิอะคริโลไนทริล (polyacrylonitrile, PAN) ไปผ่านกรรมวิธีจนได้เส้นใยสังเคราะห์คาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber, CF) ที่มีคุณสมบัติที่แข็งแรงแต่น้ำหนักเบา

2.2.2 เส้นใยกึ่งสังเคราะห์

เป็นเส้นใยที่ได้จากการนำสารจากธรรมชาติมาปรับปรุงโครงสร้าง เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การนำเซลลูโลสจากพืชมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของเส้นใยให้เหมาะกับการใช้งาน

2.2.3 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers)

เป็นพอลีเมอร์จากธรรมชาติ (Natural polymer) โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.2.3.1 เส้นใยจากสินแร่

แร่ใยหินเป็นเส้นใยธรรมชาติที่แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มเซอร์เพนไทน์ (Serpentine) และกลุ่มแอมฟิโบล (Amphiboles) โดยการนำมาใช้ด้วยการนำไปทำความสะอาดและแยกตามประเภทความยาวของเส้นใย จากนั้นจะทำการทอผสมกับใยผ้าหรือขนสัตว์ เพื่อปั่นให้เป็นด้ายและทอเป็นผ้าที่มีคุณสมบัติทนความร้อนและไม่นำไฟฟ้า เช่น การนำผ้าใยหินมาตัดเย็บเป็นชุดดับเพลิง เป็นต้น

2.2.3.2 เส้นใยจากสัตว์

เป็นเส้นใยที่ได้จากโปรตีนธรรมชาติ หรือเส้นใยที่ได้จากการสังเคราะห์ของสัตว์ ได้แก่ เส้นใยขนสัตว์ คือ เส้นใยที่ได้จากขนสัตว์ที่ปกคลุมอยู่ทั่วร่างกายของสัตว์ เช่น ขนแกะที่มนุษย์นำมาทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม

2.2.3.3 เส้นใยจากพืช

เป็นเส้นใยที่ได้จากเซลลูโลสธรรมชาติที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ฝ้าย ใยนุ่น ปอ ใยมะพร้าว ใยกล้วย เป็นต้น

2.2.4 เส้นใยกล้วย

คือ จัดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากสิ่งเหลือทิ้งของอุตสาหกรรมการเกษตร กล้วยเป็นพืชชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมการแปรรูปและส่งออก ซึ่งผลผลิตที่ส่งขายสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร แต่สิ่งที่เหลือทิ้งจากการผลิตกล้วย คือ ส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้วยที่สามารถนำมาสร้าง

ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าได้ อาทิ การนำมาใช้เป็นหนึ่งในส่วนผสมของอาหารเลี้ยงสุกร การนำเส้นใยกล้วยมาแปรรูปและสร้างเป็นผลิตภัณฑ์

โครงงานนี้ได้นำต้นกล้วยที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรมาแปรรูปเป็นเส้นใย และสร้างผลิตภัณฑ์สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ ต้นกล้วยที่นำมาแปรรูปนั้นคือ สายพันธุ์กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง ซึ่งมาจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ และบริเวณข้างเคียงที่ตั้งอยู่ในเขต อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยข้อมูลจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณผลผลิตกล้วยน้ำว้าของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน พบว่าในบริเวณแหล่งเพาะปลูกมีปริมาณการเพาะปลูกต้นกล้วยจำนวนเฉลี่ย 200 ต้นต่อไร่ มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตตลอดทั้งปีเฉลี่ย 18 ครั้งต่อปี และผลผลิตจะถูกเก็บเกี่ยวทุก ๆ 20 วัน โดยการเก็บเกี่ยวผลผลิตแต่ละครั้งจะก่อให้เกิดสิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตรนั่นคือ ต้นกล้วย ซึ่งการนำต้นกล้วยมาแปรรูปเป็นเส้นใยนั้นมีกำลังการผลิตเส้นผลิตเส้นใยโดยนำต้นกล้วยมาใช้จำนวนเฉลี่ย 100 ต้นต่อครั้ง กำลังการนำวัตถุดิบมาใช้ในการผลิตเส้นใยจะมีปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่ปริมาณการเก็บเกี่ยวผลผลิต ปริมาณการเพาะปลูก ปริมาณความต้องการ และอื่น ๆ [3]

กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง ชื่อวิทยาศาสตร์ Musa Xparadisiaca ‘Kluai Namwa Mali Ong’ ชื่อสามัญ กล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง ลักษณะทั่วไป กล้วย คือ พืชที่ปลูกง่ายและนิยมปลูกในทุกภาคของประเทศไทย เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความสูงอยู่ระหว่าง 3.0-3.5 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเทียมมากกว่า 15 เซนติเมตร กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับภาคอุตสาหกรรมการเกษตรของประเทศไทย

2.2.5 องค์ประกอบหลักทางเคมีของเส้นใยที่สำคัญ 3 ชนิด คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ดังนี้

2.2.5.1 เซลลูโลส (cellulose)

เป็นคาร์โบไฮเดรท (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภทฮอโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (glucose) มาต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่งบีต้า-1,4 (b-1,4) เป็นสายยาวมากกว่า 2,000 โมเลกุล เซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช เช่น ผัก ผลไม้ และ เมล็ดธัญพืช โดยอยู่รวมกับเฮมิเซลลูโลส และเพกทิน [4]

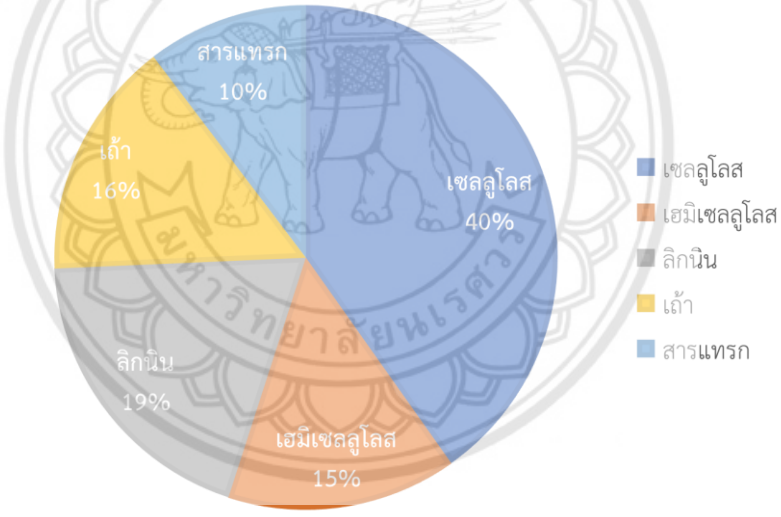
2.2.5.2 เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)

เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ในโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส เป็นเฮทเทอร์โรพอลิแซ็กคาไรด์ heteropolysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำาตาลหลายชนิด มีน้ำตาลไซโลส (xylose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง บีตา (1-4) เป็นโซ่หลัก อาจมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแล็กโทส (galactose) หรือกลูโคส (glucose) มาต่อกันเป็นโซ่หลักด้วยและมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขา หรือโซ่แขนงได้แก่ น้ำตาลอะราบิโนส (arabinose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) แหล่งของเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของพืชที่อยู่รวมกับเซลลูโลสพบมากในผักและผลไม้ [5]

2.2.5.3 ลิกนิน (lignin)

เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) โครงสร้างโมเลกุลของลิกนินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโซ่โมเลกุลของออกซิจิเนตเตต ฟีนิลโพรเพน (oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000-4,500 ดาลตัน สังเคราะห์จากอนุพันธ์ของแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอริล (coniferyl) และไซนาพิล (sinapyl) ไม่สลายทั้งในกรดและด่างแก่ แหล่งที่พบลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพืช โดยพบในส่วนของผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง อยู่ร่วมกับเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นส่วนประกอบของเปลือก ซัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของรากลำต้น และจะถูกสร้างจากส่วนโคนต้นไปปลายยอด เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ปริมาณลิกนินจะเพิ่มมากขึ้นด้วย [6]

จากงานศึกษาวิจัยของ วิทยา ปั้นสุวรรณ ที่ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกาบกล้วย โดยวิธีผลรวมของปริมาณโฮโลเซลลูโลสรวมกับปริมาณลิกนินรวมกับปริมาณเถ้ารวมกับปริมาณสารแทรกที่ละลายในเอทานอลและเบนซิน มีค่ารวมกันเท่ากับ 100 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ มีดังนี้ [7]



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของกาบกล้วย

2.3 กระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนและแรงดัน

กระบวนการอัดเป็นเทคนิคการแปรรูปที่เก่าแก่ที่สุดเทคนิคหนึ่ง โดยเริ่มประยุกต์ใช้กับพลาสติกเป็นอย่างแรกในปี ค.ศ. 1908 จนในปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการขึ้นรูปวัสดุต่าง ๆ เช่น พลาสติก ดิน เส้นใยธรรมชาติ เป็นต้น

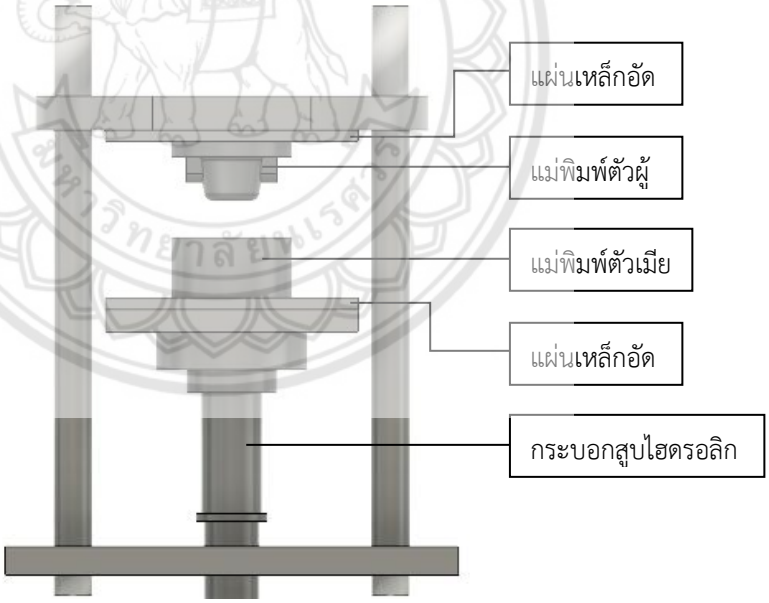
2.3.1 เครื่องอัด (Compression molding machine)

หลักการทำงานของเครื่องอัด คือ นำวัสดุมาอัดในแม่พิมพ์ (Mold) ในความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยส่วนประกอบหลักของเครื่อง มีดังนี้

2.3.1.1 แผ่นเหล็กอัด (Platens) จำนวน 2 ชุด แผ่นหนึ่งจะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ (Movable platen) ส่วนอีกแผ่นจะถูกยึดติดกับที่ (Fixed platen) แม่พิมพ์สำหรับการอัดขึ้นรูปทั้งตัวผู้และตัวเมียจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้ง 2 แผ่นนี้

2.3.1.2 ระบบให้ความร้อน เป็นระบบที่ให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ เช่น ระบบไฟฟ้าซึ่งเป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากออกแบบได้ง่ายและสะดวกในการซ่อมบำรุง

2.3.1.3 ระบบไฮดรอลิก เป็นตัวขับแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของแผ่นเหล็กอัดขึ้นลงและยังทำหน้าที่ในการให้ความดันอีกด้วย โดยขนาดความดันของระบบไฮดรอลิกจะขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นเหล็กอัด ชนิดวัสดุ และความหนาของชิ้นงาน

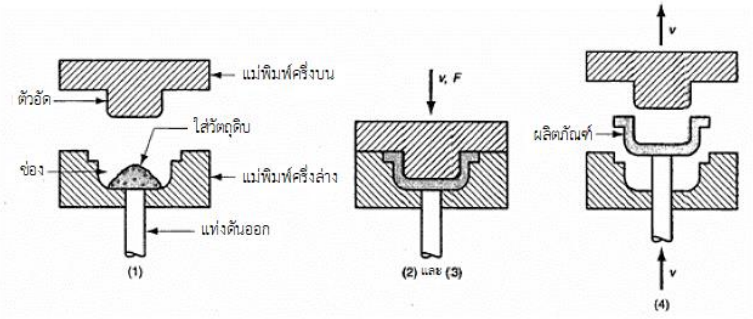


รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบเครื่องอัด

2.3.2 วัฏจักรกระบวนการอัด (Compression molding cycle)

กระบวนการอัดเริ่มจากการยึดแม่พิมพ์ติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้ง 2 แผ่น แล้วให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ตามชนิดของวัสดุ เมื่อแม่พิมพ์ถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วนำวัสดุที่จะอัดใส่ลงไปในแม่พิมพ์ จากนั้นปิดแม่พิมพ์โดยการเคลื่อนแผ่นเหล็กอัดมาประกบกันด้วยความดันที่เหมาะสม วัสดุจะไหลเข้าสู่ช่องว่าง (Cavity) ของแม่พิมพ์ สำหรับวัสดุบางชนิดต้องปล่อยให้อยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมินี้

ตามระยะเวลาการสุก (Care time) ของวัสดุนั้น ๆ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นความดันในแม่พิมพ์จะลดลงจึงสามารถเปิดแม่พิมพ์โดยการเคลื่อนแผ่นเหล็กอัดออกจากกัน และเอาชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ [8]



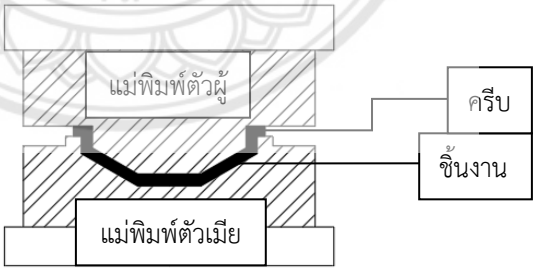
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนกระบวนการอัด [8]

2.3.3 แม่พิมพ์สำหรับกระบวนการอัด

แม่พิมพ์สำหรับกระบวนการอัดนั้นมีการรับความดันและอุณหภูมิสูง วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ควรต้องมีคุณสมบัติที่ทนต่อแรงดันและอุณหภูมิได้ดี แม่พิมพ์ที่ใช้ในกระบวนการอัดแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.3.3.1 แม่พิมพ์อัดชิ้นงานแบบราบ (Flat form) หรือชนิดบาง (Flash mold)

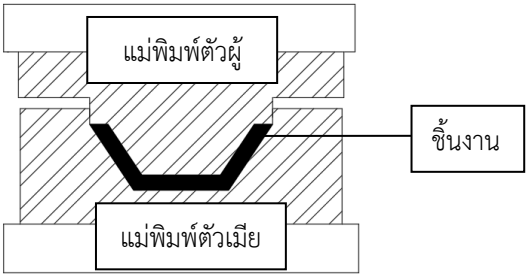
เป็นแม่แม่พิมพ์ที่สามารถออกแบบได้ง่าย ง่ายต่อการผลิต และมีราคาถูก จะใช้ผลิตชิ้นงานที่มีลักษณะแบน เช่น จานและชาม เป็นต้น เป็นแม่พิมพ์ที่ยอมให้เนื้อวัสดุไหลออกได้เมื่อแม่พิมพ์มาประกบกันทำให้ไม่ต้องใช้แรงอัดมาก แต่ชิ้นงานที่ออกมานั้นจะมีเนื้อวัสดุที่ไม่แน่น ความแข็งแรงน้อย หนาไม่สม่ำเสมอ และมีครีบ (Flash) มากทำให้ต้องตัดแต่งชิ้นงานมาก [9]



รูปที่ 2.4 แม่พิมพ์อัดชิ้นงานแบบราบ (Flat form) หรือชนิดบาง (Flash mold)

2.3.3.2 แม่พิมพ์ปิดอัด (Sealed mold) หรือแม่พิมพ์ชนิดบวก (Fully positive mold)

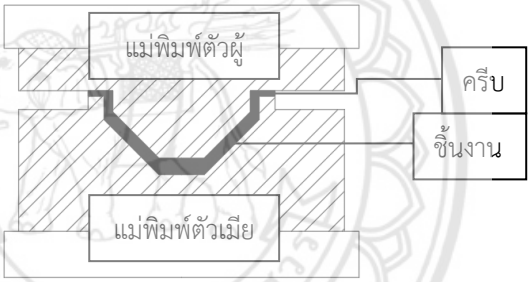
เป็นแม่พิมพ์ชนิดที่ตรงข้ามกับแม่พิมพ์อัดชิ้นงานราบ คือ จะไม่ยอมให้เนื้อวัสดุไหลล้นออกมานอกแม่พิมพ์ หรือให้ออกมาน้อยที่สุด แม่พิมพ์จะไม่มีร่องที่จะให้วัสดุไหลออก โดยในขณะที่ปิดแม่พิมพ์แม่พิมพ์บนจะลึกลงไปในแม่แบบล่าง เพื่อปิดช่องทางไม่ให้วัสดุไหลออกมา จึงสามารถอัดแรงดันได้สูง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แน่นและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่มีข้อเสีย คือ หากใส่วัสดุมากเกินไปแรงอัดจะทำให้แม่พิมพ์แตกร้าวได้ [9]



รูปที่ 2.5 แม่พิมพ์ปิดอัด (Sealed mold) หรือแม่พิมพ์ชนิดบวก (Fully positive mold)

2.3.3.3 แม่พิมพ์ฝาประกบ (split mold) หรือแม่พิมพ์ชนิดกึ่งบวก (Fully positive mold)

เป็นแม่พิมพ์ที่มีลักษณะที่ผสมกันระหว่างแม่พิมพ์ 2 ประเภทข้างต้น โดยในจังหวะแรงที่แม่พิมพ์ตัวผู้เริ่มอัด ยังมีช่องทางที่ให้วัสดุสามารถไหลออกมาได้ แต่เมื่อแม่พิมพ์ตัวผู้เคลื่อนลงมาระยะหนึ่ง บ่าของแม่พิมพ์ตัวผู้จะปิดช่องทางไม่ให้วัสดุไหลออกแล้วจึงอัดแน่น แม่พิมพ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้งานทั่วไป และชิ้นงานมีความแข็งแรงพอสมควร [9]



รูปที่ 2.6 แม่พิมพ์ฝาประกบ (split mold) หรือแม่พิมพ์ชนิดกึ่งบวก (Fully positive mold)

2.3.4 ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการอัด

ข้อดี

- เครื่องอัดมีราคาถูก
- ไม่เกิดรอยต่อบนชิ้นงาน

ข้อเสีย

- ไม่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อนได้
- การผลิตชิ้นงานหนาต้องใช้เวลานาน
- จำเป็นต้องมีการครีบทิ้งเสมอ
- เวลาของวัฏจักรการผลิตค่อนข้างยาว ทำให้กำลังการผลิตต่ำ

2.4 กระบวนการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์

2.4.1 กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์

กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ต้องคำนึงถึงลักษณะ รูปร่าง ขนาด และกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่จะใช้แม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงออกแบบพิมพ์ที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้น โดยการออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีควรพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1.1 มาตรฐานการออกแบบ ในการออกแบบแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีมาตรฐานที่ดีโดยการกำหนดกฎเกณฑ์ต่าง ๆ นั้น สามารถกระทำได้โดยผู้ผลิตแม่พิมพ์เองหรือเป็นมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดให้

2.4.1.2 แม่พิมพ์ที่ออกแบบ สามารถใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน

2.4.1.3 เลือกวัสดุที่ใช้ผลิตแม่พิมพ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานของแม่พิมพ์

2.4.1.4 เลือกใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดเวลาในการออกแบบ

2.4.1.5 ลดความสลับซับซ้อนในการทำงานของแม่พิมพ์ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการซ่อมบำรุง เมื่อเกิดความเสียหายระหว่างกระบวนการผลิต [9]

2.4.2 กระบวนการสร้างแม่พิมพ์โลหะ

แสดงขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์โลหะ ดังรูปที่ 2.7

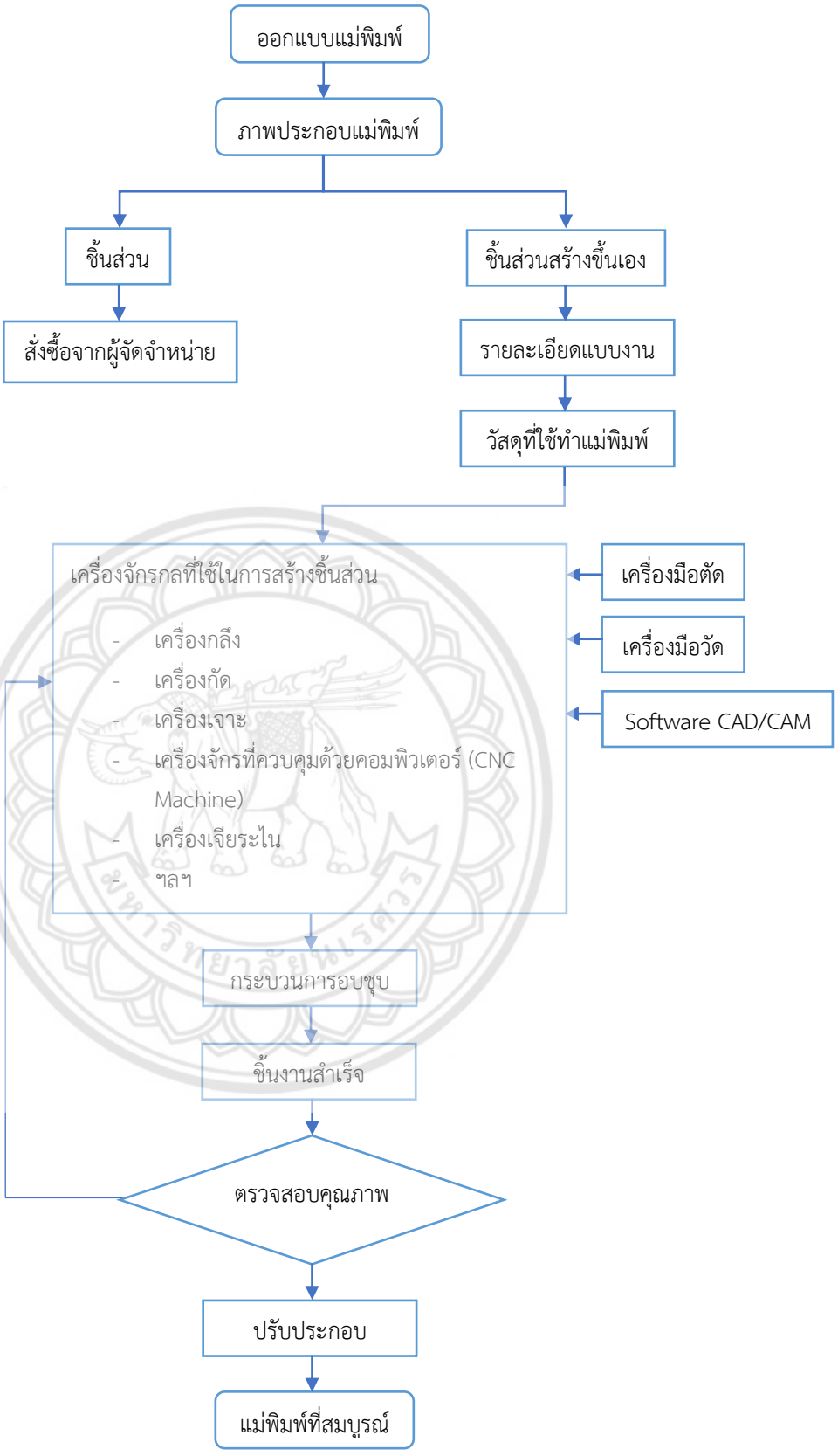
2.4.2.1 ออกแบบแม่พิมพ์ โดยต้องคำนึงถึงลักษณะ รูปร่าง ขนาด และกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่จะใช้แม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูป ว่าสามารถทำได้จริงหรือไม่

2.4.2.2 คำนวณวัสดุที่ต้องใช้ และค่าใช้จ่ายในการผลิตแม่พิมพ์

2.4.2.3 ผลิตแม่พิมพ์ โดยใช้กระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ ในการผลิต เช่น การกลึง , การกัด ,การเจาะ หรือ CNC machine เป็นต้น

2.4.2.4 ตรวจสอบคุณภาพ ให้ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ถ้าไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดให้นำกลับไปแก้ไขใหม่หรือทำการผลิตใหม่ ในขั้นตอนที่ 3 และทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4 จนผ่านมาตรฐาน

2.4.2.5 ได้แม่พิมพ์ที่สมบูรณ์พร้อมใช้งาน



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์ [9]

2.5 กระบวนการขึ้นรูปเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ (Fused Deposition Modeling , FDM)

Fused Deposition Modeling (FDM) เป็นทางเลือกใหม่สำหรับการขึ้นรูปเยื่อกระดาษที่รวดเร็วและต้นทุนต่ำ โดยจะใช้เครื่องพิมพ์ 3มิติ ผลิตแม่พิมพ์ที่มีรูพรุนที่ช่วยในการขึ้นรูปเยื่อกระดาษ ซึ่งแม่พิมพ์ที่พิมพ์ออกมาจากเครื่องพิมพ์ 3มิติ จะมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 3000 รอบหรือมากกว่าในการใช้ซ้ำวนไปวนมา, เวลาในการผลิตแม่พิมพ์ที่เร็วกว่าและราคาอยู่ที่ 1000 บาท ซึ่งถูกกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องมือที่ใช้ผลิตเยื่อกระดาษแบบเดิมที่มีราคาขึ้นอยู่กับวัสดุและรูปแบบของแม่พิมพ์ซึ่งราคาขั้นต่ำอยู่ที่ 30000 บาท [10]

2.5.1 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษแบบเดิม

1. ผลิตแม่พิมพ์เยื่อกระดาษ โดยแปรรูปแผ่นเหล็กให้เป็นรูปร่างตาข่ายและเจาะรูสำหรับอากาศผ่านตามที่ออกแบบไว้

2. ผลิตแม่พิมพ์เคลื่อนย้าย โดยแปรรูปแผ่นเหล็กให้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการและเจาะรูสำหรับอากาศผ่านตามที่ออกแบบไว้

3. ติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องผลิต

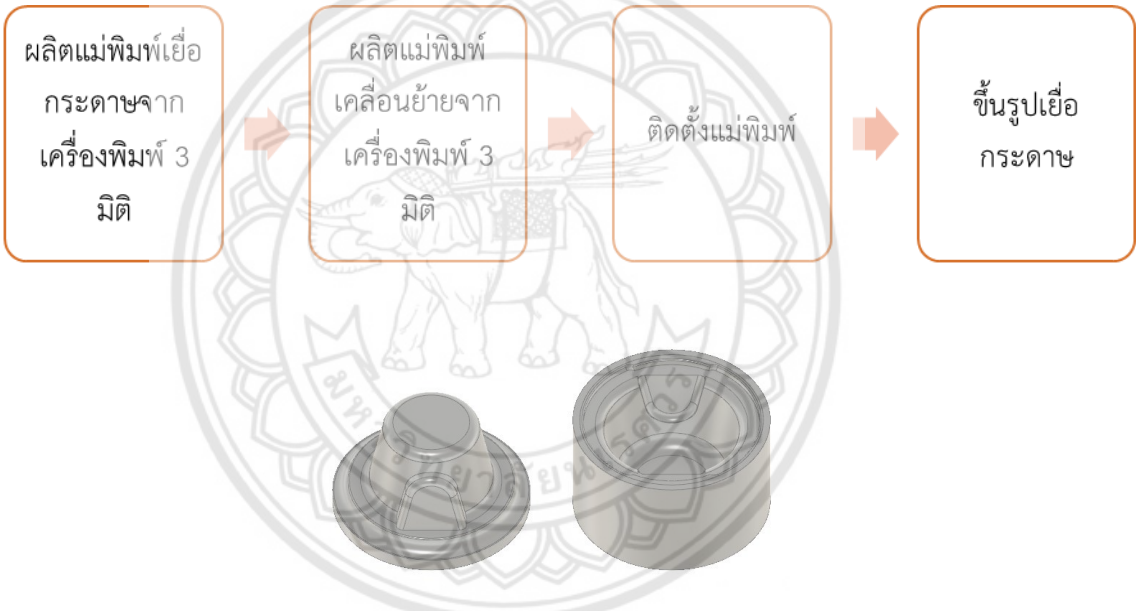
4. ขึ้นรูปเยื่อกระดาษ โดยแม่พิมพ์ขึ้นรูปเยื่อกระดาษจะทำการช้อนเยื่อกระดาษขึ้นมา จากนั้นจะส่งต่อไปยังแม่พิมพ์เคลื่อนย้ายด้วยการประกบ และนำไปอบให้แห้งในเตาอบเป็นลำดับสุดท้าย

รูปที่ 2.8 แม่พิมพ์ขึ้นรูปเยื่อกระดาษ [10]

รูปที่ 2.9 เครื่องจักรผลิตเยื่อกระดาษ [10]

2.5.2 ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษด้วยแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ

การผลิตเยื่อกระดาษด้วยแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ กระบวนการผลิตทั้งหมดจะเหมือนเดิมทุกอย่าง แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงตรงที่แม่พิมพ์ขึ้นรูปเยื่อกระดาษกับแม่พิมพ์เคลื่อนย้าย โดยแม่พิมพ์ 2 ชนิดนี้จะถูกผลิตขึ้นจากเครื่องพิมพ์ 3มิติ ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้



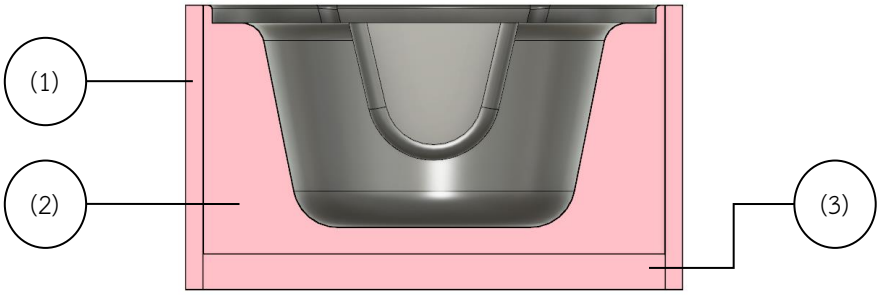
รูปที่ 2.10 โมเดล 3 มิติ แม่พิมพ์เยื่อกระดาษ

จากรูปที่ 2.10 การผลิตแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ เริ่มจากออกแบบแม่พิมพ์ให้เป็นโมเดล 3มิติ ก่อน ต่อมานำแม่พิมพ์ตัวเมียมาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนกรอบด้านนอก (รูปที่ 2.11 (1)) มีลักษณะเป็นกรอบตันอยู่ด้านนอกสุด

2. ส่วนพื้นผิวแม่พิมพ์ (รูปที่ 2.11 (2)) ทำหน้าที่รองรับเยื่อกระดาษที่จะขึ้นรูป มีลักษณะเป็นรูปทรงตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการขึ้นรูป ที่พื้นผิวจะมีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อให้อากาศไหลผ่าน

3. ส่วนตะแกรงด้านล่าง (รูปที่ 2.11 (3)) ทำหน้าที่รับน้ำหนักของส่วนพื้นผิวแม่พิมพ์ มีลักษณะเหมือนตะแกรงที่มีรูพรุนขนาดใหญ่



รูปที่ 2.11 ภาพตัดขวางของโมเดล 3 มิติ แม่พิมพ์เยื่อกระดาษ

2.5.3 วัสดุที่ใช้ผลิต

วัสดุที่แนะนำในการผลิตแม่เยื่อกระดาษจากเครื่องพิมพ์ 3มิติ จะเป็นพลาสติกชนิด PLA หรือ ABS ซึ่งมีคุณสมบัติที่แข็งแรงและมีความยืดยุ่น สามารถทนความร้อนได้ในระดับหนึ่ง สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาด

2.5.4 วิธีการบำรุงรักษา

เมื่อเกิดอาการอุดตันของรูอากาศไหลผ่าน ให้นำมาเป่าด้วยน้ำแรงดันสูง เพื่อให้เยื่อกระดาษที่อุดตันหลุดออก

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

3.1.1 ศึกษากระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วย โดยนำส่วนลำต้นมาผ่านกระบวนการย่อยขนาด ปั่น และอบจนได้เส้นใยกล้วยแห้ง

3.1.2 ศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะทางด้านพฤติกรรม ขนาด และลักษณะของกรงเลี้ยง ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.1.3 รวบรวมข้อมูลที่ได้มาใช้สำหรับออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสถาพแวดล้อมต้นแบบ และขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสถาพแวดล้อมต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เมื่อได้ชิ้นงานต้นแบบแล้วจัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นด้านรูปแบบจากผู้ใช้ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาสรุปและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบก่อนออกแบบแม่พิมพ์

3.1.4 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

3.1.5 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน

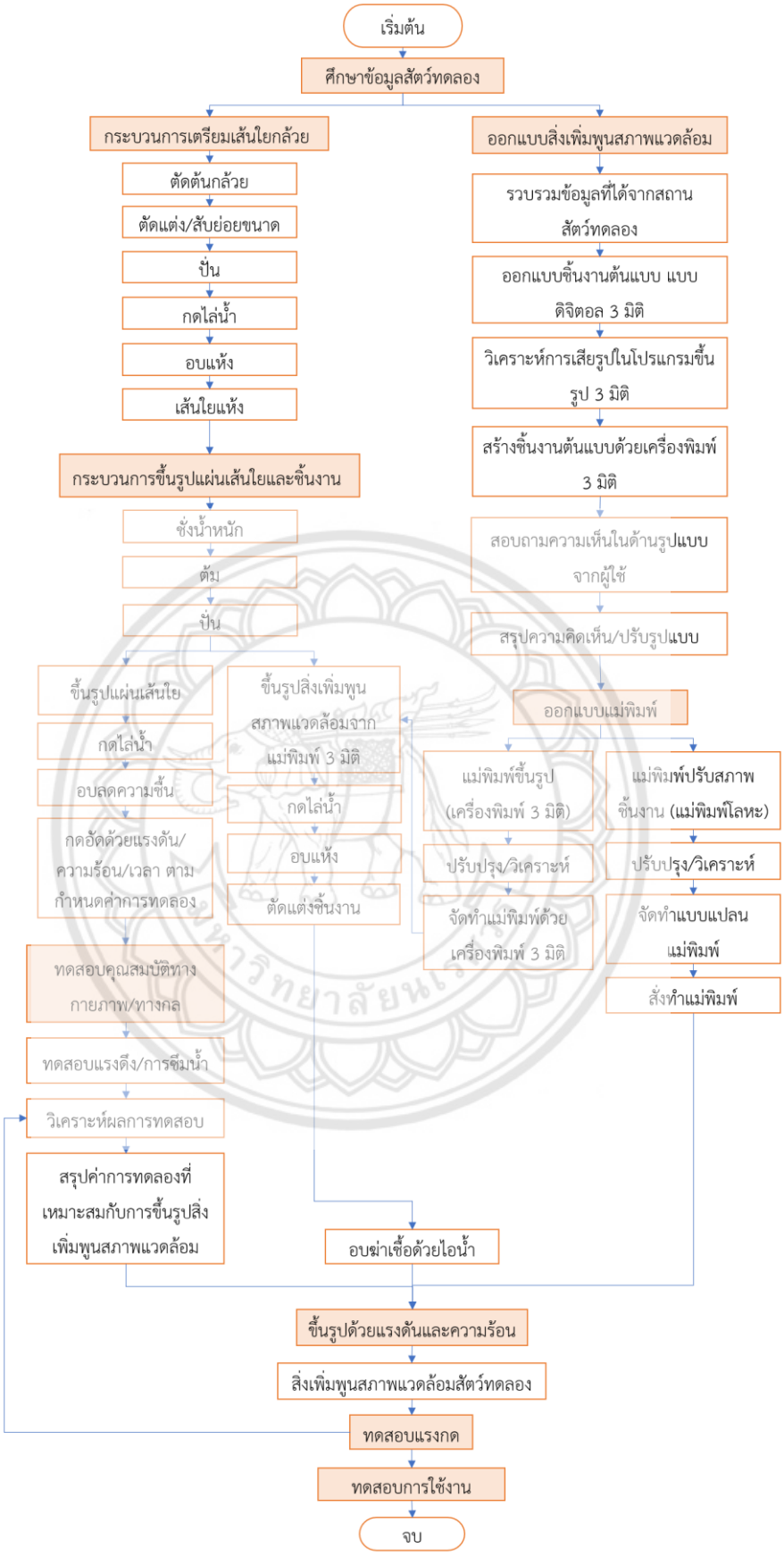
3.1.6 ขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วยตามค่าการทดลองที่กำหนด เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติ และหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงาน

3.1.7 ขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ด้วยการกดไล่น้ำ และหลังจากการอบแห้งจะทำการตัดแต่งส่วนเกินของชิ้นงานให้สมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปอบฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ เพื่อฆ่าเชื้อโรคและทำให้ชิ้นงานมีลักษณะอ่อนตัวลง จากนั้นขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมด้วยแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงาน โดยตัวแปรควบคุมคือ แรงดัน อุณหภูมิ และระยะเวลาในการกดอัด

3.1.8 ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นเส้นใยและชิ้นงาน โดยการทดสอบแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำของเส้นใย เพื่อสรุปและหาสภาวะการขึ้นรูปชิ้นงานที่เหมาะสม

3.1.9 ทดสอบความคงตัวของโครงสร้าง โดยการทดสอบแรงกด

3.1.0 นำส่งชิ้นงานต้นแบบให้กับสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อทดสอบการใช้งานจริง



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 กระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วย

3.2.1 สำรวจและตัดต้นกล้วยที่มีขนาดเหมาะสม โดยตัดลำต้นให้มีความสูงเหนือจากพื้นระยะ 50 เซนติเมตร และมีระยะจากปลายยอด 50 เซนติเมตร จากนั้นตัดแต่งลำต้นและกาบกล้วยในส่วนที่เน่าเสียออก นำเฉพาะลำต้นส่วนที่สมบูรณ์มาใช้

รูปที่ 3.2 สวนกล้วยน้ำว้าสายพันธุ์มะลิอ่อง

3.2.2 หั่นต้นกล้วยออกเป็นท่อนๆให้มีความยาวท่อนละประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นย่อยขนาดด้วยการสับตามแนวยาวของเส้นใย เพื่อให้กาบกล้วยมีขนาดเล็กลงก่อนนำเข้าเครื่องปั่น

รูปที่ 3.3 หั่นต้นกล้วยออกเป็นท่อนละ 5 เซนติเมตร และสับตามแนวยาวของเส้นใย

3.2.3 นำต้นกล้วยที่ผ่านการสับย่อยขนาดและน้ำสะอาดใส่ลงในเครื่องปั่นอาหารขนาด 30 ลิตร มีกำลังมอเตอร์ 3 แรงม้า ด้วยอัตราส่วนระหว่างต้นกล้วยกับน้ำเป็น 2:3 โดยน้ำหนัก โดยปั่นให้เป็นเส้นใยที่มีความละเอียดด้วยระยะเวลา 20-30 นาที เพื่อให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเส้นใยแตกตัวและแยกจากกันได้ดี

รูปที่ 3.4 ปั่นให้ละเอียดด้วยระยะเวลา 20-30 นาที

3.2.4 นำเยื่อกล้วยที่ปั่นจนละเอียดมากรองน้ำออกจากเส้นใย จากนั้นกดไล่น้ำเพื่อนำเส้นใยมากระจายให้ทั่วบริเวณถาด โดยไม่ให้เส้นใยซ้อนทับกันจนหนามากเกินไป

รูปที่ 3.5 เส้นใยกล้วยที่กดไล่น้ำแล้ว

3.2.5 นำถาดเส้นใยกล้วยไปอบในเตาอบ ด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 11 ชั่วโมง ก็จะได้เส้นใยแห้ง

3.3 ศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ

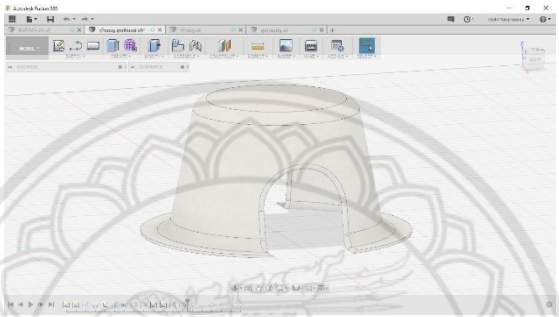
เป็นการศึกษาข้อมูลจากสถานสัตว์ทดลองมหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยการสังเกตุพฤติกรรมทางธรรมชาติที่แสดงออกมา เก็บข้อมูลทางด้านขนาดของลำตัว ความยาวตั้งแต่ปลายหัวจรดโคนหาง และน้ำหนักของสัตว์ทดลองแต่ละช่วงวัย รวมทั้งการเก็บข้อมูลของกรงเลี้ยงที่มีหลากหลายชนิด หลากหลายขนาด และรูปทรงที่แตกต่างกันออกไป เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ มาประกอบกับการออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบให้มีขนาดและรูปทรงที่เหมาะสม

รูปที่ 3.6 สัตว์ทดลองประเภทฟันแทะและกรงเลี้ยง

3.4 ออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะต้นแบบ

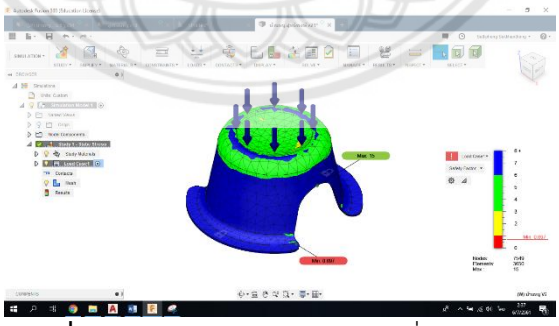
3.4.1 การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบนั้น จะนำข้อมูลทางด้านพฤติกรรม ขนาด และลักษณะของกรงเลี้ยงที่ได้ศึกษามารวบรวม ซึ่งจะนำข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้มาวิเคราะห์ถึงแนวทางการออกแบบชิ้นงาน ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของการเลี้ยงสัตว์ทดลองและกรงเลี้ยงให้มากที่สุด

3.4.2 ออกแบบชิ้นงานต้นแบบ แบบดิจิตอล 3 มิติ ด้วยโปรแกรมฟิวส์ชัน360 (Fusion360) ซึ่งเป็นโปรแกรมการออกแบบ 3 มิติ ที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงาน จำลองรูปแบบสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นงาน รวมถึงใช้ในกระบวนการเตรียมการผลิตได้



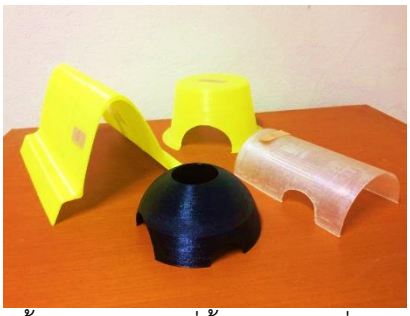
รูปที่ 3.7 สร้างชิ้นงานต้นแบบ แบบดิจิตอล 3 มิติด้วยโปรแกรมฟิวส์ชัน360 (Fusion360)

3.4.3 ชิ้นงานต้นแบบที่ออกแบบมานั้นจะไม่สามารถบ่งบอกถึงการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้ การวิเคราะห์การเสียรูปเนื่องจากแรงหรือภาระที่เป็นเครื่องมือหนึ่งของโปรแกรมฟิวส์ชัน360 จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทราบถึงแนวโน้มการเสียหายเนื่องจากการใช้งานที่อาจเกิดขึ้นได้



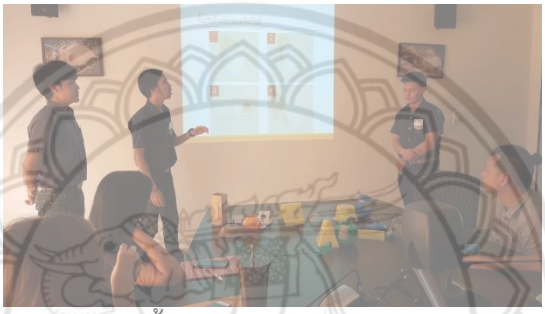
รูปที่ 3.8 การวิเคราะห์การเสียรูปเนื่องจากแรง

3.4.4 ชิ้นงานต้นแบบที่ได้รับการออกแบบจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบเติมเนื้อวัสดุที่จะสามารถขึ้นรูปชิ้นงานจากรูปแบบดิจิตอล 3 มิติ ให้เป็นชิ้นงานต้นแบบที่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 3.9 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

3.4.5 นำชิ้นงานต้นแบบที่จัดทำขึ้นเข้านำเสนอและสอบถามความคิดเห็นของผู้ดูแลสัตว์ทดลอง ณ สถานณ์สัตว์ทดลองเพื่องานวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ถึงความเหมาะสมของรูปแบบการนำไปใช้จริง รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ

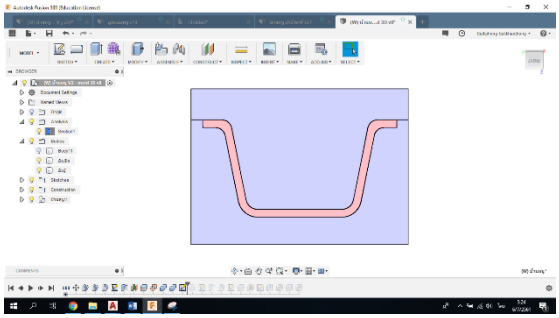


รูปที่ 3.10 นำเสนอรูปแบบของชิ้นงานและสอบถามความคิดเห็นจากผู้ดูแลสัตว์ทดลอง

3.4.6 สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการนำเสนอรูปแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงรูปแบบให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมกับสัตว์ทดลองมากยิ่งขึ้น

3.5 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

3.5.1 การออกแบบแม่พิมพ์ 3 มิติ นั้นจะนำชิ้นงานต้นแบบในรูปแบบดิจิตอลมาสร้างแม่พิมพ์ จะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแม่พิมพ์ตัวผู้ และส่วนแม่พิมพ์ตัวเมีย โดยการสร้างแม่พิมพ์นั้นจะเติมเนื้อวัตถุให้เต็มครอบคลุมชิ้นงานทั้ง 2 ด้าน จากนั้นจะตัดส่วนที่เป็นชิ้นงานหรือช่องว่างออกจนเกิดเป็นแม่พิมพ์ที่มีลักษณะและรูปทรงแบบเดียวกับชิ้นงานต้นแบบ



รูปที่ 3.11 การออกแบบแม่พิมพ์ 3 มิติ

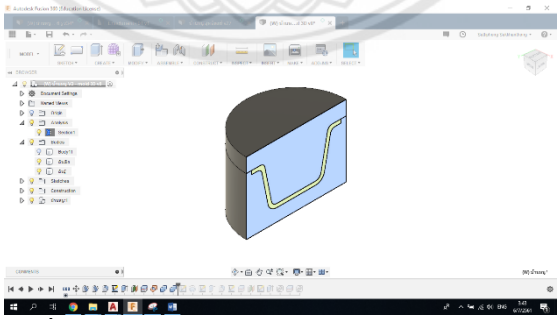
3.5.2 เมื่อได้แม่พิมพ์แล้วจะทำวิเคราะห์รูปแบบทางด้านขนาดและรูปทรงให้มีความเหมาะสมกับการงานแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยกล้วย เมื่อได้แบบที่สมบูรณ์จะทำการตัดแม่พิมพ์ตัวเมียออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของกรอบแม่พิมพ์ด้านนอก และส่วนตะแกรงด้านใน ซึ่งอยู่ในขั้นกระบวนการเตรียมการผลิตก่อนจัดทำแม่พิมพ์ต่อไป

รูปที่ 3.12 แบบดิจิตอล 3 มิติของกรอบแม่พิมพ์ด้านนอก (ซ้าย) และส่วนตะแกรงด้านใน (ขวา)

3.5.3 แม่พิมพ์ 3 มิตินั้นจะจัดทำด้วยเครื่องพิมพ์ 3มิติ แบบเติมเนื้อวัสดุ โดยการจัดทำแยกชิ้นแบบทีละส่วนด้วยการสั่งการ และกำหนดค่าที่ใช้ในการพิมพ์ผ่านโปรแกรมคิวรา (Cura) ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งที่ช่วยสั่งการทำงานให้กับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เมื่อพิมพ์ชิ้นงานแต่ละชิ้นเรียบร้อยแล้ว จึงนำชิ้นส่วนทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันจนเป็นแม่พิมพ์ที่สามารถใช้งานได้

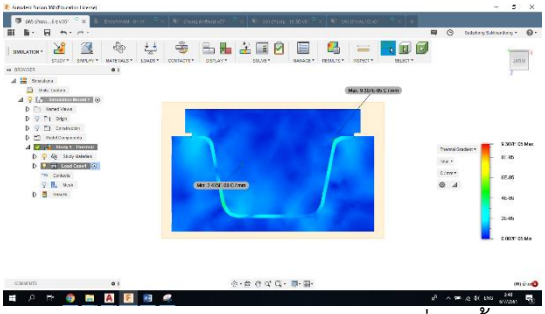
3.6 ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดัน และความร้อน

3.6.1 การออกแบบแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดัน และความร้อน จะนำชิ้นงานต้นแบบในรูปแบบดิจิตอลมาสร้างแม่พิมพ์โดยการสร้างแม่พิมพ์นั้นจะถมชิ้นงานด้วยเนื้อวัตถุให้เต็มครอบคลุมชิ้นงานทั้ง 2 ด้าน จากนั้นจะตัดส่วนที่เป็นชิ้นงานหรือช่องว่างออก จนเกิดเป็นแม่พิมพ์ที่มีลักษณะและรูปทรงแบบเดียวกับชิ้นงานต้นแบบ



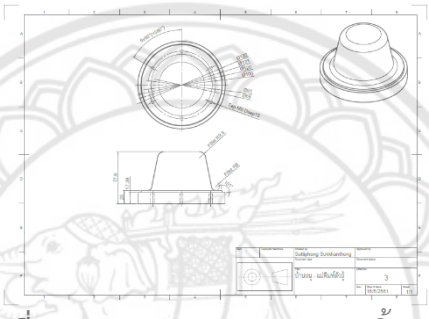
รูปที่ 3.13 การออกแบบแม่พิมพ์ในรูปแบบดิจิตอล

3.6.2 เมื่อแม่พิมพ์ได้รับการออกแบบมาแล้วจะทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของแม่พิมพ์ ด้วยการจำลองการรับแรงรับภาระเนื่องจากแรงและการกระจายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนแม่พิมพ์ ด้วยเครื่องมือสำหรับการจำลองเหตุการณ์ของโปรแกรมฟิวส์ชัน360 (Fusion360) เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มความเป็นไปได้ที่อาจเกิดขึ้นในการใช้งานแม่พิมพ์ และชิ้นงานที่ได้รับการออกแบบจะได้รับการปรับปรุงและแก้ไข เพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 3.14 การวิเคราะห์การกระจายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนแม่พิมพ์

3.6.3 เมื่อรูปแบบของแม่พิมพ์ความร้อนสมบูรณ์แล้ว จะจัดทำแบบแปลนการออกแบบชิ้นงาน เพื่อแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ ให้สามารถผลิตออกมาได้ตรงตามรูปแบบมากที่สุด



รูปที่ 3.15 แบบแปลนการออกแบบชิ้นงาน

3.6.4 นำแบบแปลนที่แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ เข้าติดต่อโรงงานผู้ผลิตและสั่งทำให้สามารถผลิตชิ้นงานให้ตรงกับการออกแบบที่ได้กำหนดไว้

3.7 การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วย

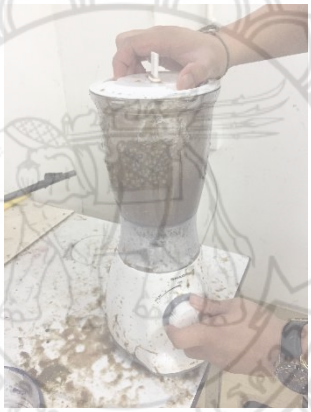
3.7.1 การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยจะเริ่มจากการกำหนดปริมาณเส้นใยที่ต้องการผ่านการชั่งน้ำหนักเส้นใยแห้ง ซึ่งโครงงานนี้ได้จัดทำแผ่นทดสอบคุณสมบัติของเส้นใย โดยกำหนดเส้นใยกล้วยให้มีน้ำหนัก 60 กรัม

รูปที่ 3.16 ชั่งน้ำหนักเส้นใยบนตาชั่ง

3.7.2 ต้มเส้นใยแห้งในน้ำด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 15 นาที ด้วยอัตราส่วนผสมเส้นใยแห้งต่อน้ำสะอาด 2:3 โดยน้ำหนัก

รูปที่ 3.17 ต้มเส้นใยกล้วยในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

3.7.3 ปั่นเส้นใยกล้วยที่ผ่านการต้มในเครื่องปั่นให้ละเอียด เพื่อให้เส้นใยที่ยึดเกาะกันเกิดการแตกตัวและกระจายตัวกันได้ดีขึ้น



รูปที่ 3.18 ปั่นเส้นใยกล้วยให้ละเอียด

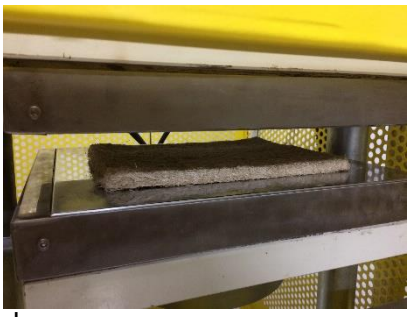
3.7.4 นำเยื่อเส้นใยกล้วยที่ปั่นเรียบร้อยแล้วเทใส่ตะแกรงสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร และมีขนาดรูตะแกรง 1 มิลลิเมตร จากนั่นนำตะแกรงที่บรรจุเยื่อเส้นใยกล้วยไปเกลี่ยในน้ำ เพื่อให้เส้นใยกระจายตัวและมีความหนาเท่ากันทั่วทั้งแผ่น เมื่อเยื่อเส้นใยกล้วยกระจายตัวได้สม่ำเสมอกันจึงนำมากดไล่น้ำตะกร้าที่มีแผ่นไม้และก้อนคอนกรีตหนัก 8 กิโลกรัม จำนวน 2 ก้อน เป็นระยะเวลา 5 นาที

รูปที่ 3.19 กดไล่น้ำ

3.7.5 นำแผ่นเยื่อเส้นใยกล้วยที่กดไล่น้ำแล้วออกจากตะแกรงมาวางเรียงกันในถาด ให้มีระยะห่างที่พอดีไม่ชิดหรือติดกันจนเกินไป จากนั้นนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 ชั่วโมง

รูปที่ 3.20 อบแผ่นเส้นใยด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 11 ชั่วโมง

3.7.6 กดอัดแผ่นเส้นใยกล้วยด้วยค่าแรงดัน 1,200, 1,500 และ 1,700 psi โดยตั้งค่าอุณหภูมิแผ่นให้ความร้อนทั้งบนและล่างให้มีอุณหภูมิ 120, 140 และ 160 องศาเซลเซียส และกดอัดด้วยระยะเวลา 8, 10 และ 12 นาที ตามลำดับ



รูปที่ 3.21 กดอัดด้วยแรงดันและความร้อน

3.8 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากแม่พิมพ์ 3 มิติ

3.8.1 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากเส้นใยกล้วยจะเริ่มจากการกำหนดปริมาณเส้นใยที่ต้องการผ่านการชั่งน้ำหนักเส้นใยกล้วยแห้ง โดยชั่งเส้นใยกล้วยแห้งน้ำหนัก 32 กรัม

รูปที่ 3.22 ชั่งน้ำหนักเส้นใยบนตาชั่ง

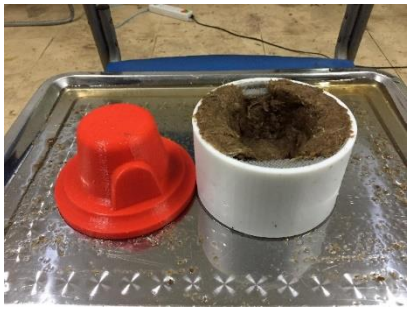
3.8.2 นำเส้นใยแห้งต้มในน้ำด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 15 นาที ด้วยอัตราส่วนผสมเส้นใยแห้งต่อน้ำสะอาด 2:3 โดยน้ำหนัก

รูปที่ 3.23 ต้มเส้นใยกล้วยในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

3.8.3 นำเส้นใยที่ผ่านการต้มมาปั่นในเครื่องปั่นให้ละเอียด เพื่อให้เส้นใยที่ยึดเกาะกันเกิดการแตกตัวและกระจายตัวกันได้ดีขึ้น

รูปที่ 3.24 ปั่นเส้นใยกล้วยให้ละเอียด

3.8.4 เส้นใยที่ได้จากการปั่นจนละเอียดแล้วนำบรรจุลงในแม่พิมพ์ตัวเมียให้มีการกระจายของเส้นใยที่เท่า ๆ กันในทั่วบริเวณ จากนั้นกดไล่น้ำด้วยแม่พิมพ์ตัวผู้เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อลดปริมาณน้ำที่แทรกตัวอยู่ในเส้นใย ซึ่งจะทำให้เส้นใยมีการเกาะตัวที่แน่นมากขึ้น และสามารถคงรูปอยู่ได้เมื่อนำออกจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3.25 บรรจุเส้นใยลงในแม่พิมพ์ 3 มิติ และกดไล่น้ำเป็นระยะเวลา 5 นาที

3.8.5 อบลดความชื้นชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 ชั่วโมง เพื่อให้ชิ้นงานแห้งและมีรูปทรงที่คงรูปอยู่ได้

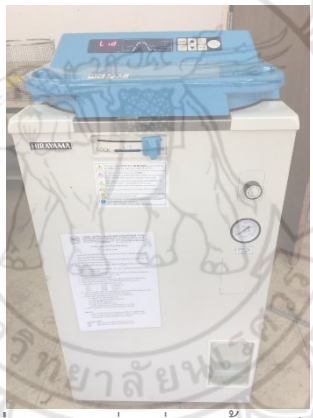
รูปที่ 3.26 อบลดความชื้น 105 องศาเซลเซียส

3.8.6 ตัดแต่งชิ้นงานในส่วนขอบที่เกินออก เพื่อให้ชิ้นงานมีความเรียบร้อยสมบูรณ์ก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อ

รูปที่ 3.27 ชิ้นงานที่ตัดแต่งขอบส่วนเกินออกแล้ว

3.8.7 นึ่งฆ่าเชื้อชิ้นงานด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ แบบฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ ด้วยอุณภูมิ 121 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการตัดแต่งมาเรียงในตะแกรงของตู้นึ่งฆ่าเชื้อ ซึ่งการเรียงชิ้นงานนั้นจะเรียงในลักษณะที่ไม่ซ้อนทับกัน เพื่อให้ชิ้นงานได้สัมผัสกับไอน้ำร้อนได้อย่างทั่วถึง

รูปที่ 3.28 การเรียงชิ้นงานในตะแกรงก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ

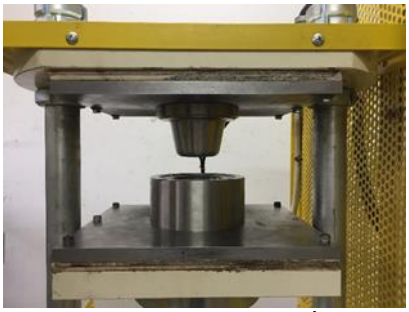


รูปที่ 3.29 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ

3.8.8 เปิดเครื่องอัดไฮดรอลิก และกำหนดอุณหภูมิความร้อนแม่พิมพ์ทั้งด้านบนและด้านล่างให้มีอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.30 ตู้ควบคุมการปรับตั้งอุณหภูมิและเปิด/ปิดเครื่องอัดไฮดรอลิก

3.8.9 นำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วมาบรรจุลงในแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงาน และกดอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกด้วยแรงดัน 1500 psi กดอัดด้วยระยะเวลา 8 นาที

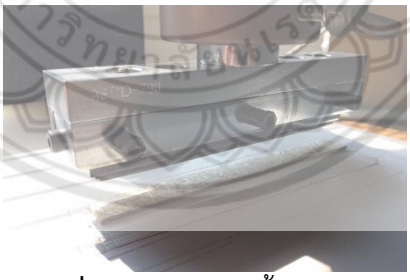


รูปที่ 3.31 กดอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

3.9 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล

การทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยและชิ้นงาน แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบ ดังนี้

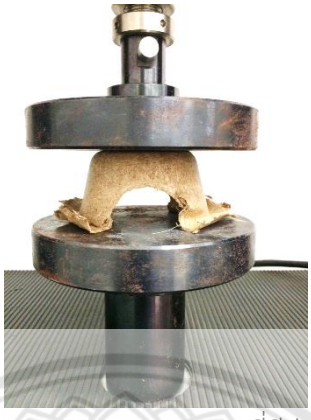
3.9.1 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลที่จะทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติ (Universal Testing Machine) กระบวนการทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM มีดังนี้ E8 สำหรับวัสดุโลหะ D638 สำหรับวัสดุพลาสติก D2343 สำหรับวัสดุไฟเบอร์ D897 สำหรับวัสดุกาว D987 สำหรับวัสดุกระดาษ และ D412 สำหรับวัสดุยาง [12] โดยเครื่องทดสอบติดตั้งโหลดเซลล์ขนาด 5 กิโลนิวตัน โดยตัดชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องตัดชิ้นทดสอบพอลิเมอร์ ที่มีใบมีดตัดลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 1.3 เซนติเมตร ยาว 12.7 เซนติเมตร หนีบจับชิ้นงานทดสอบให้มีระยะห่างระหว่างตัวหนีบจับทั้งสอง 6 เซนติเมตร



รูปที่ 3.32 ใบมีดตัดชิ้นทดสอบ

รูปที่ 3.33 การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติ (Universal Testing Machine)

3.9.2 การทดสอบคุณสมบัติที่จะทดสอบแรงกดที่มีต่อชิ้นงานด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ที่ติดตั้งโหลดเซลล์ขนาด 5 กิโลนิวตัน โดยนำชิ้นงานวางที่ตำแหน่งกึ่งกลางของบริเวณรองรับการทดสอบ และเริ่มการทำงานของเครื่อง ซึ่งมีค่ากำหนดการทดสอบแรงกดที่ระยะ 5.95 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.34 การทดสอบแรงกดที่มีต่อชิ้นงาน

3.9.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพที่จะทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นเส้นใย โดยการตัดชิ้นงานทดสอบให้มีขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทดสอบ (m_1) จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 วินาที แล้วชั่งน้ำหนักชิ้นงานหลังการทดสอบ (m_2) ซึ่งค่าร้อยละการซึมน้ำหาได้จากการนำค่าการทดสอบคำนวณในสมการที่ (1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ} = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

m_1 = มวลชิ้นงานก่อนทดสอบ (kg)
m_2 = มวลชิ้นงานหลังการทดสอบ (kg)

รูปที่ 3.35 ชิ้นงานทดสอบการซึมน้ำ

3.9.4 นำค่าที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยทั้งสามการทดลองมาวิเคราะห์ผล โดยนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันของข้อมูล และค่าการทดลองที่กำหนดในแต่ละรูปแบบ

3.9.5 สรุปค่าการทดลองที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเส้นใยกล้วยให้เป็นสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ เพื่อนำค่าที่สรุปได้ไปใช้กับการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์ความร้อน

3.10 ทดสอบการใช้งาน

สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านขั้นตอนและกระบวนการต่าง ๆ จนได้เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์จะถูกส่งไปทดสอบการใช้งานจริงในกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยานเรศวร ซึ่งผลการทดสอบจะได้รับจากการสังเกตและบันทึก โดยผู้ดูแลการเลี้ยงสัตว์ทดลองถึงความเหมาะสมและชิ้นงานสามารถใช้งานได้จริง

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงงานและวิเคราะห์ผล

4.1 กระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วย

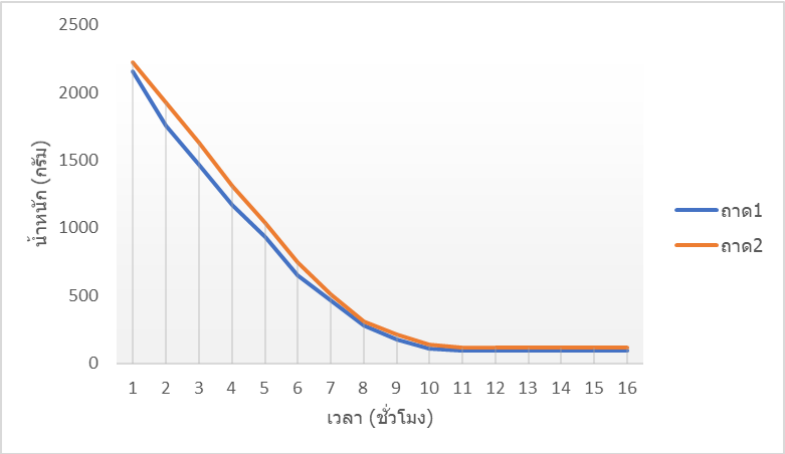
4.1.1 การลงพื้นที่จัดหาต้นกล้วยที่เหลือทิ้งจากการเกษตร เพื่อนำมาเป็นวัตถุวัตถุดิบในการแปรรูปต้นกล้วยเป็นเส้นใยแห้ง โดยทำการตัดแต่งส่วนของลำต้นกล้วยให้มีความยาวท่อนละ 1 เมตร และทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างทางด้านขนาดของต้นกล้วยที่จะนำมาแปรรูปเป็นเส้นใย มีข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางข้อมูลน้ำหนักและเส้นรอบวงเฉลี่ยของต้นกล้วยที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นเส้นใย

ลำดับ	น้ำหนัก (kg)	เส้นรอบวงเฉลี่ย (cm)
1	5.5	38
2	7	42
3	8.8	42.67
4	6.3	35.67
5	6.2	39
6	8.8	44.33
7	4.9	35
8	5.2	35
9	4.9	34.33
10	6.9	41
เฉลี่ย	6.45	38.7

จากข้อมูลที่ได้พบว่าต้นกล้วยที่นำเป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นเส้นใยมีน้ำหนักเฉลี่ย 6.45 กิโลกรัมต่อต้น และมีเส้นรอบวงเฉลี่ย 38.7 เซนติเมตร ซึ่งจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลการปลูกสวนกล้วยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตะโม่สร้างสรรค์ที่มีจำนวนการปลูกต้นกล้วยเฉลี่ย 200 ต้นต่อไร่ โดยการแปรรูปต้นกล้วยเพื่อให้ได้เส้นใยน้ำหนัก 1 กิโลกรัม จะต้องใช้ต้นกล้วยสดน้ำหนัก 20 กิโลกรัม หรือเท่ากับต้องนำต้นกล้วยมาแปรรูปที่มีจำนวนประมาณ 3 ต้น

4.1.2 ต้นกล้วยที่ผ่านการปั่นย่อยขนาดและกดไล่น้ำ เมื่อนำไปอบแห้งในเตาอบที่กำหนดค่าอุณหภูมิไว้ที่ 105 องศาเซลเซียส โดยการอบแห้งนี้ได้บันทึกน้ำหนักของเส้นใยเป็นระยะ ๆ ซึ่งบันทึกน้ำหนักถาดเส้นใยก่อนเข้าเตาอบ และบันทึกน้ำหนักทุก ๆ ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักของถาดไม่เป็นเปลี่ยนแปลง โดยข้อมูลที่นำมาสร้างกราฟเพื่อหาแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของถาดเส้นใยกับเวลาได้หักลบน้ำหนักของถาดเปล่าออกจากน้ำหนักรวมที่ได้ ซึ่งข้อมูลที่ระบุในกราฟจะเป็นน้ำหนักของเส้นใยในแต่ละช่วงเวลา ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของเส้นใยกับเวลา

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของเส้นใยกับเวลา พบว่าน้ำหนักของเส้นใยในถาดที่ 1 เท่ากับ 2157 กรัม และถาดที่ 2 เท่ากับ 2219 กรัม น้ำหนักของเส้นใยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปตามลำดับ โดยน้ำหนักของเส้นใยจะมีค่าคงที่เมื่อเวลาการอบผ่านไปเป็นเวลา 11 ชั่วโมง ถาดที่ 1 มีน้ำหนักเท่ากับ 98 กรัม และถาดที่ 2 มีน้ำหนักเท่ากับ 116 กรัม ซึ่งน้ำหนักจะไม่มีความเปลี่ยนแปลง เพราะฉะนั้นกระบวนการเตรียมเส้นใยจะใช้ระยะเวลาอบแห้งทั้งหมด 11 ชั่วโมงจึงจะได้เส้นใยกล้วยที่แปรรูปเป็นเส้นใยแห้งสำหรับเป็นวัสดุในการขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสัตว์ทดลอง

เส้นใยกล้วยที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 11 ชั่วโมง จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัตถุแห้งของถาดที่ 1 เท่ากับ 4.51 เปอร์เซ็นต์ และถาดที่ 2 เท่ากับ 5.23 เปอร์เซ็นต์ โดยมีวิธีคำนวณดังสมการที่ (2) และ (3)

$$\%\ \text{ความชื้น} = \frac{(W_1-W_2)}{W_1} \times 100 \qquad (2)$$

$$\%\ \text{วัตถุแห้ง} = 100 - (\%\ \text{ความชื้น}) \qquad (3)$$

W_1 = น้ำหนักวัตถุก่อนอบ (kg)
W_2 = น้ำหนักวัตถุหลังอบ (kg)

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถาดที่ 1

$$\%\ \text{ความชื้น} = \frac{(2.175-0.098)}{2.175} \times 100$$
$$= 95.49\ \%$$
$$\%\ \text{วัตถุแห้ง} = 100 - 95.49$$
$$= 4.51\ \%$$

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของถาดที่ 2

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(2.219-0.116)}{2.219} \times 100$$

$$= 94.77\ \%$$

$$\% \text{ วัตถุแห้ง} = 100 - 94.77$$

$$= 5.23\ \%$$

4.1.3 ผลจากการดำเนินกระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วย พบว่ากระบวนการเตรียมเส้นใยกล้วยสำหรับโครงงานนี้ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ

4.1.3.1 สำรวจและตัดต้นกล้วยที่มีขนาดเหมาะสม โดยตัดลำต้นให้มีความสูงเหนือจากพื้นระยะ 50 เซนติเมตร และมีระยะจากปลายยอด 50 เซนติเมตร

4.1.3.2 หั่นต้นกล้วยออกเป็นท่อนๆให้มีความยาวท่อนละประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นย่อยขนาดด้วยการสับตามแนวยาวของเส้นใย

4.1.3.3 ปั่นเยื่อกล้วยให้ละเอียดด้วยอัตราส่วนต้นกล้วยที่สับแล้วต่อน้ำสะอาดเป็น 3:2 ด้วยเครื่องปั่นขนาด 30 ลิตร กำลังมอเตอร์ 3 แรงปั่น ระยะเวลา 20-30 นาที

4.1.3.4 กดไล่น้ำเยื่อกล้วยและนำมากระจายให้ทั่วบริเวณถาด

4.1.3.5 อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 11 ชั่วโมง

กระบวนการนี้สามารถเตรียมเส้นใยแห้งสำหรับขึ้นรูปได้แล้วเสร็จใน 1 วัน ซึ่งสามารถลดขั้นตอน และระยะเวลาไปได้มาก เมื่อเทียบกับกระบวนการเตรียมเส้นใยของงานศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง [10] ที่มีขั้นตอนซับซ้อน และใช้ระยะเวลาในการจัดเตรียมมากกว่า 1 สัปดาห์ ซึ่งผลที่ได้คือเส้นใยกล้วยอบแห้งที่มีลักษณะ และคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน โดยต้นกล้วยสดที่สับย่อยขนาดแล้ว 3 กิโลกรัม สามารถผลิตเป็นเส้นใยแห้งได้ 150 กรัม

4.2 การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทแทะ

4.2.1 ข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันทางด้านพฤติกรรม ขนาด และกรงเลี้ยง

จากการศึกษาข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ ณ สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร สัตว์ทดลองประเภทฟันแทะมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ หนูเมาส์และหนูแรท (รูปที่ 4.2) ซึ่งมีพฤติกรรม, ขนาดและกรงเลี้ยงดังนี้

รูปที่ 4.2 หนูเมาส์ (ซ้าย) , หนูแรท (ขวา) [11]

4.2.1.1 พฤติกรรม

สัตว์ทดลองประเภทฟันแทะนั้นจะมีพฤติกรรมที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ของทั้งสองสายพันธุ์ สัตว์ประเภทนี้จะมีพฤติกรรมชอบกัดแทะสิ่งของ วิ่ง หรือเข้าไปนอนมุดในบริเวณที่แคบ โดยมีข้อแตกต่างของพฤติกรรมของหนูเมาส์ที่ชอบนอนและอาศัยร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่วนหนูแรทจะมีการอาศัยที่สันโดษมากกว่า เนื่องจากจำนวนการเลี้ยงในแต่ละกรง ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้เป็นการแสดงออกถึงธรรมชาติของสัตว์ที่มีต่อสภาพแวดล้อมรอบตัว

4.2.1.2 ขนาด

ขนาดของหนูเมาส์และหนูแรท มีขนาดที่แตกต่างกันมากโดยหนูเมาส์จะมีขนาดเล็กกว่าหนูแรท ตามตารางที่ 4.2

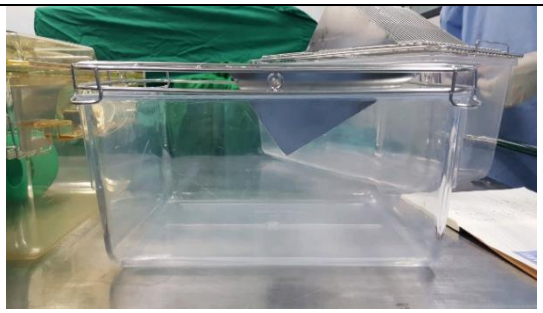
ตารางที่ 4.2 ขนาดของหนูเมาส์และหนูแรท

หนูเมาส์	หนูแรท
- น้ำหนักโดยเฉลี่ย 15-50 กรัม - ความยาว 10-11 ซม. - ความยาวรอบลำตัว 10 ซม.	- น้ำหนักโดยเฉลี่ย 150-700 กรัม - ความยาว 13-20 ซม. - ความยาวรอบลำตัว 15-20 ซม.

4.2.1.3 กรงเลี้ยง

กรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะของสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ประเภทกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ

ลำดับ	ชื่อ	รูปภาพ	ขนาด (กว้างxยาวxสูง)(ซม.^{3})	
			หนูเมาส์	หนูแรท
1	Salaya		17x27x13	24x33x18
2	Filter on top		17x33x13	32x33x18
3	IVC		17x33x13	24x48x22

4.2.2 การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ

จากข้อมูลสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่ศึกษามาได้ข้างต้น คณะผู้จัดทำได้ออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ โดยคำนึงถึงขนาดของกรงทั้ง 3 ประเภท และพฤติกรรมของสัตว์ลองที่ชอบมุดในบริเวณที่แคบ รวมทั้งการกัดแทะที่เป็นสัญชาติญาณโดยธรรมชาติของสัตว์ประเภทฟันแทะ ซึ่งสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้เลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ 2 ประเภท คือ หนูแรทและเมาส์ ซึ่งสัตว์ 2 ประเภท นี้มีขนาดที่แต่งกัน โดยโครงงานนี้จะออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลอง ประเภทหนูเมาส์ โดยมีการออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบทั้งหมด 4 แบบ ดังรูปที่ 4.3 ดังต่อไปนี้

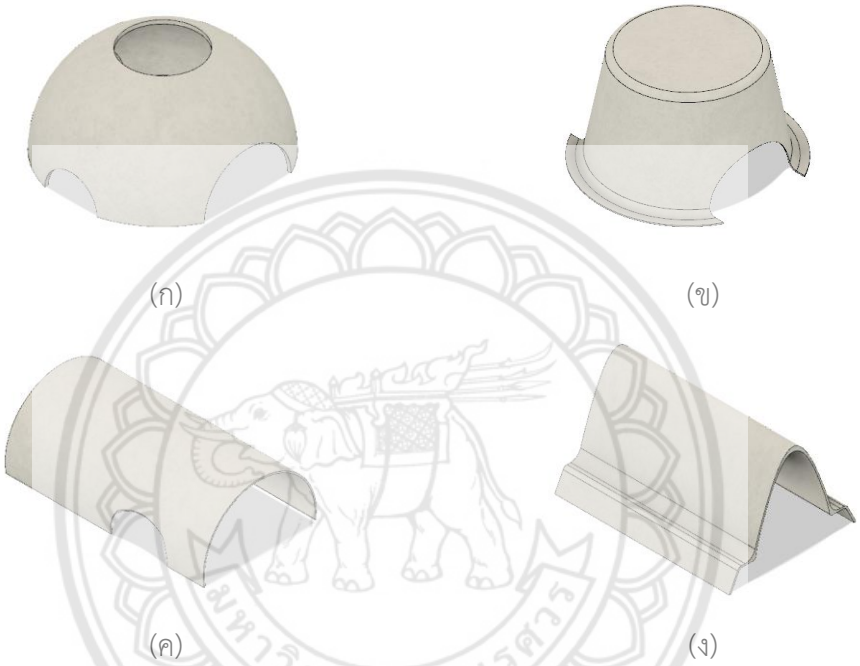
(ก) ชิ้นงานมีลักษณะเป็นทรงโค้งครึ่งวงกลมที่คว่ำลงบนพื้น โดยบริเวณรอบตัวชิ้นงานมีการเจาะรูสำหรับทางเข้าและทางออกไว้ทั้ง 5 รู โดยมีแต่ละรูมีขนาดที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากเพื่อเพิ่มความแตกต่างกันของทางเข้าและออกทั้ง 5 ให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

(ข) ชิ้นงานมีลักษณะเป็นทรงถ้วยคว่ำลงบนพื้น ปากถ้วยและก้นถ้วยเป็นวงกลม บริเวณฐานมีครีบยื่นออกจากตัวชิ้นงานเล็กน้อย เพื่อไว้สำหรับรับแรงและรักษาสภาพการทรงตัว รอบบริเวณ

พื้นผิวด้านข้างมีความลาดเอียงเล็กน้อย ชิ้นงานมีการเจาะรูทางและทางออกจำนวน 2 รู ณ ตำแหน่งเหลี่ยมมุมมีการออกแบบให้โค้งมน เพื่อความกลมกลืนสวยงามของชิ้นงาน

(ค) ชิ้นงานมีลักษณะเป็นทรงกระบอกที่ตัดครึ่งคว่ำลงบนพื้น โดยบริเวณด้านข้างทั้งสองมีการเจาะรูไว้สำหรับเป็นทางเข้าอีกด้าน เพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับชิ้นงานมากยิ่งขึ้น

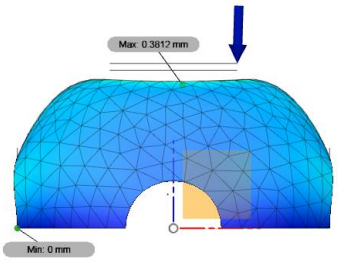
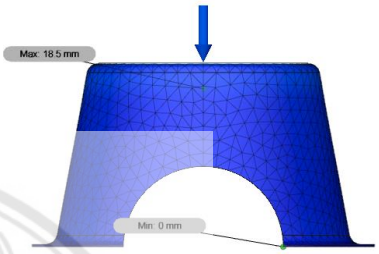
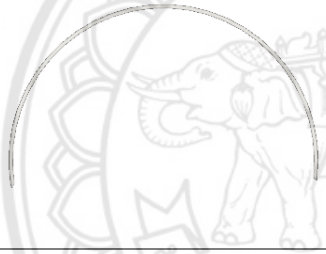
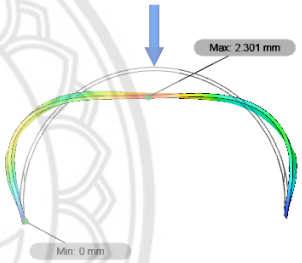
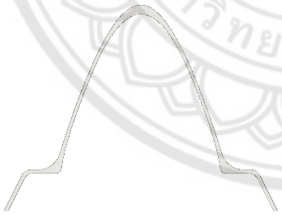
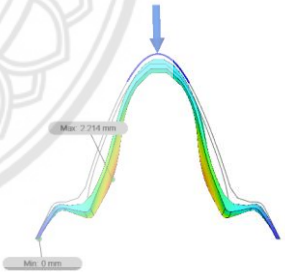
(ง) ชิ้นงานมีลักษณะเป็นทรงสามเหลี่ยมที่มีปลายยอดเป็นมุมโค้ง บริเวณฐานมีครีบยื่นออกมาเล็กน้อยและมีส่วนฐานที่ยื่นจมลงในวัสดุรองนอนที่บรรจุในกรงเลี้ยง เพื่อไว้สำหรับรับแรงและรักษาสภาพให้ชิ้นงานมีการเลื่อนไปด้านใดด้านหนึ่งได้



รูปที่ 4.3 โมเดล 3มิติ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ
แบบที่ 1 (ก), แบบที่ 2 (ข), แบบที่ 3 (ค), แบบที่ 4 (ง)

เมื่อออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบเรียบร้อยแล้ว ได้นำโมเดล 3มิติ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบทั้ง 4 แบบ มาจำลองหาการเสียรูปโดยการให้น้ำหนักแก่โมเดลทางด้านบนจำนวน 10 กิโลกรัม โดยทำการจำลองในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมฟิวส์ชัน360 (Fusion360) ได้ผลดังตารางที่ 4.4

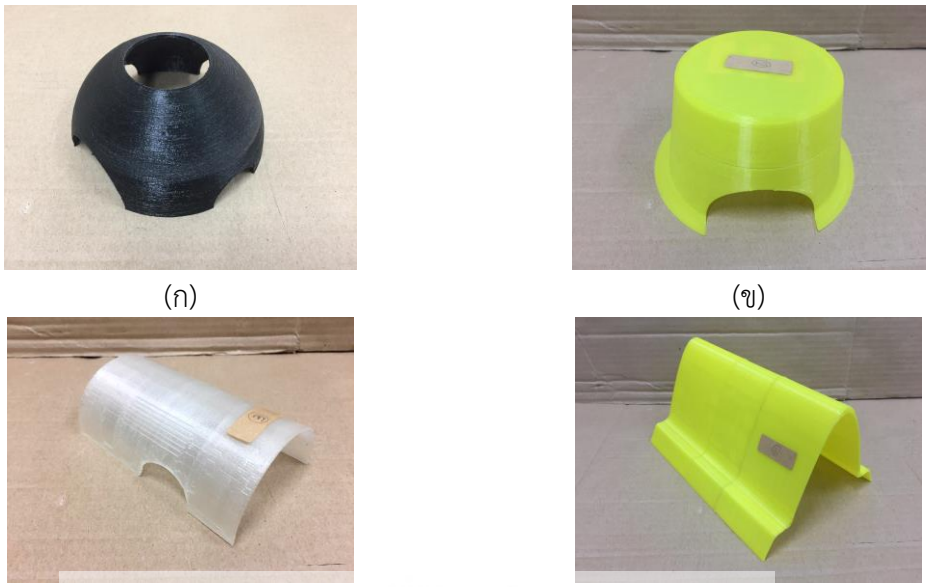
ตารางที่ 4.4 ผลการจำลองก่อนและหลังให้น้ำหนัก

แบบที่	ก่อนให้น้ำหนัก	หลังให้น้ำหนัก
1		
2		
3		
4		

จากตารางที่ 4.4 พบว่าสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ แบบที่ 2 เสียรูปน้อยที่สุดจากทั้งหมด 4 แบบ แสดงว่ามีความความแข็งแรงที่ดี จึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

4.2.3 สอบถามความคิดเห็นต่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบจากผู้ดูแลสัตว์ทดลอง

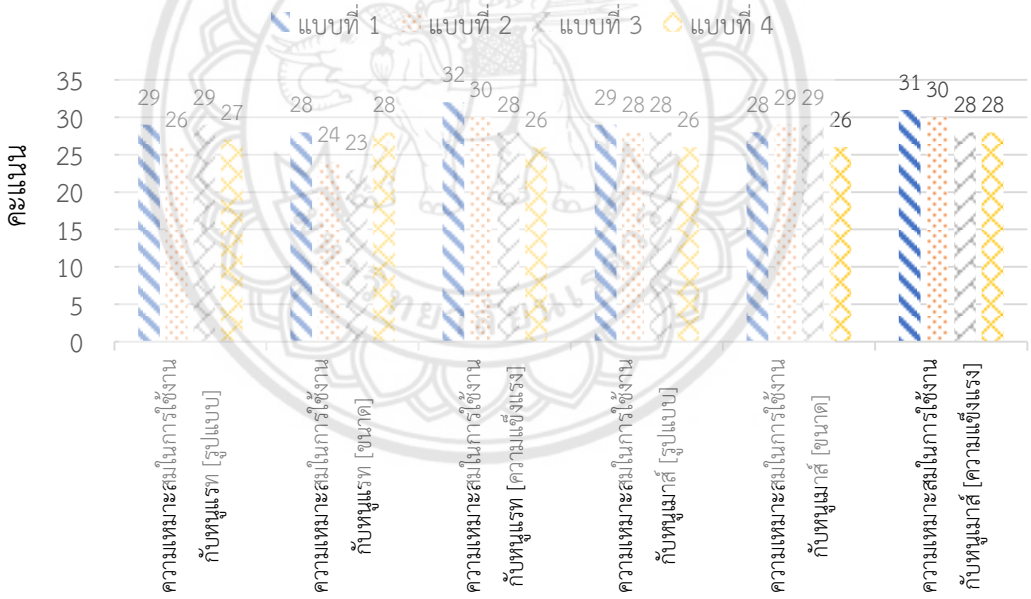
คณะผู้จัดทำได้นำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบทั้ง 4 แบบไปนำเสนอต่อสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบจากผู้ดูแลสัตว์ทดลองทั้งหมด 8 คน ด้วยแบบสอบถาม สามารถสรุปผลความคิดเห็นออกมาเป็นคะแนนได้ดังรูปที่ 4.4



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.4 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ
แบบที่ 1 (ก), แบบที่ 2 (ข), แบบที่ 3 (ค), แบบที่ 4 (ง)



รูปที่ 4.5 กราฟแท่งสรุปคะแนนแบบสอบถาม

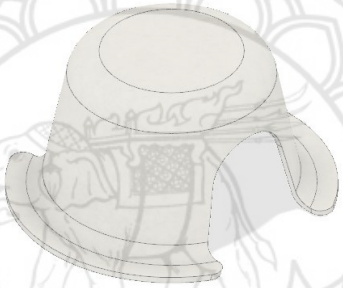
จากรูปที่ 4.5 กราฟแท่งสรุปผลรวมคะแนนทั้งหมดมา 3 อันดับ ได้ดังนี้

1. แบบที่ 1 177 คะแนน
2. แบบที่ 2 167 คะแนน
3. แบบที่ 3 165 คะแนน

สรุปว่า แบบที่ 1 มีคะแนนรวมสูงสุดจึงจะนำมาเป็นต้นแบบในการผลิตสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม แต่เนื่องด้วยแบบที่ 1 โครงสร้างมีแข็งแรงน้อยและเกิดการเสียรูปจากการจำลองให้แรง ทางคณะผู้จัดทำจึงได้นำรูปร่างลักษณะของแบบที่ 1 ที่ผู้ดูแลสัตว์ทดลองชอบนำมารวมเข้ากับแบบที่ 2 ที่มีความแข็งแรงสูงที่สุด และได้ออกมาเป็นสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ดีเหมาะสำหรับนำไปใช้งาน

เมื่อสรุปรูปแบบที่ต้องการได้เรียบร้อยแล้ว จึงได้จัดทำแบบสอบถามอีก 1 ชุด ส่งไปที่สถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมต้นแบบ ว่าต้องการที่จะปรับรูปแบบหรือขนาดเพิ่มเติมหรือไม่

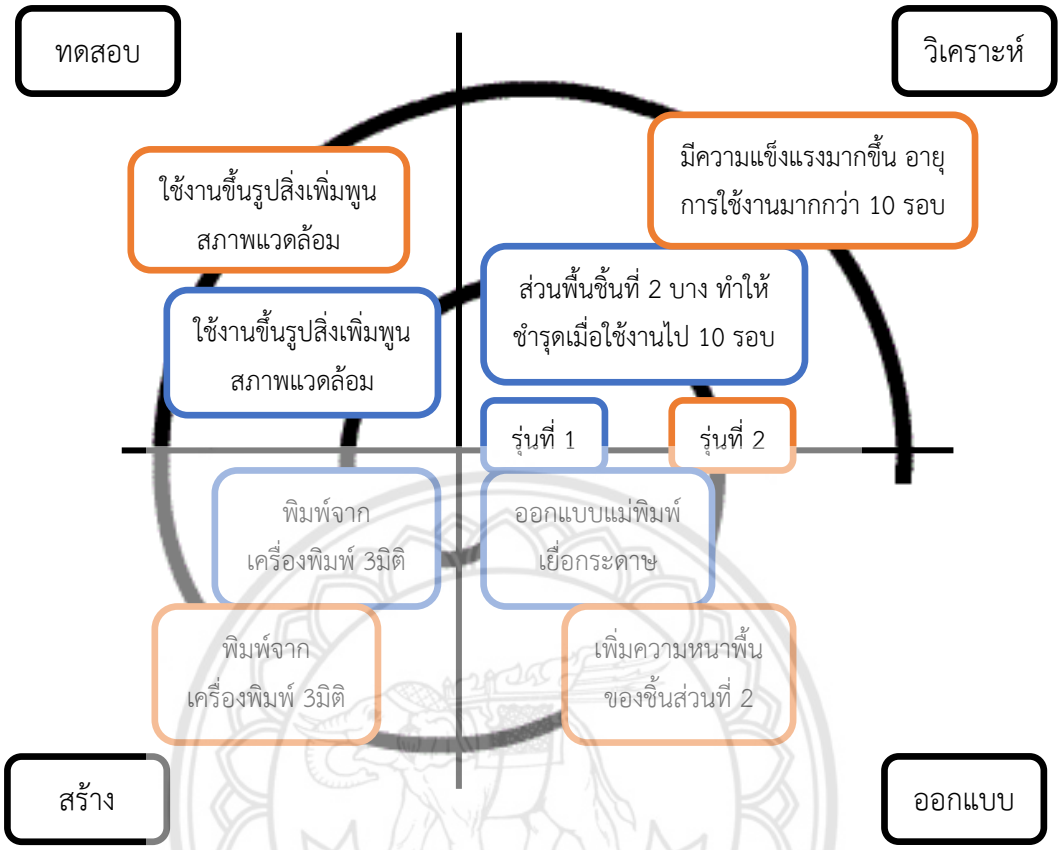
จากผลแบบสอบถามจากสถานสัตว์ทดลองเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ชุดที่ 2 ได้มีการปรับปรุงขนาดของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมให้เล็กลงเหมาะสำหรับหนูเมาส์เพียงชนิดเดียว เนื่องจากหนูแรทมีขนาดตัวที่ใหญ่เกินไป ใหญ่เกินกว่าเครื่องมือที่ทางคณะผู้จัดทำมี ทำให้ไม่สมารถผลิตออกมาได้ ดังนั้น จึงสรุปรูปแบบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะได้ดังรูปที่ 4.6



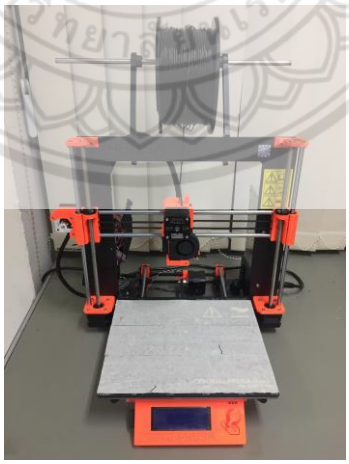
รูปที่ 4.6 โมเดล 3 มิติ สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม

รูปที่ 4.7 ลำดับการพัฒนาของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม

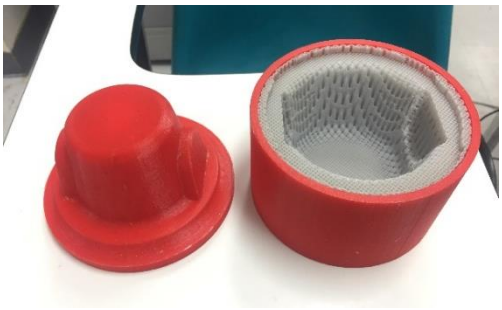
4.3 การออกแบบและพัฒนาแบบแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ



รูปที่ 4.8 กระบวนการพัฒนาแบบก้นหอย ของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ



รูปที่ 4.9 เครื่องพิมพ์ 3มิติ Prusa i3 Mk2



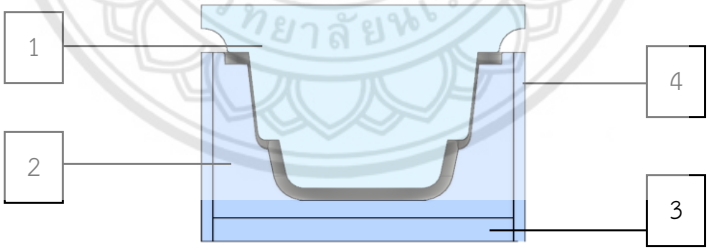
รูปที่ 4.10 แม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ

จากรูปที่ 4.10 แม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ประกอบด้วยแม่พิมพ์จำนวน 2 ส่วน ได้แก่ แม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมีย โดยส่วนของแม่พิมพ์ตัวเมียได้ออกแบบตามทฤษฎีการขึ้นรูปเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการขึ้นรูปด้วยการเติมเนื้อวัสดุ ในบทที่ 2 ทำให้แม่พิมพ์ตัวเมียประกอบด้วยชิ้นส่วน 3 ชิ้น ทั้งหมดจะได้แม่พิมพ์ตัวผู้ 1 ชิ้น และแม่พิมพ์ตัวเมีย 3 ชิ้น รวมเป็น 4 ชิ้น

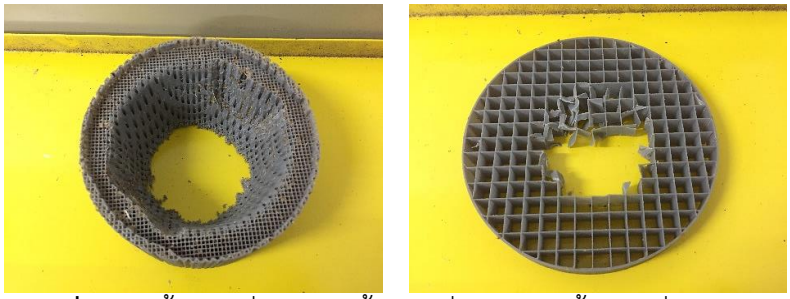
หน้าที่ของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ คือ ใช้สำหรับขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมให้เป็นไปตามรูปทรงที่ออกแบบไว้ และกดไล่น้ำออกจากสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม ก่อนที่จะนำไปอัดด้วยความดันและความร้อนในแม่พิมพ์ความร้อนด้วยแม่พิมพ์โลหะต่อไป แม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ได้พัฒนาออกมาทั้งหมด 2 รุ่น ดังนี้

4.3.1 แม่พิมพ์ 3 มิติ รุ่นที่ 1

แม่พิมพ์ 3มิติ รุ่นที่ 1 ประกอบด้วยแม่พิมพ์ตัวผู้ 1 ชิ้น และแม่พิมพ์ตัวเมีย 3 ชิ้น (รูปที่ 4.11) เมื่อนำไปใช้งานจริงพบปัญหาว่า เมื่อทำการขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมแล้วนำไปกดไล่น้ำออกจากสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม เมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่งพื้นของชิ้นส่วนที่ 2 และ 3 เกิดความเสียหายเนื่องจากแรงอัดที่มากเกินไปและทะลุในเวลาต่อมา ดังรูปที่ 4.12



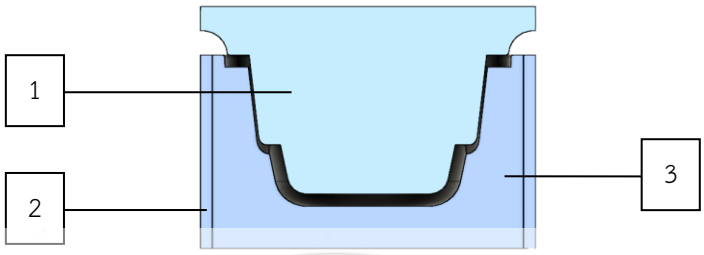
รูปที่ 4.11 ภาพตัดขวางแสดงชิ้นส่วนของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ รุ่นที่ 1



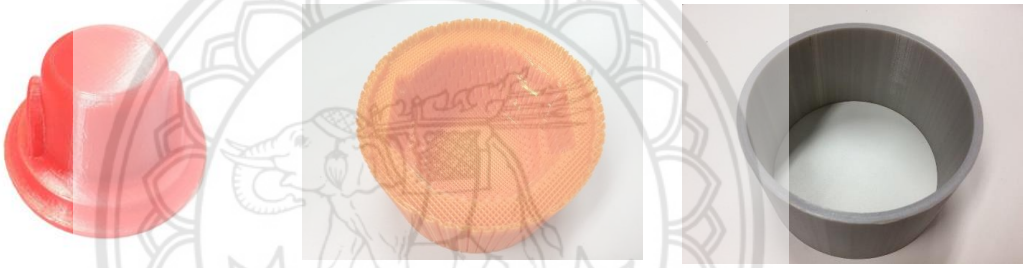
รูปที่ 4.12 ชิ้นส่วนที่เสียหาย ชิ้นส่วนที่ 2 (ซ้าย), ชิ้นส่วนที่ 3 (ขวา)

4.3.2 แม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ รุ่นที่ 2

จากปัญหาที่พบในแม่พิมพ์รุ่นที่ 1 ทำให้พัฒนาแม่พิมพ์รุ่นที่ 2 ขึ้นมา (รูปที่ 4.13) ประกอบด้วยแม่พิมพ์ตัวผู้ 1 ชิ้นและแม่พิมพ์ตัวเมีย 2 ชิ้น โดยได้เพิ่มความหนาพื้นของชิ้นส่วนที่ 2 ให้มากขึ้นจนถึงพื้นล่างสุดของแม่พิมพ์ เพื่อให้รับแรงกดได้มากขึ้น ทำให้ชิ้นส่วนที่ 3 หายไป และเหลือชิ้นส่วนทั้งหมด 3 ชิ้น คือ ส่วนของแม่พิมพ์ตัวผู้ กรอบแม่พิมพ์ด้านนอกและส่วนของตะแกรงด้านในของแม่พิมพ์ตัวเมีย ดังรูป 4.14



รูปที่ 4.13 ภาพตัดขวางแสดงชิ้นส่วนของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ รุ่นที่ 2



(ข) (ค)

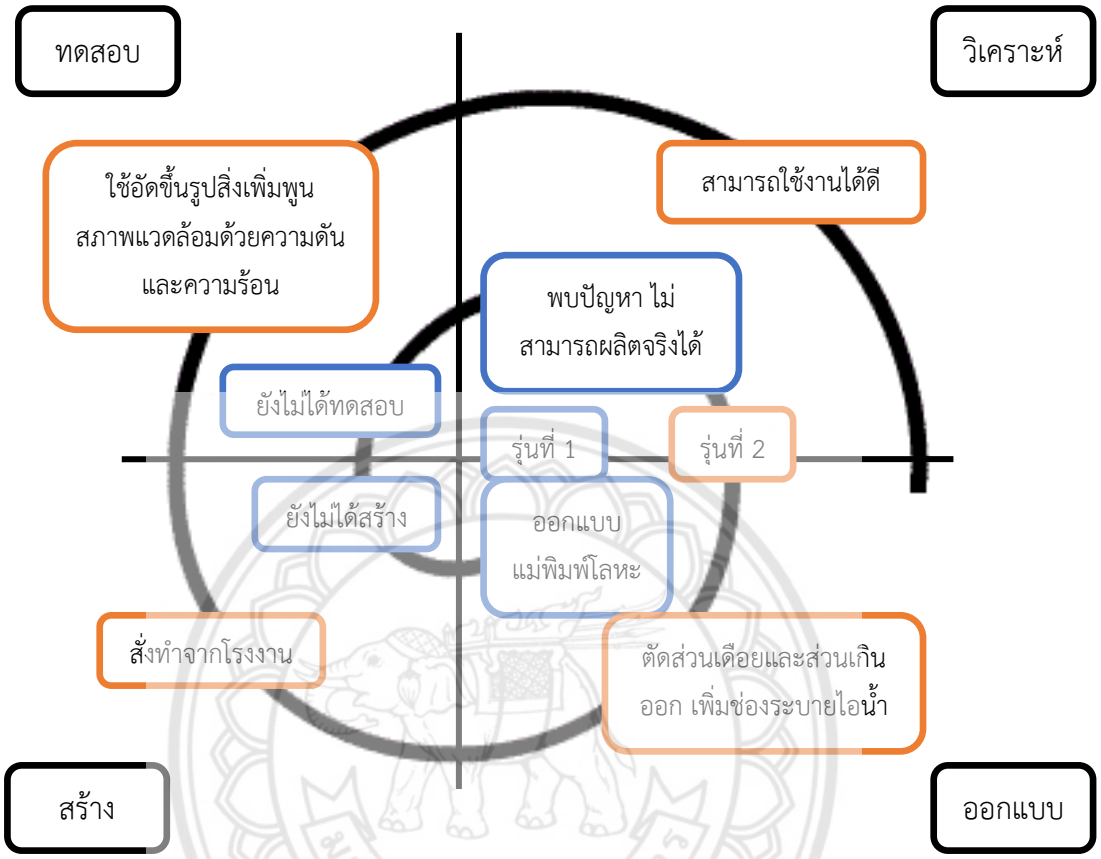
รูปที่ 4.14 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ รุ่นที่ 2
แม่พิมพ์ตัวผู้ (ก), ตะแกรงด้านใน (ข), กรอบแม่พิมพ์ด้านนอก (ค)

ตารางที่ 4.5 สรุปการพิมพ์ชิ้นส่วนแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ

ลำดับที่	ชิ้นส่วน	เวลาในการพิมพ์	ปริมาณวัสดุที่ใช้ (กรัม)	ราคา (บาท)
1	แม่พิมพ์ตัวผู้	11 ชั่วโมง 19 นาที	180	126
2	ตะแกรงด้านใน	9 ชั่วโมง 13 นาที	172	120.4
3	กรอบแม่พิมพ์ด้านนอก	9 ชั่วโมง 6 นาที	97	67.9
	รวม	29 ชั่วโมง 38 นาที	449	314.3

หมายเหตุ : เส้นพลาสติก PLA 1 กรัม ราคา 0.7 บาท

4.4 การออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน

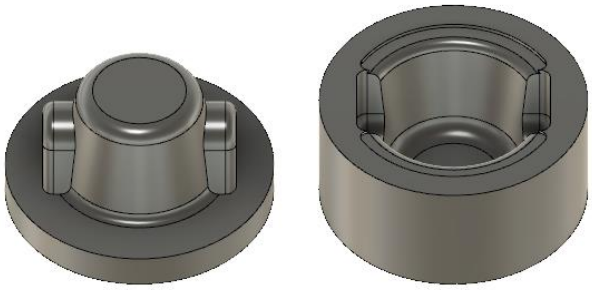


รูปที่ 4.15 กระบวนการพัฒนาแบบก้นหอย ของแม่พิมพ์โลหะ

แม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน (แม่พิมพ์โลหะ) ประกอบด้วยแม่พิมพ์จำนวน 2 ชิ้น คือ แม่พิมพ์ตัวผู้และแม่พิมพ์ตัวเมีย ซึ่งจะนำไปติดตั้งเข้ากับเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่มีอยู่ โดยหน้าที่ของแม่พิมพ์โลหะ คือ ใช้อัดขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ขึ้นรูปมาแล้วให้แน่นยิ่งขึ้นด้วยความดันและแปรสภาพให้คงรูปด้วยความร้อน ในการพัฒนาแม่พิมพ์ความร้อนได้พัฒนาแม่พิมพ์ออกมาทั้งหมด 2 รุ่นดังนี้

4.4.1 แม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 1

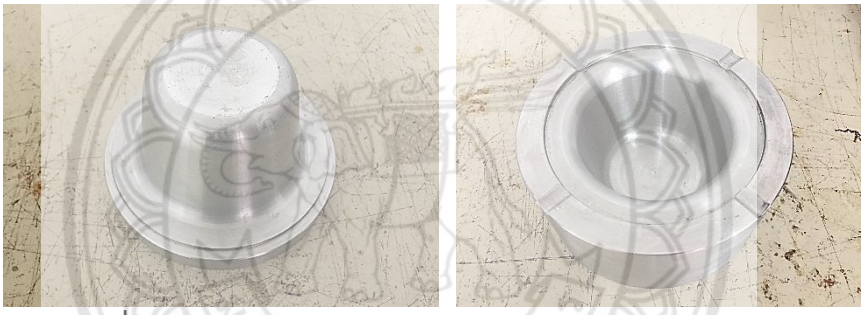
ออกแบบโดยใช้สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่จะทำการผลิตเป็นต้นแบบในการออกแบบ แต่แม่พิมพ์โลหะรุ่นที่ 1 นั้นทำการผลิตด้วยกรรมวิธีทั่วไปได้ยาก ต้องใช้เครื่องจักรที่มีคุณภาพสูงในการผลิตจึงจะสามารถผลิตออกมาได้ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงตามไปด้วย ดังนั้น แม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 1 จึงไม่ได้ถูกนำมาใช้งาน ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 โมเดล 3 มิติ ของแม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 1

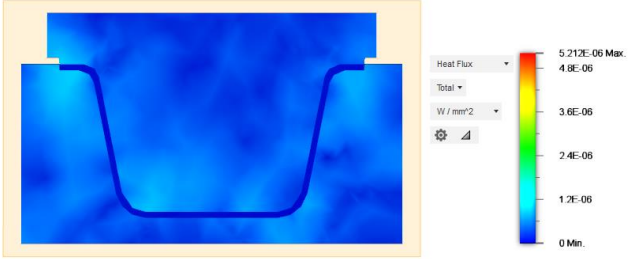
4.4.2 แม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 2

จากปัญหาทางด้านการผลิตของแม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 1 จึงพัฒนาแม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 2 ขึ้นมา โดยทำการตัดส่วนที่เป็นเดือยที่ยื่นออกมาออก, ปรับขนาดของแม่ตัวผู้ โดยการตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออก เพื่อเป็นการประหยัดวัสดุในการผลิต และเพิ่มช่องระบายไอน้ำที่ด้านบนของแม่พิมพ์ตัวเมียเข้าไปด้วย ดังนั้น แม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 2 จึงถูกนำไปผลิตจริง และได้นำมาใช้งาน ดังรูปที่ 4.17

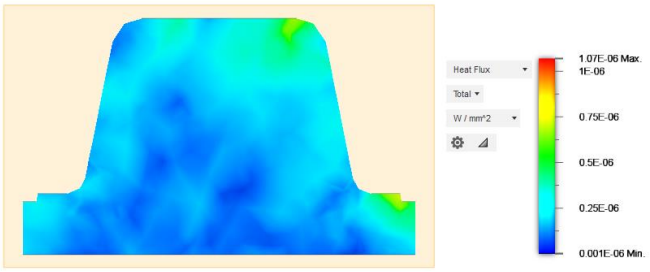


รูปที่ 4.17 แม่พิมพ์โลหะตัวผู้ (ซ้าย) , แม่พิมพ์โลหะตัวเมีย (ขวา)

ก่อนที่จะทำการผลิตจริงของแม่พิมพ์โลหะ รุ่นที่ 2 ได้ทำการจำลองทางความร้อน ในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมฟิวส์ชัน360 (Fusion360) โดยการให้ความร้อนทางด้านบนและด้านของแม่พิมพ์เสมือนแม่พิมพ์กำลังอัดขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพอยู่ เพื่อดูการกระจายตัวของความร้อนในแม่พิมพ์ความร้อนของแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชิ้น และดูว่าความร้อนได้ส่งผ่านตัวแม่พิมพ์ไปถึงตัวชิ้นงานหรือไม่ พบว่าที่อุณหภูมิ 160 ℃ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้งานจริง ความร้อนในตัวแม่พิมพ์มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ และส่งผ่านไปถึงตัวชิ้นอย่างทั่วถึง ดังรูปที่ 4.18

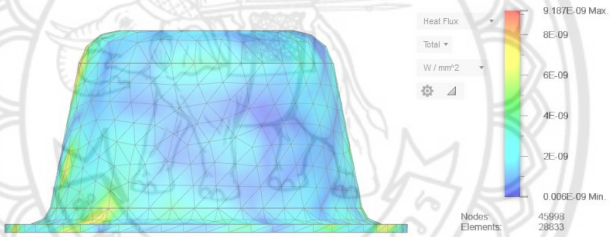


รูปที่ 4.18 การกระจายตัวของความร้อนในแม่พิมพ์โลหะ ที่อุณหภูมิ 160 ℃



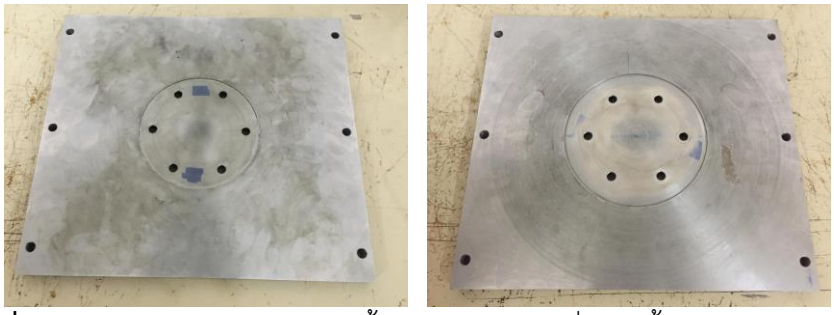
รูปที่ 4.19 การกระจายตัวของความร้อนในแม่พิมพ์โลหะตัวผู้ ที่อุณหภูมิ 160 ℃

รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของความร้อนในแม่พิมพ์โลหะตัวเมีย ที่อุณหภูมิ 160 ℃



รูปที่ 4.21 การกระจายตัวของความร้อนในสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม ที่อุณหภูมิ 160 ℃

เนื่องจากเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่มีอยู่ได้ติดตั้งแม่พิมพ์สำหรับอัดแผ่นเรียบไว้อยู่ จึงไม่สามารถนำแม่พิมพ์โลหะเข้าไปติดตั้งได้ทันที จึงต้องออกแบบแผ่นเหล็กอัดเพื่อเป็นตัวกลางในการติดตั้งระหว่างแม่พิมพ์โลหะกับเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน และด้านล่างของแผ่นเหล็กอัดยังมีช่องใส่แผ่นให้ความร้อนสำหรับให้ความร้อนแก่ตัวแม่พิมพ์ และด้านหลังมีรูสำหรับใส่ตัววัดอุณหภูมิเพื่อวัดอุณหภูมิของแม่พิมพ์ ดังรูป 4.22, 4.23, 4.24 ตามลำดับ



รูปที่ 4.22 แผ่นเหล็กอัด สำหรับติดตั้งแม่พิมพ์กับตัวเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

รูปที่ 4.23 ช่องใส่แผ่นให้ความร้อน ด้านล่างแผ่นเหล็กอัด

รูปที่ 4.24 รูสำหรับใส่ตัววัดอุณหภูมิ ด้านหลังแผ่นเหล็กอัด

ในการประกอบแม่พิมพ์เข้ากับแผ่นเหล็กอัด ใช้โบลท์ขนาด M8 ในการยึดละ 6 ตัว และในการประกอบแผ่นเหล็กอัดเข้ากับเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ฝั่งแม่พิมพ์ตัวผู้ใช้โบลท์และนัทขนาด M8 ในการยึดเข้ากับตัวเครื่อง ส่วนฝั่งแม่พิมพ์ตัวเมียใช้โบลท์ขนาด M8 เดิมที่ใช้ยึดแม่พิมพ์อยู่แล้วในการยึดแผ่นเหล็กอัดฝั่งแม่พิมพ์ตัวเมีย ดังรูปที่ 4.25, 4.26 ตามลำดับ

รูปที่ 4.25 ประกอบแม่พิมพ์โลหะเข้ากับแผ่นเหล็กอัด

รูปที่ 4.26 ประกอบแม่พิมพ์โลหะเข้ากับเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน

ตารางที่ 4.6 สรุปการผลิตชุดแม่พิมพ์โลหะ

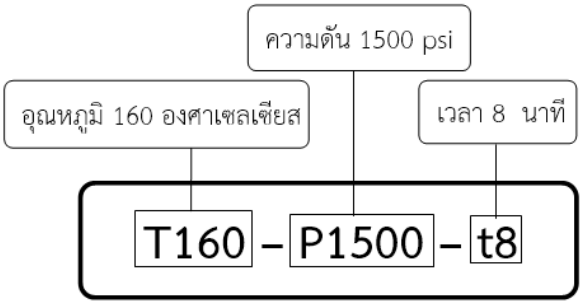
ลำดับที่	ชิ้นส่วน	วัสดุที่ใช้ผลิต	จำนวน (ชิ้น)	ราคา (บาท)
1	แม่พิมพ์ตัวผู้ - ตัวเมีย	stainless steel	2	20000
2	แผ่นเหล็กอัดตัวผู้ - ตัวเมีย	SKD11 steel	2	15000
			รวม	35000

4.5 การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วย

การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยกล้วยหรือการจัดทำแผ่นทดสอบ โดยนำแผ่นเส้นใยที่ผ่านการกดอัดด้วยค่าการทดลองแต่ละรูปแบบนำไปทดสอบคุณสมบัติของเส้นใย ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบของตัวแปรควบคุม คือ ค่าแรงดัน อุณหภูมิ และระยะเวลา ที่มีผลต่อคุณสมบัติของเส้นใย การทดสอบนี้จะหาค่าของตัวแปรทั้ง 3 ที่เหมาะสำหรับใช้ในแม่พิมพ์สำหรับแปรสภาพชิ้นงาน โดยมีค่าการทดสอบ 27 ค่า มีแผ่นทดสอบรวมทั้งหมด 27 แผ่น ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ค่าทดสอบสำหรับจัดทำแผ่นทดสอบคุณสมบัติเส้นใย

อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psi)	ระยะเวลา (min)			แสดงตัวแปรของค่าทดสอบ
		t8	t10	t12	
T120	P1300	42	39	39	น้ำหนัก (g)
		0.47	0.55	0.86	ความหนาแน่น (g /cm^3)
	P1500	35	39	38	น้ำหนัก (g)
		0.79	0.95	0.79	ความหนาแน่น (g /cm^3)
	P1700	38	42	39	น้ำหนัก (g)
		0.93	0.92	0.89	ความหนาแน่น (g /cm^3)
T140	P1300	46	35	47	น้ำหนัก (g)
		0.90	0.81	0.90	ความหนาแน่น (g /cm^3)
	P1500	49	47	54	น้ำหนัก (g)
		0.93	0.91	0.79	ความหนาแน่น (g /cm^3)
	P1700	54	36	58	น้ำหนัก (g)
		0.85	0.91	0.83	ความหนาแน่น (g /cm^3)
T160	P1300	53	39	50	น้ำหนัก (g)
		0.77	0.78	0.83	ความหนาแน่น (g /cm^3)
	P1500	46	48	53	น้ำหนัก (g)
		0.93	0.79	0.79	ความหนาแน่น (g /cm^3)
	P1700	47	49	47	น้ำหนัก (g)
		0.91	0.83	0.84	ความหนาแน่น (g /cm^3)



รูปที่ 4.27 วิธีอ่านชื่อชิ้นงานทดสอบ

โดยที่ T = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
P = ความดัน (psi)
T = เวลา (นาที)

4.6 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของแผ่นเส้นใยกล้วย

4.6.1 สภาวะการอัดขึ้นรูปวัสดุที่เหมาะสม

การอัดขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจากเส้นใยธรรมชาตินั่นเป็นกระบวนการอัดขึ้นรูปทั้งแบบที่ใช้ความร้อนและแบบที่ไม่ใช้ความร้อน โดยวัสดุที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปนั่นเป็นเส้นใยธรรมชาติ ปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการอัดขึ้นรูปจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังนั้นการหาสภาวะการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อชิ้นงานที่จะผลิตออกมาเป็นสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสภาวะการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนเบื้องต้นของวัสดุเส้นใยธรรมชาติที่ใช้ ซึ่งทำให้เกิดการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อชิ้นงาน ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน และเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนจะศึกษาอยู่ในช่วงของค่า 120, 140, 160 องศาเซลเซียส ค่าความดันที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนจะศึกษาอยู่ในช่วงของค่า 1300, 1500, 1700 psi และระยะเวลาที่ในการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนจะศึกษาอยู่ในช่วงของค่า 8, 10, 12 นาที ส่วนการอัดขึ้นรูปแบบที่ไม่ใช้ความร้อนจะเป็นการขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ 3 มิติ เพื่อลดประมาณน้ำหรือความชื้นในชิ้นงานทำให้ชิ้นงานที่ได้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ลดปัญหาการระเหยของไอน้ำเมื่อเจอกับความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงได้ ทำให้ชิ้นงานไม่ฉีกขาด เกิดรูพรุน หรืออาจเกิดชิ้นงานที่แห้งไม่สนิท จากนั้นค่อยนำไปอบให้แห้งสนิทเพื่อนำมาเก็บหรือจะนำไปอบให้เหลือความชื้นเพียงเล็กน้อยแล้วนำมาอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนต่อไป

4.6.1.1 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อกระบวนการอัดขึ้นรูปเส้นใยด้วยความร้อน

อุณหภูมิเป็นหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน อุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญในการทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำแล้วระเหยออกมา จากการศึกษาและทดสอบการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่ความดันคงที่เท่ากับ 1300 psi และใช้เวลาในการอัดคงที่เท่ากับ 8 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสแผ่นทดสอบจะมีค่าการทดสอบความแข็งแรงน้อย มีสีน้ำอ่อนขาวๆ ด้วยอุณหภูมิที่ใช้ยังต่ำเลยทำให้แผ่นทดสอบยังคงพอมีความชื้นอยู่บ้างเล็กน้อย มีผิวเรียบไม่มีรูพรุนหรือ

รอยฉีกขาด แผ่นทดสอบมีความอ่อนตัวอยู่บ้างเล็กน้อย ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสแผ่นทดสอบแข็ง มีสีน้ำตาลเข้มบางจุด ผิวเรียบไม่มีรอยฉีกขาด แผ่นทดสอบแห้งสนิท มีค่ากระทดสอบความแข็งแรงปานกลาง ในระหว่างการอัดตัวมีการระเหยของไอน้ำที่เร็วขึ้น ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ให้ค่าการทดสอบความแข็งแรงมากที่สุดที่สภาวะความดันเท่ากับ 1300 psi และเวลา 8 นาที แผ่นทดสอบมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม แผ่นทดสอบแข็ง ไม่มีรอบฉีกขาด เป็นแผ่นเรียบเนียน แผ่นทดสอบแห้งสนิทอย่างรวดเร็ว จากกรทดสอบเพิ่มอุณหภูมิที่สภาวะความดันคงที่ เวลาคงที่ ค่าความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นความชื้นที่มีในแผ่นทดสอบจะค่อยๆหายไป แต่เมื่อปรับเปลี่ยนความดันและเวลาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงที่ได้จากช่วงของค่าความดันสูงๆ อุณหภูมิสูงๆ และใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปนานขึ้นจะได้ค่าความแข็งแรงที่ลดน้อยลง เนื่องจากความร้อนสะสมไปทำลายคุณสมบัติของวัสดุเส้นใยที่ใช้จากคุณสมบัติความเหนียวทำให้กลายเป็นแข็งเปาะเลยทำให้ค่าความแข็งแรงนั้นลดลง จึงทำให้ได้ค่าความแข็งแรงที่เหมาะที่ใช้งานได้อยู่ในช่วงของอุณหภูมิสูง แต่ใช้ความดันกลางๆ และใช้เวลาในการอัดตัวที่น้อยลง

4.6.1.2 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อกระบวนการอัดขึ้นรูปเส้นใยด้วยความร้อน

ในกระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนความดันที่ใช้ในการอัดมีผลต่อตัวชิ้นงานเรื่องของการบีบอัดเพื่อไล่ความชื้นและค่าความแข็งแรงของชิ้นงาน ในการทดสอบนี้จะใช้การอัดขึ้นรูปที่ความดัน 1300 psi 1500 psi 1700 psi โดยใช้เวลาคงที่เท่ากับ 8 นาที และอุณหภูมิคงที่เท่ากับ 120 องศาเซลเซียส จะพบว่าเมื่อเพิ่มความดันมากขึ้นไอน้ำที่จะระเหยออกมาจะระเหยออกมาได้มากขึ้นและยังทำให้แผ่นทดสอบเริ่มมีสีที่เข้มขึ้นจากผิวสัมผัสที่ถูกอัดตัวเข้าไปมากขึ้น แผ่นทดสอบจะแข็งตัวมากขึ้นเล็กน้อย และจะมีค่าความแข็งแรงมากสุดที่ความดัน 1500 psi แล้วจึงลดลง แต่ในทางกลับกันที่อุณหภูมิสูงๆอย่าง อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสเมื่อเพิ่มความดันสีของแผ่นทดสอบจะมีรอยไหม้ลดลง แผ่นทดสอบเรียบเนียนขึ้น แต่ความแข็งของแผ่นทดสอบยังเหมือนเดิมเมื่อเพิ่มความดันแผ่นทดสอบก็จะแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความแข็งแรงจะมากที่สุดคือ 1500 psi และจะค่อยๆลดลงเมื่อเพิ่มความดันเหมือนเดิม

4.6.1.3 อิทธิพลของระยะเวลาที่มีผลต่อกระบวนการอัดขึ้นรูปเส้นใยด้วยความร้อน

เวลาเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการลดความชื้นในใยเส้นธรรมชาติให้ออกจากชิ้นงานให้จนแห้งหมด ไม่อย่างงั้นอาจจะทำให้ชิ้นงานที่ได้ออกมานั่นแข็งเกินไปหรืออ่อนเกินไปหรืออาจจะทำให้เส้นใยเกิดการไหม้ได้ ในชิ้นงานที่มีความชื้นสูงจะต้องใช้เวลาในกระบวนการอัดตัวสูงตามไปด้วย เพื่อหาค่าการทดสอบของเวลาที่เหมาะสมจึงได้นำค่าการสอบมาเปรียบเทียบกัน โดยจะใช้ค่าอุณหภูมิคงที่ ค่าความดันคงที่ และค่าความชื้นในเส้นใยธรรมชาติเท่ากับ 20% (ความชื้น) มาทดสอบทั้ง 27 ค่าการทดสอบ พบว่า ที่เวลา 8 นาทีค่าความแข็งแรงที่ได้จะน้อยมาก แต่เมื่อเพิ่มค่าของเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปเป็น 10 นาที , 12 นาที จะทำให้ได้ค่าความแข็งแรงที่มากขึ้นตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและความดันให้มากขึ้นเป็น 140°C, 160°C , 1500 psi, 1700 psi ค่าความแข็งแรงที่เพิ่ม-ลดก็จะมีความแตกต่างกันมากขึ้น

4.6.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกล

4.6.2.1 ผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นทดสอบจากเส้นใยธรรมชาติ

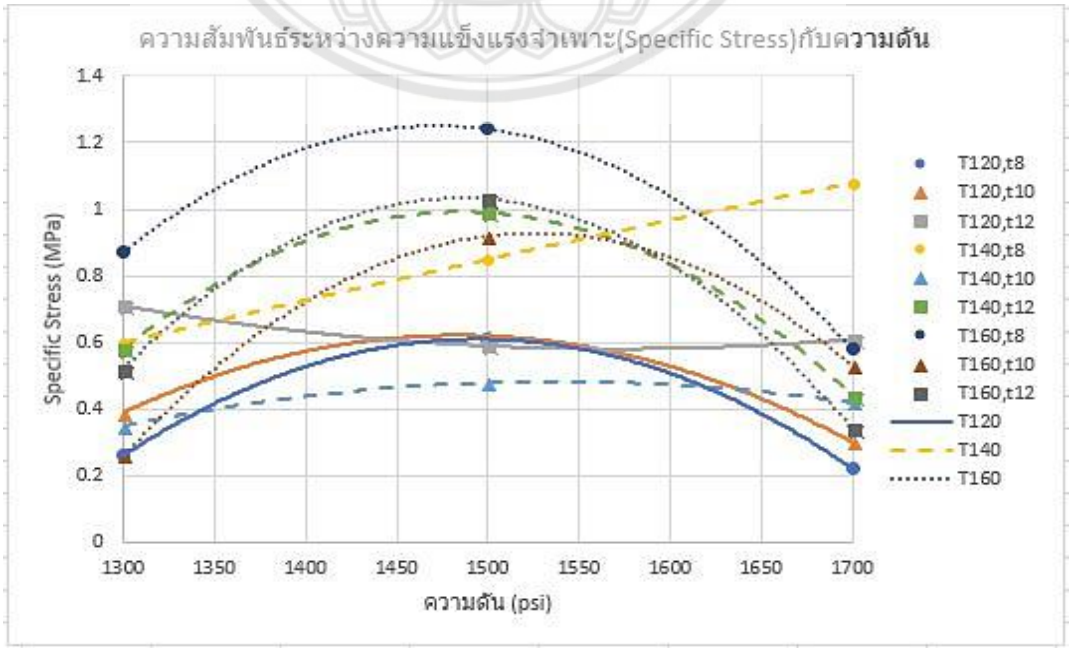
การทดสอบแรงดึง (Tensile test) เป็นการทดสอบพื้นฐานอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ โดยการทดสอบแรงดึงใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุนั้น ๆ ภายใต้แรงดึงหรือการยืดในแนวแกน ข้อมูลและการคำนวณในการทดสอบแรงดึงได้จากการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงแรงกด (Universal Testing Machine, UTM) ซึ่งผลทดสอบแรงดึงจะมาจากชิ้นทดสอบของแต่ละค่าทดสอบจำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 ค่าทดสอบแล้วจึงนำมาเป็นค่าเฉลี่ยและค่าที่ได้ออกมาประกอบไปด้วย ค่าของแรงที่รับได้ต่อหน่วยพื้นที่ (Stress) ซึ่งจะมีผลทดสอบแสดงดังในตาราง 4.7 ค่าการเปลี่ยนแปลงของวัตถุเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ (Strain) และทำให้สามารถคำนวณค่าความยืดหยุ่น (Young's modulus) จะแสดงผลทดสอบดังตาราง 4.9 และรูปที่ 4.28, 4.29, 4.30, 4.31 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 แสดงผลค่าความแข็งแรง (Stress) และค่าความแข็งแรงจำเพาะ (Specific Stress) จากการทดสอบแรงดึงของค่าทดสอบทั้ง 27 ค่าทดสอบ

อุณหภูมิ (℃)	ความดัน (Psi)	ระยะเวลา (min)			แสดงตัวแปรของค่าทดสอบ
		t8	t10	t12	
T120	P1300	0.12	0.22	0.61	Stress (MPa)
		0.26	0.39	0.71	Specific Stress (MPa)
	P1500	0.48	0.59	0.46	Stress (MPa)
		0.61	0.62	0.59	Specific Stress (MPa)
	P1700	0.20	0.28	0.54	Stress (MPa)
		0.22	0.30	0.61	Specific Stress (MPa)
T140	P1300	0.54	0.28	0.52	Stress (MPa)
		0.60	0.35	0.58	Specific Stress (MPa)
	P1500	0.79	0.44	0.78	Stress (MPa)
		0.85	0.48	0.99	Specific Stress (MPa)
	P1700	0.92	0.39	0.37	Stress (MPa)
		1.08	0.42	0.44	Specific Stress (MPa)
T160	P1300	0.67	0.21	0.44	Stress (MPa)
		0.87	0.26	0.52	Specific Stress (MPa)
	P1500	1.16	0.73	0.82	Stress (MPa)
		1.24	0.92	1.03	Specific Stress (MPa)
	P1700	0.53	0.44	0.29	Stress (MPa)
		0.58	0.53	0.34	Specific Stress (MPa)

ตารางที่ 4.9 แสดงผลค่าความยืดหยุ่น (Modulus) และค่าความยืดหยุ่นจำเพาะ (Specific Modulus) จากการทดสอบแรงดึงของค่าทดสอบทั้ง 27 ค่าทดสอบ

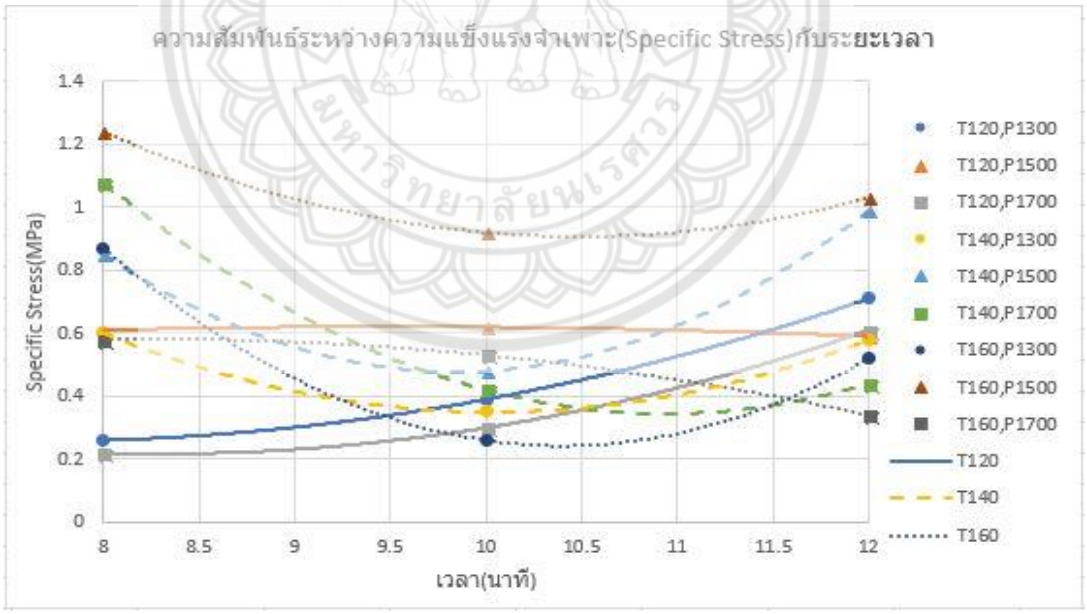
อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (Psi)	ระยะเวลา (min)			แสดงตัวแปรของค่าทดสอบ
		t8	t10	t12	
T120	P1300	56.01	67.68	248.46	Modulus (MPa)
		117.97	122.97	290.49	Specific Modulus (MPa)
	P1500	249.39	347.98	263.11	Modulus (MPa)
		317.58	367.73	334.06	Specific Modulus (MPa)
	P1700	320.14	140.45	364.61	Modulus (MPa)
		344.34	152.17	409.90	Specific Modulus (MPa)
T140	P1300	366.80	193.91	495.47	Modulus (MPa)
		406.20	240.35	550.03	Specific Modulus (MPa)
	P1500	593.81	373.78	512.35	Modulus (MPa)
		639.88	412.70	654.52	Specific Modulus (MPa)
	P1700	513.06	407.35	536.58	Modulus (MPa)
		602.61	446.55	643.15	Specific Modulus (MPa)
T160	P1300	633.47	260.23	936.33	Modulus (MPa)
		825.37	334.57	1122.69	Specific Modulus (MPa)
	P1500	532.49	1432.95	1135.18	Modulus (MPa)
		572.88	1819.38	1430.96	Specific Modulus (MPa)
	P1700	378.22	272.02	301.25	Modulus (MPa)
		415.77	327.78	356.56	Specific Modulus (MPa)



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงจำเพาะกับความดัน

จากการทดสอบแรงดึงพบว่าที่ค่าทดสอบ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi เวลา 8 นาที มีค่าความแข็งแรงจำเพาะมากที่สุดเท่ากับ 1.245 เมกะปาสคาล (MPa) และค่าความแข็งแรงจำเพาะเกือบทั้งหมดของแต่ละค่าการทดสอบจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือเมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi จะมีค่าความแข็งแรงจำเพาะเพิ่มขึ้นจากเดิมในแต่ละค่าการทดสอบและเมื่อเพิ่มความดันเป็น 1700 psi ค่าความแข็งแรงจำเพาะจะลดลง จึงทำให้ค่าทดสอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1700 psi เวลา 8 นาทีมีค่าความแข็งแรงจำเพาะน้อยที่สุดเท่ากับ 0.215 เมกะปาสคาล (MPa) ยกเว้นค่าการทดสอบที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 12 นาที จะมีแนวโน้มต่างจากค่าการทดสอบอื่น ๆ คือเมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi ค่าความแข็งแรงจำเพาะจะลดลงจาก 0.709 เมกะปาสคาล (MPa) เหลือ 0.585 เมกะปาสคาล (MPa) และจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.610 เมกะปาสคาล (MPa) เมื่อเพิ่มความเป็น 1700 psi กับค่าทดสอบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที จะมีค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจาก 0.602 เมกะปาสคาล (MPa) เป็น 0.849 เมกะปาสคาล (MPa) และ 1.084 เมกะปาสคาล (MPa) เมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi และ1700 psi ตามลำดับ

ข้อสังเกตของแต่ละค่าการทดสอบจะพบว่า ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะมีแนวโน้มเหมือนกันทั้งหมดเมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi ค่าความแข็งแรงจำเพาะจะเพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อเพิ่มความดันจาก 1500 psi เป็น 1700 psi และจะมีค่าทดสอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 12 นาที กับอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที ที่จะมีแนวโน้มต่างจะค่าทดสอบในช่วงเวลาอื่น ๆ

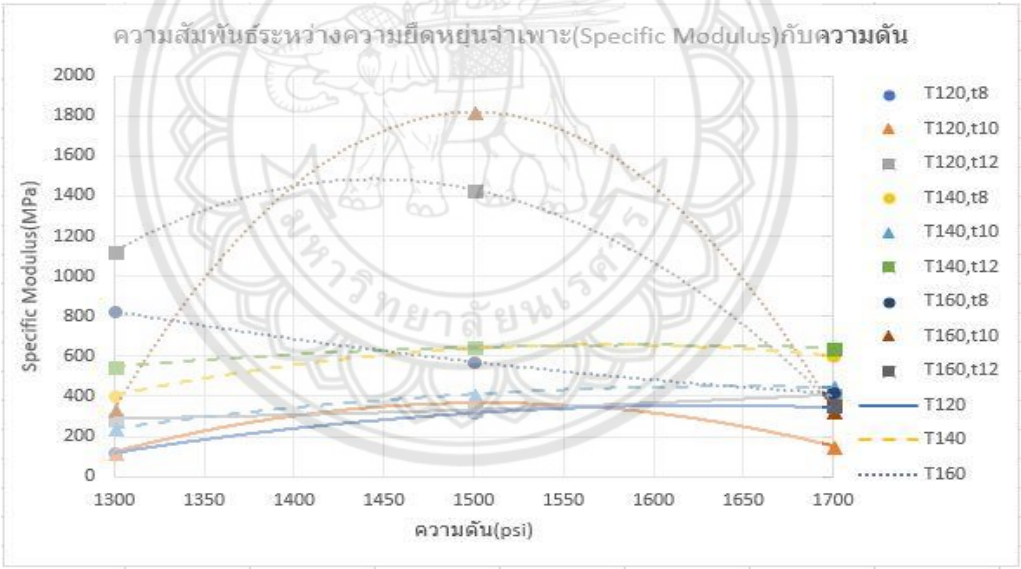


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงจำเพาะกับระยะเวลา

จากการนำชิ้นทดสอบเส้นใยทั้ง 5 ชิ้นทดสอบมาทดสอบแรงดึงและเฉลี่ยจะพบว่าที่เวลา 8 นาที อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi จะมีค่าความแข็งแรงจำเพาะมากที่สุดเท่ากับ 1.245 เมกะปาสคาล (MPa) และพบว่าแนวโน้มส่วนใหญ่ของค่าความแข็งแรงจำเพาะจากการทดสอบจะลดลงเมื่อเพิ่มเวลาจาก 8 นาที เป็น 10 นาที และจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาเป็น 12 นาที

ยกเว้นที่ความดัน 1300 psi กับ ความดัน 1700 psi ของอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มเวลาจาก 8 นาที เป็น 10 นาที และ 12 นาที ค่าความแข็งแรงจำเพาะจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 0.259 เมกะปาสคาล (MPa) เป็น 0.392 และ 0.709 เมกะปาสคาล (MPa) กับ 0.215 เมกะปาสคาล (MPa) เป็น 0.302 และ 0.610 เมกะปาสคาล (MPa) ตามลำดับ จึงทำให้ได้ค่าความแข็งแรงจำเพาะที่น้อยที่สุดเท่ากับ 0.215 เมกะปาสคาล (MPa) และที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi เมื่อเพิ่มเวลาจาก 8 นาที เป็น 10 นาที ค่าความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นจาก 0.610 เมกะปาสคาล (MPa) เป็น 0.620 เมกะปาสคาล (MPa) และค่าความแข็งแรงจำเพาะจะลดลงเป็น 0.585 เมกะปาสคาล (MPa) เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 12 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1700 psi ค่าความแข็งแรงจะลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 0.582 เมกะปาสคาล (MPa) เป็น 0.531 และ 0.337 เมกะปาสคาล (MPa) เมื่อเพิ่มเวลาจาก 8 นาที เป็น 10 และ 12 นาที ตามลำดับ

ข้อสังเกตจากความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงจำเพาะกับระยะเวลาพบว่า ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสส่วนใหญ่ค่าความแข็งแรงจะเพิ่งขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูป และที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส กับที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่เมื่อเวลาจาก 8 นาที เป็น 10 นาที จะมีค่าความแข็งแรงจำเพาะจะลดลงและจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูปเป็น 12 นาที

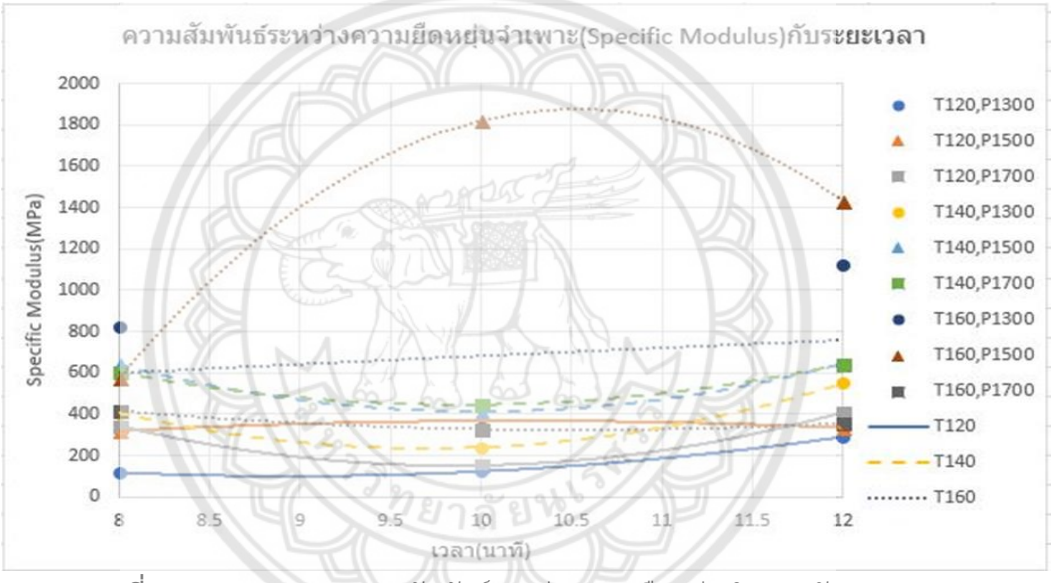


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นจำเพาะกับความดัน

จากการทดสอบแรงดึงของเส้นใยเพื่อทดสอบคุณสมบัติความยืดหยุ่นของเส้นใย พบว่า ค่าการทดสอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 8 และ 12 นาที จะมีค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 และ 1700 psi แต่ที่เวลา 10 นาที เมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะจะเพิ่มขึ้นจาก 122.967 เมกะปาสคาล (MPa) เป็น 367.727 เมกะปาสคาล (MPa) และจะลดลงเหลือ 152.172 เมกะปาสคาล (MPa) เมื่อเพิ่มความดันเป็น 1700 psi ซึ่งทำให้ค่าทดสอบที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1700 psi เวลา 10 นาที เป็นค่าทดสอบที่มีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุดเท่ากับ 152.172 เมกะปาสคาล (MPa) และที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ทุกช่วงเวลาจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันหมดคือ เมื่อเพิ่มความ

ดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi และ 1700 psi ค่ายืดหยุ่นจำเพาะจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ค่าความยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi ทำให้ได้ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะของอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi เวลา 10 นาที เท่ากับ 1819.383 เมกะปาสคาล (MPa) เป็นค่าความยืดหยุ่นจำเพาะที่มากที่สุด แต่จะมีค่าความยืดหยุ่นจำเพาะของอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 8 นาที เมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 และ 1700 psi ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะจะลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 825.373 เมกะปาสคาล (MPa) เป็น 572.882 และ 415.768 เมกะปาสคาล (MPa)

ข้อสังเกตที่พบคือ ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะจะสูง ทั้งเวลา 8 นาที 10 นาที และ 12 นาที ส่วนที่อุณหภูมิ 120 ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะจะน้อยและใกล้เคียงกัน และที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส จะมีแนวโน้มของค่าความยืดหยุ่นจำเพาะไปในทางเดียวกันทุกช่วงเวลาที่ 8, 10, 12 นาทีและความดันที่ 1300, 1500, 1700 psi



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นจำเพาะกับระยะเวลา

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นจำเพาะกับระยะเวลาที่ได้จากการทดสอบแรงดึงจะพบว่ามีเพียงค่าทดสอบที่ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi กับที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi ที่จะมีแนวโน้มเหมือนกันคือ เมื่อเพิ่มเวลาจาก 8 นาที เป็น 10 นาทีค่าความยืดหยุ่นจำเพาะจะมีค่าเพิ่มขึ้นและเมื่อเพิ่มเวลาเป็น 12 นาที ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะจะลดลง และทำให้ค่าทดสอบที่ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi เวลา 10 นาที เป็นค่าทดสอบที่มีค่าความยืดหยุ่นจำเพาะมากที่สุด เท่ากับ 1819.383 เมกะปาสคาล (MPa) และค่าทดสอบที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1300 psi จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆเมื่อเพิ่มเวลาจาก 8 นาที เป็น 10 และ 12 นาที ซึ่งทำให้ได้ค่าทดสอบที่อุณหภูมิ 120 ความดัน 1300 psi เวลา 8 นาที มีค่าความยืดหยุ่นจำเพาะเท่ากับ 119.974 เมกะปาสคาล (MPa) และเป็นค่าที่น้อยที่สุดส่วนค่าทดสอบที่เหลืออีก 24 ค่า จะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันเมื่อเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูปจาก 8 นาที เป็น 10 นาที ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะจะมีค่าลดลงและจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาเป็น 12 นาที

ข้อสังเกตจากความสัมพันธ์ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะกับระยะเวลาจะพบว่าที่แต่ละอุณหภูมิในช่วงเวลา 10 นาที จะมีค่าความยืดหยุ่นจำเพาะที่ใกล้เคียงกันและที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะให้ค่าความยืดหยุ่นจำเพาะที่สูงอย่าง 1819.383 เมกะปาสคาล (MPa) 1430.964 เมกะปาสคาล (MPa) และ 1122.694 เมกะปาสคาล (MPa)

4.5.2.2 ผลการทดสอบแรงกดของชิ้นทดสอบจากเส้นใยธรรมชาติ

การทดสอบแรงกด (Compression test) เพื่อจะได้ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ค่าที่ได้จะเป็นตัวบงบอกถึงความคงทน ความแข็งแรงที่จะสามารถรับน้ำหนักหรือทนแรงที่จะมากระทำต่อชิ้นงานได้มากน้อยเพียงใด โดยการสอบแรงกดจะใช้การตรวจจับพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุภายใต้แรงกดในแนวแกนจากการยุบตัวที่ 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาค่าของแรงมากที่สุดที่จะกระทำกับชิ้นงาน ข้อมูลและการคำนวณในการทดสอบแรงกดได้จากการทดสอบชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรง (Stress) มากที่สุด คือ ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi และระยะเวลาในการอัด 8 นาที ซึ่งผลการทดสอบแรงกดจะประกอบไปด้วย แรงที่มากระทำกับชิ้นทดสอบ (Load) ค่าของการยุบตัวที่ 10 เปอร์เซ็นต์ (Extension at 10%) ซึ่งผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.9

รูปที่ 4.32 ชิ้นทดสอบก่อนเริ่มทดสอบ

รูปที่ 4.33 ชิ้นทดสอบขณะเริ่มทดสอบ

รูปที่ 4.34 ชิ้นทดสอบหลังการทดสอบเสร็จ

หมายเหตุ : ชิ้นงานทดสอบมีค่าความยืดหยุ่นพอสมควรหลังการทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเพียงเล็กน้อย ชิ้นงานทดสอบสามารถรับแรงที่จะมากระทำได้สูงก่อนจะมีการเสียรูปเกิดขึ้น

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณแรงที่การยุบตัวเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์

จำนวนชิ้นทดสอบ	แรงกระทำ (N)
ชิ้นทดสอบที่ 1	246.61
ชิ้นทดสอบที่ 2	200.40
ชิ้นทดสอบที่ 3	300.89
ชิ้นทดสอบที่ 4	316.97
ชิ้นทดสอบที่ 5	272.54
รวม (เฉลี่ย)	267.48

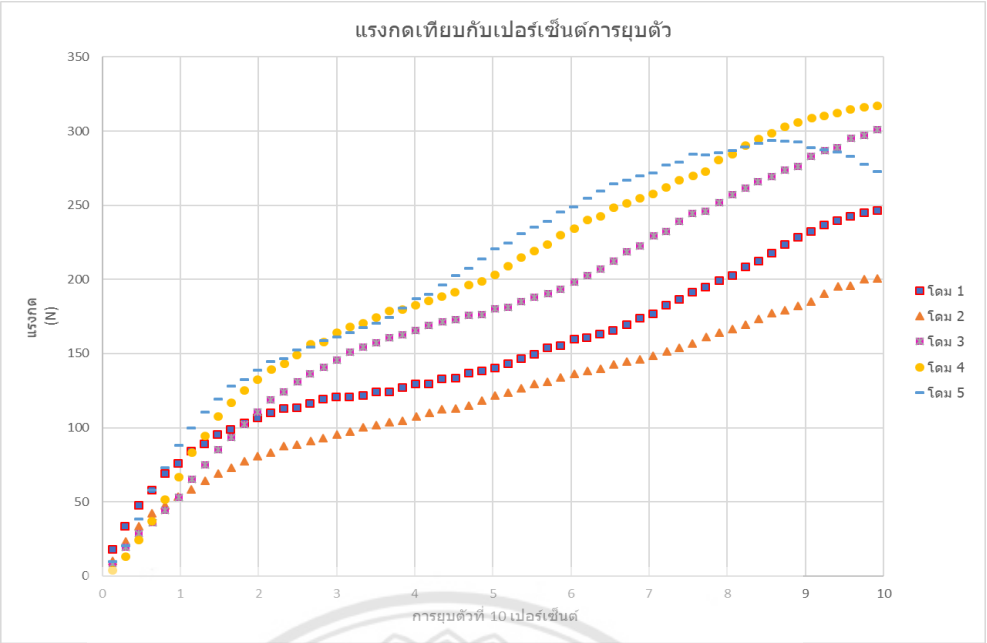
พิจารณาจากน้ำหนักของสัตว์ทดลองที่จะนำมาใช้งานกับชิ้นทดสอบมีน้ำมากสุดอยู่ 50 กรัม จำนวน 5 ชิ้น

จะได้ว่าแรงที่จะมากระทำ = 50 กรัม x 5 ชิ้น x 0.001 กิโลกรัม x 9.81

= 2.45 N

คำนวณหาค่าความปลอดภัย (safety factor) คือ

$$\frac{\text{แรงที่มากระทำทั้งหมด}}{\text{แรงที่กระทำ}} = \frac{267.48}{2.45} = 109.065$$



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มากดอัดกับเปอร์เซ็นต์การยุบตัวที่ 10 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบแรงกด พบว่าค่าของความแข็งแรงนั่นจะสามารถดูได้จากการรับภาระแรงที่มากระทำกับตัวชิ้นงานทดสอบและค่าของเปอร์เซ็นต์การยุบตัวของชิ้นทดสอบ เมื่อทำการการทดสอบจากชิ้นทดสอบทั้ง 5 ชิ้นทดสอบค่าที่ได้ออกมาจะมีทิศทางไปในทางเดียวกันคือเมื่อเวลาในการกดมากขึ้น แรงที่มากระทำต่อชิ้นทดสอบจะค่อยๆมากขึ้นส่งผลให้การยุบตัวมีเปอร์เซ็นต์มากขึ้น ในส่วนของชิ้นทดสอบที่จะเสียรูปส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ช่วงของการยุบตัวที่ 10 เปอร์เซ็นต์ เฉพาะการยุบตัวกับแรงที่มากดจึงถูกศึกษาอยู่ในช่วงของ 10 เปอร์เซ็นต์แรก และที่การยุบตัวที่ 10 เปอร์เซ็นต์สามารถทนรับแรงที่มากระทำได้มากที่สุดเฉลี่ยประมาณ 267.48 นิวตัน สามารถคำนวณค่าความแข็งแรงที่เผื่อเอาไว้สำหรับที่อาจจะมีการเพิ่มลดของน้ำหนักตัวสัตว์ทดลองหรือค่าความปลอดภัยเท่ากับ 109.065

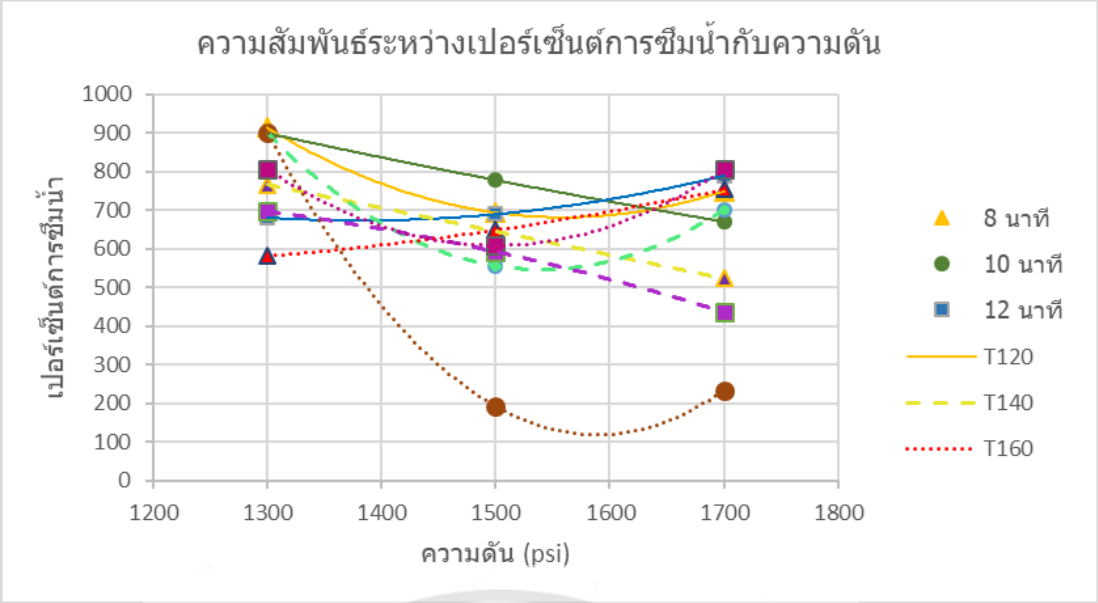
4.5.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานถือว่าเป็นการทดสอบพื้นฐานที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง ที่จะทำให้ทราบว่าชิ้นงานที่จัดทำขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานได้จริงในสภาวะใดได้บ้าง เช่นเดียวกันกับสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมได้ทำชิ้นทดสอบขึ้นมาจากสภาวะการอัดขึ้นที่อุณหภูมิ ความดัน และเวลาตามที่กำหนดไว้ทั้งหมด 27 ค่าการทดสอบ และใน 1 ค่าการทดสอบจะมีทั้งหมด 5 ชิ้นทดสอบเพื่อนำมเปรียบเทียบกันเพื่อลดค่าของความผิดพลาดลงให้น้อยที่สุด การทดสอบทางกายภาพของชิ้นทดสอบจะเป็นการทดสอบการซึมน้ำ เพื่อที่จะดูการซึมน้ำในแต่ละค่าการทดสอบแล้วนำมาพิจารณากับค่าความแข็งแรงเมื่อมีกรซึมน้ำเข้าไปแล้ว

4.5.3.1 ผลทดสอบค่าการซึมน้ำของเส้นใย

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการซึมน้ำของเส้นใยกล้วยในแต่ละค่าการทดสอบ

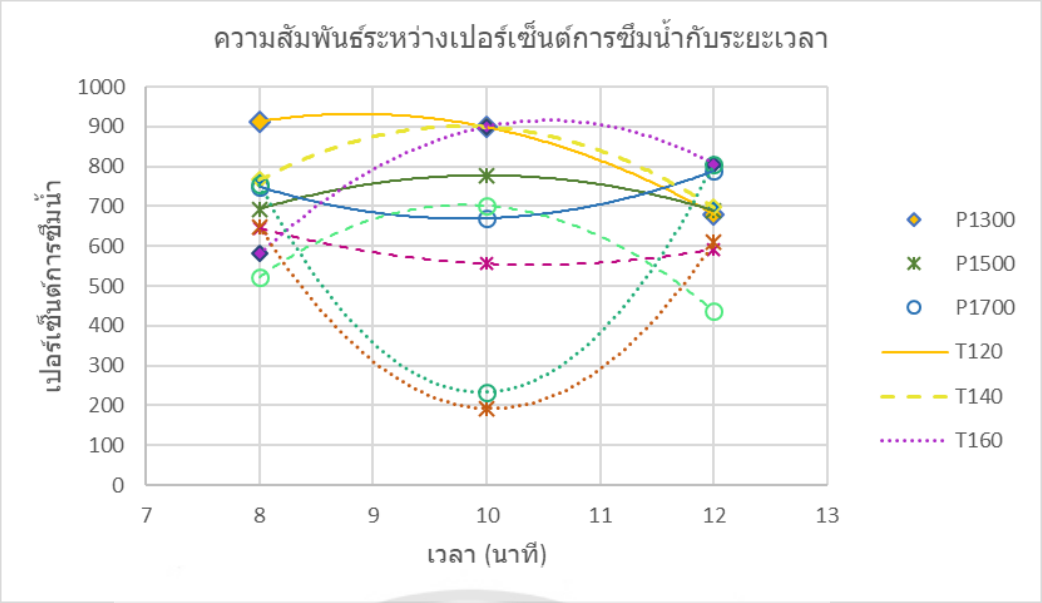
ลำดับ	สภาวการณ์			น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)	เปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ (%)
	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (psi)	เวลา (min)			
1	T120 - P1300 - t8			1.619	16.413	912.9
2	T140 - P1300 - t8			1.414	12.208	765.91
3	T160 - P1300 - t8			1.709	11.616	580.72
4	T120 - P1300 - t10			1.39	13.874	898.92
5	T140 - P1300 - t10			1.088	10.834	898.9
6	T160 - P1300 - t10			1.387	13.877	900.17
7	T120 - P1300 - t12			1.845	5.057	174.19
8	T140 - P1300 - t12			1.585	12.581	696.71
9	T160 - P1300 - t12			1.639	14.702	806.44
10	T120 - P1500 -t8			1.363	10.962	693.29
11	T140 - P1500 - t8			1.561	11.409	645.02
12	T160 - P1500 - t8			1.461	10.918	648.23
13	T120 - P1500 - t10			1.484	10.337	777.44
14	T140 - P1500 - t10			1.647	10.657	555.87
15	T160 - P1500 - t10			1.644	4.875	192.75
16	T120 - P1500 - t12			1.507	11.836	689.18
17	T140 - P1500 - t12			1.641	10.952	592.53
18	T160 - P1500 - t12			1.664	11.493	608.66
19	T120 - P1700 - t8			1.498	12.793	749.3
20	T140 - P1700 - t8			1.543	9.496	522.69
21	T160 - P1700 - t8			1.578	13.462	753.74
22	T120 - P1700 - t10			1.58	11.086	669.9
23	T140 - P1700 - t10			1.26	10.092	701.43
24	T160 - P1700 - t10			1.713	5.789	233.7
25	T120 - P1700 - t12			1.299	11.566	789.37
26	T140 - P1700 - t12			1.669	8.644	436.27
27	T160 - P1700 - t12			1.579	14.144	805.32



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำกับความดัน

จากความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมกับความดันจะพบว่า การทดลองการซึมน้ำส่วนใหญ่แล้วกราฟที่ออกมาจะมีแนวโน้มไปทางเดียวคือ เมื่อเพิ่มความดันจาก 1300 psi เป็น 1500 psi ค่าการซึมน้ำของเส้นใยจะลดลงและจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มความดันเป็น 1700 psi จากค่าการทดสอบที่ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที จะสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนของลดลงจากค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำที่ความดัน 1300 psi เท่ากับ 900.17 เมื่อเพิ่มความดันเป็น 1500 psi เปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะเหลือ 192.75 และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 233.70 เมื่อเพิ่มความดันเป็น 1700 psi แต่จะยกเว้นค่าทดสอบที่ ที่ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส 10 นาที อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 8 นาที และ 12 นาที จะมีแนวโน้มเนื่องลดอย่างต่อเนื่องเมื่อเพิ่มความดัน 1300 เป็น 1500 และ 1700 psi จาก 898.92, 765.91 และ 898.9 เหลือเพียง 777.44, 645.02 และ 592.53 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความดันเป็น 1700 psi ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะลดลงเหลือ 669.90 , 522.69 และ 436.27 และจะมีค่าทดสอบที่สามารถซึมน้ำได้มากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1300 psi เวลา 8 นาที เท่ากับ 912.9 กับค่าทดสอบที่น้อยที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1300 psi เวลา 12 นาที มีเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำเท่ากับ 174.19

ข้อสังเกตที่พบจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำกับความดันจะพบว่า ที่ความดัน 1300 psi จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมที่สูงกว่าเมื่อเพิ่มความดันเป็น 1500 และ 1700 psi



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำกับระยะเวลา

จากการทดลองการซึมน้ำจะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำกับระยะเวลาออกมา จะพบว่าจากเวลา 8 นาที เมื่อเพิ่มเป็น 10 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำลดลง จะมีเพียงค่าการทดสอบที่ อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ความดัน 1700 psi, อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 psi และ อุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1300 psi ที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นมาเมื่อเพิ่มเวลาการอัดขึ้นรูปเป็น 10 นาที และค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะลดลงเมื่อเพิ่มเวลาเป็น 12 นาที และค่าทดสอบที่เหลือจากที่เพิ่มเวลา 10 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะลดลงแต่เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 12 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น ค่าการทดสอบที่เห็นได้ชัดเจนจะมีค่าที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความดัน 1500 และ 1700 psi จากเวลา 8 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำเท่ากับ 648.23 กับ 753.74 เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 10 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะเหลือ 192.75 กับ 233.75 และเมื่อเพิ่มเวลาเป็น 12 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะเพิ่มเป็น 608.66 กับ 805.32

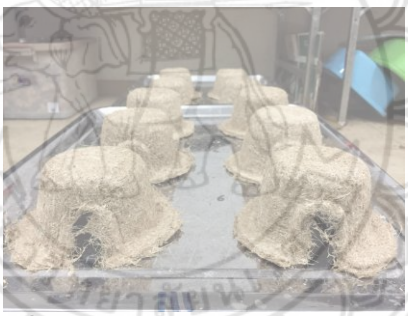
ข้อสังเกตจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำกับระยะเวลา พบว่า ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เมื่อยิ่งเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูปจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำลดลง เช่นเดียวกันกับที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเมื่อเพิ่มเวลาค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำก็จะยิ่งลดลง แต่ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 10 นาที จากเวลาที่ 8 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะลดลงและเมื่อเพิ่มเวลาในการอัดขึ้นรูปเป็น 12 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น

4.7 การขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม

4.7.1 การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปเส้นใยจากแม่พิมพ์ 3 มิติ

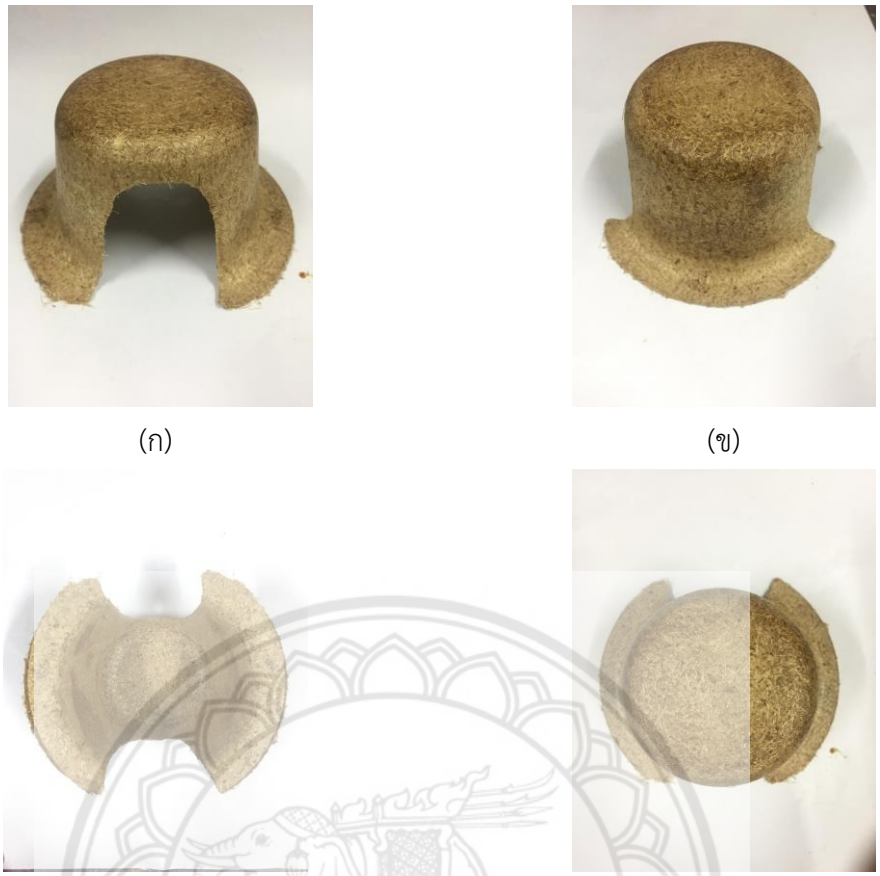
การขึ้นรูปเส้นใยด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปเส้นใยจากแม่พิมพ์ 3 มิติ จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีเส้นใยยึดเกาะตัวกันเป็นรูปทรงตามแบบที่แม่พิมพ์กำหนด โดยในขั้นตอนนี้จะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะชื้น แต่เมื่อนำไปอบแห้งจะทำให้เส้นใยมีการยึดเกาะตัวกันที่แข็งแรงมากขึ้น มีรูปทรงที่แน่นอน และหลังจากที่ตัดแต่งชิ้นงานแล้วจะได้สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดที่มีรูปทรงตามที่ออกแบบไว้ แต่รอบพื้นผิวของชิ้นงานจะมีลักษณะที่หยาบ และขรุขระ เนื่องจากการกดอัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

รูปที่ 4.38 การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ขึ้นรูปเส้นใยจากแม่พิมพ์ 3 มิติ



รูปที่ 4.39 ชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้งแล้ว

จากการนำสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมไปอบฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ความร้อนและความชื้นจากไอน้ำจะทำให้ชิ้นงานมีลักษณะที่อ่อนนุ่มลง ซึ่งเมื่อนำชิ้นงานไปขึ้นรูปด้วยแรงดัน 1,500 psi อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการกดอัด 8 นาที จะทำให้ชิ้นงานมีการเรียงตัวของเส้นใยที่แน่นสนิทกันมากขึ้น ส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้นั้นมีลักษณะที่แข็งแรง พื้นผิวโดยรอบชิ้นงานมีความเรียบเนียน สามารถนำไปใช้กับสัตว์ทดลองได้เป็นอย่างดี



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.40 ลักษณะของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมในแต่ละด้าน
ด้านหน้า (ก), ด้านข้าง (ข), ด้านล่าง (ค), ด้านบน (ง)

4.8 ทดสอบการใช้งาน

สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานในทุกขั้นตอน โดยแรงดันที่ใช้ในการกดอัดจะส่งผลให้เส้นใยมีการเรียงตัวที่หนาแน่น ส่วนความร้อนของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการปรับสภาพชิ้นงานจะทำให้พื้นผิวชิ้นงานมีลักษณะที่เรียบ มีสีที่เข้ม และความชื้นที่สะสมตัวอยู่ในชิ้นงานก็จะระเหยออกจากชิ้นงานทำให้ชิ้นงานแห้งสนิท

โดยสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมจะถูกนำไปใช้กับการเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ โดยนำสิ่งเพิ่มพูนสภาพพแวดล้อมใส่ไว้ในกรงเลี้ยง จากการสังเกตและบันทึกผลพบว่าสัตว์ทดลองได้มีการวิ่งเข้าออกบริเวณทางเข้าและทางออกในบ่อยครั้ง รวมทั้งการกัดแทะที่เป็นสัญชาตญาณของสัตว์ ทำให้สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม 1 ชิ้น สามารถมีอายุการใช้งานอยู่ระหว่าง 2-3 วัน ก็จะไม่สามารถใช้การต่อไปได้

รูปที่ 4.41 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านการใช้งาน 1 วัน

รูปที่ 4.42 สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมที่ผ่านการใช้งาน 3 วัน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 พัฒนากระบวนเตรียมเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ใช้สารเคมี และการขึ้นรูปเส้นใยกล้วย

จากผลการทดลองพบว่ากระบวนเตรียมเส้นใยแบบเดิมดังในงานวิจัยการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง [1] มีกระบวนการและขั้นตอนการเตรียมเส้นใยที่ซับซ้อน ส่งผลให้กระบวนการเตรียมเส้นใยเป็นไปด้วยความล่าช้า ซึ่งโครงงานนี้ได้นำความรู้จากการศึกษาแบบเดิม [1] มาปรับปรุงและพัฒนาถึงกระบวนการเตรียมเส้นใยที่รวดเร็วมากกว่าเดิม ด้วยการลดขั้นตอนในส่วนของการนำกาบกล้วยไปอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ทดแทนกระบวนการนี้โดยนำต้นกล้วยสดมาสับย่อยขนาด จากนั้นจึงปั่นเยื่อให้มีความละเอียดด้วยเครื่องปั่นขนาด 30 ลิตร กำลังมอเตอร์ 3 แรงม้า ด้วยระยะเวลา 20-30 นาที เมื่อปั่นเยื่อเรียบร้อยแล้วได้นำมากดไล่น้ำแล้วกระจายเส้นใยลงบนถาดให้มีความหนาไม่เกิน 2 เซนติเมตร และนำถาดเส้นใยเข้าอบแห้งด้วยเตาอบ โดยมีอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 11 ชั่วโมง เมื่ออบแห้งเส้นใยจนครบเวลาที่กำหนดเส้นใยจะมีความชื้นของเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเฉลี่ย 4.87 เปอร์เซ็นต์ โดยการเก็บรักษานั้นควรเก็บในภาชนะปิดและแห้งสนิทเพื่อการเก็บรักษาวัสดุหลักของการผลิตไว้ได้ยาวนาน

5.1.2 พัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ

จากการดำเนินงานเนินงานพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม พบว่าการขึ้นรูปเส้นใยกล้วยให้มีรูปทรงตามชิ้นงานต้นแบบที่ได้ออกแบบไว้นั้นจะประกอบไปด้วยแม่พิมพ์ 2 รูปแบบ ที่มีหน้าที่การทำงานคือ ในส่วนแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเส้นใยที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งเป็นการออกแบบแม่พิมพ์ออกมาในรูปแบบดิจิตอล 3 มิติ จากนั้นทำการขึ้นรูปแม่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบเติมเนื้อวัสดุ เมื่อจัดทำแม่พิมพ์เป็นที่เรียบร้อย แม่พิมพ์ที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จะมีหน้าที่ขึ้นรูปเส้นใยกล้วยที่ผ่านการปั่น
จนละเอียด ให้มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ แม่พิมพ์จะขึ้นรูปด้วยการกดไล่น้ำที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเส้นใยออกมา เมื่อน้ำถูกแยกออกจากเส้นใยจะทำให้เส้นใยเกิดการยึดเกาะกัน ทำให้เส้นใยมีรูปทรงเป็นไปตามแบบของแม่พิมพ์ และการอบไล่ความชื้นนั้นก็จะช่วยให้ชิ้นงานมีความแข็งแรง สามารถคงรูปด้วยตัวเองอยู่ได้

ส่วนแม่พิมพ์สำหรับปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน จะอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากแผ่นกำเนิดความร้อนของแม่พิมพ์ ความร้อนจะถูกถ่ายเทจากแม่พิมพ์สู่ชิ้นงาน ซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นงานแห้งและมีความแข็งแรงที่มากขึ้น เนื่องด้วยปัจจัยของตัวแปรทางด้านแรงดัน ความร้อน และระยะเวลาในการกดอัด ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวแปรที่เมาะสมสำหรับปรับสภาพชิ้นงาน ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ได้ค่าที่เหมาะสมคือ แรงดัน 1500 psi อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 นาที เป็นค่าตัวแปรที่ใช้ที่ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสามารถรับแรงกดได้ต่อหน่วยพื้นที่

(Stress) มากที่สุดเท่ากับ 316.97 นิวตัน (N) และค่าเฉลี่ยจากชิ้นทดสอบทั้ง 5 ชิ้นเท่ากับ 267.48 นิวตัน ค่าของความยืดหยุ่นเท่ากับ 1432.946 เมกะปาสคาล (MPa) และมีค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ 900.17 %

5.1.3 พัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะที่ขึ้นรูปจากเส้นใยกล้วย

จากการศึกษาและพัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม พบว่าสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของงานศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลองที่ทำจากแผ่นเส้นใยกล้วยนำมาพับแล้วประกอบเข้าด้วยกัน [1] ซึ่งมีความแข็งค่อนข้างน้อยและเสียรูปง่าย เนื่องจากรูปทรงที่มีชิ้นส่วนค้ำจุนโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง โดยโครงงานนี้ได้ทำการพัฒนารูปแบบและกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานในรูปแบบใหม่ที่มีรูปทรงแตกต่างออกไปจากเดิม โดยรูปทรงที่เลือกขึ้นมานั้นเป็นทรงถ้วยที่มีปากถ้วยและก้นถ้วยเป็นวงกลม ซึ่งบริเวณฐานของชิ้นงานมีครีบแบบนสำหรับรับแรง รวมทั้งผนังด้านข้างที่ลาดเอียง ประกอบกับเหลี่ยมมุมที่มีการปรับแก้ให้โค้งมน ทำให้สิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดสำหรับสัตว์ทดลองชิ้นนี้มีความแข็งแรง รูปทรงมั่นคงสวยงามมากกว่าในแบบเดิม ซึ่งจากการพัฒนาสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมได้ทำการทดสอบการใช้งานจริง โดยนำชิ้นงานไปใช้กับกรงเลี้ยงสัตว์ทดลองจำนวน 80 ชิ้น มีน้ำหนักเฉลี่ย 25 กรัมต่อชิ้น ทำจากเส้นใยกล้วยแห้งทั้งหมด 2 กิโลกรัม ที่แปรรูปจากต้นกล้วยสดน้ำหนัก 40 กิโลกรัม หรือต้นกล้วยประมาณ 6 ต้น ชิ้นงานที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงกับการเลี้ยงสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาแม่พิมพ์และชิ้นงานต้นแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองประเภทฟันแทะด้วยเส้นใยธรรมชาติ คือ พัฒนาแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูป และแม่พิมพ์ปรับสภาพชิ้นงานด้วยแรงดันและความร้อน โดยเส้นใยธรรมชาติที่นำมาทำการศึกษาคือเส้นใยจากต้นกล้วยสดที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตร จึงมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาในงานด้านอื่น ๆ ต่อไปคือ

1) ควรมีอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับช่วยลดขั้นตอนในการปฏิบัติงาน เพื่อลดระยะเวลา เพิ่มความสะดวก และเพิ่มความปลอดภัยในขั้นตอนการดำเนินงาน

2) ควรพัฒนารูปแบบของสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมสำหรับสัตว์ทดลองให้มีความหลากหลายและเหมาะสมกับการนำไปใช้งานมากขึ้น

3) ควรพัฒนาแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ให้มีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานแม่พิมพ์ที่นานขึ้น เนื่องจากโครงสร้างของแม่พิมพ์ไม่สามารถรับแรงดันจากการกดอัดที่มีจำนวนมากได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงส่งผลให้อายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นลง รวมทั้งหากเกิดความเสียหายของแม่พิมพ์บ่อยครั้งราคาการจัดทำแม่พิมพ์อาจไม่คุ้มค่ากับการผลิตชิ้นงาน

4) ควรพัฒนาการนำวัสดุหรือเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น ๆ มาใช้สำหรับขึ้นรูปชิ้นงาน

5) จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลและศึกษากระบวนการเตรียมเส้นใยจากต้นกล้วย พบว่าต้นกล้วยที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมีจำนวนมาก ซึ่งต้นกล้วยเหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปผลิตเป็นเส้นใยสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องส่งขายให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และแหล่งแปรรูปหรือส่งขายในพื้นที่ใกล้เคียงต่าง ๆ ซึ่งการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเก็บเกี่ยวเฉลี่ย

ทุก ๆ 20 วัน เท่ากับมีการเก็บเกี่ยวประมาณ 18 ครั้งต่อปี โดยการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากสวนปลูกที่ปลูกต้นกล้วยเฉลี่ย 200 ต้นต่อไร่ การเก็บเกี่ยวผลผลิตแต่ละครั้งจะสร้างต้นกล้วยเหลือทิ้งประมาณ 100 ต้นต่อครั้ง เพราะฉะนั้นใน 1 ปี ของการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะมีต้นกล้วยเหลือทิ้งเท่ากับ 1,800 ต้นต่อปี หรือมีต้นกล้วยเหลือทิ้งคิดเป็นน้ำหนักเท่ากับ 11,610 กิโลกรัม (น้ำหนักต้นกล้วยเฉลี่ยเท่ากับ 6.45 กิโลกรัมต่อต้น) ซึ่งปริมาณวัตถุดิบนี้สามารถแปรรูปเป็นเส้นใยกล้วยได้จำนวน 580.5 กิโลกรัม (ต้นกล้วยสด 1 กิโลกรัม สามารถแปรรูปเป็นเส้นใยได้ 0.05 กิโลกรัม) ดังนั้น สิ่งเหลือทิ้งจากการเกษตรจำนวนมากที่ไม่มีมูลค่าในอดีตนั้น หากนำมาแปรรูป สร้างผลิตภัณฑ์ และนำมาทำให้เกิดประโยชน์ จะสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรหรือคนในชุมชน เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

[1] Janet C. Garbour. et al. (2011). Giude for the care and use of laboratory animals. (8th ed). National researsh council of the nationl academies. (pp. 51- 53).

[2] กฤตลักษณ์ ช้างรบ, จริยา ก่อน้อย, พฤษภาคม 2560, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อมของสัตว์ทดลอง

[3] สถานการณ์การปลูกกล้วยน้ำว้า ปี 2559, ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษม, http://production.doae.go.th (สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2561)

[4] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์, Cellulose / เซลลูโลส, http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0612/cellulose-%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%AA (สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2561)

[5] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์, Hemicellulose / เฮมิเซลลูโลส, http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3154/hemicellulose-%E0%B9%80%E0%B8%AE%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%A5%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%AA (สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2561)

[6] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์, Lignin / ลิกนิน, http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3289/lignin-%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%99 (สืบค้นเมื่อ 2 กรกฎาคม 2561)

[7] วิทยา ปั้นสุวรรณ (2541), การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ, http://agkb.lib.ku.ac.th/ku/search_detail/result/6734 (สืบค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2561)

[8] อ.ดร.ดรรชนี พัทธวรากร, เทคโนโลยีกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พอลีเมอร์, www1.science.cmu.ac.th/department/ic/document/pic/dc19.pdf (สืบค้นเมื่อ 29 มิถุนายน 2561)

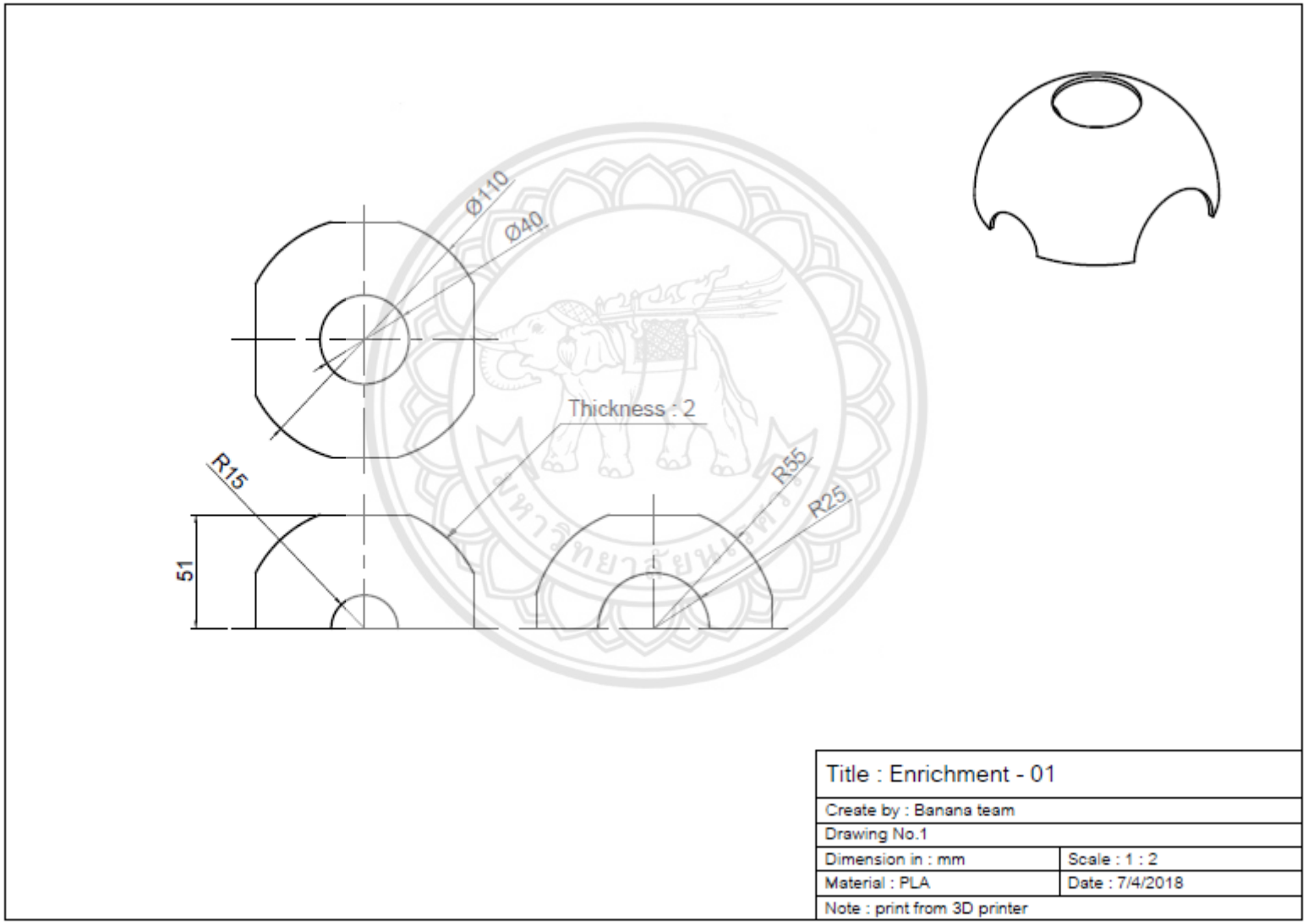
[9] โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ : แผนแม่บทฉบับสมบูรณ์, สถาบันไทย-เยอรมัน, http://library.dip.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=dsp&wa=H50A5CA&bid=25314&qst=S%3A%40675&lang=1&db=Main&pat=%E1%C1%E8%BE%D4%C1%BE%EC&cat=sub&skin=u&lpp=20&catop=&scid=zzz (สืบค้นเมื่อ 29 มิถุนายน 2561)

[10] Paper Pulp Molding with FDM Tooling, Stratasys, http://usglobalimages.stratasys.com/Main/Files/Technical%20Application%20Guides_TAG/TAG_FDM_PaperPulp.pdf?v=635817038772795789 (สืบค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2561)

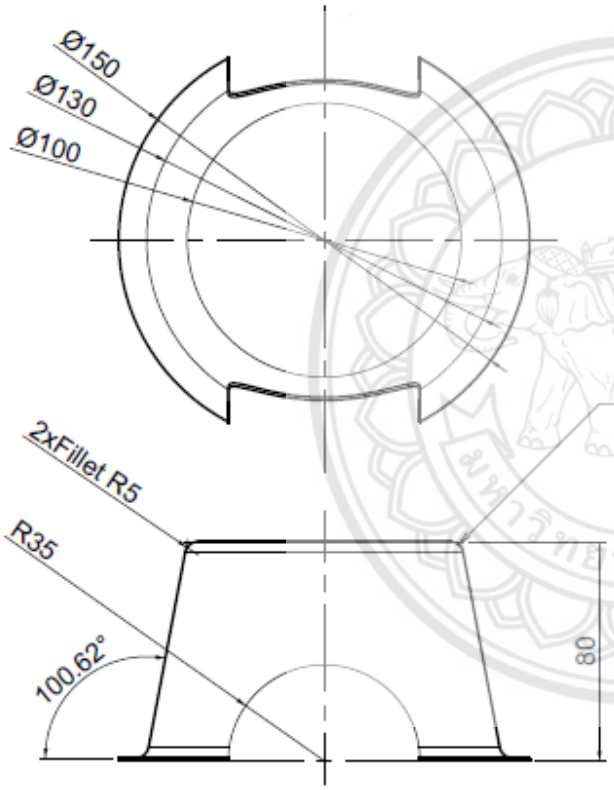
[11] ดร.ประดน จาติกวนิช (2007), สารพัดอุปกรณ์เพาะเลี้ยงสัตว์ทดลอง, คณะกรรมการเพื่อการพัฒนางานเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์

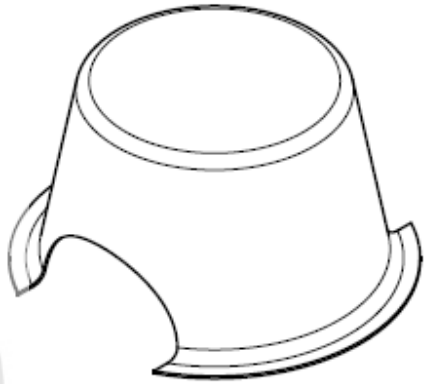
ภาคผนวก ก

การออกแบบสิ่งเพิ่มพูนสภาพแวดล้อม

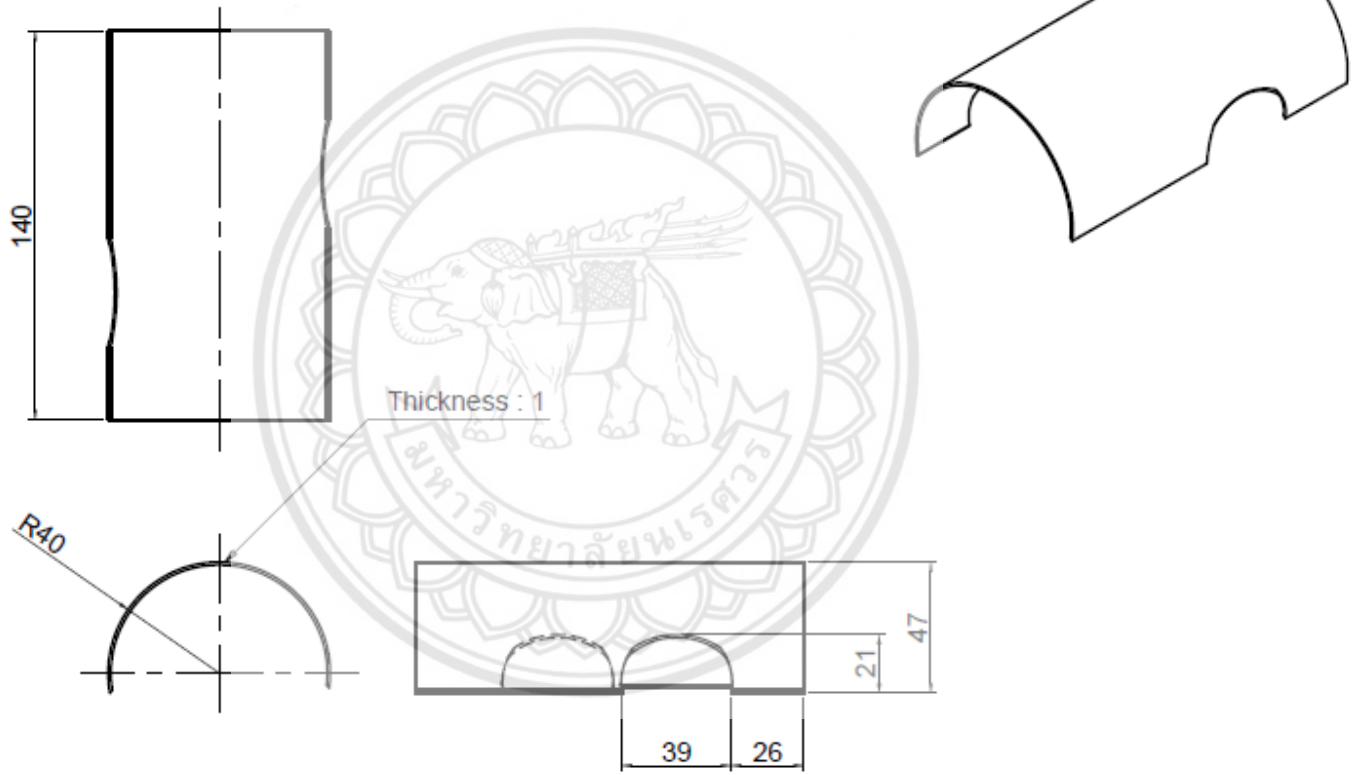


Title : Enrichment - 01	
Create by : Banana team	
Drawing No.1	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : PLA	Date : 7/4/2018
Note : print from 3D printer	

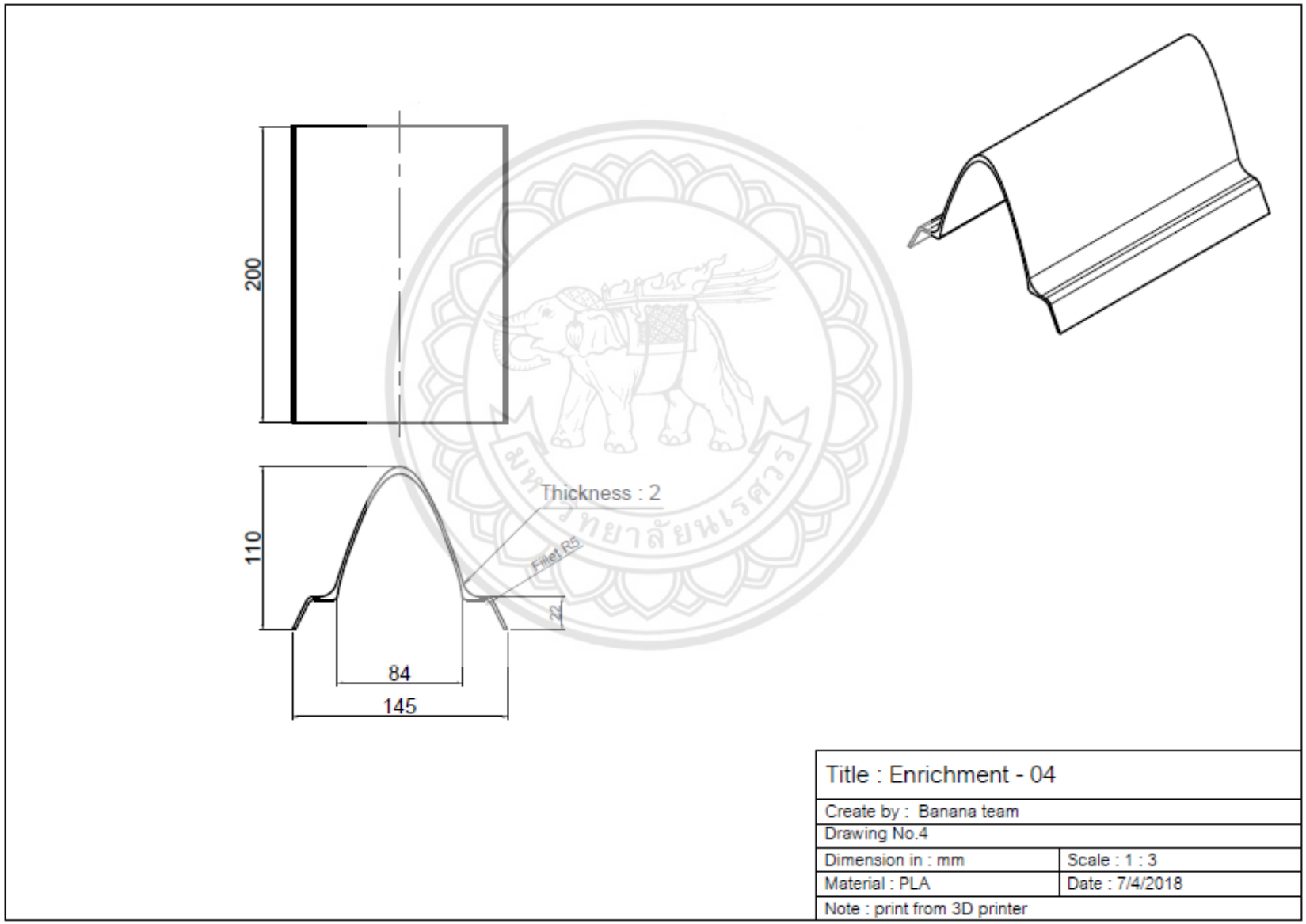




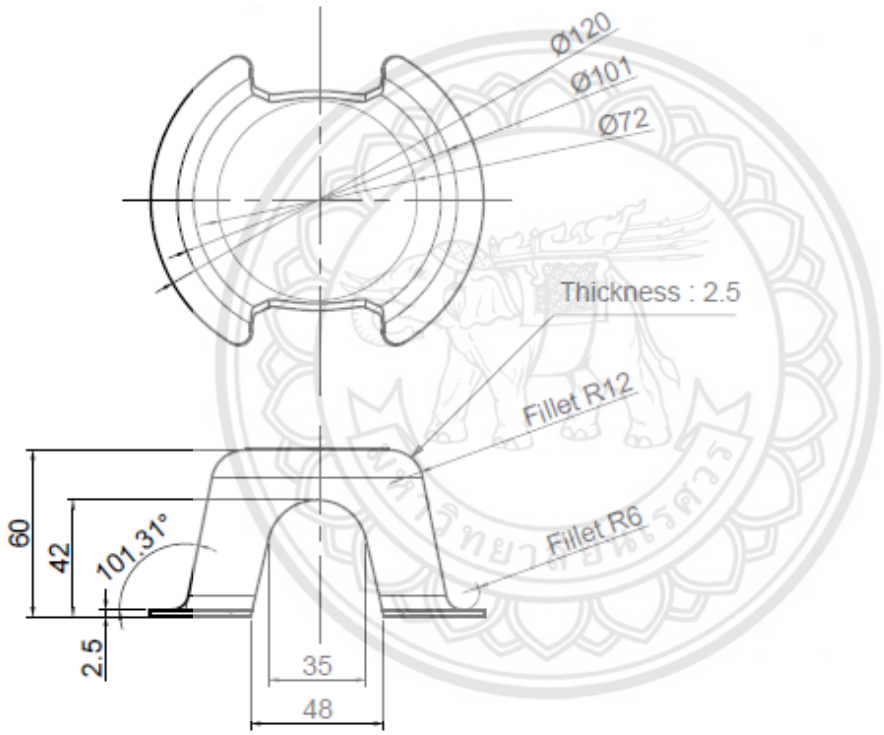
Title : Enrichment - 02	
Create by : Banana team	
Drawing No.2	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : PLA	Date : 7/4/2018
Note : print from 3D printer	

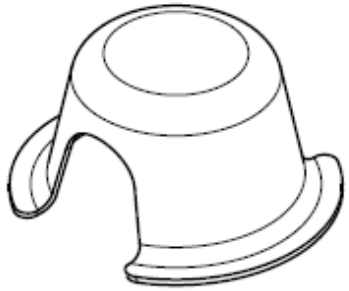


Title : Enrichment - 03	
Create by : Banana team	
Drawing No.3	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : PLA	Date : 7/4/2018
Note : print from 3D printer	



Title : Enrichment - 04	
Create by : Banana team	
Drawing No.4	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 3
Material : PLA	Date : 7/4/2018
Note : print from 3D printer	

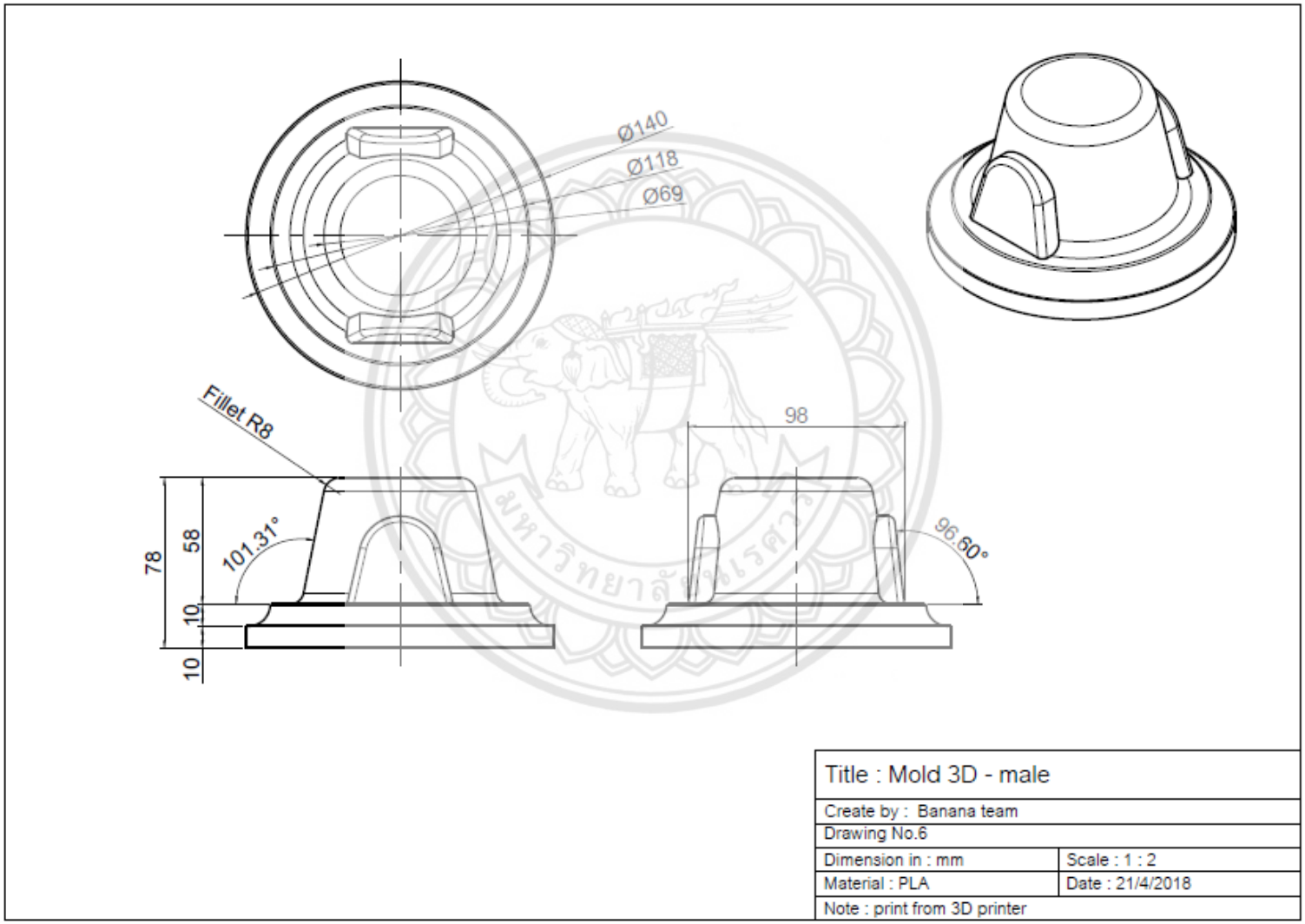




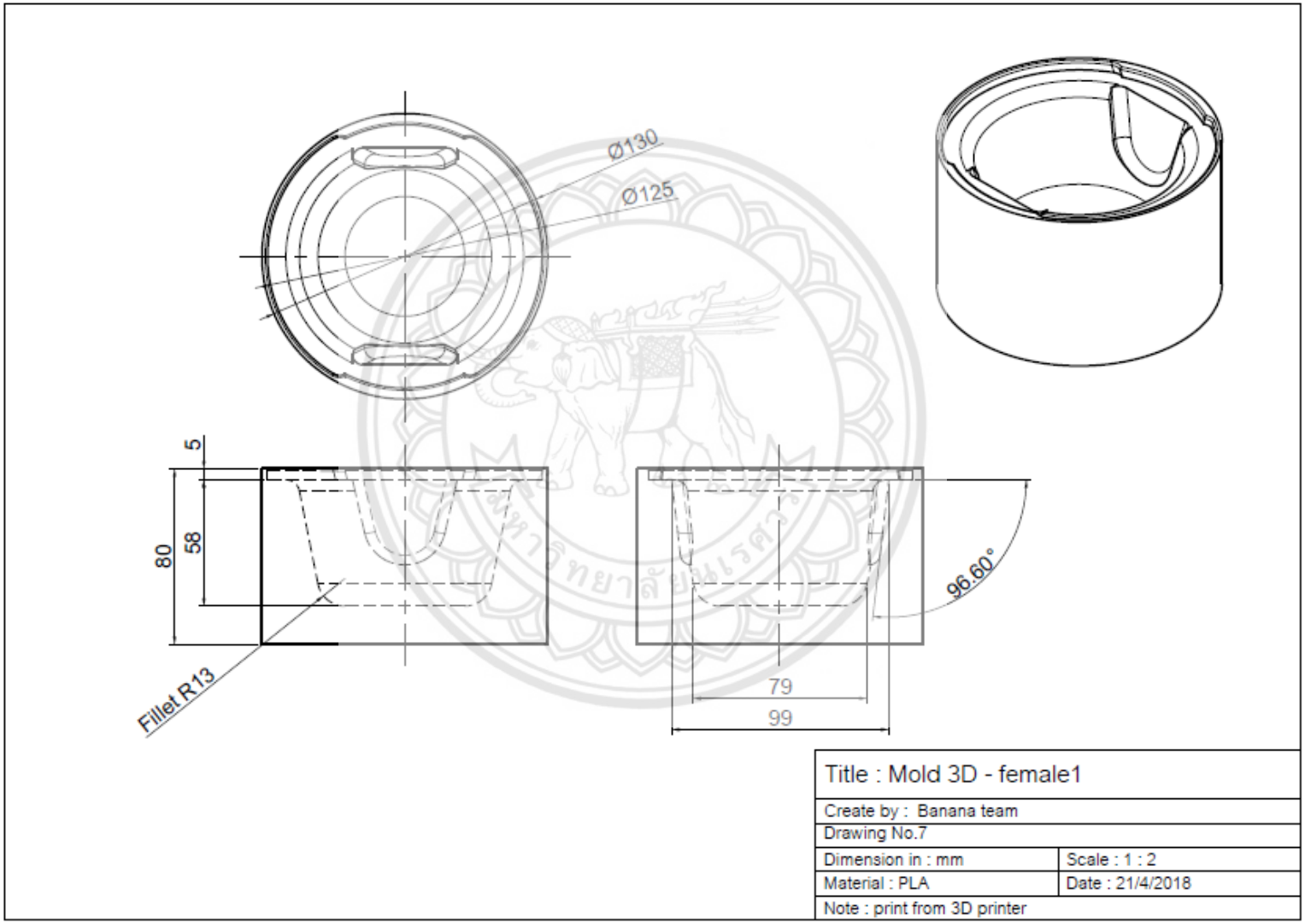
Title : The Enrichment	
Create by : Banana team	
Drawing No.5	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : PLA	Date : 14/4/2018
Note : print from 3D printer	

ภาคผนวก ข

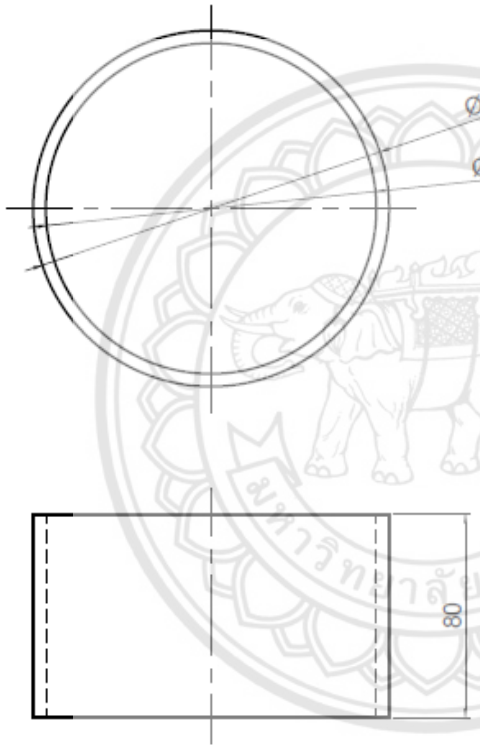
การออกแบบแม่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ 3มิติ

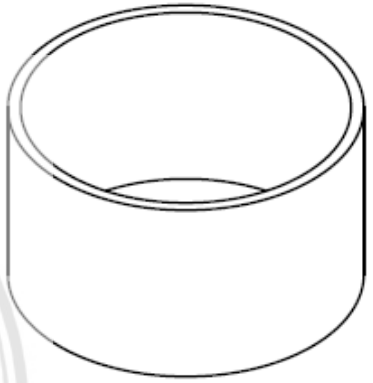


Title : Mold 3D - male	
Create by : Banana team	
Drawing No.6	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : PLA	Date : 21/4/2018
Note : print from 3D printer	



Title : Mold 3D - female1	
Create by : Banana team	
Drawing No.7	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : PLA	Date : 21/4/2018
Note : print from 3D printer	

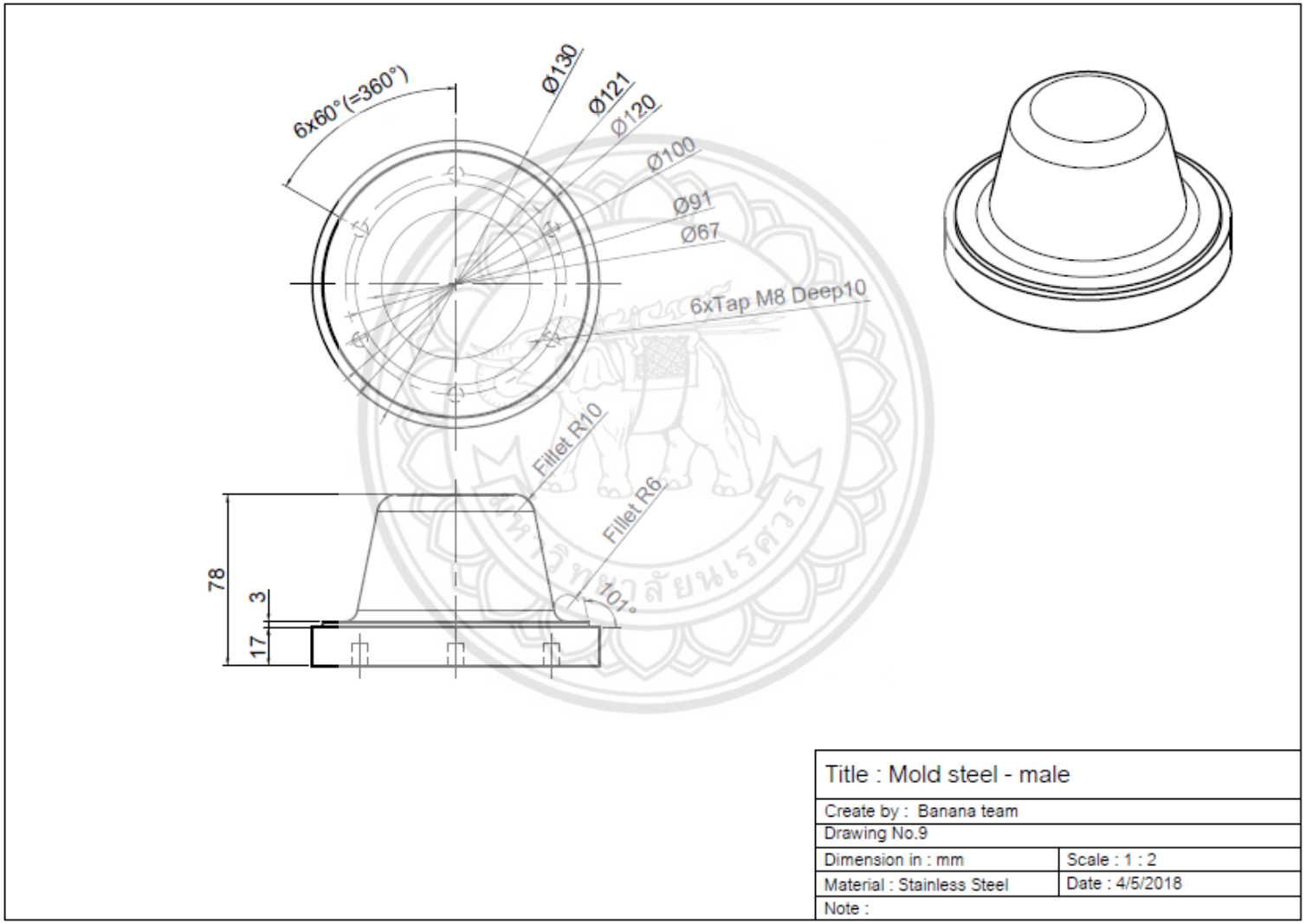




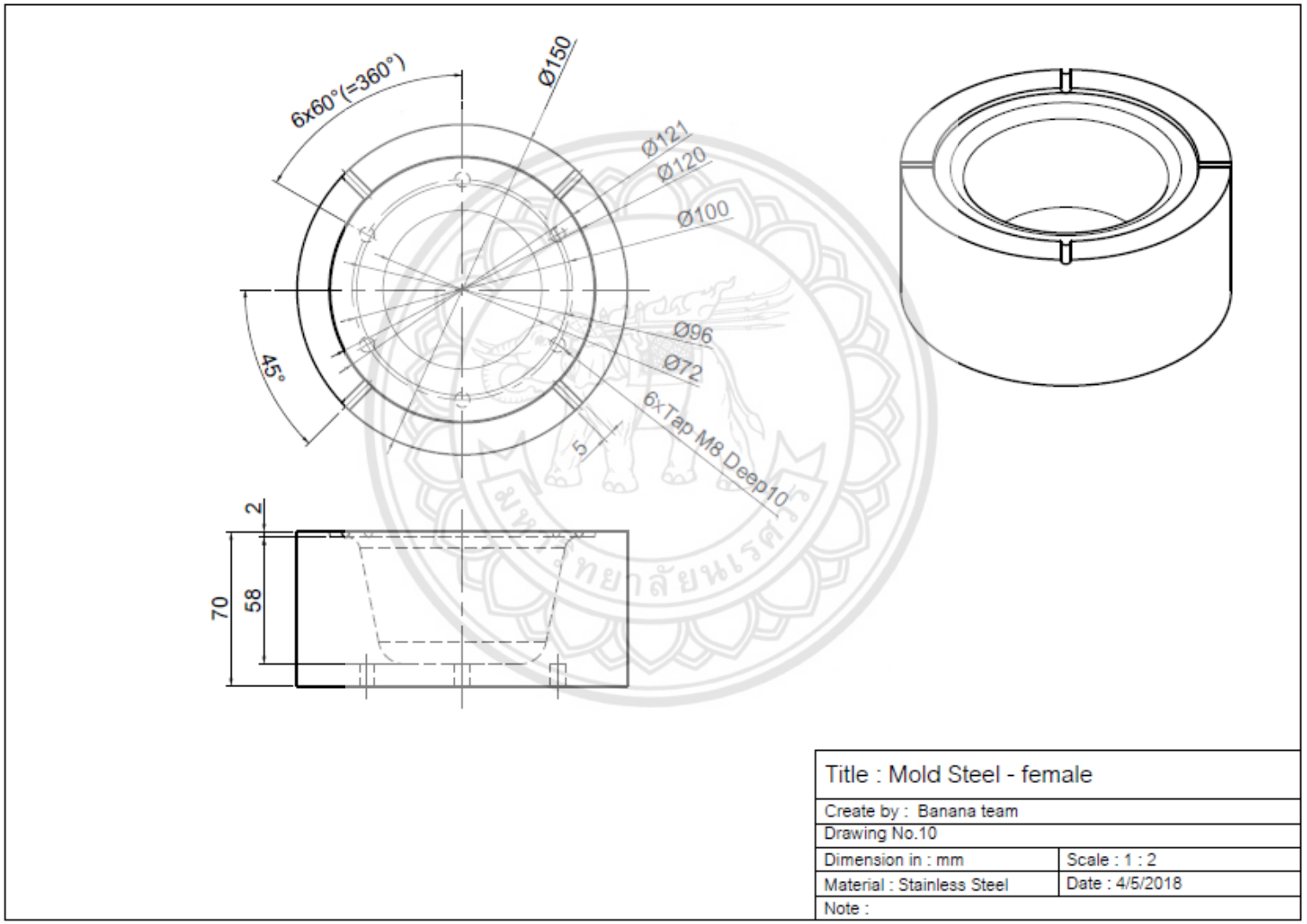
Title : Mold 3D - female2	
Create by : Banana team	
Drawing No.8	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : PLA	Date : 21/4/2018
Note : print from 3D printer	

ภาคผนวก ค

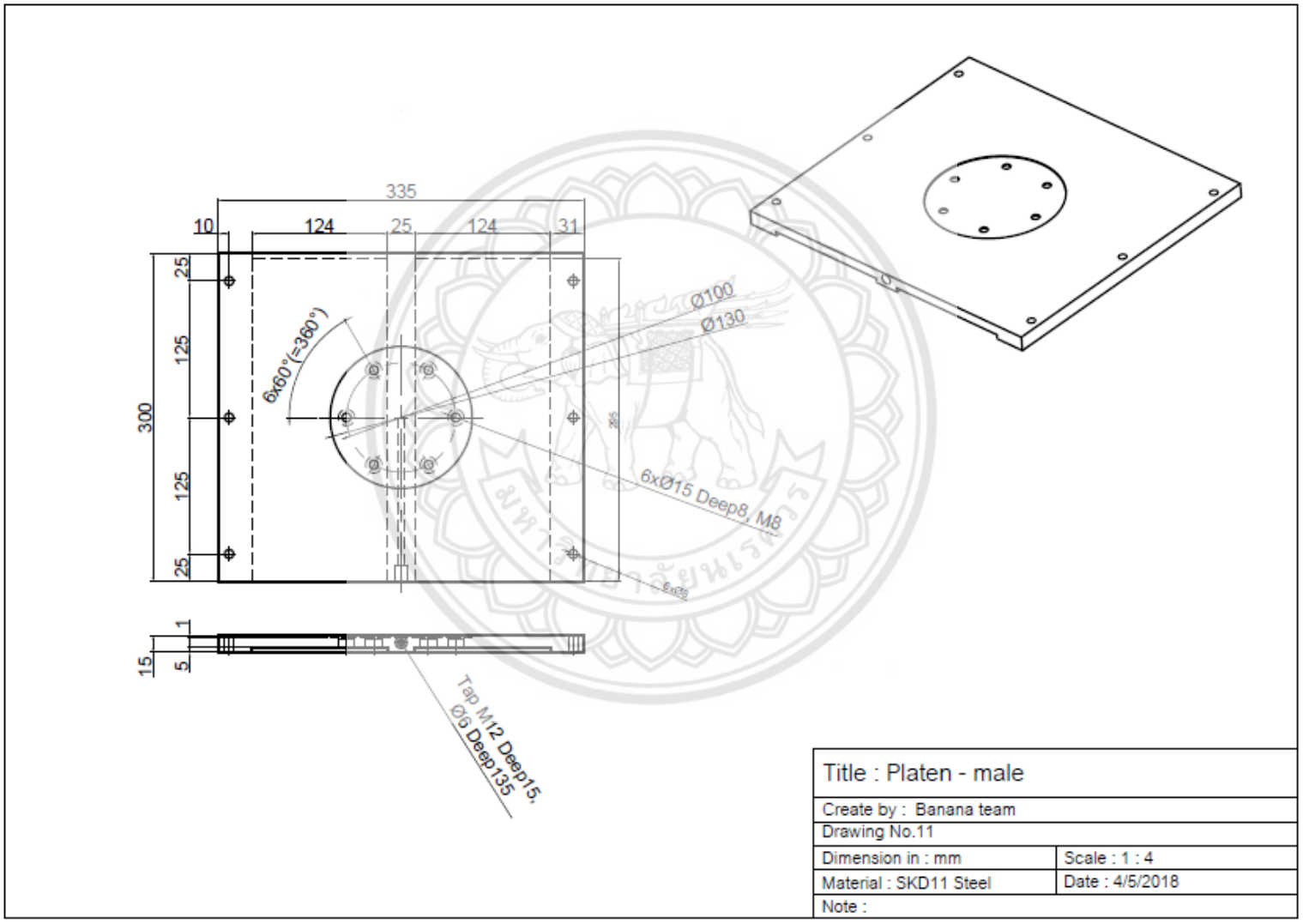
การออกแบบแม่พิมพ์ปรับสภาพด้วยความดันและความร้อน



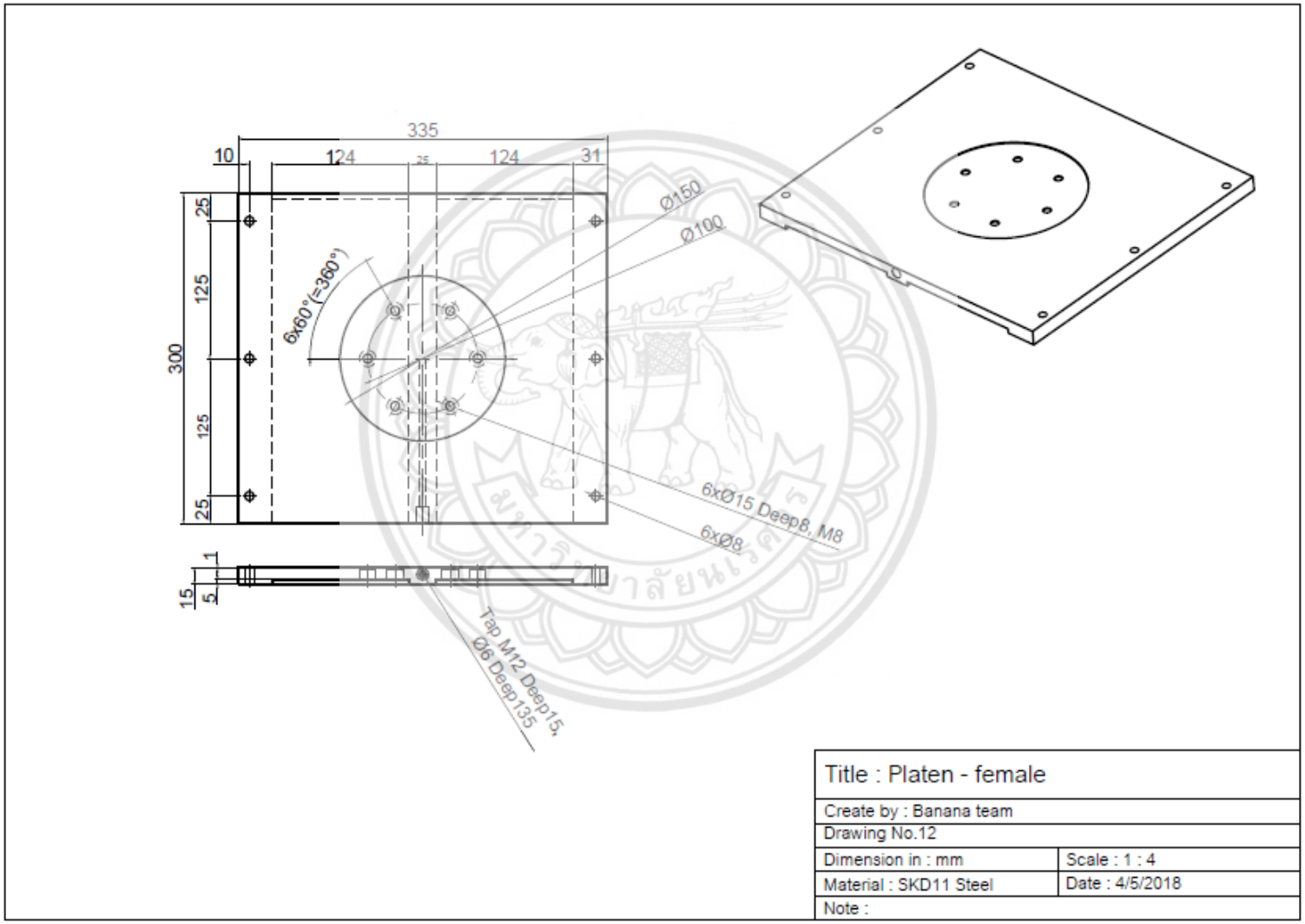
Title : Mold steel - male	
Create by : Banana team	
Drawing No.9	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : Stainless Steel	Date : 4/5/2018
Note :	



Title : Mold Steel - female	
Create by : Banana team	
Drawing No.10	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 2
Material : Stainless Steel	Date : 4/5/2018
Note :	



Title : Platen - male	
Create by : Banana team	
Drawing No.11	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 4
Material : SKD11 Steel	Date : 4/5/2018
Note :	

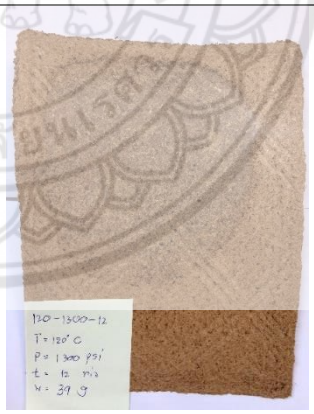
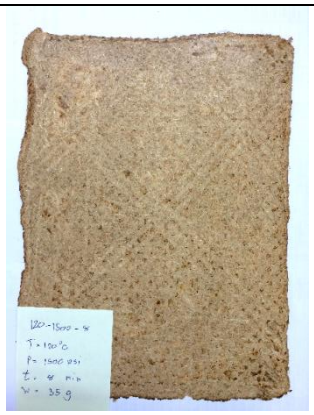


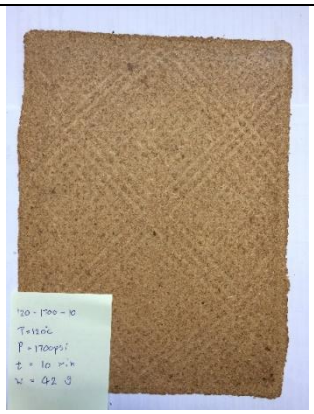
Title : Platen - female	
Create by : Banana team	
Drawing No.12	
Dimension in : mm	Scale : 1 : 4
Material : SKD11 Steel	Date : 4/5/2018
Note :	

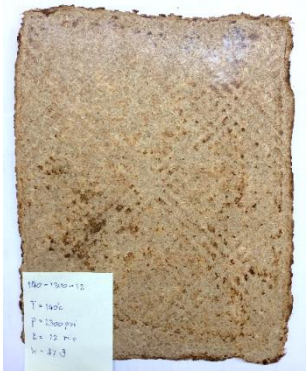
ภาคผนวก ง

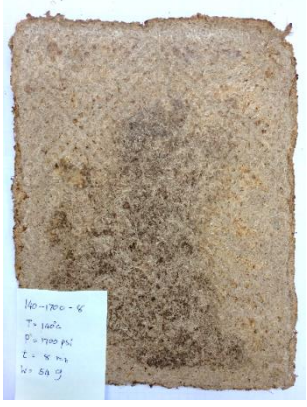
ภาพถ่ายแผ่นเส้นใยกล้วยในแต่ละตัวแปรควบคุม

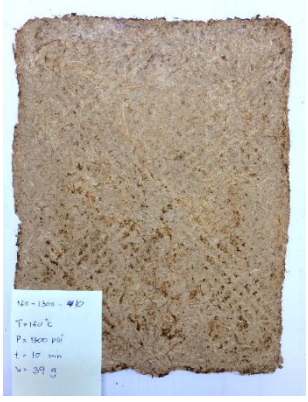
ตารางที่ ง.1 ภาพถ่ายแผ่นเส้นใยกล้วยในแต่ละตัวแปรควบคุม

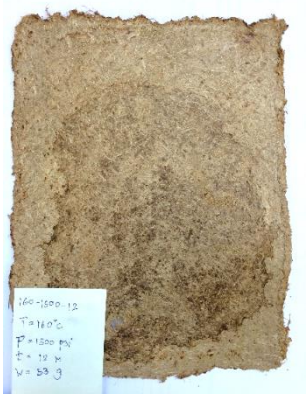
ลำดับ	ชื่อ	ภาพถ่าย	น้ำหนัก (g)
1	T120-P1300-t8		42
2	T120-P1300-t10		39
3	T120-P1300-t12		39
4	T120-P1500-t8		35

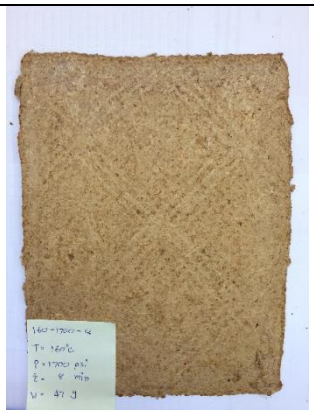
ลำดับ	ชื่อ	ภาพถ่าย	น้ำหนัก (g)
5	T120-P1500-t10		39
6	T120-P1500-t12		38
7	T120-P1700-t8		38
8	T120-P1700-t10		42

ลำดับ	ชื่อ	ภาพถ่าย	น้ำหนัก (g)
9	T120-P1700-t12		39
10	T140-P1300-t8		46
11	T140-P1300-t10		35
12	T140-P1300-t12		47

ลำดับ	ชื่อ	ภาพถ่าย	น้ำหนัก (g)
13	T140-P1500-t8		49
14	T140-P1500-t10		47
15	T140-P1500-t12		54
16	T140-P1700-t8		54

ลำดับ	ชื่อ	ภาพถ่าย	น้ำหนัก (g)
17	T140-P1700-t10		36
18	T140-P1700-t12		58
19	T160-P1300-t8		53
20	T160-P1300-t10		39

ลำดับ	ชื่อ	ภาพถ่าย	น้ำหนัก (g)
21	T160-P1300-t12		50
22	T160-P1500-t8		46
23	T160-P1500-t10		48
24	T160-P1500-t12		53

ลำดับ	ชื่อ	ภาพถ่าย	น้ำหนัก (g)
25	T160-P1700-t8		47
26	T160-P1700-t10		49
27	T160-P1700-t12		47