

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติต่างๆของเส้นใยพอลิพรอพิลีนที่มีการผสมถ่านจากขี้เถ้าจากขี้เถ้า โดยมีส่วนขั้นตอนในการดำเนินงานตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบขี้เถ้าจากขี้เถ้ามาผ่านกระบวนการให้เป็นผงถ่านขี้เถ้า นำผงถ่านขี้เถ้าที่ได้ไปคัดขนาด แล้วนำมาผสมกับผงพอลิพรอพิลีนในอัตราส่วนร้อยละ 0.5 , 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ ที่ปริมาณสุทธิ 200 กรัม โดยการเขย่าให้เข้ากันภายในถุงซิปลง จากนั้นทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว (Single Screw Extruder)

3.1 แผนการดำเนินงาน

- 3.1.1 ศึกษาข้อมูลขี้เถ้า และขั้นตอนกระบวนการผลิตถ่านและการขึ้นรูปเส้นใยสังเคราะห์
- 3.1.2 จัดหาวัตถุดิบและอุปกรณ์ในการทดลอง
- 3.1.3 ขั้นตอนการเผาขี้เถ้า
- 3.1.4 ขั้นตอนการคัดขนาดของผงถ่าน
- 3.1.5 หาปริมาณ และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยผสมผงถ่านจากขี้เถ้ากับพอลิพรอพิลีน ซึ่งมีกระบวนการที่ใช้การผลิตเส้นใย
- 3.1.6 ศึกษาสมบัติต่างๆ ของเส้นใยผสมผงถ่านจากขี้เถ้ากับพอลิพรอพิลีน ที่ขึ้นรูปได้ เช่น ขนาดของเส้นใย ความแข็งแรงและการยืดตัวที่จุดขาด การหดตัวเนื่องจากความร้อนและน้ำเดือด การกระจายตัวของผงถ่านในเส้นใย สมบัติเชิงความร้อนของเส้นใย ลักษณะผิวของเส้นใยโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscope เป็นต้น

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1.1 สารเคมี
 - 1) ผงพอลิพรอพิลีนเกรด HP561R จากบริษัท Salee Colour
 - 2) ผงถ่านจากขี้เถ้าขี้เถ้าเสี้ยวสัตว์พันธุ์สุวรรณ
- 3.1.2 อุปกรณ์
 - 1) ถุงซิปล
 - 2) ปีกเกอร์
 - 3) ไม้บรรทัด
 - 4) กรรไกร
 - 5) ถุงมือ
 - 6) ผ้าปิดจมูก
 - 7) ตู้อบยี่ห้อ MRC รุ่น 1410-S2E

8) ผ้าเช็ดทำความสะอาด

9) หม้อต้ม

3.1.3 เครื่องมือ

1) ทดสอบการกระจายตัวของผิวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical microscope, OM) ยี่ห้อ Olympus รุ่น GX41

2) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

3) เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Strength) ยี่ห้อ Instron ® (Tensile Tester Model 5560)

4) เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี (Differential Scanning Calorimetry, DSC) รุ่น 200F3

5) เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว (Single Screw Extruder) ยี่ห้อ Themo Haaker Polydrive ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 รู

6) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance)

7) เครื่องคัดขนาด

8) เครื่องบดหยาบ ยี่ห้อ BOSCO

9) เครื่องบดละเอียด ยี่ห้อ Retsch รุ่น ZM 200

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบของผงถ่านจากชังข้าวโพดที่มีผลต่อพอลิพรอฟิลีนโดยได้แบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 5 ขั้นตอน คือ

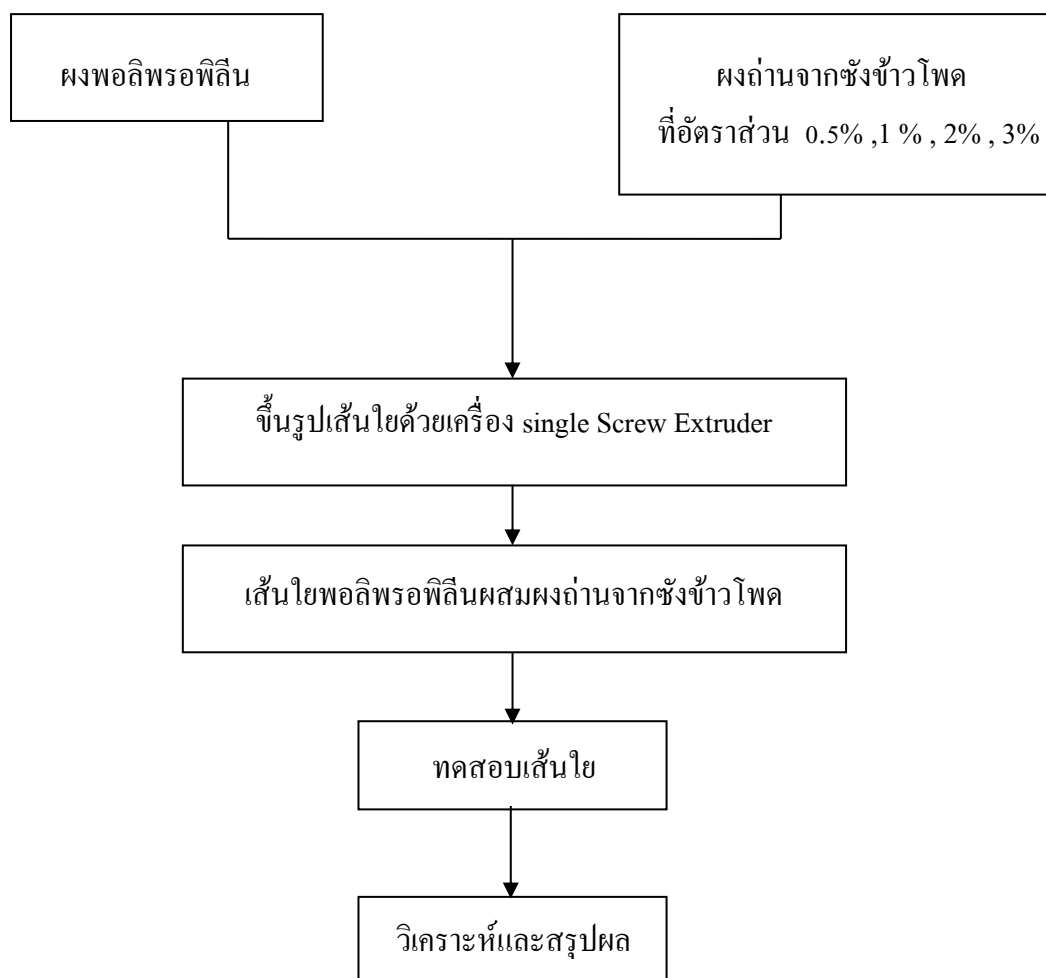
3.3.1 ขั้นตอนการเผาถ่านจากชังข้าวโพด

3.3.2 ขั้นตอนการลดขนาดผงถ่านจากชังข้าวโพด

3.3.3 ขั้นตอนการคัดแยกขนาดของผงถ่าน

3.3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิพรอฟิลีนผสมผงถ่านจากชังข้าวโพด

3.3.5 ทดสอบเส้นใย



รูปที่ 3.1 แผนผังและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 ขั้นตอนการเผาถ่านจากซังข้าวโพด

การเผาถ่านใช้วิธีภูมิปัญญาชาวบ้านที่เป็นวิถีชีวิตของคนไทยที่สืบทอดกันมา ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) การนำซังข้าวโพดที่เตรียมไว้เทกองลงในรางเตาถ่านจากนั้นนำข้าวฟ่างมาปูคลุมกองซังข้าวโพด



รูปที่ 3.2 ข้าวฟ่างปูกคลุมซังข้าวโพด

2) ทำการรดน้ำลงไปบนกองซังข้าวโพดให้ทั่วเพื่อให้ข้าวฟ่างเกิดการประสานตัว และเมื่อกลบซี้เข้าในขั้นต่อไป ซี้เข้าจะเกาะตัวบนข้าวฟ่างไม่ร่วงหล่นลงไปบนซังข้าวโพด



รูปที่ 3.3 การรดน้ำบนซังข้าวโพด

3) จากนั้นทำการเกลี่ยซี้เข้าถ่านรอบๆปิดตรงบริเวณรอบๆขอบพื้นกองซังข้าวโพด และเอาซี้เข้าถ่านเทลงเพื่อคลุมกองซังข้าวโพดให้มิดเพื่อเตรียมทำการเผา



รูปที่ 3.4 การนำชี้ไถ้คลุมกองซึ่งข้าวโพด

4) ทำการจุดไฟเผากองซึ่งข้าวโพดโดยใช้ระยะเวลาในการเผาถ่าน 2 วันและปล่อยให้จนกว่าถ่านจะค่อยๆคลุและไม่มีควันออกมาโดยจะได้ถ่านจากซึ่งข้าวโพด



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนทำการจุดไฟเผา



รูปที่ 3.6 ถ่านซึ่งข้าวโพด

3.3.2 ขั้นตอนการลดขนาดผงถ่านจากซังข้าวโพด

หลังจากทำการเผาซังข้าวโพดให้เป็นถ่านเรียบร้อยแล้ว นำถ่านที่ได้ไปผ่านกระบวนการลดขนาดให้เป็นผงโดยขั้นตอนดังนี้

1) นำตัวอย่างซังข้าวโพดและถ่านซังข้าวโพดไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance) เพื่อหาค่าเฉลี่ยความแตกต่างก่อนเผาและหลังเผา



รูปที่ 3.7 ซังข้าวโพดก่อนเผาและหลังเผา



รูปที่ 3.8 ชั่งน้ำหนักซังข้าวโพด

2) นำถ่านซังข้าวโพดมาลดขนาดโดยเครื่องบดหยาบยี่ห้อ BOSCO



รูปที่ 3.9 เครื่องบดหยาบยี่ห้อ BOSCO



รูปที่ 3.10 ถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการบดหยาบ

3) นำถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการบดหยาบมาลดขนาดอีกครั้งโดยเครื่องบดละเอียดยี่ห้อ Retsch รุ่น ZM 200 ตัวกรองแบบละเอียด



รูปที่ 3.11 เครื่องบดละเอียดยี่ห้อ Retsch รุ่น ZM 200 ตัวกรองแบบละเอียด



รูปที่ 3.12 ถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการบดละเอียด

4) นำผงถ่านที่ได้ไปทำการอบในตู้อบยี่ห้อ MRC รุ่น 1410-S2E ที่อุณหภูมิ 80 °C ใช้เวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นก่อนไปทำการคัดแยกขนาด เพราะถ้ามีความชื้นอยู่ผงถ่านจะไปตันรูตะแกรงทำให้ไม่สามารถคัดขนาดตามต้องการได้



รูปที่ 3.13 อบผงถ่านซังข้าวโพด

3.3.3 ขั้นตอนการคัดขนาดของผงถ่าน

เป็นการนำผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ได้ทำการบดละเอียดแล้วมาทำการกรองให้มีขนาดที่เล็กลงโดยทำการคัดแยกขนาดโดยเครื่องคัดแยกขนาด ซึ่งมีทั้งหมด 7 ชั้น โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.14 เครื่องคัดขนาด

ตารางที่ 3.1 ขนาดของเครื่องคัดแยกขนาด

ชั้นของ ตะแกรง	1	2	3	4	5	6	7
ขนาดของ รูตะแกรง (Mesh)	หีบ	1200	500	325	100	30	6

1) นำผงถ่านเทลงเครื่องคัดขนาดแล้วทำการเขย่าเครื่องเพื่อให้ผงถ่านตกลงผ่านชั้นกรรงขนาดต่างๆ



รูปที่ 3.15 การคัดขนาดผงถ่าน

2) โดยผงถ่านที่ต้องการมี 3 ขนาดคือ

2.1) A คือ ผงถ่านที่ผ่านชั้น 4 มาตกอยู่ที่ชั้น 3 ขนาดตะแกรง 325 Mesh

มีขนาดรูตะแกรง 0.044 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานอเมริกา (ASTM)

2.2) B คือ ผงถ่านที่ผ่านชั้น 5 มาตกอยู่ที่ชั้น 4 ขนาดตะแกรง 100 Mesh

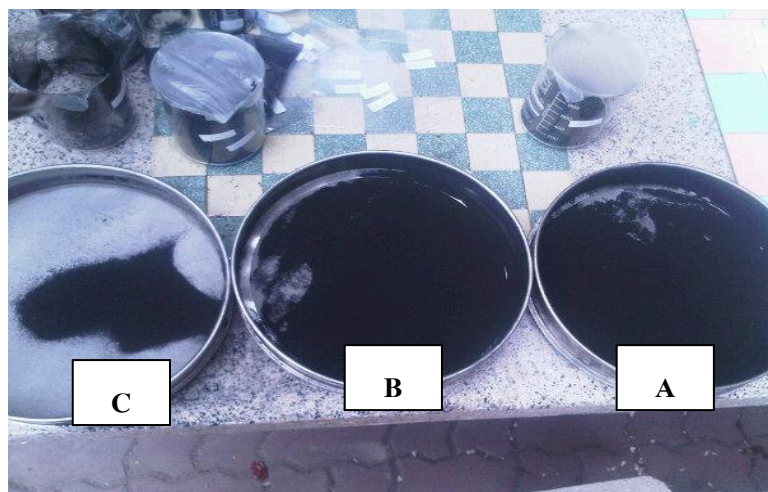
มีขนาดรูตะแกรง 0.149 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานอเมริกา

(ASTM)

2.3) C คือ ผงถ่านที่ผ่านชั้น 6 มาตกอยู่ที่ชั้น 5 ขนาดตะแกรง 30 Mesh

มีขนาดรูตะแกรง 0.590 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานอเมริกา

(ASTM)



รูปที่ 3.16 ผงถ่านที่คัดแยกในชั้น A , B และ C

3.3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิพรอพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด

1) นำผงถ่านซังข้าวโพดที่มี 3 ขนาด (A, B, C) มาผสมกับผงพอลิพรอพิลีน เกรด HP561R โดยผสมที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5, 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนักรวม ซึ่งมีน้ำหนักรวมเท่ากับ 200 กรัม ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของผงพอลิพรอพิลีนเกรด HP561R /ผงถ่านซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ

ชั้น	อัตราส่วน ผงถ่าน(%)	ผงพอลิพรอพิลีน (g)	ผงถ่านซังข้าวโพด (g)	นน.รวม (g)
A	0.5	199	1	200
	1	198	2	200
	2	196	4	200
	3	194	6	200
B	0.5	199	1	200
	1	198	2	200
	2	196	4	200
	3	194	6	200
C	0.5	199	1	200
	1	198	2	200
	2	196	4	200
	3	194	6	200
Virgin	-	200	-	200

2) ผสมผงพอลิพรอพิลีน เกรด HP561R กับผงถ่านซังข้าวโพด ที่มีอัตราส่วนดังตารางที่ 3.2 โดยเทส่วนผสมลงไปในถุงซิปลแล้วทำการเขย่าให้ส่วนผสมเข้ากัน



รูปที่ 3.17 ผสมผงพอลิพรอพิลีนกับผงถ่านซังข้าวโพดในถุงซิปลแล้วทำการเขย่าให้เข้ากัน

3) การขึ้นรูปเส้นใยพอลิพรอพิลีน (Polypropylene : PP) ผสมผงถ่านจากขี้ข้าวโพดจะมีขั้นตอนดังนี้ นำผงพอลิพรอพิลีนผสมผงถ่านจากขี้ข้าวโพดที่เตรียมไว้มาทำการขึ้นรูปด้วยเครื่อง Themo Haaker Polydrive (single Screw Extruder) ใช้ Spinneret เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 รู และใช้ Filter ขนาด 44 μm โดยใช้อุณหภูมิแต่ละ Zone ดังนี้ 170, 180, 190 °C (Extruder), 190 °C (Connector) และ 190 °C (Spinneret) ที่ความเร็วรอบ 4 rpm โดยทำการหลอมละลายแบบปั่นหลอม เมื่อผงพอลิพรอพิลีน ที่ผสมกับผงถ่านจากขี้ข้าวโพดจะถูกปั่นหลอมผ่านหัว Spinneret ออกมาก็จะได้เส้นใยที่เป็นเนื้อเดียวกันและมีลักษณะเป็นเส้นกลม หลังจากนั้นนำไปผ่านขั้นตอน Drawing ทำการลดขนาดลง โดยเส้นใยจะผ่านชุด Godet I ด้วยความเร็ว 25 เมตรต่อนาทีจาก Godet I เส้นใยจะถูกดึงผ่านชุด Heater เพื่อทำการเซ็ทตัวจากนั้นเส้นใยก็จะถูกดึงผ่านชุด Godet II ด้วยความเร็ว 52 เมตรต่อนาที ในช่วงนี้เส้นใยจะถูกดึงเพื่อลดขนาดเส้นใยให้เล็กลง และดึงผ่านชุด Winder ด้วยความเร็ว 50 เมตรต่อนาที เพื่อม้วนเก็บเข้าหลอด และเส้นใยที่ได้จะถูกนำไปทดสอบ



รูปที่ 3.18 เครื่อง Themo Haaker Polydrive (Single Screw Extruder)



รูปที่ 3.19 เครื่อง Drawing ชุดที่ 1



รูปที่ 3.20 เครื่อง Heater



รูปที่ 3.21 เครื่อง Drawing ชุดที่ 2



รูปที่ 3.22 เก็บเส้นใยเข้าหลอดโดยเครื่อง Winder



รูปที่ 3.23 เส้นใยที่ม้วนเก็บเรียบร้อยแล้ว

3.3.5 ทดสอบเส้นใย

1) การทดสอบการกระจายตัวของผิวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical microscope, OM) ยี่ห้อ Olympus รุ่น GX41

1.1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R
- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R ที่ผสมผงถ่านจากขี้ข้าวโพด

1.2) เครื่องมือที่ใช้

- เครื่องทดสอบ (Optical microscope : OM) ยี่ห้อ Olympus รุ่น GX41

1.3) วิธีการทดสอบ

- เตรียมเส้นใยที่จะทดสอบมาวางบนกระจกสไลด์ นำกระจกสไลด์ที่ติดตัวอย่างไปวางบนแท่งกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนโดยใช้กำลังขยาย 10 เท่า
- ทำการปรับแสง ,ปรับความคมชัดของภาพ เพื่อปรับให้ได้ภาพที่ชัดเจนที่สุด
- ใส่สเกลบาร์ และใส่สเกลตัวอย่างหาขนาดเม็ดผงถ่านขี้ข้าวโพดที่อยู่ในเส้นใย
- บันทึกภาพเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ประเมินผลต่อไป



รูปที่ 3.24 การทดสอบโดยกล้องจุลทรรศน์

2) การทดสอบทางกายภาพของผงถ่านจากขี้ข้าวโพด และ เส้นใยพอลิพรอพิลีนที่ผสมผงถ่านจากขี้ข้าวโพด ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) โดยดูภาพขยายผงถ่านจากขี้ข้าวโพด ด้านภาพตัดขวางจากขี้ข้าวโพด

วัตถุประสงค์

เพื่อดูลักษณะทางกายภาพของผงถ่านจากขี้ข้าวโพดและเส้นใยพอลิพรอพิลีนที่ผสมผงถ่านจากขี้ข้าวโพด

2.1) วัสดุที่ใช้

- ผงถ่านจากขี้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ
- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R
- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R ที่ผสมผงถ่านจากขี้ข้าวโพด

2.2) เครื่องมือที่ใช้

- กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) รุ่น JSM - 6510



รูปที่ 3.25 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

2.3) วิธีการทดสอบ

- นำตัวอย่างเส้นใยและผงถ่านที่ต้องการทดสอบมาทำการอบเพื่อไล่ความชื้นด้วยตู้อบยี่ห้อ mrc รุ่น 1410-S2E ก่อนการทดสอบด้วยอุณหภูมิ 90°C เวลา 24 ชั่วโมง
- นำตัวอย่างที่ผ่านการอบแล้วมาเตรียมชิ้นงานโดยนำเส้นใยมาแปะลง stub และโรยผงถ่านลงบน stub เพื่อเตรียมการสำรวจวิเคราะห์



รูปที่ 3.26 การเตรียมตัวอย่าง

- นำตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อถ่ายภาพขยายโดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.27 ตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ

- การเปิดเครื่องเริ่มต้นด้วยการเปิดเครื่องทำระบบน้ำเย็น จากนั้นเปิดคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ “JSM-6510” รอโปรแกรมสักครู่ หลังจากนั้นจะปรากฏโปรแกรมขึ้นมาพร้อมใช้งาน

2.3.1) การใส่ตัวอย่าง และชิ้นงาน กดปุ่ม VENT หลังจากรอให้ไฟแสดงสถานะ VENT ที่ตัวเครื่องติดนิ่งเปิดช่องใส่ตัวอย่างออกมาช้าๆ อย่าฝืนเปิด หากมีความฝืดขณะเปิดช่องใส่ตัวอย่างทำการยัดตัวอย่างที่จะใช้งาน กับแท่นยัดชิ้นงานให้แน่น นำแท่นยัดชิ้นงานไปใส่กับตัวรับแท่นยัดชิ้นงาน และยัดให้แน่น นำตัวรับแท่นยัดชิ้นงาน ไปใส่ในช่องใส่ตัวอย่างอย่างระมัดระวัง พร้อมปิดให้แน่น จากนั้นใส่ค่าความสูงของตัวอย่างที่สูงพ้นจากขอบของตัวรับแท่นยัดชิ้นงาน กดปุ่ม EVAC หลังจากนั้นรอให้ไฟแสดงสถานะ HT Ready เป็นสีน้ำเงินที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

2.3.2) การเลื่อนตัวอย่างและปรับภาพกดปุ่ม HT Ready ที่เป็นสีน้ำเงินหนึ่งครั้ง ปุ่มสถานะ HT Ready จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว เพื่อแสดงให้เห็นทราบว่าการจ่ายอิเล็กตรอนอยู่ กดปุ่ม Scan 1 และ 2 สังเกตที่จอภาพจะปรากฏภาพของตัวอย่างขึ้นมา (ถ้าหากไม่มีภาพให้ทำขั้นตอน Alignment) ให้เลื่อนตัวอย่างไปตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยการปรับเลื่อนที่แกน X,Y,Z,T,R การปรับภาพ ให้เริ่มปรับที่ปุ่ม Focus ก่อนโดยปรับให้ได้รูปชัดที่สุด หลังจากนั้นปรับปุ่มที่ปุ่ม Stig X และ Stig Y โดยปรับให้ได้รูปชัดที่สุด ให้ปรับกำลังขยายของรูปที่ต้องการดู โดยปรับที่ Mag+ และ Mag- ให้ปรับ Focus และ Stig จนได้รูปที่คมชัดตามความต้องการ

3) การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength), Instron® Tensile Tester Model 5560

3.1) วัตถุประสงค์

- เพื่อทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยึดตัวของเส้นใย

3.2) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R

- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R ที่ผสมผงถ่านจากขี้เถ้าข้าวโพด

3.3) เครื่องมือที่ใช้

- เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ยี่ห้อ Instron Tensile tester Model 5560

3.4) วิธีการทดสอบ

- เตรียมเส้นใยในอัตราส่วนต่างๆโดยใช้แต่ละอัตราส่วนเท่ากับ 5 เส้น
- ใช้ Load Cell ขนาด 25 กิโลนิวตัน
- ตั้งระยะห่างระหว่างปากจับเส้นด้ายตัวบนและตัวล่าง (Gauge length) 250 มิลลิเมตร ± 3 มิลลิเมตร
- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวจับเส้นด้าย 30 มิลลิเมตรต่อนาที
- ทำการปรับเครื่องทดสอบแรงดึงให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์ (Set zero)
- ยึดเส้นใยด้วยปากจับเส้นใยและขึ้นทดสอบซึ่งต้องอยู่ในแนวกึ่งกลางระหว่างขอบด้านในของปากจับเส้นใยทั้งสองด้าน ทำการยึดเส้นใยให้แน่น โดยเส้นใยต้องมีความสม่ำเสมอตลอดเส้น (ในการยึดเส้นใยจะต้องไม่มีแรงดึงมาเกี่ยวข้อง)
- เปิดเครื่องทดสอบ โดยเครื่องจะทำการดึงเส้นใยไปจนกระทั่งเส้นใยขาด เครื่องจะหยุดทำงาน จากนั้นบันทึกค่าของแรงดึงและค่าการยืดตัวของเส้น



รูปที่ 3. 28 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง, Instron ® Tensile Tester Model 5560

4) การทดสอบการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage)

4.1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R
- เส้นใยพอลิพรอพิลีน HP561R ผสมผงถ่านจากขี้เถ้าข้าวโพด

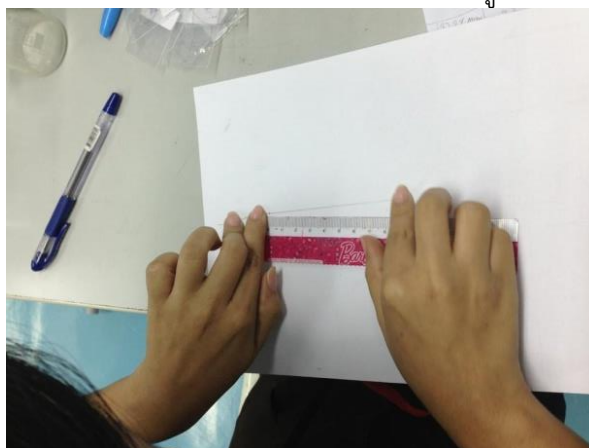
4.2) เครื่องมือที่ใช้

- ปิกเกอร์, ไม้มรกด, กรรไกร, หม้อต้ม Boiling shrinkage ตามมาตรฐาน

ASTM D5104-02

4.3) วิธีการทดสอบ

- นำเส้นใยที่ได้จากการขึ้นรูปมาตัดแล้วผูกให้เป็นปมหัวท้ายโดยให้มีระยะห่างระหว่างปม 10 เซนติเมตรใส่ปิ๊กเกอร์ตัวอย่างละ 3 ชิ้น ดังรูป



รูปที่ 3.29 การเตรียมตัวอย่างทดสอบการหดตัวของเส้นใย

- นำใส่ปิ๊กเกอร์ที่มีเส้นใยกับน้ำลงไปในห้องต้มต้ม Boiling shrinkage ตามมาตรฐาน ASTM D5104-02 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที



รูปที่ 3.30 การต้มเส้นใย

- เมื่อครบ 30 นาทีแล้วนำเส้นใยออกจากหม้อต้มทิ้งไว้ให้เย็นแล้วทำการวัดความยาวอีกครั้งว่ามีการลดหรือขยาย
- นำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดมาคำนวณตามสูตรและบันทึก

$$\% \text{ Shrinkage} = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100 \quad (3.1)$$

L_0 = ความยาวของเส้นใยก่อนต้ม

L_1 = ความยาวของเส้นใยหลังต้ม

5) การหาเบอร์ด้าย

5.1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิพรอพิลีน
- เส้นใยพอลิพรอพิลีนที่ผสมผงถ่านจากขี้เถ้าข้าวโพด

5.2) เครื่องมือที่ใช้

- เครื่องกรอด้วยอัตราส่วน หมุน 1 รอบ = ความยาวด้าย 1 เมตร
- ชั่งน้ำหนักด้วย เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

(Balance)

5.3) วิธีการทดสอบ

- นำเส้นใยตัวอย่างที่ต้องการหาเบอร์ด้าย นำมากรอด้วยเครื่องกรอด้วยให้มี ความยาวเท่ากับ 18 เมตร / 1 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 3 ครั้ง



รูปที่ 3.31 การกรอเส้นใย

- นำเส้นใยที่ได้จากการกรอที่มีความยาวเท่ากับ 18 เมตร ไปทำการชั่ง น้ำหนักให้หน่วยเป็นกรัม (g)



รูปที่ 3.32 การชั่งน้ำหนักเส้นใย

- นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเบอร์ด้ายโดยใช้สูตร

$$\text{สูตรการคำนวณ} \frac{\text{น้ำหนัก(กรัม)} \times 9000}{\text{ความยาว(เมตร)}} = \text{Denier} \quad (3.2)$$

6) วิธีการทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC) รุ่น 200F3

6.1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิพรอพิลีน
- เส้นใยพอลิพรอพิลีนที่ผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด

6.2) เครื่องมือที่ใช้

- การทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC) รุ่น 200F3

6.3) วิธีการทดสอบ

- ใช้ heating rate 10°C /min จากอุณหภูมิ 30 °C จนถึง 200°C โดยการรักษอุณหภูมิที่ 200 °C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อกำจัด Thermal history แล้วลดความร้อน 10°C/min จากอุณหภูมิ 200 °C ลงมาจนถึง 30 °C ใช้ cooling rate 10 °C/min ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน และผลการวิเคราะห์แสดงออกมาในลักษณะของกราฟ

- นำค่า Melting temperature (T_m), Crystallization temperature (T_c), Melting enthalpy (heat of fusion, ΔH_f) โดยคำนวณหา %crystallinity จากสมการ 3.3

$$\% \text{ Crystalline} = \frac{\Delta H_f \times 100}{\Delta H_{f100}} \times \frac{1}{X} \quad (3.3)$$

ซึ่ง ΔH_f คือ Heat of fusion of polymer (J/g)
 ΔH_{f100} คือ Heat of fusion of 100% polymer crystallization
 $PP\Delta H_{f100}$ คือ 207 (J/g)
 X คือ weight fraction g polymer



รูปที่ 3.33 เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC) รุ่น 200F3

3.4 สถานที่ทำการศึกษา

3.4.1 ห้องปฏิบัติการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

3.4.2 ห้องปฏิบัติการทดสอบสิ่งทอเชิงฟิสิกส์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

3.4.3 ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี